МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова
АКАДЕМІЯ НАУК СУДНОБУДУВАННЯ УКРАЇНИ

ІННОВАЦІЇ В СУДНОБУДУВАННІ
ТА ОКЕАНОТЕХНІЦІ

МАТЕРІАЛИ

VII міжнародної науково-технічної конференції

12-14 жовтня 2016 року

Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
просп. Героїв України, 9 м. Миколаїв

Миколаїв, НУК, 2016

УДК 001.895:629.5
И66

ОРГАНІЗАТОРИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
Імені адмірала Макарова
АКАДЕМІЯ НАУК СУДНОБУДУВАННЯ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКА ОБЛАСНА ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ
ТОВ «ЗАЛИВ ШИП ДИЗАЙН»
ПІВДЕННИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР НАН УКРАЇНИ
МОРСЬКЕ ІНЖЕНЕРНЕ БЮРО
ДП "ДОСЛІДНО-ПРОЕКТНИЙ ЦЕНТР КОРАБЛЕБУДУВАННЯ"
ГОЛОВНЕ УПРАВЛІННЯ ДЕРЖАВНОЇ СЛУЖБИ
З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ УКРАЇНИ У МИКОЛАЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ
УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ, М. ЦЗЯНСУ
HITACO ltd.
ГДАНСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЛОДЗИНСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАХІДНО-ПОМЕРАНСЬКИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КОШАЛІНСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Матеріали публікуються за оригіналами, наданими авторами.
Претензії до організаторів не приймаються.

Відповідальний за випуск:
Блінцов Володимир Степанович

И66 **Інновації** в судобудуванні та океанотехніці : Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції. — Миколаїв : НУК, 2016. — 544 с

У збірнику наведенні матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці». Збірник становить інтерес для наукових працівників, викладачів, інженерів та студентів.

УДК 001.895:629.5

© Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова, 2016

Одесса
ул. Тенистая, 15
г. Одесса, Украина, 65009
тел.: +380 (482) 34-79-28
факс: +380 (482) 35-60-05
e-mail: office@meb.com.ua
www.meb.com.ua

МОРСКОЕ ИНЖЕНЕРНОЕ БЮРО

Санкт-Петербург
ул. Мира, 15/1, офис 76Н
г. Санкт-Петербург, Россия, 197101
тел.: +7 (812) 233-64-03 / 232-85-38
факс: +7 (812) 309-59-39
e-mail: meb@peterlink.ru

ПРОЕКТ RSD49

Сухогрузное судно дедвейтом 7143 тонн класса «Волго-Дон макс»

Заказчики — ОАО «Северо-Западное пароходство», судоходная компания «Аншип»

Заводы-строители — Невский Судостроительно-Судоремонтный завод, Астраханский судостроительный завод «Лотос» (построено в 2012–2014 годах 8 судов, всего в постройке 12 судов)















www.meb.com.ua

ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ

УДК 629.5

НАУКОВА ТА ОСВІТНЯ ДІЯЛЬНІСТЬ УНІВЕРСИТЕТУ: СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ

С.С. Рижков, д-р техн. наук, професор, ректор,

Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова – провідний вищий навчальний заклад в Україні, який готує фахівців для суднобудівної та суміжних галузей промисловості. Протягом усієї історії свого існування університет готує висококваліфікованих фахівців для вітчизняного і закордонного кораблебудування, а також проводить фундаментальні та прикладні наукові дослідження за наступними пріоритетними напрямами:

фізико-технічні проблеми матеріалознавства (металеві конструкційні матеріали; керамічні, композиційні, монокристалічні та плівкові матеріали різного функціонального призначення);

міжгалузеві проблеми і системні дослідження в енергетиці (енергетична ефективність та енергозбереження);

фізико-технічні проблеми енергетики (екологічні проблеми в енергетиці);

інформаційні та комутаційні технології (управління проектами та програмами; аналіз і синтез систем керування технічними та екологічними процесами, зокрема з невизначеністю);

енергетика та енергоефективність (енергоефективні перетворювачі електроенергії; дослідження морехідних якостей суден, умов та методів їх забезпечення на етапі проектування суден та інших плавучих споруд).

На протязі 2016 року співробітниками університету успішно виконуються 4 фундаментальних та 12 прикладних НДР за держбюджетною тематикою, 19 госпрозрахункових НДР та 42 НДР за договорами про творчу співпрацю.

Підготовка наукових і науково-педагогічних кадрів здійснюється через докторантуру та аспірантуру з технічних наук у спеціалізованих вчених радах:

Д 38.060.01, за двома спеціальностями: 05.05.03 – Двигуни та енергетичні установки, 05.13.22 – Управління проектами та програмами;

Д 38.060.02, за двома спеціальностями: 05.08.03 – Конструювання та будування суден, 05.03.06 – Зварювання та споріднені процеси і технології.

У 2016 році в аспірантурі навчалось 91 осіб, а в докторантурі – 7, працівниками НУК успішно захищено 11 кандидатських та 1 докторська дисертації.

У травні 2016 року університет успішно пройшов ліцензування та отримав право на підготовку докторів філософії (PhD) за 11 науковими спеціальностями, а у вересні 2016 року розпочав навчальний процес з їх підготовки.

Найвагоміші результати фундаментальних досліджень та прикладних досліджень і розробок полягають у наступному:

за темою «Основи турбоімпактної інтенсифікації процесів переносу при очищенні багатофазних сумішей палив підвищеного тиску для енергетичних установок» розроблена турбоімпактна технологія і реалізуючі її турбоімпактні сепаратори для ДП НВКГ “Зоря”-”Машпроект”, яка є конкурентоспроможною та інвестиційно привабливою і може використатися у нових технологіях очищення газових середовищ в енергетичних установках у хімічній, харчовій, нафтогазовій та інших галузях промисловості, де широко використовуються газорідинні середовища і де уловлювання рідкої фази знижує втрати матеріалів. Розроблені основні положення, підходи та технологія проекту дозволили використовувати їх при виконанні контракту з КНР «Разработка мультифункциональной системы удаленного контроля уровня и измерения жидкости с подсистемой оповещения» з обсягом фінансування 46.000 дол. США, а також господарчі договори від Замовника – Департаменту ЖКГ Миколаївської обласної ради;

за темою «Розробка матеріалу вогнестійкого покриття інтумісцентного типу для електричних кабелів атомних станцій» розроблено вогнестійке покриття, яке є нетоксичним і нешкідливим для людини, як при їх виробництві і нанесенні на інженерні споруди, так і при пожежі. Розроблено «Методику експериментальних випробувань на вогнестійкість зразків вогнезахисних покриттів» - УКФА 730131–005М, НУК, Україна - 2015, яка дозволяє значно скоротити витрати на випробування. Визначено перспективний склад компонентів ВСП, розроблено Стандарт підприємства «Вогнестійке покриття електричних кабелів. Склад і властивості. СТП

2.066753 – 05.12.15.». Розроблено принципову схему технологічного процесу нанесення ВСП на електричні кабелі у заводських умовах методом екструзії та інженерні споруди безпосередньо на місці їх монтажу.

Згідно Плану взаємодії Головного управління ДСНС України у Миколаївській області виконано цикл робіт, пов'язаних з ліквідацією надзвичайних ситуацій та інших робіт на водних об'єктах Миколаївської області, а саме:

- проведено 2 експедиції з застосуванням підводних апаратів-роботів за замовленнями Антитерористичного центру при Миколаївській облдержадміністрації;

- виконується проектування спеціалізованого підводного апарата-робота для виконання робіт по знешкодженню підводних потенційно небезпечних об'єктів – волонтерський проект 2015-2016рр.;

За перехідною тематикою у 2016 році отримано наступні результати:

визначено основні напрями наукових досліджень з підвищення стійкості процесів у низькоемісійних камерах згоряння ГТД;

на підставі вивчення впливу передкристаллізаційної термічної обробки на створення наноструктурних елементів у газотермічних покриттях покриттів розроблено схеми отримання ефективних газополуменевих, електродугових та плазмових покриттів;

після експериментальних досліджень морехідних якостей корабля берегової охорони у дослідному басейні НУК визначено характеристики опору руху натури та параметри динамічної посадки натури;

на підставі вивчення досвіду міжнародного співробітництва у галузі вищої освіти розроблено теорію реалізації проектів міжнародного співробітництва у галузі надання освітніх послуг;

відпрацьовані оптимальні технологічні режими безперервного багатоконтурного циркуляційного піролізу цілих зношених автошин під дією статистичного їх стискання для одержання альтернативних видів палива;

розроблена методика визначення алгоритму включення у послідовний резонансний контур будь-якої кількості джерел напруги, який забезпечує енергообмін між ними у заданому напрямку на кожну між комутаційну проміжку;

на підставі експериментальних досліджень розроблено алгоритми програмного керування робочими параметрами тепло-акустичними апаратами та технологічними процесами на їх базі.

Традиційно високою є активність науковців університету у міжнародному ринку наукових і освітянських послуг. Так, на 3-й Китайській конференції із Міжнародного обміну технологіями відбулося відкриття «Українсько-китайського центру передових технологій», підписано угоду з Міжнародним морським коледжем м. Чженцзян стосовно нової програми з автоматики та робототехніки і створення «Китайсько-українського центру кораблебудування і океанотехники».

Ефективно ведеться робота Навчально-наукового центру міжнародної співробітництва щодо залучення на навчання в НУК іноземних громадян. Так, в період з 2011 по 2016 роки спостерігається рекордне за весь період існування університету тенденція по збільшенню іноземних студентів, аспірантів і стажистів для підвищення кваліфікації. Так, станом на початок 2008 навчального року в НУК налічувалося лише 88 іноземних студентів. Станом на початок лютого 2016 року в НУК навчається 1073 іноземних громадянина з 24 країн світу. Кількість іноземців в НУК збільшилася більш ніж в 13 разів, що є високим показником динаміки розвитку міжнародного співробітництва.

Успішно працює навчальна програма з Міжнародним морським коледжем (Zhejiang International Maritime College), м Чжоушань, КНР, в НУК. За чотири роки в НУК було направлено 70 китайських випускників коледжу (молодші спеціалісти) з метою отримання ними вищої технічної освіти (бакалавр) за галуззю знань «Морська техніка» (спеціальності «Кораблі та океанотехніка», «СЕУ») за схемою «2 + 2». Влітку 2013 року відбувся перший випуск бакалаврів за цією програмою (13 осіб), влітку 2014 року - другий випуск (14 чоловік). У 2015 році - 17 осіб. В 2016 навчання закінчили 22 особи, 50% з яких продовжують навчання в магістратурі.

Реалізується угода з керівництвом Університету науки і технологій провінції Цзянсу (КНР) про спільну підготовку бакалаврів за напрямом «Кораблі та океанотехніка». За програмою «4 + 0» з 2012 по 2016 роки прийнято до навчання 216 студентів.

У 2012 році був підписаний Договір про партнерство і співробітництво між Національним університетом кораблебудування імені адмірала Макарова, м Миколаїв, Україна і Батумським навігаційно-навчальним університетом, м Батумі, Грузія. В рамках співпраці був створений на базі БНУУ навчально-консультаційний пункт НУК в Батумі для здійснення підготовки студентів за бакалаврськими програмами. У 2016 році навчається 217 студентів з різних спеціальностей.

Продовжено переговори і досягнуті попередні згоди про форми співпраці в напрямку підготовки фахівців з урядовими організаціями та університетами Польщі, Норвегії, Бельгії, Туреччини, Азербайджану, Таджикистану, Грузії, Туркменістану, КНР, Естонії, Аргентини та ін .

До першочергових організаційних питань щодо удосконалення управління наукою слід віднести необхідність формування системи грантової підтримки наукових проектів, націлених на розвиток внутрішнього ринку держави. Бюджетних ресурсів, які виділяються МОНУ у рамках фундаментальних і прикладних досліджень, вкрай замало для виконання науковцями університету повноцінних теоретичних досліджень зі створенням дослідних зразків інноваційних продуктів в інтересах внутрішнього ринку України.

Тому університет опрацьовує пропозицію створення на рівні КМ України органу за участю МОНУ, який би формував гранти на розробку і створення інноваційних продуктів і технологій в інтересах розвитку ключових вітчизняних галузей промисловості (машинобудування, суднобудування, раціональне природокористування, оборона та ін.).

У цілому, характеризуючи наукову і освітянську діяльність колективу університету, можна констатувати стабільне зростання кількісних і якісних показників, що дає впевненість у правильності обраних орієнтирів його розвитку.

УДК 629.5.01

СОСТОЯНИЕ РЕЧНОГО СУДОСТРОЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЕГО РАЗВИТИЯ

Егоров Г. В.,
Морское Инженерное Бюро

Сегодня роль государства в сохранении и развитии речного судостроения не менее заметна, чем век назад [1].

Во-первых, это федеральный закон о поддержке российского судостроения и судоходства, в соответствии с которым судостроительные заводы – резиденты особых экономических зон были освобождены от уплаты земельного налога и налога на имущество организаций сроком на 10 лет. Также были верфи освобождены от уплаты таможенных пошлин на ввозимое импортное оборудование, не производящееся в стране. В свою очередь судоходные компании были освобождены от налога на прибыль, полученную от эксплуатации или продажи судов, построенных в РФ, и на период с 2012 года по 2027 год для этих компаний устанавливаются нулевые тарифы страховых взносов в Пенсионный фонд, Фонд социального страхования и Федеральный фонд обязательного медицинского страхования. Преференциями и льготами, предусмотренными данным законом, будут пользоваться судовладельцы, имеющие суда, построенные с 1 января 2010 года в России и для России (зарегистрированные в Российском международном реестре судов, в том числе речные и «река-море» плавания).

Во-вторых, через постановление Правительства Российской Федерации о компенсации 2/3 процентной ставки на кредит, если судно построено для российской компании на российской верфи.

В-третьих, напрямую бюджетными средствами, через ФЦП «Развитие транспортной системы России (2010-2020 годы)» путем реконструкции и строительства гидросооружений и обеспечивающего технического флота.

В-четвертых, создание новых проектов судов внутреннего и смешанного плавания в рамках ФЦП «Развитие гражданской морской техники» на 2009-2016 годы». Наиболее яркий пример – уникальный концепт «сверхполного» грузового судна «Волго-Дон макс» класса смешанного река-море плавания, который материализовался за 2012-2016 годы в тридцать пять (!!!) построенных танкеров проекта RST27 (самая большая серия судов в постсоветское время) и еще семь комбинированных танкеров-сухогрузов проекта RST54, спроектированных на базе проекта RST27. Суда продолжают строиться даже в сегодняшних сложных экономических условиях – заказаны еще семь судов проекта RST27 и три судна проекта RST54, проектируется новое сухогрузное судно проекта RSD59 в «сверхполных» обводах (заказ – десять судов).

Выводы

Несмотря на падение числа заказанных судов в краткосрочной перспективе, среднесрочная (начиная с 2017 года) перспектива вполне понятно – строительство новых судов выйдет на уровень 2012-2013 года. Мы все равно будем вынуждены построить эквивалентное существующему флоту количество новых судов.

Понятно, что такие суда не будут повторять существующие, так как уже есть более эффективные решения:

- максимального использования фактических путевых условий (максимально возможные длина, ширина судна);
- экстремально полных обводов, ранее не применявшихся в мировой практике;
- расширения спектра перевозимых грузов – проектные грузы, химия, сочетание сухих и наливных грузов на одном судне (например, в одну сторону – нефтепродукты, в другую – щебень);
- снижения надводного габарита, и, как следствие, сокращения простоев в ожидании разводки;
- эффекта «вертушки», когда на один толкач приходится 2-3 баржи;
- увеличения отдачи от самоходного судна при добавке к нему толкаемой баржи.

Морское Инженерное Бюро разработало такие новые грузовые суда для ВВП, «расшивающие» узкие места внутреннего водного транспорта и существенно улучшающих свои экономические результаты за счет новых технических решений.

Список литературы

1. **Егоров Г.В., Ефремов Н.А., Шабликов Н.В.** Речное гражданское судостроение XXI века: анализ и задачи [Текст] // Морская Биржа. - 2016. - N1 (55) – С. 18–29.

УДК 629.5.01

О ФИЛОСОФИИ СУДОВ СЛУЖЕБНО-ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО И ТЕХНИЧЕСКОГО ФЛОТА XXI ВЕКА

Егоров Геннадий Вячеславович, д.т.н., профессор, генеральный директор
Автутов Николай Владимирович, директор по перспективному развитию, главный конструктор
Черников Дмитрий Владимирович, главный конструктор
Морское Инженерное Бюро

В докладе приведен обзор судов служебно-вспомогательного и технического флота, построенных в 21 веком, в том числе, по проектам Морского Инженерного Бюро. Сделан упор на многофункциональность, показаны основные функции каждой из групп судов (буксиры, аварийно-спасательные суда, танкера-бункеровщики, гидрографические, обстановочные и промерные суда, суда-снабженцы и т.д.) [1].

В соответствии с ФЦП «Развитие транспортной системы России (2010-2015 гг.)» предполагалось построить 59 морских служебно-вспомогательных судов, а также около 350 судов речного технического флота.

В итоге за счет федерального бюджета к сентябрю 2015 года получены от промышленности 24 аварийно-спасательных судна для ФБУ «Морспасслужба Росморречфлота», 54 обстановочных судна, 3 танкера-бункеровщика и 2 экологических судна для ФГУ «Речводпуть», 4 судна снабжения типа «Сосновка» для Камчатки. Строятся еще 6 ледоколов по заказу ФГУП «Росморпорт» и ФГУП «Атомфлот», 15 судов для несения аварийно-спасательной готовности. Предполагается дальнейшее строительство спасательных и гидрографических судов, а также обеспечивающего речного флота.

Опыт применения нового поколения судов для аварийно-спасательной готовности показывает, что такие суда должны быть действительно многофункциональными, так как весьма сложно представить себе, что под каждую задачу можно будет сейчас построить отдельное судно – это и экономически не целесообразно, и вызывает большие сложности с возможность осуществления самих задач – не факт, что объект с востребованными функциями будет «под рукой».

Всего в сегменте морских и речных ледоколов, спасательных и экологических судов было построено 38 единиц флота, 15 находятся в разной степени готовности на верфях и 3 – в ближайших планах на постройку.

Фактически, за 15 лет было получено 15 новых танкеров-бункеровщиков и еще 4 находятся на разной степени готовности на верфях. Кроме того, строятся новые сухогрузные суда – снабженцы (их было построено 7 единиц, в том числе 4 широко известные «Сосновки» проекта DCV47), которые также могут быть отнесены к судам вспомогательного флота, так как они используются, в том числе, для разгрузки морских судов на рейдах портопунктов с малыми глубинами и с отсутствием причалов.

В XXI веке было построено 75 обстановочных судов, 5 земснарядов, 5 плавкранов, 15 разъездных судов, плавпричалы, более 160 катеров, из них 15 лоцманские, лоцмейстерские и рабочие для ФГУП «Росморпорт». Так же по заказу «Росморпорта» строятся еще 3 лоцмейстерских судна и 10 катеров.

Выводы

С учетом перечисленных выше подходов о совмещении функций в рамках единых платформ Морское Инженерное Бюро разработало 30 проектов многофункциональных служебно-вспомогательных судов самого различного основного назначения и классов, в том числе:

- аварийно-спасательные суда, суда обеспечения буровых, буксиры-снабженцы, буксиры;
- лоцмейстерские, обстановочные, гидрографические и промерные суда;
- бункеровщики и суда – сборщики сточных и льяльных вод;
- сухогрузные суда снабжения и для рейдовой погрузки-выгрузки.

Список литературы

1 **Егоров Г.В., Ильницкий И.А., Тонюк В.И., Автутов Н.В., Черников Д.В., Калугин Я.В.** Суда служебно-вспомогательного и технического флота XXI века (требования к проектированию корпусов) [Текст] // Труды НТК по СМК памяти проф. П.Ф. Папковича. - СПб: Крыловский государственный научный центр, 2015. - С. 51-52.

РОКИ СТАБІЛЬНОСТІ І ПОСЛІДОВНОСТІ ДЕРЖАВНОГО ПІДПРИЄМСТВА «ДОСЛІДНО-ПРОЕКТНИЙ ЦЕНТР КОРАБЛЕБУДУВАННЯ»

Жолоб О.Г.
Державне підприємство «Дослідно-проектний центр кораблебудування»

На сьогоднішній день Державне підприємство «Дослідно-проектний центр кораблебудування» (ДП «ДПЦК), що має більш ніж 40-річний досвід проектування надводних кораблів та катерів, входить до складу Державного Концерну «Укроборонпром» та є головною організацією з питань науково-технічного забезпечення за напрямком «кораблебудування».

За останні 5 років фундаментом стабільності роботи підприємства стала реалізація його проектів, як в інтересах вітчизняних замовників, так і на зовнішньому ринку.

Пріоритетним напрямком розвитку було і залишається створення проектів сучасних надводних кораблів та катерів для потреб Військово-Морських Сил України (ВМС України) та Державної прикордонної служби України.

В 2014 році було виконано технічний проект модернізації катерів «Гюрза». Перші два катери, які було побудовано на заводі «Ленінська кузня», наразі проходять державні випробування, ще 4 одиниці знаходяться у стадії будівництва. До 2020 року заплановано побудувати серію із 18 катерів.

За Державним оборонним замовленням у 2014 році розроблено та захищено аванпроект ракетного катеру, шифр «Лань» для потреб ВМС України.

Нажаль, за обставин недофінансування, проект українського корвету залишився нереалізованим на теперішній час. Однак, слід зазначити, що продовження робіт по проектуванню та будівництву цього корабля є необхідним та єдиним можливим шляхом у реалізації Воєнної та Морської доктрин України.

Для фахівців підприємства не менш важливою та відповідальною є робота з проектного забезпечення модернізації діючого корабельного складу ВМС України.

Згідно Державного контракту із Міністерством оборони України ДП «ДПЦК» займається розробленням технічного проекту модернізації фрегату «Гетьман Сагайдачний».

Проектні роботи спрямовані на модернізацію технічних засобів корабля, що дозволить продовжити строк його служби, покращити боєздатність та підвищити умови проживання та несення служби особовим складом, тощо.

Крім того у 2016 році виконувались проектні роботи по переобладнанню п’яти кораблів ВМС України сучасними засобами зв’язку.

Іншим пріоритетним напрямком для ДП«ДПЦК» є співробітництво з іноземними партнерами у сфері «кораблебудування». У цьому напрямку підприємство має успішний досвід співпраці з суднобудівними підприємствами, організаціями та компаніями Соціалістичної Республіки В’єтнам, Республіки Казахстан, Китайської Народної Республіки (КНР) та іншими країнами. Тільки в частині співробітництва з КНР підприємством успішно реалізовано 13 контрактів та ця співпраця триває і на теперішній час.

ДП «ДПЦК» веде активну діяльність і на зовнішньому ринку, співпрацюючи із провідними світовими розробниками систем зброї та озброєння. Тільки за останній рік підприємство відвідало десять офіційних іноземних делегацій. Фахівці ДП «ДПЦК» приймають активну участь у міжнародних виставках, просуваючи свою продукцію на іноземні ринки та отримуючи схвальні відгуки від представників силових структур та оборонної промисловості.

Прикладом успішної реалізації комплексного підходу в просуванні продукції на нові ринки, використанні технічного потенціалу підприємства та прийнятті виважених технічних рішень може бути проект нового десантно-штурмового катеру «Кентавр», який розпочинався для просування на зовнішньому ринку. Даний проект є подальшим розвитком лінійки броньованих катерів «Гюрза» і «Гюрза-М» та призначений вирішувати завдання в прибережних акваторіях морів та внутрішніх водоймищах, вступаючи в бій зі супротивником або забезпечуючи швидку та скритну доставку підрозділів морської піхоти або сил спеціального призначення на необладнане узбережжя. Після закінчення технічного проекту, результатами роботи зацікавилось Міністерство Оборони України. В подальшому, спеціально утворена комісія підтвердила зацікавленість у продовжені проектування та будівництві катерів даного проекту для потреб ВМС України.

В 2016 році підписано контракт на будівництво двох перших десантних катерів на заводі «Ленінська кузня», запланований початок будівництва – 2016 рік.

Подібний підхід реалізований ДП «ДПЦК» і у ряді інших проектів.

Велику увагу підприємство приділяє впровадженню нових інформаційних технологій та спеціалізованого програмного забезпечення. Хоча «фінансова криза» загальмувала процеси технічного переобладнання підприємства та впровадження нових технологій в основні технологічні процеси проектування, однак не зупинила його. За нашими оцінками, вже найближчі два роки підприємство зможе реалізувати раніше складені та затверджені плани у цьому напрямку.

Діяльність ДП «ДПЦК» проводиться у відповідності з високими міжнародними стандартами Системи управління якістю.

Підприємство сертифіковане GL Systems Certification на відповідність системи управління підприємства вимогам нової редакції міжнародного стандарту ISO 9001:2008 (підприємство сертифіковане з 2005 року). В 2015 році успішно пройдено щорічний аудит DNV-GL та отримано оновлений сертифікат ISO 9001:2008.

УДК 536-12. 536.2. 621.48

РОЗВИТОК НАУКОВИХ ОСНОВ СТВОРЕННЯ ТЕРМОАКУСТИЧНИХ СИСТЕМ ВИКОРИСТАННЯ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИХ ТЕПЛОВИХ РЕСУРСІВ

Коробко В.В.,
Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова, Україна

Діяльність та розвиток сучасного суспільства передбачає споживання великої кількості енергії. Її основні обсяги отримуються з допомогою теплових двигунів - (ТД). Відомо, що робота будь якої теплової машини (ТМ) пов'язана з продукуванням теплових викидів (ТВ). За для їх утилізації в енергетиці та промисловості застосовують різні енергозберігаючі технології - теплофікацію, когенерацію або тригенерацію. Важно підкреслити, що для споживачів частіше за все потрібна електрична енергія, тому найбільш привабливими є енергогенеруючі системи.

В результаті вдосконалення ТД та підвищення ефективності виробничих технології маємо тенденцію до зменшення температурного рівню ТВ при одночасному зростанні їх загальних об'ємів. Ці обставини ускладнюють задачу, оскільки механічні ТД не здатні ефективно працювати з низькотемпературними (НТ) джерелами теплової енергії. В результаті останнім часом можна бачити ситуацію, коли традиційні технології використання НТ теплових ресурсів стають складними в реалізації, малоефективними або економічно недоцільними.

Враховуючи наведені факти, можна зробити висновок, що на поточний момент сталих рішень в технологіях енергозбереження низькотемпературних викидів не існує, тому пошук нових ідей та підходів є актуальною задачею.

Одним із перспективних шляхів утилізації вторинних теплових енергоресурсів є використання термоакустичних теплових машин (ТАТМ). Ці апарати суттєво відрізняються від механічних систем відсутністю рухомих частин та шкідливих робочих речовин. Завдяки цьому, ТАТМ притаманні висока надійність, відносна мала вартість, нейтральність до довкілля. Широкому розповсюдженню ТАТМ заважають їх низька питома потужність, малий практичний досвід, складність безпосереднього отримання механічної роботи. Суттєвою проблемою є відсутність узагальнюючих положень, що до проектування, впровадження та експлуатації таких систем.

В зв'язку з цим, стає актуальною задача розробки науково обґрунтованих проектування та використання ТАТМ. Попередні дослідження показали, що ТАТМ здатні ефективно використовувати низькотемпературні джерела теплової енергії скидної або відновлювальної [1,2], тому було вирішено сконцентруватись на проблемі створення саме таких систем.

Об'єктом дослідження обрані процеси енергоперетворення в термоакустичних теплових машинах та системах, призначених для використання низькотемпературних джерел теплової енергії.

Від початку задача розглядалась як комплексна проблема, розв'язання якої мало охоплювати питання вдосконалення ТАТМ та пов'язаних з ними технологічних ланок, а саме - систем енергообміну з зовнішніми джерелами енергії, систем керування і контролю, елементів корисного навантаження.

Відповідно до цього, були сформульовані основні завдання:

- систематизація наявної наукової та технічної інформації щодо стану термоакустичних технологій та особливостей існуючих ТАТМ;
- аналіз існуючих теоретичних моделей теплофізичних процесів в ТАТМ та визначення чинників, які найбільш суттєво впливають на ефективність ТАТМ;
- розробка та створення дослідних стендів, контрольно вимірювальної системи, та програмного забезпечення, які призначені для проведення експериментальних досліджень теплофізичних процесів в ТАТМ;
- проведення комплексних теоретичних, числових та фізичних експериментальних досліджень, спрямованих на вивчення теплофізичних процесів в низькотемпературних ТАТМ та їх елементах;
- розробка комплексу заходів для зменшення нижньої робочої температури ТАД;
- розробка математичної моделі процесів перетворення енергії в комплексі – «джерело теплової енергії – ТАТМ – довкілля»;

- розробка нових ефективних елементів корисного навантаження ТАТМ, які мають забезпечити отримання механічної роботи або електроенергії;
- пошук та дослідження перспективних напрямів використання ТА технологій в промисловості, судновій енергетиці;
- розробка спеціальних комп'ютерних систем моніторингу параметрів ТАТМ та систем керування технологічними процесами на їх базі.

В ході проведення запланованих досліджень були отримані нові наукові результати, а саме:

- встановлена суттєва залежність зовнішніх характеристик ТАТМ від конструктивних особливостей теплообмінників та схем руху теплоносіїв;
- показано, що застосування рекуперативних теплообмінників з проміжним теплоносієм в ТАТМ має слідством появу неоднорідності температурного поля по перетину матриці, що веде до втрати потужності та ефективності ТАТМ;
- доведено, що недостатній рівень теплообміну між матрицею та рекуперативними теплообмінниками є важливим чинником, що обмежує можливу продуктивність ТАТМ, як двигунів так і рефрижераторів;
- показано, що інтенсивність підводу теплоти до матриці ТАД є важливим чинником, що впливає на пускові якості ТАТМ.

За результатами досліджень була побудована узагальнююча математична модель процесів енергоперетворення комплексу – «джерело теплової енергії – ТАТМ – довкілля», яка враховує особливості теплофізичних процесів в елементах ТАТМ та зовнішніх системах, що дозволило:

- запропонувати низку заходів що до вибору раціональних конструкцій основних елементів низькотемпературних ТАТМ;
- розробити рекомендації з розширення робочого діапазону ТАТМ за рахунок зменшення нижчої робочої температури;
- запропонувати застосування методу примусового запуску низькотемпературних ТАД;

З метою сприяння впровадженню термоакустичних технології в судновій енергетиці, енергозбереженні та відновлювальній енергетиці були розроблені відповідні технічні рішення, а саме:

- принципова схема термоакустичної системи використання низькотемпературних теплових ресурсів з проміжними теплоносіями;
- схеми систем утилізації скидних теплових ресурсів, в тому разі суднових, на базі комбінованих енергетичних установок типу ТД +ТАТМ;
- запропоновано суднову енергогенеруючу термоакустичну систему утилізації низькотемпературних теплових ресурсів, в тому разі кріогенних;
- показана можливість створення ефективних ТАТМ з корисним навантаженням у вигляді імпульсної двонаправленої турбіни;
- розроблені базові принципи побудови систем керування та контролю робочими процесами в ТАТМ, які мають забезпечити підтримку максимальної потужності в залежності від наявних теплових ресурсів та параметрів довкілля.

Список літератури

1. **Коробко В.В.** Аналіз впливу конструкції теплообмінників на характеристики низькотемпературних термоакустичних установок // Авиационно - космическая техника и технология. – №8 (135), 2016. – С. 5-10. ISSN. 1727-7337
2. **Коробко В.В.** Особливості термоакустичних теплових машин систем використання низькотемпературних теплових ресурсів // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування №10(1182). 2016. - С. 111-117. doi:10.20998/2078-774X.2016.10.17

УДК 681.3+629.5.024.1+629.5.035.8+629.5.061.1

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ДВИЖИТЕЛЬНО-РУЛЕВОГО КОМПЛЕКСА СУДОВ И ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ

Король Ю.М., Корнелюк О.Н., Урсолова А.С.
Национальный университет кораблестроения

Движительно-рулевой комплекс (ДРК) представляет собой систему механически и гидродинамически взаимодействующих элементов, таких как корпус судна, руль, движитель, главный двигатель, рулевая

машина, валопровод и баллер. На начальных стадиях проектирования характеристики формы и гидродинамические характеристики основных элементов ДРК показанных на рис.1 определяют по инженерным методикам, результатам систематических серийных модельных испытаний и рекомендациям классификационных обществ.

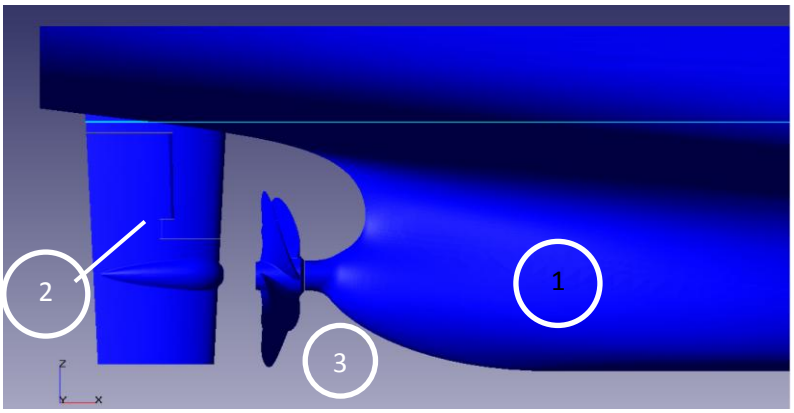


Рисунок 1 – Основные элементы ДРК: 1 – корпус; 2 – руль; 3 – движитель

При проработке вариантов проекта, исходя из опыта эксплуатации судов данного типа, выполняется корректировка формы корпуса судна, которая приводит к необходимости проведения модельных испытаний вариантов проекта в опытовом бассейне. Как правило, стоимость таких испытаний достаточно высока и экономически оправдана только при серийном строительстве судов. Кроме того, такие испытания из-за большой трудоемкости требуют достаточно много времени для их проведения, что при жесткой конкуренции между проектными организациями и постоянным сокращением сроков выполнения проектных работ становится причиной отказа от их проведения. Тем не менее, необходимость в гидродинамическом совершенствовании указанных элементов ДРК очевидна, следовательно, возникает необходимость в замене физического эксперимента менее дорогим, более быстрым и информативным CFD моделированием.

Для возможности выполнения расчетов в CFD комплексах возникает необходимость в создании 3D моделей основных элементов ДРК. Поскольку форма корпуса судна, гребного винта и руля достаточно сложна, то метод ее «ручного» построения и корректировки не эффективен. В связи с этим возникла необходимость в разработке мульти параметрических 3D генераторов судовой поверхности, гребных винтов и рулей. В основу этих 3D генераторов положен метод функциональной параметризации, позволяющий генерировать данные в формате кривых CAD SOLID WORKS, по которым создаются твердотельные модели элементов ДРК. Так для генерации обводов корпуса судна разработана программа GSS3D, гребного винта – GSP3D и руля – GSR3D.

Для описания формы судовой поверхности используются следующие функциональные параметры:

1) $x_n(z_b)$ - безразмерная абсцисса начала носового заострения в функции безразмерной аппликаты $z_b = \frac{z}{H}$, где z - размерная аппликата, а H - максимальная высота борта;
2) $x_k(z_b)$ - безразмерная абсцисса конца кормового заострения;
3) $\alpha_n(z_b)$ - коэффициент полноты носового заострения;
4) $\alpha_k(z_b)$ - коэффициент полноты кормового заострения;
5) $R_n(z_b)$ - безразмерный радиус кривизны форштевня в плоскости ватерлинии;
6) $R_k(z_b)$ - безразмерный радиус кривизны ахтерштевня в плоскости ватерлинии;
7) $x_f(z_b)$ - безразмерная абсцисса форштевня;
8) $x_a(z_b)$ - безразмерная абсцисса ахтерштевня;
9) $y_m(z_b)$ - безразмерная максимальная ордината текущей ватерлинии.

В качестве исходных данных в программу GSS3D вводятся главные размерения $L_{cwl}, B_{\max}, T_{cwl}, H_{\max}$ и 9 текстовых файлов с коэффициентами аппроксимации указанных выше функциональных параметров. Результатами работы GSS3D будут 52 файла с 3D кривыми в формате SOLID WORKS. Для построения 3D модели судна все эти кривые необходимо ввести в рабочий проект SOLID WORKS объединяя кривые левого и правого борта текущей ватерлинии в единую кривую. Полученная совокупность ватерлиний,

обводов форштевня и ахтерштевня дает возможность построить базовую поверхность судна, из которой средствами SOLID WORKS создаем показанную на рис. 2 окончательную 3D модель. Следует отметить, что поскольку судовая поверхность полностью описывается совокупностью функциональных параметров, то получение кривых элементов теоретического чертежа не требует применения приближенных методов численного интегрирования и осуществляется аналитически.

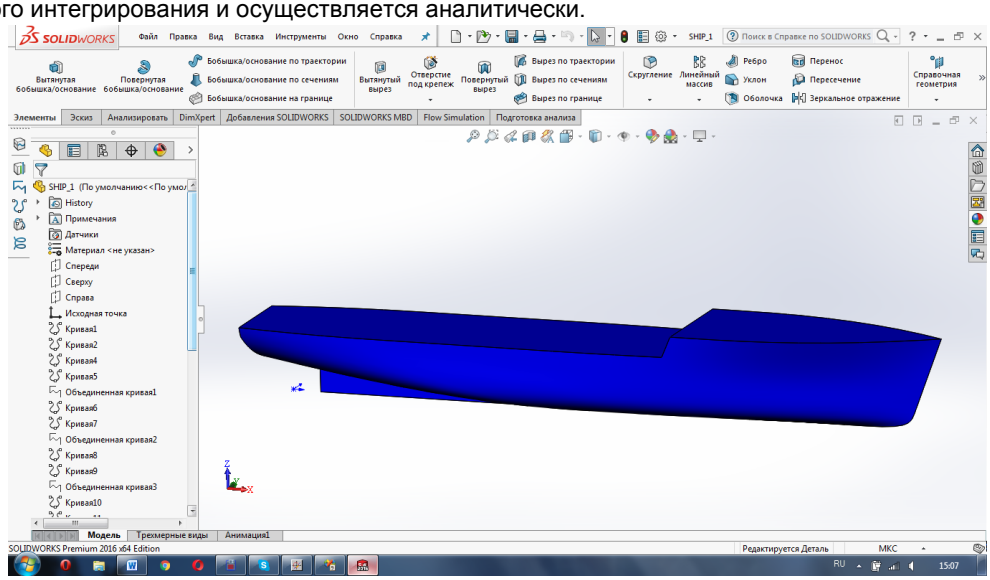


Рисунок 2 – Окончательная 3D модель судна

Исходными данными для программы GSP3D служат

1) общие данные, пример подготовки которых приведен на рис. 3

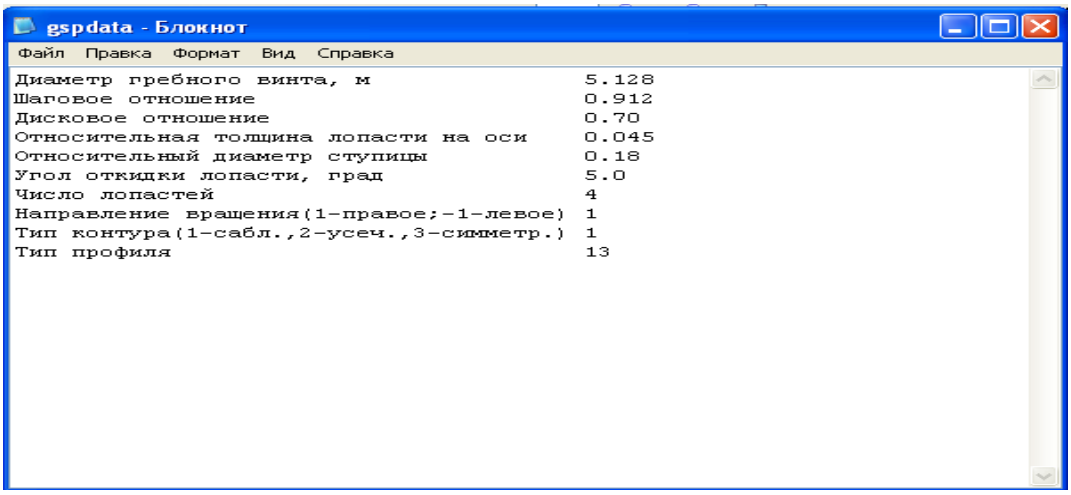


Рисунок 3 – Общие данные для построения 3D модели гребного винта

2) коэффициенты аппроксимирующих функций для функциональных параметров общих лопастных характеристик;
3) коэффициенты аппроксимирующих функций для функциональных параметров профильных лопастных характеристик.

Программа GSP3D генерирует в формате пространственных кривых SOLID WORKS профили сечений лопасти соосными цилиндрами фиксированных радиусов и кривые входящей и выходящей кромок. Далее в модуле «элементы» при помощи инструмента «бобышка/основание на границе» создается 3D модель одной лопасти, а инструментом «круговой массив» - в 3D модель заданного количества лопастей. Построение ступицы винта осуществляется стандартным инструментарием SOLID WORKS. Пример 3D модели гребного винта показан на рис. 4.

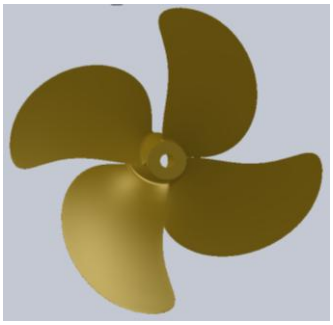


Рисунок 4 - 3D модель гребного винта

После того, как разработан инструментарий для создания 3D моделей элементов ДРК, можно приступать к процессу гидродинамического совершенствования, который осуществляется по следующей схеме (см. рис. 5).

В блоке ID осуществляется начальное проектирование на основе инженерных методов, основанных на результатах серийных физических экспериментов.

В блоках GSP3D+SW, GSS3D+SW и GSR3D+SW генерируются и создаются 3D модели, соответственно, гребного винта, корпуса судна и руля.

В блоке CFD осуществляется численное моделирование совместной работы основных элементов ДРК и определяются действующие на них силы и моменты гидродинамической природы.

В блоках H-?, P-? и R-? производится оценка эффективности работы корпуса, гребного винта и руля. При низких показателях эффективности того или иного элемента ДРК осуществляется корректировка при помощи функциональных параметров его геометрии и повторное CFD моделирование работы ДРК.

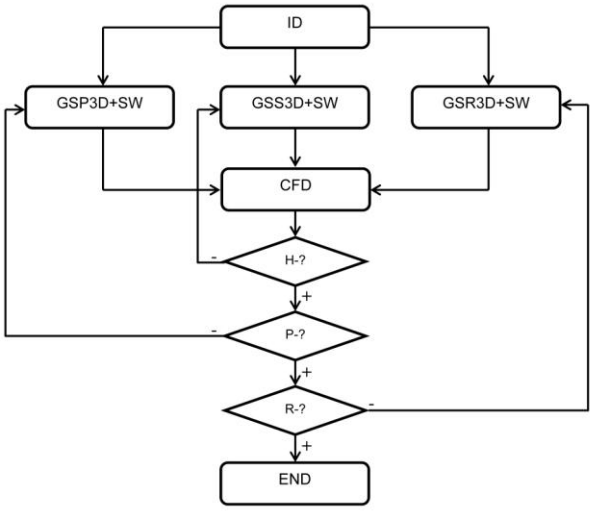


Рисунок 5 – Блок-схема процесса гидродинамического совершенствования элементов ДРК

Пример работы CFD модуля системы показан на рис.6

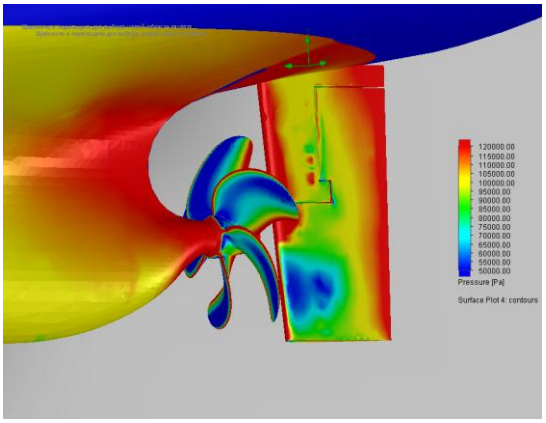


Рисунок 6 – Распределение давления на элементах ДРК

Таким образом, при наличии мощной вычислительной техники и указанных в докладе программ проблема по гидродинамическому совершенствованию может успешно решаться, что будет способствовать повышению качества проектирования и экономической эффективности всего судна в целом.

УДК 629.124

СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСИЛИЙ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА БУКСИР В РЕЖИМАХ СТАЦИОНАРНЫХ ЭСКОРТНЫХ ОПЕРАЦИЙ

Демидов Е. Д.[1)], Некрасов В.А.[2)], Бондаренко А.В. [2)], Ястреба А.П. [2)],
[1)] Transship Ltd,
[2)]Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова

Введение. Для определения величин действующих на буксир сил в процессе выполнения эскортных операций существуют специальные вычислительные программные комплексы.
В настоящее время наиболее распространенными из них являются два типа, отличающиеся по признаку квазистационарности или стационарности рассматриваемых эскортных операций. Первый тип основывается на использовании дифференциальных уравнений эскортного сопровождения, второй – на решении нелинейных уравнений равновесия действующих на буксир сил в условиях его стационарного движения с фиксированной скоростью при всевозможных положениях относительно эскортируемого судна.
Примерами первого типа являются программные комплексы, созданные Крыловским государственным научным центром в сотрудничестве с Российским морским регистром судоходства [1], Damen Researh в сотрудничестве с Дельфтским университетом Technology and MARIN [2] и другими.
Примером программного комплекса второго типа является разработка Maritime Research Institute Netherlands в сотрудничестве с SCHOTTEL GmbH & Co. KG [3].
Рассматриваемая работа посвящена разработке программного комплекса второго типа [4]. Она является продолжением работ, выполняемых Национальным университетом кораблестроения в сотрудничестве с группой компаний TransShip.

1. Методика расчета сил, действующих на эскортный буксир

1.1 К рассматриваемому типу буксиров относятся эскортные ASD –буксиры с одним центральным скегом и двумя винто-рулевыми колонками.
1.2 В основу определения характеристик эскортных операций буксиров положена схема эскортного сопровождения, приведенная в требованиях классификационных обществ [5], рис.1. Системы координат, приведенные на рис. 1, приняты такими же, как в теории управляемости судов [6]. При этом начало координат системы, жестко связанной с буксиром, расположено на пересечении ДП, ПМШ и ОП буксира.
1.3 Определение действующих на буксир сил и моментов осуществляется в соответствии с требованиями классификационного общества [5]. Равновесие сил, действующих на буксир, достигается в режимах его установившегося движения. Характеристики установившегося режима движения эскортного буксира и сопровождаемого судна определяются на основе решения следующей системы уравнений:

$$R_б \cos(\beta+\alpha) + X_c(\beta) + X_{врк}(\beta - \delta) = 0;$$
$$- R_б \sin(\beta+\alpha) + Y_c(\beta) + Y_{врк}(\beta - \delta) = 0;$$
$$- R_б \sin(\beta+\alpha)\, x_б + M_c(\beta) + Y_{врк}(\beta - \delta)\, x_{врк} = 0. \qquad (1.1)$$

Решение этой системы уравнений определяет искомые характеристики:
$- F_c = R_б$ – усилие в буксирном тросе, кН;
$F_Y = F_s = R_б \sin\alpha$ – управляющая сила, кН;
$F_X = F_b = R_б \cos\alpha$ – тормозное усилие, кН. (1.2)
Кренящий момент, вызывающий накренение буксира под действием рассматриваемой совокупности сил, вычисляется по формуле

$$M_H = R_б \sin(\beta+\alpha)\, z_б - Y_c(\beta)\, z_{к+с} + Y_{врк}(\beta - \delta)\, z_{врк}, \text{ кН·м}, \qquad (1.3)$$

где $z_б$ – аппликата точки приложения усилия буксирного каната на носовом буксирном рыме; $z_{к+с}$ – аппликата точки приложения боковой силы на корпусе и скеге; $z_{врк}$ – аппликата точки приложения упора ВРК.
Необходимое для проверки остойчивости буксира плечо кренящего момента определяется по формуле

$$L_H = M_H / D, \text{ м}, \qquad (1.4)$$

где – D водоизмещение буксира, кН.

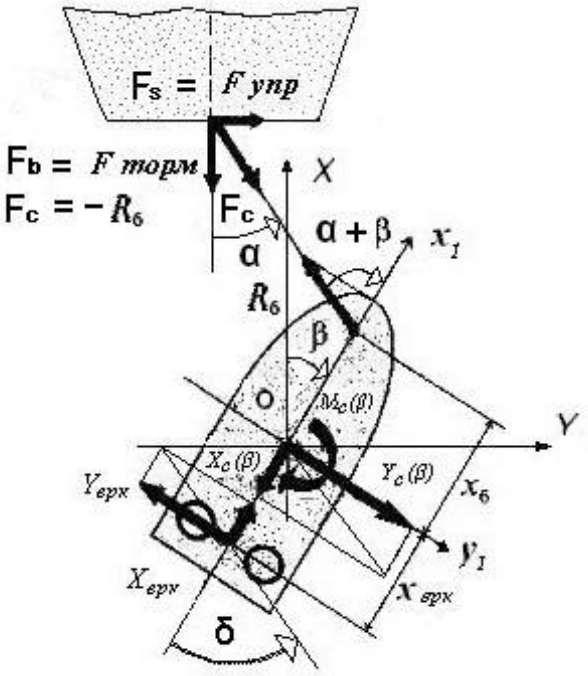


Рисунок 1 – Расчетная схема определения кинематических и динамических характеристик стационарной эскортной операции

1.4 В основу определения гидродинамических сил на корпусе и скеге буксира положены допущения теории управляемости судов при относительно небольших скоростях хода, но больших углах дрейфа. При этом структура зависимостей позиционных сил и моментов от параметров его формы корпуса, угла дрейфа и скорости набегающего потока определена по способу обработки данных систематических серийных модельных испытаний дублированных тел судовой формы в аэродинамических трубах, приведенному в [6].

Скег рассмотрен как крыло малого удлинения. В связи с тем, что корпус для скега представляется экраном, гидродинамические коэффициенты скега взяты как для крыла удвоенного размаха.

Влияние отклонения формы корпусов эскортных буксиров от формы корпусов тел судовых очертаний, рассмотренных в [6], учтено введением корректирующих множителей, значения которых установлены на основе модельных («эскортных» – с углами дрейфа от 0 до 90 градусов) испытаний в опытовом бассейне Национального университета кораблестроения моделей эскортных буксиров, спроектированных конструкторскими бюро ЧСЗ, Пелла Дизайн и группы компаний TransShip.

1.5 Движительно-рулевой комплекс рассматриваемых буксиров представлен двумя полноповоротными винто-рулевыми колонками, характеристики которых для рассматриваемых операций получены путем обобщения данных по существующим винто-рулевым колонкам при их синхронной работе за корпусами буксиров, развивающих в условиях полного использования мощности своих главных двигателей скорости хода 8 и 10 узлов вперед.

Такое обобщение приводит к использованию «типовой» безразмерной зависимости суммарного упора колонок $P_1(v_s)$ от скорости переднего хода v_s, «типовой» безразмерной зависимости суммарного упора $P_2(\delta)$ при синхронном повороте колонок на углы перекладки δ от 0 до ~ 120 градусов и «типовой» безразмерной корректировочной зависимости азимутального использования колонок $P_3(\delta)$, обусловленной «запретом» их работы в режимах «струя в струю» при углах перекладки, близких к 90 градусам.

2 Программный комплекс определения требуемых характеристик

Требуемые характеристики эскортного сопровождения в условиях установившегося движения буксира и эскортируемого судна определяются в зависимости от угла буксирного троса α, угла дрейфа буксира β и угла перекладки винто-рулевых колонок δ при заданных значениях скорости эскортного сопровождения v_s – 8 и 10 узлов.

Определение характеристик сил и моментов, действующих на корпус буксира и его скег, осуществляется с помощью разработанного метода [4] и решения нелинейных уравнений (1.1) средствами нелинейного программирования [7], заложенными в программу Escorttugforces.

В качестве неизвестных в уравнениях (1.1) рассматриваются натяжение буксирного троса $R_б$, угол дрейфа буксира β и угол винто-рулевых колонок δ.

Угол буксирного троса α задается в диапазоне углов 0 ±180 градусов с шагом 5 градусов.

Программа содержит способ контроля точности получаемого методами нелинейного программирования решения системы уравнений действующих сил и моментов по так называемой Невязке решения и способы корректировки неуспешного решения уравнений, как для отдельного положения буксира относительно сопровождаемого судна, так и для всех положений, определяемых при заданной скорости эскорта v_S заданными углами буксирного троса α.

На рис. 2 приведен пример определения с помощью разработанного программного комплекса требуемых классификационным обществом характеристик сил и моментов эскортного буксира.

Разработанный программный комплекс протестирован с помощью данных модельных и натурных испытаний эскортных буксиров, реализованных в Украине за последние 20 лет. Пример сравнения результатов программного комплекса с данными натурных испытаний эскортного буксира [8] приведен на рис. 3.

Выводы. Основными особенностями программного комплекса Национального университета кораблестроения, разработанного с целью практического определения требуемых классификационными обществами характеристик эскортного сопровождения судов, является раздельное рассмотрение формы корпуса буксира и его скега с последующим объединением в единое целое, которое может быть использовано для:

– построения полярных диаграмм зависимости действующих усилий от положения буксира относительно эскортируемого судна, дающих возможность быстрого определения наиболее выгодного положения буксира относительно эскортируемого судна;

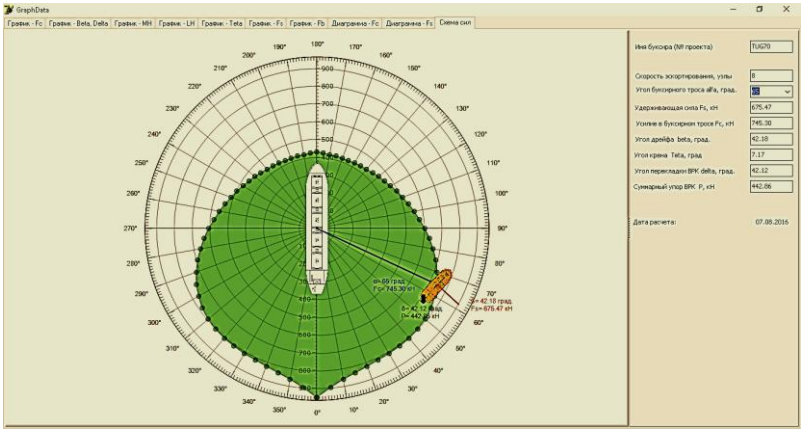
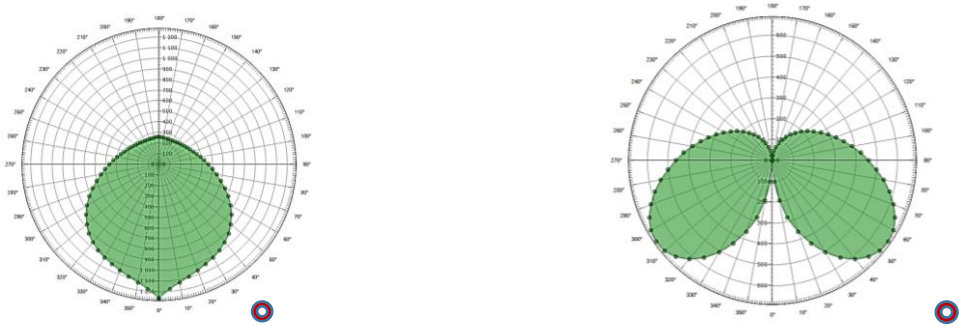


Рисунок 2 – Окно итоговых результатов расчета.

Положение буксира относительно судна может изменяться скроллингом по углу α в окне «Угол буксирного каната alfa, град.», при этом соответственно углу α изменяются значения угла дрейфа буксира β, величины усилия буксирного троса F_c, значений удерживающей силы F_S, угла синхронной перекладки ВРК δ и суммарного упора ВРК P.

Позиция буксира также может быть изменена инициацией с помощью курсора значения усилия в буксирном тросе непосредственно по диаграмме



а) б)

Рисунок 3 – Полярные диаграммы зависимости от угла каната α к ДП эскортируемого судна характеристик его стационарного эскортного сопровождения буксиром **TUG60LA Леопард** при скорости **10** узлов:

а) – расчетные значения усилий в буксирном канате $F_c(\alpha)$,

б) – расчетные значения управляющих усилий $F_s(\alpha)$;

– значения величин $F_c(\alpha_c)$ и $F_s(\alpha_c)$, полученные в результате проведения эскортных испытаний [8]

– использования комплекса в оптимизационных программах определения главных размерений буксира на стадиях его проектирования для достижения, наряду с другими качествами, требуемых значений управляющего воздействия на эскортируемое судно;
– использования на стадиях проектирования и после постройки буксира в качестве методики, одобренной классификационным обществом в части определения регламентируемых усилий без проведения натурных испытаний;
– применения в бортовых вычислительных комплексах в качестве инструмента для представления информации капитану о ресурсных возможностях эскорта при различных скоростях хода и загрузках буксира.

Список литературы

1. **Немзер А.И., Юрканский А.В., Кутейников М.А., Захаров М.Е.** Разработка программного обеспечения для определения максимальной удерживающей силы и угла крена эскортных буксиров в соответствии с требованиями правил РС / Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. – СПб: РМРС, № 42/43, 2016. – с. 70-74
2. Damen year book. – Damen, 2016. – 39p.
3. **Quadvlieg F., Kaul S.** Development of a calculation program for escort forces of stern drive tug boats / The International Tug & Salvage Convention & Exhibition. – Rotterdam. April 2006. – 8p.
4. **Некрасов В.А., Поздеев В.А., Ястреба А.П.** Методика расчета характеристик эскортных буксиров в режимах стационарных эскортных операций // Сб. наук. праць НУК. – Миколаїв: НУК, №1, 2011. – С. 26-32.
5. Правила классификации и постройки морских судов. Часть XVII Дополнительные знаки символа класса и словесные характеристики, определяющие конструктивные или эксплуатационные особенности судна. НД№2-020101-87. – СПб: Российский морской регистр судоходства. 2016.
6. Справочник по теории корабля: в трех томах. Том 3. Управляемость водоизмещающих судов. Гидродинамика судов с динамическими принципами поддержания / Под ред. Я.И. Войткунского. А. – Л.: Судостроение, 1985. – 544 с., ил.
7. **Химмельблау Д.Р.** Прикладное нелинейное программирование. – М.: Мир, 1975. – 576с.
8. Технический отчет о проведении эскортных испытаний буксира «Леопард», Проект TUG60LA. TUG60LA.360285.005. – Kirgan Holding S.A., 2010. – 13с.

УДК 621.833

РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННЫХ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ СУДОВЫХ ТУРБОЗУБЧАТЫХ АГРЕГАТОВ

А.П. Попов, проф., д – р. техн. наук,
В.Г. Богза, доц., канд. техн. наук,
Л.Г. Богза, доц., канд. техн. наук,
О.И. Савенков, научный сотрудник,
Национальный университет кораблестроения, г. Николаев

Повышение работоспособности, надёжности, срока службы уменьшение весогабаритных показателей и улучшение виброакустических характеристик главных турбозубчатых агрегатов (ГТЗА), каждый из которых состоит (см. **рис.1**) из газотурбинного двигателя 1 и зубчатой передачи 7, выходные и входные валы которых 2 и 6 соединены друг с другом промежуточным валом 4 при помощи компенсирующих расцентровки осей валов зубчатых муфт 3 и 5, является актуальной проблемой, успешное решение которой предопределяет дальнейшее развитие современного машиностроения, выпускающего ГТЗА. Для снижения уровня вибрации и шума в ГТЗА (рис.1) предусмотрена звукоизолирующая муфта 8.

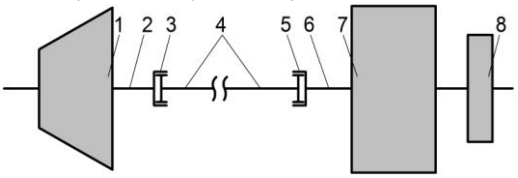


Рис.1. Принципиальная схема ГТЗА:
1 – ГТД; 2 - выходной вал ГТД; 3, 5 - зубчатые муфты; 4 - промежуточный вал; 6 - входной вал зубчатой передачи; 7 – зубчатая передача; 8 - звукоизолирующая муфта

Одним из основоположников и разработчиков ГТЗА является основатель ЮТЗ «Заря», лауреат Ленинской премии, легендарный конструктор С.Д. Колосов. Он впервые разработал газотурбинные двигатели, обладающие относительно малыми весом и габаритами. Автор данного доклада по праву считает себя учеником научно-конструкторской школы С.Д. Колосова, так как после окончания НКИ он в далёкие шестидесятые годы в течение 10 лет проработал в отделе прочности на ЮТЗ «Заря», занимаясь непосредственно разработкой, расчётами и доводкой ГТЗА.

Однако на фоне относительно малых по размерам и по весу газотурбинных двигателей зубчатые передачи выглядели очень громоздкими по габаритам, характеризуясь к тому же большими весовыми данными. Кроме того, зубчатые передачи характеризовались недопустимыми величинами уровней вибрации и шума, в связи с чем в ГТЗА для улучшения виброакустики встраивались специальные звукоизолирующие муфты 8 (**рис.1**), значительный вес и габариты которых существенно усложняли конструкцию.

В качестве примера, указывающего на большие размеры зубчатых передач ГТЗА, можно сослаться на изделие М-3, у которого диаметр зубчатого колеса z_4 второй ступени редуктора составляет 2,92 м, колеса z_3 этой же ступени имеет диаметр 0,5 м. Если к сказанному добавить размеры фундамента редуктора, его корпус и т.д., то общая высота редуктора составит 4,15 м. Таким образом, по сравнению с ГТД выглядит громоздкой, а это ещё раз указывает на то, что снижение весогабаритных показателей зубчатых передач наряду с существенным уменьшением уровня вибрации и шума остаются одной из актуальнейших проблем современного машиностроения.

К сказанному необходимо добавить, что при этом были также разработаны и запатентованы зубчатые передачи с двух-, трех-, и четырёхпарной пространственной точечной системой зацепления зубьев [3-6].

На **рис.2** приведены части развёрток зубчатых шестерен с *n*-парным расположением прямых зубьев. Зубчатые колеса аналогичны конструкциям зубчатых шестерен, в связи с чем развертки их изображений не приводятся.

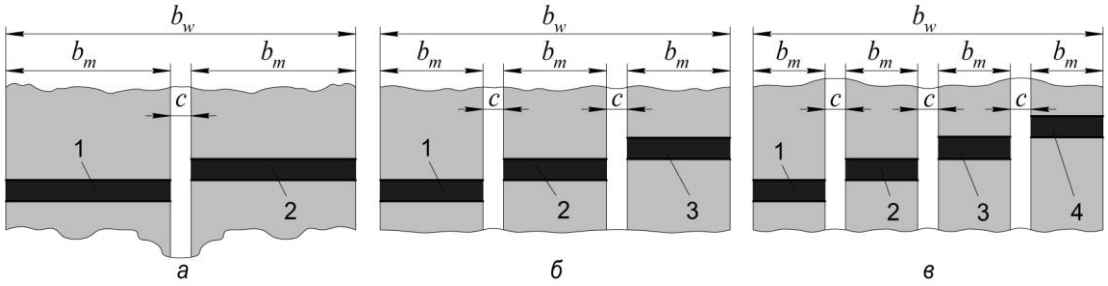


Рис.2. Развертки зубчатых шестерен с *n*-парным зацеплением прямых зубьев:
а - двухпарное расположение зубьев 1-2; *б* - трехпарное расположение зубьев 1-3;
в - четырехпарное расположение зубьев 1-4

А теперь перейдем к оценке эффективности рассматриваемых зубчатых передач с точки зрения их весогабаритных показателей по сравнению с традиционными зубчатыми передачами. С этой целью приравняем друг к другу максимальные контактные напряжения (линейный контакт) σ_H, определяемые по Герцу, и максимальные контактные напряжения (точечный контакт) σ_{max}, определяемые по [1, 2], в связи с чем получим трансцендентное уравнение

$$\frac{(\sqrt{\rho_w}+\sqrt{R}\cdot v)}{R\sqrt{R}} = 2,034\sqrt{\frac{F_n}{b_w E}}, \qquad (1)$$

где $\rho_w = \rho_1\rho_2/(\rho_1+\rho_2)$ – приведенный радиус кривизны зубьев в полюсе зацепления; $\rho_1 = mz_1\sin\alpha_w/2$, $\rho_2 = mz_2\sin\alpha_w/2$ – радиусы кривизны зубьев шестерни и колеса в полюсе зацепления; m – модуль; z_1 z_2 – числа зубьев соответственно шестерни и колеса; $\alpha_w = 20°$ – угол зацепления; $\alpha = \sqrt{\rho_w / R}$ – коэффициент; R – радиус кривизны образующих боковых поверхностей зубьев шестерни; v – коэффициент Пуассона; F_n – нормальная сила, действующая на сопряженную пару зубьев; E – модуль упругости материалов; b_w – ширина шестерни (колеса).

По формуле (1) определим радиусы ρ_w, исходя из величин которых затем вычислим размеры ρ_1 и ρ_2, которые характеризуют уменьшение по высоте габариты рассматриваемых зубчатых передач по сравнению с традиционными передачами. Затем по известным габаритам зубчатых передач находим вес предлагаемых зубчатых передач, что очевидно из табл.1.

Таблица 1. Расчетные характеристики редукторов судов на подводных крыльях и на воздушной подушке

Вид контакта	Эвольвентное зацепление (линейный контакт)				Эвольвентное зацепление (точечный контакт)			
Тип редуктора	*N*, кВт	Масса *m*, кг	Высота, м	ξ, кг/кВт	*N*, кВт	Масса *m*, кг	Высота, м	ξ, кг/кВт
Р076	3676	2900	1,39	0,789	3676	2000	0,960	0,544
РД77	8824	2850	1,54	0,323	8824	1966	1,100	0,223
РД50	14706	2900	1,60	0,170	14706	2130	1,143	0,118
Р1Д50	14706	3500	0,95	0,238	14706	2414	0,680	0,164
Р034-1	4412	1200	1,45	0,272	4412	828	1,036	0,188
Р034-2	1471	454	0,90	0,309	1471	326	0,643	0,222
Р035-10	7353	1674	1,47	0,228	7354	1196	1,050	0,163
Р035-20	7353	790	1,58	1,106	7353	558	1,229	0,077
Р071	7353	600	1,69	0,089	7353	429	1,207	0,059
Р1071	5147	650	0,65	0,129	5147	465	0,465	0,00903
Р2072	3088	450	2,02	0,146	3088	322	1,443	0,104

В табл.2 приведены данные по сравнению веса рассматриваемых редукторов по сравнению с традиционными редукторами.

Из приведенных данных табл.1 и табл.2 более чем очевидно существенное снижение весогабаритных показателей редукторов с точечным контактом зубьев по сравнению с линейным контактом.

Таблица 2. Расчетные характеристики снижения веса судовых редукторов

№ п/п	Вид контакта, передаваемая мощность	Мощность	Линейный контакт	Точечный контакт
	Тип редуктора	*N*, кВт	*m*, т	*m*, т
1	Р055	26500	56000	37333
2	Р057	18380	55000	36667
3	Р058	17020	37000	24667
4	РБ54	16550	34000	22667
5	РБ52	7353	25000	16667
6	Р025	16550	19000	12667
7	Р063	6250	16000	10667
8	Р1Д50	14706	3500	2333
9	Р076	3676	2900	1933
10	РД77	8824	2850	1900
11	РД50	14706	2500	1667

А теперь перейдем к оценке виброакустических характеристик рассматриваемой зубчатой передачи. С этой целью при определении снижения уровня вибрации и шума ΔL в децибелах (дБ) воспользуемся зависимостью [2]:

$$\Delta L = 20 \lg \frac{n_1(n_1+1)}{2n}, \qquad (2)$$

где n – количество венцов зубчатых шестерен (зубчатых колес), которые в соответствии с **рис.2** изменяется от 2 до 4; n_1 – коэффициент, зависящий от количества венцов и коэффициентов перекрытия зубьев ε_α (прямые зубья) и ε_α, ε_β (косые зубья); ε_α – коэффициент торцевого перекрытия зубьев; ε_β – коэффициент осевого перекрытия косых зубьев.

В соответствии со сказанным для прямых зубьев имеем $n_1 = n\varepsilon_\alpha$, а для косых зубьев – $n_1 = n\varepsilon_\alpha + \beta$. При расчете коэффициента n_1 принимается лишь целое число. Например, при $n_1 = 2$ и $\varepsilon_\alpha = 1{,}9$ находим $n_1 = n\varepsilon_\alpha = 2 \cdot 1{,}9 = 3{,}8$, в связи с чем принимаем $n_1 = 3$. При $\varepsilon_\alpha = 1{,}9$ и $\varepsilon_\beta = 2{,}4$ (косые зубья) вычисляем $n_1 = 2 \cdot 1{,}9 + 2{,}4 = 6{,}2$, а для расчета принимаем $n_1 = 6$.

Для определения ΔL в качестве примера воспользуемся одноступенчатой зубчатой передачей для случаев прямозубого и косозубого зацепления с учётом стандартных зубьев и зубьев с «глубоким» профилем, у которых высота головки зуба, как и ножки зуба, увеличивается на 0,25m, характеризуемой следующими данными: $z_1 = 36$; $z_2 = 110$; $m = 6$ мм; $b_w = 215$ мм; $\alpha_w = 20°$; $\beta = 0°$ и $\beta = 14°$; $v = 0{,}3$; $F_n = 3{,}93 \cdot 10^4$ Н; $E = 2{,}1 \cdot 10^5$ МПа

Примем расстояние между венцами $c = 0{,}5$ мм (**рис.2**), тогда при $n = 2$ получим $b_m = 105$ мм; при $n = 3$ найдем $b_m = 68{,}3$ мм и при $n = 4$ величина $b_m = 50$ мм. В результате выполненных расчетов получим $\varepsilon_\alpha = 1{,}721$ и $\varepsilon_{\alpha\Gamma} = 2{,}263$ (зубья с «глубоким» профилем); $\varepsilon_\beta = 2{,}761$ и $\varepsilon_{\beta\Gamma} = 2{,}760$.

Расчетные данные указанной зубчатой передачи приведены в табл.3.

Таблица 3. Данные о снижении уровня вибрации и шума

Профиль зубьев, вид зацепления		Снижение уровня вибрации и шума	Количество венцов *n*		
			2	3	4
Нормальный	Прямозубое	ΔL, дБ	9,5	14,0	16,9
	Косозубое		20,4	21,6	22,8
«Глубокий»	Прямозубое		14,0	19,4	21,0
	Косозубое		22,9	23,5	25,8

Из табл.3 очевидно, что за счет новых технических решений [3-6] уровень вибрации и шума ΔL в редукторах можно снизить на 9,5…25,8 дБ, что в настоящее время не имеет аналогов в мировом редукоростроении. При этом наибольшая эффективность достигается при $n = 4$ (**рис.2, *в***) применительно к косозубым передачам с «глубоким» профилем зубьев. Указанные новые технические решения исключают возможность применения звукоизолирующей муфты 8 (**рис.1**), что приведёт к дополнительному снижению весогабаритных показателей предлагаемых зубчатых передач.

Список использованной литературы.

1. **Попов, А.П.** Контактная прочность зубчатых механизмов [Текст] / А.П. Попов – Николаев: Изд – во НУК, 2008. – 580с. 2. **Попов, А.П.** Зубчатые механизмы с точечным контактом зубьев [Текст] / А.П. Попов – Николаев: Изд – во Атолл, 2010. – 774с. 3. **Патент № 81008 на винахід. Україна.** Зубчаста передача Попова О.П. з точковою і двопарною системою зачеплення евольвентних зубів / Попов О.П. – a200507850; заявл. 08.08.05; опубл. 26.11.07. Бюл. № 19. 4. **Патент № 51167 на корисну модель.** Україна. Зубчаста передача з точковою і трипарною системою зачеплення косих зубів / Попов О.П., Попова Л.О., – u200912663; заявл. 07.12.09; опубл. 12.07.10. Бюл. № 13. 5 **Патент № 35343 на корисну модель.** Україна. Зубчаста передача з точковою і чотирипарною системою зачеплення зубів / Попов О.П., Кипрєєв Ю.М. – u200805267; заявл. 22.04.08; опубл. 10.09.08. Бюл. № 17. 6. **Патент № 51228 на корисну модель.** Україна. Зубчаста передача з точковою і чотирипарною системою зачеплення косих зубів / Попов О.П., Попова Л.О., – u200913643; заявл. 28.12.09; опубл. 12.07.10. Бюл. № 13.

УДК: 656.07

ЗАКОНОДАВЧЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕФОРМУВАННЯ МОРСЬКОЇ ТА РІЧКОВОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ

Козир Б.Ю.

Суттєві перетворення в останні десятиліття у світовій транспортній індустрії обумовлені зростанням міжнародного товарообміну, організаційними та технологічними перетвореннями на морському та річковому транспорті. Сучасні кризові явища і одночасно розвиток логістичних процесів обумовлюють необхідність технічної і організаційної інтеграції транспортних підприємств для забезпечення надійності взаємодії окремих елементів транспортного ланцюга.

Логістика є ефективним інструментом інтеграції, створення сучасної транспортно-логістичної інфраструктури. Транспортно-логістичні проекти Євросоюзу розвиваються в напрямках розширення співробітництва з транспортними підприємствами України.

Тому законодавча база реструктуризації морського та річкового транспорту України повинна забезпечити перспективу формування стійких взаємовигідних економічних зв'язків та збалансованого і стійкого економічного зростання.

В останні роки прийнято ряд законодавчих документів [1,2], що забезпечили ефективну реструктуризацію портової системи. Запроваджено прозорі механізми функціонування морських адміністрацій портів, а також створені сприятливі умови для інвестування в портову інфраструктуру.

Комісією по транспорту ВР України та Міністерством інфраструктури підготовлено пакет законопроектів, які спрямовані на *забезпечення реформування морської та річкової галузі України*.

Пакет включає такі законопроекти:

1. Про внутрішній водний транспорт. Це новий, базовий законопроект, він є фокусним елементом процесів реформування морського та річкового транспорту України. Цим законопроектом скасовуються всі існуючи збори та платежі на річковому транспорті. При цьому вводиться єдиний річковий збір, який буде суттєво меншим від сумарного розміру платежів, що скасовуються.

2. Зміни до Податкового кодексу України щодо корегування рентної плати за спеціальне використання води та оподаткування земель внутрішнього водного транспорту.

3. Зміни до Кодексу торговельного мореплавства України, направлені на удосконалення механізмів державного регулювання судноплавства в Україні.

4. Зміни до Митного кодексу України щодо державної підтримки розвитку судноплавства в Україні.

Вказані законопроекти скасовують норму отримання спецдозволів для здійснення каботажних перевезень суднам, що ходять під іноземним прапором, вони повинні зробити внутрішні водні шляхи конкурентними на ринку вантажоперевезень.

Актуальною проблемою для забезпечення конкурентоспроможності національних судноплавних компаній є введення реєстру морських і річкових суден України. Створення реєстру суден стане інструментом повернення українського флоту під український прапор і допоможе забезпечити замовленнями підприємства вітчизняного суднобудування.

Імплементація приведеного пакету законодавчих документів потребує розробки та реалізації програм, направлених на забезпечення конкурентоспроможності вітчизняних судноплавних компаній. В першу чергу, це проектування та побудова транспортних суден типа «річка-море», реалізація заходів по ремонту елементів шлюзової системи р. Дніпро. Важливим елементом також є реінжиніринг системи управління річковим транспортом, підготовка на сучасному рівні фахівців для річкового транспорту.

Список використаної літератури:

1. Закон України «Про морські порти України», Відомості ВР України, 2013, № 7, ст.65
2. «Стратегія розвитку морських портів України на період до 2038р.», Розпорядження КМУ від 11.07.2013 р. N 548-р

UDC 629.5:658.5

UKRAINIAN SHIP DESIGN AGENCIES INTEGRATION INTO GLOBAL SHIPBUILDING MARKET VIA INNOVATION OUTSOURCING

Tienpont A., Zhukov Y., Zherebetsky A., Zhukova O.

Ukraine is one of the largest countries of Europe. Geographically, economically and politically it is between the Russian Federation and the European Union.

Ukraine is a sleeping maritime giant [1]. The country is the former southern maritime wing of the USSR. It has plenty of port capacity connected with the hinterland by road, rail, the Dnieper, the Russian waterways and the nearby Danube. The Ukrainian fleet is old and diminishing and the bigger ships are flagged out. Many Ukrainian seafarers are employed on foreign ships.

Also it has a strong shipbuilding tradition and there is ample knowledge in ship design, engineering, construction and craftsmanship available. The shipbuilding capacity is potentially huge but it is performing far below capacity. The water sports sector is growing and the yacht and boat building industry is following in its wake. This sleeping maritime giant could wake up very quickly if the Ukrainian government should adopt the right policies.

Expertise is needed to do business in the Ukraine and to cope with the rules and regulations. The Ukrainian business culture is more about using smart chess-like strategies in business and opportunity hopping than striving for long-term goals.

Nevertheless, today the Ukraine is already offering interesting prospects in the maritime field especially in ship design and engineering. While one group of design agencies are fading others are winning bigger sectors of ship design and engineering services market, deeper and deeper integrating into global shipbuilding industry utilising foreign investments mainly via outsourcing partnership [2].

Generalised positive experience of such design and engineering offices may be of substantial support for start-ups and not only in shipbuilding industries. This paper presents short description of main steps of engineering SMEs on the way of their efficient integration into global markets of similar services via innovation outsourcing using many ears experience of several Ukrainian ship design offices.

Also taking an optimistic view that the recent reforms will lead to less corruption and bureaucracy rapid improvements for doing engineering business in Ukraine is predicted. Thus according to the report by experts of the World Bank and the International Finance Corporation (IFC), reforms in Ukraine were recorded in 8 out of 10 criteria [1].

Thanks to this, Ukraine was among the countries with the most improved results in 2014-2015 in the criteria measured in the report "Business". In general, Ukraine improved its performance in areas such as business

registration (3 points), dealing with construction permits (145 points), registering property (paragraph 61) lending (11 points), taxation (4 points). Deterioration, according to World Bank experts, occurred in areas such as providing electricity (-2 points), protecting investors (-1 point), and the resolution of insolvency (-5). For the criteria "International Trade" and "Enforcing Contracts" experts changes were recorded (the 145th and 48th place respectively.)

In 2014, Ukraine rose 15 points in the ranking of a favourable business environment, which is done annually by the World Bank and International Finance Corporation. In the ranking of Doing Business Ukraine ranked 137th in 2013, but dropped another 3 positions later, to 140, due to changes in the methodology for calculating the rating. In 2011, Ukraine ranked only 152 in the ranking of the World Bank.

According to Doing Business 2015, Ukraine raised 14 positions in comparison with 2014 and took 96th place. In comparison with 2014, Ukraine has significantly improved registration of property (+29 points) and taxation sphere (+49 points).

But still when doing business in Ukraine potential investors should pay attention to the following factors:

- Check if the Ukrainian party is registered as a legal entity or entrepreneur (otherwise they cannot effectuate or receive payment)
- Meet with your Ukrainian partner (and inspect their office/place of doing business) before you sign any agreements
- Know your agent! Trust is not enough (background research?)
- Enter into several small contracts instead of one large transaction
- Start small (test) and gradually increase (re-invest profits)
- Register Ukrainian presence only when absolutely necessary
- Always hire a good lawyer to draft/review your agreement to make sure it complies with Ukrainian laws (i.e., do not use standard global forms).

Typical "Step-by-step plan" for developing innovation outsourcing office in design and engineering (including: Step 1: Evaluating/entering the Ukrainian market; Step 2: Expanding; Step 3: Setting up local operations; Step 4: Taxation; Step 5: Currency Regulations, etc.) is also discussed.

Literature:

1. Ukraine Maritime Report 2016: Will this giant awaken? / **Andre Tienpont, Yuriy Zhukov, Andrey Zherebetsky** and other. – Nikolayev: publisher Vasiliy Tarubara, 2016. – 84 p.

2. **Парсяк В.Р., Жукова О.Ю., Кириченко О.П. та ін.** Економічна мотивація інноваційної діяльності підприємств морегосподарювання: монографія / [Парсяк В.Р., Жукова О.Ю., Кириченко О.П, Погорєлова О.В., Терьошкіна Н.Є., Тубальцева Н.П.] За редакцією д.е.н., проф. Парсяка В.Н. – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2015. – 234 с.

СЕКЦІЯ №1
Інноваційні технології у суднобудуванні та судноремонті

УДК 629.5.081

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ РЕМОНТНЫХ ПЛАВУЧИХ ДОКОВ

А.С. Рашковский, д-р техн.. наук, профессор
А.А.Гридин, *магистрант*
Национальный университет кораблестроения им. адм. Макрова

Наиболее востребованным современным типом ремонтного дока является композитный плавучий док большой подъемной силы, состоящий из железобетонного монолитного понтона и двух сплошных стальных башен. Композитные доки экономичнее цельнометаллических: расход стали на 1 т подъемной силы композитного дока и, соответственно, вес металла для его строительства в 2,0…2,5 раза, а стоимость строительства на 15…20% меньше при сроке эксплуатации в 2,3…2,5 раза больше, чем у аналогичных цельнометаллических доков [1, 2].

Для приема судна плавучий док погружается на определенную глубину на акватории предприятия в специально вырытый котлован. В обычной практике плавучие ремонтные доки раскрепляются на месте эксплуатации (яме погружения) с помощью специальной якорной системы состоящей из якорей, цепей и пригрузочных массивов [3]. Котлован вместе с устройствами, служащими для удержания над ним системы док-судно, обеспечения транспортной связи с берегом и подачи различных видов энергии для производства работ, является дорогостоящим комплексом гидротехнических сооружений.

На ряде судоремонтных заводов, чтобы не сооружать на акватории специальный подводный котлован для погружения плавучего дока при приеме или спуске судна на воду, его вырывают рядом с пирсом. Это позволяет экономить затраты и время на перемещения дока к котловану и обратно к пирсу. Возможно два варианта раскрепления ремонтного плавучего дока с помощью палов, закрепляемых на башне дока или в специальном котловане возле пирса [4].

Палы представляют собой направляющие балки по которым скользит серьга. Палы могут быть забиты в грунт в виде куста свай. В этом случае серьга закрепляется на доке. Палы могут быть закреплены на доке (рис.). Тогда серьга закрепляется на береговом сооружении или причале.

Создание композитных плавучих доков большой подъемной силы является весьма сложной задачей для судостроения. Для ее решения необходимо совершенствование проектирования, оптимизация конструкции и разработка технически возможного и экономически выгодного способа строительства, применение современных систем контроля параметров при эксплуатации, технологичных и долговечных материалов, что позволит значительно снизить себестоимость доков и создать рентабельную продукцию.

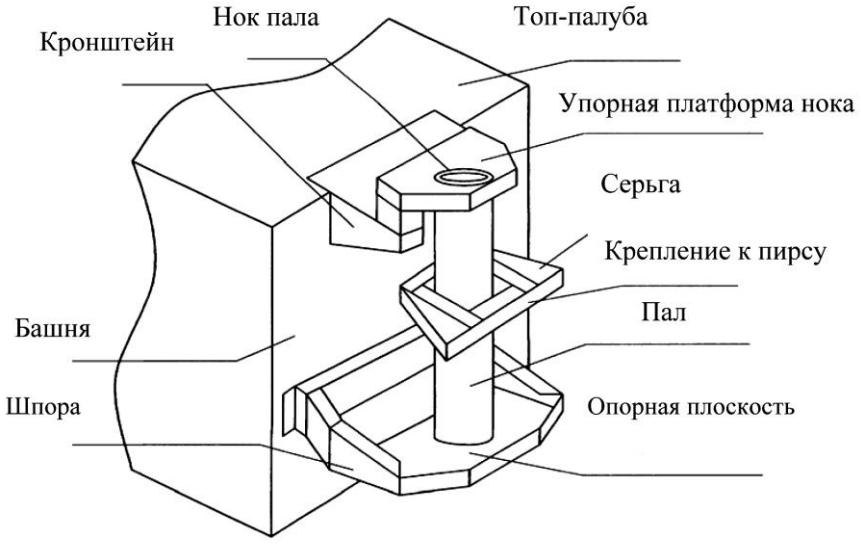


Рис. Схема для раскрепления дока к пирсу.

Для определения размеров конструктивных элементов устройства для раскрепления дока к пирсу рассмотрены действующие нагрузки, разработаны расчетные схемы и произведен расчет прочности пала и серьги.

Список используемых источников

1. **Слуцкий Н.Г.** Сравнительный технико-экономический анализ строительства цельнометаллических и композитных плавучих доков [Текст] / Н.Г. Слуцкий // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2007. – № 2 (413). – С. 34–41.
2. **Слуцкий Н.Г.** Экономическая эффективность строительства и эксплуатации композитных плавучих доков большой подъемной силы [Текст] / Н.Г. Слуцкий, А.С. Рашковский, Д.В. Ермаков // Зб. наук. праць «Економіка: проблеми теорії та практики». – Дніпропетровськ: ДНУ, 2007. – Вип.. 232. – Т. III – С. 614–621.
3**. Рашковский А.С.** Проектирование, технология и организация строительства композитных плавучих доков большой подъемной силы: монография [Текст] / А.С. Рашковский, Н.Г. Слуцкий, В.Н. Коннов, А.В. Щедролосев, А.Н. Узлов – Николаев: Изд-во «Атолл», 2008. – 382 с.
4. **Слуцкий Н.Г.** Разработка устройства для подвижной фиксации плавучего дока возле пирса [Текст] / Н.Г. Слуцкий // Научно-теоретический и практический журнал «Современный научный вестник». Серия: Информатика, Математика, Физика, Техника. – Белгород: Руснаучкнига, 2009. - № 18 (74). – С. 50-55.

УДК 629.5.042

ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СУДОВЫХ ПОМЕЩЕНИЙ МОДУЛЬНЫМИ МЕТОДАМИ

Щедролосев А.В. проф., д-р техн. наук;
Терлыч С.В., ст. преподаватель
НУК им. адм. Макарова (ХФ)

Постановка задачи. Специфика использования флота всегда ставит перед заказчиком и проектантом задачу обеспечения обитаемости плавучих средств, т.е. создания условий жизнедеятельности экипажа в условиях длительного времени, связанного с ремонтом и утилизацией судов с применением композитных плавучих ремонтных доков. Модульное формирование помещений несамоходных судов заключается в их проектной и построечной компоновке из заранее разработанных конструктивно-функциональных модулей. Этот же принцип применяется при оборудовании помещений специальными многократно используемыми или заменяемыми объектами, позволяющими менять выполняемые задачи и их объем. При разработке модулей проводится габаритный анализ подлежащих типизации помещений и массогабаритная систематизация специализированного оборудования [1].

Анализ последних исследований и публикаций. Для несамоходных средних и крупных плавсредств, где модулями могут быть непосредственно надстройки и (или) рубки, необходима фиксация принципиальных типовых схем внешней архитектуры и соотнесения надстроек с расположением технологических средств докования, позиционирования, заякорения. Так как наибольшим опытом модульных разработок обладают Германия, Финляндия и США, то в основу настоящего анализа положены *современные* зарубежные разработки. Все данные приводятся только по открытым публикациям, а также конструкторской и технологической документации, которая не относится к секретной либо является для служебного пользования.

Актуальность исследования. Применение типовых решений и унифицированных модулей позволяет ускорить проектирование и постройку доминирования для крупных судов; повысить гибкость использования различных сценариев (для средних судов), снизить затраты при создании модификаций по назначению на базе одного и того же унифицированного корпуса (для малых судов). Модули могут быть применены также при переоборудовании и модернизации судов с учетом современных требований, в том числе:

- обеспечения более высокого уровня качества при формировании помещений;
- возможности обеспечения более высокого уровня пожаробезопаснсти;
- снижения массоёмкости конструкций;
- улучшения характеристик звуко- и шумоизоляции.

Цель исследования - спроектировать технологию формирования помещений для несамоходных плавучих сооружений с применением контейнерно-обитаемых модулей, оценить уровень технологичности, рассчитать экономический эффект разработок.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. В исследовании поставлена ***цель:***опираясь на ряд авторских работ [2] связывая их с ***научными программами и исследованиями*** в данной области разработать:

- принципиально новую малоотходную технологию изготовления элементов модульного формирования помещений для несамоходных плавучих сооружений;
- увеличение уровня механизации и автоматизации работ для оборудования судовых помещений;
- программные «пакеты» для ПЭВМ, которые обеспечат точность раскроя, изготовления и монтажа деталей и элементов обстройки кают в среде MS Excel и MS Access

В качестве ***научного метода*** использована методика автоматизированного параметрического проектирования.

Изложение основного материала. Во всех версиях модульного формирования для возможных размерных групп критерием эффективности при оптимизации вариантов является минимум затрат за планируемый срок службы. Помимо решения о принятии (или непринятии) модульных принципов при создании судна и об объеме реализации модульных конструкций и оборудования немодульного типа, на границах размерных групп может потребоваться оптимизация самой схемы модульного формирования типизация с целью повышения серийности; ориентация на сменность; модификации в унифицированном корпусе плавучего сооружения.

При этом модульное проектирование помещений несамоходных плавучих сооружений позволяет [2]:

1) заблаговременно отработать компоновочные и конструктивно-технологические решения;
2) обеспечить оптимальную повторяемость близких по назначению и одинаковых по размерам помещений;
3) снизить затраты на постройку судов и изготовление для них оборудования;
4) повысить гибкость использования отдельных помещений и (или) элементов их оборудования, поскольку они могут заменяться для повышения гибкости использования судов.

В исследовании выполнялось обследование оборудования жилых и служебных помещений несамоходных плавучих доков проектов 19330, 19563, 1760 КР, 1760 ПР, 19731 УР.

Завершающим этапом оценки технического состояния оборудования судовых помещений является углубленная, подетальная оценка составных частей судовой мебели после ее демонтажа в цехах.

В настоящее время, наряду с актуальными задачами снижения активности источников шума и вибрации в судовых помещениях на несамоходных судах, плавучих доках и морских нефтегазовых сооружениях при применении «подвесного блок-модуля», приобретает значение борьба с обрывом и разгерметизацией соединений транспортных коммуникаций в период эксплуатации.

При проектировании плавучих и стационарных средств необходимо учитывать не только появление на них новых технических средств и многообразие технологий и функций их выполнения, но также принципиально новые изменения в архитектурно-художественном проектировании судовых помещений в соответствии с современными требованиями технической эстетики и эргономики [1].

Стремление улучшить характеристики судовой мебели за счет нестандартных технических решений с использованием современных технологий, материалов, накопленного опыта проводились на основании оценки технического состояния изделий мебели на существующих заказах на предприятии «ХГЗ Паллада» (г. Херсон) с 1970 года, после их эксплуатации в течение 9-16 лет, где выявлялись основные дефекты эксплуатации.

Условия оптимального проектирования требуют, чтобы резонансные колебания трубопроводов и конструкций судовых помещений отсутствовали, а уровни возникающих при колебаниях напряжений были ниже допускаемых значений. Кроме этого судовые трубопроводы должны обладать ударной стойкостью, чтобы была обеспечена безотказность в аварийных ситуациях.

Судовые системы и трубопроводы, являясь одним из ответственных элементов конструкции «подвесного блок-модуля», во многом определяют надежность их работы для присоединения к системам судна.

Учитывая современную тенденцию отечественной промышленности к возрождению судовой мебели российского производства, целесообразно вернуться к анализу дефектов мебели, проведенному совместно со многими специалистами до 1991 года.

Целью комплексной работы обследования оборудования судовых помещений является исследование качества судовой пластмассовой, металлической, деревянной и мягкой мебели в условиях эксплуатации, а также выявление причин низкого качества. На основе исследований проводится разработка рекомендаций и предложений по улучшению конструкционных и эксплуатационных качеств судовой мебели, где, в том числе, рассматриваются рекомендации и предложения плавсоставов и конструкторских бюро проектантов судов и кораблей по повышению эксплуатационных, эстетических, эргономических и экологических качеств отечественной судовой мебели [2].

В настоящее время проводится отработка и внедрение на предприятиях отрасли системы конструкторско-технологического анализа готового изделия, эксплуатации и ремонта, т.е. моделирование их

жизненного цикла с помощью системы управления жизненным циклом изделия PLM (Product Lifecycle Management) [5-7].

Выводы и их новизна:

1) разработаны методические принципы компоновки задач автоматизированного пп элементов зашивки помещений несамоходных судов.

2) разработаны методики и алгоритмы апп конструкций зашивки различного иерархического уровня.

3) исследованы задачи апп конструкций зашивочных панелей и деталей их крепления, реализующие требования различного иерархического уровня, с использованием методов моделирования и оптимизационно-поисковых процедур.

4) показана возможность применения аппарата метода планирования эксперимента для задач автоматизированного проектирования конструкций зашивки помещений.

Перспективы внедрения результатов исследования. Показана эффективность применения методов моделирования и оптимизационно-поисковых процедур для решения практических задач проектирования конструкций модульной зашивки несамоходных судов на основе требований Правил классификации и постройки морских судов. Предлагаемый методический подход обеспечит сокращение сроков, повышение эффективности и качествапроектно-конструкторских и технологических работ.

Список литературы

1. Проектирование, технология и организация строительства композитных плавучих доков: монография / А. С. Рашковский [и др.]; науч. ред. А. С. Рашковский ; Национальный університет кораблестроения им. адмирала Макарова. – Николаев : НУК, 2008. – 614 с.: рис. – Библиогр.: с. 556-573. – ISBN 978-966-96838-2-3 (Рал-полиграфия).

2. **Щедролосєв, О.В.** Сучасний стан модульного формування приміщень на плавучих доках /О.В. Щедролосєв, С.В. Терлич //Зб. наук. праць НУК.–Миколаїв: УДМТУ N. – 2008. – Т. 1. – С. 94-99.

УДК 629.5

РАЗМЕРНАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНТЕЙНЕРОВОЗА

А.С. Рашковский, д-р техн.. наук, профессор
***И.А. Лабуш**, магистрант*
Национальный университет кораблестроения им. адм. Макрова

С каждым годом все большее количество морских судов разных типов и назначений подвергается модернизации или переоборудованию с изменением главных размерений. Одна из целей проведения подобных работ – устранение морального износа судов, который проявляется в несоответствии их размерений, грузоподъемности или назначения изменившимся условиям эксплуатации. Развитие контейнерных перевозок вызвало постепеное вытеснение традиционных судов для перевозки генерального груза контейнеровозами.

Другая задача, решаемая путем переоборудования судов с изменением их главных размерений, это создание плавучих средств новых типов с минимальными затратами труда и времени.

В основе модернизации чаще всего лежат требования классификационных обществ, постоянно изменяющиеся в связи с накоплением опыта эксплуатации судов и научно-техническим прогрессом; необходимость повышения надежности и технико-экономических показателей эксплуатации. В первую очередь модернизации подвергаются суда, у которых при относительно небольших затратах могут быть существенно улучшены технико-экономические характеристики.

Основным вариантом одномерного увеличения корпусов судов является их удлинение. Величина удлинения судна зависит от многих факторов и прежде всего от конкретной цели модернизации, конструкции и прочности корпуса судна, технологических возможностей верфи. Обычно цель удлинения судна – увеличение его грузовместимости и дедвейта; в таких случаях длина нового блока чаще всего равна длине одного-двух трюмов или танков. В целом наблюдается естественная тенденция увеличения абсолютной и уменьшения относительной величины удлинения судов с ростом их длины. Так, для судов длиной 20…50 м абсолютное удлинение лежит, как привило, в пределах 4…16м, а относительное – в пределах 15…45% , для судов длиной 50…100 м эти цифры находятся в пределах 10…25 м и 10…35%; для судов длиной более 100 м – 15…20м и 11…20% соответственно. Рост дедвейта удлиняемых судов в основном лежит в пределах от 12…15% до 30…35%. При удлинении малых судов дедвейт может возрасти и на 50…60% .

Размерной модернизации и переоборудованию судов предшествует тщательный экономический анализ, который связан с критериями оценки их экономической эффективности. Естественно, что при оценке экономической эффективности размерной модернизации и переоборудования судов разных типов необходимо пользоваться различной системой основных показателей. При этом решающее влияние на экономическую эффективность во всех случаях оказывают капитальные затраты на выполнение корпусных работ и ущерб от вывода судна из коммерческой эксплуатации.

В магистерской работе поставлена задача провести размерную модернизацию контейнеровоза на 4500TEU путем дабавления одного грузового танка в цилиндрической части судна. После модернизации будут выполнены расчеты: главных элементов судна, остойчивости, удифферентовки, скорости. Будет произведен расчет общей прочности и проверка прочности по допускаемым напряжениям, определена необходимость дополнительных подкреплений корпуса в районе вставки. Также будет разработана технология модернизации контейнеровоза: технология изготовления вставного блока секций, введения судна в сухой док и посадки его на тележки, разделение корпуса на две части, установка дополнительного блока секций и соединение частей корпуса с блоком. Будет проведено тезнико-экономическое обоснование модернизации контейнеровоза.

Список используемых источников

1. Правила классификации и постройки морских судов: В трех томах. Остойчивость судов - Киев, 2002.
2. Справочник по теории корабля : В трех томах. Статика судов. Качка судов/ Под ред. Я.И. Войткунского. – Л.: Судостроение, 1985. – 440с.
3. **Короткин Я.И.** Прочность корабля. / Я.И. Короткин, Д.М. Ростовцев, Н.Л. Сиверс. – Л., 1974. - 432 с.
4. **А. А. Гундобин.** Размерная модернизация и переоборудование судов. / А.А.Гундобин, Г. Н. Финкель– Л.: Судостроени , 1977, 192 с.
5. **Телегина И. А.** Общая и местная прочность судов: Методические указания по курсовому проектированию. / И.А. Телегина – Николаев : НКИ, 1987. – 51с.
6. **Перов В.Н.** Реновація суден. / В.Н. Перов. – Миколаїв,: НУК, 2014. - 229с.

УДК 627.043

РОЗРАХУНОК ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ СУДНОВИХ МОДУЛЬНИХ ПРИМІЩЕНЬ ПРИ ВИНИКНЕНІ ПОЖЕЖІ

Щедролосєв О.В.,
Терлич С.В.,
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
(Херсонська філія)

Для обґрунтування вибору конструкцій елементів зашиття пропонується виконання ряду досліджень та розрахунків, пов'язаних із фізичними параметрами ізолювання й негоріння елементів, геометричні показники яких запропоновано авторами [1, 2] , а також прийнято до уваги результати [3].

При виникненні пожежі за причинами, наведеними вище, густину теплового потоку $\bar{q}$ (Вт/м^2) який передається за рахунок теплопровідності, прямо пропорційно градієнту температури grad(T), К/м, тобто:

$$q = -\lambda \cdot \mathrm{grad}(T) = -\lambda \cdot \Delta T, \quad (1)$$

де: λ – коефіцієнт теплопровідності композитної панелі (сандвіч-панелі), Вт/(м·К), який розраховується дослідним шляхом у залежності від тиску, структури, питомої ваги, вологості пористості.

Знак «мінус» вказує на те, що параметри $\bar{q}$ та grad(T) мають протилежні напрями, якщо їх вважати векторами.

За рахунок теплопровідності перебірки, яка зашита композитними панелями з урахуванням формули (1) та співвідношенням, відомого із фізики твердого тіла $\Delta q = -\nabla(\lambda \cdot \nabla T)$ [4] рівняння теплопровідності (1) прийме вигляд:

$$\rho \cdot C \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla(\lambda \cdot \Delta T) + q_V, \quad (2)$$

де: ρ – середня масова густина композитної панелі, кг/м^3 ;

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^{n} m_i}{\sum_{i=1}^{n} v_i},$$

де m_i та v_i – відповідно маса та об'єм i-го шару композитної панелі, при кількості шарів n;

C – загальна тепломісткість, Дж / (кг·К);

$\frac{\partial T}{\partial t}$ – швидкість змінення температури, К/с;

q_V – густина теплового потоку джерела тепла, Вт/м^2.

При розв'язанні рівняння (2), можливо визначити температурне поле в елементі зашиття. При цьому функція, яку треба представити, $T(x, y, z, t)$ повинна відповідати закону збереження енергії. В той же час, для отримання єдиного розв'язку рівняння (2) необхідне виконання наступних вимог:

- геометричних, згідно яким задається площинна форма та розміри зашивочної панелі [3];
- фізичних, які завдаються властивостями тепла λ, ρ та C;
- початкових умов, які встановлюють розповсюдження температури в початковий момент часу;
- граничних умов, які визначаються у залежності від розмірно-конструктивних та функціональних особливостей конкретного приміщення.

Граничні умови визначають температуру на поверхні перебірки, як функцію координат і часу. Також необхідно задати густину теплового потоку (або складові коефіцієнту температури яка є нормаллю до поверхні) декоративного зашиття у вигляді функції координат та часу. У дослідженні аналізувалися температури рідких та газоподібних складових, які мають місце бути у приміщенні.

Для спрощення математичних викладок, прийнято температуру забортної води T_1 сталою величиною у залежності від району експлуатації плавучої споруди. Також вважається, що початкова температура усіх елементів зашиття є однаковою, тобто: $T\big|_{t=0} = T(x, y, z) = \text{const}.$

З метою уточнення математичних розрахунків без зміни похибок введено нову величину – надлишок температури – u:

$$u = T\big|_{t=0} = -T_1, \qquad (3)$$

Тоді рівняння теплопровідності матиме вигляд:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a \cdot \nabla^2 \cdot u, \qquad (4)$$

де: а – коефіцієнт теплопровідності, м^2/с.

Початковою умовою при t = 0 є вираз $u\big|_{t=0} = u_0 = \text{const}.$

Граничними умовами прийнято, що густина теплового потоку біля зовнішньої стінки зашиття q_{CT} , яку можна розрахувати, як:

$$q_{CT} = \alpha(T_{CT} - T_1) = \alpha \cdot u_{CT}, \qquad (5)$$

де: α – коефіцієнт тепловіддачі між відсіками у разі пожежі, Вт/(м^2·К);

T_{CT} – температура панелі зі сторони полум'я, К;

З іншої сторони густина теплового потоку складатиме:

$$q_{CT} - \lambda\left(\frac{\partial T}{\partial n}\right)_{CT} = -\lambda\left(\frac{\partial u}{\partial n}\right)_{CT}, \qquad (6)$$

де: $\frac{\partial T}{\partial n}$ – похідна температури панелі по нормалі до поверхні, К/м.

Проаналізувавши рівняння (5) та (6) можна стверджувати, що:

$$u_{CT} = -\frac{\lambda}{\alpha}\left(\frac{\partial u}{\partial n}\right)_{CT}, \qquad (7)$$

З'ясовано, що результати розв'язку рівняння (4) залежить виключно від форми панелі (площинної, або з погибом), відповідного розміру висоти приміщення (довжини панелі) L, теплофізичних властивостей $\alpha = \frac{\lambda}{C \cdot \rho}$, початкової умови u_0, умов теплообміну з оточуючим середовищем, тобто коефіцієнтом тепловіддачі α.

Список літератури

1. **Щедролосєв, О.В.** Сучасний стан модульного формування приміщень на несамохідних плавучих доках [Текст] / О.В.Щедролосєв, С.В. Терлич // Зб. наук. праць НУК. – 2008. – № 1.– С. 94-99.
2. **Апалько, Т.А.** Особенности эволюционного совершенствования проектных характеристик сложной морской техники [Текст] / Т.А. Апалько, Н.А. Демидов, Б.А. Царев, В.И. Шагиданов // Доклады секции №1 на «Круглом столе» по проблеме конкурентоспособности судостроительной промышленности.- С-Пб.: НТО судостроителей им. А.Н. Крылова, 2008, с. 21–23.
3. **Рашковский, А.С.** Анализ технологических особенностей изоляции для конструктивной противопожарной защиты судов и других плаучих сооружений [Текст] / А.С. Рашковский., А.А. Мильто, В.Ф. Маломан // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв: УДМТУ, 2005. - №5(404). – С. 168-177.
4. **Лакин, Г.Ф.** Биометрия [Текст] / Г.Ф. Лакин// Учебное пособие. – М.: Высшая школа. – 1978 – 343 с.

ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОРЫВ В СУДОСТРОЕНИИ

Яглицкий Ю. К.,
Доронина М. А.
ХФ Національного університету кораблебудування, м. Миколаїв

Дальнейшее развитие отечественного судостроительного производства возможно только при углублении его технологической специализации и внедрении на этой основе новых прогрессивных технологий и высокопроизводительного оборудования. Современные тенденции развития мирового судостроения характеризуются повышением требований к качеству продукций и снижению сроков постройки судов. Общеизвестно, что повышение качества и снижение трудоемкости строительства судов в значительной степени определяется эффективностью процесса формирования их корпусов. В свою очередь эффективность формирования корпусов судов зависит как от технологии их сборки, так и от организации технологических процессов сборочно-сварочного и корпусостроительного производств. Это предъявляет более высокие требования к оборудованию для вырезки, сварки, например, по чистоте реза и точности вырезанных деталей судового корпусного набора и определяет новые подходы к оценке и компенсации сварочных деформаций.

Одними из самых инновационных на данный момент технологий, применяемых в судостроении, являются лазерные технологии. Они позволяют радикально модернизировать технологию сборочно-сварочных работ в судостроительном производстве, на порядок повысить точность изготовления деталей и, соответственно, снизить объём наплавленного металла при сварочных работах, что резко снижает трудоёмкость сварочных, а затем и рихтовочных работ по исправлению деформаций. А это, в свою очередь, уменьшает срок строительства, а также и вес металлоконструкций и материалоёмкость. Комплексное применение лазерных технологий резки и сварки в судокорпусостроении позволяет снизить суммарные затраты на постройку корпусов судов более чем в два раза и существенно сократить сроки постройки судов [3].

В современных условиях достоверно оценить преимущества того или иного способа резки (сварки) можно лишь на основании сопоставления технико-экономических показателей этих процессов. Для получения этих показателей при внедрении или автоматизации производственных процессов возникает необходимость в создании математической модели процесса. Если такая модель будет создана, то методами оптимизации с помощью компьютерных программ можно будет найти оптимальные соотношения между отдельными элементами процесса (временами операций, производительностями оборудования и пр.) и режимами их работы, что позволит определить наиболее эффективный способ резки (сварки).

Разработка математических моделей должна базироваться на системном подходе к объектам производства и технологическим процессам. Для решения данной задачи целесообразно применить метод динамического программирования. Динамическое программирование в этом случае представляется как некоторый оптимальный метод генерирования вариантов.

Таким образом, можно сделать определенные выводы [1], [2]:

1. Использование технологических лазеров в судокорпусостроении позволит перейти на новый уровень производительности труда, качества изготовления корпуса судна, экологической чистоты процессов и повышения престижности судостроительных профессий.

2. Лазерная резка деталей корпусов судов на машинах с ЧПУ, обеспечивающая изготовление деталей «в чистый размер» и позволяющая полностью исключить пригоночные работы при сборке конструкций, может успешно использоваться при раскрое листовых деталей толщиной до 20 мм.

3. Лазерная сварка корпусных конструкций может применяться на роботизированных и автоматизированных участках при изготовлении сотовых конструкций, плоских и полуобъемных секций с толщиной деталей до 16 мм. При этом исключается необходимость правки конструкций после сварки, будут обеспечены высокая производительность процесса качество сварных швов и сведен к минимуму расход присадочных материалов.

Список литературы

1. **Горбач В. Д., Соколов О. Г., Левшаков В. М., Чабан В. Л., Васильев А. А., Игнатов А. Г.** Опыт использования лазерных технологий в судостроении, Судостроение, 2000, №1, 49-53 с.
2. **Куклин О. С., Левшаков В. М., Попов В. И.** Освоение передовых технологий формообразования элементов корпусных конструкций, Судостроение, 2004, №5, 97-99 с.
3. **Хаустов А. Н.** Лазерные технологии в судостроении, Судостроение, 2010, №3, 58-59 с.

УДК 629.5.081.22

ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ СПОСОБОВ СПУСКА СУДОВ С НАКЛОННЫХ ПРОДОЛЬНЫХ СТАПЕЛЕЙ

Л.С. Воленюк,
Национальный университет кораблестроения им. адм. Макрова

Спуск судна на воду является одним из ответственных и неотъемлемых технологических процессов в его постройке. Одним из наиболее сложных является спуск с наклонных продольных стапелей. Такой вид спуска представляет собой передвижение судна со стапеля в воду, основанное на принципе скольжения тяжелого тела по наклонной плоскости.

Продольный спуск судов осуществляется с продольных наклонных стапелей длиной от 100 до 350 м, расположенных перпендикулярно к береговой линии или под некоторым углом к ней. Стапель представляет собой сложное инженерное сооружение, имеющее железобетонное основание для размещения спусковых дорожек.

Перед спуском судно устанавливается на спусковое устройство. Выбор состава и конструкции спускового устройства является одной из важных задач, так как при этом основные конструктивные решения, касающиеся спускового устройства, необходимо принять до разработки рабочих чертежей конструкций корпуса [1].

Основной задачей в исследовании спуска является определение движения спускаемого судна. Полное решение этой задачи требует: установить для каждого момента времени величину и точку приложения всех сил, действующих на судно; вычислить для каждого момента времени положение судна и скорость его поступательного и вращательного движений. Решение этой задачи в полном объеме невозможно в связи со сложностью процесса спуска и движения его спусковых устройств.

В связи с этим в исследовании спуска, согласованном с практическими потребностями, достаточно ограничиться определением скоростей и положений судна лишь в отдельные моменты. Поскольку в процессе спуска силы, действующие на судно, изменяются, процесс спуска разделяют на четыре периода.

При таком разделении можно выделить следующие наиболее опасные моменты спуска, которые необходимо учитывать в проведенном исследовании: опрокидывание, всплытие, соскок, удар судна о стапель или грунт, остановку судна на стапеле.

Из вышеизложенного следует, что спуск судна с наклонных продольных стапелей, является очень сложным и неуправляемым процессом, зависящим от многих факторов. К его недостаткам также следует отнести: сложность расчета, изготовления и установки спусковых устройств под судном; высокую трудоемкость изготовления и нанесения компонентов насалки на спусковые дорожки и устройства; необходимость в демонтаже спусковых устройств и сбору их на акватории после спуска судна; загрязнение акватории завода компонентами насалки.

Расчет спуска судна с продольных наклонных стапелей требует применения сложных расчетных схем, поэтому при проектировании спуска, условия которого не вызывают опасений в благополучном исходе, обычно ограничиваются статическим расчетом.

При статическом исследовании спуска гидродинамические силы считают пренебрежимо малыми, так как судно перемещается по спусковым дорожкам с небольшой скоростью. Основная задача статического исследования – установить положение судна, при котором возникает угловое перемещение – опрокидывание или всплытие. Представляет интерес возникающие при этом сосредоточенные силы, а также положение судна в любой точке пути при его движении по стапелю [2].

Результаты такого расчета, выполняемые с помощью масштаба Бонжана, можно представить графически в виде двух типов диаграмм- английской или французской.

Английской диаграммой называется совокупность графиков, изображающих зависимость следующих величин от пути, пройденного в третьем периоде: силы веса, силы плавучести, момента силы веса относительно заднего конца полоза, момента силы плавучести относительно заднего конца полоза, момента силы веса относительно порога, момента силы плавучести относительно порога.

Французская диаграмма строится в предположении, что судно неподвижно, а уровень воды вместе с дорожками перемещается относительно судна. На французской диаграмме графически представляется зависимость от углубления переднего конца полоза следующих величин: спускового веса; силы плавучести; расстояния от порога до линии центра тяжести спускового веса; абсциссы равнодействующей силы [1, 3].

Кроме спуска судна на традиционных спусковых устройствах возможно применение пневматических баллонов предназначенных для спуска и подъема судов. Они широко используются для подъема и перемещения затонувших объектов и съема судов с мели. Надувные баллоны имеют преимущество не только в трудозатратах и экономии времени, но и в финансовых затратах. При правильной эксплуатации они гибки, портативны, надежны и долговечны. Технология спуска-подъема судов при помощи пневматических баллонов обеспечивает технико-экономичную альтернативу дорогостоящим традиционным спусковым устройствам [4].

Исследование спуска судна на пневматических баллонах может быть выполнено с помощью английской диаграммы. По сравнению с традиционными спусковыми устройствами пневматические баллоны во время спуска изменяют рабочую высоту. Следовательно, расчетные линии на масштабе Бонжана будут располагаться по отношению к основной линии под переменным углом.

Для определения параметров расчетных ватерлиний предполагается, что эти ватерлинии примыкают к основной линии в точках пересечения ее с теоретическими шпангоутами. Такое допущение правомерно и позволяет упростить расчет. Траектория движения судна на баллонах представляет собой окружность большого радиуса, поэтому замена ее на дугу параболы не вносит в расчет заметной погрешности. Далее расчет производится аналогично расчету спуска по прямым наклонным дорожкам. Результаты так же могут быть представлены в графическом виде.

Выводы. Изучен технологический процесс спуска судов с продольного наклонного стапеля. Выполнен сравнительный анализ применения традиционных спусковых устройств и пневматических баллонов.

Список используемых источников

1. Спуск судов [Текст] / А.А.Курдюмов, Ю.П.Белявин, А.А.Гайсенюк, и др. – Ленинград, 1969. – 416 с.
2. **Рашковський О.** Вдосконалення спуску суден зі стапеля «0» ПАТ «Чорноморський суднобудівний завод» [Електронний ресурс]/ О. С. Рашковський, Л. С. Смирнова // Електронне видання "Вісник Національного університету кораблебудування". – Миколаїв: НУК, 2011.–№5. – Режим доступу: http://ev.nuos.edu.ua.
3. **Смирнова, Л.** Совершенствование спуска судов на воду с наклонных продольных стапелей на судостроительных заводах г. Николаева [Текст] /Л. С. Смирнова // Матеріали ІІ міжнародної науково-технічної конференції «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці». – Миколаїв: Видавництво НУК, 2011. – С. 50-51.
4. Marine Air Bags [Електронний ресурс].– Режим доступу: http://marineairbag.ru/

УДК 621.9.048.4

МАГНІТНО-ІМПУЛЬСНА ОБРОБКА У СУДНОВОМУ МАШИНОБУДУВАННІ

Уваров В.А., Авдюнін Р.Ю.

Магнітно-імпульсна обробка металів дозволяє виконувати такі широко розповсюджені у судновому машинобудуванні процеси, як штампування, збірка, зміцнення та зварювання. Основною особливістю даного методу є те, що механічне зусилля, яке деформує металеву заготовку створюється безпосередньо імпульсним магнітним полем без допомоги проміжних середовищ (рідких, твердих, газоподібних).

Основні переваги методу: легкість автоматизації процесу, можливість адаптації до різних виробничих циклів, що обумовлює широке поширення у суднобудівній галузі. До недоліків можна віднести, відсутність можливості деформації великогабаритних товстостінних деталей, а також залежність ефективності процесу від електропровідності деформованого матеріалу.

Найбільше розповсюдження магнітного деформування отримав спосіб, що ґрунтується на взаємодії імпульсного магнітного поля та вихрових струмів, індукованих в заготовці при перетині її магнітними силовими

токами. Тому магнітному деформуванню найбільш за все піддаються заготовки, що виготовлені із матеріалів з великою електропровідністю (алюміній, мідь, срібло і т.п.). Якщо деформування виконується у металічній матриці, то проникнення поля у заготовку не допускаються. Енергія магнітного поля при магнітному імпульсному деформуванні витрачається на механічну роботу деформування металу, на нагрів заготовки.

Основними елементами установок для імпульсного електромагнітного деформування металів є (рис. 1) конденсаторна батарея (накопичувач енергії) *2,* яка заряджається за допомогою зарядного пристрою *1*, що включає трансформатор та високовольтний випрямляч до заданої напруги, при досягненні котрої на допоміжний електрод триелектродного розрядника *3* подається підпалюючий імпульс. Іскровий проміжок *4* між основними електродами розрядника пробиваються і конденсаторна батарея розряджається на робочий індуктор *5*.

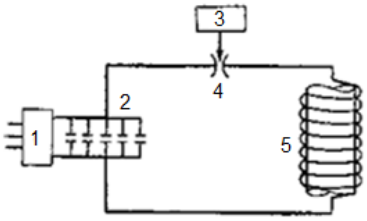


Рис. 1 Принципова схема установки для імпульсного електромагнітного деформування

В залежності від призначення використовуються плоскі, циліндричні індуктори, а також індуктори складної форми, наприклад індуктор з концентратором (рис. 2).

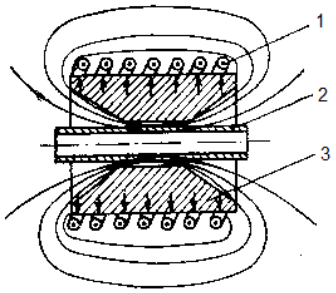


Рис. 2 Схема індуктора з концентратором
(1 – індуктор, 2 – заготовка, 3 – концентратор)

Висновки Легкість впровадження електромагнітного формозмінення (обжим, роздача трубчастих заготовок; штамповка плоских та заготовок складної форми - операції вирубка, витяжка, калібрування; з'єднання деталей виготовлених із різних металів і не металів; запресовка труб в трубні дошки та ін.) дозволяє використовувати та впроваджувати метод на будь-якій стадії технологічного процесу.

Список літератури

Степанов, В.Г. Импульсная металообработка в судовом судостроении [Текст] / В.Г. Степанов, И.А. Шавров. – Л.: Судостроение, 1968. – 249.

ПРОЕКТУВАННЯ СУДНОБУДІВНИХ ОПОРНИХ ПРИСТРОЇВ З ЕЛАСТОМІРНИМИ ПРУЖНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ

Коршиков Р.Ю., Коршиков Ю.С., Слатвинська О.В.
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

У суднобудуванні і судноремонті традиційно у великих кількостях використовується деревина. Це пов'язано з особливостями механічних властивостей такого матеріалу і з відносно невеликою вартістю деревини [1]. Поєднання цих, а також деяких інших чинників не дозволяло ефективно впроваджувати замість деревини нові матеріали. В даний час ситуація різко змінилася. Ціна на деревину зросла. Крім того, інтенсивна вирубка лісу може нанести втрату екології. Цим пояснюється великий інтерес до природозберігаючіх технологій.

Звичайні конструкції, виконані з деревини, порівняно недовговічні. В умовах суднобудування і судноремонту додаються чинники, сприяючі прискореному зносу деревних конструкцій. Це поперемінна дія

вологи, відкритого повітря, теплової енергії, сонячних променів, гнильних бактерій, а також граничних для міцності деревини навантажень. Із-за швидкого розтріскування і гниття деревини, конструкції з дерева не вдається використовувати багато разів. Це підвищує собівартість вживання таких технологій. Заміна деревини в суднобудівельних конструкціях на інші матеріали, доступні за ціною, може дозволити використовувати дані конструкції багато разів. Як матеріал, замінюючий деревину в суднобудівельних конструкціях, можна використовувати еластомери, освоєні хімічною промисловістю [2].

Еластоміри прийнято відносити до полімерів з яскраво вираженими високоеластичними властивостями. Серед еластомірів найбільшого поширення набули каучуки і гуми, що вироблялися на їх основі, а також поліуретани.

Еластомірні конструкції суднобудівельного призначення порівняно невибагливі до морських умов експлуатації, вони можуть зазнавати великі формозменення й деформації. Проте еластоміри вимагають використання нетрадиційних для суднобудування методів проектування і розрахунку [3].

Виходячі з цього, можно зробити висновок, що розробка еластомірних конструкцій суднобудівного призначення, здатних замінити деревину за пружними показниками є актуальним дослідженням.

В процесі дослідження були вирішені наступні задачі:

1. Проведено аналіз існуючих пружних суднобудівних конструкцій з деревини;

2. Визначені принципові задачі, що необхідно вирішити для успішної заміни деревини як матеріалу, що вживається в суднобудуванні для пружних елементів, еластомірами, а також шляхи їх рішення;

3. Визначені основні принципи проектування пружних основ з еластомірних елементів;

4. Розроблені рекомендації по проектуванню суднобудівельних опорних пристроїв на основі еластомірних пружних елементів;

5. Реалізовано метод проектування еластомірних пружних основ на прикладі проектування спускових доріжок повздовжнього стапелю.

Деревина застосовується в суднобудуванні і суднoремонті для виготовлення з неї пружних елементів, що входять в конструкції, основним призначенням яких є рівномірний розподіл навантаження в зонах контакту корпусних конструкцій судна і елементів опорного контуру. Рівномірний розподіл навантаження дозволяє уникнути перевищення допустимої напруги і залишкових деформацій в місцях контакту. Дерев'яні конструкції традиційно служать для формування пружних основ із заданими властивостями. На такі основи встановлюються судна і окремі їх частини (секції) при споруді або ремонті.

Технологічні операції, в яких застосовується деревина як пружні і мнучі елементи, наступні:

- закладка секцій і формування корпусу судна на стапелі або в сухому доці;
- транспортування корпусу судна і окремих його частин на опорно-транспортних пристроях і трансбордері;
- спуск судна з поперечних і подовжніх стапелів;
- спуск судна за допомогою передавальних доків;
- постановка судна в плавучий ремонтний док.

До основних суднобудівних опорних конструкцій входять: спускові доріжкі, полози спускового пристрою, копилля, кільблоки, клітки, основи, упори, подкільні поперечні балки.

Пружні елементи з еластомерів довговічніші і можуть використовуватися багаторазово. Вони, на відміну від дерева, не схильні до шкідливих дій вологи, високих і низьких температур. Тобто, еластомери більш пристосовані для роботи в умовах суднобудівельного і суднoремонтного підприємств, а також для використання в опорних пристроях плавучих доків. Комбінуючи пружні елементи, виготовлені з еластомерів різних типів, можна спроектувати опорні пристрої з нерівномірним розподілом пружних властивостей по довжині пристрою, що, наприклад, може знайти вживання в спускових пристроях подовжніх похилих стапелів.

Для того, щоб було можливо замінити деревину еластомерами, необхідно забезпечити відповідності характеристик податливості і пружності еластомірних конструкцій аналогічним дерев'яним та вирішити технологічні проблеми, що пов'язані із застосуванням еластомірних пружних елементів замість дерев'яних [4].

Стапельні доріжки можуть розрізнятися по конструкції і за типом покриття. В більшості випадків використовуються соснове і дубове покриття конструкцій стапельних доріжок, рис. 1.

Металеві конструкції спускових доріжок стапелю мають два варіанти виконання. Відмінність між ними полягає у виконанні конструктивного елементу основи, на яку укладаються соснові бруси. В одному випадку настил виконується суцільним, рис. 2, а в іншому – переривчастим.

Дерев'яний настил спускових стапельних доріжок виконує функції пружної основи, тобто забезпечує пружну податливість стапельних доріжок, що дозволяє перерозподіляти зусилля, що діє на них, від спускового пристрою.

Еластомери мають строго певні фізичні і механічні характеристики, і вони значно відрізняються від таких же характеристик дубу і сосни. Проте при розподілі еластомірних прокладок на значній площі стапельних доріжок можна підібрати пружну характеристику, дуже близьку до характеристики, що утворюється дерев'яним покриттям спускових стапельних доріжок.

В процесі переобладнання стапельних доріжок дерев'яне покриття має бути замінене дискретно розташованими еластомірними прокладками. Розміщувати їх передбачається у шаховому порядку, дотримуючи при цьому певних умов [5]. На наступній схемі наведено розташування еластомірних прокладок на еластомірних стрічках різної ширини, рис. 3.

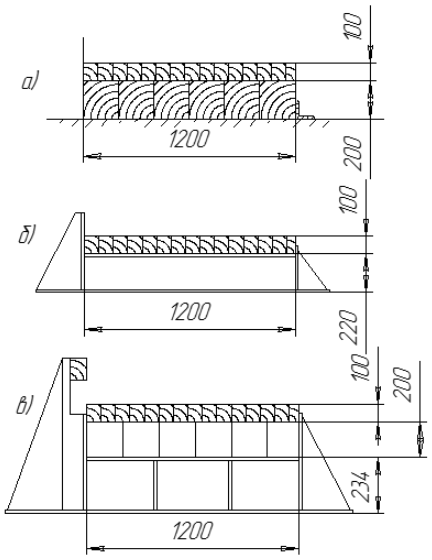


Рис. 1. Типові перетини спускових доріжок

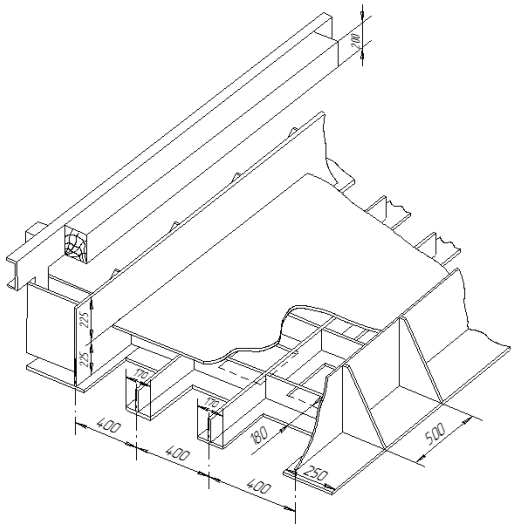


Рис. 2. Схема металоконструкції доріжки з суцільним настилом

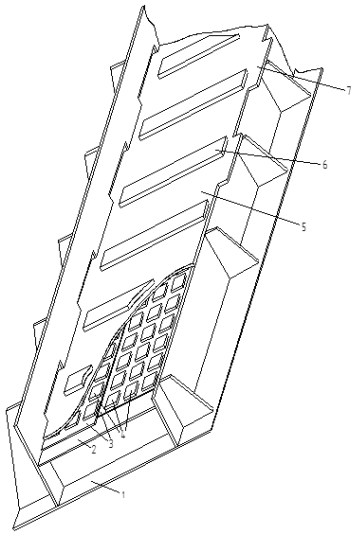


Рис. 3. Загальна схема стапельної доріжки з еластомірними прокладками

На суцільний настил 2 укладаються полотнища 3 з синтетичних тканин з приклеєними до них еластомірними прокладками 4. Поверх прокладок укладається суцільний лист сталевого настилу 5 із сталевими кріпильними смугами 6, що використуються для кріплення спускового пластмасового щитового настилу.

В процесі проведених досліджень встановлено, що доріжки при використані еластомірних прокладок можуть бути сумісні між собою, і металоконструкції цих доріжок можуть бути використані надалі; може бути створена нова конструкція спускових доріжок на базі старих конструкцій.

Практичне значення роботи полягає в тому, що її головні положення, висновки та узагальнення можуть мати практичний інтерес для проектування та будівництва еластомірних пружних конструкцій суднобудівного призначення на сучасних суднобудівних підприємствах.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Козляков В.В.** Проектування докових опорних пристроїв [Текст] / Козляков В.В., Фінкель Г.Н., Хархурім І.Я. – Л.: Суднобудування, 1973.
2. **Коробанов Ю.Н.** Особливості проектування еластичних прокладок, здатних за пружними показниками замінювати дерев'яні конструкції [Текст] / Коробанов Ю.Н., Коршиков Р.Ю. //Сборник наукових праць Українського державного морського технічного університету – Миколаїв: УГМТУ, 1998.
3. **Коробанов Ю.Н.** Основи вибору еластичних прокладок за пружними показниками [Текст] / Коробанов Ю.Н., Коршиков Р.Ю. //Вестник Херсонського державного технічного університету № 1(3) – 1998. – Херсон: Херсонський державний технічний університет, 1998. – С. 149 – 152.
4. **В.Д. Мацкевіч** Основи технології суднобудування. [Текст] //Під загальною редакцією В.Д. Мацкевіча. – Л.: Суднобудування, 1980. – 351 с.
5. **Коробанов Ю.Н.** Вживання декларативної парадигми в програмуванні завдань оптимізації розміщення однорідних об'єктів на площині. [Текст] / Коробанов Ю.Н., Коршиков Р.Ю. //Межвузівський журнал «Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси і системи» № 2 – 1998. – Херсон: Херсонський державний технічний університет, 1998. – С. 123 – 128.

УДК 629.5.083

УДОСКОНАЛЕННЯ СХЕМ БАЛАСТНИХ СИСТЕМ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ПЛАВАЮЧИХ ІНГІБІТОРІВ

О.В. Щедролосєв, О.М. Узлов, К.В. Кириченко,
Херсонська філія НУК, м. Херсон

Вступ.

Зниження трудовитрат на технічне обслуговування і ремонт корпусу знаходиться в прямій залежності від ефективності захисних покриттів або засобів, що уповільнюють швидкість корозії. Відомо, що на зміну малоефективним способам захисту внутрішніх поверхонь баластних відсіків за допомогою лакофарбових покриттів приходять інші, більш прогресивні способи, зокрема, захист плаваючим шаром водонерозчинних інгібіторів [1].

Мета дослідження.

Метою роботи є удосконалення схем баластних систем та технології застосування плаваючих інгібіторів корозії, що наносяться «флотаційним» способом, з метою зниження трудових витрат, які пов'язані з технічним обслуговуванням і ремонтом баластних відсіків суден та плавучих споруд.

Основний текст.

Періодичне багатошарове лакофарбове покриття на основі епоксидних смол для захисту металоконструкцій баластних відсіків суден і доків від корозії пов'язане з виконанням важкодоступних робіт у замкненому просторі: очищення металевих поверхонь і нанесення нових покриттів, а також з необхідністю проведення супровідних робіт: виготовлення майданчиків, їх монтаж, демонтаж і очищення відсіку.

Рішення проблеми захисту металоконструкцій баластних відсіків від корозії може бути досягнуте шляхом застосування плаваючих шарів водонерозчинних інгібіторів. Інгібітор осідає на стінках відсіків та проникає крізь продукти корозії до металу. Потім, інгібітор витісняє воду з поверхонь металу та утворює захисну водовідштовхувальну плівку.

Основною проблемою застосування плаваючих інгібіторів, а також мастик, які наносяться «флотаційним» способом, є неприпустимість викиду розчинів за борт [2].

Особливо актуальною ця проблема характерна для плавучих доків.

Для усунення викиду інгібірованого мастила при зануренні і спливані дока удаються до різних конструктивних рішень. Наприклад, повітряні труби центральних баластних відсіків виводять в бортові баластні відсіки башт. Схема розміщення труб для подачі й відводу залишків покриття в баластних відсіках суден показана на рис. 1.

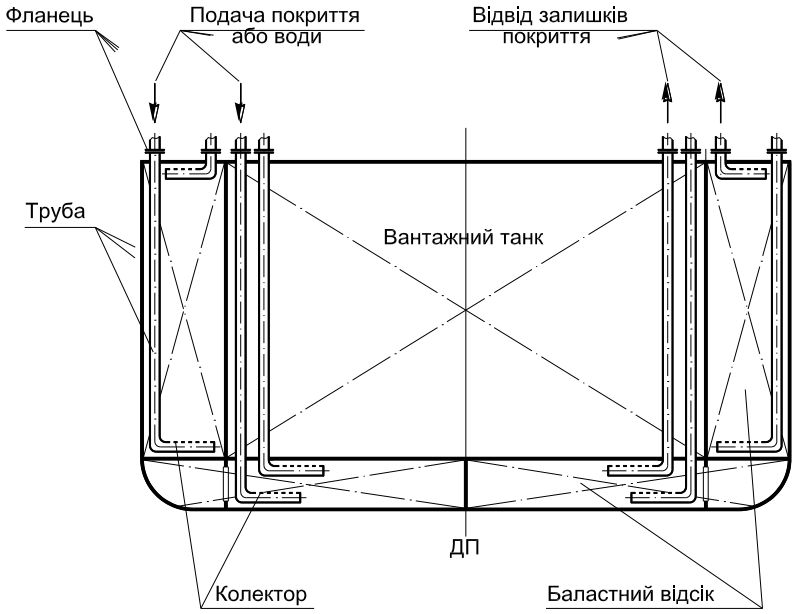


Рисунок 1 - розміщення труб для подачі й відводу залишків покриття в баластних відсіках суден [3]

Конструкція містить переносну цистерну приготування і подання плаваючих інгібіторів мастила 1, яка за допомогою переносного шланга 2 під'єднується до трубопроводу 3. У кінці трубопроводу встановлений колектор 4 з патрубком 5, через який покриття надходить в цистерну чистого баласту наливного судна 6 (рис. 2) [3].

Відведення залишків покриттів робиться по повітряній трубі 7 і переносному шлангу 8 в переносну цистерну збору залишків покриттів 9. Виведення забрудненої води з баластної цистерни наливного судна робиться у відстійну цистерну 11 через трубопровід 10.

Перед завантаженням покриттів роблять очищення внутрішніх поверхонь цистерни чистого баласту від залишків баластної води, бруду і продуктів корозії, що обсипалися. Після очищення, судну надають диферент в корму на 1-2^0 і в цистерну подають необхідну кількість приготовленого покриття. У міру заповнення цистерни чистого баласту, доцільно чистою прісною водою, вона подається в нижню частину цистерни при мінімальній швидкості підйому плаваючого шару інгібіруваного покриття, яке піднімається разом з баластом.

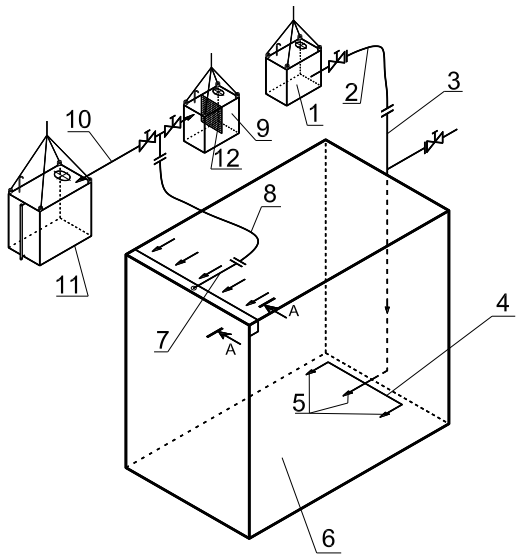


Рисунок 2 - системи для застосування плавучих інгібіторів «флотаційном» методом [3]

Викид інгібірованої олії за борт через повітряну трубу, викликаний гідравлічним ударом, що утворюється у момент заповнення баластом усього об'єму, запобігається цистерною збору залишків покриттів і захисним перфорованим листом 12 [3].

Висновок.

Розроблені схеми систем для застосування плавучих інгібіторів «флотаційнмм» методом. Розроблено комплекс вимог до баластних систем, що дозволяють нанесення захисних покриттів методом «флотації».

Список літератури:

1. **Степанов Г.А.** Обеспечение ремонтопригодности баластных отсеков композитних ремонтних плавучих доков [Текст] / Г.А. Степанов, А.Н. Узлов// Рибне Господарство України – 2011. Вип.1. С.28-33.
2. **Выхристюк П.Н.** Защита плавучего дока от коррозии плавающим слоем ингибитора СПЭК и смазками [Текст]/ П.Н. Выхристюк// Технология судостроения - 1970. – Вып. 8. - 64с.
3. **Пат. на винахід** а 2016 05 299 Україна, МПК B63B43/06. Танки ізольованого баласту наливних суден / Щедролосєв О.В., Рашковський О.С., Узлов О.М., Кириченко К.В. (Україна); заявник та патентовласник Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова від. 16.05.2016.

УДК 629.5.02

ЗАДАЧИ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА В СУДОСТРОЕНИИ

Нейман Вадим Михайлович, ст. препод.
НУК

Судостроительное производство отличается большой длительностью производственного цикла, высокой сложностью судна как технического объекта, большим объемом незавершенного производства. Как следствие, продукция в судостроении имеет очень высокую себестоимость. В этих условиях особенно важно максимально использовать все резервы для сокращения времени строительства судна и, соответственно, производственных затрат.

Значительное место в процессе строительства судна, в связи с его единичным или мелкосерийным характером, занимает подготовка производства (ПП), работы которой необходимо выполнять при постройке каждого нового судна.

В связи с этим особое значение приобретает автоматизация процессов подготовки производства.

Большой интерес в этой области представляет разработка ОАО НИИ «Центр» – система автоматизации конструкторско-технологической подготовки корпусных производств верфи ДЕЙМОС [1].

Система ДЕЙМОС позволяет решать следующие задачи:

– формирование поверхности наружных обводов;
– генерация практического корпуса, трассировка пазов, стыков и линий притыкания набора;
– деталировка плоскостных конструкций;
– развертка на плоскость неплоских деталей корпуса судна с расчетом гибочной оснастки;
– определение формы и размеров листовых и профильных деталей;
– описание деталей по эскизам плаза;
– выпуск документации по конструкциям корпуса, в т.ч. рабочих чертежей корпусных конструкций;
– трехмерные геометрические построения;
– ведение базы данных образмеренных деталей, выпуск документации по деталям;
– формирование банка деталей для различных систем программирования вырезки, с записью в модели деталей необходимых реквизитов;
– формирование в автоматизированном и диалоговом режимах карт раскроя листового металла;
– формирование маршрута вырезки деталей, получение управляющих программ для станков с числовым программным управлением различных типов;
– выпуск плазово-сборочных чертежей (эскизов) на узловую сборку и заготовок рабочих чертежей;
расчет данных для узловой и секционной сборки;
– формирование информации для изготовления различного типа сборочных постелей и технологической оснастки;
– выпуск технологической документации для корпусных цехов верфи.

Однако, все применяемые в настоящее время системы ориентированы главным образом на выполнение работ конструкторской подготовки производства. Решение задач ТПП в них либо вообще не

предусмотрено, либо осуществлено частично, либо ограничивается корпусообрабатывающим производством.

Таким образом, в настоящее время актуальной задачей является дальнейшая разработка и развитие автоматизированных систем, предназначенных для решения задач ТПП в судостроении, охватывающих максимально возможное количество видов производств.

Литература:

1. Разработка и внедрение систем автоматизированного проектирования и технологической подготовки судостроительного производства (САПР/АСТПП) [Электронный ресурс] http://www.center.mk.ua/index-1.html

СЕКЦІЯ №2
Інноваційні технології у суднобудуванні та судноремонті

УДК 629.5.01

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ «СВЕРХПОЛНЫХ» ГРУЗОВЫХ СУДОВ СМЕШАННОГО РЕКА-МОРЕ И ВНУТРЕННЕГО ПЛАВАНИЯ

Егоров Геннадий Вячеславович, д.т.н., профессор, генеральный директор
Ильницкий Игорь Анатольевич, первый заместитель генерального директора, главный конструктор
Тонюк Валерий Иванович, технический директор, главный конструктор
Морское Инженерное Бюро

Сегодня наиболее заметным явлением в воднотранспортной отрасли является массовая постройка необычных для всей практики мирового судостроения «сверхполных» танкеров смешанного река-море плавания проекта RST27 и созданных на их базе комбинированных судов (танкеров-площадок) проекта RST54 [1].

Действительно, трудно не заметить, как за три года отечественными заводами было поставлено 41 судно этих проектов, еще 8 находятся в постройке. Такие темпы и такая массовая серия были характерны для лучших периодов советского судостроения и это, конечно, очень достойное сравнение для сегодняшних российских верфей.

Британское Королевское общество корабельных инженеров RINA в число лучших судов года в мире дважды включало проект RST27 (Significant Ships of 2012 и Significant Ships of 2013), что само по себе случается очень редко, а в 2014 году и проект RST54 (Significant Ships of 2014). Были спущены Окской судоверфью 8 июня 2016 года, а заводом «Красное Сормово» 19 августа 2016 года очередные танкеры проекта RST27.

Однако не только увеличенный коэффициент полноты [2] является особенностью этого нового поколения танкеров и сухогрузов, но и ряд других принципиально важных характеристик, также полученных Морским Инженерным Бюро в той или иной форме в научных исследований 2001-2015 годов и использованных в новых концептах: обоснование главных размерений, выбора формы носовой и кормовой оконечностей, количества и типа движителей, способов формирования конструкции, особенностей архитектуры, снижения надводного габарита, нестандартного объединения функций судов, расширения типов предполагаемых к перевозке грузов и т.п.

Именно системный характер концептуального проектирования позволил дать такой заметный практический выход.

В докладе выполнено обобщение главных и определяющих результатов научных исследований в приложении к строящимся и предполагаемым к постройке судов смешанного и речного плавания для внутренних водных путей и прибрежных морей.

Выводы

Созданный как научный результат исследований концепт RST27 «сверхполного» судна смешанного река-море плавания оказал заметное влияние как на отечественное судостроение, так и на отечественный водный транспорт в целом. Суда нового концепта продолжают активно строиться.

Список литературы

2. **Егоров Г.В.** Проектный ряд нефтеналивных судов смешанного река-море плавания [Текст] // Вісник ОНМУ. - Одеса: ОНМУ, 2014. - Вип. 2 (41). - С. 5 - 22.
3. **Егоров Г.В.** О возможности создания судна смешанного река-море плавания с предельно высоким коэффициентом общей полноты [Текст] // Труды Крыловского государственного научного центра. - 2013. - № 3 (2013). - С. 6-14.

УДК 629.5.01

МЕТОДОЛОГИЯ ПРОВЕРОЧНОГО РАСЧЕТА ФАКТИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ КОРПУСОВ СУДОВ

Егорова Ольга Геннадьевна, младший научный сотрудник
Морское Инженерное Бюро

В связи со старением флота, нарастанием проблем с достоверной оценкой состояния, массовыми изменениями условий эксплуатации существующих судов (переклассификации, изменения районов плавания, изменения назначения, увеличения грузоподъемности) сегодня остается актуальной задача получения прямых расчетных оценок не только общей, но и местной прочности корпусов судов внутреннего и смешанного плавания (СВП и ССП) в их фактическом состоянии.

Решению задачи расчета фактической местной прочности морских судов с использованием нормативной базы Российского Морского Регистра Судоходства (РС) были посвящены работы проф. Г.В. Бойцова [1] и проф. А.И. Максимаджи [2].

Однако для речных судов подобная задача не решалась, и в действующих Правилах РРР такой методики нет.

В докладе приводится разработанная методология проверочных расчетов фактической местной прочности конструкции корпусов судов внутреннего и смешанного плавания.

Для оценки фактической местной прочности элемента корпуса СВП и ССП необходимо решить три задачи строительной механики: задания расчетных нагрузок, определения внутренних усилий в конструкции и нормирования.

Действующие Правила РРР построены на основе известной и привычной схемы расчетов прочности по допускаемым напряжениям в упругой стадии с заданием конструкций в стержневой идеализации, соответственно было бы логично на первом этапе анализа расчетные схемы Правил не менять (вторая проблема решена).

При определении наибольшей расчетной внешней нагрузки анализируются составляющие, имеющие различную природу и различную изменчивость. Среди них нагрузки от груза, балласта, запасов, забортной воды, испытательного напора, аварийного затопления, волнения, слеминга.

Порядок расчетов остаточной местной прочности следующий:

1. Определение геометрических характеристик элементов конструкции (W, f, t) с учетом износа.

2. Определение расчетных нагрузок с учетом редуцирования волновых нагрузок в зависимости от остаточного срока службы $T_э$ и коэффициента уменьшения $k_р$.

3. Определение напряжения $\sigma_э$ и $\tau_э$, возникающих от действия расчетных нагрузок в изношенной конструкции.

4. Сравнение действующих напряжений с допускаемыми величинами для заданного остаточного срока службы, полученными с помощью коэффициентов допускаемых напряжений $K_{\sigma э}$ и $K_{\tau э}$.

Выводы

Предлагаемая в докладе автором методика позволяет производить прямые проверочные расчеты остаточной местной прочности конструкций судов внутреннего и смешанного плавания с сохранением расчетных схем, принятых в действующих Правилах Регистра.

Ее применение обеспечивает возможность принятия обоснованных технических решений для изношенных пластин, балок, рам и перекрытий при проведении очередных освидетельствований и при выполнении проектов по обновлению корпусов судов, что в рамках действующей нормативной базы не возможно.

Список литературы

1. **Бойцов Г.В., Кудрин М.А.** Новые принципы нормирования прочности корпусов судов [Текст] // Труды НТК "Проблемы прочности и эксплуатационной надежности судов" ПЭНС 99. – Владивосток: ДВГТУ, 1999. - С. 4-11.
2. **Максимаджи А.И.** Нормирование остаточной прочности корпусов морских транспортных судов [Текст] // Науч.-техн. сб. Российского Морского Регистра Судоходства. – СПб: РС, 1999. - Вып. 22. - С. 88-97.

УДК 629.12

РИСКИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ БАРЖЕ-БУКСИРНЫХ СОСТАВОВ ВНУТРЕННЕГО И СМЕШАННОГО РЕКА-МОРЕ ПЛАВАНИЯ

Егоров Александр Геннадьевич, к.т.н., старший научный сотрудник
Морское Инженерное Бюро

В докладе выполнен анализ происшедших с 1991 года аварий с барже-буксирными составами внутреннего и смешанного плавания (ББС). Всего обработано 533 аварийных случаев. Выявлены основные опасности, приведшие как к авариям, так и к катастрофам. Наблюдается устойчивый рост аварийности для судов старше 14 лет с пиком аварий для судов возрастом 22-25 лет.

Все из рассмотренных 533 случаев были проанализированы на основе тех данных, которые имелись в распоряжении, а также с помощью математического моделирования разных сценариев развития событий путем построения деревьев отказов (причин) и деревьев событий (последствий) [1].

Для каждой опасности определен обобщенный уровень риска ББС R, который определялся как произведение вероятности возникновения опасности F на последствия воздействия указанной опасности на объект С. Условная вероятность F определялась по 5-балльной шкале («1» – частота возникновения в 0-20% аварийных случаях, «2» – 21-40%, «3» – 41-60%, «4» – 61-80%, «5» – 81-100%).

Наибольшую опасность для ББС представляют опасности 1.2 (фактическое обеспечение непроницаемости корпусных конструкций) и 3.13 (нарушение ПТЭ экипажем), существующий уровень риска по данным опасностям относится к т.н. зоне «ALARP», т.е. находится в пределах минимально практически допустимого риска.

Опасности 3.4 (навигационные ошибки), 3.5 (столкновения), 3.6 (некачественная работа береговых служб), имеют достаточно высокий формальный уровень риска, как по частоте, так и по последствиям, которые также относятся к зоне «ALARP».

Опасности 1.3 (нарушение технологии), 1.4 (пропуски дефектов при дефектации), 3.7 (ошибка прогнозов) относятся к зоне «ALARP» за счет высокой частоты возникновения.

Опасности 2.4 (нарушение «Инструкции по загрузке»), 3.2 (нарушение ограничений), 3.3 (посадки на мель), 3.8 (перегруз), 3.11 (перегон, буксировка), 3.12 (отстой судна) относятся к зоне «ALARP» за счет тяжести последствий.

За рассматриваемый период всего зафиксировано 7 аварийных случаев, связанных с поломкой или неисправностью сцепного устройства, вероятно, что такие «незначительные» аварийные ситуации решаются на месте силами экипажа или путем замены сцепа во время докования и не попадают в официальную статистику.

Обращает на себя внимание больший по сравнению с самоходными судами процент катастроф, связанных с повреждением корпуса (46% против 30%). Обуславливается это тем, что «дешевая» грузовая секция (баржа) чаще всего остается без должного наблюдения со стороны судовладельцев, береговых служб и надзорных органов.

Следует также отметить, что имели место катастрофы, связанные с затоплением ББС в сцепленном состоянии. Основные причины: перегруз баржи, нарушение условий и района плавания и, как следствие, опрокидывание.

Выводы В краткосрочной и среднесрочной перспективе решение проблемы обеспечения достаточной надежности и безопасности исследуемого типа судов при сохранении приемлемого уровня эффективности возможно только при обеспечении системного подхода на всех стадиях жизненного цикла этих судов, включая этапы классификации и требований Правил, проектирования, строительства, эксплуатации, освидетельствований, ремонта и модернизации. Необходим индивидуальный подход к существующим судам ББС, учитывающий условия эксплуатации, перевозимые грузы, средства погрузки-выгрузки, габаритные ограничения водных путей и портов, ледовую обстановку, используемые сцепные устройства.

Основные технические проблемы существующих отечественных ББС:

- возраст составов, превышающий расчетный срок эксплуатации в 24 года;
- возраст самих сцепных устройств, превышающий срок службы в 25 лет;
- ограниченность существующих сцепных устройств по высоте волны, что не позволяет эксплуатировать существующие составы методом толкания в речных бассейнах разряда «М» и выше и в морских ограниченных районах (несмотря на успешные экспериментальные рейсы ББС, состоящих из барж проекта 004ROB05 и буксиров-толкачей типа ОТ-2000 и эксплуатацию ББС, состоящих из барж проекта NBL-90 и буксиров-толкачей проекта POSS-115, в Днепро-Бугском лимане).

Список литературы

1. **Егоров А.Г.** Анализ причин и последствий аварий судов внутреннего и смешанного плавания за 1991-2010 годы [Текст] // Проблеми техніки. – 2011. - N1. – С. 3 - 30.

УДК 629.12

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ ВЕРСИЙ ГИБЕЛИ СУДНА «БУЛГАРИЯ» И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УПРАВЛЕНИЮ РИСКОМ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУЩЕСТВУЮЩИХ И ПРОЕКТИРОВАНИИ НОВЫХ РЕЧНЫХ КРУИЗНЫХ ПАССАЖИРСКИХ СУДОВ

Егоров Геннадий Вячеславович, д.т.н., профессор, генеральный директор
Егоров Александр Геннадьевич, к.т.н., старший научный сотрудник
Морское Инженерное Бюро

В докладе выполнен анализ возможных причин гибели пассажирского судна «Булгария» и сделана попытка подготовить рекомендации судоходному сообществу и классификационным обществам по управлению риском эксплуатации существующего пассажирского флота [1].

Исследование проводилось на основе численного моделирования возможных вариантов возникновения и развития аварийной ситуации, включая вариации в весовой нагрузке и положении центра тяжести (ЦТ) судна порожнем, в размещении запасов, в общем расположении и положении переборок; учет влияния пробоин, непроектного наличия жидких грузов под сланями машинного отделения, ветровой нагрузки, волнения, действия сил инерции во время маневра (циркуляции), реакции грунта с использованием, как реальных данных, так и целого ряда гипотетических предположений.

Поэтому выводы носят сугубо исследовательский характер и предназначены для изучения тех или иных аспектов возможных моделей аварий с целью предотвращения их в будущем и не могут быть использованы в официальном порядке.

Моделирование ситуации проводилось, исходя из данных, полученных из следующих документов:

1. Заключение комиссии Федеральной службы по надзору в сфере транспорта № ВП 02/11 по расследованию аварии с пассажирским дизель-электроходом «Булгария», произошедшей 10 июля 2011 г. на Куйбышевском водохранилище р. Волга.
2. Акт освидетельствования технического состояния дизель-электрохода «Булгария» рабочей группы технических экспертов по поручению председателя Комиссии Общественной палаты Российской Федерации, Председателя Общественного совета при Министерстве транспорта Российской Федерации А.Г. Кучерены.
3. Акт внеочередного освидетельствования судна Средне-Волжского филиала Российского Речного Регистра от 5 августа 2011 года в Куйбышевском затоне.
4. Анализ аварийной посадки и остойчивости д/э «Булгария». 785-901-19.012. – Лаборатория мореходных качеств, ЦНИИ морского флота. 11 августа 2011 года.
5. Расчет остойчивости д/э «Булгария». РЕГК. 07316/785-360201.004. – Камский филиал Российского Речного Регистра. 27 июля 2011 года.
6. Данные ГУ «УГМС Республики Татарстан».
7. Данные из средств массовой информации и Интернета.

Выводы

Среди технических рекомендаций с позиции безопасности судоходства и экологической безопасности при проектировании пассажирских судов можно выделить следующие рекомендации:

1. Не допускать размещения открываемых отверстий (иллюминаторов) в пределах непроницаемого основного корпуса.
2. Не допускать несимметричного по ширине распределения запасов, которое могло бы привести к возникновению крена при эксплуатации.
3. Не допускать размещения нефтесодержащих жидкостей (топлива, масла, подсланевых вод) в цистернах, контактирующих с забортной водой.
4. Использовать в качестве средств спасения современные эвакуационные системы, широко применяемые на морских пассажирских судах.
5. Оснащать пассажирские суда средствами записи действий вахты («черными» ящиками) и средствами аварийной внешней сигнализации (АРБ).
6. Перейти к применению электронных карт и средствам автоматизированного определения координат.

Список литературы

1. **Егоров Г.В., Егоров А.Г.** Исследование надежности и риска эксплуатации отечественных речных круизных пассажирских судов [Текст] // Вісник ОНМУ. - Одеса: ОНМУ, 2015. - Вип. 1 (43). - С. 5-31.

УДК 629.553

«АЗОВСКИЕ/КАСПИЙСКИЕ ПЯТИТЫСЯЧНИКИ» - СУХОГРУЗНЫЕ МНОГОЦЕЛЕВЫЕ СУДА ПРОЕКТА RSD18

Егоров Геннадий Вячеславович, д.т.н., профессор, генеральный директор
Тонюк Валерий Иванович, технический директор, главный конструктор
Морское Инженерное Бюро

Классические представления о партионности грузов в море и в реке с учетом реальных путевых условий, по сути, полностью определяют главные параметры судна смешанного река – море плавания.

Ярким примером такого влияния условий являются сухогрузные суда проекта RSD18. Судоходная компания – заказчик проекта исходила из того, что судно должно было брать 5000 тонн сухого груза, в первую очередь зерна, при осадке 4,20 м в море (порты Азовского и Каспийского море) при гарантированной грузоподъемности 3000 тонн в реке (в реке быть не хуже судов типа «Омский»). При этом оно должно было быть простым, так как предполагалось строительство в Китае и поэтому относительно недорогим. Отсюда рациональный выбор класса судна по району плавания (R2, R2-RSN) и по ледовой категории (судно «южного» типа, Ice1), применение люковых закрытий съемного типа с козловым судовым краном, обычная пропульсия с винтами фиксированного шага и, главное, широчайшее использование оборудования китайского производства [1].

Эти суда в соответствии с принятой в Бюро классификацией относятся к "азовским пятитысячникам", то есть к классу азовско-каспийских "коастеров", которые имеют при характеристической в российских портах Азовского моря и портах Каспия (Астрахань, Нека) осадке 4,20 м грузоподъемность около 5000 тонн.

Назначение судов проекта RSD18 состоит в транспортировке генеральных, навалочных, лесных, зерновых и крупногабаритных грузов, контейнеров международного стандарта, опасных грузов классов 1.4S, 2, 3, 4, 5, 6.1, 8, 9 и Приложения В Кодекса ВС, угля.

Эксплуатация предусматривается в Азовском, Черном, Средиземном, Каспийском, Балтийском, Белом, Северном морях, включая рейсы вокруг Европы зимой. Габариты позволяют судам эксплуатироваться также на внутренних водных путях (ВВП) Российской Федерации – через Волго-Донской и Волго-Балтийский каналы. Не случайно компания – заказчик первоначально предполагала работать с элеваторов, расположенных на реке Волга, к клиентам в Турции, Египте, Греции, Африке.

Проект судна разработан Морским Инженерным Бюро на класс РС КМ ⍟ Ice1 R2 AUT3 и удовлетворяет всем требованиям международных конвенций, действующим на дату закладки судна.

Архитектурно-конструктивный тип – стальной однопалубный двухвинтовой теплоход, с баком и ютом, с кормовым расположением рубки и машинного отделения, с двойным дном и двойными бортами в районе грузовых трюмов, тремя трюмами, с наклонной носовой и транцевой кормовой оконечностями (см. рисунок. 1).

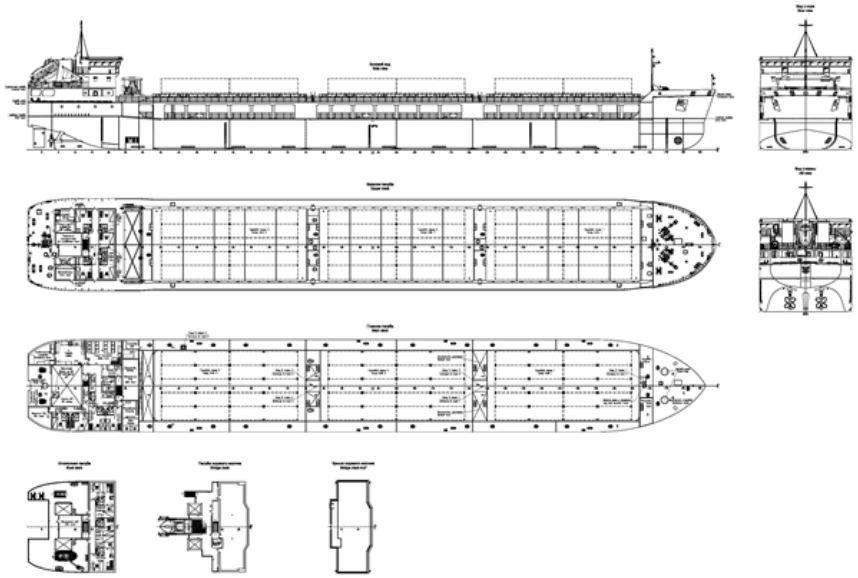


Рисунок. 1 Общее расположение судна проекта RSD18

Выводы. Сопоставление технико-эксплуатационных характеристик судна пр. RSD18 с соответствующими характеристиками наиболее близких судов-аналогов – судов типа «Кишинев» (пр. 1572),

судов типа «Василий Шукшин» (пр. 1588) и судов типа «Русич» (пр. 00101) показало эффективность реализации данного проекта. При характеристической осадке 4,20 м коэффициент использования водоизмещения по дедвейту не хуже, чем у пр. 00101 и на 2,6% больше, чем у пр. 1572. При осадке по ЛГВЛ энергозатраты на единицу транспортной производительности меньше на 3,9%, чем у лучшего из судов-аналогов – пр. 1572.

На данный момент построено 5 судов проекта, которые успешно работают на перевозках грузов.

Список литературы

1. **Егоров Г.В., Тонюк В.И.** Концепт каспийского многоцелевого сухогрузного судна дедвейтом 5500 тонн [Текст] // Проблеми техніки. – 2014. - N4. – С. 6-27.

УДК 629.5 Е30

О МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ В ЛЕДОКОЛАХ И ЛЕДОКОЛАХ-СПАСАТЕЛЕЙ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Егоров Геннадий Вячеславович, д.т.н., профессор, генеральный директор
Ильницкий Игорь Анатольевич, первый заместитель генерального директора, главный конструктор
Автутов Николай Владимирович, директор по перспективному развитию, главный конструктор
Морское Инженерное Бюро

В докладе показано, что современные ледоколы и специальные суда создаются многофункциональными. Правильное определение основной и вспомогательных миссий многофункционального судна, выбор соответствующих прототипов, использование надежных статистических данных и приближенных зависимостей позволяют определить сочетание оптимальных характеристик формы корпуса и главных размерений на начальных стадиях проектирования. Определенные таким образом характеристики судна обеспечивают высокую ледопроходимость, хорошую ходкость в условиях чистой воды и удовлетворительную мореходность, что в целом предопределило успех выполнения миссии многофункционального судна ледового плавания. Дано описание новых проектов многофункциональных ледоколов и спасателей-ледоколов.

Анализ характеристик существующих спасательных судов и фактически выполняемых ими функций в России и других странах, а также современных аналогов показывает, что общей тенденцией является строительство многофункциональных спасательных судов (МСС) и повышение мощности энергетической установки.

Такие МСС должны быть хорошо приспособлены, помимо ледокольных функций, для выполнения следующих задач:

- патрулирование, аварийно-спасательное дежурство в районах интенсивного судоходства, рыбного промысла, морских нефтяных и газовых промыслов;
- поиск, спасение, эвакуация и размещение людей, оказание им медицинской помощи;
- снятие с мели и рифов аварийных судов, откачка воды из затопленных отсеков;
- буксировка аварийных судов и объектов к месту убежищ, а также выполнение морских буксировок судов, плавучих объектов и сооружений во льдах и на чистой воде, оказание помощи судам и выполнение спасательных работ в ледовых условиях и на чистой воде;
- оказание помощи в тушении пожаров на плавучих и береговых объектах, доступных для подхода с моря;
- тыловое и техническое обеспечение, в том числе выполнение подводно-технических работ водолазов на глубинах до 60 метров;
- тушение горящего на воде топлива, ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов (ЛАРН);
- освидетельствование и очистка подводной части корпуса судов, плавучих и береговых объектов.

Основными факторами, определяющими успешное выполнение всего спектра аварийно-спасательных работ являются: достаточные ледопроходимость, ходкость на чистой воде, мореходность.

Наличие сложного сочетания функций приводит к взаимно противоречивым тенденциям в выборе обводов, главных размерений и других свойств МСС – ледоколов. Например, при выборе пропульсивного комплекса одновременно необходимо выполнить условия по четырем режимам эксплуатации:

- эксплуатация во льдах, в том числе обеспечение ледокольных функций;
- переход с эксплуатационной скоростью (примерно 70% от полного хода), характерный для нахождения в заданном районе и для обычных переходов судна;
- режим полного хода при выходе на спасение;
- буксировка плавучих объектов [1].

Выводы. Анализ реализуемых в мире проектов судов специального назначения, оффшорных судов, а также ледоколов свидетельствует о тенденции в мировом судостроении насыщать такие суда в максимальной степени дополнительными функциями.

Наиболее перспективным направлением развития форм корпуса судов ледового плавания является дальнейшее совершенствование традиционных ледовых обводов. Они позволяют обеспечить гармоничное сочетание хороших ледовых качеств судна при эксплуатации как в сплошных, так и в природных битых льдах.

Правильное определение основной и вспомогательных миссий многофункционального судна, выбор соответствующих прототипов, использование надежных статистических данных и приближенных зависимостей позволяют определить сочетание оптимальных характеристик формы корпуса и главных размерений на начальных стадиях проектирования.

Определенные таким образом характеристики судна обеспечивают высокую ледопроходимость, хорошую ходкость в условиях чистой воды и удовлетворительную мореходность, что в целом предопределило успех выполнения миссии многофункционального судна ледового плавания.

Разработаны проекты (и построены – проекты Морского Инженерного Бюро MPSV06, MPSV07, а также строятся – проекты IBSV01, MPSV12) многофункциональных ледоколов и МСС-ледоколов с высокими ледовыми качествами, хорошей ходкостью в условиях чистой воды и удовлетворительной мореходностью.

Список литературы

1. **Егоров Г.В., Ильницкий И.А., Тонюк В.И., Автутов Н.В.** Обоснование параметрического ряда многофункциональных судов – спасателей гражданского назначения [Текст] // Вісник ОНМУ. - Одеса: ОНМУ, 2013. - Вип. 3 (39). - С. 5-36.

УДК 629.5.01

КРУИЗНОЕ ПАССАЖИРСКОЕ СУДНО РЕКА-МОРЕ ПЛАВАНИЯ ПРОЕКТА PV17 КАК ПРИМЕР ГЛУБОКОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ

Егоров Геннадий Вячеславович, д.т.н., профессор, генеральный директор
Калугин Ярослав Владимирович, главный конструктор
Морское Инженерное Бюро

Для удовлетворения спроса на комфортабельные пассажирские перевозки по Днепру с выходом в Черное море в 2013 году компанией Viking River Cruises была заказана модернизация судна проекта 301 («Михаил Ломоносов») по проекту Морского Инженерного Бюро PV17.

Работы проводились в межнавигационный период 2013-2014 года с целью увеличения комфортабельности судна за счет значительного увеличения площади кают, ресторанов и общественных помещений.

Проект PV17 был разработан Морским Инженерным Бюро. Судно предназначалось для перевозки пассажиров на круизных линиях Киев – Херсон – Севастополь – Одесса – Ялта и Киев – Херсон – Одесса – Дунайская Прорва – Бургас (в период с апреля по октябрь) [1].

Класс Регистра Судоходства Украины – ✦ М-ПР 2,5.

Судно представляет собой четырехпалубный трехвинтовой теплоход габаритной длиной 125,0 м, шириной 16,70 м, с четырёхъярусной надстройкой по всей длине судна, с кормовым расположением машинного отделения, и ходовым мостиком в носовой части, с двойным дном, с наклонным форштевнем и крейсерской кормовой оконечностью.

Для размещения 196 пассажиров предусмотрены 98 двухместных кают, включая:

- четыре апартамента с балконом площадью от 30,1 до 31,6 м^2;
- две люкс каюты с балконами площадью 24,2 м^2;
- шестьдесят кают с балконами площадью от 13,5 до 16,0 м^2;
- тридцать две каюты площадью от 11,1 до 12,9 м^2.

Выводы. В условиях ограниченного финансирования и экономической нестабильности, модернизация пассажирских судов является инструментом, позволяющим развивать рынок круизных перевозок.

Список литературы

1. **Егоров Г.В., Ильницкий И.А., Калугин Я.В.** «Линейка» круизных пассажирских судов для внутренних водных путей [Текст] // Вісник ОНМУ. - Одеса: ОНМУ, 2013. - Вип. 2 (38). - С. 20-40.

УДК 629.12

ТЕОРИЯ РИСКА В МОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Егоров Геннадий Вячеславович, д.т.н., профессор, генеральный директор
Егоров Александр Геннадьевич, к.т.н., старший научный сотрудник
Морское Инженерное Бюро

Традиционные подходы к проектированию судов и судовых конструкций рассматривают проблему выбора наилучшего варианта как решение сформулированной специальным образом задачи математического программирования, причем формулировка экономических критериев эффективности (целевых функций) содержит оценку капитальных затрат и эксплуатационных расходов без какого-либо учета соответствующих элементов риска. Между тем, совершенно очевидно, что строительство и эксплуатация столь сложных инженерных объектов как современные суда и плавучие инженерные сооружения, неразрывно связано с возможностью различных аварий и катастроф, зачастую влекущих за собой гибель людей и необратимые экологические изменения в окружающей среде и т.п.

Применение традиционных подходов на практике часто приводило к созданию судов, лишь формально удовлетворяющих существовавшим на момент проектирования нормативным требованиям. Во многих случаях они оказывались плохо приспособленными к работе в несколько иных условиях, что, в свою очередь приводило к значительным затратам на ремонт и модернизацию, или досрочного списания. Естественным решением подобных проблем является метод анализа стоимости жизненного цикла судна (Life Cycle Cost, сокращенно, LCC). При этом под жизненным циклом понимается промежуток времени между моментом разработки концепции проекта судна до утилизации судна на металлолом. В современной международной практике проектирование подобных инженерных сооружений производится все чаще и чаще с привлечением теории риска. Разработка современных норм проектирования таких объектов наиболее передовыми классификационными обществами производится именно на основе всестороннего анализа риска. Соответствующие рекомендации по разработке нормативных документов приняты на самом высоком международном уровне – Международной морской организацией (ИМО). Именно в этой области сегодня сосредоточены усилия ведущих специалистов, связанных с проектированием и эксплуатацией судов и плавучих инженерных сооружений [1].

Фундаментальные результаты, полученные представителями ведущих отечественных научных школ в области теории надежности и обеспечения безопасности сложных технических объектов в условиях ограниченных ресурсов, управления проектами позволяют надеяться на широкое и плодотворное участие отечественных ученых и инженеров этой области.

Основными элементами риска являются:

- возможность отклонения от предусмотренной цели, ради которой реализуется выбранная альтернатива;
- вероятность достижения желаемого результата;
- отсутствие полной уверенности в достижении поставленной цели;
- возможность наступления негативных последствий при реализации тех или иных решений в условиях неопределенности для субъекта, который идет на риск;
- материальные и другие потери, связанные с осуществлением избранной в условиях неопределенности альтернативы;
- ожидание опасности, неудачи в результате реализации избранной альтернативы.

В приложении к технике риск и надежность – это несколько разные взгляды на одну и ту же грань исследуемого объекта. Риск можно представить как произведение характеристики надежности конструкции на характеристику ущерба от ненадежности.

В свою очередь риск и безопасность – это две стороны одного понятия, т.к. безопасная конструкция обеспечивает минимальный риск.

Для принятия решения по управлению риском применяются специальные модели: деревья отказов, деревья причин, деревья последствий, методы потенциальных отклонений, причинно-следственный анализ и др. Все методы структуризации задач в принципе сводятся к двум блокам: «сверху вниз» (от общих задач к частным) и «снизу вверх» (наоборот).

Выводы

Современная концепция проектирования судов и плавучих инженерных сооружений, а также их элементов (см. рисунок 1) должна базироваться на следующих основополагающих принципах:

1. Риск – ориентированное проектирование, учитывающее обеспечение заданной надежности;
2. Оптимизация стоимости жизненного цикла судна, включающая минимизацию риска в эксплуатации;

3. Рассмотрение жизненного цикла как характеристики, изменяющейся во времени (развитие процедур реновации, конверсии и САР, как инструментов влияния на параметры жизненного цикла).

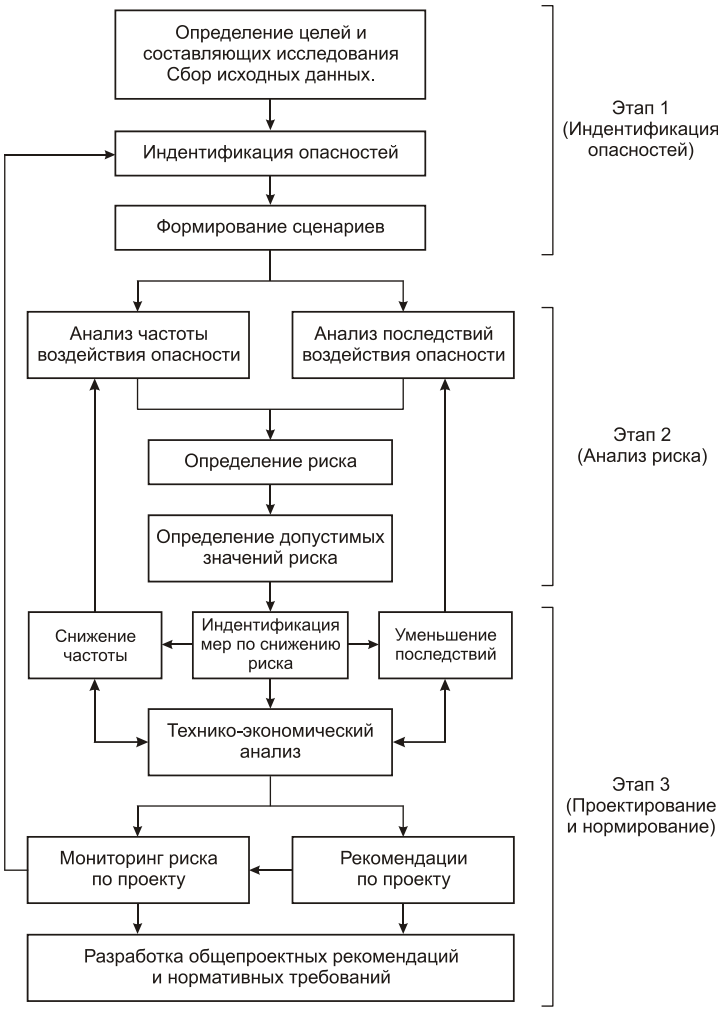


Рисунок 1. Структура риско-ориентированного проектирования

Список литературы

1. **Егоров Г.В.** Проектирование судов ограниченных районов плавания на основании теории риска [Текст]. - СПб: Судостроение, 2007. - 384 с.

УДК 629.5.01

КОНЦЕПЦИЯ ПЛАВУЧЕГО НЕФТЕХРАНИЛИЩА ДЛЯ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Егоров Геннадий Вячеславович, д.т.н., профессор, генеральный директор
Автутов Николай Владимирович, директор по перспективному развитию, главный конструктор
Морское Инженерное Бюро

Как известно, нефть с морских месторождений далеко не всегда рентабельно транспортировать по подводным трубопроводам на берег, в особенности, когда там нет соответствующих нефтеперерабатывающих мощностей и транспортных коммуникаций.

В таких случаях налив нефти осуществляется в танкеры, причем, учитывая необходимость обеспечения постоянной работы скважины, требуется промежуточное звено в виде плавучего нефтехранилища (ПНХ).

При этом выбор характеристик танкера зависит от запасов нефти в месторождении; производительности нефтедобычи; условий и ограничений акватории, на которой будет работать ПНХ;

периодичности подхода к ПНХ «челночного» танкера и его вместимость, возможных простоев по причине неблагоприятных ветро-волновых и ледовых условий.

Помимо названных факторов, для Каспийского моря играют роль ограниченные возможности судостроения региона, определяющие необходимость транспортировки ПНХ или его отдельных составляющих по внутренним водным путям (ВВП).

Кроме того, для обеспечения плановых докований ПНХ его размеры не должны превышать размеры доков судоремонтных заводов региона или конструкция корпуса ПНХ должна обеспечивать безопасную эксплуатацию объекта в течение заданного срока службы.

Предложенный Морским Инженерным Бюро концепт ПНХ (см. рисунок 1) имеет ряд особенностей, выгодно отличающих его от прочих решений, а именно:

- общая и местная прочность корпуса судна обеспечена при произвольном распределении груза по грузовых танкам в условиях экстремальных расчетных нагрузок; применена двухкорпусная конструкция не только для днища и бортов, но и для переборок и палубы, с образованием пространств, легко доступных для осмотра;

- форма корпуса ПНХ, выполненная максимально технологичной для обеспечения низкой стоимости корпусных работ, в то же время является мореходной и оптимальной для заданных условий работы в ледовой обстановке; конструкция ПНХ такова, что в грузовых танках отсутствует набор, что существенно снижает скорости коррозии набора и обеспечивает доступ для осмотра (и при необходимости, для восстановления защитного покрытия) набора в эксплуатационных условиях без опорожнения грузовых танков;

- при строительстве применяются специальные защитные комплексы лакокрасочных покрытий первоклассных поставщиков, гарантирующих их сохранность в течении не менее 15 лет, и общий срок эксплуатации 25 - 30 лет;

- применение концепции «clean design» (управление рисками в области загрязнения окружающей среды) позволяет обеспечить существенно более безопасную конструкцию ПНХ, высокую эксплуатационную надежность ПНХ, а также гарантирует защиту окружающей среды в месте постановки ПНХ и снижение рисков, связанных с добычей нефти на шельфе Каспийского моря;

- для облегчения перегона и постановки ПНХ на точечный причал, а также для удержания кормовой оконечности ПНХ при проведении операций погрузки танкеров, в кормовом подзоре устанавливается полноповоротная винто-рулевая колонка, которая в отличие от туннельных подруливающих устройств, позволяет ПНХ маневрировать относительно точечного причала;

- основная электроэнергетическая установка ПНХ обеспечивает требуемые режимы работы ПНХ;

- грузовая система оборудована погружными насосами, что значительно упрощает как постройку, так и эксплуатацию ПНХ (количество трубопроводов, внутри грузовых танков – минимально, что позволяет производить техническое обслуживание системы, без опорожнения грузовых танков);

- грузовая система обеспечивает оптимальные режимы выдачи груза на «челночные» танкера проектов RST22 и RST27 [1];

- выдача груза на танкеры-челноки возможна как с бортовых манифольдов ПНХ, так и методом «тандем» через кормовой отгрузочный узел при помощи плавучего грузового трубопровода длиной около 150 м;

- система подогрева груза оборудована палубными подогревателями груза, что исключает наличие змеевиков подогрева в грузовых танках;

- балластные танки с целью обеспечения устойчивой работы в условиях отрицательных температур имеют обогрев по всей высоте танков;

- для обеспечения безопасности работ при погрузке и выдаче груза, ПНХ оборудуется системой автоматического контроля погрузки-выгрузки, датчиками контроля напряжений в сцепном устройстве с точечным причалом, а также датчиками контроля напряжения в швартовном канате, при выгрузке методом «тандем», системой контроля положения танкера-челнока, системой экстренной остановки грузовых операций и отсоединения танкера-челнока, причем эти системы дублируются;

- на ПНХ предусмотрена вертолетная площадка, со всеми необходимыми системами и оборудованием для круглосуточного привода, посадки и взлета вертолета Ми-8МТВ-1 или КА-32С без их базирования на борту ПНХ;

- на случай экстренной необходимости разъединения ПНХ с точечным причалом, при отсутствии буксира в районе постановки ПНХ, на ПНХ предусмотрен аварийный якорь повышенной держащей силы.

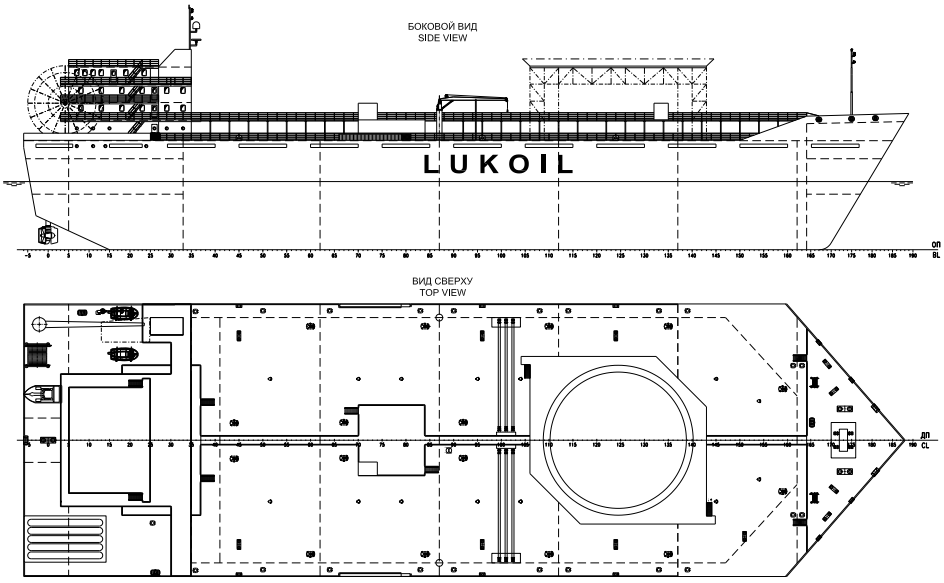


Рисунок 1. Схема ПНХ для Каспийского моря

Выводы

Таким образом, оптимальным ПНХ для Каспийского моря является несамоходное нефтеналивное судно ограниченного района плавания R1 с максимально возможными размерениями, определенными путевыми условиями, технологическими возможностями судостроительных верфей и полезными размерами доков судоремонтных заводов.

Список литературы

1. Флот танкеров для работы в Каспийском море и смешанных река-море перевозках: состояние, тенденции и новые идеи [Текст] // Материалы 5-й Международной конференции Argus Neftetransport 2015. – Баку, 2015. – 38 с.

УДК 629.5.01

ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ КРУИЗНОГО ПАССАЖИРСКОГО СУДНА РЕКА-МОРЕ ПЛАВАНИЯ

Егоров Геннадий Вячеславович, д.т.н., профессор, генеральный директор
Ильницкий Игорь Анатольевич, первый заместитель генерального директора, главный конструктор
Калугин Ярослав Владимирович, главный конструктор
Морское Инженерное Бюро

Сегодняшние реалии отечественного туризма таковы, что к любимым речным круизам «въездных» туристов из США, Германии, Австралии, добавились «частично морские» линии, например, Киев – Одесса – Бургас, Несебр (Болгария), «круговой» круиз по Каспийском морю.

Как показывают переговоры Московского речного пароходства (МРП), каспийский круиз привлекает не только граждан прикаспийских стран (Ирана, Азербайджана, Казахстана), но и иностранцев из США, Австралии и Европы, а при организации в международных круизах таких услуг, как казино, рейсы будут интересны, например, китайцам.

Таким образом, задача создания круизных судов смешанного река-море плавания стала актуальной и важной для воднотранспортной и туристической отраслей.

В докладе обоснован (на основании исследований 2010-2015 годов, проведенных Морским Инженерным Бюро) концепт PV300VD современного КС смешанного река-море плавания, представляющего интерес для отечественных судоходных компаний. Это судно будет работать на классических речных линиях, а также совершать рейсы из речных портов на морские порты, в том числе круговой рейс по Каспию и рейс Киев – Одесса – Несебр.

Проект PV300VD представляет собой самоходное смешанного река-море плавания трехвинтовое круизное пассажирское судно – дизель-электроход «Волго-Дон макс» класса с вертикальным форштевнем и транцевой кормовой оконечностью, с избыточным надводным бортом, с надстройкой бака, с

четырехъярусной жилой надстройкой по всей длине судна с носовым расположением рулевой рубки, с машинным отделением в кормовой части.

Общее расположение концепта приведено на рисунке 1.

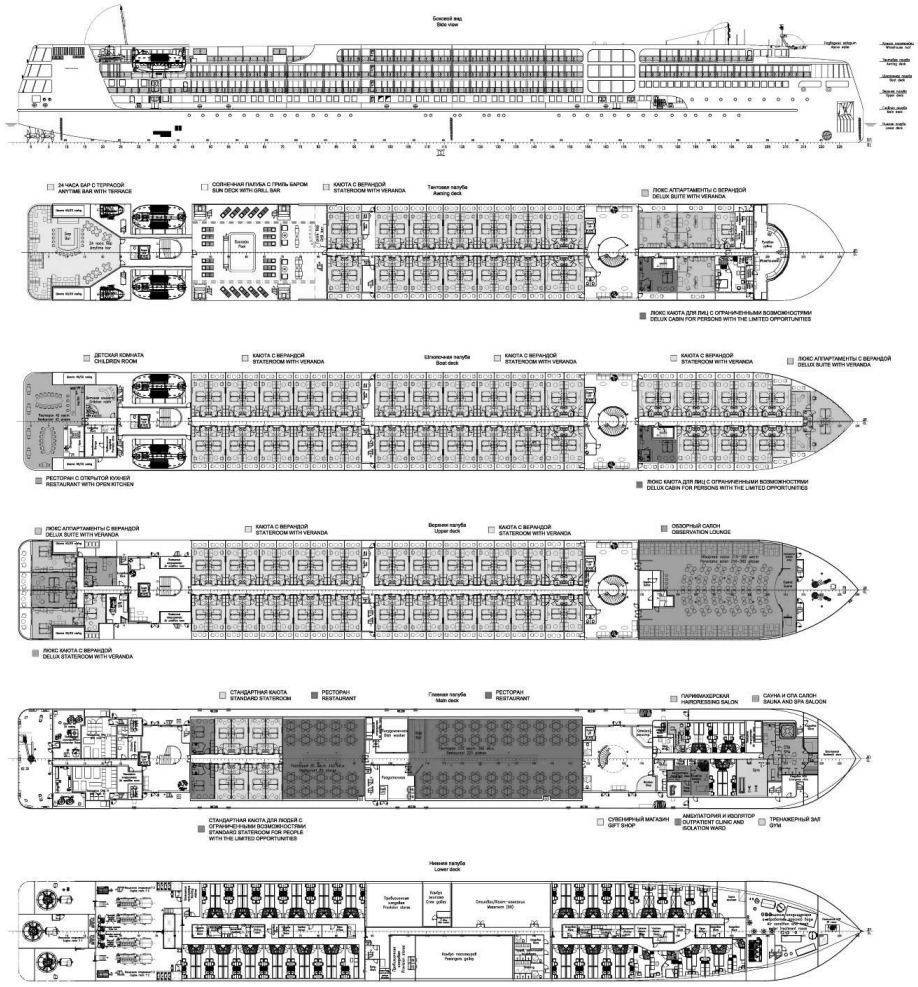


Рисунок 1. Схема общего расположения круизного пассажирского судна проекта PV300VD «Волго-Дон макс» / «Днепро макс» класса смешанного «река-море» плавания

Пассажировместимость судна может варьироваться от 300 до 400 мест в зависимости от установленных каютных модулей (площадь кают от 16 до 43 м²) и использования дополнительных мест для детей.

Работы по созданию концепта PV300VD базировались как на общих подходах к проектированию судов внутреннего и смешанного плавания, так и на основании специальных решений [1-4]. Принципиальную роль играло обсуждение проблем с ведущими специалистами пассажирской отрасли – К.О. Анисимовым, В.Ф. Березиным, А.А. Трофимовым, Д.Г. Рябовым, Д.Н. Галкиным, А.Е. Смолиным, А.А. Семиным, О.Ф. Малининым и многими другими.

Выводы

Средний возраст судов составляет 42 года, при этом половине из 90 существующих судов уже за 50-60 лет. В ближайшее десятилетие этот флот, скорее всего, будет списан, и у нас останется всего порядка 40 судов.

Для решения задачи обновления предлагается связать морские и речные маршруты на основе современного круизного судна река-море плавания проекта PV300VD.

Это дизель-электроход, где три четверти кают имеют индивидуальные балконы, площадь кают – 19-21 м^2, что соответствует всем стандартам современной круизной и гостиничной индустрии. Имеются все виды необходимого отдыха (рестораны, спа-центры, тренажеры, бары и т.д.), в разработке судна принимали участие все ведущие круизные компании, поэтому оно полностью отвечает их потребностям.

Концепт PV300VD – безопасное, экологически «чистое» пассажирское судно, полностью отвечающее всем Международным конвенциям (МК), включая МК по охране человеческой жизни на море СОЛАС, МК по предотвращению загрязнения с судов МАРПОЛ, Международные правила предупреждения столкновения судов в море МППСС, а также всем национальным требованиям (Санитарным Правилам и нормам,

Правилам пожарной безопасности, Техническому регламенту о безопасности объектов внутреннего водного транспорта).

Это судно будет работать на классических речных линиях, а также совершать рейсы из речных портов на морские порты, в том числе круговой рейс по Каспию и рейс Киев – Одесса – Несебр - Стамбул.

Список литературы

1. **Егоров Г.В., Ильницкий И.А., Калугин Я.В.** «Линейка» круизных пассажирских судов для внутренних водных путей [Текст] // Вісник ОНМУ. - Одеса: ОНМУ, 2013. - Вип. 2 (38). - С. 20-40.
2. **Егоров Г.В., Калугин Я.В.** Создание новых пассажирских судов с учетом опыта европейских речных круизов [Текст] // Зб. наук. праць НУК. - Миколаїв: НУК, 2013. - №1. - С. 4-10.
3. **Егоров Г.В., Калугин Я.В., Егоров А.Г.** Анализ состояния речного пассажирского флота России [Текст] // Проблеми техніки. - 2012. - №4. - С. 6-39.
4. **Семин А.А.** Влияние комфортабельности на выбор главных размерений пассажирских круизных судов внутреннего и смешанного плавания [Текст] // Вестник ОНМУ. - Одесса: ОНМУ, 2005. - Вып. 17. - С. 39-45.

УДК 629.5.01

УЧЕТ ПРОЧНОСТИ В ЗАДАЧЕ ОБЩЕГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СУДОВ

Давыдов И.Ф.,
Национальный университет «Одесская морская академия»

Учет требований прочности в существующей практике определения основных характеристик судна на начальных стадиях проектирования производится через ограниченное число показателей: отношение длины судна к высоте борта, статистические весовые измерители и требования к минимальному моменту сопротивления корпуса или допускаемым напряжениям. Первые два показателя лишь косвенно учитывают прочность, последний– формально, поскольку обеспечение минимального момента сопротивления не гарантирует выполнения нормативных требований к общей и местной прочности.

Вместе с тем, очевидно, что прочность и работоспособность корпуса в целом и отдельных судовых конструкций в значительной степени предопределяют эффективность эксплуатации современных транспортных судов на протяжении всего жизненного цикла.

Ярким примером влияния прочности на выбор главных размерений являются накатные суда, когда обеспечение местной прочности палубных перекрытий приводит к существенным резервам общей прочности, позволяющим увеличивать длину без дополнительных затрат материалов. Примером влияния прочности на экономическую эффективность являются суда ограниченных районов плавания.

Таким образом, проблема учета прочности в задачах общего проектирования, на начальных стадиях еще ожидает своего разрешения или примеры накатных судов и судов ограниченных районов плавания являются лишь исключениями.

Если учет прочности на начальных стадиях проектирования необходим, то следует определить его рациональную форму и соответствующие показатели, а также указать критерии необходимости такого учета.

В качестве показателей экономической эффективности проектируемого судна (функции цели) могут быть использованы, например, следующие критерии: годовая прибыль, рентабельность, приведенные затраты, удельные вложения и текущие затраты на единицу эффекта, суммарные дисконтированные затраты, эквивалентная процентная ставка, фактор возмещения капитала, выровненная процентная ставка, приведенная стоимость, капитализированные расходы[1]. Большинство из перечисленных критериев зависят от капиталовложений, дохода и текущих затрат.

Учет прочности при проектировании на начальной стадии предлагается выполнять включением в затратную часть функции цели двух составляющих: $C(X) = C_1(X) + C_2(X) \cdot P(X)$, где C_1 – стоимость проектирования, строительства и поддержания судна в надлежащем техническом состоянии; C_2 – ущерб от нарушения прочности (гибель судна и людей, ущерб окружающей среде, репутационные издержки); P – вероятность нарушения прочности; X – вектор независимых переменных.

Вторая составляющая, представляющая наибольший интерес, с точки зрения прочности, может быть представлена в виде:

$$C_2(X) \cdot P(X) = C_{2_1}(X)[P_h(X,t) + P_s(X,t)] + C_{2_2}(X,t) \cdot P_p(X,t) + C_{2_3} \cdot S(X,t) + C_{2_4} \cdot N(X,t), \quad (1)$$

где C_{2_1} – ущерб от нарушения общей прочности; C_{2_2} – стоимость ремонтных работ; C_{2_3} – стоимость восстановления 1 м^2 металла при коррозии; C_{2_4} – стоимость ремонта трещин; P_h – вероятность нарушения прочности на вершине волны; P_S – вероятность нарушения прочности на подошве волны; S – ожидаемая площадь коррозии; N – ожидаемое количество хрупких и усталостных трещин; t –срок эксплуатации.

Расчет по формуле (1) не вызывает принципиальных затруднений. При этом математическая модельпроектируемого судна должна быть дополнена следующими расчетными процедурами:

- определения изгибающих моментов на тихой воде;
- определения изгибающих моментов на вершине и подошве волны;
- определения характеристик эквивалентного бруса;
- определения вероятностей разрушения на вершине и подошве волны, ожидаемой площади коррозии и количества усталостных и хрупких трещин.

Следует также специфицировать элементы конструкций опасные с точки зрения хрупких и усталостных повреждений.

Изгибающие моменты на тихой воде могут быть рассчитаны,если известны распределения сил веса и поддержания по длине. Распределение сил поддержания можно принять по данным [2], сил веса по прототипу.

Изгибающие моменты на вершине и подошве волны можно оценить по данным модельных испытаний [3], либо по данным, полученным на основе линейной гидродинамической теории качки для размаха волновых моментов[4]. Распределение размаха для вершины и подошвы можно определить по рекомендациям МАКО, или на основе [3].

Характеристики эквивалентного бруса могут быть определены по рекомендациям [5].

Оценка площади коррозии должна быть выполнена на основе выбранной модели коррозии.

Вывод о целесообразности учета прочности в задачах общего проектирования судов можно будет сделать по результатам сопоставления характеристик судна, определенных по двум математическим моделям – одна из которых учитывает прочность, а другая нет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Соколов В.П.** Постановка задач экономического обоснования судов[Текст] / В.П.Соколов. – Л.: Судостроение, 1987. – 164 с.
2. **Guldhammer H.E.** Formdata IV. Hydrostatic Data for Transom Stern Series of Varied Stern Breadths[Text] /H.E. Guldhammer. – Copenhagen: Danish Technical Press, 1969. – 77 p.
3. **Moor D.I.** Longitudinal Bending Moments on Models in Head Seas [Text] /D.I. Moor. TRINA, , Vol. 107,No. 2, 1967, p.p. 117 – 165.
4. **Loukakis T.A.** Seakeeping Standard Series for Cruiser-Stern Ships [Text] /T.A. Loukakis, C. Chryssostomidis. TSNAME, Vol. 83, 1975, p.p. 67 – 127.
5. **Курдюмов А.А.** Прочность корабля [Текст] /А.А. Курдюмов. – Л: Судпромгиз, 1956, - 384 с.

УДК 629.5.01

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ГЛАВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СУДОВ-ГАЗОВОЗОВ LNG ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ МАРШРУТОВ

Некрасов В.А., Дун Синьшо.
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова

Мировое судостроение развивается по пути постройки узкоспециализированных типов судов, которые дают наибольший экономический эффект и обеспечивают конкурентоспособность на мировом рынке. Одним из таких типов, получивших развитие в последние годы, стали суда-газовозы LNG [1]. Суда-газовозы LNG перевозят сжиженные природные газы при температуре –162℃ и являются одними из самых дорогих и высокотехнологичных транспортных судов [2].

На начальных стадиях их проектирования основной проблемой является определение количества судов и их главных элементов для рассматриваемого объема поставок и условий эксплуатации. Принятое проектное решение должно обеспечить экономическую эффективность и безопасность эксплуатации судов. В настоящее время такая проблема решается с помощью специализированных оптимизационных задач

проектирования, в которых процесс поиска оптимизационного решения чередуется с моделированием основных функциональных операций жизненного периода судна [3, 4].

Поставленная оптимизационная задача определения главных элементов газовозов LNG формулируется следующим образом: при заданном векторе U определить такой вектор X, чтобы значение целевой функции достиг экстремальной величины:

$$F(X,U) = P = I - C \rightarrow \max,$$

где X (x_1, x_2,…, x_n) – вектор независимых переменных; U (u_1, u_2,…, u_m) – вектор входных данных; P, I, C – математические ожидания прибыли, доходов и расходов от эксплуатации судов в течение всего срока эксплуатации. За независимые переменные выбраны следующие величины: $x_1 = L$ – длина судна; $x_2 = B$ – ширина судна; $x_3 = H$ – высота борта судна; $x_4 = T$ – осадка судна; $x_5 = C_B$ – коэффициент общей полноты; $x_6 = v_s$ – скорость хода; $x_7 = n_{LNG}$ – количество судов во флоте.

На компоненты вектора X накладывается множество ограничений, которые подразделяются на два вида: тривиальные и функциональные.

Значение целевой функции вычисляется в ММПС – система алгебраических и дифференциальных уравнений, включающая также вычислительную процедуру. В данной работе ММПС может быть разделена на три взаимосвязанных модели: модель инженерных и мореходных качеств судов, модель функционирования и экономическая модель.

В первой модели вычисляются основные инженерные и мореходные качества судов. В модели функционирования рассматриваются основные функциональные операции судов и моделируются возможные аварийные ситуации. В экономической модели на основе полученных в первых двух моделях результатов вычисляется значение целевой функции. Блок-схема математической модели проектирования судов представлена на рис.

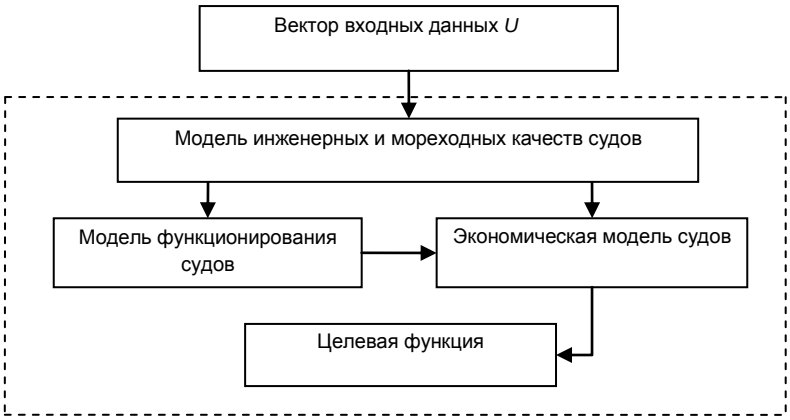


Рисунок – Блок-схема математической модели проектирования судов

В данной работе стохастический характер задачи учитывается с помощью метода имитационного моделирования. Для отыскания экстремума целевой функции при наличии ограничений используются метод Пауэлла и метод внешних штрафных функций.

На основе созданных алгоритмов оптимизации главных элементов газовозов LNG разработан программный комплекс "LNG_carriers" в среде программирования Delphi. С помощью "LNG_carriers" можно проводить разнообразные исследования и получать результаты решения конкретных задач. Практическое использование "LNG_carriers" продемонстрировано на следующих примерах.

Пример 1: необходимо определить оптимальные главные элементы газовозов LNG, эксплуатирующихся между Поти (Грузия) и Портом Южным (Украина).

Длина линии – 556 миль.

Объем поставок LNG в год – 5 млн т, срок службы судов – 30 лет.

Тип системы грузовых танков – мембранный тип.

Результаты оптимизации приведены в табл.

Пример 2: определить оптимальные главные элементы газовозов LNG, перевозящих грузы между Идку (Египет) и Портом Южным (Украина).

Длина линии – 1025 миль.

Объем поставок LNG в год – 6,5 млн т, срок службы судов – 30 лет.

Тип системы грузовых танков – мембранный тип.

Результаты оптимизации приведены в табл.

Таблица – Результаты решения оптимизационной задачи

Наименование показателя	Близкие проекты		Оптимальные варианты полученных решений оптимизационной задачи	
	Поти– Порт Южный	Идку-Порт Южный	Поти– Порт Южный	Идку-Порт Южный
Длина судна, м	268,00	266,00	274,55	257,30
Ширина судна, м	43,00	43,40	41,28	42,88
Высота борта судна, м	26,00	26,00	25,91	26,21
Осадка судна, м	11,40	11,40	11,32	11,39
Коэффициент общей полноты	0,739	0,742	0,731	0,739
Скорость хода, уз.	19,7	19,5	19,02	19,22
Количество судов во флоте, ед.	1	2	1	2
Дедвейт, т	70000	70150	67806	67288
Грузовместимость, $м^3$	140207	138000	137294	134875
Водоизмещение, т	99500	100150	96128	96556
Мощность главного двигателя, кВт	27940	26480	26500	29400
Строительная стоимость судна, млн долл.	193,00	195,00	193,2	183,6
Общая прибыль от эксплуатации судов за весь срок службы, млн долл.	232*	533,8*	289,8	577,8

* – Определены при тех же фрахтовых ставках, что и оптимальные варианты

Выводы.

1. С помощью разработанного программного комплекса решены практические задачи оптимизации главных элементов судов LNG и необходимого их количества для разных маршрутов.
2. Как видно из приведенных примеров, по предложенному методу оптимальные главные элементы судов существенно изменяются в зависимости от района плавания и объема поставок.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Луковников, А. А.** Требования к судам для перевозки сжиженных газов [Текст] / А. А. Луковников, В. В. Сутуло, В. Г. Харченко // Судостроение. – 1974. – № 4. – С. 13–15.
2. **Логачев, С. И.** Мировое судостроение: современное состояние и перспективы развития. – Изд. 2-е, доп. и перераб. [Текст] / С. И. Логачев, В. В. Чугунов, Е. А. Горин // – СПб.: Мор Вест, 2009. – 544 с.
3. **Дун Синьшо.** Метод определения оптимальных главных элементов судов-газовозов LNG на начальных стадиях проектирования [Текст] / Дун Синьшо // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 24–26 травня 2016 р. – Херсон: MINTT, 2016. – С. 225–228.
4. **Некрасов, В. А.** Задача проектирования судна для условий рыночной эксплуатации [Текст] / В. А. Некрасов, Н. Н. Микоша // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв : НУК, 2006. – № 2. – С. 3–10.

УДК 629.5.012

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ХОДОВЫХ КАЧЕСТВ ПАРУСНОЙ ЯХТЫ, ДООБОРУДОВАННОЙ НОСОВЫМ БУЛЬБОМ

Знова Ю.А., Чучко Ю.И. Ястреба А.П.
Национальный университет кораблестроения адм. Макарова.

Значительную часть флота крейсерско-гоночных парусных яхт, эксплуатирующихся в настоящее время в Украине, составляют суда постройки 70-80х годов прошлого века, которые к настоящему времени морально устарели и не в состоянии конкурировать с современными яхтами. Экономическая ситуация в стране не позволяет рассчитывать на массовое обновление находящихся в эксплуатации лодок, поэтому особый

интерес в сложившейся ситуации представляет модернизация устаревших яхт с минимальным вложением средств. Наиболее распространённым путём такой модернизации является замена парусного вооружения, а также, установка более современных выступающих частей (плавниковых, бульб-килей и перьев рулей). Однако достижение ходовых характеристик, сопоставимых с современными яхтами, невозможно без изменения формы корпуса. [2]

Целью настоящей работы является сравнительное исследование буксировочного сопротивления корпуса яхты четверть-тонного класса, строившейся на верфи спортивного судостроения в Таллинне (Эстония) и имеющей большое распространение. Модернизация заключалась в установке носового бульба [1] и сравнении результатов буксировки с результатами исходного варианта этого же корпуса.

В связи с незначительной осадкой корпусом, размещение глубоко погруженного носового бульба достаточного объёма затруднено, поэтому было принято решение о применении бульба, пересекающего свободную поверхность, (рис.1). Основной эффект такого бульба заключается в увеличении длины судна по ватерлинии, что приводит к уменьшению числа Фруда, и, как следствие, к снижению волнового сопротивления.

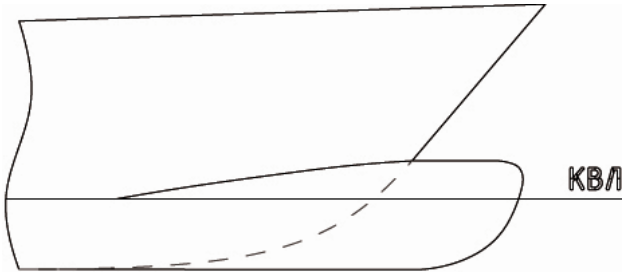


Рис.1. Бульбовая наделка

Для оценки эффективности предложенной формы носового бульба, в опытовом бассейне НУК была проведена серия модельных испытаний корпуса яхты с бульбом и без него в диапазоне скоростей, соответствующих скоростям натурной яхты от 3 до 7уз при углах дрейфа от 0 до 4 градусов и углах крена от 0 до 20 градусов. Это соответствует диапазону эксплуатационных характеристик для яхты такого размера. Для испытаний была использована масштабная модель имеющая следующие характеристики:

Длина по ВЛ – 0.864м ($L_н$ = 6м)
Ширина по ВЛ – 0.34м ($B_н$ = 2,4м)
Водоизмещение – 6,997кг ($D_н$ = 2,4т)
Масштаб – 1:7

На модель была установлена бульбовая наделка. см. рис.1. После испытаний модели с бульбом наделка была снята и выполнена контрольная серия испытаний той же модели в тех же условиях без бульба. Результаты испытаний приведены на графике (рис.2, рис.3, рис.4.)

Анализ полученных результатов показал, что при буксировке модели без дрейфа уменьшение полного сопротивления яхты с бульбом при скоростях, соответствующих 5-7узлов для натурного судна, достигает 16-18% по сравнению с исходным вариантом. При этом в диапазоне углов крена 10-15° эта величина изменяется незначительно. При крене 20° разница в сопротивлении падает до 10-14%. При меньших скоростях эффективность бульба падает. Это объясняется увеличенной смоченной поверхностью корпуса с бульбом по сравнению с безбульбовым вариантом.

При испытаниях с углом дрейфа 2° разница в сопротивлении уменьшается до 6-8%, при угле дрейфа 4° она становится отрицательной, от -6 до -20% в диапазоне скоростей 5-7узлов. При этом следует отметить, что сила сопротивления дрейфу, создаваемая корпусом яхты при наличии бульба, существенно (более чем в полтора раза) больше, чем у исходного варианта. Таким образом, при том же курсе относительно ветра яхта с бульбом может идти с меньшим углом дрейфа и, соответственно, иметь меньшее сопротивление. Например, при угле дрейфа 4° и скорости около 6 уз яхта без бульба имеет сопротивление 894 Н и создает боковую силу 2753 Н. Яхта с бульбом в тех же условиях имеет сопротивление 1012 Н (на 11.6% больше) и боковую силу 4443 Н (на 38%больше). При дрейфе 2° яхта с бульбом создает почти такую же боковую силу, как яхта без бульба при дрейфе 4° (2567 Н). Таким образом, в условиях, в которых яхта без бульба идет с углом дрейфа 4°, яхта с бульбом идет с дрейфом 2°, имея при этом сопротивление 773 Н (на 16% меньше). К этому можно добавить тот факт что на предельных относительных скоростях, близких к Fr=0,4 [3] корпус создает волну, имеющую длину равную длине корпуса: два гребня поддерживают нос и корму, между ними образуется глубокая впадина. В итоге сильно уменьшается восстанавливающий момент, препятствующий

крену яхты, так как средняя, наиболее широкая часть корпуса выходит из воды и работает не эффективно. Носовой бульб, таким образом, не только позволяет снизить волновое сопротивление, но и повысить остойчивость яхты. В результате уменьшается крен, снижается дополнительное сопротивление, вызванное креном, эффективнее работает парусное вооружение.

Таким образом, установка носового бульба, позволяет путем незначительной модернизации корпуса улучшить ходовые характеристики яхт четверть-тонного класса и сделать их более конкурентоспособными в сравнении с корпусами современных яхт.

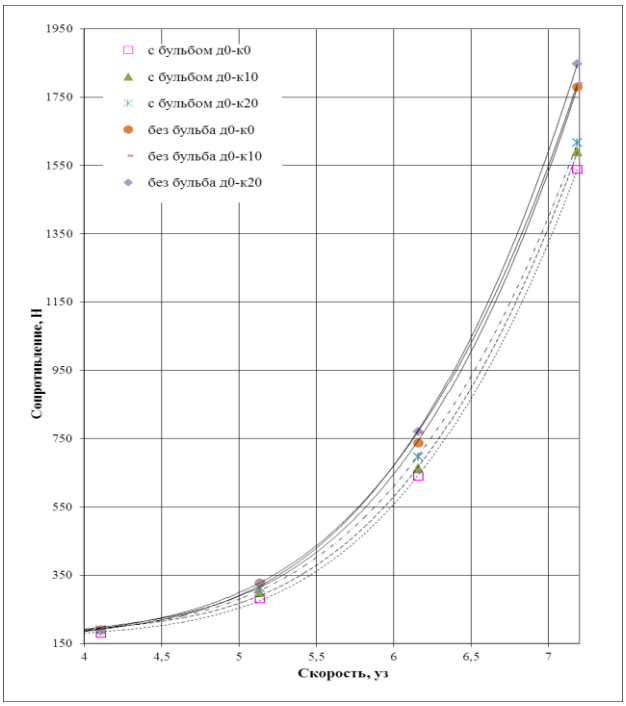


Рис. 2. Буксировочное сопротивление на ходу без угла дрейфа.

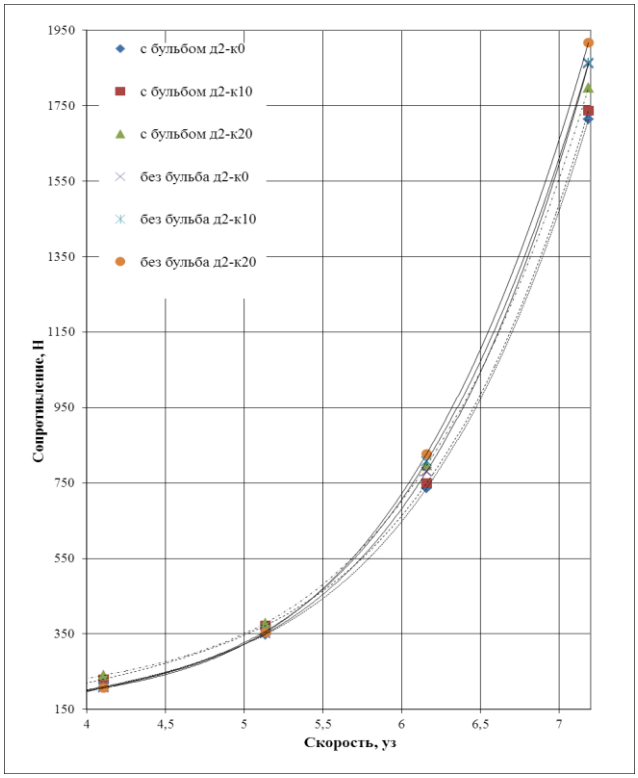


Рис. 3. Буксировочное сопротивление на ходу с углом дрейфа 2^{o}

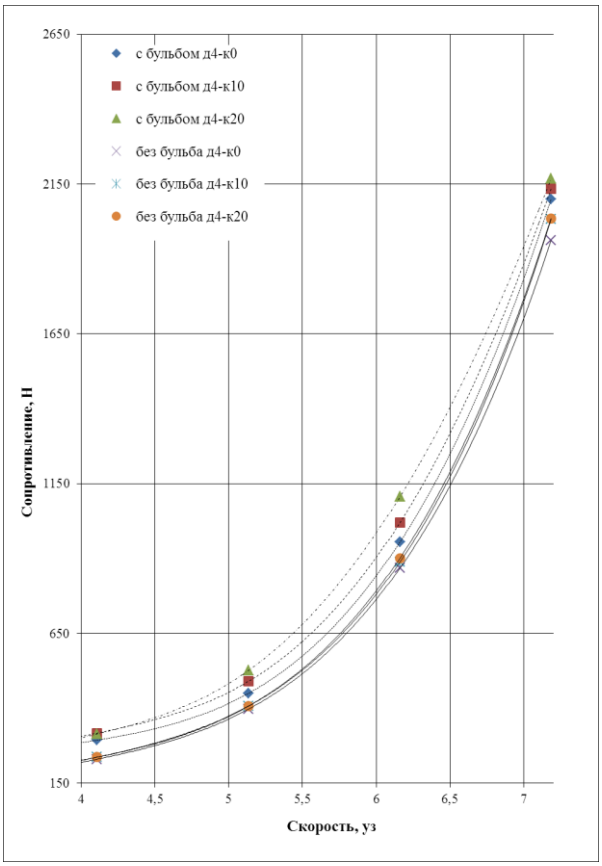


Рис. 4. Буксировочное сопротивление на ходу с углом дрейфа 4°

Список использованной литературы.

1. **Ударцев, Е. П.** Подводный носовой бульб для яхты // «Катера и яхты» 1976, № 61
2. **Забурдаев, Л. В. Пащенко Ю. Н.** Модернизация таллинского четвертьтонника // «Катера и яхты» 1982, № 97
3. **Войткунский Я.И.** Справочник по теории корабля, - Л.: Судостроение, 1985. – 768 с.

УДК 629.5.01

ПАРУСНЫЕ КАТАМАРАНЫ: СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЕКТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Савочкина В.В., Бондаренко А.В.
Национальный университет кораблестроения имени адм. Макарова

Парусные круизные катамараны в настоящее время пользуются популярностью в яхтенной индустрии. В тоже время проведенный анализ литературы показывает небольшое количество публикаций, посвященных вопросам концептуального проектирования яхт данного типа [1–4].
Выбор проектных характеристик парусных круизных катамаранов на этапе концептуального проектирования целесообразно проводить с использованием регрессионных зависимостей. Для получения таких зависимостей авторами были собраны данные по построенным и предлагаемым к постройке судам. Используя методы статистического анализа собранные данные были подвергнуты анализу по следующим категориям:
– форма корпуса;
– проектные характеристики (главные размерения, коэффициенты полноты, соотношения главных размерений);
– архитектурно-конструктивные особенности;
– материал корпуса;

– параметры парусного вооружения.

По результатам статистического анализа были построены графики и получены регрессионные зависимости для площади парусного вооружения, водоизмещения, соотношения главных размерений. Некоторые зависимости приведены на рис. 1 и 2.

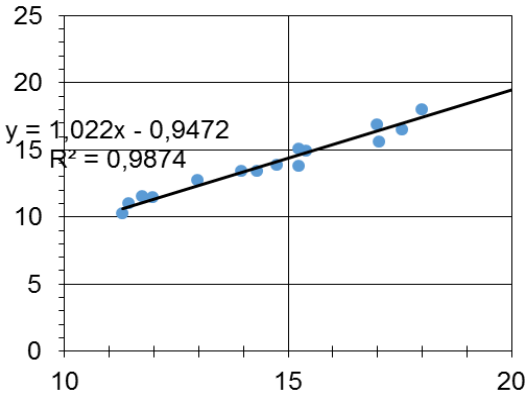


Рисунок 1 – Зависимость длины по ватерлинии от длины наибольшей

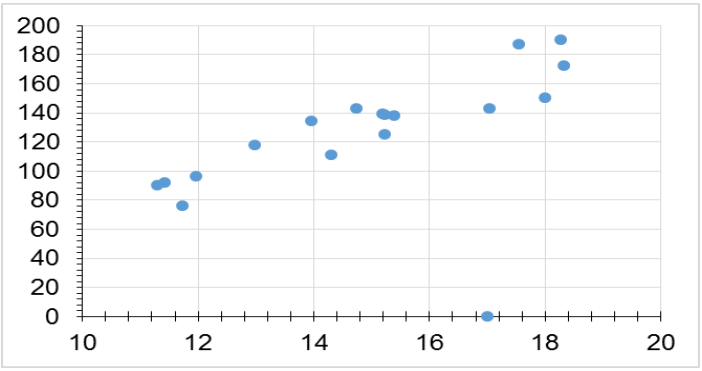


Рисунок 2 – Зависимость площади парусности от длины наибольшей

Вывод. В результате статистического анализа авторами получены статистические зависимости для выбора проектных характеристик парусных круизных катамаранов.

Список использованной литературы

1. **Крючков, Ю.С.** Парусные катамараны [Текст] / Ю.С. Крючков, В.И. Лапин. – Л.: Судпромгиз, 1963. – 304 с.
2. **Крючков, Ю.С.** Механика парусного судна [Текст]: Монография / Ю.С. Крючков. – Николаев: Степь-инфо, 2005. – 40 с.
3. **Норвуд, Д.** Быстроходные парусные суда: Основы проектирования многокорпусных судов [Текст] / Д. Норвуд. – Л.: Судостроение, 1983. – 102 с.
4. **Назаров, А.** Заметки о проектировании парусных катамаранов [Текст] / А. Назаров // Катера и яхты. – 2015. – № 6(258). – С. 48–51.

УДК 629.5

АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ БЕЗЕКІПАЖНИХ КАТЕРІВ РІЗНИХ КРАЇН СВІТУ

Саустіян Яна Павлівна,
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Метою роботи є статистична обробка характеристик безекіпажних катерів на основі аналізу та систематизації зібраних даних.

Забезпечення охорони морського простору в межах територіального моря України є однією з найважливіших функцій Військово-Морських Сил України (далі-ВМС).

Володіти інформацією про рівень безпеки в підводному та надводному просторі, є однією із задач кораблів ВМС України. Для їх успішного розв'язання потрібно виконувати функції захисту кораблів від підводних загроз на стоянках та під час виконання різних бойових завдань [1].

Останніми роками провідними морськими державами докладається все більше зусиль для створення безекіпажних катерів.

Безекіпажний катер (БЕК) може збирати і передавати розвідувальну інформацію в режимі реального часу, вести радіоелектронну боротьбу, виявляти, відстежувати і класифікувати цілі різного ступеня віддаленості і знищувати їх.

БЕК здатний виконувати широкий спектр завдань: забезпечувати захист прибережних економічних зон, морських кордонів, портів і морської стратегічної інфраструктури, зокрема - нафтових і газових платформ, а також трубопроводів.

Раніше роботи і експерименти з безекіпажними плавзасобами проходили в післявоєнний період, проте системна розробка виробів класу Unmanned Surface Vehicles (USV) почалася набагато пізніше, приблизно з початку 90-х. Тоді ж в економічно розвинених країнах з'явилися комерційно доступні елементи інформаційних технологій, що становили основу управління рухомими об'єктами, і почалося фінансування відповідних цільових програм [2].

На початку безекіпажні морські системи будувалися на базі існуючих катерів, тральщиків, з додаванням схеми управління. В якості плавзасобів експериментальних зразків системи, брали маломірні судна та моделі. Схема управління, а саме берегова станція, система зв'язку, авіапілот, навігаційні датчики, являла собою закінчений комплекс технічних засобів [3].

На безекіпажних катерах використовують пропульсивні комплекси на базі ДВС потужністю в сотні кіловат для досягнення необхідних крейсерських швидкостей (20-40 вузлів) в глізируючому режимі та автономності близько 20-70 годин. В якості рушія та джерела живлення енергії малих водотоннажних БЕК часто застосовують електродвигун + гребний гвинт + акумулятор. В більшості випадків БЕК малого розміру з корисною масою близько 50-100 кг при швидкості 3-5 вузлів, буде мати автономність не менше 8-10 годин, при використанні підвісного електромотору потужністю 150-300 Вт. Окрім електромотору з гребним гвинтом для мілководних водойм застосовують повітряні гвинти з електроприводом, що допомагає уникнути застрянь та зачепів. Для БЕК з автономністю від місяця до року застосовується концепція **environmental energy harvesting**, яка дозволяє утилізувати енергію сонця, вітру, хвилювання та ін. Яскравим прикладом таких винаходів є Wave Glider (Liquid Robotics,США)(рис.1) та AutoNaut (AutoNaut Ltd ,Велика Британія) (рис.2), які мають річну автономність при швидкості 1-2 вузли, та можуть перетинати океани, живлячи цільове навантаження з енергоспоживання у десятки Вт від сонячних батарей.



Рисунок 1 – Wave Glider модель SV3 (2013р.)



Рисунок 2 – AutoNaut (2014р.)

На основі зібраних даних, було побудовано графіки залежностей різних характеристик безекіпажних катерів і отримані відповідні формули.

Висновок. Аналіз характеристик побудованих і зпроектованих безекіпажних катерів дозволив виділити найбільш характерні конструктивні особливості і якості, що забезпечують плавзасобам цього типу ефективне вирішення поставлених перед ними завдань.

Список використаної літератури.

1. Матеріали науково-практичної конференції «Проблемні питання розвитку озброєння та військової техніки Збройних Сил України». – К. : ЦНДІ ОВТ ЗСУ, 2011.
2. The Navy Unmanned Surface Vehicle (USV). Master. Plan. U.S. Department of the Navy, July, 2007. 122 p.
3. The US Department of Defense. Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2013-2038, 2013. 145 p.

УДК 004.896 : 658.511.2

ЗАСТОСУВАННЯ САПР-ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОЕКТУВАННІ ТА СТВОРЕННІ ВИРОБІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Іванюта П.В., д.держ.упр., доцент, завідувач кафедри менеджменту,
Вінницький кооперативний інститут

Склад і структура САПР-технологій залежить від його спеціалізації, технологічних задач, типів виробів, серійності їх виготовлення, частоти зміни продукції та ін. (рис. 1). В склад САПР-технологій входять спеціальні автоматизовані системи у технологічних лініях, дільницях і цехах, які в свою чергу, підключені до технологічного оснащення і станків з ЧПУ і, що найголовніше – 3D-принтери. Тобто ці технології обладнані пристроями, що забезпечують:

- автоматичне завантаження і розвантаження деталей, інструменту, а також матеріалів і виробів;
- контроль точності базування деталей на технологічного обладнання для випуску виробів;
- подачу в зону обробки мастильно-охолоджувальних рідин та ін.;
- діагностику роботи технологічного обладнання для випуску виробів;
- діагностику якості обробки виробів і стану інструмента;
- повторне застосування відходів виробництва (стружки, часточок металу, деревини, плівки та ін.).

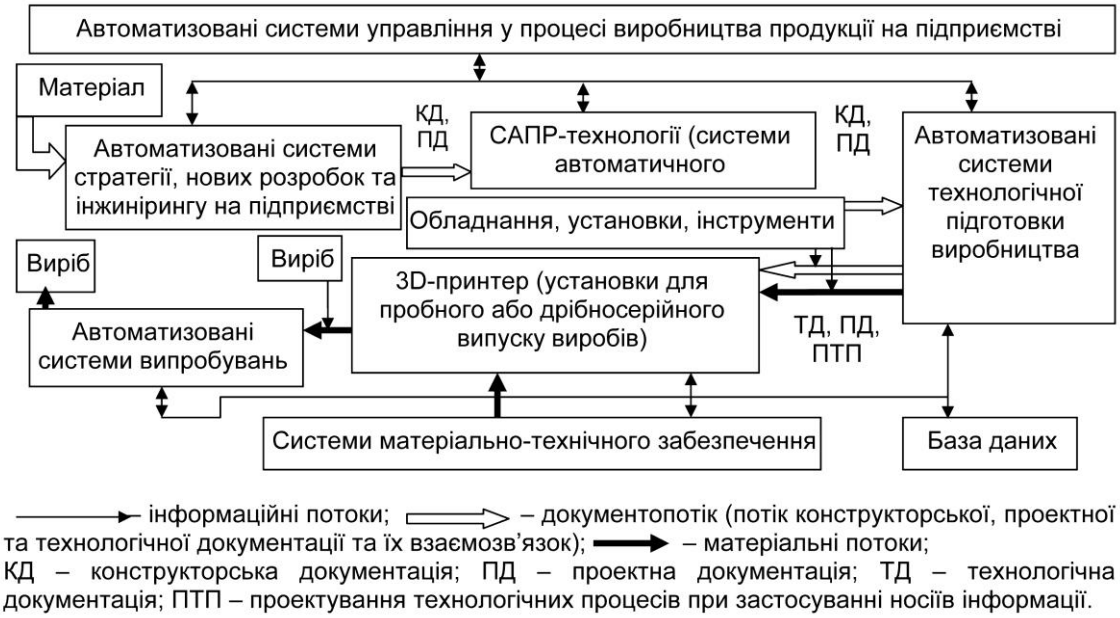


Рис. 1. Структура інтегрованної виробничої системи

На етапах розробки конструкції виробу й технологічній підготовці виробництва створюється ключова для всієї діяльності підприємства інформація: визначається матеріалоємність виробу, технологія виготовлення окремих деталей чи складників, послідовність збирання чи формування, потреба у інструменті і засобах оснащення, трудоємність виготовлення. Для цього створюють бази даних і банки даних, які можуть бути і на звичайних персональних комп'ютерах.

В єдиній базі даних повинні зберігатися креслення виробу, специфікації, 3D-моделі [5], конструкторська, супроводжуюча та інша документація, результати інженерного аналізу, технологічні карти, управляючі програми для верстатів з ЧПУ, матеріальні і трудові нормативи. Будь-які зміни, що внесені на яку-небудь етапі розробки виробу, повинні автоматично переноситися на всі дільниці проектування.

Під технічним забезпеченням САПР представляють сукупність всіх технічних засобів, що використовуються при автоматизованому проектуванні. До них відносяться: сітьове обладнання, ЕОМ різних типів, периферійні пристрої, лінії зв'язку, вимірювальні засоби, різні електронні, електричні і механічні пристрої, що забезпечують роботу всіх підсистем САПР, а також експлуатаційні матеріали. Також САПР-технологій виконують функції подібно до технологічного обладнання або технологічної лінії, які випускають вироби [1].

Крім цього, технічне забезпечення САПР включає у себе принтери – а саме 3D-принтер, сканери, системи цифрового копіювання, плоттери, графічні планшети, 3D-маніпулятори, що призначене для моделювання робочих процесів, проектування і розробки виробів, накопичення і архівування конструкторської, проектної та

технологічної документації, а також їх маршрутизації, реалізації схем проведення змін і затверджень документів (рис. 2) [1, с. 389].

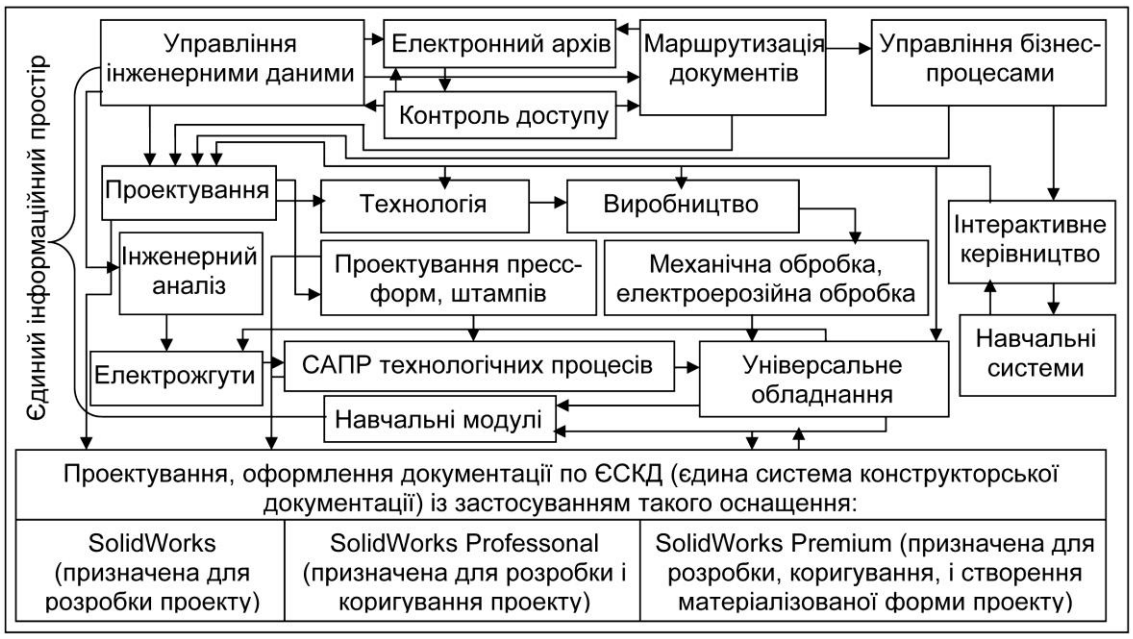


Рис. 2. Комплексна інформаційна система SWR-Workflow

Але насамперед для випуску нової продукції, що відповідатиме світовим стандартам, підприємства проводять велику роботу по збору, накопиченню, систематизації і оперативній обробці інформації, а також проводять аналіз ринку за сегментами. На основі аналізу вітчизняних і зарубіжних зразків виробу, вивчення потреб споживачів, визначаються базові технологічні вимоги щодо якисних параметрів до майбутньої продукції, потенційні замовники і ціни.

Для цього САПР використовується на всіх етапах підготовки до випуску нової продукції:

- при концептуальному проектуванні нового виробу, що володіє більш високими естетичними і експлуатаційними властивостями. Цей етап є важливим з точки зору впровадження нових ідей і технологій (недоліки у дизайні можуть призвести до великих втрат у продажах);
- при проведенні інженерних розрахунків;
- при розробці технологічної документації обробки деталей і сборки виробу, при підбірці різаючих і допоміжних інструментів, технологічному устаткуванню, металорізаючих верстатів і розробці управляючих програм для верстатів з ЧПУ.

Тут доцільно відзначити устаткування 3D-принтер, що діє спільно з САПР-технологіями – подібно до технологічного обладнання з ЧПУ (числове програмне управління). Принцип роботи 3D-принтера подібний до звичайного струменевого офісного принтера, тільки замість друкування тексту і зображень на папері цей принтер випускає вироби будь-якої форми і конфігурації, які заздалегідь спроектовані у програмному забезпечені, що знаходяться у САПР-технологіях з різних матеріалів у порошковому та листовому вигляді, як деревина, залізо, пластмаса, плівкоутворюючі речовини, тканина, глина, кераміка, відходи і решткі сільськогосподарської й харчової продукції та ін.

САПР-технології для створення виробу з різних матеріалів має вбудований метод лінійного програмування, що дозволяє здійснювати розрахунки обсягів ресурсів за окремими їх видами, хімічними складами та якісними параметрами і на їх підставі досягається рентабельність випуску. Отже, застосування САПР-технологій головним чином являє собою планування виробничого процесу шляхом оптимального використання ресурсів і визначення рентабельності. Наприклад, процес виготовлення n видів продукції потребує m видів ресурсів $S_1, S_2, \ldots, S_m$ (сировина, комплектуючі деталі, енергоресурси, обладнання та інше). Відомі запаси $b_i (i = 1,2, \ldots m)$, ресурсів S_i; a_{ij} - кількість одиниць ресурсів S_i, що витрачається на виготовлення одиниці продукції - виду $(i = 1, 2, \ldots, m; i = 1, 2, \ldots, n)$ та c_j - прибуток від реалізації одиниці продукції. Але необхідно скласти такий план виробництва, щоб прибуток від реалізації виготовленої продукції був максимальним. Нехай x_j $(j = 1, 2, \ldots n)$ - кількість одиниць продукції, запланованої до виробництва. Для її виготовлення необхідно витратити [2, с. 29 – 30]:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots + a_{1n}x_n = \sum_{j=1}^{n} a_{1j}x_j$$

одиниць ресурсу S_1;

$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots + a_{2n}x_n = \sum_{j=1}^{n} a_{2j}x_j$ одиниць ресурсу S_2;

……

$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \ldots + a_{mn}x_n = \sum_{j=1}^{n} a_{mj}x_j$ одиниць ресурсу S_m.

Так як споживання ресурсів S_1, S_2, …, S_m не може перевищувати їх запасів b_1, b_2, …, b_m, то зв'язок між споживанням ресурсів і їх запасами виражається системою обмежень

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots + a_{1n}x_n \geq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots + a_{2n}x_n \geq b_2$$

……..

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \ldots + a_{mn}x_n \geq b_m .$$

Крім того, змінні x_j (j = 1, 2, ..., n) повинні бути невід'ємними

$x_1 \geq 0$, $x_2 \geq 0$, $x_3 \geq 0$, …, $x_m \geq 0$.

Оскільки за умовою задачі c_1x_1 - прибуток від реалізації одиниці продукції одного виду, c_2x_2 – прибуток від реалізації одиниці продукції наступного виду, і так далі, то загальний прибуток від реалізації всієї продукції обчислюється за формулою

$$z = c_1x_1 + c_2x_2 + \ldots + c_nx_n .$$

Виробництво потрібно організувати таким чином, щоб загальний прибуток від реалізації виготовленої продукції був максимальним, тобто $z \rightarrow \max$.

Висновки. САПР-технології широко застосовуються у самих різних галузях виробництва: в авіабудуванні, автомобілебудуванні, важкому машинобудуванні, електротехніці і електроніці, архитектурі, будівництві, нафтогазовій промисловості, у сфері картографії, геоінформаційних систем, при виробництві товарів повсякденного попиту і навіть для розміщення мебелі у квартирі. Із застосуванням САПР-технологій відбуваються спільна робота над проектами значної кількості спеціалістів, за рахунок чого вдається розробникам і проектувальникам виробів швидко реагувати на кон'юнктуру ринку товарів, скорочуються терміни і знижують матеріальні затрати на підготовку виробництва нового виробу.

Список літератури.

1. **Берлинер Э.М.** САПР в машиностроении / Э.М. Берлинер, О.В. Таратынов. – М. : ФОРУМ, 2010. – 448 с.

2. Основи економіко-математичного моделювання: Навч. посіб. / Н.М. Лавріненко, С.М. Латинін, В.В. Фортуна, О.І. Бескровний. – Львів: «Магнолія 2006», 2010. – 540 с.

УДК 629.5.02

ВЫБОР КРИТЕРИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОСТАНОВКА ОПТИМИЗАЦИОННОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ПАССАЖИРСКОГО СУДНА С АУТРИГЕРАМИ

Морозов К. А., аспирант

Постановка оптимизационной задачи подразумевает: формулирование целей и выбор показателей эффективности (критериев оптимизации); наличие свободы выбора управляющих воздействий; определение ограничений, обеспечивающих физическую реализуемость и практическую целесообразность принимаемых решений. [1]

Задача оптимизации состоит в выборе наилучших вариантов. Не смотря на смысловое разнообразие задач, все они формально сводятся к одной общей постановке. Найти значение переменных, обращающих в максимум, либо минимум значение целевой функции:

$$Z=f(x) \rightarrow \min (\max) \qquad (1.1)$$

при условиях:

$$gi\,(x) \geq b_s \qquad (1.2)$$

где s- множество всех ограничений, образующих область допустимых решений.

В задачи проектирования составляющими вектора x могут быть оптимизируемые характеристики и элементы судна, критерием – уровень рентабельности в виде отношения прибыли от эксплуатации судна к

стоимости его постройки, ограничения уравнения масс (аналитическое выражение закона Архимеда), требование к скорости, удифферентовке, вместимости, остойчивости и др.[2]

Таким образом наилучшее решение данной задачи проектирования может быть найдено при помощи методов однокритериальной оптимизации. Данными методами учитываются разнообразные задачи создания новой техники. Множество задач в том или ином виде может быть сведено к постановке задачи математического программирования. С формальной точки зрения данная задача относится к задачам математического программирования (термин программирование, здесь понимается в смысле составления плана, либо программы действий).

В качестве главного критерия эффективности при выборе решения оптимизационной задачи проектирования пассажирского судна с аутригерами выбран критерий минимальной материалоёмкости корпусных конструкций влияющий на снижение массы корпусной конструкции, материалоёмкости и снижение запасов прочности до минимальной величины, которая была бы необходимой и достаточных.

Так же это приведет к снижению строительной стоимости и сократит срок постройки судна. Снижение материалоёмкости корпусных конструкций позволит снизить массовую долю корпуса в водоизмещении, повысит рентабельность проекта и снизит срок окупаемости, а также составить конкуренцию авиаперевозкам (особенно на сравнительно небольших дистанциях от 500 до 600 км) так и действующим паромам на таких линях как Одесса-Стамбул. Причиной возможной конкуренции является то, что авиаперевозки не эффективны на коротких дистанциях, в следствии больших эксплуатационных расходов и большой стоимости поездки, а также не очевидных преимуществ «по времени».

Необходимо отметить и то, что единственными транспортными магистралями, которые не требуют больших затрат с точки зрения инвестиций в инфраструктуру, являются водные пути.

Вывод

1. В качестве метода решения оптимизационной задачи проектирования пассажирского судна с аутригерами выбрана однокритериальная оптимизация.
2. Критерием эффективности выбран критерий минимальной материалоёмкости корпуса.

Литература.

1. Файловый архив для студентов. Все предметы. Все вузы. Файловый архив для студентов. [Электронный ресурс] / Режим доступа http://www.studfiles.ru/preview/6127246/page:2/
2. **Ашик В. В.** Проектирование судов: Учебник. - 2 изд. перераб. и доп. [Текст] / В. В. Ашик. – Л. : Судостроение, 1985. – 320 с.

629.533

ВЫБОР ФОРМЫ КОРПУСА ВОДНОГО ТАКСИ ДЛЯ ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КРЫМА

Слободян С.О., заведующий кафедры компьютерно-интегрированных технологий и инженерной графики, к.т.н., профессор;
Морозов А.А., аспирант
Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова, г. Николаев

На фоне общего упадка судостроительной отрасли Украины в результате воздействия всемирного финансово-экономического кризиса последнее десятилетие характеризуется бурным развитием малого судостроения. Повышаются мощности двигателей при уменьшении веса силовой установки, применяются облегченные конструкции из алюминиевых сплавов или пластмасс. При этом возможность изготовления из стеклопластика корпуса любой сложной формы, невыполнимой в дереве или металле, все более расширяет многообразие существующих разновидностей обводов корпуса катеров. В настоящее время разработаны усовершенствованные варианты основных форм корпуса, которые обладают лучшими качествами при ходе на волнении, обеспечивают определенные выгоды при компоновке – внутренней планировке катера-водного такси (ВТ), имеют высокую остойчивость. При этом следует отметить, что скорость на тихой воде в большинстве случаев несколько снижается [1].

Существует два типа форм корпуса – однокорпусные и многокорпусные. К основным относятся остроскулые и круглоскулые обводы корпусов (рис.1).

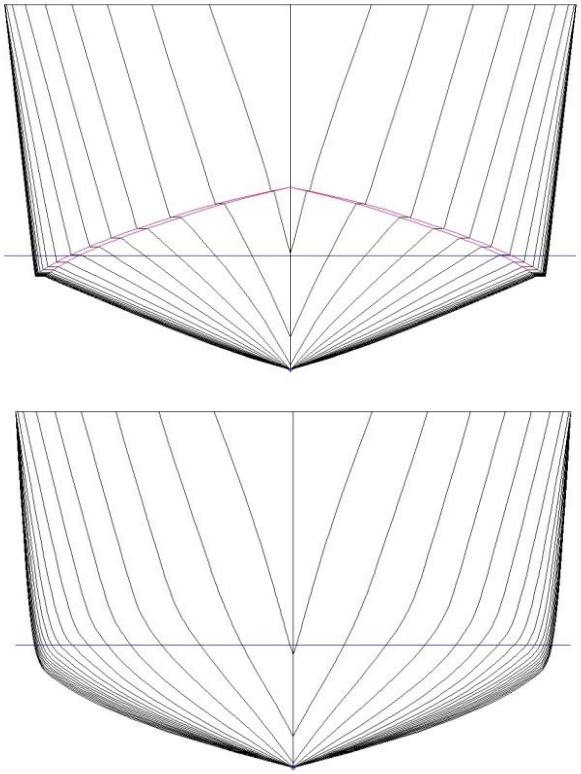


Рис. 1. Основные формы корпуса: остроскулая (слева) и круглоскулая (справа).

В общепринятой практике [2] форма корпуса выбирается исходя из режима движения, определяемого числом Фруда «по водоизмещению» *FrΔ* и минимального значения обратного качества *ε* (рис. 2).

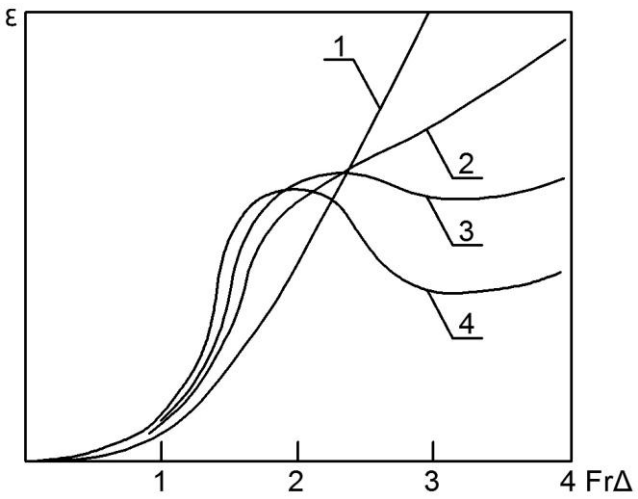


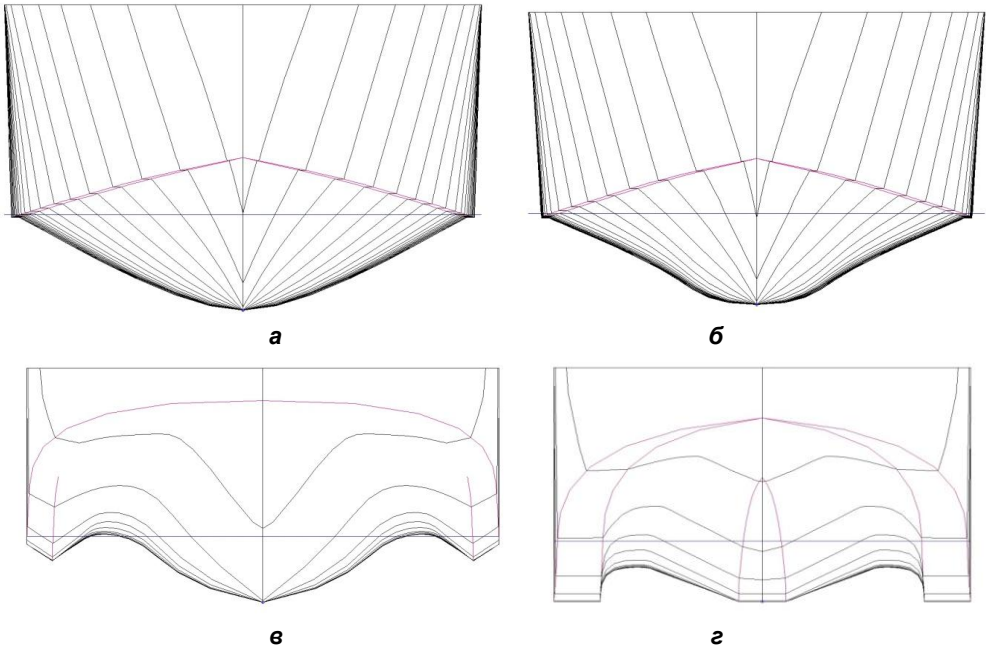
Рис.2. Характерные кривые, зависимость обратного качества *ε* от числа Фруда «по водоизмещению» *FrΔ* для различных типов судов:
1 – водоизмещающее судно; 2 – безреданный глиссер; 3 – реданный глиссер; 4 – судно на подводных крыльях (СПК)

Данная характеристика не может быть единственным критерием при выборе формы корпуса водного такси, необходимо также учитывать и требования к эксплуатации.

Следует отметить, что в настоящее время при выборе обводов корпуса ВТ, как правило, рассматриваются несколько вариантов модифицированных и усовершенствованных форм корпусов основных типов (рис. 3).

Таким образом, выбор формы корпуса для водного такси является задачей, в которой при выборе наилучшего решения необходимо учитывать не один, а множество критериев, характеризующихся разнородностью представляемых ими предметных областей, а также разными уровнями формализации, что

представляет определённую сложность в получении необходимого результата. Поэтому для получения решения данной задачи предлагается использовать эвристический метод.



а *б*

в *г*

Рис. 3. Усовершенствованные формы корпуса:
а – выпуклокилеватые; *б* – выпукло–вогнутые; *в* – «Бостонский китобой»; *г* – обводы Уффа Фокса

Авторами статьи предлагается для выбора формы корпуса водного такси сделать сравнительный анализ обводов, основанный на эвристике и сопоставлении имеющихся эмпирических данных, исходя из следующих требований [3]:

– минимальная строительная стоимость;

– максимальная пассажировместимость;

– минимальные эксплуатационные расходы;

– компоновка и размерения судна должны соответствовать принципам эргономики и обеспечивать комфорт по ускорениям при движении на волнении;

− возможность принимать и высаживать пассажиров на необорудованный берег.

Следует отметить, что эвристические алгоритмы широко применяются для решения задач высокой вычислительной сложности, то есть вместо полного перебора вариантов, занимающего существенное время, а иногда и технически невозможного, применяется значительно более быстрый, но недостаточно обоснованный теоретически алгоритм. Важным является наличие или отсутствие на выходе «фильтра здравого смысла» – оценки результата человеком.

Метод эвристических приемов характеризуется эффективностью разделения функционально-технической структуры объекта с целью получения списка элементарно простых проблемных вопросов, позволяющих формулировать возможные варианты решений изобретательской задачи, рационально используя ответы на эти вопросы.

Результаты проведенного сравнительного анализа различных форм корпуса судна представлены ниже в таблице, где 5 – наиболее привлекательный, а 1 – наименее привлекательный варианты.

Таблица. Сравнительный анализ вариантов форм корпуса судна

Показатели	Вариант формы корпуса				
	Монокорпус	Катамаран	СВП	СПК	Экраноплан
Строительная стоимость	5	3	2	2	1
Экономичность по топливу	5	3	3	5	3
Комфорт по вертикальным ускорениям	3	4	2	4	2
Компоновка/комфорт	4	5	3	3	2
Обслуживание и сервис судна	5	4	3	4	2
Сложность управления судном	5	5	3	4	1
Отсутствие ограничений по осадке	5	3	5	2	5
Удобство перевозки автотранспортом	5	3	3	3	3
Безопасность	5	5	5	5	3
Общий результат	**43**	**35**	**29**	**32**	**22**

К разделу «Монокорпус» относятся формы корпуса типа «Бостонский китобой», «Морской нож», обводы Уффа Фокса.

Выводы: 1. Монокорпусные обводы Уффа Фокса, типа «Бостонский китобой», «Морской нож» могут рассматриваться для выбора формы корпуса водного такси и, несмотря на определенные недостатки, обладают рядом существенных преимуществ перед многокорпусными катерами. 2. Применение эвристических методов для решения задач подобного типа упрощает поиск решения и даёт неплохие результаты. 3. При решении поставленной задачи необходимо учитывать специфику и особенности данного вида транспорта, а также отсутствие имеющегося опыта постройки.

Литература:

1. **Баадер Х.** Разъездные, туристические и спортивные катера. Перев с нем. Л., «Судостроение», 1976.
2. **Егоров И.Т., Соколов В.Т.** Гидродинамика быстроходных судов. Л., Судостроение, 1971. 424 стр.
3. Философская энциклопедия. Эвристика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_philosophy/1396/ЭВРИСТИКА

УДК 629.5.01

КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕСАНТНЫХ КОРАБЛЕЙ И КАТЕРОВ

Тынянский Н.И., *аспирант,*
Национальный университет кораблестроения имени адм. Макарова

Украина нуждается в немедленной модернизации десантного флота, это связано не только с тем что флот и технически и морально устарел, но и с тем что вектор развития десантного флота в Советском Союзе значительно отличался от общемировых тенденций, потому 26 ноября 2015 года министром обороны Украины был утвержден план выполнения основных мероприятий по переходу Вооруженных Сил Украины на стандарты НАТО, появилась необходимость в реклассификации существующих проектов советских десантных судов и причисление их к тому или иному классу десантных судов согласно стандартам НАТО.

В советской классификации десантных кораблей и катеров выделяют [1]:

- Большой десантный корабль (БДК)
- Средний десантный корабль (СДК)
- Малый десантный корабль (МДК)
- Десантный корабль на воздушной подушке (ДКВП)
- Десантный катер (ДКА)
- Скоростной десантный катер (СДКА)
- Десантный катер на воздушной подушке (ДКАВП)
- Малый десантный корабль-экраноплан (МДКЭ)

Согласно классификации НАТО, фактически все большие десантные корабли (БДК), средние десантные корабли (СДК) и малые десантные корабли (МДК), которые были основой десантного флота Советского Союза являлись танко-десантными кораблями (ТДК), тогда как основой десантного флота других ведущих морских держав были универсальные десантные корабли (УДК) [2], объединяющие в себе сразу несколько функций — перевозка личного состава (до 2000 человек) с вооружением и техникой, док-камера для размещения малых десантно-высадочных средств и полётная палуба с ангаром для базирования палубных транспортно-десантных вертолётов, палубных вертолётов-тральщиков, палубных вертолётов огневой поддержки и палубных штурмовиков (фактически — истребителей-штурмовиков) с коротким взлётом и вертикальной посадкой. На УДК также может размещаться место дислокации штаба руководства десантной операцией, а также госпиталь.

Необходимость в постройке УДК понимали и в Советском Союзе в связи с чем был разработан проект 11780, по сути своей являющийся уменьшенной копией УДК типа «Тарава», но проект так и не был реализован.

Таблица1. Международная классификация десантных кораблей и катеров[3] [4]:

Обозначение	Наименование	Описание и примеры
LL	Landing Logistics	Общее обозначение для десантных кораблей
LHA	Landing Helicopter Assault/Amphibious assault ship	Общее обозначение для многоцелевых десантных кораблей с док-камерой и вертолетной палубой занимающей всю площадь верхней палубы. Пример: Tarawa class(США)
LHD	Landing Helicopter Dock	По конструкции идентичны LHA, но обеспечены достаточными средствами для контроля над морским пространством, несут на борту противолодочные вертолеты и самолеты с коротким взлетом и посадкой. Имеют док-камеру и взлетно-посадочную палубу занимающую всю площадь верхней палубы. Пример: WASP(США), Juan Carlos 1(Испания)
LKA	Amphibious Cargo Ship	Корабли снабжения для перевозки войск, тяжелой техники. В последние годы были оборудованы док-камерой и вертолетной площадкой. Пример: Charleston-class(США)
LPA	Amphibious Personnel Assault Ship	Десантный корабль, предназначен для переброски боевой группы, оборудован собственными средствами для высадки десанта, а также собственной вертолетной площадкой. Пример: Kanimbla class(Австралия)
LPD	Amphibious Transport Dock	Многоцелевые десантные корабли имеющие док-камеру и взлетно-посадочную палубу в корме. Пример: Fearless Class (Англия) и Galicia (Испания)
LPH	Landing Platform Helicopter	Десантный корабль осуществляющий операции десантирования с помощью вертолетов и самолетов с вертикальным взлетом. Не имеет дока. Пример: Ocean(Англия) и Jima Class(США)
LCC	Landing Command Ship	Большие десантные корабли, спроектированы специально для командования крупными десантными операциями, десантовместимость минимальна. Пример: Blue Ridge Class США)
LSD	Landing Ship Dock	Данный тип кораблей предназначен для переброски войск в зону боевых действий, десантирование осуществляется с использованием малых десантных катеров и катеров на воздушной подушке. Оборудован док камерой и вертолетной площадкой. Пример:L-31Galicia(Испания)
LSL/LSH	Landing Ship Logistics/ Landing Ship Heavy	Десантный корабль снабжения, используется во время десантных операций, имеет носовые ворота и аппарель. Не является кораблем первой линии готовности. Пример: Round table class(Англия)
LSM	Landing Ship Medium	LSM по конструкции схож с LSL, но имеет меньший по размеру пандус и кормовые ворота. Пример: Batral class(Франция)
LST	Landing Ship Tank	Танко-десантный корабль, предназначен для транспортировки боевых танков, имеет рампу в корме. Примеры: Velasco и Pizarro (Испания)
LSV	Landing Ship Vessel	Десантный корабль с носовой аппарелью и воротами, предназначен для доставки десантируемой техники на берег, имеют кормовые ворота и аппарель в носовой оконечности. Не является кораблем первуй линии готовности. Пример: General Frank S. Besson-class(США)
LCT	Landing Craft Tanks	Танко-десантный катер. Предназначен для транспортировки и высадки на берег боевых танков. Пример: LST MK2(Англия)
LCM	Landing Craft Medium	Средний десантный катер используемый как средство доставки на берег десанта и техники с корабля носителя, возможно самостоятельное использование. Пример: LCM-1E(Испания).
LCP	Landing Craft Personnel	Десантный катер, предназначен для перевозки десантируемой группы. Иногда с рампой в носовой части. Пример: ВК-16(Россия)
LCU	Landing Craft Utility	Большой десантный катер, предназначен для танков и тяжелой техники. С рампой в носовой оконечности. Пример: LCU Mk.II (NL) class
LCVP	Landing Craft Vehicles and Personnel	Десантный катер или катер Гиггинса, предназначен для высадки на берег десантируемой группы из 36 человек и грузовика. Пример: LCVP, построено 22393 экземпляра
LCAC	Landing Craft Air-Cushion	Десантный катер на воздушной подушке, предназначен для высадки на берег десантируемой группы и техники

Выводы.

В результате работы была проработана международная классификация десантных кораблей и катеров, выявлены основные конструктивные и тактические особенности данных типов судов. За счет чего появилась возможность приобщения десантных судов советских проектов к ранее составленной и прорабатываемой базе данных десантных судов.

Список использованной литературы.

1. **Альпаков, Ю.В.** Корабли ВМФ СССР: справочник в четырех томах [Текст] / Ю.В. Альпаков. – Санкт Петербург : Изд-во Галея Принт, 2007. – С. 5-74.
2. Универсальный десантный корабль [Електронний ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki
3. Классификация десантных кораблей ВМС США [Електронний ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki
4. **Francisco Javier Álvarez Laita, María Luisa Medina Arnáiz.** Amphibious Warfare Ships. The Navantia Achievements [Текст] / Francisco Javier Álvarez Laita, María Luisa Medina Arnáiz – Испания : Изд-во Navantia, Август 2011. – С. 3-85.

УДК 629.5.01

КОНЦЕПЦИЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАТРУЛЬНОГО СУДНА

Кондратьева Л.Ю.,
Национальный университет кораблестроения имени адм. Макарова

Для оценки эффективности корабля береговой охраны может быть использован комплексный критерий «стоимость-эффективность», основными составляющими которого являются показатели функциональной E и экономической эффективности S_i , учитывающие уровень надежности самого КБО и его систем:

$$f(X, U) = S_i/E \rightarrow \min$$

где U - вектор параметров задачи проектирования; X - вектор независимых переменных. Определение этих показателей осуществляется с помощью компьютерного моделирования различных сценариев развития событий при решении той или иной задачи, которая возложена на КБО.

Все возможные функции КБО разделены на четыре группы (миссии, задачи функционирования):

- Соблюдение правового режима и предотвращения угроз (ELT)
- Военное использование (MR)
- Поисково-спасательная (SAR)
- Охрана окружающей среды, борьба с загрязнением моря (MEP)

Моделирование функционирования корабля в виртуальных средах его использования выполняется при помощи теории цепей Маркова, непрерывных Марковских процессов, теории стационарных случайных процессов и имитационного моделирования[1-3]. Имитационное моделирование основано на воспроизведении развернутого во времени процесса функционирования корабля береговой охраны с учетом взаимодействия с объектами противодействия и гидрометео условий. В результате такого моделирования фиксируются определенные события и состояния КБО, по значениям которых расчитываются характеристики эффективности системы.

В настоящее время не все задачи функционирования КБО в достаточной степени формализованы для решения проблем многокритериальной и однокритериальой оптимизации его характеристик. Перспективным в этом направлении являтся решение задачи взаимодействия КБО с противником в условиях интенсивного волнения и включения алгоритма такого взаимодействия в оптимизационную задачу.

В задаче многокритериальной оптимизации можно вести поиск такого решения, которое принадлежит пересечению множеств оптимальних решений всех однокритериальных задач – задач функционирования. При определенном выборе приведенной целевой функции задача многокритериальной оптимизации сводится к однокритериальной задачи с ограничениями.

Существуют различные методы преобразования задач с ограничениями в задачи без ограничений. Методы, основанные на преобразовании задачи с ограничениями, в последовательность задач минимизации без ограничений называются методами последовательной безусловной минимизации (SUMT,Sequential Unconstrained Minimization Techniques). Это преобразование осуществляется при помощи соответствующей вспомогательной функции, которая определяет новую целевую функцию, имеющую безусловные минимумы. По мере увеличения влияния ограничений на вспомогательную функцию, строят последовательность задач без ограничений, решения которых сходятся к решению исходной задачи.

Среди методов SUMT, наиболее популярными стали методы штрафных функций. Принцип методов штрафных функций заключается в том чтоб из задачи минимизации целевой функции $F(X)$ с ограничениями получить задачу минимизации вспомогательной функции $P(X, r\text{k}) = F(X)+\Phi(X)$ без ограничений. В этой формуле r_k – коэффициент штрафа, $\Phi(X)$ – функция штрафа. По сущности поиск минимума вспомогательной функции $P(X, r_k)$ может быть осуществлен любым методом безусловной оптимизации. При этом безусловный минимум вспомогательной функции $P(X, r_k)$ будет являться искомым условным минимумом целевой функции $F(X)$. Среди методов штрафных функций различают метод внутренних штрафных функций и метод внешних штрафных функций.

В методе внутренних штрафных функций начальная точка и траектория поиска могут находиться только внутри области допустимых решений, при этом штраф задает как бы барьер вдоль границы допустимой области вследствие неограниченного возрастания функции штрафа $\Phi(X)$. В методе внешних штрафных функций точки начальная точка и траектория поиска могут находиться вне области допустимых решений. При выходе из этой области, то есть при нарушении ограничений, $P(X, r\text{k})$ становится существенно большей, чем функция $F(X)$. Другими словами, при нарушении ограничений налагается штраф, что приводит к ухудшению функции $P(X, r\text{k})$. В этих двух методах вспомогательные функции могут быть представлены в следующем виде:

–метод внутренних штрафных функций $-P(X,r_k) = F(X) + r_k \sum_m \frac{1}{G_j(X)}$,

–метод внешних штрафных функций $-P(X,r_k) = F(X) + r_k \sum_m \left|(\overline{G}_J(X))^n)\right|$

где $\overline{G}_j(X) = 0$ – в области допустимых значений и $\overline{G}_j(X) = G_j(X)$ – вне области допустимых значений. По сравнению с методом внутренних штрафных функций, метод внешних штрафных функций более универсален и применим для практических расчетов. Кроме того, метод внешних штрафных функций позволяет находить экстремум функции из любой начальной точки. Следовательно, в качестве метода преобразования задач с ограничениями в задачи без ограничений используется метод внешних штрафных функций. Таким образом, поиск оптимума целевой функции может осуществляться с использованием метода Пауэлла и метода внешних штрафных функций. По характерным чертам все методы оптимизации можно разделить на две группы: прямые методы (методы, не использующие производных, методы поиска или методы нулевого порядка) и косвенные методы (методы, использующие производные). В прямом методе направления движения точки поиска и шаги её движения полностью определяются на основе последовательных вычислений целевой функции. Наиболее распространенными из прямых методов являются метод покоординатного спуска, метод конфигураций, метод вращающихся координат и метод Пауэлла.

Метод Пауэлла использует свойство параллельного подпространства: любая прямая, проходящая через точку экстремума квадратичной функции, пересекает под равными углами касательные к поверхностям равных уровней этой функции в точках пересечения. В противном случае это свойство тоже действительно: прямая, соединяющая точки пересечения касательных под равными углами к поверхностям равных уровней этой функции проходит через точку экстремума. Можно доказать, что направление, определяемое вектором, сопряжено с направлением. Эти свойства могут быть распространены на n-мерную задачу. Таким образом, для того, чтобы достигать экстремума целевой функции необходимо строить систему сопряженных направлений [5].

Выводы. Предложеный подход к оценке эффективности и надежности корабля береговой охраны дает возможность учитывать требования к кораблям такого назначения на начальном этапе проектирования. В целом это позволяет значительно улучшить качество проектных разработок и повысить безопасность морских границ государства.

Список использованной литературы.

1. **Абчук, В.А.** Справочник по исследованию операций [Текст] / В.А. Абчук, Ф.А. Матвейчук, Л.П. Томашевский. – М.: Воениздат, 1979. – 368 с.
2. **Волгин, Н.С.** Исследование операций. Часть I [Текст] / Н.С. Волгин, Н.В. Махров, В.А. Юровский. – Л.: ВМА им. Н.Г. Кузнецова, 1978. – 400 с.
3. **Волгин, Н.С.** Исследование операций. Часть II [Текст] / Н.С. Волгин, Н.В. Махров, В.А. Юровский. – Л.: ВМА им. Н.Г. Кузнецова, 1979. – 110 с.
4. **Тихонов В.И., Миронов М.А.** Марковские процессы. – М.: Сов. радио, 1977. – 488 с.
5. **Трифонов А.Г.** Постановка задачи оптимизации и численные методы ее решения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://matlab.exponenta.ru/optimiz/book_2/index.php

УДК 629.563.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕДВЕЙТА БУРОВОГО СУДНА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Гук Михаил Николаевич

Увеличение глубины бурения на заре освоения шельфа, переход от эстакад (Калифорния – 1895 г.) и колодцев (на Каспии 1935 г.) к стационарным и плавучим буровым сооружениям ознаменовало становление новой отрасли – океанотехники (в 1950-х).

Специализация работ по освоению месторождений, которые включают разведочное бурение, бурение добычных скважин и эксплуатацию месторождения окончательно разделила сооружения океанотехники для бурения на: подвижные буровые установки, буровые платформы, эксплуатационные системы.

Стремление к освоению месторождений на глубинах, превышающих обычную для шельфовой зоны глубину (около 200 м), способствовало появлению глубоководных (более 900 м) и сверхглубоководных (более 2300 м) сооружений.

Среди подвижных буровых установок буровые суда выделяются высокими значениями полезной загрузки и автономности, что актуально при освоении месторождений в глубоководных частях океана.

Один из путей определения главных размерений судов - использование статистических данных по проектам судов находящихся в эксплуатации [2]. В качестве исходного параметра при выборе главных размерений бурового судна может выступать максимальная глубина воды в точке бурения. О существовании корреляционной связи между расчетной глубиной воды (*rated water depth* (англ.) - *RWD*) и длиной бурового судна отмечалось в [2].

Цель исследования – статистическая обработка данных по дедвейту буровых судов, построенных в период с 1975 по 2000 г.г. Буровые суда этого периода условно разделяют на 5 поколений в соответствии с расчетной глубиной воды [2].

Дедвейт рассматривался состоящим из следующих укрупненных разделов [3], откорректированных с учетом специфики бурового судна:

$$DW = P_{эк} + P_{г} + P_{т} + P_{б},$$

где $P_{эк}$ – экипаж со снабжением, вода, расходные материалы; $P_г$ – масса груза (фигурирует в характеристиках буровых судов как variable deck load - VDL); $P_т$ – запасы топлива и масла; $P_б$ – жидкий балласт (применяется на буровых судах для увеличения осадки при бурении).

Коэффициент утилизации водоизмещения по дедвейту η_{DW} для буровых судов составляет 0,4…0,55 [4].

Типичное для бурового судна распределение составляющих дедвейта представлено в таблице.

Таблица

Составляющие дедвейта		Масса, т	
Груз (VDL)	Буровые трубы	1350	
	Секции морского стояка	350	
	Превентор	170	
	Баритовый утяжелитель	6 бункеров	800
	Бентонит	1 бункер	
	Цемент	7 бункеров	
	Склад компонентов бурового раствора	500	
	Буровой раствор	270	
	Химические реагенты	75	
	Вода для приготовления бурового раствора	1700	
	Σ	5215	
Запасы судовые и экипаж	Топливо судовое	1533	
	Дизельное топливо	767	
	Масло	135	
	Пресная вода	1060	
	Экипаж со снабжением и расходные материалы	85	
	Σ	3580	
Дедвейт		8795	

Данные в таблице приведены для бурового судна с такими элементами:

Δ = 20890т; $L_{пп}$=137м; B=29,75м; D=12,5м;d=7,5м; C_B=0,667; η_{DW}=0,42

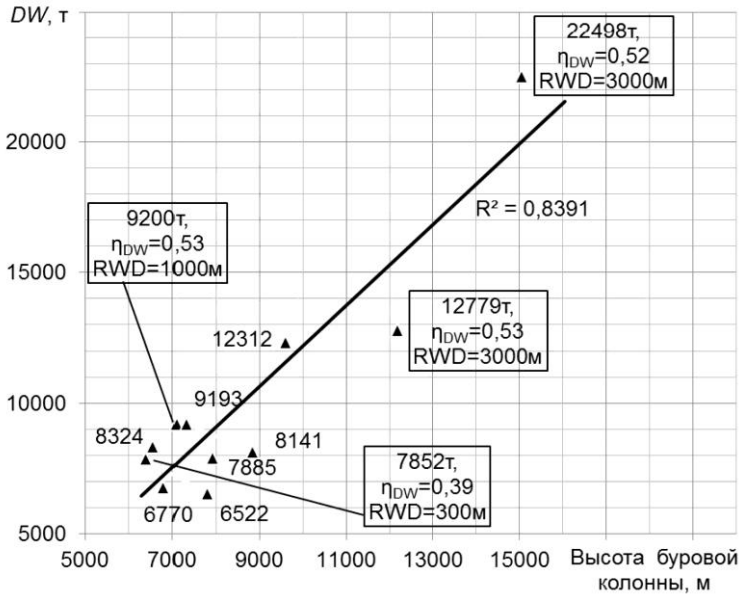


Рисунок – Зависимость дедвейта бурового судна от высоты буровой колонны

В результате обработки данных по дедвейту буровых судов была получена статистическая зависимость дедвейта *DW* от высоты буровой колонны (рис.). Было принято, что высота буровой колонны складывается из расчетной глубины воды - *RWD* (которая определяет высоту морского стояка) и глубины бурения (т.е. глубины буровой скважины $d_б$).

Выражение, полученное аппроксимацией статистических данных при R^2=0,84:

$$DW = 1{,}55(RWD + d_б) - 3330$$

Выводы:

1. Полученная зависимость может быть использована на начальных стадиях проектирования при определении водоизмещения бурового судна без конкретизации статей дедвейта.
2. Полученная зависимость может применяться в расчетах буровых судов не имеющих в составе корпуса емкостей для хранения сырой нефти.

Список использованной литературы:

1. Performance specifications on board scientific measurement capabilities, and survey of drilling vessels. – Report from the Conceptual design committee to the U.S. National Science Foundation [Text] / 2000. – 50 p.
2. **Гук М.Н.** Развитие буровых судов и изменение их главных элементов [Текст] / М.Н. Гук // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв : НУК, 2015. – №2 (458). – С.23 – 26.
3. **Ашик В.В.** Проектирование судов [Текст] / В.В. Ашик. – Л.: Судостроение, 1985. – 320 с.
4. **Sachin Kumar** Design of a 4500 feet RWD drill ship// Thesis of the Degree of Bachelor of Technology In Naval Architecture and Ship Building. – Kochi: Cochin University of Science and Technology, 2011 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://ru.scribd.com/doc/243169170.

УДК 629.5.01

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК И КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ АВТОБУСОВ – АМФИБИЙ

Дашко В.А., Бондаренко А.В.
Национальный университет кораблестроения имени адм. Макарова

Плавающие автобусы – амфибии (рис. 1) в настоящее время находят применение в городах, расположенных на берегах рек и разделяющие город на отдельные участки. Такие автобусы могут использоваться как для городских перевозок пассажиров, так и в качестве экскурсионного транспорта.



Рисунок 1 – Плавающий автобус – амфибия

Авторами были собраны данные по построенным автобусам- амфибиям, на основании которых изучены особенности их конструкции и архитектуры.

По конструкции автобус-амфибия представляет собой водонепроницаемый цельносварной корпус, в котором размещены все основные узлы и агрегаты. Размеры и форма корпуса подбираются таким образом, чтобы машина удерживалась на воде с желаемым статическим дифферентом на корму. При этом учитывается, что определенная доля водоизмещения машины обеспечивается погруженными в воду элементами ее ходовой части.

В качества движителей на построенных автобусах-амфибиях, в основном, используются винты, угловые колонки и водометы.

На основе проведенного анализа и данных работ [1, 2] авторами предложен алгоритм выбора проектных характеристик автобуса-амфибии. Основные этапы алгоритма следующие.

На первом шаге получают ориентировочные размеры и форму корпуса путем первичной проработки общей компоновки машины, в соответствии с заданным количеством пассажиров, требованиями эргономики и безопасности. В процессе проектирования устанавливают допустимые длину, ширину и высоту корпуса, а также его желаемую форму в различных сечениях. Это позволяет построить габаритный чертеж и на его основании теоретический чертеж корпуса машины.

На следующих этапах выполняются расчеты составляющих нагрузки масс, плавучести, тяговых характеристик, ходкости на воде, остойчивости, непотопляемости, управляемости, анализ выхода на берег, определяются параметры водоотливных средств,

Вывод. Проведенный анализ характеристик и конструктивных особенностей автобусов – амфибий позволил авторам предложить алгоритм выбора проектных характеристик автобусов-амфибий.

Список использованной литературы

1. **Степанов, А.П.** Конструирование и расчет плавающих машин [Текст] / А.П. Степанов. – Москва: Машиностроение, 1983. – 200 с.

2. **Редькин, М.Г.** Плавающие колесные и гусеничные машины [Текст]: / М.Г. Редькин – Москва: Военное издательство министерства обороны СССР, 1966. – 198 с.

УДК 629.5.073.4

АНАЛИЗ МЕР ПОВЫШЕНИЯ ЛЕДОПРОХОДИМОСТИ СУДОВ ЛЕДОВОГО ПЛАВАНИЯ, ОБОРУДОВАННЫХ ГИДРООМЫВАЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ

Мазур О.Н.,
Национальный университет Одесская морская академия

Теоретические и экспериментальные исследование работы носового гребного винта судов ледового плавания позволили количественно оценить его роль в снижении ледового сопротивления. Эти исследования, как было сказано выше, показали, что льдопроходимость судна ледового плавания, оборудованного носовым винтом, повышается за счет омывающего действия струи носового винта, энергия которой расходуется на раздвигание обломанных корпусом льдин, унос их под ледовой покров, смыв с корпуса прилипших масс снега и льда, а также на создание водяной смазки между корпусом и льдом. Все это приводит к уменьшению общей составляющей сопротивления движению судов ледового плавания.

Наряду с положительными качествами носовая гребная установка имеет и ряд отрицательных из-за опасности поломки носового винта. Сюда следует отнести весьма ограниченную возможность продвижения судна ледового плавания с носовым винтом в тяжелых льдах и его работу набегами, что исключает эффективное использование кинетической энергии судна. Кроме того, размещение гребного винта в носовой части корпуса технологически очень сложно и затрудняет выполнение носовой оконечности корпуса оптимальной ледокольной формы [1].

Поэтому для повышения льдопроходимости судов ледового плавания было предложено применить специальное гидроомывающего устройства, более эффективного, чем носовой гребной винт.

В носовой части внутри корпуса судна размещается специальная насосная установка с выходными соплами, отверстия которой расположены ниже ватерлинии. Через эти сопла, оси которых направлены под углом 12 – 18^0 к обшивке корпуса, с помощью специального насоса соответствующей производительности выбрасываются с достаточно большей скоростью струи воды. Они омывают корпус судна, отбрасывают от него льдины, массы прилипшего снега и льда, а также обеспечивают смачиваемость поверхностей корпуса судна, соприкасающихся со льдом, и тем самым уменьшают сопротивление льда движению судна[1].

С целью проверки эффективности работы гидроомывающего устройства были проведены специальные испытания оборудованной таким устройством модели судна ледового плавания.

Буксировочные испытания модели судна ледового плавания были проведены в среде имитирующего битый лед парафина с удельным весом 0,86, что весьма близко к удельному весу естественного льда.

Буксировочные испытания включали исследования влияния на ледовое сопротивление следующих факторов:

– расположение выходных сопел по длине корпуса (от носового перпендикуляра);

– угла наклона выходных сопел к ватерлинии при постоянном расходе воды и одинаковом отстоянии выходных сопел от носового перпендикуляра;

– погружения выходных сопел от свободной поверхности воды при постоянных расходах воды. Угла наклона сопел к ватерлинии при одинаковом расположении их по отношению к носовому перпендикуляру.

Выводы. В результате проведенных экспериментов удалось получить оптимальные параметры расположения сопел гидроомывающего устройства. Кроме того, данное устройство позволяет обеспечить достаточно большой вращающий момент судна, что улучшает его маневренность.

И по эффективности работы предложенное устройство эквивалентно двум носовым винтам при переднем ходе судна ледового плавания.

Список использованной литературы

1. **Игнатьев М. А.** Гребные винты судов ледового плавания [Текст] / М. А. Игнатьев. – Л.: Судостроение, 1966 – 115 с.
2. **Аршеневский Ю. А.** Ледоколы [Текст] / Ю. А. Аршеневский. – М.: Знание, 1970 – 210 с.
3. **Каштелян В. И.** Ледоколы [Текст] / В. И. Каштелян, А. Я. Рывлин, О. В. Фадеев, В. Я. Ягодкин. – Л.: Судостроение, 1972 – 282 с.

УДК 629.12.011.001.24

КОНЦЕПЦИЯ ОПАСНОГО ПО ОСТОЙЧИВОСТИ СОСТОЯНИЯ СУДНА И ВЕРОЯТНОСТЬ ЭТОГО СОСТОЯНИЯ

Соломенцев О.И.,
Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова

В данном докладе продолжается начатая в работе [7] дискуссия с некоторыми положениями теории остойчивости судна на нерегулярном волнении, которая была разработана В.А. Некрасовым, [2,3]. Пусть P_O есть вероятность опрокидывания судна на стационарном ветроволновом режиме, определяемая в соответствии со статистическим определением вероятности [1] как

$$P_O = \lim_{t \to T_P} \Omega_O(t) = \lim_{t \to T} \frac{N_{ЦО}(t)}{N_Ц(t)}; \qquad (1)$$

где T_P - интервал времени, в течение которого выполняется исследование опрокидывания;

$N_{Ц} = \frac{T_P}{2\tau_\theta}$ - общее количество колебаний к моменту времени t, $0 \le t \le T_P$;

$N_{ЦО}(t)$ - количество завершившихся опрокидыванием колебаний к моменту времени t, $0 \le t \le T_P$;

$\Omega_O(t) = \frac{N_{ЦО}(t)}{N_{Ц}(t)}$ - частота опрокидываний;

τ_θ - период собственных свободных бортовых колебаний судна.

Для расчёта вероятности опрокидывания по полновероятностной схеме необходимо использовать зависимость вида

$$Q_O = \int_0^\infty \int_0^\infty \int_0^\infty P_O(\bar{u}_B, h_3, \tau_c) q(\bar{u}_B, h_3, \tau_c) d\bar{u}_B dh_3 d\tau_c \quad . \quad (2)$$

В формуле (2) $\bar{u}_B$ - средняя скорость ветра, h_3 - высота волны 3%-обеспеченности, τ_c - средний период волнения, $q_1(\bar{u}_B, h_3, \tau_c)$ есть долгосрочная плотность вероятности величин $\bar{u}_B$, h_3 и τ_c, а P_O отвечает соотношению (1).

В работе [3] для вероятности опрокидывания Q_O предложено применять зависимость

$$Q_O = \int_{D_O} \int \int q(\bar{u}_B, h_3, \tau_c) d\bar{u}_B dh_3 d\tau_c \quad . \quad (3)$$

где D_O есть область такая, что на её границе удовлетворяется условие вида

$$\Pi(\bar{u}_B) = 6\bar{K}(\bar{u}_B, h_3, \tau_c) .$$

Здесь Π- величина полного запаса потенциальной энергии качающегося судна (измеренная в масштабе моментов максимальная ордината диаграммы динамической остойчивости судна Π_Σ), редуцированная на величину неслучайной на стационарном ветроволновом режиме работы статически приложенного давления ветра $A = A(\bar{u}_B)$,так что $\Pi(\bar{u}_B) = \Pi_\Sigma - A(\bar{u}_B)$, $\bar{K} = \bar{K}(\bar{u}_B, h_3, \tau_c)$ - средняя кинетическая энергия совершающего бортовые колебания корабля. При этом величина $6\bar{K} = K_{\max}$ имеет смысл максимальной кинетической энергии, [1].

Однако можно показать, что переход от формулы (2) к формуле (3) возможен только тогда, когда величина P_O в (2) есть булева переменная, принимающая только два значения (0 и 1). Но на реальном нерегулярном волнении, ординаты которого зависят от времени через интеграл Стилтьеса и подчинены нормальному закону распределения, вероятность P_O при конечных численных значениях параметров ветроволнового режима $\bar{u}_B - h_3 - \tau_c$ является непрерывной функцией указанных параметров и принимает значения от 0 до 1, оставаясь при этом больше 0, но менее 1. Значение $P_O = 0$ отвечает нулевым, а значение $P_O = 1$ - бесконечно большим значениям параметров $\bar{u}_B - h_3 - \tau_c$.

Дальнейший анализ привёл автора к следующим выводам. Формула (3) всё же может быть использована и расчёты по ней несут полезную информацию. Пусть $[P_O]$ есть нормативная вероятность опрокидывания судна, $0 \le [P_O] \le 1$, такая, что ситуация, когда фактическая вероятность опрокидывания $P_O \ge [P_O]$, считается опасной с точки зрения возможного опрокидывания. Состояние судна, характеризуемое соотношением $P_O \ge [P_O]$, будем называть опасным в отношении остойчивости состоянием. Введём далее понятие вероятности опасного состояния $\Re_O$ таким образом, что $\Re_O = 0$ при $P_O < [P_O]$ и $\Re_O = 1$ при $P_O \ge [P_O]$, рис. 1. На рис. 1 показан упрощенный случай одномерной задачи, когда ветроволновой режим описывается только одним параметром-высотой волны 3%-обеспеченности h_3.В предельных случаях имеем: при $[P_O] = 0$ будет $\Re_O \equiv 1$ и при $[P_O] = 1$ будет $\Re_O \equiv 0$.

Рассмотрим теперь определение вероятности опасного состояния в течение срока службы судна $Q_\Re$. В этом случае в соответствии с формулой полной вероятности

$$Q_O = \int_0^\infty \int_0^\infty \int_0^\infty \Re_0((\bar{u}_B, h_3, \tau_c) q(\bar{u}_B, h_3, \tau_c) d\bar{u}_B dh_3 d\tau_c \quad (4)$$

Однако, поскольку $\Re_0$ есть булева переменная, то, учитывая некоторые общеизвестные свойства определённого интеграла, можно от соотношения (4) перейти к зависимости, аналогичной соотношению (3):

$$Q_{\Re} = \int_{D_1}^{\infty}\int^{\infty}\int^{\infty} q_1(\bar{u}_B, h_3, \tau_c)\, d\bar{u}_B dh_3 d\tau_c \quad , \qquad (5)$$

где D_1 есть область в пространстве $\bar{u}_B - h_3 - \tau_c$ такая, что для всех точек её границы выполнено соотношение $P_O(\bar{u}_B, h_3, \tau_c) = [P_O]$.

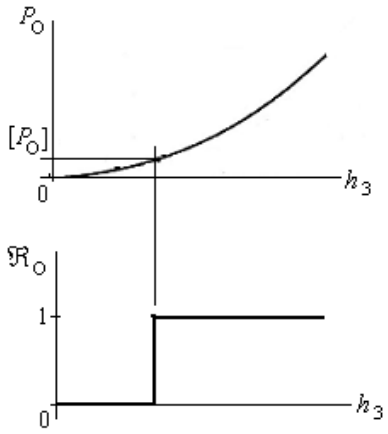


Рис. 1. К определению вероятности опасного состояния $\Re_O$ для одномерного случая

В то же время аналогичный переход от соотношения (2) к соотношению (3) невозможен, поскольку величина P_O - в отличие от величины $\Re_O$ не является булевой переменной, рис. 1.

Тогда можно сделать вывод, что В.А. Некрасовым неявно применяется, по аналогии с известными исследованиями взрывостойкости надводного корабля [8], не формулировавшийся в его работах метод опасных состояний. Иными словами, речь идёт об определении именно отвечающей условию $P_O \geq [P_O]$ вероятности $Q_{\Re}$ по (5), а не отвечающей (1) вероятности Q_O по (2)-(3). При этом, если $P_O = P_O(K)$ есть аналитическое выражение вероятности опрокидывания в функции кинетической энергии качающегося корабля, [6], то $[P_O] = P_O(\kappa_K \bar{K})$, где κ_K есть нормативный коэффициент. По методу статистических моментов В.А. Некрасовым было теоретически получено значение $\kappa_K = 6$, [2], а приведенные в работе [3] расчёты и их сопоставление с реальными данными подтвердили возможность принятия этого значения. Тогда, если принять закон распределения кинетической энергии совершающего бортовую качку корабля в виде экспоненциального закона, [9], то получается, что $[P_O] = \exp(-\kappa_K)$, и при $\kappa_K = 6$ имеем $[P_O] \approx 0{,}24\%$.

Этот результат согласуется с известными подходами к нормированию общей продольной прочности высокоскоростных судов по предельному состоянию. В соответствии с современной интерпретацией принципа паритета по А.Н. Крылову, [4] вероятности отказа по показателям предельной устойчивости (перелом, опрокидывание) должны быть одинаковы. В ряде Правил по высокоскоростным судам нормативная вероятность отказа по общей продольной прочности на стационарном волновом режиме $[P_M] = 0{,}5\%$, [5]. Но здесь надо учитывать, что $[P_M]$ есть вероятность события, состоящего в том, что в одной из фибр эквивалентного бруса действующие изгибные напряжения достигли предела текучести. Для того, чтобы в районе миделевого сечения сформировался бы пластический шарнир и судно переломилось бы, необходимо несколько большая нагрузка, обеспеченность которой как раз и составит 0,2-0,3%.

Выводы. 1.При расчёте по полновероятностной схеме вероятности опрокидывания, отвечающей статистическому определению вероятности (1) следует пользоваться соотношением (2), но не соотношением (3).

2. Величина полной вероятности, определяемая соотношением (3), имеет смысл полной вероятности опасного по остойчивости состояния, но не вероятности опрокидывания.

3.Нормативная вероятность опрокидывания, превышение которой означает переход судна в опасное по остойчивости состояние, согласуется с известными результатами в части нормирования общей продольной прочности судна по предельному состоянию.

Литература.

1.Гнеденко, Б.В. Курс теории вероятностей [Текст] / Б.В. Гнеденко. - М.: Наука, 1969.- 400 с**. 2. Некрасов, В.А.** Вероятностные задачи мореходности судов [Текст] / В.А. Некрасов. - Л.: Судостроение, 1978. - 304 с. **3.Некрасов В.А.** Динамическая остойчивость судна, расположенного лагом к штормовому ветру, и показатель его надёжности в этой расчётной ситуации[Текст] / В.А. Некрасов, С.Б. Приходько // Научно - технический сборник Регистра СССР. - Л.: Транспорт, 1982. - Вып. 12. - С. 119-128. **4.Соломенцев, О.И.** Принцип паритета по А.Н. Крылову и нормирование характеристик предельной устойчивости судна [Текст] / О.И. Соломенцев - // Украинский аэрокосмический журнал. - Николаев, 2009. - Вып. 3. - С. 57-89. **5.Соломенцев, О.И.** Анализ волновых нагрузок в Правилах по скоростным судам ряда классификационных обществ [Текст] / О.И. Соломенцев // Збірник наукових праць НУК. - Миколаїв: НУК, 2009. -№5.- С. 18-27. **6.Соломенцев, О.И.** Вероятность отказа и функция риска в задаче технико-экономического обоснования уровня остойчивости судна [Текст] / О.И. Соломенцев, Нгуен Вьет Хоан, Ли Тхань Бин **//** Інновації в суднобудуванні та океанотехніці**.** Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції – Миколаїв, НУК.- 2013.-с. 108-110. **7.Соломенцев, О.И.** Сопоставительный анализ расчётных зависимостей для определения вероятности опрокидывания судна [Текст] / О.И. Соломенцев **//** Інновації в суднобудуванні та океанотехніці**.** Матеріали VI Міжнародної науково-технічної конференції – Миколаїв, НУК.- 2015.-с. 111-114. **8. Das, S.** Uncertainty Analysis for Surface Ship Subjected to Underwater Explosion [Text] / S. Das, R. Ghanam // 22th International Modal Analysis Conference and Exposition of Structural Dynamics (IMAC-XXII).- Dearborn, Michigan, 2004.- 13 p.**9**. **Roberts J.B.** A Stochastic Theory for Nonlinear Ship Rolling in Irregular Seas [Text] / J.B. Roberts // Journal of Ship Research, 1982. - Vol. 26. - Issue 4.- p. 229-246

УДК 629.12.011.001.24

О РАЗЛИЧНЫХ ПОДХОДАХ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ФУНКЦИИ РИСКА ПРИ ОПРОКИДЫВАНИИ СУДНА

Соломенцев О.И.,
Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова

В данном докладе продолжается начатая в работе [8] дискуссия с некоторыми положениями теории остойчивости судна на нерегулярном волнении, которая была разработана В.А. Некрасовым, [3,4].

В соответствии с известными зависимостями теории надёжности [2,6] функция риска $p_{Ot}(t)$ и плотность вероятности интервалов времени между двумя соседними опрокидываниями $f_{Ot}(t)$ определятся в виде:

$$p_{Ot}(t)=\lim_{\Delta t\to 0}\frac{N_{ЦO}(t+\Delta t)-N_{ЦO}(t)}{[N_{Ц}(t)-N_{ЦO}(t)]\Delta t};\ f_{Ot}(t)=\lim_{\Delta t\to 0}\frac{N_{ЦO}(t+\Delta t)-N_{ЦO}(t)}{N_{Ц}(t)\Delta t},$$

$N_{Ц}=\frac{t}{\tau_{\theta}}$ - общее количество колебаний к моменту времени t, $0\le t\le \mathrm{T}_P$;

$N_{ЦO}(t)$ - количество завершившихся опрокидыванием колебаний к моменту времени t, $0\le t\le \mathrm{T}_P$;

τ_θ- период собственных свободных бортовых колебаний судна.

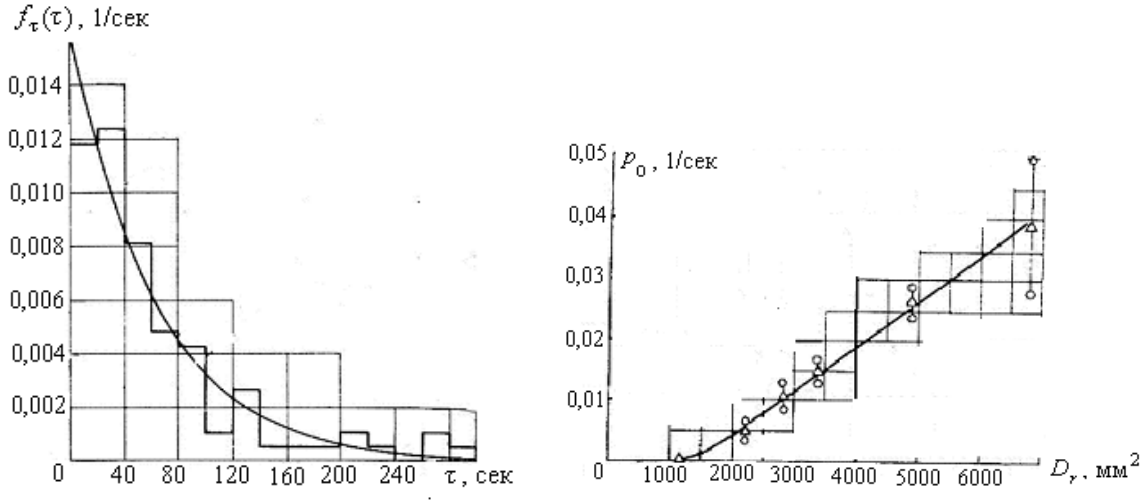
При достаточно большом числе испытаний $\lambda(t)=\frac{f_{Ot}(t)}{1-P_O(t)}$, $P_O(t)=\int_0^t f_{Ot}(x)dx.$

Обычно принимается, что $p_{Ot}\ne p_{Ot}(t)=p_O$. Среднее время достижения границы (среднее время жизни корабля) на стационарном режиме $\bar{\tau}=\frac{1}{p_O}$. Получается, что как p_O, так и $\bar{\tau}$ - это всегда не равные 0 положительные конечные неслучайные величины. Кроме того, в соответствии с экспериментом [1] плотность вероятности $f_{Ot}(t)$ аппроксимируется распределением Пуассона с параметром $\bar{\tau}>0$, рис. 1а. В этом случае $f_{Ot}(t)=\frac{1}{\bar{\tau}}\exp\left(-\frac{t}{\bar{\tau}}\right)=p_O\exp(-p_Ot)$, а конкретно на рис. 1а $p_O=0{,}01502$ 1/сек.

Отсюда, в частности, следует и сделанный Н.Б. Севастьяновым в [5] вывод о том, что теоретически любое сколь угодно остойчивое судно обязательно перевернётся даже на слабом волнении, если только

время воздействия такого волнения на судно достаточно велико. На первый взгляд, такой вывод противоречит практике мореплавания. Но противоречие снимается, если учесть, что теоретическое среднее время жизни остойчивого судна на слабом волнении может составить 100 и более лет.

Теоретическая зависимость для функции риска p_O в зависимости от интенсивности волнения $p_O = p_O(D_r)$ содержится в [7], $p_O(0) = 0$, и при всех $D_r > 0$ имеем $p_r(D_r) > 0$, [7] В связи с этим рассмотрим приведенную на рис. 1б зависимость для функции риска p_O от дисперсии волновых ординат D_r, [1]. На рис. 1б мы видим нулевые значения зависимости $p_O = p_O(D_r)$ в интервале $0 < D_r < D_{r0}$, $D_{r0} \approx 1100\ мм^2$.



а б

Рис.1. Аппроксимация экспериментального распределения интервалов времени между опрокидываниями показательным распределением (а) и экспериментальная зависимость функции риска от интенсивности волнения, (б) , [1]

На первый взгляд, это противоречит сказанному выше. Однако на самом деле здесь противоречия нет, надо только иметь в виду, что зависимость $p_O = p_O(D_r)$ на рис. 1б получена в модельном эксперименте. При этом диапазон интенсивностей волнения $0 < D_r < D_{r0}$ отвечает волнению слабой интенсивности. Опрокидывающей волны, которая есть в любой реализации нерегулярного волнения (теоретически это отражается бесконечностью верхнего предела при выражении волновых ординат через интеграл Стилтьеса), в этом случае приходится ждать очень долго. Поэтому эксперимент заканчивается с тем результатом, что во всех реализациях нерегулярного волнения, отвечающим диапазону дисперсий $0 < D_r < D_{r0}$, опрокидывания не было. А фактически его просто не дождались. При этом фактический верхний предел интеграла Стилтьеса, разумеется, конечный.

Рассмотрим теперь на базе этих данных метод расчёта функции риска p_O, предложенный в монографии В.А. Некрасова [4] и получивший дальнейшее развитие в статье работавшего под руководством В.А. Некрасова магистранта О.В. Вережко, [3]. В обоих случаях для расчёта среднего времени жизни судна за основу приняты уравнения Л.С. Понтрягина. Однако далее в [3,4] получен парадоксальный результат. Среднее время достижения границы $\bar{\tau}$ по [3,4] может быть как положительным, так и отрицательным. При этом случай $\bar{\tau} < 0$ отвечает гарантированному сохранению судна на нерегулярном волнении, чего, как следует из приведенных выше зависимостей, в принципе не может быть.

Проанализируем сначала полученную в 1978 г. более раннюю и простую зависимость [4]. Ограничиваясь одним членом ряда в методе Бубнова - Галёркина, аппроксимируем, как и в [4], диаграмму статической остойчивости $l_\theta(\theta)$ кубической параболой, $l_\theta(\theta) = h_0\theta(1-\beta_\theta\theta^2)$, $\beta_\theta = \frac{1}{\theta_3^2}$, h_0 - начальная поперечная метацентрическая высота, θ_V - угол заката. Демпфирование примем не линейно-квадратичным, как в [4], а чисто квадратичным с коэффициентом w_θ, это допустимо даже при качке достаточно большой амплитуды. С учётом этого для функции риска при действии на судно одного только волнения согласно [4] имеем

$$p_O = \frac{G_\theta}{\dot{\theta}_{\max}^2} - \frac{3}{8\pi} w_\theta \dot{\theta}_{\max};\ \ \dot{\theta}_{\max} = \sqrt{\frac{2\Pi}{J_X + \lambda_\theta}} = \sqrt{\frac{Dh_0}{2(J_X + \lambda_\theta)\beta_\theta}} = \frac{n_\theta \theta_V}{\sqrt{2}},$$

где $\Pi = \frac{Dh_0}{4\beta_\theta}$ - полный запас потенциальной энергии качающегося корабля (максимальная ордината диаграммы динамической остойчивости, измеренная в масштабе моментов), J_X, λ_θ - собственный и присоединённый моменты инерции масс, G_θ - коэффициент интенсивности бортовой качки, $n_\theta = \frac{2\pi}{\tau_\theta}$ - частота собственных бортовых колебаний.

При квадратичном демпфировании коэффициент G_θ и дисперсия угловых скоростей $D_{\dot\theta}$ связаны как $D_{\dot\theta} = \left(\frac{G_\theta}{2\sqrt{\frac{8}{\pi}} w_\theta} \right)^{2/3}$, [4], и соответственно $G_\theta = 2\sqrt{\frac{8}{\pi}} w_\theta D_{\dot\theta}^{3/2}$.

Тогда $p_O = w_\theta \left(2\sqrt{\frac{8}{\pi}} \frac{D_{\dot\theta}^{3/2}}{\dot\theta_{\max}^2} - \frac{3}{8\pi}\dot\theta_{\max} \right)$. Функция риска равна 0, а среднее время жизни судна на стационарном волновом режиме $\tilde\tau = \frac{1}{p_O}$ бесконечно велико, если $\dot\theta_{\max} = \dot\Theta_{\max}$, где $\dot\theta_{\max} = \frac{n_\theta \theta_V}{\sqrt{2}}$. Угловая скорость $\dot\Theta_{\max}$ определяется условием $p_O = 0$ или, с учётом того, что $w_\theta \neq 0$, условием $2\sqrt{\frac{8}{\pi}} \frac{D_{\dot\theta}^{3/2}}{\dot\Theta_{\max}^2} = \frac{3}{8\pi}\dot\Theta_{\max}$. Тогда после очевидных преобразований находим $\dot\Theta_{\max} = C_\theta \sqrt{D_{\dot\theta}}$, где $C_\theta = \sqrt[3]{\frac{16\sqrt{8\pi}}{3}} \approx 3$.

Это же условие можно переписать и в виде $\theta_V = \Theta_{\max}$, где действующее волновое возмущение должно придать кораблю амплитуду $\Theta_{\max} = C_\theta \sqrt{2D_\theta} \approx 4\sqrt{D_\theta}$, где $D_\theta \approx \frac{D_{\dot\theta}}{n_\theta^2}$ есть дисперсия углов бортовой качки. Однако амплитуды, равные четырём стандартам, на стационарном волновом режиме практически не реальны в силу нелинейности бортовой качки. Поэтому целесообразно перейти к практически реальным амплитудам бортовой качки 3%-обеспеченности $\theta_{3\%}$. Тогда из соотношений [4] получается, что при $\theta_{3\%} = \frac{2}{3}\theta_V$ среднее время жизни судна $\bar\tau$ будет бесконечно большим, при $\theta_{3\%} < \frac{2}{3}\theta_V$ оно уходит в отрицательную область, и только при $\theta_{3\%} > \frac{2}{3}\theta_V$ эта величина будет принимать конечные положительные значения. Всё это не согласуется с определением функции риска.

Позднее, уже в 2011 г., в статье работавшего под руководством В.А. Некрасова магистранта О.В. Вережко была получена более сложная и, по словам автора, намного более точная зависимость для функции риска p_O. В этом случае

$$p_O = \frac{\sum_{i=0}^{3} a_i G_\theta^i}{\sum_{i=0}^{2} b_i G_\theta^i},$$

где a_i, b_i - размерные коэффициенты (размерность G_θ есть рад^2 /сек^3), зависящие только от характеристик судна, но не волнения.

Перейти от коэффициента интенсивности к дисперсии, как в предыдущем случае, здесь уже нельзя. Нулевое значение функции риска по [3] отвечает $G_\theta = 10^{-5}$. Размерность G_θ в [3] не указана. Но, поскольку величина G_θ (величина G_{2_2} в обозначениях [3]) вычисляется по формуле (7), с. 63 работы [3], то приходится считать, что $G_\theta = 10^{-5}$ $рад^2/сек^3$. При различных допущениях относительно собственной частоты и демпфирования это отвечает уже весьма малым (несколько градусов) 3%-амплитудам бортовой качки. Реалистичность этого результата также сомнительна.

Вывод. Результаты исследований В.А. Некрасова [3,4] не соответствуют общепринятым результатам и выводам в части нахождения функции риска опрокидывания судна.

Литература.

1.Ананьев, Д.М. Экспериментальное подтверждение применимости экспоненциального закона к вероятности опрокидывания судна [Текст] / Д.М. Ананьев, С.В. Савчук // Научно-технический сборник Регистра СССР.- Л.: Транспорт, 1982.-Вып. 12.-с. 115-119 **2.Вентцель, Е.С.** Исследование операций [Текст] / Е.С. Вентцель. - М.: Советское радио, 1972.-552 с. **3.Вережко, О.В.** Нелокальная устойчивость бортовой качки судна при действии нерегулярного морского волнения [Текст] / О.В. Вережко // Збірник наукових праць НУК. - Миколаїв: НУК, 2011. -№ 1.- с. 81-88. 4**. Некрасов, В.А.** Вероятностные задачи мореходности судов [Текст] / В.А. Некрасов. - Л.: Судостроение, 1978. - 304 с. **5. Севастьянов, Н.Б.** Остойчивость промысловых судов [Текст] **/** Н.Б. Севастьянов - Л.: Судостроение, 1970.-200 с.6**.Севастьянов, Н.Б.** О долговечности элементов и систем, находящихся под воздействием случайных факторов [Текст] / Н.Б. Севастьянов // Труды КТИРПиХ. - Калининград: КТИРПиХ, 1972.-Вып. 37.-С. 3-25. **7.Соломенцев, О.И.** Вероятность отказа и функция риска в задаче технико-экономического обоснования уровня остойчивости судна [Текст] / О.И. Соломенцев, Нгуен Вьет Хоан, Ли Тхань Бин **//** Інновації в суднобудуванні та океанотехніці**.** Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції – Миколаїв, НУК.- 2013.-с. 108-110. **8.Соломенцев, О.И.** Сопоставительный анализ расчётных зависимостей для определения вероятности опрокидывания судна [Текст] / О.И. Соломенцев **//** Інновації в суднобудуванні та океанотехніці**.** Матеріали VI Міжнародної науково-технічної конференції – Миколаїв, НУК.- 2015.-с. 111-114

УДК 629.12.011.001.24

КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ РАСЧЁТА ВЕРОЯТНОСТИ ОПРОКИДЫВАНИЯ СУДНА В УСЛОВИЯХ ВЕТРА И ВОЛНЕНИЯ

Соломенцев О.И.,
Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова

В докладе получили дальнейшее развитие подходы, развитые в исследовании [8]. Рассмотрена классификация способов расчёта вероятности опрокидывания судна под действием ветра и волнения. Для построения такой классификации рассмотрим два характерных случая воздействия динамической чисто ветровой нагрузки на судно. Пусть t - время и t_0 - начальный момент времени. Тогда можно выделить такие случаи:

Случай 1.Скорость ветра, равная 0 при $t < t_0$, при $t = t_0$ очень быстро нарастает до некоторого постоянного значения. При этом время нарастания скорости ветра, после которого эта скорость сохраняет постоянное значение, мало по сравнению с характерным промежутком времени, в качестве которого принимается период собственных бортовых колебаний τ_θ, и без значительной ошибки можно считать, что нарастание скорости происходит мгновенно, [7]. Соответственно динамический кренящий момент $M_{KPt}^{(Д_1)} = M_{KPt}^{(Д_1)}(t)$ определится как, рис. 1а

$$M_{KPt}^{(Д_1)}(t) = 0,\ t < t_0;\ M_{KPt}^{(Д_1)}(t) = M_{KP}^{(Д_1)},\ t > t_0.$$

В этом случае для расчёта поведения судна при $t > t_0$ применяются энергетические соотношения.

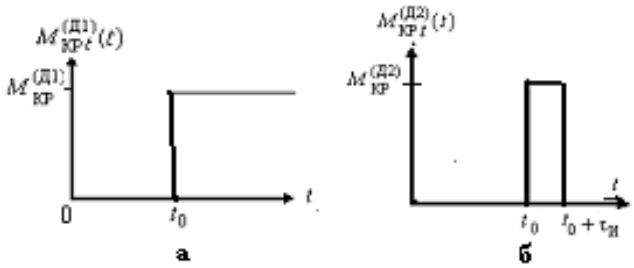


Рис. 1. Динамическое воздействие ветра на корабль:
А - быстрое нарастание кренящего момента до некоторого не зависящего от времени значения;
Б - импульсное воздействие ветра

Случай 2. Скорость ветра очень быстро нарастает до некоторого значения, и затем столь же быстро снижается (импульсное воздействие), и зависимость кренящего момента от времени $M_{KPt}^{(Д_2)} = M_{KPt}^{(Д_2)}(t)$ будет, рис. 1б:

$M_{KPt}^{(Д_2)}(t) = 0,\ t < t_0;\ M_{KPt}^{(Д_2)}(t) = \Re_{KP}(t),\ t_0 < t < t_0 + \tau_И;\ M_{KPt}^{(Д_2)}(t) = 0,\ t > t_0 + \tau_И$.

Если время $\tau_И$ существования отличного от 0 кренящего момента не превышает $0{,}2\tau_\theta$, то характером зависимости момента $M_{KPt}^{(Д)}$ от времени можно пренебречь и заменить этот момент начальным моментом импульса $I_{KP} = \int_0^{\tau_И} M_{KPt}^{(Д)}(t)dt$, [4]. Тогда поведение судна при $t > t_0$ будет определяться из уравнения свободных бортовых колебаний, когда начальное значение угла крена $\theta_0 = 0$, а начальное значение угловой скорости $\dot{\theta}_0$ определится из закона сохранения момента импульса. Некоторые дополнительные сложности здесь может создать учёт поперечно-горизонтальной качки, и тогда задача решается энергетическим методом [9] или в специальных функциях, [2].

Оба этих случая отвечают непериодическому воздействию внешней нагрузки на судно. Однако, в общем случае, рассматривая расчёт вероятности опрокидывания, приходится рассматривать случай, когда кренящее воздействие на корабль оказывается периодической функцией времени с частотой ω_M, так что динамический кренящий момент $M_{KPt}^{(Д_3)} = M_{KPt}^{(Д_3)}(t)$ определится как

$$M_{KPt}^{(Д_{13})}(t) = M_{KP0}^{(Д_3)} \sin \omega_M t,\ 0 < t < +\infty,$$

где $M_{KP0}^{(Д_3)}$ есть амплитудное значение кренящего момента.

В докладе предполагается, что все известные способы расчёта вероятности опрокидывания судна под периодическим воздействием внешней ветроволновой нагрузки можно разделить на такие две группы:

1.Периодическое воздействие внешней нагрузки сводится к случаю 1.

2.Периодическое воздействие внешней нагрузки сводится к случаю 2.

Сведение действия периодической нагрузки к случаю 1 является наиболее распространённым подходом. В этом случае за основу расчёта вероятности опрокидывания принимаются энергетические соотношения, когда сопоставляются кинетическая и потенциальная энергия совершающего бортовую качку корабля. При этом из-за нерегулярности реального волнения кинетическая энергия оказывается случайной величиной. А если дополнительно учесть изменчивость состояния нагрузки, то случайной окажется также и потенциальная энергия. Результаты исследования устойчивости бортовой качки ведут к тем же результатам, что и применение энергетических методов, [1,3],

При сведении периодической нагрузки к случаю 1 принимаются во внимание только вынужденные колебания. Свободные колебания предполагаются затухающими в силу конечности демпфирования. Однако ещё в 1930-х г.г. отмечалось, что это утверждение является строго справедливым только для регулярного волнения, [5].

Сведение периодического воздействия внешней нагрузки к случаю 2 впервые было предложено в 1979 г. Н.Б. Севастьяновым, [6]. Предлагалось в последовательные моменты времени снимать внешние нагрузки и изучать поведение судна под действием свободных колебаний, начальные условия которых определяются действием на судно снятых внешних нагрузок. Вопрос же о том, происходит ли такое снятие в реальности, оставался открытым.

В дальнейшем, на рубеже 1980-х-1990-х г.г., этот подход получил развитие в методе двойной линеаризации диаграммы статической остойчивости, [10]. В этом случае диаграмма приближённо заменялась двумя прямыми линиями в диапазонах углов крена θ - $0 < \theta < \theta_{MAX}$ и $\theta_{MAX} < \theta < \theta_З$, где θ_{MAX} и $\theta_З$ есть угол максимума и угол заката диаграммы статической остойчивости, и рассматривалась устойчивость как вынужденных, так и свободных колебаний в обоих интервалах. Оказалось, что опасным в отношении опрокидывания является интервал $\theta_{MAX} < \theta < \theta_З$, причём опрокидывают судно именно свободные колебания. Вынужденные колебания определяют поведение судна в интервале $0 < \theta < \theta_{MAX}$, но становятся весьма малыми в интервале $\theta_{MAX} < \theta < \theta_З$ из-за отсутствия в этом интервале резонанса. В этом интервале происходит как бы самопроизвольное снятие внешней нагрузки. Позднее на этой основе были разработаны более сложные численные методы, [11].

В перспективе оба подхода могут быть объединены при расчётах остойчивости на основе теории катастроф (метод В.К. Мельникова). Работы в этом направлении начаты, [12].

Вывод. Все существующие способы расчёта вероятности опрокидывания под периодическим действием ветра и волнения могут быть сведены к двум случаям динамического непериодического воздействия ветра на судно. Первый случай - когда скорость ветра, равная 0 при $t < t_0$, при $t = t_0$ очень быстро нарастает до некоторого постоянного значения. Второй случай - когда скорость ветра очень быстро нарастает до некоторого значения, и затем столь же быстро снижается

Выводы. 1.Можно выделить два способа расчёта вероятности опрокидывания судна под периодическим воздействием ветра и волнения. Оба эти способа состоят в распространении на периодическое воздействие одного из видов непериодических воздействий. Такими видами могут быть либо мгновенное нарастание скорости ветра до некоторого постоянного значения (рис. 1а), либо импульсное воздействие ветра (рис. 1б).

2. Постановка и решение задачи сопоставительного анализа первого и второго подходов должны стать предметом последующих исследований.

Литература.

1.**Амплеев, Г.Г.** Характеристики бортовой качки и предельная устойчивость малотоннажного судна закрытого типа в условиях шторма [Текст] / Г.Г. Амплеев, Ю.Д. Жуков, В.А. Некрасов // Гидродинамика корабля: Сборник научных трудов НКИ. - Николаев: НКИ, 1987. - С. 44-52. 2.**Ананьев, Д.М.** Бортовая качка на тихой воде без сопротивления под действием поперечного импульса [Текст] / Д.М. Ананьев // Труды КТИПиХ.- Калининград, 1972- Вып. 44.- с. 10-15. 3.**Зеленин, Л.К.** Оценка надёжности характеристик остойчивости судна в условиях штормового волнения [Текст] / Л.К. Зеленин // Мореходные качества и проектирование судов: Сборник научных трудов КТИРПиХ. - Калининград: КТИРПиХ , 1989.-С. 87-93. 4.**Мирохин, Б.В.** Действие кратковременной поперечной нагрузки на судно, покоящееся на тихой воде [Текст] / Б.В. Мирохин // Труды ЛКИ-Л.: ЛКИ, 1974.- Вып. 89.- с. 103-108. 5. **Павленко, Г.Е.** Качка судов [Текст] / Г.Е. Павленко // М.-Л.: Гострансиздат, 1935.- 312 с. **6.Севастьянов, Н.Б.** О границе области устойчивого и неустойчивого свободного движения судна при одновременном крене и дрейфе [Текст] / Н.Б. Севастьянов, Фам Нгок Хое // Труды КТИРПиХ. - Калининград, 1979.-Вып. 81.-С. 3-11. **7. Семёнов-Тян-Шанский, В.В.** Качка корабля [Текст] / В.В. Семёнов - Тян-Шанский, С.Н. Благовещенский, А.Н. Холодилин.- Л.: Судостроение, 1969.-392 с. 8.**Соломенцев, О.И.** Критериальная база технико-экономического обоснования норм остойчивости [Текст] / О.И. Соломенцев, Нгуен Вьет Хоан **//** Інновації в суднобудуванні та океанотехніці**.** Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції – Миколаїв, НУК.- 2013.-с. 103-105 9.**Юдин, Е.Б.** Исследование наклонений корабля под действием внезапных кратковременных нагрузок [Текст] / Е.Б. Юдин // Труды ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова.- Л.1957.- Вып. 111.- с. 40-58 **10.Belenky, V.L.** A Capsizing Probability Computation Method [Text] /V.L. Belenky **//** Journal of Ship Research, 1993. -Vol. 37. - Issue № 3.-p. 200-207. 11..**Belenky, V.L.** Development of Second Generation Intact Stability Criteria [Text] /V.L. Belenky, C.C. Bassler, K.J. Spyrou **//** Naval Surface Warfare Center. -Carderock Division. - West Bethesda. - 2011.-180 p. **12.Xianglu Huang.** The Investigation of the Safe Basin Erosion Under the Action of Random Waves [Text] / Xianglu Huang, Jiao Tong // Proceedings of the 8th International Conference of the Stability of Ships and Ocean Vehicles (STAB-2003).- Madrid, 2003.- p 605- 612

СЕКЦІЯ №2
Інноваційні технології у суднобудуванні та судноремонті
ПІДСЕКЦІЯ КОНСТРУЮВАННЯ ТА ПРОЧНОСТІ СУДЕН

УДК 629.5.015.4:539.431

ОБ УЧЕТЕ НЕРЕГУЛЯРНОСТИ НАГРУЖЕНИЯ ПРИ РАСЧЕТЕ НА УСТАЛОСТЬ КОНСТРУКТИВНЫХ УЗЛОВ КОРПУСА СУДНА

Л. И. Коростылёв, д. т. н., проф.,
Д. Ю. Литвиненко, аспирант,
Национальный университет кораблестроения, г. Николаев

Корпус судна на протяжении срока эксплуатации подвергается стохастическому нагружению преимущественно волнового и вибрационного характера. Наиболее корректным и надежным способом оценки усталостной прочности конструкций, подвергающихся такому типу нагрузки является, согласно работе [1], циклические испытания при моделировании реального случайного нагружения. Такие испытания являются ресурсозатратными и требующими специального оборудования. Большинство лабораторных исследований циклической прочности проводятся при регулярном нагружении. Таким образом, для инженерных расчетов необходимо обладать зависимостями, позволяющими производить оценку циклической прочности конструктивных узлов корпуса судна при случайной нагрузке на базе характеристик усталостной прочности конструкций, полученных в результате испытаний при регулярном нагружении.

Наиболее распространенной зависимостью, позволяющей решать указанную задачу является гипотеза Пальмгрена-Майнера, базирующаяся на энергетических принципах и представленная ниже

$$D = \sum_{i=1}^{q} n_i \Big/ N_i = 1 \quad , \qquad (1)$$

где D – мера усталостного повреждения; n_i – наработанное число циклов внешнего нагружения при амплитуде последнего σ_{ai}; N_i – число циклов до разрушения (или зарожения трещины усталости) при регулярном нагружении исследуемой конструкции апмлитудой σ_{ai}. Циклы с максимальным напряжением меньше предела выносливости конструкции σ_R в расчет не принимаются, согласно работам [1], [2].

Зависимость (1) является линейной, хотя в действительности накопление усталостного повреждения происходит нелинейным образом. Характеристики циклической прочности материала изменяются по мере накопления повреждения, как указывается в работе [1]. Кроме того, согласно работ [1], [3], гипотеза Пальмгрена-Майнера не принимает в расчет ряд других факторов. Сюда относится повреждающий эффект напряжений ниже предела выносливости, а также эффект последовательности i-тых блоков нагружения с различной амплитудой σ_{ai}. Последний можно не принимать в расчет в случае «перемешанных» блоков нагружения, согласно работе [3], а зависимость (1) в таких случаях в среднем стремится к 1. В работе [4] показано, что в рекомендациях по расчету усталостной прочности судокорпусных конструкций большинства классификационных обществ принято, что сумма (1) равна единице. Причем в публикации [2] по результатам сравнительного анализа рассмотренных в ней гипотез между собой и с данными экспериментов было рекомендовано использовать для расчетов материалов с пределом прочности $\sigma_в$ < 800 МПа гипотезу Пальмгрена-Майнера при обработке процесса изменения нагрузки методом стекания дождя. Ряд других гипотез накопления усталостного повреждения представлено в работах [1 – 3].

Для расчета экспериментально-теоретическим методом, описанным в публикациях [7], [8], узлов корпуса судна, подверженных действию стохастических нагрузок, также целесообразно пользоваться гипотезой (1), учитывая ее простоту и распространенность на практике. Для учета влияния на величину D циклов нагружения с максимальными напряжениями $\sigma_{maxi} < \sigma_R$ используют модифицированные кривые усталости. Так, в случае обобщенных S-N кривых, применяемых в основных практических методах расчета на усталость, описанных в исследовании [6], кривые усталости ниже предела выносливости при $N > 10^7$ циклов также имеют наклон, определяемый согласно предложению Хайбаха. Другой модификацией кривой усталости является ее продолжение ниже предела выносливости с тем же наклоном, который и у основной ветви кривой.

Продление кривой усталости ниже предела выносливости, согласно работе [1], является наиболее простой и консервативной модификацией. Ее можно применить в случае кривой усталости, построенной экспериментально-теоретическим методом. В публикации [7] предлагается продолжать кривую усталости до

уровня расчетного предела выносливости σ_{Rp}, который, в свою очередь, принимается равным (0,6…0,75)·σ_R. Гипотеза, кратко описанная в исследовании [2], предполагает продолжение кривой усталости при данной вероятности разрушения конструкции P_f до ее пересечения с осью абсцисс. В тоже время, в работе [3] утверждается, что в случае расчета сварных конструкций с помощью (1) по кривым усталости с P_f = 95% и критерию начального зарождения трещины, можно использовать некорректированную гипотезу Пальмгрена-Майнера, то есть не учитывать напряжения ниже расчетного сопротивления усталости.

Выводы. Для расчета на усталость судокорпусных конструкций при нерегулярном нагружении экспериментально-теоретическим методом наиболее рационально использовать гипотезу Пальмгрена-Майнера. Необходимо исследовать целесообразность модификации кривых усталости для учета повреждающего действия напряжений ниже предела выносливости в экспериментально-теоретическом методе. Данное исследование следует выполнить путем проведения сравнительного анализа усталостных повреждений, рассчитанных с помощью различных модификаций кривых усталости, а также с помощью основных практических методов. Вводимые модификации должны быть согласованы с результатами циклических испытаний, представленными в литературе.

Литература

1. **Schijve, J.** Fatigue of Structures and Materials (2nd ed.) [Text] / J. Schijve. – Springer. – 2009. – P. 622.
2. **Прошковец, Й.** Расчет долговечности элементов машин, нагружаемых переменными колебательными силами [Текст] / Й. Прошковец, Я. Войтишек // Проблемы прочности. – 1980. – № 8. – С. 21–28.
3. **Труфяков, В. И.** Прочность сварных соединений при переменных нагрузках [Текст] / Под ред. В. И. Труфякова. – Киев: Наук. Думка, 1990. – 256 с.
4. ISSC. 2009. Committee Report, III.2 Fatigue and Fracture [Text] / Edited by C.D. Jang and S.Y. Hongi // Proc. of the 17th ISSC. – Seoul, 2009. – pp. 475–585.
5. **Коростылев, Л. И.** Оценка усталостной прочности судовых корпусных конструкций с концентраторами напряжений [Текст] / Л. И. Коростылев // Вторая междунар. конф. по судостроению – ISC'98: Труды, Секция С. – СПб.: ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова, 1998. – С. 160-167.
6. **Коростылев Л. И.** Анализ и классификация методов оценки усталостной прочности сварных тонкостенных конструкций корпуса судна [Текст] / Л. И. Коростылев, Д. Ю. Литвиненко // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. СПб.: ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова, 2016. № 3 (37). С. 104–118.
7. **Филиппов, В. Ю.** Влияние нестационарности факторов сопротивления усталости на долговечность сварных узлов транспортных средств [Текст] / В. Ю. Филиппов, К. В. Щурин, В. И. Рассоха // Вестник ОГУ. – Оренбург, 2003. – № 2. – С. 140–144.

УДК 539.3

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА РЕДУКЦИОННОГО КОЭФФИЦИЕНТА ДЛЯ СУДОВОЙ ПЛАСТИНЫ ИЗ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

Коростылев Л.И., Гейко С.П., Нигреев А.Н.,
Национальный университет кораблестроения имени адм. Макарова

Цель работы – разработать алгоритм расчета редукционного коэффициента судовой пластины, состоящей из пакета чередующихся ортотропных в осях армирования 1-2-3 монослоев с различными физико-механическими характеристиками.

Научная новизна состоит в том, что в основу расчета положен выбор коэффициента внешней нагрузки $k = {}^{\sigma_{жс}}/_{\sigma_э}$ по [1], но из условия сохранения монолитности всех слоев пакета после потери устойчивости пластиной.

Метод расчета: интегрирование уравнений Т.Кармана по методике [1].

Практическая ценность заключается в том, что метод дает наименьшее значение для редуцированного коэффициента и гарантирует совместную работу пластины с жесткой связью после ее выпучивания до момента нарушения монолитности одного из слоев пластины (наиболее слабого звена).

Вычислительная процедура разбита на ряд последовательных самостоятельных блоков.

Блок 1. Исходные данные пластины: геометрия пластины и ее слоев; структура пакета и схемы армирования его отдельных i-слоев (*i-1,2…n*); технология изготовления пластины (позволяет учесть по результатам экспериментальных исследований [2] степень влияния несовершенств адгезионных связей компонентов

монослоев с помощью системы коэффициентов безопасности); предельные деформации армирующих волокон и матрицы по [2].

Блок 2. Расчет упругих характеристик пакета выполняется в следующей последовательности: расчет упругих характеристик каждого i-ого монослоя в осях его армирования *1i-2i-3i*; в осях нагружения *x-y-z*; всего пакета в осях *x-y-z*. Матрица жесткости пакета рассчитывается по отдельным алгоритмам для таких возможных схем армирования: перекрестная (многолучевая); симметричная структура армирования с четным и нечетным количеством слоев ”n”; несимметричная схема армирования с четным количеством слоев ”n”.

Блок 3. Расчет жесткостей пластины: D_x, D_y, D_{xy}, D_k.

Блок 4. Интегрирование геометрически нелинейной системы уравнений устойчивости пластины Т. Кармана при граничных условиях [1]. Определение плоских функций: прогибов $w(x,y)$, напряжений $\varphi(x,y)$, погонных усилий N_x, N_y, S, Q_x, Q_y и погонных моментов M_x, M_y, H.

Блок 5. Вычисление функций деформаций в серединной поверхности пластины: $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \gamma_{xy}$ и ее кривизн $\chi_x, \chi_y, \chi_{xy}$.

Блок 6. Вычисление функций деформаций в серединной поверхности каждого i-слоя $\varepsilon_{xi}, \varepsilon_{yi}, \gamma_{xyi}, \chi_{xi}, \chi_{yi}, \chi_{xyi}$.

Блок 7. Вычисление функций деформаций в серединной поверхности каждого i-слоя в его собственных осях армирования *1i-2i-3i*: $\varepsilon_{1i}, \varepsilon_{2i}, \gamma_{12i}, \chi_{1i}, \chi_{2i}, \chi_{12i}$.

Блок 8. Вычисление функций компонентов напряженного состояния в i-вых слоях: $\sigma_{1i}, \sigma_{2i}, \tau_{12i}, \tau_{13i}, \tau_{23i}$.

Блок 9. Вычисление пределов прочности каждого i-го слоя в осях его армирования *1i-2i-3i* по теоретическим моделям оценки прочности [2] (вариант 1) и по экспериментальным значениям продольных деформаций в волокнах и матрице [3] (вариант 2).

Блок 10. Выбор и обоснование адекватных критериев прочности (предельных поверхностей разрушения) для каждого i-го слоя в его осях армирования *1i-2i-3i*.

Блок 11. Вычисление по критериям прочности в опасных точках пластины A(x=0;y=±0.5b), B(x=±0.5a;y=±0.5b), C(x=0;y<b) и D(x=±a;y=0) для каждого i-слоя значения коэффициентов нагрузки k_A, k_B, k_C, k_D (всегда больше единицы) и из них выбирается наименьшее значение $k_i=min[k_A,k_B,k_C,k_D]$.

Блок 12. Определение минимального значения коэффициента нагрузки для всей пластины $k=min[k_i]$, $i=1,2…n$.

Блок 13. Вычисление по значению k величины редукционного коэффициента ϕ для пластины.

Блок 14. Определение ширины присоединенного пояска b_n.

Вывод: Разработан метод и алгоритм вычислений редукционного коэффициента для многослойной ортотропной судовой пластины, который обеспечивает совместную работу присоединенного пояска пластины и ребра жесткости после потери пластиной устойчивости и сохраняет монолитность всех слоев пластины.

Список литературы

1. Локшин, А.З., Устойчивость судовых пластин и перекрытий из стеклопластиков [Текст] / А.З.Локшин. — Л.:Судостроение, 1984. — 93 с.
2. Карпов, Я.С., Проектировнаие деталей и агрегатов из композитов [Текст]: учеб. для вузов / Я.С. Карпов. — Х.:ХАИ, 2010. — 768 с.
3. Rules for Hull in Composite Material [Текст] / BV NR 546. — BV NR 546, 2012

УДК 629.584

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ТОРОИДАЛЬНОГО ПРОЧНОГО КОРПУСА ПОДВОДНОГО АППАРАТА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМАХ НАМОТКИ

Белая С. Ф., Бурдун Е.Т,
Национальный университет кораблестроения имени адм. Макарова

Полимерные композиционные материалы (ПКМ), такие как стеклопластик, углепластик, органопластик, сделали возможным изготовление не только объемных изделий практически любых

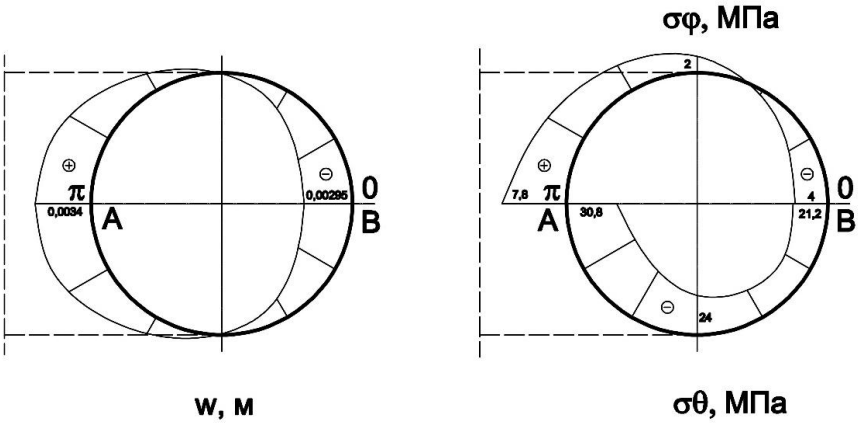
размеров, но и реализация максимальных показателей физико-механически свойств ПКМ. Эффективным способом формообразования оболочечных конструкций из ПКМ есть метод автоматизированной намотки. Применение этого метода позволило значительно расширить разнообразие форм прочных корпусов для подводных технических средств (цилиндр, шар, конус, тор и т.д.), поскольку он обеспечивает максимальную реализацию и стабильность выходных прочностных и физических свойств используемых материалов и стабильность геометрических параметров получаемого прочного корпуса.

Использование способа создания конструкций намоткой из композиционных материалов позволяет ставить задачи их оптимизации еще в процессе проектирования. Следует указать, что оптимизация или рациональное использование волокнистого материала в конструкции предполагает и «оптимальный или расчетный» рисунок укладки, и оптимальную конструктивную геометрию.

При разработке новых проектов в подводном судостроении уделяют внимание поиску новых эффективных решений для форм прочных корпусов, например, тороидальная оболочка. Существуют проекты подводных аппаратов, подводных лабораторий и подводных буровых платформ, прочный корпус которых имеет форму тороидальной оболочки. [1-3] Следует отметить, что создание тороидальных прочных корпусов из армированных пластиков оказывается технологически более простой процедурой, чем создание аналогичной конструкций из металлов.

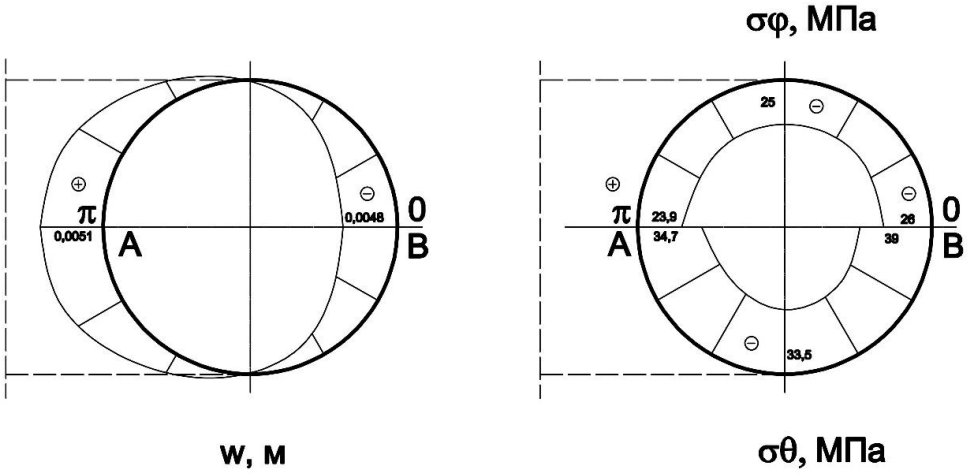
В работе исследуется влияние поперечной намотки в комбинации с продольной намоткой или выкладкой, а также спиральной намотки нитью на прочность тороидального корпуса кругового поперечного сечения на базе решения [4].

Показано, что учет различной толщины поперечных слоев, возникающей при намотке, оказывает влияние на величину напряжений.



а) б)

Рис.1. Эпюры распределения: а) прогибов w; б) напряжений σ_φ и σ_θ по нейтральной линии тороидальной оболочки, выполненной из стеклопластика поперечной намоткой в комбинации с продольной намоткой (k=a/R=1/4, h=15 мм – толщина пакета, глубина погружения 10 м)



а) б)

Рис.2. Эпюры распределения: а) прогибов w; б) напряжений σ_φ и σ_θ по нейтральной линии тороидальной оболочки, выполненной из стеклопластика спиральной намоткой (k=a/R=1/4, h=15 мм – толщина пакета, глубина погружения 10 м)

При анализе (рис.1, а и 2, а) становится очевидным, что для данного прочного корпуса, прогибы w при поперечной намотке в комбинации с продольной намоткой в 2 раза ниже чем при спиральной намотке. Это обусловлено тем, что при первом варианте намотки корпус получается более жестким.

Максимальные значения напряжений σ_θ и σ_φ (рис.1, б) для прочного корпуса с переменной толщиной (поперечная намотка в комбинации с продольной намоткой) в поперечном направлении достигаются в т. А на внутреннем экваторе ($\theta=\pi$), тогда как для тороидальной оболочки с постоянной толщиной стенки (спиральная намотка) максимальные значения напряжений σ_θ и σ_φ (рис.2, б) будут в т. В на внешнем экваторе ($\theta=0$).

Выводы:

1. Проанализировано влияние поперечной намотки в комбинации с продольной намоткой или выкладкой, а также спиральной намотки на прогибы и прочность тороидального корпуса подводного аппарата, который находится под внешним гидростатическим давлением. И установлено, что при первом виде намотки максимальные напряжения в 2 раза ниже чем при спиральной намотке и находятся на внутреннем экваторе, а при втором – на внешнем экваторе.

Список литературы:

1. **Пат. UA 78215 U, МПК B63G 8/00. Підводне** судно типу «Пірнаюче блюдце» підвищеної маневреності [Текст]/ Бурдун Є.Т., Крептюк А.В. : заявл. 18.09.2012; опубл. 11.03.2013, Бюл. №5.

2. Пат. 04043190A Японии, МКИ B63G 8/00. Large-sized submersible vessel [Текст]/ Bada Eiichi (Mitsubishi Heavy Ind LTD) - №02150689. – Опубл. 13.02.1992.

3. **Пат. 2026951 Великобритании, МКИB63B 3/13.** Underwater hulls or tanks [Текст]/ Santi; Giunio G. (Italy, IT) - №7915212 – Опубл. 13.02.1980.

4. **Белая С.Ф., Петрюк О.В.** Напряженное состояние прочного корпуса подводного аппарата в форме тора из композиционных материалов [Текст] / С.Ф. Белая, О.В. Петрюк // Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд: матеріали Всеукр. наук.-техн. конф. (20-22 травня 2015). Миколаїв, 2015.

УДК 629.5.018.4: 624.075

ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ СТІЙКОСТІ ПЛАСТИНЧАТИХ ЕЛЕМЕНТІВ СУДНОВИХ КОРПУСНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ СКЛАДНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ В ЇХ ПЛОЩИНІ

Коростильов Л. І., Мартиченко Я. О., Дядюра Є. Ю.,
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова

Пластинчаті елементи корпусних конструкцій в умовах експлуатації суден можуть знаходитись в умовах складних навантажень в своїй площині. На практиці, в розрахунках їх на стійкість, такі навантаження розділяють на сукупність простих, при окремій дії яких, отримані розрахункові формули визначення ейлерових критичних напружень. Показовим прикладом є елементи стінки повздовжніх балок корпусу (вертикального кіля, стрингерів), коли такий елемент може знаходитись під дією трьох простих типів навантаження $\sigma+\sigma_0+\tau$, які показані на рис. 1.

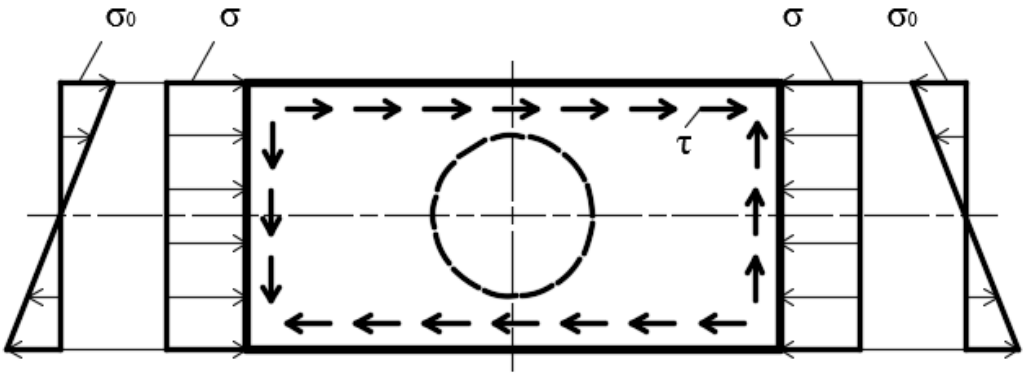


Рисунок 1 – Трьохкомпонентне навантаження пластинчатого елементу

Очевидно, що оцінку стійкості таких елементів не можна виконувати від окремої дії кожного простого типу навантаження, бо не враховуються інші. З цього приводу проф. Папковичем П. Ф. були доказані низка

теорем і лем про так звану граничну поверхню (лінію), яка розділяє силовий простір пружних систем на області стійкості і нестійкості. При цьому випуклість цієї поверхні спрямована в бік області нестійкості[1].
Визначення положення такої поверхні є досить складною задачею, так як воно визначається жорсткосними властивостями пружної системи і характером навантаження[2]. Тому при оцінках стійкості таких систем граничну поверхню, наприклад, при трьох компонентах навантаження замінюють площиною (рис.2), що дозволяє отримати наближену оцінку стійкості з певним запасом[3].

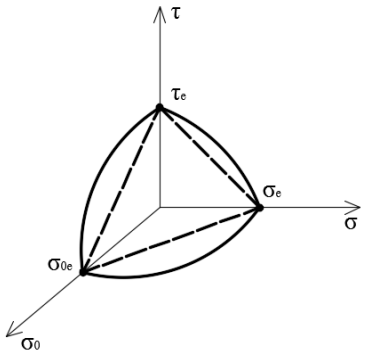


Рисунок 2 – Гранична поверхня при трьохкомпонентному навантаженні $\sigma+\sigma_0+\tau$

Недопустимість оцінки стійкості при окремій дії кожного навантаження можна продемонструвати на прикладі розрахунку ейлерових критичних напружень стінки флора баржі «NBL-90» в умовах дії на елемент тільки двох типів навантажень $\sigma_0+\tau$.
В таблиці 1 наведені результати розрахунку коефіцієнтів запасу стійкості стінки в перерізах, де наявні вирізи, як відношення ейлерового критичного напруження до діючого при окремій його дії $\eta_{\sigma 0}=\frac{\sigma_{0e}}{\sigma_0}$ і $\eta_{\tau 0}=\frac{\tau_{0e}}{\tau_0}$ та за умови їх одночасної дії ($\eta_\tau^*=\eta_\sigma^*$), коли зростання зазначених компонентів до втрати стійкості пропорційне.

Таблиця 1 - Результати розрахунку коефіцієнтів запасу стійкості для двох випадків обпирання флорів: 1– для жорсткого затиснення, 2 – для шарнірного обпирання

№ перерізу	1	2	3	4
$\eta_{\sigma 0}(1)$	6,68	10,57	1,99	1,59
$\eta_{\sigma 0}(2)$	1,68	0,97	0,57	0,53
$\eta_{\tau 0}(1)$	0,24	0,25	0,35	0,82
$\eta_{\tau 0}(2)$	0,24	0,25	0,35	0,82
$\eta_\tau^*=\eta_\sigma^*$	0,21	0,20	0,22	0,32

Аналіз наведених в таблиці результатів показує, що коефіцієнти запасу стійкості при розрахунках, в умовах окремої дії, простих типів навантажень суттєво завищені (в деяких випадках у 53 рази).
Висновок. Таким чином, оцінку стійкості пластинчатих елементів конструкцій обов'язково треба виконувати з урахуванням одночасної дії простих типів навантажень. При цьому необхідно для конкретних елементів знаходити положення граничної поверхні, особливо за умови наявності в елементах вирізів різної форми і розмірів.

Список літератури.

1. П. Ф. Папкович Строительная механика корабля: в 4. ч Ч.2. – Ленинград: Государственное союзное издательство судостроительной промышленности, 1941. – 960 с.; 2. Коростылев Л. И. Экспериментальное исследование устойчивости пластин с вырезами при комбинированных нагрузках [текст]/ Л. И. Коростылев// Строительная механика корабля: тр. НКИ – Николаев, 1984.- с.19-23; 3. Набор судовой. Вырезы в наборе. Нормы и правила проектирования [текст]: РД 5.1037-80, 1980.- 64с.

УДК 629.5

ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ІЛЮМІНАТОРІВ ПРИ ЦИКЛІЧНОЇ ДІЇ ГІДРОСТАТИЧНОГО ТИСКУ

Кочанов В.Ю.,Копійка С.В., Колегов М. О.,
Національний університет кораблебудування імені адм. Макарова

Наводяться результати випробувань світлопрозорих елементів глибоководних ілюмінаторів підводних технічних засобів при дії нерегулярних циклічних навантажень гідростатичним тиском.

Світлопрозорі елементи ілюмінаторів для глибоководних технічних засобів зазвичай виготовляються у вигляді усіченого конуса з органічного скла. Умови експлуатації підводної техніки в більшості випадків передбачають багаторазові занурення-спливання, тобто циклічний вплив гідростатичного тиску. При дії такого впливу у світлопрозорих елементів виникає неоднорідне напружений стан, яке призводить до появи пружних, в'язкопружних і пластичних деформацій (це притаманне більшості термопластичних полімерів). При розвантаженні (спливанні) в ілюмінаторі відбувається релаксація напружень і деформацій (пружна післядія), при цьому частково або повністю (в залежності від величини напружень) відновлюється форма світлопрозорих елементів. Дослідження витривалості органічного скла різних марок при впливі циклічних навантажень виконувалися неодноразово, проте матеріал при таких дослідах знаходився в однорідному напруженому стані. Якщо ж поле напружень в конструкції неоднорідне, як при зануренні-спливанні, передбачити її втомну довговічність вкрай важко.

Органічне скло за своїми реологічними властивостями належить до в'язкопружних матеріал. Це зумовлю суттєву залежність механічних характеристик органічного скла від рівня і характеру зовнішніх навантажень. При короткочасовому розтягуванні з високою швидкістю матеріал має властивість лінійної пружності і крихко руйнується при деформації 3 ... 4%. При повільному навантаженні починають проявлятися в'язкопружні властивості матеріалу, спостерігається явище повзучості і гранична деформативність зростає до 6 ... 7%. В обох випадках межа міцності органічного скла становить у середньому 80 МПа. При коротко часовому стисканні, в залежності від швидкості навантаження, так само виявляються в'язкопружні властивості, однак пластичні характеристики зростають (гранична деформативність збільшується до 25%) і підвищується межа міцності до 120 МПа. Визначено, що при рівні напружень менше 30% від межі короткочасової міцності матеріалу, деформації є повністю відновлюваними. При даних рівнях напруг оргскло має властивість лінійної в'язкопружності, тобто піддатливість в будь-який момент часу не залежить від навантаження (деформації пропорційні напруженням), що теж полегшує прогнозування тривалої деформативності.

В роботі [1] наводяться результати натурних випробувань конічних ілюмінаторів з органічного скла при тривалому навантаженні гідростатичним тиском і виконаний прогноз їх деформативності.

При циклічному навантаженні ілюмінаторів з органічного скла у матеріалі розвиваються як пружні, так і пластичні деформації, причому співвідношення між ними визначається в основному тривалістю витримки під навантаженням протягом циклу. Якщо час "відпочинку" матеріалу між двома циклами навантаження незначний, то повної релаксації деформацій не відбувається, що призводить до поступового збільшення деформативності і накопичення пошкоджень у структурі органічного скла. Аналіз процесів руйнування, з урахуванням повзучості і релаксації напружень та деформацій представлено у роботі [2]. Циклічне навантаження при високих рівнях напружень (які більш 50% від межі міцності при стисканні) викликають розвиток в матеріалі так званих тріщин "срібла", що призводить до помутніння органічного скла і зниження його оптичних властивостей.

На витривалість матеріалу впливають такі чинники: форма і параметр циклу; період дії навантаження; температура випробувань; вид напруженого стану; наявність дефектів в структурі матеріалу.

Випробування матеріалів на витривалість не стандартизовані, тому параметри циклічного навантаження призначаються відповідно до передбачуваних умов експлуатації реальної конструкції.

Експериментальні дослідження були виконані для ілюмінаторів глибоководних апаратів з робочою глибиною занурення до 500 м.

Як матеріал було використано органічне скло марки СО-120. Для світлопрозорого елемента ілюмінатора були призначені такі геометричні характеристики: найбільший діаметр-200мм, відношення товщини до діаметру меншої основи t / D = 0.41 і кут конусності α = 90 °. Короткочасові випробування дозволили визначити руйнівний тиск, який дорівнює110 МПа, а так же навантаження, при яких з'являються непружні деформації. В'язкопружні деформації виникають в світлопрозорих елементі при тиску 60 МПа і прогині 2.7 мм.

Для глибоководних ілюмінаторів ресурс роботи при експлуатаційних навантаженнях повинен становити не менше 10000 годин тривалого і 1000 циклів повторного впливу гідростатичного тиску.

Була досліджена малоциклова втома глибоководних ілюмінаторів при рівнях експериментальних навантажень, близьких до величини руйнівного тиску при короткочасових випробуваннях. Спочатку були

обрані 3 рівня випробувального тиску 80; 70; і 60 МПа. Навантаження гідростатичним тиском виконувалося зі швидкістю 0,6 МПа/с до завданого випробувального рівня з подальшою витримкою ілюмінатора під тиском протягом 10 с. Надалі здійснювався скид тиску до нульового рівня і цикл навантаження повторювався. При випробуваннях ілюмінаторів фіксувалися кількість циклів навантаження і осьові переміщення (прогини) в центрі поверхні низького тиску. Вимірювання проводилися через кожні 5 ... 20 циклів навантаження в залежності від швидкості зростання прогинів. Крім того після кожних 100 циклів світлопрозорий елемент вилучався з корпусу ілюмінатора для виявлення механічних пошкоджень.

Процес циклічного навантаження ілюмінаторів був автоматизований, однак здійснити безперервні повторні впливу технічно і організаційно виявилося важко. Це було пов'язано з тим, що при заданій швидкості навантаження тривалість одного циклу становила 3-5 хвилин і за робочу зміну оператора випробувального устаткування виконувалося близько 100 циклічних навантажень. Тому періодично випробування припинялися, причому період "відпочинку" не був постійним. Це відповідно визначало різний час релаксації деформацій в матеріалі. Оскільки режим випробувань носив нерегулярний характер (що втім відповідає реальним умовам експлуатації підводних технічних засобів), побудова математичної моделі руйнування при повторних навантаженнях не представляється можливим. Проте, отримані в ході дослідів результати дозволяють зробити якісну оцінку витривалості ілюмінаторів при циклічному впливі гідростатичного тиску. Так, при рівні зовнішнього тиску 80 МПа, світлопрозорі елементи руйнувалися в середньому за 320 циклів впливу (центральна частина відокремлювалася від периферійної), при 70 МПа після 2000 навантажень спостерігалися тріщини і зминання на кромці поверхні низького тиску, а при 60 МПа і тій же базі випробувань видимих руйнувань не було виявлено.

Висновки: Результати випробувань підтверджують надійність світлопрозорих елементів глибоководних ілюмінаторів при впливі циклічного гідростатичного навантаження а призначення коефіцієнтів запасу щодо міцності і деформативності глибоководних ілюмінаторів необхідно погоджувати з реальними умовами експлуатації (робочі глибини занурення, тривалість перебування під водою, циклічність впливів гідростатичного тиску, період релаксації в матеріалі світлопрозорого елемента).

Литература:

1. **Кочанов, В.Ю.** Дослідження деформативності світлопрозорих елементів конічних ілюмінаторів підводних апаратів при гідростатичному навантаженні **/** [Текст] В.Ю. Кочанов // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв : НУК, 2011. – №2 (437). – С. 29 – 34.
2. **Писаренко, Г. С.** Несущие и светопрозрачные элементы конструкций из стекла [Текст] / Г. С. Писаренко, К. К. Амельянович, И. Б. Каринцев. – К.: Наукова Думка, 1987. – 200 с.

УДК 629.5.01: 629.584

ЗАВИСИМОСТЬ ПРОЧНОСТИ ПЕНОСТЕКЛА ОТ ВЫСОТЫ БЛОКА ПЛАВУЧЕСТИ

Соломонюк Н.С., Петрюк О.В.,
Национальный университет кораблестроения имени адм. Макарова

При замене блоков плавучести в привязном НПА «Аргобуй», спроектированным для Института гидромеханики АН Украины [1], со сферопластиковых на блоки из пеностекла [2] для улучшения его теплоизоляции сохраняются их размеры по толщине. Но при производстве блоков из пеностекла возникает проблема изменения плотности блока по высоте при вспенивании стекла. Согласно проведенным исследованиями, при толщине плиты пеностекла 200 мм плотность плиты изменяется на 3...13 % по высоте (рис.1).

Таким образом, рекомендовано формование блоков плавучести из пеностекла производить из плит толщиной не более 200 мм. Поэтому предлагается блоки большего размера изготавливать соединением нескольких плит пеностекла. Соединение проводится компаундом на основе жидкого стекла и отвердителя – кремний фтористого натрия с заполнителем из отходов пеностекла, перемолотых в порошок, и тальком [2], свойства которого представлены в таблице 1.

Толщина соединительного слоя мастики составляет 1,5...2 мм. При этом плотность готового блока плавучести увеличивается не более, чем на 5 %. Такая мастика имеет высокую адгезию к пеностеклу и не требует дополнительной обработки поверхности плит. Тем же самым методом предлагается соединять блоки плавучести между собой с использованием замковых соединений между ними.

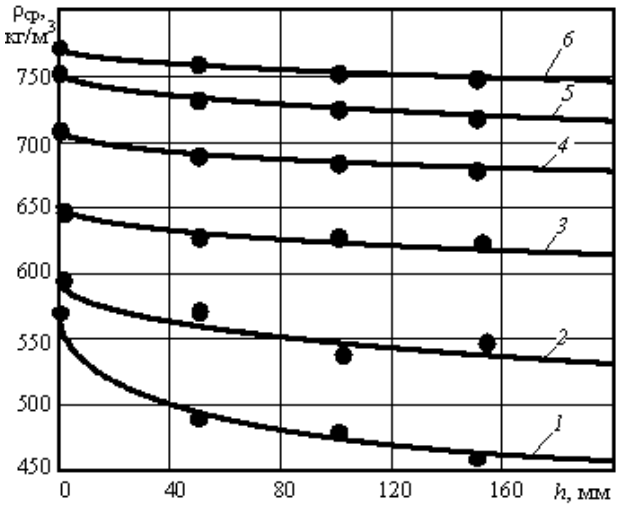


Рис.1. Изменение плотности пеностекла по высоте вспенивания для образцов средней плотностью: *1* – $\rho_{ср}$ = 500 кг/м^3, *2* – 560 кг/м^3,*3* – 630 кг/м^3, *4* – 690 кг/м^3, *5* – 730 кг/м^3, 6 – 760 кг/м^3

Таблица 1 Свойства кремнийорганического компаунда Виксинт У-4-21

Свойство	Численный показатель
Плотность, кг/м^3	1100
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	0,6
Теплостойкость °С	500
Прочность на разрыв, МПа	15
Водопоглощение через 10 часов, кг/м^2	0,036

Выводы:

1. Блоки плавучести из пеностекла могут заменить блоки из сферопластика на глубине до 2000 м с уменьшением стоимости подводного аппарата.
2. Толщина вспениваемого пеностекла должна составлять не более 200 мм чтобы не увеличивать водопоглощение системы плавучести.
3. Блоки плавучести из пеностекла толщиной более 200 мм рекомендуется делать составными, соединяя по толщине специальной мастикой Виксинт У-4-21.

Список литературы:

1. Проблемное отделение подводной техники Академии наук судостроения Украины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http/www.rov.mksat.net. – 10.12.2010. – Загл. с экрана.
2. Стандарт підприємства. Блоки плавучості підводних технічних засобів на основі піноскла. Склад і властивості [Текст]: СТП 2.066753 – 05.14.10. –Затверджено і введено в дію 1.04.2010, – 9 с.
3. ТУ 38.303-04-04-90 Кремнийорганический герметик. Технические требования. [Текст] – Введ.1990-01-01.

УДК 629.5.

БЛОКИ ПЛАВУЧЕСТИ В КОНСТРУКЦИИ ОБИТАЕМЫХ ПОДВОДНЫХ СРЕДСТВ

Юреско Т.А., Захарова И.А.,
Национальный университет кораблестроения имени адм. Макарова

Мировой океан один из богатейших источников ресурсов на Земле. Эффективность освоения глубин Мирового океана связано с применением наиболее действенных методов океанологических исследований, использованием новейших технологий и модернизированного оснащения.

Различные виды подводных работ осуществляется с помощью технических средств, работающих в автоматическом режиме, или с непосредственным присутствием человека на борту. К последним видам технических средств относятся: подводные обитаемые аппараты, глубоководные водолазные колокола, подводные станции.

Одним из условий обеспечения обитаемости внутри них, учитывая низкие температуры воды на глубине (0...+4ºС), является поддержание нормальной температуры воздуха окружающего пространства, что обеспечивается бортовыми теплогенерирующими устройствами.

Аварийные ситуации на борту, вызванные подводными стихиями или другими непредвидимыми факторами, сопровождаются техническими неисправностями и, иногда, обесточиванием. Прекращение обогрева подводного средства на длительное время, до 10 часов и более, ведет к охлаждению внутреннего пространства до критической температуры, что может вызывать у человека гипотермию, и привести к гибели. Данная ситуация неоднократно имела место при проведении подводных работ [1,2].

Одним из путей решения данной проблемы, является обшивка наружной поверхности прочного корпуса подводного обитаемого средства теплоизолирующими блоками плавучести. Такой вариант облицовки уменьшит теплопотери и, учитывая высокую выталкивающую силу, что создают блоки (плотность менее 600 кг/м^3), предоставит подводному средству дополнительную плавучесть.

Традиционные теплоизолирующие блоки из легковесных вспененных материалов (пено- и поропластов) имеют низкий показатель соотношения между гидростатической прочностью и плотностью, и ограничены по глубине погружения до 150 – 200 м.

Блоки плавучести на основе синтактического пеностекла (из спеченных стеклянных микросфер) с коэффициентом теплопроводности 0,035 – 0,04 Вт/(м·К) на воздухе, имеют значительную открытую пористость (до 25%), и, как следствие, высокое водопоглощение, что ограничивает глубину эксплуатации до 100 – 200 м [3].

Блоки из сферопластика (матрица – эпоксидная смола, наполнитель –стеклянные микросферы) устойчивы к водопоглощению, эксплуатируются на глубинах до 6000 м, однако имеют достаточно высокое значение теплопроводности 0,13 Вт/(м·К) и высокую стоимость.

Решением вопроса облицовки поверхности подводной конструкции блоками плавучести с низким водопоглощением на глубинах 1500 – 2000 м, при достаточно высоких теплоизоляционных характеристиках (коэффициент теплопроводности 0,085 Вт/(м·К)), является применение сферопластика с дополнительной пористостью (СДП) плотностью 450 – 500 кг/м^3.

Основная рабочая нагрузка на блоки из СДП – гидростатическое давление, действие которого сопровождается накоплением повреждений – постепенным разрушением воздушных полостей и проникновением воды внутрь блока. За счет чего, уменьшается первоначальная подъемная сила блоков, что влияет на балластную систему всего аппарата. В свою очередь, наличие воды в блоке, вызывает существенное повышение коэффициента теплопроводности СДП, что ухудшает тепловую защиту внутри прочного корпуса.

Поэтому представляло интерес экспериментально исследовать процессы накопления повреждений в блоках в условиях эксплуатации аппарата. Основные эксплуатационные загрузки – длительное гидростатическое нагружение, и цикло-климатическое воздействие с учетом климатических факторов.

Проведенные экспериментальные и теоретические исследования показали, что теплоизолирующие блоки плавучести из СДП, перспективны в конструкциях подводных обитаемых средств, в качестве элементов плавучести и теплоизолятора прочного корпуса при длительной эксплуатации на глубинах 1500 – 2000м и в «жестких» климатических условиях при погружениях на глубины континентального шельфа.

Список литературы:

1. **Сагалевич, А.М.** Глубина [Текст] / А.М.Сагалевич – М.: Научный мир, 2002. − 320 с.
2**. Чапмен, Р.** Морские катастрофы. Когда время против нас [Текст] / Р. Чапмен. – М.: Мысль, 1983. **–** 51 с.
3. **Ушков, С.С.** Конструкционные материалы для глубоководных аппаратов [Текст] / С.С.Ушков, Г.И.Николаев, В.И.Михайлов, Г.В.Матвеев, Ю.Д.Хесин // Судостроение, 2004. – №5. – С. 111–114.

УДК 629..12

ИССДЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ НА ПАРАМЕТРЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ МАЛЫХ СУДОВ

Кузнецов А.И., *к.т.н., доцент*
Атрощенко М.А., *магистрант*
Национальный университет кораблестроения, г. Николаев

Правила Классификационных обществ (КО), международные стандарты группы ISO SMALL CRAFT позволяют определить прочные размеры корпусных конструкций малых судов (толщины панелей, моменты сопротивления и в некоторых случаях моменты инерции балок набора проектируемых судов).

При проектировании скоростных судов обеспечение прочности конструкций регламентируется только внешними нагрузками (традиционные, стандартные, соотношения параметров конструкций, используемые при расчетах прочности, вполне обеспечивают необходимый результат).

Значительное количество малого флота, конструкции которого проектируются под стандарт ISO SMALL CRAFT, наталкивается на «скромные» размеры корпусных связей, которые технически неисполнимы. Обеспечение прочности и жесткости конструкций в этом случае не вызывает сомнений, но свойства корпусных материалов и технологии их изготовления устанавливают определенные барьеры на пути технических решений.

Выявление границ (ограничений) для конструкций малых судов, выполненных из различных материалов, представляет практический интерес для проектантов. При этом требования Правил КО, стандартов или расчетных методов проектирования являются доминантой, а ограничения отсекают неприемлемые решения для практического исполнения конструкций. Ряд ограничений может существенно влиять на общепроектные решения. Минимизация массы корпусных конструкций невозможна без корректного определения общего поля ограничений.

Общее поле ограничений можно представить следующей таблицей.

	Вид ограничений	**Примечание**
1	Конструктивные ограничения	Ограничения на минимальные толщины и параметры балок набора.
2	Ограничения по доступным сортаментам материалов	Ограничения касающиеся специфики мелкосерийной постройки судов на специализированных верфях.
3	Технологические ограничения.	Ограничения, зависящие от материалов конструкций, способов их соединения, оборудования и технологий.
4	Нормативные ограничения.	Ограничения, вызванные требованиями Правил и стандартов общепроектного характера.
5	Эргономические ограничения.	Ограничения габаритов связей по высотам, ширине проходов и т.д.
6	Экономические ограничения	Ограничения на применения материалов корпусных конструкций.

Конструктивные ограничения являются основными, ограничивающими работоспособность конструкций. Они обусловлены следующими причинами:

1) Обеспечение требуемой долговечности конструкций с учетом коррозионного износа (минимальные толщины);
2) Обеспечение устойчивости панелей обшивок и настилов (шпация по регулярному набору);
3) Обеспечение устойчивости стенок рамного набора (наличие или отсутствие ребер жесткости);
4) Обеспечение способности воспринимать передаваемые нагрузки (ширина поясков таврового набора, высота полосового набора).

Данные ограничения представлены в последних редакциях Правил Классификационных обществ (КО) только частично[1-5], поскольку основой проектирования корпусных конструкций Правила КО считают прямые расчеты конструкций методами конечных элементов. При проектировании малых судов (эксклюзивных или малыми сериями) такие расчеты существенно увеличивают бюджет создания судна – поэтому неприемлемы. В связи с этим является важным анализ общего поля ограничений с целью оптимизации конструкций в процессе проектирования.

В качестве материалов для данного анализа, в основном, использованы Правила КО ранних редакций, ориентированные на применение прямых физически обоснованных расчетов без применения твердотельного численного моделирования проектируемых объектов.

Рассмотренные ограничения (совместно с ограничениями по п. 2-6 приведенной выше таблицы) позволят создать ограничительный перечень сортаментов металлических материалов применимый в проектировании малых судов.

Список литературы:

1. Rules for the Classification and the Certification of Yachts. BUREAU VERITAS. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.veristar.com/content/static/veristarinfo/images/4760.5.NR500_2012-

2. Safra. Aluminum Boats [Text] / Safra. – Oakland: Kaiser aluminum 03.pdf & chemical sales, 1978. – 111 p.

3. Правила класифікації та побудови малих суден [Текст] / Регістр судноплавства України. – Том 2. – Київ: Регістр судноплавства України, 2005. – 314 с.

4. Rules for the classification of crew boats. BUREAU VERITAS. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.veristar.com/content/static/veristarinfo/images/4719.1.490NR_2005-05.pdf

5. Rules for the Classification of High Speed Craft. BUREAU VERITAS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.veristar.com/content/static/veristarinfo/images/4720.2.NR396_2002-02.pdf

УДК 629.5.022.22

ПРИБЛИЖЁННАЯ ПОЛУЭМПИРИЧЕСКАЯ СХЕМА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛЫ УДАРА ПРИ СЛЕМИНГЕ СОЕДИНИТЕЛЬНОГО МОСТА ВОЛНОРЕЗНОГО КАТАМАРАНА

Соломенцев О.И.,
Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова

Предметом доклада является разработка приближённой, основанной на экспериментальных данных [3-6,8] полуэмпирической схемы для определения силы, возникающей при слеминге соединительного моста волнорезного катамарана. Как следует из указанных материалов, равно как из более ранних наших работ [1,2,7], продольная и качка и слеминг соединительного моста волнорезного катамарана характеризуются следующими закономерностями.

1.В режиме установившейся продольной качки профилированный соединительный мост при каждом колебании входит в воду, поскольку величина минимального вертикального клиренса $h_{BK\min}$ мала. Соединительный мост оказывает демпфирующее действие, которое существенно снижает амплитуды продольной качки, в особенности на встречных курсовых углах. Слеминг соединительной конструкции в тех случаях, когда мост не погружается выше линии $A'A''$, т.е. тогда, когда относительные перемещения от продольной качки не превышают уровня $\tilde{h}_{BK\max}$, может считаться отсутствующим. Для определения дополнительных демпфирующих сил может быть применена известная теория Вагнера [1] в сочетании с методом статистической линеаризации квадратичного детектора [7] для учёта нелинейности процесса в условиях нерегулярного волнения. Для этого же случая определяется и дополнительное сопротивление на волнении, [2]. Величина $\tilde{h}_{BK\max}$ при известном поперечном сечении волнорезного катамарана всегда может быть найдена из показанного на рис. 1 геометрического построения, когда $S_1 = S_2$.В этом случае $\Delta\tilde{h}_{BK} = \frac{1}{C_П}\int_0^{C_x/2}\zeta_M(\eta)d\eta$, все обозначения ясны из рис. 1.

2.При интенсивных колебаниях относительные перемещения превышают уровень $A'A''$, и тогда это уже воспринимается как гидродинамические удары (слеминг). Поэтому волнорезные катамараны имеют преимущества по мореходности именно на волнении слабой и средней интенсивности, когда пересечение относительными перемещениями уровня $\tilde{h}_{BK\max}$ оказывается редким событием.

При пересечении уровня $\tilde{h}_{BK\max}$ происходит сильный, но кратковременный скачок ударных давлений, ударных ускорений и ударных сил с захватом воздуха, [4,8]. Сила удара при слеминге возрастает в 4-6 раз по сравнению с дополнительной демпфирующей силой при установившейся качке, однако время её действия не превышает 0,2-0,3 сек (для натурного судна, для моделей, изготовленных в масштабе порядка 1:50-примерно на порядок меньше).

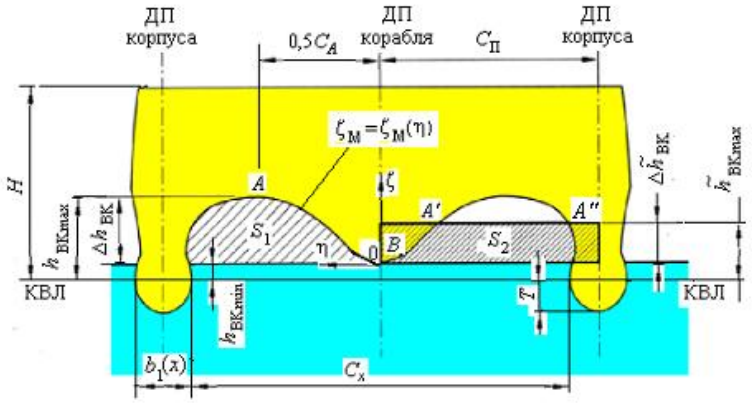


Рис. 1. Геометрические характеристики характерного поперечного сечения на уровне «среза центрального носа» для волнорезного катамарана

3.Углы соударения при слеминге, связанном с входом в воду верхней части моста, оказывают весьма слабое влияние на силу удара. Более существенными оказываются условия захвата воздуха, [5].

4. Площадь соударения («пятно контакта») при входе в воду верхней части моста имеет форму эллипса, малая (поперечная) ось которого $b_{уд} \approx 0{,}7A'A''$.

Большая (продольная) ось этого эллипса превышает по длине малую ось в среднем вдвое, что приводит к площади пятна контакта (с учётом наличия двух верхних частей моста с каждого борта) $S_{П} \approx 1{,}5b_{уд}^2$, [6], рис. 2.

Всё это позволяет предложить для силы удара моста о воду на встречном регулярном волнении простую приближённую формулу вида

$$F_{уд} = \kappa_{ПР}\kappa_{НР}K_P \frac{\rho\dot{\zeta}^2}{2} S_{П};$$

$$\kappa_{ПР} = \frac{3}{4} + \frac{3C_A}{2B_M} - \left(\frac{3C_A}{2B_M}\right)^2,$$

где $\kappa_{ПР}$ - коэффициент приведения, учитывающий изменение скорости соударения в результате удара, [8], а геометрический смысл величин C_A и B_M ясен из рис. 1;

$\kappa_{НР}$ - коэффициент неравномерности ударных давлений по пятну контакта;

$\dot{\zeta}-$ скорость соударения, отождествляемая в первом приближении со скоростью относительных перемещений;

K_P -условный коэффициент ударных давлений.

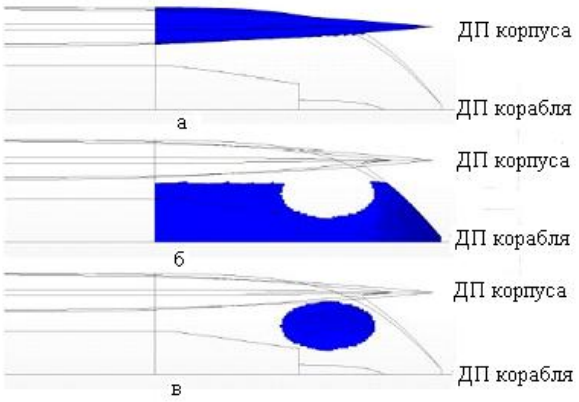


Рис. 2. Пятна контакта при взаимодействии с водой корпуса (а), нижней части профилированного соединительного моста (б) и слеминге верхней части моста (в), [6]

На практике значения коэффициента ударных давлений могут от удара к удару изменяться в несколько раз, это связано с различными условиями захвата воздуха при каждом ударе. Это приводит к очень заметному разбросу сил удара при одной и той же скорости соударения, [5].

Поэтому будем искать по данным экспериментов произведение $\kappa_{НР}K_P$ при $C_F/B_M = 0{,}33$, чему отвечает $\kappa_{НР} = 1$ Удовлетворительное согласование с данными экспериментов по близким к максимальным величинам сил удара достигается, если при сделанных выше допущениях относительно площади и конфигурации пятна контакта принимать при нахождении силы удара $\kappa_{НР}K_P \approx 10$.

Переходя к встречному нерегулярному волнению, можно найти обеспеченность силы удара

$$P_F(F_{уд}) = \exp\left[-\left(\frac{\tilde{h}_{ВК\,max}^2}{2D_\zeta} + \frac{F_{уд}}{\overline{F}_{уд}}\right)\right];$$

$$\overline{F}_{уд} = \kappa_{ПР}\kappa_{НР}K_P\rho D_{\dot{\zeta}} S_{П},$$

где $D_\zeta,\ D_{\dot{\zeta}}-$ дисперсии относительных перемещений и скоростей перемещений от продольной качки по отношению к невозмущённой волне, [3].

Вывод. На основании установленных в экспериментах закономерностей слеминга соединительной конструкции волнорезного катамарана на встречном волнении предложена простая полуэмпирическая формула для оценки силы удара.

Список литературы.

1.**Соломенцев, О.И.** Дополнительные инерционно-демпфирующие и восстанавливающие силы и моменты при продольной качке волнорезного катамарана на встречном нерегулярном волнении [Текст] / О.И.

Соломенцев, Е.А. Кудинова // Вісник НУК, 2012.- № 3. – с. 3.12. 2.**Соломенцев, О.И.** Определение дополнительного сопротивления воды движению волнорезного катамарана на встречном нерегулярном волнении [Текст] / О.И. Соломенцев, Б.К. Нгуен // Тези.доповідей V Международной научно-технической конференции “Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд”. – Николаев, 2015.- с. 72-74. **3. Lavroff, J.** Slamming Kinematics, Impulse and Energy Transfer for Wave Piercing Catamarans [Text] / J. Lavroff, M.R. Davis //Journal of Ship research, 2015.- Vol. 59.- № 3.- p. 145-161. 4. Numerical Investigation of Water Slamming Loads on Wave Piercing Catamaran Hull Model [Text] /**Swidan A.A.W., Thomas G., Amin W. a.o.//** Proceedings of the 9th International Conference of High Performance Marine Vehicles.- Athens, 2014.- p. **5**.Slam Events of High Speed Catamaran in Irregular Waves [Text] /**G. Thomas, S. Winkler, M. Davis a.o.**// Journal of Marine Science Technology, 2011.- Vol. 8.- № 3. **6.**Slam Excitation Forces for a Large Wave Piercing Catamaran and the Effect of Structural Response [Text] **/J.J. McVicar, J. Lavroff, M.R. Davis** a.o. // Режим доступа www.sname.org/.../DownloadDocument/File/ash.- 2014 **7.Solomyentsev, O.I.** Motions of the High-Speed Wave-Piercing Catamaran on the Irregular Head Waves [Text] / O.I. Solomyentsev, S.O. Slobodyan // International Conference of Fast Ships: Malek Ashtar University of Technology. - Shiraz, 2005.-12 p 8.**Whelan, J.R.** Wet Deck Slamming of High Speed Catamaran with a Centre Bow [Text] **/**J.R. Whelan // Ph. D. Thesis.- Launceston. - University of Tasmania, 2005.- 278 p.

УДК.624.075

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В РАСЧЕТАХ ОБЩЕЙ ПРОЧНОСТИ СУДОВ С БОЛЬШИМ РАСКРЫТИЕМ ПАЛУБ

Луценко А.А., Михайлов Б.Н.,
Национальный университет кораблестроения имени адм. Макарова

Суда с большим раскрытием палуб являются достаточно популярным и широко распространенным современным типом грузовых судов в Украине и ближнем зарубежье. Ситуация на рынке проектов судов данного типа совместно с жесткими требованиями класс-обществ и Заказчиков диктует необходимость сокращения сроков проектирования с обеспечением высокого качества проектных решений. Одним из инновационных конструктивных решений является применение воздушной каверны с целью снижения сопротивления движению судна и как следствие-повышения его технико-экономических показателей. Организация воздушной каверны в днище усложняет конструкцию днищевых перекрытий и требует точной оценки НДС в указанном районе.

Конструкция судов с широким раскрытием палуб согласно *Правил* требует проверки общей прочности совместно от сил общего изгиба и кручения. Классическая методика определения геометрических характеристик, необходимых для оценки параметров кручения – главных секториальных моментов инерции, главных секториальных площадей достаточно трудоемка и обладает определенной погрешностью.

При практическом проектировании судна типа река-море с воздушной каверной на днище применение МКЭ с помощью CAE комплекса позволило оптимизировать сложные узлы конструкции днищевых перекрытий в районе воздушной каверны в достаточно сжатые сроки .

Полученные конструктивные решения и расчетные приемы получили одобрение специалистов класс-общества.

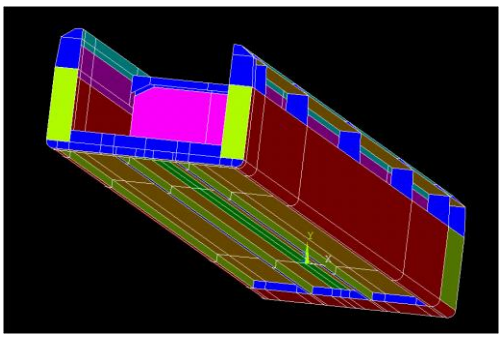


Рис.1 Вид макромодели корпуса со стороны днища.

Выводы.

Применение CAE комплекса в расчетах прочности судов со сложной геометрией корпуса позволяет повысить качество проектирования корпусных конструкций, сократить трудоемкость расчетов общей и местной прочности.

Список использованной литературы.

1. **Шиманский Ю.А.** Справочник по строительной механике корабля. [Текст] В 2 ч. Ч. 1. /. – Л.: Судпромгиз, 1958. – 628 с.
2. Правила классификации и постройки морских судов.2-020101 -064 (т.1). 2014 г.
3. Сборник нормативно-методических материалов. Книга первая. Регистр СССР .Л.,"Транспорт",1979.

УДК 629.5.048.4

КОНЦЕПЦИЯ РАСЧЕТА ФИЛЬТРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ МОРСКИХ ЗЕРНОВЫХ ПЕРЕГРУЖАТЕЛЕЙ

Ю.Н. Коробанов, В.С.Петухов, А.А. Коробанова,
Национальный университет кораблестроения

Одним из основных элементов морских зерновых перегружателей являются фильтрующие элементы. Их основной функцией является удаление пыли, содержащейся в перегружаемом зерне. Совершенствование конструк-ций фильтрующих элементов улавливателей пыли реализуются экспериментальными методами. Попытка провести повышение эффективности фильтрующих показателей расчетными методами позволяет облегчить и ускорить этот процесс. Выбору потенциально возможных методов расчета фильтрующих элементов посвящен настоящий доклад.

Одним из методов оценки фильтрующих качеств является комплекс-ный метод граничных элементов, изложенный в работе [1]. На основе теории течения в пористых средах здесь изложена математическая модель фильтрации воды через земляную плотину. При формировании модели использованы уравнения неразрывности и уравнения закона Дарси. Этот закон предполагает, что скорость потока жидкости в насыщаемой среде в заданный момент времени пропорциональна перепаду давления, проница-емости среды, среднему удельному весу жидкости, а также площади поперечного сечения потока. При этом, описанные показатели обратно пропорциональны вязкости среды фильтрации. Кроме закона Дарси исполь-зуются уравнения под поверхностных вод в водо-насыщенной среде с определением неизвестной заранее границы грунтовой поверхности.

Описанный метод оценки фильтрационных способностей земляной плотины, в том виде, как он изложен, мало пригоден, для проектирования воздушных фильтров. Однако следует отметить, что один из методов граничных элементов может быть использован для решения фильтрационных задач. Конечно, он потребует некоторого видоизменения. Сам метод граничных элементов состоит в том, что изначально граничная задача заменяется интегральным уравнением, затем посредством квадратурных формул это уравнение заменяется аппроксимируемой системой алгебраичес-ких уравнений, а последняя уже решается численно. Получение интеграль-ного уравнения эквивалентного граничной задаче производится с использо-ванием функции Грина.

Типичная программа одного из методов граничных элементов включает в себя пять модулей [2]. *Модуль* 1 определяет местоположение граничных элементов и задает граничные условия на каждом из них. *Модуль* 2 позволяет вычислить граничные коэффициенты влияния и построить соответствующую систему алгебраических уравнений, основываясь на граничных условиях. *Модуль* 3 решает систему уравнений. *Модуль* 4 позволяет определить неизвестные компоненты взвешенной функции на каждом граничном элементе. *Модуль* 5 обеспечивает вычисление коэффи-циентов влияния для заданных внутри рассматриваемой области (внутри фильтрующего элемента) точек и вычисление весовых значений в этих точках. Вся эта схема относится к задачам о потенциале и может быть реализована с помощью метода взвешенных остатков. Такой метод основы-вается на решении уравнений Лапласа или Пуассона [3].

Литература

1. **Т.Громадка II** (1990). Комплексный метод граничных элементов в инженерных задачах. [Текст] / Т. Громадка II, Ч. Лей. – М. «Мир», 303с.
2. **Крауч С..** (1987) Методы граничных элементов в механике твердого тела. [Текст] / С. Крауч, А. Старфилд. – М. «Мир», 328 с.
3. **Бреббия Н.** Применение метода граничных элементов в технике. [Текст] / Н. Бреббия, С. Уокер. – М. «Мир», 248 с.

УДК.629.123

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОРПУСОВ НАКАТНЫХ СУДОВ С УЧЕТОМ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

Шарун Г.В., Гризоглаз В.В., Лебедева А.О.,
Национальный университет кораблестроения имени адм. Макарова

Выполнено исследование особенностей напряженно-деформированного состояния корпусов накатных судов. Для проведения исследований использовались расчетные схемы пространственных отсеков при стержневой идеализации с использованием метода конечных элементов.

В Правилах различных классификационных обществ (1, 2) для накатных судов рекомендуется использовать прямые расчеты прочности с использованием метода конечных элементов и пространственные отсеки в качестве расчетных схем. Простые расчетные схемы неприменимы в связи с пространственным характером деформирования отсеков накатных судов, вызванным отсутствием поперечных переборок в грузовой части судна. Это приводит к существенным деформациям перекоса поперечных сечений отсеков накатных судов при бортовой качке наряду с изгибом палуб и днища в вертикальном направлении от поперечной нагрузки от груза и воды.

Для накатных судов без пиллерсов с регулярным рамным набором возможно упрощение расчетной схемы – от пространственного отсека можно перейти к рассмотрению расчетной схемы в виде изолированной шпангоутной рамы. Учет поддерживающего влияния палуб для изолированных шпангоутных рам возможен введением в расчетную схему упругих опор, жесткость которых можно определить с использованием простых балочных расчетных схем.

В предлагаемой методике проектирования корпусов накатных судов рекомендуется первоначально выполнять расчеты укрупненной пространственной модели корпуса судна для оценки деформаций перекоса при бортовой качке судна. Схема подобной модели на примере двупалубного накатного судна без пиллерсов показана на рис. 1 в стержневой идеализации. В данной расчетной схеме учтены поперечные шпангоутные рамы, палубы, двойной борт, вырезы в палубах для аппарелей и лифтов. Расчет пространственной модели выполняется на воздействие перекосных нагрузок в горизонтально-поперечном направлении при бортовой качке от груза, находящегося на палубах и собственного веса палуб с учетом инерционных нагрузок и крена в соответствии с рекомендациями Правил классификационных обществ. Также учитывается поддерживающее влияние воды при накренении судна.

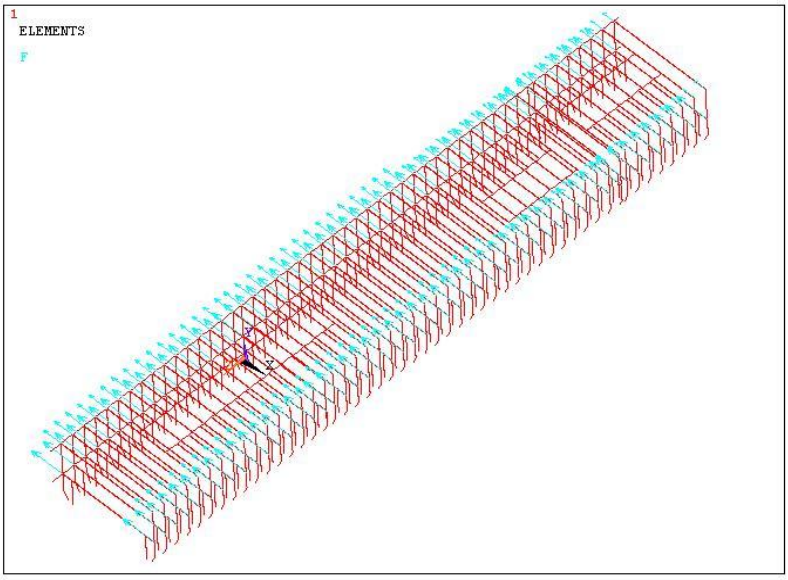


Рисунок 1 - Схема отсека с указанием перекосных нагрузок

В результате расчета определяются горизонтальные смещения на уровне палуб в средней части судна, которые в дальнейшем будут являться внешней нагрузкой для уточненной модели отсека корпуса судна в пределах его средней части.

Для более подробного исследования внутренних усилий составляется уточненная расчетная схема отсека в районе средней части судна (рис. 2). В данной схеме моделируются днищевое, бортовое и палубные перекрытия с основными и промежуточными шпангоутными рамами, карлингсами, бортовыми и днищевыми стрингерами, вертикальным килем. Полученные ранее горизонтальные смещения на уровне верхней и главной палуб прикладываются в виде заданных перемещений в уточненной модели отсека в

средней части судна вместе с поперечными нагрузками от опор контейнеров и давлением воды на днище и борт судна. Изгибающие моменты в поперечной шпангоутной раме отсека показаны на рис. 3. Используя полученные внутренние усилия в стержнях рамы, с учетом допускаемых напряжений Правил, проектируются рамные связи отсека. Для рамных бимсов и шпангоутов используется переменная ширина свободных поясков в районе их соединения.

Выводы.

Была разработана методика проектирования корпусов накатных судов с учетом пространственного деформирования вследствие отсутствия поперечных переборок для этого типа судна. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании корпусов накатных судов.

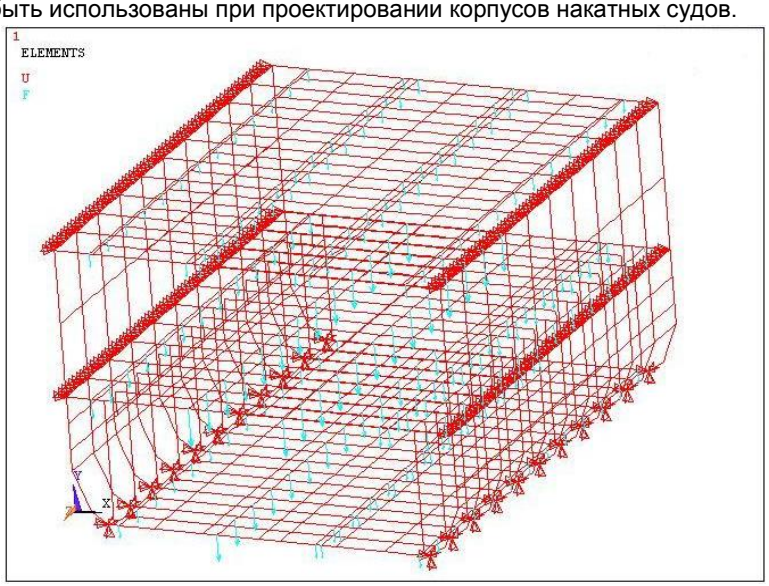


Рисунок 2 - Уточненная расчетная схема отсека в средней части судна

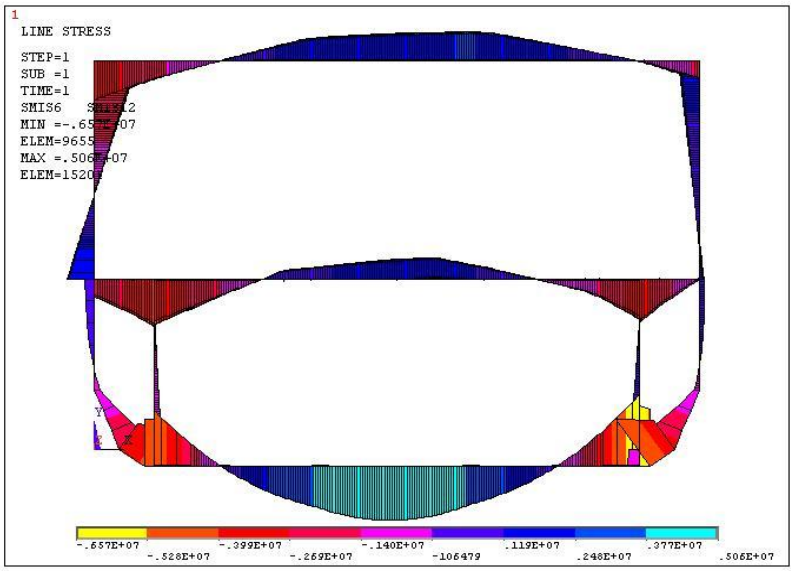


Рисунок 3 - Изгибающие моменты в стержнях поперечной рамы отсека

Список использованной литературы.

1. Правила класифікації та побудови морських суден. Том 2. Регістр судноплавства України. Київ: РУ, 2011.
2. Rules for the Classification of Steel Ships. Bureau Veritas. Paris: BV, 2004.

УДК 629.5:001

ОБРАЗОВАНИЕ ПРЕРЫВИСТЫХ СВЯЗЕЙ В СУДОВЫХ КОНСТРУКЦИЯХ И ОСОБЕННОСТИ ИХ РАСЧЕТА

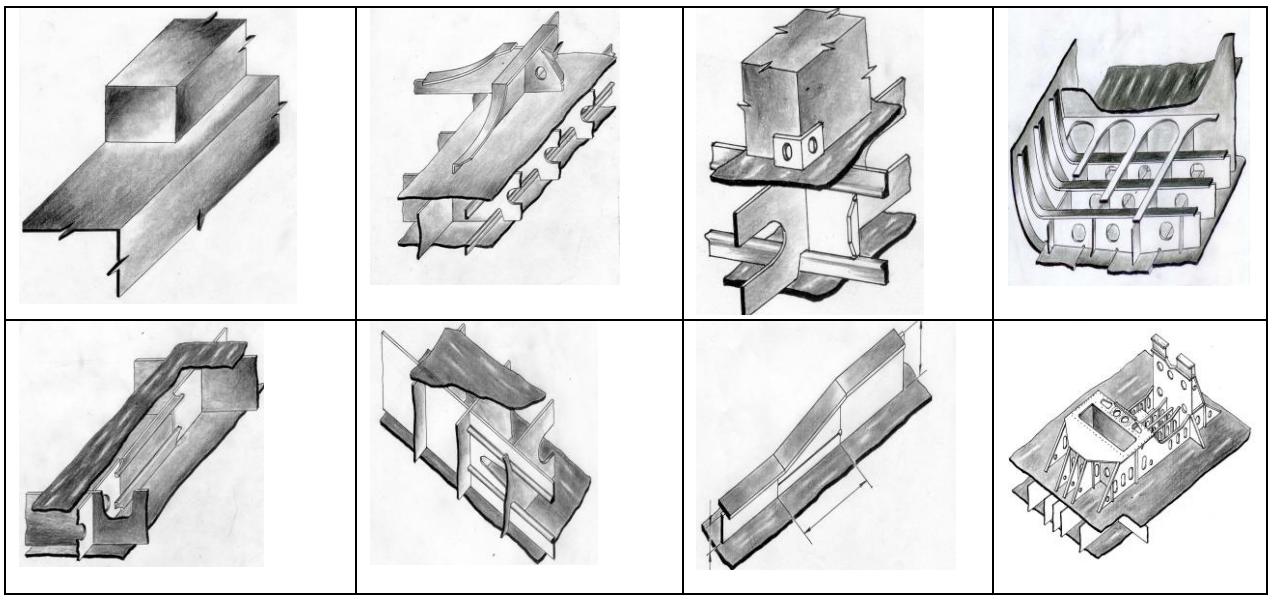
Ю.Н. Коробанов, А.И. Кузнецов, А.А. Коробанова,
Национальный университет кораблестроения, г. Николаев

В составе корпусных конструкций много связей, ограниченных своей протяженностью или резко изменяющих свое поперечное сечение. Такие связи называют прерывистыми. Они оказывают существенное влияние на продольную или поперечную прочность конструкций судового назначения в зависимости от своей ориентации на корпусе.

Резкое изменение сечения корпусной связи или ее обрыв приводит к перераспределению напряжений, к изменению жесткости. Численная оценка жесткости прерывистой конструкции производится посредством коэффициента жесткости. Этот коэффициент учитывает влияние прерывной части на напряженно деформативное состояние всей конструкции. При исследовании деформаций судовых прерывистых связей часто принято условно разделять их на составные части. Это непрерывная на всей длине судна часть конструкции и примыкающая к ней прерывная, т.е. та, которая простирается лишь на части длины конструкции. Усилия взаимодействия мысленно расчлененных связей определяются из условия равенства деформаций по линии их сочленения.

Множество работ посвящено конструированию прерывистых связей судового корпуса, основываясь на определении коэффициентов жесткости. Современные требования к проектированию судовых конструкций требуют приобщения их к отечественным системам автоматизированного проектирования. Прерывистые связи формируются, как вдоль корпуса судна, так и поперек, оказывая влияние при этом, как на продольную, так и на поперечную прочность корпусных конструкций судового назначения. При исследовании напряженно – деформативного состояния прерывистых связей их прерывные части мысленно отделяются от непрерывных и считается, что по линии их соединения действуют касательные и нормальные напряжения взаимодействия. Эти напряжения определяются исходя из условия равенства деформаций по линии соединения прерывной части к непрерывной.

Особый интерес представляют прерывистые связи, которые возникают вследствие конструкторских решений, принимаемых при проектировании корпусных конструкций. Краткий анализ конструкторских решений приведен на рис.



Сюда вошли и полуширина судовой надстройки, часть фундамента под главную энергетическую установку, подкрепление под сосредоточенные весовые нагрузки контейнеров, фестоны днищевых стрингеров в форпике, конструкция бракетного флора, конструкция перехода днищевого стрингера в продольный набор, конструкция перехода одного профиля набора в другой, конструкция фундамента под турбозубчатый агрегат.

Задача об определении нормальных и касательных напряжений на границе стыковки прерывной и непрерывной частей конструкции, служащие основой определения коэффициентов жесткости требует использования современных взглядов реализации поставленных проблем. Одним из таких путей является

метод конечных или граничных элементов. Конструкции прерывистых связей могут быть самой разнообразной сложности. Поэтому возникает задача об определении коэффициентов жесткости прерывистых связей разнообразных конструкций с использованием возможности численного определения касательных напряжений на границе стыковки прерывной и непрерывной частями конструкции судового назначения. На примере прерывистой связи судового назначения, было проведено сопоставление результатов расчетных процедур, полученных с использованием численного метода фиктивных нагрузок, с данными полученными другими авторами.

Алгоритм расчета коэффициента жесткости прерывистой конструкции, можно представить в следующем виде.

Разбить линию стыковки прерывной и непрерывной части конструкции на равномерные участки с интервалом Δx.

По действующим касательным напряжениям τ_{ij} и τ_{jk} определить интенсивность действующей нагрузки. Где i , j и k границы отдельных участков.

На каждом участке определить деформации u_{qij},

На каждом интервале определить коэффициент жесткости $k_ж$ и усредняя его значение получить коэффициент жесткости рассматриваемой прерывистой конструкции.

Таким образом, использование предлагаемого алгоритма позволяет определять коэффициенты жесткости прерывистых конструкций не взирая на их сложность и ориентацию в судовых координатах. При этом могут быть активно использованы современные численные методы оценки напряженно деформативного состояния конструкций судового назначения.

УДК 629..12

ИССДЕДОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ И КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРЕРЫВИСТЫХ СВЯЗЕЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ МАЛЫХ СУДОВ

Коробанова А.А., магистрант
Национальный университет кораблестроения, г. Николаев

Применение прерывистых связей в конструкции малых судов является неизбежным (система стрингеров образующих фундаменты двигателей, палубные карлингсы, бортовые стрингеры). В то же время классическое оформление конструктивных узлов в районах резкого изменения жесткости отрицательно влияет на общепроектные решения с точки зрения эргономики и обитаемости. Отказ от переходных элементов в виде книц и бракет может существенно улучшить качество общепроектных решений.

Возможность применения нетрадиционных конструктивных решений (без применения переходных элементов) является целью данного исследования.

Анализ конструкций малых судов показывает, что прерывистые связи, в основном, участвуют в обеспечении общей продольной прочности. При этом доля их участия относительно невелика, т.к. общая продольная прочность обеспечивается. В основном, за счет оболочки корпуса.

На рис. 1 и 2 приведены конструктивные мидельшпангоуты скоростного катера с конструкциями из легкого сплава (рис. 1) и моторной яхты со стальными конструкциями (рис. 2). Обозначены характеристики основного показателя общей продольной прочности - (главный центральный момент инерции) и относительной величиной его доли от существующих прерывистых связей.

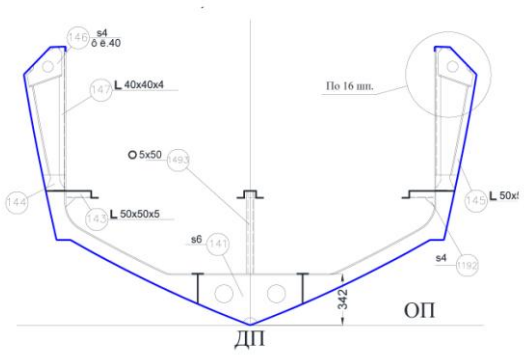


Рис.1 – Миделевое сечение моторной яхты проекта НКИ99 «Гепард»

Главный центральный момент инерции	$I_x = 1.2 \cdot 10^{10}$ мм^4	100%
Момент инерции прерывистых связей относительно нейтральной оси	I_x = 484890592- мм^4	23%

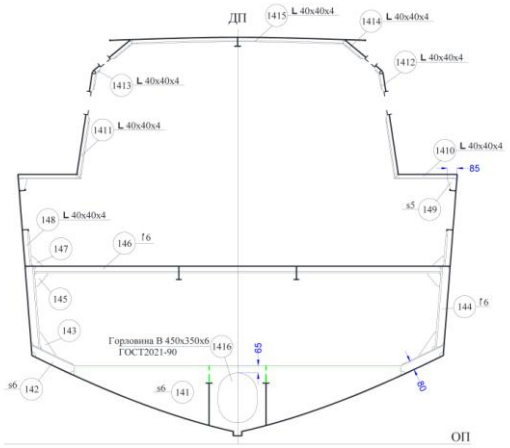


Рис. 2 – Миделевое сечение моторной яхты проект НКИ62 «БОЯРИН»

Главный центральный момент инерции	$I_x = 1.177 \cdot 10^{11}$ мм^4	100%
Момент инерции прерывистых связей относительно нейтральной оси	$I_x = 7{,}432 \cdot 10^9$ мм^4	16%

Фактический вклад прерывистых связей в обеспечение общей продольной прочности данных судов незначительно превышает погрешность применяемых стандартных расчетных схем (Частичное разрушение данных связей под действием общих продольных нагрузок не приведет к катастрофическим результатам).
Кроме того, в работе [1] показано, что, даже для скоростных малых судов напряжения от общего продольного изгиба являются незначительными. В работе [2] рассматривается величина коэффициентов концентрации напряжений для прерывистых связей без переходных элементов.
Сопоставление общего фона максимальных напряжений и ожидаемых коэффициентов концентрации показывает, что разрушения конструкций, при отсутствии переходных элементов в прерывистых связях, не произойдет.

Данные выводы касаются судов водоизмещающего режима и малых скоростных судов, используемых в эпизодическом режиме (яхты). Если рассматривать малые суда с жестким режимом эксплуатации (служебные, патрульные), то общий фон нагружении может изменяться в сторону доминирования усталостных напряжений. Проектирование прерывистых связей для этих судов требует дополнительного исследования.

Список литературы:

1. **А.И. Кузнецов, О.В. Дромашко.** Приоритеты нагрузок при проектировании корпусных конструкций малых скоростных судов [Текст] // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2010. – № 2 (431). – С. 8–12.
2. **Коробанов Ю.Н., Кузнецов А.И., Коробанова А.А.** Анализ коэффициентов концентрации напряжений прерывистых связей при изменении длины граничного элемента [Текст] // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2014. – № 5 (455). – С. 22–26.

УДК 629.05.001

МЕТОД ВРАХУВАННЯ ЗАГАЛЬНИХ ДИНАМИЧНИХ ДЕФОРМАЦІЙ КОРПУСУСУ СУДНА ПРИ РОЗРАХУНКАХ ХВИЛЬОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Суслов Сергій Віталійович, к.т.н., доц.
НУК.

Максимальні експлуатаційні навантаження на корпуси суден, знання яких необхідно для забезпечення міцності і вдосконалення конструкцій, в більшості випадків виникають при плаванні у штормових умовах і супроводжуються суттєвими динамічними деформаціями конструкцій корпусу. З'ясовано,

що динамічна складова в екстремальних значеннях хвильових навантажень може перевищувати 50% і її потрібно адекватно враховувати в розрахунках міцності. З іншого боку, процес взаємодії з хвилями є стохастичним і для знаходження його статистичних характеристик потрібен значний обсяг багатоваріантних розрахунків.

Метою поданих в доповіді досліджень є розробка методу розрахунку динамічних деформацій корпусу судна придатного до таких розрахунків за точністю і витратами часу.

Плідний підхід до розробки такого методу викладено у статті [1], де послідовними перетвореннями загальної моделі на основі роботи [2] отримано розрахункові залежності для визначення динамічних деформацій корпусу судна в часовій області, що надає можливість контролювати похибки, внесені прийнятими спрощеннями.

Реалізація такої схеми у даній роботі полягала у наступному. На основі розкладання деформацій корпусу судна за базисними формами методом найменших квадратів з системи диференційних рівнянь моделі балки Тимошенко одержано систему звичайних диференціальних рівнянь канонічного вигляду, що описує коливання лінійної динамічної системи з багатьма ступенями свободи з урахуванням демпфування. Для розв'язання цієї системи використано подання загального розв'язку, запропонованого у [2]. Характеристичне рівняння для обчислення власних чисел одержано розкриттям визначника, елементами якого є поліноми, з використанням динамічного програмування. Розроблено програмне забезпечення розрахунків

Список літератури

1. **Дихта, Л. М.** До теорії визначення динамічних деформацій корпусу судна // Електронне видання " Вісник Національного університету кораблебудування". – НУК. – Миколаїв, 2012.-№2. С 41 - 44.

2. Крендол С.Х. Матричні методи аналізу. [Текст] / С.Х. Крендол, Р.Б. Мак-Коли // Довідник по ударних навантаженнях / С.М. Харрис, Ч.И. Крид : пер. с англ. – Л. : Суднобудування, 1980. – С 202 - 238.

УДК 629.5.015.4

РАСЧЁТ ИЗГИБА ВАЛА, ЛЕЖАЩЕГО НА ПОДШИПНИКАХ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ НЕЛИНЕЙНЫМ ОДНОСТОРОННИМ УПРУГИМ ОСНОВАНИЕМ КОНЕЧНОЙ ДЛИНЫ

Урсолов А. И.,
Национальный университет кораблестроения имени адм. Макарова,
Батрак Ю. А.,
ЧП «Интеллектуальные морские технологии» г. Николаев.

Конструкция цилиндрических дейдвудных подшипников со вкладышами из бакаута, смазываемых морской водой, была предложена Джоном Пенном в 1852 году. Конструкция не претерпела существенных изменений до наших дней, менялся только материал вкладышей.

Вследствие того, что вкладыши дейдвудных подшипников такой конструкции при смазке морской водой интенсивно изнашиваются, классификационные общества, например [1], требуют один раз в два с половиной года проводить осмотр гребного вала и дейдвудных подшипников валопровода, для чего судно ставится в док и извлекается гребной вал. Это влечёт за собой большие экономические потери судовладельца из-за затрат на доковое обслуживание и упущенной прибыли вследствие вывода судна из эксплуатации.

Причина сохранения столь не выгодной конструкции состоит не только в простоте её изготовления и монтажа, но и в отсутствии в настоящее время методов расчета, позволяющих предсказать надежность и долговечность подшипника какой-либо иной конструкции с учетом износа и деформации вкладыша. На проведение натурных испытаний подшипников нового типа, по вполне понятным причинам, никто из судовладельцев согласия не даёт. Поэтому решение проблемы повышения работоспособности дейдвудных подшипников следует искать путем анализа и имитационного моделирования.

Известные подходы к моделированию дейдвудных подшипников в составе валопровода, такие как точечная опора и кольцевая опора (рис. 1) не приемлемы, поскольку не учитывают протяженность подшипника. Протяженные цилиндрические опоры в настоящее время принято представлять рядом точечных, что является довольно грубым дискретным представлением континуальной структуры вкладыша с нелинейной зависимостью жесткости от просадки. Для внесения поправки на континуальность прибегают к контактной теории Герца [2].

Однако теория Герца применима только при больших зазорах между валом и вкладышем, обеспечивающих малую ширину контакта, что в реальных валопроводах не выполняется.

На наш взгляд качественная модель подшипника должна учитывать:

1) возможность отрыва вала от поверхности вкладыша (учёт зазора между поверхностями вала и вкладыша);

2) перекос и смещение вала относительно теоретической оси вкладыша;

3) изгиб вала внутри вкладыша;

4) нелинейность реакция материала вкладыша в зависимости от просадки;

5) непрерывность деформаций вкладыша.

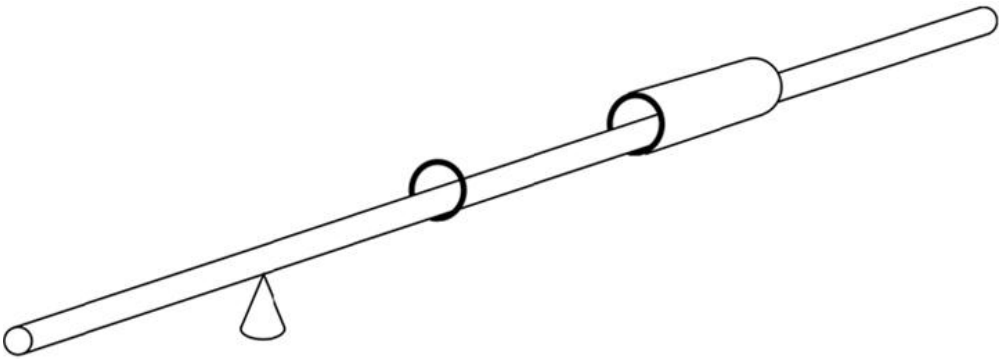


Рисунок 1 – Существующие модели подшипников

Такими свойствами обладает подшипник, вкладыш которого представлен нелинейным односторонним упругим основанием (УО) конечной длины. В этом случае, при использовании для расчета метода конечных элементов (КЭ), для участка вала, контактирующего с втулкой, должна использоваться специальная матрица жесткости (МЖ), учитывающая наличие УО.

Известные матрицы жёсткости элемента на УО [3, 4] предполагают постоянную по длине элемента реакцию основания, и в случае их применения потребуется большое количество элементов для точного описания взаимодействия вала и вкладыша, что не приемлемо с точки зрения эффективности расчета и накопления вычислительной погрешности.

В связи с этим была разработана МЖ УО с произвольным параболическим законом изменения реакции основания по длине КЭ [5]. Данная МЖ позволяет использовать меньшее количество КЭ в пределах вкладыша и способствуют более быстрой сходимости реакции и просадки УО.

Коэффициент жёсткости УО в сечении вкладыша предлагается определять с помощью решения плоской задачи о контакте вала и вкладыша. При этом пространственный характер деформирования вкладыша игнорируется, однако это является общепринятым в такого рода задачах [6, 7].

Вследствие нелинейности контактной задачи, возникающей как вследствие нелинейности УО, так и вследствие неопределенности протяженности зоны контакта, задача об изгибе вала на подшипниках, представленных нелинейным односторонним упругим основанием конечной длины, должна решаться методом последовательных приближений. Для обеспечения сходимости метода был разработан специальный алгоритм релаксации.

На рис. 2 представлена форма изгиба валопровода, рассчитанная по разработанной схеме. В качестве материала вкладышей был задан THORDON. На рисунке видно изгиб вала внутри подшипника с учётом деформации втулки. Полученная схема расчёта позволяет учитывать смещения и перекос подшипников, работу вала на верхней поверхности вкладыша, что является одним из наиболее важных обстоятельств при расчёте центровки валопровода.

Выводы. Описанный подход реализует более точное моделирование взаимодействие вала и вкладыша подшипника скольжения. Его применение позволяет полностью отказаться от представления дейдвудного подшипника точечными опорами, и открывает путь к исследованию работоспособности и долговечности дейдвудных подшипников с учетом всех существенных факторов. Данный подход предполагается к внедрению в специализированное программное обеспечение ShaftDesigner [8, 9] для расчёта валопроводов. Дальнейшим развитием данной работы станет моделирование износа дейдвудных подшипников.

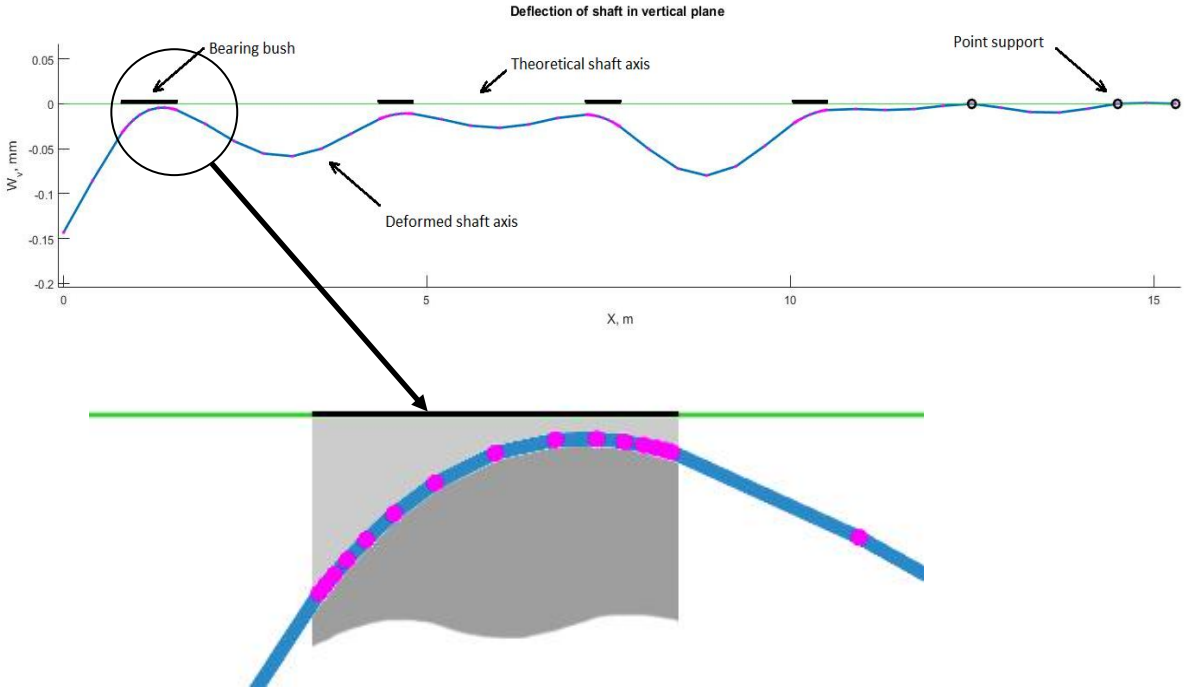


Рисунок 2 – форма изгиба валопровода лежащего на подшипниках, представленных нелинейным УО конечной длины

Список использованной литературы

1. Rules for classification. – DNV GL AS, 2016.
2. **Штаерман И. Я.** Контактная задача теории упругости. М.–Л., Гостехиздат, 1949. – 320 с.
3. **Козляков В. В., Финкель Г. Н., Хархурим Н. Н.** Проектирование доковых опорных устройств. – Л.: Судостроение, 1973. – 176 с.
4. **Веселов В.Н.** Построение матрицы жёсткости рельсового пути башенного крана методом конечных элементов [Текст] / Веселов В.Н. // Вестник АГТУ – 2006. – № 1(30). – С.203 - 206.
5. **Батрак Ю. А., Урсолов А. И**. Матрица жёсткости стержневого конечного элемента, лежащего на нелинейном упругом основании. «Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд». Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю. Миколаїв: НУК, 2016 г.
6. Исследование и разработка методики расчёта напряжений в элементах тяжелонагруженных опор с компенсаторами несоосноти валов. Отчет о НИР 01870079858. Кочанов Ю. П. Николаев. – 1988.
7. **Кузьменко А. Г.** Метод алгебраических уравнений в контактной механике. – Хмельницкий:ХНУ, 2006. – 448 с.
8. **Batrak Y.A., van Leest M.** High-end Software for Propulsion Shaft Calculation. SNAME Propellers/Shafting 2009 Symposium Papers, Williamsburg VA, pp. 11-1 - 11-4.
9. ShaftDesigner – The Shaft Calculation Software [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.shaftdesigner.com/

УДК 629..12

ИССДЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ МАЛЫХ СУДОВ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ КОРПУСАМИ

Грабенко А.В., магистрант
Национальный университет кораблестроения, г. Николаев

Относительные затраты на материалы и изготовление корпусных конструкций малых металлических судов проанализированы в работе [1] и представляют сравнительно небольшую величину. Некоторые изменения массы корпусных конструкций в процессе проектирования таких судов незначительно отразятся на общей стоимости. Тем не- менее существуют иные причины заставляющие акцентировать внимание на

минимизации массы конструкций. Важность уменьшения материалоемкости корпусных конструкций малых судов достаточно полно рассмотрена в работах [2] и [3] .

При проектировании рассматриваемых конструкций важно правильно представлять приоритеты решаемых задач, что невозможно сделать без анализа структуры корпусных конструкций.

В данной работе представлены результаты анализа структуры корпусных конструкций двух судов – скоростного катера с конструкциями из легкого сплава и моторной яхты водоизмещающего режима движения см. рис.1,2.

В процессе анализа все конструктивные связи разделяются на нормативные и конструктивные. Нормативными считаются связи размеры которых назначаются по требованиям нормативных документов с учетом действующих сортаментов. Конструктивные связи имеют размеры превышающие требования прочности и жесткости и назначаются в соответствии с общепроектными решениями. Для конструктивных связей возможны серьезные отступления от практики применения типовых конструктивных решений в сторону упрощения узловых конструкций.

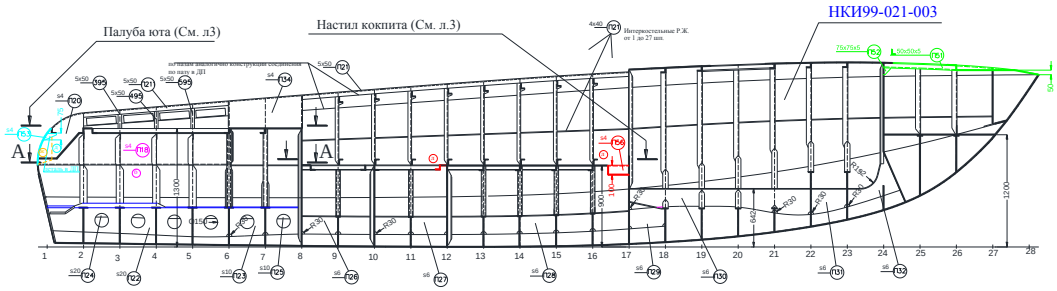


Рис. 1 – Продольное сечение моторной яхты проекта НКИ99 «Гепард»

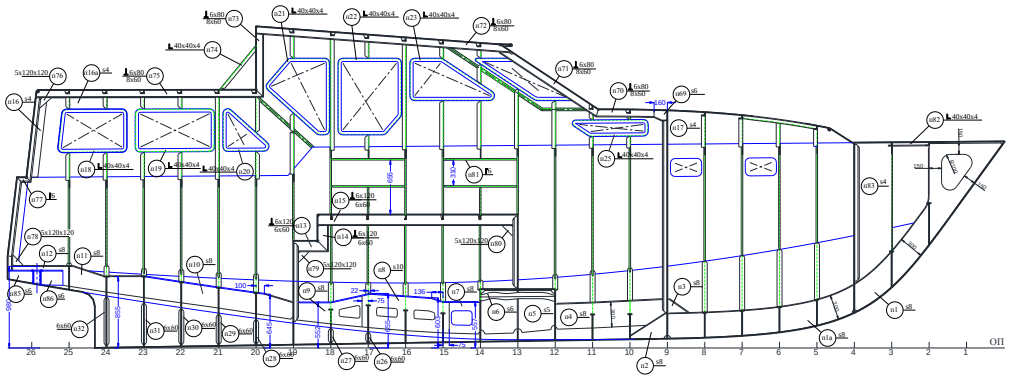


Рис. 2 – Продольное сечение моторной яхты проекта НКИ 62 «БОЯРИН»

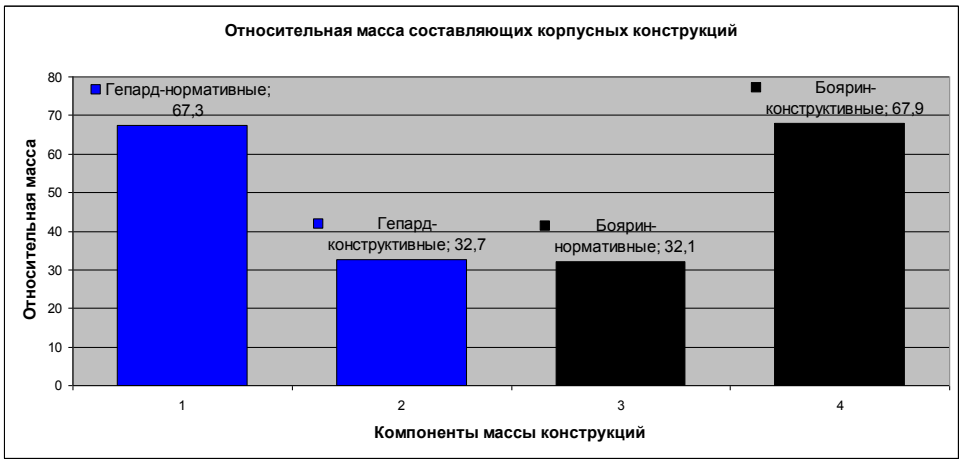


Рис. 3 – Результаты анализа составляющих корпусных конструкций

Из предварительной оценки составляющих компонентов корпусных конструкций следуют следующие выводы:

1) Для скоростных малых судов с конструкциями из легкого сплава доминантным при проектировании конструкций является подбор оптимальных толщин и профилей при назначении размеров связей в соответствии с требованиями обеспечения их прочности и жесткости.
2) Для водоизмещающих малых судов с конструкциями из стали доминантным при проектировании конструкций является минимизация массы конструкций при их привязке к конкретным общепроектным решениям.

Список литературы:

1. **Кузнецов, А.И., Кот Т.П.** Структура себестоимости яхт при постройке [Текст] – Катера и яхты. – 2013. – №1 (241). – С.90–93.
2. **Кузнецов, А.И.** Определение весовых показателей корпусных конструкций парусно-моторных, моторных яхт и малотоннажных служебных судов на ранних стадиях проектирования [Текст] / А.И. Кузнецов // Международная научно-практическая конференция в честь 80-летнего юбилея профессора В.В. Козлякова: сб. докладов. – Одесса 2010 г. – Одесса: Изд. Николай Дубов, 2010. – С. 300–311.
3. **Кузнецов А.И.** Анализ целесообразности применения материалов корпусных конструкций для малых судов. [Text]/East European Scientific Journal.–2015, Vol.2.–P.126-132.

УДК 539.4.013

ДЕЯКІ ПИТАННЯ РОБОТИ ВІЛЬНОГО ПОЯСКУ ТИПОВОГО СУДНОВОГО ВУЗЛА.

Соков В.М.,
Національний університет кораблебулування ім. адм. Макарова

Об'єктом дослідження є типовий судновий вузол, представлений на рис. 1, який доволі часто зустрічається у складі суднових корпусних конструкціях. Про цей вузол вже йшла мова у [1], [2].

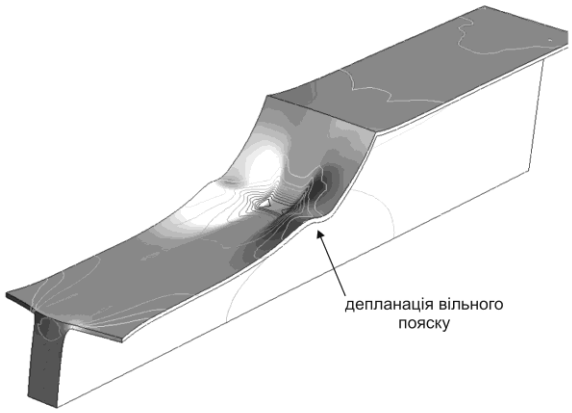


Рисунок 1 – Робота пояску при згині і розтягуванні-стисненні

Важливим моментом у дослідженні роботи цього вузла є дослідження роботи його вільного пояску в місці зміни висоти стінок та прилягаючих областей, для оптимального проектування вузла та боротьби з концентраторами напружень. Попередньо планувалося дослідження залежності так званої приведеної ширини пояску $b_{пр}$ від геометричних параметрів. Як відомо, приведену ширину пояску можна знайти за формулою

$$b_{np} = \psi b, \quad (1)$$

де ψ – редукційний коефіцієнт; b – дійсна ширина пояску.

Також планувалося удосконалити і перевірити емпіричну формулу Суслова В.П. для приєднаного пояску

$$\psi = \frac{1}{1 + 0{,}14\frac{b}{t_n}\sin\alpha}, \quad (2)$$

де b – ширина пояску, $t_п$ – товщина пояску.

Чисельні розрахунки методом скінченних елементів із застосуванням ЕОМ показали, що формула (2) дає відхилення до 50% від чисельних розрахункових значень, для випадків геометрії, що зустрічаються на практиці. Формула (2) дає непогані результати для пологого переходу стінки, при малих значеннях її кута нахилу, при обмежених варіаціях геометричних параметрів. Ця формула була розроблена на базі наближених гіпотез, розвинутих з гіпотези методу перерізів.

В [1] була показана неоднозначність залежності для приведеної ширини пояску від геометричних параметрів. Більш повні дослідження показали, що питання дослідження приведеної ширини пояску для об'ємних вузлів повинно бути відкинуто зовсім, так як в даній моделі не реалізується плоский напружений стан, присутня депланація пояску, див. [2], а також різні значення приведеної ширини пояску в різних перерізах. Тому необхідно шукати інші надійні інтегральні параметри, які б однозначно характеризували роботу вільного пояску.

Планується застосування енергетичних методів, як одних з найнадійніших та однозначних. Будуть проведені чисельні експерименти, де пружна енергія всього вузла буде відноситись до всього об'єму вузла або до об'єму вузла тільки пояску. Також планується дослідити райони, де присутня депланація пояску, і де вже починається плоский напружений стан, що важливо для точності енергетичних залежностей. По можливості буде проведено дослідження пружно-пластичної роботи вузла, по можливості теж використовуючи енергетичні методи.

Висновок. Дослідження роботи складних тонкостінних вузлів потребує пошуку нових інтегральних параметрів, відмінних від класичних. Ці параметри повинні бути однозначними та надійними та базуватися, як припускається на енергетичних методах.

Список використаної літератури

1. **Соков В.М.** Робота вільного пояску балки з різкою зміною висоти стінки / В.М. Соков // Інновації в суднобудуванні та океанотехніці: Матеріали II-гої міжнародної науково-технічної конференції присвяченої 20-річчю незалежності України (Миколаїв, 5-7 жовтня 2011 р.). – Миколаїв : НУК, 2011. – С. 151 – 154.

2. **Соков В.М.** Фізика роботи типового суднового вузла / В.М. Соков // Матеріали II Всеукраїнська наукова конференція «Україна на шляху в Європу: Вища освіта та євроінтеграція». – Миколаїв: НУК, 2014. – С. 18-20.

СЕКЦІЯ №3

Новітні технології і матеріали в судновому машинобудуванні

УДК 621.791.923.6

ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ СПЛАВІВ КБНХЛ-2, ВЗК-Р ТА КМХС

Костін О.М., Мартиненко В.О., Іванова А.Г.,
Національний університет кораблебудування, м. Миколаїв

Для виготовлення турбінних робочих лопаток використовують жаростійкі нікелеві сплави типу ЧС88У-ВИ, ЧС70У-ВИ та ін. Ці сплави зміцнюються дисперсними виділеннями γ′-фази Ni_3(Al, Ti), яка має схильність до коагуляції в процесі контактної взаємодії за високих температур, що створює сприятливі умови для збільшення інтенсивності зношування, в тому числі і за рахунок інтенсифікації процесів окиснення поверхневого шару, що збіднюється легуючими елементами. Ці сплави практично не зварюються, тому температура їх нагріву при нанесенні шару сплаву, що зміцнює контактну поверхню, не повинна перевищувати 1220±10ºС, інакше не вдається уникнути падіння міцності основного металу, що відбувається за рахунок деградації γ′-фази, та утворення тріщин в місті наплавлення. В цьому зв'язку, сплав, що зміцнює контактну поверхню, повинен, при нанесенні в рідкому стані, мати температуру плавлення не вище 1220±10ºС. При більш високій температурі плавлення нанесення виконують, наприклад, за допомогою паяння, що не завжди можливо конструктивно.

Зносостійкі сплави, що використовуються в судновому газотурбобудуванні, зручно розподілити на дві групи за температурою плавлення: до та понад 1220±10ºС.

Вкрай складною проблемою є розробка сплавів, що відносяться до першої групи, мають необхідний рівень зносостійкості за робочих температур (до 900ºС) та витримують тимчасове термічне навантаження до температури 1150ºС, що близька до температури розчинення γ′-фази в основному металі.

Наприклад, до сплавів першої групи відноситься композиція КБНХЛ-2, що має нікель-кобальтову матрицю та містить нікель (35,5-36,5 мас. %), кобальт (20,5-21,5 мас. %), хром (24,5-25,5 мас. %), карбід хрому (11,5-12,5 мас. %), борід хрому (2,5-3,5 мас. %) та бор (2,9-3,1 мас. %). Відносно висока зносостійкість забезпечується завдяки зміцненню нікель-кобальтової матриці карбідами та борідами хрому. Недоліком сплаву є його низька температура плавлення (~1070-1090ºС). [1]

Всі інші відомі сплави можна віднести до другої групи, що вкрай ускладнює їх використання при нанесенні на контактну поверхню наплавленням.

Найбільш відомий сплав, що відноситься до другої групи і широко використовується в промисловості є зносостійкий сплав на основі кобальту ВЗК-р, який містить хром (28,0-32,0 мас. %), вольфрам (7,0-11,0 мас. %), вуглець (1,6-2,0 мас. %) як основні легуючі елементи та додатково в невеликій кількості Si, Mn, Ni, B, Fe. Зміцнення сплаву відбувається за рахунок утворення карбідів вольфраму та хрому. Температура стабільної експлуатації цього сплаву не перевищує 600ºС. [2,3]

В Національному університеті кораблебудування розроблено новий композиційний зносостійкий матеріал на основі кобальту КМХС, що має необхідний рівень зносостійкості за робочих температур (до 900ºС), витримує тимчасове термічне навантаження до температури 1150ºС в середовищі, що окиснює, та який можна наносити в рідкому стані на контактні поверхні за температур їх нагріву не вище 1220±10ºС.

Порівняльні випробування зносостійкості сплавів КБНХЛ-2, ВЗК-р та КМХС здійснювали в умовах високотемпературного фретингу за наступних умов:

Статичне контактне навантаження - 50 МПа;

Амплітуда відносного переміщення зразків – 0,169 мм;

Частота коливань – 2500 $мин^{-1}$;

Час випробувань – 2 години;

Температура в області контакту зразків - ~ 1150°С.

Оцінку зносостійкості дослідних зразків виконували за інтенсивністю зношування: $J_V=V/N$, де J_V – об'ємна інтенсивність зношування, $мм^3$/цикл; V - об'єм матеріалу, що зношується, $мм^3$; N – кількість циклів навантаження (відповідає частоті коливань зразків).

Аналіз результатів випробувань (таблиця 1) показав, що зносостійкість композиційного сплаву КМХС за критичних умов нагріву значно перевищує показники промислових сплавів КБНХЛ-2 та ВЗК-р, що дозволило його рекомендувати до промислового застосування (особливо в умовах ремонту судових газотурбінних двигунів).

Таблиця 1 Випробування на зносостійкість жароміцних зносостійких сплавів.

Матеріал, що випробовується	ВЗК-р	КБНХЛ-2	КМХС
min – max середня інтенсивність зношування, Jv, мм^3/цикл	зруйнувався	зруйнувався	1,548-2,894 2,372 (на базі випробувань 2 години)

Список літератури

1. **Алтухов, А.А.** Применение жаростойкого материала КБНХЛ-2 для наплавки деталей газовых турбин / А.А. Алтухов, О.В. Гаврилов // Информационно-технический журнал «Сварщик». – 2004. – № 2. – С. 22-23
2. **Пейчев, Г.И.** Сравнительные характеристики износостойких сплавов для упрочнения бандажных полок рабочих лопаток газотурбинных двигателей / Г.И. Пейчев, В.Е. Замковой, Н.В. Андрейченко // Вестник двигателестроения. – 2009. – № 2. – С. 123-125.
3. Износостойкие сплавы для контактных поверхностей деталей ГТД / Г.И. Пейчев, А.К. Шурин, Л.И. Ивщенко и др. // Конструкционные материалы. Вестник двигателестроения. – 2006. – № 2. – С. 188-192.

УДК 621.313: 621.762: 537.52: 535.421

СТВОРЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗДІЙСНЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ІСКРО-ПЛАЗМОВОГО СПІКАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ЯВИЩА ЯДЕРНОГО МАГНІТНОГО РЕЗОНАНСУ

Колесник І. А.

Традиційний спосіб порошкової металургії – пресування з подальшим спіканням в печах – все частіше замінюється продуктивнішими і ефективнішими методами, в яких об’єднані процеси пресування і спікання, а спікання в печах замінюється електроспіканням. Однією з вельми перспективних технологій є іскро-плазмове спікання - метод спікання порошкових матеріалів під тиском, який базується на використанні імпульсного постійного струму з високим значенням сили струму для швидкого і рівномірного розподілу енергії іскрової плазми між частинками. Під впливом сильних струмів виникають плазма іскри, імпульсний тиск, джоулів нагрів та електрична дифузія. Відомо, що ІПС проводиться під тиском у вакуумі з можливістю використання інертного газу та дозволяє обробляти електропровідні, неелектропровідні і композитні матеріали до будь-якого ступеня щільності, включаючи повну щільність, з високою однорідністю і особливо міцними зв'язками між частинками. Дана технологія дозволяє одержати щільний матеріал, зберегти зерно нанодисперсним і досягти високої якості сполучення зерен. Щодо ядерного магнітного резонансу (ЯМР) треба зауважити, що хоча в назві цього явища присутнє слово «ядерний», до ядерної фізики ЯМР ніякого відношення не має і з радіоактивністю ніяк не пов'язаний. Згідно квантовій механіці, енергія взаємодії магнітного ядра із зовнішнім магнітним полем може приймати тільки кілька дискретних значень. Якщо опромінювати магнітні ядра змінним магнітним полем, частота якого відповідає різниці між цими дискретними енергетичними рівнями, вираженої в частотних одиницях, то магнітні ядра починають переходити з одного рівня на інший, при цьому поглинаючи енергію змінного поля. В цьому і полягає явище магнітного резонансу. Під час ЯМР ядра молекул починають коливатися і переходять з одної орбіти на іншу. За рахунок цього характеристики опромінених матеріалів покращуються. Дізнавшись про це явище, було взято за мету використати ЯМР для покращення фізико-механічних властивостей порошкового матеріалу, отриманого за допомогою ІПС. У зв’язку з цим, було вирішено створити необхідне обладнання для здійснення даної мети.

У результаті аналізу сучасного стану потужнострумової перетворювальної техніки за основу була прийнята з невеликими змінами схема напівмостового інвертора (рис. 1). Дана схема дозволяє досягнути потрібних параметрів спікання та Ларморової частоти для обраного матеріалу.

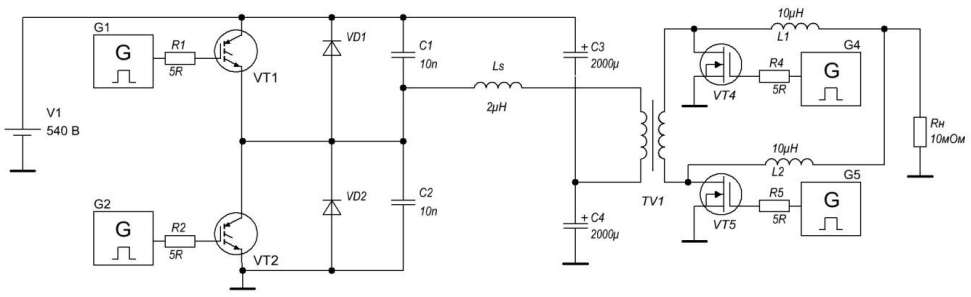


Рисунок 1. – Схема комп’ютерної моделі напівмостового інвертора з синхронним випрямлячем.

Для перевірки функціональної придатності обраної схеми необхідно розглянути її роботу при різних режимах, характерних для процесу іскроплазмового спікання. Для цього була складена комп'ютерна модель цієї схеми (рис. 1) і виконано моделювання її роботи в програмі Ltspice IV. Комп'ютерне моделювання показало повну відсутність втрат на включення транзисторів інвертора, яке відбувається при нулі струму і напруги на транзисторі. При цьому загальна потужність втрат для транзисторів інвертора склала 315 Вт. Загальна потужність втрат на транзисторах синхронного випрямляча за даними результатів моделювання склала 406 Вт. Це є добрим результатом для такого класу схем.

Для здійснення процесу ІПС необхідно обладнання, яке могло б задовольнити енергетичні та технологічні потреби цього процесу, а також забезпечити безперервність і безвідмовність. Створено комплекс ІПС, який включає джерело живлення (забезпечує електроживлення технологічного вузла) і технологічний вузол, що забезпечує захисну атмосферу - вакуумну зону спікання. Технологічний вузол комплексу ІПС (рис. 2) є стаціонарним обладнанням і складається з основних і допоміжних елементів. До основних елементів відноситься вакуумна камера (поз. 1), прес-форма (поз. 3) і насос вакуумний (поз. 9). До допоміжних відноситься мановакуумметр (поз. 4), вакуумна магістраль (поз. 10), крани вакуумні (поз. 5,6,7,8), балон для збільшення обсягу системи (поз. 13) і сполучні шланги (поз. 11,12).

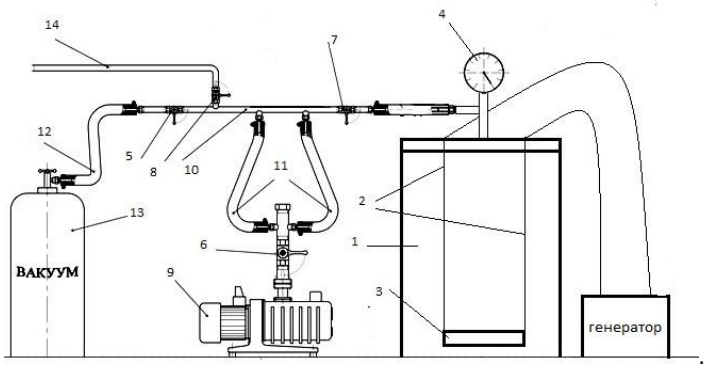


Рисунок 2. - Технологічний вузол комплексу ІПС.

1 - вакуумна камера; 2 - електричні дроти; 3 - прес-форма; 4 - мановакуумметр; 5,6,7,8 - вакуумні крани; 9 - насос вакуумний; 10 - вакуумна магістраль; 11,12 - з'єднувальні вакуумні шланги; 13 - балон для збільшення обсягу системи; 14 - повітрозабірник

Висновки:

У результаті виконаної роботи було обрано схему генератора ІПС та створено її комп'ютерну модель. Моделювання показало, що дана схема дозволяє досягти потрібних параметрів спікання. При цьому загальні втрати потужності є низькими для такого класу схем. Було створено технологічній вузол комплексу ІПС, що забезпечує вакуумну зону спікання.

Список використаної літератури:

1. **Васильев А. В.** Введение в спектроскопию;
2. **Петров, С.** Перспективная схемотехника сварочных инверторов / С. Петров // Современная электроника.- 2009.- № 1.- С. 36-45;
3. **Райченко, А.И.** Основы процесса спекания порошков пропусканием электрического тока /А.И. Райченко.- М.: Металлургия, 1987.- 128 с;
4. **Рагуля, А.В.** Консолидированные наноструктурные материалы / А.В. Рагуля, В.В. Скороход.- Киев: Наукова думка, 2007.- 374 с;
5. **Григорьев, Е.Г.** Электроимпульсная технология формирования материалов из порошков: Учебное пособие / Е.Г. Григорьев, Б.А. Калинин.- М.: МИФИ, 2008.- 152 с.

УДК 621.78

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ТЕРМІЧНОЇ СТАБІЛІЗАЦІЇ ПОЛІГОНІЗАЦІЙНОЇ СУБСТРУКТУРИ ЗАЛІЗА ТА СТАЛЕЙ

Дубовий О. М., Макруха Т. О.,
Національний університет кораблебудування, м. Миколаїв

Проблемою сучасного машинобудування є підвищення надійності та ресурсу роботи деталей машин та механізмів. Експлуатаційні характеристики деталей машин в цілому, їх ресурс роботи визначаються

переважно фізико-механічними властивостями здебільшого металів і сплавів, з яких вони виготовляються. Для вирішення цієї проблеми розроблено спосіб деформаційної та термічної обробки металів та сплавів, що включає попередню деформацію металу або сплаву з наступною передрекристалізаційною термічною обробкою [1]. Однак, у даного способу є недолік, пов'язаний з малим часом витримки (до 10 хвилин). Тому метою роботи є підвищення термічної стабільності полігонізаційної субструктури, яка забезпечує максимальну твердість технічно чистого заліза та вуглецевих сталей.

В дослідженнях використовували технічно чисте залізо марки Э12, сталь 20 та сталь 45 після відпалу при температурі 800 °С протягом 1 години. Відпалені зразки розміром 6×6×8 мм піддавали холодній динамічній деформації. Після чого проводили статичну деформації за допомогою гідравлічного пресу LosenHousenWLRK (Dusseldorf, 35 т) з навантаженням 20 т. Термічну обробку зразків здійснювали в лабораторній електричній печі СНОЛ-1.6.2.0.08/9-М1. Твердість HV_5 визначали на приладі типу «Віккерс» при навантаженні на індентор 5 кг (ДСТУ *ISO* 6507-4:2008). Твердість зразків після відпалу складала: технічно чистого заліза – 1,11 ГПа, сталі 20 – 1,45 ГПа, сталі 45 – 1,70 ГПа.

Спочатку проводили холодну динамічну деформації на 30 %, потім – статичну деформацію на 30 %. Сумарна величина комбінованої деформації склала 60 %. Значення твердості зразків після комбінованої деформації: технічно чистого заліза – 1,65 ГПа, сталі 20 – 1,97 ГПа, сталі 45 – 2,24 ГПа.

Отримані зразки нагрівали у печі до температури початку первинної рекристалізації матеріалу (500 °С) так, як у роботі [2]. Результати дослідження впливу тривалості витримки наведено на рисунку 1.

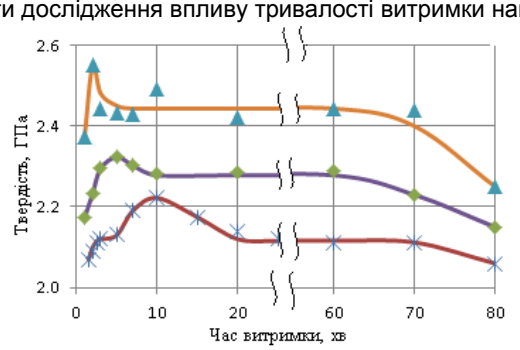


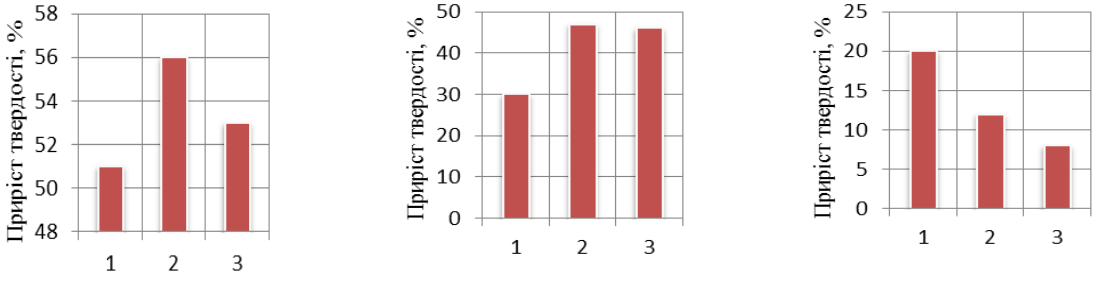
Рисунок 1 – Залежність твердості технічно чистого заліза, сталі 20 та сталі 45 від тривалості витримки передрекристалізаційної термічної обробки:

✳- технічно чисте залізо; ◆- сталь 20; ▲- сталь 45

З рисунку 1 видно, що відбувається стабілізація полігонізаційної субструктури, так як твердість залишається на одному рівні: для технічно чистого заліза при витримці від 20 хвилин до 70 хвилин; для сталі 20 – від 10 до 60 хвилин; для сталі 45 – від 5 до 60 хвилин. Збільшення концентрації вуглецю сприяє підвищенню твердості. Чим більше вуглецю, тим більше в сталі твердого цементиту, що і обумовлює ріст твердості. Тривалість витримки для отримання максимальних показників твердості скорочується.

Комбінування шляхом статичного, потім холодного динамічного деформування не приводить до подібної стабілізації.

Приріст значень твердості зразків технічно чистого заліза, сталі 20 та сталі 45, результати наведені на рисунку 2.



а) б) в)

Рисунок 2 – Значення приросту твердості зразків відносно відпаленого стану:
а) технічно чисте залізо; б) сталь 20; в) сталь 45
1 – після деформації; 2 – після деформації та термічної обробки (максимальне значення твердості); 3 – після деформації та термічної обробки протягом 60 хв;

Визначено залежність приросту твердості відносно деформованого стану після передрекристалізаційної термічної обробки, яка забезпечує максимальне значення твердості, від концентрації вуглецю. Результати наведені на рисунку 3.

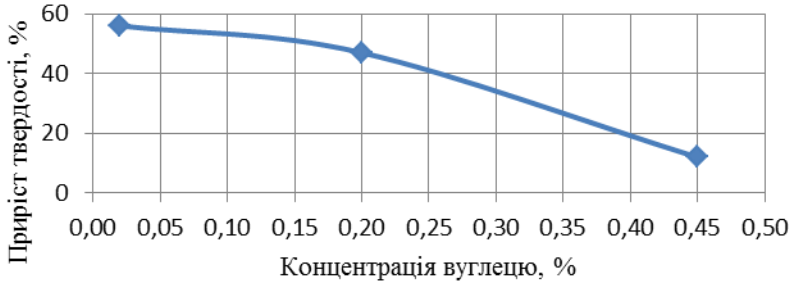


Рисунок 3 – Залежність приросту твердості після деформування та передрекристалізаційної термічної обробки від концентрації вуглецю у вуглецевих сталях

З рисунку 6 випливає, що збільшення концентрації вуглецю приводить до зменшення приросту твердості після передрекристалізаційної термічної обробки деформованих сталей, що пов'язано зі збільшенням вмісту цементиту, який гальмує утворення дислокаційних сплетінь під час деформації і, як наслідок, призводить до зменшення кількості зародків субзерен, які формують полігонізаційну субструктуру.

Таким чином комбінована деформація зразків, яка полягає у попередній холодній динамічній деформації та наступній статичній деформації, сприяє розорієнтуванню границь субзерен. Очевидно, що додаткова статична деформація збільшує кількість структурних недосконалостей у вигляді дислокаційних перехрещень. Встановлено, що підвищення термічної стабільності полігонізаційної субструктури технічно чистого заліза, сталі 20 та сталі 45 можливе комбінуванням динамічної і статичної деформації на 60 % та наступній передрекристалізаційній термічній обробці відповідно до 20…70 хв, до 10…60 хв, до 5…60 хв за рахунок зменшення рухомості границь субзерен через утворення потрійних вузлів (перехрещень) дислокацій, що розширює можливості практичного застосування передрекристалізаційної термічної обробки.

Література:

1. Дубовий, О.М. Вплив передрекристалізаційної термічної обробки на субстуктуру і твердість деформованих кольорових металів і сплавів та напилених покриттів / О.М. Дубовий, О.В. Бондаренко, О.О. Жданов, О.В. Жижко, М.М. Бобров, Т.С. Галкіна. – Обробка матеріалів у машинобудуванні, НУК, м.Миколаїв, 2012 р. – 7 с. 2. Дубовий, О.М. Математичне моделювання режиму передрекристалізаційної термічної обробки технічно чистого заліза / О.М. Дубовий, О.В. Чечель, О.О. Жданов – Электронная микроскопия и прочность материалов, Труды института проблем материаловедения им. И. Н. Францевича НАН Украины, Киев, 2014 р. – С. 76 – 81.

УДК 621.791

ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ КОВАРА НА ОСТАТОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ ПАЙКЕ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ ГЕРМОВВОДОВ

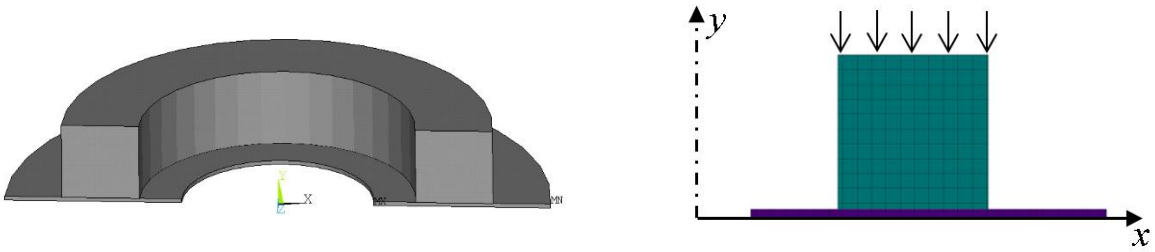
Лабарткава А.В., Матвиенко М. В., Лабарткава Ал.В., Карпеченко А.А.

Высоковольтные металлокерамические гермовводы применяются в электронно-лучевых установках для сварки и напыления [1]. Гермовводы изготовляться активной пайкой под давлением в 5 МПа при температуре 960 ºС с медленным (ступенчатым) охлаждением [1,2].

Ранее были проведены исследования влияния термодеформационных процессов на остаточное напряженно-деформированное состояние (НДС) при пайке металлокерамических гермовводов на различных этапах охлаждения [2], однако не изучено влияние толщины ковара и давления сжатия, с учетом деформаций мгновенной пластичности и ползучести металла, на уровень НДС, поэтому данная работа является актуальной.

Исследования проводили на узле, физическая модель которого состоит из двух керамических колец и металлического диска-токоподвода между ними (рис. 1, ***а***). Вследствие симметрии узла относительно середины толщины диска для уменьшения времени расчета и ресурсов ПК КЭ-модель строилась для одного керамического кольца и половины толщины токоподвода (рис.1) с вертикальным закреплением всех узлов

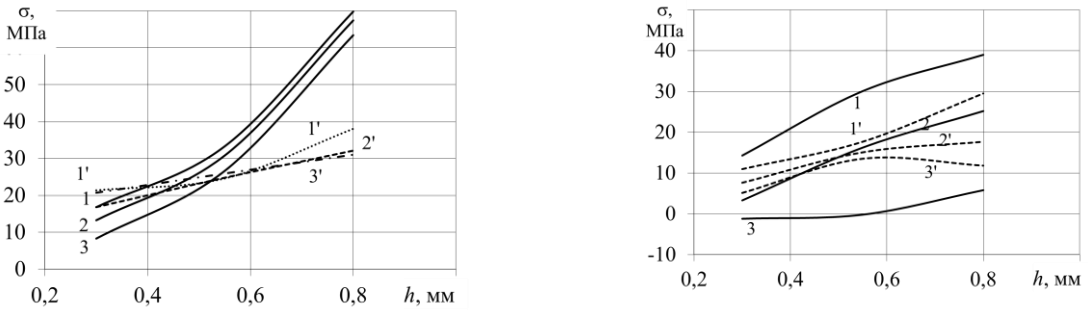
нижней кромки модели. В модели использованы кольцевые (осесимметричные) конечны еэлементы типа *Plane* 182.



а ***б***

Рис. 1 Физическая компьютерная (***а***) и конечно-элементная (***б***) модели узла гермоввода

Исследования влияния толщины ковара и приложенного давления на НДС узла показали, что максимальные растягивающие напряжения в керамике заметно возрастают с увеличением толщины ковара рис. 2. При быстром охлаждении они на внешней поверхности увеличиваются в зависимости от давления при толщине 0,3 мм от 10...20 МПа до 60...70 МПа при толщине 0,8 мм, и от 0...15 МПа до 5...40 МПа на внутренней. При медленном охлаждении они также увеличиваются, но в меньшей степени: от 20 МПа до 30...40 МПа на внешний и от 5... 10 МПа до 10...30 МПа на внутренней поверхности при увеличении толщины ковара от 0,3 до 0,8 мм. Повышение приложенного давления мало влияет на уровень остаточных осевых напряжений на наружной поверхности (рис. 2,***а***) и существенно снижает на внутренней (рис. 2,***б***). Появление деформаций ползучести при медленном охлаждении существенно снижает напряжение растяжения на внешней поверхности керамики.



а ***б***

Рис. 2. Зависимость максимальных осевых напряжений в керамике на внешней поверхности (***а***) и внутренней (***б***) поверхности от толщины ковара при давлении 5 МПа (1, 1'), 17,5 МПа (2, 2') и 30 МПа (3, 3') (сплошные кривые – бывстрое охлаждение, пунктирные кривые – медленное охлаждение)

Выводы.1.Исследование влияния толщины токоподвода и давления пайки на НДС узла гермоввода показали, что максимальные растягивающие напряжения в керамике растут с увеличением толщины. При быстром охлаждении, они на внешней поверхности увеличиваются в зависимости от давления, при толщине 0,3 мм от 10...20 МПа до 60...70 МПа при толщине 0,8 мм и от 0...15 МПа до 5...40 МПа на внутренней. При медленном охлаждении – от 20 МПа до 30...40 МПа на внешней и от 5...10 МПа до 10...30 МПа на внутренней поверхности. 2. Повышение давления пайки почти не влияет на уровень остаточных растягивающих напряжений на внешней поверхности и существенно снижает их на внутренней. Увеличение давления с 5 МПа до 30 МПа (при толщине токоподвода – 0,8 мм) при быстром и медленном охлаждении приводит к уменьшению напряжений на наружной поверхности на 7 МПа. На внутренней поверхности увеличение давления при быстром охлаждении снижает напряжение на 33 МПа, а при медленном – 17,7 МПа.

Список литературы:

[1] **Квасницкий, В.В.** Оптимизация конструкции металлокерамического узла на основе моделирования напряженно-деформированного состояния [Текст] / В.В Квасницкий, Ал.В. Лабарткава // Проблемитехніки: Науковиробничій журнал, – Одеса: Одеський національний морський університет, Хмельницькийнаціональнийуніверситет, №1, 2009. – С. 82-89.

[2] **Лабарткава Ал.В.** Остаточные напряжения при пайке металлокерамических гермовводов [Текст] / Ал.В. Лабарткава, // Зб. наук. праць НУК. – 2015, № 3. – С. 53-58.

УДК 621.793.7

СТАБІЛІЗАЦІЯ ЗДРІБНЕНОЇ ПОЛІГОНІЗАЦІЙНОЇ СУБСТРУКТУРИ У ПРОЦЕСІ ПЕРЕДРЕКРИСТАЛІЗАЦІЙНОЇ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ЕЛЕКТРОДУГОВОГО ПОКРИТТЯ

Дубовий О. М., Карпеченко А. А., Бобров М. Н.,
Національний університет кораблебудування, м. Миколаїв

Сучасне високотехнологічне виробництво потребує нових матеріалів з унікальними властивостями. Застосування їх у конструкціях визначається співвідношенням між міцністю і пластичністю. Металеві матеріали володіють найпривабливішим з точки зору практичної доцільності співвідношенням. Приріст міцнісних властивостей в останні роки забезпечується в основному за рахунок цілеспрямованого формування здрібненої мікро- і нанокристалічної структури [1].

Консолідовані наноматеріали не набули поки що широкого застосування через високу вартість, складність технології отримання тощо. Більш доступними є матеріали і покриття з наноструктурними елементами. Існуючі способи отримання покриттів з наноструктурними елементами [2-4] пов'язані зі спеціальною трудомісткою підготовкою порошків, потребують модернізації обладнання чи створення нових пристроїв.

Відомо, що при напилюванні покриттів відбувається інтенсивна пластична деформація частинок внаслідок їх високої швидкості співудару з підкладкою (в реальних процесах напилювання до 300 м/с) [5]. При цьому величина деформації може складати 90 – 95%, а швидкість охолодження деформованої частинки досягає 10^8 °С/с, що запобігає протіканню динамічної рекристалізації у матеріалі покриття. Короткочасна витримка зразків з напиленими покриттями при температурі рекристалізації і наступне прискорене охолодження на повітрі забезпечує підвищення твердості покриттів завдяки фіксуванню передрекристалізаційного стану матеріалу покриття.

З практичної точки зору основним недоліком передрекристалізаційної термічної обробки є невелика тривалість витримки у декілька хвилин, тому актуальним являється дослідження можливості стабілізації здрібненої полігонізаційної субструктури напиленого покриття при більш тривалій витримці у процесі термічної обробки за рахунок наступної деформації.

Мета роботи: встановлення можливості стабілізації здрібненої полігонізаційної субструктури напиленого покриття при більш тривалій витримці у процесі термічної обробки за рахунок наступної деформації.

Для досліджень обрали електродугові покриття з дроту Св-08Г2С, оскільки вони характеризуються найменшим значенням розміру областей когерентного розсіювання рентгенівських промінів [6] та найвищим ефектом підвищення твердості після передрекристалізаційної термічної обробки (рис. 15).

З метою гальмування руху дислокаційних субграниць у процесі збиральної полігонізації, який проявляється при нагріванні (тривалій витримці) здійснювали додаткове деформування покриття двома способами: пресуванням на гідравлічному пресі при навантаженні 10 т (ступінь деформації 30%) та шляхом поверхневої пластичної деформації (ППД) сталевими кульками діаметром 0,1…0,3 мм протягом 2 хв. Температуру нагрівання деформованих зразків знизили до 400 °С з огляду на те, що при збільшені величини деформації температурний поріг рекристалізації знижується [7]. Результати наведені на рис. 15.

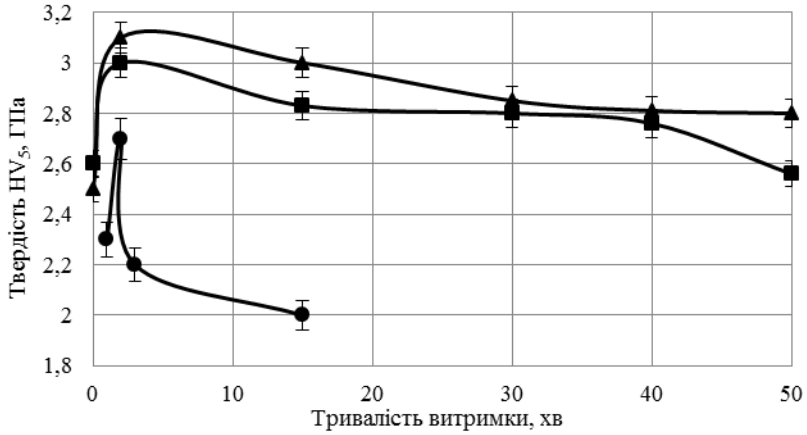


Рис. 15. Залежність твердості електродугових покриттів з дроту Св-08Г2С від тривалості витримки та виду наступної деформації: ● – без додаткової деформації (температура 450 °С); ■ – ППД; ▲ – пресування

Аналіз наведених даних показує, що використання наступної деформації забезпечує менше зниження твердості при підвищенні тривалості витримки при передрекристалізаційній термічній обробці до 15 хв. Дана тенденція спостерігається для обох видів деформації покриття. Так, наприклад, твердість

покриття без наступної деформації при підвищенні тривалості витримки з 2 хв до 15 хв зменшується з 2,7 ГПа до 2 ГПа (-35%), а при проведенні наступної деформації – з 3 ГПа до 2,8 ГПа (-7%) та з 3,1 ГПа до 3 ГПа (-3%) для ППД та пресування відповідно. Взагалі, достатньо високі значення твердості забезпечується при витримці до 40 хв для ППД, а для пресування навидь більше. Пояснюється це тим, що при здійсненні повторної деформації дислокаційна взаємодія закінчується виникненням від 50 % до 75 % дислокаційних бар'єрів (Хірта, Ломер-Коттрелла) решта бере участь у формуванні дислокаційних сплетінь. Дані дислокаційні бар'єри, які виникають вздовж напрямку, перпендикулярного осі деформації, стримують рух дислокацій та, як наслідок, зменшують рухливість полігонізаційних субграниць, чим знижується швидкість полігонізаційних процесів і забезпечується стабілізуючий ефект [8].

Висновок. Встановлено, що проведення наступної деформації (ППД та пресуванням) електродугових покриттів з дроту Св-08Г2С дозволяє збільшити час витримки при передрекристалізаційній термічній обробці (до 15…40 хв) без суттєвого зменшення твердості за рахунок зниження рухливості малокутових полігонізаційних субграниць. Це дозволить розширити промислове застосування передрекристалізаційної термічної обробки.

Список використаної літератури:

1. **Лякишев, Н. П.** Нанокристаллические структуры – новое направление развития наноструктурных материалов [Текст] / Н. П. Лякишев // Вестник Рос. акад. наук. – 2003. – Т. 73, № 5. – С. 422–428.Р.З. Валиев, И.В. Александров, *Объемные наноструктурные металлические материалы: получение, структура и свойства* (Москва: Академкника: 2007).

2. **Калита, В. И.** Физика, химия и механика формирования покрытий, упрочненных наноразмерными фазами [Текст] / В. И. Калита // Физика и химия обработки материалов. – 2005. – № 4. – С. 46–57.

3. **Zhang, Hui.** Прогресс исследований покрытий из композиционного материала с металлической матрицей, упрочненной наночастицами [Text] / Hui Zhang, Yi-zhu He // Anhui gongye daxue xuebao. Zizan rexue ban : J. Anhui. Univ. Technol. Natur. Sci. – 2006. – № 1. – P. 21–25.

4. **Воронов, А. В.** Создание наноструктурных состояний в поверхностных слоях комбинированным методом ионной имплантации – магнетронного распыления – ультразвуковой обработки [Текст] / А. В. Воронов // Физическая мезомеханика. – 2005. – № 8. – С. 113–116.

5. **Петров, С. В.** *Плазменное газовоздушное напыление* [Текст] / *С. В. Петров, И. Н. Карп* // Киев: Наукова думка, 1993. – 495 с.

6. **Казимиренко, Ю. А.** Формирование электродуговых покрытий с повышенной прочностью, демпфирующей способностью и коэффициентом поглощения ионизированных излучений [Текст] / Ю. А. Казимиренко, Н. Ю. Лебедева, А. А. Карпеченко, А. А. Жданов // Міжвузівський збірник "НАУКОВІ НОТАТКИ". Луцьк, 2013. Випуск № 41 Частина 1. – С. 117-121.

7. **Дубовой, А. Н.** Улучшение эксплуатационных свойств напыленных покрытий электроимпульсным воздействием на двухфазный высокотемпературный поток с последующей термической обработкой [Текст] / А. Н. Дубовой, А. А. Карпеченко, М. Н. Бобров // *Збірник наукових праць НУК,* 2014, №4. – С. 60-64.

8. **Пат. u 2015 10721 Україна, МПК C23/C 4/00.** Спосіб деформаційно-термічної обробки електродугових покриттів [Текст] / А. Н. Дубовой, А. А. Карпеченко, О. О. Жданов, М. Н. Бобров, А. М. Портная; заявник та патентоодержувач Національний університет кораблебудування. – № 106450; заявл. 03.11.15; опубл. 25.04.16; Бюл. №8.

УДК 621.793.7

ОТРИМАННЯ СТАБІЛЬНОЇ ПОЛІГОНАЛЬНОЇ СУБСТРУКТУРИ У ЕЛЕКТРОДУГОВИХ ПОКРИТТЯХ, НАПИЛЕНИХ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕКТРОІМПУЛЬСНОЇ ДІЇ

Дубовий О. М., Карпеченко А. А., Бобров М. Н.,
Національний університет кораблебудування, м. Миколаїв

Основним недоліком передрекристалізаційної термічної обробки є невелика тривалість витримки у декілька хвилин [1, 2], тому актуальним являється дослідження можливості стабілізації здрібненої полігонізаційної субструктури напиленого покриття при більш тривалій витримці у процесі передрекристалізаційної термічної обробки за рахунок наступної деформації, оскільки вона створюватиме дислокаційні бар'єри та сплетіння, які гальмуватимуть рух субмеж.

Мета роботи: встановлення можливості підвищення тривалості витримки при передрекристалізаційній термічній обробці та отримання стабільної полігональної субструктури у електродугових покриттях, напилених з використанням електроімпульсної дії.

Для досліджень обрали електродугові покриття з дроту 12Х18Н10Т, оскільки попередні експерименти показали, що для даного матеріалу характерний високий приріст твердості після проведення передрекристалізаційної термічної обробки. Також даний дріт часто застосовується для отримання захисних покриттів. Наступну деформацію покриття здійснювали на гідравлічному пресі при навантаженні 20 т. Величина деформації складала 15 %. Отримані зразки з покриттями нагрівали у печі до температури початку первинної рекристалізації матеріалу покриття, яка складає 600 °С. Оптимальний режим передрекристалізаційної термічної обробки визначали за показниками твердості за Віккерсом. Результати вимірювання твердості приведені на рис. 1.

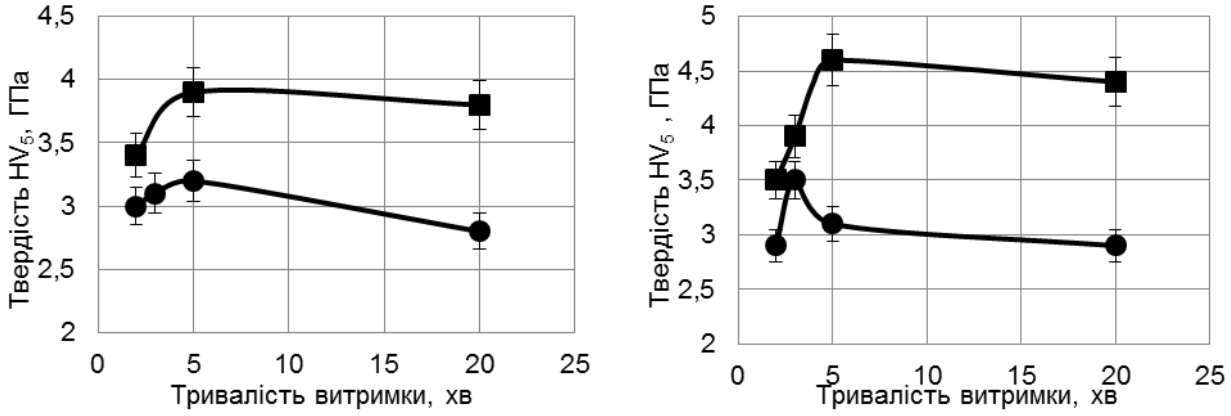


Рисунок 1 – Залежність твердості електродугових покриттів з дроту 12Х18Н10Т напилених за традиційною технологіє (*а*) та з використанням електроімпульсної дії (*б*) від тривалості витримки при термічній обробці:
● – після напилення; ■ – після напилення та наступної деформації (15%)

Твердість покриття після напилення, нанесеного за традиційною технологією, склала 2,4 ГПа. При використанні електроімпульсної дії твердість покриття підвищилася до 2,8 ГПа.

Але при використанні електроімпульсної дії при напиленні спостерігається підвищення твердості після наступної деформації та термічної обробки (витримка 20 хв) на 83 %, а при використанні традиційної технології – на 58 %. Даний ефект пояснюється підвищенням величини деформації частинок за рахунок збільшення їх підлітної швидкості. Згідно з даними по визначенню ОКР (табл. 1), покриття, отримані з використанням електроімпульсної дії характеризуються меншим їх значенням та наномасштабним розміром.

Таблиця 1. Розмір ОКР електродугових покриттів з дроту 12Х18Н10Т

Покриття	Обробка	ОКР, нм
Напилення за традиційною технологією	Після напилення	394
	Після термічної обробки (5 хв, 600°С)	153
	Після термічної обробки (20 хв, 600°С)	342
	Деформація 15%	164
	Деформація 15% та термічна обробка (5 хв, 600°С)	87,5
	Деформація 15% та термічна обробка (20 хв, 600°С)	237
Напилення з використанням електроімпульсної дії	Після напилення	352
	Після термічної обробки (5 хв, 600°С)	123
	Після термічної обробки (20 хв, 600°С)	326
	Деформація 15%	154
	Деформація 15% та термічна обробка (5 хв, 600°С)	82
	Деформація 15% та термічна обробка (20 хв, 600°С)	198

Висновок: встановлено, що проведення наступної пластичної деформації покриттів (15%), напилених як із використанням електроімпульсної дії так і за традиційною технологією, дозволяє збільшити час витримки при передрекристалізаційній термічній обробці (до 20 хв) без суттєвого зниження твердості за рахунок зниження рухливості малокутових полігонізаційних субмеж.

Список використаної літератури:

1. **Дубовой А.Н.** Улучшение эксплуатационных свойств напыленных покрытий электроимпульсным воздействием на двухфазный высокотемпературный поток с последующей термической обработкой [Текст] / А.Н. Дубовой, А.А. Карпеченко, М.Н. Бобров // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2014. – № 4. – С. 60 – 64.
2. **Дубовий О.М.** Вплив передрекристалізаційної термічної обробки на субструктуру і твердість деформованих кольорових металів і сплавів та напилених покриттів [Текст] / О.М. Дубовий, О.В. Бондаренко, О.О. Жданов, О.В. Жишко, М.М. Бобров, Т.С. Галкіна // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2012. – № 2. – С. 47 – 53.

УДК 67.03

ПРОГРЕСС ИНДУСТРИАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕВОЛЮЦИЯ В СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛАХ

Кривощеков В.Е.,
Учебно-исследовательский центр «Надежность в судоходстве», Одесса, Украина

Современные технологии ориентируют рыночный спрос и формируют новую эру необходимых сырьевых ресурсов. При этом цены на нефть, уголь, сталь уже достигли своих новых минимумов. Расширение производства электромобилей Nissan Leaf, солнечных батарей Tesla PowerWall и др. (см. рисунок) требуют накопления и хранения больших запасов энергии, к тому же пример мобильного телефона уже показал важность батарей в современной жизни. Угольная, сталелитейная промышленности представляются умирающими ещё с прошлого столетия. Высокотехнологичному сообществу требуются новые материалы, например титановые порошки, которые используются в 3D-принтерах для изготовления медицинских и промышленных деталей, для производства и поставки комплектующих и запасных частей для аэрокосмической отрасли. Поскольку цены на традиционное сырьё (нефть, сталь и уголь) «томятся» уже в нескольких годовых минимумах, на сырьевые материалы, используемые в смартфонах, электрических машинах и 3D-принтерах (среди них литий, графит и кобальт для использования в аккумуляторных батареях) устанавливается повышенный спрос. Это побуждает некоторых аналитиков объявить наступление новой эры материальных ресурсов, обусловленной новыми технологиями.

Далее в докладе, подготовленном по открытым интернетовским источникам, представлен обзор по основным ресурсным материалам, которые уже используются и спрос, на которые растёт в геометрической прогрессии для удовлетворения потребностей современных индустриальных технологий.

Литий в настоящее время рассматривается как потенциально «новый бензин". Прогнозируется, что спрос на его использование в электрических транспортных средствах может вырасти в 11 раз (более чем в 300000 тонн к 2025 году). И это понятно: гибридные и электрические автомобильные аккумуляторы содержат от 40 до 80 кг лития. Ожидается, что электромобили будут составлять 25 процентов продаж автомобилей в 2025 году, в отличие от сегодняшнего 3-процентного показателя. При этом затраты на их производство сократятся вдвое в течение следующего десятилетия. Ученые постоянно работают над проблемой снижения затрат и увеличения мощности электрических батарей путем соединения новых естественных материалов или изготовления новых искусственных. В итоге, пока ещё не ясно, как электрический аккумулятор автомобиля будет выглядеть через 10 лет или какие он будет использовать материалы.

Широко используемый со времён холодной войны в вооруженных силах США для самолетов-разведчиков **титан** в течение десятилетий производился с использованием энергоемких процессов. Теперь можно производить титан, из естественных руд и сократить расходы на электроэнергию, по крайней мере, на 50 процентов. Точно так же, 3D-печать позволяет снизить затраты на производство титановых деталей в промышленных масштабах, значительно уменьшая отходы. Известный как "чудо-металл", титан прочнее стали, на 45 процентов легче, а также устойчив к коррозии. Это делает его "сильным и достаточно жестким, чтобы выжить в космосе или на дне океана" – таково мнение Королевского химического общества. Такие компании, как британская Metalysis начали производить титановый порошок для использования в 3D-принтерах с помощью электролиза, без необходимости доводить обычный титан до высокой температуры. Дешевый титан может привлечь автомобильную промышленность, поскольку она стремится снизить вес автомобилей, чтобы удовлетворить требования законодательства по выбросам. Первоначальные источники титана доступны по всему миру, это один из самых распространенных элементов в земной коре. Это не означает, что алюминий вот-вот исчезнет, но порядок вещей может измениться. Ключ к успеху - это снижение затрат на производство титана.

Кобальт получил свое название от немецкого слова kobold, что означает гоблин (исторически понятие «гоблин» близко славянскому понятию «бес»: это низшие духи природы, из-за экспансии человека

вынужденные жить в его среде). Блестящий серый металл, получаемый в основном в качестве побочного продукта при производстве меди, широко используется в качестве соединения с литием в катоде литий-ионных батарей, а также в высокопрочных металлических сплавах для деталей газовых турбин. Прогнозируется, что общий спрос на кобальт-батареи может возрасти более чем вдвое к 2020 году. Медь, падение цены которой на 50 процентов наблюдается с 2011 года, по-прежнему сохраняет гораздо больший рынок (около $ 124 миллиардов в 2014 году), чем рынок лития, графита или кобальта, стоимостью меньше, чем $ 1 млрд.

Один из самых чистых форм углерода, найденных в скалах, **графит**, применяется в электрических батареях, используя свойства своей высокой проводимости, и в сталеплавильных печах за его способность выдерживать высокие температуры. Электрические транспортные средства, устройства накопления и хранения энергии и мобильные приборы - все работают от батарей, которые используют графит в качестве анодного материала. Графит останется и далее крупнейшим индустриальным материалом. Около 60 процентов материала в батареях производят из естественного чешуйчатого графита, а остальное - из синтетических техногенных источников. Кстати, Китай в настоящее время осуществляет более 60 процентов мировых поставок природного графита, но это не означает, что вскоре не появятся новые источники поставок. Тем более разработчики батарей уже работают над проблемой замены графита другими материалами, такими как кремний, например, которые способны накоплять и хранить большие объёмы энергии.



Рисунок. Электрический автомобиль Nissan Leaf, Тесла PowerWall - которые хранят внутреннюю энергию - и мобильный телефон указывают на важность и значимость батарей в современной жизни. Источник: Financial Times, 2016.
Подробности на сайте http://krivoshchekov.at.ua

УДК 622.785:629.5

ПРИНЦИПИ РОЗРОБКИ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ТЕРМОДЕФОРМАЦІЙНИХ СПОСОБІВ ФОРМУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ І ПОРОШКОВИХ ПОКРИТТІВ

Казимиренко Ю. О.,
Національний університет кораблебудування, м. Миколаїв

Метод гарячого пресування є одним з перспективних для формування порошкових заготовок і виробів, якій дозволяє під дією температури та зусилля, що додається, реалізувати процес термічної консолідації порошкових компонентів в одному технологічному циклі. Існуючі конкурентоспроможні технології,

які є розвинутими модифікованими напрямками гарячого пресування, основані на пропусканні електричного струму крізь прес-форму та заготівку, забезпечують швидкий попередній нагрів та короткочасний технологічний цикл, однак обмежуються діапазонами електропровідності порошків. У ряді випадків (спікання крихких порошків, тепло- і електроізоляторів, формування аморфних структур, пресування гетерофазних сумішей) єдиним методом одержання композицій є застосування гарячого пресування з механічним способом прикладання тиску: це забезпечує рівноважний розподіл структури і властивостей по об'єму та висоті пресовки. Розвиток методу гарячого пресування безпосередньо пов'язаний з формуванням нових наноструктурних, градієнтних, шаруватих порошкових матеріалів і покриттів та потребує розробки нового обладнання та устаткування, за допомогою якого стає можливим процес одержання композицій із декількох компонентів з різною температурою плавлення, дисперсністю, температурним коефіцієнтом лінійного розширення. Тому ***метою роботи*** є розробка та реалізація конструкції експериментального зразка установки з механічним пресуючим пристроєм, що дозволить аналізувати та демонструвати термодеформаційні процеси порошків у дослідницьких та навчальних цілях.

Розроблена установка (рис. 1) складається з шахтної лабораторної печі вертикального завантаження з номінальною температурою 900˚С та окислювальною атмосферою, механічного пресуючого пристрою та блоку управління, новизна конструкції підтверджена патентом на корисну модель [1]. Для зручності обслуговування установка розміщується на столі або підставці у місці, яке не підлягає товчкам та вібраціям. Загальний принцип одержання зразків шляхом спікання порошків під тиском складається із засипки формувальної суміші у прес-форму, прикладання тиску та встановлення температурних режимів: якщо технологічним процесом передбачене проміжне прогрівання , то спочатку задаються режими проміжного прогрівання, а потім – ізотермічної витримки. При гарячому пресуванні спочатку задається температура проміжного прогрівання, при досягненні якої прикладається певний тиск, а потім – режими ізотермічної витримки. Якщо процес спікання відбувається у вільному стані (без прикладання тиску), то задаються виключно температурні режими. Процес нанесення порошкових покриттів включає попередню підготовку виробу (зокрема лудіння для сталевих поверхонь), приготування формувальної суміші, до якої прикладається зусилля пресування, за допомогою блоку управління задаються температурні режими [2].

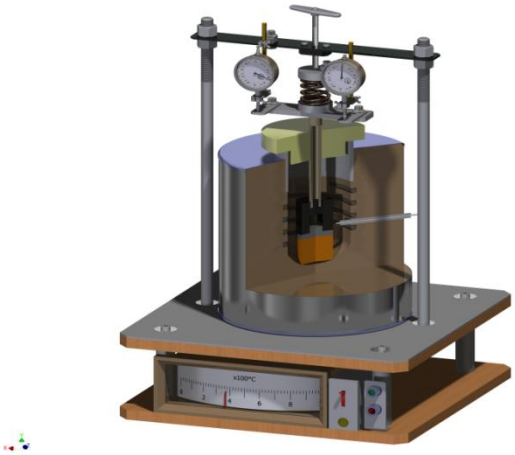


Рис. 1. Експериментальна установка

Технологічні заходи щодо регулювання та вимірювання температури. Для автоматичної підтримки температури з точністю ±2˚С служить блок управління, який складається з мілівольтметру регулюючого типу, тиристора, вимикача та двох сигнальних ламп, які оповіщають про процеси підйому та підтримки температури. Для безпосереднього вимірювання температури у робочому просторі використовується перетворювач термоелектричний (термопара) градуювання ХА (ДСТУ 2837-94), який з'єднаний з мілівольтметром Ш4501. В печі в якості нагрівального елементу застосовано ніхромову проволоку марки Х20Н80. При виконанні дослідницьких робіт можна використовувати технологічну кришку з отвором для додаткової контрольної термопари. Для проведення профілактичних робіт, пов'язаних з термометруванням, у технологічному отворі розміщується скляний ртутний термометр (ГОСТ 13646-68) з діапазоном вимірювання 0…500˚С, якій поміщається безпосередньо у прес-форму (без пуансону) та дозволяє встановити різницю з показниками приладу Ш4501.

Дослідження усадочних процесів відбувається за допомогою індикатора переміщення пуансону, показання якого за допомогою секундоміра фіксуються кожну хвилину. Обов'язковою умовою при проведенні експериментальних робіт є вимірювання висоти засипки l_0 до прикладання тиску пресування. Оброблені результати представляються у вигляді кінетичних кривих усадки (ККУ) $\Delta l / l_0 = f(\tau)$ як величина деформації за

кожну хвилину, що віднесена до початкової висоти засипки (рис. 2). За результатами ККУ можна аналізувати основні етапи структуроутворення композицій: температура початку усадки, як правило співпадає з температурою початку розм'якшення найбільш легкоплавкого компоненту, побудова ККУ у логарифмічних координатах дозволяє визначати температурно-часовий інтервал, в якому відбувається інтенсивне формування структури матеріалу; контроль усадкових процесів дозволяє зупинити процес у певний момент з метою одержання необхідної структури та властивостей.

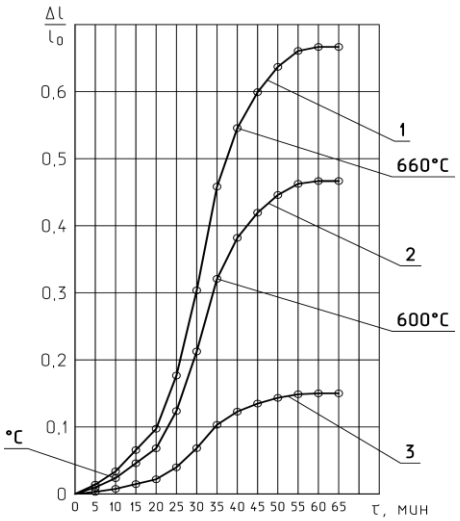


Рис. 2. Кінетичні криві усадки процесу гарячого пресування (*P* = 0,7 МПа) формувальної суміші пудра алюмінію (марка АПС-1А) – порожні скляні мікросфери (50 % об'ємн.) при температурах: 1 – 660°С; 2 – 600°С; 3 – 550°С

Реалізація конструкції установки на промисловому рівні пов'язана з виконанням розрахунків та моделюванням енергетичних параметрів, впровадженням нових методів термоконтролю та цифрової оброки результатів усадочних процесів з метою подальшого занесення до бази даних.

Висновок: Розроблений та виготовлений лабораторний зразок експериментальної установки, за допомогою якої можна здійснити спікання металевих і неметалевих порошків, а також їх сумішей як з використанням тиску, так у вільному стані, виконувати допресовку шарів при виготовленні композицій, формування порошкових покриттів на поверхні виробів.

Література:

1. **Патент 99331 на корисну модель МПК B22F3/14.** Установка для виготовлення порошкових виробів [Текст] / Ю. О. Казимиренко; заявник і патентовласник Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова. − u 2014 14197 МПК B22F3/14; заявл. 30.12.2014; опубл. 25.05.2015; Бюл. № 10.

2. **Пат. 97311 на корисну модель МПК B22F3/14.** Спосіб формування порошкового покриття на поверхні виробу [Текст] / Ю. О. Казимиренко; заявник і патентовласник Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова. – u2014 09819 МПК B22F3/14; заявл. 08.09.2014; опубл. 10.03.2015; Бюл. № 5.

СЕКЦІЯ №4

Інноваційні засоби удосконалення суднових енергетичних установок та систем

УДК 621.438

ПЕРСПЕКТИВНІ МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ ЖАРОВИХ ТРУБ ГАЗОТУРБІННОГО ДВИГУНА

Сербін С.І., Карачун О.Б.,
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Одним зі шляхів підвищення ефективності та економічності сучасних газотурбінних двигунів є підвищення температурі газів T_3 перед турбіною. Це призводить до підвищення теплової напруженості жарових труб камери згоряння. Відповідно, для збереження даного рівня надійності необхідно підвищення ефективності системи охолодження стінок жарових труб.

Виділяють конвективні, плівкові та конвективно-пловкові системи охолодження. Добре зарекомендувала себе [1] конвективна система охолодження, в якій зовнішня стінка жарової труби має отвори, через які охолоджуюче повітря натікає і стикається з внутрішньою стінкою. Зі сторони гарячих газів нанесено шар термобар'єрного покриття. На рисунку 1 приведена схема конвективної системи охолодження.

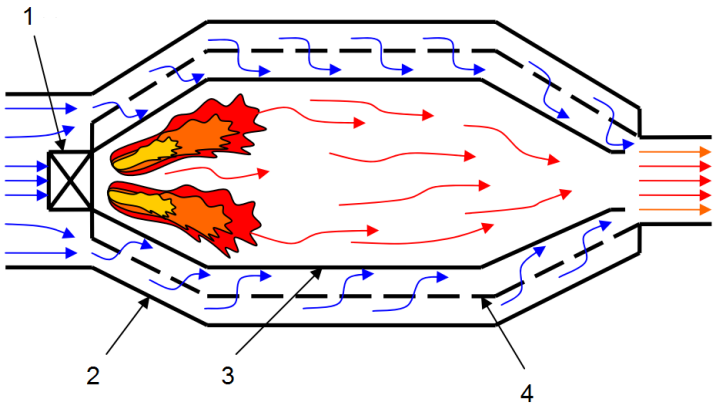


Рисунок 1. Конвективна система охолодження стінок жарової труби [2]: 1 – завихрювач; 2 – корпус; 3 – внутрішня стінка жарової труби; 4 – зовнішня стінка жарової труби з охолоджуючими отворами

Однією з переваг даної системи є можливість модифікації системи охолодження без необхідності внесення значних змін у конструкцію камери згоряння. Збільшення або зменшення міри охолодження досягається шляхом зміни діаметру отворів охолодження, кількості отворів у ряді та зміною кількості і положення рядів отворів.

Даний тип системи охолодження широко використовується зарубіжними газотурбобудівними підприємствами, такими як Siemens, і Rolls-Roys [3,4], у розробці перспективних камер згоряння.

Існують декілька шляхів подальшого підвищення ефективності системи охолодження стінок жарових труб. Серед них можна виділити комбінацію конвективної системи охолодження з конвективно-плівковою та підвищення інтенсивності теплообміну охолоджуючого повітря з внутрішньою стінкою жарової труби. Також можливе комбінування цих двох шляхів.

Комбінування конвективної і плівкової системи охолодження дозволяє зменшити теплове навантаження на внутрішню стінку жарової труби завдяки утворенню плівки охолоджуючого повітря. На рисунку 2 показано декілька схем модернізації систем охолодження.

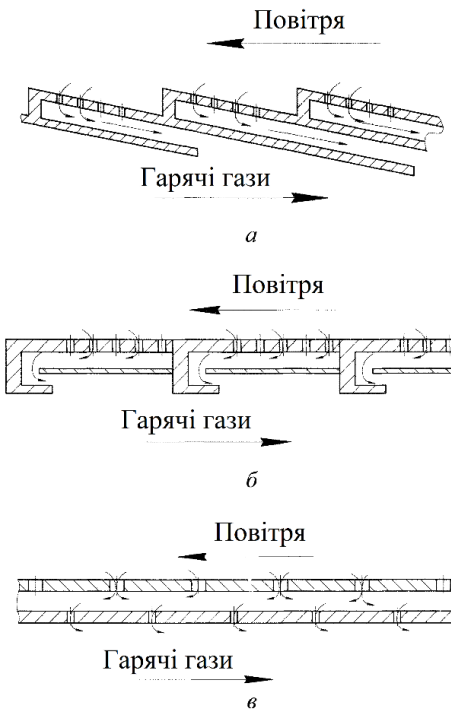


Рисунок 2. Варіанти конструктивних схем систем конвективного та конвективно-плівкового охолодження

Водночас в даній схемі плівка охолоджуючого повітря частково змішується з незгорівшою паливо-повітряною сумішшю. Це призводить до переохолодження потоку в камері згоряння, підвищенню утворення викидів оксиду вуглецю CO та незгорівшого палива.

Також одним зі шляхів підвищення ефективності системи охолодження є інтенсифікація теплообміну між внутрішньою стінкою жарової труби та охолоджуючим повітрям. Для цього на внутрішній стінці зі сторони охолоджуючого повітря встановлюються перешкоди у вигляді оребрення, лунок та напівсферичних виступів, дані типи перешкод схематично показані на рисунку 3.

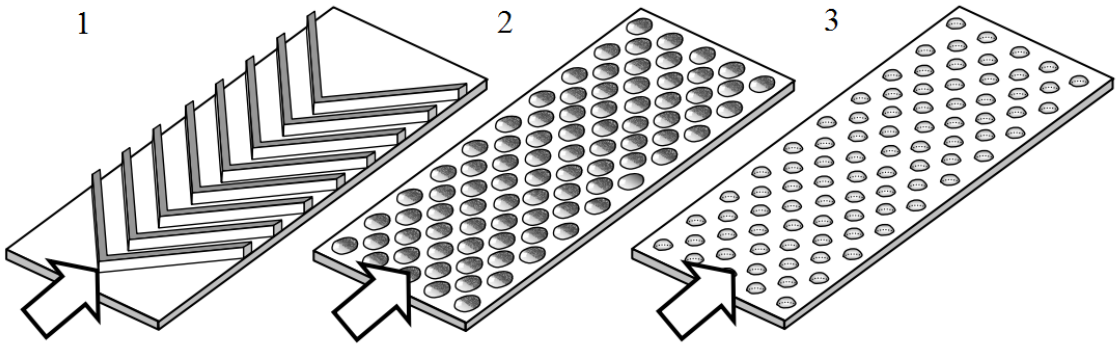


Рисунок 3. Варіанти інтенсифікаторів теплообміну [5]: 1 – оребрення; 2 – лунки; 3 – напівсфери

Інтенсифікація теплообміну досягається за рахунок збільшення площі поверхні, турбулізації потоку, утворення вихорів у просторі між перешкодами. Ребра-турбулізатори широко використовуються у сучасних системах охолодження соплових і робочих лопаток турбін у складі так званих вихрових матриць, які забезпечують більшу турбулізацію потоку.

Як показано в роботах [5,6], при використанні оребрення найбільше значення коефіцієнту тепловіддачі досягається при використанні ребр у формі латинської букви V (рис 3). Прямі повздовжні та поперечні ребра мають меншу ефективність у порівнянні з V -подібними. В цілому використання оребрення дозволяє збільшити коефіцієнт тепловіддачі від гарячої стінки до охолоджуючого повітря, у порівнянні з гладкою стінкою, у 2,5-3 рази. Водночас використання ребер-турбулізаторів значно збільшує гідравлічний опір поверхні.

Використання напівсферичних перешкод у якості турбулізаторів дозволяє зменшити гідравлічні втрати, але разом з цим зменшується і ефективність теплообміну [5].

Рух потоку у напівсферичних лунках змінюється в залежності від глибини лунки та числа Рейнольдса [7]. В неглибоких лунках спостерігається плавне обтікання потоком, при збільшенні глибини лунки та числа

Рейнольдса потік в лунці приймає вихровий, нестаціонарний характер. Поверхня з напівсферичними лунками має менші гідравлічні втрати а також меншу ефективність теплообміну.

Висновки. На основі виконаного аналізу шляхів підвищення ефективності системи охолодження жарових труб камери згоряння газотурбінного двигуна можна зробити наступні висновки:

– для підвищення ефективності охолодження доцільно комбінувати нові конструктивні схеми конвективно-плівкового охолодження з засобами інтенсифікації теплообміну між стінкою жарової труби ті охолоджуючим повітрям;

– з перспективних методів інтенсифікації теплообміну значний практичний інтерес представляють V-подібні ребра-турбулізатори через їхню високу ефективність.

Література

1. *Сербин С. И.* Разработка конвективной системы охлаждения камеры сгорания газотурбинного двигателя мощностью 25 МВт / С. И. Сербин, А. Б. Мостипаненко. // Сборник научных трудов Вестник НТУ "ХПИ". – 2011. – №5. – С. 95–100.

2. *Esposito E.* Jet impingement cooling configurations for gas turbine combustion : Master of Science in Mechanical Engineering Thesis / Esposito Eric – Baton Rouge, 2006. – 54 p.

3. *Khawar J.S.* The nature of NOx formation within an industrial gas turbine dry low emission combustor / J.S. Khawar, E. Buchanan // ASME, 2005. – GT2005-68070. – 8 p.

4. *Smith D.* DOE Peer Review Meeting Rolls-Royce Overview [Электронный ресурс] / D. Smith // Rolls-Royce Corporation. – Indianapolis, 2002. – Режим доступа: http://www.p2pays.org/ref/20/19270.pdf. – Заголовок з екрану.

5. *Maurer M.* Experimental and numerical investigations of convective cooling configurations for gas turbine combustors : Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.) genehmigte Abhandlung / Maurer Michael – Stuttgart, 2008. – 147 p.

6. Liu Y. Jet impingement heat transfer on target surfaces with longitudinal and transverse grooves / Y. Liu, S. Song, Y. Lo. // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2013. – №58. – С. 292–299.

7. *Халатов А.А.* Теплообмен и гидродинамика в полях массовых сил: обзор работ, выполненных в ИТТФ НАН Украины. Часть 2. Поверхностно-вихревые системы (углубления) / А.А. Халатов // Промышленная теплотехника. — 2012. — Т. 34, № 1. — С. 21-33

УДК 629.12.03

РОЗРОБКА АЕРОЗОЛЬНИХ ГРАДІЄНТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ СИСТЕМ ЖИТТЄЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СУДЕН І КОРАБЛІВ

Рижков С.С., канд. техн. наук, доцент,
Національний університет кораблебудування, м. Миколаїв

Проблема очищення аерозольних середовищ для суднових енергетичних установок та систем життєзабезпечення пов’язана з їх економічністю та екологічністю. Аерозольні середовища утворюються в процесі згоряння палив, вентиляції масляних порожнин систем змащення (системи суфлювання, вентиляції картеру, вентиляції редукторів турбін). Аналіз результатів, отриманих вітчизняними та іноземними вченими із цієї проблеми показав, що питання енергозбереження та екологізації для енергетичних установок та систем життєзабезпечення з метою зменшення теплового сліду суден для збільшення прихованості в умовах відкритого моря стають особливо актуальними. Одним з напрямів їх вирішення є розробка високоефективних градієнтних сепараторів аерозольних середовищ для суднових енергетичних установок.

Створення технологій по розділенню аерозольних середовищ з використанням градієнтних методів уловлювання фаз є значним резервом енергозбереження. Фактично на даний час не створено теорії, а також відсутні достовірні експериментальні дані стосовно процесів термо-, акустико - та фотофоретичного переносу аерозолів в прикордонних шарах багатофункціональних поверхонь. Використання методів та способів проектування та впровадження фільтрів на основі градієнтних технологій дозволяє підвищити надійність, ресурс суднового енергетичного обладнання та його елементів.

Сумісне використання різних способів по розділенню аерозольних середовищ для інтенсифікації переносу в багатофазних потоках, як раціональна система дій дозволяє отримати додатковий позитивний результат відносно суми індивідуальних результатів окремих способів при використанні внутрішньої енергії потоку і зовнішньої енергії оточення. Системність послідовності способів по розділенню аерозольних середовищ в умовах вихідних даних оточуючого середовища дозволяє використовувати сукупність

інтегральних показників у межах їх попереднього визначення для досягнення більш високих рівнів інтенсифікації.

Метою такого дослідження є розробка аерозольних градієнтних технологій для систем життєзабезпечення суден і кораблів для зменшення теплового сліду суден та збільшення прихованості в умовах відкритого моря.

Об'єктом дослідження є процеси очищення аерозольних середовищ в суднових енергетичних установках і системах життєзабезпечення, а предметом дослідження – технологія градієнтного переносу в прикордонних шарах багатофункціональних поверхонь при очищенні аерозольних середовищ суднових енергетичних установок і систем життєзабезпечення.

Основні завдання дослідження для досягнення мети наступні:

• опрацювання засад та вихідних вимог на створення теоретичних основ інноваційних технологій градієнтного переносу в прикордонних шарах багатофункціональних поверхонь при очищенні аерозольних середовищ, які можуть бути використані для розробки високоефективних градієнтних сепараторів: газових середовищ енергетичних установок; систем суфлювання для новітніх високоефективних газотурбінних двигунів з парогазовими та газопаровими циклами, що працюють при різних витратах двофазового середовища, систем життєзабезпечення (технічного і комфортного кондиціювання повітря).

• створення ресурсозберігаючих аерозольних градієнтних фільтрів для суднових систем технічного та комфортного кондиціювання.

В основу дослідження покладено ідею системності принципу градієнтної інтенсифікації процесів переносу в прикордонних шарах багатофункціональних поверхонь за рахунок термо-, акустико - та фото-форетичних ефектів та сил поверхневого натягу при очищенні аерозольних середовищ. Суть її полягає у тому, що за рахунок створення градієнтів сил різного походження в прикордонних шарах є можливість створити потужні спрямовані течії, які обумовлюють перенос дисперсної фази на поверхню для досягнення необхідних фізичних та технологічних ефектів у процесах переносу аерозольного середовища для здійснення робочих процесів енергетичних установок та систем життєзабезпечення. Проблема вирішується на основі системного підходу, коли с початку складну систему аерозольних середовищ у вигляді дисперсного багатофазного потоку, розділяють на відокремлені області та ізольовано вивчають процеси, які відбуваються у них. Ізольоване вивчення аналітичними методами області градієнтної течії в прикордонних шарах поверхонь дозволяє виділити характерні зони у кожної області. На границях областей вихідні параметри попередніх процесів є початковими для наступних. Розподіли гідродинамічних показників потоку з урахуванням градієнтних та амплітудно-хвильовий впливів визначаються за допомогою 3D моделей та сучасних пакетних програм в два етапи. Спочатку як течії однофазного потоку, а потім по отриманим результатам першого етапу вивчався рух частинок для розробки методів інтенсифікації їх переносу в багатофазному потоці. Експериментальні дослідження проведені методами: допплерівської лазерної анемометрії; голографічної інтерферометрії в реальному часі; швидкісної цифрової кінокамери; поверхневої індикації потоку; фотоелектричних вимірів параметрів дисперсних двофазних середовищ. Обробка результатів проведена за допомогою методів планування експерименту та математичної статистики.

У ході подальшого дослідження вперше для системи аерозольних середовищ застосований метод досліджень на основі методу синтезу послідовних взаємопов'язаних процесів, який враховує поточні умови градієнтних та амплітудно-хвильових впливів, завдяки чому забезпечує визначення показників процесу не тільки у відокремлених областях градієнтної течії, але і їх взаємного впливу на аналогічні показники. Позитивною особливістю методу синтезу послідовних взаємно пов'язаних процесів переносу є те, що він дає можливість визначати коригуючи залежності відносно закономірностей відокремлених процесів і тим саме розширити межі теоретичних основ переносу на базі методу аналізу. Запропонований новий спосіб визначення послідовності процесів переносу та їх розмірних кількісних показників для розробки ресурсозберігаючих аерозольних градієнтних технологій інтенсифікації процесів переносу багатофазних середовищ енергетичних установок та систем життєзабезпечення, вирішується, як багатокритеріальне завдання по сукупності трьох безрозмірних критеріїв енергетичного, гідродинамічного та масогабаритного.

В залежності від крайових умов за результатами дослідження:

- обґрунтована нова узагальнена комплексна схема очищення робочих середовищ для енергетичних установок за рахунок підвищення швидкості та рівня турбулентності в відривних зонах, утворення плівки рідини з вловлених крапель, осадження на сіткових гофрованих коагуляторах за рахунок сил інерції, турбулентної дифузії, турбофорезу та капілярних сил, що дозволило поліпшити показники попередніх ступенів очистки аерозольних градієнтних фільтрів для суднових систем життєзабезпечення (технічного та комфортного кондиціювання) та забезпечити уловлення с коагульованих крапель, що виносяться потоком, за рахунок сил тяжіння та інерції на послідуючих ступенях очистки з відводом вловленої рідини у вигляді плівки через спеціальні канавки на рівні ефективності 0,99;

- встановлені основні гідродинамічні характеристики запропонованих послідовностей аерозольних градієнтних способів в різних технологічних схемах (з центральним струменем та з багато струминними системами) при варіюванні відстанню між поверхнями осадження та розмірами ступенів очистки, що

дозволило визначити найбільш ефективну послідовність здійснення стадій очистки, знайти раціональні геометричні та режимні параметри очистки аерозольних градієнтних фільтрів для суднових систем життєзабезпечення (технічного та комфортного кондиціювання) та забезпечити зниження масогабаритних показників до рівня суднового обладнання.

- виявити закономірності розподілу швидкості та кінетичної енергії турбулентності у робочих каналах аерозольних градієнтних фільтрів для суднових систем життєзабезпечення (технічного та комфортного кондиціювання) які свідчать, що при зростанні витрат робочого середовища для всіх схемних рішень спостерігається збільшення турбулізації потоку та розмірів зон зворотних вихорів та течій, що позитивно впливає на процеси осадження полідисперсних частинок.

УДК 621.43.056

СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ ВЫБРОСОВ ТОКСИЧНЫХ КОМПОНЕНТОВ НИЗКОЭМИССИОННОЙ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ ГТД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛАЗМЕННЫХ СТАБИЛИЗАТОРОВ

С.И. Сербин, А.В. Козловский,
Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова, г. Николаев

Использование слаботочных плазмохимических стабилизаторов, основанных на тепловом и кинетическом воздействиях на процессы горения топливо-воздушной смеси, в отличие от существующих в настоящее время плазменных систем воспламенения топлива, которые используются, позволит значительно расширить пределы распространения пламени обедненных топливо-воздушных смесей и повысить устойчивость рабочих процессов в низкоэмиссионных камер сгорания [1-3].

С целью определения влияния плазмохимического стабилизатора на экологические характеристики камеры сгорания ГТД проведены расчеты эмиссии основных загрязняющих веществ (NO и CO) на номинальном режиме работы ГТД.

Использование плазмохимических стабилизаторов позволяет уменьшить эмиссию токсичных компонентов. Так, при добавках плазмохимических продуктов в количестве β = 0,00087 расчетные выбросы оксидов азота составили 65,7 ppm, а при добавках плазмохимических продуктов в количестве β = 0,0125 - 33,6 ppm, в то время как расчетная эмиссия оксидов азота для базового варианта низкоэмиссионной камеры сгорания равнялась 82,6 ppm.

Согласно Директивы 2010/75/ЕС Европейского парламента и консилиума от 24 ноября 2010 года о промышленных выбросах для газовых турбин, которые работают на природном газе в качестве топлива, предназначенных для механических приводов (приводов нагнетателей природного газа), предельные объемы выбросов оксидов азота составляют 36,53 ppm [4].

Вышесказанное свидетельствует о том, что использование плазмохимических стабилизаторов в низкоэмиссинных КС ГТД позволит снизить уровень выбросов оксида азота до 33,6 ppm, что удовлетворяет современные европейские требования к газотурбинным двигателям, которые работают на природном газе.

Выводы Использование слаботочных плазмохимических стабилизаторов позволит уменьшить эмиссию токсичных компонентов.

Список литературы

1. Сербин С.И. Исследование энергетических характеристик плазменного генератора для стабилизации термо-акустических процессов в камерах сгорания [Текст] / С.И. Сербин, А.В. Козловский, С.В. Вилкул // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – № 17(1126). – С. 44-48.
2. Сербин С.И. Снижение интенсивности пульсационного горения в камере сгорания ГТД использованием плазменных стабилизаторов [Текст] / С.И. Сербин, А.Б. Мостипаненко, А.В. Козловский // An international journal on operation of farm and agri-food industry machinery Motrol. - Lublin-Rzeszow, 2015. - vol.17 №2. - С.71-75
3. Козловский А.В. Экспериментальные исследования характеристик плазменного стабилизатора для низкоэмиссионной камеры сгорания ГТД [Текст] / А.В. Козловский, Е.Ю. Кирчук // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв : НУК, 2015. № 3. – С. 95-103.
4. Директива 2010/75/ЕС Европейского парламента и консилиума от 24 но-ября 2010 года о промышленных выбросах (интегрированное предотвращение и контроль загрязнения) [Текст] / Приложение V «Технические положения, связанные со сжигающими установками», Ч.1, п.6, С.59-61.

УДК 623.85

РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ПРИ ОБОСНОВАНИИ ВЫБОРА ГЛАВНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ НАДВОДНОГО КОРАБЛЯ

Борисов В.Е., Волошин А.Ю.
Государственное предприятие "Исследовательско-проектный центр кораблестроения»

Одной из актуальных научно-технических проблем разработки перспективных проектов боевых надводных кораблей и катеров является проблема обоснования состава корабельных главных энергетических установок (ГЭУ), а также системная качественная и количественная оценка ее показателей.

Рациональность технических решений при обосновании ГЭУ перспективного корабля может быть установлена только путем оценки влияния ряда ее показателей на комплекс тактико-технических характеристик корабля и далее на эффективность, стоимость создания и содержания корабля с конкретным вариантом ГЭУ в составе флота [1]. Подобный подход не является новым, он получил широкое распространение при исследовательском проектировании кораблей [2].

Однако основным недостатком большинства результатов таких исследований, является ограниченный учет влияния всего комплекса требований тактико-технического задания (ТТЗ) на технические характеристики ГЭУ и ее свойства.

Как показывает опыт проектирования, выбора типа ГЭУ и его компонентов, оценка эффективности принятых решений, является актуальной задачей для каждого нового проекта (для каждой новой платформы). При этом, в настоящий момент в Украине, отсутствуют принятые и утвержденные методы для решения таких задач.

Если ГЭУ формализовать, как одну из подсистем корабля, то с помощью системного анализа, возможно, решать многокритериальные задачи, удовлетворяющие заданному множеству показателей внутренних и внешних условий влияния корабля и других корабельных подсистем, а также внешней среды эксплуатации. По этому, с практической точки зрения, решение многокритериальных задач и создание метода выбора и его реализация в виде компьютерно-интегрированного способа можно считать одним из перспективных направлений при реализации системного подхода в области ГЭУ.

Цель обоснования выбора ГЭУ достигается решением следующих задач:

- определения целей создания ГЭУ и задач, которые она будет решать после ее создания;
- расширения и углубления представлений об особенностях взаимодействий энергетических объектов и инженерных систем корабельной ГЭУ, а также изучения новых её свойств;
- повышения эффективность функционирования подсистемы ГЭУ при выполнении задач, которые должны выполняться кораблем;
- выбор рационального состава ГЭУ на уровне отдельных элементов.

Методом решение этих задач выбрано математическое моделирование с использованием следующих показателей внутренних и внешних условий.

Внутренних: мощностных; массовых; габаритных; экономичности; автономности; маневренных; надежности; технологичности; стандартизации и унификации; эксплуатационных (в том числе взрыво-ударостойкости, экологичности); скрытности (в том числе вибро-акустические, магнитные); живучести.

Внешних: корпус корабля водоизмещающий; диапазон водоизмещений от 400 до 5000 т; обеспечение работы двигателей на парциальных режимах обеспечивающих малый и поисковый хода; стойкость к внешней среде в соответствии с действующей в Украине нормативно-технической документацией; обеспечение полного хода при заданном волнении (нестационарные режимы работы ГЭУ).

Алгоритм применения системного анализа при проектировании ГЭУ следующий:

- постановка задачи проектирования ГЭУ, согласно полученному ТТЗ на проектирование корабля, его анализа и оценки влияния изложенных в нем требований на образ перспективной ГЭУ;
- построение модели исследуемой ГЭУ в виде зависимости:

$$\mathbf{E = f(X,Y),}$$

где **E -** вектор количественного показателя эффективности подсистемы; **X -** вектор управляемых переменных элементов подсистемы; **Y -** вектор неуправляемых внешних по отношению к системе воздействия;

- предварительное математическое моделирование при решении многокритериальной задачи исследования системного анализа, когда критерий эффективности подсистемы при наличии нескольких критериев приходиться выражать через эффективности отдельных стратегий виде:

$$E_s = \Sigma S_t \bullet U_t,$$

где S_t - стратегии отдельных критериев, U_t **-** весовые коэффициенты отдельных критериев;

- проверка результатов моделирования на достоверность влияния требований ТТЗ на технические характеристики ГЭУ и ее свойства;

- настройка модели на внутренние и внешние краевые условия, осуществление решения задач для достижения поставленной цели обоснования выбора ГЭУ.

Исходя из предположения о том, что корабль и всякое боевое или техническое средство, устанавливаемое на нем, можно рассматривать как систему и подсистемы различного уровня, следует, что задачи проектирования, поставленные применительно к таким системам, будут однотипны [1]. То есть предложенный подход обоснования выбора ГЭУ как подсистемы корабля следует рассмотреть на возможность использования для решения аналогичных задач по другим подсистемам системы «корабль».

Литература

1. **Барановский В.В.** «Обоснование выбора главных энергетических установок на стадии исследовательского проектирования», ж.Судостроение №3, 2004, стр.25-28.
2. **Худяков Л.Ю.** Исследовательское проектирование кораблей. Л.:Судостроение, 1980.

УДК 629.5.036

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВОДОМЕТНЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ НА НАДВОДНЫХ КОРАБЛЯХ

Борисов В.Е., Волошин А.Ю.
Государственное предприятие «Исследовательско-проектный центр кораблестроения»

Область успешного применения водометных движителей (ВМД) не ограничивается быстроходными паромами и скоростными прогулочными яхтами. Из опыта зарубежного и отечественного кораблестроения известно, что ВМД широко используются на патрульных кораблях, кораблях противоминной обороны и ряде небольших катеров. А в последнее время четко прослеживается тенденция использования ВМД на кораблях большего водоизмещениях (корветы и фрегаты).

Причинами для использования ВМД на кораблях, судах, катерах ВМС и Береговой Охраны являются следующие основные преимущества этого типа движителей:

- корабли с ВМД могут эксплуатироваться на мелководье с глубинами, почти равными осадке корпуса;
- уменьшение сопротивления воды движению корабля вследствие уменьшения сопротивления выступающих частей;
- относительная простота изготовления реверсивно-рулевого устройства взамен более сложных реверсивных редукторов и рулевых устройств;
- высокая маневренность, обеспечиваемая реверсивно-рулевым устройством, воздействующим непосредственно на выбрасываемую струю воды;
- значительное сокращение длины и техническое упрощение линии валопроводов;
- уровень подводного шума ВМД ниже, чем у гребного винта [1];
- возможность установки главного двигателя горизонтально или с минимальным наклоном, что улучшает его работу, а также упрощает размещение пропульсивного комплекса в целом;
- снижение уровня электромагнитного поля за счет того, что все вращающиеся части пропульсивной установки расположены внутри корпуса судна (корабля).

Основной недостаток водометного движителя — более низкий по сравнению с гребными винтами пропульсивный к. п. д., как правило, при скоростях движения до 25 уз., не превышающий 0,55. Это вызвано потерями мощности на подъем струи воды выше ватерлинии и преодоление дополнительного сопротивления в канале ВМД. Однако уменьшение сопротивления выступающих частей в значительной степени компенсирует этот недостаток, так что в конечном итоге эффективность водометного движителя иногда оказывается выше, чем обычного гребного винта.

Изучая тенденции внедрения ВМД, следует отметить, что в последнее время появилось значительное количество комбинированных схем пропульсивного комплекса с их применением. Как правило, в таких схемах ВМД выполняет роль ускорительного движителя. На сегодняшний день в иностранных технических изданиях уже используется классификация подобных установок [2], например:

- Water Jet and Refined Propellers' (WARP) – установка с водометными движителями и усовершенствованными винтами (подобная комбинация движителей используется на корветах ВМС ЮАР типа МЕКО А200);
- COPOW (COPAW) – комбинированная установка с движителями типа "pump jet" или (и) осевыми водометными движителями и т.д.

На основании открытых источников [3, 4, 5] был проведен анализ применяемости ВМД более чем на 600 кораблях и судах ВМС, катерах Береговой охраны, морской полиции, пограничной службы различных государств, в зависимости от класса, водоизмещения и скорости полного переднего хода.

Анализ показывает, что наибольшее количество водометных движителей устанавливалось на патрульных катерах. Применение ВМД на патрульных катерах в первую очередь продиктовано необходимостью обеспечения высокой скорости и повышенной маневренности. Скорость, развиваемая катерами, зачастую превышает 40 уз.

Следующими по применяемости являются десантные катера. Основными причинами выбора ВМД в качестве движителя для десантных катеров, заключается в необходимости максимально близко подходить к береговой линии и маневрировать в условии мелководья. Скорость, обеспечиваемая ими, как правило, находится в диапазоне от 20 до 35 уз.

На корветах и фрегатах ВМД стали устанавливаться относительно недавно, но количество их возрастает из года в год. Более половины из всех рассмотренных кораблей и катеров имели скорость более 30 уз. Однако, более чем для 40 % кораблей и катеров, применение ВМД не связанно с необходимостью достижения высокой скорости и получения высоких показателей пропульсивного коэффициента и выбор данного типа движителей обоснован другими причинами.

В практике работ проводимых в ГП «ИПЦК», проработка возможностей использования ВМД встречается достаточно часто. Подобные проработки выполнялись для проектов:

- сторожевого катера «Ласка» (водоизмещение, полное - 31,2 т; скорость - около 23 уз.);
- быстроходного катера «Бриз-40» (водоизмещение, полное - 44,5 т; скорость - 45 уз.);
- десантно-штурмового катера «Кентавр» (водоизмещение, полное – 47,0 т; скорость – более 35 уз.);
- малого ракетного катера «Комар» (водоизмещение, полное – 140 т; скорость - 35 уз.);
- патрульного катамарана «Бора» (водоизмещение, полное – 130 т; скорость - 37 узла);
- ракетно-артиллерийского корабля «Каракал» (водоизмещение, полное - 520 т; скорость – более 26 узлов);
- многоцелевого корвета «Гайдук-М» (водоизмещение, полное - 1200 т; скорость - 32 узла);
- перспективного украинского корвета (водоизмещение, полное - 2650 т; скорость – более 30 узлов) и др.

Для большинства из вышеперечисленных проектов, применение ВМД было признано обоснованным.

Отказ от применения данного типа движителя, как правило, был связан со следующими причинами:

1) эксплуатация кораблей в районах затруднительные для эксплуатации ВМД (районы с сильно засоренными и заросшими участками водоемов);

2) неэффективность использования ВМД из-за несоответствия заданной для корабля спектрограммы ходов;

3) отсутствие опыта или неудачный опыт эксплуатации ВМД на флоте заказчика.

Выполненный анализ привел к следующим выводам:

1. Применение водометных движителей обосновано не только для кораблей и катеров, для которых задается скорость полного хода не менее 40 уз., но также обосновано специфичными кормовыми обводами, условиями эксплуатации, условиями применения (десантные корабли и катера), низкими по сравнению с гребными винтами уровнями подводного шума и электромагнитного поля, высокой маневренностью.
2. Современное развитие техники позволяет реализовать эффективные, с точки зрения гидродинамики, ВМД с большими диаметрами импеллеров (более 2 м) и большой подведенной к движителю мощностью (более 20 МВт).
3. Вероятно, количество ВМД, устанавливаемых на кораблях большого водоизмещения, в ближайшие годы будет увеличиваться.

Литература

1 **Курочкин Д.В. «**Корветы типа «Visby», ж.«История корабля» №1, 2004, стр.14-32.
2 “Unconventional propulsion systems”, Naval forces № 1 (2004 vol. XXV).
3 **Weyers** Flottentaschenbuch 2005-2007 г. – Bernard & Graefe Verlag, Bonn 2005 г.
4 **Кузык Б.Н., Никольский В.И., Новичков Н.Н.** «Военные флоты мира» - Москва, 2005.
5 JANE'S FIGTHING SHIPS 2011- 2012.

УДК 621.438

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМПЛЕКСУ З ВНУТРІШНЬОЦИКЛОВОЮ ГАЗИФІКАЦІЄЮ ВУГІЛЛЯ ТА ПОДАЛЬШИМ ВИРОБЛЕННЯМ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Гончарова Н.О., Бурунсуз К.С.,
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Вступ. На теперішній час перед паливно-енергетичним комплексом України стоять важливі задачі з укріплення енергетичної безпеки країни, забезпечення диверсифікації джерел енергоносіїв, збільшення власного видобутку енергоресурсів і впровадження енергоефективних технологій [1]. Одним із перспективних напрямів створення сучасних енергетичних потужностей є технологія попередньої газифікації вугілля з подальшим спалюванням одержаного синтез-газу в газотурбінній установці з виробленням електроенергії та утилізацією теплоти [2]. Успішне впровадження даних проектів потребує ґрунтовного аналізу невизначеностей і ризиків, який можливо здійснити за допомогою методу імітаційного моделювання Монте-Карло [3].

Основний текст. В рамках наукової роботи застосовано імовірнісний метод аналізу ризиків Монте-Карло для впровадження інвестиційного проекту комплексу з внутрішньоцикловою плазмовою переробкою високозольного вугілля в синтез-газ з подальшим виробленням електроенергії.

В рамках методу Монте-Карло аналіз ризику виконується за допомогою моделей можливих результатів. При створенні таких моделей будь-який фактор, якому властива невизначеність, замінюється діапазоном значень – розподілом імовірностей. Потім виконуються багаторазові розрахунки результатів, причому кожен раз використовується інший набір випадкових значень функцій імовірності.

На рис. 1 приведена схема, що відображає укрупнену схему розрахунку. Аналіз за методом Монте-Карло дозволяє отримати не тільки більш реалістичну оцінку інвестиційної привабливості проекту, але також обрати оптимальну комбінацію параметрів проекту.

На рис. 2 зображена модель сценарного аналізу за методом Монте-Карло в програмному комплексі Analytica 4.6, визначені основні змінні і види їх розподілу, які впливатимуть на успішність інвестиційного проекту впровадження електростанції з внутріщньоцикловою газифікацією вугілля. Для оцінки перспективності інвестиційного проекту визначальним параметром обрано індекс прибутковості [4].



Рис. 1. Схема розрахунку за методом Монте-Карло

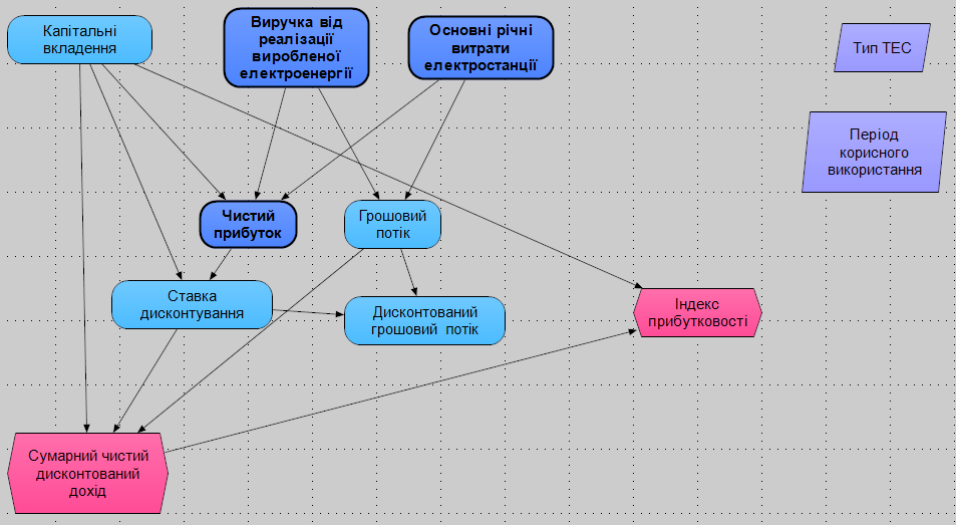


Рис. 2. Модель сценарного аналізу за методом Монте-Карло

Запропоновано модель дозволить провести статистичну оцінку і побудувати розподіл прибутковості проекту комплексу з внутрішньоцикловою газифікацією вугілля.

Висновки. Розроблено модель сценарного аналізу за методом Монте-Карло, яка дозволить оцінити головні ризики і визначити успішність інвестиційного проекту впровадження електростанції з внутріщньоцикловою газифікацією вугілля та впровадження проекту.

Список літератури:

1. Концепція Державної цільової програми модернізації та розвитку систем теплозабезпечення України на 2012-2022 роки [Електронний ресурс].– Режим доступу: http://www.minregion.gov.ua/ index.php?.
2. **Matveev I.** Combined cycle gas turbine power plant with integrated plasma coal gasification [Text] / I. Matveev, N. Vashcilenko, S. Serbin, N. Goncharova // 8-th Int. Conference on Plasma Assisted Technologies, February 18-23, 2013, Rio de Janeiro, Brazil. – Pp. 193-196.
3. **Лукашов А.В.** Метод Монте-Карло для финансовых аналитиков: краткий путеводитель [Текст] / А.В. Лукашов // Управление корпоративными финансами, 2007. – № 01(19). – С. 22-39.
4. Индекс прибыльности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://finance.neoficial.ru/investicii/163-pi.

УДК 621.7

ПРИМЕНЕНИЕ 3Д-ПЕЧАТИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ДЕТАЛЕЙ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Конфино А.С.,
ГП НПКГ «Зоря»-«Машпроект»

Постановка проблемы. Производство конструктивно новых (опытных) газотурбинных двигателей требует больших временных и финансовых затрат. Их сокращение за счет применения новых, прогрессивных технологий всегда будет актуальным. Чтобы ускорить разработку и внедрение новых конструкций, а также снизить расходы на этот процесс, предлагается использовать технологию 3Д-печати.

Цель работы. Поставлена задача разработки технологии литья с использованием нескольких технологий 3Д-печати (SLA, MJM и CJP) как раздельно, так и в комбинации между собой, для сокращения цикла производства опытных деталей газотурбинного двигателя. При этом особое внимание нужно уделить подбору технологии в зависимости от необходимых свойств конечного продукта.

Описание существующих методик. В настоящее время для изготовления деталей сложной геометрической формы используется получение заготовок методом литья по выплавляемым моделям. Это длительный многоступенчатый процесс, занимающий несколько месяцев и требующий участия большого количества исполнителей. Для его осуществления требуется проектирование и изготовление одной или нескольких пресс-форм, являющихся сложной и дорогой в изготовлении оснасткой. Также требуется большое количество оснастки второго порядка для изготовления и контроля как отливки, так и пресс-форм.

Описание новой методики. Предлагается за счет использования технологий 3Д-печати исключить этап проектирования и изготовления пресс-форм и оснастки второго порядка для опытных деталей, что позволит быстрее и с меньшими затратами выполнить их испытания, подтвердить правильность конструкторских решений и внедрить в серийное производство.

Описание результатов применения. В процессе решения поставленной задачи были разработаны технологии получения моделей, используемых для литья металла в корковые керамические формы. Они включают в себя определение конструкции модели, обеспечивающей точность, прочность и стабильность размеров на протяжении всего процесса подготовки литья, подбор особых режимов термообработки технологических сборок, обеспечение полного удаления остатков материала модели из полости формы перед заливкой металлом. Разработаны принципы размещения моделей в рабочей зоне 3Д-принтера, обеспечивающие необходимое качество поверхности и отсутствие дефектов при печати, при этом позволяющие минимизировать расход дорогостоящего фотополимера. В результате получены модели, применение которых для литья позволило изготавливать годные по геометрии и свойствам отливки в течение одного месяца, в то время как по серийной технологии на тот же результат требуется около года. Так как не было затрат на проектирование и изготовление пресс-форм и оснастки второго порядка, достигнут и серьезный экономический эффект.

Оценка преимуществ и ограничений новой методики. Подтверждены практикой следующие преимущества предлагаемого метода: на порядок выше скорость получения результата; возможность получить одновременно несколько вариантов одного изделия для испытаний и выбора наилучшего решения; достаточно высокая размерная точность; высокое качество поверхности изделия (для SLA и MJM технологий); ниже конечная стоимость получения опытной детали.

К недостаткам метода можно отнести следующие факторы: высокая стоимость, ограниченная номенклатура и ограниченный срок годности расходных материалов 3Д-печати; необходимость выполнения постобработки детали после печати; есть ограничения на максимальные габариты изделия; низкие механические свойства и качество поверхности (для CJP технологии); мало пригоден для больших серий из-за высокой конечной стоимости одной детали.

Выводы. Применение 3Д-печати при получении отливок сложных деталей однозначно может быть рекомендовано при освоении новых изделий, когда необходимо получить максимально быстро небольшое количество деталей и испытать их. В этом случае будут сэкономлены и финансовые, и временные ресурсы. При серийном производстве более выгодным становится использование традиционных пресс-форм, т.к. себестоимость одной детали в большой партии получится намного ниже, чем при 3Д-печати.

УДК 621.311

ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОСТІ НА ФЛОТІ ЗА РАХУНОК ІННОВАЦІЙНИХ РОЗРОБОК СЕУ

Свиридов В. І.- к.т.н.,доцент
Смоляной Є. С.- магістрант,
Херсонська філія НУК

В даний час важливим і актуальними питаннями при експлуатації флоту, є екологічність та енергозбереження. В умовах зростання споживання енергоресурсів і в зв'язку постійнимзростанням цін на паливо, енергозбереження є найважливішим фактором при проектуваннісуднових енергетичних установок.

Основними напрямками енергозбереження на водному транспорті є:

– оптимізація режимів роботи суднового устаткування за допомогою АСУ;

–впровадження нових систем паливопідготовки і використання багатофункціональних присадок до палива;

– впровадження систем глибокої утилізації теплоти відхідних газів СДВС;

– вдосконалення експлуатації СЕУ;

– заміщення нафтового палива зрідженим природним газом.

Так само важливими напрямками енергозбереження є використання двигунів нетрадиційних схем, вторинного використання енергії, а також нетрадиційні джерела енергії. Для цих цілей було запропоновано безліч видів і способів утилізації теплоти відхідних газів.

Однак, при розгляді енергозберігаючих умов експлуатації, найбільш важливим питанням, є підвищення екологічних показників СЕУ. Наявність у вихлопних газах суднових двигунів оксидів сірки, оксидів азоту, є найбільш серйозною проблемою. Оксид азоту NO та діоксин азоту N_2O в атмосфері зустрічаються

разом, тому найчастіше оцінюють їх сумісна дія не тільки на організм людини а і на всю екосистему навколишнього середовища. Тривала дія оксидів азоту в деяких випадках, може призвести до смертність від серцевих і ракових захворювань.

Рух навіть одного судна може істотно впливати на навколишнє середовище. Це пов'язано з наявністю викидів в атмосферу вихлопних газів від роботи суднової енергетичної установки, а також зміною біоенергетики акваторії при русі суден, що не може не відбиватися на динаміці руслових потоків і, отже, формуванні русла річки або каналу. Істотно також вплив теплових скидів з суден та теплових електростанцій і гідрошумів від роботи рушійно-рульового комплексу. Знешкодження відпрацьованих газів суднових двигунів є найбільш важливим, складним і комплексним завданням, яке вирішується методами фізичної і хімічної обробки.

За довгий час експлуатації суден і існування проблеми, зниження витрат на паливо та на експлуатаційні масла, розглядалися різні джерела енергетичного забезпечення суден.

Весь цей час розробляються і впроваджуються в життя заходи, що включають в себе:

– удосконалення конструкцій двигунів і підвищення якості їх виготовлення;

– пошук нових видів палива, застосування різних присадок до нього;

– створення енергосилових установок для морських суден, що викидають меншу кількість шкідливих речовин в атмосферу;

– розробка пристроїв, що знижують вміст шкідливих компонентів в вихлопних газах.

ЗПГ може стати основним паливом для енергетичних підприємств та суден в всьому світі, у зв'язку з його чистою при спалюванні, та якістю зниження викидів CO_2 на одиницю енергії, разом з його високою енергоефективністю при використанні в ДВЗ.

На цей час бурхливий світовий розвиток транспортування газів підвищив розвиток та безпеку танкерів-газовозів. Так в процесі транспортування танкерами-газовозами зріджені гази, випаровуються, що призводить до підвищення тиску у вантажних танках. Регулювати тиск випарів зрідженого газу можна шляхом їхнього повторного скраплення, використовувати випари газу для суднових потреб, або для роботи головної енергетичної установки, або спалюючи газ в установках утилізації, для отримання зайвої теплової енергії. В установках утилізації надлишкової енергії, звичайно, скидається в атмосферу водяна пара, що утворюється при спалюванні надлишку зрідженого газу, що випарувався у вантажних танках.

Використання в якості палива зрідженого природного газу, які при спалюванні дають найменшу кількість окислів у камері спалювання, дозволить нам істотно зменшити знос у деталях ЦПГ двигуна. Малі зноси і висока надійність суттєво покращать експлуатаційні показники енергетичної установки.

Такі системи застосовують на газовозах, що працюють на коротких лініях. У цьому випадку вантажні танки та їх теплову ізоляцію розраховують на підвищений тиск, у деякі короткострокові періоди експлуатації судна.

Оскільки природний газ легший повітря, то при його викиді не виникає задушливого ефекту. Але такий спосіб вкрай марнотратний; з ростом вантажомісткості суден і вартості природних газів, їх утилізація є економічно виправданою. І з цієї причини зріджений газ який випаровується, при транспортуванні, використовується в якості палива в котлах, генераторах інертного газу, двигунах внутрішнього згоряння.

Для того щоб пристосувати суднові енергетичні установки для спалювання пароподібного вантажу, серйозних перетворень не потрібно, важливо лише забезпечити конструктивний захист МВ та обслуговуючого персоналу, від впливу пароподібного вантажу при його подачі та використанні в якості палива.

На сьогодні впровадження електронного управління в двигунах полягалє в подальшій оптимізації робочого процесу, скорочення шкідливих викидів з вихлопними газами і зниженні питомої витрати палива. Електронна система управління подачі палива в двигунах дозволяє підвищити гнучкість вуправлінні кутом випередження впорскування палива, подачі палива і їх оптимізації на всьому діапазоні робочих режимів. У нових модифікаціях замість розподільних валів з приводом традиційних ПНВТ і гідроприводів вихлопних клапанів застосовуються акумуляторні системи подачі палива і управління вихлопними клапанами, що істотно спростило конструкцію ірозширило можливості оптимізувати процеси управління.

Але сьогодні, щоби зробити суднові двигуни безпечними для навколишнього середовища, розглядається головний напрямок - використання малотоксичних сортів палив.

Висновки

Проблеми екологічності та енергозбереження актуальні на даному етапі розвитку суднобудування. Пошук нових рішень, модифікація застарілих методів очищення, переобладнання суден, ось що є актуальною темою для обговорення під час проектування сучасних суден. Велике споживання ресурсів тягне за собою швидке виснаження їх запасів та погіршення екології навколишнього середовища. Для запобігання цьому потрібно на більш високому рівні вводити системи вторинного використання енергії, використання нетрадиційних джерел і схем отримання енергії.

Список використаної літератури

1.**Артемов, Г.А.** Суднові енергетичні установки [Текст]: навч. посібник // Г.А. Артемов,В.М. Горбов. ¬ Миколаїв: УДМТУ, 2002. ¬ 356 с.
2. **Горбов, В.М.** Енергетичні паливо [Текст]: навч. посібник // В.М. Горбов. ¬ Миколаїв:УДМТУ, 2003. ¬ 328 с.
3. **Горбов, В.М.** Альтернативні палива в судновій енергетиці [Текст]: монографія // В.М.Горбов, В.С. Митенкова. ¬ Миколаїв: НУК, 2012. ¬ 316 с.
4. **Клименко, Л.П.** Техноекологія [Текст]: навч. посібник // Л.П. Клименко. - Сімферополь:«Таврія», 2000. - 542 с.
5. **Жуковський Ю.Л., Сізяков Є.В.** Сучасні технології навчання в галузі енергозбереженнята підвищення енергетичної ефективності // Сучасні наукові дослідження та інновації. 2015. № 5 [Електронний ресурс]

УДК 629.128:621.359.7

ДОПУСТИМОЕ СОЛЕСОДЕРЖАНИЕ ВОДОМАЗУТНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

Горячкин Владимир Юрьевич, Филипщук Александр Николаевич
Херсонский филиал Национального университета кораблестроения (Украина)

Введение. В настоящее время качественные показатели воды, которую можно использовать для подготовки ВМЭ, не регламентированы (в публикациях используются только термины – пресная вода, водопроводная вода, дистиллят, нефтесодержащие воды, сточные воды) без указания допустимого количества минеральных примесей. Минералогический состав воды ВМЭ вносит изменение в содержании Na и Cl в отложениях золы топлива и влияет на интенсивность низкотемпературной (НТК) и высокотемпературной (ВТК) коррозии.

Актуальность исследования. По данным [1,2] увеличение содержания натрия и хлора в жидких расплавленных ванадатах на поверхности нагрева приводит к изменению их диффузионных свойств по отношению к кислороду и снижает температуру плавления. Появление жидкой фазы является основной причиной ускоренной диффузии окислителя и, следовательно, определяет скорость ВТК по электрохимическому механизму.

По мнению [1] при сжигании сернистых топлив даже небольшое количество щелочных хлоридов в смеси с сульфатами значительно повышает интенсивность ВТК стали. Повышение температуры слоя сульфатов при увеличении его толщины приводит к появлению расплава и поэтому к увеличению интенсивности коррозии по электрохимическому механизму. Поэтому дополнительный ввод Na с водой, используемой для приготовления ВМЭ, может оказать большое влияние на интенсивность ВТК.

Опыт сжигания нефтеостатков, отмытых подогретой забортной водой, свидетельствует о необходимости снижения в них солесодержания до 200—250 мг/л путем промывки пресной водой [3,4], так как иначе повышенное содержание хлористых солей в мазутах и нефтяных остатках приводит к образованию на парообразующих поверхностях котлов толстого слоя солевых отложений, ухудшающих процесс теплообмена в топке и уменьшающих паропроизводительность котла, и приводящих к увеличению интенсивности ВТК и НТК.

Постановка задачи. Определение допустимого солесодержания ВМЭ, при котором интенсивность ВТК и НТК элементов энергетических установок находятся в допустимых пределах.

Результаты исследований. Для выполнения поставленных целей были проведены сравнительные экспериментальные исследования скорости ВТК и НТК при сжигании стандартных мазутов (W^r =2,0 %) и ВМЭ (W^r = 30 %), приготовленной с использованием воды разного качества (разного солесодержания). Для приготовления ВМЭ использовалась водопроводная вода (солесодержание после хлорирования 1482 мг/л, жесткость 14,9 мг·экв/л, *pH* = 7,69) (обозначение ВМЭ (М40+ВВ)). При водосодержании 30% получено солесодержание ВМЭ на уровне *S*=490 мг/л. При использовании дистиллята с солесодержанием 50 мг/л получено минимальное солесодержание ВМЭ с *S* = 16,9 мг/л (обозначение ВМЭ (М40+Д)).

Выбор двух марок сталей (стали 20 и 1Х18Н10Т), у которых максимальные значения скорости ВТК находятся на противоположных сторонах исследованного интервала влияния температур стенки для примененных в эксперименте основных марок сталей (максимальные для стали 20 при $t_{ст} \approx 500\ ^0$С, а для стали 1Х18Н10Т - при $t_{ст} \approx 630\ ^0$С) позволит распространить вывод о допустимом солесодержании ВМЭ и на другие марки сталей, т.к. по данным [1] значения их коррозионной стойкости к ВТК находятся между значениями для стали 20 и 12Х18Н10Т.

Проведенные исследования скорости НТК стали 20 при сжигании ВМЭ с солесодержанием 490 и 16,9 мг/л показали, что скорости коррозии в пределах температур стенки 80…140 ^{0}С отличаются незначительно и находятся в пределах 0,2…0,12 мм/год (при продолжительности воздействия потока газов

100 часов), что ниже допустимой скорости коррозии низкотемпературных поверхностей нагрева для этого диапазона $t_{ст}$ [1,2,3]. Поэтому выбор значения допустимого солесодержания ВМЭ с W^r =3 0 % по интенсивности коррозии следует осуществлять по результатам исследований скорости ВТК.

Были получены предельные значения скорости ВТК стали 20 при солесодержании ВМЭ 490 мг/л и 16,9 мг/л при температурах $t_{ст}$ 475…515 ^{0}С, на основании которых построены номограммы для выбора по необходимой скорости ВТК максимального значения солесодержания для при сжигании ВМЭ с W^r = 30 % с коэффициентами избытка воздуха α, равными 1,5 и 3,0. По этим номограммам предоставляется возможность оценить уровень ВТК элементов котлов и ДВС при разном солесодержании сжигаемых эмульсий.

Проведенные экспериментальные и аналитические исследования по принятой методике позволили построить аналогичные номограммы и для стали 1Х18Н10Т.

Проведенные исследования показывают, что в любом случае для приготовления ВМЭ желательно использовать дистиллят с солесодержанием на уровне 50 мг/л, чтобы обеспечить солесодержание ВМЭ на уровне ~20,0 мг/л. Можно рекомендовать солесодержание ВМЭ на уровне до 200 мг/л, что совпадает с мнением [4]. При этом солесодержание воды, используемой для приготовления ВМЭ с W^r = 30 %, должно быть на уровне до 500 мг/л (при условии отсутствия хлоридов в исходном мазуте).

Выводы. На основании проведенных экспериментальных исследований и анализа их результатов можно сделать следующие выводы.

1. Получены номограммы для определения допустимого солесодержания ВМЭ в зависимости от скорости ВТК для углеродистой стали 20 и аустенитной стали Х18Н10Т при разных температурах стенки, которые позволяют:

- определить солесодержание ВМЭ, при котором при заданной температуре металла поверхности нагрева обеспечивается допустимая скорость ВТК;
- по солесодержанию воды, которую возможно получить на судне и применить для приготовления ВМЭ с W^r = 30 %, определить возможную скорость ВТК при определенной температуре металла и заданном значении α;
- определить допустимый диапазон солесодержания смеси различных видов воды, имеющихся на судне, которые следует и можно применить для огневого обезвреживания в составе ВМЭ при обеспечении допустимых пределов скоростей ВТК и НТК.

2. На основании проведенных исследований интенсивности коррозионных процессов возможно определение качества применяемой воды для приготовления ВМЭ.

Зная необходимое качество воды (ее солесодержание) необходимо также оценить имеющиеся запасы различных видов пресной воды на судне и возможности получения дополнительного количества дистиллята на судне, в энергетической установке которого планируется сжигание ВМЭ с водосодержанием W^r = 30 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Отс, А.А.** Коррозия и износ поверхностей нагрева котлов [Текст] / А.А. Отс. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 272 с.
2. **Магадеев, В.Ш.** Коррозия газового тракта котельных установок [Текст] / В.Ш. Магадеев. – М.: Энергоиздат, 1986. – 272 с.
3. **Внуков, А.К.** Надежность и экономичность котлов для газа и мазута [Текст] / А.К. Внуков. – М. – Л.: Энергия, 1966. – 368 с.
4. **Крыштын, Л.К.** Утилизация нефтяных остатков на морских судах [Текст] / Л.К. Крыштын, И.П. Решетников // – Темат. вып. “Экономия топлива и электроэнергии”. – М.: Транспорт, 1989.– 95 с.

УДК 621.18.192:662.94

ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЕННЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ КОТЛОВ НА СКОРОСТЬ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ КОРРОЗИИ

Горячкин В. Ю., Тендитный Ю. Г., Тендитная Н. В.,
Херсонский филиал НУК, г. Херсон

Постановка проблемы. В настоящее время требования к надежности и долговечности работы энергетической установки и ее отдельных элементов при одновременном обеспечении высоких технико-экономических и экологических показателей значительно возрастают особенно при эксплуатации энергетического оборудования, выработавшего нормативный ресурс работы. При сжигании сернистых

топлив на уровень этих показателей существенное влияние оказывает интенсивность теплохимических процессов: загрязнение и коррозия высокотемпературных и низкотемпературных поверхностей нагрева (НТПН). Так как при эксплуатации вспомогательной котельной установки постоянно происходят колебания значений коэффициента избытка воздуха α, температур газов и металла $t_{ст}$, то необходимо оценить влияние этих колебаний на суммарное значение скорости низкотемпературной сернокислотной коррозии (НТК) и на расширение коррозионноопасной зоны в НТПН котлов при изменениях их нагрузки, что может оказать большое влияние на надежность работы котлов.

Поэтому **актуальными** являются данные о интенсивности НТК, о диапазонах влияния изменений параметров работы котлов в пределах и выше допустимого значения скорости НТК (0,2…0,25 мм/год) при колебаниях $t_{ст}$ и α, что необходимо знать при оценке эффективности работы, надежности и долговечности элементов СЭУ при проектировании и в процессе эксплуатации.

Анализ литературных данных. Опубликовано большое количество данных, обобщенных в монографиях [1, 2], посвященных процессам образования SO_3 и паров H_2SO_4, конденсации этих паров, интенсивности НТК и загрязнения НТПН при сжигании стандартных мазутов (при W^r = 2,0%) при $t_{ст}$ НТПН ниже температуры точки росы $t_{тр}$ паров H_2SO_4. Но в публикациях представлено мало данных о интенсивности НТК при сжигании водомазутных эмульсий (ВМЭ) [3, 4, 5] и отсутствуют данные о влиянии на НТК переменных режимов работы НТПН. Причем, рассматриваются только качественные показатели процессов: о снижении скорости НТК судят по увеличению периода между ремонтами НТПН; об уменьшении загрязнений - по периоду между очистками (которые увеличились в 2 раза [3, 4]); о изменении механизма НТК – по переходу местных локальных коррозионных повреждений металла к равномерной коррозии при сжигании ВМЭ [3], что повидимому связано с процессами пассивации поверхности металла.

По мнению [6] при сжигании ВМЭ с W^r=30% процессы НТК при $t_{ст}$ в пределах 75^0…130^0C происходят при пассивном состоянии поверхности металла вследствие абсорбции N_2O_3 конденсатом H_2SO_4.

Целью работы является анализ результатов исследований скорости развития НТК, что позволяет оценить влияние постоянных и переменных режимов работы на надежность и долговечность работы НТПН при сжигании сернистых стандартных топлив с W^r=2,0% и ВМЭ с W^r до 30% спод воздействием постоянно действующих факторов (S^r, α,W^r), а также переменных режимов (колебаний α, $t_{ст}$).

Изложение основного материала. Исследования процессов НТК были проведены на экспериментальной установке при сжигании мазутов М40 и М100 и ВМЭ на их основе при изменении содержания серы S^r от 0,7 до 2,0%, коэффициента избытка воздуха α от 1,01 до 1,5 при водосодержаниях W^r, равных 4,10,15,17 и 30%, при обеспечении стабильности параметров работы. На основании экспериментальных данных по скорости НТК при разных α и $t_{ст}$ получены границы зон коррозионного повреждения в результате НТК при колебаниях α и $t_{ст}$ при сжигании стандартных мазутов и ВМЭ при уменьшении ($D<D_{ном}$) до 50% и увеличении нагрузки котла ($D>D_{ном}$) по отношению к номинальной нагрузке $D_{ном}$.

По мнению многих исследователей [1,2] допустимым уровнем скорости НТК считается 0,2…0,25 мм/год в течение 1000 часов работы.

При сжигании стандартных топлив наблюдается кислотный пик, ограничивающий минимальное значение $t_{ст}$, а значит и величину температуры уходящих газов и уровень КПД котла. Поэтому при изменении нагрузки котла и соответственно температур металла происходит перемещение коррозионного пика, что расширяет коррозионную опасную зону. Полученные зависимости показывают, что только при α =1,01…1,025 скорость НТК ниже допустимого значения $К_{доп,}$ равного

0,25 мм/год при любых значениях колебаний $t_{ст}$. Но указанные режимы невозможно осуществить в судовых вспомогательных и промышленных котлах. При более высоком значении α с учетом изменений $t_{ст}$ вся коррозионноопасная зона располагается выше линии допустимой скорости $К_{доп}$.

При сжигании ВМЭ с W^r=30% отсутствует коррозионный пик. Поэтому, при сжигании ВМЭ с W^r = 30% при принятых колебаниях нагрузки D и соответственно $t_{ст}$ не происходит расширение коррозионной зоны, чем обеспечивается более высокая надежность работы НТПН и возможность одновременно повысить КПД, что объясняется процессами пассивации НТПН оксидами азота при $t_{ст}$ ниже точки росы паров серной кислоты (вплоть до $65…80^0$C) [6].

Выводы.

1. Получены экспериментальные данные и регрессионные уравнения зависимостей скорости НТК при сжигании стандартных мазутов и ВМЭ на их основе при содержании серы S^r от 0,98 до 2%, значениях α от 1,01 до 1,45 и водосодержаниях от 2,0 до 30%.
2. При водосодержании ВМЭ около 30% достигается минимальная скорость НТК на уровне 0,2 мм/год (в течение 1000 часов) и минимальные размеры коррозионноопасной зоны при значениях α ниже 1,45, что обеспечивает надежность работы НТПН и при переменных режимах работы котлов.
3. Для достижения высоких КПД котлов необходимо сжигать ВМЭ с W^r=30% при любом содержании серы при минимально возможных по условиям эксплуатации избытках воздуха α.

Литература.

1. **Внуков, А.К.** Теплохимические процессы в газовом тракте паровых котлов [Текст] / Внуков А.К. - М.: Энергоиздат, 1981. – с.296.
2. **Магадеев, В.Ш.** Коррозия газового тракта котельных установок [Текст] /– Магадеев В.Ш. - М.: Энергоатомиздат, 1986. – с. 272.
3. **Якубовский, Ю.В.** Эксплуатация производственных котлов КВГ-34К на водотопливной эмульсии [Текст] / ЯкубовскийЮ.В., Суменков В.М., Селезнев Ю., Стапенко В. Н., Урбанович А. И. - Рыбное хозяйство. - 1991, №3. с. 57-60.
4. **Горбов, В.М.** Исследование интенсивности коррозионных процессов при сжигании водомазутных эмульсий [Текст]/ Горбов В.М., Горячкин А.В.- Зб. наук. праць УДМТУ.- Миколаїв: УДМТУ, 2003.- №5(391).- с. 87-95.
5. **Горячкин, В.Ю.** Обеспечение надежности работы судовых котлов при сжигании водотопливных эмульсий (ВТЭ) [Текст] / Горячкин В.Ю., Горячкин А.В., Тендитный Ю.Г. –Зб.наук. праць "Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті". – Херсон, - 2009- с. 60-65.
6. **Горячкін, В.Ю.** Спосіб захисту металу низькотемпературних поверхонь нагріву котла від сірчанокислотної корозії [Текст] / Горячкін В.Ю., Горячкін А.В., Акімов О.В., Іутінський В.О., Корнієнко В.С. - Патент на винахід. -2012.

УДК 621.181. 62:620.193.519.8

ЗАГРЯЗНЕНИЕ КОНДЕНСАЦИОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НАГРЕВА УТИЛИЗАЦИОННЫХ КОТЛОВ ПРИ СЖИГАНИИ ВОДОМАЗУТНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

Горячкин В.Ю., Андреев А.А., Корниенко В.С.,
Херсонский филиал Национального университета кораблестроения имени адмирала Макарова, Украина

Введение. При сжигании водомазутных эмульсий (ВМЭ) появляется возможность повысить экономические и экологические показатели СЭУ. Но в публикациях мало сведений о последствиях сжигания ВМЭ в виде коррозии и загрязнений низкотемпературных поверхностей нагрева (НТПН). При сжигании сернистых топлив с S^r выше 1 % при температуре стенки $t_{ст}$ ниже точки росы паров кислоты $t_{p\,H_2SO_4}$ низкотемпературная сернистая коррозия (НТК) ограничивает глубину утилизации теплоты выхлопных газов из-за высокой скорости коррозии на выходе из УК, что не позволяет обеспечить высокий КПД ТУК. Так как при этом НТПН покрыта конденсатом H_2SO_4, наблюдается значительное загрязнение НТПН (НТЗ), что снижает интенсивность теплопередачи, увеличивает аэродинамическое сопротивление УК, величина которого не может превышать определенное значение.

Практически отсутствуют количественные данные о интенсивности НТК и НТЗ при увеличении коэффициента избытка воздуха α до 2,5…3,0, имеющих место в ДВС, как при сжигании стандартных мазутов (с W^r до 2 %) и тем более при сжигании ВМЭ. Представлено только несколько публикаций с качественными показателями снижения интенсивности НТК и НТЗ (меняется вид коррозии, отложения при сжигании ВМЭ становятся сыпучими и при $t_{ст}$ выше $t_{p\,H_2SO_4}$ вообще отсутствуют), но все эти данные получены при значениях α до 1,4.

Постановка задачи. Получение зависимостей удельных показателей интенсивности загрязнения ΔG_3 (по приросту их массы) при влиянии: коэффициента избытка воздуха α (до 2,5…2,9), содержания серы S^r (до 2 %) и водосодержания W^r (2…30 %).

Результаты исследований. Как показали проведенные экспериментальные исследования при увеличении водосодержания W^r ВМЭ до 30 % прежде всего резко снижается скорость НТК (по данным [1, 2] в 5 раз). Поэтому в связи с пассивацией поверхности металла оксидами азота соответственно значительно уменьшается количество сульфатов и соответственно увеличивается содержание остаточной кислоты в составе загрязнений [1, 2, 3]. Благодаря микровзрывам капель ВМЭ и более качественному процессу горения в потоке газов концентрация сажистых и коксовых частиц уменьшается (при том же содержании золы). Вследствие значительного уменьшения размеров твердых частиц и воздействия звукового поля, генерируемого микровзрывами (что ухудшает условия закрепления частиц на НТПН), количество отложений твердых частиц уменьшается в 4…5 раз по сравнению с режимом сжигания топлив с W^r = 2,0 %, что в котлах подтверждается данными [3] и ДВС снижением дымности потока выхлопных газов в ~2 раза [4].

Полученные экспериментальные данные по скорости НТК и НТЗ при значениях $t_{ст}$ ниже $t_{p\ H_2SO_4}$ на экспериментальной установке (при значениях α до 1,5) и при ходовых испытаниях на УК типа КУП 1000Р, установленного после ГД марки 8ДКРН 60/195-10, (при α = 2,9) при сжигании топлив типа ДТ+ДЛ, с учетом данных других авторов [5] позволили построить зависимости $\Delta G_3 = f(\alpha)$ при разных значениях S^r и W^r, получить их регрессионные уравнения, определяющие характер развития НТЗ и подтверждающие адекватность принятой модели развития НТЗ с ростом α. На основании проведенных исследований основная масса загрязнений (до 80…90 %) образуется при увеличении α до 1,5. Поэтому важно иметь надежные данные о росте количества загрязнений ΔG_3 при увеличении α именно до 1,5, так как затем с ростом α от 1,5 до 3,0 ΔG_3 увеличивается в 1,2…1,3 раза. При сжигании сернистого мазута М40 с S^r = 1,5 % и W^r = 2,0 % и ВМЭ с W^r = 30 % получены экспериментальные значения НТК и НТЗ при росте α до 1,5, а затем с учетом развития НТЗ при сжигании легкого топлива по полученным регрессионным уравнениям осуществлен прогноз развития этих процессов до α = 3,0. Полученные экспериментальные данные при значениях α до 1,5 совпадают с данными других авторов.

На основании полученных экспериментальных данных и регрессионных уравнений с учетом данных $\Delta G_3 = f(\alpha)$ получены зависимости удельного роста загрязнений ΔG_3 от содержания серы S^r от 0,9 до 1,8 % и воды W^r, равных 2, 17, 30 %. С увеличением содержания серы ΔG_3 увеличивается, а при увеличении W^r значения ΔG_3 уменьшаются, особенно при больших значениях S^r. На основании проведенных исследований, данных кинетики развития НТЗ, дифференцирования полученных регрессионных уравнений получены зависимости скорости НТЗ при продолжительности воздействия потока газов 8 и 1000 часов при содержании серы в топливе 1,5 % и водосодержании эмульсии 2, 10, 15, 17 и 30 %.

Выводы

1. Увеличение водосодержания ВМЭ от 2 до 30 % при температурах стенки в области «кислотного пика» ($t_{ст}$ = 100…110 °С) приводит к снижению интенсивности загрязнения в 1,7…1,6 раза при содержании серы в топливе 0,98…1,8 % при α = 2,9.
2. При сжигании мазута М40 рост массы загрязнений ΔG_3 в 3,8 раза выше, чем при сжигании (ДТ+ДС).
3. При сжигании ВМЭ на основе мазута с W^r = 30 % скорость загрязнения в 1,7 раза ниже, чем при сжигании стандартного топлива с W^r = 2 %.

Литература

1. **Горячкин, В.Ю.** Интенсивность коррозионных процессов в утилизационных котлах при сжигании водотопливных эмульсий [Текст] / В.Ю. Горячкин , В.С. Корниенко // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер.: Морская техника и технология. – 2013.– №2. – С. 101–110.
2. **Пат. 99408 Україна, МПК C23F 11/10, F22B 37/00, F23J 15/00.** Спосіб захисту металу низькотемпературних поверхонь нагріву котла від сірчанокислотної корозії [Текст] / В.Ю. Горячкін, А.В. Горячкін, О.В. Акімов, В.О. Іутінський, В.С. Корнієнко; заявник Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова. – заявл. 23.08.11; опубл. 10.08.12, Бюл. № 15.
3. **Акимов, А.В.** Загрязнение поверхностей нагрева котлов и экологические показатели при сжигании водотопливной эмульсии [Текст] / А.В. Акимов // Наукові праці: Науково-методичний журнал. - Т.73. Вип. 60. Техногенна безпека. – Миколаїв: Вид-во МДТУ ім. П.Могили, 2007. – С. 116-125.
4. **Парсаданов, И.В.** Применение водотопливной эмульсии в автотракторном дизеле. Экологическая эффективность (часть 1) [Текст] / И.В. Парсаданов, И.В. Теплицкий, В.В. Солодовников // Двигатели внутреннего сгорания. – 2011. – №2. – С. 118-120.
5. **Проценко, Г.В.** Низкотемпературная коррозия теплоутилизирующих поверхностей нагрева судового вспомогательного котла [Текст] / Г.В. Проценко, Н.П. Проценко, В.А. Романов, А.А. Волков // Судостроение. – 1987. – №10. – С.20-22.

УДК 629.128:621.359.7

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ТОПЛИВА НА СКОРОСТЬ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ КОРРОЗИИ

Горячкин Владимир Юрьевич, Филипщук Александр Николаевич
Херсонский филиал Национального университета кораблестроения

Введение. Глубина утилизации выхлопных газов ДВС, ГТД, экономическая эффективность котлов существенно зависят от температуры уходящих газов, значение которой определяется температурой стенки $t_{ст}$ на выходе газов из котлов. Допустимо низкий уровень $t_{ст}$ определяется скоростью низкотемпературной

сернокислотной коррозией (НТК), которая при сжигании сернистых мазутов может достигать до 1,2 мм/год при α = 1,2 при $t_{ст}$ в пределах 105…115 ^{0}C. Поэтому актуальным является решение проблемы обеспечения возможности снижения скорости НТК в области этого “кислотного пика” до допустимого уровня (0,25…0,30 мм/год), что позволит снизить температуру уходящих газов до ~100 ^{0}C (вместо 150…160 ^{0}C). Эта возможность может быть реализована при сжигании тяжелых сернистых мазутов в виде водомазутной эмульсии (ВМЭ) с водосодержанием W^r на уровне 30 % [1,2,3,4]. Но в этих публикациях не рассматривается влияние конкретных значений солесодержания воды и эмульсии на величину скорости НТК.

В ДВС интенсивность НТК определяется локальными значениями температур на поверхности цилиндра со стороны газов, снижающимися ниже температуры точки росы [5,6]. Конденсация паров серной кислоты и воды вызывает коррозионный износ рабочих поверхностей цилиндров и поршневых колец, который при прочих неблагоприятных условиях может возрастать до десятикратных размеров [5].

Низкотемпературная сернистая коррозия наблюдается в выхлопном трубопроводе и в утилизационных котлах. НТК подвержены элементы вспомогательных и главных котлов, работающих на сернистых мазутах, на режимах, когда температуры хвостовых поверхностей (экономайзеров, воздухоподогревателей) ниже точки росы (140…150 ^{0}C).

Актуальность исследований. Существенное снижение скорости низкотемпературной коррозии при сжигании ВМЭ объясняется [1,2] явлением пассивности металла вследствие абсорбции слоем загрязнений и конденсата серной кислоты оксидов азота и появлением тонкого нерастворимого слоя солей на поверхности металла, образованием в слое сульфатов Fe^{3+}.

Хлор-ион, который может появиться при использовании воды определенного качества для приготовления ВМЭ, проявляет активирующее действие, как в кислотах, так и в нейтральных или щелочных растворах. В его присутствии при определенной концентрации растворение металла часто идет не по всей поверхности, а только на отдельных участках, вызывая точечную коррозию, т.е. в защитной пассивирующей пленке на сплавах происходит так называемый процесс пробоя защитной пленки. Малоуглеродистая сталь в растворе NaCl и кислорода, подвергается равномерной коррозии по всей поверхности. Но наличие неоднородностей (трещин, разломов) затрудняет доступ к этим участкам атомов кислорода, что и приводит к локальной анодной реакции (в нержавеющей стали наблюдается точечная коррозия). По данным [4] допустимое солесодержание ВМЭ, используемой при сжигании нефтеостатков в виде ВМЭ должно быть ниже 250 мг/л.

Постановка задачи. Получение на основе экспериментальных исследований количественных данных по скорости низкотемпературной коррозии при сжигании ВМЭ с водосодержанием W^r = 30 % при использовании водопроводной воды с солесодержанием 1482 мг/л и дистиллята с солесодержанием 50 мг/л.

Результаты исследования. Исследование интенсивности НТК проведены на экспериментальной установке при сжигании водомазутной эмульсии с водосодержанием W^r = 30 % на основе мазута М40 при избытке воздуха α = 1,5. Подготовка эмульсии осуществлялась с использованием водопроводной воды с солесодержанием 1482 мг/л (после хлорирования, обозначение ВМЭ (М40+ВВ)), что определило солесодержание ВМЭ на уровне 492 мг/л, и дистиллята, с солесодержанием 50 мг/л (обозначение ВМЭ (М40+Д)), что определило солесодержание ВМЭ 16,9 мг/л. Анализ результатов исследований показывает, что при сжигании обоих сортов ВМЭ скорость НТК находится на низком уровне (ниже допустимого уровня 0,25 мм/год при продолжительности 100 ч). При пересчете на 1000 часов скорость НТК будет на уровне 0,1…0,15 мм/год. Отсутствует четко выраженный так называемый “кислотный пик” НТК, обычно наблюдаемый в области $t_{ст}$ = 105…115 ^{0}C при сжигании мазутов при α ≥ 1,1 и ВМЭ с W^r меньше 15 % [1].

Скорость НТК при сжигании ВМЭ (М40+ВВ) в области $t_{ст}$, равной 105…115 ^{0}C, выше в 1,6 раза по сравнению с режимом сжигания ВМЭ (М40+Д), что объясняется влиянием на интенсивность НТК большего количества хлора при сжигании ВМЭ (М40+ВВ). Такое же соотношение скоростей высокотемпературной коррозии (ВТК) наблюдается при сжигании этих же 2-х сортов ВМЭ, но абсолютные значения скорости НТК существенно ниже.

Выводы. На основании проведенных экспериментальных исследований, анализа их результатов и литературных данных о механизме коррозии можно сделать следующие выводы.

1. Увеличение солесодержания ВМЭ приводит к усилению интенсивности НТК.

2. При сжигании ВМЭ с солесодержанием воды в пределах 1482…50 мг/л диапазон изменения скорости НТК находится в пределах 0,2…0,12 мм/год при температурах стенки в пределах 130…90 ^{0}C, что ниже допустимого уровня.

3. Допустимый уровень солесодержания воды, используемой для приготовления ВМЭ, следует определять по интенсивности высокотемпературной коррозии.

4. Содержание хлоридов в конденсате серной кислоты на низкотемпературной поверхности должно составлять 10 % и меньше по отношению к количеству сульфатов (при отсутствии ионов NO_3^-). Появление нитратов в конденсате на уровне 4 % при сжигании ВМЭ с W^r = 30 % приводит к пассивации поверхности стали.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Горячкін, А.В.** Підвищення ефективності суднових котлів при спалюванні водопаливних емульсій [Текст] / А.В. Горячкін**;** автореф. дис. канд. техн. наук. – Миколаїв: НУК, 2007. – 24 с.

2. **Пат. Україна, UA 99408 C2**. Спосіб захисту металу низькотемпературних поверхонь нагріву котла від сірчанокислотної корозії. [Текст] / В.Ю. Горячкін, А.В. Горячкін, О.В. Акімов, В.О. Іутинський, В.С. Корнієнко. - № **UA 99408 C2**: заявл. 23.08.2011: опубл. 10.08. 2012, Бюл. № 15.

3. **Якубовский, Ю.В.** Эксплуатация производственных котлов КВГ-34К на водотопливной эмульсии [Текст] / Ю.В. Якубовский, В.М. Суменков, Ю.С. Селезнев [и др.] // Рыбное хозяйство. – 1991. – №3. – С. 57–60.

4. **Крыштын, Л.К.** Утилизация нефтяных остатков на морских судах [Текст] / Л.К. Крыштын, И.П. Решетников // – Темат. вып. “Экономия топлива и электроэнергии”. – М.: Транспорт, 1989.– 95 с.

5**. Возницкий, И.В**. Судовые двигатели внутреннего сгорания [Текст] / И.В. Возницкий, А.С. Пунда. – М: Моркнига, 2008. – Т.2. – 470 с.

6. **Пахомов, Ю.А.** Топливо и топливные системы судовых дизелей [Текст] / Ю.А. Пахомов, Ю.П. Коробков, Е.В. Дмитриевский [и др.]; Под ред. канд. техн. наук Ю.А. Пахомова. – М.: РКонсульт, 2004. – 496 с.

УДК 66.074.33

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА АТМОСФЕРНОЇ ЕМІСІЇ СУДНОВИМИ ЕНЕРГЕТИЧНИМИ УСТАНОВКАМИ

В.М. Горбов, канд. техн. наук, професор, В.С. Мітєнкова, канд. техн. наук, доцент,
Національний університет кораблебудування

У дослідженні міжнародної морської організації (IMO), присвяченому емісії парникових газів з боку водного транспорту, наведено дані щодо поточного та прогнозованого рівня викидів в період до 2050 р. Так, внесок міжнародного судноплавства у загальний рівень викидів діоксиду вуглецю (основного парникового газу) у 2012 році склав 796 млн. т, або 2,2% від загальносвітового рівня, у 2007 році ці цифри дорівнювали 885 млн. т і 2,8%, відповідно. Прогнозується, що у 2050 році порівняно з 2012, емісія CO_2 збільшиться на 50…250%. Такий широкий діапазон обумовлений з одного боку сталим трендом зростання світової економіки і, як наслідок, об’єму морських перевезень, а з іншого – інтенсивним розвитком енергозберігаючих та зелених технологій.

Окрім CO_2 у дослідженні наведені дані щодо п’яти парникових газів (CH_4, N_2O, HFCs – гідрофторвуглеводні, PFCs – перфторвуглеводні, SF_6) та інших забруднюючих компонентів суднових викидів (NO_x, NMVOCs – неметанових летючих органічних з’єднань, CO, PM – твердих часток і SO_x). Як відомо, на сьогоднішній день діють обмеження щодо викидів судновими енергетичними установками NO_x (стандарти Tier I, II, III), SO_x (переважно у зонах контролю емісії – ECAs) і CO_2 (індекси енергетичної ефективності суден, що проектуються та експлуатуються, – EEDI, EEOI, відповідно). Для урахування впливу декількох компонентів емісії вводяться комплексні критерії, серед яких найбільш використовуваним є ESI (Environmental Ship Index).

ESI – безрозмірний коефіцієнт, який може знаходитись у діапазоні від 0 до 100, та обчислюється за формулою:

$$ESI = \frac{1}{3{,}1}(2 \cdot ESI_NO_x + ESI_SO_x + RR_CO_2$$

,

де ESI_NO_x – судновий екологічний індекс для NO_x; ESI_SO_x – судновий екологічний індекс для SO_x; RR_CO_2 – емісія діоксиду вуглецю, що враховується опосередковано.

ESI_NO_x для головних і допоміжних двигунів суднової енергетичної установки може бути визначений за залежністю:

$$ESI_NO_x = \frac{100}{\sum_{i=1}^{n} P_i} \times \sum_{i=1}^{n} \frac{NO_x_\lim it_value_i - NO_x_rating_i) \times P_i}{NO_x_\lim it_value_i}$$

,

де P_i – номінальна потужність двигуна i; $NO_x_rating_i$ – дійсний рівень емісії оксидів азоту двигуна i, підтверджений відповідним сертифікатом; $NO_x_limit_value_i$ – установлений максимально допустимий рівень емісії оксидів азоту двигуна i з визначеною частотою обертання (визначається відповідними кривими стандарту Tier); n – кількість головних і допоміжних двигунів.

Судновий екологічний індекс для SO_x визначається як:

$$ESI_SO_x = a\%*30 + b\%*35 + c\%*35,$$

де *a, b, c* – відносне зниження середнього вмісту сірки у суднових паливах, що використовуються у відкритому морі, зонах ECAs, на стоянці у порту, відповідно.

RR_CO_2 на відміну від інших складових не обчислюється за окремою формулою. Якщо енергетична ефективність судна підтверджується значенням EEOI в межах норми, або судновим планом управління енергетичною ефективністю – SEEMP, RR_CO_2 приймається 10 балів.

ESI – частина міжнародної кліматичної ініціативи, що об'єднує адміністрації крупних портів та застосовується до суден, екологічні показники яких є кращими, ніж необхідні для вимог IMO. Судновласники та судноплавні компанії проходять сертифікацію на ESI на добровільних засадах та безкоштовно (на даний момент). Наявність сертифікату ESI дає ряд преференцій суднам, що його мають, при заходах у порти, які приєдналися до цієї ініціативи. Це порти Амстердаму, Роттердаму, Гамбургу, Бремену, Гавру, Токіо, Лос-Анджелесу, Ню-Йорку та багатьох інших країн Європи, Азії, Північної Америки та Ближнього Сходу. Наприклад, порт Роттердаму надає 10% знижки портового збору для сертифікованих суден, якщо значення ESI складає від 31 и вище. Інші адміністрації надають диференційовану систему знижок на портові збори в залежності від діапазону значення ESI та відсутності чи наявності судного плану управління енергетичною ефективністю.

Висновки. Спостерігається стала тенденція оцінки атмосферної емісії з суден не за окремими складовими викидів (сірка, оксиди азоту, діоксид вуглецю), а за допомогою комплексних критеріїв з поступовим розширення переліку шкідливих компонентів, що враховуються.

При довгостроковому прогнозуванні можливого рівня викидів у повітря IMO розглядає різні сценарії їх зниження у майбутньому, переважно за рахунок активного використання вторинних технологій очищення відхідних газів та зрідженого природного газу в якості альтернативного палива.

Запровадження енергозберігаючих технологій на суднах активно стимулюється встановленням штрафів на окремі складові викидів та зниженням рівня зборів у портах, що приймають участь у таких «зелених» програмах. Подібні заходи направлено на підвищення маркетингової привабливості суден, що мають відповідні сертифікати, на ринку морських перевезень.

УДК 621.434.432

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ СУДНОВОГО ДВЗ ПРИ ВИКОРИСТАННІ МАЛИХ ДОМІШОК ВОДНЮ ДО ОСНОВНОГО РІДКОГО ПАЛИВА

Б.Г. Тимошевський, д.т.н., проф., М.Р. Ткач, д.т.н., проф., Д.О. Шалапко, викладач,
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв

Суднові енергетичні установки більшості об'єктів транспортного і допоміжного флоту використовують ДВЗ. Дані двигуни розроблені і адаптовані під використання стандартного ряду палив. При цьому перспектива використання паливних добавок має істотну економічну та екологічну доцільність. Найкращі техніко-економічні показники таких об'єктів можуть бути реалізовані в разі забезпечення економічної, надійної і довговічної експлуатації ДВЗ при використанні стандартних палив із застосуванням паливних добавок.

Проте, ймовірно, що використання паливних домішок призведе до зміни робочого процесу в циліндрах ДВЗ, а дана зміна може призвести до порушення режиму роботи двигуна, зниження надійності і довговічності.

Розробка конструктивних, схемних, практичних і технічних моделей вимагає експериментального і теоретичного дослідження особливостей робочого процесу в циліндрах ДВЗ при використанні домішок водню до дизельного палива для забезпечення економічно ефективної роботи ДВЗ.

У першу чергу це пов'язано з характером протікання процесів сумішоутворення і горіння паливо-водневої суміші, що відбуваються в циліндрі двигуна.

Враховуючи, що в літературі є відомості про робочі процеси ДВЗ при використанні нестандартних палив, цей механізм недостатньо вивчений.

Для проведення досліджень робочого процесу у двигуні, при використанні паливних добавок до дизельного палива, має місце необхідність перевірки справедливості висунутих припущень. Перевірити справедливість висунутих пропозицій можна перевірити кількома методами.

Серед цих методів найбільш ефективний з них - системний аналіз. Він дозволяє проаналізувати, з використанням об'єктивних критеріїв порівняльної ефективності, вплив діючих в робочому об'ємі двигуна факторів на показники двигуна.

Метод зіставлення впливу на робочі процеси в ДВЗ таких факторів, як фракційний склад палива, цетанове число, період затримки самозаймання, щільність, в'язкість, теплотворна здатність і т.д., дозволяє зробити припущення про правомірність прийнятих припущень. Однак, ґрунтуючись тільки на дані такого зіставлення, неможливо однозначно стверджувати, що один і той же фактор буде однаково впливати на процеси в ДВЗ, як при використанні стандартних палив, так і у випадку використання паливних домішок, в особливості водню. Це випливає з того, що є істотні відмінності в протіканні робочих процесів в ДВЗ, що використовують лише основне паливо, або паливо змінного фракційного складу.

Аналіз літературних джерел, наведений у першому розділі, показав що робочі процеси в ДВЗ вивчені досить добре тільки у випадку застосування традиційних стандартних палив, в той час як в двигунах, що працюють з добавками до основного дизельному паливу ці процеси вивчені недостатньо.

Ухвалений метод зіставлення дозволяє:

- проаналізувати вплив на характер робочих процесів в ДВЗ факторів, пов'язаних з використанням добавок до основного палива;

- систематизувати та проаналізувати запропоновані способи організації робочого процесу, визначити найбільш раціональні параметри паливної апаратури.

Аналіз проблем, пов'язаних із застосуванням домішок водню до основного дизельного палива в суднових ДВЗ, показав, що ефективність експлуатації двигунів залежить від наступного:

- співвідношення між легкокиплячими, середніми і важкими фракціями палива, що істотно впливає на характер протікання робочого процесу в циліндрах;

- співвідношення між параметрами паливоподачі і фазами газорозподілу ДВЗ;

- перерозподілу складових теплового балансу внаслідок зміни характеристики підведення теплоти;

- характеру і закону підведення теплоти в термодинамічному циклі ДВЗ працюючому з водневою паливною добавкою.

Метод прямої аналогії між процесами в ДВЗ працюючому на стандартних паливах з робочими процесами в ДВЗ у випадку використання паливних добавок до основного дизельного палива дає можливість знайти такі рішення, які дозволяють забезпечити прийнятні характеристики тепловиділення, зберегти або знизити теплонапруженість елементів ДВЗ і поліпшити екологічні показники.

Основний завданням експериментального дослідження є отримання якісних і кількісних результатів, що підтверджують працездатність суднових ДВЗ із застосуванням малих домішок водню при збереженні п ріемлемой паливної економічності, надійності і ресурсу, а також достовірність прийнятих при математичному моделюванні припущень. Тому для експериментального дослідження прийнятий метод індіцірованія робочого процесу двигуна 6ЧН12/14 з комп'ютерною системою збору та обробки інформації. Цей метод дозволяє отримати найбільш повне уявлення про особливості термодинамічного циклу і про характер підведення теплоти, що повною мірою відповідає поставленим завданням експериментального дослідження.

Проаналізувавши вплив водню на робочий процес в циліндрах двигуна, після огляду літературних джерел, дає можливість зробити висновок про можливість застосування малих домішок водню до основного палива в ДВЗ. У теж час вимагає дослідження характер протікання процесів згоряння паливо-водневої суміші, а також процес розпилу і сумішоутворення в циліндрі двигуна.

Необхідно відзначити, що робочі процеси в ДВЗ при використанні малих домішок водню вивчені недостатньо. Ця обставина робить вплив на структуру та основні властивості моделі, а також на методи, використовувані для її реалізації. Тому важливу роль в достовірному моделюванні робочого процесу грають збір та узагальнення інформації про характер зміни тиску в паливній магістралі ВТ, характер протікання робочого процесу в ДВЗ із застосуванням МДВ.

Математична модель робочого процесу ДВЗ при використанні МДВ в досить загальній постановці зважаючи на її складності не може бути замкнута без відповідних експериментальних даних. Модель повинна бути доповнена експериментальним залежностями і коефіцієнтами, які відображали б вплив техніхімічних властивостей паливо-водневої суміші на параметри робочого циклу ДВЗ.

Попередні дослідження, які були проведені у лабораторії перспективних енергетичних технологій з використання вдосконаленого пристрою такого типу показали, що використання зазначеного пристрою є досить ефективним з точки зору раціонального додавання водню до дизельного палива та дозволяє підвищити ККД двигуна та відповідно зменшення витрату нафтового палива шляхом покращення характеристики підводу тепла у ДВЗ, а також сприяє перерозподілу складових теплового балансу в бік зменшення втрат тепла у систему охолодження та с випускними газами. За попередніми оцінками експериментальних даних, зменшення витрати дизельного палива двигуна 8V12/12 (КАМАЗ 740.11-240) складає 0,4…2,8% у залежності від кількості водню (0,1…0,6% по масі) та навантаження ДВЗ (0,25…0,75 *Ne*). Крім того, були отримані дані щодо покращення екологічних показників двигуна: кількість викидів вуглеводнів (*CmHn*) знизилася на 40…50%, монооксиду вуглецю (*CO*2) – на 15…25%. Поряд з цим поло встановлено, що викиди оксидів азоту (*NxOy*) збільшилися на 3…7%, що пов’язане з певним підвищенням максимальної температури циклу.

Потрібна кількості водню на борту транспортного заходу, наприклад для автомобіля КАМАЗ 4308 (ємність паливного баку – 250 л (210 кг) при додаванні 0,5% водню до дизельного палива складає 2,1 кг, що при будь-якому засобі зберігання є цілком припустимим. Так, наприклад, при використанні металогідридного акумулятора з використання інтерметаліда *TiFe*, маса пристрою оцінюється у 130…140 кг при об'ємі 20…22 л, а при використанні композитних балонів на основі полімерних матеріалів – 13…17 кг при об'ємі 28…30 л.

Однак ці дані носять у більшій мірі якісний характер та не можуть бути використані для остаточних висновків та рекомендацій щодо впровадження.

Попередній економічний аналіз ефективності застосування малих домішок водню до дизельного палива дає змогу стверджувати, що вартість додаткового обладнання та водню є досить малими величинами у порівнянні з вартістю двигуна складає 0,09…1,14%. Додаткові витрати на водень складають приблизно 0,11…0,53 % від вартості витраченого дизельного палива (при використанні технічного водню марки Б або нижчого ґатунку). В цьому випадку зменшення витрат на дизельне паливо складає приблизно 4…9%, що обумовлює загальний позитивний економічний та екологічний ефекти.

Перелік літературних джерел

1. **Gomes Antunes J.M, Mikalsen R., Roskilly A.P.** An experimental study of a direct injection compression ignition hydrogen engine // International Journal of Hydrogen Energy, Volume 34, Issue 15, August 2009, Pages 6516-6522.

2. **Szwaja S, Grab-Rogalinski K.** Hydrogen combustion in a compression ignition diesel engine. Int. J. Hydrogen Energy (2009), doi: 10.1016/2009.03.020.

3. **Шкаликова В.П., Патрахальцев Н.Н.** Применение нетрадиционных топлив в дизелях: Монография. Изд. 2-е, доп. – М.: Изд-во РУДН, 1993. – 64 с.

4. **Патрахальцев Н.Н.** Повышение экономических и экологических качеств двигателей внутреннего сгорания на основе применения альтернативных топлив: Учеб. пособие. – М.: РУДН, 2008. – 248 с.

УДК 629.12(06):627.12(06)

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА БЛОЧНОЙ АМОРТИЗИРОВАННОЙ УСТАНОВКИ

Ю.Н. Кипреев
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова

Для снижения шума и вибрации, защиты от действия ударных нагрузок судовое оборудование устанавливается на амортизаторах, имеющих, как правило, нелинейную характеристику. При действии ударных нагрузок относительные перемещения в связях становятся весьма значительными. Это приводит к ярко выраженным нелинейностям, пренебрежение которыми влечет к ошибкам до 40-90 % [1, 2]. Несмотря на это, как правило, расчеты ударостойкости выполняются по линеаризованным характеристикам, а из-за сложности вычислений расчеты с учетом нелинейностей рассматривались только для самых простейших задач [1,3,4].

Современные электронные средства позволяют решать нелинейные проблемы амортизированного судового оборудования в общей постановке с учетом нелинейностей не только в амортизаторах, но и в подшипниках машин и механизмов.

Рассматривается задача для двухкаскадной амортизации многоагрегатного блока с учетом основных видов нелинейностей. К таким объектам относится, например, типичный блок паротурбинной установки (ПТУ) [3], включающий главный турбозубчатый агрегат (ГТЗА), два автономных турбогенератора (АГТ), конденсаторы и т.п.

Рассмотрим сотрясения обобщенной блочной установки типа [1] при траверзном ударном воздействии $\ddot{\Psi}(y)$.

Поскольку турбины и конденсаторы связаны между собой гибкими патрубками из синтетического материала, то их жесткостью можно пренебречь. По аналогичной причине не учитываются другие неопорные связи. Вместо реального блока можно рассмотреть эквивалентную обобщенную модель, показанную на рис.1. Она представляет пространственную многомассовую систему с нелинейными связями, где M – монтажная рама, M_i – корпус машины или механизма с номером "i", m_i – ротор машины или механизма.

Обычно амортизаторы установлены рядным способом по периферии опорной поверхности так, чтобы общий центр инерции блока и общий центр жесткости амортизаторов располагался на одной вертикальной оси [1,2], что превращает пространственную задачу в плоскую.

Запишем уравнение связи между координатами (рис.1):

деформация амортизаторов второго каскада

$S = \varphi_y - Y - h\varphi$, (1)

деформация амортизаторов первого каскада

$S_i = \varphi_y - S - H\varphi - h_i\varphi_i - Y_i = Y - Y_i - (H - h)\varphi - h_i\varphi_I$, (2)

перемещение ротора

$$S_{m_i} = \psi_y - S - H\varphi - S_i - h_i + h_p \varphi_i - Y_{M_i} = Y_i - Y_m - h_{p_i}\varphi_{p_i}. \quad (3)$$

Все обозначения указаны на рис.1.

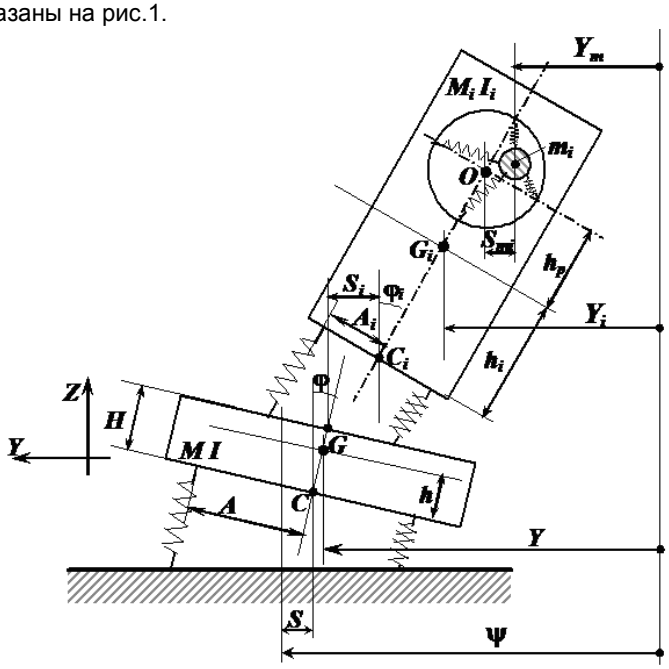


Рис.1. Ударные сотрясения блочной СЭУ при нелинейной двухкаскадной амортизации с учетом зазоров в подшипниках ротора

Составим дифференциальное уравнение сотрясений блока (рис.1):

$$M\ddot{Y} - R_y\ S\ + \sum_1^n R_{y_i}\ S_i\ = 0, \quad (4)$$

$$M_i\ddot{Y}_i - R_{y_i}\ S\ + R_{p_i}\ S_{m_i}\ = 0, \quad (5)$$

$$I\ddot{\varphi} + R_z(z)A - R_y(S)h - \sum_1^n R_{z_i}(z_i)A_i - \sum_1^n R_{z_i}(S_i)\ H - h\ = 0, \quad (6)$$

$$I_i\ddot{\varphi}_i - R_{y_i}(S_i)h_i + R_{z_i}(z_i)A_i - R_{p_i}(S_{m_i})h_p = 0, \quad (7)$$

$$m_iY_{m_i} - R_{p_i}\ S_{m_i}\ = 0, \quad (8)$$

где I и I_i – моменты инерции соответствующих масс относительно центров инерции, R – нелинейные реакции амортизаторов и ротора (рис.2), n – число агрегатов M_i.

Соответствующие реакции в связях при характеристиках амортизаторов, показанных на рис. 2,*a*, *b*:

$$R_y(S) = \left(1 + \mu\frac{\dot{S}}{|\dot{S}_{\max}|}\operatorname{sign}\dot{S}\right)\frac{2C_{0_y}d_y}{\pi}\operatorname{tg}\frac{\pi S}{2d_y}, \quad (9)$$

$$R_{y_i}(S_i) = \left(1 + \mu\frac{\dot{S}_i}{|\dot{S}_{i\max}|}\operatorname{sign}\dot{S}_i\right)\frac{2C_{0_i}d_i}{\pi}\operatorname{tg}\frac{\pi S_i}{2d_i}, \quad (10)$$

$$R_z(z) = \left(1 + \mu\frac{\dot{z}}{|\dot{z}_{\max}|}\operatorname{sign}z\right)\frac{2C_{0_z}d_z}{\pi}\operatorname{tg}\frac{\pi z}{2d_z}, \quad (11)$$

$$R_{z_i}(z_i)=\left(1+\mu\frac{\dot{z}_i}{|\dot{z}_{i\max}|}\text{signz}_i\right)\frac{2C_{0_z}^i d_{z_i}}{\pi}\text{tg}\frac{\pi z_i}{2d_{z_i}}, \quad (12)$$

$$R_{\text{p}_i}(S_{m_i})=\frac{G_{\text{p}_i}S_{m_i}}{\delta_{0_i}\cos\varphi_{\text{p}_i}+\frac{G_{\text{p}_i}}{C_{\text{p}_i}}}, \quad (13)$$

$$\text{tg}\varphi_{\text{p}_i}=\frac{R_{\text{p}_i}}{G_{\text{p}_i}}, \quad (14)$$

где C_0 – начальный коэффициент жесткости амортизатора (суммарный), d_i – ”свободный” ход соответствующего амортизатора, (максимально возможная деформация амортизатора под нагрузкой), μ = 0,15–0,30 – коэффициент сухого (внутреннего) трения в амортизаторах, $G_{\text{p}i}$ – сила тяжести ротора, σ_{0i} – начальный зазор в подшипниках, $\varphi_{\text{p}i}$ - угол ”маятниковых” колебаний ротора.

Уравнения (4) – (13) вместе с уравнениями связи между координатами (1) – (3) представляют полную математическую модель колебаний ударного сотрясения блочных машинных установок при двухкаскадной амортизации.

Абсолютные траверзные ускорения элементов блока находятся из уравнений (4), (5) и (8).

Если любой из каскадов составлен из амортизаторов с мягкой нелинейной характеристикой, показанной на рис. 2,*а*, то вместо реакций (9) – (11) или (10) – (12), следует подставлять (с соответствующими индексами) выражения вида

$$R(S)=C_0\text{th}\frac{S}{d_{\text{д}}}, \quad (15)$$

где: $d_{\text{д}}=\frac{R_{\text{д}}}{C_0}$ – предельная (условная динамическая) упругая деформация, при которой возникает нагрузка (рис. 2,*а*)

$$R_{\text{д}}=C_0 d_{\text{c}}\left[1+\alpha\lg\left(\frac{\beta\dot{S}}{b}\right)\right]; \quad (16)$$

где: $d_{\text{c}}=\frac{R_{\text{c}}}{C_0}$ – предельная (условная) упругая деформация, при которой допускается статический предел текучести σ_T^S; α, β, b – эмпирические константы [1]. При применении резиновых амортизаторов, теряющих устойчивость, надо применять $d_{\text{д}} = d_{\text{c}}$.

Из общей математической модели можно получить системы уравнений для частных случаев: при однокаскадной амортизации, для дизель-генераторов, главных и вспомогательных гребных электродвигателей, машинных преобразователей, гребных электродвигателей экономического хода и т. д. На рис.3 показаны графики сотрясений гребного электродвигателя.

Для обеспечения надежной виброзащитной и противоударной амортизации целесообразно в одном из каскадов устанавливать комбинированные амортизаторы. Они состоят из последовательно соединенных резинометаллического, виброзащитного и металлического упругопластического амортизаторов. Наибольший противоударный эффект достигается, если комбинированные амортизаторы установлены в качестве первого каскада (под лапами турбомашины) [1].

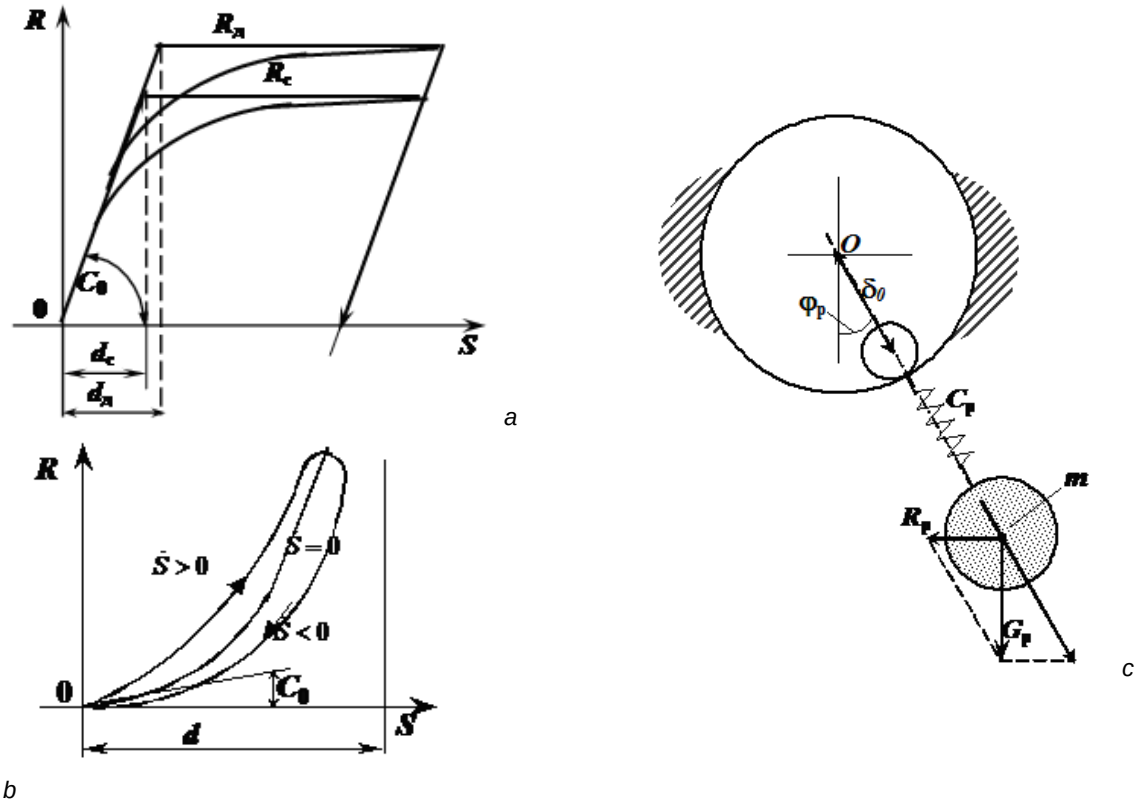


Рис. 2. Жесткостные характеристики (*a*, *b*) и схема роторной системы (*c*)

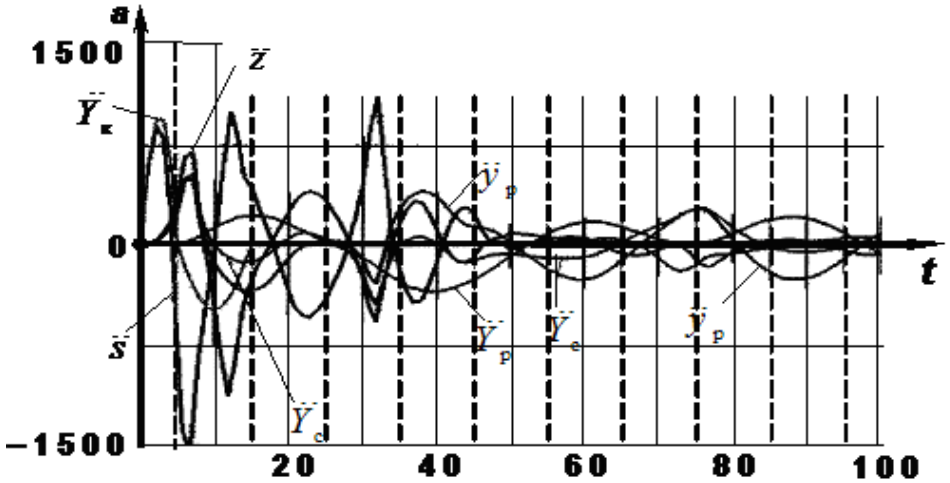


Рис.3. Зависимость ускорений *a* (м/с^2) элементов механической системы от времени *t* (10^{-3}с): $\ddot{Y}_к$ – абсолютное ускорение; $\ddot{Y}_р$ – абсолютное ускорение ротора; $\ddot{Y}_c$ – абсолютное ускорение статора; $\ddot{S}$ – относительное поперечное ускорение лап; $\ddot{y}_р$ – относительное ускорение ротора; $\ddot{z}$ – относительное вертикальное ускорение лап.

Выводы.

1. Получена обобщенная математическая модель расчета сложной блочной установки с двухкаскадной амортизацией, позволяющей определять ударные сотрясения блока с учетом нелинейностей в связях.

2. Для надежной противоударной защиты блока рекомендуется устанавливать в качестве первого каскада комбинированные амортизаторы [1, 2].

Список литературы

1. Крючков Ю.С. Динамика блочной амортизированной установки, как системы с выключающимися связями. [Текст]/ Ю.С. Крючков, Ю.Н. Кипреев. – Тр. ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова. г. С.-Петербург, 2004. Вып. 18 (302), С. 84-89.
2. Крючков Ю.С. Нелинейная теория сложных систем при кратковременном воздействии. [Текст]/ Ю.С. Крючков, Ю.Н. Кипреев. – Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. – Донецк: ДонНТУ, 2005. Вып. 30. – С.121-128.
3. Крючков Ю.С. Динаміка елементів енергетичного устаткування, що знаходиться в рідині. [Текст]/ Ю.С. Крючков, Ю.М. Кіпрєєв. – Машинознавство: Зб. наук. праць, – Львів, 2005. Вип.6, – С. 24-27.
4. Ударостойкость судового энергетического оборудования. [Текст]/ Ю.С. Крючков, И.И. Гусаров, А.А. Гальцев, В.И. Феденко – Л.: Судостроение, 1969, 251с.

УДК 621.182.12: 536.24

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ МЕТОДОМ КОРЕЛЛЯЦИОННОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ СПЕКЛ-ИНТЕРОФЕРОМЕТРИИ

Шаповалов Ю. О. канд. тех. наук, Семенов Н.Н. ст. викладач. Украина,
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова
Жук І.Ю. ст. викладач.
Чорноморський державний університет ім. Петра Могили.

Знание пространственного распределения температуры, химического и фазового состава и других параметров систем элементов двигателей исключительно важно для изучения физико-химических процессов, происходящих в этих системах при тепло- массопереносе. От хода этих процессов существенным образом зависят рабочие температуры, состав и количество тепла и, наконец, эффективность энергетических установок. Поэтому задача оперативного исследования структуры и диагностики, тепловых полей представляет несомненный научный и практический интерес. Среди путей решения этой задачи особое место принадлежит оптическим методам, благодаря их удобству и бесконтактному характеру. Удобные и эффективные методы регистрации фазы оптического излучения могут быть основаны на подходе корелляционной электронной спекл-интерферометрии [1, 2]. Этот подход близок к методам цифровой голографии, но проще, обладает большей универсальностью и легко модифицируется применительно к конкретным характеристикам исследуемых объектов [3]. Важным его преимуществом является то, что максимальный размер объекта лимитируется только длиной когерентности используемого лазера, в реальности размеры могут варьироваться от микрона до нескольких метров [2, 3]. Высокая чувствительность к фазе оптического излучения делает его исключительно полезным при исследовании формы и движения прозрачных сред.

Цель и задачи исследования

Целью данной работы является разработка усовершенствованной методики оптического исследования элементов теплообмена, которая, сохраняя информативность голографической интерферометрии, отличается удобством и доступностью в использовании.

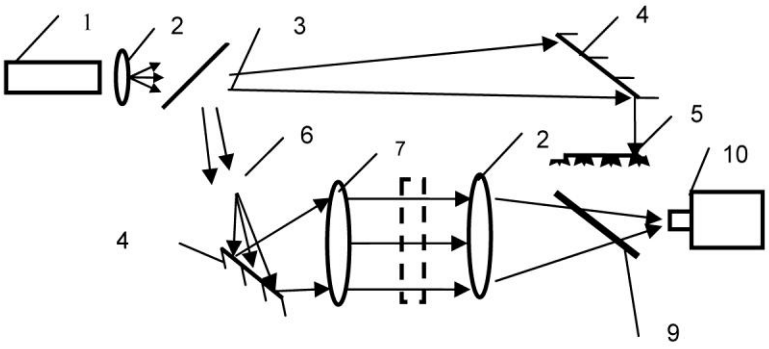
Для достижения сформулированной цели были поставлены следующие задачи:

– разработать методику реализации подхода корелляционной электронной спекл-интерферометрии в применении к обьектам стационарного тепло- массообмена;

– на основе измеренного распределения фазы зондирующего пучка разработать процедуру определения показателя преломления в объеме, которая позволит количественно судить о пространственной неоднородности объектов.

Описание методики измерений фазы объектного пучка

Принципиальная оптическая схема установки для исследования объектов методом корелляционной электронной спекл-интерферометрии представлена на рис. 1., результаты исследований – на рис.2



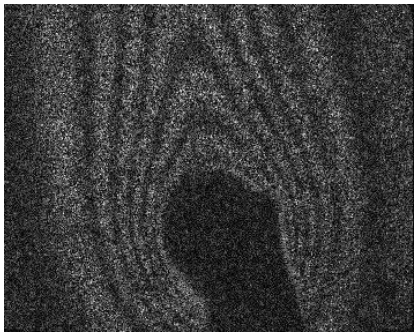


Рис.1 Схема экспериментальной установки 1 - светодиодный лазер, 2 – собирающая линза, 3- светоразделяющий клин, 4 - плоское зеркало, 5 – диффузный разсеиватель, 6 – разсеивающая линза, 7 – колимирующая линза, 8 – объект исследования, 9 – 50 % светоделитель, 10 – кинокамера проецирующая изображение на компьютер.

Рис.2. Голограмма распределения теплового потока трубки теплообменника

Результаты исследования методом корелляционной электронной спекл-интерферометрии

В ходе экспериментов получены интерферационные картины теплового потока. Результаты исследований течения и теплообмена оценивались путем сравнения ненагретого участка бесконечно малого элемента *dxdy* имеющего координату *y*. Ось *x* совпадает с направлением наблюдения и перпендикуляра плоскости изображения. Если коэффициент преломления этого элемента в отсутствии нагрева равен $n_0(x,y)$, а в присутствии нагрева – $n_1(x,y)$, то разность фаз волн, восстанавливаемым элементом, равна $d\varphi(x,y)$, где

$$d\varphi(x,y) = \frac{2\pi}{\lambda}[n_1(x,y) - n_0(x,y)]dx$$

Полная разность фаз φ(y) определяется интегралом от равенства по полной толщине объекта *l* исследования. Отсюда

$$\varphi(y) = \frac{2\pi}{\lambda}\int_{-\frac{l}{2}}^{\frac{l}{2}} .[n_1(x,y) - n_0(x,y)]dx.$$

Максимум плотности полос порядка N(y) в интерферационной картинке соответствует φ(y) = 2N(y)p, где N(y)= 0,1,2….. поэтому

$$N(y) = \frac{4}{\lambda}\int_y^R \frac{n_1 - n_0}{\sqrt{r^2 - y^2}} r dr,$$

где $n_1=n_1(r)$ – коэффициент преломления в точке r в присутствии нагрева, $n_0=n_0(r)$ – тот же коэффициент в отсутствии нагрева, *R* – радиус тепловой струи. Если при $r<<R$ считать $n(r)= n_0=1$, то предыдущее уравнение можно преобразовать в интегральное

$$n(r) - n_0 = -\frac{\lambda}{\pi}\int_r^R \frac{\frac{dN(y)}{dy}}{\sqrt{y^2 - r^2}} dy$$

Измерив значения *dN(y)/dy* по интерферационной картине для различных плоскостей фокусировки объектива, можно определить величины *n(r)* путем численного данного решения уравнения. Коэффициент *n(r)* связан с плотностью теплового потока с*(r)* соотношением

$$n(r) = \rho(r)k(r) + 1$$

где *k(r)* – величина, которая зависит от температуры. Поэтому, используя приведенные выше уравнения, можно вычислить локальные значения отношения плотностей любых нагретых поверхностей [4].

Вывод. Разработанный электронный спекл-спеклинтерферометр позволяет производить исследование тепловых полей как в статических, так в динамических испытаниях различных элементов систем двигателей при наличии изменения тепловых характеристик. Полученные данные могут найти применение в работах, направленных на повышение эффективности процессов интенсивности теплообмена и управление его режимом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1**. Флорко, А. В.** Спектральные методы исследования высокотемпературных систем [Текст]: учеб. пособие / А. В. Флорко, В. Г. Шевчук; ОНУ им. И. И. Мечникова. – Одесса: ОНУ, 2006. – 146 с.

2. **Франсон, М.** Оптика спеклов [Текст]: пер. с франц. / М. Франсон; под ред. Ю. И. Островского. – М.: Мир, 1980. – 171 с.

3. **Lшkberg, O. J**. Electronic speckle pattern interferometry [Text] / O. J. Lшkberg // Optical Metrology. – Springer Netherlands, 1987. – P. 542–572. doi:10.1007/978-94-009-3609-6_36.

4. **Jones R. and Wykes C.** Holographic and Speckle Interferometry. Cambridge University Press, Cambridge, 1989. – 328p.

УДК 504.06:621.431.74

ПОЛІПШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ ЗА РАХУНОК ОЗОНУВАННЯ ПОВІТРЯНОГО ЗАРЯДУ

Політикін Б.М., д.т.н. професор; Пирисунько М. А., викладач
Національний університет кораблебудування, Херсонська філія

Вплив шкідливих викидів суднових дизелів на глобальний екологічний стан повітряного басейну є обмеженим і оцінюється в 5-7% від загальної кількості викидів шкідливих речовин стаціонарними енергетичними установками і сухопутними транспортними засобами. Однак через відносно велику агрегатну потужність суднові дизелі можуть бути основними джерелами забруднення атмосфери в таких локальних зонах як порти, водні акваторії річок, особливо на території міст. Тому вирішення проблеми токсичності випускних газів судновими двигунами регламентується вимогами міжнародної морської організації ІМО.

Останнім часом в машинобудуванні виріс інтерес до пристроїв, що здатні виробляти озон, за допомогою якого обробляється паливо-повітряна суміш, що надходить в камеру внутрішнього згорання двигуна.

Озонні методи інтенсифікації процесу горіння палива дають можливість виправити деякі недоліки існуючих технологій зниження токсичності відпрацьованих газів ДВЗ.

Змішення палива з озонованим повітрям дозволяє підвищити повноту згорання палива, поліпшити економічність і знизити токсичність відпрацьованих газів двигуна.

Досягти озонування повітряної суміші можна різними способами. Найбільш широке застосування знайшли електричні засоби, здатні іонізувати повітряну суміш.

Озон є активним натуральним окислювачем, який до того ж не створює небезпечних і шкідливих домішок, зараз він часто застосовується для очищення і знезараження води, видалення солей металів і для дезодорації рідин. Залишається актуальною і проблема очищення повітря за допомогою озонових генераторів.

У чистому вигляді в природі озон існує тільки у верхніх шарах атмосфери, ближче до землі він швидко розпадається на молекули кисню і окисляє навколишні речовини. Саме за рахунок окислення і відбувається очищення повітря від неприємних запахів і зважених частинок. Озон здатний видалити з повітря неприємні запахи побутової хімії, відходів, продуктів горіння, газів, ефірних масел і бензолу.

В основі так званих генераторів отримання озону для ДВЗ, лежить іонізація повітряного заряду за допомогою електричних розрядів. Зазвичай такі пристрої містять корпус з повітряними вхідними та вихідними патрубками і з поміщеними в порожнині корпуса коронуючими і не коронуючими електродами. Вони також оснащені джерелами струму високої напруги зі змінною шпаруватістю і з можливістю регулювання частоти проходження електричних імпульсів для зміни ступеня озонування повітряної суміші.

Відомий метод наносекундної стримерної корони для очистки газів. Повітря що містить газоподібні забруднюючі з'єднання проходить через реакційну камеру до якої прикладаються імпульси високої напруги такої малої тривалості, що пробою камери не відбувається. При цьому в камері виникає інтенсивний імпульсний коронний розряд, що є одночасним розвитком великого числа тонких каналів розряду, що світяться, – стримерів. Під час проростання стримерів в міжелектродному проміжку, за рахунок високої напруженості електричного поля на головках стримерів утворюється велика кількість електронів що мають порівняно високу енергію.

Взаємодія цих електронів з молекулами газу приводить до утворення хімічно активної частинки такої як O_3 що і є передумовою очищення.

Хімічна активна частинка взаємодіючи у свою чергу з молекулами домішок окисляє і доокисляє їх з утворенням нешкідливих малоактивних з'єднань.

Використання імпульсного коронного розряду для розкладання екологічно шкідливих газоподібних з'єднань є перспективним методом. Експериментально підтверджено, що в зоні такого розряду

розкладаються летючі органічні сполуки, відбувається доокислення оксидів сірки і азоту NOx, SOx і багатьох інших газоподібних домішок які зустрічаються в відхідних газах ДВЗ.

Основними параметрами процесу очищення є ступінь очищення і енергія потрібна на очищення 1 м^3 газу. При використанні імпульсного коронного розряду ступінь очищення від будь-яких газоподібних забруднювачів може досягати великих значень (90 – 95%) і залежить в основному від енергії упровадженої в газ, що очищається. Залежність ця може мати як лінійний так і нелінійний характер.

Енергія потрібна на очищення 1 м^3 газу змінюється залежно від концентрацій і виду забруднюючого компоненту. Так за експериментальними даними очищення повітря від окисиду азоту NO_2 на 80% вимагає витрат енергії близько 15 Вт г/м^3, від окисиду сірки SO_2 на 90% – 10 Вт г/м^3.

МАСОГАБАРИТНІ ПОКАЗНИКІВ МЕТАЛОГІДРИДНОЇ УСТАНОВКИ БЕЗПЕРЕРВНОЇ ДІЇ, УТИЛІЗУЮЧОЇ ТЕПЛО СТАЦІОНАРНИХ МАЛООБЕРТОВИХ ДВИГУНІВ

М. Р. Ткач, Б. Г. Тимошевський, Ю. М. Галинкін,
Миколаїв, Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова

Перспективним способом утилізації низькопотенційного тепла є металогідридні установки безперервної дії, робочими тілами яких є водень і гідридна суспензія (металогідридний матеріал, поміщений в інертну до процесів поглинання-виділення водню рідина). Технологічна схема такої установки складається з теплообмінників відведення тепла ВЕР, десорбера, перегрівача водню, розширювальної машини, насоса перекачування суспензії, насосів теплоносіїв гарячого і холодного контурів, адсорбера, регенераційного теплообмінника, регенераційного турбонасосного агрегату [1].

Проведені попередні дослідження показали принципову працездатність таких установок [2, 3], а також дозволили визначити види металогідридних матеріалів, які раціонально застосовувати в якості компонента робочого тіла [1]. Одним з таких матеріалів є $ZrCrFe_{1,2}$. Властивості зазначеного матеріалу наведені в [4].

Встановлено, що застосування матеріалу ZrCrFe1,2 як компонент робочого тіла, дозволяє отримати ККД установки 0,02 ... 0,12, більшим значенням відповідає температура десорбції Тд = 380 ... 460 К. Регенерація механічної енергії дозволяє підвищити ККД утилізаційної установки на 2 ... 5%, регенерація механічної енергії - на 8 ... 14%. Спільне застосування регенерації теплової та механічної енергії дозволяє досягти ККД установки 21,4%

Очевидно, що більші значення ККД установки отримані при використанні більшого значення об'ємної концентрації металогідридного матеріалу в носії, так як, при рівних умовах, зменшується маса робочого тіла (гідридної суспензії), і як наслідок, витрати енергії на нагрів і перекачування робочого тіла. Діапазон об'ємної концентрації обмежений значенням 0,3, так як при використанні більших значень різко зростає гідравлічний опір [4], згідно з даними наведеними в [5], рекомендується використовувати значення об'ємної концентрації металогідридного матеріалу в носії не більше 0,017 для забезпечення седиментаційною стійкості.

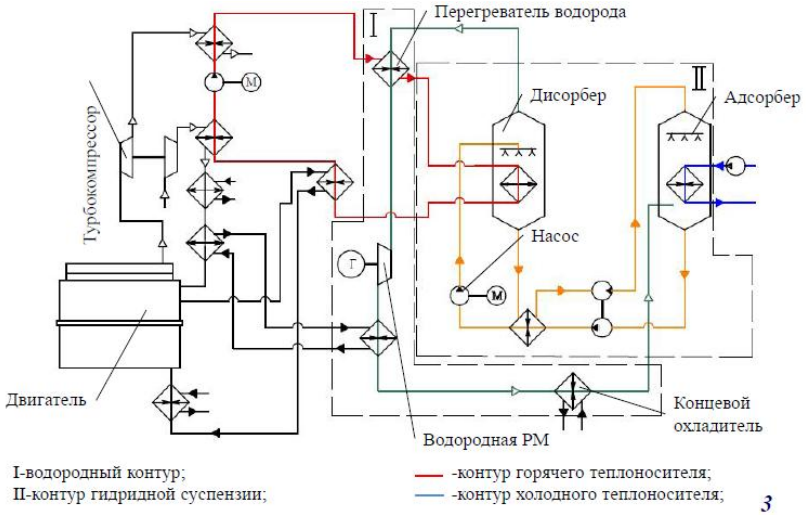


Рис. 1 Технологічна схема утилізації низькопотенційного тепла малообертового двигуна металогідридним установками безперервної дії

Проведено визначення масогабаритних показників апаратів установки, що працює спільно з двигуном MAH 12K90MC-S, який використовується в складі стаціонарної електростанції The GMR Vasavi Group, Ченаі, Індія. Співвідношення розмірів апаратів і двигуна показано на рисунку 2. Також, у таблиці 1 показані параметри, що характеризують установку, при яких визначені масогабаритні показники, у таблиці 2 наведені маси апаратів та маса двигуна.

Таблиця 1

Название аппарата	Масса, т
Материал	ZrCrFe1,6
Жидкость-носитель	ПМС-20
Мощность РМ, МВт	4,79
КПД установки	0,229
Температура десорбции, К	450
Расход водорода, кг/с	1,28
Степень регенерации тепловой энергии	0,58

Таблиця 2

Название аппарата	Масса, т
Адсорбер	8,12
Сорбер	8,12
Перегреватель водорода	10,90
Регенерационный теплообменник	1,95
Насос	6,47
Двигатель	1826,00

Параметри теплообмінників визначені по ГОСТ 15518-87 и ГОСТ 15119-79. Насос OWH 250 фірми Grupa Powen-Wafapomp SA.

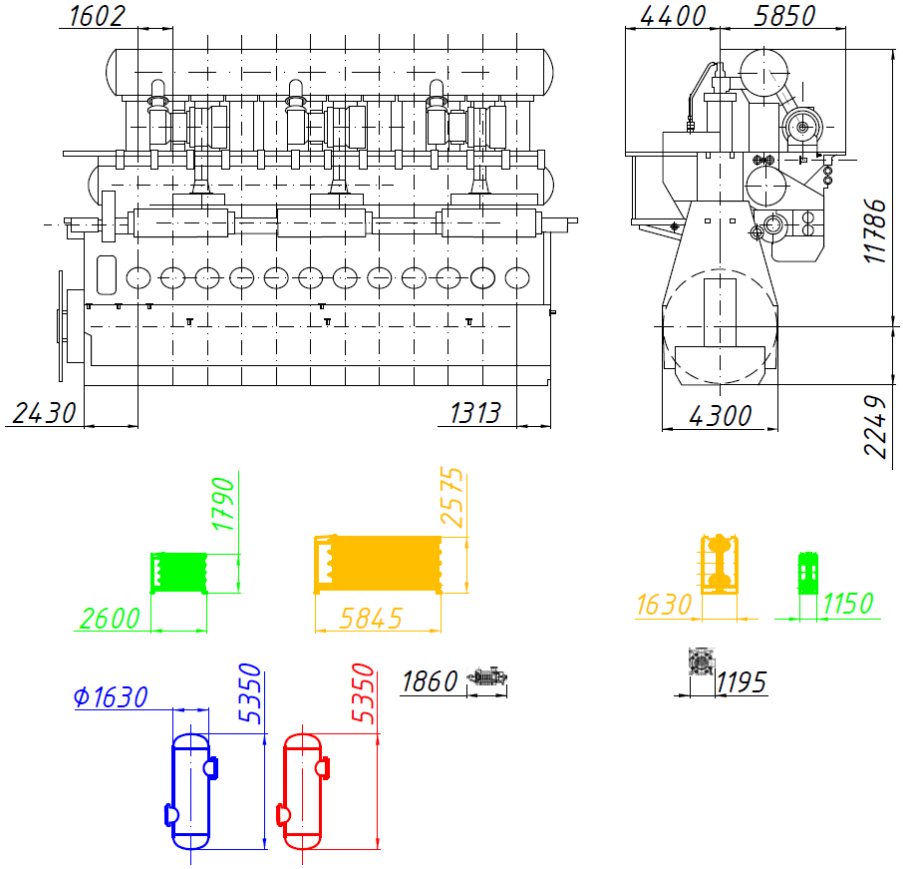


Рис. 2 Габаритні показники апаратів утилізаційної металогідридної установками безперервної дії

Утилізація тепла ВЕР малообертового двигуна 12K90MC-S (54,84 МВт, 104 хв$^{-1}$) металогідридною утилізаційною установкою безперервної дії забезпечує вироблення додаткової механічної потужності 1,4 ... 5,2 МВт, що складає 2,5 ... 9,6% потужності ДВЗ.

Список літератури:

1. **Ткач, М. Р.** Эффективность утилизации низкопотенциального тепла металлогидридными установками непрерывного действия / М. Р. Ткач, Б. Г. Тимошевский, С.М. Доценко, Ю. Н. Галынкин // Авиационно-космическая техника и технология – 2014. –№ 9(116). – С. 39–44

2. **Reylly, J.J.** Kinetics of the absorption of hydrogen by LaNi5Hx — n-undecane suspensions [Text] / J.J. Reylly, J.R. Johnson // Journal of the Less-Common metals, № 104. — 1984. — p.p. 175-190.

3. **Ткач, М. Р.** Характеристики рабочего тела металлогидридной утилизационной установки непрерывного действия М. Р. Ткач, Б. Г. Тимошевский, С.М. Доценко, Ю. Н. Галынкин // Авиационно-космическая техника и технология – 2014. –№ 9 (126). – С. 123–126.

4. **Ivanov, T.V.** Calorimetric investigation of the hydrogen interaction with ZrCrFe1.2 [Text] / T.V. Ivanova, V.N. Verbetsky // Journal of Alloys and Compounds – 1999– 293–295 – pp. 34–37.

5. **Lasher, S.** Technical Analysis of Hydrogen Production: Evaluation of H2 Mini-Grids [Text] / Stephen Lasher, Jayanti Sinha / Final Technical Report // U.S. Department of Energy. – May 3, 2005, p8.

УДК 631.602

ПРОБЛЕМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА НОВІ ВИМОГИ ІМО ДО СУДНОВИХ ІНСИНЕРАТОРІВ

Ратушняк Ігор Олександрович, Ратушняк Любов Петрівна

Інсинератор (ССП) – важлива складова СЕУ, яка на борту судна понижує витрати на утилізацію відходів та використовується для спалювання твердих і рідких відходів, які утворюються на судах під час нормальної експлуатації, і має істотний вплив для зниження загальної кількості суднових відходів.

Як і решта устаткування, що підпадає під вимоги МАРПОЛу, спалювання відходів вимагає досконалої конструкції, належних знань при експлуатації і наявності посібника із технічного обслуговування та експлуатації.

Неправильна експлуатація або технічне обслуговування ССП може призвести до пониження загальної ефективності роботи устаткування, а у подальшому – до серйозних аварій.

Основні проблеми, які виникають при експлуатації ССП:

1. спрацьовування сигналізації загасання полум'я;
2. спрацьовування сигналізації високої температури димових газів;
3. сигналізація високої температури у камері згоряння;
4. витоки шламу;
5. тріщини вогнетривких стінок камери згоряння;
6. спрацьовування сигналізації низького тиску;
7. витоки в ущільненнях насосу подачі рідких відходів;
8. витоки на валу насосу дизельного палива.

Для вирішення існуючих проблем та покращення екологічних характеристик СЕУ ІМО прийняло резолюцію МЕРС.244(66). Стандартні технічні вимоги до суднових інсинераторів 2014 року (4 квітня 2014 року) /1/. Резолюція стосується власників та операторів суден, суднобудівників, проектантів та виробників суднових інсинераторів.

Резолюція встановлює – норми викидів для суднових інсинераторів потужністю до 4000 кВт; протипожежні вимоги до інсинераторів і приміщень для зберігання відходів; форму Свідоцтва ІМО про схвалення типу суднових інсинераторів, а також приводить вимоги до інсинераторів, що об'єднано із установками для регенерації тепла.

У світлі основних названих проблем Резолюція передбачає наявність:

– регулятора температури топкових газів із датчиком, розташованим у витяжному каналі топкових газів, для відключення форсунки, якщо температура топкових газів перевищує температуру, встановлену виробником для даної конструкції;

– регулятора температури згоряння із датчиком, розташованим у камері згоряння, для відключення форсунки, якщо температура камери згоряння перевищує максимальну температуру;

- реле негативного тиску для регулювання тяги і негативного тиску в камері згоряння;

– запобіжного регулятора полум'я, що складається із датчика полум'я та пов'язаного із ним устаткування, для відключення установки у випадку незапалення і загасання полум'я під час розпалювання. Якщо тиск палива падає нижче значення, установленого виробником, то програмне реле повинно блокуватися і розмикатися. Це також стосується форсунки, на яку подаються нафтові залишки (осад, що містить нафту) (у випадку, якщо тиск є важливим елементом процесу згоряння або якщо насос не є складовою частиною форсунки);

- на паливопроводі до кожної форсунки повинно бути передбачено два соленоїдні вентилі з послідовним з'єднанням для регулювання подачі палива;

- отвору для звукового сигналізатора, що підключається до системи місцевої або центральної сигналізації. У випадку несправності візуальний індикатор повинен вказувати на її причину.

Висновок: врахування вимог ІМО при проектуванні, регулярне технічне обслуговування та перевірки дуже важливі й можуть забезпечити безперебійну і безпечну роботу цієї важливої складової СЕУ.

Література

1. RESOLUTION MEPC.244(66). Adopted on 4 April 2014. 2014 STANDARD SPECIFICATION FOR SHIPBOARD INCINERATORS [Electronic resource] // – Mode of access: WWW.URL: http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MEPCResolutions/MEPC244 66.pdf. – Last modified: Thursday, January 29, 2015. – Title from the screen.

УДК 621.311.22

УЛУЧШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ЗА СЧЕТ СНИЖЕНИЯ ИХ ТЕПЛОВЫХ И АКУСТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

Кузнецов В.В., канд. техн. наук, доцент[1] **Кузнецов Г.В.,** студент[1]
Борисов В.Е., главный инженер[2] **Волошин А.Ю.,** инженер[2]
1– Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев
2 – Государственное предприятие «Исследовательско–проектный центр кораблестроения», г. Николаев

Повышение эффективности судовых энергетических установок прямопропорционально связано со снижением температуры отработавших газов их главных и вспомогательных двигателей.

Проведенный анализ энергетических установок судов, построенных за последние 10 лет, показал, что утилизационные котлы устанавливаются на главные двигатели крайне редко, а на дизель-генераторы – не устанавливаются вообще. При этом, температура отработавших газов главных и вспомогательных двигателей находится на уровне 250…350ºС, где большие значения температуры характерны для приводных двигателей дизель-генераторов. Это вызывает возможность и необходимость утилизации теплоты отработавших газов, что можно осуществить за счет совмещения глушителя-искрогасителя двигателя внутреннего сгорания с утилизационным котлом.

Анализ современных конструкций глушителей показал, что для дополнительного снижения температуры отработавших газов глушители-искрогасители могут совмещаться с теплообменными поверхностями для выработки горячей воды или насыщенного пара [1].

Для снижения массогабаритных показателей и увеличения тепловой мощности таких теплообменных поверхностей в настоящей работе предложено использовать оребренные поверхности теплопередачи с лунками на ребре. Это даст возможность снизить аэродинамическое сопротивление поверхности, одновременно улучшим теплопередающие характеристики. Оценка эффективности предлагаемого технического решения показала, что ожидаемое снижение температуры отработавших газов до 10ºС, повышение коэффициента использования теплоты до 6…12%, повышение эффективности теплопередачи теплопередающих поверхностей на 7…14%.

1.Heat recovery silencers for reciprocating engines. MFT. Maxim silencers, Inc. 2008. 4 p.

УДК 628.165:621.44

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ, ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИЙ И ОПРЕСНЕННОЙ ВОДЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КГПТУ

Кузнецова С.А.

Контактных газопаротурбинных установок кроме выработки электрической энергии могут дополнительно получать тепловую энергию и опресненную воду за счет утилизации теплоты газопаровой смеси за утилизационным котлом [1]. Эти энергии и пресная вода, используются как в промышленноти, сельском хозяйством, так и населением. Однакоже тепловой потенциал газопаровой смеси ограничен, поэтому необходимо определить экономические показатели для обоснования эффективности выработки тепловой энергии, пресной воды или того и другого одновременно.

Целью настоящей работы является определение эффективности применения КГПТУ при дополнительной выработке тепловой энергии и опресненной воды.

Достижение поставленной цели выполнено путем разработки и определения показателей: эксплуатацыонная стоимость получения опресненной воды - $C_{пв}$; экономический эффект и срок окупаемости при вывработке дополнительной тепловой энергии – $E_{тепл}$ и $T_{тепл}$,а так же тепловой энергии и опресненной воды - $E_{тепл+пв}$ и $T_{тепл+пв}$; относительные стоимостные показатели – $e_{эл}$, $e_{эл+тепл}$, $e_{эл+тепл+пв}$.

В результате исследований определены показатели для ГПА-16К мощностью 16МВт при их работе в южных засушливых областях Украины на протяжении всего года. Тепловая энергия рассматривалась в виде горячей воды температурой 130°С для отопления или 150°С для промышленных нужд. Рассмотрены схемы с ступенчатым опреснительным аппаратом с регенерацией теплоты последней ступени и с испарительным охладителем с регенерацией теплоты циркуляционной воды на выходе из контактного конденсатора с последующим ее дополнительным охлаждением, как наиболее эффективные по получению опресненной воды. Численные значения этих показателей лежат в следующих диапазонах: $C_{пв}$ =32…217 грн./м^3, $E_{тепл}$ = 10021…10547и $T_{тепл.}$= 1,2…1,3; $E_{тепл+пв}$ = 3514…8447и $T_{тепл+пв}$ = 2,7…5,5; $e_{эл}$ =0,864, $e_{эл+тепл}$ =0,76…0,78, $e_{эл+тепл+пв.}$= 0,615…0,765

Данные исследования показали, что выработка тепловой енергии и опресненной воды наиболее выгодно, что подтверждает показатели относительной стоимости. Однако срок окупаемости у таких установок намного больше чем у установок вырабатывающих только тепловую энергию, поэтому их применение нужно дополнительно обосновывать местными потребностями в опресненной воде.

Литература:

1. Шевцов А.П., Кузнецова С.А., Мовчан С.М., Романов В.В., Рижков С.С., Івченко І.В., Чобенко В.М. Спосіб утилізації теплоти і маси робочого тіла в контактній газопаровій турбінній установці на морському об’єкті. Патент на винахід №93308, реєстр25.01.2011, публ.25.01.2011 бюл. №2

УДК 621.438

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭНЕРГОКОМПЛЕКСОВ С ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ РЕГЕНЕРАЦИЕЙ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ОКЕАНОТЕХНИКИ

А.К. Чередниченко,
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев

Для энергетических комплексов таких объектов океанотехники как специализированные суда FPSO и FLNG, морские буровые платформы, плавучие электростанции характерно использование газотурбинных установок, которые позволяют при малых массогабаритах получить необходимую мощность при минимальном воздействии на окружающую среду. Мощность находящихся в эксплуатации газотурбинных энергетических установок морских стационарных платформ, плавучих электростанций и судов FPSO превышает 60 % суммарной установленной мощности, а для вновь построенных судов FPSO и FLNG составляет практически 100 %.

С учетом применения своей продукции на флоте, такие ведущие производители ГТД как GE, Rolls-Royce, Siemens адаптировали часть своей продукции к работе в морских условиях. Выпускает такие двигатели и отечественное предприятие «Зоря-Машпроект».

В результате анализа характеристик альтернативных энергетических установок объектов океанотехники и морских судов выявлено, что перспективным вариантом являются энергокомплексы на базе

газотурбинных и комбинированных установок с термохимической регенерацией. Эффективность таких установок исследована в научно-исследовательском институте «Энергетики и машиностроения» Национального университета кораблестроения имени адм. Макарова методами математического моделирования.

В процессе исследования взаимосвязей элементов энергокомплекса рассмотрено четыре иерархических уровня: комплекс в целом, подсистемы комплекса, группа оборудования подсистем, оборудование входящие в группы.

Применение современных объектно-ориентированных подходов к проектированию сложных технических систем при совмещении принципов стратегии функциональной декомпозиции с инкапсуляцией подсистем, позволило при моделировании представить данную энергетическую установку в виде системы из трех функционально взаимосвязанных подсистем:

– энергетической подсистемы, в которой химическая энергия топлива преобразуется в механическую, электрическую и тепловую энергию;

– подсистемы утилизации тепла, предназначенной для преобразования сбросной теплоты энергетической подсистемы в механическую, электрическую и тепловую виды энергии;

– технологической подсистемы конверсии топлива.

Это позволило реализовать блочную схему для отдельного моделирования элементов энергокомплекса как при теоретическом, так и при экспериментальном исследовании.

Исследования показали, что основными факторами, которые влияют на эффективность энергокомплекса с термохимической регенерацией являются:

– температурный потенциал потоков энергоносителей сбросного тепла главных двигателей и их расходы;

– зависимость прироста теплотворной способности продуктов конверсии от температуры реакции.

Исследование позволило сделать вывод о перспективности применения в оффшорном флоте комбинированной дизель-газотурбинной энергетической установки с термохимической регенерацией вторичных энергоресурсов. Альтернативой может быть газотурбинная установка с совместной термодинамической и термохимической регенерацией сбросного тепла.

УДК 629.128:621.359.7

СНИЖЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗНОЙ ОБРОБОТКИ ВОДЫ ДЛЯ ВОДОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

Шевченко Виктор Васильевич, Филипщук Александр Николаевич,
Горячкин Владимир Юрьевич
Херсонский филиал Национального университета кораблестроения

Введение. В последнее время на судах стали применять скрубберные технологии, при испрользовании которых требуется вода для орошения с повышенной щелочностью. К ним относится гибридная система очистки выхлопных газов, созданная в результате совместных разработок компаний Alfa Laval и Aalborg Industries [1] при участии производителя дизельных двигателей фирмы MAN и приспособленная для очистки выхлопных газов дизелей с помощью установки скрубберов. К недостаткам этой технологии следует отнести расходы на бункеровку и хранение NaOH для работы на пресной воде.

С целью автоматической поддержки значения *pH* и эффективной очистки от SO_x необходимо создание системы хранения, подготовки, дозирования и подачи *NaOH*. При этом необходимо придерживаться особых требований техники безопасности при работе с *NaOH*, т.к. *NaOH* взаимодействует с алюминием, магнием, цинком с выделением огнеопасного водородного газа. Рекомендованная температура хранения - между 25...35 °С, что усложняет установку. Не должно быть контакта *NaOH* с топливом.

Особенностью системы $CSNO_x$ [2] является использование предварительно обработанной морской воды с целью повышения ее щелочности и показателя pH. Обработка воды, в результате которой существенно повышаются ее абсорбционные свойства, проводится с применением электрических средств, без химических реагентов.

Актуальность исследований. В технологии $CSNO_x$ рассматривается только возможность увеличения абсорбционных свойств воды как абсорбента и не рассматривается возможности увеличения абсорбционных свойств дымовых газов как абсорбата, что возможно осуществить при сжигании водотопливных эмульсий (ВТЭ). Поэтому актуальным является определение качества и состояния воды,

которая одновременно используется как для приготовления ВТЭ, так и для интенсификации абсорбции NO_x, SO_2, CO_2 в скрубберах.

Постановка задачи. Как показали проведенные исследования, которые связаны с развитием тепловых и физико-химических процессов в элементах СЭУ, первостепенным и решающим фактором для решения поставленных задач (при разработке комплексной системы снижения экологических показателей, коррозии и тепловых потерь, повышения экономической эффективности, ресурсосбереження) является организация процесса сжигания в топливосжигающих агрегатах СЭУ водотопливных эмульсий (на основе сернистых топлив) с водосодержанием около 30 %, при соответствующем уровне кавитационной обработки воды и самой ВТЭ перед сжиганием.

Результаты исследований. Возможности улучшения режима горения ВТЭ, роста тепловыделения в топке (камере сгорания ДВС), снижение экологических показателей, снижения скорости коррозии, уменьшения загрязнения поверхностей нагрева в самих котлах, в ДВС (ГТД) и в системах газоотвода дымовых газов от этих агрегатов СЭУ зависят от приготовления воды соответствующего качества для подготовки ВТЭ. При кавитационной обработке этой воды обеспечивается дополнительная активация горения, потому что активированная вода в составе ВТЭ привносит дополнительное соответствующее количество ионов H^+, OH^- к таким же ионам (H^+, OH^-), которые образуются при микровзрывах ВТЭ в процессе горения. Кроме того, показатели качества воды, которые надо обеспечить, определяются не только необходимыми качествами ВТЭ с точки зрения интенсификации горения, но и необходимостью получения в составе газов эквимолярного соотношения NO_2 : NO, что даст возможность нейтрализации токсичных соединений в самом топливе и в дальнейшем интенсифицировать абсорбцию NO_x, CO_2, CO и сернистых соединений. Для этого вода должна иметь щелочные свойства. Чем выше щелочность воды, тем лучше будет происходить нейтрализация сернистых соединений топлива при подготовке ВТЭ и сернистых соединений, которые содержатся в дымовых газах, в процессе их абсорбции в скрубберах. Качество воды (содержимое солей, количество ионов H^+, OH^- при кавитационной обработке воды [3]) определяет интенсивность микровзрывов капель ВТЭ, суммарное количество H^+, OH^-, O^+, как инициаторов цепных реакций в начале процесса горения эмульсий.

По нашему мнению более целесообразно на судах (дополнительно к утилизационным вакуумным опреснителям, производительность которых при использовании современных ДВС снижается) использование электродиализных опреснителей с учетом меньших расходов электроэнергии для получения необходимого количества опресненной воды (дилюата), качественные показатели которого отвечают свойствам дистиллята (или имеют с ним одинаковые характеристики особенно при использовании электродиализной подготовки воды после ее обработки в установке обратного осмоса), а также в связи с возможностью использования католита (побочный продукт электродиализной обработки морской воды) в качестве абсорбента (поглощающей среды), который орошает набивку скрубберов, где окончательно абсорбируются NO_x, SO_x, CO_2. Для повышения pH католита, увеличения количества ионов H^+, OH^- предлагается установка кавитатора, который обеспечит повышение интенсивности абсорбционных процессов в скруббере. К католиту можно добавлять продувочную воду котлов, которая также имеет щелочные свойства. Так как на судне (особенно при сжигании ВТЭ) непрерывно необходима чистая вода, то непрерывно будут иметься в наличии сопутствующие продукты электродиализной обработки (католита) для орошения скрубберов. Таким образом обеспечивается утилизация остатков (материальных ресурсов) с одновременным уменьшением отходов на судне, которые необходимо или хранить, или обрабатывать перед сбросом в окружающую среду. Следовательно, на этапе подготовки сред (воды, топлива, эмульсии) надо получить такой состав дилюата, католита, чтобы обеспечить на следующих этапах интенсификацию процессов горения эмульсии, очистки газов, снижения низкотемпературной коррозии (НТК), более глубокой утилизации теплоты газов.

Выводы. Для обеспечения комплексного решения задач повышения экономической эффективности и улучшения экологических показателей, надежности и ресурсосбережения, необходимо обеспечить подготовку воды необходимого качества (с солесодержанием на кровне 180 мг/дм^3 для приготовления ВТЭ с целью обеспечения условий сжигания ВТЭ с водосодержанием около W^r = 30 % (водотопливное отношение $W^r_{вп}$ = 42,8 %) и для орошения насадки скруббера с целью обеспечения интенсификации абсорбционных процессов; сжигание ВТЭ соответствующего качества с водосодержанием около W^r = 30 % ($W^r_{вп}$=42,8 %) приводит к созданию эквимолярного или близкого к нему соотношения NO_2 : NO в дымовых газах на выходе из зоны горения, что обеспечивает снижение интенсивности НТК, а также уменьшение эмиссии NO_x, SO_2, CO_2.

ЛИТЕРАТУРА

1. PureSOx Exhaust gas cleaning (EMD00281EN 1208) [Елетронний ресурс]:URL:http://www.alfalaval.com/industries/marine/oiltreatment/Documents/PureSOx% 20product% 20brochure.pdf (дата обращения : 04.03.2013).

2. Ecospec CSNOxTM Broshure [Елетронний ресурс]: URL: http://www.ecospec.com/upload/brochurepdf/67_uaez4cere8bt2axql5896mgz76wsbasv.pdf (дата обращения : 04.09.2013).

3. **Витенько, Т.Н.** Механизм активирующего действия гидродинамической кавитации на воду [Текст] / Т.Н. Витенько, Я.М. Гумницкий. - Химия и технология воды, 2007. т. 29., №5. - с. 422-432.

УДК 620.97.004.18:629.12 (075.8)

ЗАСТОСУВАННЯ НОВИХ МЕТОДІВ У ПРОЕКТУВАННІ ВИСОКОЕФЕКТИВНИХ СИСТЕМ УТИЛІЗАЦІЇ МОД

А.А. Андреєв, В.С. Цвікліс, В.І. Новіков,
Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова

Підвищенні економії палива і екологічної безпеки на суднах слід вважати актуальною задачею при проектуванні суднових енергетичних установок (СЕУ)та систем.

Рішення цієї задачі полягає не тільки у використанні двигунів із високим ККД, а і у розробці високоефективних систем утилізації (СУ) його вторинних енергоресурсів (ВЕР), до яких належать теплота з відхідними газами (ВГ) двигуна, теплота наддувного повітря (НП) та теплота систем охолодження двигуна (мастила та прісної води).

При проектуванні СУ необхідно визначити, які складові зовнішнього балансу головних і допоміжних двигунів СЕУ (складові ВЕР) будуть задіяні у процесах їх утилізації. Величина цих складових визначається режимами роботи та навантаженням двигунів.

Для суднових головних двигунів зміни основних показників двигуна визначаються за гвинтовими характеристиками пропульсивного комплексу, а допоміжних – за навантажувальними. Параметри, які необхідні для розрахунку складових зовнішніх теплових потоків двигуна визначаються при його випробуваннях та програмними комплексами, які розроблені фірмами виробниками цих двигунів.

Такі параметри мало обертових двигунів (МОД) фірми "MAN B&W" на різних режимах його роботи можна визначити, скориставшись програмним комплексом CEAS-ERD: Engine Room Dimensioning, деталі якого розглянуті у [1,2].

Після вибору пропульсивного комплексу згідно його гвинтової характеристики вибираються параметри двигуна, при різних його навантаженнях, які необхідні для визначення наявних теплових потоків ВЕР, і які наводяться у вигляді графіків та таблиць для трьох різних параметрах довкілля (ISO, тропічних і спеціальних) при різних навантаженнях двигуна. До таких параметрів робочих середовищ (ВГ, НП, мастила та прісної води) відносяться їхні витрати та температури. Крім того, складові потоків теплоти ВЕР представляються у вигляді навантажень ОНП і холодильників прісної води та мастила.

При утилізації теплоти ВГ вона передається проміжному теплоносію у рекуперативному теплообміннику – утилізаційному котлі (УК). У якості проміжного теплоносія для таких систем використовується вода, насичена водяна пара або термальна рідина. Для деяких малотоннажних суден із малою потужністю ГД застосовуються водогрійні УК.

Програмний комплекс передбачає використання складової ВГ в утилізаційному котлі (УК) при тиску насиченої пари 0,7 МПа, а тому визначає максимально можливу паропродуктивність для різних параметрах довкілля і при різних навантаженнях двигуна.

Таким чином, використання програмних комплексів дає можливість визначати необхідні складові потоків теплоти ВЕР та представити їх у більш зручному для подальшого проектування СУ, а саме у вигляді Н-Т (ентальпійно-температурної)-діаграми.

Для прикладу така діаграма змін наявних ВЕР для МОД фірми "MAN B&W" 14S90ME-C9,2-TII на режимі специфікаційної максимальної тривалої потужності представлена на рис1.

Згідно діаграми, сумарна максимальна наявна потужність ВЕР може бути досягнута (близько 75 МВт) у випадку, коли температура теплоносіїв споживачів не перевищує 70 °С. Найвищий температурний потенціал та наявну теплову потужність мають ВГ. Але треба мати на увазі, що при наявності сірки у паливі, яке використовує двигун, температура ВГ за споживачем для усунення низькотемпературної корозії повинна бути не нижче 160 °С. Ці вимоги значно скорочують використання теплоти ВГ.

Окрім традиційних систем утилізації, на сучасних контейнеровозах із великою потужністю МОД застосовуються системами глибокої утилізації теплоти (СГУТ) відпрацьованих газів, у яких надлишок пари використовується для приводу утилізаційного парового турбогенератора, що дозволяє повністю або частково замінити у ходовому режимі дизель-генератор.

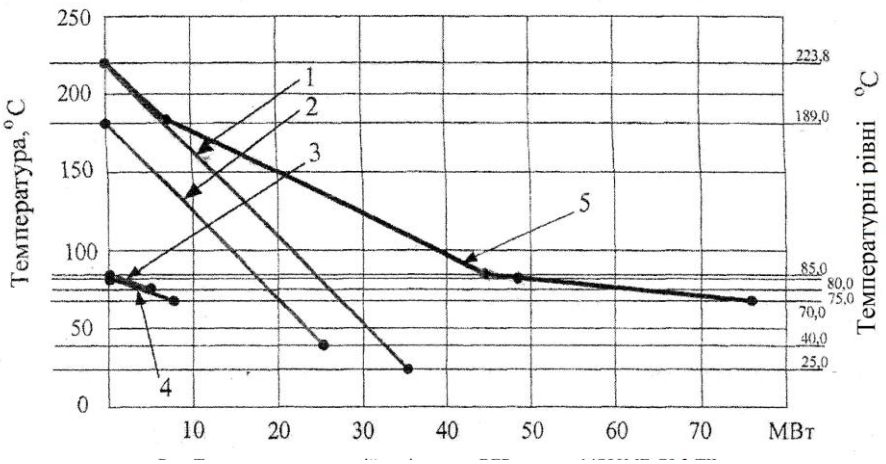


Рис. 1. Температурно-ентальпійна діаграма ВЕР двигуна 14S90ME-C9,2-TII; 1 – відхідні гази; 2 – надувне повітря; 3 – циркуляційне масло; 4 – циркуляційна прісна вода охолодження ГД; 5 – загальна наявна теплова потужність ВЕР

Приклад розподілу теплових потоків і температур для елементів УК представлено у вигляді Н-Т - діаграми на рис. 2.

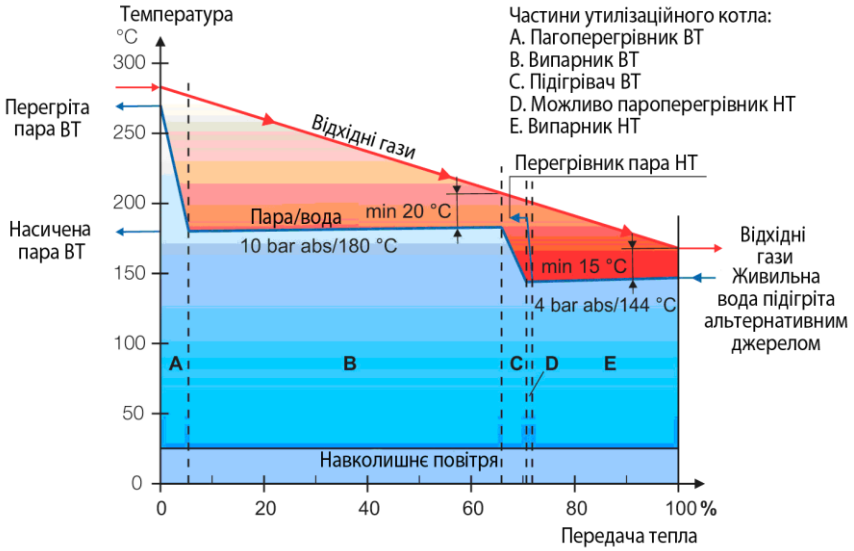


Рис. 2. Варіант СГУТ із УК двох тисків

Висновки

1. Використання програмного комплексу CEAS-ERD при проектуванні СЕУ забезпечує не тільки оптимальний вибір пропульсивного комплексу СЕУ, а і значно спрощує визначення теплових потоків ВЕР.

2. Представлення теплових потоків ВЕР у Н-Т - координатах спрощує не тільки аналіз і вибір ефективних схем утилізації, але і визначення параметрів необхідних для вибору і проектування

Список літератури

1. **Самохвалов В.С.** Вторинні енергоресурси та енергозбереження на суднах: навчальний посібник [Текст] / В.С. Самохвалов, Д.В., Коновалов, М.Ю. Багненко та ін./ за заг. ред.. В.С. Самохвалова. – Миколаїв: Іліон, 2016. – 430 с.

1**. Андреєв А.А.** Особливості розрахунку характеристик МОД за допомогою програмного комплексу CEAS-ERD: Engine Room Dimensioning фірми "MAN B &W" [Текст] / А.А. Андрєєв, Д.М. Смагін // Тези доповіді. Матеріали міжнародної конференції: Сучасний стан та проблеми двигунобудування - Миколаїв: НУК, 2014. 181 - 191С.

УДК 621.182.3: 625.5.031.32

СУММАРНЫЙ РАСХОД ТОПЛИВА КАК КРИТЕРИЙ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАСТРОЙКИ ГЛАВНОГО ДВИГАТЕЛЯ ТРАНСПОРТНОГО СУДНА С КАЙТОМ

Кисарова Алена Игоревна
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев

Одним из путей повышения энергоэффективности судовой пропульсивной установки является минимизация расхода топлива за счет настройки главного двигателя (ГД) на стадии проектирования судовой энергетической установки (СЭУ) к предстоящим условиям эксплуатации транспортного судна, когда в качестве критерия сравнительной эффективности выступает суммарный расход топлива на ГД за жизненный цикл судна (ЖЦС). В связи с появлением добавочной пропульсивной тяги за счет управляемого воздушного змея – кайта (kite), периодически используемого при возникновении благоприятных гидрометеоусловий, задача по определению суммарного расхода топлива на ГД за ЖЦС стала более актуальной.

Суммарный расход топлива определяется как сумма расходов на отдельных участках рейсовой линии с условно постоянной погодой. На некоторых участках при благоприятном ветре в работу включается кайт, снижая нагрузку и расход топлива на ГД. Условно постоянная погода предопределяет постоянную нагрузку на ГД и, следовательно, постоянный расход топлива. Такая погода может длиться разное время, которое находится в стохастической зависимости от скорости ветра и районов Мирового океана. Поскольку погода изменчива, то расчет производится по всем рейсам за ЖЦС.

Рейсовый расход топлива ГД зависит от характеристик судна, технического состояния его внешней подводной части, контрактной скорости хода, а также от гидрометеорологических параметров, свойственных метеорологическим районам определенной части Мирового океана [1]. Он определяется на каждом участке рейсовой линии. При этом на переходе может быть несколько участков с так называемыми условно постоянными погодами, когда при постоянной скорости хода судна нагрузка на ГД на каждом из этих участков остается неизменной, но разной по величине.

Расчетное количество участков обусловливается той или иной скоростью ветра, продолжительностью постоянной погоды и длиной перехода. На рис. 1 представлена ситуация, когда первый переход состоит из четырех участков с указанием скоростей и углов ветра. На третьем участке, как и на втором, судно движется за счет работы ГД и кайта, а на четвертом, как и на первом, за счет лишь ГД.

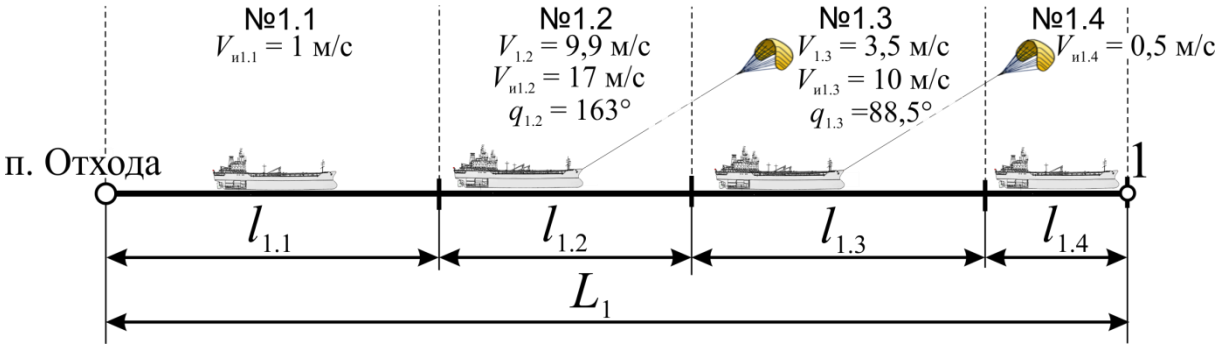


Рис. 1. Переход протяженностью L_1 с указанными участками постоянной погоды №1.1, 1.2, 1.3 и 1.4 протяженностью соответственно $l_{1.1}$, $l_{1.2}$, $l_{1.3}$ и $l_{1.4}$

Расхода топлива ГД на первом переходе протяженностью L_1 равен

$$B_1 = B_{1.1} + B_{1.2} + B_{1.3} + B_{1.4},$$

или в общем виде

$$B_1 = B_{1.1} + B_{1.2} + \ldots + B_{1j} + \ldots + B_{1.U} = \sum_{j=1}^{U_1} B_{1j},$$

где B_{1j} – расход топлива ГД на j-м участке первого перехода; j = 1,2,…,U_1; U_1 – количество участков на первом переходе.

Аналогично определяется расход топлива ГД на двух последующих переходах:

$$B_2 = \sum_{j=1}^{U_2} B_{2j}; B_3 = \sum_{j=1}^{U_3} B_{3j},$$

где B_{2j} и B_{3j} – количество топлива ГД на j-х участках второго и третьего переходов; U_2, U_3 – количество участков на втором и третьем переходах.

Расход топлива ГД в рейсе, между портами «Отхода» и «Прихода»

$$B_R = B_1 + B_2 + B_3 = \sum_{j=1}^{U_1} B_{1j} + \sum_{j=1}^{U_2} B_{2j} + \sum_{j=1}^{U_3} B_{3j},$$

или в общем виде

$$B_R = B_1 + B_2 + \ldots + B_i + \ldots + B_P = \sum_{j=1}^{U_1} B_{1j} + \sum_{j=1}^{U_2} B_{2j} + \ldots + \sum_{j=1}^{U_i} B_{ij} + \ldots + \sum_{j=1}^{U_P} B_{Pj} = \sum_{i=1}^{P} (\sum_{j=1}^{U_P} B_{ij}) = \sum_{i=1}^{P} \sum_{j=1}^{U_P} B_{ij},$$

где B_{ij} – расход топлива ГД в i-м переходе на j-м участке; i = 1,2,…, P; j = 1,2,…,U_i; U_i – количество участков на i-м переходе; P – количество переходов, равное количеству гидрометеорологических районов на рейсовой линии.

В общем случае расход топлива в каждом рейсе не будет одинаковым из-за различных гидрометеоусловий (ГМУ) и возраста судна, который, наряду с периодическими докованиями, определяет степень шероховатости подводной части судна. Расход топлива ГД за ЖЦС представляет собой сумму расходов топлива в каждом рейсе, т.е.

$$B_{\text{ЖЦС}} = B_{R1} + B_{R2} + \ldots + B_{Rk} + \ldots + B_{RZ} = \sum_{k=1}^{Z} B_{Rk} = (\sum_{i=1}^{P} \sum_{j=1}^{U_P} B_{ij})_1 + (\sum_{i=1}^{P} \sum_{j=1}^{U_P} B_{ij})_2 + \ldots + (\sum_{i=1}^{P} \sum_{j=1}^{U_P} B_{ij})_k + \ldots +$$

$$+ (\sum_{i=1}^{P} \sum_{j=1}^{U_P} B_{ij})_Z = \sum_{k=1}^{Z} (\sum_{i=1}^{P} \sum_{j=1}^{U} B_{ij})_k = \sum_{k=1}^{Z} \sum_{i=1}^{P} \sum_{j=1}^{U} B_{ijk},$$

где B_{Rk} – расход топлива ГД в k-м рейсе, k =1,2,…, Z; Z – количество рейсов за ЖЦС.

Совершенно очевидно, что численные значения в единичном расчете – одни из возможных, поскольку, например, параметры ГМУ – это стохастические величины. Применение статистического моделирования [2] позволит получить массив значений расхода топлива за жизненный цикл судна и его представительное значение – математическое ожидание $M(B_{\text{ЖЦС}})$.

ВЫВОДЫ Впервые для сравнительного анализа альтернативных судовых дизельных установок транспортных судов и принятия рациональных проектных решений показана возможность расчета расхода топлива главным двигателем судна, движение которого в рейсе обеспечивается как постоянно работающим этим двигателем, так и эпизодически включающимся в работу пропульсивным воздушным змеем – кайтом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Ветер и волны в океанах и морях [Текст]: справочные данные / Регистр СССР. – М.: Транспорт, 1974. – 359 с.

[2] **Шостак, В. П.** Имитационное моделирование судовых энергетических установок [Текст]: монография / В.П. Шостак, В.И. Гершаник // Л.:Судостроение, 1988. – 256 с.

УДК 629.5.031.32:533.666

ПОЛЕЗНАЯ ТЯГА СУДОВОГО ПРОПУЛЬСИВНОГО КАЙТА

Шостак Владимир Павлович, Кисарова Алена Игоревна
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев

С появлением дополнительного тягового устройства – буксирующего пропульсивного воздушного змея – кайта (kite), появилась возможность при благоприятном ветре включать его в работу и тем самым снижать расход топлива на главный двигатель (ГД) [1]. Целесообразность его применения связана с расчетами тяги кайта, которая зависит как от его площади, так и от силы и направления ветра [2]. Это предопределяет расчленение аэродинамической (ветровой) силы кайта на подъемную, боковую и пропульсивную силы, что составляет определенную проблему на данном этапе использования энергии ветра на судах.

Поддержание фиксированного курса судна обеспечивается совместной работой пропульсивного комплекса «ГД – гребной винт + кайт» и системы рулевого управления. Кайт работает как движущееся в воздушном потоке буксирующее крыло [3], прикрепленное к тросу (канату), который, в свою очередь,

закреплен в носовой части судна. Поднятый на судне кайт изменяет маневренные характеристики и сопротивление движению судна. Дополнительное сопротивление движению судна, возникающее при работе кайта, вызывается рысканьем судна вследствие циклового характера движения кайта, отклонением от диаметральной плоскости пера руля для сохранения курса судна, креном и дифферентом от боковой и вертикальной составляющей силы натяжения буксирующего каната. Энергия ветра через движение кайта трансформируется в силу, способствующую движению судна.

На рис. 1 изображено судно, несущее кайт, с указанием векторов сил и характерных углов. Слева вверху представлены в горизонтальной плоскости скорости ветра: истинного $V_И$, курсового $V_К$ и мнимого $V_М$, их направления по отношению к «норду» N^* (углы $q_И$, $q_К$ и $q_М$) и курсу судна (угол мнимого ветра $q_{С–В}$).

Справа вверху изображен кайт, воспринимающий действие ветра и порождающий аэродинамическую (ветровую) силу, вектор которой $F_А$. Этот вектор в общем случае не лежит в вертикальной плоскости, проходящей через канат. Поэтому кайт движется вбок и влево, так что аэродинамическая сила разлагается на боковую силу ($F_Б$) и тягу ($P_К$) кайта – в плоскости боковой и аэродинамической сил. Тяга $P_К$ обусловливает подъемную силу кайта $F_П$, удерживающую его на определенной высоте, и натяжение каната с силой $F_К$; векторы этих сил лежат в вертикальной плоскости.

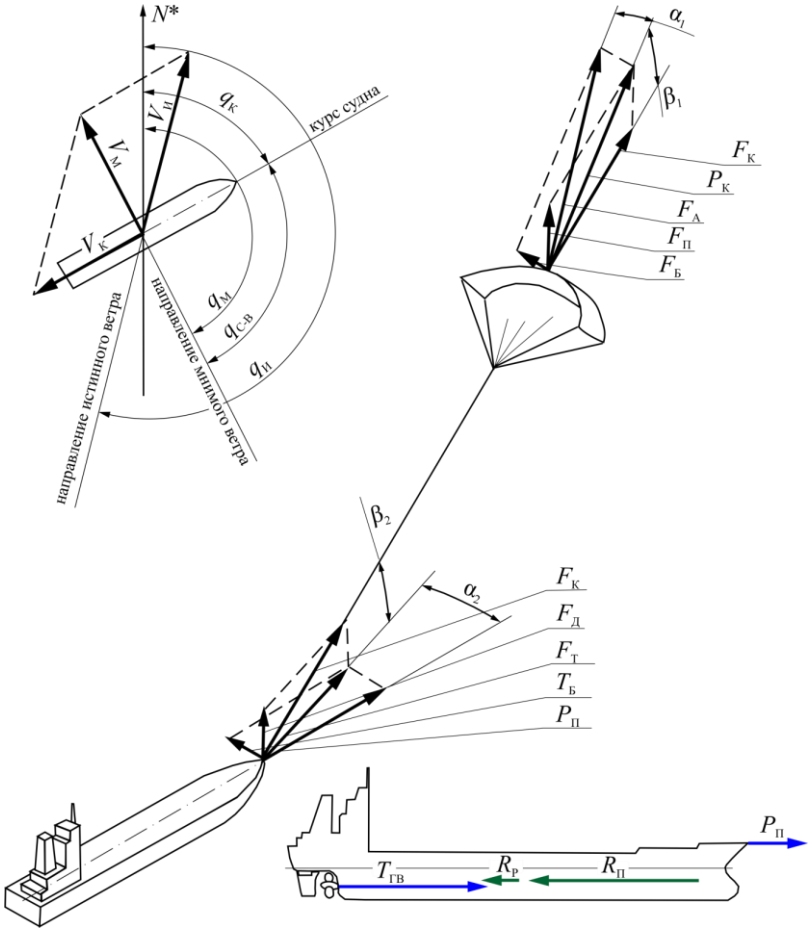


Рис. 1. Скорости (V) и углы (q) ветра, векторы сил (F, P, T), углы между отдельными векторами (α, β) и сопротивления движению (R) судна с кайтом

Слева внизу сила $F_К$ разлагается на вертикальную силу – силу дифферента $F_Д$ и горизонтальную тягу кайта $F_Т$, как правило, не совпадающую с направлением движения судна. Векторы этих сил лежат в вертикальной плоскости, проходящей через канат. Сила $F_Д$, как подчеркивает фирма-производитель SkySails, уменьшает влияние слемминга. Горизонтальная сила $F_Т$ тянет судно вперед и вбок, соответственно с пропульсивной тягой $P_П$ – горизонтальной по направлению движения судна, и с горизонтальной боковой $T_Б$ – боковой тягой кайта. Для поддержания судна на заданном курсе тяга $T_Б$ компенсируется боковой силой, возникающей при соответствующем отклонении пера руля от диаметральной плоскости, что вызывает дополнительное сопротивление движению судна. Сила $P_П$ среди указанных сил является определяющей в пропульсии судна.

Справа внизу изображена укрупненная схема действующих на судно сил: тяги гребного винта $T_{ГВ}$, пропульсивной тяги кайта $P_П$, «полного расчетного» сопротивления движению $R_П$ и дополнительного сопротивления $R_Р$ вследствие отклонения пера руля от диаметральной плоскости.

Необходимая для поддержания указанной скорости тяга гребного винта определяется как

$$T_{ГВ} = R_П + R_Р – P_П = R_П – (P_П – R_Р) = R_П – T_П.$$

(При отсутствии кайта $T_{ГВ} = R_П$).

Зависимость удельной полезной тяги кайта на основании данных, полученных экспериментальным путем [4], аппроксимируется следующим уравнением (полиномом четвертой степени):

$$t_П = (a_1 + a_2 q_{С–В} + a_3 q^2_{С–В} + a_4 q^3_{С–В}) = \sum_{i=1}^{4} a_i q^{i-1}_{С–В},$$

где $t_П$ – в кН/м^2, $V_М$ – в м/с и $q_{С–В}$ в град.

Коэффициенты этого полинома для разных скоростей мнимого ветра $V_М$, следующие:

$V_М$, м/с	a_1	a_2	a_3	a_4
3	0,05	–0,003	$4{,}7\cdot10^{-5}$	$-1{,}83\cdot10^{-7}$
5	–002	–0,001	$3{,}7\cdot10^{-5}$	$-1{,}26\cdot10^{-7}$
10	–0,03	–0,002	$8{,}0\cdot10^{-5}$	$-2{,}72\cdot10^{-7}$
20	–0,10	–0,002	$1{,}1\cdot10^{-4}$	$-4{,}06\cdot10^{-7}$

Выводы: 1. Произведена трансформация аэродинамической силы кайта в силу для движения судна. 2. Установлено, что с включением в работу пропульсивного кайта появляется дополнительное сопротивление движению судна по намеченному курсу. 3. Формализована процедура определения полезной тяги кайта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Aschenbeck, S.** Testergebnisse des SkySails – Systems [Text]: S. Aschenbeck, T. Lenger, W. Szczesny, R. Kreutzer, M. Schlaak: In: Schiffbau & Schiffstechnik, Heft 1, 1/2009. – P. 36–40.
2. **Dadd, G.M.** Kite Dynamics for Ship Propulsion [Text]: Degree of Doctor of Engineering / George Michael Dadd. – University of Southampton – 2013. – 215 p.
3. **Elsner, R.** Simulating possible Savings of the SkySails-System on International Merchant Ship Fleets [Text]: R. Elsner, M. Schlaak, R. Kreutzer : Trans RINA, Vol. 151, Part A4, Intl J Maritime Eng, Oct–Dec 2009. – P. 25–37.
4. Sky sails – Vessel Propulsion using Kites. [Text]: 20-th International HISWA Symposium on Yacht Design and Yacht Construction. Amsterdam RAI Convention Centre / Tom Schnackenberg – 17 November 2008. – 11p.

УДК 629.123.2

ОЦІНКА ВНУТРІШНЬОГО ККД УТИЛІЗАЦІЙНОЇ ПАРОВОЇ ТУРБІНИ

Шостак В.П., Манзюк А. Ю.,
Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова

При розрахунках потужності утилізаційної турбіни (УТ) необхідні відомості стосовно її внутрішнього ККД. На відміну від турбін паротурбінних установок, УТ має менші потужність і кількість ступенів, а процес розширення відбувається в більшій мірі в області вологих парів. На рис. 1 показані процеси розширення пари в УТ з проміжним підводом насиченої пари, кількість якої втричі менша, ніж перегрітої. Над помежевою кривою (сухість пари 1,00) процеси в турбіні протікають в області сухих парів, під нею – в області вологих. Цей рисунок побудовано за опосередкованими даними з [1, 2]. Як бачимо, значна температура перегрітої пари (259 ^oC) забезпечує допустиму вологість пари в кінці процесу розширення, яка складає 10,7 %. При цьому відпадає необхідність застосовувати перегрів пари (тиск 4,5 бара), що проміжно підводиться до УТ. Співвідношення адіабатичних теплоперепадів (654 і 128 кДж/кг) і індикаторних (487 і 170 кДж/кг) дозволяє визначити середнє значення внутрішнього ККД турбіни.

Узагальнення кількісної і понятійної інформації з різних джерел, що охоплюють останній 50-річний період, з оглядом на дані рис. 1, дало можливість одержати залежність внутрішнього ККД утилізаційної турбіни $\eta_{0\,i}$ від її агрегатної потужності $N_Т$:

– при використанні перегрітої (на 30…40 ^oC) пари з початковим тиском 1…10 бар;
– при розширенні робочого тіла в області вологих парів при їх сухості від 90 до 100 %.

Зображення цієї залежності подано на рис. 2, на якому також нанесені дискретні значення внутрішнього ККД, що відповідають таким даним [1]:

потужність турбіни, кВт	2477	1766
тиск пари, бар:		
на вході в турбіну (перегрітої)	10	7,4
в конденсаторі (вологої)	0,057	0,045
температура перегрітої пари, °С	259	254
внутрішній ККД турбіни	0,748	0,744

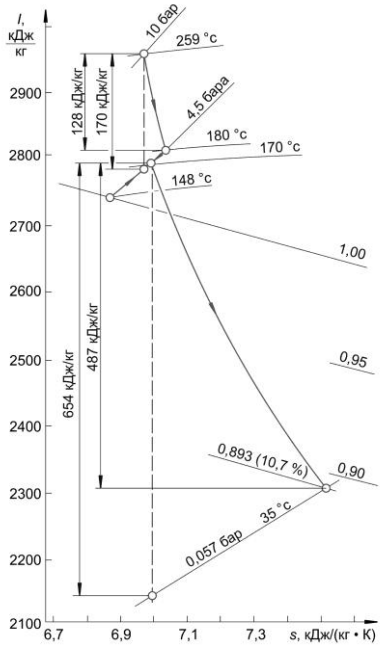


Рис. 1. Процеси в утилізаційній турбіні з проміжним підводом насиченої пари

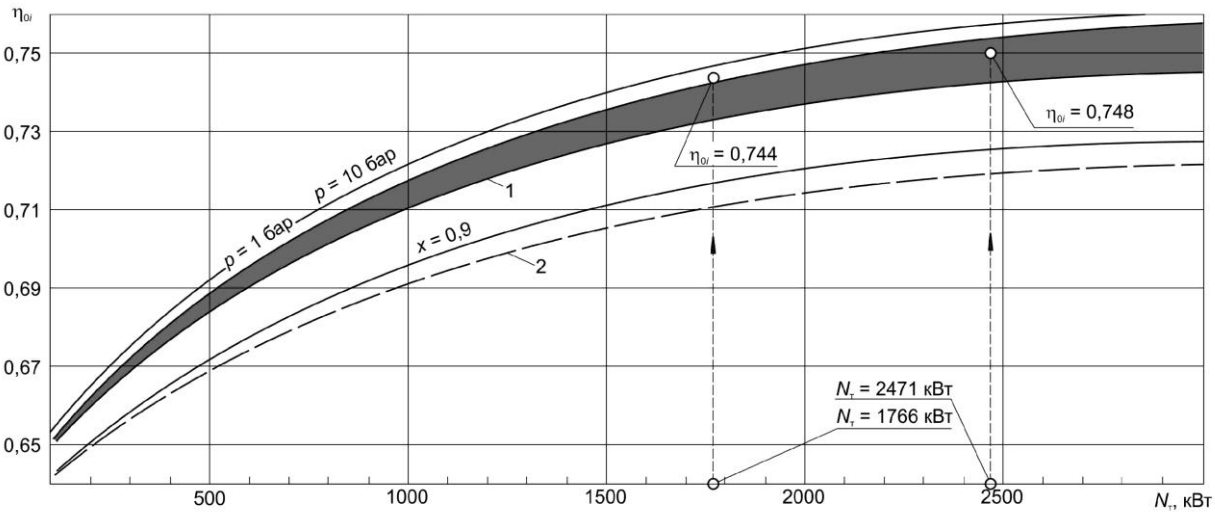


Рис. 2. Внутрішній ККД утилізаційної турбіни в залежності від її агрегатної потужності:
верхня крива – для перших ступенів при початковому тискові перегрітої пари 1 і 10 бар;
нижня крива – для ступеней, що працюють в зоні вологих парів при сухості пари на виході з турбіни 90 %;
1 – практично-мінімальне значення ηoi для перших ступенів і для p = 1 бар;
2 – практично мінімальні значення ηoi для x = 0,9.

Дані на рис. 2 слід приймати як експертну (прогнозовану) оцінку досконалості турбін для суднових систем глибокої утилізації вторинних енергоресурсів при розв'язанні певних задач щодо доцільності застосування та порівняльної ефективності таких систем.

Список літератури

[1] Waste Heat Recovery System (WHRS) for Reduction of Fuel Consumption, Emissions and EFDI [Tex] / MAN Diesel & Turbo // Copenhagen, Denmark. – P. 28.

[2] Basic Principles of Ship Propulsion [Tex] / MAN Diesel & Turbo // Copenhagen, Denmark, December, 2011.

УДК 629.123.2

ВИТРАТА ПАРИ ВИСОКОГО ТИСКУ НА ПІДІГРІВ ПАЛИВА В СИСТЕМАХ ГЛИБОКОЇ УТИЛІЗАЦІЇ ВТОРИННИХ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ

Шостак Володимир Павлович, Манзюк Антон Юрійович

Глибока утилізація теплоти відхідних газів і наддувного повітря малообертових двигунів (МОД) пов'язана з застосуванням сепараторів водяної пари двох, або й трьох тисків: високого (~ 10 бар), середнього (3–4 бара) і низького (~ 1 бар). На судні лише підігрівач палива, яке подається безпосередньо до МОД, потребує пару високого потенціалу – насичену пару з тиском близько 10 бар. Решта підігрівачів може задовольнятися насиченою парою з тиском ~ 3 бари. На рисунку показана схема високотемпературного підігрівача палива з можливими значеннями температур теплообмінюючих середовищ. При розв'язанні низки задач по утилізації вторинних енергоресурсів на транспортних суднах виникає потреба в оперативному визначенні витрати пари високого тиску на підігрівачі палива.

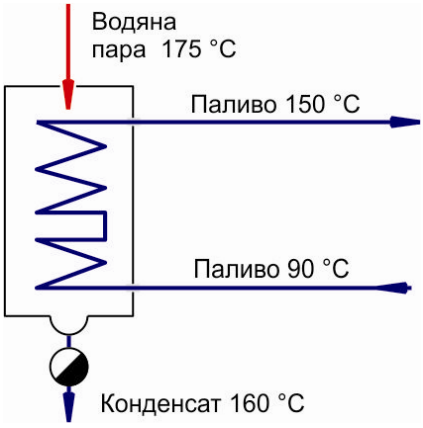


Рис. Схема підігрівача важкого палива з водяною парою високого тиску

Максимальна витрата палива МОД, кг/год,

$$B_{\text{ї}} = N_e^c b_e ,$$

де N_e^c – специфікаційна ефективна потужність, кВт;

b_e – питома витрата палива при N_e^c, кг/(кВт·год).

Кількість теплоти на підігрів палива перед подачею його безпосередньо до МОД, кДж/кг:

сприйнята паливом $Q = B_{\text{п}} (t_{\text{вих}} - t_{\text{вх}})\, c_{\text{п}}$,

де $t_{\text{вих}}$, $t_{\text{вх}}$ – температура палива на вході і виході з підігрівача, °С;

$c_{\text{п}}$ – ізобарна теплоємність важкого палива у діапазоні температур $t_{\text{вих}}…t_{\text{вх}}$, кДж/(кг·град);

віддана водою (паром та конденсатом) $Q = D_{\text{п}}^{\text{ВТ}} (I_{p10} - i_{160})$,

де $D_{\text{п}}^{\text{ВТ}}$ – кількість підведеної пари високого тиску, кг/год;

I_{p10} – ентальпія насиченої пари при тиску 10 бар, кДж/кг;

i_{160} – ентальпія води (конденсату) при температурі 160 °С, кДж/кг.

З огляду на викладене кількість пари високого тиску на підігрів палива для МОД і дизель-генераторів (ДГ) становить:

абсолютна, кг/год – $$D_{\text{п}}^{\text{ВТ}} = k \frac{N_e^c b_e (t_{\text{вих}} - t_{\text{вх}}) c_{\text{п}}}{I_{p10} - i_{160}} ,$$

де k – коефіцієнт, що враховує витрату палива на ДГ і втрати теплоти в трубопроводах;

питома, кг/(кВт·год) – $d_п^{ВТ} = \frac{D_п^{ВТ}}{N_e^c} = k\frac{b_e(t_{вих} - t_{вх})c_п}{I_{p10} - i_{160}}$.

При k = 1,1, b_e = 0,170 кг/(кВт·год), $t_{вих}$ = 150 °С, $t_{вх}$ = 90 °С, $c_п$ = 2 кДж/(кг·град), I_{p10} = 2777 кДж/кг і i_{160} = 676 кДж/кг маємо (щонайбільше)

$$d_п^{ВТ} = 1{,}1\frac{0{,}170\,(150-90)\,2}{2777-676} = 0{,}0107 \text{ кг/(кВт·год).}$$

Оскільки для марок важкого палива, які найчастіше на цей час застосовуються на суднах, $t_{вих} \cong 140$ °С, а навантаження на МОД в середньому складає 90 %, то найімовірніша питома витрата палива на 25 % менша, ніж розрахована вище, тобто $d_п^{ВТ} = 0{,}0107 \cdot 0{,}75 = 0{,}008$ кг/(кВт·год). Глибока утилізація, за даними чисельних публікацій, має сенс при $N_e^c \geq 10$ тис.кВт. Витрата пари високого тиску на підігрів палива на транспортному судні складатиме:

N_e^c тис.кВт	10	20	30	40	50
$D_п$ кг/год	80	160	240	320	400,

що значно менше, ніж на інші суднові споживачі низькотемпературної теплової енергії.

УДК 629.123.2

СПОЖИВАЧІ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ В СУДНОВИХ СИСТЕМАХ ГЛИБОКОЇ УТИЛІЗАЦІЇ ВТОРИННИХ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ

Шостак Володимир Павлович, Манзюк Антон Юрійович

У разі застосування систем глибокої утилізації теплоти відхідних газів і наддувного повітря суднових дизелів усі споживачі теплової енергії повинні бути забезпечені парою в першу чергу. На рис. 1 зображено фрагмент теплової схеми утилізації з двома сепараторами пари високого і середнього тиску (ВТ і СТ). Високотемпературні підігрівачі важкого палива живляться парою ВТ (наприклад, 10 бар), інші підігрівачі – парою СТ (наприклад, 3 бара). Вода від підігрівачів через конденсатовідвідники поступає в нижню частину збірника конденсатів, де вона при атмосферному тиску змішується з холодною (30…40 °С) водою, що нагнітається насосом, який забирає її із конденсатора утилізаційної турбіни. Холодна вода надходить у верхню частину збірника конденсатів, суттєво зменшуючи втрати води випаром.

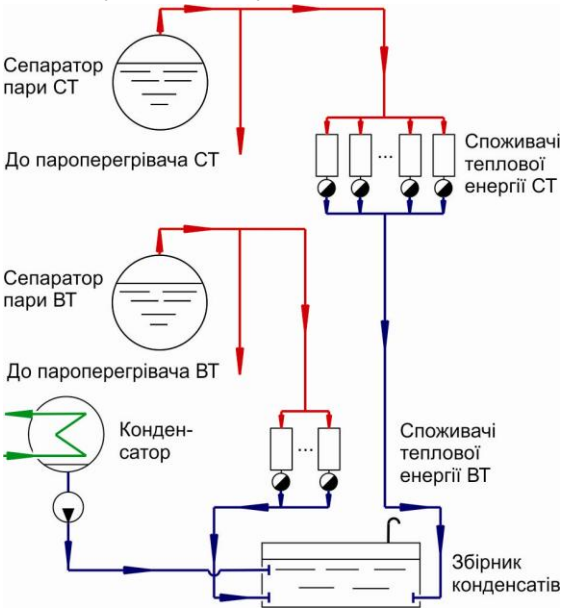


Рис. 1. Фрагмент схеми глибокої утилізації вторинних енергоресурсів суднового дизеля

Із рис. 2 видно, що при застосуванні важкого палива в'язкістю 380…700 сСт підігріте паливо повинно мати температуру 132…143 °С для забезпечення його в'язкості не більше 15 сСт. Таким чином, підігрів палива перед його подачею до паливних насосів високого тиску дизелів забезпечується саме парою з тиском біля 10 бар (при такому тиску температура насичення води 180 °С). Решта підігрівачів, де вихідна температура підігрітої речовини не перевищує 100 °С, може живитися парою СТ (середня температура конденсації якої 120…130 °С).

На рис. 3 показані процеси теплообміну з характерними температурами і мінімальними температурними напорами в утилізаційному котлі двох тисків в діаграмі «температура – відносна кількість теплоти (t – Q)». Левова частка пари йде на перегрів, а відносно невелика кількість її – на споживачі теплової енергії. Витрати пари на високотемпературні підігрівачі повинні бути якомога меншими, оскільки пара ВТ має більшу ексергію, ніж пара СТ.

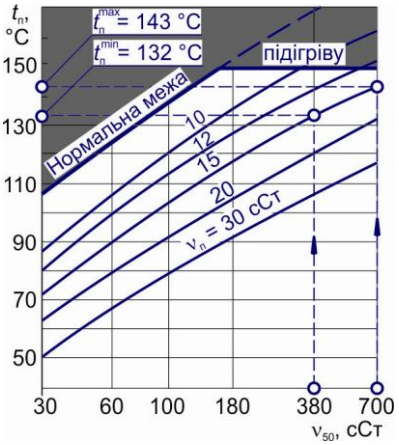


Рис. 2. Діаграма для визначення температури підігріву $t_п$ важкого палива різних марок з початковою в'язкістю при температурі 50 °С в діапазоні 30…700 сСт.

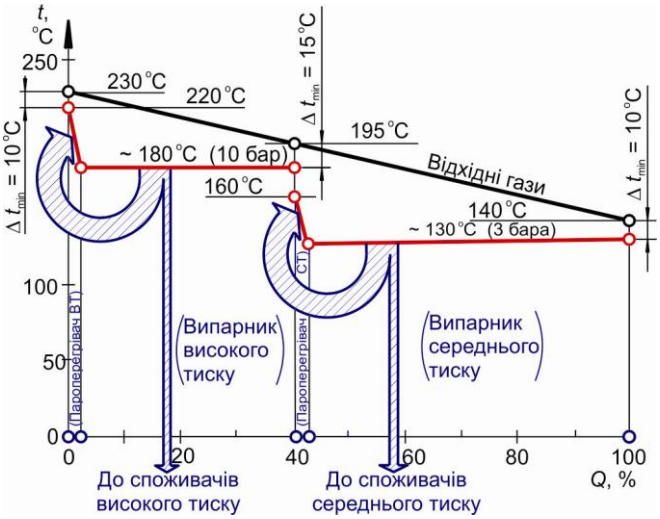


Рис. 3. Теплові процеси в утилізаційному котлі в діаграмі «температура – відносна кількість теплоти (t – Q)»

УДК 697.911.

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕРМОАКУСТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ВОЗДУХА.

Зубарев Анатолий Анатольевич, ст. преподаватель кафедры КиР.
Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова.

Введение. Распространённые в энергетике системы осушения воздуха, построенные на классических методах – адсорбционного, абсорбционного и конденсационного осушения – приводят к значительному усложнению энергетических установок (ЭУ) в целом. С другой стороны актуальным вопросам

современной энергетики является утилизация вторичных энергоресурсов (ВЭР). Существующие системы утилизации, чаще всего, реализуют когенерационные или тригенерационные схемы. Применение таких схем также приводит к значительному усложнению ЭУ и использования дополнительного оборудования. Наиболее рациональным путем получения необходимого результата при использовании ВЭР является разработка и применение новых технологий и технических решений.

Постановка задачи, цель. Применение низкопотенциальной энергии ВЭР (60°С – 150°С) весьма ограничено, поэтому технологии использования этой теплоты заслуживают особого внимания.

Существуют принципиально новые технологии, основанные на термоакустическом эффекте – возникновении акустических колебаний в резонаторе, вызванных разницей температур. Термоакустические аппараты (ТА) бывают двух типов – тепловые двигатели (ТАД) или тепловые насосы (ТАН) .

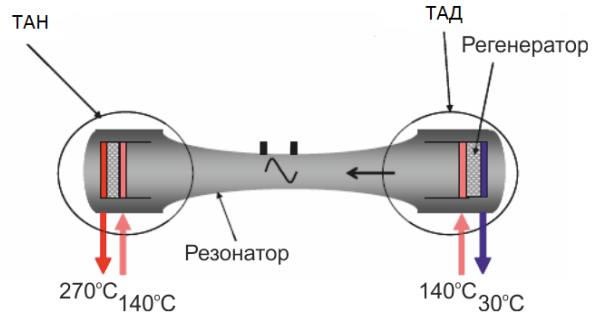


Рисунок 1 – Принципиальная схема термоакустической установки.

Конструкции ТАД имеют ряд преимуществ в отличие от механических устройств: отсутствие подвижных частей, простота конструкции, отсутствие вредных выбросов при работе. Некоторые современные ТАД способны работать при температурной разнице в 30°С. Это позволяет использовать низкотемпературные ВЭР для решения самых разнообразных задач – производства механической или электрической энергии, задач охлаждения или осушения воздуха и других.

Рассмотрение проблемы. В ТАД разница температур генерирует звуковые волны – мощные пульсации, использование которых возможно в системах обработки воздуха. Рассмотрению процессов взаимодействия акустических волн с насыщенным воздухом посвящены статьи различных авторов [2,3]. Они указывают, что в такой акустической системе устанавливается неустойчивое равновесие, которое приводит к образованию и коагуляции капель. Указанный процесс обусловлен двумя причинами :

Во-первых, в области с повышенной концентрацией капель возрастает скорость газа, а значит, уменьшается давление, вызывающее дальнейшее увеличение плотности числа частиц (механизм Бернулли).

Во-вторых, при определенных условиях более существенным является механизм, связанный с эффектом ограниченности, состоящий в увеличении силы стоксовского трения в области с повышенной концентрацией частиц.

Эксперименты проводились в диапазоне частот акустических волн 100-300 Гц. Исследования авторов показали, что наиболее эффективным является поле с частотой 170-200 Гц. В лабораторных условиях интенсивность конденсации насыщенного воздуха увеличилась в 20-30 раз.

Существует принципиальная возможность использовать ТАД в таких системах как источника мощного акустического поля. Известно, что ТАД устойчиво работают на указанных частотах. Следует ожидать, что мощное акустическое поле позволит увеличить количество центров конденсации и обеспечить укрупнение частиц влаги с последующим отводом капельной жидкости из обрабатываемого потока воздуха.

Термоакустические технологии относительно новые и находятся в состоянии интенсивного развития, поэтому есть все основания предполагать появление осушителей воздуха использующих этот эффект. При этом температурный уровень используемых ВЭР не будет превышать указанных 90°С – 150°С. Можно ожидать, что использование предлагаемого решения позволит повысить эффективность и надежность работы систем тепловлажностной обработки воздуха энергетических установок.

ЛИТЕРАТУРА:

1. **Коробко В.В.** Сучасні тенденції розвитку технології використання вторинних енергоресурсів. //Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті. Міжн. наук.-техн. конференція. Херсон. 2010р.

2. Немцов Б.Е., Эйдман В.Я. Коллективный эффект конденсации капель под действием звука. // Акуст. журн. 1989. Т. 35. Вып. 5. С. 882-886.

3. Арамян А.Р. и др. Исследование звуковых волн, генерируемых ударной волной антиградовой пушки. // Акуст. журн. 2011. Т. 57. Вып. 3. С. 426-430.

СЕКЦІЯ №5

ХОЛОД НА ТРАНСПОРТІ, В ЕНЕРГЕТИЦІ ТА АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ

УДК 621.431:621.57

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ХОЛОДА В СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

Рыжков С.С., Радченко Н.И., Сербин С.И., Радченко Р.Н.,
Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова, г. Николаев

В судовой энергетике доминирующее положение занимают дизельные установки (ДУ). В большинстве случаев современные ДУ является установками когенерационного типа, наряду с основным видом энергии (механической на привод гребного вала или электрической) производят еще и тепловую в виде пара или горячей воды. Когенерационные ДУ является наиболее распространенным типом и отражают основное направление в утилизации вторичных энергоресурсов (ВЭР) ДУ, связанных с производством тепловой энергии. Однако при плавании в теплое время года и южных широтах, когда объемы потребления тепловой энергии сокращаются, эффект от применения когенерации резко сокращается.

В то же время топливная эффективность судовых двигателей внутреннего сгорания (ДВС) существенно зависит от температуры воздуха на входе наддувочных турбокомпрессоров (ТК). Так, повышение температуры воздуха на входе ТК малооборотных дизелей (МОД) на 10 °С приводит к росту удельного расхода топлива на 0,6...0,8%. При этом из-за повышенной температуры забортной воды система охлаждения наддувочного воздуха двигателей не обеспечивает демпфирование негативного влияния высоких температур воздуха на входе.

Поэтому целесообразно совместное производство тепла в УК (пара или горячей воды) и холода в теплоиспользующих холодильных машинах (ТХМ), которые это тепло потребляют – тригенерация. Применение полученного холода для снижения температуры циклового воздуха на входе наддувочного турбокомпрессора МОД (внутрицикловая тригенерация) обеспечивает высокую топливную эффективность судовых двигателей при любых климатических условий.

На судах охлаждения воздуха абсорбционными бромистолитиевыми (АБХМ) и пароводяными эжекторными ТХМ нашло применение в системах комфортного и технического кондиционирования воздуха.

Использование же машинного холода для охлаждения циклового воздуха судовых ДВС ограничивалось турбокомпрессорной (воздушными) холодильными машинами (ПХМ) для снижения температуры наддувочного воздуха. Известно о применении фирмой "Kawasaki Heavy Industries, LTD" АБХМ, работающих на паре от УК, для охлаждения воздуха на входе судовых когенерационных газотурбинных установок (ГТУ), что обеспечило повышение КПД установки с 51% до 58% и одновременный рост ее мощности от 2300 кВт до 2420 кВт благодаря снижению температуры воздуха на входе от 30 °С до 15 °С. Такие ГТУ находят применение на скоростных круизных судах и судах береговой обороны Японии.

Целью работы является анализ перспектив охлаждения циклового воздуха на входе ДУ транспортного судна с учетом климатических условий эксплуатации на конкретной рейсовой линии.

При оценке перспектив применения охлаждения воздуха на входе судовых ДУ авторы исходили прежде всего из анализа результатов исследований эффективности использования ЭХМ на низкокипящих рабочих телах (НРТ) для охлаждения воздуха на входе ТК дизелей, проведенных в Национальном университете кораблестроения им. адм. Макарова. Термодинамическая эффективность трансформации сбросной теплоты в холод характеризуется тепловым коэффициентом $\zeta = Q_0/Q_г$ – отношение произведенного холода Q_0 к потребленному теплу $Q_г$, отведенному от отходящих газов, наддувочного воздуха и др. Тепловые коэффициенты абсорбционных водоаммиачных холодильных машин (АХМ) $\zeta = 0,5…0,6$, а АБХМ $\zeta = 0,7…0,8$ и выше. Конструктивно наиболее простыми, следовательно и надежными в эксплуатации, является ЭХМ на НРТ, в которых эжектор выполняет функцию компрессора. Их применение не приводит к значительному усложнению системы утилизации тепла МОД, однако их тепловые коэффициенты почти вдвое меньше: $\zeta \approx 0,3$.

Разработаны схемы систем охлаждения воздуха на входе МОД в ЭХМ с использованием теплоты выпускных газов в испарительной секции генератора $Г_в$, и теплоты наддувочного воздуха – в экономайзерной секции $Г_е$, а также в АБХМ с использованием теплоты выпускных газов МОД.

Поскольку в ЭХМ температура выпускных газов после генератора ограничивается относительно высоким значением $t_{г2}$ = 160 ºС (из условия предотвращения сернистой коррозии), то для нагрева жидкого НРТ в экономайзерной секции задействован наддувочный воздух, который допускает снижение температуры до величины, близкой температуре конденсации НРТ $t_к$. При этом экономайзерную секцию генератора $Г_е$ подключают к контуру пресной воды высокотемпературного степени $ОНП_{вт}$ (с целью упрощения контур пресной воды и сам $ОНП_{вт}$ не показано, а экономайзерная секция условно показана на линии наддувочного воздуха).

В АБХМ горячий теплоноситель (или водяной пар) подается к генератору Г (десорбера), где от него отводится теплота на испарение хладагента (воды) из водного раствора бромистого лития. Хладоноситель (вода или рассол), который используется для предварительного охлаждения воздуха на входе ТК ДВС в воздухоохладителе ВО, в свою очередь охлаждается в испарителе АБХМ.

Рассчитано уменьшение удельного расхода топлива Δb_e в соответствии со снижением температуры $\Delta t_в$ воздуха в охладителе ЭХМ на входе ТК МОД, удельная (отнесенные к единице расхода газов) теплота, отведенная от выпускных газов и наддувочного воздуха в генераторе ЭХМ (секциях Кн-$Г_в$ и $Г_е$) $\bar{q}_г$, и холодопроизводительность ЭХМ, $\bar{q}_0$, коэффициент эжекции U и тепловой коэффициент в зависимости от температуры кипения R142b в генераторе $t_г$ при коэффициентах влаговыпадения ξ = 1,0; 2,0; 2,5 и 3,0, температурах кипения R142b в случаи t_0 = 5 °С и конденсации $t_к$ = 35 ºС.

Коэффициент эжекции $U = G_0/G_г$, где G_0 и $G_г$ – расходы НРТ через испаритель-воздухоохладитель В-ПО (всасываемого с В-ПО поток НРТ низкого давления) и генератор (силовой НРТ высокого давления). Коэффициент влаговыпадения ξ представляет собой отношение общего количества теплоты, отведенной от влажного воздуха, к количеству явной теплоты, определяется разницей температур по сухому термометру. Величина ξ = 1 соответствует охлаждению без выпадения влаги. Как НРТ применен хладон R142b.

Показано, что при температуре кипения НРТ в генераторе ЭХМ $t_г$ = 120 ºС снижение температуры воздуха в охладителе на входе ТК двигателя за счет использования в ЭХМ теплоты выпускных газов и наддувочного воздуха составляет $\Delta t_в$ = 18…24 ºС, а соответствующее сокращение удельного расхода топлива двигателем Δb_e = 2,0…2,8 г/(кВт·ч) при коэффициентах влаговыпадения ξ = 3,0…2,0.

Тепловые коэффициенты АБХМ вдвое выше ЭХМ, благодаря чему соответственно больше и эффект от утилизации сбросной теплоты.

Около 30% общего объема морских перевозок приходится на балкеры - суда для перевозки насыпных и навалочных грузов. В качестве примера рассмотрено рейсовую линию Одесса-Йокогама-Одесса (Япония). Расчеты проводились исходя из параметров МОД 8S50ME-C7.1-TII как главного двигателя балкера типа "Киев" при эксплуатационной мощности $N_е$ = 10 МВт.

Климатические условия эксплуатации судовых главных двигателей отличаются значительным изменением тепловлажностных параметров наружного воздуха, соответственно и воздуха в машинном отделении (МО) и на входе наддувочного ТК МОД. Данные по изменению температуры $t_{нв}$ и относительной влажности $φ_{нв}$ окружающего воздуха в течение рейса Одесса-Йокогама-Одесса (1.07.2009 ... 24.08.2009) балкера "Киев" фиксировались метеоцентром каждые 3:00.

Показано, что в течение суток имеют место существенные колебания температуры $t_{нв}$ и относительной влажности $φ$ окружающего воздуха, причем максимумам температур соответствуют минимумы влажности и наоборот. Наличие дневных и ночных противоположно направленных экстремумов $t_{нв}$ и $φ$ создает благоприятные условия для большего снижения температуры воздуха на входе МОД днем (благодаря меньшим относительной влажности $φ$ и соответственно затратам холода ТХМ на конденсацию водяного пара из влажного воздуха), когда имеет место значительное ухудшение топливной эффективности двигателей из-за повышения температур $t_{нв}$ на входе. В вечерние и ночные часы из-за большей влажность $φ$ растут расходы холода на конденсацию водяного пара из влажного воздуха, но при этом $t_{нв}$ ниже и соответственно меньше потребность в охлаждении воздуха на входе двигателей.

Рассчитано, снижение температуры воздуха $\Delta t_в$ в охладителе на входе ТК МОД и температура воздуха на выходе из воздухоохладителя $t_{в2}$ с изменением температуры окружающего воздуха $t_{нв}$ течение рейса Одесса-Йокогама-Одесса (1.07.2009 ... 24.08.2009).

Расчет удельного расхода топлива Δb_e в зависимости от снижения температуры воздуха на входе ТК МОД проводили по программе "Mandieselturbo», согласно результатам вычислений снижение температуры воздуха на входе ТК МОД на величину $\Delta t_в$ = 10 °С приводит к сокращению удельного расхода топлива Δb_e на 1,2 г/(кВт·ч).

Рассчитано уменьшение удельного расхода топлива Δb_e, расход топлива в абсолютных ΔB_e и относительных $\overline{\Delta B_e}$ величинах в течение рейса Одесса-Йокогама-Одесса (1.07.2009 ... 24.08.2009) за счет

охлаждения воздуха на входе МОД 8S50ME-C7.1-TII балкера (эксплуатационная мощность N_e = 10 МВт) в ЭХМ, что использует теплоту отходящих газов и наддувочного воздуха, или АБХМ, которая утилизирует теплоту отходящих газов.

Установлено, что в течение рейса уменьшения удельного расхода топлива составляет Δb_e = 2,0...2,5/(кВт·ч), относительная экономия потребления топлива $\overline{\Delta Be}$ = 1,3...1,5%, а абсолютная экономия потребления топлива за рейс для МОД мощностью 10 МВт составляет ΔB_e = 26…28 т.

ВЫВОДЫ

Проанализированы тенденции совершенствования систем утилизации теплоты уходящих газов и наддувочного воздуха судовых дизельных установок и выявлены резервы повышения эффективности установок путем охлаждения воздуха на входе. На примере транспортного судна – балкера на рейсовом линии Одесса-Йокогама-Одесса показано, что применение ЭХМ, которая использует теплоту отходящих газов и наддувочного воздуха, или АБХМ, что утилизирует теплоту отходящих газов, для охлаждения циклового воздуха на входе МОД мощностью 10 МВт обеспечивает сокращение удельного расхода топлива на 2,0...2,5 г/(кВт·ч) и относительную экономию потребления топлива 1,3...1,5% в течение рейса. Дальнейшая экономия топлива возможна за счет более глубокого охлаждения воздуха на входе судового МОД с использованием дополнительных источников сбросной теплоты, в частности горячей воды контура высокотемпературного охлаждения двигателя.

УДК 628.83

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ МЕТОДОМ СЕТЕВОГО АССЕМБЛИРОВАНИЯ

Б.В. Косой, директор ННИХКЭ
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

Представлен опыт проектирования энергетически эффективных систем терморегулирования микроэлектронных устройств, характеризующихся высокими плотностями тепловых потоков, с помощью сетевого ассемблирования двухфазных теплообменных контуров на основе микротепловых труб.

The design experience on energy-efficient microelectronics thermal control systems with high heat flux densities is presented basing on the network assembling approach for two-phase heat exchange loops with micro heat pipes.

Ключевые слова: фрактальное ассемблирование, микротепловая труба, терморегулирование, двухфазный теплообмен.

Keywords: fractal assembling, micro heat pipe, thermal control, two-phase heat transfer.

Одним из главных препятствий на пути к созданию более компактных и совершенных микроэлектронных устройств на сегодняшний день являются высокие плотности генерируемых в них тепловых потоков. Решение этой проблемы связано с необходимостью разработки новых систем терморегулирования, действующих на субмикронном уровне и способных к отводу теплоты от микрочипа, а также к снижению плотности теплового потока путем распределения тепловой нагрузки по существенно большей поверхности объекта терморегулирования и дальнейшего ее объемного рассеивания.

Современное понимание проблемы охлаждения объектов микроэлектроники, связанное с необходимостью снижения температуры только в активных зонах генерации тепловых потоков, приводит к появлению концепций, совмещающих как функциональные задачи микроэлектронных устройств, так и собственно систем терморегулирования. Очевидно, что наиболее перспективной является концепция миниатюризации, поскольку интенсивность процессов тепло - и массообмена возрастает пропорционально квадрату обратной характеристической длины теплоотводящих путей, т.е. снижение геометрических параметров охлаждающей системы приводит к значительной интенсификации процессов отвода теплоты без соответствующего увеличения габаритов электронного изделия в целом. В то же время, уменьшение размеров не может происходить бесконечно, поскольку избыточные потери давления, появление паразитных тепловых мостов и механические потери приводят к естественным ограничениям на миниатюризацию таких систем.

В работе рассматривается реализация сетевого ассемблирования на основе фрактального подхода как перспективный метод охлаждения объектов микроэлектроники, обладающий рядом преимуществ перед традиционными способами отвода теплоты. В качестве теплопроводящих элементов сети предлагается использовать микротепловые трубы, принцип действия которых основан на совместном использовании современных технологий миниатюризации технических устройств и высокой эффективности систем обеспечения тепловых режимов с двухфазными теплопередающими контурами. Анализируются известные методики моделирования микротепловых труб и нерешенные проблемы. Отмечается, что хотя, с тех пор как Коттер предложил использовать микротепловые трубы для теплоотведения в полупроводниковых материалах, был сделан огромный шаг вперед на пути их теоретического и экспериментального изучения, до сих пор имеется ряд препятствий для широкого внедрения таких устройств. В частности актуальными остаются проблемы снижения работоспособности микротепловых труб в процессе эксплуатации, влияния присутствия рабочей жидкости на эффективность чипа, разработки технологии крупномасштабного производства таких устройств и определения влияния точного размера и формы микротепловой трубы. Кроме того, из-за очень малых размеров, соотносимых с величиной мениска, любые попытки экспериментального измерения температурного поля, скорости потока, давления жидкости или толщины жидкостной пленки заведомо приведут к разрушению поля потока. Следовательно, экспериментальная информация относительно местных характеристик мениска является практически недоступной, что, в свою очередь, подчеркивает актуальность разработки теоретических моделей микротепловых труб.

Для сетевых систем, состоящих из микротепловых труб, максимальная интенсивность теплопередачи достигается, когда капиллярная разность давлений становится меньше суммы перепада давлений в газовой и жидкой фазах в большинстве каналов. Таким образом, можно считать, что микротепловые каналы с двухфазными потоками являются наиболее эффективным средством отвода теплоты от теплонапряженных элементов сложных миниатюрных электронных систем.

Выводы. Использование фрактального подхода к конструированию сетей из теплопроводящих элементов предсказывает повышение эффективности процесса терморегулирования. Проведенный анализ показал, что увеличение числа ветвлений сети охлаждения приводит к возрастанию фрактальной размерности. Аналогично, увеличение фрактальной размерности сети каналов также приводит к возрастанию отношения тепловых потоков во фрактальных и параллельных сетях. С другой стороны, практическое увеличение, как числа каналов, так и числа ветвлений может приводить к возникновению паразитных мостиков между каналами. Таким образом, определение оптимальных конструктивных параметров сети каналов миниатюрных двухфазных систем терморегулирования должно основываться на их моделировании с помощью методов компьютерного термического анализа.

УДК 621.433:621.57

КОНДИЦІЮВАННЯ ПОВІТРЯ МАШЗАЛУ ГАЗОПОРШНЕВОЇ УСТАНОВКИ ЕЛЕКТРО-ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

М.І. Радченко, Є.І. Трушляков, А. В. Грич,
Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова, м. Миколаїв

Аналіз ефективності охолодження повітря машзалу (МЗ)-машинного відділення (МВ) та обґрунтування раціонального способу кондиціювання і вентиляції повітря подано на прикладі МЗ когенераційних газопоршневих двигунів автономної теплоелектростанції ТОВ "Сандора"–"Pepsico Ukraine" (с. Південне, Миколаївська обл.). Проектування та монтаж тригенераційного модуля та обладнання виконано ПНВП "СІНАПС"–"GE Energy" (м. Київ) і ТОВ "Хладотехніка" (м. Миколаїв). Установка автономного електро-, тепло- і холодозабезпечення (тригенераційна установка) включає у себе два когенераційних ГПД JMS 420 GS-N.LC GE Jenbacher електричною потужністю кожного ГПД 1400 кВт та тепловою потужністю 1500 кВт, абсорбційну бромистолітієву холодильну машину (АБХМ) AR-D500L2 Century холодильною потужністю 2000 кВт та два центральних тепловикористовуючих кондиціонера CIC Jan HREBEC H63 холодопродуктивністю по 350 кВт і витратою повітря 60000 м^3/год кожного. Відведення теплоти від охолоджуючої води системи оборотного охолодження стисненої газоповітряної суміші ГПД та від АБХМ здійснюється за допомогою градирень Evapco AT 28-528 сумарною потужністю 2400 кВт.

Для трансформації тепла в холод АБХМ використовує теплоту, відведену від вихідних газів, наддувної газоповітряної суміші (ГПС), а від охолоджувальної води сорочки двигуна і мастила. В результаті трансформації скидного тепла в АБХМ отримують охолоджену воду з температурою 7…10 °С, яку використовують як холодоносій для технологічного процесу і повітроохолоджувачів (ПО) центральних

кондиціонерів CIC J.H. H63. Охолоджене та осушене повітря подається в МВ когенераційних ГПД, вже звідки потрапляє на всмоктування ТК двигунів.

Виконаний аналіз автоматизованого моніторингу параметрів роботи тригенераційної установки дозволяє виявити резерви її вдосконалення, а саме: скоротити енерговитрати на кондиціювання припливного повітря, в той же час суттєво збільшити глибину охолодження повітря на вході ТК ГПД і, відповідно, скоротити питому витрату газу і скоротити тривалість експлуатації ГПД на режимах часткових навантажень.

Внаслідок значних тепловиділень від працюючих ГПД, теплоприпливів через огорожі приміщення в МВ температура повітря в ньому в літні місяці сягає 30 °С і вище, що всього на 5 °С нижче, ніж температура зовнішнього повітря (рис. 1). І це не зважаючи на те, що повітря в МВ охолоджується двома тепловикористовуючими центральними кондиціонерами сумарною холодопродуктивністю 700 кВт. У випадку зростання потреб у холоді для технологічного процесу значно скорочується холодопостачання на тепловикористовуючу систему охолодження (ТСО) повітря МВ, навіть до повного її відключення.

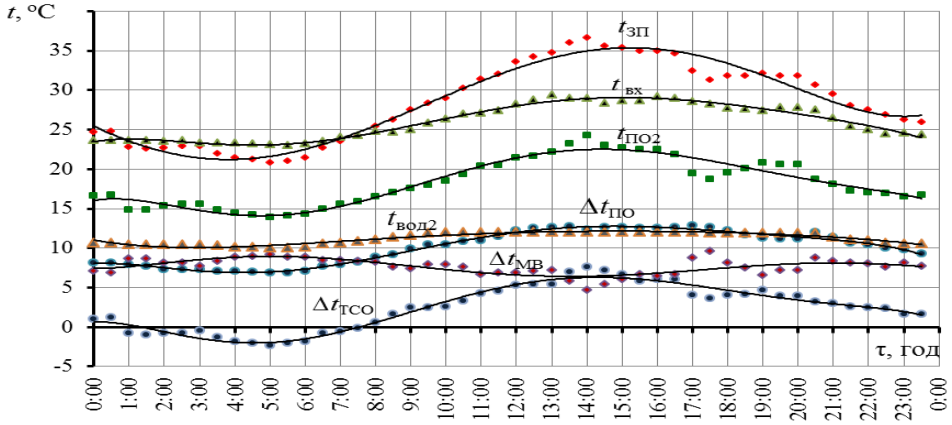


Рис. 1. Зміна температури зовнішнього повітря $t_{зп}$, повітря на вході ТК ГПД $t_{вх}$, на виході з ПО $t_{ПО2}$, зниження температури повітря в ПО $\Delta t_{ПО} = t_{зп} - t_{ПО2}$, у ТСО $\Delta t_{ТСО} = t_{зп} - t_{вх}$ і нагрів повітря в МВ $\Delta t_{МВ} = t_{вх} - t_{ПО2}$ протягом доби при витраті повітря 60000 м^3/год, температурі охолоджуючої води на виході з ПО $t_{вод2}$ і витраті охолоджуючої води 60 м^3/год

При підвищених температурах зовнішнього повітря $t_{зп}$ (рис. 1), у тому числі і на вході в градирню системи оборотного охолодження наддувної ГПС у низькотемпературному рівні його охолоджувача $ОНС_{НТ}$, відведення тепла ГПС у градирні скорочується, що призводить до зростання температури ГПС перед впускним ресивером вище допустимого рівня 45...50 °С. Для запобігання появі надмірних термічних навантажень деталей циліндропоршневої групи САР зменшує подачу газу, і двигун експлуатується на режимах часткових навантажень, внаслідок чого падає електрична потужність N_e і зростає питома витрата палива b_e від 165 до 168…169 г/(кВт·год), тобто на величину Δb_e = 3…4 г/(кВт·год), при підвищенні температури на вході ТК $\Delta t_{вх} = t_{зп} - t_{вх}$ приблизно на 10 °С (рис. 2).

Деяке зростання глибини охолодження в ТСО $\Delta t_{ТСО} = t_{зп} - t_{вх}$ (при т = 12^{00}–16^{00} на рис. 1) пов'язане зі скороченням тепловиділень від ГПД при роботі в режимі часткових навантажень у порівнянні з номінальним: N_e = 1000..1200 кВт проти 1400 кВт. Реальна ж глибина охолодження повітря в ТСО $\Delta t_{ТСО}$ при подачі охолодженого повітря в МВ, а звідти в ГПД, який працює на половинному навантаженні, не перевищує 5 °С (при т = 9^{00}–12^{00} на рис. 1).

Від'ємні значення різниці температур $\Delta t_{ТСО} = t_{зп} - t_{вх}$ викликані різким зростанням температури $t_{вх}$, яка навіть вища від $t_{зп}$, унаслідок відключення подачі холодоносія до центрального кондиціонра від АБХМ (при дефіциті холоду) і впливу теплоприпливів на неохолоджене зовнішнє повітря. В таких випадках була б доцільною подача повітря безпосередньо з кондиціонера на вхід ТК через ізольований повітропровід.

Варто зазначити, що і саме зниження температури в ПО встановлених кондиціонерів незначне: $\Delta t_{ПО} = t_{зп} - t_{ПО2}$ = 10…12 °С в найбільш напружену частину доби т = 12^{00}–18^{00}. Це пов'язано з малою глибиною ПО за ходом повітря, що не дозволяє виконати більш глибоке охолодження при відносно високій витраті повітря 60000 м^3/год. Тому для більш глибокого охолодження зовнішнього повітря в ПО $\Delta t_{ПО}$ слід зменшити його витрати.

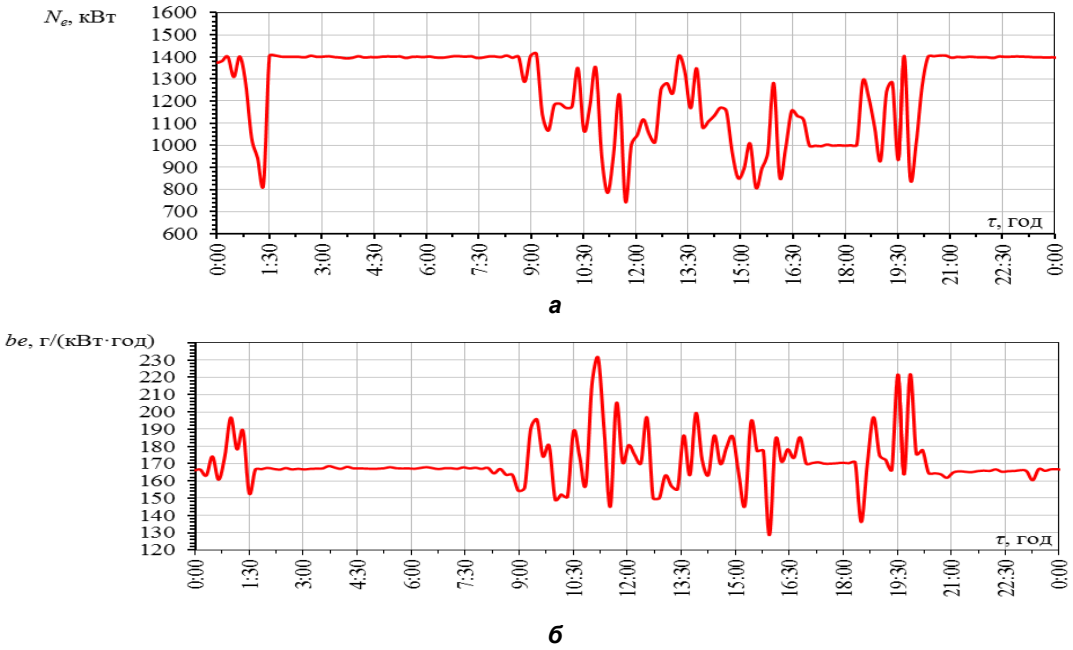


Рис. 2. Зміна електричної потужності ГПД N_e (*а*) і питомої витрати газу b_e (*б*) протягом доби

Ефективність трансформації скидної теплоти ГПД у холод з охолодженням повітря на вході ГПД у ТСО характеризується тепловим коефіцієнтом $\zeta_{ТСО} = Q_{0ТСО}/Q_г$, що є відношенням витрати холоду $Q_{0ТСО}$ на зниження температури повітря на вході ГПД на величину $\Delta t_{вх} = t_{зп} - t_{вх}$ до витрат теплоти $Q_г$, яка відводиться від ГПД до АБХМ. Тепловий коефіцієнт ТСО розраховують за витратами теплоти $Q_г$ на генерування в АБХМ холоду (холодопродуктивності) $Q_{0ПО}$, яка витрачається у ПО кондиціонера на охолодження припливного повітря на величину $\Delta t_{ПО} = t_{зп} - t_{ПО2}$, причому з урахуванням втрат холодопродуктивності на компенсацію теплоприпливів до охолодженого в ПО повітря МВ: $Q_{МВ} = G_п\, \xi c_п\, (t_{вх} - t_{ПО2})$, де ξ – коефіцієнт вологовипадіння, який являє собою відношення загальної кількості відведеного тепла (включно з теплотою конденсації водяної пари з повітря) до явного тепла, що визначається різницею температур повітря $t_{вх} - t_{ПО2}$. Внаслідок втрат холодопродуктивності $Q_{МВ} = G_п\, \xi c_п\, (t_{вх} - t_{ПО2})$ температура повітря на вході ТК $t_{вх}$ зростає на величну $\Delta t_{МВ} = t_{вх} - t_{ПО2}$, а дійсна холодопродуктивність ТСО виявляється менше: $Q_{0ТСО} = Q_{0ПО} - Q_{МВ}$. З урахуванням зазначених втрат холодопродуктивності $Q_{МВ}$ через теплоприпливи в МВ дійсний тепловий коефіцієнт ТСО $\zeta_{ТСО} = Q_{0.ТСО}/Q_г$ також менший від теплового коефіцієнта АБХМ: $\zeta_{АБХМ} = Q_{0ПО}/Q_г$. Для температур гарячого теплоносія $t_г$ = 90 °С, який надходить від ГПД в АБХМ, і холодоносія $t_х$ = 7 °С, який поступає від АБХМ в ПО кондиціонера, тепловий коефіцієнт АБХМ $\zeta_{АБХМ}$ = 0,7. Виходячи з $\zeta_{АБХМ}$ знаходимо затрати теплоти $Q_г$ на виробництво в АБХМ холодопродуктивності $Q_{0ПО}$, що використовується в ПО кондиціонера на охолодження припливного повітря витратою $G_{п1}$ = 2 кг/с для одного ГПД на величину $\Delta t_{ПО} = t_{зп} - t_{ПО2}$.

Зміну холодопродуктивності ПО кондиціонера $Q_{0ПО}$, витрат теплоти $Q_г$ на її виробництво в АБХМ, дійсної холодопродуктивності ТСО при подачі охолодженого повітря в МВ $Q_{0ТСО} = Q_{0ПО} - Q_{МВ}$ з урахуванням втрат холоду $Q_{МВ}$ на покриття теплоприпливів до потоку циклового повітря ГПД витратою $G_{п1}$ = 2 кг/с і дійсного теплового коефіцієнта ТСО $\zeta_{ТСО} = Q_{0ТСО}/Q_г$, а також температури зовнішнього повітря $t_{зп}$ на вході ПО, повітря на виході ПО $t_{ПО2}$ і на вході ТК ГПД $t_{вх}$, нагріву потоку циклового повітря ГПД у МВ через теплоприпливи $\Delta t_{МВ} = t_{вх} - t_{ПО2}$ протягом доби (19 липня 2011, с. Південне Миколаївської обл.) наведено на рис. 4.

Як видно, в часи найвищих температур $t_{зп}$ ($\tau = 11^{00}–18^{00}$) тепловий коефіцієнт $\zeta_{ТСО}$ = 0,4…0,5 проти $\zeta_{АБХМ}$ = 0,7, тобто на 15…30 % менший від потенційно можливого. При цьому ГПД працює при частковому навантаженні: N_e = 1000…1200 кВт проти 1400 кВт (див. рис. 2), і зі зниженим тепловиділенням.

Таким чином, за величиною теплового коефіцієнта ТСО $\zeta_{ТСО}$ можна оцінювати теплову ефективність системи охолодження повітря на вході ТК ГПД як однієї зі складових системи трансформації теплоти ГПД у холод, тобто судити про ефективність використання отриманого в АБХМ холоду.

За результатами аналізу можна зробити висновок, що ТСО працює неефективно, оскільки різниця температур $\Delta t_{ТСО} = t_{зп} - t_{вх}$ вкрай мала: $\Delta t_{ТСО}$ = 5…8 °С. Варто зазначити, що і зниження температури припливного повітря в ПО кондиціонерів також незначне: $\Delta t_{ПО} = t_{зп} - t_{ПО2}$ = 8…12 °С ($\tau = 12^{00}–18^{00}$), а вночі та зранку ($\tau = 21^{00}–7^{00}$) температура повітря на вході ТК ГПД $t_{вх}$, яке нагрівається в результаті теплоприпливів від ГПД і електрогенератора, навіть перевищує порівняно невисоку температуру зовнішнього повітря $t_{зп}$.

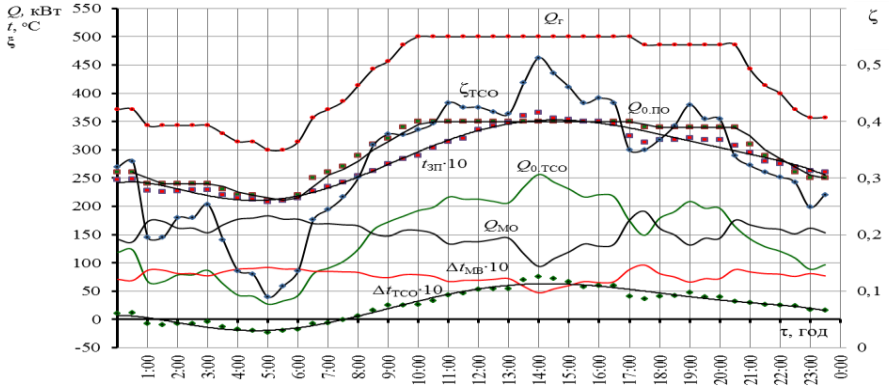


Рис. 4. Зміна холодопродуктивності ПО упродовж доби

Знизити температуру повітря $t_{вх}$ на вході ТК ГПД можна, якщо подавати повітря в ТК окремим повітропроводом (див. рис. 3,***б***), а для більш глибокого охолодження повітря в ПО – зменшити його витрату. Результати аналізу параметрів ПО показали, що при зменшеній витраті повітря до $G_п$ = 35000 м^3/год можна досягти найбільшої глибини охолодження повітря в даному ПО $\Delta t_{ПО} = t_{зп} - t_{ПО2}$ = 15…17 °С (проти 10…12 °С при $G_п$ = 60000 м^3/год на рис. 1) зі зниженням температури повітря на виході з ПО до $t_{ПО2}$ = 18 °С (проти 25 °С) при максимальній зовнішній температурі $t_{зп}$ = 35 °С, причому не вносячи зміни в конструкцію ПО (рис. 5).

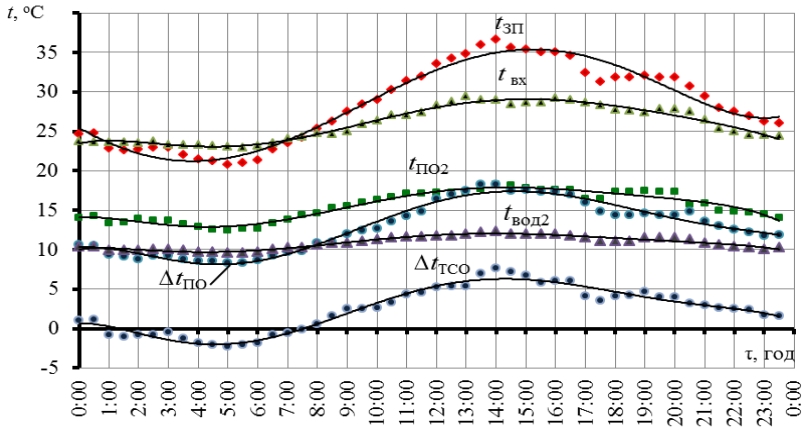


Рис. 5. Зміна температури зовнішнього повітря $t_{зп}$, повітря на вході ТК ГПД $t_{вх}$, на виході з ПО $t_{ПО2}$, температури холодоносія (води) на виході з ПО $t_{вод2}$, а також зниження температур в ПО $\Delta t_{ПО} = t_{зп} - t_{ПО2}$ і в ТСО $\Delta t_{ТСО} = t_{зп} - t_{вх}$ протягом доби при витраті повітря 35000 м^3/год і витраті охолоджуючої води 60 м^3/год,

Зменшення напору вентилятора при скороченні його продуктивності $G_п$ майже вдвічі виключає можливість надійного транспортування мас охолодженого повітря на вхід ТК при тих же аеродинамічних умовах, що і при номінальній, практично вдвічі більшій, витраті повітря $G_п$ = 60000 м^3/год і, отже, при більшому напорі вентилятора. Тому раціональним рішенням є подача охолодженого повітря в ТК повітропроводом, що забезпечує більш глибоке охолодження повітря в ПО і ТСО: $\Delta t_{ТСО} = \Delta t_{ПО} = t_{зп} - t_{ПО2}$ = 15…17 °С на рис. 5 (проти $\Delta t_{ТСО} = t_{зп} - t_{вх}$ = 5…7 °С при $G_п$ = 60000 м^3/год на рис. 1) зі зниженням температури повітря на виході з ПО (на вході ТК) до $t_{зп} = t_{ПО2}$ = 15…18 °С (проти $t_{вх}$ = 25…27 °С) при подачі охолодженого в ПО повітря витратою $G_п$ = 60000 м^3/год у МВ, а вже з нього на вхід ТК ГПД (див. рис. 5).

Таким чином, подача повітря, охолодженого в ПО до більш низької температури, окремим повітропроводом у ТК дозволяє підтримувати на вході ТК стабільно низькі температури $t_{вх} = t_{ПО2}$ = 15…18 °С (проти 25…27 °С в базовому варіанті), забезпечуючи тим самим експлуатацію ГПД на номінальному навантаженні зі зниженням питомої витрати газу b_e на 3…4 г/(кВт·год) у порівнянні з роботою при часткових навантаженнях (див. рис. 2).

ВИСНОВКИ

За результатами аналізу ефективності охолодження повітря машинного відділення когенераційних модулів ГПД діючої тригенераційної установки обґрунтовано раціональний спосіб охолодження шляхом подачі охолодженого повітря безпосередньо на вхід турбокомпресорів ГПД окремим повітропроводом. На основі даних моніторингу параметрів тригенераційної установки показано, що реалізація запропонованого способу дозволяє підтримувати температуру повітря на вході ГПД на рівні 15...17 °С опівдні та звести до мінімуму експлуатацію двигунів на часткових навантаженнях, завдяки чому скоротити питомі витрати палива.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] Economic utilization of Biomass and Municipal Waste for power generation. Some energy lasts for generations [Text]. – GE Jenbacher Company Overview. – June 13, 2007. – 39 p.

[2] **Elsenbruch, T.** Jenbacher gas engines a variety of efficient applications [Text] / T. Elsenbruch. – Bucureşti, October 28, 2010. – 73 p.

УДК 621.438.13:621.57

РАСЧЕТ РАЦИОНАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК КОМБИНИРОВАННЫХ АБСОРБЦИОННО-ЭЖЕКТОРНЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН ОХЛАЖДЕНИЯ ВОЗДУХА НА ВХОДЕ ГТУ

Радченко А.Н., канд. техн. наук, доцент
Национальный университет кораблестроения, г. Николаев, Украина

Одним из направлений повышения топливной эффективности газотурбинных установок (ГТУ) при высоких температурах воздуха на входе $t_{нв}$ является его охлаждение теплоиспользующими холодильными машинами (ТХМ), трансформирующими в холод теплоту отработанных газов [2–5]. Применение таких ТХМ позволяет сократить потребление топлива. Так, для ГТУ производства ГП НПКГ "Зоря-Машпроект" с понижением температуры $t_{нв}$ на 10 °С удельный расход топлива ГТУ уменьшается на 7…8 г/(кВт·ч) [1]. Снижение температуры воздуха $\Delta t = t_{нв} - t_{в2}$ зависит от температуры наружного воздуха $t_{нв}$ и охлажденного в ТХМ воздуха $t_{в2}$, которая определяется температурой хладоносителя t_x (рабочего тела ТХМ), т.е. типом и режимом работы ТХМ [2–4]. Так, в эжекторных хладоновых холодильных машинах (ЭХМ) с использованием низкокипящих рабочих тел (НРТ) воздух можно охладить до температуры $t_{в2}$ = 10 ºС и ниже (температура кипения НРТ $t_x = t_0$ = 2…3 ºС и ниже), а в абсорбционных бромистолитиевых машинах (АБХМ), как правило, до $t_{в2}$ = 15 ºС и выше ($t_x \approx$ 7 ºС). Хотя ЭХМ и обеспечивает более глубокое охлаждение воздуха на входе ГТУ и соответственно большее сокращение потребления топлива, но эффективность трансформации ими теплоты в холод гораздо ниже, чем в АБХМ: их тепловые коэффициенты $\zeta_Э$ = 0,2…0,3 против $\zeta_А$ = 0,7…0,8 для АБХМ, где тепловой коэффициент $\zeta = Q_0 / Q_г$ – отношение холодопроизводительности к затраченной теплоте отработанных газов (горячей воды, получаемой за счет теплоты газов). Это в свою очередь требует увеличенных расходов теплоты, что не всегда возможно при ограниченном тепловом потенциале отработанных газов, особенно в ГТУ регенеративного типа с нагревом сжатого воздуха перед камерой сгорания газами после турбины и температурой уходящих газов $t_{уг}$ = 240…250 ºС.

Исследованию охлаждения воздуха на входе ГТУ трансформацией сбросной теплоты отработанных газов посвящено ряд публикаций [2–5]. В работах [2–4] рассмотрены теплоиспользующие холодильные машины абсорбционного и эжекторного типов. Однако вопросы повышения эффективности эксплуатации холодильных машин комбинированного абсорбционно-эжекторного типа при пониженных температурах наружного воздуха $t_{нв}$ (в ночные часы, межсезонье), когда тепловая нагрузка на них, прежде всего на высокотемпературную абсорбционную бромистолитиевую ступень (АБХМ-ступень) сокращается, не рассматривались. Очевидно, что при умеренных температурах $t_{нв}$ весьма целесообразным было бы использование избыточной теплоты для более глубокого охлаждения воздуха на входе ГТУ низкотемпературной ЭХМ-ступенью.

Цель работы – разработать методологический подход к определению рациональных тепловых нагрузок абсорбционной и эжекторной ступеней комбинированной абсорбционно-эжекторной холодильной машины охлаждения воздуха на входе ГТУ с учетом климатических условий эксплуатации.

Данные по экономии топлива удобно представлять в относительных (удельных) величинах – в виде экономии топлива, приходящейся на 1 кВт мощности ГТУ, т.е. $B_{т.у1} = B_т / N_e$, в зависимости от затрат удельной холодильной мощности (холодопроизводительности), приходящейся на единичный расход воздуха (при $G_в$ = 1 кг/с): $q_0 = Q_0 / G_в$, где Q_0 – затраты холодильной мощности на охлаждение воздуха. Рассчитаны значения годовой удельной экономии топлива $B_{т.у1} = B_т / N_e$ в зависимости от затрат удельной холодильной мощности (холодопроизводительности) q_0 при разных температурах охлажденного воздуха $t_{в2}$: $B_{т.7}$ и $B_{т.10}$ – при $t_{в2}$ = 7 и 10 ºС (АЭХМ); $B_{т.15}$ и $B_{т.20}$ – при $t_{в2}$ = 15 и 20 ºС (АБХМ-ступень) для климатических условий эксплуатации газотурбокомпрессорного агрегата ГТК-10-4 (мощность N_e = 10 МВт) Южнобугской компрессорной станции (с. Любашевка, Николаевская обл., 2009 г.).

При этом для регенеративной ГТУ ГТК-10-4 мощностью N_e = 10 МВт и расходом воздуха $G_в$ = 80 кг/с, как и для ГТУ производства ГП НПКГ "Зоря-Машпроект" при снижении температуры воздуха на входе на 1 °С удельный расход топлива уменьшается на величину Δb_e = 0,7 г/(кВт·ч).

Показано, что для рассматриваемых климатических условий при охлаждении воздуха на входе ГТУ до температуры $t_{в2}$ = 10 ºС при удельной (приходящейся на единичный расход воздуха $G_в$ = 1 кг/с)

холодильной мощности АЭХМ q_0 = 34 кВт/(кг/с) значения удельной, приходящейся на 1 кВт мощности, экономии топлива $B_{т.10}$ за 2009 г. составляют 25 кг/кВт при сохранении высоких темпов ее наращивания. Из-за падения темпов наращивания $B_{т.10}$ после q_0 = 34 кВт/(кг/с) не происходит заметного возрастания $B_{т.10}$. Удельную холодильную мощность АЭХМ q_0 = 34 кВт/(кг/с) принимают за рациональную и исходя из нее выбирают полную установленную холодильную мощность АЭХМ в соответствии с расходом воздуха через ГТУ: $Q_0 = G_в \cdot q_0$, кВт. Завышение рациональной величины установленной холодильной мощности АЭХМ q_0 = 34 кВт/(кг/с) не приведет к сколь-нибудь заметному увеличению $B_{т.10}$, но вызывает существенное возрастание капитальных затрат.

Для обоснования методологического подхода к выбору рациональной тепловой нагрузки высокотемпературной АБХМ- и низкотемпературной ЭХМ-ступеней комбинированной АЭХМ охлаждения воздуха на входе ГТУ КС проанализированы текущие значения соответствующих удельных затрат холодопроизводительности (удельных тепловых нагрузок) q_0 для наиболее теплого июля месяца.

Выявлено, что при весьма значительном изменении удельной тепловой нагрузки на высокотемпературную АБХМ-ступень $q_{0.15}$ колебания тепловой нагрузки на низкотемпературную ЭХМ-ступень $q_{0.10\text{-}15} = q_{0.10} - q_{0.15}$ сравнительно небольшие: 11…13 кВт/(кг/с). Следовательно, характер тепловой нагрузки на АБХМ- и ЭХМ-ступени комбинированной АЭХМ разный: относительно стабильная тепловая нагрузка $q_{0.10\text{-}15}$ на низкотемпературную ЭХМ-ступень (хладон при температуре кипения $t_х = t_0$ = 3…5 ºС непосредственно в испарителе-воздухоохладителе на входе ГТУ или хладон при температуре кипения $t_х = t_0$ = 0…2 ºС при наличии промежуточного хладоносителя – охлаждаемой в испарителе ЭХМ воды с температурой $t_х$ = 3…5 ºС) и значительные изменения тепловой нагрузки на высокотемпературную АБХМ-ступень $q_{0.15}$ (холодная вода от АБХМ с температурой $t_х$ = 7 ºС). Последнее обусловлено изменением температуры наружного воздуха $t_{нв}$ в течении суток – с ее понижением в ночное время до $t_{нв}$ = 15 ºС и ниже с соответствующим падением до нуля тепловой нагрузки $q_{0.15}$ на АБХМ-ступень.

Такой же характер изменения тепловой нагрузки на АБХМ- и ЭХМ-ступени комбинированной АЭХМ сохраняется и при более глубоком охлаждении воздуха до $t_{в2}$ = 7 ºС, правда, удельная тепловая нагрузка на низкотемпературную ЭХМ-ступень на 20…30 % больше по сравнению с охлаждением воздуха до $t_{в2}$ = 10 ºС: $q_{0.7\text{-}15}$ = 14…16 кВт/(кг/с).

Таким образом, относительно стабильный характер удельной тепловой нагрузки на низкотемпературную ЭХМ-ступень (по сравнению с высокотемпературной АБХМ-ступенью) предопределяет выбор ее проектной величины $q_{0.10\text{-}15} = q_{0.10} - q_{0.15}$. Соответственно тепловая нагрузка на высокотемпературную АБХМ-ступень определится как $q_{0.A7} = 34 - q_{0.10\text{-}15}$ исходя из рациональной установленной холодильной мощности всей АЭХМ q_0 = 34 кВт/(кг/с), выбранной исходя из годовой экономии топлива.

Однако с учетом снижения температуры наружного воздуха $t_{нв}$ в ночное время и межсезонье и, как следствие, с одной стороны, соответствующего сокращения текущих значений удельной тепловой нагрузки $q_{0.15}$ на высокотемпературную АБХМ-ступень, а с другой стороны, невозможности реализовать эту избыточную холодильную мощность $\Delta q_{0.A} = q_{0.A7} - q_{0.15}$ для более глубокого охлаждения воздуха при пониженных температурах $t_{нв}$ из-за ограничения глубины его охлаждения температурой $t_{в2}$ = 10 ºС, обусловленной в свою очередь температурой кипящего НРТ t_0 = 3…5 ºС (при разности температур $\Delta t_{в2} = t_{в2} - t_0$ = 5…7 ºС), при проектировании комбинированной АЭХМ в качестве рациональной удельной тепловой нагрузки на низкотемпературную ЭХМ-ступень следует принимать несколько завышенную величину по сравнению с холодопроизводительностью $q_{0.10\text{-}15}$, требуемой для охлаждения воздуха от $t_{в2}$ = 15 ºС до $t_{в2}$ = 10 ºС, например равную величине $q_{0.7\text{-}15} > q_{0.10\text{-}15}$. При этом температура кипения НРТ в ЭХМ-ступени должна быть ниже: t_0 = 0…2 ºС, что позволяет охлаждать воздух в ЭХМ-ступени от $t_{в2}$ = 15 ºС до более низкой температуры $t_{в2}$ = 7 ºС. Соответственно с учетом рациональной проектной удельной холодильной мощности всей АЭХМ q_0 = 34 кВт/(кг/с) рациональная проектная тепловая нагрузка на высокотемпературную АБХМ-ступень будет меньше величины, требуемой для охлаждения воздуха от текучих $t_{нв}$ до $t_{в2}$ = 15 ºС, и определится как $q_{0.A7} = 34 - q_{0.7\text{-}15}$.

Тогда в наиболее теплые периоды (дневные часы в летние месяцы при высоких температурах наружного воздуха $t_{нв}$), т.е. при повышенной тепловой загрузке на АБХМ-ступень $q_{0.15}$, превышающей ее проектную величину $q_{0.A7} = 34 - q_{0.7\text{-}15}$, часть тепловой загрузки, требуемой для охлаждения наружного воздуха от $t_{нв}$ до $t_{в2}$ = 15 ºС будет приходиться на ЭХМ-ступень, спроектированную на завышенную тепловую нагрузку $q_{0.7\text{-}15}$. А в ночное время и межсезонье при пониженных температурах $t_{нв}$ завышенная холодильная мощность ЭХМ-ступени $q_{0.7\text{-}15} > q_{0.10\text{-}15}$ и низкая температура кипения НРТ в ЭХМ-ступени t_0 = 0…2 ºС обеспечат более глубокое охлаждение воздуха до $t_{в2} < 10$ ºС, в частности, до $t_{в2}$ = 7 ºС.

Показано, что установленной рациональной холодильной мощности АЭХМ $q_{0.10}$ = 34 кВт/(кг/с) , рассчитанной исходя из годовой экономии топлива, достаточно для покрытия затрат холода на охлаждение наружного воздуха на входе ГТУ от $t_{нв}$ до $t_{в2}$ = 10 ºС практически в течение всего июля месяца, кроме промежутков по 2…4 часа. При этом на саму АБХМ-ступень приходится только часть тепловой нагрузки $q_{0.A}$, которая меньше требуемой ее величины $q_{0.15}$ для охлаждения наружного воздуха на входе ГТУ от $t_{нв}$ до $t_{в2}$ =

15 ºС, а остальная ее часть покрывается за счет ЭХМ-ступени благодаря тому, что ее мощность $q_{0.7\text{-}15}$ выбрана больше требуемой величины $q_{0.10\text{-}15}$.

Рассчитаны текущие значения температуры наружного воздуха $t_{нв}$, охлажденного воздуха после АБХМ-ступени $t_{в2А}$ и всей АЭХМ $t_{в2АЭ}$, а также снижения температуры наружного воздуха в АБХМ-ступени $\Delta t_{вА}$ (с. Любашевка, июль 2009 г.). При этом снижение температуры наружного воздуха в АБХМ-ступени определяли как $\Delta t_{вА} = q_{0.А} /(c_в \cdot \xi_{15})$, где $c_в$ – теплоемкость воздуха; $\cdot\xi_{15}$ – коэффициент влаговыпадения в процессах охлаждения наружного воздуха от текущих температур $t_{нв}$ до $t_{в2}$ = 15 ºС.

Понятно, что температура охлажденного в ЭХМ-ступени воздуха $t_{в2АЭ}$ не может опускаться ниже значения $t_{в2АЭ}$ = 7 ºС, которое ограничивается температурой кипящего НРТ t_0 = 3…5 ºС и разностью температур на выходе их воздухоохладителя $\Delta t_в$ = 5…7 ºС. Значения $t_{в2АЭ}$ ниже 7 ºС указывают на наличие избытка холодильной мощности q_0 в ночные часы и дни с умеренной температурой наружного воздуха $t_{нв}$.

В случае наличия достаточного количества теплоты отработанных газов, как например в ГТУ простого цикла, в которых температура газов составляет $t_{уг}$ = 400…500 ºС, глубокое охлаждение воздуха до $t_{в2АЭ}$ = 7 ºС можно обеспечить и в наиболее теплые периоды летних месяцев. Для этого установленную холодильную мощность АЭХМ надо выбирать равной $q_{0.7}$ = 38 кВт/(кг/с) исходя из годовой экономии топлива соответственно при $t_{в2}$ = 7 ºС. Рассчитаны соответствующие значения рациональной проектной холодопроизводительности АБХМ-ступени $q_{0.А7(34)} = 34 – q_{0.7\text{-}15}$ (с глубоким охлаждением воздуха до $t_{в2}$ = 7 ºС в периоды умеренных температур с пониженной $t_{нв}$) и $q_{0.А7(38)} = 38 – q_{0.10\text{-}15}$ с охлаждением воздуха до $t_{в2}$ = 7 ºС и при повышенной $t_{нв}$ (с. Любашевка, июль 2009 г.).

Показано, что максимальные значения текущих величин удельной холодопроизводительности всей АЭХМ $q_{0.7}$, требуемой для охлаждения воздуха на входе ГТУ от текущих $t_{нв}$ до $t_{в2}$ = 7 ºС, практически не превышают величину проектной удельной холодопроизводительности АЭХМ $q_{0.7}$ = 38 кВт/(кг/с) за небольшим исключением в течение промежутков по 2…4 часа для июля. При этом недоохлаждение составляет не более 3 ºС. Соответствующее значение проектной удельной холодопроизводительности АБХМ-ступени, рассчитанное как $q_{0.А7(38)} = 38 – q_{0.7\text{-}15}$, будет на 4 кВт/(кг/с) больше по сравнению с $q_{0.А7(34)} = 34 – q_{0.7\text{-}15}$.

Выводы

Предложен методологический подход к определению рациональных тепловых нагрузок на высокотемпературную абсорбционную и низкотемпературную эжекторную ступени (АБХМ- и ЭХМ-ступени) комбинированных абсорционно-эжекторных холодильных машин (АЭХМ) охлаждения воздуха на входе ГТУ, согласно которому за базовые принимают значение рациональной холодопроизводительности всей комбинированной АЭХМ, полученной исходя из максимального годового эффекта в виде экономии топлива, и сравнительно стабильную величину холодопроизводительности ЭХМ-ступени, требуемой для охлаждения воздуха в наиболее теплонапряженные летние месяцы. Показано, что в условиях ограниченного теплового потенциала отработанных газов, в частности, ГТУ регенеративного типа, для более глубокого охлаждения воздуха на входе ГТУ и соответственно большей экономии топлива в периоды внепиковых нагрузок низкотемпературную хладоновую эжекторную ступень АЭХМ (ЭХМ-ступенъ) необходимо проектировать на завышенную проектную тепловую нагрузку и с пониженной на 3…5 °С температурой кипения хладона в воздухоохладителе по сравнению с ее величиной при эксплуатации в условиях высоких температур наружного воздуха. При этом значение проектной удельной холодопроизводительности АБХМ-ступени определяют как разность удельной холодопроизводительности всей комбинированной АЭХМ и проектной (завышенной) тепловой нагрузки ЭХМ-ступени.

Список использованной литературы

[1] Николаевские газовые турбины промышленного применения. – Николаев: ГП НПКГТ "Зоря"– "Машпроект". – 2004. – 20 с.

[2] **Радченко, А.Н.** Эффективность способов охлаждения воздуха на входе ГТУ компрессорных станций в зависимости от климатических условий [Текст] / А.Н. Радченко, С.А. Кантор //Авиационно-космическая техника и технология. – 2015. – № 1(118). – С. 95–98.

[3] **Радченко, А.Н.** Оценка потенциала охлаждения воздуха на входе газотурбинных установок трансформацией теплоты отработанных газов в теплоиспользующих холодильных машинах [Текст] / А.Н. Радченко, С.А. Кантор // Авиационно-космическая техника и технология. – 2014. – № 4 (111). – С. 56–59.

[4] **Радченко, А.Н**. Методология технико-экономического обоснования эффективности применения тригенерации в газотурбинных установках [Текст] / А.Н. Радченко, А.С. Морозова // Газотурбинные технологии: Рыбинск. – 2013. – № 3 (114). – С. 42–45.

[5] **Bortmany, J.N.** Assesstment of aqua-ammonia refrigeration for pre-cooling gas turbine inlet air [Текст] / J.N. Bortmany // Proceedings of ASME TURBO EXPO 2002. – Paper GT-2002-30657. – 12 p.

УДК 621.436.13:621.57

РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕПЛОИСПОЛЬЗУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ НАДДУВОЧНОГО ВОЗДУХА ГЛАВНОГО СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ

[1]Радченко Р.Н., [2]Стахель А.,
[1]Национальный университет кораблестроения, Украина
[2]Западно-Померанский технологический университет, Польша

На судах в качестве главных двигателей применяются в основном малооборотные дизели (МОД). На их термодинамическую эффективность существенное влияние оказывает температура наддувочного воздуха. С ее повышением на 10 °С эффективный КПД МОД уменьшается примерно на 0,5 % и, соответственно, возрастает удельный расход топлива b_e [1–3].

В большинстве случаев в судовых МОД применяются одноступенчатые системы охлаждения наддувочного воздуха двух типов – одноконтурная система охлаждения забортной водой и двухконтурная, с промежуточным контуром пресной воды. Все более широкое распространение находят двухконтурные двухступенчатые системы охлаждения когенерационного типа, когда нагретая в высокотемпературной ступени охладителя наддувочного воздуха ($ОНВ_{ВТ}$) вода используется для нужд судовой энергетической установки, например, для нагрева топлива, масла, на теплофикационные цели, либо $ОНВ_{ВТ}$ является экономайзерной секцией нагрева питательной воды утилизационного котла. Хотя при этом потери тепла с охлаждающей наддувочный воздух водой и сокращаются, однако проблема поддержания температуры воздуха на приемлемом низком уровне при плавании судна в южных широтах с высокой температурой забортной воды остается не решенной. Одним из направлений ее решения является применение машинного охлаждения воздуха, и прежде всего теплоиспользующими холодильными машинами (ТХМ), использующими теплоту наддувочного воздуха, выпускных газов двигателей и других источников. Использование в ТХМ низкокипящих рабочих тел (НРТ) обеспечивает глубокое охлаждение воздуха в низкотемпературной ступени охладителя наддувочного воздуха ($ОНВ_{НТ}$) без поддержания вакуума в системе НРТ. В этом случае испаритель НРТ-охладитель воды служит для охлаждения пресной воды, подаваемой в $ОНВ_{НТ}$, ниже температуры забортной воды.

В таких теплоиспользующих системах охлаждения (ТСО) наддувочного воздуха контур НРТ является дополнительным, третьим, контуром, обеспечивающим охлаждения пресной воды, подаваемой в $ОНВ_{НТ}$, ниже температуры забортной воды. При этом необходимо решать вопросы выбора числа ступеней ОНВ по ходу воздуха: двухступенчатый ОНВ в составе $ОНВ_{ВТ}$ и $ОНВ_{НТ}$, практически не зависящий от температуры забортной воды, либо же трехступенчатый ОНВ – с дополнительной ступенью промежуточного охлаждения (ПО) наддувочного воздуха забортной водой между $ОНВ_{ВТ}$ и $ОНВ_{НТ}$.

Цель работы – сравнение эффективности двух- и трехступенчатых теплоиспользующих систем охлаждения наддувочного воздуха судового МОД, утилизирующих теплоту наддувочного воздуха и обеспечивающих его охлаждение ниже температуры забортной воды при повышенных наружных температурах воздуха и воды.

В разработанной двухступенчатой трехконтурной системе охлаждения наддувочного воздуха двигателя внутреннего сгорания (ДВС) на базе теплоиспользующей эжекторной холодильной машины (ТЭХМ), утилизирующей теплоту наддувочного воздуха, высокопотенциальная теплота наддувочного воздуха после турбокомпрессора (ТК) отводится высокотемпературным промежуточным водяным контуром в $ОНВ_{ВТ}$ к НРТ, кипящему в генераторе паров НРТ ТЭХМ при высоких давлении и температуре $t_г$ = 100…120 °С. Из генератора пары НРТ поступают в конденсатор, охлаждаемый забортной водой, конденсируются, и жидкий НРТ после дросселирования испаряется в испарителе-охладителе воды (И-ОВ) при низком давлении, соответственно и температуре t_0 = 2…5 °С, охлаждая воду, отводящую теплоту от наддувочного воздуха в $ОНВ_{НТ}$.

Такая ТСО представляет собой двухступенчатую трехконтурную систему охлаждения наддувочного воздуха с пресной водой – в первом, НРТ – во втором и забортной водой – в третьем, разомкнутом, контурах охлаждения. Она обеспечивает охлаждение наддувочного воздуха ниже температуры забортной воды. Генератор ТЭХМ состоит из двух секций: экономайзерной $Г_э$, в которой происходит нагрев жидкого НРТ, поступающего из конденсатора с температурой конденсации, например $t_к$ = 35…45 °С, до температуры кипения НРТ в испарительной секции $Г_и$ генератора $t_г$ = 100…120 °С.

Тепловой расчет теплообменников ОНВ проводят, исходя из потенциально возможной минимальной конечной температуры охлажденного воздуха $t_{в2}$ на выходе из $ОНВ_{НТ}$, которая в свою очередь принимается в зависимости от температуры кипения НРТ t_0 : $t_{в2} = t_0 + 5$ °С + 12 °С, где 5 °С – разница температур пресной воды и НРТ (хладагента) в И-ОВ, а 12 °С – разница температур наддувочного воздуха и пресной воды промежуточного водяного контура охлаждения в $ОНВ_{НТ}$. Холодопроизводительность Q_0, необходимая для охлаждения до этой потенциально возможной минимальной температуры $t_{в2}$, для которой рассчитывают

ОНВ, сопоставляется с располагаемой $Q_{0р} = Q_г \cdot \zeta$, получаемой в ТЭХМ путем трансформации в холод теплоты $Q_г$, отведенной от наддувочного воздуха в $ОНВ_{ВТ}$. Тепловой коэффициент ζ представляет собой $\zeta = Q_{0р}/Q_г$, т.е. отношение полученной холодопроизводительности $Q_{0р}$ (теплоты, отведенной от наддувочного воздуха в $ОНВ_{НТ}$), к затраченной теплоте $Q_г$, отведенной ТЭХМ от наддувочного воздуха в $ОНВ_{ВТ}$. Тепловой коэффициент ζ увеличивается с повышением температуры кипения НРТ в генераторе высокого давления $t_г$ и испарителе низкого давления t_0 и понижением температуры конденсации хладагента $t_к$. При температуре конденсации НРТ-хладона R142b $t_к$ = 35 °С, кипения R142b t_0 = 5 °С в испарителе-охладителе воды И-ОВ промежуточного контура охлаждения наддувочного воздуха в $ОНВ_{НТ}$ и кипения НРТ в испарительной секции $Г_и$ генератора $t_г$ = 100…120 °С тепловой коэффициент ТЭХМ ζ = 0,27.

Рассчитано изменение температуры наддувочного воздуха $t_в$, пресной воды t_w и хладагента t_0 по глубине L двухступенчатого ОНВ по воздуху. Хладагент – хладон R142b. Температуры кипения R142b в испарителе-охладителе воды (И-ВО) t_0 = 5 °С, а в испарительной секции генератора ТЭХМ $t_г$ = 120 °С. При этом нагреву жидкого НРТ в экономайзерной секции генератора $Г_э$ от температуры конденсации $t_к$ = 35 °С до температуры кипения НРТ $t_г$ = 120 °С и его кипению при $t_г$ в испарительной секции генератора $Г_и$ (изменению t_0 от $t_0 = t_к$ = 35 °С до $t_0 = t_г$ = 120 °С) соответствует изменение температуры пресной воды t_w, отдающей тепло НРТ в генератора Г, и наддувочного воздуха $t_в$, отдающего тепло пресной воде в $ОНВ_{ВТ}$.

Показано, что глубина $ОНВ_{ВТ}$ составляет основную долю всего двухступенчатого ОНВ, и прежде всего из-за большой глубины экономайзерной секции $ОНВ_{ВТ}$. Это обусловлено, прежде всего, низким температурным напором θ намного меньшим по сравнению с $ОНВ_{НТ}$. Низкие температурные напоры θ обусловливают и малые плотности теплового потока $q = k\,\theta$ в экономайзерной секции $ОНВ_{ВТ}$.

Рациональным решением задачи сокращения поверхности проблемной экономайзерной секции $ОНВ_{ВТ}$ является уменьшение глубины охлаждения воздуха в $ОНВ_{ВТ}$ с последующим его охлаждением в штатном ОНВ забортной водой, а потом – в $ОНВ_{НТ}$, т.е. переход на трехступенчатую трехконтурную ТСО с включением ступени промежуточного охлаждения (ПО) наддувочного воздуха пресной водой и отводом от нее теплоты во внешнем контуре забортной водой. Площадь теплообмена ПО благодаря большему температурному напору θ будет существенно меньше, чем экономайзерной секции $ОНВ_{ВТ}$. Однако при этом уменьшится тепловая мощность $Q_г$ генератора пара НРТ ТЭХМ, следовательно, и генерируемая холодопроизводительность Q_0, дефицит которой должен быть компенсирован снижением тепловой нагрузки на $ОНВ_{НТ}$ за счет дополнительного отвода теплоты от воздуха в ПО.

Для определения оптимальной температуры $t_{в2ЭС}$, до которой следует отводить тепло от воздуха в экономайзерной секции $ОНВ_{ВТ}$, проводят многовариантные тепловые расчеты ступеней ОНВ для нескольких значений температур $t_{в2ЭС}$ (при температуре кипения в И-ОВ t_0 = 5 °С).

В результате расчетов, выполненных при температуре наддувочного воздуха на входе $ОНВ_{ВТ}$ (после ТК) $t_{г1}$ = 250 ºС и после генератора ТЭХМ $t_{г2}$ = 100 ºС (в генераторе ТЭХМ срабатывается теплоперепад по наддувочному воздуху, соответствующий разности его температур в генераторе $\Delta t_г$ = 150 °С), конденсации $t_к$ = 35 ºС, кипения R142b в испарителе t_0 = 5 °С, установлено, что при температуре кипения R142b в генераторе $t_г$ = 110…120 °С, когда тепловой коэффициент ζ и холодопроизводительность ТЭХМ $\bar{q}_0$ достигают максимальных значений, удельные теплота, отведенная от наддувочного воздуха в экономайзерной $\bar{q}_{г.э}$ и испарительной $\bar{q}_{г.и}$ секциях генератора ТЭХМ примерно одинаковы, одинаковы также соответствующие удельные холодопроизводительности экономайзерной $\bar{q}_{0.э}$ и испарительной $\bar{q}_{0.э}$ секций генератора ТЭХМ. Исходя из равенства удельной теплоты, отведенной от наддувочного воздуха в экономайзерной $\bar{q}_{г.э}$ и испарительной $\bar{q}_{г.и}$ секциях генератора ТЭХМ, должны быть равны также соответствующие величины снижения температуры наддувочного воздуха в испарительной $\Delta t_{г.ИС}$ и экономайзерной $\Delta t_{гЭС}$ секциях генератора ТЭХМ $\Delta t_{г.ИС} \approx \Delta t_{гЭС}$.

Получены данные по изменению температуры воздуха $t_в$ и пресной воды t_w по глубине L трехступенчатого ОНВ по воздуху и хладагента t_0 в генераторе и испарителе НРТ (И-ОВ), тепловой нагрузки Q, влагосодержания d, коэффициента влаговыпадения ξ, количества влаги W, выпадающей из воздуха, и аэродинамического сопротивления ΔP, а также коэффициентов теплоотдачи α и теплопередачи k, приведенных к внутренней поверхности труб, температурного напора θ, плотности теплового потока q к внутренней поверхности труб по глубине L трехступенчатого ОНВ при температурах воздуха на выходе $ОНВ_{ВТ}$ – его экономайзерной секции $t_{в2ЭС}$ = 95 и 110 °С. Показано, что переход на трехступенчатый ОНВ обеспечивает существенное сокращение глубины теплообменника по ходу воздуха по сравнению с двухступенчатым ОНВ без промежуточной ступени ПО охлаждения забортной водой, а охлаждение воздуха в $ОНВ_{ВТ}$ на меньшую глубину (с соответствующим увеличением тепловой нагрузки на ПО) до $t_{в2ЭС}$ = 110 °С вместо $t_{в2ЭС}$ = 95 °С позволяет дополнительно сократить глубину $ОНВ_{ВТ}$ и всего ОНВ по ходу воздуха и соответствующие затраты мощности на преодоление аэродинамического сопротивления.

Выводы

Проанализированы трехконтурные системы охлаждения наддувочного воздуха судового малооборотного дизеля с утилизацией теплоты наддувочного воздуха после турбокомпрессора в ЭХМ на НРТ. В отличие от традиционных двухконтурных систем охлаждения – с пресной водой в первом контуре и забортной – во втором, они включают дополнительный промежуточный контур НРТ, в котором кипение НРТ в обратном – холодильном – цикле происходит с отводом теплоты в процессе охлаждения пресной воды первого контура низкотемпературной ступени охладителя наддувочного воздуха ($ОНВ_{НТ}$), а конденсация НРТ – путем отвода теплоты забортной водой. При этом на получение холода расходуется теплота, отводимая от наддувочного воздуха после турбокомпрессора в паросиловом цикле ЭХМ.

Выполнено сравнение эффективности трехконтурных систем охлаждения наддувочного воздуха двух- и трехступенчатого исполнения. Показано, что трехступенчатая трехконтурная система с промежуточной двухконтурной ступенью предварительного охлаждения наддувочного воздуха забортной водой за счет сокращения расходования холода и требуемых затрат теплоты на его получение в ЭХМ, т.е. тепловых нагрузок низко- и высокотемпературной ступеней охладителя наддувочного воздуха ($ОНВ_{НТ}$ и $ОНВ_{ВТ}$), соответственно габаритов $ОНВ_{НТ}$ и $ОНВ_{ВТ}$ и соответственно их аэродинамического сопротивления.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

[1] Influence of Ambient Temperature Conditions. Main engine operation of MAN B&W two-stroke engines [Text]: MAN Diesel & Turbo, Copenhagen, Denmark, 2010. – 17 p.

[2] Thermo Efficiency System (TES) for reduction of fuel consumption and CO_2 emission [Text]: MAN B&W Diesel A/S, Copenhagen, Denmark, 2005.

[3] MAN B&W ME/ME-C/ME-GI/ME-B-TII engines [Text]. – Copenhagen, Denmark: MAN Diesel. – 2010.

УДК 621.438.13:621.57

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ДВУХСТУПЕНЧАТОГО ВОЗДУХООХЛАДИТЕЛЯ НА ВХОДЕ ГТУ

[1]Радченко А.Н., [2]Лукаш Бохдаль,
[1]Национальный университет кораблестроения, г. Николаев, Украина
[2]Кошалинский технический университет, г. Кошалин, Польша

Эффективность газотурбинных установок (ГТУ) снижается с повышением температуры наружного воздуха $t_{нв}$ на входе [1, 2]. Так, для ГТУ производства ГП НПКГ "Зоря-Машпроект" с повышением температуры $t_{нв}$ на 10 °С удельный расход топлива возрастает на 7…8 г/(кВт·ч) [3]. Повысить эффективность ГТУ и за счет этого сократить расход газообразного топлива при высоких температурах $t_{нв}$ воздуха на входе можно путем его предварительного охлаждения термотрансформаторами, т.е. теплоиспользующими холодильными машинами (ТХМ), утилизирующими теплоту отработанных газов. Глубина охлаждения воздуха и, следовательно, получаемый эффект зависят от типа ТХМ. Так, в абсорбционных бромисто-литиевых холодильных машинах (АБХМ) можно охладить воздух до температуры $t_{в2}$ примерно 15 °С (температура хладоносителя-холодной воды t_x = 7…10 °С), а в эжекторных (ЭХМ) на низкокипящем рабочем теле (НРТ)-хладоне (температура кипящего хладона t_0 = 0…5 °С) – до $t_{в2}$ = 10 °С и ниже. Однако эффективность трансформации теплоты в холод в ЭХМ в 2…3 раза ниже, чем в АБХМ.

Применение для охлаждения воздуха на входе ГТУ традиционных воздухоохладителей типа "вода-воздух" из-за наличия промежуточного водяного контура и, следовательно, дополнительной разности температур между водой и кипящим НРТ (хладоном) сокращает глубину охлаждения воздуха примерно на 5 °С, соответственно и эффект от применения ЭХМ. Очевидно, что применение воздухоохладителей комбинированного типа с использованием холодной воды от АБХМ в их высокотемпературной ступени охлаждения и кипящего НРТ от ЭХМ в низкотемпературной позволило бы исключить наличие промежуточного водяного контура и охлаждать воздух до $t_{нв}$ = 10 °С и ниже.

Цель работы – разработка математической модели воздухоохладителей комбинированного типа с последовательным охлаждением воздуха в водяной и хладоновой ступенях абсорбционно-эжекторной холодильной машины (АЭХМ).

При эксплуатации ГТУ имеют место как сезонные, так и суточные изменения климатических условий. Соответственно меняется и глубина охлаждения воздуха (снижение температуры воздуха) $\Delta t = t_{нв} - t_{в2}$ в АБХМ (до $t_{в2}$ = 15 ºС) и в АЭХМ (до $t_{в2}$ = 10 ºС и получаемый за счет этого эффект в виде сокращения потребления топлива.

Рассчитаны значения снижения температуры воздуха Δt от текущей наружной температуры $t_{нв}$ до конечной $t_{в2}$ = 10 ºС (АЭХМ) и 15 ºС (АБХМ) и соответствующего уменьшения удельного расхода топлива

Δb_{e10} и Δb_{e15} (июль, 2009 г.), а также экономии топлива $B_{т10}$ и $B_{т15}$ для климатических условий эксплуатации ГТУ компрессорной станции (с. Любашевка, Николаевская обл.). Принимали, что с понижением температуры воздуха на входе ГТУ на 1 °С (Δt = 1 °С) удельный расход топлива уменьшается на 0,7 г/(кВт·ч).

Показано, что более глубокое охлаждение (на 5 °С ниже) в АЭХМ ($t_{в2}$ = 10ºС) по сравнению с АБХМ ($t_{в2}$ = 15ºС) обеспечивает практически в два раза большую экономию топлива: 260 т против 130 т для ГТУ мощностью 10 МВт. Как отмечалось, реализовать преимущества охлаждения воздуха в АЭХМ ($t_{в2}$ = 10 ºС) по сравнению с АБХМ ($t_{в2}$ = 15 ºС) можно только в случае применения воздухоохладителей (ВО) комбинированного типа с использованием холодной воды от АБХМ в их высокотемпературной ступени охлаждения $ВО_А$ и кипящего НРТ в низкотемпературной $ВО_Э$ без промежуточного водяного контура и, следовательно, и, следовательно, обусловленной его наличием дополнительной разности температур.

Ниже приведены основные положения математической модели только низкотемпературной ступени $ВО_Э$ с кипением НРТ в змеевиках, поскольку расчет высокотемпературной ступени $ВО_А$ особых затруднений не вызывает. При этом длину трубки (змеевика) L разбивают на k участков длиной dz.

Уравнения теплового баланса по НРТ (хладагенту), воздуху и теплопередачи для i-го участка:

$Q_i = G_0\, r\, (x_{2i} - x_{1i})$; $Q_i = G_в\, c_{вл}\cdot(t_{вi} - t_{в(i+1)})\cdot$□; $Q_i = k_i\, \theta_i\, F_i$,

где r – удельная теплота фазового перехода НРТ; θ – среднелогарифмическая разность температур на входе и выходе i-го участка трубки.

На каждом i-м шаге интегрирования (на выходе из i-го участка) определялись параметры воздуха (температура $t_{в(i+1)}$, энтальпия $I_{в(i+1)}$), НРТ (давление $P_{i+1} = P_i - dP$, паросодержание $x_{i+1} = x_i + dx$ и температура кипения $t_{0i+1} = t_{0i} - dt_0$), количество теплоты $Q_i = q_i \pi d_{вн} dz$, которая отводится на i-м участке $ВО_Э$, коэффициенты теплоотдачи от воздуха □в, к НРТ □a, теплопередачи k, влаговыпадения □.

Приращение паросодержания НРТ dx находят из баланса теплоты, подведенной к НРТ в процессе теплопередачи и воспринятой НРТ при испарении: $\mathrm{d}x = \dfrac{4q\cdot \mathrm{d}z}{r(\rho w) d_{вн}}$, где ρw – массовая скорость НРТ (плотность массового потока).

Плотность теплового потока на i-м участке, отнесенного к поверхности со стороны кипящего НРТ:

$$q_i = k_i \cdot \theta_i = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_a} + \frac{1}{\alpha_в \cdot E_н \cdot \beta}} \cdot \frac{t_{в1} - t_{в2} + \Delta t_0}{\ln \frac{t_{в1} - t_{02}}{t_{в2} - (t_{02} + \Delta t_0)}},$$

где α_a, $\alpha_в$ – коэффициенты теплоотдачи к НРТ и воздуху, отнесенные к соответствующим поверхностям; $E_н$ – коэффициент эффективности оребрения; β – степень оребрения (отношение наружной ребристой поверхности трубки к внутренней гладкой).

Температура воздуха на выходе из i-го участка: $t_{вi+1} = t_{вi} - Q_i/(G_в \cdot \xi_н\, c_в)$.

Коэффициент $\xi_н$ влаговыпадения представляет собой отношение полного количества теплоты, отведенной от воздуха к поверхности, к явной теплоте, которая определяется разницей температур воздуха на входе и выходе из участка: $\xi_н = (I_{в1} - I_{в2})/[c_в(t_{в1} - t_{в2})]$. Теплоемкость влажного воздух рассчитывают из уравнения: $c_в = 1{,}01 + 1{,}89\, d_в$, где $d_в$ – влагосодержание воздуха, $d_в = 0{,}622\, p_п''/(p_{онп} - p_п'')$, $p_п''$ – парциальное давление водяного пара. Энтальпия влажного воздуха $I_в = c_в\, t_в + 2500\, d_в$. Относительная влажность воздуха: □$= P_п/P_п''$, где $P_п$ – давление насыщенного водяного пара, $P_п''$ – давление насыщенного водяного пара при заданной температуре воздуха (по термодинамическим таблицам воды и водяного пара или рассчитывают по уравнениям). После преобразований получают: □ $= d_в \cdot P_в /(P_{п1}''\cdot(0{,}622 + d_{в1}))$.

Падение температуры кипения dt_{0i}, обусловленное гидравлическим сопротивлением dP_i, рассчитывают по уравнению Клаузиуса-Клапейрона:

$$\frac{dP_i}{dt_{0i}} = \frac{r}{T_0 \cdot (v_п - v_ж)} \approx \frac{\Delta P}{\Delta t_0},$$

где гидравлическое сопротивление dP_i определяют по методу Локкарта-Мартинелли; $v_п$ и $v_ж$ – удельные объемы паровой и жидкой фаз НРТ.

В результате получены данные по изменению тепловой нагрузки Q, площади наружной ребристой поверхности F, аэродинамического сопротивления □P, коэффициента влаговыпадения □, температуры кипения НРТ t_0, температуры воздуха на выходе (за трубкой) $t_{в2}$, влагосодержания d по глубине L воздухоохладителя.

Разработанная математическая модель комбинированного ВО позволяет рассчитывать локальные параметры водяной и хладоновой ступеней охлаждения, благодаря чему проектировать ВО разной глубины (по ходу воздуха) при разном соотношении тепловых нагрузок абсорбционной и эжекторной ступеней термотрансформатора.

Выводы

Разработана математическая модель двухступенчатых воздухоохладителей комбинированного типа для абсорбционно-эжекторных термотрансформаторов, использующих теплоту отработанных газов ГТУ для охлаждения воздуха на входе, которая позволяет рассчитывать локальные параметры водяной и хладоновой ступеней охлаждения, проектировать воздухоохладители с учетом климатических условий эксплуатации при разном соотношении тепловых нагрузок абсорбционной и эжекторной ступеней термотрансформатора.

Литература

[1] **Bhargava, R.** Parametric analysis of existing gas turbines with inlet evaporative and overspray fogging [Text] / R. Bhargava, C.B. Meher-Homji // Proceedings of ASME TURBO EXPO 2002. – Paper GT-2002-30560. – 15 p.

[2] **Bortmany, J.N.** Assesstment of aqua-ammonia refrigeration for pre-cooling gas turbine inlet air [Текст] / J.N. Bortmany // Proceedings of ASME TURBO EXPO 2002. – Paper GT-2002-30657. – 12 p.

[3] Николаевские газовые турбины промышленного применения. – Николаев: ГП НПКГТ "Зоря"– "Машпроект". – 2004. – 20 с.

УДК. 621.577

МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПОВІТРЯНОГО ТЕПЛОВОГО НАСОСУ ДЛЯ ПІВДЕННОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ

Стоянов П.Ф., Лагутін А. Ю.
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса, Україна

Виснаження запасів викопних енергоносіїв, а також зростаючі темпи їх споживання підвищують актуальність застосування теплових насосів. Потенціал бросового тепла, а, отже, використання теплових насосів, колосальний. За останні роки в Україні спостерігається значне підвищення динаміки впровадження теплових насосів в житлово-комунальному секторі. Однак, потенціал теплових насосів ще досить мало практично застосовується на великих промислових підприємствах.

Україна споживає величезну кількість енергії на опалення, тому розгляд досвіду широкого впровадження теплових насосів країнами Північної Європи звучить більш ніж актуально. У разі широкого впровадження теплових насосів значно скорочуються викиди в атмосферу CO_2, канцерогенних сполук, що утворюються при згорянні корисних копалин.

Метою даної роботи є аналіз роботи повітряного теплового насосу, порівняння доступних джерел низькопотенційної енергії та виявлення факторів, які істотно впливають на енергетичні показники повітряних теплових насосів.

В якості низькопотенційного джерела тепла (НПДТ) можливе використання: витяжного повітря, зовнішнього повітря, ґрунту, стічних вод, підземних вод, поверхневих вод (озера, моря) і т.д. Оптимальний варіант джерела НПДТ визначається за результатами аналізу містобудівних умов розташування проектованих об'єктів, архітектурно-планувальних рішень і конструктивних параметрів (1,2,4).

У таблиці 1 наведена характеристика основних НПДТ для теплових насосів. З наведеного переліку джерел тепла вигідно відрізняється зовнішнє повітря, яке, по-перше, є загальнодоступним і абсолютно безкоштовним, а, по-друге, має досить широкий температурний діапазоном використання.

Табл.1 Характеристики основних джерел низкопотенційоного тепла для теплових насосів у режимі опалення

Джерело тепла	Наявний тепловий потенціал	Температурний діапазон, ^{0} С	Спосіб відбору низкопотенційної енергії
Зовнішнє повітря	Необмежений	-10/+15	Безпосередньо у випарниках теплових насосів або з проміжним теплоносієм
Використане повітря	Обмежений	15/25	/...../
Підгрунтова вода	Обмежений	4/10	/...../
Озерна вода	Обмежений	0/10	/...../
Річкова вода	Обмежений	0/10	/...../
Морська вода	Обмежений	3/8	/...../
Грунт	Необмежений	0/10	З проміжним теплоносієм у контурі випарників
Грунтові води	Обмежений	>10	Безпосередньо у випарниках теплових насосів або з проміжним теплоносієм
Геотермальна вода	Обмежений	20/50	/...../

При цьому термін окупності повітряних теплових насосів набагато менший, наприклад, геотермального теплонасосного обладнання. Тому розглянемо біль докладніше варіант використання в якості джерела низькопотенційної теплоти саме повітря.

Однак, зовнішнє повітря як джерело тепла має низку недоліків, таких як:

- швидке падіння коефіцієнта термотрансформації при зниженні температури зовнішнього повітря;
- підвищення різниці температур конденсації і кипіння в період мінімальних температур в зимовий період, що призводить до зниження термодинамічної ефективності установки;
- необхідність проведення процедури дефростації випарника при утворенні на його поверхні "крижаної шуби".

Обледеніння певною мірою поверхні випарника теплового насоса допустимо. Однак, в умовах підвищеної вологості повітря та його температури нижче 0 ° С кількість необхідних циклів дефростації поверхні багаторазово зростає. Залежність частоти дефростації від відносної вологості φ і температури сухого термометра t_c приведена на рис. 1 [1].

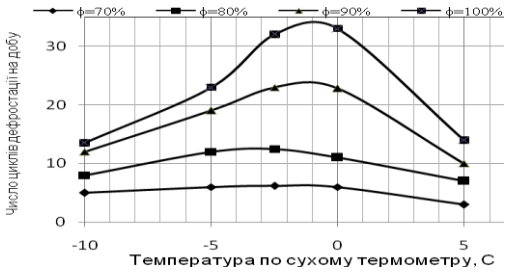
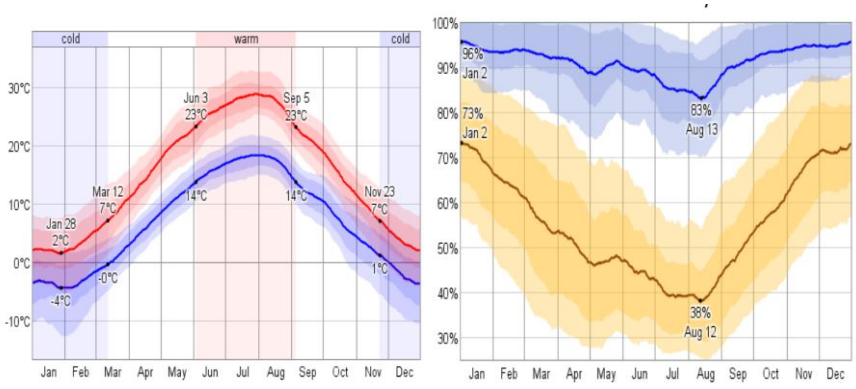


Рис. 1 Залежність частоти дефростації від параметрів повітря: відносної вологості повітря φ та температури по сухому термометру

Максимальна частота циклів дефростації поверхні випарника теплового насоса спостерігається в діапазоні температур -5 ÷ 0 ^{o}C. Це пов'язано зі значним осадженням вологи із зовнішнього повітря в процесі його проходження через теплообмінну поверхню випарника термотрансформатору. Висаджена волога з повітря поступово накопичується на теплообмінній поверхні випарника у вигляді обмерзання, погіршуючи при цьому умови теплообміну між повітрям і холодильним агентом. В умовах високої вологості і низької температури зовнішнього повітря експлуатація повітряного теплового насоса стає неефективною. Зазначені особливості роботи повітряного теплового насосу повинні бути обов'язково враховані в процесі проектування системи та в процесі її подальшої експлуатації.

У відкритому доступі є досить багато метеорологічних даних [3]. Проаналізуємо можливості застосування повітряних і геотермальних теплових насосів в м. Одеса на підставі даних метеорологічної станції розташованої в Одеському міжнародному аеропорту за період з 1989 по 2012 рр. Графіки зміни середньоденної температури по сухому термометру та відносної вологості повітря протягом року представлені на рис. 2.

Виходячи з рис. 2 можна зробити висновок, що для м. Одеса характерний вологий клімат та при цьому середньодобова мінімальна температура повітря практично не опускається нижче -4 ^{0}C. Це дозволяє застосовувати повітряні теплові досить довго в період опалювального сезону при збереженні високої енергетичної ефективності термотрансформаторів.



а) б)

Рис. 2 Графік зміни середньодобової температури і вологості в м. Одеса протягом року:
а) - найбільш високі і низькі середньоденні температури повітря
б) - найбільш висока і низька відносна вологість повітря

У роботі проведено аналіз експлуатації теплових насосів з використанням повітря в якості джерела низькопотенційної енергії, визначені фактори, які істотно впливають на енергетичну ефективність системи. Проаналізовано температурний рівень роботи повітряного теплообмінника теплового насосу за умови його експлуатації в кліматичних умовах м. Одеса.

Література

1. **Рей Д., Макмайкл Д.** Тепловые насосы: Пер. с англ. - М.: Энергоиздат, 1982. - 224 с., ил.

2**. В.Г.Горшков** Тепловые насосы. Аналитический обзор/ Справочник промышленного оборудования, №2, 2004, с.47-80

3. www.weatherspark.com

4. **Стоянов П.Ф.** Анализ характеристик теплонасосных установок // Холодильна техніка та технологія, 52 (2), 2015, с. 53-58.

УДК 621.577+697.1

ОПТИМАЛЬНІ УМОВИ РОБОТИ ТЕПЛОНАСОСНИХ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СЕЗОННОГО ГРУНТОВОГО АКУМУЛЯТОРА ТЕПЛОТИ

Безродний М.К., Притула Н.О.

Головним напрямком розвитку систем генерації, транспорту та розподілу теплоти з метою зменшення залежності України від імпортних енергоносіїв має стати розвиток систем теплопостачання на базі електричної енергії в поєднанні з нетрадиційними та відновлюваними джерелами енергії (НВДЕ). При цьому енергозберігаюча технологія (тепловий насос) дозволить поєднати виробництво теплоти з раціональним застосуванням енергії та зменшити енергетичне навантаження на довкілля, яке одержується у процесі виробництва та при використанні виробленої теплоти. Таким чином, найбільш очікуваною зміною в структурі теплового балансу країни є активний розвиток теплових насосів (ТН), оскільки їх використання забезпечує, окрім економічного, значний енергозберігаючий та екологічний ефекти [1-3].

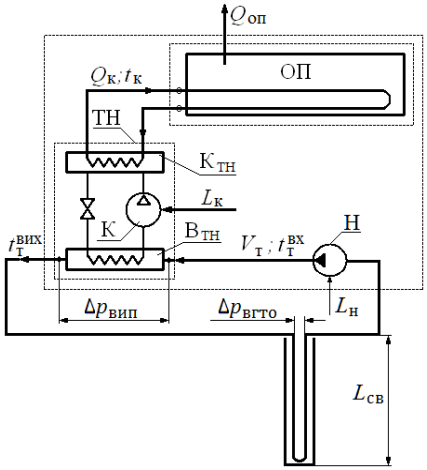


Рис. 1. Принципова схема ТНС низькотемпературного водяного опалення з використанням теплоти ґрунту за допомогою вертикальних ґрунтових теплообмінників (ВГТО): ОП – опалюване приміщення; ТН – тепловий насос; Ктн – конденсатор ТН; Втн – випарник ТН; К – компресор; Н – насос; Lк – робота приводу компресора ТН; Lн – робота приводу насоса; Lсв– глибина свердловини.

Геотермальна енергетика є досить перспективним джерелом енергії для України. Ґрунт - це найбільш універсальне джерело розсіяного тепла. Він акумулює сонячну енергію і цілий рік підігрівається від земного ядра. Вже на глибині 5-7 м температура практично постійна протягом усього року. Для більшої території України вона становить 8-12 ° С, що цілком достатньо для облаштування високоефективних систем опалення та охолодження. Більш того, у верхніх шарах землі мінімальне значення температури досягається на кілька місяців пізніше від піків морозів - потреба в інтенсивному обігріві за допомогою ТН до тієї пори зменшується [1,4].

Підвищити температурний потенціал ґрунту можна за рахунок акумулювання теплоти в літній період в ґрунтовому акумуляторі теплоти. В опалювальний період накопичена теплота може використовуватись у випарнику ТН для підігріва проміжного теплоносія [4]. Існують методики розрахунку теплонасосних систем (ТНС) опалення з використанням сезонного ґрунтового акумулятора теплоти [5-7], але в цих методиках не врахований вплив умов роботи ВГТО на ефективність роботи всієї ТНС. Тому, нами були проведені дослідження для визначення раціонального поєднання характеристик ВГТО, які б забезпечували мінімальні питомі затрати електроенергії на ТНС опалення в цілому.

На основі досліджень встановлено залежність оптимальної швидкості теплоносія в нижньому контурі ТНС від місяця опалювального періоду та визначено, що оптимальна швидкість теплоносія зменшується до кінця опалювального сезону і зростає зі збільшенням глибини свердловини. Таким чином, знаючи глибину свердловини та діаметр труби ВГТО за отриманими графічними залежностями можна визначити оптимальну швидкість теплоносія, при якій зовнішні енергозатрати будуть мінімальні в залежності від місяця. Встановлено, що при забезпеченні оптимальної швидкості теплоносія в ТНС опалення мінімальні питомі затрати зовнішньої енергії слабо змінюються протягом опалювального періоду. При цьому спостерігається збільшення мінімальних питомих затрат зовнішньої енергії на ТНС опалення зі зростанням глибини свердловини. Встановлено, що для кожного місяця існує оптимальне значення швидкості теплоносія, якому відповідають мінімальні питомі затрати. Таким чином, оптимальна швидкість повинна змінюватися протягом опалювального періоду, для того, щоб забезпечити мінімальні питомі затрати роботи.

При підтриманні оптимальної швидкості, мінімальна робота протягом опалювального періоду зменшується, також спостерігається, що мінімальні питомі затрати зовнішньої енергії на ТНС опалення, при умові попереднього акумулювання теплоти суттєво менші, ніж без акумулювання. Встановлено, що мінімальні питомі затрати зовнішньої енергії на ТНС опалення зростають зі зменшенням діаметра та зменшуються до кінця опалювального періоду.

В процесі дослідження ефективності ТНС опалення з використанням сезонного ґрунтового акумулятора теплоти, були отримані наступні основні висновки:

1. Отримано розрахункові значення питомого теплового потоку від ґрунту до ґрунтового теплообмінника в період опалювального сезону.
2. При використанні теплоти ґрунту в ТНС опалення існує оптимальна швидкість теплоносія у ВГТО, якій відповідають мінімальні сумарні затрати енергії на привід насоса та компресора ТН.
3. Оптимальна швидкість теплоносія повинна змінюватись протягом опалювального сезону.
4. Геометричні параметри ґрунтового акумулятора теплоти – теплообмінника, при забезпеченні розрахункового навантаження системи опалення, мають бути погоджені з типом системи опалення.

Перелік посилань:

1. **Безродний М. К.** Теплові насоси та їх використання [Текст] : навч. посіб. / М. К. Безродний, І. І. Пуховий, Д. С. Кутра. – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 312 с.
2. **Мацевитый Ю. М.** О рациональном использовании теплонасосных технологий в экономике Украины / Ю. М. Мацевитый, Н. Б. Чиркин, Л. С. Богданович, А. С. Клепанда // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2007. – № 3. – С. 20–31.
3. J. Lund Geothermal (ground-source) heat pumps a world overview / B. Sanner, L. Rybach, R. Curtis, G. Hellstrom // GHC BULLETIN. – September 2004. – P. 1 – 10.
4. **Беляева Т.Г.** Теплообмен в системе “U-образный теплообменник – грунт” в процессах аккумулирования и извлечения теплоты / Т. Г. Беляева // Пром. теплотехника. – 2013. – № 1. – С. 72–79.
5. **Гершкович В. Ф.** Особенности проектирования систем теплоснабжения зданий с тепловыми насосами / В. Ф. Гершкович. – К.: Украинская Академия Архитектуры ЧП “Энергоминимум”, 2009. – 60 с.
6. **Гершкович В. Ф.** Кое-что из американского опыта проектирования тепловых насосов / В. Ф. Гершкович // Тепловые насосы. – 2011. – № 1. – С. 12–19.
7. **Кордас О.** Моделирование энергетических характеристик геотермальных систем / О. Кордас, Е. И. Никифорович // Прикладна гідромеханіка. – 2014. – № 1. – С. 42–52.

УДК 621.59

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА РОТОРНО-ЛОПАСТНОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ

В.В. Трандафилов, М. Г. Хмельнюк, Яковлева О. Ю.
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

Во всем мире в сфере энергосбережения и решением задач направленных на уменьшение техногенного влияния на окружающую среду, все большое значение приобретают холодильные машины, работающие на природных рабочих веществах. По этой причине актуальным становиться применение газовой холодильной машины (ГХМ), работающей по циклу Стирлинга.

Рабочими тела ГХМ Стирлинга являются экологически чистые вещества (гелий, водород, азот, воздух), полностью отвечающие требованиям Монреальского и Киотского протоколов по озоноразрушающим веществам протокола по выбросам парниковых газов.

В конструкции компрессорного блока ГХМ Стирлинга базируются на возвратно-поступательном движении поршней, реализуемом через кривошипно-шатунный механизм (КШМ) либо посредством линейного электропривода. Достижение герметичности рабочих камер требует установки контактных уплотнений в случае применения КШМ, а «бесконтактность» поршней, являющихся частью линейного электропривода, достигается усложнением конструкции, что в итоге снижает ресурс. Такая сложность системы кривошипов и рычагов, поршневых ГХМ Стирлинга, наряду с другими причинами, ограничивает их широкое использование [1].

Для усовершенствования конструкции поршневых газовых холодильных машин Стирлинга проведена структурная оптимизация роторно-лопастной газовой холодильной машины (РЛГХМ) [2]. Схема роторно-лопастной газовой холодильной машины представлена на рис. 1.

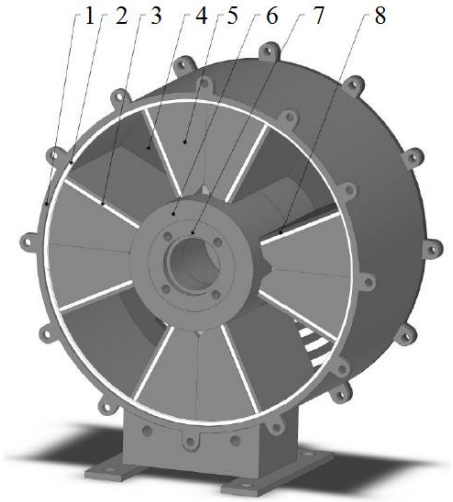


Рис. 1. - Схема РЛГХМ.
1 — корпус; 2 — уплотнение корпуса; 3 — уплотнение лопасти; 4 — торцевая крышка; 5 — лопасть; 6, 7 — валы; 8 — прижимная пластина.

Лопастная группа РЛГХМ состоит из цилиндрического корпуса 1, в котором соосно установлены два ротора (внешний и внутренний), двух уплотнений корпуса 2 и двух торцевых крышек 4. Ротор внешний и ротор внутренний являются сборочными единицами, каждый из них состоит из вала 6, 7 соответственно, четырёх поршней 5, четырёх прижимных пластин 8 и четырёх уплотнений 3. Роторы образуют внутри корпуса 1 четыре рабочие камеры переменного объёма, в которых одновременно осуществляются четыре рабочих процесса: сообщение рабочего тела с охладителем через окна в торцевой крышке 4, расширение рабочего тела, сообщение рабочего тела с теплообменником нагрузки через окна в торцевой крышке 4, сжатие рабочего тела, сообщение рабочего с охладителем.

Таким образом, каждая рабочая камера машины образована следующими деталями: двумя валами 6, 7, двумя торцевыми крышками 4, двумя поршнями 5 и корпусом 1.

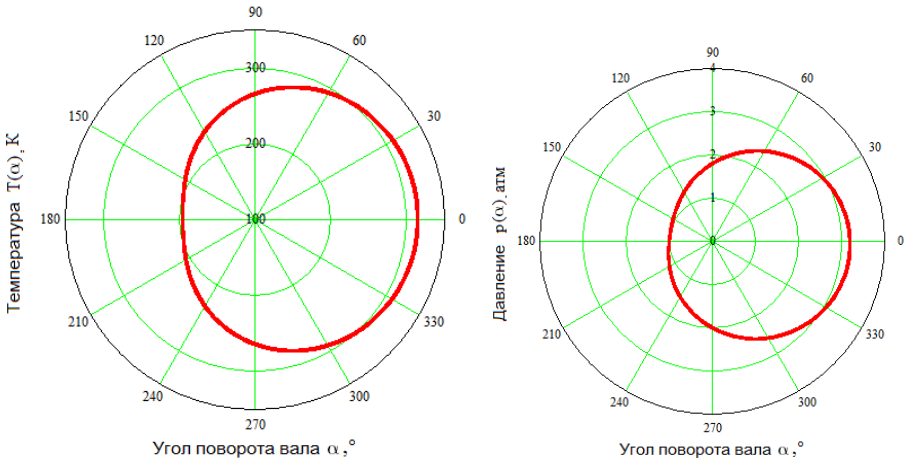
РЛГХМ обладает меньшим количеством деталей, чем поршневая ГХМ Стирлинга на 60 %, лучшей уравновешенностью и более простой технологией изготовления за счет формы в виде цилиндра. Коэффициент компактности основного объёма РЛГХМ достигает 15-20%, в то время как максимальное значение этого показателя для поршневых (V - образных с КШМ) составляет 1-2%. Такое преимущество по

удельно-массовым показателям открывает перспективы применения машин данной схемы. Это открывает перед нами возможность применение роторно-лопастных машин для судовой холодильной техники.

Основными параметрами, подлежащими исследованию, являются: температура и давление в машине. Рабочее тело - гелий. Функции распределения температуры и давления рабочего тела в зависимости от угла поворота выходного вала получены на основании исследований термодинамического цикла и имеют вид:

$$T(\alpha) = 260 + 60\cos(\alpha) - 5\cos(2\alpha) + \sin(\alpha) \quad (1)$$

$$p(\alpha) = 2 + 1.1\cos(\alpha) + 0.1\cos(2\alpha) - 0.1\sin(\alpha) \quad (2)$$



а) б)

Рис. 2. Графики зависимости температуры и давления:
а) зависимость температуры в машине от угла поворота выходного вала;
б) зависимость давления в машине от угла поворота выходного вала.

Из графиков видно, что в процессе расширения $\alpha = 135 \div 180°$ минимальная температура рабочего тела в машине достигает 195 *К* при давлении 1 *атм*, а в процессе сжатия $\alpha = 0 \div 45°$ максимальная температура рабочего тела равна 320 *К* и давлении 3.2 *атм*. С учётом возврата в цикл части теплоты при использовании регенератора с КПД $\eta_r = 0.9$, COP1 машины возрастет до величины COP2, а холодопроизводительность с Q_0 до Q_{02}. Результаты расчёта для цикла РЛГХМ приведены в таблице 1. Отметим, что в области значений температуры ниже -30˚С эффективность РЛГХМ значительно выше, чем у парокомпрессионных холодильных машин (ПКХМ). Это осложнение связано с необходимостью перехода к двухступенчатому сжатию в ПКХМ, что приводит к повышению стоимости этих установок.

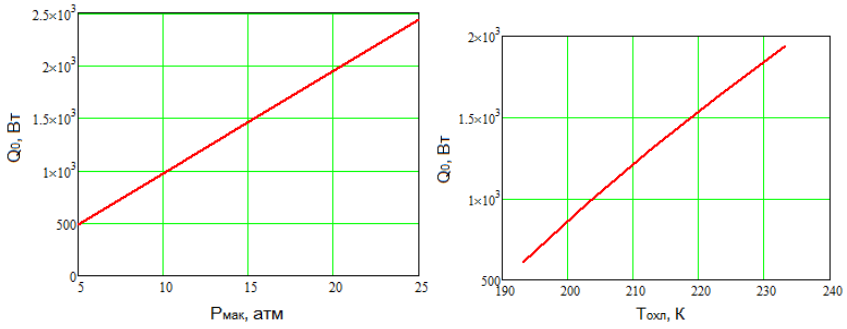
Таким образом, использование роторно-лопастной газовой холодильной машины позволяет нам работать в более широком диапазоне значений температур охлаждения (от 0 до - 80 ˚С) в одной машине и получать более высокую энергетическую эффективность.

Таблица 1- Результаты цикла РЛГХМ

Величина	Значение
Минимальная температура в машине	195 K
Максимальная температура в машине	320 K
Холодопроизводительность, Q_0	522.5 Вт
Холодопроизводительность, Q_{02}	689.9 Вт
Потребляемая мощность, P_i	275.1 Вт
COP1	1.9
COP2	2.5
Степень термодинамического совершенства, $\eta_{ст}^1$	0,65
Степень термодинамического совершенства, $\eta_{ст}^2$	0,86

Проведено исследование влияния максимального давления $P_{мак}$ на холодопроизводительность Q_0 РЛГХМ. Температура охлаждения составляла 203 *К*. Получено, что при увеличении $P_{мак}$ от 5 *атм*. до 25

атм. холодопроизводительность машины увеличивается. Так же получена зависимость холодопроизводильности Q_0 от минимальной температуры охлаждения $T_{охл}$. Графики зависимости приведены на рис. 3.



а) б)

Рис. 3. Графики зависимости холодопроизводительности Q_0:
а) в зависимости от максимального давления;
б) в зависимости от минимальной температуры.

Выводы

1. Предложена компоновочная схема РЛГХМ обладающая новизной конструкций
   - роторно-лопастной группы
   - преобразователя движения
2. Уменьшены массогабаритные характеристики на 20%
3. Повышена энергоэффективность на 30%
4. Разработана методика расчета и проектирования РЛГХМ

Список литературы

1. **Trandafilov V.V.,** e.a. (2016). The Stirling gas refrigerating machine mechanical design improving. *Rerfrigeration engineering and technology*, 52(1), 18-22.
2. **Trandafilov V.V.,** e.a. (2016). Mathematical model for the study and design of a rotary-vane gas refrigeration machine. *Rerfrigeration engineering and technology*, 52(3), 4-8.

УДК 622.691

ИЗУЧЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ХОЛОДА НА МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОТЕРЬ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Титлов А.С., Дьяченко Т.В., Артюх В.Н., Альсаид Хекмат,
Одесская национальная академия пищевых технологий (ОНАПТ)

При магистральной транспортировке природного газа на компрессорных станциях для работы газоперекачивающих агрегатов используется часть перекачиваемого газа. При сгорании газа образуется высокотемпературный поток газовоздушной смеси, который направляется в турбокомпрессор, где совершает полезную механическую работу сжатия и при температурах 350…450 °С выбрасывается в атмосферу.

Разработчики ОНАПТ рассматривают перспективу использования этого высотемпературного потока для работы теплоиспользующей холодильной машины, установленной в зоне расположения компрессорной станции магистрального трубопровода.

Полученный при работе такой холодильной машины искусственный холод может быть использован для предварительного (перед компремированием) охлаждения потока природного газа низкого давления.

Проведенные авторами оценки энергетического эффекта процесса сжатия в адиабатном приближении показали, что при предварительном охлаждении газа на 10 °С, удельная работа сжатия снижается до 2…3 %. Здесь следует обратить внимание и на такой положительный момент предварительного охлаждения, как и пониженные температуры сжатого потока, что, в свою очередь, снимет часть проблем неблагоприятного термического воздействия сжатого горячего потока на гидроизоляционные материалы трубопровода.

Очевидно, что примерно на эту же величину можно будет снизить и эксплуатационные потери природного газа, что, учитывая масштабы отрасли, позволит получить и значительный экономический эффект.

Для практической реализации такого предложения необходимо провести термодинамический анализ циклов известных теплоиспользующих холодильных машин и определится с наиболее подходящей схемой для условий работы компрессорных станций магистральных трубопроводов.

При анализе перспектив использования искусственного холода необходимо разработать и системы предварительного (перед сжатием) охлаждения газа, которые в настоящее время не нашли еще своего применения на компрессорных станциях магистральных трубопроводов.

УДК 532.133:536.71

ВЯЗКОСТЬ И ДАВЛЕНИЕ КИПЕНИЯ СМЕСИ СМАЗОЧНОГО МАСЛА ISO 15 И ХЛАДАГЕНТА R410A

Геллер В.З., Лапардин Н.И.,
Одеська національна академія харчових технологій

Хладагент R410A является озонобезопасным, относится к группе гидрофторуглеродов и представляет собой зеотропную смесь R32/R125 с массовыми долями 50/50%. В процессе выбора альтернативного хладагента должны проверяться его совместимость с оборудованием и конструктивным исполнением всей системы, тем не менее, существуют рекомендации по использованию R410A: в герметичных, полугерметичных и негерметичных поршневых компрессорах низкотемпературного торгового оборудования; в негерметичных поршневых компрессорах высокой холодопроизводительности в торговом и промышленном холодооборудовании; в полугерметичных, негерметичных поршневых, а также винтовых компрессорах воздушных кондиционеров.

Возможность применения новых экологически безопасных хладагентов при проектировании холодильных компрессоров с высокими энергетическими показателями связана с использованием новых смазочных масел. В соответствии с требованиями, предъявляемым к холодильным компрессорам и системам, масла должны смешиваться и растворяться в альтернативных хладагентах и иметь в смесях с ними достаточную величину вязкости даже при значительном повышении температуры. Синтетические смазочные масла, в том числе полиолэфирные, отвечают этим требованиям и могут быть использованы в различных типах компрессоров, которые выпускаются промышленностью, а сведения о свойствах смесей масло-хладагент становятся очень важными и крайне необходимыми. Этим определяется актуальность проведения исследований термодинамических и транспортных свойств как раздельно масла и хладагента, так и маслохладонового раствора.

Представленная работа является продолжением исследований свойств смесей синтетических смазочных масел с хладагентами серии R400 [1-4] и посвящена измерениям равновесия жидкость-пар смеси смазочного масла ISO 15 с хладоном R410A. Особое внимание было уделено разработке корреляционных уравнений, основанных на полученных экспериментальных данных, и передающих термическую и концентрационную зависимость давления кипения и вязкости маслохладоновых смесей.

Экспериментальные данные о фазовом равновесии жидкость-пар были получены с помощью ячейки постоянного объема, размещенной в термостате. Ячейка заправлялась определенным количеством масла и хладагента таким образом, чтобы паровое пространство при этом было минимальным. К ней присоединялся цифровой преобразователь давления, с помощью которого определялся давление кипения P. Температура T измерялась образцовым платиновым термометром сопротивления. Валовая концентрация x определялась по массе компонентов. Уравнение состояния R410A, представленное в базе данных REFPROP [5], было использовано для расчета массы паров хладагента, которые находятся в верхней части ячейки. Опыты проводились при постоянном составе с шагом по температуре 20 K.

Исследование вязкости проводилось капиллярным методом. В соответствии с диапазоном исследуемых параметров выбиралась конструкция стеклянного вискозиметра, заполнявшегося ртутью, и диаметр измерительного капилляра. Погрешность измерений вязкости не превышала ±1.8%. Подробное описание экспериментальных установок и методики проведения опытов при измерениях равновесия жидкость-пар и вязкости приводятся в более ранних работах [6-8].

Массовая доля синтетического полиолэфирного смазочного масла ISO 15 в смесях с хладагентом R410A варьировалась от 30% до 90%. P-T-x измерения фазового равновесия жидкость-пар исследуемых смесей проведены в области температур от 233 до 373 K при давлениях от 0.1 до 7.0 МПа. Экспериментальное исследование вязкости маслохладоновых смесей охватывает такой же температурный

диапазон. Экспериментальные значения давлении кипения и вязкости смеси смазочного масла ISO 15 с хладагентом R410A при различных значениях температуры T и массовой доли масла x представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1. Экспериментальные данные о давления кипения смеси смазочного масла ISO 15 с R410A

T, K	*P*, МПа				
	x=0.302	*x*=0.503	*x*=0.696	*x*=0.797	*x*=0.901
233.15	0,171	0,162	0,131	0,102	0,058
253.15	0,385	0,364	0,291	0,222	0,125
273.15	0,771	0,721	0,562	0,443	0,239
293.15	1,388	1,279	0,987	0,744	0,413
313.15	2,305	2,117	1,608	1,209	0,671
333.15	3,641	3,316	2,472	1,822	1,001
353.15	5,428	4,904	3,605	2,633	1,433
373.15	-	6,993	5,081	3,722	2,021

Таблица 2. Экспериментальные данные о вязкости смеси смазочного масла ISO 15 с R410A

T, K	□, 10^{-6} м^2/с				
	x=0.303	*x*=0.499	*x*=0.703	*x*=0.796	*x*=0.897
233.15	0,933	4,88	43,3	156	652
253.15	0,652	2,74	16,3	45,9	143
273.15	0,513	1,82	7,76	18,2	44,8
293.15	0,402	1,22	4,25	8,36	17,1
313.15	0,320	0,84	2,48	4,40	8,07
333.15	0,264	0,64	1,68	2,77	4,72
353.15	0,215	0,49	1,21	1,87	2,97
373.15	-	0,39	0,91	1,40	2,17

На базе полученных экспериментальных данных были составлены приведенные ниже аппроксимационные уравнения. В табл. 3 представлены коэффициенты a_{ij} и b_{ij} уравнений (1) и (2). Они позволяют определить давление кипения и вязкость для смеси смазочного масла ISO 15 с хладагентом R410A во всем диапазоне изменения массовой концентрации масла и указанных выше пределах интервала температур

$$P = \sum_{i=0}^{3} \sum_{j=0}^{2} a_{ij} \cdot (t/100)^i \cdot x^j \quad (1)$$

$$\log \nu = \sum_{i=0}^{3} \sum_{j=0}^{2} b_{ij} \cdot (t/100)^i \cdot x^j \quad (2)$$

где P - давление кипения в МПа; t – температура в °C; x - массовая доля масла; □ - коэффициент кинематической вязкости, 10^{-6} м^2/с.

Таблица 3. Коэффициенты уравнений (1) и (2) для смеси смазочного масла ISO 15 с хладагентом R410A

значения коэффициентов a_{ij}					значения коэффициентов b_{ij}				
j\i	0	1	2	3	j\i	0	1	2	3
0	0,6087	1,6299	2,0236	3,2595	0	-0,9035	-0,4681	0,2673	-0,1082
1	1,0416	3,9726	4,4388	-4,1169	1	1,6046	0,5658	-1,0544	0,3510
2	1,5966	-5,5558	-6,5819	1,0340	2	1,3762	-2,9297	2,5389	-0,6953

Экспериментально исследовано – равновесие жидкость-пар и вязкость смеси смазочного масла ISO 15 с хладагентом R410A в диапазоне температур от 233 до 373 К при давлениях до 7.0 МПа и массовой доли масла от 30 до 90%. Уравнением (1) были аппроксимированы экспериментальные данные по давлению

кипения смеси со среднеквадратичной погрешностью 2.8%. Максимальное отклонение составило 9.0% для давления кипения при наименьшей массовой концентрации масла и самой низкой температуре опыта. Уравнением (2) со среднеквадратичным отклонением 2.3% при максимальной погрешности 6.9% описаны температурная и концентрационная зависимость коэффициента кинематической вязкости смеси смазочного масла ISO 15 с хладагентом R410A. Таким образом, приведенные выше корреляционные уравнения могут быть рекомендованы для расчета давления кипения и вязкости исследуемой смеси с погрешностью, удовлетворяющей инженерную практику.

Список литературы

1. **Геллер, В.З** Свойства смеси хладагента R407C со смазочным маслом CPI EXP 32 [Текст] / В.З. Геллер, Н.И. Лапардин //Темат. зб. наук. пр.- Донецьк: ДонНУЕТ, 2010. – Вип.. 24. – С. 165 - 170.

2. **Лапардин, Н.И.** Давление кипения и вязкость растворов смазочных масел ISO 15 и ISO 220 в хладоне R407C [Текст] / Н.И. Лапардин, В.З. Геллер //Сборник трудов конференции «Современные методы и средства исследований теплофизических свойств веществ» - Санкт-Петербург: СПбГУНПТ, 2010. – С. 455 - 460.

3. **Лапардин, Н.И.** Фазовое равновесие жидкость-пар и вязкость смеси смазочного масла ISO 32 и хладагента R404A / Н.И. Лапардин, В.З. Геллер // Современные методы и средства исследований теплофизических свойств веществ: сб. докл. II Междунар. научн. конф., СПб. / ИХиБТ НИУ ИТМО. – СПб., 2012. – С. 470-475.

4. **Лапардин, Н.И.** Равновесие жидкость-пар и вязкость смеси смазочного масла ISO 170 с хладоном R407C [Электронный ресурс] / Н.И. Лапардин, В.З. Геллер // Вестн. Новгород. гос. ун-та. – Новгород,2013. - №73, т. 2. – С. 24-27 –

5. **Lemmon E.W., McLinden M.O. and Huber M. L.** REFPROP, Thermodynamic and Transport Properties of Refrigerants and Refrigerant Mixtures. Version 7.0. NIST, 2007.

6. **Bivens, D. B., Yokozeki, A., and Geller, V. Z.** Thermodynamic properties of R32/R125 mixture. In Proceedings of the *4th Asian Thermophysical Conference*, Japan, 1993.

7. **Bivens D. B., Yokozeki A., Geller, V. Z., and Paulaitis, M. E.** Transport properties and heat transfer of alternatives for R502 and R22. In Proceedings of the *ASHRAE/NIST Refrigerants Conference* , Gaithersburg, MD, 1994, pp. 73-84.

8. **Geller, V. Z., Paulaitis, M. E., Bivens D. B., Yokozeki A.** Viscosity of HFC32 and HFC32/lubricant mixtures. In Proceedings of the *12th Symposium on Thermophysical Properties*, Boulder, CO, June 1994, p. 477-486.

УДК 536.248.2:532.529.5

АНАЛИЗ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙНИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОДООХЛАДИТЕЛЕЙ ИСПАРИТЕЛЬНОГО ТИПА

Дорошенко А.В., Демьяненко Ю. И., Людницкий К.В.,
Младенов И.Ю.,
Одесская национальная Академия пищевых технологий, г. Одесса

В испарительных охладителях(ИО) прямого типа (ПИО)и непрямого типа (воздухо- и водоохладители НИОг и НИОж) достигаемый температурный уровень охлаждения ограничен температурой наружного воздуха по мокрому термометру $t_м$;их эффективность существенно зависит от климатических условий. Кроме того, предел охлаждения в ИО определяется соотношением потоков газа и жидкости в тепломассообменном аппарате (ТМА).Реальный предел охлаждения будет несколько выше $t_м$, что необходимо учитывать при расчетах. [1, 2]. ИО широко применяются в энергетических системах: это градирни и воздухоохладители в системах охлаждения конденсаторов холодильных машин, а также термовлажностная обработка воздуха в системах кондиционирования.

Значительный интерес вызывают ИО со сниженным пределом испарительного охлаждения [3]. Для Ch-Rw это соответствует температуре точки росы воздуха t_P[1].

На рисунке 1 приведен сравнительный анализ возможностей испарительных водоохладителей: градирни ГРД (CTW) и разработанного водоохладителя-чиллера Ch-Rw. Процессы в градирне: 1-3 – по воздушному потоку, 5-6 – по охлаждаемой воде. Процессы в Ch-Rw: 1-2-4 и 7-8, соответственно. Состояния воды условно показано точками на кривой насыщения. Степень приближения к t_M^1 составляет для ГРД 2,5^{0}С и для чиллера 3,5^{0}С, возрастая со снижением предела охлаждения. Видно, что степень приближения к температуре точки росы t_p^1 составляет в сравниваемых случаях 9,5 (ГРД) и 6,0^{0}С (Ch-Rw). Использование Ch-Rw позволяет охладить воду ниже t_M^1 наружного воздуха.

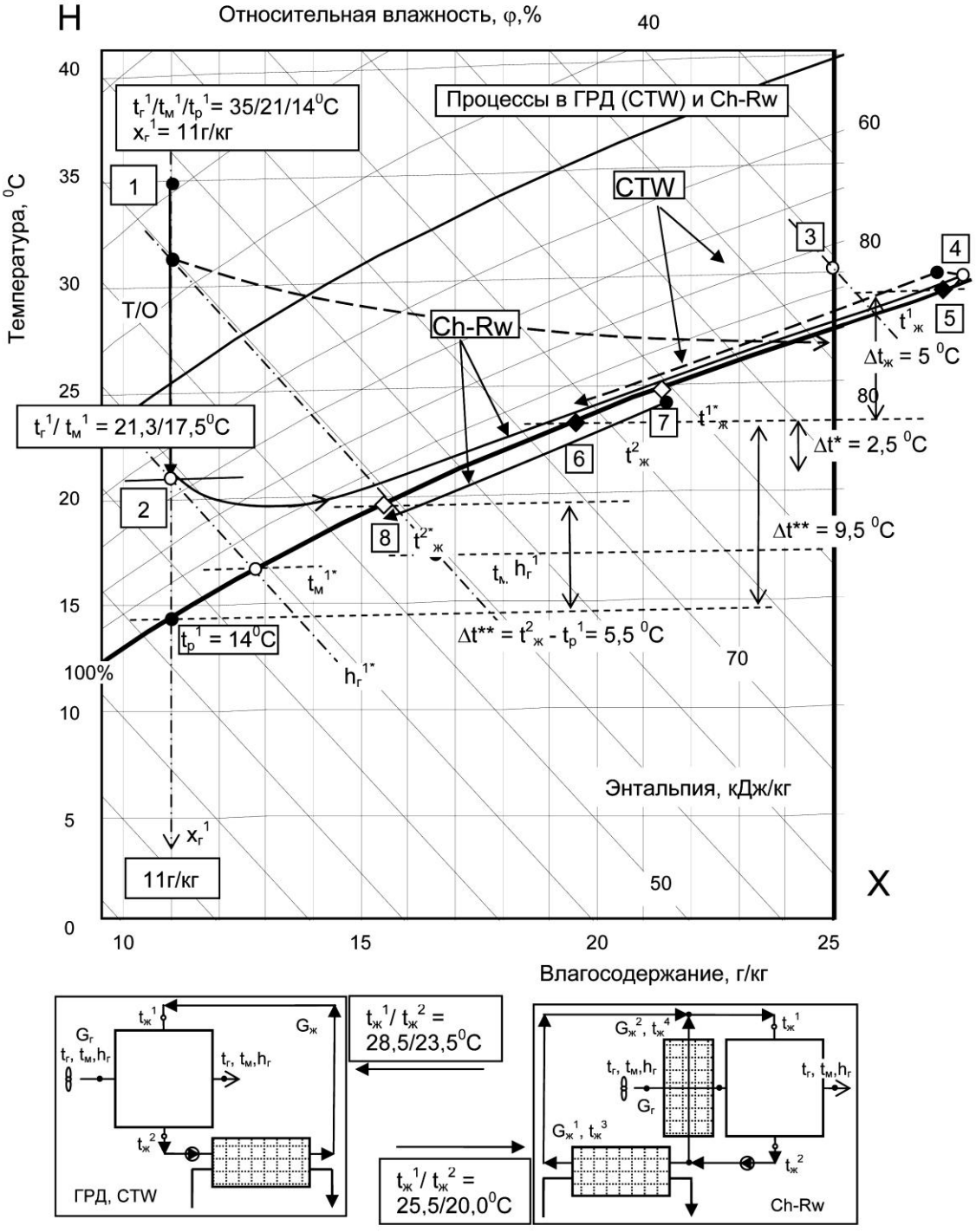


Рисунок 1. Предварительный анализ возможностей испарительных водоохладителей: градирни ГРД (CTW) и водоохладителя-чиллера Ch-Rw. Условия сравнения; I = Gг/Gж = 1.0 для обеих схем охладителей (I* = G1ж /G2ж = 1,0).

Обозначения: 1-3, 5-6 – процессы в ГРД; 1-2-4 и 7-8 процессы в Ch-Rw (изменения состояния воздуха и воды). Состояния воды показано условно точками на кривой насыщения

Отметим, что для охладителя Ch-Rw линия изменения состояния воздуха вплотную приближается к линии полного насыщения φ= 100%, что может привести к реконденсации водяных паров и резкому снижению эффективности процесса охлаждения.

Выводы:

1. Сравнительно с прямым испарительным охлаждением воды в градирне ГРД, в охладителе-чиллере Ch-Rw пределом охлаждения является температура точки росы наружного воздуха, что существенно расширяет границы практического использования испарительных водоохладителей.
2. Достижение температуры t_p^1, отмечаемое в работе [3], невозможно; величина t_p^1 является пределом испарительного охлаждения для чиллера.
3. Для чиллера-водоохладителяCh-Rw линия процесса приближается к кривойφ =100%, что может привести к реконденсации водяных паров и снижению эффективности процесса охлаждения; этот вопрос нуждается в отдельном изучении и в настоящее время в научной литературе практически не рассмотрен; варьирование соотношений потоков $l^* = G^1_ж /G^2_ж$ может быть использовано для Ch-Rw как путь к решению задачи «реконденсации».
4. Очевидно, что переход к «глубокому охлаждению» воды в Ch-Rw приведет к росту удельных энергозатрат; поэтому интерес представляет изучение влияния соотношений контактирующих потоков газа и жидкости $l = G_г /G_ж$ на эффективность процесса, а также влияния величины $l^* = G^1_ж /G^2_ж$ (соотношения расходов жидкости в основных контурах охлаждения чиллера Ch-Rw) и выработка рекомендаций для расчета и проектирования водоохладителей нового поколения Ch-Rw.

Список литературы

1. Дорошенко А.В., Демьяненко Ю.И., Людницкий К.В. Солнечные абсорбционные системы теплохладоснабжения на основе многоступенчатых тепломассообменных аппаратов – Сучасний стан та проблеми двигунобудування. III Міжнародна науково-технічна конференція – Миколаїв.: НУК, 2014. – С. 57 – 60.
2. Doroshenko A., Shestopalov K., Khliyeva O. Development of new schematic solutions and heat and mass transfer equipment for alternative solar liquid desiccant cooling systems, International Sorption Heat Pump Conference 2014,March 31 - April 2, 2014, Washington.
3. Maisotsenko V., Lelland Gillan, M. 2003, The Maisotsenko Cycle for Air Desiccant Cooling21^h International Congress of Refrigeration IIR/IIF, Washington, D.C.

УДК 536.248.2:532.529.5

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ЭКО-ЭНЕРГЕГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТРАДИЦИОННЫХ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА СКВ И АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ССКВ НА ОСНОВЕ ОСУШИТЕЛЬНО-ИСПАРИТЕЛЬНОГО ЦИКЛА

Людницкий К.В.,
Одесская национальная Академия пищевых технологий,

Работа посвящена анализу полного жизненного цикла двух сравниваемых систем предназначенных для охлаждения сред и кондиционирования воздуха: традиционной и альтернативной. В отличие от традиционно используемого технико-экономического анализа для выбора альтернативной системы, в работе была выполнена оценка экологических индикаторов на основе методологии *«оценки полного жизненного цикла»* системы.

Так как основной целью работы является сравнение СКВ традиционного и альтернативного типов, то принятое допущение не скажется на качестве анализа и правильности сделанных выводов. Это означает, что, несмотря на реальную структуру производства электроэнергии в стране производителе конкретных материалов, при выполнении анализа учитывались вредные выбросы, соответствующие производству энергии в странах Евросоюза. Выбросы при повторном использовании и утилизации материалов принимались такими же, как в среднем по странам ЕС.

В работе последовательно выполнялась оценка перечисленных выше критериев для трех основных стадий жизненного цикла сравниваемых СКВ на стадиях: стадии производства, эксплуатации и утилизации. Выполнение анализа с помощью метода «полного жизненного цикла» ПЖЦ (LCA) позволяет проанализировать все стадии двух сравниваемых установок, традиционного типа – парокомпрессионной СКВ, и альтернативной ССКВ, учитывая производство материалов системы, хладагента, а также упрощенные производственные процессы при создании обоих СКВ. При анализе не рассматривалась

система воздуховодов (система распределения потоков воздуха и воды) в кондиционируемом здании, поскольку для сравниваемых систем она практически идентична.

Анализ уровня выбросов вредных веществ на стадии производства системы основан на полном жизненном цикле материалов, а это означат, что энергозатраты на производство материалов являются суммой энергозатрат на получение, обработку, подготовку и транспортировку соответствующих материалов. Для выполнения анализа необходимо знать виды и массы материалов, из которых изготовлена система. В табл. 1 представлены данные по структуре материальных затрат на создание двух сравниваемых установок СКВ, массы материалов, а так же мощности компрессора, вентилятора и водяного насоса. Для сравнения был взят крышный кондиционер французского производства CAAE/CAEN – 51, так чтобы холодопроизводительность у сравниваемых вариантов кондиционеров была примерно одинаковой (14.0кВт). Материалы, из которых состоят рассматриваемые системы, во многих случаях производятся в различных странах. Получить надежные данные по затратам на производство энергии и эмиссии вредных веществ в различных процессах в разных странах достаточно проблематично. Поэтому, при выполнении анализа, использовались данные по выбросам в разных процессах, как средние для стран Евросоюза (они представлены в программе “SimaPro-6”, с использованием которой и выполнялся анализ).

Стадия производства сравниваемых СКВ.

В стадии производства учитывается влияние следующих процессов: добычи сырья, включая добычу нефти и газа для производства: полимерных материалов для изготовления насадки ТМА; металлов; производства различных деталей СКВ, их сборки и транспортировки. Следует отметить, что, согласно методологии ПЖЦ, в данную стадию включено и повторное использование металлов.

Таблица 1 Технические характеристики сравниваемых СКВ

Технические характеристики рассматриваемых систем (холодопроизводительность состав, материал, вес)	Традиционная система СКВ *(воздушный кондиционер CAAE/CAEN-51, производства Франции)*	Альтернативная осушительно-испарительная ССКВ
Холодопроизводительность, кВт	14.3	14.0
Компрессор: Корпус (сталь 45), кг Провода (медь), кг	 45.0 2.3	 –
Вентилятор: Двигатель (сталь 45), кг Импеллер (алюминий), кг Провода (медь), кг	 6.0 2.0 1.1	 3.6x2 2.6x2 3,0
Жидкостные насосы: Двигатель (сталь 45), кг Провода (медь), кг	 –	 1.5x2 2.5
Воздушный конденсатор ХМ: Корпус (сталь 45), кг Рёбра (алюминий), кг Трубки (медь), кг	 6.9 9.0 9.3	 –
Воздухоохладитель (испаритель) ХМ: Корпус (сталь 45), кг Рёбра (алюминий), кг Трубки (медь), кг Хладагент (R22), кг	 5.4 7.9 8.6 4.0	 –
Осушитель воздуха: Корпус (сталь 45), кг Алюминий, кг Медь, кг	 1.5 3.7 4.0	 –
Парогенератор (нержавеющая сталь), кг	 20.0	 –
Фильтр, рамка, элементы фильтра (сталь), кг	100.5	96.0

Технические характеристики рассматриваемых систем (холодопроизводительность состав, материал, вес)	Традиционная система СКВ *(воздушный кондиционер CAAE/CAEN-51, производства Франции)*	Альтернативная осушительно-испарительная ССКВ
Абсорбер АБР: – насадка ячеистой структуры, кг; – крепежная рама из поликарбоната), кг	–	5.5 3.0
Испарит. охладитель НИО: – насадка ячеистой структуры, кг; – крепежная рама из поликарбоната), кг	–	4.0 2.0
Градирня ГРДт: – насадка ячеистой структуры, кг; – крепежная рама из поликарбоната), кг	–	5.0 2.5
Теплообменники жидкость-жидкость, медь (2 шт.), кг	–	15x2
Солнечные жидкостные коллекторы, кг	–	Двенадцать СКж, площадью каждый в 1.8 кв.м., 76 кг
Общий вес	237.3	241.9

В модели принято, что 50% стали, 40% меди и 30% алюминия произведено из металлолома (это соответствует средним данными по повторному использованию материалов в ЕС). На рис. 1 представлены основные результаты. Расчет вредного воздействия оценивался с использованием базы данных программы SimaPro-6 с учетом расхода энергии на изготовление установки из различных материалов (металлов, пластиков) и на производство хладагента (R22). Как видно из результатов анализа стадии создания оборудования, по всем категориям экологического воздействия традиционная СКВ уступает альтернативной.

Стадия эксплуатации сравниваемых систем.

На стадии эксплуатации СКВ учитываются энергопотребление систем (с учетом структуры производства электроэнергии в Украине: тепловые электростанции – 49 %, атомные электростанции – 43% и гидроэнергетика – 8%) и утечек хладагента (принимаем утечки хладагента 3% от его общей массы в год для парокомпрессионной СКВ). Потребление электроэнергии компрессором, вентилятором и водяным насосом за время эксплуатации СКВ количественно определены с учетом профиля нагрузки за сутки (при вычислении величины этой нагрузки предполагалось, что минимальная суточная производительность СКВ – 20% в рабочем режиме). Используя данные по климатическим условиям для Одесского региона в течение года, установленную холодопроизводительность для каждой СКВ, и, принимая, что средняя продолжительность эксплуатации рассматриваемых СКВ одинакова и равна 10 годам, был проведен анализ периода эксплуатации СКВ (рис.2), показавший, что по всем основным категориям экологического воздействия традиционная СКВ так же уступает альтернативной ССКВ. Здесь разница еще более существенна, чем для периода производства рассматриваемых систем.

Стадия утилизации СКВ.

Предполагается, что после окончания срока эксплуатации СКВ демонтируется и направляется на утилизацию. Металлические детали отправляются на повторное использование, а хладагент под давлением извлекается и транспортируется на утилизацию (например, его разрушают пиролизом с получением в качестве конечного продукта веществ, содержащих аргон, диоксид углерода и водяной пар). При оценке влияния этой стадии на общее экологическое воздействие учитывалась также транспортировка (на расстояние 100 км для металлолома и 300 км для утилизации хладагента, – это усредненные параметры, принятые для ЕС). Как видно из приведенных результатов (рис.1), и на этой стадии преимущества сохраняются за альтернативной системой.

Экологическое воздействие за полный жизненный цикл.

Для объективной оценки и окончательных выводов по перспективам применения той или иной альтернативной системы следует оценить экологическое воздействие за полный жизненный цикл. Общее экологическое воздействие для обеих СКВ представлено на рис.2. Результаты выполненного экологического анализа традиционной и альтернативной систем кондиционирования воздуха позволяют сделать вывод о преимуществе последней. Как видно из выполненного исследования, осушительно-испарительная система оказывает существенно меньшее вредное воздействие на окружающую среду, чем традиционная по всем

основным сравниваемым категориям. Альтернативная система ССКВ приводит к меньшему истощению природных ресурсов (на 25%, в т.ч. и энергоресурсов), что говорит о ее большей энергетической эффективности и вносит меньший вклад в глобальное изменение климата (на 22%).

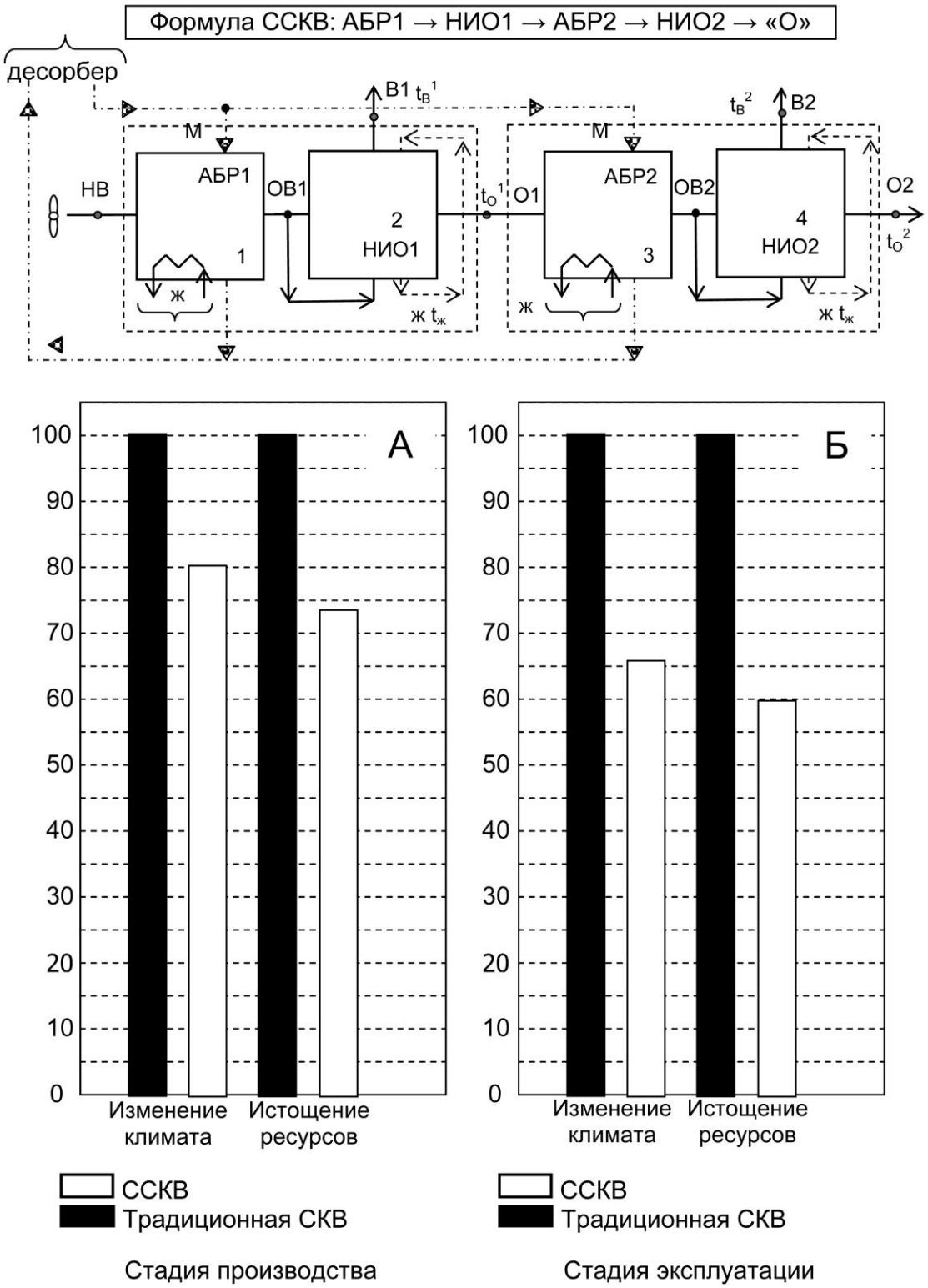


Рисунок 1. Сравнение экологического воздействия на стадии производства (А) и в период эксплуатации оборудования (Б) для традиционной (парокомпрессионной) СКВ и осушительно-испарительной ССКВ.

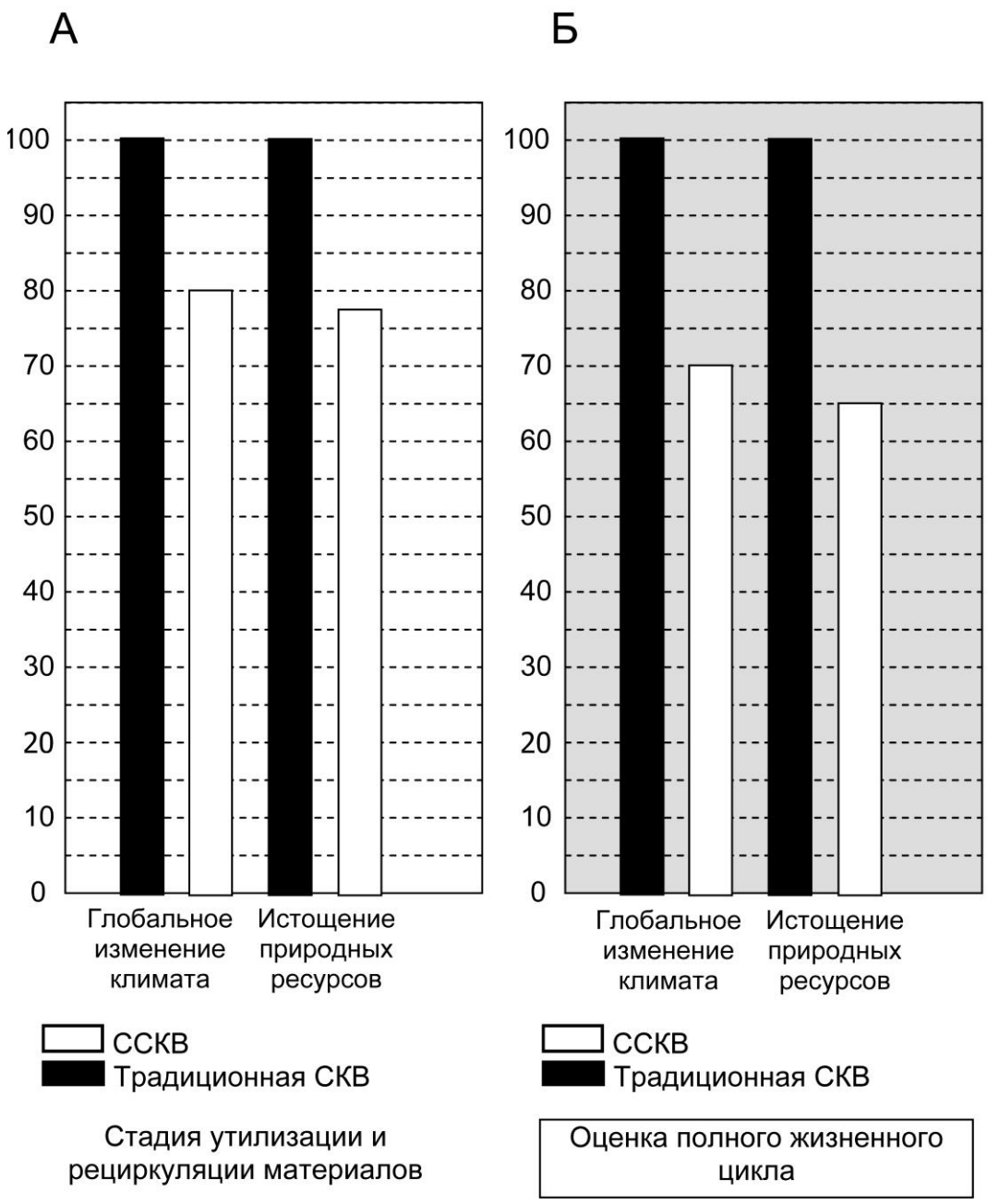


Рисунок 2. Сравнение экологического воздействия на стадии утилизации оборудования (А) и в полном жизненном цикле сравниваемого оборудования (Б) для традиционной СКВ парокомпрессионного типа и осушительно-испарительной ССКВ.

Следует отметить, что высокая энергоэффективность и низкий вклад в глобальное потепление напрямую связаны друг с другом, поскольку наибольший вклад в изменение климата вносят выбросы CO_2 от потребляемой электроэнергии. Поэтому выбор альтернативного оборудования по двум анализируемым критериям (влияние на истощение природных ресурсов и вклад в глобальное потепление) будет способствовать реализации закона Украины об энергосбережении и Киотского протокола (направленного на снижение эмиссии парниковых газов). Общее экологическое воздействие для традиционной системы так же больше, чем для альтернативной, что еще раз подтверждает преимущества последней.

Полученные результат показывают, что наибольшее воздействие на окружающую среду производится во время эксплуатации системы. Причем наибольшее влияние в этот период связано с энергопотреблением СКВ.

Литературные источники:

1. Альтернативная энергетика. Солнечные системы тепло-хладоснабжения: монография /А.В. Дорошенко, М.А. Глауберман. - Одесса: ОНУ, 2012. - 446 с
2. **Koltun, P.** Life Cycle Assessment of a Conventional and Alternantive Air-Conditioning Systems. P. Koltun, S. Ramakrishnan, A. Doroshenko, M. Kontsov. 21h International Congress of Refrigeration IIR/IIF, Washington, D.C, ICR0140, 2003. P. 45-57.
3. **Дорошенко А.В.** Солнечные многоступенчатые абсорбционные холодильные системы на основе тепломасообменных аппаратов пленочного типа // А.В. Дорошенко, А.Р. Антонова, К.В. Людницкий/. Холодильная техника и технология. – 2015. – 51(2) – С. 25-31
4. **Дорошенко А.В., Людницкий К.В.** Солнечные холодильные системы на основе абсорбера с внутренним испарительным охлаждением. // Холодильная техника и технология. – 51 (3) – 2015. – С. 42-52.

УДК 621.5: 629.128

ПРИМЕНЕНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ В СУДОРЕМОНТНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

[1]Бондаренко В.Л., [2]Симоненко Ю.М., [3]Тишко Д.П.
[1]Московское государственное техническое училище им. Н.Э.Баумана, Москва
[2] Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса
[3] ООО Криоин Инжиниринг, Одесса

Представлены результаты использования промышленных пневматических устройств, реализующих эффект расширения потока воздуха. Безмашинные охладители на основе вихревой трубы позволяют обеспечить охлаждение полимерных *втулок валопроводов в непосредственной близости от монтажной зоны. Исследована динамика изменения температуры материала в зависимости от отношения расходов потоков в вихревом генераторе холода.*

Разработаны пневматические насосы замещения для откачки воды и нефтеводяной эмульсии. Устройства приводятся в действие пульсаторами на основе вихревых эжекторов и характеризуются минимальным количеством подвижных и изнашивающихся элементов.

Ключевые слова: вихревая труба, вихревой эжектор, холодильная камера, пневматический насос замещения,

Keywords: vortex tube, vortex ejector, cooling chamber, pneumatic pump of substitution.

Для обеспечения тепловой усадки втулок из полимерных материалов используются холодильные камеры и охлаждающие ванны с промежуточным хладагентом. Предпочтительным устройствами для охлаждения упомянутых деталей являются компактные вихревые аппараты, приводимые в действие сжатым воздухом. Среди множества холодопроизводящих систем вихревые преобразователи энергии занимают особое место. Они сочетают в себе важные эксплуатационные преимущества: полное отсутствие подвижных деталей, малую инерционность, экологическую безопасность. Они могут одновременно являться источниками холода, тепла и вакуума. Диапазон температур, при которых используются безмашинные энергоразделители, весьма широк – от низкотемпературных ступеней гелиевых ожижителей (– 269 °С) до воспламенителей топлива в реактивных двигателях (+ 700 °С). Известны специальные вихревые аппараты, способные генерировать низкочастотные колебания давления, звуковые волны и извлекать жидкие (твердые) фракции из смеси веществ. Универсальность, надежность и долговечность газодинамических аппаратов позволяют прогнозировать расширяющееся применение этих устройств в новейших технологиях XXI века. Относительно низкая энергетическая эффективность вихревых труб в условиях эпизодической эксплуатации является второстепенным признаком.

Устройство классической (адиабатной) вихревой трубы показано на рисунке 1. Сжатая среда, например, воздух с параметрами T_1 и P_1 подается через тангенциальный сопловой ввод в камеру энергоразделения диаметром d_T. Расширяясь, газ образует высокоскоростной поток и разделяется на холодную (с температурой $T_2 < T_1$) и нагретую (с температурой $T_3 > T_1$) составляющие. Охлажденный поток формируется в

осевой зоне камеры энергоразделения и выходит через отверстие диафрагмы диаметром d_D, расположенной вблизи соплового сечения. Нагретый поток образуется в периферийной зоне камеры и движется вдоль ее стенки в направлении, обратном направлению движения охлажденного потока. Горячий газ выходит из вихревой трубы через дроссельный вентиль (не показан). При изменении степени открытия вентиля варьируются расходы и температуры охлажденного и нагретого потоков. В случае достаточно большой площади проходного сечения регулирующего вентиля вихревая труба может перейти в режим эжектора, всасывая внутрь камеры окружающий воздух через отверстие диафрагмы d_D. В этом случае(Gr>Gc). Полное закрытие вентиля приводит к выходу через диафрагму d_D всего газа, поступающего в вихревую трубу (Gc=Gx, Gr=0), практически без изменения его температуры. Для обеспечения перепада температур в таком режиме вихревая труба нуждается в отводе тепла через стенки камеры (рис. 2). С этой целью применяют охлаждающую рубашку или развитую внешнюю поверхность. Вихревые трубы с оребренными камерами энергоразделения используются в случае газового (воздушного) охлаждения. Они легко «вписываются» в схемы с рекуперацией тепла, так как не нуждаются в дополнительных теплообменных аппаратах.

Базовыми конструктивными параметрами вихревых газодинамических устройств являются сечение соплового ввода F_C и начальный диаметр камеры энергетического разделения d_1, С ними связаны основные размеры проточной части (рис. 1).

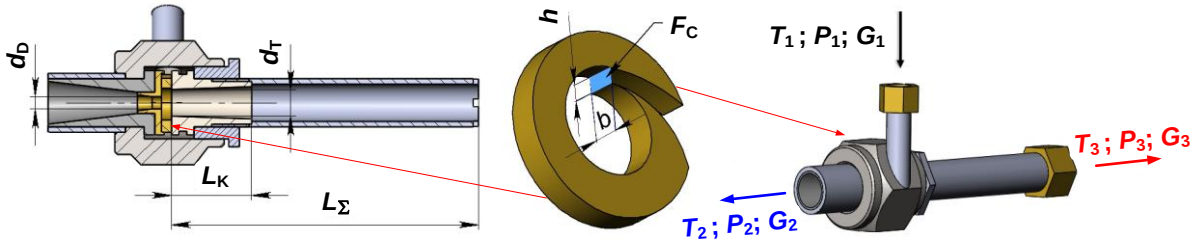


Рис. 1. Основные размеры и соотношения, характеризующие проточную часть адиабатной вихревой трубы. $F_C = h \cdot b$; ; $d_T = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{F_C}{\sigma}}$ (где σ = 0,08…0,1); d_D = (0,5…0,6) d_T; $L_K = 3 \cdot d_T$; $L_\Sigma \geq 9 \cdot d_T$

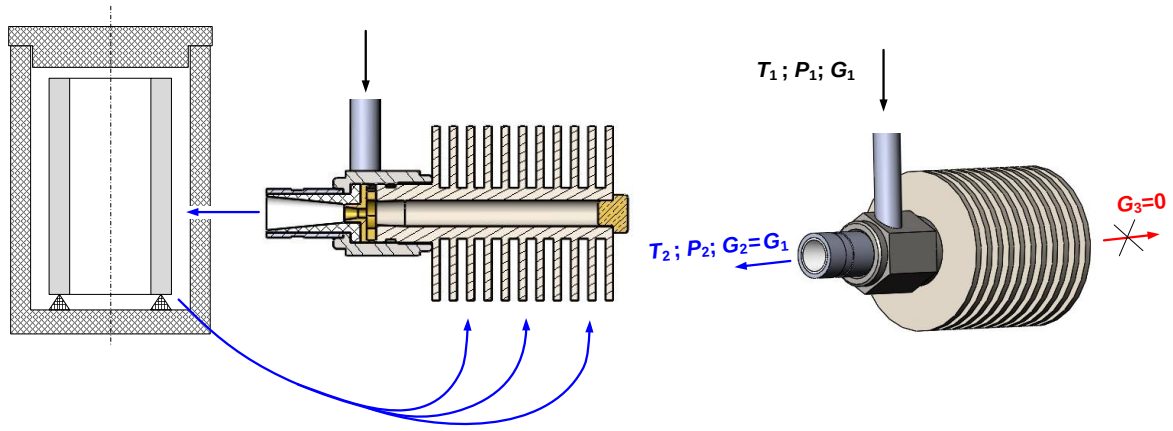


Рис. 2. Охлаждаемая вихревая труба с внешним оребрением камеры энергоразделения. Обозначения потоков соответствуют рис. 1. (Размеры объекта охлаждения показаны условно)

Для охлаждения капролоновых втулок судовых валопроводов диаметром до 1 м изготовлен опытно-промышленный образец холодильной камеры с пенополиуретановой изоляцией. На начальном этапе (1,5…2 часа) понижение температуры обеспечивалось неадиабатной вихревой трубой с оребренной камерой энергетического разделения. Отвод тепла от внешнего оребрения достигался за счет потока воздуха, выводимого из полости камеры (рис. 2).

После понижения температуры поверхности втулки на 25…30 К энергетическое разделение осуществлялось за счет выпуска нагретого потока в количестве от 40 до 65 % от расхода сжатого воздуха, подаваемого в устройство (рис. 1).

На основе вихревых труб созданы компактные охладители для теплозащитного снаряжения ремонтников, работающих в условиях повышенных температур. Такие аппараты востребованы на горячих и

вредных производствах для создания воздушных завес в рабочих зонах покрасочных камер, кузнечных цехов, гальванических и металлургических производств, а также для вентиляции тупиковых объемов.

Как отмечено выше, вихревые трубы являются многофукциональными устройствами. На основе вихревых камер созданы эжекторы для обеспечения запуска (залива) центробежных насосов и пневматические насосы замещения. Обладая ограниченным числом подвижных элементов, эти устройства сохраняют основные эксплуатационные преимущества вихревых труб. Создан типоразмерный ряд переносных нагнетателей, которые предназначены для судоремонтной промышленности и других производств. Такие насосы способны перекачивать агрессивные среды, потоки с абразивными компонентами и даже сыпучие вещества. При производительности 2…15 м^3/ч потребление сжатого воздуха составляет от 20 до 180 нм^3/ч, соответственно.

Выводы.

Многоотраслевое применение вихревых устройств подтвердило их преимущества в случае эпизодической работы и для жизнеобеспечения в условиях повышенных температур. Предприятия судоремонтной отрасли располагают высокорасходными пневмосетями и могут рассматриваться в качестве перспективных потребителей вихревых газодинамических аппаратов.

УДК 621.564-022.532

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСИХ СВОЙСТВ РАСТВОРА ПРОПИЛЕНГЛИКОЛЬ/ ВОДА/ ЭТАНОЛ С ДОБАВКАМИ НАНОЧАСТИЦ AL_2O_3

О.Я. Хлиева, С.С. Рябикин, М.П. Полюганич, Т.В. Гордейчук, В.П. Железный
Кафедра теплофизики и прикладной экологии, Институт холода, криотехнологий и экоэнергетики, Одесская национальная академия пищевых технологий

Последние годы увеличивается интерес к использованию нанофлюидов в качестве тепло и хладоносителей в различном энергетическом оборудовании. Термин «нанофлюид» (nanofluid) был впервые введен в 1995 году применительно к ультрадисперсным системам, состоящим из базовой жидкости и наночастиц с размером 1-100 нм. Применение нанофлюидов в качестве теплоносителей по сравнению с базовыми растворами имеет следующие особенности:

- нанофлюиды обладают большей величиной коэффициента теплопроводности, по сравнению с базовой жидкостью;
- экспериментально подтверждено увеличение коэффициента теплоотдачи при вынужденном движении нанофлюидов, по сравнению с базовой жидкостью;
- несмотря на то, что вязкость нанофлюида обычно выше, чем базовой жидкости, потери напора при его циркуляции, отнесенные к переданному количеству теплоты, ниже, поскольку интенсивность передачи тепла за счет использования нанофлюидов существенно возрастает;
- свойства нанофлюидов (прежде всего вязкость и теплопроводность) можно регулировать, подбирая требуемую концентрацию наночастиц в базовой жидкости;
- при хорошей агрегативной стабильности наночастиц нанофлюиды обладают отличной седиментационной устойчивостью, следовательно их можно использовать в качестве теплоносителей без опасения засорения теплообменных поверхностей и каналов.

Выполненные на сегодняшний день экспериментальные исследования теплофизических свойств нанофлюидов выявили общую закономерность увеличения как вязкости, так и теплопроводности жидкостей при добавке в них наночастиц. Но величина этого эффекта зависит от многих факторов (концентрации, вида и размера наночастиц, свойств базовой жидкости, температуры и т.д.) и различна у различных исследователей.

Целью настоящей работы является экспериментальное исследование плотности, вязкости и теплоемкости, а так же расчетное исследование теплопроводности нанофлюида вода/ пропиленгликоль/этанол /наночастицы оксида алюминия в интервале температур, характерном для использования хладоносителей в холодильных системах. Данные об указанных свойствах необходимы для дальнейшего оценки интенсивности теплоотдачи и потерь напора при вынужденном движении нанохладоносителя в трубах и каналах теплообменного оборудования. Следует подчеркнуть, что исследования свойств нанофлюидов, перспективных для применения в холодильной технике и энергетике, должны также включать оценку их агрегативной и седиментационной устойчивости и величин, характеризующих потери напора и интенсивность теплообмена при режимах, близких к рабочим. Только такой комплексный подход к изучению нанофлюидов позволяет сделать вывод о перспективности их применения в качестве хладоносителей.

В качестве объектов исследования в работе были рассмотрены следующие растворы, перспективные для применения как в качестве хладоносителей в холодильных системах, так и в качестве теплоносителей в различном теплоэнергетическом оборудовании:

- раствор пропиленгликоля, воды и этанола с концентрациями компонентов 48,60 / 46,52 / 4,88 % масс. - ХН;

- нанофлюид, состоящий из пропиленгликоля, воды, этанола и наночастиц Al_2O_3 с концентрацией компонентов 48,24 / 46,38 / 4,85 / 0,53 % масс. - наноХН.

При приготовлении нанофлюида использовались наночастицы Al_2O_3 α-модификации производства Wenzhou Jingcheng Chemical Co с размером наночастиц в порошке 10±5 нм, чистотой 99,98 %. При приготовлении нанохладоносителя использовался двухступенчатый метод с применением бисерной мельницы и ультразвуковой ванны для максимального разрушения агломератов наночастиц. Перед проведением экспериментального исследования теплофизических свойств, было проведено исследование агрегативной и седиментационной устойчивости нанохладоносителя. В течении одного месяца проводилось измерение размера агломератов наночастиц в нанохладоносителе методом турбодиметрии на спектрофотометре Shimadzu UV-120-02 в герметичных оптических ячейках с длиной оптического пути 4,05 мм при условии статического хранения образца нанофлюида и при его предварительном взбалтывании. По результатам проведенных измерений показана постепенная частичная седиментация наиболее крупных агрегатов наночастиц в нанофлюиде, находящемся в статических условиях. Размер агрегатов наночастиц в образце, подвергаемом взбалтыванию, практически не изменялся, что говорит о хорошей агрегативной устойчивости наночастиц в приготовленных образцов нанофлюидов в течение всего срока наблюдения. Полученные результаты являются основанием для рекомендации использования растворов пропиленгликоль / вода / этанол / наночастицы Al_2O_3 в холодильной технике.

Экспериментальное исследование плотности базового хладоносителя (ХН) и нанохладоносителя (наноХН) производилось пикнометрическим методом в интервале температур от 253 до 313 К. Расширенная неопределенность измерения плотности не превышала 0,3 %. Экспериментальные исследования вязкости базового хладоносителя и нанохладоносителя проводилось на экспериментальной установке, основным элементом которой является стеклянный капиллярный вискозиметр с висячим уровнем. Расширенная неопределенность измерения вязкости составила 0,2 %. Исследование теплоемкости базового хладоносителя и нанохладоносителя производилось методом монотонного нагрева в адиабатном калориметре. Расширенная неопределенность измерения теплоемкости не превышала 0,45 %.

Полученные экспериментальные данные были аппроксимированы уравнениями:

$$\rho_f = -0{,}6245 \cdot T + 1217{,}6,$$

$$\rho_{nf} = -0{,}6537 \cdot T + 1234{,}7,$$

$$\lg\lg\left(\nu_f + 1{,}39085\right) = 12{,}7212 - 5{,}17460 \cdot \lg T,$$

$$\lg\lg\left(\nu_{nf} + 1{,}59287\right) = 12{,}5207 - 5{,}08733 \cdot \lg T,$$

$$C_{P\,f} = \left(0{,}00010815 + 0{,}053257/T\right)^{-1},$$

$$C_{P\,nf} = \left(0{,}000096026 + 0{,}057539/T\right)^{-1},$$

где ρ_f и ρ_{nf} - плотность ХН и наноХН, соответственно, *кг/м*^{3}; T – температура, при которой определяются теплофизические свойства вещества, *К*; ν_n и ν_{nf} - кинематическая вязкость ХН и наноХН, соответственно, *мм*^{2}*/с*; C_{Pf} и $C_{P\,nf}$ - теплоемкость ХН и наноХН, соответственно, *Дж/(кг·К)*.

Теплопроводность базовой жидкости была рассчитана по имеющейся в литературе корреляции для расчета теплопроводности многокомпонентных растворов. Для оценки теплопроводности нанохладоносителя использовалась корреляция [1]:

$$\lambda_{nf} = \left[\frac{\lambda_{np} + 2\cdot\lambda_f + 2\left(\lambda_{np} - \lambda_f\right)\left(1+\beta\right)^3\varphi}{\lambda_{np} + 2\cdot\lambda_f - \left(\lambda_{np} - \lambda_f\right)\left(1+\beta\right)^3\varphi}\right]\lambda_f,$$

где λ_{np} и λ_f - теплопроводность наночастиц и базовой жидкости, соответственно, Вт/(м·К); φ – объемная доля наночастиц в нанофлюиде; β – отношение толщин слоя адсорбированной на поверхности наночастиц базовой жидкости к истинному радиусу наночастицы.

Температурные зависимости плотности, относительной вязкости и теплоемкости, а так же коэффициента теплопроводности для раствора пропиленгликоль, вода и этанол с концентрациями компонентов 48,60 / 46,52 / 4,88 % масс. и нанофлюида пропиленгликоль, вода, этанол и наночастицы Al_2O_3 с концентрацией компонентов 48,24 / 46,38 / 4,85 / 0,53 % масс. приведены на рис. 1.

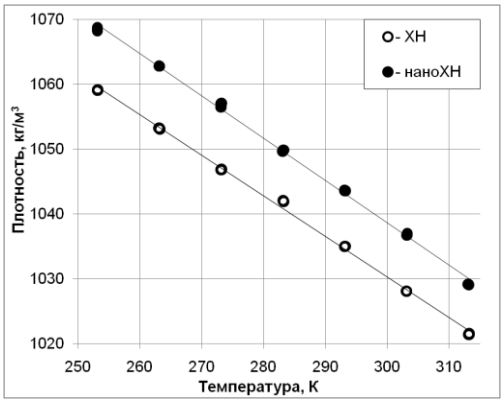


Рис. 1.а

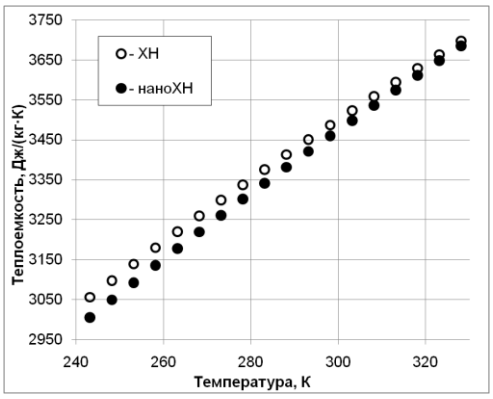


Рис. 1.б

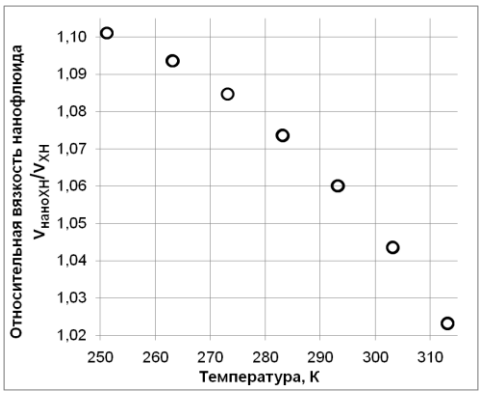


Рис. 1.в

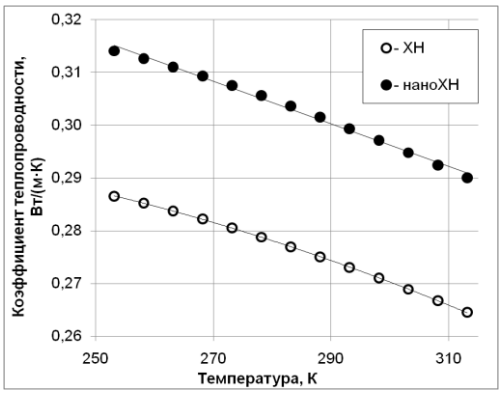


Рис. 1.г

Рисунок 1 - Температурная зависимость плотности (рис. 1.а), теплоемкости (рис. 1.б), относительной вязкости (рис. 1.в) и коэффициента теплопроводности (рис. 1.г) хладоносителя (ХН) и нанохладоносителя (наноХН)

Полученные результаты показывают, что примеси наночастиц Al_2O_3 0,53 % масс. способствуют увеличению вязкости базового раствора состава пропиленгликоль / вода / этанол (48,60 / 46,52 / 4,88 % масс.) до 10% при низких температурах (253 К). Влияние добавок наночастиц на вязкость снижается с увеличением температуры наноХН. При температуре 313 вязкость наноХН незначительно (на 2 %) выше вязкости базовой жидкости - ХН. Результаты экспериментальных исследований указывают на увеличение плотности и снижение теплоемкости наноХН по сравнению с этими величинами для базового раствора - ХН. Анализируя полученную информацию о теплопроводности объектов исследования можно констатировать, что в среднем расчетное значение теплопроводности наноХН на 8-9% выше значения теплопроводности базового раствора - ХН.

Выполненные исследования устойчивости и теплофизических свойств растворов пропиленгликоль/ вода / этанол / наночастицы Al_2O_3 позволяют сделать вывод о принципиальной возможности их использования в холодильных системах. Однако необходимы дополнительные исследования влияния наночастиц Al_2O_3 как на интенсивность теплоотдачи, так и на величину потерь напора при различных рабочих режимах холодильных систем. Вопрос оптимальной концентрации компонентов нанохладоносителя требует своего дальнейшего изучения в рамках существующих методов технико-экономического и эколого-энергетического анализов.

[1]. **W. Yu, S.U.S. Choi,** The role of international layers in the enhanced thermal conductivity of nanofluids: a renovated Maxwell model, Journal on Nanoparticle Research, 2003, 5, pp. 167–171.

УДК 621.564-022.532

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФУЛЛЕРЕНОВ C_{60} НА ВЯЗКОСТЬ КОМПРЕССОРНОГО МАСЛА ХФ16-12 И НА ПЛОТНОСТЬ И ДАВЛЕНИЕ НАСЫЩЕННЫХ ПАРОВ РАСТВОРОВ ХЛАДАГЕНТА R600A /МАСЛО ХФ16-12

С.А. Мороз, О.Я. Хлиева, В.П. Железный
Кафедра теплофизики и прикладной экологии, Институт холода, криотехнологий и экоэнергетики, Одесская национальная академия пищевых технологий

Перспективы внедрения нанотехнологий в холодильную промышленность в значительной мере определяются наличием достоверной информации о влиянии наночастиц на теплофизические свойства хладоносителей и рабочих тел. В опубликованных в последние годы статьях в основном содержится информация о влиянии наночастиц металлов и их окислов на вязкость и теплопроводность некоторых базовых веществ (вода, этиленгликоль, масла). Данные о влиянии фуллеренов на плотность, вязкость, давление насыщенных паров реальных рабочих тел парокомпрессионных холодильных машин (растворов хладагент/ компрессорное масло) в литературе практически отсутствуют. Вместе с тем следует заметить, что перспективы использования фуллеренов для улучшения трибологических свойств моторных и компрессорных масел с целью уменьшения трения в сопрягаемых элементах машин, являются предметом пристального изучения [1]. Вместе с тем, изучение теплофизических свойств рабочих тел парокомпрессионных холодильных машин является актуальной проблемой, которая требует своего решения, поскольку именно термодинамические и транспортные свойства определяют как величину показателей эффективности холодильной компрессорной системы, так и интенсивность процессов теплообмена в аппаратах холодильных установок.

В соответствии со сказанным выше, целью данной работы являлось экспериментальное исследование влияния примесей фуллеренов на плотность и вязкость компрессорного масла, а так же на давление насыщенных паров растворов хладагент/ масло (РХМ). Компонентами объектов исследования являлись: хладагент R600a (изобутан), компрессорное минеральное масло ХФ16-12 (вязкость при 40^0С 16 сСт) и фуллерены C_{60}.

Исследование вязкости раствора минерального масла ХФ 16-12 с примесями фуллеренов C_{60} проводились при трех концентрациях C_{60}: 0,1, 0,2 и 0,25 масс %.Технология приготовления наномасла заключалась в диспергировании наночастиц C_{60} в компрессорном масле в ультразвуковой ванне Codison CD 4800 с частотой 42 кГц в течение 30 минут. Длительное (в течении 1 месяца) наблюдение за компрессорным маслом с добавками наночастиц (наномаслом) показало хорошую агрегативную устойчивость фуллеренов (без выпадения осадка и помутнения) для трех принятых для дальнейшего исследования концентраций наночастиц. Для приготовления рабочего тела R600a/ХФ16-12/ C_{60} определенное количество наномасла смешивалось с необходимым количеством хладагента без дополнительного ультразвукового диспергирования.

Исследование плотности РХМ производилось пикнометрическим методом. Стеклянная ампула с исследуемым веществом (пикнометр) была помещена в термостат, оснащенный системой автоматического регулирования температуры. Для измерения уровня жидкой фазы образца РХМ в пикнометре использовался катетометр. Эксперимент проводился в интервале температур от 288 до 333 К и массовых долях хладагента в масле: 17, 42 и 66 масс. %. Расширенная неопределенность измерения плотности РХМ не превышала 0,3 %. Полученные экспериментальные данные о плотности РХМ приведены на рисунке 1. Проведенные исследования влияния добавок фуллеренов на плотность РХМ указывает на их незначительный (ниже погрешности эксперимента) вклад в увеличение плотности. Следовательно расчет плотности растворов минерального масла и фуллеренов, без значительно влияния на точность получаемой информации, может осуществляться по правилу аддитивности.

Исследования вязкости всех рассматриваемых в данном исследовании смесей проведены на экспериментальной установке, основным элементом которой является стеклянный капиллярный вискозиметр с висячим уровнем. Расширенная неопределенность измерения кинематической вязкости в исследованном диапазоне параметров не превышала 0,5 мм^2/с. Для аппроксимации полученных экспериментальных данных было использовано уравнение Вальтера, в котором в результате обработки экспериментальных данных была получена зависимость коэффициентов от массовой концентрации фуллеренов в масле:

$$\lg\ \lg\ \nu + A\ = B - C \cdot \lg\ T$$

где ν – величина кинематической вязкости жидкости, мм^2/с; T – температура, К.

Температурная зависимость разности значений кинематической вязкости масла ХФ-16-12 и наносасла ХФ-16-12 / C_{60} при нескольких значениях массовой концентрации фуллеренов C_{60} в нем приведена на рисунке 2.

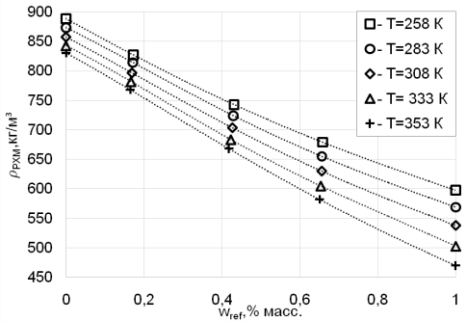


Рисунок 1. Концентрационная зависимость плотности растворов R600a/ХФ16-12 при различных температурах

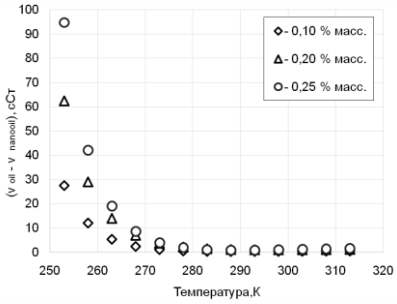


Рисунок 2 - Температурная зависимость разности значений кинематической вязкости масла ХФ-16-12 и наносасла ХФ-16-12 / C_{60}

Из приведенного рисунка следует, что даже небольшие количества примеси фуллеренов C_{60} приводят к существенному снижению вязкости масла (максимальный эффект наблюдается при концентрации фуллеренов 0,25 % масс. и составляет около 10 % при низких температурах - 253 К). Как показывают проведенные исследования этот эффект позволит улучшить запуск холодильного компрессора, а также унос масла из испарителя, и, как следствие, повысить эффективность процесса теплообмена в испарителе холодильной компрессорной системы. Особого эффекта на снижение потребляемой компрессором мощности примеси фуллеренов в масле оказывать не будут, так как при температурах, характерных для работы компрессора, влияние примесей фуллеренов на вязкость незначительно.

В работе [2] было показано, что добавка малых концентраций (0,1 % масс.) фуллеренов приводит к очень незначительному снижению вязкости базового масла при температурах проведения исследования (40 и 100 °С). Предполагается, что присутствие небольшого количества сферических наночастиц (таких как фуллерены) в масле в силу формы и небольших размеров не препятствует перемещению отдельных слоев жидкости при ее движении относительно друг друга, а наоборот приводит к снижению внутреннего трения между этими слоями. Но при увеличении концентрации наночастицы могут образовывать крупные ассиметричные агломераты, что будет способствовать повышению вязкости.

Обнаруженный в представленном исследовании эффект снижения вязкости при добавке в масло фуллеренов можно объяснить тем, что выбранные для исследования концентрации наночастиц были ниже концентраций начала образования агрегатов. Этот вывод косвенно подтверждается отсутствием помутнения масла при выполненном исследовании коэффициента пропускания для изученных образцов наномасла с помощью спектрофотометра Shimadzu UV-120-02 в оптических ячейках с длиной оптического пути 1,05 мм.

Экспериментальное исследование давления насыщенных паров растворов R600a/ХФ12-16 и R600a/ХФ12-16/C_{60} при концентрации фуллеренов 0,2 % масс. в диапазоне температур 258 – 353 К, концентраций хладагента 4 - 82 масс% и давлений от 0,2167 до 12,925 бар.

Полученная информация о давлении насыщенных паров объектов исследования приведена на рисунке 3. Влияние примесей фуллеренов на давление насыщенных паров демонстрирует рисунок 4.

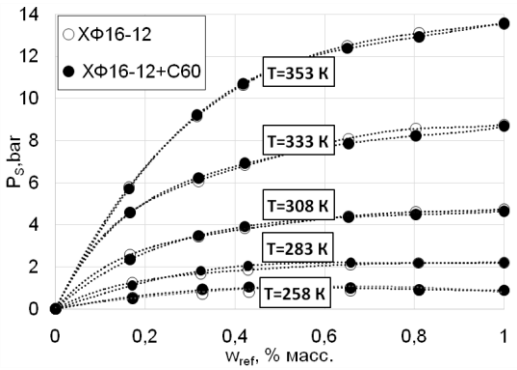


Рисунок 3 - Концентрационная зависимость давления насыщенных паров растворов R600a/ХФ16-12 и R600a/ХФ16-12/C_{60} (w_{C60}=0,2 масс. %)

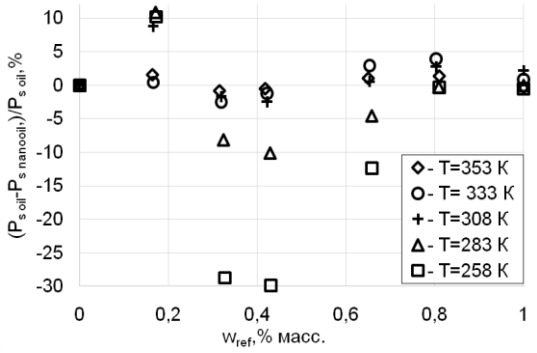


Рисунок 4 - Зависимость относительных отклонений ($P_{S\ РХМ}$-$P_{S\ наноРХМ}$)/$P_{S\ РХМ}$ для растворов R600a/ХФ16-12 и R600a/ХФ16-12/C_{60} (w_{C60}=0,2 масс. %)

Экспериментальные данные по давлению насыщенных паров были описаны уравнением, для которого получена концентрационная зависимость коэффициентов A и B:

$$\ln P_S = A - B/T$$

где P_S – давление насыщенных паров раствора, бар; T – температура раствора, К.

Анализ полученных экспериментальных данных по фазовым равновесиям хладагент/наномасло показывает, что влияние наночастиц фуллеренов C_{60} на давление насыщенных паров наиболее значительно при низких температурах исследуемых объектов. На рисунках 3 и 4 приведены только первичные экспериментальные данные о давлении насыщенных паров для системы R600a/компрессорное масло / C_{60}. Более коректная оценка влияния фуллеренов на давление насыщенных паров должна проводится по методикам учитывающим отличие концентрации компонентов в поверхностном слое раствора по сравнению с составом в объемной фазе [3, 4].

Литература

1. **Ku, B. C.** et al. Tribological effects of fullerene (C60) nanoparticles added in mineral lubricants according to its viscosity //International Journal of Precision Engineering and Manufacturing. – 2010. – Т. 11. – №. 4. – С. 607-611.

2. **Rashidi, A. et al.** Thermal and rheological properties of oil-based nanofluids from different carbon nanostructures //International Communications in Heat and Mass Transfer. – 2013. – Т. 48. – С. 178-182.

3. **Железный, В.П.** Методы прогнозирования псевдокритических параметров растворов хладагент/масло [Текст] / В.П. Железный, Ю.В. Семенюк, Т.Л. Лозовский, А.С. Маркварт // Вестник МАХ. – 2012. – №1. – С. 48-52.

4. **Железный, В.П.** Теплофизические свойства растворов хладагентов в компрессорных маслах: моногр. [Текст] /В.П. Железный, Ю.В. Семенюк.- Одесса: Фенікс. - 2013. - 419с.

УДК 621

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВПРЫСКА АГЕНТА ЧЕРЕЗ ФОРСУНКУ

В. Е. Когут, Е. Д. Бутовский , В. М. Бушманов , М. Г. Хмельнюк ,
Учебно-научный институт холода, криотехнологий и экоэнергетики, г. Одесса

При горении ископаемого топлива выделяются дымовые газы, в составе которых присутствует большое количество различных вредных веществ. Их в составе дымовых газов насчитывается несколько сотен. Канцерогенные смолы представляют одну из наиболее вредоносных групп, входящих в дымовые газы.

Во время режимов розжига, устройство впрыскивает в поток дымовых газов хладагент. Происходит смешивание впрыскиваемого потока и входящего потока дымовых газов. При смешении происходит снижение температуры. Эффект увеличивается за счет прохождения эжектора. Поток, преодолевая местное сопротивление, тратит часть внутренней энергии, и температура его снижается. При таком снижении температуры предположительно выпадение в осадок канцерогенных смол.

Модель создана с помощью метода Астахова-Голубкова и решений Погуляева, которая базируется на решении волновых уравнений гидродинамических процессов в трубопроводах с граничными условиями в виде уравнений объёмных балансов. Для решения приняты допущения: давление в форсунке постоянное, давление в трубопроводе постоянное, утечек нет. По методу Астахова-Голубкова разбиваем форсунку на условно три участка. Уравнения гидродинамических процессов не учитывают неравномерности распределения скорости и давления потока. Они основаны на теории гидроудара.

$$\frac{dt}{dt} = \frac{1}{\rho}\frac{dp}{dl} \quad (1)$$

$$\frac{du}{dl} = -\frac{1}{a^2\rho}\frac{dp}{dt} \quad (2)$$

u-скорость агента; p-давление; t-время l-координата сечения трубопровода; ρ-плотность; a-скорость ударных волн давления в агенте.

Исходя из решений уравнений гидродинамики в форме Д Аламбера можно вывести уравнение объёмного баланса для каждой отдельной камеры форсунки.

$$\alpha_{сж} V_i \frac{dp_i}{dt} = \sum_{j=1}^{n} \sigma_j \mu_j f_j u_j + \frac{dV_i}{dt} \quad (3)$$

$\alpha_{сж}$-коэф сжатия топлива; Vi-обьем i-той камеры; pi-давление i-той камеры; n-число топливоподающих каналов; σ-знаковая функция; μ-коэф.

Эффективного течения через отверстие соответствующего канала; f-минимальное сечения соответствующего канала; u-скорость течения топлива через отверстие канала. По сути эта формула представляет собой динамический баланс между входящим в камеру объёмом жидкости и исходящим из нее.

Первый член показывает сколько агента в сжатом состоянии в конкретной камере. Второй член - объём подачи агента в отдельную камеру за единицу времени, или его откачки. Третий член - объём вытесненного агента за единицу времени из конкретной камеры.

Скорость, с которой поток агента проходит через сечение канал определим как установившуюся с помощью уравнения Бернули.

$$u_k = \sqrt{\frac{2}{\rho}|p_{k1} - p_{k2}|} \quad (4)$$

k-индекс отверстия; pk1 pk2- давление до и после элемента форсунки в направлении течения агента

Рассматриваемую форсунку условно разделим на три камеры камеры. Для каждой из которой построим уравнение. Перед основным расчетом так же следует определится с характеристическими площадями сечений проходных каналов и объёма камер.

$$\alpha_{сж} V_1 \frac{dP_1(t)}{dt} = \frac{f_a}{a\rho}\left[P_0 - P_1(t) + 2F_2\left(t - \frac{L_{T2}}{a}\right)\right] - \sigma_b \mu_b f_b \sqrt{\frac{2}{\rho}|P_1(t) - P_2(t)|} \quad (5)$$

$$\alpha_{сж} V_2 \frac{dP_2(t)}{dt} = \sigma_b \mu_b f_b \sqrt{\frac{2}{\rho}|P_1(t) - P_2(t)|} - \sigma_c \mu_c f_c \sqrt{\frac{2}{\rho}|P_2(t) - P_3(t)|} - \sigma_e \mu_e f_e \sqrt{\frac{2}{\rho}|P_2(t) - P_3(t)|} \quad (6)$$

$$\alpha_{сж} V_3 \frac{dP_3(t)}{dt} = \sigma_c \mu_c f_c \sqrt{\frac{2}{\rho}|P_1(t) - P_2(t)|} - \sigma_g \mu_g f_g \sqrt{\frac{2}{\rho}|P_3(t) - P_ц(t)|} - f_з \frac{dx(t)}{dt} \quad (7)$$

Обозначения формулах

u-скорость агента;
p-давление;
t-время;
l-координата сечения трубопровода;
ρ-плотность;
a-скорость ударных волн давления в агенте;
$\alpha_{сж}$- коэффициент сжатия топлива;
Vi-обьем i-той камеры;
pi-давление итой камеры;
n-число топливоподающих каналов;
σ-знаковая функция;
μ-коэффициент Эффективного течения через отверстие соответствующего канала;
f-минимальное сечения соответствующего канала;
u-скорость течения топлива через отверстие канала.

Выводы

С помощью представленного выше способа расчета возможно составить представление о динамике работы исследуемой форсунки, получить данные о изменении давлений на выходе из форсунки с течением времени и при изменении параметров.

Список литературы:

1. **Погуляев Ю.Д., Капов С.Н., Белоногов С.А., Байтимеров Р.М**. Новая концепция системы управления подачей топлива // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2009. № 7. 26–30 с.
2. **Дьяконов В.П.** MATLAB 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6. Основы применения. М.: СОЛОН-Пресс, 2005. 800 с.
3. Mahr. B. Future and Potential of Diesel Injection Systems // THIESEL 2002 Conference on Thermoand Fluid-Dynamic Processes in Diesel Engines. 2002. №4 С. 5–17.

УДК 621

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЖЕКТОРНОГО ФИЛЬТРА ДЛЯ ОЧИТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ОТ ОКСИДА СЕРЫ

Когут В.Е. , Бушманов В.М. , Бутовский Е.Д., Жихарева Н. В., Хмельнюк М.Г.,
Учебно-научный институт холода, криотехнологий и экоэнергетики, г. Одесса

Сжигание органического природного топлива до сих пор является одним из самых популярных и распространенных методов получения тепла, и его использование для производственных процессов, и получения электроэнергии. Но несмотря на проработанность этой технологии все еще остается много проблем с этим процессом. Один из главных - это загрязняющие окружающую среду вещества, одни из этих веществ являются оксиды серы. При сжигании топлива содержавшего в себе серу, образуется два оксида серы: сернистый ангидрид (SO2) и серной ангидрид (SO3). Окислы серы образуются в контакте с атмосферной влагой, и являются кислотами, имеющих вредное воздействие на здоровье людей, состояние лесов, урожайных культур и другое. С целью сократить экономический и экологический ущерб от выбросов, в 1983г. была подписана конвекция ООН о сокращении выбросов оксида серы.

Все известные на сегодня способы организации технологического процесса удаления сернистого ангидрида из дымовых газов можно классифицировать следующим образом:

- Абсорбционные, при которых сернистый ангидрид связывается химически в промывочной жидкости физическим путем с помощью молекулярного притяжения;
- Адсорбционные, при которых происходит связывание сернистого ангидрида с поверхностью твердого материала чисто физическими силами взаимодействия;
- Гемосорбционные, при которых происходит химическое связывание.

Перечисленные выше способы можно разделить на мокрые и сухие в зависимости от того, в какой фазе происходит процесс связывания сернистого ангидрида. Мокрые абсорбционные методы, которые используют для связывания сернистого ангидрида промывочные растворы с щелочными свойствами, получили наиболее широкое распространение.

*Таблица №1 Расчетные удельные выбросы на некоторых ТЭС Украины **

Компания	Топливо	Качество топлива			q_4 %	V_{DVG}, $м_н^3/кг$		SO_2, $мг/м_н^3$
		Q_i^r, МДж/кг	A^d, %	S^d,%		I (Q)	II (A^d)	
Старобешевская	А, П	22,04	24,1	1,45	4,12	7.55	8.73	3172,5
Славянская	А	22,16	23,5	1,53	4,70	7.77	8.74	3348,4
Углегорская	Г, ДГ	22,57	22,9	3,22	0,17	8.29	7.89	7195,7
Трипольская	А, П	22,82	23,9	1,53	0,36	8.63	8.55	3418,7
Змиевская	А, П	23,03	23,6	1,92	3,50	7.93	8.84	4170,8

** Рассчитаны по методу разработанными в Институте угольных энерготехнологий НАН Украины и Национальном университете пищевых технологий*

В связи с необходимостью разработки эффективных методов очистки дымовых газов от оксидов серы возникает идея использования эжекционного фильтра. Эта идея принята в качестве дополнительного исследования практического применения фильтра. Первоначально ставилась цель исследовать очистку дымовых газов от канцерогенных смол. Элементарная схема фильтра показана на рис. 1. При очистке от канцерогенов планируется их осаждать охлаждением при объёмном теплообмене и смешивании газа с хладагентом. Исследовав литературу по очистке газов от фракций оксидов серы, авторами выдвинута идея применения в качестве распыляемого вещества, смеси водоизвестковой суспензии.

При пропускании дымовых газов через фильтр, в поток будет разбрызгиваться водоизвестковая суспензия. За счет турбулентного перемешивания потока, должна обеспечиваться высокая степень перемешивания и большая площадь контакта веществ. Далее части извести, через собственный вес и местные сопротивления на специальных участках трубопровода, будут выпадать в осадок. Очищенный газ пойдет дальше на электрический фильтр.



Рис.№ 1 Элементарная схема фильтра эжектора

Выводы

Принимая во внимание экологическую ситуацию, создаваемую при сжигании органических топлив можно сделать вывод, что исследования в области очистки дымовых газов обладают некоторой перспективностью. Усовершенствование существующих методов и создание новых имеют не только экологическое, но и экономическое значение.

Список Литературы

1. **Г.Я.Бернер,** «Технология очистки газа за рубежом»
2. **Игорь Вольчин, Людмила Гапонич** Доклад «Инженерный метод расчета параметров дымовых газов угольных ТЭС на основе характеристик твердого топлива»

УДК 621.57

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ПРОЦЕСІВ ТЕРМОПРЕСОРНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ НАДДУВНОГО ПОВІТРЯ СУДНОВИХ ДВЗ

Коновалов Д.В., Джуринська А.О.
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, Україна

Застосування термопресорного апарату в системах турбонаддуву є одним з ефективних шляхів підвищення паливноенергетичної ефективності сучасних суднових ДВЗ. Термопресія – це підвищення тиску газу в процесі миттєвого випаровування води, упорскуваної в газовий (повітряний) потік, прискорений до швидкості, близької звуковій [1]. При цьому на випаровування води відводиться теплота від наддувного повітря, в результаті чого знижується його температура. Термопресор є компактним пристроєм, який за габаритами значно виграє порівняно з іншими охолоджувальними апаратами поверхневого та контактного типу і до того ж забезпечує певне підвищення тиску.

Термопресорна система охолодження наддувного повітря складається з наступних елементів, що підключено послідовно [2]: турбокомпресор, термопресорний апарат, доохолоджувач наддувного повітря. Вода подається до термопресора під тиском і розпилюється в потоці повітря, що рухається зі швидкістю біля звукової, за соплом перед робочою камерою. Особливість розрахунку системи полягає в тому, що необхідно врахувати особливості розрахунку як процесу термогазодинамічної компресії, так і процесів охолодження та стиснення вологого повітря.

При стисненні повітря в ТК застосовують наступні залежності [3]. Температура повітря на виході з компресора при адіабатному стисненні:

$$T_2' = T_1 \cdot \pi_к^{\frac{k-1}{k}}.$$

Дійсна температура повітря на виході з компресора (враховуючи, що теплоємність повітря C_p в інтервалі температур $T_1 – T_2$ постійна):

$$T_2 = T_1 + \frac{T_2' - T_1}{\eta_к},$$

де $\eta_к$ – внутрішній к.к.д. компресора. В залежності від типу компресора і величини $\pi_к – \eta_к$ = 0,76...0,80.

Показник політропи дійсного процесу стискання:

$$n = \frac{1}{1 - \frac{\lg\left[\frac{\pi_к^{\frac{k-1}{k}} - (1-\eta_к)}{\eta_к}\right]}{\lg \pi_к}}$$

Відносна вологість повітря після компресора можна знайти з виразу:

$$\varphi_2 = \varphi_1 \frac{v_{s2}}{v_{s1}} \pi^{\frac{1}{n}}$$

Оскільки вологовміст у процесі стискання не змінюється, то:

$$d_1 = d_2$$

Теплоємність вологого повітря на нагнітанні компресора:

$$c_{вл2} = 1{,}01 + 1{,}89\, d_2$$

Ентальпія вологого повітря на виході:

$$I_2 = c_{вл2}\, t_2 + 2500\, d_2.$$

При охолодженні повітря в термопресорі і ОНП вологовміст змінюється, тому застосовують наступне рівняння:

$$d = 0{,}622\, p_п''/(p - p_п''),$$

де $p_п''$ – парціальний тиск водяної пари.

Відносна вологість повітря:

$$\varphi = p_п / p_п'',$$

де $p_п$ – тиск насиченої водяної пари.

Коефіцієнт вологовипадіння:

$$\xi = (I_1 - I_2) / (c_{вл}\,(t_1 - t_2)$$

Розрахунок термогазодинамічної компресії здійснювався за методиками [4, 5]. Основні рівняння для даного потоку. Рівняння матеріального балансу

$$G' + G'' = G_{сум},$$

где $G_{сум}$, G', G'' – масові витрати суміші, газу та упорскуваної рідини, що нагнітається, що відповідно утворилася; крім того, $G_{сум}$ на підставі рівняння нерозривності можна навести в наступному вигляді:

$$G_{см} = \rho F w$$

де ρ – густина потоку; F – площа поперечного перетину; w – швидкість потоку.

Рівняння балансу механічної енергії для одиниці маси

$$d\frac{w^2}{2} = -vdp - dl_{тр},$$

де $l_{тр}$ – питома робота сил тертя.

Рівняння збереження кількості руху

$$\frac{G''}{g}(w'' + dw'') + \frac{G'}{g}(w' + dw') - \frac{G''}{g}w'' - \frac{G'}{g}w'' = FdP - \tau_{тр}\pi Ddz,$$

де $\tau_{тр}$ – дотична напруга біля стінки труби; D – діаметр секції випаровування; z – координата уздовж подовжньої осі.

При аналізі процесів випарного контактного охолоджування використовується також залежність для визначення числа Маха, для визначення температури і тиску гальмування, рівняння стану ідеального газу. Повне підвищення тиску для реального термопресора визначається за рівнянням [4, 5]:

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{-B\frac{kM^2}{2}} - \frac{\left(\xi_м + \xi_{тр}\frac{l}{D}\right)\rho\alpha_{дф}^2 M^2}{2P_1},$$

де $B = 1 - 2\frac{C_p}{C_{впр}}$; l/D – відношення довжини до діаметру камери змішування; $\alpha_{дф}$ – швидкість звуку двофазного потоку; $\xi_м$, $\xi_{тр}$ – коефіцієнти опору: місцевий і тертя по довжині.

Висновки. Врахування особливостей розрахунку процесів охолодження і стискання наддувного повітря, а також процесу термогазодинамічної компресії дозволяє визначити параметри вологого повітря (тиск, температура, ентальпія, відносна вологість, вологовміст) на виході з термопресорної системи наддувного повітря ДВЗ. При визначенні паливно-енергетичної ефективності суднових ДВЗ це дозволяє врахувати особливості режимів експлуатації в різних кліматичних умовах.

Список літератури

1. **Вулис Л.А.** Термодинамика газовых потоков / Лев Абрамович Вулис. – Москва, Ленинград: Госэнергоиздат, 1950. – 304 с.
2. **Коновалов Д.В.** Термопресорні системи охолодження суднових ДВЗ / Дмитро Вікторович Коновалов. // Авиационно-космическая техника и технология. – 2011. – №10 (87). – С. 44−48.
3. Двигатели внутреннего сгорания. Кн. 1. Теория рабочих процессов / В.Н. Луканин, К.А. Морозов, А.С. Хачиян и др. – М.: Высшая школа, 2007. – 479 с.
4. **Живица В.И.** Промежуточные охладители с термопрессором для двухступенчатых аммиачных холодильных установок // Холодильная техника. – 2002.- № 5.- С.18-20.
5. **Степанов И.Р.** Некоторые задачи движения газа и жидкости в каналах и трубопроводах энергоустановок / И.Р. Степанов, В.И. Чудинов. – Ленинград: Наука. Ленингр. отд-ние, 1977. – 199 с. – (АН СССР, Кольск. филиал им. С.М. Кирова).

УДК 621.578

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕРМОПРЕСОРНИХ СИСТЕМ ШЛЯХОМ РОЗПИЛЕННЯ ВОДИ, ПЕРЕГРІТОЇ ВІДНОСНО ТЕМПЕРАТУРИ НАСИЧЕННЯ

Коновалов Д.В., Кобалава Г.О.
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, Україна

Забезпечення оптимальних початкових параметрів робочого циклу через вдосконаленням системи турбонаддуву є одним з резервів підвищення енергетичної ефективності ДВЗ. Скорочення потужності, яку споживає турбокомпресор наддувного повітря, забезпечує утворення резерву потужності турбіни турбокомпресора, яку можна передавати на вал двигуна або використовувати для приводу електрогенератора.

Застосування термогазодинамічної компресії (термопресії) в системі турбонаддуву ДВЗ дозволяє поєднати два процеси – контактне охолодження наддувного повітря і підвищення тиску, які забезпечують скорочення витрат потужності компресора [1]. Для здійснення цих процесів застосовують термопресор [2, 3].

Значний вплив на роботу термопресора здійснюють конструктивні чинники [3, 4], від яких залежить число Маха-Маєвського М на вході в секцію випаровування. Число *М* визначає величину енергії парового потоку. При низьких числах *М* швидкість випаровування невелика, що призводить до збільшення довжини ділянки випаровування та відповідно до зростання втрат енергії на тертя. З підвищенням числа *М* відбувається більш інтенсивне випаровування на більш короткій ділянці секції випаровування при відповідно менших втратах на тертя.

На роботу термопресора впливає також такий режимний чинник, як організація подачі та розпилу рідини. До системи упорскування рідини пред'являється ряд вимог [4]:

1) достатньо дрібне розпилення;
2) рівномірний розподіл крапель у поперечному перерізі каналу;
3) максимальна швидкість упорскуваної рідини;
4) невеликий аеродинамічний опір конструкції форсунки.

Діаметр краплі рідини доволі сильно впливає на довжину ділянки випаровування і швидкісний режим: із зменшенням первинного розміру краплі довжина ділянки випаровування і втрати на тертя значно зменшуються.

Упорскування води збільшує коефіцієнт тертя на 10...20 %, отже для того, щоб уникнути подальшого збільшення втрат, необхідно знижувати аеродинамічний опіру конструктивних елементів системи. З цією метою бажано розміщувати пристрої системи уприскування в потоці з малою швидкістю газу (перед соплом) і виконувати їх більш обтічної форми [5].

Створення досконалої конструкції для розпилення рідини має певні труднощі. На сьогоднішній день для термопресорів застосовують найпростіші за конструкцією системи пневматичного розпилення рідини в потоці газу (повітря) з малою швидкістю, або відцентрові форсунки з невеликим тиском і відносно грубим розпиленням.

Застосування вдосконалених систем підведення і розпилення води, які відповідають наведеним вимогам, дозволить в значній мірі збільшити ефект від термогазодинамічної компресії при відносно низьких витратах води.

Одним з перспективних сучасних способів покращення ефективності розпилення є використання перегрітої води, що, наприклад, при реалізації упорскування води на вході компресора газопаротурбінної

установки дозволяє підвищити ККД установки на 1…2 % [6]. В термопресорних системах такий спосіб розпилення рідини, перегрітої відносно температури насичення, раніше не розглядався.

Для сучасних суднових середньообертових двигунів (СОД), як правило, застосовують триконтурну систему охолодження. При цьому в охолоджувачі наддувного повітря (ОНП) застосовують дві секції охолодження: високотемпературну, в якій теплота відводиться від повітря до води системи охолодження двигуна, та низькотемпературну з відведенням теплоти до контуру прісної води центрального охолоджувача.

В роботі проаналізовано і досліджено схемне рішення із застосуванням термопресора у складі триконтурної системи охолодження суднового СОД (рис. 1). Термопресор встановлено за турбокомпресором перед ОНП. Таке рішення дозволяє вилучити зі складу ОНП високотемпературну секцію, залишивши тільки низькотемпературну секцію для доохолодження повітря перед ресивером до заданої температури 45 °С. З метою поліпшення якості розпилення води в термопресорній системі запропоновано здійснювати попередній підігрів води в теплообміннику ПВ до температури 85…90 °С за рахунок теплоти води на виході з системи охолодження двигуна. Наступний перегрів води до температури 100…120 °С здійснюється завдяки додатковій більш глибокій утилізації теплоти відхідних газів в утилізаційному котлі (УК). Окрім зменшення енергетичних витрат на організацію безпосередньо процесу розпилення, це дозволяє повертати частину низькопотенційної теплоти в цикл енергетичної установки разом з упорскуваною водою, що, у свою чергу, дозволяє підвищити коефіцієнт використання теплоти.

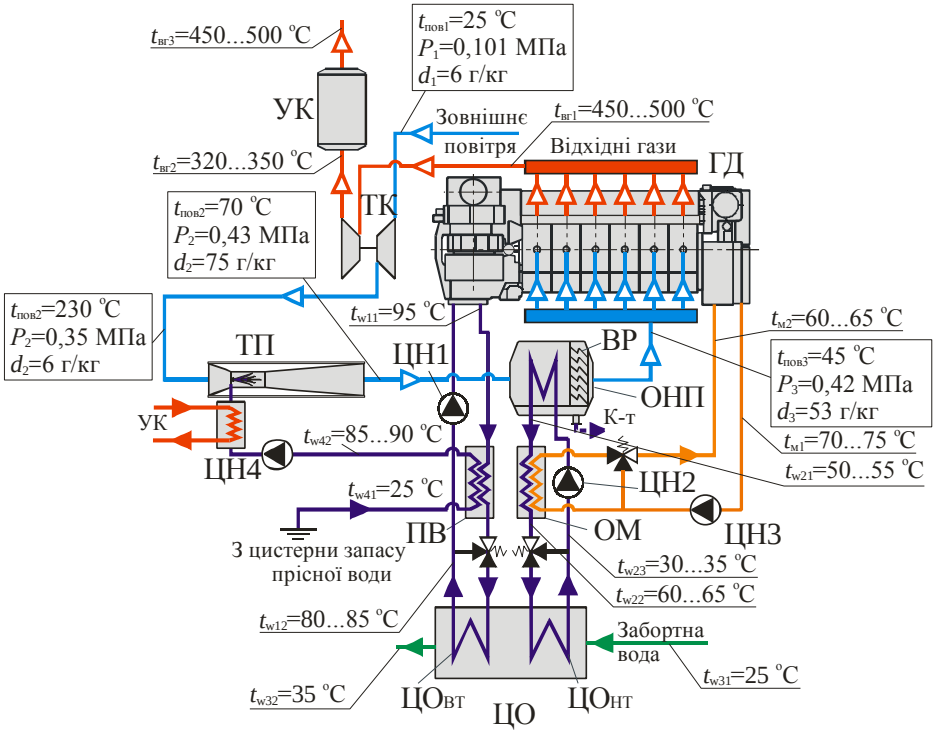


Рис. 1. Триконтурна система охолодження середньообертового головного суднового двигуна з використанням термопресора:
ГД – головний двигун; УК – утилізаційний котел; ТК – турбокомпресор;
ОНП – охолоджувач наддувного повітря; ВР – відокремлювач рідини;
ТП – термопресор; ПВ – теплообмінник для підігріву води; ЦО – центральний охолоджувач; $ЦО_{ВТ}$ – високотемпературна секція центрального охолоджувача;
$ЦО_{НТ}$ – низькотемпературна секція центрального охолоджувача;
ЦН1, ЦН2, ЦН3, ЦН4 – циркуляційний насос; ОМ – охолоджувач масла

Розрахунок термопресорної системи здійснено для головного суднового СОД фірми "Wartsila" (Фінляндія) марки 6L20.

Як показали дослідження, упорскування перегрітої води (температура 120 °С) в термопресорну систему дозволяє зменшити довжину ділянки випаровування, а відтак зменшити довжину робочої камери термопресора. Це, у свою чергу, зменшує втрати на тертя на 5…15 % (3…9 кПа). Окрім цього, зменшується кількість теплоти наддувного повітря, що витрачається на додатковий підігрів упорскуваної води до температури насичення. Аналіз роботи даної системи за швидкості повітряного потоку в робочій камері М = 0,95 показує, що при степені стиснення в турбокомпресорі $\pi_к$ = 2,5 і перегріві упорскуваної води підвищення тиску (термогазодинамічна компресія) складає ΔP = 0,02 МПа (9 %) при температурі повітря на виході з

термопресорної системи $t_{п2}$ = 55 °С (відносна температура T_1/T_2 = 1,25), а при $\pi_к$ = 5,0 термогазодинамічна компресія складає ΔP = 0,1 МПа (20 %) при температурі повітря на виході з термопресорної системи $t_{п2}$ = 80 °С (відносна температура T_1/T_2 = 1,50). Отримані результати дозволяють зробити висновок, що упорскування перегрітої води в термпресорній системі дозволяє додатково збільшити відносне підвищення тиску повітря на 6 % для $\pi_к$ = 2,5 і 10 % для $\pi_к$ = 5,0 за тих самих температур повітря на виході з термопресора з відповідним зменшенням потужності турбокомпресора двигуна. Витрата води при цьому складає 2…5 %.

Висновки. Використання перегрітої води для упорскування в термопресор системи охолодження наддувного повітря суднових двигунів є перспективним способом підвищення ефективності процесу розпилення, який забезпечує зменшення витрати потужності турбокомпресора на стиснення наддувного повітря і повернення скидної теплоти в цикл енергетичної установки.

Список літератури

1. **Коновалов Д.В.** Термопресорні системи охолодження суднових ДВЗ [Текст] / Д.В. Коновалов. // Авиационно-космическая техника и технология. – 2011. – №10 (87). – С. 44−48.
2. **Вулис Л.А.** Термодинамика газовых потоков [Текст] / Л.А. Вулис. – Москва, Ленинград: Госэнергоиздат, 1950. – 304 с.
3. **Степанов И.Р.** Некоторые задачи движения газа и жидкости в каналах и трубопроводах энергоустановок [Текст] / И.Р. Степанов, В.И. Чудинов. – Ленинград: Наука. Ленингр. отд-ние, 1977. – 199 с. – (АН СССР, Кольск. филиал им. С.М. Кирова).
4. **Ерофеев В.Л.** Экспериментальное исследование термопрессора [Текст] / В.Л. Ерофеев // Тр. ленинградского института водного транспорта. Судовые энергетические установки и техническая эксплуатация флота. – 1974. – № 147. – С. 25−30.
5. **Коханский А. И.** Повышение эффективности работы двухступенчатой холодильной установки на основе применения термогазодинамического эффекта / А. И. Коханский, А. Н. Богач, В. И. Живица. // Холодильная техника. – 1980. – №1. – С. 25–30.
6. **Дикий М.О.** Підвищення ефективності ГПТУ «Водолій» охолодженням повітряного потоку в компресорі / М.О. Дикий, А.С. Соломаха, В.Г. Петренко. // Наукові вісті НТУУ КПІ. – 2011. – №5. – С. 31–34.

УДК 621.578

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОГАЗОДИНАМИЧЕСКОЙ КОМПРЕССИИ В ЦИКЛЕ ЭЖЕКТОРНОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ

Коновалов Д.В., Кобалава Г.А.
Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова, Украина

Повышение энергетической эффективности цикла эжекторной теплоиспользующей холодильной машины (ЭХМ) обеспечивает возможность более широкого применения таких машин в роли вспомогательных аппаратов в энергетических установках.

ЭХМ работает по совмещенному циклу паросиловой установки и холодильной машины. В состав холодильного контура входит: эжектор, конденсатор, дроссельный клапан и испаритель, а в состав паросилового контура входит: парогенератор, эжектор, конденсатор и насос. Тепловая эффективность таких ЭХМ не достаточно высока: φ = 0,2...0,4. Однако более высокого теплового коэффициента можно добиться, например, за счет применения двух- или трехступенчатого последовательного сжатия в эжекторной установке или введением двойной регенерации [1]. Регенеративный теплообменник, устанавливаемый на всасывании эжектора, обеспечивает переохлаждение конденсата перед регулирующим клапаном, а соответственно, увеличение холодопроизводительности ЭХМ. Однако, рост всасываемых эжектором паров снижает коэффициент эжекции *U* и, следовательно, тепловой коэффициент ЭХМ [1].

Большей эффективности можно достичь за счет снятия перегрева с одновременным дополнительным повышением давления пара хладагента на всасывании в эжектор, путем применением эффекта теормгазодинамической компрессии (термопрессии), который заключается в повышении давления и снижении температуры потока пара (газа), движущегося с околозвуковой скоростью, при впрыске в этот поток жидкости [2]. Эффект термопрессии применяется для целей высокоскоростного охлаждения в двухступенчатых холодильных машинах [4] и охлаждения уходящих газов ДВС [3].

Повысить давление на всасывании в эжектор и при этом снять перегрев после регенеративного теплообменника (РТО) ЭХМ возможно за счет включения в схему установки термопрессора ТП (рис. 1). Установка работает следующим образом: эжектор Эж всасывает пар из испарителя И, используя энергию рабочего пара высокого давления, который поступает из генератора Гн, расширяется в его сопле до

давления, несколько меньшего, чем давление пара на выходе из РТО, и сжимает его до давления конденсации. Сжатый в эжекторе Эж пар конденсируется в конденсаторе Кн. Жидкий хладагент разделятся на два потока. Первый поступает в РТО, где переохлаждается за счет пара после испарителя И и дросселируется в инжекторе Ин, затем испаряется в испарителе, и полученный насыщенный пар перегревается в РТО. Второй поток – сжимается в насосе ЦН до высокого давления и испаряется в генераторе Гн.

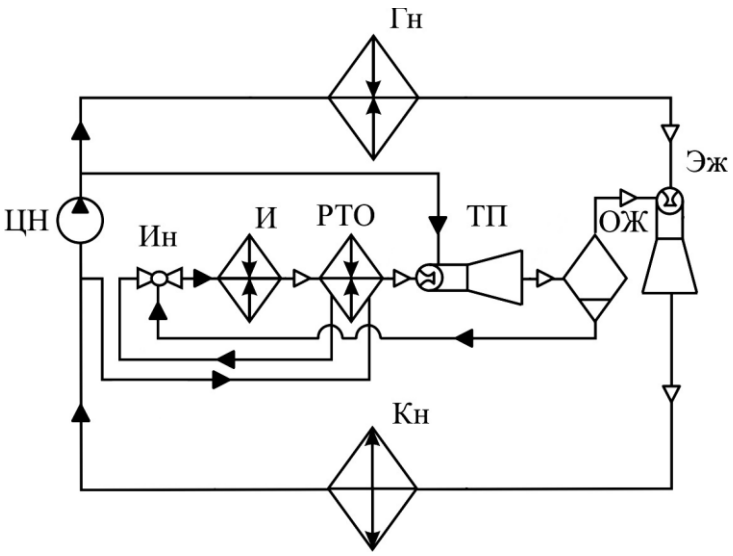


Рис. 1. Схема ЭХМ с применением термопрессора в комбинации с эжектором:
Гн – генератор пара; Эж – эжектор; ТП – термопрессор; Кн – конденсатор;
И – испаритель; Ин – инжектор; РТО – регенеративный теплообменник;
ОЖ – отделитель жидкости; ЦН – циркуляционный насос

Термопрессор устанавливается на всасывании в эжектор после РТО. Для снятия перегрева и повышения давления потока пара после РТО в рабочую камеру термопрессора впрыскивается часть жидкости после циркуляционного насоса. Впрыскивание необходимо осуществлять в поток пара, движущегося с околозвуковой скоростью [3]. Для получения эффекта как можно большего повышения давления необходимо, чтобы испарение жидкости было неполным. За термопрессором устанавливается отделитель жидкости ОЖ. Жидкость после ОЖ возвращается инжектором Ин в испаритель. При этом инжектор исполняет роль дроссельного клапана.

Анализ работы установки при температурах кипения в испарителе t_0 = - 10...+20°С, показывает, что при перегреве после РТО $t_{пер}$ = 100...140 °С увеличение теплового коэффициента ЭХМ в дополнение к эффекту от регенерации (в среднем 25%) составит Δφ = 2...8 %.

Температура конденсации $t_к$ хладагента R142b, для которого производились расчеты принималась равной 35 °С, а относительная длина рабочей камеры L/D = 3. Увеличение давления в термопрессоре при данных температурах кипения составило 0,2...0,4 · 10^5 Па.

Применение данной схемы позволяет поднять эффективность ЭХМ до φ = 0,5...0,7.

Выводы Применение термопрессора обеспечивает повышение теплового коэффициента ЭХМ на 2...8 % в дополнение к эффекту от регенерации теплоты в цикле.

Список литературы

1. **Захаров Ю.В.** Судовые установки кондиционирования воздуха и холодильные машины. [Текст] / Ю.В. Захаров. – Санкт-Петербург: Судостроение, – 1994. – 504 с.
2. **Вулис Л.А.** Термодинамика газовых потоков [Текст] / Л.А. Вулис. – Москва, Ленинград: Госэнергоиздат, 1950. – 304 с.
3. **Степанов И.Р.** Некоторые задачи движения газа и жидкости в каналах и трубопроводах энергоустановок [Текст] / И.Р. Степанов, В.И. Чудинов. – Ленинград: Наука. Ленингр. отд-ние, 1977. – 199 с. – (АН СССР, Кольск. филиал им. С.М. Кирова).
4. **Живица В. И.** Промежуточные охладители с термопрессором для двухступенчатых аммиачных холодильних установок / В. И. Живица. // Холодильная техника. – 2002. – №5. – С. 18–20.

УДК 621.438.13:621.57

РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДВУХСТУПЕНЧАТОГО ВОЗДУХООХЛАДИТЕЛЯ НА ВХОДЕ ГТУ

С.А. Кантор ,
ПАО "Завод "Экватор", Украина

Ухудшение эффективности работы ГТУ с повышением температуры наружного воздуха $t_{нв}$ на входе вызвало необходимость его охлаждения, в частности, с помощью теплоиспользующих холодильных машин (ТХМ). В абсорбционных бромисто-литиевых холодильных машинах (АБХМ) можно охладить воздух до температуры $t_{в2}$ примерно 15 °С (температура хладоносителя-холодной воды $t_{хв}$ = 7…10 °С), а в эжекторных (ЭХМ) на низкокипящем рабочем теле (НРТ)-хладоне – до $t_{в2}$ = 10 °С и ниже (в зависимости о температуры кипящего хладона t_0 = 0…5 °С в охладителе воздуха на входе ГТУ).

Эффективность трансформации теплоты в холод в ТХМ характеризуется тепловым коэффициентом ζ – отношением генерируемой холодопроизводительности Q_0 к потребляемой теплоте $Q_г$. Поскольку тепловой коэффициент ζ ЭХМ в 2…3 раза ниже, чем в АБХМ, то целесообразно ЭХМ применять в качестве низкотемпературной ступени охлаждения воздуха от 15 °С до 10 °С, а более эффективные АБХМ – для охлаждения воздуха от наружной температуры $t_{нв}$ до 15 °С. Такое последовательное охлаждение воздуха на входе ГТУ абсорбционной и эжекторной холодильными машинами (АЭХМ) возможно в двухступенчатых воздухоохладителях с использованием холодной воды от АБХМ в их высокотемпературной ступени охлаждения $ВО_{ВТ(А)}$ и кипящего НРТ ЭХМ – в низкотемпературной $ВО_{НТ(Э)}$.

Цель исследования – разработка подхода к определению рациональных тепловых нагрузок и температурных режимов воздухоохладителей двухступенчатого охлаждения воздуха на входе ГТУ.

Предложена схема двухступенчатой теплоиспользующей системы охлаждения (ДТСО) воздуха на входе ГТУ в АБХМ и ЭХМ. Сбросная теплота выпускных газов ГТУ отводится промежуточным теплоносителем – горячей водой, которая служит источником теплоты для генераторов паров высокого давления АБХМ (паров воды) и ЭХМ (паров НРТ). Поэтому контуры генераторов АБХМ и ЭХМ включают экономайзер нагрева воды. Конденсаторы АБХМ и ЭХМ охлаждаются системой оборотного охлаждения с отводом теплоты градирнями. Двухступенчатый воздухоохладитель включает высокотемпературную ступень $ВО_{ВТ(А)}$ охлаждения воздуха холодной водой от АБХМ и низкотемпературную ступень $ВО_{НТ(Э)}$ с отводом теплоты кипящим НРТ в испарителе-воздухоохладителе (И-ВО) ЭХМ.

Генератор ЭХМ состоит из экономайзерной секции, в которой происходит нагрев жидкого НРТ от температуры конденсации $t_к$ до температуры кипения $t_г$, и испарительной секции, в которой НРТ кипит при высоких температуре $t_г$ и давлении.

Тепловой коэффициент ζ и, следовательно, генерируемая холодопроизводительность ЭХМ и АБХМ: $\bar{q}_0 = \zeta \bar{q}_г$, существенно зависят от температуры температуры $t_{гв}$ горячей воды на входе генераторов, соответственно температуры $t_г$ кипения R142b в генераторе ЭХМ. При температуре горячей воды $t_{гв}$ на входе генератора ЭХМ $t_{гв1}$ = 95 ºС (температура кипения R142b в генераторе ЭХМ $t_г$ = 90 ºС).

Рассчитаны температуры отработанных газов ГТУ $t_{ог}$, греющей воды $t_{гв}$ и НРТ-хладона $t_г$ в генераторах ЭХМ и АБХМ, а также изменение температуры воздуха $t_в$ по глубине L (по ходу воздуха), холодной воды $t_{хв}$ в $ВО_{ВТ(А)}$ (температура кипения хладона R142b в $ВО_{НТ(Э)}$ t_0 = 5 °С). Нагреву жидкого НРТ в экономайзерной секции ЭС генератора от температуры конденсации $t_к$ = 35 °С до температуры кипения НРТ $t_г$ = 80 °С и его кипению при $t_г$ в испарительной секции ИС генератора (изменению $t_г$ от $t_г = t_к$ = 35 °С до $t_г$ = 80 °С) соответствует снижение температуры греющей воды $t_{гв}$ (нагретой за счет теплоты отработанных газов ГТУ в экономайзере) от $t_{гв1}$ = 95 °С до $t_{гв2Э}$ = 88 °С. Дальнейшее снижение температуры греющей воды от $t_{гв2Э}$ = 88 °С до $t_{гв2А}$ = 70 °С происходит в генераторе АБХМ с получением холодной воды с температурой $t_{хв} = t_w$ = 7 °С, служащей хладоносителем для высокотемпературной ступени $ВО_{ВТ(А)}$ воздухоохладителя на входе ГТУ. Низкотемпературной ступенью $ВО_{НТ(Э)}$ является испаритель ЭХМ с непосредственным испарением НРТ-хладона R142b при температуре кипения t_0 = 5 °С.

В результате расчетов получены данные по изменению тепловой нагрузки Q, площади наружной ребристой поверхности F, аэродинамического сопротивления ΔP, коэффициента влаговыпадения Δ, температуры кипения НРТ t_0, температуры воздуха на выходе (за трубкой) $t_{в2}$, влагосодержания d по глубине L воздухоохладителя. Показано, что для рассматриваемого случая длины (глубина по ходу воздуха) высокотемпературной $ВО_{ВТ(А)}$ ступени $L_{ВТ}$, низкотемпературной $ВО_{НТ(Э)}$ ступени $L_{НТ}$ и всего воздухоохладителя $L_{ВО} = L_{ВТ} + L_{НТ} \approx 0{,}9$ м.

Итак, рациональное проектирование воздухоохладителей двухступенчатого охлаждения воздуха на входе ГТУ сводится к определения рациональных тепловых нагрузок $Q_Г$ на генераторы АБХМ и ЭХМ, включая испарительную и экономайзерную секции генератора ЭХМ, соответствующих температур теплоносителя (горячей воды) на входе в генераторы АБХМ и ЭХМ, от которых зависят тепловые

коэффициенты ζ для ЭХМ и АБХМ, т.е. эффективность трансформации теплоты в холод в АБХМ и ЭХМ и, следовательно, генерируемые ими холодопроизводительности $Q_0 = \zeta\ Q_Г$, т.е. тепловые нагрузки на высокотемпературную $ВО_{ВТ(А)}$ и низкотемпературную $ВО_{НТ(Э)}$ ступени и весь воздухоохладитель на входе ГТУ, длина L по ходу воздуха (глубина) и поверхность теплообмена F двухступенчатого воздухоохладителя, а следовательно, глубина охлаждения воздуха $t_{В2}$ и получаемый за счет этого эффект в виде сокращения расхода топлива.

Выводы

Разработан подход к определению рациональных тепловых нагрузок и температурных режимов высокотемпературной (абсорбционной) и низкотемпературной (эжекторной) ступеней воздухоохладителей двухступенчатого охлаждения воздуха на входе ГТУ последовательно абсорбционной и эжекторной холодильными машинами, утилизирующими теплоту отработанных газов ГТУ, что обеспечивает глубокое (до 10 °С) охлаждение воздуха на входе.

УДК 621.436.13:621.57

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОПЛИВНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗОПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ УСТАНОВКИ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ПО ДАННЫМ МОНИТОРИНГА

А.Н. Радченко, А.В. Коновалов,
Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова, Украина

Газопоршневые двигатели (ГПД) широко применяются в установках автономного энергообеспечения для привода электрогенераторов. Одним из основных преимуществ ГПД по сравнению с другими тепловыми двигателями является не столь значительное ухудшение топливной эффективности при эксплуатации на частичной нагрузке. Охлаждение наддувочной газовоздушной смеси (ГВС) во второй низкотемпературной ступени охладителя наддувочной смеси $ОНВ_{НТ}$ перед ее подачей в цилиндры ГПД осуществляется, как правило, системой оборотного охлаждения с отводом теплоты от промежуточного водяного контура охлаждения в атмосферу градирнями сухого типа. Повышение температуры воздуха $t_{вх}$ на входе турбокомпрессора (ТК) и наружного воздуха $t_{нв}$ на входе в градирни системы оборотного охлаждения наддувочной ГВС приводит к падению топливной эффективности ГПД – возрастанию удельного расхода топлива b_e. Поэтому для поддержания высокой топливной экономичности ГПД при повышенных температурах наружного воздуха весьма целесообразно охлаждать воздух на входе ТК и наружный воздух на входе в градирни системы оборотного охлаждения наддувочной ГВС, например с помощью теплоиспользующих холодильных машин (ТХМ), утилизирующих сбросную теплоту ГПД.

Для оценки эффекта от охлаждения воздуха на входе ТК и наддувочной ГВС необходимо располагать данными по раздельному влиянию их температуры на удельный расход топлива b_e. Поскольку в установках автономного энергообеспечения, особенно при небольшом количестве двигателей, их работа на частичных нагрузках – в зависимости от энергопотребления конкретных промышленных и других объектов – довольно частый режим для практики эксплуатации, то для оценки целесообразности охлаждения циклового воздуха в ТХМ необходимо располагать данными по снижению топливной эффективности ГПД при привода электрогенераторов. топливной эффективности при повышенных температурах наружного воздуха. К сожалению, фирмы-изготовители ГПД, как правило, не дают данных об изменении b_e в зависимости от климатических условий эксплуатации в открытых информационных источниках. Устранить этот пробел можно путем обработки соответствующих данных по b_e, получаемых в результате мониторинга соответствующих показателей ГПД установок автономного энергообеспечения.

Целью данного исследования является получение характеристики ГПД по зависимости их топливной эффективности от климатических условий при эксплуатации частичной нагрузке.

Метод обработки данных мониторинга топливной эффективности ГПД с целью получения зависимости потребления топлива от температуры наружного воздуха $t_{нв}$ на входе в градирни системы оборотного охлаждения наддувочной ГВС и воздуха на входе ТК $t_{вх}$ разработан на основе данных мониторинга первой на Украине тригенерационной установки автономного электро-, тепло- и холодообеспечения ООО "Сандора"–"Pepsico Ukraine" (с. Мешково-Погорелово, Николаевская обл.). Тригенерационная установка включает два когенерационных ГПД JMS 420 GS-N.LC GE Jenbacher (электрическая мощность одного ГПД 1400 кВт, тепловая мощность 1500 кВт).

Результаты мониторинга топливной эффективности ГПД представлялись в виде массивов данных $b_{ev} = f(t_{нв})$ по зависимости удельного объемного расхода топлива (природного газа) b_{ev} от температуры наружного воздуха $t_{нв}$ на входе в градирню системы оборотного охлаждения наддувочной ГВС при разных

температурах воздуха на входе ТК $t_{вх}$. Целью обработки массивов данных $b_{ev} = f(t_{нв})$ является определение величины изменения удельного объемного расхода топлива db_{ev} , приходящейся на изменение температуры наружного воздуха $t_{нв}$ на входе в градирню системы оборотного охлаждения наддувочной ГВС на 1 °С, т.е. $db_{ev} / dt_{нв}$.

Результаты обработки данных по объемным расходам топлива в абсолютных B_e и относительных b_e величинах с получением величины их изменения ΔB_e и Δb_e при изменении температуры наружного воздуха на входе в градирню системы оборотного охлаждения наддувочной ГВС $t_{нв}$ на 1 °С в зависимости от температуры наружного воздуха $t_{нв}$, т.е. $\Delta B_e / \Delta t = f(t_{нв})$ и $\Delta b_e / \Delta t = f(t_{нв})$, при мощности ГПД N_e = 1000-1100 кВт представлены соответственно на рис. 1 и 2.

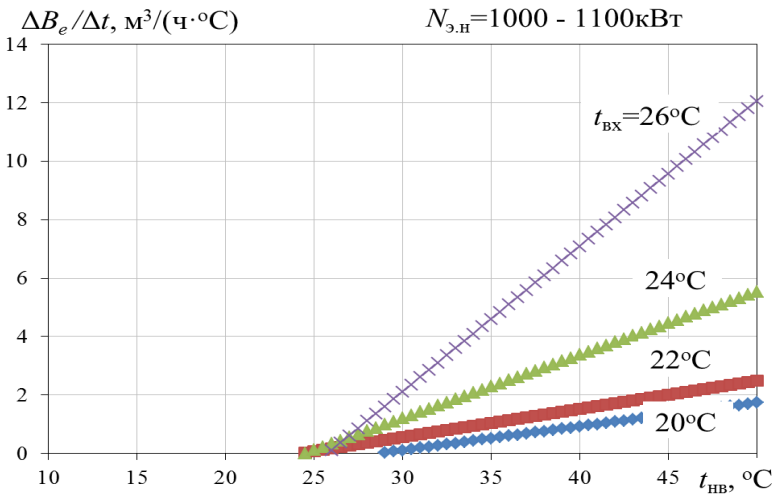


Рис. 1. Зависимости изменения объемного расхода топлива ГПД $\Delta B_e / \Delta t$, приходящегося на изменение температуры наружного воздуха на входе в градирню системы оборотного охлаждения наддувочной ГВС $\Delta t_{нв}$ = 1 °С, от температуры наружного воздуха $t_{нв}$ при разных температурах воздуха на входе ТК $t_{вх}$ = 20…30 °С и номинальной мощности ГПД N_e = 1400 кВт

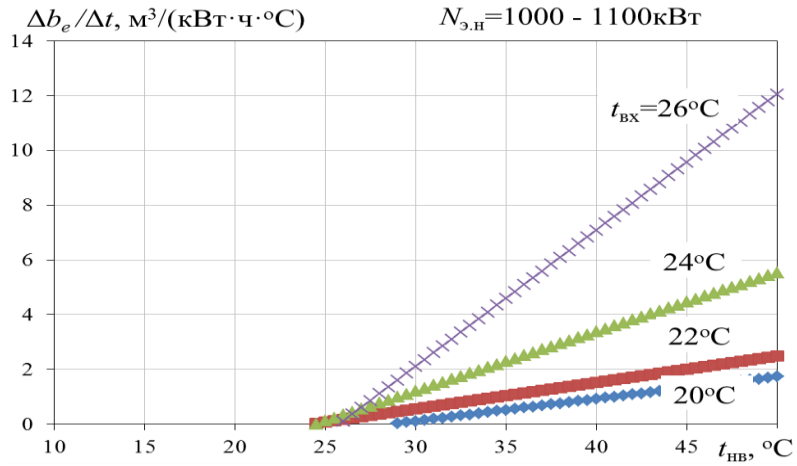


Рис. 2. Зависимости изменения удельного объемного расхода топлива ГПД $\Delta b_e / \Delta t$, приходящегося на изменение температуры наружного воздуха на входе в градирню системы оборотного охлаждения наддувочной ГВС $\Delta t_{нв}$ = 1 °С, от температуры наружного воздуха $t_{нв}$ при разных температурах воздуха на входе ТК $t_{вх}$ = 20…30 °С и номинальной мощности ГПД N_e = 1400 кВт

Об ухудшении топливной эффективности ГПД из-за повышения температуры наружного воздуха на входе в градирню системы оборотного охлаждения наддувочной ГВС $t_{нв}$ можно судить по зависимости расхода топлива в относительных величинах – по сравнению с его спецификационным (номинальным) значением, $B_e / B_{e.н}$, от температуры наружного воздуха $t_{нв}$ при разных температурах воздуха на входе ТК $t_{вх}$ = 20…30 °С и эксплуатации ГПД на номинальной мощности ГПД N_e = 1400 кВт и на частичной нагрузке N_e = 1000…1100 кВт, приведенным на рис. 3.

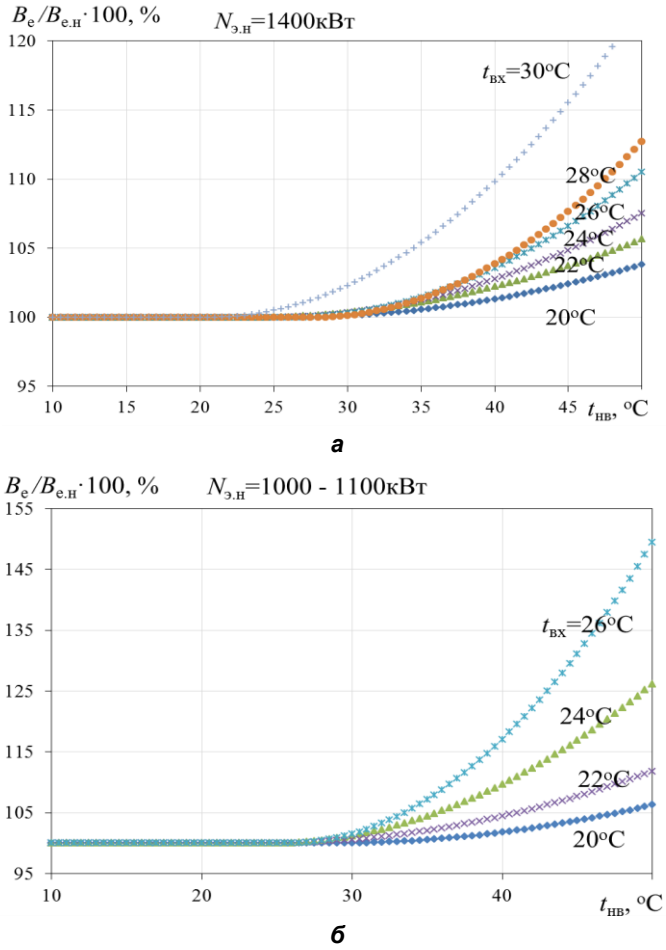


Рис. 3. Зависимости изменения объемного расхода топлива ГПД B_e / $B_{e.н}$, приходящегося на изменение температуры наружного воздуха на входе в градирню системы оборотного охлаждения наддувочной ГВС $\Delta t_{нв}$ = 1 °С, от температуры наружного воздуха $t_{нв}$ при разных температурах воздуха на входе ТК $t_{вх}$ = 20…30 °С мощности ГПД N_e = 1400 кВт: ***а*** – N_e = 1400 кВт; ***б*** – N_e = 1000-1100 кВт

Как видно, при температуре воздуха на входе ТК, например $t_{вх}$ = 26 °С, более глубокое охлаждение наддувочной газовоздушной смеси, в частности, с помощью АБХМ, по сравнению с ее традиционным охлаждением в системе оборотного охлаждения градирней сухого типа, например при температуре наружного воздуха на входе градирни $t_{нв}$ = 30…35 °С позволяет сократить потребление топлива на номинальном режиме на 1…2 % (от 101…102 % до 100 % на рис. 3,***а***), тогда как на режиме частичной нагрузки на 2…8 % (от 102…108 % до 100 % на рис. 3,***б***), причем при более высокой температуре воздуха на входе ТК $t_{вх}$ = 35 °С (по сравнению с $t_{вх}$ = 30 °С) эффект от охлаждения на режиме частичной нагрузки значительно больше.

УДК 621.436.13:621.57

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОПЛИВНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗОПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ УСТАНОВКИ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ РАБОТЕ НА ЧАСТИЧНОЙ НАГРУЗКЕ

А.Н. Радченко, А.В. Коновалов,
Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова, Украина

Газопоршневые двигатели (ГПД) широко применяются в установках автономного энергообеспечения для привода электрогенераторов. Одним из основных преимуществ ГПД по сравнению с другими тепловыми двигателями является не столь значительное ухудшение топливной эффективности при эксплуатации на частичной нагрузке. Охлаждение наддувочной газовоздушной смеси (ГВС) во второй низкотемпературной ступени охладителя наддувочной смеси $ОНВ_{НТ}$ перед ее подачей в цилиндры ГПД осуществляется, как

правило, системой оборотного охлаждения с отводом теплоты от промежуточного водяного контура охлаждения в атмосферу градирнями сухого типа. Повышение температуры воздуха $t_{вх}$ на входе турбокомпрессора (ТК) и наружного воздуха $t_{нв}$ на входе в градирни системы оборотного охлаждения наддувочной ГВС приводит к падению топливной эффективности ГПД – возрастанию удельного расхода топлива b_e. Поэтому для поддержания высокой топливной экономичности ГПД при повышенных температурах наружного воздуха весьма целесообразно охлаждать воздух на входе ТК и наружный воздух на входе в градирни системы оборотного охлаждения наддувочной ГВС, например с помощью теплоиспользующих холодильных машин (ТХМ), утилизирующих сбросную теплоту ГПД.

Для оценки эффекта от охлаждения воздуха на входе ТК и наддувочной ГВС необходимо располагать данными по раздельному влиянию их температуры на удельный расход топлива b_e. Поскольку в установках автономного энергообеспечения, особенно при небольшом количестве двигателей, их работа на частичных нагрузках – в зависимости от энергопотребления конкретных промышленных и других объектов – довольно частый режим для практики эксплуатации, то для оценки целесообразности охлаждения циклового воздуха в ТХМ необходимо располагать данными по снижению топливной эффективности ГПД при привода электрогенераторов. топливной эффективности при повышенных температурах наружного воздуха. К сожалению, фирмы-изготовители ГПД, как правило, не дают данных об изменении b_e в зависимости от климатических условий эксплуатации в открытых информационных источниках. Устранить этот пробел можно путем обработки соответствующих данных по b_e, получаемых в результате мониторинга соответствующих показателей ГПД установок автономного энергообеспечения.

Целью данного исследования является получение характеристики ГПД по зависимости их топливной эффективности от климатических условий при эксплуатации частичной нагрузке.

Метод обработки данных мониторинга топливной эффективности ГПД с целью получения зависимости потребления топлива от температуры наружного воздуха $t_{нв}$ на входе в градирни системы оборотного охлаждения наддувочной ГВС и воздуха на входе ТК $t_{вх}$ разработан на основе данных мониторинга первой на Украине тригенерационной установки автономного электро-, тепло- и холодообеспечения ООО "Сандора"–"Pepsico Ukraine" (с. Мешково-Погорелово, Николаевская обл.). Тригенерационная установка включает два когенерационных ГПД JMS 420 GS-N.LC GE Jenbacher (электрическая мощность одного ГПД 1400 кВт, тепловая мощность 1500 кВт).

Результаты мониторинга топливной эффективности ГПД представлялись в виде массивов данных $b_{ev} = f(t_{нв})$ по зависимости удельного объемного расхода топлива (природного газа) b_{ev} от температуры наружного воздуха $t_{нв}$ на входе в градирню системы оборотного охлаждения наддувочной ГВС при разных температурах воздуха на входе ТК $t_{вх}$. Целью обработки массивов данных $b_{ev} = f(t_{нв})$ является определение величины изменения удельного объемного расхода топлива db_{ev}, приходящейся на изменение температуры наружного воздуха $t_{нв}$ на входе в градирню системы оборотного охлаждения наддувочной ГВС на 1 °С, т.е. $db_{ev}/dt_{нв}$.

Результаты обработки данных по объемным расходам топлива в абсолютных B_e и относительных b_e величинах с получением величины их изменения ΔB_e и Δb_e при изменении температуры наружного воздуха на входе в градирню системы оборотного охлаждения наддувочной ГВС $t_{нв}$ на 1 °С в зависимости от температуры наружного воздуха $t_{нв}$, т.е. $\Delta B_e/\Delta t = f(t_{нв})$ и $\Delta b_e/\Delta t = f(t_{нв})$, при мощности ГПД N_e = 1000-1100 кВт представлены соответственно на рис. 1 и 2.

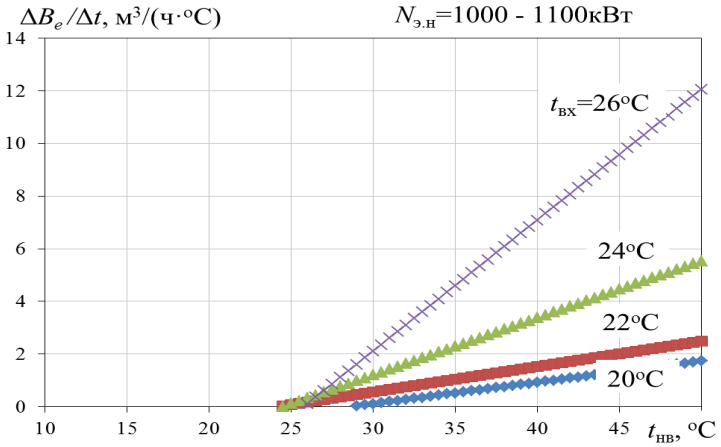


Рис. 1. Зависимости изменения объемного расхода топлива ГПД $\Delta B_e/\Delta t$, приходящегося на изменение температуры наружного воздуха на входе в градирню системы оборотного охлаждения наддувочной ГВС $\Delta t_{нв}$ = 1 °С, от температуры наружного воздуха $t_{нв}$ при разных температурах воздуха на входе ТК $t_{вх}$ = 20…30 °С и номинальной мощности ГПД N_e = 1400 кВт

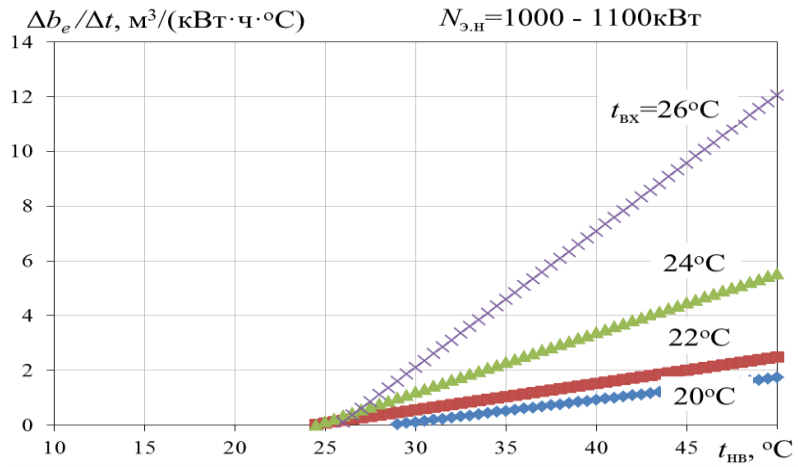
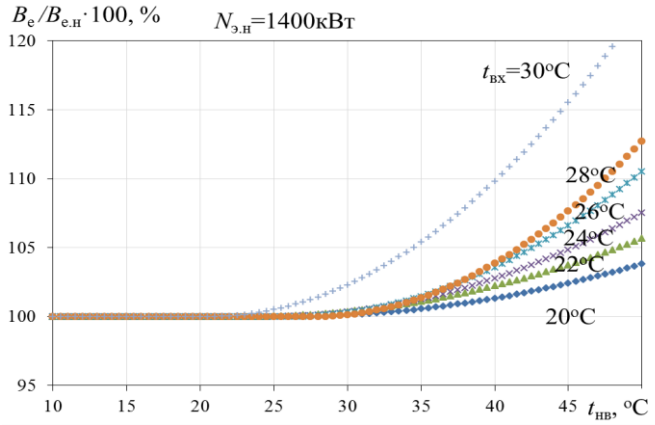
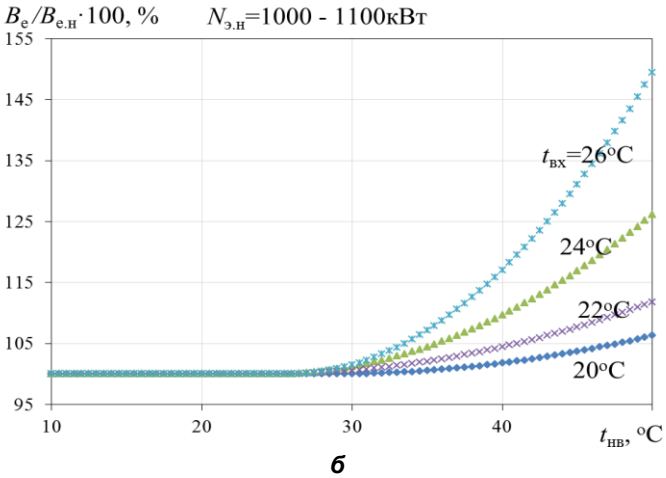


Рис. 2. Зависимости изменения удельного объемного расхода топлива ГПД $\Delta b_e/\Delta t$, приходящегося на изменение температуры наружного воздуха на входе в градирню системы оборотного охлаждения наддувочной ГВС $\Delta t_{нв}$ = 1 °С, от температуры наружного воздуха $t_{нв}$ при разных температурах воздуха на входе ТК $t_{вх}$ = 20…30 °С и номинальной мощности ГПД N_e = 1400 кВт

Об ухудшении топливной эффективности ГПД из-за повышения температуры наружного воздуха на входе в градирню системы оборотного охлаждения наддувочной ГВС $t_{нв}$ можно судить по зависимости расхода топлива в относительных величинах – по сравнению с его спецификационным (номинальным) значением, $B_e/B_{e.н}$, от температуры наружного воздуха $t_{нв}$ при разных температурах воздуха на входе ТК $t_{вх}$ = 20…30 °С и эксплуатации ГПД на номинальной мощности ГПД N_e = 1400 кВт и на частичной нагрузке N_e = 1000…1100 кВт, приведенным на рис. 3.



а



б

Рис. 3. Зависимости изменения объемного расхода топлива ГПД $B_e/B_{e.н}$, приходящегося на изменение температуры наружного воздуха на входе в градирню системы оборотного охлаждения наддувочной ГВС $\Delta t_{нв}$ = 1 °С, от температуры наружного воздуха $t_{нв}$ при разных температурах воздуха на входе ТК $t_{вх}$ = 20…30 °С мощности ГПД N_e = 1400 кВт: ***а*** – N_e = 1400 кВт; ***б*** – N_e = 1000-1100 кВт

Как видно, при температуре воздуха на входе ТК, например $t_{вх}$ = 26 °С, более глубокое охлаждение наддувочной газовоздушной смеси, в частности, с помощью АБХМ, по сравнению с ее традиционным охлаждением в системе оборотного охлаждения градирней сухого типа, например при температуре наружного воздуха на входе градирни $t_{нв}$ = 30…35 °С позволяет сократить потребление топлива на номинальном режиме на 1…2 % (от 101…102 % до 100 % на рис. 3,***а***), тогда как на режиме частичной нагрузки на 2…8 % (от 102…108 % до 100 % на рис. 3,***б***), причем при более высокой температуре воздуха на входе ТК $t_{вх}$ = 35 °С (по сравнению с $t_{вх}$ = 30 °С) эффект от охлаждения на режиме частичной нагрузки значительно больше.

УДК 621.57

ДВУХСТУПЕНЧАТАЯ СИСТЕМА ЗОНАЛЬНОГО КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ МАШИННОГО ОТДЕЛЕНИЯ УСТАНОВКИ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С ТРАНСФОРМАЦИЕЙ ТЕПЛОТЫ КАСКАДНОЙ АБСОРБЦИОННО-ПАРОКОМПРЕССОРНОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНОЙ

Радченко А.Н., Грич А.В.,
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова

Машинные отделения (МО) установок автономного энергоснабжения на базе газовых двигателей (ГД) отличаются интенсивными тепловыделениями – от электрогенераторов, навешенных на ГД теплообменников отвода теплоты на нагрев воды, от корпуса самого двигателя, щитов управления и т.д., а также теплопритоками в МО извне, что приводит к повышению температуры воздуха в МО, откуда он поступает на вход турбокомпрессоров наддува ГД, и, как следствие, к снижению топливной эффективности ГД. Поэтому приточный воздух МО необходимо охлаждать. В стандартных системах кондиционирования МО установок автономного энергоснабжения тригенерационного типа предусмотрено охлаждение всего приточного воздуха в центральных кондиционерах (ЦК) с холодоснабжением от абсорбционных холодильных машин (АБХМ), утилизирующих сбросную теплоту ГД. Однако при повышенных температурах наружного воздуха стандартные системы охлаждения в ЦК не в состоянии обеспечить требуемую температуру воздуха на входе ГД из-за значительных теплопритоков и больших объемов приточного воздуха. Кроме того, глубина охлаждения приточного воздуха ограничена температурой хладоносителя (холодной воды от АБХМ) 7°С.

Для более глубокого охлаждения приточного воздуха авторами разработана двухступенчатая система охлаждения приточного воздуха с парокомпрессорной холодильной машины (ПКХМ), служащей для холодоснабжения технологических производств. Использование ПКХМ для кондиционирования МО весьма ограничено, особенно при дефицита холода на технологические нужды.

Использование ПКХМ как источника холода для второй ступени охладителей воздуха на входе двигателей предполагает дополнительные затраты электроэнергии на привод компрессора, что при наличии технологических производств в качестве приоритетных потребителей холода крайне проблематично и требует рационального его расходования. Эта задача может быть решена путем увеличения холодопроизводительности ПКХМ с использованием для этого холода, получаемого трансформацией сбросной теплоты в АБХМ.

С целью сведения к минимуму потребления дефицитного холода от ПКХМ разработана система двухступенчатого охлаждения воздуха в воздухоохладителе (ВО) на входе ГД с хладоснабжением второй ступени $ВО_2$ от каскадной абсорбционно-парокомпрессорной холодильной машины (КАПКХМ). При этом конденсатор ПКХМ охлаждается хладоносителем от АБХМ. Система позволяет повысить холодопроизводительность компрессора и холодильный коэффициент ПКХМ (с $\eta_к$=3,1 до $\eta_к$=7 согласно характеристикам компрессора BITZER 4NES-12Y-40P на рис. 1) за счет снижения температуры конденсации $t_к$ от 45°С до 20°С.

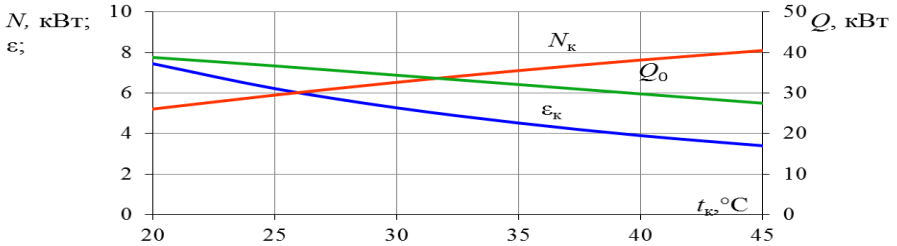


Рис. 1. Зависимость холодильного коэффициента $ε_к$, потребляемой электрической мощности $N_к$ компрессора BITZER 4NES-12Y-40P, холодопроизводительности ПКХМ Q_0 от температуры конденсации $t_к$

Таким образом можно сократить затраты электроэнергии на привод компрессора ПКХМ на 40…50%.

На рис. 2 показана схема каскадной системы охлаждения хладоносителя низкотемпературной секции ВО. При этом в качестве конденсатора ПКХМ используется дополнительный теплообменник с охлаждением за счет хладоносителя от АБХМ с температурой 7 °С.

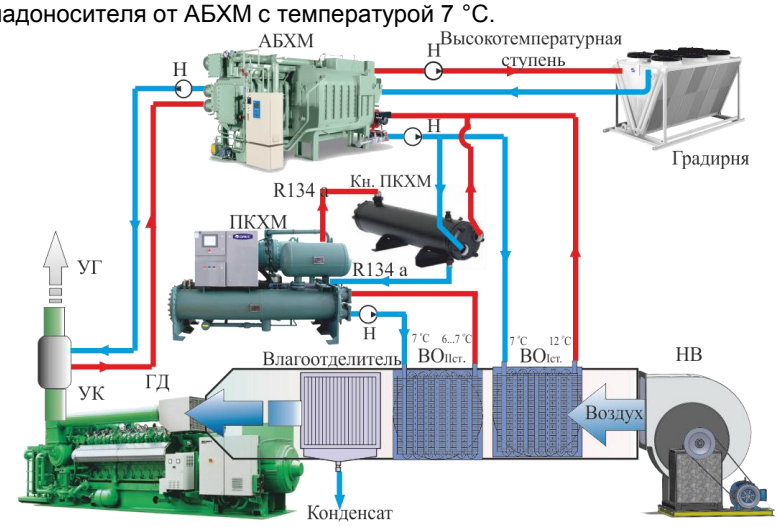


Рис. 2. Схема каскадной системы зонального кондиционирования с двухступенчатым охлаждением приточного воздуха в КАПКХМ и его подачей непосредственно на вход ГД

На рис. 3 представлены результаты расчета характеристик системы двухступенчатого охлаждения воздуха на входе ГД с КАПКХМ. Как видно из графиков, снижение температуры воздуха составляет $\Delta t_{ВО} = t_{нв} - t_{вых.ВО.2}$ = 14…26 °С, что значительно больше чем в базовом варианте $\Delta t_{ВО(60)} = t_{нв} - t_{ВО.2}$ = 5…13 °С. Отсюда можно сделать вывод, что применение зональной системы кондиционирования с двухступенчатым охлаждением воздуха на входе ГД позволяет увеличить глубину охлаждения $\Delta t_{ВО}$ в полтора раза по сравнению с базовым вариантом системы кондиционирования.

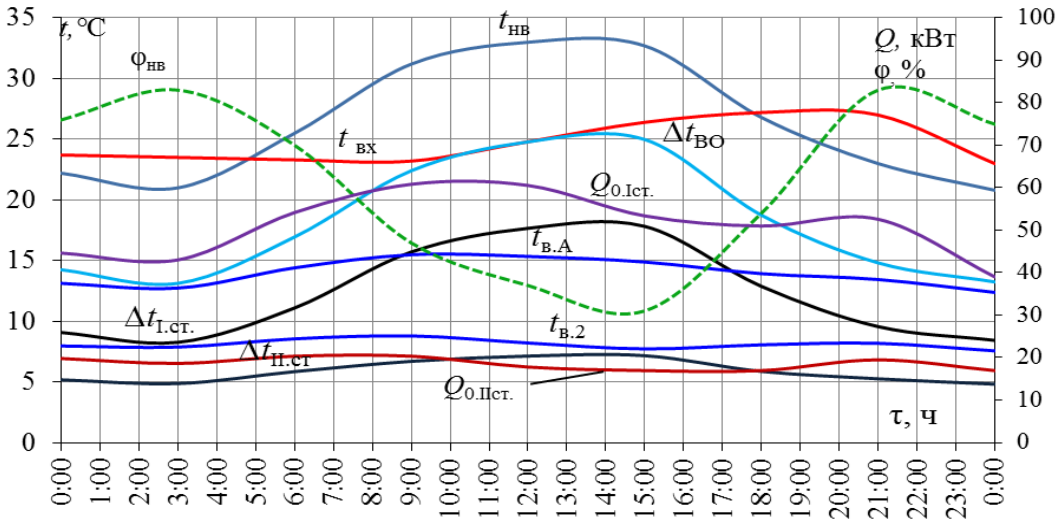


Рис. 3. Температуры наружного воздуха $t_{нв}$, на входе ТК ГД $t_{вх}$ при заборе воздуха из МО, на выходе из первой ступени $ВО_1$ $t_{ВО2.Iст}$, снижение температуры воздуха в $ВО_1$ $\Delta t_{ВО.1} = t_{нв} - t_{ВО2.Iст}$, на выходе из второй ступени $ВО_2$ $t_{ВО2.IIст}$, снижение температуры воздуха в ступени $ВО_2$ $\Delta t_{ВО.2} = t_{ВО2.Iст} - t_{ВО2.IIст}$, полная глубина охлаждения приточного воздуха в двухступенчатом ВО $\Delta t_{ВО} = t_{нв} - t_{вых.ВО.2}$ в течении суток при расходе воздуха 35000 м^3/ч, холодопроизводительности первой ступени $ВО_1$ $Q_{0.Iст}$ и второй ступени $ВО_2$ $Q_{0.IIст}$

На рис.4 представлены текущие значения холодопроизводительности (тепловой нагрузки на ВО) и сокращение удельного расхода топлива в течение суток.

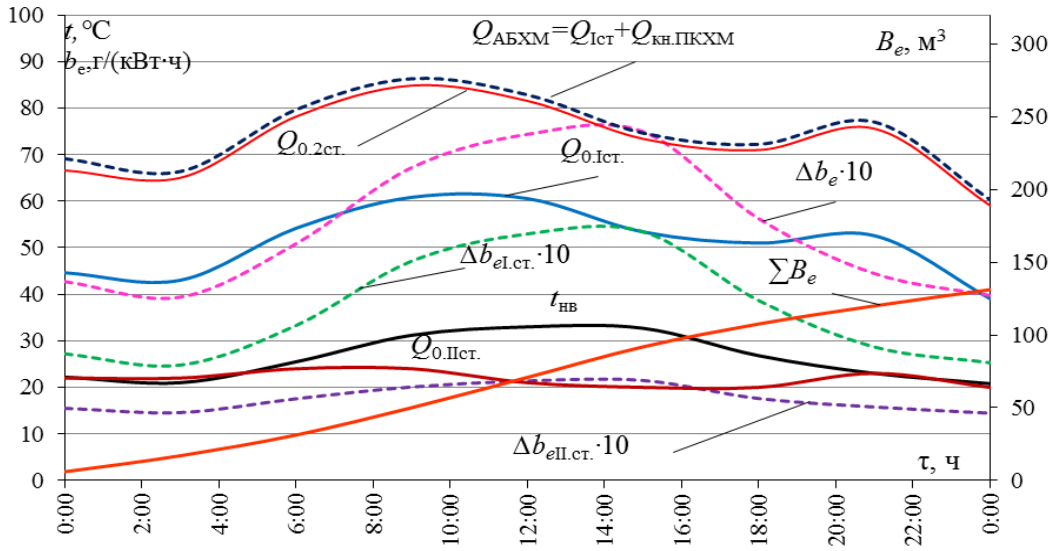


Рис. 4. Изменение холодопроизводительности первой ступени ВО$_1$ $Q_{0.Iст}$, второй ступени ВО$_2$ $Q_{0.IIст}$, суммарной холодопроизводительности ВО $Q_{0.ВО}$, полной тепловой нагрузки с учетом охлаждения конденсатора ПКХМ $Q_{каскад.}=Q_{0.2ст}+Q_{кн}$: Δb_e – сокращение удельного расхода топлива, г/(кВт·ч), $\sum \Delta Be$ – суточная экономия природного газа, м^3

Величина $Q_{каскад.}=Q_{Iст} + Q_{IIст} + Q_{кн}$ характеризует полную тепловую нагрузку на АБХМ с учетом затрат холода на охлаждения конденсатора ПКХМ. Как видно, максимальная тепловая нагрузка составляет около 112 кВт, что на 68% меньше, чем в базовом варианте ($Q_{0(60)}$≈350 кВт), а нагрузка на ВО уменьшилась на 76%, что весьма существенно в условиях дефицита холода на технологические нужды.

Выводы

Разработан способ двухступенчатого охлаждения приточного воздуха МО ГД трансформацией сбросной теплоты ГД в каскадной абсорбционно-парокомпрессорной холодильной машине (КАПКХМ) с хладоснабжением высокотемпературной ступени ВО$_{ВТ}$ от АБХМ и низкотемпературной ступени ВО$_{НТ}$ от КАПКХМ, который обеспечивает сокращение затрат топлива на 10…15 % за счет глубокого (до 7…10 °С) охлаждения воздуха на входе ГД по сравнению с его охлаждением в АБХМ до 15 °С

УДК 621. 57: 628.84

ОБОБЩЕННЫЕ ОБЪЕМНЫЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕРМЕТИЧНЫХ КОМПРЕССОРНЫХ АГРЕГАТОВ СУДОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ

Е.В. Лытош,
Национальный университет кораблестроения, г. Николаев

Для оценки эффективности герметичной парокомпрессорной холодильной машины (ПКХМ) судового оборудования кондиционирования воздуха необходимо знать объемные и энергетические характеристики герметичного копрессорного агрегата (ГКА), являющейся неотъемлемой ее частью. Такими характеристиками принято считать коэффициент подачи λ и электрический КПД $\eta_э$. ГКА [1]

Многочисленные опыты показали, что для каждого данного ГКА коэффициент подачи и электрический КПД, можно представить в виде функции отношения давлений нагнетания и всасывания [2,3]. Вводя для общности отношения коэффициента подачи и электрического КПД (при данном режиме работы) к номинальному, получим

$$\lambda / \lambda_{ном} = f_1(p_н / p_{вс}),\ \eta_э / \eta_{э.ном} = f_2(p_н / p_{вс}).$$

Здесь $\lambda_{ном}$ и $\eta_{э.ном.}$ – значения коэффициентов в номинальном режиме, $p_{вс}$, $p_н$ - давления на всасывании и нагнетании ГКА. Для номинального режима работы ГКА приняты давления $p_{вс}$ и $p_н$, соответствующие температурам кипения $t_0 = 5^0C$, конденсации $t_к = 40^0C$.

На рисунке приведены обобщённые значения коэффициентов подачи и электрического КПД высокотемпературных ГКА типа ХГВ [2], основные данные которых приведены в таблице

Характеристики ГКА в номинальном режиме

Герметический компрессорный агрегат	Холодо-производи-тельность кВт	Потребляемая мощность, кВт	Коэффициент подачи, $\lambda_{ном}$	Электрический к.п.д., $\eta_{э.ном.}$	Обозначение на рисунке
ХГВ-2,2	2,56	0,77	0,675	0,511	○
ХГВ-4,5	5,24	1,5	0,773	0,52	△
ХГВ-9,0	10,48	2,9	0,681	0,572	◇
ХГВ-14,0	17,1	4,7	0,76	0,529	□
ХГВ-28,0	34,2	9,3	0,754	0,49	◆
ХГВ-14,0-В	17,0	5,3	0,77	0,465	■

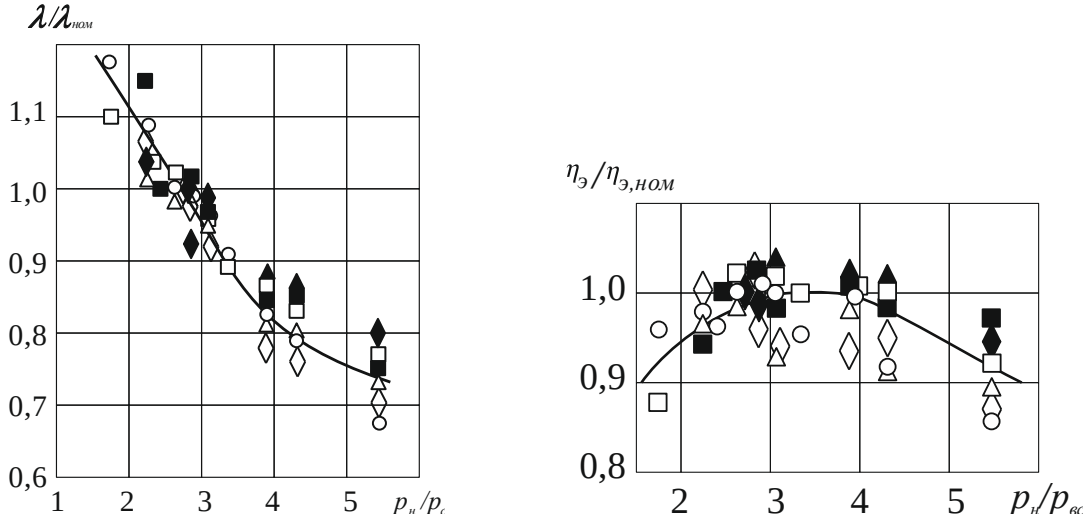


Рис. Обобщённые значения объёмных $\lambda / \lambda_{ном}$ и энергетических $\eta_э / \eta_{э.ном.}$ коэффициентов ГКА.

Разброс точек в среднем составил от 7 до 10% и не превысил 15-20%.

Результаты исследования могут быть применены при проектировании герметичных ПКХМ судового оборудования кондиционирования.

Список использованной литературы

1. *Лытош Е.В.* Оценка эффективности циклов судових герметичних парокомпрессорных холодильних машин. *Е.В. Лытош , В.С. Дорош* – Збірник наукових праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2015-№5 (461). – с. 49-53];

2. Герметичные парокомпрессорные холодильные машины судовых систем кондиционирования и рефрижирации: монография / *Н.И. Радченко*, *В.С. Дорош, А.Н., Радченко, Е.В.Радченко , Е.В. Лытош* – Николаев: НУК, 2011 – 400с.

3. *Якобсон В.Б.* Малые холодильные машины. / *В.Б. Якобсон* – Пищевая промышленность, 1977. – 368с.

УДК 621.565.83

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ НОЧНОГО РАДИАЦИОННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ И ПУТИ ИХ ВОЗМОЖНОГО РЕШЕНИЯ

Цой А.П., *Алматинский Технологический Университет*
Грановский А.С., *ТОО «Тениз»*
Цой Д.А., *Университет ИТМО*

Ночное радиационное охлаждение (НРО) – это сравнительно новый альтернативный энергоэффективный способ производства холода. Впервые, использование НРО предложили еще в

середине 1940-е годы [1]. Дальнейшее развитие систем НРО происходило с 60-ых годов до нашего времени [2–5]. Однако, до сих пор этот способ охлаждения не получил широкого распространения. Поэтому, важно систематизировать проблемы, препятствующие повсеместному применению систем НРО, что даст возможность комплексно подойти к поиску путей их решения [6].

1. Радиаторы. Радиатор – это основной элемент системы НРО, в котором происходит сброс тепла в окружающую среду. Холодопроизводительность радиаторов (около 100 Вт/м^2) остается достаточно низкой, из-за чего их площадь в любой системе НРО оказывается очень большой. Поэтому следует первоочередное внимание уделять как повышению их производительности, так и снижению их начальной стоимости при сохранении эксплуатационных характеристик.

Радиаторы должны быть необслуживаемыми, чтобы максимально снизить эксплуатационные расходы. В связи с этим рекомендуется не использовать в их конструкции недолговечные полимерные материалы. Целесообразнее изготавливать их из более стойких к условиям окружающей среды материалов: алюминия и меди. При этом окончательное предпочтение стоит отдавать алюминию. Например, если использовать алюминиевые трубки вместо медных масса 1 м^2 радиатора снижается с 6,45 до 4,15 кг (без теплоносителя), а себестоимость по материалам сокращается до 49,9 USD (16,7 тыс. KZT).

Также, если требуется получить перепад между температурой атмосферного воздуха и теплоносителя более 5 К [7], следует покрыть излучающую поверхность радиаторов материалом с селективным спектром поглощения/излучения [8].

Покрытие радиатора слоем материала, прозрачного в инфракрасной части спектра, для снижения конвективных теплопритоков также имеет смысл, если нужно получить более низкие температуры. Тут стоит отметить, что детального изучения материалов для покрытия излучающей поверхности на данный момент не проводилось. Большинство исследователей используют полиэтиленовую пленку. Однако, она крайне недолговечна, в связи с чем, для неё необходимо подобрать материал-заменитель.

В радиаторах для систем, где низкие температуры не требуются, для уменьшения конвективных теплопритоков можно установить вдоль излучающей поверхности ребра, чтобы исключить влияние ветра.

Срок окупаемости радиаторов можно уменьшить, если:

1. Встроить их в крышу здания, сократив расходы на кровельное покрытие.
2. Использовать их в качестве фотоэлектрических панелей [9].
3. Использовать часть радиаторов в дневное время как солнечные коллекторы [10].

2. Аккумуляторы холода. В аккумуляторах холода накапливается охлажденный в ночное время теплоноситель. В простейших случаях аккумулятор заполняется водой без фазового перехода. Однако, чтобы создать запас холода на один день нужно около 100 л воды на 1 м^2 излучающей поверхности радиатора. Добиться снижения массы аккумуляторов холода можно при использовании упакованного в капсулы вещества с фазовым переходом типа «жидкость-твердое тело» при охлаждении. Для получения температур в диапазоне от 0 до +30°С можно использовать гидраты солей ($LiClO_3 \cdot 3H_2O$; $KF \cdot 3H_2O$; $CaCl_2 \cdot 6H_2O$) или парафины (тетрадекан $C_{14}H_{30}$; пентадекан $C_{15}H_{32}$; гексадекан $C_{16}H_{34}$; гептадекан $C_{17}H_{36}$ и другие) [11].

Тут стоит учитывать, что система с аккумулятором холода окупается тем быстрее, чем чаще происходят циклы зарядки/разрядки. Поэтому экономически неэффективно изготавливать аккумуляторы для сезонного хранения холода. Также маловероятно достижение экономического эффекта от использования системы НРО при продолжительности её работы менее 2…3 месяцев в году. Поэтому рекомендуется разрабатывать систему с круглогодичным использованием аккумулятора холода, входящего в основную холодильную установку.

Для размещения аккумулятора холода нужно сразу предусматривать отдельную площадку в подвале или вблизи от здания. В некоторых случаях аккумуляцию холода можно производить в специальных скважинах, как это предложено в работе [12].

3. Прокладка трубопроводов и размещение радиаторов. Для минимизации расхода энергии на транспортировку теплоносителя рекомендуется использовать замкнутый гидравлический контур. Применяемые системы с разбрызгиванием воды на крышу здания, хоть и позволяют сократить стоимость радиаторов, но требуют весьма значительных затрат электроэнергии на прокачку теплоносителя через разбрызгиватели. Поэтому, нельзя считать такое решение оптимальным.

В случае использования антифриза в качестве теплоносителя крайне важно минимизировать его массу в системе из-за его высокой стоимости.

4. Влияние условий окружающей среды на холодопроизводительность. Наибольшую производительность системы НРО будут иметь при работе в условиях сухого климата при значительном перепаде между дневной и ночной температурой. Как показали исследования, проведенные ранее [13], наибольшего охлаждающего эффекта можно ожидать в таких городах, как Омск, Петропавловск, Астана и других населенных пунктах, удаленных от крупных водоемов, с сухим резко-континентальным климатом. Также следует широко принимать НРО в регионах с высокой дневной и низкой ночной температурой (пустыни, полупустыни, горы) [14].

Кроме того, что на холодопроизводительность системы НРО влияет климат, нужно учитывать и влияние близкорасположенных источников выбросов водяных паров и пыли (к примеру, крупных заводы и электростанций). Данный вопрос на настоящий момент остался практически неизученным.

При оценке экономической эффективности систем НРО следует обратить внимание на стоимость мероприятий по защите радиаторов от налипания на них снега и пыли.

5. Невозможность поддержания уровня влажности в охлаждаемых помещениях. В отличие от традиционных парокомпрессионных холодильных машин системы НРО в большинстве случаев не осуществляют осушение воздуха в охлаждаемых помещениях.

6. Системы НРО трудно разместить на действующих объектах. Возможность использования системы НРО необходимо предусматривать на самых ранних стадиях проектирования здания.

Крупногабаритные элементы системы НРО затруднительно размещать в уже функционирующем здании. Совмещение системы НРО с уже имеющейся системой кондиционирования также является сложной задачей.

Можно рекомендовать устанавливать системы НРО только в новых зданиях или при осуществлении капитального ремонта существующих.

7. Системы НРО довольно сложны и должны работать в комплексе с другими системами здания. Современный уровень развития систем НРО не позволяет их использовать в одиночку для поддержания температурно-влажностного режима воздуха в течение всего года. Поэтому может потребоваться совмещение системы НРО с традиционными парокомпрессионными холодильными машинами. Совмещение систем может усложнить обслуживание и увеличить капитальные затраты на создание системы хладоснабжения.

8. Длительный срок окупаемости. Из-за большой начальной стоимости, срок окупаемости систем НРО может быть более длительным, чем для обычных холодильных систем. Поэтому их можно рекомендовать в первую очередь для применения в организациях, способных реализовывать долгосрочные проекты.

9. Соотношение между площадью радиаторов, крыши здания и тепловыделениями охлаждаемого объекта. Так как для осуществления охлаждения требуется большая площадь радиаторов, рекомендуется размещать системы НРО в зданиях с малой величиной тепловыделений в отношении к площади поверхности крыши. Затруднительно использовать системы НРО в многоэтажных зданиях. Намного удобнее их применять в сооружениях с малым количеством этажей (до трех). К примеру, системы НРО можно разместить на охлаждаемых складах, в овощехранилищах, в невысоких жилых зданиях, в супермаркетах и других сооружениях.

Выводы

Системы НРО имеют много нерешенных термодинамических и конструкционных проблем, из-за которых они на сегодняшний день не находят широкого применения. Для повышения их привлекательности для конечного потребителя необходимо достичь значительного прогресса в области оптимизации их конструкции с учетом климатических условий и применением более совершенных радиаторов и аккумуляторов холода.

Список литературы

1. **Пат. 66203** Советский Союз. Холодильник, работающий по принципе отрицательной радиации / Иельский В.А. – опубл. 30.04.1946. – 2 с.
2. **Пат. 3,043,112** США. Method and means for producing refrigeration by selective radiation / Head A.K. – заявл. 12.01.1960 ; опубл. 1962.
3. **Пат. 3,903,958** США. Process and apparatus for modulating temperatures within enclosures / Hay H.R. – заявл. 17.02.1971 ; – опубл. 09.09.1975.
4. **Catalanotti S.** The radiative cooling of selective surfaces // Solar Energy. – 1975. – Vol. 17, № 2. – P. 83–89.
5. **Kimball B.** Cooling performance and efficiency of night sky radiators // Solar energy. – 1985. Vol. 34, № 1. – P. 19–33.
6. Energy Savings Potential of Radiative Cooling Technologies : report / Pacific Northwest National Laboratory; N. Fernandez, W. Wang, K. Alvine, S. Katipamula. – Richland, 2015. – Contract DE-AC05-76RL01830.
7. **Hossain M.M., Gu M.** Radiative Cooling: Principles, Progress, and Potentials // Advanced Science. – 2016.
8. **Raman A.P.** Passive radiative cooling below ambient air temperature under direct sunlight // Nature. – 2014. – Vol. 515.– P. 540–544.
9. **Péan T.** Nighttime radiative cooling potential of unglazed and PV / T solar collectors : parametric and experimental analyses // Proceedings of the 8th Mediterranean Congress of Heating, Ventilation and Air-conditioning (Climamed 2015). – 2015.

10. **Цой А.П., Грановский А.С., Ким И.А.** Холодильная система, использующая охлаждающий эффект космического пространства в технологиях потребляющих холод // Збірник тез доповідей IX Міжнародної научно-технічної конференції Сучасні проблеми холодильної техніки и технології (10-12 сентября 2013 г.). – Херсон: Грінь Д.С., 2013. – С. 98–100.
11. **Mehling H., Cabeza L.F.** Heat and cold storage with PCM : An up to date introduction into basics and applications / ed. Mewes D., Mayinger E. h. F. – Berlin: Springer, 2008. – 315 p.
12. **Lhendup T., Aye L., Fuller R.** Experimental Study of Coolth Charging of an Inter-seasonal Underground Thermal Storage System // 50th Annual Conference, Australian Solar Energy Society. – Melbourne, 2012. – P. 1–10.
13. **Цой А.П.** Влияние климата на работу холодильной системы, использующей эффективное излучение в космическое пространство // Холодильная техника. – 2015. – № 1. – С. 43–46.
14. **Цой А.П., Грановский А.С., Цой Д.А., Салокеева А.Р.** Холодильная система с использованием возобновляемого термодинамического ресурса космического пространства // Научно-техническая конференция с международным участием «Состояние и приоритеты использования ГХФУ, ГФУ и природных хладагентов, снижение их эмиссий и содержания в системах» (04.02.2015 г.). – ИХиБТ, СПбНИУ ИТМО, 2015.

УДК 621.56 : 629.12

СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Ю.П. Денисов,
Одесская национальная академия пищевых технологий

Энергозбережение систем кондиционирования воздуха становится все более актуальным в связи с глобальным потеплением климата на Земле.

Эта проблема проявляется на судах различного назначения в летнее время в условиях дефицита электроэнергии.Известные холодильные машины(ХМ): абсорбционные, эжекторные и турбокомпрессорные,которые энергозатратны[1].

В данной работе предложена комбинированная система кондиционирования воздуха (СКВ), использующая излучение солнца в качестве источника энергии, которая вырабатывает горячую воду для коммунального хозяйства в качестве второго продукта. Принципиальная схема такой СКВ дана на рис.1.

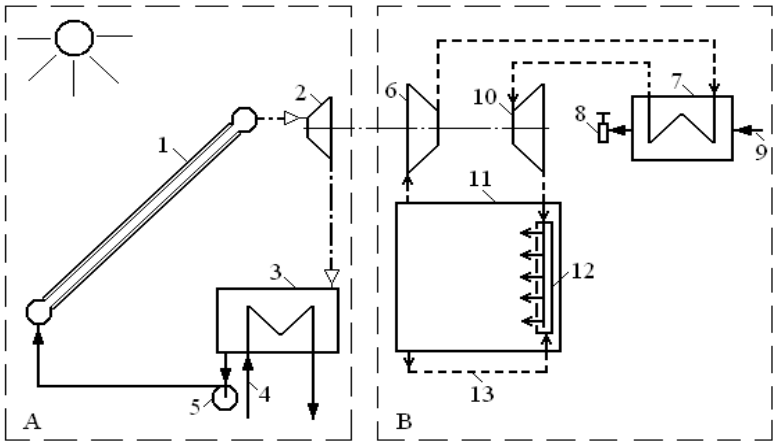


Рисунок 1. Принципиальная схема СКВ с использованием солнечной энергии

СКВ включает два контура циркуляции рабочего телаА и В. В контуре А рабочим телом является вода, а в контуре В рабочим телом является воздух.При этом, в контуре А осуществляется цикл паротурбинной установки для привода воздушной турбохолодильной установки контура В.

Паротурбинная установка контура А включает: парогенератор 1, выполненный в виде солнечного коллектора с вакуумной изоляцией, паровую турбину 2, конденсатор водяного пара 3, включающий линию подачи охлаждающей среды 4 (забортной воды или воздуха), питательный насос 5. Воздушная турбохолодильная установка (ВТХУ) контура В включает: воздушный компрессор 6, нагреватель воды 7, снабженный распределителем горячей воды 8 и линией подачи исходной воды 9, воздушную турбину 10, систему распределения смеси воздуха 11 (воздуха рециркуляции и воздуха на выходе из воздушной турбины), включающую эжекторы охлажденного воздуха 12 и линию рециркуляции воздуха 13.

На рис. 2 представлен термодинамический цикл ВТХУ.

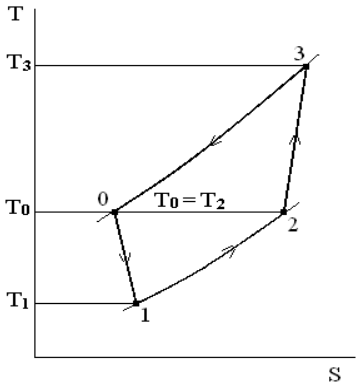


Рисунок 2. Термодинамический цикл ВТХУ

Термодинамический цикл ВТХУ включает следующие процессы:

0-1 – расширение воздуха в турбине;

1-2 – нагрев охлажденного воздуха в системе распределения и в помещении;

2-3 – сжатие воздуха в компрессоре;

3-0 – охлаждение воздуха в нагревателе воды.

Для расчета термодинамического цикла ВТХУ используем исходные данные:

- температура исходной воды на входе в нагреватель воды $T_{х.в.}$ = 20 ^{0}C;
- температура горячей воды на выходе из нагревателя воды $T_{г.в.}$ = 65 ^{0}C;
- температура воздуха рециркуляции $T_р = T_2$ = 30 ^{0}C;
- температура смеси воздуха на входе в помещение $T_{см}$ = 20 ^{0}C;
- кратность рециркуляции воздуха $i_р = G_р / G_1$,

где $G_р$ – массовый расход воздуха рециркуляции, кг/ с;

G_1– массовый расход воздуха, охлажденного в воздушной турбине.

Для определения температуры T_1используем массовый баланс потоков воздуха на входе и выходе из смесителя при G_1 = 1 кг/с и $G_р = i_р \cdot G_1$= 5 кг/с:

$$T_1 = [(G_1 + G_р)\, T_{см} – G_р \cdot T_р)] / G_1, \qquad (1)$$

При $T_{см}$ = 293 К и $T_р$ = 303 К, получим: T_1 = 243 К или T_1 = -30 ^{0}C.

Для определения степени расширения воздуха в воздушной турбине используем уравнение адиабатного расширения потока газа в газовой [2]:

$$\frac{P_0}{P_1} = \left(\frac{1}{1 - \frac{T_0 - T_1}{T_0 \cdot \eta_{ад}}} \right)^{\frac{k}{k-1}}, \qquad (2)$$

При k= 1,4 и $\eta_{ад}$ = 0,9, получим: P_0 / P_1 = 2,4;P_2 / P_3 = 2,5 и T_3 = 137 ^{0}C.

Оценим мощности компрессора и турбины для ВТХУ и турбины водяного пара [2]:

$N_{КВ} = c_{воздуха} \cdot G_1(T_3 – T_2)$ = 1,005 ·(137 – 30) = 107,5 кВт.

$N_{ТВ} = c_{воздуха} \cdot G_1(T_0 – T_1)$ = 1,005 ·[30 – (-30)] = 60,3 кВт.

$N_{ТП} = N_{КВ} – N_{ТВ}$= 107,5–60,3 = 57,2 кВт.

Удельный массовый расход водяного пара, циркулирующего в контуреА:

$G_П = N_{ТП} / (c_{пара} \cdot \Delta T_П)$ = 57,2/ (2 · 165) = 0,17 кг водяного пара/ кг воздуха.

Мощность теплового потока для получения водяного пара в парогенераторе СК:

$N_П = G_П \cdot r_П$ = 0,17·1945 = 331 кВт или $Q_П$ = 331 кДж на 1 кг воздуха,

где $r_П$ – теплота парообразования для воды при $T_П$ = 200 ^{0}C[2].

Поверхностьвосприятия солнечного излучения при КПД вакуумного СК $\eta_{СК}$ = 0,5:

$F_{СК} = Q_П / \eta_{СК}$ = 331 / 0,5 = 662 м^2.

Массовый расход горячей воды через нагреватель (из теплового баланса):

$G_{Г.В} = c_{воздуха}(T_3 – T_0) / [c_{воды} (T_9 – T_8)]$= 1,005 (137 – 30)/ [4,2 (65 – 20)] = 0,57 кГ/с.

Оценим эксергетический КПД предложенной системы кондиционирования воздуха,используя удельныеэксергиипродуктов и затраченной эксергии(на 1 кг воздуха):

$$\eta_{ЭКС} = (e_х + e_т) / e_з. \qquad (3)$$

Здесь$e_х = q_0/\varepsilon_к = q_0/[T_0/ (T_0 – T_1)] = c_{воздуха}(T_0 – T_1)^2 / T_0$ – эксергияхолодного воздуха.

$e_т = q_т \cdot \eta_т = q_т (T_8 – T_0) / T_8 = c_{воды}(T_8 – T_0)^2 / T_8$ – эксергиягорячей воды.

$e_з = Q_П(T_П – T_К) / T_П$– затраченнаяэксергия на генерацию водяного пара.

Подставляя полученные значения эксергий в (3), имеем:

$e_x = c_{воздуха}(T_0 - T_1)^2 / T_0 = 1{,}005\ [30 - (-30)]^2 / 303 = 11{,}94$ кДж.

$e_т = c_{воды}(T_8 - T_0)^2 / T_8 = 4{,}2\ [65 - 30]^2 / 338 = 8{,}7$ кДж.

$e_з = Q_П\ (T_П - T_К) / T_П = 331\ (573 - 308) / 573 = 153$ кДж.

$\eta_{ЭКС} = (e_x + e_т) / e_з = (11{,}94 + 8{,}7) / 153 = 0{,}13$.

Предложенная схема кондиционирования воздуха с использованием солнечного излучения в качестве источника энергии позволяет экономить электроэнергию в летнее время года без теплового загрязнения окружающей среды.

Литература:

1. **Захаров Ю.В.** Судовые установки кондиционирования воздуха и холодильные машины / Ю.В.Захаров. – Л.: Судостроение. – 1979. – 584 с.
2. **Павлов К.Ф.** Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии/ К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков, под ред. П.Г. Романкова. – Л.: Химия. 1981. – 560 с.

УДК 621.565.93/95

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

Яковлева О.Ю., Яковлев Ю.А., Туманский В.И.,
Одесская национальная академия пищевых технологий

В теплообменных аппаратах количество энергии, переданное от горячего теплоносителя всегда равно количеству энергии принятому холодным теплоносителем. В этой связи, при определении интегральной характеристики таких аппаратов возникает проблема, связанная со способом определения максимально возможного количества энергии, переданного в процессе теплообмена и называемого в дальнейшем энергопотенциалом аппарата.

Формально эта величина представляет собой нормирующий множитель в соотношении

$$\varepsilon = \frac{Q}{Q_{\max}}, \qquad (1)$$

где Q - количество энергии, переданное в процессе теплообмена,

$Q_{\max}$ - максимальное количество энергии, которое может быть передано в идеальном противоточном теплообменнике с бесконечно большой поверхностью теплообмена.

В работе [1] авторы вводят понятие эффективности (КПД) теплообменника ε, которая определяется выражением

$$\varepsilon = \frac{W_Г \cdot t_{r1} - t_{r2}}{W_{\min} \cdot t_{r1} - t_{x1}} = \frac{W_X \cdot t_{x2} - t_{x1}}{W_{\min} \cdot t_{r1} - t_{x1}}, \qquad (2)$$

где t_{r1}, t_{r2} – температура горячей жидкости, t_{x1}, t_{x2} – температура холодной жидкости, $W_Г$–водяной эквивалент горячей жидкости, W_X –водяной эквивалент холодной жидкости, W_{min} – наименьшая из величин $W_Г$ и W_X. Выражение в знаменателе является энергопотенциалом аппарата.

Следует отметить, в ряде других работ авторы величину $Q_{\max}$ определяют по-разному. Так в [2] при определении эффективности теплообмена получено выражение

$$\varepsilon = \frac{\delta t}{\Delta t}, \qquad (3)$$

где δt -перепад температур греющего потока, Δt - температурный напор потоков на входе в аппарат.

В работе [3] авторы вводят понятие эффективность теплообменника, которая определяется выражением

$$\varepsilon = \frac{t_{1i} - t_{1e\ i}}{t_{1i} - t_{1e}}, \qquad (4)$$

В числителе уравнения содержится разность между входной и выходной температурами для одной из сред, для которой эта разность является наибольшей. Знаменатель представляет собой разность

температур потоков на входе в аппарат и играет роль нормирующего множителя, позволяющего ограничить сверху значение эффективности.

Введенное соотношение нуждается в уточнении при наличии зависимости теплоемкости от температуры. Для этого Хаузеном [4] было предложено использовать значения полных энтальпий потоков для определения эффективности

$$\varepsilon = \frac{H_1^{'} - H_1^{''}}{H_1^{'} - H_2^{'}} \ , \qquad (5)$$

где в числителе разность полных энтальпий греющего потока, а в знаменателе – разность полных энтальпий потоков на входе в в теплообменник.

Однако, как отмечает Якоб [2], определение (5) не переходит в (1) непрерывным образом, если теплофизические свойства потоков существенно зависят от температуры.

Иногда, для выхода из такой затруднительной ситуации при определении эффективности используют соотношения, включающие в себя конкретные конструкторские и технологические данные используемых аппаратов. Например, Альтенкирх [5], используя в качестве нормирующего множителя разность температур потоков на входе вводил поправочный множитель в виде произведения коэффициента теплопередачи*k* на поверхность теплообмена *F*. Но это приводило к тому, что исчезала возможность формализации такого определения эффективности теплообмена. Значение (*k*· *F*) приходится определять для каждого конкретного случая.

Таким образом, существующие критерии оценки эффективности теплообменных аппаратов существенно отличаются друг от друга выбором величины энергопотенциала или нормирующего множителя, что не позволяет алгоритмизировать задачу определения эффективности теплообменных аппаратов.

Литература

1. **Кейс В.М., Лондон А.Jl.** Компактные теплообменники / Пер. с англ.: Под ред. Ю.В. Петровского. JL: Государственное энергетическое издательство, 1962. - 158 с.
2. **Якоб М.** Вопросы теплопередачи / Пер. с англ. - М.: Иностр. лит-ра, 1960. - 516 с.
3. **Эккерт Э.Р., Дрейк Р.М.** Теория тепло- и массообмена. – М.: Госэнергоиздат, 1961. – 680 с.
4. **Хаузен, *Х.*** Теплопередача при противотоке, прямотоке и перекрестном токе: Пер. с нем. /Х. Хаузен. М.: Энергоиздат, 1981. - С. 384.
5. **Altenkirch. E., Z. Ges.** Kalte – Ind., 21, 189, 1914.

УДК 621.575.932:621.565.92

РАЗРАБОТКА ТРАНСПОРТНОГО ХОЛОДИЛЬНИКА ДЛЯ СПОРТИВНЫХ ПАРУСНЫХ ЯХТ

Очеретяный Ю.А.[1], Титлов А.С.[2],
1) Одесский национальный морской университет, Одесса
2) Одесская национальная академия пищевых технологий, Одесса

Возможность работы абсорбционного холодильника на неэлектрических источниках энергии особенно привлекательна для спортсменов-яхтсменов. Традиционные выходы в море, как правило, проводятся в теплое время года и продолжаются несколько дней. В этих условиях крайне необходимо иметь охлаждающий прибор. Вместе с тем небольшие спортивные яхты ограниченны как по габаритам принимаемого груза, так и по весу груза. Работа компрессионного холодильника в этих условиях неприемлема из-за необходимости дополнительных аккумуляторных батарей или с дополнительных запасов топлива для дизель-генератора.

На спортивных яхтах может быть использован абсорбционный холодильник с горелочным устройством, работающим от сжиженного газа. Сжиженный газ используется яхтсменами для приготовления и разогрева пищи на газовой плите.

Вместе с тем специфика реализации цикла абсорбционного холодильника связана с гравитационными режимами течения жидкой фаза рабочего тела, которые могут нарушаться при движении спортивной яхты. С другой стороны качка носит знакопеременный характер и может даже в некоторой степени интенсифицировать режимы тепломассообмена и, в конечном счете, благоприятно воздействовать на работу абсорбционного холодильного прибора. Для установления действительного состояния вопроса были проведены испытания серийного абсорбционного холодильника «Киев» АШ-40 на спортивной крейсерской парусной яхте «Архимед» типа «Круизер». Яхта совершала поход Одесса–Рыбаковка–Одесса в

период с 29.07.2006 по 01.08.2006.. Фиксировалась и температура наружного воздуха. Частота измерения 10 минут.

Движение яхты по всему маршруту осуществлялась с креном на левый борт около 20 º. Качка килевая. Средняя скорость составляла 4 узла.

Результаты испытаний показали работоспособность абсорбционного холодильника «Киев» АШ-40 на спортивной крейсерской парусной яхте при оптимальной ориентации – по ходу судна. Испытания показали, что оптимальная ориентация абсорбционного холодильного агрегата способствует гравитационным режимам течения жидкой фазы рабочего тела при реализации холодильного цикла, а знакопеременные перемещения в пространстве, вызванные килевой качкой, не оказывают критичного воздействия.

УДК 621.575.932

ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТОК ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ АБСОРБЦИОННЫМИ ХОЛОДИЛЬНЫМИ ПРИБОРАМИ (АХП)

Титлова О.А., Титлов А.С., Ольшевская О.В.,
Одесская национальная академия пищевых технологий

В состав АХП входит абсорбционный холодильный агрегат (АХА), который реализует безнасосный абсорбционно-диффузионный холодильный цикл. Рабочее тело АХА состоит из природных компонентов – водоаммиачного раствора (ВАР) с добавкой инертного газа.

Исследования и разработки, позволяющих снизить энергопотребление в бытовых холодильных приборах абсорбционного типа, выполняются в направлениях: совершенствования термодинамических циклов, режимов работы и конструкций элементов АХП; рационального использования искусственного холода; совершенствования режимов работы, способов и систем управления АХП [1,2]. Разработки, выполненные в рамках первых двух направлений, могут быть реализованы исключительно на этапе проектирования, т.к. предполагают изменение конструкции АХА, тогда, как в третьем – реализуемы как на этапе проектирования, так и в процессе эксплуатации. Поэтому, рассмотрим подробнее именно последнее направление. Современные исследования в данном направлении связаны с работами отечественных [3-6] и зарубежных ученых.

Основной акцент в них сделан на решение проблемы энергоэффективности АХП при эксплуатации в широком диапазоне температур наружного воздуха. Известно [3,4], что АХП, как и другие холодильные приборы проектируются, в первую очередь, для поддержания заданного уровня охлаждения в охлаждаемых камерах в «жестких» условиях эксплуатации (для Украины это 32 °С). И если для компрессионных аналогов снижение температуры наружного воздуха до 10 °С (при более низкой температуре есть опасность поломки компрессора при пуске из-за загустевания масла) только увеличивает энергетическую эффективность холодильного прибора, то для абсорбционных моделей ситуация неоднозначна. В АХП, как и в компрессионных аналогах, снижение температуры наружного воздуха способствует уменьшению теплопритоков в охлаждаемые камеры и улучшает условия отвода холодильного цикла в окружающую среду. Однако в АХП хорошие условия отвода тепла с теплорассеивающих элементов негативно влияют на подачу аммиака из генератора АХА в конденсатор.

Проведенные исследования ставили целью анализ влияния подводимой в генераторном узле АХА тепловой мощности на режимы работы и энергетическую эффективность АХП в комплексе.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- изучить особенности конструкции кипятильника-генератора и их влияние на нормальное функционирование в составе АХП;
- провести экспериментальные исследования работы АХП и отдельных его элементов в условиях «жесткой» эксплуатации (при повышенной температуре воздуха окружающей среды 25...32 ºС) при различных значениях величины подводимой к генератору тепловой мощности.

В качестве объекта исследования был использован двухкамерный АХП «Киев-410» типа АШ-160. Для проведения экспериментальных исследований влияния на работу АХП и его элементов подводимой в генераторном узле тепловой мощности было использовано автоматизированное рабочее место (АРМ) [7]. Для изучения статических свойств АХП при помощи АРМ были организованы автоматизированные эксперименты, которые можно рассматривать как получение квазистатических характеристик.

Первоначально в результате автоматизированного эксперимента был получен набор квазистатических характеристик АХП по каналам «подводимая к генератору АХА тепловая мощность – температуры поверхности элементов АХА в контрольных точках» для исследуемого АХП. На следующем

этапе исследований были получены квазистатические характеристики АХП по тем же каналам, но при других условиях работы подъемного участка дефлегматора АХА:

1) при интенсивном отводе тепла с поверхности дефлегматора в окружающую среду при помощи воздушного вентилятора, мощностью 3 Вт;
2) в квазиадиабатном режиме – с тепловой изоляцией дефлегматора по всей длине его подъемного участка.

Тепловая изоляция и обдув дефлегматора вентилятором позволили промоделировать различные условия окружающей среды.

В современных конструкциях АХА кипятильник-генератор, в дальнейшем генератор, выполнен в виде перекачивающего термосифона – трубки с небольшим внутренним диаметром (4,0…4,2 мм) – капилляра. В нижней части генератора, заполненной крепким ВАР, подводится тепловая мощность. Значение тепловой мощности в зоне нагрева подбирается таким образом, чтобы во внутренней части капилляра происходил процесс парообразования в режиме пузырькового течения [8]. Образующаяся в результате подвода тепла парожидкостная смесь (ПЖС) обладает меньшей, по сравнению с жидким ВАР плотностью и, в соответствии с законом Архимеда, поднимается в верхнюю част термосифона.

В верхней (подъемной или транспортной) части генератора (длиной 0,35…0,45 м) при постоянном подводе тепла формируется динамический парожидкостный столб, состоящий из частиц жидкого ВАР, захваченного при подъеме паровыми пузырьками, и самих паровых пузырей. В паровой фазе находится преимущественно пар аммиака, а жидкая фаза представляет собой слабый ВАР с массовой долей аммиака 0,10…0,15.

Выбор внутреннего диаметра и высоты подъемной части генератора производится разработчиками АХП на основе опыта проектирования. Приведенные выше значения внутреннего диаметра и высоты подъемной части генератора соответствуют расчетному режиму снарядного течения при подводе тепловой мощности от 40 до 110 Вт. В диапазоне указанных режимных и конструктивных параметров обеспечивается режим работы перекачивающего термосифона с производством пара и с подъемом жидкости на заданную высоту.

Из этого диапазона для различных конструкций и режимов работы можно найти оптимальные соотношения между массой поднятой жидкости и массой полученного пара – массовый коэффициент подачи термосифона.

В случае увеличения внутреннего диаметра при неизменной тепловой нагрузке и высоте подъемной части генератора режим снарядного течения, сопровождающийся захватом частиц жидкости, реализован не будет. В этом случае возникает режим пузырькового кипения с подъемом отдельных пузырьков пара, практически без подъема жидкости.

В случае уменьшения внутреннего диаметра генератора наблюдается обратная картина – происходит выброс жидкости незначительным количеством пара, т.е. режим работы перекачивающего термосифона также не реализуется.

Влияние высоты подъемной части генератора имеет следующий характер. Этот участок при течении ПЖС определяет гидравлическое сопротивление и пьезометрический напор. В соответствие с законами гидравлики – чем меньше эти величины, тем меньше подводимой тепловой энергии следует затратить. Кроме этого, высота подъемной части определяет поверхность теплообмена с окружающей средой. Несмотря на установку теплоизоляционного кожуха, имеют место потери. Поэтому и с позиции теплообмена наиболее предпочтителен генератор с минимальной высотой подъемной части.

В то же время высота подъемной части определяет режим работы абсорбера АХА, который в современных конструкциях представляет собой наклонные трубки, по внутренним поверхностям которых стекает слабый ВАР, а противотоком ему поднимается поток насыщенной водородоаммиачной парогазовой смеси (ПГС) из испарителя.

Фактически высота подъемной части генератора определяет поверхность тепло-и массообмена в процессе абсорбции и в значительной мере – холодопроизводительность испарителя АХА. В связи с таким положением и выбираются размеры генераторов в современных моделях АХА.

Оптимальное соотношение ($b_{опт}$) между количеством поднятой жидкости и количеством полученного пара для реализации цикла АХА имеет место в диапазоне подводимых тепловых мощностей в генераторе от 70…80 Вт до 100…110 Вт. В этом режиме наблюдается максимальная холодопроизводительность испарителя АХА и, соответственно, достигается максимальные значения теплового коэффициента цикла АХА.

Средняя часть указанного диапазона соответствует значениям оптимальных тепловых мощностей при работе в условиях температур воздуха окружающей среды 24…26 ºС.

В сторону меньших значений тепловых мощностей $b_{опт}$ сдвигается при снижении температуры воздуха окружающей среды до 18… 20 ºС, а в сторону больших значений 100…110 Вт – при температурах 28… 32 ºС. Такое движение b_o связано с изменением условий работы АХП, т.е. как уже было отмечено выше – с изменением теплопритоков в охлаждаемые камеры и условий теплоотдачи в окружающую среду. Эти

результаты, полученные в процессе экспериментальных исследований, подтверждаются и теоретическим анализом циклов как безнасосных, так и насосных АХА.

Таким образом, с точки зрения энергетической эффективности реализации цикла АХА целесообразно изменять значение подводимой тепловой мощности в генераторе АХА в соответствии с изменением температуры воздуха окружающей среды.

Режим II лежит в стороне меньших, по сравнению с оптимальным режимом, значений подводимой тепловой мощности. Его диапазон составляет от 35…40 Вт до 70…80 Вт. В этом режиме происходит преимущественно перекачка жидкой фазы ВАР минимально возможным количеством пара. В этих условиях работы в конденсатор и далее в испаритель поступает меньшее количество пара аммиака, что приводит к снижению холодопроизводительности.

При меньшей генерации пара, в потоке слабого ВАР на входе в абсорбер не достигается массовая концентрация 0,15…0,18. Однако, за счет высокой кратности циркуляции между генератором и абсорбером ВАР, абсорбер справляется с задачами очистки ПГС, поступающей из испарителя. Холодопроизводительность испарителя и энергетическая эффективность цикла АХА в режиме II убывает при уменьшении значения подводимой тепловой мощности в генераторе от 70…80 Вт до 35…40 Вт.

С точки зрения управления АХП в позиционном режиме, режим II можно рассматривать как «ждущий» режим при отключении основной (номинальной) тепловой мощности. «Ждущий» режим АХА обеспечивает минимальную генерацию пара и циркуляцию раствора таким образом, чтобы из большей части подъемного участка дефлегматора был вытеснен инертный газ. В этом режиме АХА находится как бы в состоянии «готовности» к быстрому запуску конденсатора и испарителя при переходе на большую тепловую мощность, подводимую в генераторе.

Анализ результатов экспериментальных исследований позиционных режимов управления показал, что «ждущий» режим целесообразно применять при работе только в диапазоне температур воздуха окружающей среды от 19…20 до 26…27 ºС. При низких температурах воздуха снижается коэффициент рабочего времени (КРВ) АХА, т.е. время работы АХА уменьшается и становятся нецелесообразными затраты энергии для длительного поддержания генератора в состоянии «готовности». При повышенных температурах воздуха окружающей среды (больше 26…27ºС) КРВ АХА возрастает, время нерабочего периода соответственно снижается и элементы генераторного узла постоянно находятся в нагретом состоянии. В этом случае также энергетически невыгодно использовать «ждущий» режим.

Режим IV находится в стороне больших, по сравнению с оптимальным режимом III, тепловых мощностей в генераторе – от 100…110 Вт до 180… 190 Вт. Режим IV характеризуется преимущественным производством пара перед количеством перекачиваемого жидкого ВАР, т.е. $b < b_{опт}$. Кратность циркуляции жидкого ВАР между генератором и абсорбером минимальна, но слабый ВАР обеднен по аммиаку ниже оптимальных значений до 0,10…0,12.

В генерируемом паровом потоке больше, чем в оптимальном режиме III, содержится пара воды. Только при низких температурах воздуха окружающей среды (10…15 ºС) дефлегматор справляется с очисткой парового потока, поступающего в конденсатор и далее в испаритель. На нижней границе тепловых мощностей в генераторе холодопроизводительность испарителя еще значительна. С ростом же подводимой тепловой мощности в испаритель начинает поступать вода, а в абсорбер приходит недостаточно охлажденный слабый ВАР. Оба этих фактора приводят к снижению холодопроизводительности.

Режим IV характеризуется низкой энергетической эффективностью из-за значительного количества выпаренной воды. Как показано, паровой поток с повышенным содержанием пара воды обладает более высоким удельным объемом, чем поток пара чистого аммиака. Такой поток может значительно быстрее вытеснить из дефлегматора инертный газ и произвести запуск испарителя. Режим IV можно рекомендовать в качестве «форсажного» при запуске АХА, но при его реализации необходимо помнить об ограничении температуры греющей поверхности трубки термосифона значением 180…190 ºС из-за опасности возникновения процесса активной коррозии.

Выводы.

1. Наиболее перспективным направлением энергосберегающих разработок АХП является совершенствованием способов и систем автоматического управления. Это связано, в первую очередь с тем, что полученные разработки могут быть внедрены не только в процессе проектирования новых АХП, но и на уже эксплуатирующихся моделях.

2. В штатных системах автоматического управления в качестве управляющего воздействия используется величина мощности, подводимой к генератору АХА. Все разработки, так или иначе, связанные с повышением энергетической эффективности АХП, предлагают эксперименты с этим управляющим воздействием. Однако, чрезмерное занижение или завышение величины мощности может привести к срыву процесса производства искусственного холода в АХП или даже к выходу из строя его составляющих. Поэтому был проведен комплексный анализ процессов тепломассообмена, проходящих в генераторе АХА.

3. В результате проведенных исследований из всего диапазона значений подводимой тепловой мощности было выделено 5 типов режимов работы генератора (I-V). Выделен энергетически эффективный

режим II. Показано, что при режимах I и V холодильный цикл АХА не реализуется. Режим III обычно использовался разработчиками при работе с позиционными алгоритмами управления в качестве «ждущего» режима, обеспечивающего состояние «готовности» к быстрому запуску, а режим IV – в качестве «форсажного» при запуске АХА из нерабочего состояния.

Литература

1. **Zohar A.** The influence of diffusion absorption refrigeration cycle configuration on the performance / A. Zohar et al. // Applied thermal engineering. – 2007. – №27. – P. 2213–2219.
2. **Dincer I.** Developments in Absorption Refrigeration Systems / I. Dincer, T.A. Ratlamwala. // Integrated Absorption Refrigeration Systems. Springer International Publishing. – 2016. – С. 241–257.
3. **Ищенко И.Н.** Усовершенствование режимных параметров водоаммиачных абсорбционных холодильных агрегатов, работающих в широком диапазоне температур окружающей среды : дис. канд. техн. наук : 05.05.14 / Ищенко И.Н. – Одесса, 2013. – 178 с.
4. **Селиванов, А.П.** Абсорбционные холодильные аппараты сезонного типа. Современное состояние и тенденции развития / А.П. Селиванов // Збірник наукових праць НУК. – 2013. – № 5-6. – С.82–88.
5. **Мазур А.В.** Повышение энергетической эффективности тепловых процессов пищевых технологий средствами гарантирующего управления : дис. канд. техн. наук : 05.13.07 / Мазур А.В. – Одесса, 2006. – 208 с.
6. **Мазур А.В.** Тепловые процессы пищевых технологий как объекты управления: общность особенностей и принципов повышения энергетической эффективности / А.В. Мазур / Збірник наукових праць ОНАХТ. – 2007. – Вип. 30. – Т. 1. – С. 237–241.
7. **Тітлова О.О.** Автоматизированное рабочее место исследователя тепловых процессов в абсорбционных холодильных приборах / О.О. Тітлова. // Автоматизация технологических и бизнес-процессов. – 2011. – С. 60–64.
8. **Титлов А.С.** Энергосберегающие режимы работы перекачивающих термосифонов АДХМ / А.С. Титлов, Д.С. Тюхай // Промышленная теплотехника. – 2003. – Т. 25.– № 4. – С.76–79.

УДК 621.575:620.91:662.997

РАЗРАБОТКА СХЕМ АБСОРБЦИОННЫХ ВОДОАММИАЧНЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН ДЛЯ РАБОТЫ В СИСТЕМАХ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДЫ ИЗ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Осадчук Е.А., Титлов А.С., Кирилов В.Х., Мазуренко С.Ю.,
Одесская национальная академия пищевых технологий

В наше время, основной объем рынка оборудования по выделению воды из воздуха приходится на системы, имеющие в своем составе компрессионную холодильную установку с электрическим приводом, которые гарантировано обеспечивают температуру ниже точки росы. Для получения 1 литра воды требуется затратить около 1 кВт·ч электроэнергии, а в среднем из потока воздуха 1 кг/с выделить ~ 10 г/с воды. При холодильном коэффициенте компрессионной холодильной машины, равном 3, на производство 1 литра воды будет затрачивается энергия порядка ~ 0,33 кВт·ч. Вместе с тем применение компрессионных установок перспективно только для производительности до 3–4 литров воды в час. При более высокой производительности происходит существенное возрастание габаритов установки.

Несравненно большая, по сравнению с компрессионными аналогами, производительность систем получения воды из атмосферного воздуха может быть достигнута при адиабатном расширении в турбодетандере воздушной холодильной машины. Такие машины успешно применяются в космической технике при организации запуска летательных аппаратов.

Однако, в мире насчитывается немало мест, а это страны Африки, Юго-Восточной Азии, Южной Америки, где помимо проблем с водой есть проблемы и с электроэнергией, да и в свете глобальных проблем с истощением нефтяных и газовых ресурсов планеты – расходование электричества на решение этой проблемы становится проблематичным. Эти проблемы характерны и для южного региона Украины.

В этой связи разработчики систем получения воды из атмосферного воздуха уделяют значительное внимание теплоиспользующим холодильным установкам, источником тепла в которых является солнечная энергия. Одним из многообещающих направлений является возможность использования существующей инфраструктуры солнечных нагревателей воды, суммарный объем площадей коллекторов которых в мире более 200 млн.м^2.

Тем не менее, абсорбционные водоаммиачные схемы с воздушным охлаждением теплорассеивающих элементов (абсорбционно-диффузионные холодильные агрегаты – АДХА) в

большинстве случаев не могут быть напрямую использованы в системах получения воды из атмосферного воздуха при работе с солнечными коллекторами. Это связано с тем, что в настоящее время основной парк солнечных коллекторов составляют конструкции с водой в качестве теплоносителя. Максимальная температура нагрева в таких системах не превышает 100 ºС, а этого недостаточно для полноценной реализации абсорбционного водоаммиачного холодильного цикла даже в зоне умеренного климата, как для насосной схемы (оптимальный рабочий диапазон 120-140 ºС), так и для безнасосной (оптимальный рабочий диапазон 150-170 ºС). Повышенный уровень температур в безнасоной схеме связан с наличием инертного выравнивающего газа (традиционно – водорода), позволяющего избавится от перекачивающих элементов конструкции.

Необходимо отметить и тот факт, что рабочим телом абсорбционных водоаммиачных холодильных агрегатов, как насосного и безнасосного типа, служит природное рабочее тело – водоаммиачный раствор (ВАР), не оказывающий неблагоприятное техногенное воздействие на экосистему планеты. К тому же аммиак позволяет расширить область применения абсорбционных холодильных систем в части снижения температуры холодного источника ниже 0 ºС, например, для решения кондиционирования воздуха или холодильного хранения пищевых продуктов и сырья.

Таким образом, исследования и разработки теплоиспользующих абсорбционных водоаммиачных холодильных агрегатов (АВХА) с солнечными водяными коллекторами для систем получения воды из атмосферного воздуха в части расширения их области применения можно считать актуальными. С учетом приведенного выше анализа, а также с учетом простоты конструкции и способа реализации для дальнейшей разработки был выбран вариант традиционной АВХА с теплообменником растворов и с бустер-компрессором на магистрали подачи пара аммиака в конденсатор (рис.1).

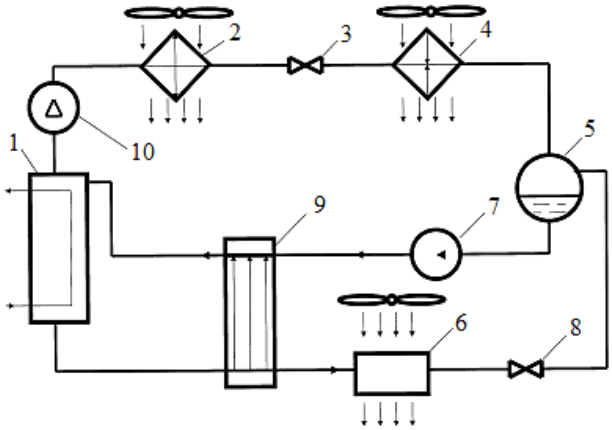


Рис. 1. Схема АВХА с поджимающим бустер-компрессором:

1 – генератор-кипятильник; 2 – воздушный конденсатор; 3 – дроссель жидкого аммиака; 4 – воздухоохладитель; 5 – абсорбер; 6 – воздушный охладитель слабого раствора; 7 – насос крепкого раствора; 8 – дроссель слабого раствора; 9 – теплообменник растворов; 10 – бустер-компрессор

С помощью оригинального алгоритма расчета циклов АВХА был проведен анализ циклов АВХА с поджимающим бустер-компрессором перед конденсатором. Интерес представлял своеобразный «модифицированный холодильный коэффициент» (МХК) цикла АВХА (η), который представляет собой отношение полезного эффекта (искусственного холода) с затраченной в циркуляционном насосе 7 и бустер-компрессоре электрической мощности. С учетом того, что тепловая энергия греющего источника поступает от СК, ее, как бы полученную даром, мы не учитывали.

Анализ показал, что с повышение температуры греющего источника от 80 °С до 100 °С эффектность АВХА возрастает почти в 2 раза.

Интерес представляет и сравнение цикла АВХА с бустер-компрессором и цикла парокомпрессионной холодильной машины (ПКХМ), работающей в том же диапазоне параметров температур объекта охлаждения и наружного воздуха.

Показано, что имеют место энергетические преимущества (от 11 до 24 %) у АВХА с бустер-компрессором даже перед идеальным холодильным циклом Карно, начиная с уровня температур греющего источника 100 °С .

Проведенный расчет АДХА показал невозможность их прямого использования в системах получения воды из атмосферного воздуха из-за повышенных требований к температуре греющего источника.

С учетом требований к температуре греющего источника была предложена следующая система получения воды из атмосферного воздуха на базе АДХА (рис.2).

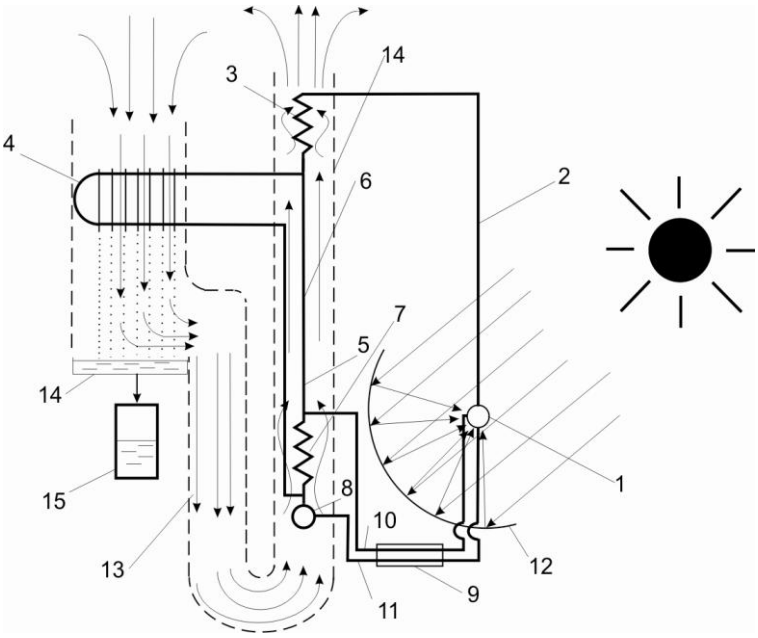


Рис. 2. Схема установки получения воды из атмосферного воздуха с АДХА

Установка содержит АДХА, в состав которого входят: генератор 1, дефлегматор 2, конденсатор 3, испаритель 4, опускной 5 и подъемный 6 каналы парогазового контура, абсорбер 7, ресивер раствора рабочего тела 8, теплообменник типа «труба в трубе» 9 растворов рабочего тела, каналы слабого 10 и крепкого 11 растворов рабочего тела. Генератор 1 АДХА установлен в фокусе параболического зеркального концентратора солнечного теплового излучения 12. АДХА заправлен ВАР и водородом в качестве выравнивающего инертного газа. ВАР частично заполняет генератор 1 и ресивер 8, а теплообменник 8 и каналы 10 и 11 – полностью. Контур естественной циркуляции воздушного потока представляет собой U – образный канал с опускными 13 и подъемными 14 частями. В опускном канале 13 установлена емкость 15 для сбора конденсата, стекающего с испарителя 4. Из емкости 15 конденсат отводится для дальнейшего хранения в сосуде 16. В верхней части опускного канала 13 размещен испаритель 4 АДХА, а в нижней и верхней части подъемного канала 14, соответственно, абсорбер 7 и конденсатор 3.

Выводы

1. Предложена схема АВХА с поджимающим бустер-компрессором перед конденсатором для работы в составе системы получения воды из атмосферного воздуха с источником тепла от солнечных коллекторов с водой в качестве теплоносителя, которая несмотря на дополнительные затраты энергии на привод компрессора, может обеспечить работу АВХА с источниками тепла от 80 °С, причем с повышением температуры греющего источника от 80 °С до 100 °С энергетическая эффектность АВХА возрастает в 2 раза.

2. Сравнительный анализ энергетических характеристик цикла АВХА с поджимающим бустер-компрессором и цикла ПКХМ, работающей по идеальному циклу Карно, показал преимущество АВХА, начиная с уровня температур греющего источника 100 °С.

3. Применение безнасосного АДХА позволяет реализовать абсолютно автономный способ получения воды из атмосферного воздуха, повышенная производительность которого зависит только от интенсивности солнечного теплового излучения и постоянна в течение светового дня.

УДК 621.575.620.91

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СХЕМ УСТАНОВОК ПОЛУЧЕНИЯ ВОДЫ ИЗ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Мазуренко С.Ю., Гожелов Д.П., Озолин Н.Е.,
Одесская национальная академия пищевых технологий

В настоящее время, основной объем рынка оборудования по выделению воды из воздуха приходится на системы, имеющие в своем составе компрессионную холодильную установку с электрическим приводом.

Вместе с тем применение компрессионных установок перспективно только для производительности до 3–4 литров воды в час. При более высокой производительности происходит существенное возрастание габаритов установки. Необходимым условием работы компрессионной холодильной машины является наличие электрической энергии. В тоже время подавляющее число стран, испытывающих дефицит воды, ограничены и в энергоресурсах. Едва ли не единственным доступным источником энергии у них является солнце. Поэтому, в качестве наиболее перспективного направления нами были выбраны модернизированные абсорбционные холодильные машины (АХМ), работающие от источника низкопотенцильного тепла – солнечной энергии.

Одним из многообещающих направлений является возможность использования существующей инфраструктуры солнечных нагревателей воды – солнечных коллекторов (СК), суммарный объем площадей коллекторов которых в мире более 110 млн.м^2.

Анализ режимных характеристик АХМ показал, что основные проблемы, которые надо решить при их использовании в системах получения воды с СК следующие: во-первых, разработать конструкции АХМ с воздушным охлаждением теплорассеивающих элементов, а во-вторых, предложить цикл, который можно было бы реализовать в условиях тропических температур наружного воздуха и уровне температур традиционных водяных солнечных коллекторов (80-100 ºС).

В таких условиях наибольшие перспективы имеют абсорбционные водоаммиачных холодильных машин (АВХМ), которые позволяют провести необходимую модификацию цикла. В связи с выбором АВХМ необходимо отметить, что в последние годы в связи с неблагоприятным техногенным воздействием на окружающую среду систем холодильной техники все большее внимание уделяется природным холодильным агентам.

Особый интерес представляют АВХМ работающие на возобновляемых источниках энергии, в частности, на энергии солнечного излучения. Такой интерес связан с возможностью круглогодичного использования солнечных коллекторов, находящих в настоящее время широкое применение в системах отопления и горячего водоснабжения.

Предполагается, что при избытке солнечной энергии в теплый период года часть ее можно направлять на генератор АВХМ для производства искусственного холода. Полученный холод можно использовать как в системах кондиционирования, так и в холодильниках.

Целью исследования является разработка схем и термодинамический анализ АВХМ на низкопотенциальных источниках тепловой энергии СК для систем получения воды из атмосферного воздуха.

С учетом приведенного выше анализа различных холодильных систем абсорбционного типа и результатов анализа энергетических характеристик циклов АВХМ, а также с учетом простоты конструкции и способа реализации для дальнейшей разработки был выбран вариант традиционной АВХМ с теплообменником растворов и с бустер-компрессором на магистрали подачи пара аммиака в конденсатор.

С помощью оригинального алгоритма расчета циклов АВХМ был проведен анализ циклов АВХМ с поджимающим бустер-компрессором перед конденсатором.

Интерес представлял своеобразный «модифицированный холодильный коэффициент» (МХК) цикла АВХМ (η), который представляет собой отношение полезного эффекта (искусственного холода) с затраченной в циркуляционном насосе и бустер-компрессоре электрической мощности.

С учетом того, что тепловая энергия греющего источника поступает от СК, ее, как бы полученную даром, мы не учитывали.

Анализ результатов расчетов показывает, что с повышение температуры греющего источника от 80 °С до 100 °С эффектность АВХМ возрастает почти в 2 раза.

Интерес представляет и сравнение цикла АВХМ с поджимающим бустер-компрессором перед конденсатором и цикла парокомпрессионной холодильной машины (ПКХМ), работающей в том же диапазоне параметров температур объекта охлаждения и наружного воздуха.

Результаты сравнения цикла ПКХМ, работающего по идеальному циклу Карно и цикла АВХМ с поджимающим бустер-компрессором перед конденсатором показали, что имеют место энергетические преимущества у АВХМ с поджимающим бустер-компрессором перед конденсатором даже перед идеальным холодильным циклом Карно, начиная с уровня температур греющего источника 100 °С.

Энергетическое преимущество в рассмотренном диапазоне температурных параметров составляет от 11 до 24 %.

УДК 621.575(088.8): 621.431.74

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ ПРИМЕНЕНИЯ НА СУДАХ АБСОРБЦИОННЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ (АХА)

Гожелов Д.П., Тимофеев И.В., Мазуренко С.Ю.,
Одесская национальная академия пищевых технологий

Стоящие в настоящее время перед мировым сообществом проблемы энергоресурсосбережения наибольшую актуальность приобретают на транспорте, в частности, на – морском.

Для судовых систем холодильной техники и кондиционирования воздуха известным энергоресурсосберегающим предложением является применение теплоиспользующих аппаратов, утилизирующих теплоту уходящих газов главных судовых двигателей и котельных установок.

Эффективность предложения связана с тем, что потери тепла с уходящими газами котлов на современных судах составляют 7…8 %, потери тепла в дизельных установках судов 28…40 % .

Кроме тепловлажностной обработки воздуха в системах кондиционирования искусственный холод, произведенный теплоиспользующими холодильными машинами, может использоваться для глубокого охлаждения надувочного воздуха и бытовых нужд.

Вместе с тем при решении задач энергоресурсосбережения практически не уделяется внимания малым потребителям искусственного холода на морских судах – аппаратам низкотемпературного хранения пищевых продуктов и полуфабрикатов для нужд командного состава . Потребности холода в таких аппаратах незначительны, по сравнению с производственными, а традиционным производителем холода в них являются фреоновые парокомпрессионные агрегаты, использующие только электрические источники энергии.

Как показал анализ, для работы на морских судах могут быть использованы два типа АХА – с воздушным и жидкостным охлаждением теплорассеивающих элементов (конденсатора, дефлегматора и абсорбера) с неэлектрическими источниками энергии.

В первом случае обеспечивается полная автономность холодильного аппарата, но конструкция достаточно громоздка, во- втором случае ситуация обратная: металлоемкость минимальна, но требуется циркуляционный насос для прокачки охлаждающей воды.

АХА с жидкостным охлаждением теплорассеивающих элементов (в дальнейшем - АХА с жидкостным охлаждением) рассчитаны на холодопроизводительность порядка 1200…1500 Вт. В настоящее время они нашли применение в тепловых насосах, использующихся для альтернативного отопления небольших жилых домов. Источником энергии для АХА с жидкостным охлаждением служат продукты сгорания органического топлива (природного газа, пропана, керосина, бензина и т.д.). Горелочное устройство рассчитывается на тепловую нагрузку 3500…5000 Вт.

Во всех случаях применение АХА на морских судах не столкнется с типичной для теплоиспользующих холодильных аппаратов проблемой – зависимостью от режима работы энергетической установки, когда типовым решением является установка специального парогенератора, включающегося на стоянках и обеспечивающего стабильную работы холодильной машины, а недостатком – увеличение состава судового энергетического оборудования и связанные с этим проблемы роста металлоемкостии, снижения надежности и безопасности, наличием дополнительного обслуживающего персонала и т.д.

При использовании АХА в составе судовых низкотемпературных камер проблемы энергообеспечения могут быть решены и без подключения дополнительного энергетического оборудования, а только за счет утилизации тепла выхлопных газов дизель-генераторов.

Как показывают оценочные расчеты, даже при КПД преобразования энергии выхлопных газов 25 % дизельного двигателя минимальной мощности (4R32D), работающего на 50 % - ной нагрузке, на судне можно эксплуатировать до 15 АХА с жидкостным охлаждением или до 500 средних АХА с воздушным охлаждением, обеспечивая производство, не менее, 20 кВт искусственного холода.

Необходимым условием работы АХА является и уровень температур источника тепловой энергии – 160…175 ^{o}C. Как показывает анализ, по этому критерию вполне проходят все типы дизельных двигателей во всем диапазоне их режимов работы (от 100 до 50 % нагрузки), причем температурный напор составляет, не менее, 115 ^{o}C.

Эффективность использования АХА, работающих в режиме утилизации тепла уходящих газов судовых дизельных двигателей, возрастет при наличии системы регулирования тепловой нагрузки на генераторном узле.

Целесообразность регулирования связана как с прямой экономией энергоресурсов, так и с обеспечением штатной работы (поддержание требуемого температурного режима низкотемпературного хранения) холодильного аппарата при переменных условиях эксплуатации.

Для рассматриваемого случая под переменными условиями эксплуатации следует понимать:

а) изменение режима работы дизельного двигателя, когда расход выхлопных газов может измениться, практически, в два раза, а температура – на 30…35 ^{o}C;

б) изменение условий охлаждения теплорассеивающих элементов АХА в различных климатических зонах и при перемене погодных условия (ветер, прямое солнечное излучение, дождь);

в) загрузка холодильной камеры отепленными пищевыми продуктами.

УДК 621.5.043

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК ГЕНЕРАТОРОВ АБСОРБЦИОННЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ (АХА)

Осадчук Е.А., Холодков А.О.,
Одесская национальная академия пищевых технологий

Генератор в схемах современных АХА предназначен для получения пара холодильного агента с одновременным подъемом жидкого ВАР на заданную высоту. Известны и конструкции АХА [141], в которых процессы генерации и подъема разделены, однако они не нашли широкого применения из-за сложности конструкции.

Метод расчета подъема жидкости под воздействием собственных паров изложен в монографии В. Нибергала [1]. Для характеристики этого процесса введен специальный критерий – объемный коэффициент подачи генератора *b*,

который представляет собой отношение объема поднятой жидкости *V'* к объему одновременно полученного пара *V''*

$$b = \frac{V'}{V''}. \qquad (1)$$

При проведении расчетов термодинамических параметров цикла АХА используется также и массовый коэффициент подачи, который является отношением соответствующих масс или массовых расходов [2]

$$b^* = \frac{M'}{M''} = \frac{G'}{G''}. \qquad (2)$$

Каттанео [3] отметил изменения в структуре двухфазного потока в процессе подачи – при малом диаметре трубы образуются паровые поршни или паровые «пробки», которые вытесняют в верхнюю часть соответствующие жидкостные «пробки». При увеличении диаметра трубы по ней течет смесь паровых пузырей и жидкости (смешанная подача), при этом смешанный режим течения можно достичь и увеличением тепловой нагрузки генератора.

Аналогичные результаты были получены и Нессельманом [4] на трубках с внутренними диаметрами 11…15 мм на воде при атмосферном давлении.

Анализируя результаты экспериментальных исследований [2, 3], Нибергал [1] отмечает неопределенность с распространением значений *b* на другие вещества и бинарные смеси и диапазоны режимных параметров. Тем не менее, результаты Каттанео и Нессельмана позволяют сделать ряд следующих выводов качественного характера.

Для увеличения значения *b* необходимо чтобы:

а) высота подъемной части генератора должна быть настолько малой, насколько позволяет конструкция;

б) во всех случаях предпочтительнее трубы малого внутреннего диаметра;

в) температура жидкости на входе в генератор должна быть максимально близка к температуре насыщения.

Кроме этого, согласно Каттанео, *b* и *b'* практически не зависят от тепловой нагрузки подъемной трубы.

В настоящее время в основе существующих теоретических методик расчета генераторов АХА [1-3] лежат методы термодинамики, которые предполагают знание температурных полей элементов или, по крайней мере, температур в характерных точках (вход – выход). В связи с этим такие методы практически неприменимы при конструктивных расчетах новых моделей, а используются только при анализе энергетической эффективности циклов АХА.

При создании новых АХА специалисты отдают предпочтение опыту практических разработок или используют результаты широкомасштабных экспериментальных исследований конструкций генераторов [3-6].

Практически во всех современных конструкциях АХА, независимо от их назначения, используются в качестве генераторов трубки с внутренним диаметром 35…36 мм, в которых реализуется поршневой режим течения двухфазной смеси. Для таких генераторов может быть применен ряд аппроксимационных зависимостей, полученных в различных диапазонах режимных параметров.

Так, для работы АХА с давлением в системе P = 8…12 бар (режим имеет место при жидкостном охлаждении теплорассеивающих элементов [2])

$$b^* = \left(\frac{0,20}{H}\right)\cdot P\cdot(0,40\cdot\xi+0,06)-\xi-0,15, \quad (3)$$

$$G''\cdot 10^5 = -P\cdot(0,118+0,24\cdot\xi)+4,62\cdot\xi+5,022, \quad (4)$$

где H – высота подъемной (транспортной) части трубки генератора, м;

P – давление в системе, бар;

ξ – массовая концентрация крепкого ВАР (на входе генератора).

Массовый расход паровой смеси для этих условий в диапазоне значений тепловых нагрузок генератора Q_i = 60…130 Вт определяют, как

$$G_i'' = G''\cdot\frac{Q_i}{80}, \quad (5)$$

где G'' – массовый расход пара, рассчитанный по формуле (4), кг/с.

В диапазоне давлений 19…21 бар, что имеет место при воздушном охлаждении теплорассеивающих элементов, можно использовать рекомендации В.М. Янченко и др. [5, 6]

$$G_X'' = (3,27\cdot Q_T - 16,3)\cdot 10^{-7}, \quad (6)$$

$$G_f = (1,25\cdot Q_T + 54,5)\cdot 10^{-6}, \quad (7)$$

где G_X'' – массовый расход пара аммиака на выходе дефлегматора, кг/с;

G_f – массовый расход крепкого ВАР на входе в генератор, кг/с.

К сожалению, исследования [5, 6] не содержат всех сведений, необходимых для расчета b и b^*. В них не приведена информация о тепловой нагрузке дефлегматора, по которой можно было бы судить о суммарном расходе пара $G''=G_X''+G_A''$ и величине коэффициента подачи в классическом определении [1]

$$b^* = \frac{G_f - G''}{G''}. \quad (8)$$

Эти результаты не позволяют судить и об энергетической эффективности того или иного режима работы генератора, что немаловажно при создании энергосберегающего оборудования.

Вместе с тем, исходя из самых общих соображений, можно отметить отличия режимов работы генераторов на чистых веществах и смесях, например, на водоаммиачных растворах.

Действительно, в случае чистого вещества при постоянном давлении увеличение тепловой нагрузки (Q_T) приводит только к дополнительному производству пара, увеличению паросодержания потока, росту выталкивающей силы и увеличению расхода поднятой жидкой фазы.

В случае бинарной смеси, например, ВАР, происходит изменение состава как паровой, так и жидкой фаз. Переход в новое равновесное состояние сопровождается снижением концентрации низкокипящего компонента (аммиака) в паровой и жидкой фазе и соответствующим ростом температур. Одновременно с этим претерпевают значительное изменение все термодинамические параметры и теплофизические характеристики смеси.

Такое изменение свойств рабочего тела обусловливает и различие в интенсивности процессов теплообмена при кипении. Так, для ВАР, согласно [7], снижение массовой концентрации от 0,35 до 0,15 (соответствует диапазону изменения термодинамических параметров цикла АХА) приводит к росту коэффициента теплообмена, как минимум, на 37 %.

Выводы.

Таким образом, анализ известных исследований показал, что в настоящее время отсутствуют теоретические разработки процессов в генераторе АХА, которые бы позволили определить энергосберегающие режимы подвода тепловой нагрузки. В этой связи для их определения был проведен анализ результатов экспериментальных исследований генераторов в составе серийных АХА производства ВЗХ.

Список литературы

1. **Niebergal W.** Sorptoin-kalte-maschinen / W. Niebergal. – Berlin : Springer, 1959. – 554 S.

2. **Чайковский В. Ф.** Экспериментальные исследования холодильных труб, реализующих абсорбционно-диффузионный холодильный цикл / В. Ф. Чайковский, А. С. Титлов // Холодильная техника и технология. – 1991. – № 52. – С. 3–7.
3. **Тюхай Д. С.** Снижение энергопотребления в аппаратах с абсорбционно-диффузионными холодильными машинами путем организации рациональных тепловых режимов генераторного узла: дис…канд. техн. наук : 05.05.14 / Тюхай Денис Станиславович. – Одесса, 2000. – 147 с.
4. **Янченко В. М.** Определение основных характеристик генератора абсорбционно-диффузионной холодильной машины / В. М. Янченко, Э. А. Казаков, А. В. Котельников // Машины и аппараты холодильной, криогенной техники и кондиционирования воздуха. – 1977. – № 2. – С. 80–85.
5. **Янченко В. М.** Экспериментальное определение характеристик генераторов абсорбционно-диффузионной холодильной машины / В. М. Янченко, Э. А. Казаков, А. В. Котельников // Холодильная техника – 1978. – № 1. – С. 29–31.
6. **Николаенко Ю. Е.** Холодильный агрегат с двумя термосифонами / Ю. Е. Николаенко, Ю. М. Сергиенко // Холодильная техника. – 1989. – № 12. – С. 21–24.
7. **Филаткин В.Н.** Теплоотдача при кипении водоаммиачных растворов // Вопросы теплоотдачи и гидравлики двухфазных сред. –М. –Л.: Госэнергоиздат. – 1961. – С. 112-116.

УДК 621.575

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ДЕФЛЕГМАТОРА АБСОРБЦИОННЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ

Осадчук Е.А., Кирилов В.Х.,
Одесская национальная академия пищевых технологий

Цель данного исследования заключается в том, чтобы предложить методику теоретического расчёта генераторного узла на основе математического моделирования процессов конденсации паров воды и частично паров аммиака на внутренней поверхности подъёмного канала дефлегматора из пароаммиачной смеси. При этом предполагается известным распределение температуры стенки вертикального канала дефлегматора и температура и концентрация пароаммиачной смеси на входе в дефлегматор.

Схема дефлегматора изображена на рис.1 ,

где L – длина дефлегматора ($L \approx 18$ см);

O – начало координат оси x (x направлена вертикально вниз); $L_{из}$ – высота термоизоляции ($L_{из} \approx 11$ см).

Мощность теплового источника $Q = 75$ Вт;

Диаметр трубы дефлегматора ∅ 11 см;

Температура окружающей среды $t_{ОС} = 22$ °С.

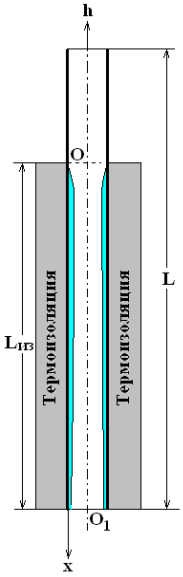


Рис. 1. Изменение температуры стенки по высоте дефлегматора.

Экспериментальные данные по температуре стенки дефлегматора в зависимости от высоты *h*

$$T_{cm} = T(h) \quad T_{cm} - {}^{\circ}\mathrm{C}.$$

Начало координат O_1 оси *h* соответствует входному сечению дефлегматора.

Дефлегматор предназначен для удаления паров воды из концентрированной водоаммиачной смеси высокой температуры. Дефлегматор представляет собой подъёмный канал (круглого сечения) частично теплоизолирован, а остальная часть канала охлаждается окружающим воздухом (рис.1). В верхней части дефлегматора происходит конденсация паров воды и частично паров аммиака с образованием флегмы (слабый раствор аммиака в воде), которая в виде плёнки стекает вниз по внутренней поверхности канала в сборник слабого раствора генератора.

Рассмотрим задачу о ламинарной плёночной конденсации двухкомпонентного (водоаммиачного) пара на вертикальной стенке дефлегматора. Впервые задача о плёночной конденсации однокомпонентного пара была решена Нуссельтом.

На вертикальной стенке, температура которой является переменной по высоте $T_{cm}(x)$ происходит конденсация паров смешивающихся жидкостей. Плёнка флегмы, толщину которой обозначим через $\delta = \delta(x)$, течёт ламинарно.

При исследовании принимаются следующие допущения:

1) силы инерции, возникающие в плёнке конденсата, пренебрежимо малы по сравнению с силами вязкости и силами тяжести;

2) конвективный перенос теплоты в плёнке, а также теплопроводность вдоль неё несущественны по сравнению с теплопроводностью поперёк плёнки;

3) трение на границе раздела паровой и жидкой фаз отсутствует;

4) температура внешне поверхности плёнки конденсата постоянна и равна $T_{гр}$ при заданном давлении пара ($T_{гр}$ – неизвестна и подлежит определению);

5) физические параметры конденсата не зависят от температуры;

6) силы поверхностного натяжения на свободной поверхности плёнки не влияют на характер её течения;

7) плотность пара мала по сравнению с плотностью конденсата.

Принятые допущения позволяют существенно упростить математическую формулировку задачи. Уравнение теплопроводности и движение имеют следующий вид:

$$\frac{d^2T}{dy^2} = 0, \quad (1) \qquad \mu_{ж}\frac{d^2V_x}{dy^2} = -\rho_{ж}g, \quad (2)$$

где $\mu_{ж}$ – динамическая вязкость флегмы, Па с; $\rho_{ж}$ – плотность флегмы, кг/м^3.

Граничные условия:

при $y = 0$

$$T = T_c(x), \quad V_x = 0; \quad (3)$$

при $y = \delta(x)$

$$T = T_{гр}, \quad \frac{\partial V_x}{\partial y} = 0. \quad (4)$$

Решения уравнений проводится численным методом Рунге-Кутта, используя математический пакет MatLab.

В области отсутствия теплоизоляции имеет место однофазный поток хладагента (аммиака). Здесь используется, при математическом описании движения паровой среды уравнения пограничного слоя, а теплообмен с окружающей средой описывается уравнениями конвективного теплообмена, с учётом переменной по высоте температуры стенки. Для данной области решения уравнений в частных производных проводится методом конечных элементов, используя математический пакет FemLab. Приведенные на рис.2 результаты расчетов согласуются с экспериментальными данными.

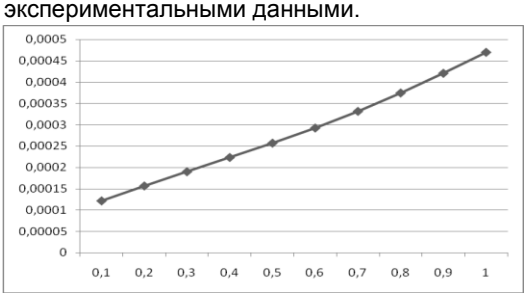


Рис. 2. Изменение толщины флегмы по высоте дефлегматора, (при расчётах принято $T_{гр}$ = 54 °С).

УДК 620.92:621.565.58

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ АБСОРБЦИОННЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН НА БРОСОВЫХ ИСТОЧНИКАХ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Мазуренко С.Ю., Озолин Н.Е., Савинков П.В.,
Одесская национальная академия пищевых технологий

В настоящее время, основной объем рынка оборудования по выделению воды из воздуха приходится на системы, имеющие в своем составе компрессионную холодильную установку с электрическим приводом.

Вместе с тем применение компрессионных установок перспективно только для производительности до 3–4 литров воды в час. При более высокой производительности происходит существенное возрастание габаритов установки. Необходимым условием работы компрессионной холодильной машины является наличие электрической энергии. В тоже время подавляющее число стран, испытывающих дефицит воды, ограничены и в энергоресурсах. Едва ли не единственным доступным источником энергии у них является солнце. Поэтому, в качестве наиболее перспективного направления нами были выбраны модернизированные абсорбционные холодильные машины (АХМ), работающие от источника низкопотенцильного тепла – солнечной энергии.

Одним из многообещающих направлений является возможность использования существующей инфраструктуры солнечных нагревателей воды – солнечных коллекторов (СК), суммарный объем площадей коллекторов которых в мире более 110 млн.м^2.

Анализ режимных характеристик АХМ показал, что основные проблемы, которые надо решить при их использовании в системах получения воды с СК следующие: во-первых, разработать конструкции АХМ с воздушным охлаждением теплорассеивающих элементов, а во-вторых, предложить цикл, который можно было бы реализовать в условиях тропических температур наружного воздуха и уровне температур традиционных водяных солнечных коллекторов (80-100 ºС).

В таких условиях наибольшие перспективы имеют абсорбционные водоаммиачных холодильных машин (АВХМ), которые позволяют провести необходимую модификацию цикла. В связи с выбором АВХМ необходимо отметить, что в последние годы в связи с неблагоприятным техногенным воздействием на окружающую среду систем холодильной техники все большее внимание уделяется природным холодильным агентам.

Особый интерес представляют АВХМ работающие на возобновляемых источниках энергии, в частности, на энергии солнечного излучения. Такой интерес связан с возможностью круглогодичного использования солнечных коллекторов, находящих в настоящее время широкое применение в системах отопления и горячего водоснабжения.

Предполагается, что при избытке солнечной энергии в теплый период года часть ее можно направлять на генератор АВХМ для производства искусственного холода. Полученный холод можно использовать как в системах кондиционирования, так и в холодильниках.

Целью исследования является разработка схем и термодинамический анализ АВХМ на низкопотенциальных источниках тепловой энергии СК для систем получения воды из атмосферного воздуха.

С учетом приведенного выше анализа различных холодильных систем абсорбционного типа и результатов анализа энергетических характеристик циклов АВХМ, а также с учетом простоты конструкции и способа реализации для дальнейшей разработки был выбран вариант традиционной АВХМ с теплообменником растворов и с бустер-компрессором на магистрали подачи пара аммиака в конденсатор.

С помощью оригинального алгоритма расчета циклов АВХМ был проведен анализ циклов АВХМ с поджимающим бустер-компрессором перед конденсатором.

Интерес представлял своеобразный «модифицированный холодильный коэффициент» (МХК) цикла АВХМ (η), который представляет собой отношение полезного эффекта (искусственного холода) с затраченной в циркуляционном насосе и бустер-компрессоре электрической мощности.

С учетом того, что тепловая энергия греющего источника поступает от СК, ее, как бы полученную даром, мы не учитывали.

Анализ результатов расчетов показывает, что с повышение температуры греющего источника от 80 °С до 100 °С эффектность АВХМ возрастает почти в 2 раза.

Интерес представляет и сравнение цикла АВХМ с поджимающим бустер-компрессором перед конденсатором и цикла парокомпрессионной холодильной машины (ПКХМ), работающей в том же диапазоне параметров температур объекта охлаждения и наружного воздуха.

Результаты сравнения цикла ПКХМ, работающего по идеальному циклу Карно и цикла АВХМ с поджимающим бустер-компрессором перед конденсатором показали, что имеют место энергетические

преимущества у АВХМ с поджимающим бустер-компрессором перед конденсатором даже перед идеальным холодильным циклом Карно, начиная с уровня температур греющего источника 100 °С.

Энергетическое преимущество в рассмотренном диапазоне температурных параметров составляет от 11 до 24 %.

УДК 621.575(088.8)

ПРОСТЫЕ АППРОКСИМАЦИОННЫЕ СООТНОШЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЖИДКОГО ВОДОАММИАЧНОГО РАСТВОРА (ВАР) В ДИАПАЗОНЕ РАБОТЫ БЫТОВЫХ АБСОРБЦИОННЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ (АХА)

Осадчук Е.А.,
Одесская национальная академия пищевых технологий

Работа элементов бытовых АХА, заполненных ВАР протекает при давлении ~ 20 бар. Изменение давления в системе АХА определяется изменением температуры окружающего воздуха.

Комфортным температурам воздуха в помещении соответствует давление в системе 19…22 бар. Следовательно, допущение о работе на изобаре 20 бар достаточно правомерно.

На основании известных табличных данных [1], были получены простые инженерные зависимости:

а) температура насыщения (при P_S = 20 бар):

$$T_S = -1750{,}8260 + 2{,}4521602 \cdot i''_S - 0{,}0009318073 \cdot (i''_S)^2 + 0{,}12099516 \cdot 10^{-6} \cdot (i''_S)^3 \quad (1)$$

При расчетах по формуле (1) максимальная погрешность 0,11%, средняя погрешность – 0,06 %.

$$T_S = -1677{,}0105 + 10{,}395355 \cdot i'_S - 0{,}021394661 \cdot (i'_S)^2 + +0{,}22181365 \cdot (i'_S)^3 -$$
$$- 0{,}11397303 \cdot 10^{-7} \cdot (i'_S)^4 + 0{,}2322271 \cdot 10^{-11} \cdot (i'_S)^5, \quad (2)$$

При расчетах по формуле (2) максимальная погрешность – 1,6 %, средняя погрешность – 0,15 %.

Современные методики термодинамического расчета [2] используют в зависимости температуры насыщения ВАР от концентрации жидкого раствора и паровой смеси (при P = 2,0 МПа), К:

$$T_S = 491{,}58293 - 374{,}5972 \cdot \xi' + 270{,}62911 \cdot (\xi')^2 - 65{,}307543 \cdot (\xi')^3, \quad (3)$$

Максимальная погрешность расчетов по формуле (3) – 0,074 %, средняя погрешность – 0,019 %.

$$T_S = 1968{,}9238 - 13690{,}266 \cdot \xi' + 48177{,}521 \cdot (\xi')^2 -$$
$$- 81997{,}187 \cdot (\xi')^3 \cdot 67391{,}833 \cdot (\xi')^4 - 21514{,}637 \cdot (\xi')^5 \quad (4)$$

Максимальная погрешность расчетов по формуле (4) – 1,32 %, средняя погрешность – 0,32 %.

б) давление насыщения ВАР в зависимости от температуры насыщения (К) и массовой концентрации жидкого раствора, МПа:

$$P_S = -10{,}573925 + 0{,}099490827 \cdot T_S - 0{,}31232795 \cdot 10^{-3} \cdot {T_S}^2 + 0{,}32805176 \cdot 10^{-6} \cdot {T_S}^3 +$$
$$+ 5{,}1220974 \cdot \xi' + 0{,}015941003 \cdot T_S \cdot \xi' - 0{,}27369379 \cdot \xi' \cdot {T_S}^2 + 0{,}53942343 \cdot \xi' \cdot {T_S}^3 -$$
$$- 10{,}679055 \cdot (\xi')^2 + 0{,}121644821 \cdot (\xi')^2 \cdot T_S - 0{,}56511629 \cdot 10^{-3} \cdot (\xi')^2 \cdot T_S^2 +$$
$$+ 0{,}97729372 \cdot 10^{-6} \cdot (\xi')^2 \cdot {T_S}^3 \quad (5)$$

В диапазоне давлений 0,02 МПа – 0,2 МПа максимальная погрешность расчетов по формуле (5) – 3,1 %, средняя погрешность – 0,4 %;

в) концентрация жидкого раствора в диапазоне реализации режимных параметров АХА (P_S = 2,0 МПа):

$$\xi' = -407{,}71166 + 8062485 \cdot T_S - 0{,}6372714 \cdot 10^{9} \cdot {T_S}^2 + 0{,}25152291 \cdot 10^{12} \cdot {T_S}^3 -$$
$$- 0{,}49547539 \cdot 10^{14} \cdot {T_S}^4 + 0{,}3898860 \cdot 10^{-16} \cdot {T_S}^5 \quad (6)$$

Максимальная погрешность расчетов по формуле (6) – 4,28 %, средняя погрешность – 0,71 %;

г) удельная энтальпия жидкого ВАР в диапазоне рабочих концентраций, кДж/кг:

$$i_S = -1420{,}0085 + 8{,}4353449 \cdot T_S - 0{,}0064670318 \cdot {T_S}^2 + 3973{,}5503 \cdot \xi' -$$

$$-32{,}203334\cdot\xi'\cdot T_S + +0{,}052372586\cdot\xi'\cdot {T_S}^2 - 4614{,}2350\cdot(\xi')^2 + \\ +34{,}299769\cdot(\xi')^2\cdot T_S - 0{,}051458103\cdot(\xi')^2\cdot {T_S}^2 \quad (7)$$

Максимальная погрешность расчетов по формуле (7) – 4,26 %, средняя погрешность – 0,14 %.

Список литературы

1. Справочник свойства веществ. Холодильная техника [Текст] / С. Н. Богданов, С. И. Бурцев, О. П. Иванов, А. В. Куприянова ; Санкт-Петербургская акд. наук, академия холода и пищевых технол. – 4-е изд., испр. и доп. СПб. : СПбГАХПТ, 1999. – 320 с.

2. **Sun, D. W.** Computer Simulation and Optimization ofAmmonia-Water Absorption Refrigeration Systems, [Text] / D. W.Sun // Energy Sources,17, (3), 1997.– P. 211-221.

УДК 621.575(088.8)

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ УПРАВЛЕНИЯ ХОЛОДИЛЬНЫМИ ПРИБОРАМИ

Редунов Г.М., Титлов А.С. , Гожелов Д.П.,
Одесская национальная академия пищевых технологий

Проблемы перехода на экологически безопасные хладагенты (поиск новых синтетических масел; низкая энергетическая эффективность новых экологически безопасных хладагентов; недостаточный профессиональный уровень разработчиков и обслуживающего персонала) заставляют разработчиков бытовой и торговой холодильной техники обращать внимание на охлаждающие приборы с абсорбционными холодильными агрегатами (АХА). Рабочее тело АХА – водоаммиачный раствор с добавкой инертного газа – водорода, гелия либо их смеси абсолютно экологически безопасно – имеет нулевые значения озоноразрушающего потенциала и потенциала «парникового» эффекта [1]. Вместе с тем производство абсорбционных холодильных аппаратов в различных странах мира составляет 5-10 % от общего объема выпуска холодильных приборов, что связано с их повышенным (на 40-60 %) , по сравнению с аналогичными компрессионными моделями, энергопотреблением [2].

Анализ различных способов повышения энергетической эффективности холодильных аппаратов с АХА [3], показывает, что при современном уровне развития техники и технологий максимальный эффект энергосбережения может быть достигнут при оптимизации их режимов работы при помощи систем автоматического управления [4]. Основными задачами автоматического управления бытовых холодильных аппаратов с АХА является повышение их энергетической эффективности, путем поддержания оптимального режима работы. Для рассматриваемых аппаратов критерий оптимальности должен учитывать возможность обеспечения требуемых эксплуатационных режимов при холодильном хранении и обработке продуктов.

Современный уровень развития электронной техники позволяет создавать всевозможные системы управления без каких-либо ограничений по сложности их алгоритмов. В настоящее время в бытовой холодильной технике получают развитие системы «разумного» управления, получившие название «Fuzzy Logic». Такие системы позволяют поддерживать заранее заданную температуру хранения с минимальным отклонением и, одновременно, снизить величину энергопотребления. Так, например, фирма «Electrolux» в новых моделях минибаров (RH340LD, RH341LD, RH355LD) с системами «Fuzzy Logic» добилась снижения энергопотребления, по сравнению с аналогами, до 40 %.

В последнее время значительный интерес у пользователей, особенно в сельской местности, вызывают низкотемпературные камеры (НТК) абсорбционного типа (на базе АХА) с высоким термическим сопротивлением ограждающих конструкций - «суперизоляцией» (пенополиуретан толщиной 100 мм). В отличие от двухкамерных моделей, в которых жестко регламентировано соотношение температур в камерах, НТК потенциально имеют большие функциональные возможности, т.к. могут применяться практически во всем диапазоне температур хранения (t_K), используемом в быту – от минус 18 °С до плюс 12 °С, т.е. стать универсальным холодильным прибором.

Реализация таких режимов в НТК с АХА не связана какими-либо принципиальными проблемами и может быть достигнута с помощью известных способов управления.

При выборе оптимального способа управления универсальной НТК с АХА необходимо учитывать следующие моменты.

Как и все холодильные аппараты универсальная НТК должна обеспечивать весь спектр температурных режимов хранения в «жестких» условиях окружающей среды ($t_{окр}$=32 °С). Очевидно, что

наибольшие проблемы для АХА возникнут при реализации режима (не выше минус 18 °С). Теплоизоляционные покрытия камеры в этом случае должны быть спроектированы с учетом возможностей работы АХА в «жестком» режиме эксплуатации. Очевидно, что в «благоприятных» условиях эксплуатации универсальная НТК будет обладать некоторым «запасом» холодопроизводительности. Это связано со снижением теплопритоков из окружающей среды и улучшением условий реализации холодильного цикла, причем ниже будет $t_{окр}$ и выше температура в охлаждаемой камере ($t_к$), тем больше станет величина «запаса» возможностей АХА. В этом случае имеет место тенденция к снижению коэффициента рабочего времени и увеличению длительности нерабочего периода. Это приводит к дополнительному охлаждению транспортных элементов генераторного узла и, соответственно, к увеличению времени запуска, и к дополнительным энергозатратам, причем целесообразность прогрева элементов генераторного узла в нерабочем периоде здесь неочевидна из-за его длительности.

Одним из способов оптимального управления универсальной НТК может стать традиционный режим позиционного регулирования (отключение тепловой нагрузки на генераторном узле АХА в нерабочий период).

Разработка математической модели (ММ) универсальной НТК с АХА, работающих в режиме позиционного управления, включает структурную и параметрическую идентификацию переходных процессов (разгонных кривых). Структурная идентификация состоит в выборе ММ из набора моделей $\{S_к\}$, $S_к$ – ММ заданной структуры вида:

$$W_{an_1}(p)=\frac{K_o\, e^{-p\tau_o}}{T_o\, p+1} \quad (1) \qquad ; \qquad W_{an_2}(p)=\frac{K_o\, e^{-p\tau_o}}{T_o^2\, p^2+2T_o\, p+1}, \quad (2)$$

где K_o – коэффициент усиления объекта, К/Вт;

T_o и τ_o – соответственно, постоянные времени и запаздывания, с;

$p=\frac{d}{dt}$ – оператор Лапласа;

$W(p)$ – передаточная функция типового звена ТАУ описывающего динамику объекта управления.

Экспериментальные кривые разгона обрабатывались по методу наименьших квадратов согласно известной методики [3].

На этапе параметрической идентификации выполнялась оценка параметров K_o, T_o и τ_o, характеризующих динамические и статические свойства процессов в АХА.

Точность идентификации оценивалась величиной σ – среднеквадратическим отклонением ошибки

$$\sigma^2=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{y_i^{Э}-y_i^{T}}{y_i^{Э}}\right) \quad (3)$$

где n – число экспериментальных точек переходной функции (кривой разгона);

$y_i^{Э}$, y_i^{T} – значения экспериментальных и полученных по моделям (1) и (2) данных.

Точность идентификации экспериментальных данных передаточными функциями, , приведенными в таблицах 1-4, составила 0,015…0,06 (т. е. 1,5…6 %).

Таблица 1 – Коэффициенты передаточных функций переходных процессов НТК с АХА $t_к$ = минус 18 °С, $W=70$ Вт, $t_{окр.}=31$ °С

Номер датчика согласно рис.1	ММ переходного процесса	K_o, К/Вт	t, °С		Вкл. нагревателя		Выкл. нагревателя	
			min	max	T_o, мин	τ_o, мин	T_o, мин	τ_o, мин
2	an 2	0,81	105	162	10	0	5	0
5	an 2	0,56	93	132	8	0	6	2
7	an 1	0,69	83	131	14		7	5
3	an 2	1,07	50	125	10	5	6	5
11	an 2	1	45	115	10	5	6	20
8	an 2	0,79	45	100	13	20	3	
10	an 2		46	60	12		12	0
9	an 1	0,17	37	49	10		8	
22	an 2	0,03	-25	-16,5	15	15	10	15

12	an 1	0,114	-26	-18	18	10	13	10
13	an 1	0,086	-23	-18	23	17	18	15
14	an 1	0,086	-21	-15	24	20	20	20
15	an 1	0,21	-7	8	30	30	22	20

Таблица 2 – Коэффициенты передаточных функций переходных процессов НТК с АХА $t_к$ = минус 12 °С $W = 70$ Вт, $t_{окр.} = 31$ °С

Номер датчика согласно рис.1	ММ переходного процесса	$K_о$, К/Вт	t, °С		Вкл. нагревателя		Выкл. нагревателя	
			min	max	$T_о$, мин	$\tau_о$, мин	$T_о$, мин	$\tau_о$, мин
2	an 2	0,89	100	162	7		7	5
5	an 2	0,71	80	130	9		8	7
7	an 2	1	60	130	9		9	10
3	an 2	1,1	45	122	10		8	10
11	an 2	0,96	45	112	12	5	7	5
8	an 2	0,71	45	95	12	30	2	5
10	an 1	0,20	46	52	20	20	13	5
9	an 2	0,17	36	48	4	5	10	5
22	an 2	0,029	-12,5	-10,5	10	12	13	10
12	an 1	0,157	-22	-11	30	10	17	10
13	an 1	0,086	-16	-10	27	20	20	12
14	an 1	0,065	-13	-8,5	30	25	22	15
15	an 1	0,09	10	16	35	40	10	20

Таблица 3 – Коэффициенты передаточных функций переходных процессов НТК с АХА $t_к$ = минус 6 °С $W = 70$ Вт, $t_{окр.} = 31$ °С

Номер датчика согласно рис.1	ММ переходного процесса	$K_о$, К/Вт	t, °С		Вкл. нагревателя		Выкл. нагревателя	
			min	max	$T_о$, мин	$\tau_о$, мин	$T_о$, мин	$\tau_о$, мин
2	an 2	0,86	100	160	4		8	
5	an 2	0,79	80	135	6		8	
7	an 2	0,86	70	130	6		8	
3	an 2	1,07	50	125	8		6	
11	an 2	0,93	50	115	12	10	3	
8	an 2	0,64	50	95	6	30	2	
10	an 2	0,086	47	53	12	10	10	
9	an 2	0,25	32	50	4		12	
22	an 2	0,03	-7	-5	6	20	6	15
12	an 1	0,17	-17	-5	16	5	16	5
13	an 2	0,071	-10	-5	8	15	12	5
14	an 2	0,043	-7	-4	10	16	12	5
15	an 2	0,03	16,5	18,5	4		7	

Таблица 4 – Коэффициенты передаточных функций переходных процессов НТК с АХА $t_к$ = плюс 12 °С, $W = 70$ Вт, $t_{окр.} = 31$ °С

Номер датчика согласно рис.1	ММ переходного процесса	$K_о$, К/Вт	t, °С		Вкл. нагревателя		Выкл. нагревателя	
			min	max	$T_о$, мин	$\tau_о$, мин	$T_о$, мин	$\tau_о$, мин
2	an 2	1,43	60	160	10		20	
5	an 1	1,14	50	130	17		16	
7	an 2	1,14	50	130	10		14	
3	an 2	1	50	120	4	20	2	2
11	an 2	0,79	50	105	6		2	
8	an 2	0,25	35	52,5	5		10	
10	an 2	0,29	30	50	3	15	10	
9	an 2	0,32	27,5	50	4	12	14	
22	an 2	0,0286	11	13	8	20	16	15
12	an 1	0,214	-2,5	12,5	8	15	12	
13	an 2	0,071	8	13	9	15	18	5
14	an 2	0,057	10	14	15	15	20	10
15	an 2	0,057	21	25	17	15	20	10

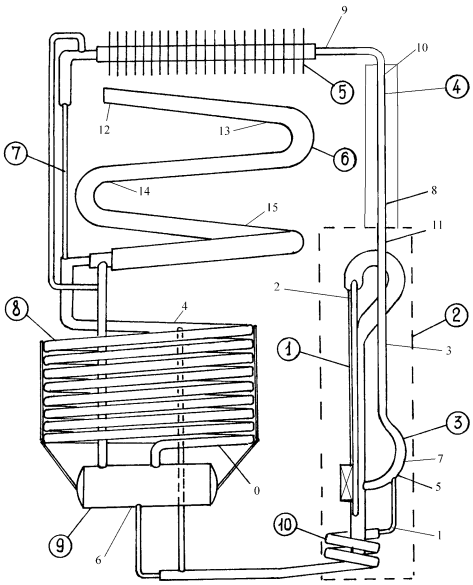


Рисунок 1 - Схема установки термопар на элементах АХА универсальной НТК
1 – термосифон; 2 – теплоизоляционный кожух генераторного узла; 3 – ректификатор; 4 – дефлегматор; 5 – конденсатор; 6 – испаритель; 7 – канал подачи жидкого аммиака на испаритель; 8 – абсорбер; 9 – бачок абсорбера; 10 – жидкостный теплообменник.

ВЫВОДЫ

1. Задача минимизации энергозатрат при эксплуатации универсальной НТК с АХА решается с помощью электронных систем управления (ЭСУ), адекватно и эффективно реагирующих на изменение эксплуатационных параметров (температуры окружающей среды и поступающих продуктов, степени загрузки холодильной камеры, условий охлаждения теплорассеивающих элементов).

2. Расчетное снижение энергозатрат при использовании ЭСУ в НТК с АХА составит от 12 до 36 % (в зависимости от режима низкотемпературного хранения и условий эксплуатации).

Список литературы

1. **Титлов А.С.** Сравнение характеристик абсорбционной и компрессионной бытовой холодильной техники / А.С. Титлов // Холодильная техника и технология. –1997. – № 57. – С.39-41.
2. **Титлов А.С.** Современный уровень разработок и производства бытовых абсорбционных холодильных приборов / А.С. Титлов // Холодильный бизнес. – 2007. – № 8. – С. 12-17; № 9. – С. 28-30; № 10. – С. 47-49; № 11. – С. 46-47.
3. **Захаров Н.Д., Тюхай Д.С., Титлов А.С., Васылив О.Б., Халайджи В.Н.** Проблемы энергосбережения в бытовой абсорбционной холодильной технике // Холодильная техника и технология. – 1999. – № 62. – С. 108-119.
4. **Титлова О. А.** Технологический процесс производства искусственного холода в абсорбционных холодильных приборах и задачи повышения его энергетической эффективности средствами автоматического управления / О. А. Титлова // Наукові праці ОНАХТ. – Одеса, 2011. – Том 2. – Вип. 40 – С. 406-412.
5. **Деклараційний патент № 59674А МПК^7 F 25 B 15/10.** Морозильник / О.С. Тітлов, О.Б. Василів, М.Д. Захаров, С.М. Кудашев (Україна). – №2002119067; заявл. 14.11.02; опубл. 15.09.03, Бюл. № 9.
6. **Дьяконов В.П.** Справочник по применению системы EUREKA. – М.: Физмат, 1993. – 96 с.

УДК 621.436.13:621.57

ТРЕХСТУПЕНЧАТАЯ СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ НАДДУВОЧНОГО ВОЗДУХА СУДОВОГО МАЛООБОРОТНОГО ДИЗЕЛЯ

Богданов Н. С.,
Национального университета "Одесская морская академия"

В качестве главных двигателей на судах морского флота применяются в основном малооборотные дизели (МОД). Их термодинамическая эффективность зависит в значительной степени от температуры

наддувочного воздуха: с ее повышением эффективный КПД МОД снижается, а удельный расход топлива b_e соответственно возрастает. В судовых МОД все более широкое распространение находят двухступенчатые системы охлаждения наддувочного с использованием теплоты, отводимой в высокотемпературной ступени охладителя наддувочного воздуха ($ОНВ_{ВТ}$), для нагрева воды на нужды судовой энергетической установки, например, нагрева питательной воды утилизационного пароводяного котла (УК) до температуры примерно 90 °С, нагрева топлива, масла, на другие теплофикационные цели.

Практика эксплуатации МОД транспортных судов показывает, что при нагрузках главного двигателя свыше 50 % генерируемая теплота превышает потребности судовых потребителей, а при нагрузках главного двигателя 85…90 % и температуре наружного воздуха близкой 0 °С это превышение составляет 50…100 %, что резко снижает эффективность утилизации теплоты. В то же время повышенные температуры забортной воды в системе охлаждения наддувочного воздуха приводят к падению эффективных КПД и мощности, возрастанию удельного расхода топлива b_e, что весьма остро ставит проблему охлаждения наддувочного воздуха. Одним из направлений ее решения является применение теплоиспользующих холодильных машин (ТХМ), утилизирующих теплоту наддувочного воздуха, выпускных газов и других источников сбросной теплоты МОД.

Цель работы – исследование эффективности трансформации теплоты в трехступенчатой системе охлаждения наддувочного воздуха судового МОД.

Наиболее простой и надежной в эксплуатации из теплоиспользующих холодильных машин является эжекторная холодильная машина (ЭХМ). Использование в ЭХМ низкокипящего рабочего тела (НРТ)-хладагента обеспечивает глубокое охлаждение воздуха без поддержания вакуума в испарителе НРТ-охладителе воды (И-ОВ) промежуточного водяного контура охлаждения наддувочного воздуха.

Разработана трехступенчатая система охлаждения наддувочного воздуха на базе ЭХМ, использующей теплоту наддувочного воздуха. Теплоиспользующая система охлаждения (ТСО) наддувочного воздуха на базе ЭХМ включает последовательно расположенные в воздушном тракте высокотемпературную ступень охлаждения $ОНВ_{ВТ}$ (после ТК), промежуточную ступень охлаждения (ПО) наддувочного воздуха забортной водой и низкотемпературную ступень $ОНВ_{НТ}$ дополнительного глубокого охлаждения воздуха в ЭХМ после его охлаждения забортной водой в ПО. Теплота, отведенная от воздуха в $ОНВ_{ВТ}$, трансформируется с помощью ЭХМ в холод, используемый для охлаждения воздуха в $ОНВ_{НТ}$.

Генератор ЭХМ состоит из двух секций: экономайзерной $Г_э$, в которой происходит нагрев жидкого НРТ, поступающего из конденсатора ЭХМ с температурой конденсации, например $t_к$ = 35…45 °С, до температуры кипения НРТ в испарительной секции $Г_и$ генератора $t_г$ = 100…120 °С промежуточным теплоносителем-пресной водой, к которой в свою очередь подводится теплота $Q_г$ от наддувочного воздуха после ТК в $ОНВ_{ВТ}$, в результате чего температура наддувочного воздуха снижается от $t_в = t_{г1}$ = 230…240 °С (на входе $ОНВ_{ВТ}$) до $t_в = t_{г2}$ = 110 °С (на выходе из $ОНВ_{ВТ}$ – входе в ПО). Из генератора пары НРТ поступают в конденсатор ЭХМ, охлаждаемый забортной водой, и конденсируются, а жидкий НРТ после дросселирования испаряется в испарителе-охладителе воды (И-ОВ) при низком давлении, соответственно и температуре t_0 = 3…5 °С, охлаждая воду, в свою очередь отводящую теплоту Q_0 от наддувочного воздуха в $ОНВ_{НТ}$. Такая ТСО представляет собой трехступенчатую трехконтурную систему охлаждения наддувочного воздуха с пресной водой – в первом, НРТ – во втором и забортной водой – в третьем, разомкнутом, контурах охлаждения. Она обеспечивает охлаждение наддувочного воздуха ниже температуры забортной воды.

Теплота, отведенная от наддувочного воздуха в $ОНВ_{ВТ}$ и используемая генератором ЭХМ: $Q_г = G_в \cdot c_в(t_{г1} - t_{г2})$, где $G_в$ – расход воздуха; $c_в$ – теплоемкость воздуха; $t_{г1}$ и $t_{г2}$ – температуры наддувочного воздуха (греющей среды для ЭХМ) на входе и выходе $ОНВ_{ВТ}$ соответственно; температуры забортной воды $t_{зв}$ и пресной воды t_w промежуточного контура охлаждения, наддувочного воздуха $t_{вв2}$, охлажденного в ПО (на входе в $ОНВ_{НТ}$) и наддувочного воздуха $t_{в2}$, охлажденного в $ОНВ_{НТ}$; кипения хладона t_0 в испарителе-охладителе пресной воды (И-ОВ).

Эффективность трансформации теплоты в системе охлаждения наддувочного воздуха судового МОД с помощью ЭХМ характеризуется тепловым коэффициентом $\zeta = Q_0 / Q_г$, представляющим собой отношение полученной холодопроизводительности Q_0 к затраченной теплоте $Q_г$.

Рассчитано изменение температуры воздуха $t_в$, пресной воды t_w и хладагента t_0 в генераторе и испарителе НРТ (И-ОВ), а также коэффициентов теплоотдачи к воде α_w, воздуху $\alpha_в$, хладагенту α_a и теплопередачи k, приведенных к внутренней поверхности труб, температурного напора θ, плотности теплового потока q к внутренней поверхности труб и тепловой нагрузки Q по глубине L трехступенчатого ОНВ (по ходу воздуха) при температуре воздуха на выходе $ОНВ_{ВТ}$ – его экономайзерной секции $t_в = t_{г2}$ = 110 °С.

Потенциально возможная минимальная температура охлажденного воздуха $t_{в2}$ на выходе из $ОНВ_{НТ}$ зависит от температуры кипения НРТ t_0 : $t_{в2} = t_0$ + 5 °С + 12 °С, где 5 °С – разница температур пресной воды и НРТ (хладагента) в И-ОВ, а 12 °С – разница температур наддувочного воздуха и пресной воды промежуточного водяного контура охлаждения в $ОНВ_{НТ}$.

Результаты расчетов показали, что при охлаждении наддувочного воздуха после ТК в $ОНВ_{ВТ}$ до температуры $t_в = t_{г2} = 110$ °С температура наддувочного воздуха после $ОНВ_{НТ}$ составляет примерно $t_{в2} = 22$ °С, т.е. практически равна потенциально возможной минимальной ее величине при температуре кипения НРТ $t_0 = 5$ °С.

Рассчитано также изменение тепловой нагрузки Q, влагосодержания d, коэффициента влаговыпадения ξ, количества влаги W, выпадающей из воздуха, и аэродинамического сопротивления ΔP по глубине L трехступенчатого ОНВ по воздуху ($t_0 = 5$ °С; $t_в = t_{г2} = 110$ °С). При этом глубина трехступенчатого ОНВ по ходу воздуха $L = 1,5$ м, аэродинамическое сопротивление $\Delta P = 2200$ Па.

Получены значения теплового коэффициента ζ трансформации теплоты наддувочного воздуха в зависимости от его температуры на выходе из $ОНВ_{ВТ}$ $t_в = t_{г2}$ при охлаждении воздуха в $ОНВ_{НТ}$ до $t_{в2} = 22$ °С, из которых следует, что для охлаждения наддувочного воздуха в $ОНВ_{НТ}$ до минимальной температуры, потенциально возможной при температуре кипения НРТ $t_0 = 5$ °С и воздуха на входе $ОНВ_{ВТ}$ (после ТК) $t_в = t_{г1} = 230…240$ °С теплоты, отведенной от воздуха в $ОНВ_{ВТ}$ при снижении его температуры до $t_в = t_{г2} = 110$ °С, будет достаточно, если $\zeta \geq 0,34$.

Заключение

В результате анализа эффективности трансформации теплоты в трехступенчатой системе охлаждения наддувочного воздуха судового МОД определены минимальные значения теплового коэффициента ζ теплоиспользующей холодильной машины, обеспечивающие максимальную глубину охлаждения за счет высокопотенциальной теплоты, отводимой от наддувочного воздуха после ТК.

УДК 621.438.13:621.57

ТРАНСФОРМАЦИЯ СБРОСНОЙ ТЕПЛОТЫ ГАЗОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДВУХСТУПЕНЧАТОЙ АБСОРБЦИОННОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМ НАГРЕВОМ В ГАЗОВОМ КОТЛЕ.

Остапенко А.В.,
Национальный университет кораблестроения имени адм. Макарова

В русле общемировой тенденции децентрализации энергоснабжения все большее распространение получают установки автономного энергообеспечения именуемых тригенерационными, в которых сбросная теплота приводных двигателей электрогенераторов трансформируется в холод теплоиспользующими холодильными машинами, а холод используется на технологические нужды и кондиционирования воздуха различных объектов. Особенно перспективным является применение для привода электрогенераторов газопоршневых двигателей (ГПД), выпускаемых в когенерационных исполнении – со штатными теплообменниками, в которых сбросная теплота отводится на нагрев воды (теплоносителя), теплота которого в свою очередь трансформируется в холод абсорбционной бромистолитиевой холодильной машиной (АБХМ). Термическое состояние ГПД обеспечивается поддержанием температуры обратного (охлажденного) теплоносителя на входе ГПД не выше 70 °С. В то же время эффективность трансформации теплоты в холод в АБХМ высокая при снижении температуры теплоносителя в АБХМ не более чем на 10...15 °С, то есть до 75...80 °С (при температуре теплоносителя на выходе из ГПД – на входе АБХМ 90 °С). Из-за противоречивых требований по эффективной работе ГПД и АБХМ по температуре теплоносителя для поддержания температуры обратного теплоносителя на входе ГПД на безопасном уровне 70 °С он дополнительно охлаждается в градирне "аварийного сброса". При этом потери теплоты достигают 30%, в результате чего общий КПД (электрический и тепловой) снижается до 0,55 по сравнению с 0,8 при отсутствии тепловых потерь в установке.

Для решения поставленной задачи было предложено использовать ступенчатый принцип трансформации теплоты. Данный принцип основан на последовательной установке двух высоко- и низкотемпературных ступеней АБХМ и позволяет расширить диапазон трансформации теплоты по температуре горячего теплоносителя, тем самым исключить потребность в сбросе избыточного тепла в атмосферу в градирне аварийного сброса.

Кроме того для повышения эффективности второй, низкотемпературной АБХМ, предлагается задействовать газовый котел (ГК), который в зимнее время используется на теплофикационные нужды, а в теплое время года отключен. В итоге за счет промежуточного нагреве теплоносителя после первой АБХМ температура теплоносителя на входе в первую, высокотемпературную, ступень АБХМ и соответственно ее тепловой коэффициент остаются такими, как и в базовой схеме, $t_г$=90 °С и $\zeta_{АБХМ} = 0,8$ соответственно, но

перед входом во вторую АБХМ2 теплоноситель нагревается в ГК от температуры $t_г$=75 °С до $t_г$=80 °С и повысит тепловой коэффициент второй АБХМ с ζ=0,7 (при $t_г$=75 °С) до ζ=0,75 (при $t_г$=80 °С).

Хотя данная схема предполагает дополнительные затраты топлива на питание ГК, она дает значительный рост хладопроизводительности системы утилизации сбросного тепла ГПД. При оценке экономического эффекта от использования данного решения расчеты показали, что по сравнению с базовой системой утилизации предложенная схема дает возможность сэкономить в год почти 65 тысяч грн.

Информационные источники:

1. **Campanary, S.** Technical and tariff scenarios effect on microturbine trigenerative applications [Text] / S. Campanary, E. Macchi // ASME paper GT-2003-38275. – 10 p.

2. **Consonni S.** Optimization of Cogeneration Systems Operation – Part A: Prime Movers Modelization / S. Consonni, G. Lozza, E. Macchi // Proceedings of the ASME Cogen-Turbo Symposium. – Nice, France. –1989. – P. 313– 322

3. **Мартыновский В.С.** Циклы, схемы и характеристики термо-трансформаторов / В.С. Мартыновский // М.: Энергия, 1979. – 288 с

УДК 621.57

ОСОБЕННОСТИ СТУПЕНЧАТОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ПРИТОЧНОГО ВОЗДУХА МАШИННОГО ЗАЛА УСТАНОВКИ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ

Грич А.В.,
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова

С целью снижения температуры воздуха на входе в ГД до 10 °С, что обеспечивало бы сокращение удельного расхода газа и увеличение генерируемой электрической мощности, была разработана схема с двухступенчатым охлаждением приточного воздуха.

Особенностью данной схемы является то, что вместо одного штатного ВО кондиционера для охлаждения приточного воздуха используются два последовательно расположенных воздухоохладителя (рис. 1). При этом первый по ходу воздуха $ВО_1$ использует хладоноситель от АБХМ с температурой 7 °С, а второй $ВО_2$ – хладоноситель с температурой около 4°С от ПКХМ, то есть процесс охлаждения приточного воздуха осуществляется ступенчато.

Данная схема, как и предыдущая, предполагает использование дополнительной ПКХМ, но отличается тем, применяются отдельные контуры хладоносителя от АБХМ и ПКХМ. Так как первая ступень $ВО_1$ позволяет снизить тепловую нагрузку на вторую ступень $ВО_2$, то использование общего контура хладагента для ПКХМ и АБХМ становится не рациональным, потому что температура хладоносителя на выходе с $ВО_2$ практически равна температуре хладоносителя, получаемого на выходе АБХМ.

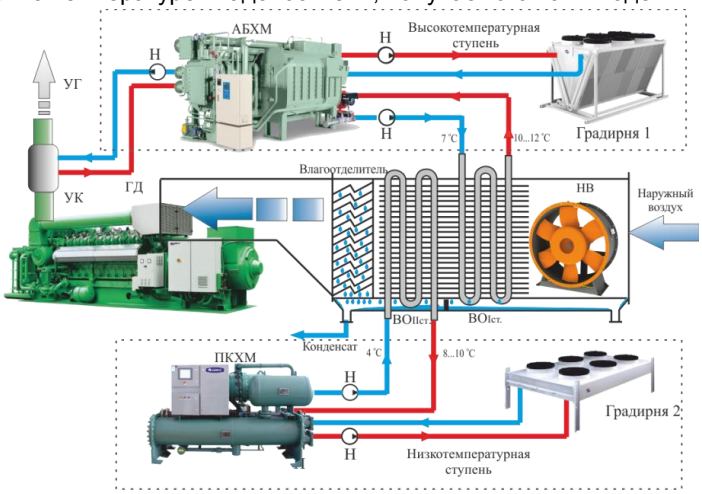


Рис.1. Схема двухступенчатого охлаждения воздуха на входе в ГД в АБХМ и ПКХМ

На рис. 2 представлены графики изменения температур в течении суток при использовании двухступенчатой системы охлаждения. Как видно, температура воздуха на выходе из первой ступени $ВО_1$ составляет $t_{ВО2.Іст}$= 13…18 °С, что равно температуре на выходе из ВО $t_{ВО2(35)}$ (при 35000 м^3/ч), так как расход воздуха в обоих случаях равен 35000 м^3/ч, при этом параметры воздухоохладителя, расход и температуры

воды на входе $ВО_1$, охлаждаемой в АБХМ, также остаются без изменений. Стоит отметить значительные колебания температуры в первой ступени $ВО_1$: $\Delta t_{ВО2.Iст}=\Delta t_{ВО2.Iст.max} - \Delta t_{ВО2.Iст.min}\approx5°С$, обусловленные суточными изменениями температуры наружного воздуха $\Delta t_{НВ}=\Delta t_{НВ.max} - \Delta t_{НВ.min}\approx16°С$. Температура воздуха на выходе из $ВО_2$ $t_{ВО2.IIст}$= 9…11 °С, при этом её суточные колебания сравнительно не велики, что свидетельствует об относительно стабильной ее работе.

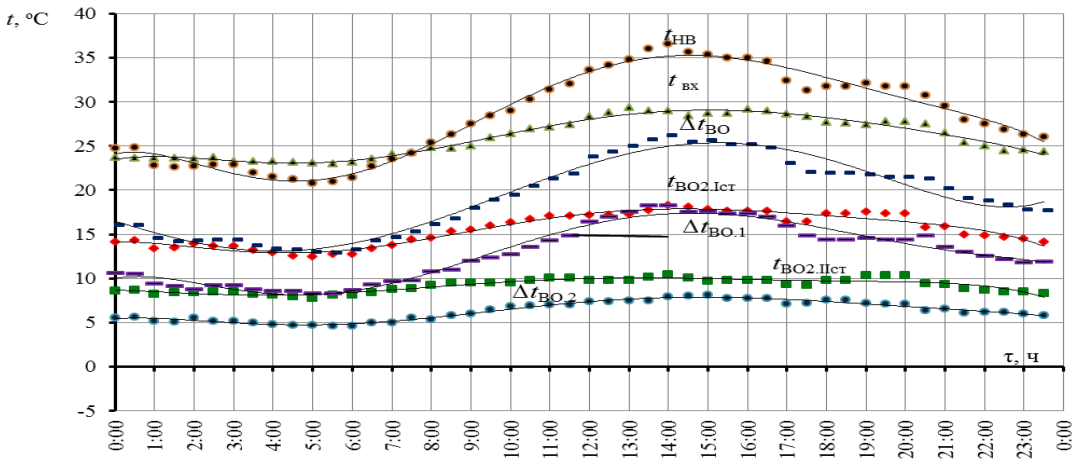


Рис. 2. Температуры наружного воздуха $t_{нв}$, на входе ТК ГД $t_{вх}$ при заборе воздуха из МО, на выходе из АБХМ первой ступени ВО $t_{ВО2\cdot Iст}$, снижение температуры воздуха в АБХМ первой ступени ВО $\Delta t_{ВО.1} = t_{нв} - t_{ВО2.Iст}$, на выходе из ПКХМ второй ступени ВО $t_{ВО2.IIст}$, снижение температуры воздуха в ПКХМ второй ступени ВО $\Delta t_{ВО.2}= t_{ВО2.Iст} - t_{ВО2.IIст}$, полная глубина охлаждения приточного воздуха в ВО $\Delta t_{ВО} = t_{нв} - t_{вых.ВО.2}$ в течении суток при расходе воздуха 35000 $м^3/ч$

Разница температур наружного воздуха и поверхности $ВО_1$ первой ступени значительно больше, чем разница температур на выходе $ВО_1$ первой ступени (входе $ВО_2$ второй ступени) и температуры поверхности $ВО_2$ второй ступени, поэтому глубина охлаждения $\Delta t_{ВО.1}$=8…18 °С значительно больше глубины охлаждения $\Delta t_{ВО.2}$=4…8 °С.

На рис.3 представлены графики изменения хладопроизводительности двухступенчатой системы охлаждения приточного воздуха. Тепловая нагрузка на первую ступень $ВО_1$ $Q_{0.Iст} = G_в \cdot c_в \cdot \xi_{Iст} \cdot (t_{нв} - t_{ВО2.Iст})$ практически равна $Q_{0.(35)}$, так как параметры наружного воздуха, его расход, температура хладоносителя и поверхность ВО остаются без изменения.

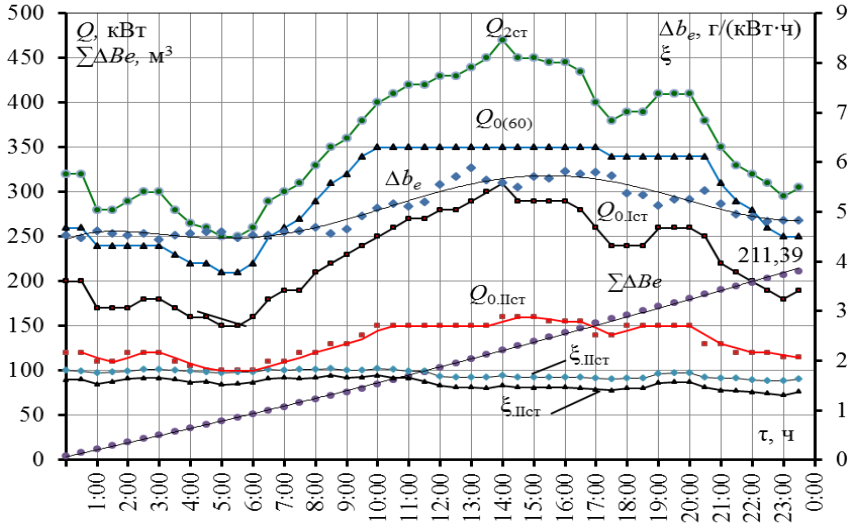


Рис. 3. Изменение холодопроизводительности первой ступени ВО $Q_{0.Iст}$, второй ступени ступени ВО $Q_{0.IIст}$, суммарная хладопроизводительность ВО $Q_{0.ВО}$: Δb_e – сокращение удельного расхода топлива г/(кВт·ч), $\sum\Delta Be$ – суточная экономия природного газа, $м^3$, $\xi_{Iст.}$ – коэффициент влаговыпадения первой ступени, $\xi_{IIст.}$ – коэффициент влаговыпадения второй ступени

Также из графика видно, что тепловая нагрузка на $ВО_1$ первой ступени $Q_{0.Iст}$ значительно превышает значения тепловой нагрузки $ВО_2$ второй ступени $Q_{0.IIст}$, что объясняется большей глубиной

охлаждения в $ВО_1$ первой ступени $\Delta t_{ВО.1}$ и высоким влагосодержанием наружного воздуха в дневное время. При этом в более холодное время, нагрузка на первую ступень будет снижаться вплоть до ее полного отключения.

Список использованной литературы:

1. **Радченко Р.Н., Грич А.В.** Двухступенчатое охлаждение приточного воздуха газовых двигателей тригенерационной установки [Текст] / Р.Н. Радченко, А.В. Грич // Авиационно-космическая техника и технология. –2014. – № 6. – С. 103–107.
2. **Радченко, А. Н.** Согласование работы когенерационного модуля газового двигателя и абсорбционного термотрансформатора [Текст] / А. Н. Радченко, А. В. Коновалов, Л. А. Остапенко // Газотурбинные технологии: Рыбинск, Россия. – 2013. – № 4 (115). – С. 30–33.
3. **Радченко, Н.И**. Ступенчатое кондиционирование воздуха на входе рекуперативных ГТД утилизацией теплоты выпускных газов. [Текст] / Н.И. Радченко, С.А. Кантор, Рамзи Єл Герби // Авиационно-космическая техника и технология. – 2014. – № 3 (110). – С. 86–90.
4. **Рыжков С.С., Радченко А.Н., Фордуй С.Г., Радченко Н.И.** Повышение эффективности тригенерационных установок автономного энерго-, тепло- и холодоснабжения // Холод в енергетиці і на транспорті: сучасні проблеми кондиціонування та рефрижерації: Матеріали II м.-н. н.-т. конф. – Миколаїв: НУК, 2013. Частина 1 – С. 257–264.

УДК 621.57

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ СБРОСНОЙ ТЕПЛОТЫ ГПД В ХОЛОД ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДВУХПОТОЧНОЙ СИСТЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ РЕЦИРКУЛЯЦИОННЫМ КОНТУРОМ

Остапенко А. В. , Есин И.П.
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, Украина

Газовые двигатели (ГД), работающие на природном газе и альтернативных газообразных топливах (биогаз и т.п.), находят все более широкое применение в установках автономного энергообеспечения [1–3]. Ведущие двигателестроительные фирми выпускают когенерационные модули – со штатными теплообменниками для получения горячей воды или водяного пара за счет использования теплоты выпускных газов, наддувочного воздуха или газовоздушной смеси (ГВС), охлаждающей рубашку двигателя воды и смазочного масла [1, 2]. Хотя когенерационные модули легко интегрируются в системы тепло- и хладоснабжения конкретных объектов, однако анализ энергетической эффективности таких тригенерационных систем показывает наличие потерь теплоты и обусловленную ими недовыработку холода из-за несоответствия температурных условий эффективной работы термотрансформатора, чаще всего на базе абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины (АБХМ), и когенерационного газопоршневого модуля.

Решение задачи повышения эффективности трансформации теплоты ГД в холод рассматривалось на примере тригенерационной установки автономного электро-, тепло- и холодообеспечения завода ООО "Сандора"–"Pepsico Ukraine" (г. Николаев, Украина). Тригенерационная установка включает 2 когенерационных газовых двигателя JMS 420 GS-N.LC GE Jenbacher (электрическая мощность одного ГД 1400 кВт, тепловая мощность 1500 кВт), Теплота горячей воды трансформируется абсорбционной бромистолитиевой холодильной машиной (АБХМ) AR-D500L2 Century в холод, который расходуется на технологические нужды и для работы центральных кондиционеров, обеспечивающих охлаждение воздуха в машинном отделении.

При температуре обратной (охлажденной) воды на выходе из АБХМ, например $t_{обр}$ = 75…80°С, т.е. выше ее спецификационного значения $t_{обр.сп}$ = 70°С на входе в теплообменники ГД, обеспечивающего оптимальное тепловое состояние ГД, часть обратной воды охлаждается в охладителе обратного теплоносителя (ОТН) с отводом избыточной теплоты в атмосферу градирней 2. Возвращать избыточную теплоту в АБХМ нецелесообразно из-за ее пониженного температурного уровня, $t_{обр}$ = 75…80°С, по сравнению с спецификационной температурой горячего теплоносителя на входе АБХМ: $t_{г.сп}$ = 90…95°С, поскольку понижение температуры горячего теплоносителя на входе АБХМ вызывает ухудшение эффективности трансформации тепла в холод – снижение теплового коэффициента ζ, представляющего собой отношение полученного холода к затратам тепла.

При этом, потери теплоты, т.е. теплота, отведенная от обратного теплоносителя после АБХМ в атмосферу градирней 2 аварийного выброса из-за нецелесообразности его подачи в ГД с температурой $t_г$ выше 70 °С, весьма значительные и составляют примерно 30 % ее общего количества полученного тепла, что свидетельствует о наличии резервов совершенствования системы трансформации сбросной теплоты ГД в холод путем сокращения этих потерь.

Для решения поставленной задачи было предложено использовать двухпоточную систему утилизации сбросной теплоты ГД с дополнительным рецируляционным контуром.

Принцип такого решения состоит в том, что теплоноситель после существующей АБХМ разделяют на два потока, один из которых, с базовым расходом G=123,8 м^3/ч, направляют в охладитель обратного теплоносителя (ОТН), где от него отводят теплоту в контур градирни аварийного сброса и сбрасывают в атмосферу, после чего охлажденный теплоноситель подают на охлаждение узлов ГПД, как и в существующем варианте, второй же поток неохлажденного обратного теплоносителя с дополнительным расходом, составляющим 0,5G=61,9 м^3/ч направляют в обход ветки аварийного сброса, а также теплообменников охлаждения масла, рубашки ГПД, охладителя надувочного воздуха и подают непосредственно в утилизационный водогрейный котел УК.

В результате такая схема дает возможность снизить температуру обратного теплоносителя до $t_г$=73°С по сравнению с базовым значением $t_г$=77°С, и соответственно потери тепла в системе утилизации почти в половину. Холодопроизводительность увеличивается на 18%. Но из-за снижения температуры на выходе до $t_г$=85°С, по сравнению с базовым $t_г$=90°С, тепловой коэффициент АБХМ снижается на 6% в сравнении с базовым, при этом эффективность работы системы утилизации, за счет полезного использования половины теряемого в базовом варианте тепла, растет почти на 20%.

Литература.

1. Economic utilization of Biomass and Municipal Waste for power generation. Some energy lasts for generations. – GE Jenbacher Company Overview. – June 13, 2007. – 39 p. 2. Elsenbruch T. Jenbacher gas engines a variety of efficient applications / T. Elsenbruch [статья]. – Bucureşti, October 28, 2010. – 73 p. 3. GTI Integrated Energy System for Buildings. Modular System Prototype/ G. Rouse, M. Czachorski, P. Bishop, J. Patel // GTI Project report 15357/65118: Gas Technology Institute (GTI). – January 2006. – 495 p.

УДК 621.57

ПРЕИМУЩЕСТВА ДВУХСТУПЕНЧАТОЙ СИСТЕМЫ ЗОНАЛЬНОГО КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ МАШИННОГО ОТДЕЛЕНИЯ С ТРАНСФОРМАЦИЕЙ ТЕПЛОТЫ В КАСКАДНОЙ АБСОРБЦИОННО-ПАРОКОМПРЕССОРНОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЕ

Грич А.В.,
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова

Использование ПКХМ как источника холода для второй ступени охладителей воздуха на входе двигателей предполагает дополнительные затраты электроэнергии на привод компрессора, что при наличии технологических производств в качестве приоритетных потребителей крайне проблематично и требует рационального расходования холода. Эта задача может быть решена путем увеличения холодопроизводительности ПКХМ с использованием для этого холода, получаемого трансформацией сбросной теплоты в АБХМ.

С целью сведения к минимуму потребления дефицитного холода от ПКХМ разработана система двухступенчатого охлаждения воздуха на входе ГД с хладоснабжением второй ступени $ВО_2$ от каскадной абсорбционно-парокомпрессорной холодильной машины (КАПКХМ). При этом конденсатор ПКХМ охлаждается хладоносителем от АБХМ. Схема позволяет повысить холодопроизводительность компрессора и холодильный коэффициент ПКХМ (с $\eta_к$=3,1 до $\eta_к$=7 согласно характеристикам компрессора BITZER 4NES-12Y-40P на рис. 1) за счет снижения температуры конденсации $t_к$ от 45°С до 20°С.

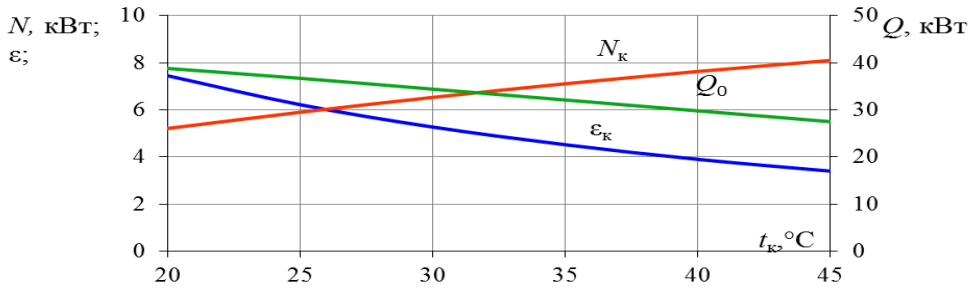


Рис. 1 Зависимость холодильного коэффициента $ε_к$, потребляемой электрической мощности $N_к$ компрессора BITZER 4NES-12Y-40P, холодопроизводительности ПКХМ Q_0 от температуры конденсации $t_к$

Таким образом можно сократить затраты электроэнергии на привод компрессора ПКХМ на 40…50%.

На рис. 2 показана схема каскадной системы охлаждения хладоносителя низкотемпературной секции ВО. Как видно из схемы в качестве конденсатора ПКХМ используется дополнительный теплообменник с охлаждением за счет хладоносителя от АБХМ с температурой 7 °С.

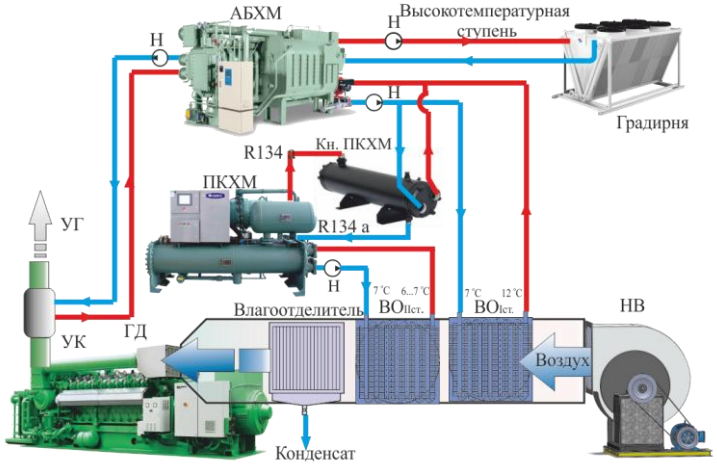


Рис. 2. Схема каскадной системы зонального кондиционирования с двухступенчатым охлаждением приточного воздуха

На рис.3 представлены результаты расчета характеристик системы двухступенчатого охлаждения воздуха на входе ГД с КАПКХМ. Как видно из графиков полная глубина охлаждения составляет $Δt_{ВО} = t_{нв} – t_{вых.ВО.2}$ = 14…26 °С, что является более эффективным показателем по сравнению с базовым вариантом $Δt_{ВО(60)} = t_{нв} – t_{ВО.2}$ = 5…13 °С. Отсюда можно сделать вывод, что применение зональной системы кондиционирования с двухступенчатым охлаждением позволяет увеличить глубину охлаждения на 50% по сравнению с базовым вариантом системы кондиционирования.

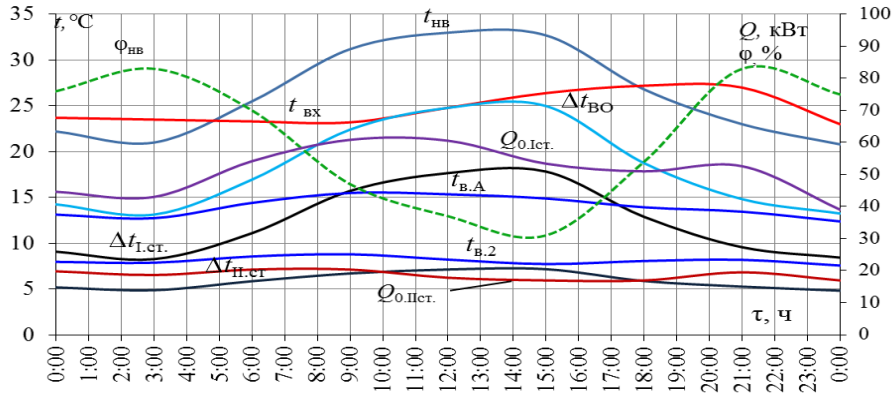


Рис. 3. Температуры наружного воздуха $t_{нв}$, на входе ТК ГД $t_{вх}$ при заборе воздуха из МО, на выходе из первой ступени $ВО_1$ $t_{ВО2.Iст}$, снижение температуры воздуха в $ВО_1$ $Δt_{ВО.1} = t_{нв} – t_{ВО2.Iст}$, на выходе из второй ступени $ВО_2$ $t_{ВО2.IIст}$, снижение температуры воздуха в ступени $ВО_2$ $Δt_{ВО.2}= t_{ВО2.Iст}– t_{ВО2.IIст}$, полная глубина охлаждения приточного воздуха в двухступенчатом ВО $Δt_{ВО} = t_{нв} – t_{вых.ВО.2}$ в течении суток при расходе воздуха 35000 м^3/ч, изменение холодопроизводительности первой ступени $ВО_1$ $Q_{0.Iст}$, второй ступени $ВО_2$ $Q_{0.IIст}$

На рис.4 представлены изменения холодопроизводительности (тепловой нагрузки на ВО) и сокращение удельного расхода топлива в течение суток. Величина $Q_{каскад.}=Q_{Iст} + Q_{IIст} + Q_{кн}$ характеризует полную тепловую нагрузку на АБХМ с учетом затрат холода на охлаждения конденсатора ПКХМ.

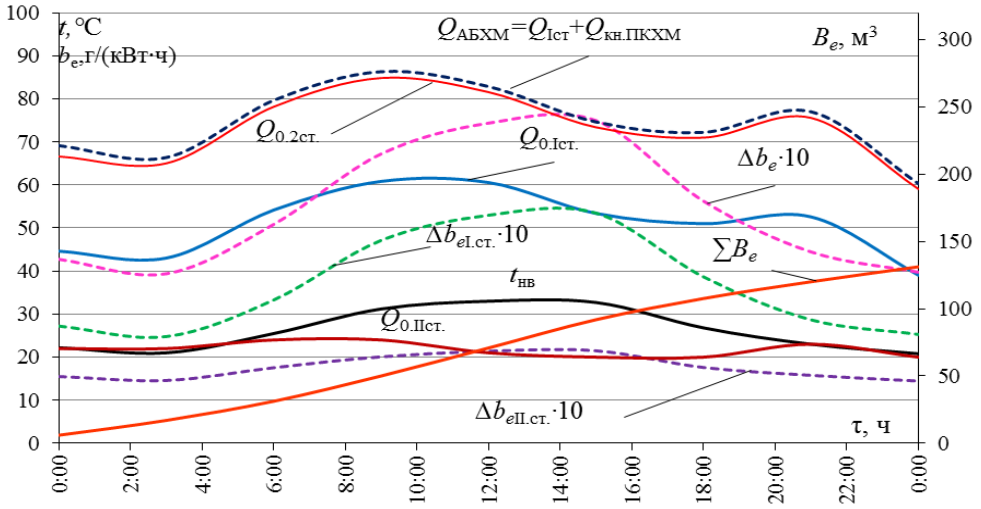


Рис. 4. Изменение холодопроизводительности первой ступени ВО$_1$ $Q_{0.Iст}$, второй ступени ВО$_2$ $Q_{0.IIст}$, суммарной холодопроизводительности ВО $Q_{0.ВО}$, полной тепловой нагрузки с учетом охлаждения конденсатора ПКХМ $Q_{каскад.}=Q_{0.2ст}+Q_{кн}$: Δb_e – сокращение удельного расхода топлива, г/(кВт·ч), $\sum \Delta Be$ – суточная экономия природного газа, м^3

Как видно, общая пиковая нагрузка составляет около 112 кВт, что на 68% меньше, чем в базовом варианте ($Q_{0(60)}$≈350 кВт), а нагрузка на ВО уменьшилась на 76%, что весьма существенно в условиях дефицита холода на технологические нужды.

Выводы

Разработан способ двухступенчатого охлаждения приточного воздуха МО ГД трансформацией сбросной теплоты ГД в каскадной абсорбционно-парокомпрессорной холодильной машине (КАПКХМ) с хладоснабжением высокотемпературной ступени ВО$_{ВТ}$ от АБХМ и низкотемпературной ступени ВО$_{НТ}$ от КАПКХМ, который обеспечивает сокращение затрат тепловой энергии топлива на 10…15 % за счет глубокого (до 7…10 °С) охлаждения воздуха на входе ГД по сравнению с его охлаждением в АБХМ до 15 °С

Список использованной литературы:

1. **Морозюк Л. И.** Термодинамический анализ каскадных холодильных машин с R744в верхнем каскаде/ Л. И. Морозюк // Холодильна техніка та технологія. – 2016. – Т. 52, Вип. 1. – С. 12-17.
2. **Радченко А.М., Грич А.В.** Підвищення ефективності кондиціонування повітря машинного відділення когенераційних газових двигунів [Текст] / А.М. Радченко, А.В. Грич //Збірник наукових праць НУК. – Миколаїв : НУК, 2013. – № 5-6 (450). –С. 15–19.
3. **Радченко А.Н.** Моделирование охладителей воздуха на входе ГТУ абсорбционно-эжекторным термотрансформатором [Текст] / А.Н. Радченко, С.А. Кантор // Інновації в суднобудуванні та океанотехніці: Матеріали VI м.-н. н.-т. конф. – Миколаїв: НУК, 2015. – С.249–251
4. **Радченко А. М., Грич А. В., Портной Б. С.** Ступенчатое охлаждение приточного воздуха машинного отделения автономной электростанции [Текст] / А.М. Радченко, А.В. Грич, Портной Б. С.// Холодильна техніка та технологія. – 2015. - Т. 51, Вип. 1. – С. 71–7.

УДК 621.577.4

АНАЛІЗ ДЖЕРЕЛ НИЗЬКОПОТЕНЦІЙНОЇ ТЕПЛОТИ СУДНОВИХ ДВЗ З МЕТОЮ ЇЇ УТИЛІЗАЦІЇ

Калініченко І. В.,
Національний університет кораблебудування, м. Миколаїв

Утилізація вторинної теплоти суднових ДВЗ використовується вже давно і міцно зайняла провідне місце серед енергозберігаючих заходів що, здійснюються на суднах морського і річкового флотів. Так фірмою

"*МАН*" представлена схема утилізації низькопотенційної теплоти (НПТ) суднового ДВЗ за допомогою турбокомпресора (ТК), утилізаційного котла (УК), турбогенератора (ТГ), паротурбінної установки (ПТУ) і водоопріснювальної установки (ВОУ).

На сьогоднішній день з перерозподілом статей теплового балансу ДВЗ використання комплексної системи утилізації теплоти (КСУТ) стає не ефективним в зв'язку із зниженням температури відхідних газів з 370 °С до 245 °С після ТК, і підвищенням ККД ДВЗ. Тому стає необхідним проаналізувати альтернативні джерела можливої утилізації НПТ суднових ДВЗ.

Для цього аналізу було обрано тип судна танкер проекту 15966 "Григорій Нестеренко", який побудований на ЦКБ "Ізумруд", м. Херсон. Потужність головного двигуна останнього судна, який був побудований в 2003 році становить 9370 кВт, а паропродуктивність УК – 5000 кг/годину. Провівши аналіз суднових споживачів у водяній парі видно, що при експлуатації даного судна в "холодній зоні" витрата водяної пари для забезпечення всіх споживачів становить понад 7000 кг/годину. Паропродуктивності УК стає недостатньо для забезпечення всіх споживачів у водяній парі, тому на судні використовується допоміжний котел (ДК) для поповнення відсутніх близько 2000 кг/годину водяної пари.

Метою роботи є аналіз джерел НПТ суднових ДВЗ з її подальшою утилізацією, а також технічна здійсненність утилізації НПТ від ГД тепловим насосом (ТН) для заміщення ДК в ходовому режимі.

Для аналізу джерел НПТ був запропонований сучасний двигун фірми "*МАН*" марки 6S50ME-C8.5-TIII з потужністю 9960 кВт. Даний двигун за показниками потужності наближений до двигуна, який встановлений на судні "Григорій Нестеренко". Додаткова утилізація теплоти наддувочного повітря ускладнена, так як додатковий теплообмінник підвищить опір надувочного повітря, а температура (близько 65 °С) і кількість теплоти мастила ДВЗ значно нижча за температуру води, що охолоджує втулки циліндрів ДВЗ. Найкращим джерелом НПТ для роботи ТН є прісна вода, що охолоджує втулки циліндрів ДВЗ, з температурою 80 ... 85 °С. Кількість теплоти цього джерела досить для одночасної роботи ТН і ВОУ.

Для отримання водяної пари в ТН прісна вода буде подаватися з теплого ящика, перетворюватися на водяну пару в конденсаторі - пароутворювачі ТН і з температурою 120 ... 133 °С спрямовуватиметься до загальносуднових споживачів і частково до спеціальних споживачів для повного заміщення ДК в ходовому режимі судна в "холодній зоні".

Принцип роботи ТН наступний:

- робочим тілом ТН є низькокипляча речовина - хладон, температура кипіння при атмосферному тиску якого може бути до 50 ... 60 °С. Таким чином у випарнику, куди подається паралельно прісна вода системи охолодження втулок циліндрів ДВЗ з температурою до 70 … 80 °С з одного боку і хладон ТН, який кипить при цій температурі і атмосферному тиску з іншого боку. Далі газоподібний хладон всмоктується компресором і стискується до такого тиску, щоб його температура стала на 15 ... 20 °С більше температури водяної пари, яку необхідно отримати в конденсаторі, тобто до температури 148 ... 153 °С. Потім газоподібний стислий хладон подається в конденсатор - пароутворювач, де конденсується і перетворюючись в рідкий хладон тим самим віддає теплоту з температурою 148 ... 153 °С прісній воді з теплого ящика. Коли прісна вода перетвориться на насичену водяну пару і досягне температури 120 ... 133 °С, вона подається до суднових споживачів. В тепловому насосі проходячи через регулюючий клапан тиск рідкого хладону знижується до атмосферного. Цикл повторюється.

Висновок

Для комплексної оцінки використання ТН в якості альтернативної установки для утилізації теплоти прісної води, що охолоджує втулки циліндрів ДВЗ необхідно виконати математичне моделювання циклу теплового насоса, а також його елементів для визначення масогабаритних, енергетичних та екологічних показників.

УДК 621.431

МЕТОД РАСЧЕТА УСТАНОВЛЕННОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ МОЩНОСТИ УСТАНОВКИ ОХЛАЖДЕНИЯ НАДДУВОЧНОГО ВОЗДУХА ГЛАВНОГО СУДОВОГО ДВИГАТЕЛЯ

Радченко Р.Н.,
Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова, г. Николаев

На большинстве транспортных судов в качестве главных двигателей применяются малооборотные дизели (МОД). Изменение в течение рейса температуры наружного воздуха $t_{нв}$, следовательно и воздуха в машинном отделении (МО), откуда он поступает на вход наддувочного турбокомпрессора (ТК) МОД, а также охлаждающей наддувочный воздух забортной воды существенно влияет на термодинамическую

эффективность МОД. Так, с повышением температуры наддувочного воздуха на 10 °С эффективный КПД МОД уменьшается примерно на 0,5 % и, соответственно, возрастает удельный расход топлива b_e [1–3].

В ряде публикаций показана целесообразность утилизации теплоты наддувочного воздуха, отводимой в охладителе наддувочного воздуха (ОНВ) водой, для производства холода теплоиспользующими холодильными машинами (ТХМ), который, в свою очередь, используют для снижения температуры наддувочного воздуха перед подачей в цилиндры [4, 5].

Эффект от снижения температуры наддувочного воздуха зависит от глубины охлаждения, которая, в свою очередь, – от климатических условий плавания (температуры наружного воздуха и забортной воды), располагаемой сбросной теплоты МОД и эффективности ее трансформации в холод, т.е. типа ТХМ. При этом необходимо решать вопросы определения рациональной установленной (проектной) холодильной мощности (холодо-производительности) ТХМ Q_0, которая должна обеспечивать достаточно глубокое охлаждение воздуха при высоких его температурах и забортной воды, соответственно и тепловых нагрузках на систему охлаждения. Иначе при завышенной установленной холодильной мощности Q_0 будет иметь место невысокий коэффициент использования ТХМ (эксплуатация не на полную мощность и, следовательно, завышенные капитальные затраты на ТХМ), а при заниженной Q_0, наоборот, – недоохлаждение наддувочного воздуха МОД при повышенных температурах $t_{нв}$ и $t_{зв}$.

Цель исследования – определение установленной (проектной) холодильной мощности теплоиспользующей установки охлаждения наддувочного воздуха судовых МОД с учетом климатических условий эксплуатации на рейсовой линии.

Наиболее простым вариантом теплоиспользующей холодильной машины (ТХМ) является эжекторная холодильная машина (ЭХМ), работающая на низкокипящем рабочем теле (НРТ) – хладоне [4, 5]. Сравнительно низкие температуры кипения НРТ t_0 = 2…5 °С позволяют охлаждать воздух до довольно низких температур $t_{в2}$ = 15…25 °С. Охладитель наддувочного воздуха ОНВ такой теплоиспользующей системы охлаждения (ТСО) включает последовательно расположенные в воздушном тракте высокотемпературную ступень охлаждения $ОНВ_{ВТ}$ (после ТК), промежуточную ступень охлаждения (ПО) наддувочного воздуха забортной водой и низкотемпературную ступень $ОНВ_{НТ}$ дополнительного глубокого охлаждения воздуха в ЭХМ после его охлаждения забортной водой в ПО. При этом теплота, отведенная от воздуха в $ОНВ_{ВТ}$, трансформируется с помощью ЭХМ в холод, используемый в $ОНВ_{НТ}$. Однако ЭХМ характеризуется невысокой эффективностью трансформации сбросной теплоты в холод: их тепловой коэффициент ζ = 0,2…0,35 меньше, чем у абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины АБХМ (ζ = 0,7…0,8) и водоамиачной ВАХМ (ζ = 0,5…0,6). Тепловой коэффициент ζ представляет собой $\zeta = Q_0 / Q_г$, т.е. отношение холодопроизводительности Q_0 (количества теплоты, отведенной от наддувочного воздуха в $ОНВ_{НТ}$) к количеству затраченной теплоты $Q_г$, подведенной к ТХМ от наддувочного воздуха в $ОНВ_{ВТ}$. Тепловой коэффициент ТХМ ζ зависит от температур в цикле ТХМ: кипения НРТ в испарителе t_0, генераторе $t_г$ и конденсации $t_к$.

В качестве примера рассмотрены климатические условия эксплуатации контейнеровоза с главным двигателем 6S60MC6.1-TI корпорации MAN [3] (эксплуатационная мощность $N_э$ = 10 МВт) на рейсовой линии Одесса-Йокогама (1.07…27.07.2009).

Температура наддувочного воздуха $t_{вв2}$ после ОНВ традиционной системы охлаждения забортной водой: $t_{вв2} = t_{зв} + \Delta t_{w/зв} + \Delta t_{в/w}$, где значения разности температур между температурой пресной воды промежуточного контура охлаждения t_w и забортной воды $t_{зв}$ принимают $\Delta t_{w/зв} = t_w - t_{зв}$ = 5 ºС, а между температурой наддувочного воздуха $t_в$ и пресной воды t_w : $\Delta t_{в/w} = t_в - t_w$ = 12 ºС.

Об эффективности охлаждения наддувочного воздуха в ТХМ по сравнению с его традиционным охлаждением забортной водой судят по величине снижения температуры $\Delta t_в$ воздуха, охлажденного в $ОНВ_{НТ}$ до температуры $t_{в2}$ относительно температуры воздуха $t_{вв2}$, охлажденного в ПО забортной водой: $\Delta t_в = t_{вв2} - t_{в2}$. При этом потенциально возможная минимальная температура охлажденного воздуха $t_{в2} = t_0 + \Delta t_{w/НРТ} + \Delta t_{в/w}$ на выходе $ОНВ_{НТ}$ лимитируется для ЭХМ температурой кипения НРТ t_0 в испарителе НРТ–охладителе пресной воды (И-ОВ) промежуточного контура охлаждения, а также значениями разности температур в И-ОВ ЭХМ между температурой пресной воды t_w и кипящим НРТ t_0 ($\Delta t_{w/НРТ} = t_w - t_0$ = 5 ºС) и в $ОНВ_{НТ}$ между температурой наддувочного воздуха $t_в$ и пресной воды t_w ($\Delta t_{в/w}$ = 12 ºС). Тогда при t_0 = 5 ºС получают $t_{в2}$ = 22 ºС и соответственно $\Delta t_{в22} = t_{вв2} -$ 22 ºС. Таким образом, потенциально возможную минимальную температуру охлажденного наддувочного воздуха (в данном случае $t_{в2}$ = 22 ºС при t_0 = 5 ºС) принимают исходя из температурных напоров в $ОНВ_{НТ}$ и И-ОВ.

Получены значения температуры забортной воды $t_{зв}$, наддувочного воздуха, охлажденного в ОНВ традиционной системы охлаждения забортной водой $t_{вв2}$, снижение температуры наддувочного воздуха $t_{в22} = t_{вв2} - t_{в2}$ (до $t_{в2}$ = 22 °С) в $ОНВ_{ВТ}$ и ее снижение $\Delta t_{в2р} = t_{вв2} - t_{в2р}$, возможное исходя из располагаемой теплоты наддувочного воздуха $Q_г$ при уменьшении его температуры в $ОНВ_{ВТ}$ от температуры после ТК $t_{ВТ1}$ = 250…260 °С (степень повышения давления $\pi_к \approx 4{,}5$) до $t_{ВТ2}$ = 110 °С, используемой в ЭХМ (НРТ– R142b, ζ = 0,27, температура кипения t_0 = 5 °С) в ходе рейса Одесса–Йокогама (1.07…27.07.2009).

Показано, что снижение температуры наддувочного воздуха в $ОНВ_{НТ}$ $\Delta t_{в.р}$ исходя из располагаемой теплоты наддувочного воздуха в ЭХМ (тепловой коэффициент $\zeta = 0{,}27$ при $t_0 = 5$ °С) несколько больше величины $\Delta t_{в22}$, потенциально возможной при охлаждении воздуха до минимальной температуры $t_{в2} = 22$ °С.

Требуемая холодопроизводительность Q_0 для охлаждения наддувочного воздуха после ПО в $ОНВ_{НТ}$ (от температуры $t_{вв2}$ до $t_{в2}$) определяется снижением температуры воздуха в $ОНВ_{НТ}$ $\Delta t_в = t_{вв2} - t_{в2}$: $Q_0 = G_в \cdot c_в(t_{вв2} - t_{в2})\xi_{НТ}$, где $G_в$ – расход воздуха через ТК МОД; $c_в$ – теплоемкость влажного воздуха; $\xi_{НТ}$ – коэффициент влаговыпадения процессов охлаждения воздуха от температуры наддувочного воздуха $t_{вв2}$ до $t_{в2} = 22$ °С, представляет собой отношение полного количества теплоты (разности энтальпий воздуха на входе и выходе теплообменника), отведенной от воздуха в $ОНВ_{НТ}$ (холодопроизводительности ТСО Q_0), к количеству явной теплоты, определяемому разностью температур по сухому термометру. Соответственно удельная холодопроизводитель-ность, приходящаяся на единицу расхода воздуха ($G_в = 1$ кг/с): $q_0 = c_в(t_{вв2} - t_{в2})\xi_{НТ}$. При $t_{в2} = 22$ °С получают соответственно $Q_{0.22}$ и $q_{0.22}$.

Располагаемую холодопроизводительность ТХМ $Q_{0.р}$ определяют исходя из теплоты $Q_{г.р}$, отведенной от наддувочного воздуха в $ОНВ_{ВТ}$, как $Q_{0.р} = \zeta Q_{г.р}$.

Определены значения холодопроизводительности $Q_{0.22}$, необходимой для охлаждения наддувочного воздуха МОД 6S60MC6.1-TI эксплуатационной мощностью 10 МВт (расход воздуха 24 кг/с) до потенциально возможной температуры $t_{в22} = 22$ °С, располагаемой холодопроизводительности $Q_{0р(0,27)}$, $Q_{0р(0,6)}$ и $Q_{0р(0,7)}$, получаемой трансформацией теплоты наддувочного воздуха $Q_{г.р}$ (при $t_{ВТ1} = 250…260$ °С и $t_{ВТ2} = 110$ °С) в холод при разных тепловых коэффициентах: $\zeta = 0{,}27$ (ЭХМ при $t_0 = 5$ °С и $t_{в22} = 22$ °С), 0,6 (ВАХМ) и 0,7 (АБХМ), а также требуемой теплоты $Q_{г.22(0,27)}$, $Q_{г.22(0,6)}$ и $Q_{г.22(0,7)}$ для охлаждения наддувочного воздуха до температуры $t_{в2} = 22$ °С при ее трансформации в холод при разных тепловых коэффициентах: □ = 0,27 (ЭХМ при $t_0 = 5$ °С), 0,6 (ВАХМ) и 0,7 (АБХМ) в течение рейса Одесса–Йокогама (1.07…27.07.2009).

Показано, что при трансформации располагаемой теплоты наддувочного воздуха $Q_{г.р}$ (при $t_{ВТ1} = 250…260$ °С и $t_{ВТ2} = 110$ °С) в ЭХМ с тепловым коэффициентом $\zeta = 0{,}27$ получаемая (располагаемая) холодопроизводительность $Q_{0р(0,27)}$ даже несколько больше ее величины $Q_{0.22}$, необходимой для охлаждения наддувочного воздуха до потенциально возможной минимальной температуры $t_{в2} = 22$ °С. Применение более эффективных ВАХМ с $\zeta = 0{,}6$ или АБХМ с $\zeta = 0{,}7$ позволяет получать холодопроизводительности $Q_{0р(0,6)}$ и $Q_{0р(0,7)}$, значительно большие, чем требуется для покрытия затрат холода $Q_{0.22}$. Однако при этом следует учитывать, что минимальная температура охлажденного воздуха $t_{в2}$ лимитируется температурой хладоносителя ТХМ: для ЭХМ и ВАХМ – температурой кипения НРТ t_0 ($t_{в2} = 22$ °С при $t_0 = 5$ °С), для АБХМ – температурой холодной воды $t_{х.в}$ ($t_{в2} = 24…27$ °С при $t_{х.в} = 7…10$ °С). Для ЭХМ и ВАХМ возможны и более низкие температуры кипения НРТ $t_0 = 1…2$ °С (соответственно $t_{в2} = 18…19$ °С), но при этом тепловые коэффициенты будут гораздо ниже: $\zeta \approx 0{,}2$, что потребует больших затрат теплоты.

Дополнительное охлаждение наддувочного воздуха в ТХМ (после его охлаждения в традиционном ОНВ забортной водой до температуры $t_{вв2}$) до температуры $t_{в2}$, т.е. на величину $\Delta t_в = t_{вв2} - t_{в2}$, обеспечивает сокращение удельного b_e и общего $B_т$ расходов топлива.

При этом холодопроизводительность $Q_{0,22}$, требуемая для охлаждения наддувочного воздуха до потенциально возможной минимальной температуры $t_{в2} = 22$ °С (ЭХМ при $t_0 = 5$ °С), меняется в течение рейса. Поэтому необходимо решать вопросы определения рациональной установленной (проектной) холодопроизводительности (холодильной мощности ЭХМ) Q_0, которая должна обеспечивать, с одной стороны, получение наибольшего эффекта (за рейс), например максимальной экономии топлива, а с другой, по возможности как можно большую загруженность ЭХМ [5]. Иначе при завышенной установленной холодильной мощности Q_0 будет иметь место невысокий коэффициент использования ЭХМ (эксплуатация не на полную мощность и, следовательно, завышенные капитальные затраты на ЭХМ), а при заниженной Q_0, наоборот, – недоохлаждение наддувочного воздуха МОД при повышенных температурах $t_{нв}$ и $t_{зв}$.

Затраты холода (холодопроизводительность) Q_0, требуемые для охлаждения наддувочного воздуха до определенной температуры $t_{в2}$, соответственно и экономию топлива, получаемую за счет более глубокого – по сравнению с традиционным охлаждением воздуха забортной водой – снижения температуры наддувочного воздуха $\Delta t_в = t_{вв2} - t_{в2}$, рассчитывали для текущих климатических условий (температуры наружного воздуха, соответственно и воздуха на входе ТК двигателя, и охлаждающей воздух забортной воды $t_{зв}$) с интервалом, например, 3 часа.

Показано, что рациональная установленная (проектная) холодильная мощность ЭХМ (холодопроизводительность) Q_0, которая обеспечивает наибольшую экономию топлива за рейс Одесса–Йокогама (1.07…27.07.2009) при охлаждении наддувочного воздуха до потенциально возможной минимальной температуры воздуха $t_{в2} = 22$ °С, причем при высоких темпах ее наращивания, составляет $Q_0 = 1{,}0$ МВт.

Заключение

Рассмотрены некоторые аспекты методологии определения рациональной установленной (проектной) холодильной мощности теплоиспользующей установки охлаждения наддувочного воздуха для климатических условий эксплуатации судна на конкретной рейсовой линии, которая обеспечивает наибольшую экономию топлива при охлаждении воздуха до потенциально возможной минимальной температуры, причем при высоких темпах ее наращивания.

УДК 621.436.13:621.57

ТЕПЛОВЫЕ НАГРУЗКИ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ НАДДУВОЧНОГО ВОЗДУХА ГЛАВНОГО СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЕГО ТЕПЛОТЫ В ТЕЧЕНИИ РЕЙСА

Радченко Р.Н., Коновалов Д.В., Стародубец С.И.,
Национальный университет кораблестроения, Украина

На большинстве транспортных судов в качестве главных двигателей применяются малооборотные дизели (МОД). Изменение в течение рейса температуры наружного воздуха $t_{нв}$, следовательно и воздуха в машинном отделении (МО), откуда он поступает на вход наддувочного турбокомпрессора (ТК) МОД, а также охлаждающей наддувочный воздух забортной воды существенно влияет на термодинамическую эффективность МОД. Так, с повышением температуры наддувочного воздуха на 10 °С эффективный КПД МОД уменьшается примерно на 0,5 %, а удельный расход топлива b_e возрастает на 1,0...1,2 г/(кВт·ч) [1–3].

Представляется целесообразной утилизация теплоты наддувочного воздуха, отводимой в охладителе наддувочного воздуха (ОНВ), для производства холода теплоиспользующими холодильными машинами (ТХМ), который, в свою очередь, используют для снижения температуры наддувочного воздуха перед подачей в цилиндры. Эффект от охлаждения наддувочного воздуха зависит от величины снижения его температуры, которая, в свою очередь, – от климатических условий плавания (температуры наружного воздуха и забортной воды), располагаемой сбросной теплоты МОД и эффективности ее трансформации в холод, т.е. типа ТХМ. При изменении в течение рейса климатических условий меняется тепловая нагрузка системы охлаждения, т.е. требуемые затраты холода Q_0 , получаемого в ТХМ, а следовательно, и теплоты $Q_г$, трансформируемой в холод. В случае, если располагаемой теплоты, в частности, наддувочного воздуха, окажется меньше, чем требуется для его охлаждения, будут меньше величина снижения температуры и получаемый эффект от охлаждения в виде снижения расхода топлива. Поэтому необходимо решать вопросы определения текущей тепловой нагрузки системы охлаждения наддувочного воздуха судового МОД в соответствии с климатическими условиями эксплуатации на конкретной рейсовой линии, соответственно и требуемых затрат теплоты на выработку холода в ТХМ, исходя из сравнения которых с располагаемой сбросной теплотой можно производить выбор типа ТХМ, используемого в ней источника сбросной теплоты и соответствующего схемного решения теплоиспользующей системы охлаждения (ТСО).

Цель работы – определение тепловой нагрузки теплоиспользующей системы охлаждения наддувочного воздуха судового МОД и требуемых затрат теплоты на выработку холода в ТХМ, необходимых для выбора типа ТХМ и схемного решения системы охлаждения с использованием конкретных источников сбросной теплоты в соответствии с климатическими условиями эксплуатации судна на конкретной рейсовой линии.

Наиболее простым вариантом ТХМ является эжекторная холодильная машина (ЭХМ), работающая на низкокипящем рабочем теле (НРТ) – хладоне. Сравнительно низкие температуры кипения НРТ t_0 = 2…5 °С позволяют охлаждать воздух до довольно низких температур $t_{в2}$ = 20…25 °С. Охладитель наддувочного воздуха ОНВ такой ТСО включает последовательно расположенные в воздушном тракте высокотемпературную ступень охлаждения $ОНВ_{ВТ}$ (после ТК), промежуточную ступень охлаждения (ПО) наддувочного воздуха забортной водой и низкотемпературную ступень $ОНВ_{НТ}$ дополнительного глубокого охлаждения воздуха в ЭХМ после его охлаждения забортной водой в ПО. При этом теплота, отведенная от воздуха в $ОНВ_{ВТ}$, трансформируется с помощью ЭХМ в холод, используемый в $ОНВ_{НТ}$.

Однако ЭХМ характеризуется невысокой эффективностью трансформации сбросной теплоты в холод: их тепловой коэффициент ζ = 0,2…0,35 меньше, чем у абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины АБХМ (ζ = 0,7…0,8) и водоаммиачной ВАХМ (ζ = 0,5…0,6). Тепловой коэффициент ζ представляет отношение холодопроизводительности Q_0 (количества теплоты, отведенной от наддувочного воздуха в $ОНВ_{НТ}$) к количеству затраченной теплоты $Q_г$, подведенной к ТХМ от наддувочного воздуха в $ОНВ_{ВТ}$: $\zeta = Q_0 / Q_г$. Тепловой коэффициент ТХМ ζ зависит от температур в цикле ТХМ: кипения НРТ в испарителе t_0 , генераторе $t_г$ и конденсации $t_к$. Поэтому при использовании ЭХМ задача сопоставления требуемых затрат холода Q_0 – в соответствии с климатическими условиями эксплуатации судна на

конкретной рейсовой линии – с располагаемой холодопроизводительностью $Q_{0.p}$ исходя из располагаемой теплоты $Q_{г.р}$, в частности, наддувочного воздуха, стоит особенно остро.

В качестве примера рассмотрены климатические условия эксплуатации контейнеровоза с главным двигателем 6S60MC6.1-TI корпорации MAN B&W [3] (эксплуатационная мощность $N_э$ = 10 МВт) на рейсовой линии Одесса-Йокогама (1.07…27.07.2009). В результате расчетов получены данные по изменению температуры $t_{нв}$, относительной влажности $\varphi_{нв}$ и влагосодержания $d_{нв}$ наружного воздуха, температуры забортной воды $t_{зв}$ в течение рейса Одесса-Йокогама (1.07…27.07.2009), которые показывают, что на протяжении практически всего рейса температура наружного воздуха $t_{нв}$ составляет 25…30 ºС, соответственно в машинном отделении на всасывании наддувочного турбокомпрессора $t_{МО}$ = 35…40 ºС. При этом температура воздуха после ОНВ $t_{вв2}$ определяется как $t_{вв2} = t_{зв} + \Delta t_{w/зв} + \Delta t_{в/w}$, где $\Delta t_{w/зв} = t_w - t_{зв}$ = 5 ºС – разность температур между температурой пресной воды промежуточного контура охлаждения t_w и забортной воды $t_{зв}$; $\Delta t_{в/w} = t_в - t_w$ = 12 ºС – разность температур наддувочного воздуха $t_в$ и пресной воды t_w промежуточного контура охлаждения.

Об эффективности охлаждения наддувочного воздуха в ТХМ по сравнению с его традиционным охлаждением забортной водой судят по величине снижения температуры $\Delta t_в$ воздуха, охлажденного в $ОНВ_{НТ}$ до температуры $t_{в2}$ относительно температуры воздуха $t_{вв2}$, охлажденного в ПО забортной водой: $\Delta t_в = t_{вв2} - t_{в2}$. При этом потенциально возможная минимальная температура охлажденного воздуха на выходе $ОНВ_{НТ}$: $t_{в2} = t_0 + \Delta t_{w/НРТ} + \Delta t_{в/w}$,

где $\Delta t_{w/НРТ} = t_w - t_0$ = 5 ºС – разность температур в И-ОВ ЭХМ между температурой пресной воды t_w и кипящим НРТ t_0; $\Delta t_{в/w} = t_в - t_w$ = 12 ºС.

Из приведенного выше соотношения видно, что при принятых значениях разности температур $\Delta t_{w/НРТ}$ в И-ОВ ЭХМ и ее величины $\Delta t_{в/w}$ в $ОНВ_{НТ}$ температура $t_{в2}$ лимитируется температурой кипения НРТ t_0 в испарителе НРТ–охладителе пресной воды (И-ОВ) промежуточного контура охлаждения. Так, при t_0 = 5 ºС получают $t_{в2}$ = 22 ºС и соответственно соотношение для расчета снижения температуры наддувочного воздуха в ЭХМ по сравнению с его традиционным охлаждением забортной водой принимает вид $\Delta t_{в22} = t_{вв2} - 22$ ºС.

Холодопроизводительность Q_0, требуемая для охлаждения наддувочного воздуха в $ОНВ_{НТ}$ (после ПО забортной воды) от температуры $t_{вв2}$ до $t_{в2}$, определяется снижением температуры воздуха в $ОНВ_{НТ}$ $\Delta t_в = t_{вв2} - t_{в2}$: $Q_0 = G_в \cdot c_в (t_{вв2} - t_{в2}) \xi_{НТ}$, где $G_в$ – расход воздуха через ТК МОД; $c_в$ – теплоемкость влажного воздуха; $\xi_{НТ}$ – коэффициент влаговыпадения процессов охлаждения воздуха от температуры наддувочного воздуха $t_{вв2}$ до $t_{в2}$ = 22 °С, представляет собой отношение полного количества теплоты (разности энтальпий воздуха на входе и выходе теплообменника), отведенной от воздуха в $ОНВ_{НТ}$ (холодопроизводительности Q_0), к количеству явной теплоты, определяемому разностью температур по сухому термометру.

Соответствующие затраты теплоты греющей среды (наддувочного воздуха) $Q_{г.22(0,27)}$ определяются эффективностью ее трансформации в холод, т.е. тепловым коэффициентом ЭХМ: $Q_{г.22(0,27)} = Q_{0.22}/\zeta$, где ζ – тепловой коэффициент, представляющий собой отношение получаемого холода к затрачиваемой на его получение теплоте: $\zeta = Q_0/Q_г$. Тепловой коэффициент определяется температурными режимами работы ЭХМ и при температуре кипения НРТ в испарителе И-ОВ t_0 = 5 °С и генераторе $t_Г$ = 120 °С и конденсации НРТ $t_к$ = 35 °С он составляет ζ = 0,27.

Для охлаждения наддувочного воздуха до $t_{в2}$ = 22 °С необходимо, чтобы требуемые затраты теплоты $Q_{г.22(0,27)}$ были не больше располагаемой теплоты $Q_{г.р}$, отводимой от наддувочного воздуха в $ОНВ_{ВТ}$. Располагаемую холодопроизводительность ТХМ $Q_{0.р}$ определяют исходя из теплоты $Q_{г.р}$, отведенной от наддувочного воздуха в $ОНВ_{ВТ}$, как $Q_{0.р} = \zeta\, Q_{г.р}$, где $Q_г = G_в \cdot c_в (t_{г1} - t_{г2})$; ζ = 0,27 при температуре кипения НРТ в И-ОВ t_0 = 5 °С и генераторе $t_Г$ = 120 °С и конденсации НРТ $t_к$ = 35 °С.

Показано, что при трансформации располагаемой теплоты наддувочного воздуха $Q_{г.р}$ (при $t_{г2}$ = 110 °С) в ЭХМ с тепловым коэффициентом ζ = 0,27 получаемая (располагаемая) холодопроизводительность $Q_{0р(0,27)}$ примерно равна ее величине $Q_{0.22}$, необходимой для охлаждения наддувочного воздуха до потенциально возможной минимальной температуры $t_{в2}$ = 22 °С, что в свою очередь обеспечивает получение максимально возможного (за счет охлаждения наддувочного воздуха) эффекта в виде сокращения потребления топлива двигателем. Таким образом, применение теплоиспользующей системы охлаждения наддувочного воздуха судового МОД на базе ЭХМ с использованием его же теплоты, отводимой в $ОНВ_{ВТ}$, обеспечивает охлаждение наддувочного воздуха от температуры $t_{вв2}$ (после ПО) до потенциально возможной минимальной температуры $t_{в2}$ = 22 °С.

Значения снижения удельного расхода топлива Δb_e и полного расхода топлива $B_т$ для МОД 6S60MC6.1-TI MAN B&W [3] (номинальная мощность $N_н$ = 10680 кВт и эксплуатационная $N_э$ = 10000 кВт) за счет дополнительного охлаждения наддувочного воздуха (по сравнению с традиционным его охлаждением забортной водой до температуры $t_{вв2}$) на величину $\Delta t_в = t_{вв2} - 22$ °С в течение рейса Одесса–Йокогама (1.07…27.07.2009) определяли с использованием программы mandieselturbo [3]. При этом расходы топлива абсолютный $B_т$ и удельный b_e в соответствии с уменьшением температуры наддувочного воздуха

рассчитывали по программе фирмы MAN B&W, согласно которой снижение температуры наддувочного воздуха МОД 6S60MC6.1-TI на величину $\Delta t_в$ = 10 ºС приводит к уменьшению удельного расхода топлива b_e примерно на 1,0 г/(кВт·ч) [3].

Показано, что на протяжении всего рейса уменьшение удельного расхода топлива составляет Δb_e = 2,0…3,0 г/(кВт·ч), а абсолютная экономия потребления топлива $\Delta B_{т.22}$ за счет охлаждения наддувочного воздуха до температуры $t_{в2}$ = 22 °С за рейс из Одессы до Йокогамы для МОД 6S60MC6.1-TI мощностью 10 МВт составляет около 17 т (примерно 1,6 %).

Выводы

Определены текущие значения тепловой нагрузки теплоиспользующей системы охлаждения наддувочного воздуха судового МОД и требуемые затраты теплоты на выработку холода в хладоновой ЭХМ для климатических условий эксплуатации судна на рейсовой линии Одесса-Йокогама.

Показано, что располагаемой теплоты наддувочного воздуха достаточно для покрытия ее затрат на дополнительное охлаждение наддувочного воздуха после традиционного охладителя забортной водой до потенциально возможной минимальной температуры $t_{в2}$ = 22 °С за рейс из Одессы до Йокогамы для МОД что обеспечивает сокращения потребления топлива для МОД 6S60MC6.1-TI MAN B&W (мощностью 10 МВт) примерно на 1,6 %.

В результате была подтверждена целесообразность применения теплоиспользующей системы охлаждения наддувочного воздуха судового МОД на базе хладоновой ЭХМ согласно предложенному схемному решению с утилизацией теплоты воздуха после турбокомпрессора.

Список использованной литературы

[1] Influence of Ambient Temperature Conditions. Main engine operation of MAN B&W two-stroke engines [Text] // MAN Diesel & Turbo. – Copenhagen, Denmark, 2010. – 17 p.

[2] Thermo Efficiency System (TES) for reduction of fuel consumption and CO_2 emission [Electronic resource] // MAN B&W Diesel A/S. – Copenhagen, Denmark, 2005. – Access mode: http://www.mandieselturbo.de/files/news/filesof5055/ P3339161.pdf. – 10.03.2014.

[3] MAN B&W ME/ME-C/ME-GI/ME-B-TII engines [Electronic resource]. – Copenhagen, Denmark : MAN Diesel. – 2010. –357 p. – Access mode: http://www.mandieselturbo.com/download/project_guides_tier2/printed/s90mcc8.pdf

УДК 621.438.13:621.57

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ ВОЗДУХА НА ВХОДЕ ГТУ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ ТЕРМОТРАНСФОРМАТОРАМИ В МЕЖСЕЗОНЬЕ

Радченко А.Н., Портной Б.С., Прядко А.И., Литвин С.С.,
Национальный университет кораблестроения, г. Николаев, Украина

С повышением температуры наружного воздуха $t_{нв}$ на входе термодинамическая эффективность газотурбинных установок (ГТУ) снижается. Так, для ГТУ производства ГП НПКГ "Зоря-Машпроект" с повышением температуры $t_{нв}$ на 10 °С уменьшается КПД на 0,8…1,0 % в абсолютных и на 2,7…2,8 % в относительных величинах [1]. Удельный расход топлива ГТУ при этом возрастает на 7…8 г/(кВт·ч). Повысить эффективность ГТУ и за счет этого сократить расход топлива при высоких температурах $t_{нв}$ воздуха на входе можно путем его предварительного охлаждения теплоиспользующими холодильными машинами (ТХМ), трансформирующими в холод теплоту отработанных газов. Снижение температуры воздуха $\Delta t = t_{нв} – t_{в2}$ зависит от температуры наружного воздуха $t_{нв}$ и охлажденного в ТХМ воздуха $t_{в2}$, которая определяется температурой хладоносителя $t_х$ (рабочего тела ТХМ), т.е. типом ТХМ. Так, в эжекторных хладоновых холодильных машинах (ЭХМ) при использовании низкокипящих рабочих тел (НРТ) воздух можно охладить до температуры $t_{в2}$ = 10 ºС и ниже ($t_х$ = 2…3 ºС и ниже), а в абсорбционных бромистолитиевых (АБХМ) машинах, как правило, до $t_{в2}$ = 15 ºС и выше ($t_х \approx$ 7 ºС).

Исследованию трансформации сбросной теплоты отработанных газов в холод с охлаждением воздуха на входе ГТУ посвящено ряд публикаций, в частности [2, 3], в которых рассмотрены термотрансформаторы комбинированного типа с теплоиспользующими абсорбционной бромистолитиевой холодильной машиной (АБХМ) в качестве высокотемпературной ступени охлаждения наружного воздуха от текущей температуры $t_{нв}$ до температуры $t_{в2}$ = 15 °С и эжекторной холодильной машиной (ЭХМ) как низкотемпературной ступенью. Показано, что их применение для охлаждения воздуха на входе ГТУ особенно целесообразно при трансформации теплоты в холод в ГТУ регенеративного типа, т.е. при ограниченном тепловом потенциале отработанных газов ГТУ, и позволяет получить значительный эффект в

виде экономии топлива, причем с учетом изменения климатических условий эксплуатации в течение года. Однако вопросы повышения эффективности эксплуатации термотрансформаторов такого комбинированного типа в весенние и осенние месяцы, когда тепловая нагрузка на них (прежде всего на высокотемпературную абсорбционную бромистолитиевую ступень) сокращается, путем использования избыточной теплоты отработанных газов, в частности, для более глубокого охлаждения воздуха на входе ГТУ низкотемпературной ЭХМ-ступенью, которое в летние наиболее нагруженные месяцы невозможно из-за ограниченного теплового потенциала отработанных газов регенеративних ГТУ.

Проблема эффективной трансформации теплоты в холод особенно остро стоит в ГТУ регенеративного типа с нагревом сжатого воздуха перед камерой сгорания газами после турбины, в которых температура отработанных газов сравнительно невысокая (около 250 °С), т.е. в условиях ограниченного теплового потенциала сбросной теплоты, что резко сужает возможности получения холода, особенно при невысокой эффективности трансформации теплоты.

Цель работы – повышение эффективности эксплуатации термотрансформаторов комбинированного абсорбционно-эжекторного типа при пониженной тепловой нагрузке на высокотемпературную абсорбционную бромистолитиевую ступень из-за снижения температуры наружного воздуха путем использования высвобождаемой теплоты отработанных газов для более глубокого охлаждения воздуха на входе ГТУ низкотемпературной эжекторной ступенью.

Эффективность охлаждения воздуха на входе ГТУ зависит от снижения его температуры $\Delta t_{в}$ и продолжительности т подачи в ГТУ охлажденного воздуха, т.е. климатических условий и типа ТХМ. Установленная (проектная) холодильная мощность (холодопроизводительность) ТХМ Q_0 , с одной стороны, должна покрывать затраты холода на охлаждения воздуха на входе ГТУ в течение как можно большего времени эксплуатации ГТУ в году, обеспечивая наибольший суммарный (годовой) эффект в виде экономии топлива. С другой стороны, установленная холодопроизводительность ТХМ Q_0 не должна быть завышенной, чтобы большую часть года ТХМ эксплуатировалась при нагрузках, близких номинальной (проектной). Иначе будет иметь место невысокий коэффициент использования ТХМ (эксплуатация не на полную нагрузку), а при заниженной Q_0 , наоборот, – недоохлаждение воздуха на входе ГТУ при высоких наружных температурах $t_{нв}$.

Рассчитаны значения годовой экономии топлива $В_{т.10МВт}$ за счет охлаждения воздуха на входе ГТУ мощностью N_e = 10 МВт в зависимости от соответствующих затрат холодопроизводительности (установленной холодильной мощности ТХМ) $Q_{0.10МВт}$ при температурах охлажденного воздуха на входе $t_{в2}$ = 7 и 10 °С (ЭХМ) и $t_{в2}$ = 15 и 20 °С (АБХМ) для газотурбокомпрессорного агрегата ГТК-10-4 Южнобугской компрессорной станции (с. Любашевка, Николаевская обл.). При этом для регенеративной ГТУ ГТК-10-4 при снижении температуры воздуха на входе на 1 °С удельный расход топлива уменьшается на величину Δb_e = 0,7 г/(кВт·ч), расход воздуха $G_{в.10МВт}$ = 80 кг/с , с учетом чего затраты холодильной мощности на охлаждение воздуха: $Q_{0.10МВт} = (c_{вл}\ \xi \cdot \Delta t\ ) G_{в.10МВт}$, где ξ – коэффициент влаговыпадения, т.е. отношение полного количества теплоты (разности энтальпий воздуха на входе и выходе из ВО), отведенной от влажного воздуха в ВО, к количеству явной теплоты, определяемому разностью температур Δt .

Показано, что при охлаждении воздуха на входе ГТУ до $t_{в2}$ = 10 ºС в ЭХМ установленной холодильной мощности $Q_{0.10МВт}$ = 2700 кВт достаточно, чтобы получить годовую экономию топлива 250 т. Использование более крупной ЭХМ установленной холодильной мощностью $Q_{0.10МВт}$ = 3300 кВт (на 25 % больше) хотя и обеспечит охлаждение воздуха от текущих $t_{нв}$ до предельно низкой температуры $t_{в2}$ = 10 ºС в часы максимальных температур $t_{нв}$, но приращение годовой экономии топлива будет незначительным: 10…15 т, т.е. не более 5 % ее величины 250 т при $Q_{0.10МВт}$ = 2700 кВт. Поэтому установленная холодильная мощность $Q_{0.10МВт}$ = 2700 кВт является рациональной для ЭХМ в конкретных климатических условиях.

Для удобства пересчета на ГТУ другой мощности данные по экономии топлива удобно представлять в относительных (удельных) величинах – в виде экономии топлива, приходящейся на 1 кВт мощности ГТУ, т.е. $В_{т.у1} = В_{т.10МВт} / N_e$, в зависимости от затрат удельной холодильной мощности ТХМ, приходящейся на единичный расход воздуха (при $G_в$ = 1 кг/с): $q_0 = Q_0 / G_{в.10МВт}$ за год или месяц.

Для рассматриваемых климатических условий при охлаждении воздуха на входе ГТУ до температуры $t_{в2}$ = 10 ºС при удельной (приходящейся на единичный расход воздуха $G_в$ = 1 кг/с) холодильной мощности ЭХМ q_0 = 34 кВт/(кг/с) значения удельной, приходящейся на 1 кВт мощности, экономии топлива $В_{т.10}$ за 2009 г. составляют 25 кг/кВт при сохранении высоких темпов ее наращивания. Из-за падения темпов наращивания $В_{т.10}$ после q_0 = 34 кВт/(кг/с) не происходит заметного возрастания $В_{т.10}$: при увеличении q_0 от 34 до 40 кВт/(кг/с) (18 %) величина $В_{т.10}$ возрастает всего лишь на 1 кВт/(кг/с) (4 %). В то же время 18 %-е увеличение холодильной мощности ЭХМ вызывает существенное возрастание капитальных затрат. Удельную холодильную мощность ЭХМ q_0 = 34 кВт/(кг/с) принимают за рациональную и исходя из нее выбирают полную установленную холодильную мощность термотрансформатора в соответствии с расходом воздуха через ГТУ: $Q_0 = G_в \cdot q_0$, кВт.

При охлаждении воздуха на входе ГТУ от текущих $t_{нв}$ до $t_{в2}$ = 15 ºС в АБХМ установленной удельной холодильной мощности q_0 = 24 кВт/(кг/с) достаточно, чтобы получить годовую удельную экономию топлива 13 кг/кВт. Для охлаждения воздуха на входе ГТУ от текущих $t_{нв}$ до $t_{в2}$ = 10 ºС в ЭХМ потребуется

установленная удельная холодильная мощность q_0 = 34 кВт/(кг/с), что обеспечит годовую удельную экономию топлива 25 кг/кВт, тогда как для охлаждения в ЭХМ воздуха от $t_{нв}$ до $t_{в2}$ = 7 ºС потребуется установленная удельная холодильная мощность q_0 = 38 кВт/(кг/с), для получения которой отсутствует достаточное количество теплоты из-за недостаточно высокой температуры отработанных газов регенеративной ГТУ.

Для охлаждения воздуха от $t_{нв}$ до $t_{в2}$ = 10 ºС (в ЭХМ) в июле месяце рациональной установленной удельной холодильной мощности q_0 = 34 кВт/(кг/с), определяемой по годовой экономии топлива, недостаточно для получения максимальной экономии топлива в наиболее теплом месяце июле. Однако при этом недоохлаждение воздуха $\Delta t_{10д}$ из-за дефицита холодопроизводительности совсем незначительное по сравнению с потенциально возможными значениями снижения температуры воздуха Δt_{10} до $t_{в2}$ = 10 ºС (в ЭХМ) и имеет место всего лишь 3…4 дня на протяжении 2…3 часов для климатических условий Южнобугской компрессорной станции (с. Любашевка, Николаевская обл., 2009 г.).

Хотя при охлаждении воздуха до $t_{в2}$ = 10 ºС установленной удельной холодильной мощности q_0 = 34 кВт/(кг/с), выбранной исходя из годовой экономии топлива, и недостаточно для достижения максимальной экономии топлива в июле месяце – при требуемой q_0 = 36 кВт/(кг/с), но в другие месяцы – при менее высоких температурах наружного воздуха $t_{нв}$ и, соответственно, при снижении тепловой нагрузки на АБХМ-ступень удельной холодильной мощности q_0 = 34 кВт/(кг/с) вполне хватает для получения максимальной удельной экономии топлива $B_{т.у1} = B_{т.10МВт}/N_e$ при более глубоком охлаждении воздуха до $t_{в2}$ = 7 ºС (при t_0 = 0…2 ºС): $B_{т.у1}$ = 4,7 и 5,2 кг/кВт в мае и сентябре и тем более в апреле и октябре месяцах.

При этом избыток холодильной мощности q_0, образующийся в результате снижения тепловой нагрузки на АБХМ-ступень, может быть реализован в ЭХМ-ступени для более глубокого охлаждения воздуха до $t_{в2}$ = 7 ºС.

Следует учесть, что с понижением t_0 от t_0 = 4…5 ºС (при $t_{в2}$ = 10 ºС) до t_0 = 0…2 ºС ($t_{в2}$ = 7 ºС) сохранение неизменной удельной холодильной мощности q_0 = 34 кВт/(кг/с) возможно только при условии повышения теплового коэффициента ЭХМ ζ, что в действительности и происходит с понижением температуры наружного воздуха $t_{нв}$ в более прохладные месяцы, соответственно, его температуры по мокрому термометру $t_м$ и температуры конденсации НРТ в ЭХМ $t_к$ с системой оборотного охлаждения в градирне мокрого типа.

Так, значения теплового коэффициента ЭХМ ζ при температуре конденсации $t_к$ = 25 °С ($t_{нв} \approx$ 30 °С и соответственно $t_м$ = 20…22 °С) и температуре кипения НРТ R142b в испарителе t_0 = 5 °С (при охлаждении воздуха до $t_{в2}$ = 10 °С) составляют $\zeta \approx$ 0,30. При понижении температуры наружного воздуха $t_{нв}$ в прохладные месяцы до $t_{нв} \approx$ 20…25 °С, его температуре по мокрому термометру $t_м$ = 15…17 °С и температуре конденсации R142b в ЭХМ $t_к \approx$ 20 °С значения теплового коэффициента ЭХМ ζ достаточно высокие и при более низкой температуре кипения R142b в испарителе t_0 = 0…2 °С (при глубоком охлаждении воздуха до $t_{в2}$ = 7 °С): $\zeta >$ 0,30. Таким образом, за счет более низкой температуры конденсации R142b в ЭХМ $t_к$ в прохладные периоды значения теплового коэффициента ЭХМ ζ остаются достаточными, чтобы обеспечивать холодопроизводительность, близкую установленной холодильной мощности q_0 = 34 кВт/(кг/с) и при более глубоком охлаждении воздуха до $t_{в2}$ = 7 °С (при низких t_0 = 0…2 °С). В результате, благодаря охлаждению воздуха до более низкой температуры $t_{в2}$ = 7 °С (по сравнению с $t_{в2}$ = 10 °С) получают дополнительную экономию топлива.

Дополнительные прибавки к удельной экономии топлива (к экономии топлива B_{10} при охлаждении воздуха до температуры $t_{в2}$ = 10 °С, использованной при определении проектной – установленной холодопроизводительности q_0 = 34 кВт/(кг/с) исходя из годовой экономии топлива рассчитывают помесячно как разность $\Delta B_{т7\text{-}10} = B_7 - B_{10}$.

Показано, что за счет более глубокого охлаждения воздуха до температуры $t_{в2}$ = 7 °С в прохладные периоды получают дополнительное приращение годовой экономии топлива $B_{т10+(7\text{-}10)}$ примерно на 15 % по сравнению с ее величиной $B_{т10}$ при круглогодичном охлаждении воздуха до температуры $t_{в2}$ = 10 °С. Практически постоянная величина экономии топлива $B_{т10+(7\text{-}10)}$ в самые теплые летние месяцы обусловлена ограничением по установленной холодопроизводительности q_0 = 34 кВт/(кг/с), которая, в свою очередь, ограниченным тепловым потенциалом отработанных газов регенеративных ГТУ. Дальнейшее увеличение экономии топлива возможно путем повышения эффективности трансформации теплоты в холод (теплового коэффициента ζ), в частности, применением в ЭХМ двухступенчатого эжектирования, переходом на каскадные АБХМ-ЭХМ с использованием высвобождающейся холодопроизводительности при снижении тепловой нагрузки на высокотемпературную АБХМ-ступень охлаждения при снижении температуры наружного воздуха $t_{нв}$ для более глубокого охлаждения воздуха в низкотемпературной ЭХМ-ступени термотрансформатора.

Список использованной литературы

[1] Николаевские газовые турбины промышленного применения. – Николаев: ГП НПКГТ "Зоря"–"Машпроект". – 2004. – 20 с.

[2] **Радченко, А.Н.** Эффективность способов охлаждения воздуха на входе ГТУ компрессорных станций в зависимости от климатических условий [Текст] / А.Н. Радченко, С.А. Кантор //Авиационно-космическая техника и технология. – 2015. – № 1(118). – С. 95–98.

[3] **Радченко, А.Н.** Оценка потенциала охлаждения воздуха на входе газотурбинных установок трансформацией теплоты отработанных газов в теплоиспользующих холодильных машинах [Текст] / А.Н. Радченко, С.А. Кантор // Авиационно-космическая техника и технология. – 2014. – № 4 (111). – С. 56–59.

УДК 621.438.13:621.57

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ВОЗДУХА НА ВХОДЕ ГТУ ДЛЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ЛИВИИ

Радченко Н.И., *Национальный университет кораблестроения, г. Николаев, Украина*
Эл Герби Рами Камел, *Колледж гражданской авиации, г. Триполи, Ливия*

Эффективность газотурбинных установок (ГТУ) существенно зависит от температуры наружного воздуха на входе $t_{нв}$ и резко снижается с ее повышением. Так, повышение температуры $t_{нв}$ на входе ГТУ LM2500+ фирмы "General Electric" (N_e = 27 МВт при $t_{нв}$ = 15 ºС) на 10 ºС вызывает снижение КПД на 2 % и соответствующее возрастание удельного расхода топлива b_e , а для ГТУ LM1600 (N_e = 15 МВт) **–** примерно на 1,6 % [1]. Из-за повышенных температур воздуха $t_{нв}$ на входе электрогенерирующие мощности ГТУ оказываются на 15…20 % ниже установленных [2]. Поэтому проблема охлаждения воздуха на входе ГТУ стоит в энергетике Ливии остро.

Острый дефицит пресной воды затрудняет возможность применения безмашинных способов охлаждения воздуха ее распылением в воздушном потоке на всасывании компрессора ГТУ в южных регионах с сухим жарким климатом, где вследствие малой влажности воздуха эффект от испарительного охлаждения мог быть весьма существенным. В таких условиях альтернативой может стать поверхностное охлаждение воздуха теплоиспользующей холодильной машиной (ТХМ), утилизирующей теплоту отработанных газов ГТУ. В качестве рабочего тела ТХМ возможно применение озонобезопасных хладагентов R142B и R600 (эжекторные ТХМ), аммиака или воды, кипящей под вакуумом, соответственно в абсорбционных водоаммиачных (АХМ) и бромисто-литиевых (АБХМ) холодильных машинах. Поскольку тепловлажностные параметры наружного воздуха характеризуются не только сезонными, но и суточными колебаниями температуры $t_{нв}$ и относительной влажности φ, а следовательно и затрат холода на его охлаждение, то необходимо решать задачу выбора установленной (проектной) холодильной мощности ТХМ, которая, с одной, стороны, должна обеспечивать по возможности максимальное снижение температуры воздуха на входе ГТУ и, соответственно, достижение максимального эффект от охлаждения в виде экономии топлива, а с другой стороны, свести к минимуму эксплуатацию ТХМ не на полную мощность и, следовательно, капитальные затраты на нее.

Цель работы **–** определение рациональной установленной (проектной) холодильной мощности ТХМ, обеспечивающей достижение максимального эффекта от охлаждения воздуха на входе ГТУ в виде экономии топлива с учетом климатических условий эксплуатации.

Условия эксплуатация ГТУ характеризуются суточными и сезонными колебаниями температуры $t_{нв}$ и относительной влажности φ наружного воздуха на входе, что влияет на термодинамическую эффективность ГТУ (КПД и, соответственно, удельный расход топлива b_e). При высокой среднесуточной температуре $t_{нв}$ наружного воздуха имеют место значительные ее колебания (10…15 °С) в течение суток. Еще большие амплитуды колебаний относительной влажности φ воздуха обусловливают наличие дневных и ночных противоположно направленных экстремумов $t_{нв}$ и φ : максимумам температур соответствуют минимумы влажности днем и наоборот ночью. Их существование создает благоприятные условия для большего снижения температуры воздуха на входе ГТУ днем, когда имеет место значительное ухудшение термодинамической эффективности ГТУ из-за повышенных температур $t_{нв}$ при пониженной влажности φ .

Глубина охлаждения воздуха в поверхностном теплообменнике определяется температурой хладоносителя и интенсивностью теплопередачи. Так, при интенсивном теплообмене, обеспечивающем минимальную разность температур между охлаждаемым воздухом и хладоносителем (5…8 °С), возможно охлаждение воздуха до температуры примерно 15 °С в водяном воздухоохладителе (ВО) абсорбционной бромисто-литиевой холодильной машины (АБХМ) и до 10 °С в испарителе-воздухоохладителе (И-ВО) эжекторной хладоновой (ЭХМ) холодильной машины. При этом для получения холода в ЭХМ и АБХМ используется теплота отработанных газов ГТУ.

Теплоиспользующая холодильная машина (ТХМ) состоит из высокотемпературного и низкотемпературного контуров. Теплота выпускных газов ГТУ используется в высокотемпературном контуре ЭХМ для получения паров хладагента (низкокипящего рабочего тела-хладона) высокого давления (силового потока для эжектора) в генераторе Г, а в высокотемпературном контуре АБХМ – для получения паров хладагента (водяного пара) в генераторе (десорбере). В низкотемпературном контуре теплота отводится либо непосредственно от воздуха на входе ГТУ к хладону, кипящему в испарителе-воздухоохладителе И-ВО ЭХМ при температуре кипения $t_0 \approx 2…5$ ºС, либо от промежуточного хладоносителя-воды воздухоохладителя ВО в случае АБХМ.

Глубина охлаждения воздуха Δt и, соответственно, получаемый эффект от охлаждения воздуха на входе ГТУ зависят не только от текущей наружной температуры $t_{нв}$, но и от конечной $t_{в2}$, которая определяется температурой хладоносителя $t_х$, т.е. зависит от конкретного типа ТХМ: в АБХМ – при охлаждении воздуха до $t_{в2} = 15…20$ ºС ($t_х = 7…10$ ºС); в ЭХМ – до более низких $t_{в2} = 7…10$ ºС ($t_х = 2…3$ ºС).

Получены данные по значениям снижения температуры воздуха Δt_{15} при охлаждении воздуха на входе ГТУ от текущей наружной температуры $t_{нв}$ до конечной $t_{в2} = 15$ ºС (в АБХМ) и Δt_{10} при $t_{в2} = 10$ ºС (в ЭХМ) в течение июля 2009 г. для г. Триполи и г. Хон. С понижением конечной температуры охлажденного воздуха $t_{в2}$ увеличиваются не только величина снижения его температуры Δt_{10} в ЭХМ (по сравнению с Δt_{15} в АБХМ), но и продолжительность эксплуатации ГТУ при пониженной температуре, а следовательно, и суммарный эффект от охлаждения.

Затраты холодильной мощности Q_0 на охлаждение воздуха на входе ГТУ зависят не только от величины снижения его температуры $\Delta t_в = t_{нв} – t_{в2}$, т.е. количества отведенной от воздуха явной теплоты, но и от теплоты конденсации водяных паров из влажного воздуха при снижении его температуры ниже точки росы в процессе охлаждения.

Требуемые установленные холодильные мощности (холодопроизводительности) термотрансформаторов удобнее представлять в виде удельных, приходящихся на единичный расход воздуха $G_в = 1$ кг/с, затрат холодильной мощности $q_0 = \xi \cdot c_{вл} (t_{нв} – t_{в2})$, кВт/(кг/с), или кДж/кг, исходя из которых можно легко вычислить полную установленную холодильную мощность Q_0 при известном расходе воздуха $G_в$ для ГТУ: $Q_0 = q_0 \cdot G_в$. Здесь $c_{вл}$ – теплоемкость влажного воздуха; ξ – коэффициент влаговыпадения, представляющий собой отношение полного количества теплоты (разности энтальпий воздуха на входе и выходе из воздухоохладителя), отведенной от влажного воздуха в воздухоохладителе (ВО), включая и теплоту конденсации содержащихся в воздухе водяных паров, к количеству явной теплоты, определяемому разностью температур по сухому термометру $\Delta t_в = t_{нв} – t_{в2}$.

Рассчитаны текущие значения удельной холодопроизводительности $q_{0.Т}$ для г. Триполи и $q_{0.Х}$ для г. Хон при охлаждении воздуха на входе ГТУ от температуры наружного воздуха $t_{нв}$ до $t_{в2} = 10$ ºС в ЭХМ и $t_{в2} = 15$ ºС в АБХМ в июле 2009 г., а также значения годовой удельной, приходящейся на 1 кВт мощности ГТУ, экономии топлива $В_{т.у1}$ для климатических условий г. Триполи (тропический климат) и г. Хон (сухой тропический климат) в зависимости от удельных, приходящихся на единичный расход воздуха $G_в = 1$ кг/с, затрат холодильной мощности (холодопроизводительности) q_0.

Показано, что для климатических условий г. Триполи при охлаждении воздуха на входе ГТУ ЭХМ до конечной температуры $t_{в2} = 10$ ºС при удельной (приходящейся на единичный расход воздуха $G_в = 1$ кг/с) холодильной мощности (холодопроизводительности) ЭХМ $q_0 = 38$ кВт/(кг/с), или кДж/кг, значение годовой удельной, приходящейся на 1 кВт мощности ГТУ, экономии топлива $В_{т.у1}$ за 2009 г. составляет $В_{т.у1} = 33$ кг/кВт при сохранении высоких темпов ее наращивания. Из-за падения темпов наращивания годовой удельной экономии топлива $В_{т.у1}$ после $q_0 = 38$ кВт/(кг/с) дальнейшее увеличение установленной удельной холодильной мощности ЭХМ не приводит к заметному возрастанию удельной экономии топлива $В_{т.у1}$. Таким образом, для термотрансформатора ЭХМ удельную холодильную мощность $q_0 = 38$ кВт/(кг/с) можно считать рациональной и исходя из нее рассчитывать полную установленную холодильную мощность ЭХМ в соответствии с расходом воздуха через ГТУ: $Q_0 = G_в \cdot q_0$, кВт. Несколько меньшая величина рациональной удельной холодильной мощности ЭХМ $q_0 = 36$ кВт/(кг/с) для г. Хон обеспечивает большее на 12 % значение годовой удельной экономии топлива $В_{т.у1} = 37$ кг/кВт для климатических условий г. Хон по сравнению с г. Триполи за счет большей величины снижения температуры воздуха $\Delta t_в$ на входе ГТУ от более высокой температуры наружного воздуха $t_{нв}$.

Выводы На основе анализа потенциально возможного снижения температуры воздуха на входе ГТУ в результате его охлаждения теплоиспользующими холодильными машинами (ТХМ), утилизирующими теплоту отработанных газов ГТУ, определено соответствующее уменьшение удельного расхода топлива с учетом климатических условий. В качестве ТХМ рассмотрены абсорбционная бромисто-литиевая и хладоновая эжекторная холодильные машины, обеспечивающие охлаждение воздуха на входе ГТУ соответственно до 15 °С и 10 °С. Обоснован выбор рациональной установленной (проектной) холодильной мощности ТХМ с учетом суточных и сезонных изменений температуры $t_{нв}$ и относительной влажности φ наружного воздуха, соответственно и затрат холода на его охлаждение, обеспечивающей достижение максимального эффекта от охлаждения в виде экономии топлива.

Список использованной литературы

[1]. **Bortmany J.N.** Assesstment of aqua-ammonia refrigeration for pre-cooling gas turbine inlet air [Text] / J.N. Bortmany // Proceedings of ASME TURBO EXPO 2002. – Paper GT-2002-30657. – 12 p.

[2]. Planning Electrical Power System Studies for Libya (Demand Forecasting & Generation Expansion Planning until 2025) [Text]. – Final Report, 2008: General People's Committee of Electricity, Water & Gas (GPCoEWG), ICEPCO, 2008. – 193 p.

[3] **Bhargava R.** Parametric analysis of existing gas turbines with inlet evaporative and overspray fogging [Text] / R. Bhargava, C.B. Meher-Homji // Proceedings of ASME TURBO EXPO 2002. – Paper GT-2002-30560. – 15 p.

УДК 621.438.13:621.57

ОХЛАЖДЕНИЯ ВОЗДУХА В ТРИГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВКАХ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ В ТРОПИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Радченко А.Н., *Национальный университет кораблестроения, г. Николаев, Украина*
Эл Герби Рамзи Камел, *Политехнический институт, г. Триполи, Ливия*

В установках автономного электро-, тепло- и хладоснабжения в качестве базовых двигателей наиболее часто применяются газотурбинные двигатели (ГТД) регенеративного типа, в которых сжатый воздух перед камерой сгорания нагревается выпускными газами. Поскольку с повышением температуры наружного воздуха $t_{нв}$ на входе термодинамическая эффективность ГТД снижается, то его охлаждение обеспечивало бы поддержание высокой топливной экономичности двигателей. В большинстве случаев такие ГТД поставляются в когенерационном исполнении с утилизационными водогрейными котлами (экономайзерами, позволяющими получать горячую воду с температурой $t_г$ = 90…95 ºС. В тригенерационных установках для хладоснабжения систем кондиционирования применяют высокоэффективные абсорбционные бромисто-литиевые холодильные машины (АБХМ), использующие теплоту горячей воды и обеспечивающие охлаждение воздуха до температуры не ниже $t_{в2}$ = 15 ºС, поскольку температура получаемой в них холодной воды $t_х$ = 7…10 ºС.

Глубокое охлаждение воздуха на входе ГТД до температуры ниже $t_{в2}$ = 15 ºС возможно только в случае применения двухступенчатых АБХМ, для которых требуются источники теплоты более высокого потенциала – горячая вода с температурой примерно 140 ºС или водяной пар. Хладоновые эжекторные холодильные машины (ЭХМ), в которых хладон кипит при температуре t_0 = 2…4 ºС способны охлаждать воздух до более низких температур $t_{в2}$ = 7…10 ºС. Однако из-за сравнительно невысокого теплового потенциала выпускных газов регенеративных ГТД (температура газов около 250 °С) одновременное охлаждение воздуха на входе ГТД и комфортное кондиционирование автономных комплексов различного назначения (гостиничных, торгово-развлекательных и т.д.) весьма проблематично.

В отличие от существующих подходов к утилизации сбросной теплоты двигателей с получением холода, в частности, для кондиционирования воздуха или же энергетических целей охлаждения циклового воздуха самих двигателей решение задачи одновременного холодоснабжения обеспечивало бы эффективное функционирования установок автономного энергообеспечения.

Цель работы **–** анализ возможности одновременного глубокого охлаждения циклового воздуха на входе регенеративных ГТД и комфортного кондиционирования воздуха автономных комплексов теплоиспользующими АБХМ и ЭХМ в климатических условиях Ливии.

В качестве примера рассмотрена установка автономного энергообеспечения из пяти регенеративных ГТД фирмы Capstone C200 суммарной электрической мощностью 1000 кВт для электроснабжения и хладоснабжения системы кондиционирования воздуха (СКВ) офисного комплекса (тепловая нагрузка СКВ комплекса $Q_{0.КВ}$ ≈ 600 кВт), которая в отличие от существующих обеспечивает еще и охлаждение циклового воздуха на входе ГТД. Такая система обеспечивает охлаждение воздуха на входе регенеративного ГТД и воздуха для СКВ до температуры $t_в$ = 15 °С в воздухоохладителе (ВО) холодной водой с температурой $t_х$ = 7 °С путем трансформации теплоты выпускных газов ГТД в АБХМ. Система трансформации тепла в холод включает две самостоятельные АБХМ и ЭХМ, не связанные рабочими циклами, выработкой и использованием холода (для охлаждения циклового воздуха ГТД и СКВ): в ЭХМ охлаждают цикловой воздух ГТД (энергетическое применение холода), а в АБХМ – воздух СКВ обитаемого комплекса (технологическое назначение).

Температура холодной воды (хладоносителя), поступающей из АБХМ, $t_х$ = 7…10 °С, что не позволяет охлаждать воздух ниже $t_{в2}$ = 15 ºС (с учетом разности температур $t_{в2} – t_х$ = 8…10 °С). Охлаждение воздуха до температуры $t_{в2}$ = 15 ºС соответствует условиям эксплуатации систем комфортного

кондиционирования воздуха обитаемых комплексов. Однако для повышения топливной эффективности ГТД желательно охлаждать воздух на входе ГТД до более низкой температуры, например, $t_{в2}$ = 10 ºС.

Рассчитаны текущие затраты холода $Q_{0.15}$ на охлаждение воздуха на входе ГТД Capstone C1000 (мощность 1000 кВт) в АБХМ (от $t_{нв}$ до $t_{в2}$ = 15 ºС) и для системы кондиционирования воздуха $Q_{0.КВ}$ (до $t_{в2}$ = 15 ºС), суммарные затраты холода $Q_{0.сум.15}$ на охлаждение воздуха на входе ГТД и кондиционирование, а также холодопроизводительность $Q_{0.уг.15}$, получаемая за счет располагаемой теплоты газов $Q_{уг}$ в АБХМ.

Показано, что располагаемой холодопроизводительности $Q_{0.уг.15}$ ≈ 1270 кВт, которую можно получить в АБХМ за счет теплоты газов $Q_{уг}$ ГТД С1000, больше, чем требуется для охлаждения воздуха до 15 °С: $Q_{0.уг.15}$ > $Q_{0.сум.15}$ = 700…800 кВт. Однако температурный уровень этого холода не позволяет охлаждать воздух ниже 15 °С (до 10 °С и ниже), поскольку температура хладоносителя (холодной воды) от АБХМ $t_х$ = 7 ºС.

Другой вариант утилизации теплоты выпускных газов регенеративного ГТД – в ЭХМ с глубоким охлаждением воздуха до температуры 10 °С, но при невысокой эффективности трансформации теплоты в холод ($ζ_{ЭХМ}$ = 0,3). При этом воздух для СКВ с температурой 15 °С получают смешиванием охлажденного воздуха с температурой 10 °С, на получение которого затрачено холод $Q_{0.КВсм}$ в ЭХМ, с наружным воздухом. Такая система обеспечивает глубокое охлаждение воздуха до температуры 10 °С в испарителе-воздухоохладителе ЭХМ хладоном, кипящим при температуре t_0 = 3…5 °С, подачу холодного воздуха с температурой 10 °С на вход ГТД, а его смеси с наружным воздухом (температура смеси $t_в$ = 15 °С) в СКВ.

Рассчитаны текущие расходы холода на охлаждение воздуха на входе ГТУ С1000 в ЭХМ (до $t_{в2}$ = 10 ºС) $Q_{0.10}$ и затраты низкотемпературного холода $Q_{0.КВ.см}$ в виде охлажденного воздуха с температурой $t_{в2}$ = 10 ºС, который смешивают с наружным воздухом с текущей температурой $t_{нв}$, чтобы получить холод $Q_{0.КВ}$ ≈ 600 кВт при $t_{в2}$ = 15 ºС для кондиционирования, соответствующие суммарные затраты холода $Q_{0.сум10.см}$ (включая $Q_{0.КВ.см}$), а также располагаемое количество холода $Q_{0.уг10}$, полученного трансформацией теплоты уходящих газов $Q_{уг}$ в ЭХМ (холодопроизводительность ЭХМ).

Показано, что холодопроизводительности $Q_{0.уг.10}$ ≈ 480 кВт, которую можно получить из располагаемой теплоты газов $Q_{уг}$ в ЭХМ, недостаточно для охлаждения воздуха до 10 °С: $Q_{0.уг.10}$ <$Q_{0.сум10.см}$ = 600...750 кВт. Причина в том, что холод $Q_{0.10}$, необходимый для глубокого охлаждения циклового воздуха на входе ГТД до температуры $t_{в2}$ = 10 ºС, получают в ЭХМ при сравнительно низких значениях коэффициента трансформации теплоты $ζ_Э$ = 0,3 ($ζ_Э$ = 0,20…0,30 при $t_к$ = 35 °С и t_0 = 2…5°С).

В результате расчетов получены данные, которые позволяют судить о наличии избытка холода высокотемпературного уровня ($t_{в2}$ = 15 ºС), полученного трансформацией располагаемой теплоты уходящих газов ГТД $Q_{уг}$ в АБХМ (с высоким тепловым коэффициентом $ζ_А$ = 0,8) $Q_{0.уг.15}$, по сравнению с требуемыми суммарными расходами высокотемпературного холода ($t_{в2}$ = 15 ºС) на СКВ и охлаждение циклового воздуха на входе ГТД (от $t_{нв}$ до $t_{в2}$ = 15 ºС) $Q_{0.сум15}$ = $Q_{0.15}$ + $Q_{0.КВ}$ и, наоборот, дефицита холода низкотемпературного уровня $Q_{0.уг.10}$ ($t_{в2}$ = 10 ºС), полученного трансформацией теплоты газов $Q_{уг}$ в ЭХМ (с низким $ζ_Э$ = 0,3), для глубокого охлаждения воздуха на входе ГТД (от $t_{нв}$ до $t_{в2}$ = 10 ºС) $Q_{0.10}$ и кондиционирования воздуха смешением низкотемпературного холода $Q_{0.КВ.см}$ (воздуха с температурой $t_{в2}$ = 10 ºС) с наружным воздухом с текущей температурой $t_{нв}$ для получения холода $Q_{0.КВ}$ ≈ 600 кВт при $t_{в2}$ = 15 ºС с суммарными затратами низкотемпературного холода $Q_{0.сум10.см}$ = $Q_{0.10}$ + $Q_{0.КВ.см}$.

Показано, что располагаемой теплоты уходящих газов регенеративного ГТД $Q_{уг}$ = 1600 кВт и получаемого из нее холода $Q_{0.уг15}$ высокотемпературного уровня ($t_{в2}$ = 15 ºС) в АБХМ (с высоким тепловым коэффициентом $ζ_А$ = 0,8), больше, чем требуется для покрытия суммарных затрат высокотемпературного холода $Q_{0.сум15}$. Однако располагаемой теплоты газов $Q_{уг}$ и полученного холода $Q_{0.уг10}$ низкого температурного уровня ($t_{в2}$ = 10 ºС) в ЭХМ ($ζ_Э$ = 0,3) меньше, чем необходимо для покрытия суммарных затрат низкотемпературного холода $Q_{0.сум10.см}$. Дефицит холода можно устранить, применяя принципиально новый – ступенчатый способ трансформации тепла в холод теплоиспользующими холодильными машинами разного типа.

Сравнивая избыток располагаемой теплоты уходящих газов сверх ее потребности для АБХМ (на покрытие затрат холода на охлаждение циклового воздуха на входе ГТД от $t_{нв}$ до $t_{в2}$ = 15 ºС и СКВ): $ΔQ_{уг.15}$ = $Q_{уг}$ – $Q_{г.15}$, с одной стороны, и требуемые затраты холода $ΔQ_{0.10}$ = $Q_{0.10-15}$ = $Q_{0.10}$ – $Q_{0.15}$ на доохлаждение циклового воздуха на входе ГТД от $t_{в2}$ = 15 ºС (после АБХМ) до $t_{в2}$ = 10 ºС (в ЭХМ), с другой стороны, можно определить необходимую эффективность трансформации избыточной теплоты уходящих газов $ΔQ_{уг.15}$ в дополнительный холод $ΔQ_{0.10}$ = $Q_{0.10-15}$ = $Q_{0.10}$ – $Q_{0.15}$ на доохлаждение циклового воздуха на входе ГТД от $t_{в2}$ = 15 ºС до $t_{в2}$ = 10 ºС, т.е. тепловой коэффициент дополнительной бустерной низкотемпературной (с охлаждением воздуха от $t_{в2}$ = 15 ºС до $t_{в2}$ = 10 ºС) ступени трансформации избыточной теплоты газов в холод низкотемпературного уровня, например в ЭХМ: $ζ_{ЭХМ}$ = $ΔQ_{0.10}$ /$ΔQ_{уг.15}$ = $Q_{0.10-15}$ /$ΔQ_{уг.15}$.

В результате расчетов показано, что для доохлаждения воздуха на входе ГТД С1000 от температуры $t_{в2}$ = 15 ºС до $t_{в2}$ = 10 ºС потребуется бустерная низкотемпературная ЭХМ-ступень с весьма малым тепловым коэффициентом $ζ_{ЭХМ}$ = $Q_{0.10-15}$ /$ΔQ_{уг.15}$ ≈ 0,06, что объясняется большим располагаемым избытком теплоты $ΔQ_{уг.15}$ = $Q_{уг}$ – $Q_{г.15}$ (где $Q_{г.15}$ = ($Q_{0.15}$ +$Q_{0.КВ}$)/$ζ_А$), остающейся после покрытие затрат холода на охлаждение

воздуха на входе ГТД от $t_{нв}$ до $t_{в2}$ = 15 ºС и хладоснабжения СКВ ($Q_{0.КВ}$ ≈ 600 кВт), причем получаемого в АБХМ с высоким тепловым коэффициентом трансформации ζ_A = 0,8 (соответственно с малыми затратами теплоты $Q_{г.15}$ = ($Q_{0.15}$ +$Q_{0.КВ}$)/ζ_A), с одной стороны, и сравнительно малыми требуемыми затратами холода на доохлаждение воздуха от температуры $t_{в2}$ = 15 ºС (после АБХМ) до $t_{в2}$ = 10 ºС (на входе ГТД): $Q_{0.10\text{-}15}$ = $Q_{0.10}$ – $Q_{0.15}$, с другой стороны.

Таким образом, система трансформации тепла в холод теплоиспользующими холодильными машинами АБХМ как ступени высокотемпературного охлаждения воздуха от текущих наружных температур $t_{нв}$ до $t_{в2}$ = 15 ºС и ЭХМ в качестве бустерной ступени доохлаждения воздуха после АБХМ от температуры $t_{в2}$ = 15 ºС до $t_{в2}$ = 10 ºС является наиболее рациональным вариантом решения задачи одновременного глубокого охлаждения циклового воздуха на входе регенеративной ГТД и кондиционирования воздуха автономного комплекса в климатических условиях Ливии.

УДК 621.438.13:621.57

УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛОТЫ ГАЗОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ ДВУХСТУПЕНЧАТОЙ АБСОРБЦИОННОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНОЙ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМ НАГРЕВОМ В ГАЗОВОМ КОТЛЕ

Остапенко А.В.,
Национальный университет кораблестроения имени адм. Макарова

В русле общемировой тенденции децентрализации энергоснабжения все большее распространение получают установки автономного энергообеспечения именуемых тригенерационными, в которых сбросная теплота приводных двигателей электрогенераторов трансформируется в холод теплоиспользующими холодильными машинами, а холод используется на технологические нужды и кондиционирования воздуха различных объектов. Особенно перспективным является применение для привода электрогенераторов газопоршневых двигателей (ГПД), выпускаемых в когенерационных исполнении – со штатными теплообменниками, в которых сбросная теплота отводится на нагрев воды (теплоносителя), теплота которого в свою очередь трансформируется в холод абсорбционной бромистолитиевой холодильной машиной (АБХМ). Особенностью данных установок является наличие не одного, а нескольких газовых двигателей, нескольких теплоиспользующих машин и бустерного газового котла, используемого в зимнее время когда наблюдаются провалы в выработке тепла от ГД. Такая особенность дает возможность плавно регулировать производство электроэнергии, тепла и холода путем отключения или включения в работу двигателей и абсорбционных машин. Термическое состояние ГПД обеспечивается поддержанием температуры обратного (охлажденного) теплоносителя на входе ГПД не выше 70 °С. В то же время эффективность трансформации теплоты в холод в АБХМ высокая при снижении температуры теплоносителя в АБХМ не более чем на 10...15 °С, то есть до 75...80 °С (при температуре теплоносителя на выходе из ГПД – на входе АБХМ 90 °С). Из-за противоречивых требований по эффективной работе ГПД и АБХМ по температуре теплоносителя для поддержания температуры обратного теплоносителя на входе ГПД на безопасном уровне 70 °С он дополнительно охлаждается в градирне "аварийного сброса". При этом потери теплоты достигают 30%, в результате чего общий КПД (электрический и тепловой) снижается до 0,55 по сравнению с 0,8 при отсутствии тепловых потерь в установке.

Для решения поставленной задачи было предложено использовать ступенчатый принцип трансформации теплоты. Данный принцип основан на последовательной установке двух высоко- и низкотемпературных ступеней АБХМ и позволяет расширить диапазон трансформации теплоты по температуре горячего теплоносителя, тем самым исключить потребность в сбросе избыточного тепла в атмосферу в градирне аварийного сброса.

Кроме того для повышения эффективности второй, низкотемпературной АБХМ, предлагается задействовать газовый котел (ГК), который в зимнее время используется на теплофикационные нужды, а в теплое время года отключен. Схема предложенного варианта приведена на рис. 1.

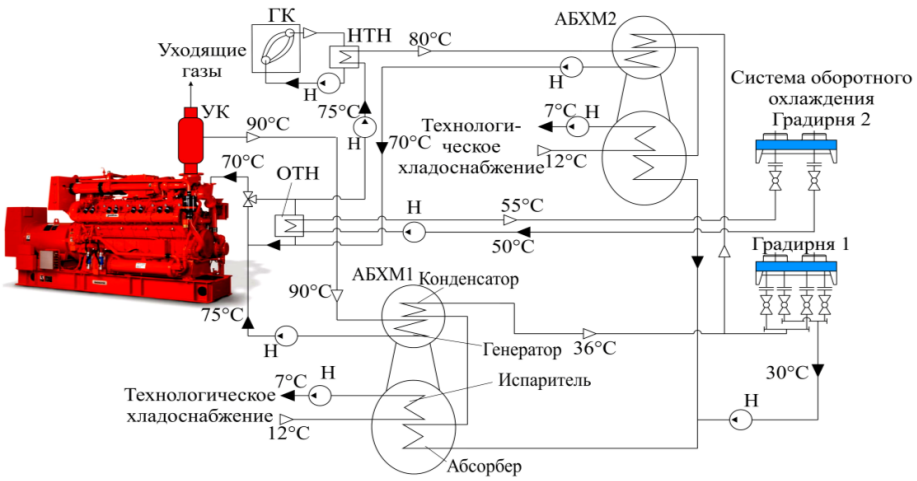


Рис. 1. Схема системы двухступенчатой трансформации сбросной теплоты ГД в двух АБХМ: УК – утилизационный котел; ОТН – охладитель обратного теплоносителя;

ГК – газовый котел; НТН – нагреватель теплоносителя; Н – насос; градирня 2 – аварийного сброса тепла

В итоге за счет промежуточного нагрева теплоносителя после первой АБХМ температура теплоносителя на входе в первую, высокотемпературную, ступень АБХМ и соответственно ее тепловой коэффициент остаются такими, как и в базовой схеме, $t_г$=90 °С и $\zeta_{АБХМ}$ = 0,8 соответственно, но перед входом во вторую АБХМ теплоноситель нагревается в ГК от температуры $t_г$=75 °С до $t_г$=80 °С и повысит тепловой коэффициент второй АБХМ с ζ=0,7 (при $t_г$=75 °С) до ζ=0,75 (при $t_г$=80 °С) что в свою очередь ведет к повышению ефективности работы всей системы утилизации (рис.2).

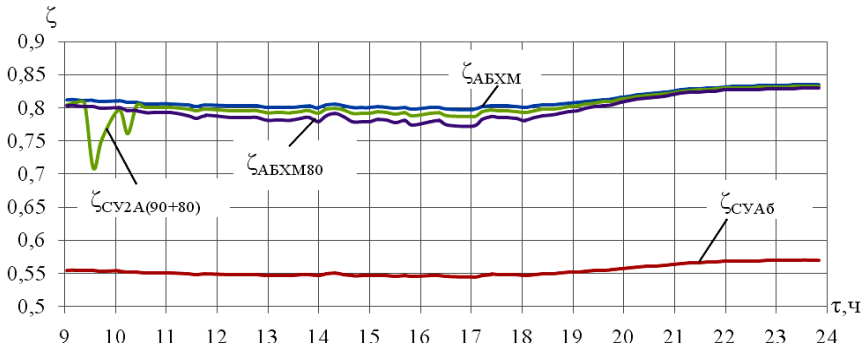


Рис. 2. Значения теплового коэффициента АБХМ первой ступени $\zeta_{АБХМ}$, базовой одноступенчатой системы утилизации с одной АБХМ $\zeta_{СУАб}$ и двухступенчаой системы с двумя АБХМ и бустерным газовым котлом $\zeta_{СУ2А(90+80)}$ и АБХМ второй ступени $\zeta_{АБХМ80}$ (при $t_г$ = 80 °С) с использованием данных мониторинга

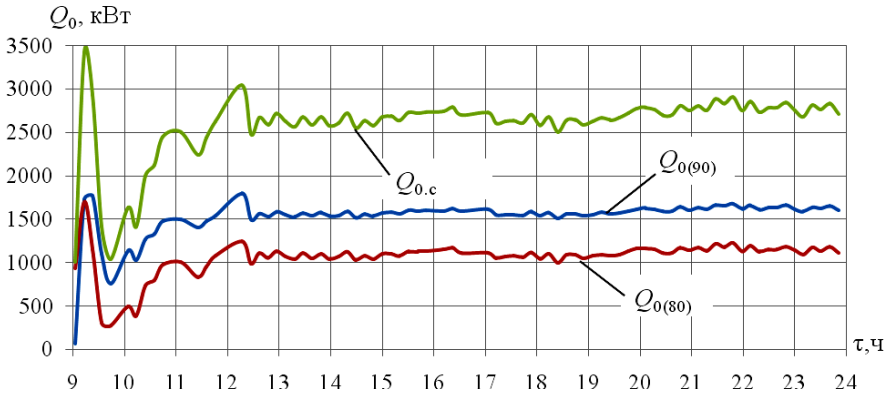


Рис. 3. Значения суммарной холодопроизводительности $Q_{0.c}$ двухступенчатой системы трансформации сбросной теплоты ГПД с бустерным газовым котлом и ее составляющих – АБХМ1 первой ступени $Q_{0(90)}$ ($t_г$ = 90 °С) и АБХМ2 второй ступени $Q_{0(80)}$ ($t_г$ = 80 °С) с использованием данных мониторинга в течении $9^{\underline{00}}$ – $24^{\underline{00}}$ (7.07.2011)

На рис. 3 представлены значения суммарной холодопроизводительности первой и второй АБХМ $Q_{0.c}$, а также холодопроизводительности отдельно высокотемпературной ступени АБХМ $Q_{0.(90)}$ и низкотемпературной $Q_{0.(80)}$

Хотя данная схема предполагает дополнительные затраты топлива на питание ГК, она дает значительный рост хладопроизводительности системы утилизации сбросного тепла ГПД. При оценке экономического эффекта от использования данного решения расчеты показали, что по сравнению с базовой системой утилизации предложенная схема дает возможность сэкономить в год почти 65 тысяч грн.

Информационные источники:

1. **Campanary, S.** Technical and tariff scenarios effect on microturbine trigenerative applications [Text] / S. Campanary, E. Macchi // ASME paper GT-2003-38275. – 10 p.

2. **Consonni S.** Optimization of Cogeneration Systems Operation – Part A: Prime Movers Modelization / S. Consonni, G. Lozza, E. Macchi // Proceedings of the ASME Cogen-Turbo Symposium. – Nice, France. –1989. – P. 313– 322

3. **Мартыновский В.С.** Циклы, схемы и характеристики термо-трансформаторов / В.С. Мартыновский // М.: Энергия, 1979. – 288 с

СЕКЦІЯ №6
ЕКОЛОГІЧНА ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА, ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ

УДК 697:502.36

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ АВТОНОМНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЖОВТНЕВОЇ РАЙОННОЇ ЛІКАРНІ М. МИКОЛАЄВА

Літвак С.М., Літвак О.А., Рура К.О.
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Основними критеріями якості теплопостачання є забезпечення комфортних умов проживання і забезпечення оптимальної продуктивності роботи за умови ресурсозбереження. Найбільш поширеним джерелом теплопостачання є теплоелектроцентралі і котельні. Отже, існує два види теплопостачання будівель: централізоване і автономне.

Сьогодні автономні джерела теплопостачання широко застосовуються і поступово, але впевнено завойовують ринок України. Переваги автономних систем теплопостачання полягають в наступному: відсутність коштовних зовнішніх теплових мереж; можливість швидкої реалізації монтажу та запуску в роботу систем опалення та гарячого водопостачання; низькі первинні витрати; скорочення витрат палива за рахунок місцевого регулювання відпуску тепла [1].

Жовтнева районна лікарня, що розташована у м. Миколаєві була підключена до централізованого теплопостачання, але через низьку якість послуг та підвищення тарифів у 2015 році відбувся перехід на автономне теплопостачання.

У результаті реконструкції котельні Жовтневої районної лікарні були встановлені три твердопаливні котли – 2 котла "Kalvis-600" і 1 котел"Kalvis-600M" (з механічною топкою) теплопродуктивністю 600 кВт кожен. Теплове навантаження на котельню – 1,36 МВт : 0,94 МВт на опалення та 0,42 МВт на гаряче водопостачання. Встановлена потужність котельні – 1,8 МВт. Тип палива – дрова. Основні технічні характеристики твердопаливного котла Kalvis-600 наведено у таблиці 1.

Відповідно до ДСП 173-96 "Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів" розміри нормативної санітарно-захистної зони від устаткування енергетичного виробництва не встановлюються. Найближча житлова забудова знаходиться на відстані порядку 83 м від димової труби котельні.

Система теплопостачання - закрита. Тиск у мережі підтримується в межах 0,08 - 0,25 МПа. Параметри теплоносія: на опалення – 70-95°С; на гаряче водопостачання – 50°С. Димовидалення відбувається через димову трубу діаметром 500 мм і висотою 31,815 м. Передбачено очищення димових газів в золоуловлювачі зі ступенем очищення 85%. Димова труба є джерелом викидів забруднюючих речовин в атмосферу.

Таблиця 1 – Основні технічні характеристики промислового котла Kalvis-600 [2]

Показник		Характеристика показника
Тип котла		Водогрійний сталевий котел з механічною подачею палива в топку, з нагрівальними трубами
Потужність, кВт		600
Мінімальна потужність, кВт		180
Ефективність при нормальній робочій потужності не менше,%		85
Площа обігріву (при коефіцієнті теплопровідності 2,5), м^2		5500…6500
Вид палива у ручному режимі		Дрова, деревні відходи, тирсові і торф'яні брикети, кам'яне вугілля
Вид палива в автоматичному режимі		Дерев'яні тріски, тирса, подрібнена деревина, довжиною не більше 50 мм
Тривалість горіння, г.	- на дровах, брикетах та кам'яному вугіллі - на тирсі, дерев'яних тріски і т.д.	2…4 200…300
Споживання палива вологість 40%	кг/г	268
	м^3/г	0,89
Температура горючих газів, що виходять з топки (з котла), ° С		700…900°С (160…230°С)

Промисловий водогрійний твердопаливний котел Kalvis-600M на даний час використовується як резервний котел. Конструкція котла аналогічна конструкції котла з ручним завантаженням Kalvis-600.

З метою визначення рівня забруднення приземного шару атмосфери було проведено розрахунок розсіювання викидів забруднюючих речовин при експлуатації двох котлів "Kalvis-600" і одного котла "Kalvis-600M" з урахуванням фону.

Розрахунок виконаний для чотирьох забруднюючих речовин. Аналіз результатів розрахунків показав, що максимальні концентрації забруднюючих речовин, створювані викидами з урахуванням фону, складають:

– азоту двоокис – 0,245 ГДК, в тому числі фон – 0,21 ГДК, внесок джерела – менш 0,05 ГДК;

– вуглецю окис – 0,291 ГДК, в тому числі фон – 0,29 ГДК, внесок джерела – менш 0,05 ГДК;

– зважені речовини (зола) – 0,400 ГДК, в тому числі фон – 0,40 ГДК, внесок джерела – менш 0,05 ГДК;

– метан – менше 0,05 ГДК [3].

Наведені концентрації свідчать про те, що рівень забруднення атмосфери від джерела викидів (від двох котлів "Kalvis-600" і одного котла "Kalvis-600M") є незначним і не робить негативного впливу на атмосферне повітря в районі своєї діяльності.

Проведено розрахунок економічної ефективності переходу на автономне теплопостачання лікарні. При цьому визначено планові витрати на потреби централізованого теплопостачання Жовтневої районної лікарні за опалювальний сезон 2014-2015 з урахуванням тарифу «Миколаївоблтеплоенерго». Тариф ОКП «Миколаївоблтеплоенерго» складає: 1 Гкал = 1147,00 грн. з ПДВ. Споживання теплової енергії на потреби лікарні – 3200 Гкал/рік. Отже витрати при централізованому теплопостачанні складають:

3200 · 1147,00 = 3670400 грн./рік.

Планові витрати теплової енергії на потреби Жовтневої районної лікарні на опалювальний сезон 2014-2015 при автономному теплопостачанні визначаємо з урахуванням розрахункової вартості твердого палива (1Гкал = 997,17 грн. з ПДВ):

3200 · 997,17 = 3190944 грн./рік.

Орендна плата за приміщення котельні складає 60000 грн./рік.

Економія при переході на автономне теплопостачання лікарні:

3670400 – 3190944 – 60000 = 419456 грн./рік

Отже, при переході на автономне теплопостачання лікарня заощаджує майже 420 тис. грн. за рік.

Висновки. За результатами оцінки впливу експлуатаційної діяльності котельні на навколишнє середовище не виявлено перевищення нормативів, що регламентуються вимогами чинного природоохоронного законодавства України. Забруднення навколишнього середовища відходами в процесі експлуатації твердопаливних котлів є незначним через невеликі обсяги їх утворення та зберігання у відповідності до санітарних норм, а також завдяки своєчасному вивезенню на міське звалище та передачі спеціалізованим підприємством.

Наявність нормальної циркуляції повітряних мас в районі розташування котельні забезпечує добре провітрювання території і сприяє перерозподілу тепла і вологи. Таким чином, ризик зміни температурно-вологісного режиму атмосфери району, що розглядається, відсутній.

Список літератури

1. Автономные системы теплоснабжения [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://dom.ustanovi.ru/cottage/oborud/avtotop.shtm/.

2. Котёл твёрдого топлива центрального отопления Kalvis-550,600(M), 700. Инструкция по монтажу и обслуживанию. ГОСТ 30735-200 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://kalvis.org.ua/produkcija/kotly-promyshlennye-kalvis/kalvis600.

3. Оцінка впливу на навколишнє середовище. Робочій проект 1135-4/14-ОВОС. – Миколаїв, 2014. – 123 с.

ВИЗНАЧЕННЯ ЕКСЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ УТИЛІЗАЦІЇ ГУМОВМІСНИХ ВІДХОДІВ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ БАГАТОКОНТУРНОГО ЦИРКУЛЯЦІЙНОГО ПІРОЛІЗУ

Л. М. Маркіна, М. С. Крива, В.В. Глиняна,
Національний університет кораблебудування, м. Миколаїв

В даний час в усьому світі ведуться дослідження і дослідно - конструкторські роботи по створенню досконалих способів рециклінгу зношених шин - великотоннажного компактного джерела вторинної сировини.

Як і при крекінгу нафти, при руйнуванні сітки вулканізованого каучуку виділяються низькомолекулярні речовини, які можуть застосовуватися в якості хімічної сировини або використовуватися як паливо.
Деполімеризація вулканизатів при піролізі настає в результаті розриву поперечних зв'язків і основних ланцюгів сітки. При цьому гума не переходить в рідкий стан, а поступово втрачає частину свого матеріалу у вигляді пароподібних і газоподібних продуктів і одночасно втрачає еластичність.
В процесі піролізу гумовмісних виробів отримують різноманітні газоподібні і тверді продукти, співвідношення між якими залежить від умов проведення процесу. Газоподібна фаза зазвичай складається з суміші водню, метану, окису і двоокису вуглецю і низькомолекулярних насичених вуглеводнів [2]. Вихід рідких продуктів залежить від умов нагрівання. У рідкій фазі знаходяться переважно ізопрен, стирол, дипентен, тріпентен, бутадієн і багато інших, частіше ненасичених сполук, а також нафтові олії. До складу коксу крім вуглецю (94-95 %) і водню входять сірка, азот, кисень, метали.
Вивчення процесу термічної утилізації за технологією Багатоконтурного циркуляційного піролізу (БЦП) [3] проводиться з метою визначення інтенсифікуючих факторів і на основі цього здійснюється удосконалення технологічних процесів та обладнання.
Результати досліджень зводяться до визначення кількості продуктів термічного розкладання гумових відходів, а саме вуглецевий остаток, конденсовані і неконденсовані леткі продукти (смоли, піролізний газ) залежно від температури і часу процесу. Тому оптимізація умов піролізу, створення нових технологічних рішень цього процесу є вкрай актуальним завданням.
Вирішити дану задачу можливо описавши процеси термічної деструкції математичною моделлю, що визначається глибиною знань про механізм термічного перетворення відходів, що піддаються утилізації за технологією БЦП, умовами термодинамічної рівноваги і кількісними кінетичними закономірностями.
Дослідження та розрахунок термодинамічних процесів, що проходять при утилізації відходів за технологією БЦП проводилося на основі комп'ютерного моделюванню деструктивних перетворень за допомогою програмного комплексу Астра 4.
Отримані термодинамічні показники було використано для оцінки енергетичної ефективності хіміко-технологічного процесу утилізації відходів за технологією БЦП, яка розрахована ексергетичним методом термодинамічного аналізу.
Ексергетичний метод термодинамічного аналізу використовується для обліку втрат енергії в устаткуванні БЦП за рахунок незворотного протікання реальних процесів. При цьому фактична робота при проходженні процесу деструкції, зіставляється з максимальною кількістю роботи, яку можна використати для повної деструкції відходів за рахунок її внутрішньої енергії і підведеної до неї первинної енергії [1].
Встановлено, що ексергія кількісно характеризує енергію будь-якого виду, дозволяє оцінити її якісну сторону, затрати енергії на роботу установки ЕУ-БЦП 14 становлять 256,8 МДж, а прихід 487,2 МДж (рідкий продукт), що встановлює енергетичну ефективність реактора в межах 189,7%.
Досліджено, що підведення температури до реактора призводить до збільшення корисної роботи ТДМ системи БЦП до176480 кДж (при піролізі гуми) та до 172304 кДж (при піролізі харчових відходів).
Встановлено, що ексергтичний ККД сягає 66,00% - 67,8%, що є досить високим показником в порівнянні з іншими технологічними тепловими установками.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. **Курис, Ю. В.** Анализ эффективности мирового энергетического и экологического использования биомассы [Текст] / Ю. В. Курис, С. И. Ткаченко // Профессиональный журнал “Промышленная электроэнергетика”. г. Киев, – №5. – 2008. – с. 35-41.
2. **Лихманенко, В. А.** Термохимические процессы переработки отработанных шин и отходов резинотехнических изделий [Текст] / В. А. Лихманенко, И. В. Цветкова, В. Л. Юшко, С. М. Русалин // Вопросы химии и химической технологии. – 2009, №1. – С. 129 – 132. – Библиорг.: С. 132.
3. **Рижков, С. С.** Експериментальна установка для дослідженняпроцесу багатоконтурного циркуляційного піролізу [Текст] / С. С. Рижков, Л. М. Маркіна, М. В. Рудюк, М. І. Філатова, І. В. Литвинов// Зб. наук. Праць – Миколаїв: НУК, 2012. – № 1. –С. 63-68

АНАЛІЗ АСПЕКТІВ ІНВЕНТАРИЗАЦІЇ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЯ ВІДХОДІВ СУБ’ЄКТІВ ГОСПОДАРЮВАННЯ

Маркіна Л.Н., Глиняна В.В.
Національний університет кораблебудування, м. Миколаїв

У процесі реформування економіки України простежуються активні тенденції врахування екологічних пріоритетів, які виникають як під тиском міжнародних зобов’язань, так і соціально-економічних наслідків

екологічних катастроф. Актуальним та необхідним є формування екологічної політики, системи екологічного управління на рівні кожного власника, підприємства, корпорації, галузі, регіону тощо. Усе це неможливо без формування організаційно-економічних засад та проведення інвентаризації та паспортизації відходів [1]. Інвентаризація відходів має важливе значення в організації системи поводження з відходами на підприємстві і є невід'ємною частиною інвентаризації підприємства загалом. Інвентаризація, паспортизація, нормування відходів – роботи, які регламентовані законодавством України в сфері поводження з відходами (Закони України «Про охорону навколишнього природного середовища» і «Про відходи» [2].

З іншого боку, поводження з відходами це аспект екологічного впливу на навколишнє середовище, який на сьогодні найбільш підготовлений для можливого впровадження в галузі чи на підприємстві системи управління навколишнім середовищем у відповідності з міжнародними стандартами серії ISO 14000. Тому доцільно застосовувати системний підхід у вирішенні проблем, пов'язаних з відходами виробництва і споживання підприємств, це перш за все такі роботи як: інвентаризація, виявлення та ідентифікація та паспортизація відходів; нормування утворення відходів; постановка на облік об'єктів їх утворення (розробка реєстрових карт об'єкту утворення відходу та ведення реєстрів); утилізація і видалення відходів; організація первинного обліку і поточного контролю над утворенням відходів і поводження з ними.

Інвентаризація відходів проводиться на загальних методологічних засадах відповідно до законодавства (рис. 1) («Порядок ведення державного обліку і паспортизації відходів», затверджений Постановою КМУ від 1 листопада 1999 р. № 2034) [3].



Рис. 1. Послідовність проведення інвентаризації відходів

Таким чином, можна зробити висновок, що інвентаризація є одним з найважливіших методів контролю та обліку утворення відходів на підприємствах.

Список використаних джерел літератури:

1. **Басанцов І.В**. Екологічний аудит в Україні: актуальність, проблемні питання та напрями удосконалення [Текст]/ І.В. Басанцов, О.С. Пантелейчук// Механізм регулювання економіки. – 2010. – N1. – С.38-47.
2. Закон України «Про відходи» затверджений Верховною Радою України від 05.03.1998 № 187/98-ВР зі змінами та доповненнями.
3. **Сморжанюк Т.П.** Інвентаризація – один із головних методів обліку і контролю [Текст]/Т. П. Сморжнюк// Молодий вчений – 2015. № 2 (17) – 66 – 69 с.

УДК 504.064

ЭЛЕКТРОДНЫЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРАЦИИ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ

Захаров Ю.В.,
Национальный университет кораблебудування им. адм. Макарова

В настоящее время основной тенденцией в улучшении технологии очистки газовых выбросов экологически опасных промышленных объектов является применение стримерных коронных разрядов для электрофильтрации газов.

В системах газоочистки для одновременной электрофильтрации и озонирования возможно использовать как стримерный коронный разряд так и объемный разряд

Разработаны несколько вариантов электродных систем электрофильтра для реализации стримерных разрядов. Серия экспериментов с различными типами электродов позволила сделать вывод о необходимости использования в системах газоочистки дополнительных электроразрядных устройств с острийковой электродной системой «сетка» (ОЭСС). Электродная система состоит из двух параллельно расположенных металлических плоских сеток, через который проходит аэрозольный поток, со сторонами длиной 1 м. Одна из сеток имеет острия длиной 5 мм.

Рассмотрены несколько вариантов расположения электродных систем и их типов. Серия экспериментов с различными типами электродов позволила сделать вывод о необходимости использования в системах газоочистки дополнительных электродов лучшим вариантом которых является острийковая электродная система «сетка», расположенная поперек аэрозольного потока.

Для его использования необходима организация специального поля, например, на входе диффузора электрофильтра Такое расположение позволяет реализовать наиболее эффективный вариант поперечной электродной системы ОЭСС, позволяющей создавать объемный разряд в пространстве на входе диффузора поперек проходящему дымовому потоку, однако такой вариант является громоздким и экономически затратным.

Второй вариант расположения очистного реактора - вдоль линии перемещения аэрозольного потока показан на рис. 1.

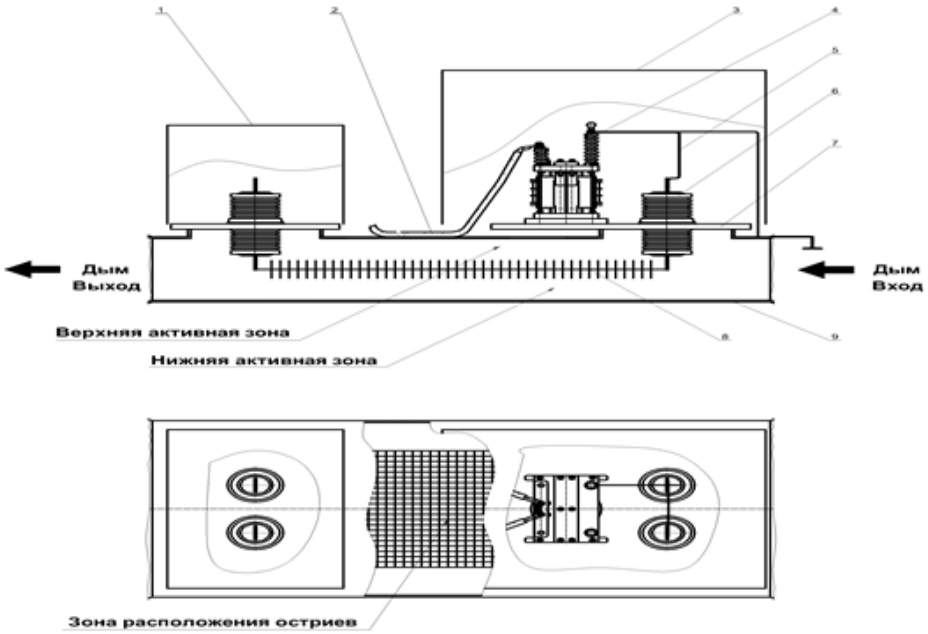


Рис.1. Схема расположения очистного реактора:
1 - колпак; 2 - кабель от преобразователя промышленной частоты (ППЧ); 3 - колпак; 4 - трансформатор; 5 - шина; 6 - изолятор; 7 - стеклотекстолитовая плита; 8 - игольчатый электрод (сетка); 9 - корпус.

Анализ полученных результатов позволяет констатировать, что объем основных загрязняющих веществ в дымовых газах уменьшается минимум в 2 раза.

УДК 502.1: 629.5

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СУДЕН-ДОНОРІВ ПРИ БУДІВНИЦТВІ РЕКРЕАЦІЙНИХ ПЛАВУЧИХ БАЗ

Маринець О.М., Мозговий А.М., Комаровська О. А.
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова

Суднобудування характеризується високою капіталомісткістю. Тому традиційно морські держави надають певну підтримку своїм виробникам. Наприклад, надають можливість використання кредиту, що становить 80% від вартості судна з розстрочкою платежу на 10-12 років під 5-6% річних та інше [2].

Проблема відсутності державної підтримки та фінансування вітчизняного морегосподарського комплексу ставить українських корабелів та експлуатаційників у істотно жорсткіші, ніж за кордоном умови.

Основними способами оновлення та поповнення флоту є будівництво судів, покупка судів на вторинному ринку і фрахтування суден. Очевидно, що останні два способи забезпечують, головним чином, поповнення флоту, а не його оновлення. Єдиним засобом вирішення проблеми відновлення флоту, безумовно, є суднобудування. Однак інвестиційний клімат обмежує можливості будування нових суден. Виходом із такої ситуації є пошук альтернативних, менш капіталомістких, варіантів розвитку флоту.

Основними антикризовими способами продовження життєвого циклу судів слід розглядати реновацію і конверсію [3].

Реновація як стратегія продовження терміну служби судна вперше була запропонована в 1990 р фахівцями англійської Регістру Ллойда і норвезького Бюро Верітас. Пізніше цим же питанням почали займатися інші класифікаційні суспільства.

Реновація (рис.1) проводиться з метою отримання свідоцтва про оновлення корпусу судна і внесення відповідного запису в класифікаційне свідоцтво про факт проведення реновації та її датою. При цьому початковий клас і тип судна залишаються без зміни.



Рис. 1. Процедура реновації [3]

Особливість реновації судна полягає в тому, що вона стосується тільки оцінки надійності корпусу судна. Суднові машини, системи і механізми залишаються без змін. Тому ця стратегія мало впливає на економічні та інші показники експлуатації судна.

Конверсія як стратегія оновлення флоту отримала широке визнання в практиці міжнародного морського судноплавства і суднобудування. Вона дозволяє не тільки істотно продовжити термін служби судна, а й значно покращити його техніко-економічні показники.

Розрізняють два види конверсії.

1. Конверсія передбачає значну, як правило, розмірну модернізацію судна. Змінюється вантажомісткість, габарити, потужність енергоустановки, характеристики інших суднових систем. Конверсія може призвести до зміни призначення судна, його класу та архітектурно-конструктивного типу. При цьому не тільки істотно продовжується термін служби судна, а й підвищується ефективність роботи за рахунок придбання судном нових якостей.

2. Конверсія передбачає будівництво нових суден з використанням елементів суден-донорів.

Витрати на конверсію, як правило не перевищує 30 - 50 % від вартості будівництва нового судна [1].

Розглянутий досвід дозволяє очікувати, що використання елементів суден-донорів при будівництві рекреаційних плавучих баз дозволить суттєво знизити економічні витрати.

Використання елементів суден-донорів дозволить скоротити терміни будівництва, що позитивно впливатиме на інвестиційну привабливість створення рекреаційних баз.

Екологічні вигоди від використання елементів суден-донорів теж очевидні: ресурсозбереження (вторинне використання конструктивних матеріалів, економія витратних матеріалів при будівництві тощо), скорочення викидів та інших відходів при будівництві рекреаційних плавучих баз.

Список літератури:

1. **Егоров Г. В., Калугин Я. В.** Опыт модернизации и строительства речных круизных судов с использованием судов-доноров / Зб. наук. праць НУК – Миколаїв: НУК, 2013, №2. – С. 4–11.

2. **Ефремов Н.** Конверсия судов [Электронный ресурс] / Журнал «Экономика России: XXI век», № 13. - Режим доступа: http://www.ruseconomy.ru/nomer13_200310/ec26.html.

3. **Кириллов Ю.И.** Антикризисные способы продления жизненного цикла судна [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://www.sworld.com.ua/konfer26/149.pdf

УДК 502.1: 629.5

ШТУЧНІ МІНІ-ОСТРОВА РЕКРЕАЦІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ З АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПЛАСТИКОВИХ МАТЕРІАЛІВ (ПЕТ ТАРИ)

Мозговий А.М., Комаровська О. А., Маринець О.М.,
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова

Проблема твердих побутових відходів поки не знайшла остаточного рішення. Особливу турботу становлять пластмасові відходи. Вважається, що в середньому щомісяця на 10000 міських жителів припадає близько 2 т використаних пластикових пляшок [5].

На жаль, не налагоджені навіть механізми збору пластикових пляшок (ПЕТ, ПЕТФ). Бракує підприємств по переробці відходів.

Поширено чотири підходи до поводження з пластиковими відходами:

- Рециклизация або вторинна переробка відходів. Повторне використання вихідної сировини (матеріально-ресурсний метод). Недолік у тому, що тільки не більше 10% від всієї маси полімерних відходів можуть бути повторно використані.

- Переробка відходів полімерів в мономери і штучне паливо (піролізно-сировинний метод).

- Спалювання з метою отримання теплової та електричної енергії (енергетичний метод).

Недоліки термічних методів в складності, дорожнечі і техногенній небезпеці технологічного обладнання.

- Поховання на полігонах загального призначення. Недолік у тому, що пластик дуже довго розкладається (десятиліття, а за деякими даними - століття).

З точки зору екологічної безпеки та економічної доцільності ПЕТ-тару краще не знищувати, а виготовляти з неї нові вироби, тобто повертати ПЕТ в промисловий оборот.

Пластик - ідеальний матеріал для ручної роботи. Він легко піддається механічній обробці і приймає будь-яку форму. Стійкий у зовнішньому середовищі. Безкоштовний.

Ентузіастами повернення ПЕТ пляшок в промисловий оборот запропоновано безліч технічних рішень. На спеціалізованих сайтах [3] і в літературі [1] узагальнено досвід виготовлення таких виробів як: декоративні фігурки, рослини, квіти і клумби; іграшки; побутова утварь; меблі; альтанки; бордюри, огорожі, паркани; сонячні водонагрівачі; будівлі, теплиці та інші споруди.

Пластикові пляшки використовують в гідропоніці, для фітімеліорації, зміцнення схилів і берегів. Виготовляють навіть транспортні засоби.

Для нас особливий інтерес представляють човни, плоти та інші плавзасоби з пластикових пляшок. Розглянемо кращі приклади.

Незвичайну подорож через Тихий океан за маршрутом Сан-Франциско - Сідней довжиною 12 тис. км на вітрильному катамарані «Plastiki» в 2010 р. здійснив британський еколог і представник династії банкірів Девід де Ротшильд. Судно було побудованого з 12000 пластикових пляшок, переробленого поліетилену та інших відходів споживання [4].

Інше цікаве застосування пластикових пляшках знайшов інший британський еколог Річарт, побудувавши цілий тропічний острів з пластикових пляшок, обтягнутих синтетичними сітками. Понтони з пляшок він застелив бамбуком, фанерою, засадив рослинністю [6].

Аналіз розглянутих та інших відомих прикладів показує, що ПЕТ-пляшки цілком можуть розглядатися як альтернативний матеріал для створення плавзасобів і на водних об'єктах України. Наприклад, для створення індивідуальних міні-островів рекреаційного призначення.

Необхідно відзначити, що в 2005 р для курортної зони Коблево вже був розроблений проект штучного острова з легких збірних пластикових конструкцій загальною площею 1000 квадратних метрів зі зв'язком з берегом за допомогою спеціальної пішохідної доріжки. Утримування острова на місці здійснювалось якорями. На зимовий період передбачався демонтаж конструкцій острова.

Острів розрахований на одночасну присутність на ньому приблизно 150 чоловік. Для їх відпочинку на острові запроектовані два басейни з очищеної морською водою, пристані для яхт і катерів, стоянки для скутерів, пляж зі штучною травою. Розрахункова вартість цього проекту перевищувала 2 мільйонів гривень [2].

Очевидно, що вартість аналогічного острова, побудованого з використанням альтернативного матеріалу (пластикових пляшок), буде істотно нижче.

Список літератури:

1. Янковская Л. Поделки из пластиковых бутылок. - М.: Энтраст Трейдинг, 2014.-130 с.
2. http://nikinfo.net/news/news.php?id=4322
3. http://novamett.ru/obustrojstvo/chto-mozhno-sdelat-iz-plastikovykh-butylok-dlya-dachi-i-sada
4. http://www.novate.ru/blogs/010810/15241/ , http://www.theplastiki.com/
5. http://polpoz.ru/umot/pererabotka-plastikovih-butilok-pet-butilok-s/
6. http://port2all.dp.ua/interesting/25847-ispolzovanie-pustykh-butylok-13-sposobov.-kuda.html

УДК 502.1: 621.2

ШТУЧНІ ТЕРИТОРІЇ, КОМПЛЕКСИ І СПОРУДИ ДЛЯ ОСВОЄННЯ І ЗАХИСТУ МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

Маринець О.М., Мозговий А.М., Комаровська О. А.
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова

Освоєння і захист морського середовища вимагає розвитку морської інфраструктури, до основних елементів якої належать порти, судноходні шляхи, маяки, споруди континентального шельфу, судноремонтні заводи, водогосподарські, марикультурні, берегозахисні та інші споруди [2].

Дефіцит вільних територій в прибережній зоні, військово-політичні, економіко-географічні та інші причини привели до необхідності створення штучних островів, які представляють собою складні гідротехнічні споруди.

Технології гідротехнічного будівництва існували ще в стародавньому світі. На території Голландії з XIII століття безперервно ведеться будівництво напірних дамб, гребель, шлюзів, каналів, островів та інших штучних гідротехнічних споруд [1]. Вважається, що вже в 1634 році в Японії був побудований перший штучний острів Деджіма [3].

З початку XX ст. в світі побудовано вже кілька десятків островів для самих різних цілей - для розміщення морських портів, аеропортів, для житлової забудови, енергетичних, рекреаційно-спортивних та інших цілей.

На даний момент створення штучних острівних споруд та намивання землі є основними способами збільшення території держави [1].

На території України ще в XIX столітті був штучно створений острів Майський, як оборонний форпост на судноплавному шляху в Дніпровсько-Бузькому лимані, а також острів Батарея в акваторії м. Миколаєва.

Якщо розглядати соціально-економічні проблеми сучасної України, то вирішенню багатьох з них може сприяти будівництво нових островів у відкритому морі для розміщення енергетичних, портових і рекреаційних об'єктів.

Основна кількість штучних острівних споруд сконцентрована в наступних регіонах світу:

– близькосхідний (ОАЭ, Катар);
– далекосхідний (Японія, Сянган, Макао);
– австрало-новозеландський (Австралія, Нова Зеландія);
– північноамериканський (США, Канада);
– індійский (Мальдіви);
– середземноморський (Ізраїль, Італія).

У зазначених регіонах штучні острови розташовані переважно в затоках, де розрахункова висота хвилі при проектуванні острівних споруд становила 3.0 - 3.5 м. За енергією хвиль це не співрозмірно з умовами відкритого Чорноморського узбережжя, де хвилі можуть досягати 10-12 м [4]. Оскільки енергія хвиль залежить від квадрата їх висоти, то сила хвильового впливу на споруди островів в Чорному морі буде

приблизно в 10 разів більше, ніж на острови в затоках. Це створює додаткові складності зведення вітчизняних островів.

Штучні острови здійснюють складний вплив на екологічний стан морського середовища. Негативний вплив може проявлятися як на етапі будівництва, так і при експлуатації. Тому при оцінці впливу штучних островів на навколишнє середовище необхідно враховувати їх вплив на ділянку узбережжя, розташовану в зоні хвильової тіні від острова; вплив на якість води, на водообмін і здатність до самоочищення акваторій та ін. [4].

У той же час штучні острови можуть бути виключно природоохоронного призначення, наприклад, виконувати берегозахисні функції, сприяти інтенсифікації біомеханізмів самоочищення морської води тощо.

Штучні острови як капітальні споруди вимагають значних інвестицій. Тому в усьому світі зростає інтерес до плавучих островів.

Основна їх перевага – це мобільність. При необхідності вони можуть легко транспортуватися в новий район базування. Сучасні технології дозволяють реалізувати штучні острови з високим рівнем автономності та екологічної безпеки.

З викладеного випливає, що будівництво штучних острівних територій потенційно може бути одним з напрямків розвитку морської інфраструктури України.

Нові капітальні об'єкти морської інфраструктури доцільно створювати у вигляді багатофункціональних комплексів. При розташуванні на мілководді окремі складові частини таких комплексів, крім основних функцій (наприклад, транспортних або рекреаційних) можуть також виконувати берегоукріплюючі функції, служити сховищами альтернативної енергії, виробленої на шельфі та ін. Берегоукріплювальні споруди можуть містити елементи енергетичних систем на альтернативних джерелах. На штучних територіях рекреаційного призначення можуть розташовуватися причали, сонячні електростанції і т.ін.

В інвестиційному плані більш привабливі плавучі острови різного призначення. Перш за все, це глибоководні порти для перевалки вантажів з океанських суден на річкові. Шельфові острови для розміщення енергетичних об'єктів на альтернативні джерела (сонце, вітер, сірководень). А також плавучі острови рекреаційного призначення.

Список літератури:

1. **Бугрий Е.В.** Искусственные островные комплексы как новый элемент политической карты мира / Наукові записки Сумського державного педагогічного університету ім. А.С. Макаренка. Географічні науки. – Вип. 2 : [зб. наук. праць]. – Суми : Вінніченко М.Д., 2011. – С. 103–112.

2. Гидротехнические сооружения: Учебник для вузов: в 2-х ч.Ч.1 / Л.Н. Рассказов [и др.]; под ред. Л.Н. Рассказова. – М.: Изд-во АСВ, 2008. – 576 с.

3. http://www.archinfo.ru/publications/item/686

4. http://coruna.coastdyn.ru/iccal/pres/031_037p.pdf

УДК 620.9(477.73)

ЕНЕРГОГЕНЕРУЮЧИЙ КОМПЛЕКС НА БІОМАСІ, ЯК АЛЬТЕРНАТИВНИЙ ЗАСІБ ОТРИМАННЯ ЕНЕРГІЇ

Ремешевська І.В., Гурець Н. В., Омельчук О.А.,
Національний університет кораблебудування імені адм. Макарова

В умовах глобального зростання цін на енергетичні ресурси та принципової вичерпності викопних енергоресурсів провідні країни світу докладають значних зусиль, спрямованих на впровадження заходів з енергоефективності та використання відновлювальних джерел енергії.

В Україні 98% всієї енергії, що виробляється з відновлюваних джерел енергії, складає чиста енергія вітру, сонця та води. Стрімкий розвиток фахівці прогнозують чистій енергії біомаси, яка широко використовується у всьому світі. Так, частка використання біомаси у виробництві електроенергії в Фінляндії - 13,6 %, Данії - 11,9 %, Швеції - 8,2 %, Австрії - 6,4 %, Нідерландах - 5,9 %, країнах Європейського союзу становить 4,0 %. Хоча наразі частка біомаси серед альтернативних джерел енергії становить лише близько 2%, сьогодні вона має великий потенціал і є одним з найперспективніших джерел чистої енергії в Україні. Енергетичний потенціал використання біомаси в Україні становить 27,09 млн т у. п. Річний потенціал Миколаївської області по енергії біомаси становить 970 тис т у. п.

Завдяки впровадженню ефективних енергозберігаючих заходів промисловими підприємствами, бюджетними організаціями Миколаївської області зекономлено 26,875 тис. т.у.п. паливно-енергетичних

ресурсів вартістю 56,0 млн. грн. З них 3,003 млн. куб. м природного газу, 5,24 тис. тонн нафтопродуктів, 2,149 тис. тонн вугілля, 45,597 млн. кВт. год. електроенергії, 0,342 тис. Гкал теплової енергії протягом 2015 року.

Одним із перспективних видів палива для енергогенеруючого комплексу на біомасі є пелети - паливні гранули - пресований продукт, який може бути виготовлений із соломи зернових культур, соломи рапсу, відходів кукурудзи (стебла, початків), відходів соняшника (стебла, кошиків), вторинних ресурсів сільського господарства (лузги, жому), відходів деревини.

Екологічні показники пелет поза конкуренцією - при спалюванні в викидах практично відсутня сірка, емісія вуглекислого газу нижче, ніж при використанні інших видів палива. За своїми теплопровідними характеристиками деревні гранули не поступаються традиційним видам палива: природному газу, кам'яному вугіллю і нафті, випереджаючи їх більш низькою ціною і екологічністю .До економічних переваг енергогенеруючих комплексів слід віднести: стабільність ціни, на яку не впливають стрибки цін на викопне паливо та зростання екологічних податків, прийнятна вартість опалювального обладнання, його сервісу і зберігання палива, затребуваність на європейському ринку.

У 2014 році в м. Миколаїв агропромислова компанія «Євгройл» ввела в експлуатацію енергогенеруючий комплекс, до складу якого входить олійноекстраційний завод проектною потужністю до 600 т соняшника на добу та теплоелектростанція, що оснащена двома котлами та двома турбінами, потужністю по 2,5 МВт кожна. Котли працюють на відходах олінопереробної промисловості та деревині. З 2015 року зазначеною теплоелектростанцією вироблено близько 4 млн кВт год електроенергії.

Відпрацьовані гази, що утворюються при спалюванні біопалива, містять діоксид азоту, оксид вуглецю, сірчистий ангідрид, НМЛОС і парникові гази - метан, діоксид вуглецю, оксид азоту. Максимальні концентрації зазначених речовин в межах санітарно-захисної зони становлять від 0,19 до < 0,05 ГДК. Наведені показники свідчать про те, що рівень забруднення атмосфери є незначним і не чинить негативного впливу на навколишнє середовище та здоров'я людей .

Висновки. Використання енергогенеруючого комплексу на біомасі є екологічно чистим та економічно вигідним видом виробництва електроенергії. Експлуатація такого комплексу не чинить негативного впливу на навколишнє середовище та здоров'я людей.

УДК 502.51

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЧИЩЕННЯ БАЛАСТНИХ ВОД СУДЕН ТА ПЛАВУЧИХ СПОРУД

О.В. Щедролосєв, К.В. Кириченко,
Херсонська філія НУК, м. Херсон

Вступ.

Морський транспорт є основним засобом забезпечення міжнародної торгівлі і процесу глобалізації, перевозячи більше 80% фізичного обсягу світового вантажообігу. При експлуатації морські транспортні судна періодично завантажуються баластної водою. Водний баласт приймається для збереження морехідних якостей і міцності судна, одночасно в суднові танки потрапляють морські організми, фітопланктон, а також збудники небезпечних хвороб. [1]

Мета дослідження.

Метою роботи є розгляд методів очищення баластних вод з метою запобігання забрудненню навколишнього середовища. Проведення огляду проблем, що які виникають при застосуванні систем управління баластними водами.

Основний текст.

За даними Міжнародної морської організації (ІМО), щорічно світової флот перевозить 10 млрд т баластної води, при цьому по всьому світу переноситься близько 3 тис. видів рослин і тварин [2]. Скидання баласту, як правило, не помітно візуально, його важко виявити без застосування спеціальних досліджень (на відміну від скидання забруднених нафтою вод), однак наслідки можуть бути навіть незмірно більш катастрофічними. Справа в тому, що розлив нафтопродуктів досить легко помітити, і цілком можливо ліквідувати, хоча це і вимагає великих матеріальних витрат. Збиток же, нанесений чужорідними морськими організмами нового середовища проживання відбувається через порушення природного балансу морської екосистеми, що загрожує найчастіше повним вимиранням будь-яких місцевих видів флори і фауни. Це відбувається внаслідок того, що чужорідні організми, як правило, не мають в новому середовищі проживання природних ворогів, які підтримують баланс екосистеми, в результаті чого відбувається інтенсивне розмноження чужорідних організмів і пригнічення ними місцевих форм життя. [3]

Внесення в морську екосистему сторонніх для даного регіону морських видів визнано міжнародним товариством однією з основних загроз Світовому океану. З метою запобігання глобальної екологічної

катастрофи, яка може бути викликана переміщенням по Світовому океану з баластними водами шкідливих організмів і хвороботворних мікробів, ІМО прийняла Міжнародну конвенцію про контроль суднових баластних вод і опадів і управлінні. Відповідно до Конвенції всі нові судна і судна, що перебувають в експлуатації, в обов'язковому порядку мають бути оснащені системами управління баластними водами, що забезпечують повне знищення шкідливих морських мікроорганізмів в баластної воді і контроль якості обробки. [1]

Оскільки баластування суден є в даний час невід'ємною частиною морських перевезень і уникнути цього процесу неможливо, то основним шляхом припинення поширення небажаних мікроорганізмів є запобігання їх скидання з суден в портах. Існує п'ять методів обробки баластної води для мінімізації ризику скидання небажаних організмів, причому кожен з них має свої недоліки.

Перший метод - виключення скидання баласту взагалі. Це найнадійніший спосіб, він застосовується в тих випадках, якщо скидання баластних вод заборонений повністю. Однак, цей спосіб не дуже практичний.

Другий метод - зменшення концентрації морських організмів, що містяться в прийнятому на борт водяному баласті. Це може бути досягнуто шляхом обмеження кількості прийнятого водяного баласту, а також шляхом вибору місць прийому баласту (не слід приймати баласт на малих глибинах, районах застою води, поблизу від місць зливу стічних вод і днопоглиблювальних робіт і районів виявлення патогенних мікроорганізмів).

Третій метод полягає в обробці водяного баласту на борту судна. Вже розроблені певні технології даного процесу, рекомендовані Керівництвом ІМО по обробці баласту. Така обробка може здійснюватися наступними способами:

- фізичний (нагрівання, обробка ультразвуком, ультрафіолетовим випромінюванням, магнітним полем, іонізація сріблом, і т.п.);

- механічний (фільтрування, внесення змін в конструкцію судна, застосування спеціальних покриттів танків і т.п.);

- хімічний (озонування, видалення кисню, хлорування, застосування біо реагентів і т.п.);

- біологічний вплив - додавання в баластну воду хижих або паразитних організмів з метою знищення шкідливих мікроорганізмів. [3]

Четвертий метод - берегова обробка. Необхідно врахувати, що багато суден не мають можливості здавати водяний баласт на берегові приймальні споруди. Що стосується портів, то далеко не всі з них можуть надати судну відповідні приймальні споруди.

Існує також ідея повернення баластної води в той порт, де вона була прийнята на борт. Зрозуміло, серйозно про це говорити не доводиться, крім, можливо, застосування на пасажирських судах, де (поки теоретично) такий варіант можна розглянути.

П'ятий метод полягає в заміні баласту в водах відкритого океану або його розведенні.

Існують і інші методи вирішення проблеми. До них відносяться:

- Сертифікація чистого баласту - полягає в отриманні судном лабораторного сертифіката в порту прийому баласту. У такому сертифікаті має обумовлюватися, що в судновому баласті відсутні водні організми, які можуть бути небезпечні в порту скидання. Однак, цей спосіб не може бути достатньо ефективним.

- Збереження баласту на судні протягом тривалого часу - в воді, яка знаходиться в суднових танках більше 100 діб практично всі водні організми гинуть через відсутність світла і високий вміст заліза у воді. Однак абсолютна більшість суден не має можливості зберігати баласт на борту протягом більш ніж трьох місяців.

- Електролітичне генерування іонів міді і срібла - метод досить ефективний, проте деякі організми можуть адаптуватися до впливу іонів міді і срібла, крім того вплив високої концентрації цих речовин на природне середовище ще недостатньо вивчений. [4]

Висновок. Проведено огляд стану ефективності методів очищення баластних вод з метою запобігання забрудненню навколишнього середовища суден і плавучих споруд. Розглянуто проблеми, що виникають при застосуванні систем управління баластними водами. Оскільки, серед перерахованих способів немає достатньо ефективних і економічних, удосконалення технології заміни баласту та побудова нових суден з урахуванням сучасних вимог по зміні баласту є актуальним завданням наукового дослідження.

Список літератури:

1. **Хорошев В. Г.** Разработка технологии и создание опытного образца отечественной системы управления балластными водами морских судов и судов класса «Река-море»/ В. Г. Хорошев, Н. П. Погодин, Р. И. Гатин, А. В. Шалларь, А. В. Герасимов// Судостроение – СПб., 2015. – Вип. 4. С. 35-40.

2. **Пимошенко А. П.** Предотвращение загрязнения окружающей среды с судов: учебное пособие [Текст] / А.П. Пимошенко, В.Г. Гурьев, В.П. Ефентьев, В.Д. Вихров// Мир - М., 2004. - 320 с.

3. **Горбонос В. А.** Проблемы загрязнения морской среды сбросами балласта и методы очистки балластных вод/ В. А. Горбонос// Вологдинские чтения - 2010. - Вип 78. С. 164-168.

4. **Сагайдак А. И.** Проблема водяного балласта и пути ее решения/ А.И. Сагайдак// Материалы доклада на I-м Научно-практическом семинаре по проблеме управления судовыми балластными водами. - Одесса., 2003. – 33 с.

5. **Зеркалов Д. В.** Проблеми екології сталого розвитку: [Електронний ресурс] : Монографія/ Д. В. Зеркалов. – К.: Основа, 2013. – 430 с.

УДК 621.181

УЛУЧШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ УСТАНОВКЕ КОНДЕНСАЦИОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В УТИЛИЗАЦИОННЫХ КОТЛАХ

Горячкин В.Ю., канд. техн. наук, доцент; Корниенко В.С., преподаватель
Херсонский филиал Национального университета кораблестроения имени адмирала Макарова, Украина

Введение. Необходимость выполнения требований международных организаций в области охраны окружающей среды, уменьшения тепловых выбросов при сжигании органических топлив, стоимость которых растет, повышения экономичности и надежности работы всех элементов СЭУ предопределяет содержание задач при разработке комплексной технологии очистки газов на всех этапах: подготовки топлива к сжиганию, самого процесса горения, процессов тепломассообмена в поверхностях нагрева котлов, при одновременном создании условий для снижения скорости низкотемпературной коррозии (НТК) и обеспечении возможности использования не только явной теплоты газов, но и теплоты конденсации паров H_2SO_4 и H_2O, содержащихся в дымовых газах, и очистки газов от токсичных ингредиентов.

Постановка задачи. К радикальным и достаточно простым способам снижения содержания сернистых соединений и оксидов азота в дымовых газах принадлежит очистка выхлопных газов с помощью скрубберных технологий (оксиды серы и азота, взвешенные частицы из газового потока поглощаются морской водой). К ним относится гибридная система очистки Alfa Laval и Aalborg Industries [1], в которой в качестве первой стадией очистки предусматривается утилизационный котел (УК), в котором выхлопные газы охлаждаются от 350 °С до 160…180 °С. Но при таком способе очистки газов от твердых частиц будет осуществляться загрязнение поверхностей УК. На второй стадии этой технологии очистки за счет использования скруббера Вентури при впрыскивании воды продолжается снижение температуры выхлопных газов и очистки от твердых частиц за счет их увлажнения.

Скруберная система очистки выхлопных газов $CSNO_x$ [2], разработанная компанией "Ecospec Global Technology", позволяет более интенсивно снижать содержание одновременно трех токсичных ингредиентов: SO_x, CO_2 и NO_x. Но в технологии $CSNO_x$ не предусматриваются возможности очистки потока газов до скубберов за счет изменения условий в газовом тракте самого энергетического оборудования (ДВС, котлы), начиная от зоны горения топлива и до выхода газов из этих элементов энергетической установки.

Результаты исследований. Как показали проведенные исследования, которые связаны с развитием тепловых и физико-химических процессов в элементах СЭУ, первостепенным и решающим фактором для решения поставленных задач при разработке комплексной системы одновременного снижения экологических показателей, коррозии и тепловых потерь, повышения экономической эффективности, ресурсосбережения является организация процесса сжигания в топливосжигающих агрегатах СЭУ водотопливных эмульсий (ВТЭ) на основе сернистых топлив с водосодержанием около 30 %, что обеспечивает образование в потоке газов эквивалентной смеси NO и NO_2, вследствие чего появляется возможность интенсификации абсорбции NO_x и SO_2, так как естественно (автоматически) в конденсате создается концентрация серной кислоты на уровне 57 %, при которой резко растет абсорбция NO_x и SO_2 [3, 4]. При этом одновременно наблюдается появление под влиянием оксидов азота пассивной пленки на поверхности металла, благодаря чему обеспечивается снижение НТК до уровня 0,15 мм/год при горении ВТЭ (при отсутствии кислотного "пика") в пределах температуры поверхности металла 140…70 °С [5].

Это дает возможность установить на выходе из УК конденсационные поверхности с температурой стенки труб ниже температуры точки росы паров серной кислоты (температура стенки $t_{ст}$ может поддерживаться в диапазоне 130…70 °С). Вследствие этого вся поверхность (например, экономайзера или подогревателя воды) является конденсационной, покрытой слоем мокрых (от конденсата кислоты) загрязнений.

Проведенные экспериментальные исследования показывают, что слоем загрязнений, увлажненных конденсатом серной кислоты, в результате соответствующей организации физико-химических процессов и естественно создаваемых условий для максимальной интенсивности абсорбции конденсатом H_2SO_4 содержание оксидов азота NO_x и серы SO_2 после конденсационной поверхности снижается: 1 $м^2$ конденсационной поверхности абсорбирует 3,4 $мг/м^3$ NO_x и 0,89 $мг/м^3$ SO_2, что дает возможность в

зависимости от величины конденсационной поверхности снизить концентрации NO_x и SO_2. При этом важно, что дополнительно осуществляется процесс осаждения токсичных твердых золовых и сажистых частиц: от 150…170 мг/м^3 до 50…60 мг/м^3 после конденсационной поверхности.

В зависимости от конструктивного выполнения и хода тепловых и физико-химических процессов в газоходах УК после ДВС температура газов на входе в скрубберную часть будет составлять 80…90 °С, что ниже по сравнению с технологией $CSNO_x$, где температура газов после котлов и ДВС находится на уровне 150…170 °С. Это приводит к существенному снижению расходов воды, подаваемой на орошение скрубберов.

Выводы

1. Сжигание водотопливных эмульсий с водосодержанием на уровне 30 % и выше обеспечивает появление в потоке газов эквимолярной смеси NO_2 и NO.

2. Установка конденсационных низкотемпературных поверхностей нагрева, на поверхности которых созданы условия пассивации поверхности металла и резкого снижения интенсивности НТК, а также условия активного поглощения конденсатом эквивалентной смеси NO_2 : NO и SO_2, обеспечивает интенсификацию абсорбции NO_x, SO_2, CO_2 при меньших расходах воды в скрубберах и возможность снижения концентрации этих оксидов до требуемых уровней после скруббера.

3. В связи с резким уменьшением интенсивности НТК возможно снизить температуру газов на выходе из котла до уровня 80…90 °С, что существенно уменьшает потерю теплоты с уходящими газами из котлов (обычно эта температура находится на уровне 150...170 °С).

Литература

1. PureSOx Exhaust gas cleaning (EMD00281EN 1208) [Елетронний ресурс]: URL: http://www.alfalaval.com/industries/marine/oil-treatment/Documents /PureSOx% 20product%20brochure.pdf (дата звернення: 04.03.2013).

2. Ecospec CSNOx^{TM} Broshure [Елетронний ресурс]: URL: http://www.ecospec.com/upload/brochure_pdf/67_uaez4cere8bt2axql5896mgz76wsbasv.pdf (дата звернення: 04.09.2013).

3. **Амелин, А.Г.** Производство серной кислоты [Текст] / А.Г. Амелин. – М.: Химия, 1967. – 472 с.: ил.

4. **Плановский, А.Н.** Процессы и аппараты химической технологии. Учебник для техникумов [Текст] / А.Н. Плановский, В.М. Рамм, С.З. Каган. - Изд. 2-е, пер. и доп. – М.: ГНТИХЛ, 1962. – 845 с; Рамм В.М. Абсорбция газов [Текст] / В.М. Рамм. – Изд 2-е, перераб. и доп. – М.: Химия, 1975. – 655 с.:ил.

5. **Пат. 99408 Україна, МПК C23F 11/10, F22B 37/00, F23J 15/00.** Спосіб захисту металу низькотемпературних поверхонь нагріву котла від сірчанокислотної корозії [Текст] / В.Ю. Горячкін, А.В. Горячкін, О.В. Акімов, В.О. Іутінський, В.С. Корнієнко; заявник Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова. – заявл. 23.08.11; опубл. 10.08.12, Бюл. № 15.

УДК 621.318

ВЛИЯНИЕ СЕЗОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Радионов А.В. канд. техн. наук, старший научный сотрудник,
ООО «НПВП «Феррогидродинамика», г. Николаев

Система электрооборудования и электроснабжения является частью сложной технической системы, от работоспособности которой зависит эффективная работа объекта в целом. Из-за выхода из строя электрооборудования происходит 11.1% от общего количества взрывов и пожаров на химических предприятиях, а также неисправности в электрооборудовании являются одной из главных причин для еще примерно 60% аварий [1].

Асинхронный двигатель (АД) с короткозамкнутым ротором сегодня является основой большинства промышленных электроприводов. Однако их эффективному применению препятствует относительно высокая повреждаемость - 25..35% от общего числа установленных электродвигателей ежегодно [2]. Любой выход из строя АД приводит к большому материальному ущербу, связанному с простоем технологических процессов, ремонтом вышедшего из строя электродвигателя и т.д. В худшем случае отказ электродвигателя при последующем его каскадном развитии приводит к авариям и катастрофам.

В работе изучены АД, служащие приводом аппаратов воздушного охлаждения (АВО) и вентиляторных градирен. Асинхронные электродвигатели серии ВАСО, ВАСВ, АСВО массово эксплуатируются на химических и нефтеперерабатывающих заводах, на предприятиях по транспорту и добыче газа и т.д. На эти электродвигатели в разные годы было установлено около 3000 магнитожидкостных

герметизаторов (МЖГ). Большой статистический материал и опыт эксплуатации от климатических условий Крайнего севера до субтропических послужили основанием для выбора электродвигателя ВАСО в качестве объекта исследования [3].

Для определения характера и причин отказов электродвигателей ВАСО было проведено систематическое изучение условий эксплуатации значительного количества двигателей с учетом природно-климатических условий (ПКУ) в различных отрослях промышленности, Анализировались исследования эксплуатационной надежности, проведенные за период с 1992 по 2015 год, были рассмотрены АД как с традиционными уплотнениями, так и с МЖГ. Данные об отказах были собраны в электроремонтных цехах химических предприятий Северодонецка, Горловки, Одессы, Череповца, Гродно, Алмалыка и т.д.; нефтеперерабатывающих предприятиях Лисичанска, Кременчуга, Атырау, Киришей, Тобольска, Омска и т.д.; а также на газоперекачивающих станциях в Долине и Тюмени. Всего был собран и обработан статистический материал о более чем 4000 вышедших из строя электродвигателей ВАСО. Анализ статистического материала проводился с использованием методов математической статистики [4]. Данные о среднемесячной относительной влажности, температуре воздуха, продолжительности выпадения росы и т.д. брались из архивов метеостанций, свободный доступ к которым есть в Интернете. Результаты исследований приведены в табл. 1.

Таблица 1 Среднемесячные интенсивности отказов электродвигателей ВАСО.

Компоненты анализа	Месяцы											
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Средняя интенсивность отказов $\lambda \cdot 10^{-5}$, $ч^{-1}$	13,5	11,8	10,6	11,5	7,8	11,1	14,8	15,8	6,3	9,8	12,1	16,5
Коэффициент вариации интенсивности отказов, %	77	47	61	49	79	40	56	36	97	73	56	59

Высокие значения коэффициентов вариации объясняются тем, что статистически обрабатывались АД, эксплуатирующиеся в разных условиях эксплуатации, причем анализировались электродвигатели серии ВАСО, но разной мощности и разных заводов - производителей (Н. Каховка, Тирасполь, Лысьва, Сафоново). Это было сделано для увеличения объема выборки. Из рассмотрения табл. 1 видно, что интенсивность отказов значительно выше в самые жаркие и холодные месяцы года. Это говорит о необходимости изучения и учета влияния климатических условий. Относительно низкие значения интенсивности отказов в мае и сентябре можно объяснить тем, что в это время чаще всего нефтеперерабатывающие и химические предприятия проводят капитальные ремонты с полной остановкой производства.

При проведении комплексного анализа статистических данных по отказам АД было выявлено преобладание фактора влажности воздуха по сравнению со всеми другими факторами, связанными с климатическими условиями. В значительно меньшей степени на износ АД влияют воздействие агрессивных газов и пыли.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Распопов А.В.** Разработка методов повышения надежности цеховых электротехнических комплексов химических производств [Текст] /: автореф. дис. … канд.. техн.. наук / А.В. Распопов. – М.: МЭИ (Технический університет), 1995. – 20с.

2. **Хомутов С.О.** Система поддержания надежности электрических двигателей на основе комплексной диагностики и эффективной технологи восстановления изоляции [Электронный ресурс]: монография / С.О. Хомутов. – Электронные данные. – Барнаул: ООО «МЦЭОР», 2015. – 1 эл. опт. диск (CD-R); 12 см.

3. **Радионов А.В.** Опыт эксплуатации магнитожидкостных герметизаторов на нефтеперерабатывающих заводах стран СНГ [Текст] / А.В. Радионов // Химическая техника. – 2015. - №10. – С. 11-17.

4. **Ивановский Р.И** Теория вероятностей и математическая статистика. Основы, прикладные аспекты с примерами и задачами в среде Mathcad. – СПб.: БХВ – Петербург, 2008. – 528с.

УДК 629.128:621.359.7

СНИЖЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗНОЙ ОБРОБОТКИ ВОДЫ ДЛЯ ВОДОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

Шевченко Виктор Васильевич, Филипщук Александр Николаевич,
Горячкин Владимир Юрьевич
Херсонский филиал Национального университета кораблестроения

Введение. В последнее время на судах стали применять скрубберные технологии, при испрользовании которых требуется вода для орошения с повышенной щелочностью. К ним относится гибридная система очистки выхлопных газов, созданная в результате совместных разработок компаний Alfa Laval и Aalborg Industries [1] при участии производителя дизельных двигателей фирмы MAN и приспособленная для очистки выхлопных газов дизелей с помощью установки скрубберов. К недостаткам этой технологии следует отнести расходы на бункеровку и хранение NaOH для работы на пресной воде.

С целью автоматической поддержки значения *pH* и эффективной очистки от SO_x необходимо создание системы хранения, подготовки, дозирования и подачи *NaOH*. При этом необходимо придерживаться особых требований техники безопасности при работе с *NaOH*, т.к. *NaOH* взаимодействует с алюминием, магнием, цинком с выделением огнеопасного водородного газа. Рекомендованная температура хранения - между 25...35 °С, что усложняет установку. Не должно быть контакта *NaOH* с топливом.

Особенностью системы $CSNO_x$ [2] является использование предварительно обработанной морской воды с целью повышения ее щелочности и показателя pH. Обработка воды, в результате которой существенно повышаются ее абсорбционные свойства, проводится с применением электрических средств, без химических реагентов.

Актуальность исследований. В технологии $CSNO_x$ рассматривается только возможность увеличения абсорбционных свойств воды как абсорбента и не рассматривается возможности увеличения абсорбционных свойств дымовых газов как абсорбата, что возможно осуществить при сжигании водотопливных эмульсий (ВТЭ). Поэтому актуальным является определение качества и состояния воды, которая одновременно используется как для приготовления ВТЭ, так и для интенсификации абсорбции NO_x, SO_2, CO_2 в скрубберах.

Постановка задачи. Как показали проведенные исследования, которые связаны с развитием тепловых и физико-химических процессов в элементах СЭУ, первостепенным и решающим фактором для решения поставленных задач (при разработке комплексной системы снижения экологических показателей, коррозии и тепловых потерь, повышения экономической эффективности, ресурсосбереження) является организация процесса сжигания в топливосжигающих агрегатах СЭУ водотопливных эмульсий (на основе сернистых топлив) с водосодержанием около 30 %, при соответствующем уровне кавитационной обработки воды и самой ВТЭ перед сжиганием.

Результаты исследований. Возможности улучшения режима горения ВТЭ, роста тепловыделения в топке (камере сгорания ДВС), снижение экологических показателей, снижения скорости коррозии, уменьшения загрязнения поверхностей нагрева в самих котлах, в ДВС (ГТД) и в системах газоотвода дымовых газов от этих агрегатов СЭУ зависят от приготовления воды соответствующего качества для подготовки ВТЭ. При кавитационной обработке этой воды обеспечивается дополнительная активация горения, потому что активированная вода в составе ВТЭ привносит дополнительное соответствующее количество ионов H^+, OH^- к таким же ионам (H^+, OH^-), которые образуются при микровзрывах ВТЭ в процессе горения. Кроме того, показатели качества воды, которые надо обеспечить, определяются не только необходимыми качествами ВТЭ с точки зрения интенсификации горения, но и необходимостью получения в составе газов эквимолярного соотношения NO_2 : NO, что даст возможность нейтрализации токсичных соединений в самом топливе и в дальнейшем интенсифицировать абсорбцию NO_x, CO_2, CO и сернистых соединений. Для этого вода должна иметь щелочные свойства. Чем выше щелочность воды, тем лучше будет происходить нейтрализация сернистых соединений топлива при подготовке ВТЭ и сернистых соединений, которые содержатся в дымовых газах, в процессе их абсорбции в скрубберах. Качество воды (содержимое солей, количество ионов H^+, OH^- при кавитационной обработке воды [3]) определяет интенсивность микровзрывов капель ВТЭ, суммарное количество H^+, OH^-, O^+, как инициаторов цепных реакций в начале процесса горения эмульсий.

По нашему мнению более целесообразно на судах (дополнительно к утилизационным вакуумным опреснителям, производительность которых при использовании современных ДВС снижается) использование электродиализных опреснителей с учетом меньших расходов электроэнергии для получения необходимого количества опресненной воды (дилюата), качественные показатели которого отвечают свойствам дистиллята (или имеют с ним одинаковые характеристики особенно при использовании электродиализной подготовки воды после ее обработки в установке обратного осмоса), а также в связи с

возможностью использования католита (побочный продукт электродиализной обработки морской воды) в качестве абсорбента (поглощающей среды), который орошает набивку скрубберов, где окончательно абсорбируются NO_x, SO_x, CO_2. Для повышения *pH* католита, увеличения количества ионов H^+, OH^- предлагается установка кавитатора, который обеспечит повышение интенсивности абсорбционных процессов в скруббере. К католиту можно добавлять продувочную воду котлов, которая также имеет щелочные свойства. Так как на судне (особенно при сжигании ВТЭ) непрерывно необходима чистая вода, то непрерывно будут иметься в наличии сопутствующие продукты электродиализной обработки (католита) для орошения скрубберов. Таким образом обеспечивается утилизация остатков (материальных ресурсов) с одновременным уменьшением отходов на судне, которые необходимо или хранить, или обрабатывать перед сбросом в окружающую среду. Следовательно, на этапе подготовки сред (воды, топлива, эмульсии) надо получить такой состав дилюата, католита, чтобы обеспечить на следующих этапах интенсификацию процессов горения эмульсии, очистки газов, снижения низкотемпературной коррозии (НТК), более глубокой утилизации теплоты газов.

Выводы. Для обеспечения комплексного решения задач повышения экономической эффективности и улучшения экологических показателей, надежности и ресурсосбережения, необходимо обеспечить подготовку воды необходимого качества (с солесодержанием на кровне 180 мг/дм^3 для приготовления ВТЭ с целью обеспечения условий сжигания ВТЭ с водосодержанием около W^r = 30 % (водотопливное отношение $W^r_{вп}$ = 42,8 %) и для орошения насадки скруббера с целью обеспечения интенсификации абсорбционных процессов; сжигание ВТЭ соответствующего качества с водосодержанием около W^r = 30 % ($W^r_{вп}$=42,8 %) приводит к созданию эквимолярного или близкого к нему соотношения NO_2 : NO в дымовых газах на выходе из зоны горения, что обеспечивает снижение интенсивности НТК, а также уменьшение эмиссии NO_x, SO_2, CO_2.

ЛИТЕРАТУРА

1. PureSOx Exhaust gas cleaning (EMD00281EN 1208) [Елетронний ресурс]:URL:http://www.alfalaval.com/industries/marine/oiltreatment/Documents/PureSOx% 20product% 20brochure.pdf (дата обращения : 04.03.2013).

2. Ecospec CSNOxTM Broshure [Елетронний ресурс]: URL: http://www.ecospec.com/upload/brochurepdf/67_uaez4cere8bt2axql5896mgz76wsbasv.pdf (дата обращения : 04.09.2013).

3. **Витенько, Т.Н.** Механизм активирующего действия гидродинамической кавитации на воду [Текст] / Т.Н. Витенько, Я.М. Гумницкий. - Химия и технология воды, 2007. т. 29., №5. - с. 422-432.

УДК 504.629.12:621.65/69

ПРИМЕНЕНИЕ ПНЕВМОИМПУЛЬСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Самохвалов В.С., Цвиклис В.С., Максимов В.И.

Охрана моря от загрязнения стала одной из самых острых и актуальных экологических проблем современности.

Технически сложно решаемой задачей является очистка от загрязненных отложений в стесненных акваториях портов и судостроительных заводов.

Была поставлена задача разработки инновационного способа для удаления донных загрязнений, в котором в результате одновременной подготовки и транспортировки смесей обеспечивается уменьшение энергозатрат и загрязнения окружающей среды.

Авторами предложено универсальный пневмоимпульсный насос [1], который можно использовать как на судах (для зачистки танков, грузовых палуб и трюмов, очистки сточных и дренажных колодцев),а также для очистки дна акваторий портов, фарватеров, водоемов рекреационных зон, ставков хозяйственного назначения, водохранилищ, водопроводов, каналов и других ирригационных систем. Его можно использовать в системах водоснабжения и водоотвода коммунальных хозяйств.

Насос рис.1, состоит из генератора импульса, рабочей камеры насоса, которая соединена с всасывающим устройством через впускной невозвратный клапан.

В исходном состоянии всасывающее устройство и рабочая камера заполнены жидкостью. После открытия впускного регулируемого клапана генератора импульса порция сжатого газа поступает в рабочую камеру, где формируется газовая каверна, которая охватывает сечение нагнетательного патрубка. Этот процесс сопровождается резким ростом давления в рабочей камере с дальнейшей передачей импульса

жидкости поверхностными силами раздела фаз, что приводит к ускорению жидкости в противоположных направлениях вдоль оси насоса. Действие импульса в направлении невозвратного клапана вызывает его закрытие и перемещение небольшого объема жидкости, которая находится под ним, во всасывающее устройство, вызывая вытекание жидкости с устройства сквозь прорези в его входной кромке и обеспечивая размыв грунта возле них. В момент полного закрытия клапана возникает гидравлический удар, который воспринимается клапаном и передается всасывающему устройству, которое своими выступающими частями входной кромки углубляется в грунт.

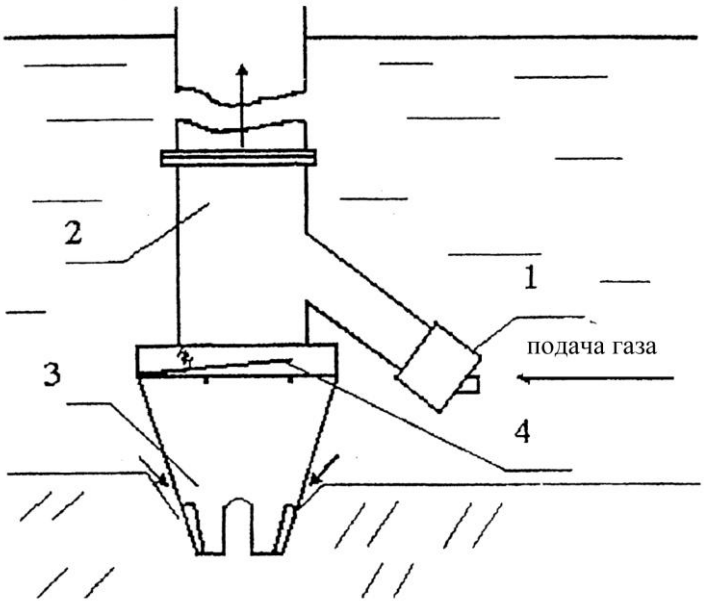


Рис.1. Пневмоимпульсный насос для подготовки и перекачивания гетерогенных смесей: 1 - генератора импульса, 2 - рабочая камера насоса, 3 - всасывающее устройство,4 - впускной невозвратный клапан.

Каверна расширяется только в направлении подачи насоса, давление газа в ней соответствует условию равновесия сил. По мере расширения газа сила реакции невозвратного клапана уменьшается. Когда сила реакции становится меньше чем сумма сил от давления столба окружающей жидкости на тарелку клапана и пружины, клапан открывается. Происходит наполнение рабочей камеры насоса жидкостью из всасывающего устройства, а он в свою очередь, заполняется гетерогенной смесью, которая образуется вокруг его входной кромки под действием механических и гидродинамических сил. Наполнение рабочей камеры насоса продолжается до подачи следующей порции сжатого газа и формирования новой каверны. В последующие циклы действия насоса в его рабочую камеру поступает уже гетерогенная смесь. Количество смеси, которая поступает в камеру за период между двумя последовательными импульсами газа, определяет цикловую подачу насоса.

Выбор конфигурации всасывающего устройства и его входной кромки зависит от свойств отложений и особенностей требований к дальнейшей транспортировки и очистки гетерогенной смеси. Если для тяжелых отложений проточная часть всасывающего устройства изготовляется диффузорной, то для легких отложений она может быть конфузорной. Геометрия прорезей входной кромки устройства влияет на соотношение действия механических и гидродинамических сил при подготовке гетерогенной смеси и зависит как от свойств отложений так и от толщины слоя, который подлежит удалению.

Выводы

1. Разработан инновационный способ удаления донных загрязнений, обеспечивающий одновременно подготовку и транспортировку смесей при уменьшении энергозатрат и загрязнения окружающей среды.

2. Как показали испытания опытно-промышленного образца насоса, оптимальный период рабочего цикла насоса составил 0,8…1,2 секунды.

Список литературы

1. Спосіб транспортування гетерогенних сумішей / В.С. Самохвалов, В.С. Цвиклис, С.А. Лой и др. / Деклараційний патент на корисну модель № 9115. 15.09.05 р.

СЕКЦІЯ №7
Безпека мореплавства

УДК 681.3+629.5.024.1

3D ГЕНЕРАТОР СУДОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Король Ю.М.
Национальный университет кораблестроения

Традиционно форма судовой поверхности задается теоретическим чертежом, который представляет собой совокупность линий пересечения этой поверхности с системой секущих плоскостей перпендикулярных осям координат. Хорошо известно, что разработка теоретического чертежа представляет собой сложный и трудоемкий процесс даже при использовании специализированных САПР, таких как AVEVA MARINE, FORAN, MAXSURF, FREESHIP+ и др. Многочисленные попытки отечественных и зарубежных авторов получить математическое описание судовой поверхности путем аппроксимации кривых теоретического чертежа нисколько не уменьшили трудоемкости и, крое того, оказались недостаточно эффективными.

На основе предложенного автором метода функциональной параметризации разработан алгоритм и программа GSS3D, генерирующая данные для построения судовой поверхности в формате кривых CAD SOLID WORKS. Основой для построения судовой поверхности служат безразмерные ватерлинии, форма которых согласно рис.1 определяется следующей совокупностью параметров.

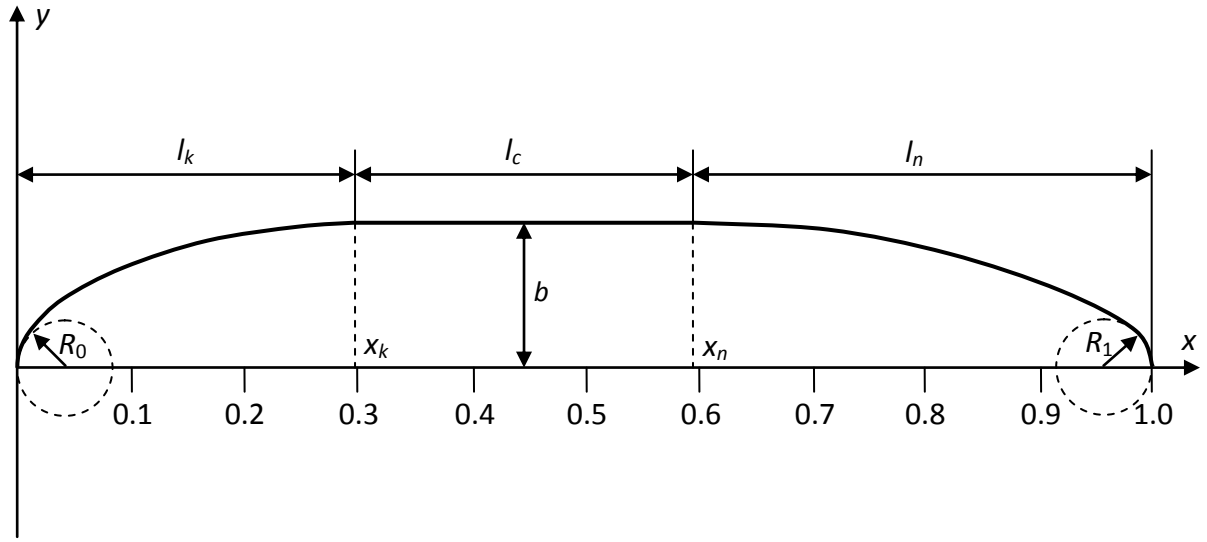


Рисунок 1 – Параметры профиля ватерлинии

Ватерлиния рассматривается как плавная кривая, состоящая из кормового заострения длиною l_k, цилиндрической вставки длиною l_c и носового заострения длиною l_n.

Кривую кормового заострения будем аппроксимировать зависимостью

$$y_k = a_1 + a_2\sqrt{x} + a_3 x + a_4 x^2 + a_5 x^3, \qquad (1)$$

в которой коэффициенты a_i определяются из следующих условий:

1) $y_k(0) = 0$, откуда сразу получим, что $a_1 = 0$;

2) радиус кривизны ахтерштевня в плоскости ватерлинии вычисляется по формуле $R_k = \dfrac{\sqrt{1+[y_k'(0)]^2}^{\,3}}{|y_k''(0)|}$, откуда $a_2 = \sqrt{2R_k}$;

3) $y_k(x_k) = b$, откуда получим, что $x_k a_3 + x_k^2 a_4 + x_k^3 a_5 = b - \sqrt{2x_k R_k}$;

4) $y_k'(x_k)=0$, откуда следует, что $a_3+2x_ka_4+3x_k^2a_5=-\sqrt{\frac{R_k}{2x_k}}$;

5) $\frac{S_k}{x_kb}=\alpha_k$, где $S_k=\int_0^{x_k}y_k(x)dx=\frac{2}{3}x_k^{1,5}\sqrt{2R_k}+\frac{1}{2}x_k^{\,2}a_3+\frac{1}{3}x_k^{\,3}a_4+\frac{1}{4}x_k^{\,4}a_5$ - площадь кормового заострения, α_k - заданный коэффициент полноты кормового заострения ватерлинии. Тогда получим очевидное уравнение

$$\frac{1}{2}x_k^{\,2}a_3+\frac{1}{3}x_k^{\,3}a_4+\frac{1}{4}x_k^{\,4}a_5=\alpha_kx_kb-\frac{2}{3}x_k^{\,1,5}\sqrt{2R_k}.$$

Условия 3, 4 и 5 дают систему линейных алгебраических уравнений для определения неизвестных коэффициентов a_3, a_4 и a_5.

В районе цилиндрической вставки имеем очевидное уравнение $y_c(x)=b$.

Кривая носового заострения аппроксимируется аналогичной зависимостью

$$y_n=c_1+c_2\sqrt{1-x}+c_3(1-x)+c_4(1-x)^2+c_5(1-x)^3, \qquad (2)$$

в которой коэффициенты c_i определяются из следующих условий:

6) $y_n(1)=0$, откуда получим, что $c_1=0$;

7) радиус кривизны форштевня в плоскости ватерлинии вычисляется по формуле $R_n=\frac{\sqrt{1+[y_n'(1)]^2}^{\,3}}{|y_n''(1)|}$, откуда $c_2=\sqrt{2R_n}$;

8) $y_n(x_n)=b$, откуда $(1-x_n)c_3+(1-x_n)^2c_4+(1-x_n)^3c_5=b-\sqrt{2R_n(1-x_n)}$;

9) $y_n'(x_n)=0$, откуда следует, что

$$c_3+2(1-x_n)a_4+3(1-x_n)^2a_5=-\sqrt{\frac{R_n}{2(1-x_n)}};$$

10) $\frac{S_n}{(1-x_n)b}=\alpha_n$, где

$$S_n=\int_{x_n}^{1}y_n(x)dx=\frac{2}{3}(1-x_n)^{1,5}\sqrt{2R_n}+\frac{1}{2}(1-x_n)^2c_3+\frac{1}{3}(1-x_n)^3c_4+\frac{1}{4}(1-x_n)^4c_5$$

- площадь носового заострения, α_n - заданный коэффициент полноты носового заострения ватерлинии. Тогда получим очевидное уравнение

$$\frac{1}{2}(1-x_n)^2c_3+\frac{1}{3}(1-x_n)^3c_4+\frac{1}{4}(1-x_n)^4c_5=\alpha_n(1-x_n)b-\frac{2}{3}(1-x_n)^{1,5}\sqrt{2R_n}.$$

Условия 8, 9 и 10 дают систему линейных алгебраических уравнений для определения неизвестных коэффициентов c_3, c_4 и c_5.

Следует иметь ввиду, что длина ватерлинии $l_w=l_k+l_c+l_n=1$ согласно рис. 1 есть величина безразмерная отнесенная к размерной длине ватерлинии L_w при фиксированной осадке. Соответственно, $b=0,5$ также безразмерная величина, отнесенная к максимальной ширине ватерлинии B_w при той же осадке.

Для описания формы судовой поверхности введем следующие функциональные параметры:

10) $x_n(z_b)$ - безразмерная абсцисса начала носового заострения в функции безразмерной аппликаты $z_b=\frac{z}{H}$, где z - размерная аппликата, а H - максимальная высота борта;

11) $x_k(z_b)$ - безразмерная абсцисса конца кормового заострения;

12) $\alpha_n(z_b)$ - коэффициент полноты носового заострения;

13) $\alpha_k(z_b)$ - коэффициент полноты кормового заострения;

14) $R_n(z_b)$ - безразмерный радиус кривизны форштевня в плоскости ватерлинии;

15) $R_k(z_b)$ - безразмерный радиус кривизны ахтерштевня в плоскости ватерлинии;

16) $x_f(z_b)$ - безразмерная абсцисса форштевня;

17) $x_a(z_b)$ - безразмерная абсцисса ахтерштевня;

18) $y_m(z_b)$ - безразмерная максимальная ордината текущей ватерлинии.

В первом приближении эти зависимости задаются в виде таблиц и контролируются в любом из графопостроителей, например в Advanced Grapher. Затем при помощи авторской программы Aproximator, которая позволяет осуществлять аппроксимацию зависимостей при помощи 8 типов базисных функций и 4 методов аппроксимации, определяются коэффициенты аппроксимирующих функций для всех функциональных параметров. Например, на рис.2 приведены табличные значения и график аппроксимирующей функции для $y_m(z_b)$.

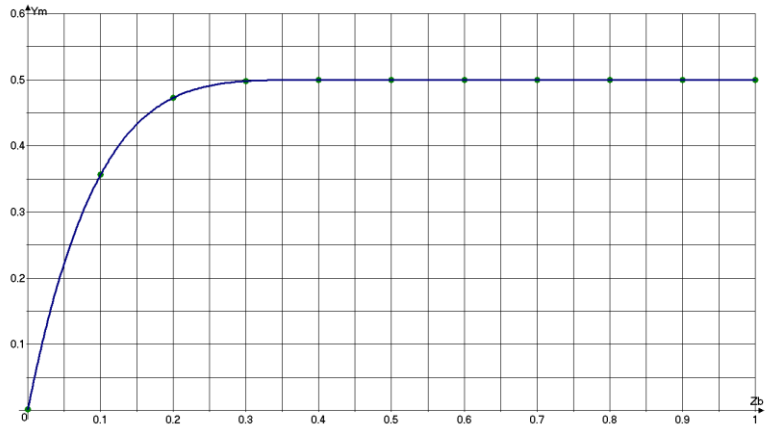


Рисунок 2 - График аппроксимирующей функции для $y_m(z_b)$

В качестве исходных данных в программу GSS3D вводятся главные размерения $L_{cwl}, B_{\max}, T_{cwl}, H_{\max}$ и 9 текстовых файлов с коэффициентами аппроксимации указанных выше функциональных параметров. Результатами работы GSS3D будут 52 файла с 3D кривыми в формате SOLID WORKS. Для построения 3D модели судна все эти кривые необходимо ввести в рабочий проект SOLID WORKS объединяя кривые левого и правого борта текущей ватерлинии в единую кривую. Тогда получим совокупность ватерлиний и обводов форштевня и ахтерштевня, представленную на рис.3

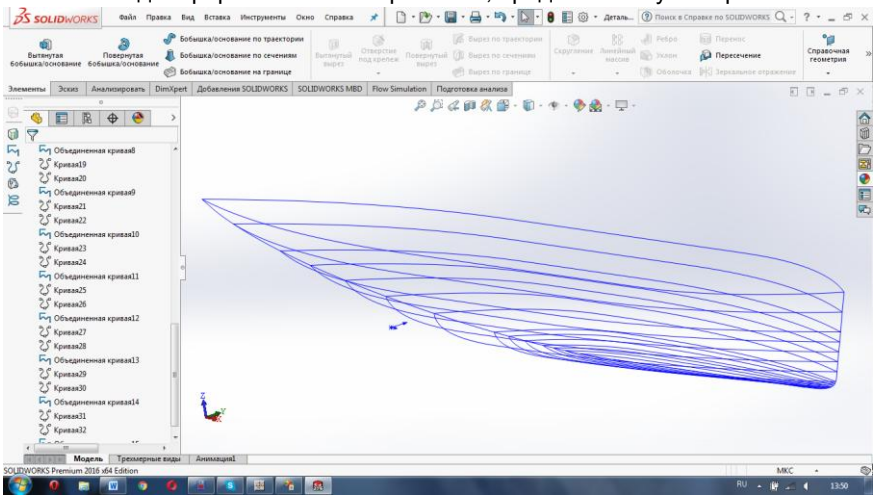


Рисунок 3 – Совокупность ватерлиний и обводов форштевня и ахтерштевня

Далее средствами SOLID WORKS (бобышка/основание на границе) создается первоначальная 3D модель корпуса судна, изображенная на рис.4.

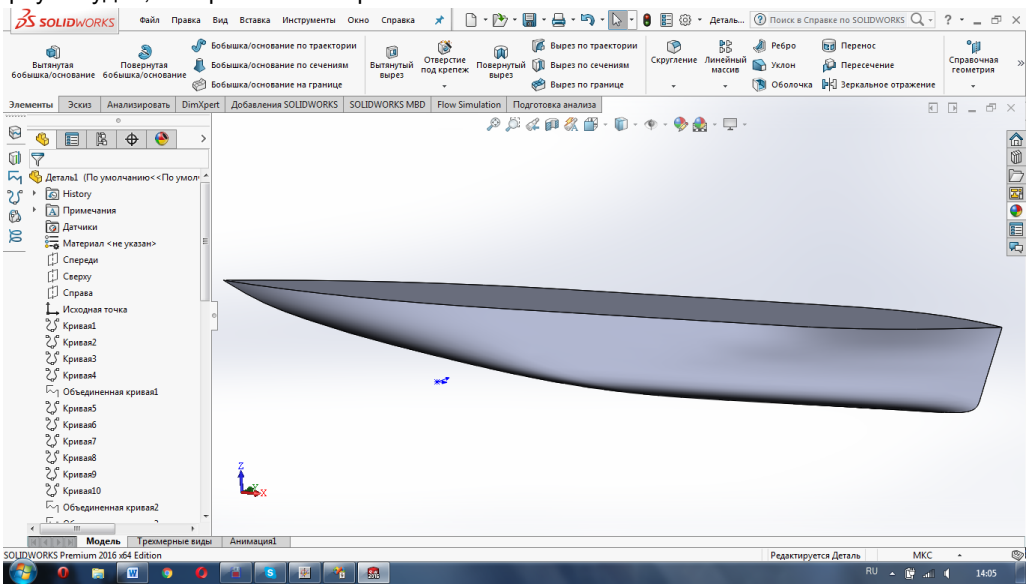


Рисунок 4 – Первоначальная 3D модель судна

Затем при помощи инструментов модуля «Эскиз» построим в ДП судна ломаную замкнутую линию, при помощи которой в модуле «Элементы» и инструмента «вытянутый вырез» сформируем на основе первоначальной модели бак, верхнюю палубу и транцевую корму. Кроме того, можем сформировать выступающие части, например диаметральный скег, показанный на рис.5.

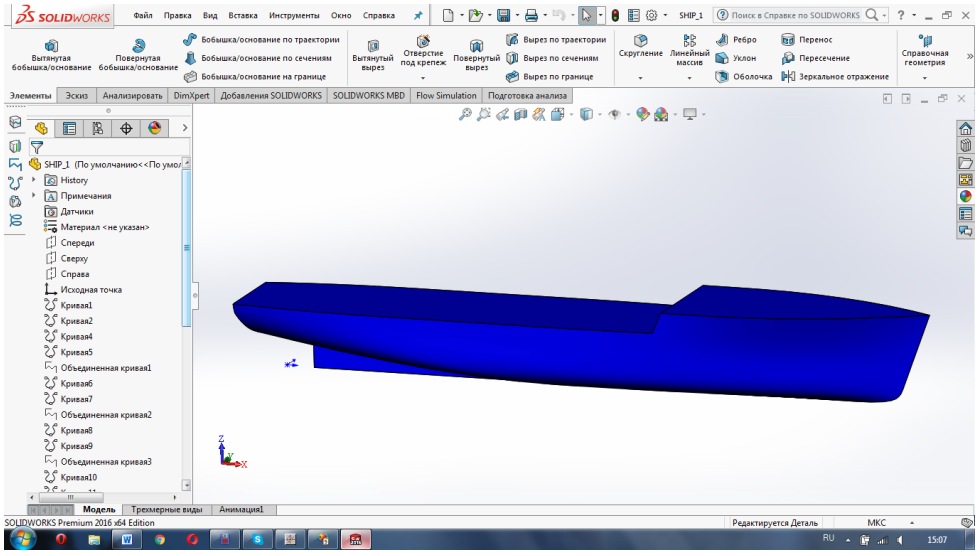


Рисунок 5 – Окончательная 3D модель судна

УДК 629.5.01

ОПТИМИЗАЦИЯ ДВИЖИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА КАТАМАРАНОВ СЕРИИ АВП. ЗАВИСИМОСТЬ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО КЛИРЕНСА И ОСАДКИ СУДНА НА БУКСИРОВОЧНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

Король Ю.М., Любицкая Н.Г.,
Национальный университет кораблестроения имени адм. Макарова

Как известно, буксировочное сопротивление катамарана зависит от обводов корпуса судна, горизонтального клиренса, осадки судна. В данном исследовании рассмотрены все три компонента, влияющих на буксировочное сопротивление и непосредственно на скорость хода судна.

В прошлом докладе, рассматривалось оптимизация движительного комплекса катамаранов серии АВП. Исследовались три модели катамаранов с разной формой обводов днища в кормовой оконечности. По требованию заказчика, было достигнуто максимальное значение скорости хода для каждой модели при заданных значениях мощности главного двигателя и диаметра гребного винта. Результат такого расчета, что при плоском днище увеличивается буксировочное сопротивление, и соответственно уменьшается скорость хода судна. Учитывая, этот фактор для дальнейшего исследования за основную модель было взято катамаран с плоско-килеватым днище АВП 07.

На основе данных статьи «Experimental Investigation on Two Displacement Catamarans» результаты расчета показали, что при горизонтальном клиренсе равным 0,24, буксировочное сопротивление наименьшее. Также при выбранном клиренсе в программном комплексе FLOW VISION проведен анализ, как влияет изменение осадки на буксировочное сопротивление.

Выводы. Данное исследование показало, как влияет горизонтальный клиренс на изменение буксировочного сопротивление. В результате которого, непосредственное увеличивается скорость хода судна при заданных значениях мощности главного двигателя. А также влияние изменения осадки судна на показатели буксировочного сопротивления и, скорости хода и диаметра гребного винта.

Список литературы

1. **Дубровский В.А**. Многокорпусные суда. [Текст] / Под ред. В.А. Дубровского. – Ленинград: Издательство «Судостроение», 1978. – 304с.
2. Claudio Pensa. Experimental Investigation on Two Displacement Catamarans: Systematic Variation of Displacement, Clearance and Stagger [Article]/ The International Journal of Small Craft Technology. – 2007. – 11p.

УДК 629.5.035.5

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГРЕБНЫХ ВИНТОВ НА ИХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Ю.М. Король, к.т.н., профессор НУК
О.Н. Корнелюк
Национальный университет кораблестроения, г. Николаев

Одним из основных путей оптимизации движительного комплекса судна является рациональное проектирование и разработка новых высокоэффективных движителей. Вопрос о выборе типа движителя решается проектантом и заказчиком на самых ранних стадиях проектирования судна. Основным движителем современных судов до сих пор остается гребной винт [6]. За последние 20 лет изменилась конструкция гребных винтов, появились новые материалы, выросли требования к качеству их изготовления, стали жёстче сроки поставки винтов на судостроительные верфи. Для обеспечения таких высоких требований возникла необходимость совершенствования технологии проектирования и изготовления гребных винтов с более высоким КПД.

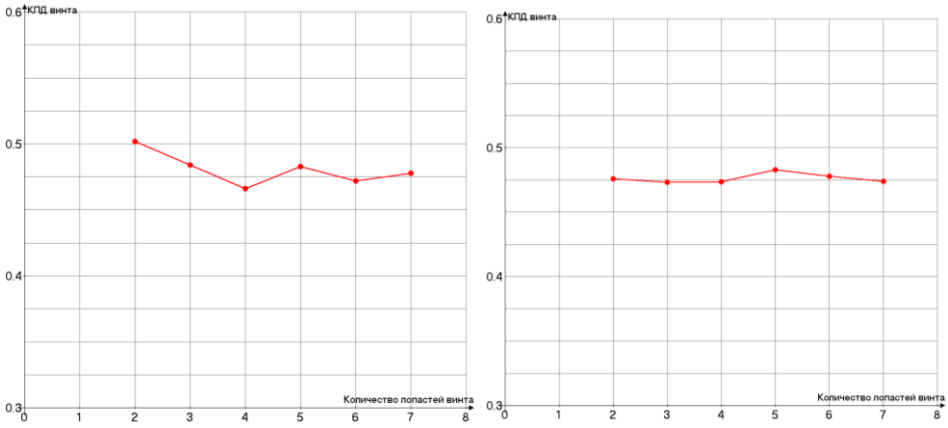
Для того чтобы спроектировать и изготовить гребной винт с заданной эффективностью, в общем случае необходимо пройти следующие этапы:

- выбрать профиль лопасти, а также геометрические характеристики проектируемого гребного винта;
- построить теоретический чертёж гребного винта (в случае использования 3D-модели строить теоретический чертёж нет необходимости [1]);
- исследовать гидродинамические характеристики гребного винта;
- оценить его коэффициент полезного действия;
- проанализировать полученные результаты, и в случае необходимости внести коррективы в форму гребного винта, повторив все предыдущие этапы от выбора профиля лопасти до оценки эффективности винта;
- изготовить гребной винт, используя одну из современных технологий изготовления гребных винтов.

На этапе выбора профиля лопасти возникает необходимость в оценке влияния числа лопастей, дискового отношения, серии гребного винта на его гидродинамические характеристики. Известно, что увеличение дискового отношения улучшает кавитационные характеристики винтов. Поэтому для быстроходных судов часто проектировщики вынуждены уменьшать эффективность винтов, поскольку другого пути просто нет.

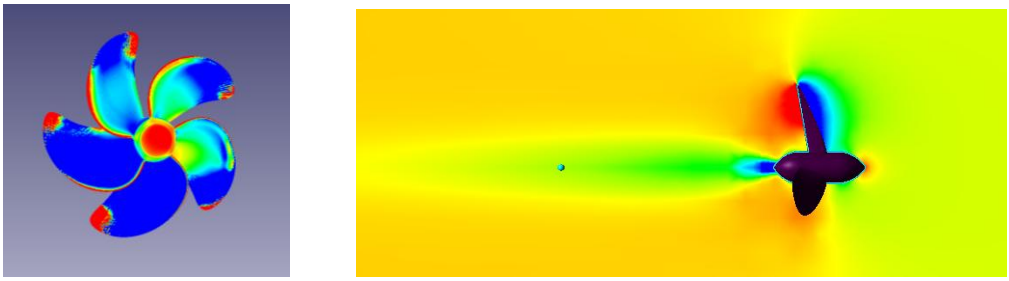
Для существующих серий гребных винтов выполнен анализ влияния лопастных и геометрических параметров на их эффективность при одном и том же значении коэффициента упора, при одних и тех же

значениях поступи и шагового отношения. При этом значения других характеристик варьировались в пределах серии (рисунок 1). В результате в докладе приведены результаты оценки степени влияния геометрических параметров на эффективность винтов различных серий.



а) б)

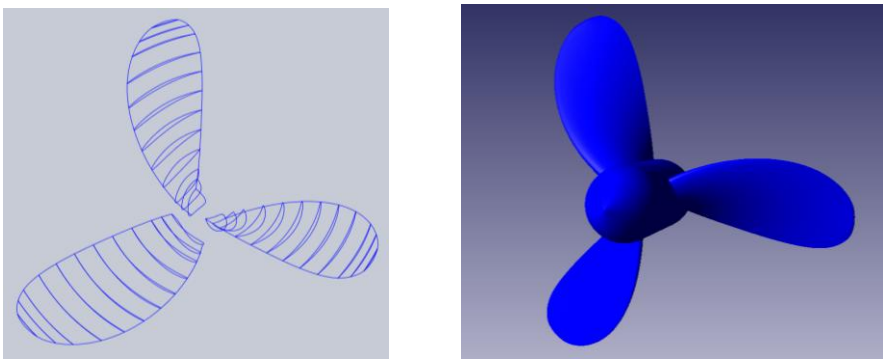
Рисунок 1 – Влияние геометрических параметров гребных винтов серии В на их КПД
(а - шаговое отношение - 1,0, дисковое отношение - 0,5, поступь - 0,6;
б - шаговое отношение - 1,2, дисковое отношение - 0,5, поступь - 0,6)



а) б)

Рисунок 2 – Исследование влияния геометрических параметров гребных винтов на их гидродинамические характеристики в среде Flow Vision

Поскольку для численных исследований необходимо наличие 3D-моделей гребных винтов [1], написана седьмая версия авторского программного обеспечения GSP3D (рисунок 3).



а) б)

Рисунок 3 – Построение 3D-модели гребного винта в Solid Works по результатам функциональной параметризации в среде программы GSP3D

При помощи программы GSP3D удобно и без лишних усилий осуществляется функциональная параметризация проектируемого гребного винта [5].

Выводы:

1. В результате анализа установлено влияние геометрических и лопастных характеристик гребного винта на его эффективность.

2. Степень влияния той или иной характеристики различны в зависимости от серии. Для серии В установлено существенное влияние изменений характеристик винта на его КПД при фиксированных значениях поступи (равном 0,6) и дисковом отношении (равном 0,5) и значениях шагового отношения, равных 1 и 1,2 на КПД винта с количеством лопастей 2, 3, 4.
3. Использование таких инструментов как CFD-продукты совместно с авторским программным обеспечением GSP3D значительно повышает эффективность исследований вопросов влияния геометрических и лопастных параметров гребного винта на его гидродинамические характеристики.

Список использованной литературы.

[1] **Алямовский, А. А.** Solid Works: компьютерное моделирование в инженерной практике [Текст]/ А. А. Алямовский. – СПб : БХВ-Петербург, 2005. – 795 с.

[2] **Корнелюк, О.Н.** Особенности моделирования работы гребного винта в среде FLOW VISION [Текст] / О. Н. Корнелюк // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв : НУК, 2015. – № 1. – С. 21–26.

[3] **Корнелюк, О.Н.** Выбор оптимальных расчётных параметров при моделировании работы гребного винта в свободной воде в среде Flow Vision [Текст] / О. Н. Корнелюк // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв : НУК, 2014. – № 5. – С. 17–21.

[4] **Король, Ю. М.** Исследование задачи обтекания плоских контуров с нефиксированными точками отрыва пограничного слоя в среде Flow Vision [Текст] / Ю. М. Король, О. Н. Рудько // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв : НУК, 2008. – № 4. – С. 30–35.

[5] **Король, Ю. М.** Автоматизированная генерация данных для построения твердотельных моделей гребных винтов [Текст] / Ю. М. Король, О. Н. Рудько // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв : НУК, 2008. – № 1. – С. 56–61.

[6] **Войткунский, Я. И.** Справочник по теории корабля [Текст] / Я. И. Войткунский, Р. Я. Перши, И. А. Титов. – Л. : Судостроение, 1973. – 511 с.

УДК 629.525.4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ СИЛ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА КРЕЙСЕРСКО-ГОНОЧНУЮ ЯХТУ

Астахова А.О.,
Национальный университет кораблестроения имени адм. Макарова

Парусные суда являются одними из наиболее сложных и малоизученных объектов инженерной деятельности. С точки зрения динамики, парусное судно — это система гидро и аэрокрыльев, движущихся вблизи границы раздела водной и воздушной сред. Характерное отличие режимов эксплуатации парусных судов заключается прежде всего в их сложности: наличии ходовых углов дрейфа и крена, в необходимости иметь достаточную остойчивость для несения парусов, а также в широком диапазоне относительных скоростей движения. Работа парусного вооружения, представляющего собой движитель судна, аналогичным образом зависит от большого числа взаимодействующих факторов.

Знание гидро- и аэродинамических характеристик отдельных элементов быстроходной яхты необходимо для моделирования ее движения и оптимизации проекта по критерию ходовых качеств.

Математическая модель аэродинамических сил позволяет создать связь между аэродинамическими силами и моментами, создаваемых от различных параметров паруса до гидродинамической модели для предсказания скорости яхты. Поэтому, любые подходящие модели сил, действующих на парус должны считать эти силы с учетом скорости яхты, угла крена, ветровых условий и так называемых характеристик парусов, таких как площадь паруса, тип парусного вооружения, форма парусов и их взаимодействие.

Существует три модели определения аэродинамических сил:

- модель Кервина-Хазена;
- модель Джексона;
- модель Фоссати;

Первая современная модель аэродинамических сил, которая может использоваться в *VVP* (*Velocity Prediction Program*) была создана профессором гидродинамики Дж. Кервином в Массачусетском технологическом институте. Модель содержит в себе два параметра “*flat”* и “*reef”*, которые учитывают отклонения от оптимальной удифферентовки для того, чтобы уменьшить кренящий момент, но основной вклад внес Дж. Хазен, его модель является основой модели Международных правил обмера (*ORC*).

В 1980 году Хазен проанализировал данные обмера парусов *Bay Bea* и ему удалось определить коэффициенты для пяти парусов (грот, стаксель, бизань, бизань-стаксель, спинакер) как функция от очевидного угла ветра β_A. Эти коэффициенты могут быть использованы для интегрирования парусов различных размеров и формы в *VPP*, таким образом модель является полуэмпирической. Основное допущение этого метода заключается в том, что паруса взаимодействуют таким образом, что увеличение силы на один парус уравновешивается уменьшением силы на другой парус. Дж. Хазен считает, что это не совсем то, что происходит в действительности, но влияние этого допущение на расчеты не значительное.

Модель Кервина – Хазена является отправной точкой практически всех квазистатических полуэмпирических моделей аэродинамических сил. Однако, этот метод показывает некоторые недостатки, касающиеся определения аэродинамического сопротивления.

В целях устранения недостатков дефорсирования модели Кервина-Хазена, модель Джексона представляет новый параметр "*twist*". Целью модели Джексона, которая рассчитана для лавировочных парусов, является моделированием связи между аэродинамическим сопротивлением, подъемной силой и центром усилия.

Модель Джексона показывает интересный подход к более реалистичному моделированию дефорсирования. Данная модель не получила широкого применения из-за дополнительной работы по определению весовой функции "twist", а также отсутствие верификации и проверки достоверности метода, которые повысили доверие к данной модели.

Учитывая недостатки в аэродинамической модели Джексона, была предложена модель, которая полностью базируется на результатах испытаний в аэродинамической трубе. В частности, эмпирические подходы различных полуэмпиричных моделей для имитации дефорсирования и его влияния на аэродинамическое сопротивление, к сожалению, эта модель была заброшена. Вместо определения коэффициента сопротивления и подъемной силы, а также центра усилия по вертикальной оси моделируются поверхности *"surfaces"*. Кроме упомянутых переменных, эти *"surfaces"* также зависят от явного угла ветра и от нового параметра "power".

Однако Фоссати попытался усовершенствовать данную модель. Поверхности создаются как параметрические поверхности Безье, что позволяет оценить положение вектора контрольных точек поверхности как функцию от явного угла ветра и "power". Также, Фоссати предлагает включить характеристики парусного вооружения, которые имею главное влияние на аэродинамику парусов.

Главной идей параметра "power" является то, что основной причиной дефорсирования и, таким образом, отклонение от оптимальной удифферентовки является необходимостью уменьшения кренящего момента.

Проблемой данного метода является потребность в учете неоптимального варианта удифферентовки яхты. Это приводит к увеличению работы для испытаний в аэродинамической трубе. Тем не менее, обычные процедуры испытания в аэродинамической трубе основаны на итерационном подходе для нахождения оптимального варианта. Поэтому неоптимальная удифферентовка исследуется в любом случае, но, возможно, она не покрывает необходимую область данных. Этот метод должен быть исследован в будущем.

Вывод. Выполнен анализ трех моделей аэродинамических сил, действующих на яхту и соответствующих методов их определений. На основе анализа была выбрана модель Кервина-Хазена, как наиболее достоверная и признанная международным сообществом для включения в Международные правила обмера.

Список использованной литературы

1. **Böhm c.** A velocity prediction procedure for sailing yachts with a hydrodynamic model based on integrated fully coupled ranse-free-surface simulations / Christoph BÖHM., 2014. – 2013 c.
2. **Larsson L.** Principles of Yacht Design / L. Larsson, R. E Eliasson. – London: Adlard Coles Nautical, 2014. – 350 c. – (5).
3. ORC VPP Documenation, 2015. – 85 c.

УДК 629.5

РОЗРОБКА ВОГНЕСТІЙКОГО ПОКРИТТЯ ДЛЯ ЗАХИСТУ СУДНОВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Коростильов Л.І. д.т.н., професор, Юреско Т.А., Мавродій Т.В.

Найважливішим елементом системи пожежної безпеки в замкнених судових приміщеннях є вогнезахист електричних кабелів. Основною вимогою до підвищення вогнестійкості кабелю є затримати вигорання полімерної ізоляції у полум'ї до 30 – 40 хв, необхідного для ліквідації пожежі. Виконання цих вимог знижує ймовірність загибелі людей та матеріальних витрат від пожежі.

На сьогоднішній день найбільш перспективним напрямком у галузі розробки вогнезахисних засобів є вогнестійкі покриття, що спучуються (ВПС) інтумесцентного типу [1].

Інтумесцентна технологія [2,3] є порівняно новою і полягає у спученні і перетворенні на кокс поверхневого шару матеріалу, який захищає поверхню електричного кабелю від впливу полум'я і високих температур. Утворення коксового шару з оптимальними захисними властивостями визначається значною мірою складом ВСП, кількісним співвідношенням між компонентами і хімічними процесами, які відбуваються при формуванні спіненого коксу.

Проведено інформаційний пошук щодо складу ВСП, який виявив переваги та недоліки компонентів. Це дозволило визначити перспективні матеріали для ВСП (табл.1) та сформулювати основну задачу розробки – створити оптимальний склад ВСП. Сполучником для ВСП є кремнійорганічна смола з каталізатором твердіння з допустимою температурою експлуатації $T_{екс}$ = 200÷220 °С.

Таблиця 1 – Склад ВСП

Назва	Хімічна формула	Призначення	$T_{рокладу,}$ °С
Поліфосфат амонію	$(NH_4PO_3)_n$	антипірени	270
Пентаеритрит	$C(CH_2OH)_4$	карбонізуючі з'єднання та агенти спінення	275
Меламін (Melamine)	$C_3H_6N_6$		350
Гідроксид магнію	$Mg(OH)_2$	антипірени	270÷300
Тригідрат алюмінію	$Al(OH)_3$		190÷230

Для визначення оптимального складу проведено повнофакторний експеримент третього порядку.

Перевірка зразків ВСП на вогнестійкість проведена на установці, яка має вигляд металевого штативу для встановлення зразка, джерела полум'я (з температурою до 1350°С) та блока вимірювання температури (розетка з 5-ти термоелектричних датчиків, хромель-копель).

Температура на поверхні вогнестійкого покриття при випробуваннях зразків підтримувалася на рівні 600 ± 30 °С, тривалість становила 15 ÷ 16 хв . Під час випробувань вимірювалась температура на зворотній поверхні дослідного зразка та час дії полум'я.

Початкова товщина покриття, що наносилася на дослідні зразки становила 2 – 3 мм, після випробувань товщина спучення знаходилась в межах 12,2 – 29,25 мм (для різних дослідних точок).

Після обробки експериментальних даних, обрано цільову функцію – лінійне рівняння, доповнене добутком факторів:

$$Y_{ti}(b_0, b_1, b_2, b_4, x_1, x_2, x_3) = b_0+b_1\cdot x_1+b_2\cdot x_2+b_4\cdot x_1\cdot x_2.$$

Дану функцію оптимізовано за допомогою програми *MathCAD* 14 і з використанням процедури *Minimize,* знайдено параметри: b_0 = 534, b_1 = – 847, b_2 =–1,6 ·10^3,b_4 = 3,275 ·10^3 .

Отримано оптимальний склад компонентів, залежність температури на зворотній стороні зразка від складу композиції представлено на рис.1.

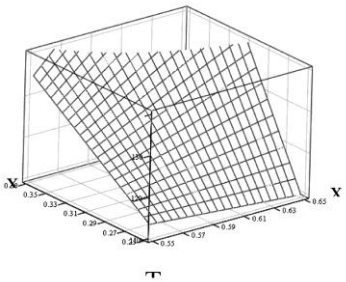


Рисунок 1 – Залежність температури на зворотній стороні зразка від складу композиції

Висновки. Проведені дослідження дозволили визначити оптимальний склад ВСП для захисту суднових конструкцій та електричних кабелів.

Враховуючи, що температура деструкції більшості полімерної ізоляції кабелю перевищує 180°С, тобто при таких температурах полімер не встигає розкластися і виділити шкідливі речовини.

Встановлено, що ефективність покриття залежить від його товщини, але необхідність у збільшуванні товщини покриття більше 1 – 2мм не існує, оскільки при пожежі товщина ВСП збільшується в 20 – 30 разів.

Список использованной литературы.

1. **Крашенинникова, М. В.** Огнезащитные вспучивающиеся материалы на основе органорастворимых пленкообразователей [Текст] / М. В. Крашенинникова // Лакокрасочные материалы и их применение. – 2006. – № 12. – С. 14 – 19.

2. **Лапушкин, М.П.** Влияние неорганических антипиренов на огнезащитную эффективность составов интумесцентного типа [Текст] / М. П. Лапушкин, П. А. Фещенко, Р. А. Вахитов // Лакокрасочные материалы и их применение. – 2007. – № 1– 2. – С.48 – 54.

3. **Калмагамбетова, А. Ш.** К механизму процесса в исследованиях огнезащитных композиционных материалов [Текст] / А. Ш. Калмагамбетова, А.К. Шайкежан // Вестник НИИстромпроекта. – 2009. – №5. – 6(22). – С.22 – 26.

УДК УДК 004.942:629.5.01

КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ МОРСКОЙ ПРИВЯЗНОЙ СИСТЕМЫ С ГИБКОЙ СВЯЗЬЮ

Трунин Константин Станиславович
К.т.н., доцент кафедры менеджмента НУК имени адмирала Макарова

При исследовании динамики морских привязных систем (МПС) с гибкими связями (ГС) возникает необходимость теоретического обоснования их методов расчёта и проектирования: совершенствования проектных расчётов конструктивных элементов привязных систем с ГС на основе математических моделей в квазистационарных и динамических режимах эксплуатации; разработки рекомендаций по прогнозированию возможных нагрузок, необходимых для проектирования их элементов и комплексов в целом, доведение их до уровня инженерного приложения [1-4].

Целью создания кибернетической модели на основе разработанной математической модели (определена система уравнений), описывающей динамику элемента ГС МПС в результате действия на него внешних сил и реакций растяжения, изгиба и поворота, и полученого алгоритма моделирования динамики ГС МПС, которая позволяет описать динамику МПС и в конечном итоге упростить проектные расчёты МПС с ГС.

Описание интерфейса программы моделирования движения МПС. Компьютерная программа моделирования динамики ГС МПС разработана в системе Delphi, на основе алгоритма решения системы уравнений математической модели динамики МПС [5].

Работа программы начинается после активизации файла FILUM_CIRKUL.EXE. В результате этого на экране компьютера появляется рабочее окно программы (рис.1).

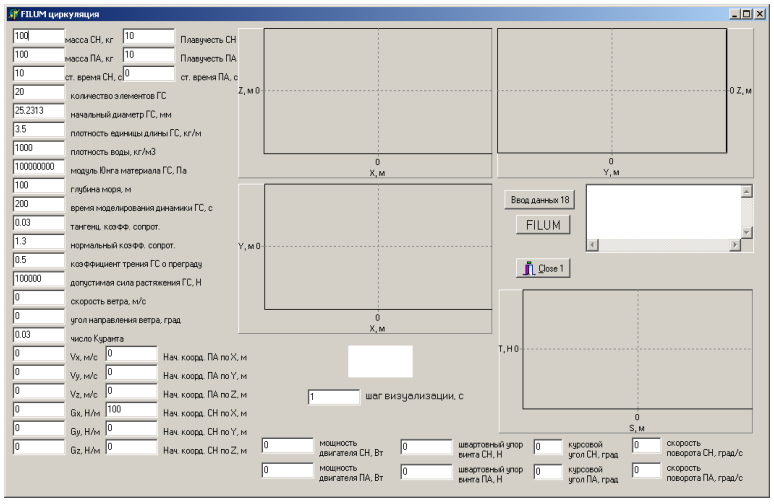


Рис.1. Начальный вид рабочего окна программы моделирования динамики ГС МПС.

Рабочее окно программы содержит окна для задания величин 38 параметров МПС и 3 параметров алгоритма. Справа от этих окон кратко записано название параметров и их размерности. Результаты моделирования представляются графически на четырёх диаграммах в заданные моменты времени, которые показываются в окне рядом с диаграммами. Эти моменты определяются интервалом времени, через который происходит смена изображений на диаграммах, и задаются параметром "шаг визуализации, с". Три диаграммы показывают пространственное расположение судна-носителя (СН), ГС и привязного необитаемого подводного аппарата (ПНПА) в проекциях на плоскости XOZ, YOZ и XOY прямоугольной декартовой системы координат, а четвёртая диаграмма показывает распределение силы растяжения ГС вдоль её длины. Числовые результаты выводятся в текстовое окно с полосами прокрутки данных в нём для их просмотра после выполнения программы. В заданные моменты времени происходит запись обобщённых координат узлов ГС, СН и ПНПА, а также сил растяжения ГС в узлах её элементов в файловой системе компьютера. Эти файлы становятся доступны для анализа данных после завершения работы программы.

После записи величин параметров ПМС и окружающей среды производится их ввод в программу. Для этого необходимо нажать на кнопку рабочего окна программы с названием "Ввод данных" щелчком левой клавиши "мыши". После этого на диаграммах и в текстовом окне появляются изображения и данные, соответствующие введённым параметрам МПС (рис. 2).

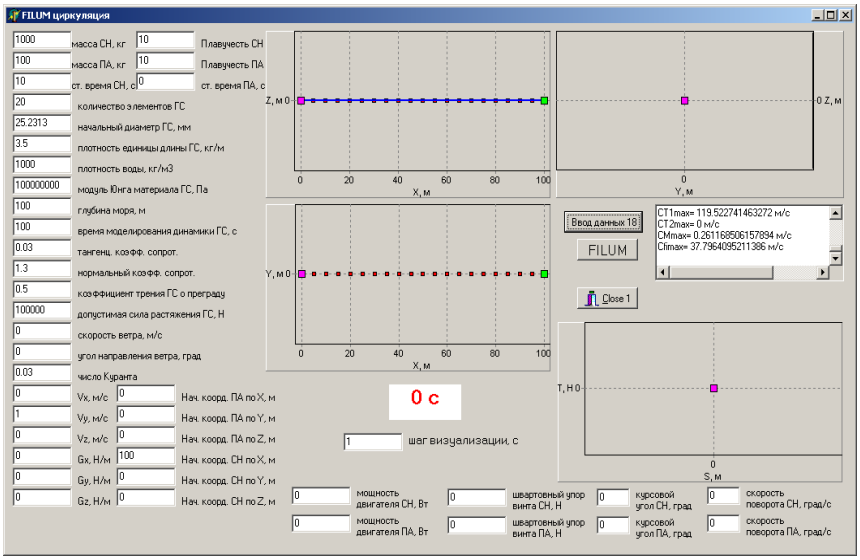


Рис.2. Вид рабочего окна программы моделирования динамики ГС МПС после ввода исходных данных.

Пользователь программы может проверить эти данные и, если заметит неточности, то может откорректировать введённые параметры, после чего повторить их ввод.

Моделирование динамики ГС МПС начинается после "щелчка" по кнопке рабочего окна программы с названием "FILUM". В процессе выполнения программы пользователь может наблюдать на диаграммах её рабочего окна изменение положения узлов элементов ГС, на концах которой большими маркерами показаны координаты СН (зелёный маркер) и ПНПА (лиловый маркер), а также изменение сил растяжения ГС в узлах её элементов (рис.3). Это позволяет оперативно определять правильность выбора параметров МПС при заданных режимах движения СН и ПНПА в условиях морских течений, волнения поверхности моря (синяя линия на диаграммах) и взаимодействия элементов МПС с морским дном. Если сила растяжения ГС достигнет или превысит заданную допустимую силу её растяжения, тогда программа прекращает работу, на рабочем окне появляется запись "Разрыв ГС!!!", а на диаграмме показывающей силы растяжения ГС можно определить в каком её узле произошёл разрыв.

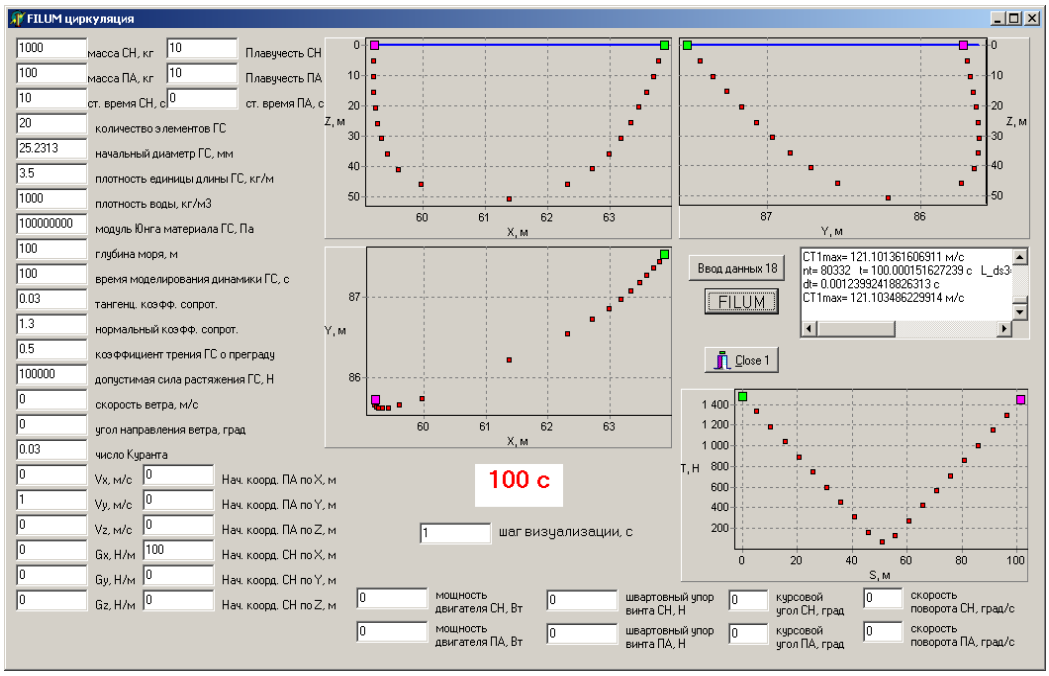


Рис.3. Вид рабочего окна программы моделирования динамики ГС МПС после завершения её выполнения.

Выводы. Создана компьютерная программа МПС с ГС, позволяющая моделировать ГС в составе МПС на основе 38 заданных параметров МПС и совершенствовать проектирование МПС с ГС.

Список ссылок на источники:

1. **Трунін К.С.** Удосконалення методів проектування гнучких зв'язків морських прив'язних систем [Текст] // Матеріали Першої Міжнародної НТК «Інновації в суднобудуванні та океанотех-ніці». – Миколаїв, НУК, 2010. – 544 с. (с. 137-138).
2. **Трунин К.С.** Проблемы совершенствования методов проектирования гибких связей морских привязных систем [Текст] // Сучасні проблеми в океанотехніці: матеріали всеукраїн. наук.-техн. конф., Севастополь, 25-27 верес. 2013 р. / М-во освіти і науки України; Севастоп. нац. техн. ун-т; наук. ред. В.Р. Душко – Севастополь, СевНТУ, 2013. – 136 с. (с. 10-13).
3. **Трунин К.С.** Особенности проектирования гибких связей морских привязных систем [Текст] // Матеріали IV Міжнародної НТК «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці» – Миколаїв: НУК, 2013. – 628 с. (с. 100-103).
4. **Трунин К.С.** Совершенствование проектирования гибких связей для морских привязных систем [Текст] // Вісник НУК. Електронне видання: ev.nuos.edu.ua/material;sessionid=bd4785dda21cdafboo91dca1d12?publicationId=22485.
5. **Трунин К.С.** Алгоритм моделирования динамики морской привязной системы с гибкой связью [Текст] // Підводна техніка і технологія: Матеріали всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю: в 2 ч. – Миколаїв: НУК, 2014. – Ч. 1. – 100 с. (с. 36-42).

УДК 004.415.53:531.391

ТЕСТИРОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ МОДЕЛИ ДИНАМИКИ МОРСКОЙ ПРИВЯЗНОЙ СИСТЕМЫ С ГИБКОЙ СВЯЗЬЮ

Трунин Константин Станиславович
К.т.н., доцент кафедры менеджмента НУК имени адмирала Макарова

На основе разработанной математической модели была определена система уравнений, описывающая динамику элемента гибкой связи (ГС) в результате действия на неё внешних сил и реакций растяжения, изгиба и поворота [1]. Получен алгоритм моделирования динамики ГС, позволяющий выполнять

расчёты динамики ГС морской привязной системы (МПС), и в дальнейшем перейти к разработке компьютерной программы, описывающей динамику МПС с ГС [2]. На основе алгоритма моделирования динамики ГС, позволяющем выполнять расчёты динамики ГС МПС, разработана компьютерная программа, описывающая динамику МПС с ГС. Компьютерная программа требует проверки (тестирования) и возможности использования для совершенствования теории и методов проектирования МПС с ГС.

При тестировании программ на ЭВМ основные этапы решения задач на ЭВМ следующие:

1. Постановка задачи.
2. Определение методов решения.
3. Составление алгоритмов.
4. Написание программ для ЭВМ.
5. Отладка программ на ЭВМ.
6. Получение результатов на ЭВМ.

Если программа выполняется успешно, желательно завершить ее испытания тестированием при задании исходных данных, принимающих предельные для программы значения. а также выходящие за допустимые пределы значения на входе.

Рассмотрим результаты тестирования математической модели и алгоритма динамики ГС.

Тестирование математической модели привязной системы и алгоритма расчёта выполнено на примерах стационарного режима буксировки трёх видов привязных систем. Разработанная математическая модель предназначена, прежде всего, для решения нестационарных задач динамики привязных систем. Поэтому стационарные режимы буксировки определены в результате завершения математического моделирования нестационарного (переходного) процесса системы от начального положения (ГС подвешена на судне-носителе (СН) вертикально в направлении оси Z) до её установившегося состояния. Для упрощения моделирования установившегося состояния привязной системы использовали принцип "обращения воздействия", когда элементы системы считали неподвижными, а на них набегает поток воды со скоростью равной скорости движения СН и противоположной по направлению. Рассмотрим примеры проверки математической модели.

Привязная система 1.

На примере расчёта из книги Бугаенко Б.А. [3, с.144-146]. Судно-буксировщик (СБ) соединено с буксируемым носителем (БН) кабель-буксиром диаметром 30 мм, длиной – 400 м, жёсткость кабель-буксира – $6{,}75 \cdot 10^7$ Н, погонная масса – 1,43 кг/м. Схема буксировки показана на рис. 1.

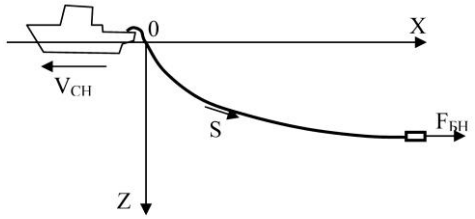


Рис. 1. Схема буксировки для привязной системы 1.

К БН присоединён стабилизирующий участок дополнительного каната нулевой плавучести, создающий при скорости буксировки 3 м/с усилие ($F_{БН}$) 1 кН. БН представляет собой круговой цилиндр диаметром 0,8м, длиной 2м, массой 1030,44кг, при которой обеспечивается его нулевая плавучесть. Коэффициенты сопротивления БН $C_x=C_z=0{,}77$, кабель-буксира $C_n=1{,}35$, $C_т=0{,}04$.

На рис. 2 показана линия кабель-буксира рассчитанная в работе [12] без учёта гидродинамического сопротивления кабель-буксира (лиловая линия), а также линии, рассчитанные по разработанной модели без учёта гидродинамического сопротивления кабель-буксира (синяя линия) и с его учётом (красная линия).

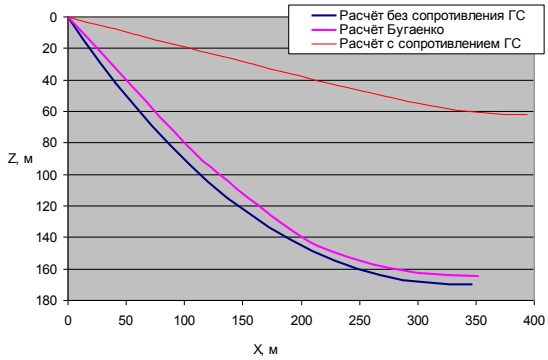


Рис. 2. Линия кабель-буксира рассчитанная в работе [12] без учёта гидродинамического сопротивления кабель-буксира.

На рис. 3 показано распределение силы натяжения вдоль кабель-буксира в направлении координаты S (обозначения на рис. 3 аналогичны обозначениям на рис.2).

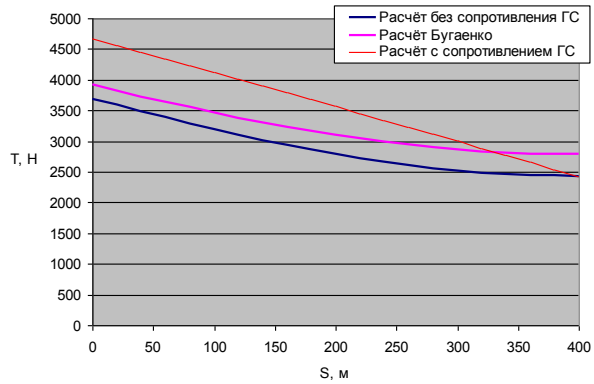


Рис. 3. Распределение силы натяжения вдоль кабель-буксира в направлении координаты S.

Из рисунков 2 и 3 следует, что результаты моделирования согласуются с расчётами, приведёнными в [3] без учёта гидродинамического сопротивления кабель-буксира. Учёт сопротивления кабель-буксира при математическом моделировании приводит к уменьшению глубины его погружения, что соответствует физическим законам.

Привязная система 2.

На примере расчёта из статьи С.Н. Нужного [4, с. 101-103]. Схема буксировки показана на рис. 4.

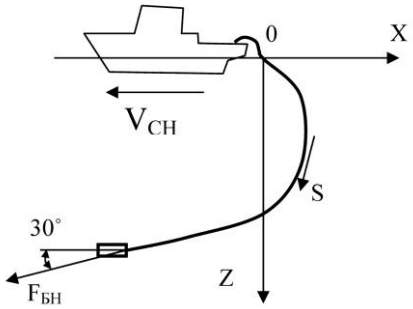


Рис. 4. Схема буксировки для привязной системы 2.

В отличие от схемы буксировки, показанной на рис. 1, в [4] использован буксируемый носитель (БН) с собственным движителем, упор которого принимал значения 50, 100, 150 и 250 Н в направлении движения судна-буксировщика (СБ) со скоростью 0,8 м/с под углом заглубления 30˚ по отношению к оси X. Диаметр кабель-троса 12 мм, а его длина 100 м (использованы данные, приведённые автором на рис. 4). На рис. 5 показаны линия кабель-троса рассчитанные в работе [2], а также линии, рассчитанные по разработанной модели.

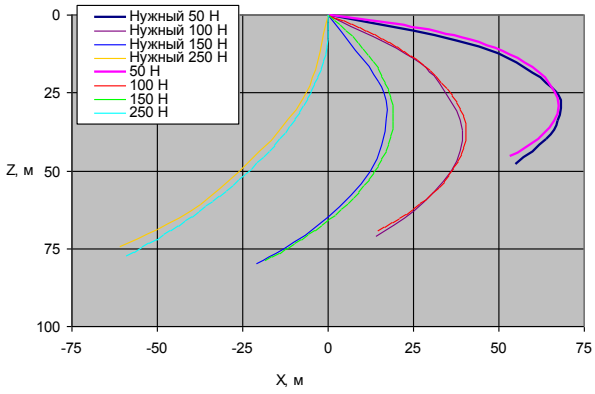


Рис. 5. Линия кабель-троса рассчитанные в работе [Нужный], а также линии, рассчитанные по разработанной модели.

На рис. 6 показано распределение силы натяжения вдоль кабель-троса в направлении координаты S (обозначения показаны на рисунках).

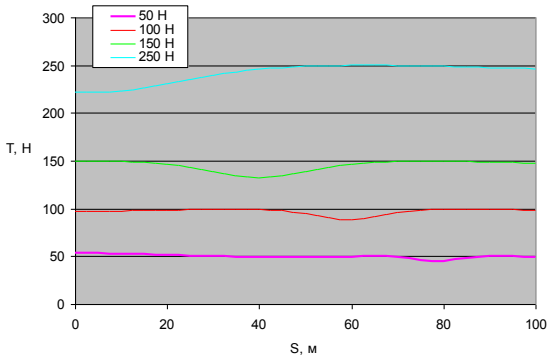


Рис. 6. Распределение силы натяжения вдоль кабель-троса в направлении координаты S.

Из рисунков 5 и 6 следует, что результаты моделирования согласуются с расчётами, приведёнными в [4] как по форме профиля кабель-троса, так и по величине силы натяжения троса возле БН (S=100 м).

Привязная система 3.

На примере расчёта из статьи Г.В. Бабкина (использованы данные, приведённые автором на рис. 2 и в таблицах 1 и 2) [5].

В отличие от схемы буксировки, показанной на рис.1, в [5] использован БН с собственным движителем, упор (F_x) которого в направлении движения СБ со скоростью 0,5 м/с и заглубляющая сила (F_z) заданы в таблице 2 [5]. Диаметр кабель-троса 12 мм, а его длина 100 м. Схема буксировки показана на рис. 7.

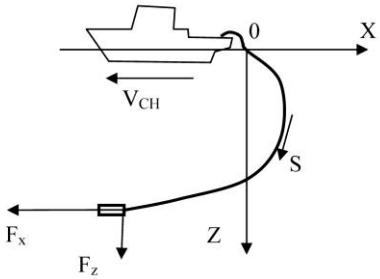


Рис. 7. Схема буксировки.

На рис. 8 показаны линия кабель-троса рассчитанные в работе [5], а также линии, рассчитанные по разработанной модели.

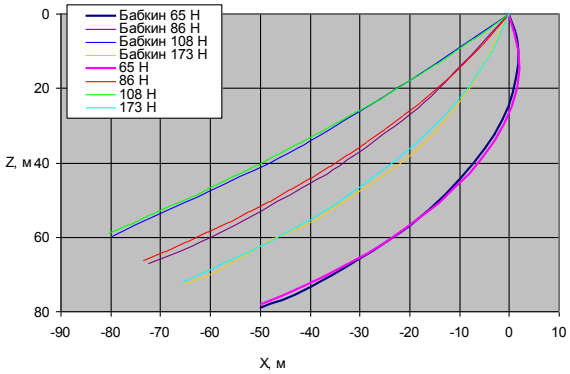


Рис.8. Линия кабель-троса рассчитанные в работе [5], а также линии, рассчитанные по разработанной модели.

На рис. 9 показано распределение силы натяжения вдоль кабель-троса в направлении координаты S, полученное в результате математического моделирования и модуль силы натяжения кабель-троса возле БН (S = 100 м) из работы [5] (обозначения показаны на рисунках).

Из рисунков 8 и 9 следует, что результаты моделирования согласуются с расчётами, приведёнными в [5] как по форме профиля кабель-троса, так и по величине силы натяжения троса возле БН (S=100 м).

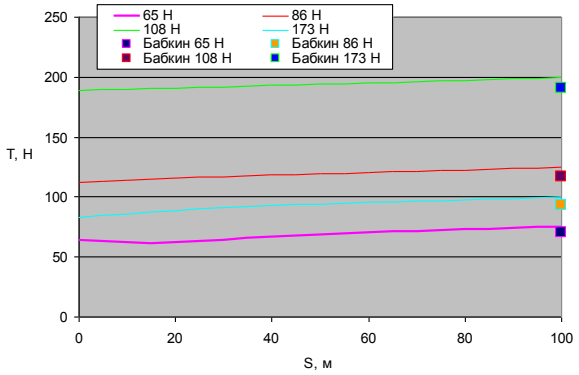


Рис. 9. распределение силы натяжения вдоль кабель-троса в направлении координаты S, полученное в результате математического моделирования и модуль силы натяжения кабель-троса возле БН (S=100 м) из работы [5].

Рассмотрим другой случай. Стальной трос диаметром 25 мм, длиной 141 м и погонной массой 3,5 кг/м, прикреплён коренным концом к бую массой 100 кг (гидродинамическое сопротивление буя равно нулю), а ходовым – к якорю на глубине 100 м (дно моря плоское и постоянной глубины). Модуль Юнга троса принят равным 10^9 Па. Нормальный коэффициент сопротивления троса равен 1. В начальный момент времени трос имеет прямолинейную форму с наклоном в сторону, противоположную морскому течению, со скоростью 1 м/с вдоль меридиана с юга на север. В момент времени t=0 буй с тросом освобождается и начинает движение под действием силы тяжести и морского течения. На рис. 10 показаны положения троса и буя в определённые моменты времени (в секундах).

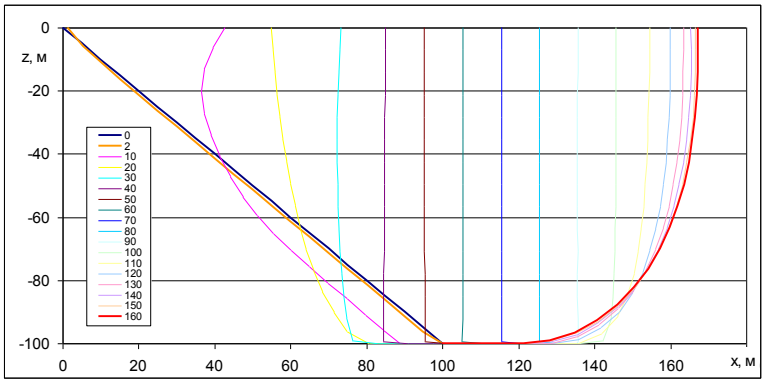


Рис. 10. Положение буя на тросе и троса в различные моменты времени.

Распределение силы натяжения троса по его длине в разные моменты времени показано на рис. 11.

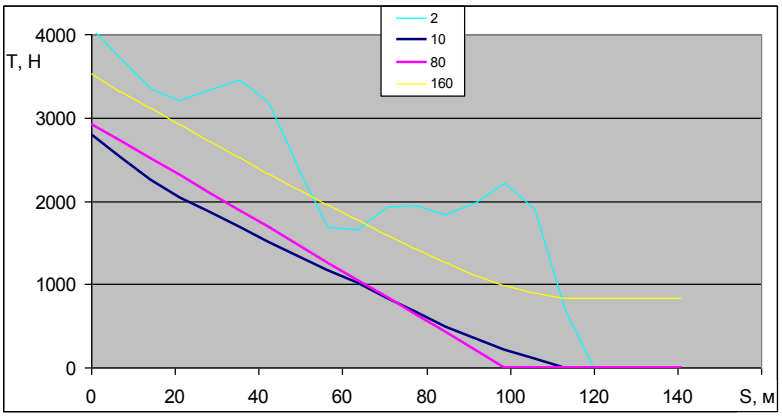


Рис. 11. Распределение силы натяжения троса по его длине в разные моменты времени (S – координата вдоль троса от коренного конца к ходовому).

Выводы. Проведено тестирование разработанной на основе алгоритма моделирования динамики ГС компьютерной программы модели МПС, позволяющий выполнять расчёты динамики ГС МПС, которое показало работоспособность программы и позволило отладить её.

Список ссылок на источники:

1. **Трунин К.С.** Математическая модель морской привязной системы с гибкой связью [Текст] // Інновації в суднобудуванні та океанотехніці: матеріали V Міжнародної науково-технічної конференції. – Миколаїв, НУК, 2014. – 608 с. (с. 386-388).
2. **Трунін К.С.** Алгоритм моделирования динамики морской привязной системы с гибкой связью. [Текст] // Підводна техніка і технологія: Матеріали всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю: в 2 ч. – Миколаїв: НУК, 2014. – Ч. 1. – 100 с. (с. 36-42).
3. **Бугаенко Б.А.** Динамика судовых спускоподъёмных операций [Текст] / Б.А. Бугаенко. – Киев: Наукова думка, 2004. – 320 с.
4. **Нужный С.Н.** Особенности проектирования кабель-тросов для самоходных привязных подводных аппаратов [Текст] // С.Н. Нужный. – «Республіканський міжвідомчий науково-технічний збірник електричного машинобудування та електрообладнання». – Одеса, 1998. – 224 с.
5. **Бабкин Г.В.** Оценка энергетических характеристик двухзвенной привязной подводной системы с буем-отводителем. [Текст] // Г.В. Бабкин – II Міжнародна НТК «Проблеми енергозбереження і екології суднобудування. – Миклаїв, УДМТУ, 1998.

УДК 629.5.024.715

ПРИМЕНЕНИЕ МОДУЛЯ FLOW SIMULATION ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА SOLID WORKS К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ГИДРОДИНАМИКИ ГРЕБНЫХ ВИНТОВ

Урсолова А. С., Урсолов А. И.,
Национальный университет кораблестроения имени адм. Макарова

От эффективности пропульсивного комплекса зависит экономическая эффективность судна в целом. Исходя из этого, совершенствование КПД винта с целью экономии топлива и уменьшения мощности главного двигателя является важным направлением в исследованиях гидродинамики судна.

Прежде чем приступать к каким-либо расчетам гидродинамики, в любых CFD-пакетах, возникает необходимость выработки оптимальных характеристик моделирования. Этот процесс занимает большое количество времени и ресурсов, так как количество характеристик достаточно велико. А сочетание различных характеристик требует ещё больше расчётного времени. Эти характеристики следующие – шаг по времени, тип течения жидкости (ламинарный, турбулентный или ламин./турбул.), параметры турбулентности, количество расчетных ячеек (сетка), размеры расчетной области и ее форма, способ задания технологии вращения, учет гравитации, уровень адаптации расчетной сетки в районе вращающегося тела. В результате при выработке оптимальных характеристик моделирования, как и в других CFD-пакетах, задача сводится к правильному подбору шага по времени, количеству расчетных ячеек и уровню адаптации [1].

Положительные стороны работы в модуле Flow Simulation программного комплекса Solid Works таковы: дружелюбный к пользователю интерфейс; сокращение времени на задание каждого проекта; стабильность работы программы; возможность создавать геометрию и производить расчеты в одном программном комплексе; хорошее качество поверхностей, что крайне важно для гидродинамических расчетов; программа сама подбирает уровень адаптации области расчета вблизи поверхности твердого тела (в нашем случае гребного винта) и в областях заметного изменения давления и скорости без участия пользователя; возможность отслеживания изменения величин сил и моментов в графическом и численном видах в процессе расчета; распараллеливание процесса расчета; широкие возможности постпроцессора для визуализации результатов расчета [2].

Выработана методика расчета свободных гребных винтов, гребных винтов в направляющей насадке, без корпуса судна и с ним, в прямом и косом потоках. Также проведены расчеты движительно-рулевого комплекса за корпусом судна.

В результате исследования было выяснено, что использование данного программного комплекса в разы уменьшает количество затраченного времени на создание проектов, дает широкие возможности в гидродинамических расчетах вращающихся тел (в нашем случае гребных винтов), дает высокую достоверность результатов, так как часть расчетов была проведена для серийных гребных винтов, с целью отладить методику задания расчетов.

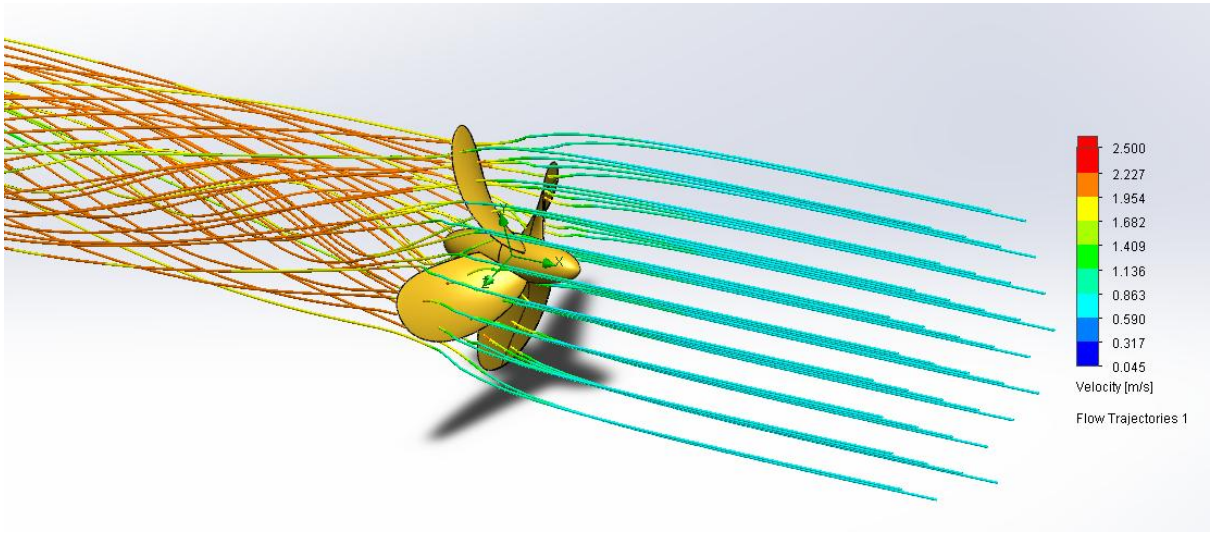


Рис. 1 Визуализация результатов расчета – траектории движения частиц жидкости, при работе гребного винта в прямом набегающем потоке.

Список использованной литературы.

1. Алямовский, А. А. SolidWorks Simulation. Как решать практические задачи [Текст] / А. А. Алямовский. – БХВ-Петербург, 2012, – 488 с.
2. Упражнения к пакету SolidWorks Flow Simulation 2009 на русском языке. — SW-Russia, 2009 — 224 с.

УДК 629.563.42(043.2)

АНАЛИЗ ХОДКОСТИ МНОГОЧЕРПАКОВОГО ЗЕМСНАРЯДА, КОРПУС КОТОРОГО ИМЕЕТ ЧЕРПАКОВЫЙ ВЫРЕЗ

Сауляк С.В.,
Национальный университет Одесская морская академия

В процессе проектирования многочерпакового земснаряда корпус, которого имеет черпаковый вырез, необходимо рассчитывать полное сопротивление воды движению судна с целью установления достижимой скорости при переходах и определения мощности главной машины, которая одновременно расходуется на движение судна с рабочей скоростью и на срезание грунта [1].

На оценку полного сопротивления воды движения земснаряда влияет особенности корпуса этих судов: наличие черпакового выреза в кормовой (носовой) или средней части.

До последнего времени проектировщики не располагали материалами, которые позволили хотя бы приближенно оценить влияние особенностей корпуса на полное сопротивление воды движению земснаряда. В 60-х годах XX столетия были проведены серийные испытания моделей корпусов с вырезами (в опытовом бассейне Одесского института инженеров морского флота), анализ результатов которых дал возможность сделать следующие выводы:

- наличие выреза в средней части корпуса повысило относительное сопротивление на 25 – 30%;
- при носовом вырезе сопротивление повышалось тем больше, чем длиннее вырез, причем влияние сильнее при малых скоростях. Так, если вырез составляет 5% длины судна, сопротивление увеличивается на 75% (для чисел Фруда 0,10 – 0,15) и 40% (для чисел Фруда 0,20 – 0,30). Когда вырез составляет 10% длины судна, то сопротивление повышалось на 110% и 50%, когда 15%, то – на 120 и 80%, и когда – 25%, то на 140 и 80% [1]. Интересно отметить, что при числах Фруда 0,20 – 0,24 длина вырезов меньше сказывается на сопротивлении;
- в меньшей степени по сравнению с носовым вырезом влияет на повышение сопротивления кормовой вырез. С увеличением длины кормового относительное сопротивление незначительно уменьшается. При длине кормового выреза, составляющий 10% длины судна, увеличение относительного сопротивления составляет 70% (для чисел Фруда 0,10 – 0,15) и 57% (для чисел Фруда – 0,20 – 0,23). Если вырез составляет 15% длины судна, то сопротивление повышается до 52 и 45%, если – 25%, то – до 40 – 39%.

Если предположить что многочерпаковый земснаряд корпус, которого имеет черпаковый вырез, рассматривать как многокорпусное судно, тогда особенностью расчета полного сопротивления при движении на тихой воде будет определяться геометрическими характеристиками корпусов и их взаимным расположением. Эти факторы по-разному воздействуют на все составляющие сопротивления. Качественные аспекты этого воздействия изложены автором учебного пособия [2], к схеме разделения буксировочного сопротивления голого корпуса водоизмещающего судна, рассмотренной на 13-м конгрессе по опытовым бассейнам.

На элементарной площадке поверхности каждого корпуса при установившемся движении возникают постоянные во времени касательные и нормальные напряжения. Интегрируя составляющую касательных напряжений, параллельную направлению движения, по смоченной поверхности всех корпусов, получаем сопротивление поверхностного трения. Первая составляющая может быть разделена на сопротивление эквивалентной плоской пластины, длина и смоченная поверхность которой равны соответствующим характеристикам рассматриваемого корпуса, и сопротивление, связанное с кривизной поверхности корпуса судна.

Интересно отметить, что в справочнике [3], приведен приближенный расчет сопротивления многокорпусных судов, но не приведен расчет по сопротивлению воды движению многочерпакового земснаряда, корпус которого имеет черпаковый вырез.

Выводы. Анализ ходкости многочерпакового земснаряда корпус, которого имеет черпаковый вырез, показал необходимость дальнейшего исследования этого вопроса в опытовом бассейне Одесского национального морского университета. Так как возникла необходимость перепроверить результаты проведенных испытаний с учетом изменения архитектурно-конструктивного типа многочерпакового земснаряда и технологии проведения дноуглубительных работ. А именно:

- оптимальное расположение и длина черпакового выреза;
- влияние мелководного разрабатываемого участка дноуглубительных работ;
- скорость проведения дноуглубительных работ многочерпаковой цепью;
- наличие шлейфа многочерпаковой цепи.

Список использованной литературы

4. **Дубровский В. А.** Многокорпусные суда [Текст] / В. А. Дубровский. – Л.: Судостроение, 1978 – 296 с.
5. **Спитковский М. И.** Суда технического и вспомогательного флота [Текст] / М. И. Спитковский. – М.: Транспорт, 1965 – 410 с.
6. **Войткунский Я. И.** Справочник по теории корабля. Том 1. Л.: Судостроение, 1985 – 543 с.

УДК - 629.5.036

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДОМЕТНОГО ДВИЖИТЕЛЯ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Латыпов Роман Вадимович, аспирант
Зайцев Валерий Владимирович, д.т.н., доц.

Проанализировав исследования и научные работы по теме водометных движителей, были выделены следующие актуальные проблемы для исследования водометного движителя (ВД).

1) **Повышение эффективности водометного движителя**. Повышение КПД пропульсивного комплекса судна всегда является актуальной задачей, в частности разработка методов повышения тягового КПД ВД может позволить снизить удельный расход топлива судна. Для решения этой задачи предполагается выбрать следующие параметры, оптимизация которых позволит повысить эффективность ВД: подача, тяга, напор, массовый расход жидкости, тяговое КПД ВД.
2) **Совершенствование методики расчета/проектирования водомета**. Проанализировав существующие методики расчета и проектирования водометных движителей, становится актуальным внедрение новых методов расчета и моделирования рабочего процесса ВД с применением современных информационных технологий и САПР.
3) **Оптимизация геометрии одного из элементов водометного движителя.** Одним из ключевых этапов проектирования ВД – есть процесс выбора и утверждения конечной геометрии всех элементов ВД, который выполняется методом последовательных приближений. Возникает необходимость сократить количество итераций в выборе геометрии отдельных элементов ВД,

улучшение методов поиска необходимых поправок в геометрию для достижения целей технического задания на проектирование.

4) **Снижение гидродинамических потерь проточного канала**. Одной из частных проблем повышения эффективности водометного движителя – есть сокращение гидродинамических потерь. Для этого можно оптимизировать геометрию проточного канала и его отдельных элементов, основываясь на результатах численного моделирования рабочего процесса ВД. Возможны пути снижения гидродинамических потеруь: сокращение длины проточного канала, уменьшение угла наклона водозаборника, применение материалов в конструкции проточного канала и нанесение специальных покрытий с меньшим гидродинамическим сопротивлением, оптимизация геометрии водозаборника, применение новых методов соединений и сборки элементов ВД. Сделав несколько гипотез которые могли бы улучшить этот параметр, можно провести гидродинамический расчет и верифицировать успешность корректировок геометрии либо же применения новых материалов или покрытий.
5) **Выбор оптимально профиля РК и СА. Выбор профиля лопаток РК и СА.** сказывается на показателях эффективности ВД и в целом на его работу. Становится актуальным вопрос выбора необходимого профиля для достижения целей и задач на проектирование.
6) **Проблема кавитации в ВД**. Исследования причин кавитации и возможных путей решения возникновения кавитации и устранение последствий кавитации. Типичные зоны кавитации в ВД, и способы борьбы с ними. Разрушение РК и корпуса насоса ВД в следствие кавитации. Расчет кавитационного запаса ВД.

Список литературы

1. Высокооборотные лопаточные насосы. Под ред. д-ра техн. наук В. В. Овсянникова и д-ра техн. наук В, Ф. Чебаевского. М.: Машиностроение, 1975. – 336 с.
2. Куликов С.В., Храмкин М.Ф. Водометные движители: Учебник – Л.: Судостроение, 1980. – 312 с., ил.
3. Куликов С.В., Храмкин М.Ф. Водометные движители: Учебник – Л.: Судостроение, 1965. – 272 с., ил.
4. Папир А.Н. Водометные движители малых судов: Учебник – Л.: Судостроение, 1970. – 256 с., ил.
5. Суднові Рушії: Навчальний посібник/ В.П. Шестопал, В.І. Кротов, К.В. Кошкін – Миколаїв: УДМТУ, 2008. – 183с.
6. Особливості проектування морських транспортних суден: Навчальний посібник. Частина 1/ О.В. Бондаренко, О.І. Кротов, Л.О. Матвєєв, С.О.Прокудін – Миколаїв: УДМТУ, 2004. – 73 с.
7. Правила класифікації та побудови морських суден. Регістр судноплавства України. – К., 2002. – Т.1., Т.2., Т.3. – 362 с.
8. Проектування морських транспортних суден: Навчальний посібник/ О.І.Кротов, В.І Голіков, О.Ю. Єганов, О.В. Бондаренко – Миколаїв: УДМТУ, 2003. – 156 с.

УДК 629.12.011.001.24

О СТРУКТУРЕ ДИФРАКЦИОННОЙ ЧАСТИ ВОЗМУЩАЮЩЕГО МОМЕНТА ПРИ БОРТОВОЙ КАЧКЕ ДЛЯ ОДНОКОРПУСНЫХ И ДВУХКОРПУСНЫХ СУДОВ

Соломенцев О.И.,
Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова

Темой доклада являются некоторые аспекты структуры дифракционной части возмущающего момента при бортовой качке однокорпусных и двухкорпусных судов. Это связано с тем, что содержащиеся в различных работах результаты по данному вопросу не являются идентичными. Начнём с традиционного однокорпусного корабля, расположенного лагом к набегающим волнам.

Предположим, что используется изолированное уравнение бортовой качки. Вводится также допущение, что редукционные коэффициенты κ_θ к главной части и к дифракционной части возмущающего момента равны между собой. Для этого случая ордината суммарного возмущающего момента $F_{\theta\Sigma t}(t)$ на регулярном волнении с частотой ω была определена в 1954 г. С.Н. Благовещенским с применением метода обращённого (относительного) движения в виде, [1]:

$$F_{\theta\Sigma t}(t) = F_{\theta ГЛt}(t) + F_{\theta ИНt}(t) + F_{\theta Дt}(t); \quad (1)$$

$$F_{\theta ГЛt}(t) = \kappa_\theta \alpha_{Bt}(t) Dh; \;\; F_{\theta Дt}(t) = 2\kappa_\theta \dot{\alpha}_{Bt}(t) N_\theta; \;\; F_{\theta ИНt}(t) = \kappa_\theta \ddot{\alpha}_{Bt}(t) \lambda_\theta;$$

$$\alpha_{Bt}(t)=\alpha_{B0}\sin\omega t;\ \ \dot{\alpha}_{Bt}(t)=\omega\alpha_{B0}\cos\omega t;\ \ \ddot{\alpha}_{Bt}(t)=-\omega^2\alpha_{B0}\sin\omega t;\ \ \alpha_{B0}=kr_0,$$

где $F_{\theta ГЛt}(t),\ F_{\theta ИНt}(t),\ F_{\theta Дt}(t)$ - ординаты главной части возмущающего момента, инерционной составляющей дифракционной части и демпфирующей составляющей дифракционной части соответственно;

$\alpha_{Bt}(t),\ \dot{\alpha}_{Bt}(t),\ \ddot{\alpha}_{Bt}(t)$ - ордината угла волнового склона и её первая и вторая производные по времени;

α_{B0} - амплитуда угла волнового склона;

$k,\ r_0$ - волновое число и амплитуда регулярной волны;

$D,\ h$ - водоизмещение и начальная поперечная метацентрическая высота;

$N_\theta,\ \lambda_\theta$ -коэффициент линейного демпфирования и присоединённый момент инерции массы при бортовой качке;

t- время.

Тогда ордината суммарного возмущающего момента $F_{\theta\Sigma t}(t)$ преобразуется к виду

$$F_{\theta\Sigma t}(t)=\kappa_\theta k r_0\sqrt{(Dh-\omega^2\lambda_\theta)^2+4N_\theta^2\omega^2}\sin(\omega t+\varepsilon_\theta), \qquad (2)$$

где ε_θ - фаза возмущающего момента по отношению к набегающим волнам, и простейшее линейное изолированное уравнение бортовой качки принимает вид ,

$$(J_X+\lambda_\theta)\ddot{\theta}+2N_\theta\dot{\theta}+Dh\theta=\kappa_\theta k r_0\sqrt{(Dh-\omega^2\lambda_\theta)^2+4N_\theta^2\omega^2}\sin(\omega t+\varepsilon_\theta), \qquad (3)$$

где J_X - собственный момент инерции массы при бортовой качке, а $\theta,\ \dot{\theta},\ \ddot{\theta}$ - ординаты углов крена, угловых скоростей и угловых ускорений при бортовой качке.

Этот же подход был сохранён и В.В. Семёновым-Тян-Шанским в 1969 г., [6], и С.Н. Благовещенским в 1975 г., [2]. А в 1969 г. Ю.А. Нецветаевым был предложен вывод аналитических зависимостей для дифракционной части возмущающего момента при бортовой качке на основе гидродинамической теории бортовой качки по М.Д. Хаскинду, [3].В этом случае в соотношении (1) было предложено принимать

$$F_{\theta ГЛt}(t)=\kappa_\theta\alpha_{Bt}(t)Dh;\ \ F_{\theta Дt}(t)=2\kappa_y\dot{r}(t)N_{y\theta}+2\kappa_\theta\dot{\alpha}_{Bt}(t)N_\theta;\ \ F_{\theta ИНt}(t)=\kappa_y\ddot{r}(t)\lambda_{y\theta}+\kappa_\theta\ddot{\alpha}_{Bt}(t)\lambda_{y\theta},$$

где $\dot{r}(t),\ \ddot{r}(t)$ - первая и вторая производные по времени от ординаты морского волнения $r(t)$;

$N_{y\theta}$ -коэффициент демпфирования при совместной поперечно-горизонтальной и бортовой качке;

$\lambda_{y\theta}$ -присоединённый статический момент массы при совместной поперечно-горизонтальной и бортовой качке;

κ_y -редукционный коэффициент к дифракционной части возмущающей силы при поперечно-горизонтальной качке.

В этом случае целесообразно отказаться от допущения об изолированности уравнения бортовой качки, приняв его в виде:

$$\begin{aligned}&(J_X+\lambda_\theta)\ddot{\theta}+2N_\theta\dot{\theta}+Dh\theta+2N_{y\theta}\dot{y}+\lambda_{y\theta}\ddot{y}=\\&=\kappa_\theta\alpha_{Bt}(t)Dh+2\kappa_y\dot{r}(t)N_{y\theta}+2\kappa_\theta\dot{\alpha}_{Bt}(t)N_\theta+\kappa_y\ddot{r}(t)\lambda_{y\theta}+\kappa_\theta\ddot{\alpha}_{Bt}(t)\lambda_{y\theta},\end{aligned} \qquad (4)$$

где $\dot{y}=\dot{y}(t)$, $\ddot{y}=\ddot{y}(t)$ - ординаты линейных скоростей и ускорений при поперечно-горизонтальной качке.

Численные расчёты по соотношению (4) показывают, что сумма членов $2N_{y\theta}\dot{y}+\lambda_{y\theta}\ddot{y}$ в левой части этого соотношения в значительной степени компенсируется суммой членов $2N_{y\theta}\dot{r}+\lambda_{y\theta}\ddot{r}$ в правой части этого же соотношения. Исключим обе указанных суммы из левой части и из правой части уравнения (4). Тогда приходим от соотношения (4) к уравнению (3).

Наконец, в работе [5] на основе несколько иной, по сравнению с исследованием М.Д. Хаскинда - Ю.А. Нецветаева интерпретации гидродинамической теории качки в соотношении (1) было предложено принимать

$$F_{\theta ГЛt}(t)=\kappa_\theta\alpha_{Bt}(t)Dh;\ \ F_{\theta Дt}(t)=2\kappa_y\dot{r}(t)N_{y\theta};\ \ F_{\theta ИНt}(t)=\kappa_y\ddot{r}(t)\lambda_{y\theta},$$

и связанное уравнение бортовой качки принимает вид, [4,5,8]:

$$(J_X+\lambda_\theta)\ddot{\theta}+2N_\theta\dot{\theta}+Dh\theta+2N_{y\theta}\dot{y}+\lambda_{y\theta}\ddot{y}= \qquad (6)$$

$$= \kappa_\theta \alpha_{Bt}(t) Dh + 2\kappa_y \dot{r}(t) N_{y\theta} + \kappa_y \ddot{r}(t) \lambda_{y\theta}.$$

Вычитая из левой части уравнения (6) сумму $2N_{y\theta}\dot{y} + \lambda_{y\theta}\ddot{y}$, а из правой части - примерно равную ей сумму $2N_{y\theta}\dot{r} + \lambda_{y\theta}\ddot{r}$, приходим к т.н. укороченному уравнению бортовой качки, в котором учитывается только главная часть возмущающего момента:

$$(J_X + \lambda_\theta)\ddot{\theta} + 2N_\theta \dot{\theta} + Dh\theta = \kappa_\theta \alpha_{Bt}(t) Dh. \qquad (7)$$

Результаты решения уравнения (7) для традиционных однокорпусных кораблей дают, в общем. приемлемые результаты. Связано это с тем, что при резонансе, когда $\omega = n_\theta = \sqrt{\frac{Dh}{J_X + \lambda_\theta}}$, относительно небольшие по величине для однокорпусного судна по сравнению с коэффициентом поперечной остойчивости Dh инерционный коэффициент $n_\theta^2 \lambda_\theta$ и демпфирующий коэффициент $2N_\theta n_\theta$ отчасти взаимно компенсируются. Поэтому, если рассматривается однокорпусное судно, к уравнению (7), можно перейти и от уравнения (3), приняв в (3) $n_\theta^2 \lambda_\theta \approx 2N_\theta n_\theta \approx 0$. А для того, чтобы всё же повысить точность соотношения (7), целесообразно входящий в это соотношение коэффициент κ_θ определять по полуэмпирическим зависимостям [4].

Таким образом, для прикладных практических задач применительно к традиционным однокорпусным судам различие в подходах к расчёту дифракционной части возмущающего момента не имеет особого практического значения.

Проблема, однако, в том, что для двухкорпусных судов - как для катамаранов с обычными обводами, так и для судов с малой площадью ватерлинии - различие в подходах к расчёту дифракционной части возмущающего момента становится существенным. Выбирая способ учёта дифракционной части возмущающего момента при бортовой качке, учтём результаты выполненного нами в 1986 г. расчётного исследования бортовой качки катамаранов с обычными обводами [7]. В этом случае для положения катамарана лагом к набегающим волнам сопоставлялись между собой результаты расчётов на основе соотношения Хаскинда-Ньюмана, метода обращённого (относительного) движения и данные экспериментов. При этом, когда использовался метод обращённого (относительного) движения, то при расчёте дифракционной части возмущающего момента применялись соотношения, аналогичные (2)-(3).Было получено удовлетворительное согласование расчётных и экспериментальных данных. Поэтому для двухкорпусных судов может быть рекомендовано применение именно этих соотношений для нахождения дифракционной части возмущающего момента при бортовой качке.

Выводы.1.Разными авторами предлагались различные по своей структуре зависимости для определения дифракционной части возмущающего момента при бортовой качке судов. Однако для традиционных однокорпусных судов указанные различия не имеют большого практического значения. Напротив, для двухкорпусных судов - как с обычными обводами, так и для судов с малой площадью ватерлинии – выбор расчётной зависимости для определения дифракционной части возмущающего момента при бортовой качке существенно влияет на результат.

2. Обоснованно выбрать способ расчёта дифракционной части возмущающего момента для двухкорпусного судна можно на основе сопоставления расчётных и экспериментальных данных. В работе [7] таким способом было показано, что удовлетворительное согласование расчёта и эксперимента достигается при использовании соотношений (2)-(3).

Список литературы.

1.Благовещенский, С.Н. Качка корабля [Текст] / С.Н. Благовещенский // Л.: Судпромгиз, 1954.- 520 с. 2.**Благовещенский, С.Н.**Справочник по статике и динамике корабля. Том 2. Динамика (качка) корабля [Текст] / С.Н. Благовещенский, А.Н. Холодилин // Л.: Судостроение, 1975.- 176 с. 3.**Бородай, И.К.** Качка судов на морском волнении: [Текст] / И.К. Бородай, Ю.А. Нецветаев. - Л.: Судостроение, 1969. - 432 с. 4.**Бородай, И.К.** Мореходность судов [Текст] / И.К. Бородай, Ю.А. Нецветаев. - Л.: Судостроение, 1982.-288 с. **5.Ремез, Ю.В.** Качка корабля [Текст] / Ю.В. Ремез Л.: Судостроение, 1983.-328 с. **6.Семёнов-Тян-Шанский, В.В.** Качка корабля: [Текст] / В.В. Семёнов – Тян - Шанский, С.Н. Благовещенский, А.Н. Холодилин. - Л.: Судостроение, 1969. - 392 с. **7.Соломенцев, О.И.** О двух методах расчёта бортовой качки катамарана [Текст] / О.И. Соломенцев // Научно-технический сборник Регистра СССР. - Л.: Транспорт, 1986. - Вып. 15.-С.10-20. 8.Справочник по теории корабля (под редакцией **Я.И. Войткунского**). Том 2. Статика судов. Качка судов. - Л.: Судостроение, 1985.- 440 с. - Л.: Судостроение, 1985.-544 с.

УДК 629.5.0.2222

ЦИКЛ МОНОГРАФИЙ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ НАДВОДНЫХ КОРАБЛЕЙ

Соломенцев О.И.,
Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова

С марта 2014 г. наступил особый период в Украине, связанный с агрессивными действиями Российской Федерации против нашей страны. Особое значение приобрело развитие военно-промышленного комплекса в Украине, разработка современных научных основ создания образцов вооружения и военной техники. Ряд угроз, ответы на которые должна найти Украина- это угрозы со стороны моря. Поэтому подготовка специалистов по военному кораблестроению и выполнение соответствующих научных исследований являются одними из приоритетных задач государства.

С момента основания в 1920 г. Николаевского кораблестроительного института (НКИ) и до рубежа 1970-х-1980-х г.г. подготовке специалистов по военному кораблестроению в институте уделялось значительное внимание. Но затем положение изменилось: последняя защита дипломных проектов по боевым кораблям в НКИ состоялась в 1982 г., и с тех пор подготовка специалистов соответствующего профиля не велась. С целью создания научной базы для возобновления подготовки специалистов и выполнения научно-исследовательских работ по данному направлению автором доклада подготовлен ряд монографий по вопросам военного кораблестроения. Краткая характеристика этих монографий и является темой данного доклада.

В настоящее время завершены и готовятся к изданию следующие монографии:

1.Особенности проектирования надводных кораблей, часть 1. Классификация надводных кораблей. Современное состояние и тенденции развития надводных кораблей разных классов.

Рассмотрена классификация надводных кораблей, влияние опыта морской войны на развитие кораблестроения, а также современное состояние и тенденции развития боевых кораблей всех классов. Рассмотрены авианесущие, многоцелевые, патрульные, десантные и противоминные корабля, а также боевые катера. Приводятся тактико-технические характеристики кораблей всех классов, а также чертежи и схемы общего расположения. Отдельно рассмотрено применение перспективных архитектурно-конструктивных типов кораблей по каждому их классу.

2.Особенности проектирования надводных кораблей, часть 2. Выбор и обоснование тактико-технических характеристик надводных кораблей различных классов

Рассмотрен ряд общих вопросов проектирования кораблей, задачи оптимального проектирования в однокритериальной и в многокритериальной постановке. Рассмотрена взаимосвязь традиционной теории проектирования кораблей и их оптимального проектирования, проектные расчёты остойчивости и качки кораблей. Рассмотрено нормирование свойств и качеств корабля, а также особенности проектирования кораблей основных классов - многоцелевых кораблей, боевых катеров, противоминных кораблей и десантных кораблей. Рассмотрены также вопросы расчёта экономических (ресурсных) показателей для надводных кораблей.

3.Исследование операций в кораблестроении

Монография состоит из двух частей. Первая часть представляет собой общеинженерный курс исследования операций, с некоторым уклоном в кораблестроение. Наряду с традиционными для подобных курсов вопросами рассмотрены теория многокритериальной оптимизации, вопросы проектирования технических систем в условиях риска, параметрические оптимизационные задачи первого и второго рода, описание генетического алгоритма оптимизации и метода роя частиц. Рассмотрены также элементы вариационного исчисления и теории оптимального управления.

Вторая часть монографии посвящена специальным задачам исследования операций в теории проектирования надводных кораблей. Рассмотрены однокритериальная и многокритериальная постановки задачи проектирования, вопросы декомпозиции проектной задачи, системный подход к проектированию корабля, вопросы теории поиска, теории применения всех видов морского оружия, моделирование боевых действий одиночных кораблей и их соединений. Рассмотрены вопросы работы с прототипом, игровые задачи «дуэли» оперативно-тактических заданий, построения математических моделей надводных кораблей.

4.Защита и живучесть надводного корабля.

В этой монографии рассмотрены вопросы защиты корабля в верхней и в нижней полусфере. Рассмотрено определение характеристик акустического, магнитного и гидродинамического полей корабля. Рассмотрены вопросы защиты корабля от обнаружения при помощи электромагнитных волн в диапазоне длин волн, характерных для радиоволн и в инфракрасном диапазоне длин волн.

Рассмотрены расчёты живучести корабля при воздействии на него подводного и надводного взрывов, определение размеров повреждений. Рассмотрены вопросы проектного и эксплуатационного

обеспечения непотопляемости корабля и его пожаростойкости, а также проблемы нормирования характеристик защиты и живучести..

5.Прикладные задачи мореходности корабля.

В этой монографии применительно к надводным кораблям рассмотрены вопросы поведения надводных кораблей в условиях ветра и волнения. Рассмотрены метод фазовой плоскости, применение теории катастроф в задачах остойчивости, применение марковских случайных процессов в задачах бортовой качки и остойчивости, проблемы остойчивости надводных кораблей на попутном волнении. Подробно рассмотрено определение вероятностей отказов, в том числе вероятности опрокидывания. Рассмотрено поведение корабля на встречном волнении, с учётом слеминга и заливания. Рассмотрено определение дополнительного сопротивления воды движению корабля в условиях ветра и волнения, а также естественных и вынужденных потерь скорости корабля в тех же условиях. Выполнен анализ конечности законов распределения на характеристики мореходности корабля. Рассмотрено влияние волнения на применение кораблём вооружения.

6.Вооружение надводных кораблей.

Рассмотрено описание средств поражения и средств защиты надводных кораблей. Дана классификация средств поражения и средств защиты. Описаны артиллерийские, торпедные, противолодочные и ракетные средства поражения, а также средства защиты от мин, торпед и крылатых ракет. Рассмотрены особенности размещения вооружения на корабле, а также влияние метеоусловий на применение вооружения.

По состоянию на сентябрь 2016 г. завершены ещё 2 монографии:

1.История военного кораблестроения в Украине.

Описывается история военного кораблестроения в Украине, начиная со времён Киевской Руси и до настоящего времени. Рассматривается история развития судостроительных заводов в Николаеве и в Севастополе. Описываются наиболее интересные проекты кораблей, которые были построены или намечались к строительству (линейные корабли типа «Императрица Мария» и пр. 23, тяжёлые крейсеры пр.. 69 и 82, тяжёлые авианесущие крейсеры семейства проектов 1143, противолодочные крейсеры пр.. 1123, лёгкие крейсекры пр. 23, 68, 68к и 68бис, ракетне крейсеры пр. 1164, эсминцы, большие и малые противолодочные корабли, подводные лодки предвоенных серий I,II,V,VI,XI, XIII и послевоенного проекта 613, а также многие другие строившиеся в в Украине корабли.

2.Проектирование двухкорпусных кораблей (катамаранов)

Рассмотрено современное состояние и проблемы проектирования современных двухкорпусных кораблей (катамаранов). Рассмотрены среднескоростные и высокоскоростные катамараны, высокоскоростные катамараны с аэростатической разгрузкой и с гидродинамической разгрузкой, а также волнорезные катамараны с профилированным соединительным мостом. Рассмотрены учёт требований в части ходкости, слеминга соединительной конструкции, расчёты нагрузки масс с учётом требований прочности, оценки характеристик гидродинамического поля и взрывостойкости, а также выбор тактико-технических элементов проектируемого двухкорпусного корабля.

Кроме того, по состоянию на сентябрь 2016 г. находятся в работе ещё 2 монографии:

1.Проектирование кораблей с малой площадью ватерлинии

Рассмотрено современное состояние и проблемы проектирования современных двухкорпусных кораблей с малой площадью ватерлинии (КМПВ). Приводятся проектные алгоритмы расчёта характеристик ходкости, качки, характеристик гидродинамического поля, расчёта нагрузки масс с учётом требований прочности выбор и обоснование тактико-технических элементов с полным учётом особенностей кораблей данного архитектурно-конструктивного типа.

2.Проектирование кораблей с аутриггерами

Рассмотрено современное состояние и проблемы проектирования современных кораблей с аутригерами (трёхкорпусных кораблей, у которых боковые корпуса - аутриггеры намного меньше центрального корпуса). Приводятся проектные алгоритмы расчёта характеристик ходкости, качки, характеристик гидродинамического поля, расчёта нагрузки масс с учётом требований прочности выбор и обоснование тактико-технических элементов с полным учётом особенностей кораблей данного архитектурно-конструктивного типа.

Вывод. Издание в Национальном университете кораблестроения им. С.О. Макарова всего цикла монографий позволит выполнять научно-исследовательские работы и производить подготовку специалистов по военному кораблестроению.

УДК 691.327.333; 629.121

ВИКОРИСТАННЯ ПІНОБЕТОНУ В ПРОТИПОЖЕЖНИХ РЯТУВАЛЬНИХ ПЛАВУЧИХ КАПСУЛАХ

Демчина Б.Г., д.т.н., професор,
Національний університет «Львівська політехніка»,
Фамуляк Ю.Є., к.т.н., доцент,
Львівський національний аграрний університет

Пожежі є серйозною проблемою для людства і на жаль в багатьох країнах світу їх кількість зростає. Сучасна пожежа характеризується її швидким розвитком. Пожежа приносить величезні матеріальні збитки, викидає в атмосферу величезну кількість шкідливих речовин, отруюють навколишнє середовище, і саме головне – призводить до травмування і загибелі людей.

Однією зі сфер діяльності людини з давних давен було мореплавство. Морський вид транспорту, як і будь який інший, пов'язаний з можливістю аварій, катастроф та ризиком для життя людини.

Розробка безпечних засобів спасіння людей на суднах під час пожежі хвилюють науковців та робітників морської сфери давно. На кожному етапі розвитку мореплавства дане питання хоча і розглядається, але до кінця на сьогодні не вирішено. Особливо це стосується вантажного та промислового судноплавства. Одним з можливих варіантів вирішення такої задачі є використання плавучої рятувальної капсули для порятунку людей, які опинилися на палаючому кораблі під час пожежі.

Для безпечного та ефективного використання такої капсули повинно бути вирішено низку вимог, без виконання яких використання такого засобу порятунку є неактуальним. Основні вимоги, які повинні бути вирішені це: плавучість, вогнестійкість, стійкість на воді, форма, міцність та надійність, водонепроникність, комфорт, технологічність виготовлення, економічність. Одним з важливих чинників, який в цілому впливає на вирішення всіх поставлених вимог, є матеріал, з якого буде виготовлятись дана рятувальна капсула.

Авторами пропонується використати для спорудження такого пристрою достатньо широко використовуваний у будівництві матеріал, який практично не використовується у кораблебудуванні – пінобетон – матеріал, який є різновидом ніздрюватого бетону.

Розглянемо, яким чином можна вирішити раніше поставлені вимоги, використовуючи такий, не зовсім звичний у кораблебудуванні, будівельний матеріал.

1. *Плавучість.* Так як пінобетон має досить низьку густину, в межах 150…1000 кг/м^3, – це і забезпечує його плавучість без використання якихось додаткових заходів чи пристроїв.
2. *Вогнестійкість.* Як загальновідомо, пінобетон є негорючим матеріалом і таким, що володіє достатньо високим ступенем вогнестійкості [1].
3. *Стійкість на воді.* Дану проблему можна вирішити і при використанні пінобетону, зробивши днище капсули з пінобетону більшої густини ніж верхню її частину.
4. *Форма.* Пінобетон, як штучний матеріал, який з рухливої суміші перетворюється в затверділий матеріал, і з якого можна виливати елементи практично довільної форми, цілком може слугувати матеріалом для виготовлення рятувальної капсули.
5. *Міцність та надійність.* Враховуючи те, що звичайний пінобетон є достатньо крихким матеріалом з не надто високими механічними властивостями, в таких пристроях доцільним є використання армованого пінобетону. Поряд із звичайною металевою стрижневою арматурою, для армування пінобетону можна використати нетрадиційні види армування біологічного чи органічного походження чи різного роду сітки [2, 3, 4].
6. *Водонепроникність.* Пінобетон, як матеріал, є в певній мірі водонепроникним, але щоб забезпечити повну водонепроникність рятувальної капсули, її доцільно виконувати з комплексного багатошарового матеріалу, в якого лише зовнішні поверхні були б практично водонепроникні.
7. *Комфорт.* Для безпечного і комфортного перебування людей в рятувальній капсулі, до часу їх виявлення та евакуації в безпечне місце, необхідно забезпечити ряд умов, серед яких наступні: відсутність твердих поверхонь до яких можна поранитись під час екстреного опускання капсули на воду; запас питної води та їжі; певна природня освітленість внутрішнього простору капсули; збереження тепла; засоби комунікації та навігації тощо. Переважна більшість цих умов досить просто вирішується, використовуючи різноманітні контейнери та ємкості в м'яких оболонках. Для забезпечення природнього освітлення внутрішнього простору рятувальної капсули у верхній частині корпуса можна виконати прорізи, заповнивши їх, наприклад, склопластиками [5]. Важливим є також і теплопровідність оболонки капсули, що є актуальним в холодну пору року чи

доби. Враховуючи високі теплотехнічні характеристики пінобетону, він цілком добре виконуватиме роль теплоізолятора, що дозволить зберігати тепло в середині капсули.

8. *Технологічність виготовлення.* Як згадувалось вище, пінобетон є достатньо технологічним матеріалом, він не потребує складного обладнання для виготовлення, процес вкладання пінобетону у форму є досить простим, а з самого пінобетону можна виконати практично довільну форму.
9. *Економічність.* Пропонований матеріал для виготовлення корпусу рятувальної капсули – пінобетон – є не дорогим матеріалом, при виготовленні якого не потрібно дорогого обладнання та матеріалів.

Висновок. Отже, використання пінобетону для виготовлення рятувальних капсул під час пожежі на кораблях є цілком можливе. Пінобетон задовольняє практично всім вимогам, які повинні мати такі рятувальні капсули. Він є досить легким матеріалом, володіє високою плавучістю, а саме головне – вогнестійкістю, технологія його виготовлення є простою, а сам матеріал достатньо економічний. За допомогою певних заходів та операцій можна підвищити міцність такого матеріалу до необхідного рівня, а обробивши поверхню пінобетону певними сучасними сумішами чи розчинами – добитись і практично стовідсоткової водонепроникності.

Список літератури.

1. **Демчина Б.** Дослідження конструктивно-теплоізоляційного пінобетону, як вогнезахисного матеріалу / Демчина Б., Половко А., Веселівський Р. /Вісник Національного університету «Львівська політехніка»: Теорія і практика будівництва №662. – Львів, 2010, с.150-155.
2. **Famulyak Y.** Zastosowanie niekonwencjonalne-go zbrojenia w elementach piano- i gazobetonowych / Y. Famulyak, S. Burchenya, T. Mazurak, M. Sosnowska, I. Kasprzyk // 61 Konferencja Naukowa Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN oraz Komitetu Nauki PZITB, 20-25 września 2015, Bydgoszcz-Krynica // Wybrane zagadnienia konstrukcji i materialow budowlanych oraz geotechniki. – Wydawnictwa Uczelnia-ne Uniwersytetu Techno-logiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy, 2015. – S. 45-53.
3. **Патент України на корисну модель, u2013 05764 МПК E04C 5/02 (2006.01).** Пролітний газобетонний елемент з жорсткою біологічною арматурою/ Фамуляк Ю.Є.; заявн. і патентовласник Львівський нац. аграр. ун-т – №85537, заявл. 07.05.2013; опубл. 25.11.2013. Бюл. № 22.
4. **Патент України на корисну модель, u2013 05769 МПК E04C 5/02 (2006.01).** Пролітний газобетонний елемент з жорсткою органічною арматурою/ Фамуляк Ю.Є.; заявн. і патентовласник Львівський нац. аграр. ун-т – №85538, заявл. 07.05.2013; опубл. 25.11.2013. Бюл. № 22.
5. **Демчина Б.** Дослідження міцності та деформативності скляних балкових конструкцій / Б. Демчина, М. Черевко, В. Прокоп'юк // Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія: Архітектура і сільськогосподарське будівництво. - 2014. - № 15. - С. 51-56.

УДК 624.131.64

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУР ГАЗОВИХ ПОТОКІВ В ЗАКРИТИХ ОБЄ'МАХ ПРИ ПОЖЕЖАХ ТА ТЕХНОГЕННИХ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Шналь Т. М., Прохоренко С. В., Данкевич І. П., Стасюк М. І.

Метою даного дослідження є вивчення динаміки руху температур газових потоків в закритих об'ємах при пожежах та техногенних аварійних ситуаціях. Випробування проводились на моделі розміром 4.4×1.89 м, висотою 1,7 м. Конструкція моделі з метою наближення умов вентиляції складалась з двох приміщень, кімнати з вогнищем та коридором. Монтаж конструкції моделі виконали на платформі на якій встановлювався динамометр (вага) для контролю швидкості вигорання пожежного навантаження. Огородження моделі виконано із гіпсокартонних листів з метою виявлення особливостей прогрівання огороджуючи конструкцій.

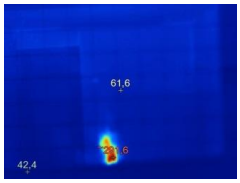
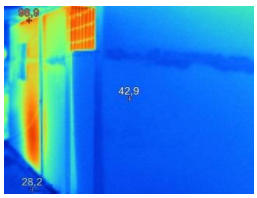
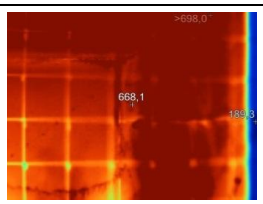
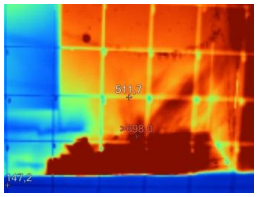
Для визначення динаміки викиду газів через огороджуючи конструкції використовувався спосіб визначення температурних режимів руху газів та прогріву ними елементів конструкцій [1], який передбачав встановлення в площині отвору топологічно-регулярно розташованих керамічних міток (сенсорну матрицю на основі регулярної топологічної сітки з температурними мітками (об'єктами з характеристиками термодинамічно-відмінними від матриці) у її вузлах), покази котрих реєструються за допомогою тепловізійної камери.

В таблиці 1 наведено етапи проведення експерименту з пожежним навантаженням 80 кг, а також основні параметри пожежі: тривалість, максимальні та мінімальні температури в досліджуваному об'ємі, фази розвитку, інтенсивність випромінювання, задимленість.

Проведені випробування на моделях зменшеного масштабу показали можливість дослідження динаміки розвитку пожеж у закритих обє'мах та використання отриманих даних для верифікації моделей пожеж на основі CFD. Виявлено температурно-часові залежності між факторами що впливають на температурний режим пожежі: пожежне навантаження, розмір, теплова інерція огороджуючих конструкцій, вентиляцією, щільністю пожежного навантаження та швидкістю піролізу пожежного навантаження. Виявлено що швидкість вигорання пожежного навантаження відбувається з постійною швидкістю, залежність між швидкістю та часом практично лінійна, і не залежить від фази розвитку пожежі.

1

Експеримент 2

Камера1	Камера2	Тепловізор	Опис
			Час: 19:58;Температура: tmax- 84°C, t_{min}- 12°C, t_{cep}- 56°C;Фаза пожежі: розвиток;Факел: маленький;Інтенсивність випромінювання: низька.
			Час: 20:05;Температура: tmax- 127°C, t_{min}- 15°C, t_{cep}- 86°C;Фаза пожежі: розвиток;Факел: незначний;Інтенсивність випромінювання: середня.
			Час: 20:33;Температура: tmax- 576°C, tmin- 54°C, tcep-394°C;Фаза пожежі: повний розвиток;Факел: великий;Інтенсивність випромінювання: велика
			Час: 20:47;Температура: tmax- 289°C, tmin- 34°C, tcep-131°C;Фаза пожежі: загасання;Факел: середній;Інтенсивність випромінювання: середня

Отримані дані термопар, температурні профілі полум'я пожежі, температурні профілі прогрівання огороджуючих конструкцій, характеристики швидкості вигорання пожежного навантаження дозволяють вдосконалити температурні моделі пожеж, підвищити їх точність та адекватність. Вдосконалена методика по визначенню температурних режимів руху газових потоків та прогріву ними елементів конструкцій.

1. С. **Прохоренко, І. Данкевич, Т. Шналь, К. Кашпор**. Комплексна методика оцінки термічних параметрів дії вогневого навантаження на огороджувальні конструктивні елементи житлових приміщень // Міжвідомчий збірник «Вимірювальна техніка та метрологія». – Львів: Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2013. – № 74. – С. 37–39.

УДК 681.31

СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СУДОВОЖДЕНИИ

Бень А. П., Паламарчук И. В.,
Херсонская государственная морская академия

Повышение безопасности судовождения в настоящее время становится одной из наиболее важных проблем современного судоходства в связи с существенным ростом объемов морских перевозок. Интенсивное внедрение современных информационных технологий в процессы управления движения судном привело к появлению концепции электронной навигации – «e-Navigation». Концепция «e-Navigation» была в первые представлена IMO в 2006 на 81-й сессии Морского Комитета по безопасности (MSC 81 – Май 2006) во время которого комитет потребовал принять этот огромный морской проект как рабочую программу. В настоящее время принято следующее определение e-Navigation: "e-Navigation – это скоординированные сбор, интеграция, передача, воспроизведение и анализ информации о ситуации на море на борту кораблей и на берегу с помощью электронных средств в целях обеспечения улучшенной навигации "от причала до причала" и работы соответствующих служб, повышения надежности и безопасности морской навигации и защиты морской среды" [1]. Следует отметить, что появление современных средств электронной навигации привело к существенному повышению интенсивности информационного обмена в эргатической системе «судоводитель – технические средства судовождения» и росту влияния человеческого фактора на уровень аварийности [2]. Снижение влияния человеческого фактора на уровень аварийности на море представляет актуальную научно-практическую проблему, которую необходимо решать в разрезе оптимизации взаимодействия судоводителя с современными техническими средствами судовождения. Одним из наиболее перспективных путей решения поставленной проблемы является создание интеллектуальных систем управления движением судна, которые станут одним из ключевых компонентов «e-Navigation».

Анализ исследований в данной предметной области показывает, что концепция «e-Navigation» предусматривает учет человеческого фактора, как одной из главных причин аварийности в современном судоходстве. В сложившихся условиях создание системы поддержки принятия решений (СППР) судоводителя, позволяющей минимизировать влияние человеческого фактора на процессы управления судном, является актуальной научной и прикладной проблемой.

Целью статьи является определение базовых принципов создания и функционирования СППР судоводителя и определение правил работы таких СППР в условия внедрения концепции e-Navigation.

Имеющийся опыт создания СППР в судовождении позволяет сделать вывод, что их эффективное практическое использование возможно только в случае соблюдения ряда важных требований, обусловленных, с одной стороны, особенностями функционирования непосредственно СППР, а с другого - процессами принятия решений в судовождении. Указанные обстоятельства обуславливают возникновение «человеческого фактора» как одной основных из причин аварийности в судовождении. Необходимость минимизации его влияния путем использования СППР судоводителя, позволяет сформулировать основные требования, предъявляемые к таким СППР:

- работа СППР в режиме реального времени и ее интеграция с имеющимися на судне системами управления движением;
- необходимость учета всех требований МППСС-72;
- необходимость графического представления сложившейся ситуации, с визуальными отметкам границ зон безопасности собственного судна и динамки их изменений;
- необходимость анализа во время принятия решений нескольких возможных сценариев расхождения, обусловленных целенаправленным поведением судов-целей во время их движения;
- необходимость учета влияния внешних условий в зоне маневрирования, в частности гидрометеорологических, гидрографических факторов и навигационных опасностей.
- учет предыдущего опыта управления движением судна в аналогичных условиях, если он имел место.

Принимая во внимание указанные особенности СППР судоводителя, можно определить концептуальные требования к ее отдельным компонентам [3]:

1. База знаний СППР должна содержать и накапливать информацию трех видов: декларативная информация, регламентирующего законодательную базу управления процессами расхождения судов (МППСС-72), экспертная информация - формализованные знания экспертов в предметной области - опытных судоводителей, и база прецедентов - информация о развития событий в навигационных ситуациях, которые уже имели место в прошлом.

2. СППР судоводителя должна строиться на принципах моделирования движения судов, имеющих целенаправленное поведение, направленное на избежание столкновения и требований международных

правил предупреждения столкновений судов (МППСС-72) во время движения. Необходимо наличие средств прогнозирования развития навигационной ситуации и средств визуального представления такого прогноза.

3. Математические модели, применяемые в СППР судоводителя, должны отвечать требованиям адекватности и технической осуществимости - перспективно сочетание моделей, основанных на принципах искусственного интеллекта с математическими моделями, которые описывают процессы движения судов.

Выводы. В условиях введения принципов e-Navigation, СППР судоводителя становится ключевым элементом, обеспечивающим снижение влияния человеческого фактора на процессы управления судном и повышающим безопасность судовождения. Разработка СППР в судовождении требует учета особенностей взаимодействия человека с техническими средствами управления судном. Практическое внедрение СППР должно осуществляться путем ее полной интеграции с существующими средствами электронной навигации судна. Дальнейшее развитие концепции e-Navigation потребует совершенствования средств информационного взаимодействия технических средств управления движением судна и береговых навигационных систем. Важным направлением дальнейших исследований в области создания СППР судоводителя станут вопросы координации взаимодействия судов в районе маневрирования.

Литература

1. Дмитриев В.И. Информационные технологии обеспечения безопасности судоходства и их комплексное использование (e-NAVIGATION) / В.И.Дмитриев. - М.: Моркнига. - 2013. - 175 с.
2. Вагущенко Л.Л. Современные информационные технологии в судовождении [Электронный ресурс] / Л.Л.Вагущенко - Одесса: ОНМА, 2013. – 135 с. http://www.nav-eks.org.ua/CITC.html
3. Бень А.П. Принципи побудови систем підтримки прийняття рішень судноводія// Матеріали другої науково-практичної конференції „Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2010)”, Херсон, ХДМІ, 25-27 травня 2010 р., Т.1, – С. 8 –10.

УДК 681.31

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ПОГРУЗКИ НЕГАБАРИТНОГО ГРУЗА НА СУДНО

Соловей А. С.

Согласно проведенному анализу данных наиболее крупных судоходных компаний – мировых лидеров на рынке морских перевозок тяжелых негабаритных грузов, основной сегмент их флота составляют суда-тяжеловозы дедвейтом до 20 000 т, оборудованные двумя тяжелыми судовыми кранами SWL от 120 т до 450 т. На долю этих судов приходиться около 70% перевозимых тяжелых негабаритных грузов. Решению проблемы обеспечения безопасности грузовых операций на судах типа HeavyLift посвящено большое количество теоретических и практических разработок [1,2,3]. Из анализа указанных работ следует, что повышение безопасности грузовых операций на судах типа HeavyLift может быть обеспечено только в случае наличия специализированных программных средств управления погрузкой/выгрузкой судна.

Общим недостатком существующих программных средств является то, что они решают только прямую задачу: по заданной загрузке производится оценка параметров мореходности судна, хотя имеющиеся теоретические разработки и современные компьютерные технологии позволяют осуществить разработку программ, способных при заданных допустимых параметрах посадки, остойчивости и общей продольной прочности, а также по предъявленному к перевозке грузу находить оптимальный (или приемлемый) вариант загрузки.

При выполнении грузовых операций с тяжелыми и негабаритными грузами судоводителю приходится сталкиваться с проблемой постоянного контроля нескольких параметров, влияющих на остойчивость судна, а как следствие - на безопасность проведения грузовых операций. Все эти параметры можно разделить условно на две группы: статические параметры и динамические параметры [4].

К статическим параметрам можно отнести:

- масса груза;
- расположение центра тяжести груза;

Группу динамических параметров составляют:

- поперечная метацентрическая высота GM (расчет этого параметра должен производится как минимум для 3х этапов погрузки/выгрузки – GM начальная, GM при отрыве груза, GM при пересечении линии борта судна, GM при касании грузом палубы;

- угол крена (учет этого параметра должен производиться на всем протяжении грузовой операции, и не должен превышать, 3^0-5^0);

– угол вылета стрелы, L – длина стрелы, RG – расстояние между центром тяжести судна и точкой крепления стрелы.

- масса (объем) балласта, необходимого для компенсирования массы груза при погрузке/выгрузке;
- нагрузка на гак грузовой стрелы судового крана (HookLoad);
- подъемный угол (Hoistingangle) – угол отстояния линии подъемного троса от вертикали, значение этого параметра должно быть максимально сведено к нулю);
- вылет стрелы судового крана (Outreach) – от величины этого параметра зависит безопасная рабочая нагрузка на стрелу крана (SWL), а соответственно и лимит нагрузки на гак стрелы.

Поскольку процесс управления погрузкой тяжелого негабаритного груза на специализированное судно осуществляется в режиме реального времени, крайне важным является оперативность принятия управленческих решений в процессе погрузки.

Решение этой задачи может быть обеспечено путем использования системы поддержки принятия решения (СППР) по управлению динамическими параметрами, контролируемыми при погрузке тяжелых и негабаритных грузов. Данная СППР содержит базу правил по принятию решений управления процессом погрузки. СППР рекомендует лицу, принимающему решения (судоводитель), внесение изменений в процесс погрузки/выгрузки, гарантирующих безопасное проведение грузовых операций. Например: при росте нагрузки на гак стрелы судового крана увеличивается крен судна на борт, с которого поднимается груз, а поперечная метацентрическая высота (GM) уменьшается. Максимальное изменение (уменьшение) GM будет в момент отрыва груза от причала. При одновременном росте крена судна в этот момент возрастает риск опрокидывания судна, и для того, чтобы его снизить, надо переместить необходимое количество балласта на противоположный борт судна.

СППР использует базу знаний по процедурам погрузки/выгрузки, уже отработанным на реальных примерах в практике морского судоходства, и использующих методы многокритериальной оптимизации для решения задач выбора наилучших управляющих воздействий для процесса погрузки/выгрузки конкретного судна.

Выводы. Использование предложенного подхода при проведении грузовых операций с тяжелыми и негабаритными грузами на специализированных судах, оборудованными собственными кранами, позволит снизить уровень риска, повысить безопасность этих операций, снизить экономические затраты за счет сокращения времени грузовых операций и уменьшить влияние так называемого “человеческого фактора” на процесс их выполнения.

ЛИТЕРАТУРА

1. User Manual for the loading computer COLOS (Computer-Loading-System)
2. Loading Computer System seacos MACS3 Version NET 1.1 Crane Operation Module Manual / INTERSCHALT maritime systems AG – Wilhelmstrasse 7-9 – 24937 Flensburg
3. LOCOPIAS LOADING COMPUTER SOFTWARE MANUAL / SARC BV Eikenlaan 3, 1406 PK Bussum, The Netherlands
4. BBC Guideline. Safe solutions for project cargo operations. — Leer: BBC Chartering and Logistic GmbH&Co.KG, 2009. — 76 p.

СЕКЦІЯ №8
ІННОВАЦІЇ В СУДНОВИХ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ ТА АВТОМАТИЦІ

УДК 681.5

СТУКТУРНЫЙ СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОГО СТАБИЛИЗИРУЮЩЕГО РОБАСТНОГО РЕГУЛЯТОРА ПОТОКОСЦЕПЛЕНИЯ РОТОРА СИСТЕМЫ ВЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Хлопенко Н.Я., Хлопенко И.Н.,
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев

Ужесточение требований к качеству функционирования систем векторного управления асинхронных электроприводов в условиях неопределенностей приводит к необходимости стабилизации потокосцепления ротора. В известных работах это достигается за счет применения оптимального робастного регулятора. Однако такой регулятор имеет обычно высокий порядок. Это затрудняет его использование в системах векторного управления. Декомпозиция робастного регулятора позволяет избавиться от этого недостатка. Ее сущность состоит в представлении регулятора в виде структуры, состоящей из типовых (элементарных) звеньев. Для конструирования таких звеньев существует элементная база. Несмотря на то, что математические методы декомпозиции передаточных функций высокого порядка известны давно, до сих пор не рассматривалось их применение в системах робастного управления электроприводов. Исходя из выше изложенного, задача структурного синтеза оптимального стабилизирующего робастного регулятора потокосцепления ротора является актуальной.

Целью работы является синтез оптимальной структуры стабилизирующего робастного регулятора потокосцепления ротора из типовых звеньев для системы векторного управления электропривода.

Теоретической основой для структурного синтеза передаточной функции регулятора служили H_∞-теория робастного управления [1] и теория цепных дробей [2]. Синтез оптимальной структуры регулятора проводился в два этапа. На первом этапе рассчитывалась его передаточная функция. Для расчета этой функции использовались метод смешанной чувствительности и известный из MATLAB пакет расширения Robust Control Toolbox [3]. Отыскание оптимального стабилизирующего регулятора осуществлялось γ-итерациями при ограничении на норму выходного сигнала. На втором этапе проводилась декомпозиция найденной передаточной функции на элементарные звенья первого порядка. Для разложения функции на такие звенья использовался известный алгоритм Евклида, что позволило формализовать ее цепной дробью и представить структурной схемой, состоящей из конечного числа элементарных звеньев. Показано, что при неполной информации об объекте и с учетом его неопределенностей оптимальный регулятор обеспечивает стабилизацию потокосцепления ротора.

ВЫВОДЫ

Проектирование и сборка оптимального робастного регулятора изложенным подходом не вызывает затруднений и не требует больших финансовых затрат. Его техническая реализация дает возможность проводить модернизацию систем управления электроприводов, находящихся в эксплуатации.

Список литературы

1. Методы робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления: Учебник [Текст] / Под ред. Н.Д. Егупова; издание 2-ое, стереотипное.– М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002.–744 с.

2. **Хинчин Д.Я.** Цепне дроби [Текст]. – М.: Наука, 1978. – 112 с.

3. **Richard Y.** MATLAB: Robust Control Toolbox / Y. Richard, R. Chiang, G. Michael, M. Safonov // Robust Control Toolbox User's Guide.– 1998.– 230 p.– Режим доступа: http://www.mathworks.com.

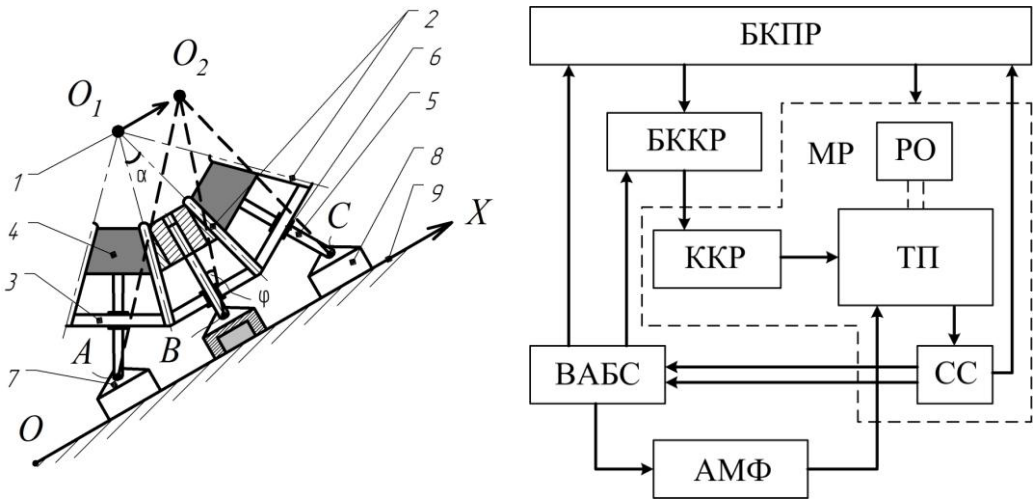
УДК 681.5.04 : 621.318

МОБІЛЬНИЙ РОБОТ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СКЛАДНИХ ПРОСТОРОВИХ ФЕРОМАГНІТНИХ ПОВЕРХОНЬ

Кондратенко Ю.П.[1,3], Рудольф Йоахім[2], Запорожець Ю.М.[1], Герасін О.С.[3]
[1] *Чорноморський державний університет ім. П. Могили, м. Миколаїв,Україна*
[2] *Саарландський університет, м. Саарбрюкен, Німеччина*
[3] *Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв, Україна*

На даний час в багатьох країнах світу ведуться дослідження, спрямовані на створення мобільних телекерованих або дистанційно-керованих робототехнічних комплексів, здатних переміщуватися горизонтальними, похилими або вертикальними поверхнями за допомогою різнотипних рушіїв та притискних пристроїв. Особлива потреба в таких комплексах відчувається в суднобудуванні, судноремонті, зокрема для виконання технологічних операцій з очищення зовнішніх поверхонь суден та інших конструкцій на плаву або в сухому доці. Зазвичай такі об'єкти виконуються з феромагнітних матеріалів, тому значного поширення набули мобільні роботи (МР) на базі магнітокерованих притискних пристроїв з крокуючими, гусеничними, колісними або комбінованими рушіями [1, 2].

Фрагмент колісно-крокуючого рушія (ККР) [3], що містить три сектори, схематично показаний на рис. 1,а, де геометрична вісь колеса 1 збігається з точкою взаємного перетину бісектрис внутрішніх кутів α багатокутника колеса. Жорсткі спиці 2 разом з секціями шини 3 і маточиною 4 забезпечують конструктивну міцність колісно-крокуючого рушія.



а) б)

Рис. 1. Фрагмент ККР на похилій робочій поверхні (а) та схема МР з системою керування (б)

Пересування МР здійснюють опорно-тягові ланки, які і є рушійним механізмом [4]. Кожна ланка складається з розсувних спиць, нерухомі елементи яких вмонтовані в маточину 4, а рухомі елементи у вигляді стрижнів 5 через напрямні отвори в секціях шини 3 з втулками 6 висунуті до оброблюваної феромагнітної поверхні 9. До вільних кінців стрижнів шарнірами 7 прикріплені притискні магніти 8.

Мобільний робот (рис. 1, б), оснащений ККР, складається з наступних основних конструктивних вузлів: транспортної платформи (ТП), на якій закріплюють всі основні пристрої МР; сенсорної системи (СС) робота, яка забезпечує формування інформації про поточний стан ТП; робочих органів (РО) з набором інструментів для виконання визначених виробничих операцій; блоку керування кінематикою робота (БККР); блоку керування переміщенням робота (БКПР) за заданою програмою; блоку керування РО (БКРО) при виконанні виробничо-технологічних операцій (на рис. 1, б не показаний); вузла аварійного блокування і сигналізації (ВАБС) та аварійного магнітного фіксатора (АМФ) [2].

Отже, запропонована авторами концепція розробки мобільного роботу для технологічного очищення просторових феромагнітних поверхонь дозволяє застосувати її для подальших досліджень з метою визначення її економічної ефективності та продуктивності виконання заданої операції. Очевидно, що для переміщення по феромагнітним поверхням найбільш ефективні магнітокеровані притискні пристрої. Вони дозволяють забезпечити найбільшу швидкість формування керованого притискного зусилля і нечутливість до зміни структури і температури робочої поверхні. Опорно-тягові ланки можуть виконуватися у вигляді пневматичного лінійного приводу, який забезпечує досить великі зусилля для переміщення по поверхні,

наприклад, корпусу судна в заданому програмою напрямку з необхідною для виконання технологічної операції очищення швидкістю та при цьому не потребує зворотних ліній. Результати комп'ютерного моделювання процесу переміщення ККР по похилій феромагнітній поверхні, отримані за допомогою розроблених математичних моделей кінематики та динаміки, докладно обговорюються в доповіді.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. A Robot for the Unsupervised Grit-Blasting of Ship Hulls / Souto D., Faiña A., Deibe A., Lopez-Peña F. and Duro R.J. – International Journal of Advanced Robotic Systems. – Vol. 9, 82:2012. – P. 1 – 16.

2. **Запорожец Ю.М.** Задачи и особенности управления магнитными движителями колесного мобильного робота [Текст] / Ю.М. Запорожец, Ю.П. Кондратенко // Электронное моделирование. Междун. науч.-техн. журнал. – 2013. – Том 35, №5. – с. 109-122.

3. Колесо-рушій мобільного робота: пат. UA № 45369: МПК (2009) B63B 59/00 / Кондратенко Ю.П., Запорожець Ю.М. Опубл. 10.11.2009, бюл. № 21, 2009. – 5 с.

4. Спосіб магнітокерованого переміщення мобільного робота: пат. UA № 47369: МПК (2009) B25J 9/10 / Кондратенко Ю.П., Запорожець Ю.М. Кондратенко В.Ю. Опубл. 25.01.2010, бюл. №2, 2010. – 4 с.

УДК 681.51:681.31-181.48

МІКРОКОНТРОЛЕРНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДАМИ МАНИПУЛЯЦІЙНОГО РОБОТА

Васильєв О.Г., Ольшевский С.І.,
Національний Університет Кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна

У цей час у промисловості використовується досить велика кількість роботів і маніпуляторів виробництва 80-90 років. Економічно більш вигідно при побудові сучасних систем автоматизації виробництва використовувати ці роботи й маніпулятори, чим закуповувати повні комплекти сучасних роботизированих систем.

Однак більша частина маніпуляторів, що раніше випускалися, використовує поряд з електроприводами й пневмо- або гідроприводи. Аналіз роботи приводів механізмів роботів свідчить про те, що електроприводи при сумарних потужностях до 10 кВт є більш переважними. [1, 2].

Розвиток електроніки й мікросхемотехніки спричинив те, що в цей час велика кількість раніше традиційних систем керування безперервного типу реалізуються на базі мікроконтролерів і є цифровими й програмними. Враховуючи ступінь інтеграції сучасних мікроконтролерів, найчастіше практично вся апаратна частина такої системи керування складається з однієї мікросхеми – властиво мікроконтролера. Типовими представниками мікроконтролерів такого типу є контролери фірми Atmel [3].

Вважається, що всі задачі, розв'язувані вбудованими системами керування, діляться на два великі класи – керування пристроями в реальному часі й керування потоками даних. Для практичної реалізації цих завдань підходить ієрархічна структура системи керування – ЕОМ вищого рангу для керування потоками інформації й узгодження роботи окремих систем і мікроконтролери, що реалізують керування в реальному часі [4].

При модернізації маніпуляціоного робота був реалізований саме такий підхід. Цей робот містить три електродвигуни постійного струму переміщення по трьом координатам і два пневмоприводи [5]. Заміна типу захвата із пневматичного на електромагнітний і введення додаткового крокового двигуна для забезпечення повороту захвата маніпулятора обумовили необхідність зміни системи керування.

Системи керування реального часу із застосуванням недорогих і швидкодіючих RISC мікроконтролерів по своїх можливостях не поступаються тим системам керування, що застосовуються дотепер на базі стандартних керуючих контролерів і мікроЕОМ, а по масогабаритним, енергетичним і вартісним показникам – краще їх у кілька разів [3,4].

Більшість мікроконтролерів, що випускаються у світі, містять на одному кристалі не тільки всі функціональні блоки власне ЕОМ, але й значну частину пристроїв, що раніше належали до групи пристроїв зв'язку з об'єктом керування (порти, таймери-лічильники, інтерфейси зв'язку, АЦП і багато чого іншого). Як правило, із заводу-виготовлювача мікроконтролери виходять без закладеної в них програми – розроблювач має можливість реалізувати свою електричну схему й відповідну їй керуючу програму [3, 6].

У процесі розробки нової системи керування для реалізації взаємодії робота з іншими складовими автоматизованої дільниці була введена ЕОМ вищого рівня керування. У результаті аналізу складу устаткування й сигналів (вхідних і вихідних) була складена функціональна схема системи керування електроприводами робота, представлена на рисунку 1.

Після докладного аналізу сигналів і розробки загального алгоритму керування в якості однокристального мікроконтролера був обраний контролер AT90S8535 фірми Atmel. Цей контролер виконаний по RISC технології і є типовим представником мікроконтролерів з розвиненим набором периферійного обладнання. Слід зауважити, що вибір контролера був обумовлений наявністю досвіду роботи із продуктами цієї фірми. У цей час контролери, приблизно однакові по своїх технічних характеристиках і ціні виробляють і фірми Microchip і Cygnal. Вибір платформи багато в чому обумовлюється перевагами розроблювача або вимогами по уніфікації застосовуваної елементної бази.

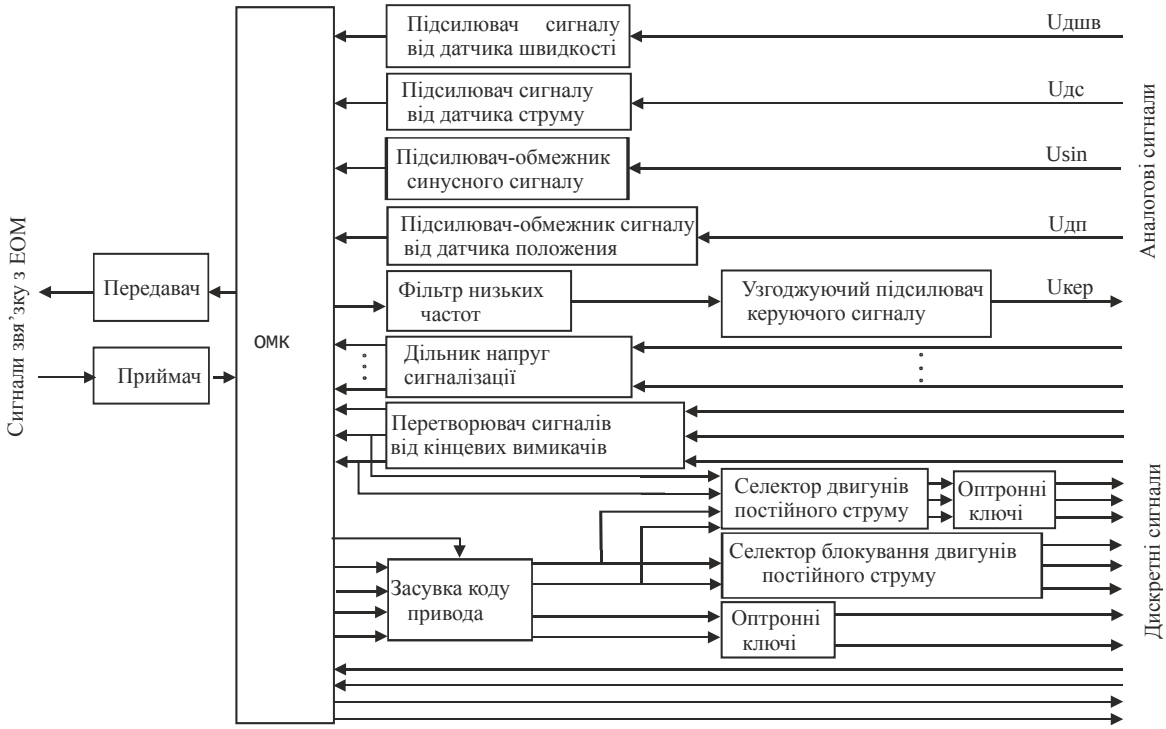


Рисунок 1 – Функціональна схема мікропроцесорної системи керування електроприводами маніпуляціонного робота

Застосування високопродуктивного мікроконтролера з розвиненими апаратними ресурсами дозволяє організувати дворівневу систему програмного керування роботом. На верхньому рівні перебуває провідна ЕОМ, на нижньому – ведений мікроконтролер. ЕОМ верхнього рівня виконує моделювання руху (кінематики й динаміки) робота, формує команди керування для контролера, перевіряє отримані результати й вносить, при необхідності, коректування в команди керування. Контролер приймає команди від ЕОМ, перевіряє їхню допустимість, виконує керування кінцевим обладнанням – електродвигунами постійного струму, захватним пристроєм і кроковим двигуном [4].

Алгоритм роботи системи керування електроприводами маніпуляційного робота представлено на рисунку 2.

Прийом даних від ЕОМ, декодування й виконання команд, опитування датчиків і передача даних на ЕОМ виконуються засобами контролера керування, а інші – засобами ЕОМ.

При організації інтерфейсу зв'язку типу багатоточечного RS-485 є можливість одночасного погодженого керування від однієї ЕОМ декількома контролерами й, отже, декількома роботами. Для реалізації цього завдання потрібна розробка спеціального програмного забезпечення.

Фірма Atmel постійно розширює номенклатуру вироблених мікроконтролерів і вдосконалює їхні параметри. При цьому зберігається сумісність (по виводах і навіть по програмному коду) з раніше виробленими мікроконтролерами [3].



Рисунок 2 – Алгоритм роботи системи керування електроприводами робота

Висновки. Застосування в пропонованій розробці контролера нових серій за рахунок більшого об'єму пам'яті й більш високої швидкодії дозволить реалізовувати більш складні закони керування в тому числі погоджене керування декількома елементами робототехнічної системи одночасно.

На рисунку 3 наведені розрахункові динамічні характеристики високомоментних двигунів з різними моментами інерції механізмів при використанні розробленої системи керування із застосуванням RISC мікроконтролера.

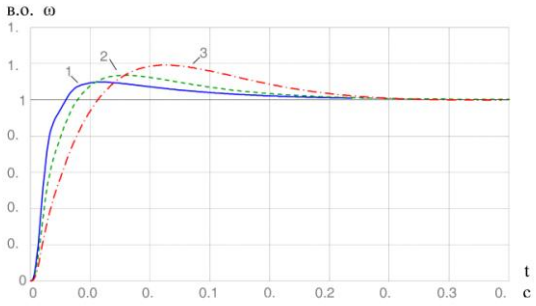


Рисунок 3 – Розрахункові динамічні характеристики високомоментних двигунів

Динамічні характеристики стендових випробувань пропонованої системи керування представлені на рисунку 4.

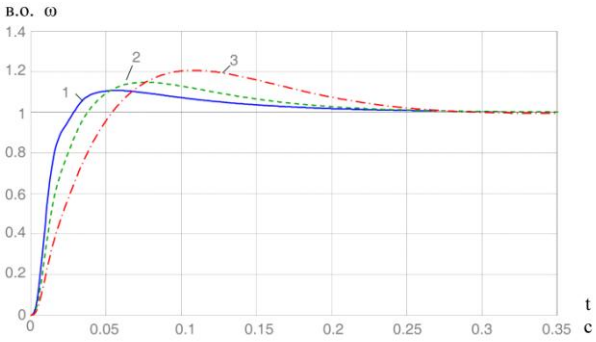


Рисунок 4 - Динамічні характеристики стендових випробувань

Порівняльний аналіз розрахункових та стендових випробувань демонструє високе співпадіння показників якості перехідних процесів.

Література

1. **Ястребов В.С.** Телеуправляемые подводные аппараты (с манипуляторами). – Л., Судостроение, 1973.

2. **Нужный С.Н., Ольшевский С.И.** Электрооборудование и автоматика необитаемого подводного аппарата для нефтегазопромыслов. В сб. Тр. НКИ, 1994.

3. http://www.atmel.com

4. **Шварце Х., Хольцгрефе Г.-В.** Испоьзование компьютеров в регулировании и управлении: Пер. с нем. – М.: Энергоатомиздат, 1990.

5. «Робот промышленный с числовым программным управлением. Модель М10П.62.01». Руководство по эксплуатации – М.: Станкостроительный завод «Красный пролетарий» им. А.И.Ефремова, 1985.

6. **Юревич Е.Ю.** Робототехника. – СПб.: Издательство СПбПУ, 2001.

УДК 681.5

СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ПЛАСТИНЧАТИМ ТРАНСПОРТЕРОМ ВУЗЛА ЗАВАНТАЖЕННЯ ПІРОЛІЗНОГО РЕАКТОРУ

Козлов О. В., Скакодуб О.С.,
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв

Технологія безперервної термічної утилізації цілих зношених автомобільних шин (АШ) [1] широко застосовується для повної утилізації різнотипних АШ і гумотехнічних виробів, що вийшли з експлуатації в екологічно безпечних й енергозберігаючих режимах. Для реалізації даної технології використовуються спеціальні комплекси, які, в свою чергу, являють собою складні багатокомпонентні технічні об’єкти. Автоматизація технологічних комплексів даного типу дозволяє суттєво підвищити точність керування технічними параметрами технологічного процесу безперервної термічної утилізації цілих зношених АШ та покращити якість отриманого альтернативного палива [2].

Стабілізація параметрів лінійного руху пластинчатого транспортеру (ПТ) вузла завантаження піролізного реактора є однією з важливих задач автоматичного керування технологічним процесом утилізації зношених АШ [3]. Можливість довантаження цілих зношених АШ та підтримання постійного значення їх кількості в реакторі дозволяє забезпечити роботу даного комплексу в безперервному режимі. Це дає змогу значно підвищити ефективність роботи та економічні показники комплексу, а також потребує наявності спеціальної системи автоматичного керування (САК), що забезпечуватиме керування положенням та швидкістю руху ПТ вузла завантаження реактора.

Функціональна структура запропонованої авторами САК пластинчатим транспортером вузла завантаження піролізного реактора наведена на рис. 1, де прийнято наступні позначення: ЗП – задаючий пристрій; РП – регулятор положення; РШ – регулятор швидкості; ПЧ – перетворювач частоти; АД – асинхронний двигун; Р – редуктор; КЛ – кінематичний ланцюг; $s_{ПТ}$ – задане значення положення стрічки ПТ; $\varepsilon_{П}$ – сигнал помилки керування положенням стрічки ПТ; $u_{РП}$ – вихідний електричний сигнал регулятора положення; $\varepsilon_{Ш}$ – сигнал помилки керування швидкістю ПТ; $u_{РШ}$ – вихідний електричний сигнал регулятора швидкості; $u_{АД}$, $f_{АД}$ – змінна напруга та частота живлення АД, які формуються у ПЧ; $\omega_{АД}$ – кутова швидкість обертання вихідного валу АД; $\omega_{Р}$ – кутова швидкість обертання вихідного валу редуктора; $v_{ПТР}$ – реальне значення швидкості лінійного переміщення ПТ; $s_{ПТР}$ – реальне значення положення стрічки ПТ; $u_{ДШ}$ – вихідний електричний сигнал датчика швидкості лінійного руху ПТ; $u_{ДП}$ – вихідний електричний сигнал датчика положення стрічки ПТ; $F_{С}$ – сила навантаження, що діє на кінематичний ланцюг ПТ.

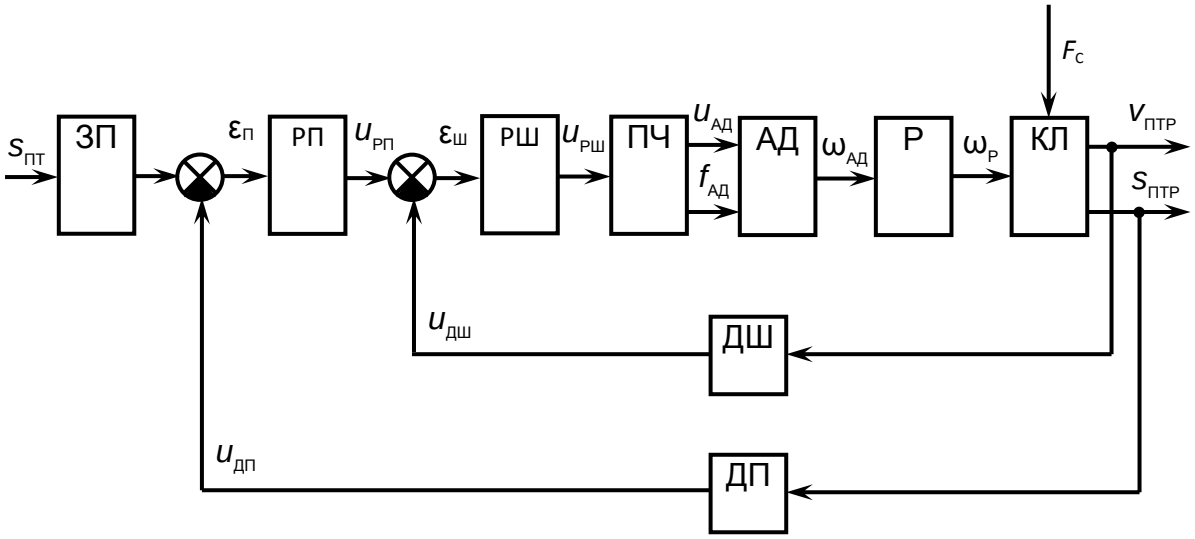


Рис. 1. Функціональна структура САК ПТ вузла завантаження піролізного реактора

Дана САК є двоконтурною з підпорядкованим керуванням. Внутрішній контур є підпорядкованим зовнішньому і здійснює стабілізацію значення швидкості лінійного руху КЛ пластинчатого транспортеру, відповідного керувальному сигналу регулятора положення РП. Зовнішній контур являє собою контур керування безпосередньо положенням ПТ, на його вхід подається задавальний сигнал положення $s_{ПТ}$.

Керування АД в даній САК здійснюється за скалярним принципом [4-7] через невисоку вартість його реалізації та достатні показники якості керування завантаженням зношених АШ в вузол завантаження реактора.

В якості перетворювача, який живить АД, використовується напівпровідниковий керований ПЧ [7], який дозволяє змінювати вихідні значення модуля $u_{АД}$ та частоти напруги $f_{АД}$ в залежності від сигналу керування $u_{РШ}$, що надходить від регулятора швидкості РШ.

В якості регуляторів швидкості та положення застосовані ПІ-регулятор та П-регулятор, відповідно. Передаточні функції даних регуляторів мають вигляд:

$$W_{РШ}(p) = k_{РШ} + \frac{1}{T_{РШ}p}; \quad (1)$$

$$W_{РП}(p) = k_{РП}, \quad (2)$$

де $k_{РШ}$ – коефіцієнт підсилення регулятора швидкості; $T_{РШ}$ – стала часу регулятора швидкості; $k_{РП}$ – коефіцієнт підсилення регулятора положення.

Параметри ПІ-регулятора швидкості та П-регулятора положення САК ПТ вузла завантаження піролізного реактора розраховані за допомогою градієнтного методу параметричної оптимізації.

Результати комп'ютерного моделювання перехідних процесів за швидкістю та положенням, а також аналіз показників якості вищенаведеної САК докладно обговорюються в доповіді.

Застосування розробленої авторами САК ПТ вузла завантаження піролізного реактора технологічного комплексу безперервної термічної утилізації цілих зношених АШ дозоляє забезпечити стабілізацію та автоматичне керування положенням та швидкістю лінійного руху ПТ з достатньо високою якістю, що дає змогу забезпечити роботу даного комплексу в безперервному режимі, а також значно підвищити його ефективність роботи та економічні показники.

Список літератури

1. **Пат. 98287 Україна, МПК F23G5/027, C08J11/04.** Універсальна автоматизована установка безперервного піролізу цілих зношених автомобільних шин [Текст] / заявл. 27.10.2014; опубл. 27.04.2015, Бюл. №8. – 12 с.
2. **Козлов, О. В.** Автоматизація процесів керування технологічними комплексами утилізації цілих зношених автошин / О. В. Козлов, Л. М. Маркіна, М. В. Рудюк // Наукові праці: Науково-методичний журнал, Серія "Комп'ютерні технології". – Миколаїв: ЧДУ ім. П.Могили, 2015. – Том 266, Випуск 254. – С. 131-137.
3. **Шмигельська, І. В.** Комплекс задач автоматичного керування технологічним процесом безперервного піролізу цілих зношених автомобільних шин / І. В. Шмигельська, О.С. Скакодуб, О.В. Козлов // Сучасні проблеми автоматики та електротехніки: Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Миколаїв: НУК, 2016. – С. 4–6.

4. **Ключев В. І.** Теорія електропривода. Підручник для ВНЗ. Видавництво Енергоатом, 1998 – 704с.
5. **Башарін О. В., Новіков В. А., Соколовський Г.Г.** Керування електроприводами. Навчальний посібник для ВНЗ. Видавництво Енергоатом, 1982 – 392с.
6. **Садиков Х. Р.** Принципи побудови і методи дослідження безперервних систем керування електроприводів. Видавництво ТТУ, Душанбе 1993 – 107с.
7. **Єлісєєв В. О**. Системи безперервного керування електроприводів змінного струму. Видавництво МЕІ, 1985 – 95с.

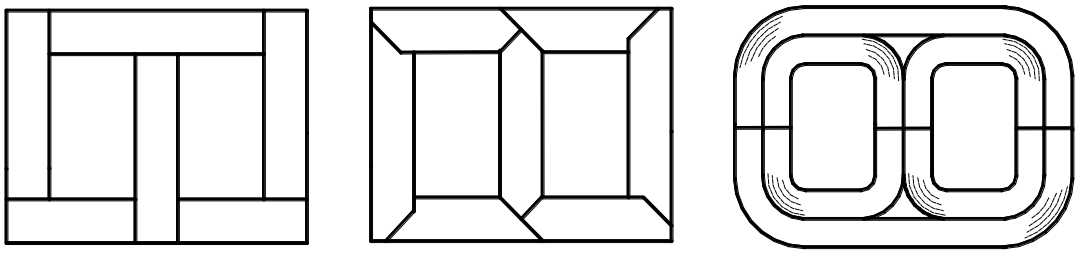
УДК 621.314

УДОСКОНАЛЕННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ПОРІВНЯННЯ МАСОВАРТІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ВАРІАНТІВ ПЛАНАРНОЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СИСТЕМИ З ПРЯМОКУТНИМИ ПЕРЕРІЗАМИ СТРИЖНІВ МАГНІТОПРОВОДУ

Авдєєва О.А., Ставинський Р.А.,
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова,

Основною при виробництві трифазних трансформаторів і реакторів малої потужності є планарна електромагнітна система (ЕМС) з прямокутними перерізами стрижнів шихтованого (рис. 1, а, б) і витого (рис. 1, в) магнітопроводів, які виготовляються з текстурованої рулонної електротехнічної сталі (ЕТС), що має менші питомі втрати відносно ізотропної ЕТС [1 – 3]. Однак зміна напрямку магнітного потоку в кутових зонах відносно напряму текстури підвищує втрати варіантів магнітопроводів з прямими (рис. 1, а) і косими (рис. 1, б) стиками в 1,37 … 1,58 відносно питомих втрат текстурованої ЕТС [1 – 3]. Тому, згідно дослідженням [3], більш доцільним застосування в трансформаторах і реакторах малої потужності магнітопроводів з комбінацією у суміжних шарах стрижнів і ярем ізотропної та анізотропної ЕТС з розташуванням в кутових зонах ізотропних ділянок [3]. Використання технології навивки стрічки (рулону) ЕТС знижує трудомісткість виробництва магнітопроводів відносно технології шихтовки та надає можливість використання нової стрічкової ізотропної аморфної ЕТС. У подібній ЕТС питомі втрати значно знижені відносно кращих марок кришталевих ізотропної та анізотропної ЕТС [2, 4]. Однак наявність в традиційному трифазному витому магнітопроводі (рис. 1, в) двоконтурних фазних елементів (окремих витих секцій зі зсувом фаз магнітних потоків) декілька підвищує масу магнітопроводу (рис. 1, в) і викликає появу в кожному контурі значних додаткових втрат. Ці втрати обумовлені несинусоїдальністю контурних потоків і підвищують втрати в магнітопроводі (рис. 1, в) в 1,33 … 1,35 відносно питомих втрат анізотропної ЕТС [1, 2, 3].

Зниження втрат в комбінованому шихтованому та повне виключення втрат викривлення магнітного потоку у витому варіантах планарного магнітопроводу можливо використанням конструкції (рис. 2, а, б) з технологією навивки (рис. 2, в, г) [4]. При цьому завдяки округленню, аналогічно рис (1, в), зовнішніх кутових зон досягається зниження маси варіантів магнітопроводів (рис. 2, а, б) відносно традиційних аналогів.



а) б) в)

Рисунок 1 – Варіанти конструкції традиційних планарних шихтованих (а, б) і витого (в) магнітопроводів

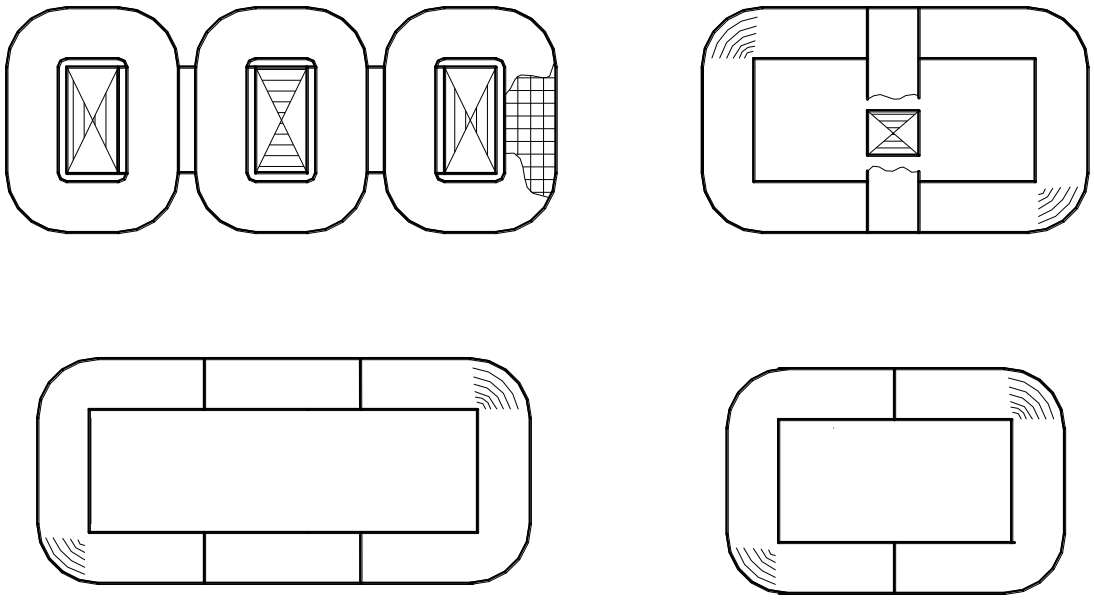


Рисунок 2 – Поперечна структура (а), конструктивна схема (б) і заготівки (в, г) елементів стикового планарного магнітопроводу

На основі методу математичного моделювання статичних ЕМС [4] виконано оптимізаційний порівняльний аналіз масовартісних показників ЕМС з магнітопроводами (рис. 1, а, б) та (рис. 2, а, б), результати якого наведено в табл. 1 і табл. 2.

Висновок. Визначено (табл. 1, табл. 2), що додатково до зниження втрат трифазних трансформаторів і реакторів з прямокутними перерізами стрижнів, використанням комбінованого та витого магнітопроводів з суміщеними фазними елементами та округленням бокових кутових зон досягається зниження відповідно на 4 … 5 % та 8,3 … 9,1 % маси і вартості ЕМС.

Таблиця 1 – Показники маси варіантів планарної електромагнітної системи

Коефіцієнт заповнення обмоткового вікна, в.о.	Показник маси, в.о.		
	$П^*_{мшп}$ (рис.1, а, б)	$П^*_{мкп}$ (рис.2, а)	$П^*_{мвп}$ (рис.2, б)
0,3	27,8	26,4	26,4
0,25	29,3	38	28
0,2	31,4	30,1	30,1

Таблиця 2 – Показники вартості варіантів планарної електромагнітної системи

Показник вартості, в.о.	Коефіцієнт заповнення обмоткового вікна, в.о.	Співвідношення вартості обмоткової міді і електротехнічної сталі, в.о.				
		3,5	4	4,5	5	5,5
$П^*_{сшп}$ (рис.1, а, б)	0,3	51,7	55,5	59,2	62,7	66,2
	0,25	53,8	57,7	61,5	65,1	68,6
	0,2	56,7	60,7	54,5	68,2	71,8
$П^*_{скп}$ (рис.2, а)	0,3	48,3	51,8	55,2	58,4	61,5
	0,25	50,5	54	57,4	60,7	53,9
	0,2	53,3	57	60,5	53,9	67,1
$П^*_{свп}$ (рис.2, б)	0,3	47,4	50,8	54	57,2	60,2
	0,25	49,5	53	56,3	59,5	62,6
	0,2	52,4	56	59,4	62,7	65,8

Перелік літератури:

1. **Майорец, А.И.** Магнитопроводы силовых трансформаторов (технология и оборудование) / [А.И. Майорец, Г.И. Пшеничный, Я.З. Чечелюк и др.]. – М.: Энергия, 1973. – 272 с. 2. Перспективы и состояние разработок распределительных трансформаторов массовых серий [Электронный ресурс] / В.А. Бормосов, М.Н. Костоусова, А.Ф. Петренко, И.Е. Смольская. Режим доступа: www.transform.ru/articles/html/03project/a000001.article (13.09.2004). 3. **Пентегов И.В.** Определение магнитных индукций в магнитопроводах силовых

трансформаторов при совместном использовании анизотропной и изотропной электротехнических сталей / [И.В. Пентегов, С.В. Рымар, M.I. Levin, A.V. Lavreniuk] // Електротехніка і електромеханіка. – 2015. – №6. – с. 31-35. 4. **Ставинский, А.А.** Оптимизационный сравнительный анализ структур статических электромагнитных систем. Ч.1. Варианты и метод оценки преобразований / А.А. Ставинский, Р.А. Ставинский, Е.А. Авдеева // Электричество. – 2014. – №9. – с. 34-43.

УДК 537.529:621.762

ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОЙ СИНТЕЗ НАНОДИСПЕРСНЫХ КАРБИДОВ МОЛИБДЕНА

А.С. Кравченко[2], П.Л. Цолин[2], А.Ю.Терехов[2], Н.И. Кускова[1, 2]
[1] *Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова*
[2] *Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины, Николаев*

Карбиды относятся к широкому классу соединений, обладающих рядом ценных свойств, делающих их перспективными материалами для использования в различных областях новой техники. Карбиды металлов, особенно переходных, обладают высокими температурами плавления и твердостью, высокой химической стойкостью, металлическим характером электропроводности и теплопроводности, а также рядом специальных свойств – способностью переходить в сверхпроводящее состояние при относительно высоких температурах, высокими эмиссионными свойствами и др. В настоящее время всё большее применение в различных областях науки, промышленности и техники находят нанопорошки карбидов металлов. При переходе в нанообласть за счет снижения размера зерна повышается твердость и износостойкость изделий, их термостойкость и коррозионная стойкость в агрессивных средах.

Одним из способов получения порошков карбидов металлов является метод электрического взрыва проводников (ЭВП) в жидких и газообразных углеводородах. Недостатком этого подхода является неравномерность реакции карбонизации металла в объеме разрядной камеры. Продукты электрического взрыва содержат только часть карбидов, а полученные карбиды имеют дефицит углерода.

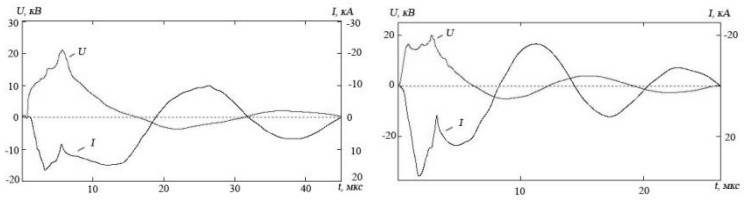
Цель работы – усовершенствование электровзрывного метода синтеза нанодисперсных порошков карбида молибдена в результате использования углеродных наноматериалов в качестве источника углерода.

ЭВ молибденовых проводников проводили на экспериментальном стенде в разрядной камере при различных режимах ввода электроэнергии.

Для получения нанопорошков карбидов в процессе ЭВП предложено использовать углеродные наноматериалы (УНМ) в виде пасты, полученной методом электроразрядной обработки (ЭРО) жидких углеводородов [1].

Осциллографирование тока и напряжения в процессе электровзрыва молибденовых проводников в керосине и в пастах, содержащих УНМ, при разных величинах запасаемой энергии позволило рассчитать введенные в проводник энергии ($W_в$). Выход насыщенных углеродом фаз и дисперсность карбидов возрастает, а содержание остаточного металла в продуктах взрыва уменьшается с ростом введённой энергии [2].

Наиболее эффективным для синтеза нанопорошков карбидов является режим ЭВП с повторным пробоем без паузы тока, реализуемый в пасте, полученной ЭРО керосина и содержащей УНМ, при U_0 = 22 кВ, C = 6 мкФ. Временные зависимости тока и напряжения в процессе ЭВ проводника представлены на рис. 1.



а) б)

Рис. 1 – Характерные временные зависимости тока и напряжения ЭВ молибденового проводника:а) в керосине, $W_в$ = 736 Дж, б) в пасте, полученной ЭРО керосина, $W_в$ = 875 Дж

Показано, что электровзрывной метод с использованием паст, содержащих УНМ, позволяет получать нанодисперсные порошки, содержащие до 100 % карбидов молибдена. Поэтому можно рекомендовать электровзрывной метод для создания разрядноимпульсной технологии синтеза нанопорошков карбидов металлов.

Список литературы

1. **Kuskova N. I.** Dependence of the yield of carbon nanomaterials on the molecular structure of organic liquids in the process of electrodischarge treatment **/** N. I. Kuskova, S. V. Petrichenko, P. L. Tsolin, V. Yu. Baklar' // Surface Engineering and Applied Electrochemistry February. – 2013. – Vol. 49, Issue 1.– P. 13-18.
2. **Пат. 95781 Україна, МПК(2015.01) C01B 31/30(2006.01), B82B3/00.** Спосіб одержання нанопорошків карбідів тугоплавких металів / *Терехов А. Ю., Цолін П. Л., Кускова Н. І., Баклар В. Ю., Зубенко О. О.* (Україна).; заявник і патентовласник Ін-т імпульсних процесів і технологій НАН України.- № u 201407028; заявл. 23.06.14; опубл. 12.01.2015, Бюл. №1.

УДК 621.313

УПРАВЛЯЕМЫЙ РЕАКТОР ТРАНСФОРМАТОРНОГО ТИПА С ПРОСТРАНСТВЕННЫМ МАГНИТОПРОВОДОМ

Новогрецкий С. Н., Прудников А. А., Моргун В. І.,
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова

В энергосистемах находят применения шунтирующие реакторы для компенсации зарядной мощности линий, реакторы в составе фильтров для подавления высших гармоник, реакторы для регулирования емкостной мощности конденсаторных батарей с целью емкостного возбуждения и стабилизации напряжения асинхронных генераторов. При изменении режимов работы и конфигурации энергосистемы соответствующим образом должны меняться и индуктивные сопротивления реакторов.

Известна конструкция управляемого реактора трансформаторного типа. Каждая фаза реактора содержит замкнутый магнитопровод и три обмотки: сетевую, постоянно подключенную к сети высокого напряжения, обмотку управления, замкнутую тиристорным блоком, и компенсационную обмотку, предназначенную для компенсации третьей гармоники в токе реактора [1]. Его достоинствами является большой диапазон и простота регулирования тока, высокое быстродействие. Основным недостатком является присутствие значительной доли высших гармоник в токе реактора и повышенные потери в сердечнике.

Повысить энергетические показатели и улучшить гармонический состав тока реактора можно путем замены продольного на поперечное подмагничивания магнитопровода. Более того, лучшими массогабаритными показателями обладают пространственные магнитные системы. Исходя из вышесказанного, предложено в аксиальной пространственной симметричной магнитной системе на стержне разместить основную сетевую обмотку и короткозамкнутую вторичную обмотку. Обе обмотки предлагается пространственно разделить путем размещения в обмоточном окне между ними шунта, подмагничиваемого поперечным магнитным полем. При отсутствии подмагничивания вторичную обмотку будет пронизывать лишь незначительная часть магнитного потока сетевой обмотки, большая часть которого будет ответвляться в шунт. В результате ток в сетевой обмотке будет минимальный. При увеличении тока подмагничивания магнитное сопротивление шунта будет увеличиваться, что приведет к возрастанию доли магнитного потока, которая будет пронизывать вторичную короткозамкнутую обмотку, а значит, и к увеличению тока сетевой обмотки реактора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. **Александров Г.Н.** Управляемые реакторы. / Г.Н. Александров, В.П. Лунин. – СПб.: Центр подготовки кадров энергетики, 2005. – 200 с.

УДК 681.5

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРОПРИВОДУ ВУЗЛА ВИВАНТАЖЕННЯ ПІРОЛІЗНОГО РЕАКТОРУ ДЛЯ ЗАДАЧ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Козлов О. В., Шмигельська І. В.,
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв

Для реалізації технології безперервної термічної утилізації цілих зношених автомобільних шин (АШ) використовуються спеціалізовані технологічні комплекси, які, в свою чергу, є складними багатокомпонентними технічними об'єктами і потребують наявності розвинених комп'ютеризованих систем автоматичного керування [1]. Детальний опис технологічного комплексу даного типу наведено в [1]. Серед основних задач автоматичного керування технологічного комплексу безперервної утилізації цілих зношених АШ є автоматичне керування лінійним переміщенням поршня автоматичного гідроприводу (АГП) у вузлові вивантаження реактору (ВВР) [2].

Розробку математичної моделі АГП ВВР технологічного комплексу безперервної утилізації цілих зношених АШ доцільно здійснювати на основі підходу для розрахунку гідроприводу з дросельним регулюванням, зокрема з електрокерованим розподільним пристроєм (золотником), що наведений в [3].

Принципова схема розрахункового гідроприводу наведена на рис. 1, де прийнято наступні позначення: $P_{\text{п}}$ – вхідний тиск робочої рідини; $P_{\text{зл}}$ – вихідний тиск робочої рідини (тиск зливу); Q_1 та Q_2 – значення витрат робочої рідини в лівій та правій порожнині гідроциліндру; P_1 та P_2 – значення тиску в лівій та правій порожнині гідроциліндру; $c_{\text{зв}}$ – коефіцієнт жорсткості зв'язку плунжера з поршнем; X – лінійне переміщення поршня гідроприводу; $X_{\text{п}}$ - лінійне переміщення плунжера гідроциліндру; x_3 – зміщення золотникового розподільника; $F_{\text{н}}$ – сила навантаження, що діє на поршень при його русі; З – золотник; ПЛ – плунжер; Ш – шток; П – поршень; Р – реактор; ТЗ – твердий залишок; ВО – водяне охолодження.

На поршень гідроприводу діють такі види навантаження: інерційне, навантаження від стискання ТЗ та тертя. Інерційне навантаження на привід утворюється масами частин, що переміщуються з прискоренням: поршня з приєднаними рухомими частинами гідроциліндру, ТЗ, що завантажуються до реактора. Навантаження від стискання ТЗ у реакторі $F_{\text{н}}$ характеризується зусиллями, що долає гідропривід при поступальному русі вихідної ланки (поршня). Щодо сил тертя, то вони виникають внаслідок тертя виконавчого пристрою приводу, а також тертя АШ, що знаходяться в реакторі і тиснуть на поршень АГП зверху. При розрахунку даного гідроприводу можна припустити, що гідравлічне тертя має лінійну залежність від швидкості руху плунжера та поршня [3].

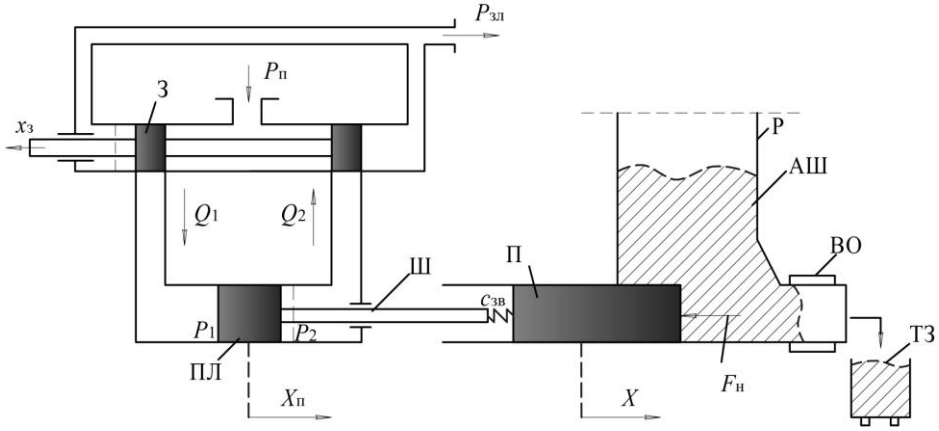


Рис. 1. Принципова схема розрахункового гідроприводу

Також припускається, що живлення гідроприводу відбувається робочою рідиною при значенні вхідного тиску $P_{\text{п}} = \text{const}$. Крім того не враховуються хвильові процеси, які відбуваються в трубопроводах від розподільного пристрою до гідроциліндру. Останнє припущення є справедливим, якщо частота цих процесів виявляється на порядок вище можливої частоти коливання плунжера гідроциліндра [3]. В даному розрахунку не враховується тертя АШ.

Рівняння руху приведеного до вихідної ланки гідроприводу поршня:

$$c_{\text{зв}}\ X_{\text{п}} - X\ - F_{\text{тр}} - F_{\text{н}} = m\frac{d^2X}{dt^2}, \qquad (1)$$

де $F_{\text{тр}}$ – приведена до поршня сила тертя; m – маса поршня.

Рівняння руху плунжера згідно другого закону Ньютона має вигляд:

$$S_{ц1}p_1 - S_{ц2}p_2 - F_{тр\ ц} - c_{зв}\ X_п - X\ = m_s \frac{d^2X_п}{dt^2}, \quad (2)$$

де $S_{ц1}$ і $S_{ц2}$ – Робочі площі плунжера в лівій та правій порожнинах гідроциліндру; m_s – сумарна маса плунжера і штока гідроциліндру.

При додатному зміщенні золотника ($x_з>0$):

$$\frac{dp_1}{dt} = \frac{B_{ж1}}{V_1 + V_{1л}}\left(Q_{31} - S_{ц1}\frac{dX_п}{dt}\right); \quad (3)$$

$$\frac{dp_2}{dt} = \frac{B_{ж2}}{V_2 + V_{2л}}\left(S_{ц2}\frac{dX_п}{dt} - Q_{32}\right), \quad (4)$$

де Q_{31}, Q_{32} – об'ємні витрати рідини, що протікає через розподільник в ліву та праву порожнини гідроциліндру; V_1, V_2 – об'єм рідини в лівій та правій порожнинах гідроциліндру; $V_{1л}$, $V_{2л}$ – об'єм рідини в гідролінії, що з'єднує розподільник з лівою та правою порожнинами гідроциліндру; $B_{ж1}$, $B_{ж2}$ – модуль об'ємної пружності рідини в лівій та правій порожнині гідроциліндру.

$$Q_{31} = k_{31}x_3\sqrt{|p_п - p_1|}sign(p_п - p_1); \quad (5)$$

$$Q_{32} = k_{32}x_3\sqrt{|p_2 - p_{зл}|}sign(p_2 - p_{зл}), \quad (6)$$

де k_{31} і k_{32} – питомі (віднесені до одиниці переміщення золотника) провідності вікон золотникового розподільника.

При від'ємному зміщенні золотника (xз<0):

$$\frac{dp_1}{dt} = \frac{B_{ж1}}{V_1 + V_{1л}}\left(Q_{34} - S_{ц1}\frac{dX_п}{dt}\right); \quad (7)$$

$$\frac{dp_2}{dt} = \frac{B_{ж2}}{V_2 + V_{2л}}\left(S_{ц2}\frac{dX_п}{dt} - Q_{33}\right), \quad (8)$$

де Q_{34}, Q_{33} – об'ємні витрати рідини, що протікає через розподільник в ліву та праву порожнини гідроциліндру (при $x_з<0$).

$$Q_{34} = k_{34}x_3\sqrt{|p_1 - p_{зл}|}sign(p_1 - p_{зл}); \quad (9)$$

$$Q_{33} = k_{33}x_3\sqrt{|p_п - p_2|}sign(p_п - p_2). \quad (10)$$

Рівняння (1)-(10) утворюють собою математичну модель навантаженого АГП ВВР, швидкість руху поршня якого регулюється чотирьохдросельним золотниковим розподільником. Результати комп'ютерного моделювання, отримані за допомогою даної моделі, докладно обговорюються в доповіді. Розроблена математична модель дозволяє досліджувати динаміку навантаженого гідроприводу та може бути застосована при подальшому синтезі структури та керуючих пристроїв системи автоматичного керування лінійним переміщенням поршня АГП ВВР технологічного комплексу безперервної утилізації цілих зношених АШ.

Список літератури

1. **Пат. 98287 Україна, МПК F23G5/027, C08J11/04.** Універсальна автоматизована установка безперервного піролізу цілих зношених автомобільних шин [Текст] / ; заявл. 27.10.2014; опубл. 27.04.2015, Бюл. №8. – 12 с.
2. **Шмигельська, І. В.** Комплекс задач автоматичного керування технологічним процесом безперервного піролізу цілих зношених автомобільних шин / І. В. Шмигельська, О.С. Скакодуб, О.В. Козлов // Сучасні проблеми автоматики та електротехніки: Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Миколаїв: НУК, 2016. – С. 4–6.
3. **Попов Д. Н.** Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем [Текст] / Д. Н. Попов // Учеб. для машиностроительных вузов. – М.: «Машиностроние», 1987. – 464 с.

ПРОБЛЕМА КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ МОРСКИХ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ И НАПРАВЛЕНИЯ ЕЕ РЕШЕНИЯ

Жук А.К., Жук Д.А., Криворучко Д.В., Воскобоенко Е.А.
Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова

Введение. Возрастание доли преобразовательной нагрузки в общей установленной мощности потребителей существенно усложнило проблему обеспечения качества электроэнергии (КЭ) и электромагнитной совместимости (ЭМС). Особо актуальна данная проблема для автономных ЭЭС морских судов и плавсооружений, в которых низкое КЭ ухудшает условия безопасной эксплуатации морских объектов в целом.

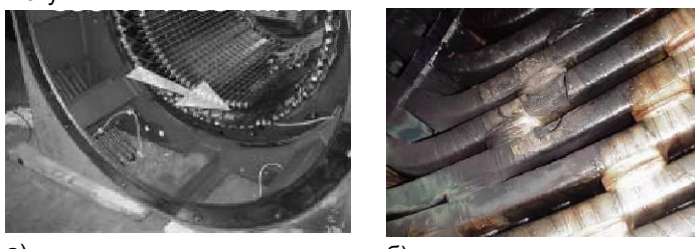
Важность проблемы подтверждается тем, что стандартизация и контроль за соблюдением условий ЭМС и норм КЭ в ЭЭС морских объектов возлагается на классификационные общества, например, такие как ABS (American bureau of shipping), DNV (Det Norske Veritas), GLloyd (Germanischer Lloyd), Регистр судоходства и т.д..

Несоблюдение условий ЭМС и отклонение показателей КЭ от нормативных значений, связанные с наличием в сети гармоник тока, напряжения и электромагнитных помех, генерируемых мощными ПП в составе ЭЭС морских судов и плавсооружений, влечет за собой технологический и экономический ущерб, а иногда может привести к авариям или катастрофам.

Например, по данным бюллетеня морской безопасности [1] в 2010 г. на круизном лайнере «Queen Mary 2», наполненном пассажирами произошел взрыв конденсаторных батарей в составе фильтра гармоник. В результате взрыва было повреждено электрооборудование высоковольтных секций главного распределительного щита, разрушена водонепроницаемая дверь в помещении с фильтрами, возник пожар (рис.1), а судно было полностью обесточено и временно потеряло управление. В другом случае, на судне с электродвижением [2] из-за повреждения фильтра гармоник вышел из строя гребной электродвигатель мощностью 800 кВт питаемый от полупроводникового инвертора тока (рис.2).



Рисунок 1 – Последствия аварии на круизном лайнере «Queen Mary 2»



а) б)

Рисунок 2 – Повреждения обмоток статора гребного электродвигателя: а – общий вид статора, б – место повреждения

На рис.3 представлена структура ЭЭС буровой платформы класса 3 с динамическим позиционированием. Основными потребителями электроэнергии в ней являются полупроводниковые преобразователи подруливающих устройств и технологических механизмов суммарной мощностью 40 МВА при общей мощности генераторов 50 МВА. Результатом соизмеримости мощности источников и существенно нелинейных нагрузок (полупроводниковых электроприводов) при наличии собственных параметров сети в ЭЭС платформы стало критическое снижение КЭ, способное нарушить работу ответственных потребителей и вызвать аварийную ситуацию на платформе в целом. Спектр гармоник напряжения в ЭЭС морской нефтедобывающей платформы (напряжение 600 В) показан на рис.4. Суммарный коэффициент гармонических искажения напряжения в фазе (THDv) 24,1% (L1), 24,7% (L2) и 25,3%(L3). THDv начинает увеличиваться с 23-ей вследствие применения 18-ти и 24-пульсных частотно-регулируемых приводов. [5]

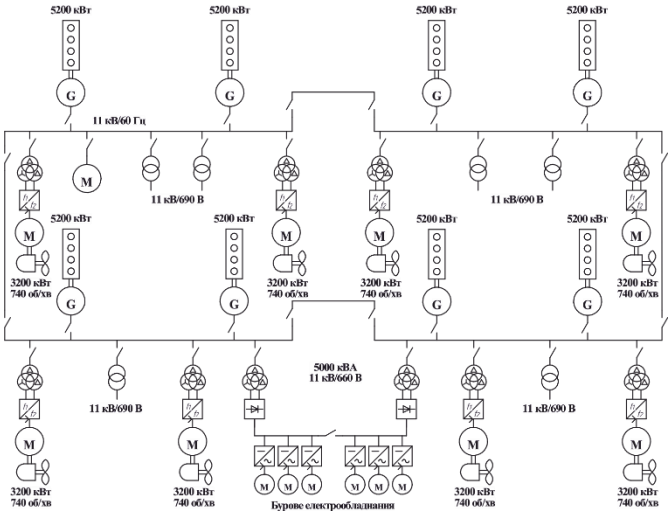


Рисунок 3 - Однолинейная схема ЭЭС буровой платформы

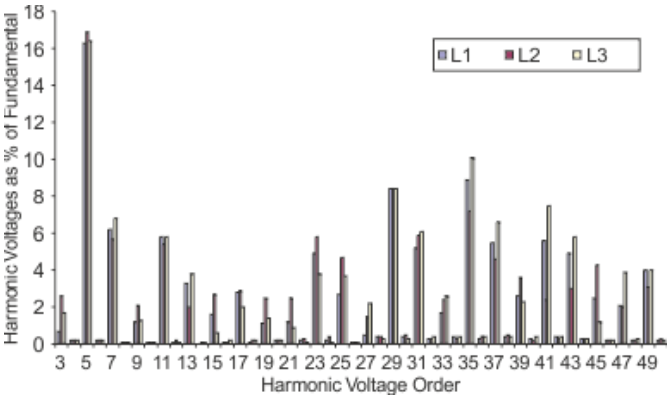


Рисунок 4 – Спектр гармоник напряжения в ЭЭС морской нефтедобывающей платформы.

На рис. 5-6 показана схема 18-пульсного частотно-регулируемого привода, часто используемого на морских объектах, содержащего три шестипульсных выпрямителя и три вторичных обмотки трансформатора смещенные на 20°, а также влияние на него 2% несимметрии напряжения и гармонических искажений. [5]

Развитие методов и средств фильтрации высших гармоник является основным эффективным направлением в решении проблемы КЭ. К силовым фильтрам предъявляются повышенные требования, обусловленные спецификой работы автономной ЭЭС: заданное ограничение коэффициента несинусоидальности напряжения ($K_н$) при возможных колебаниях напряжения, отклонениях частоты, изменениях эквивалентного сопротивления системы, а также температуры окружающей среды; эффективное снижение гармоник напряжения в широком диапазоне частот (ввиду их слабого затухания с ростом частоты); согласование реактивной мощности, генерируемой фильтром, с реактивной мощностью потребителей; надежность и, как следствие, минимальное количество составляющих его ветвей, особенно настраиваемых. [3,4]

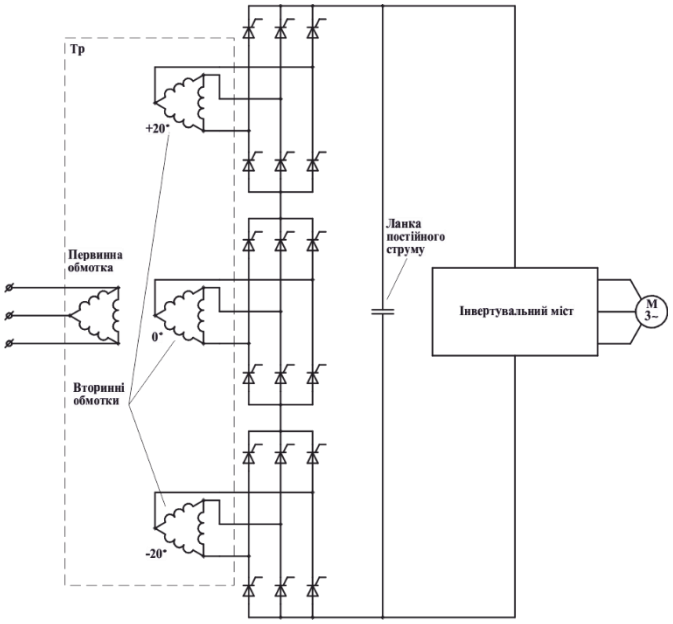


Рисунок 5 – Схема 18-пульсного частотно-регулируемого привода

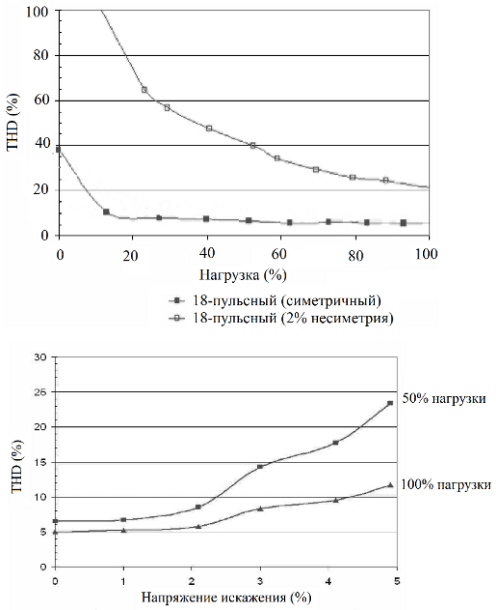


Рисунок 6 - Влияние несметриии напряжения и искажений напряжения на 18-пульсный привод

Традиционными средствами фильтрации высших гармоник являются пассивные LC-фильтры. Для автономных ЭЭС предпочтительно использование на входе ПП однозвенных широкополосных фильтров нижних частот Г-образной структуры (рис.7), при анализе которых целесообразно использовать полученную в замкнутой форме зависимость $K_н$ от параметров ЭЭС, преобразователя и фильтра. Однако эффективность таких фильтров ограничена следующими основными факторами. Во-первых, изменение эквивалентного сопротивления ЭЭС, имеющего вероятностный характер, может привести к «антирезонансу» - возникновению полюсов частотной характеристики системы на частотах неканонических гармоник, генерируемых ПП, например на 3-й гармонике. Во-вторых, высокая добротность LC-фильтров отрицательно влияет на качество переходных процессов в ЭЭС. В-третьих, расчет пассивных фильтров затрудняется при необходимости обеспечения единичного коэффициента мощности. [3,4]

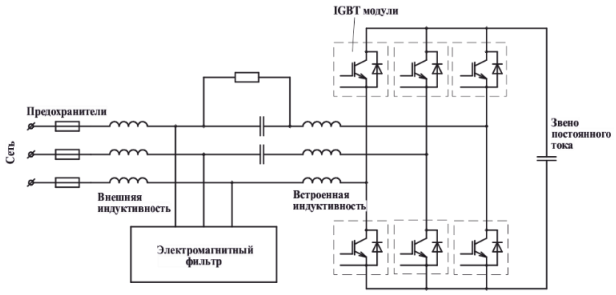


Рисунок 7 - Упрощенная схема широкополосного фильтра

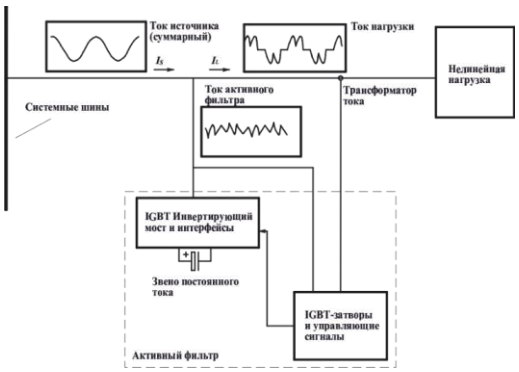


Рисунок 8 - Блок-схема параллельного широкополосного фильтра с изображениями напряжения сформированных в участках системы

Развитие силовой электроники, усугубив проблему обеспечения качества электроэнергии, в то же время создало предпосылки для разработки более эффективных, нетрадиционных методов и средств активной фильтрации [4]. Основой активных фильтров (АФ) являются преобразователи переменного тока в постоянный на полностью управляемых ключах с индуктивным (емкостным) накопителем электроэнергии на стороне постоянного тока (напряжения). Использование принципов широтно-импульсной модуляции (ШИМ) при управлении ключами позволяет создавать на базе таких преобразователей источники переменного тока (напряжения), работающие в 4-х квадрантах комплексной плоскости, для исключения или минимизации реактивной мощности всех гармоник, включая основную [4]. Блок-схема параллельного системного АФ, обеспечивающего форму тока близкую к синусоидальной, представлена на рис.8. Концепция активной фильтрации основана на компенсации гармоник тока нелинейной нагрузки антигармониками ШИМ-инвертора, связанного с ЭЭС пассивным согласующим фильтром. На рис.9 -11 показаны результаты работы АФ.

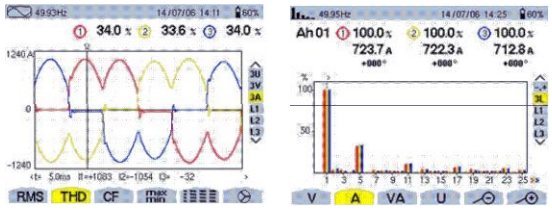


Рисунок 9 - Форма кривой и гармоческие спектры тока без фильтра (THDi = 34%)

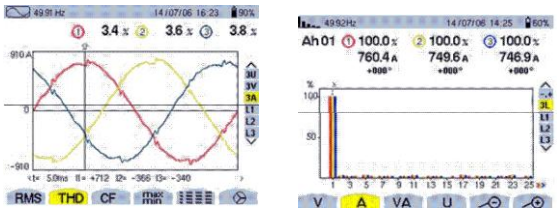


Рисунок 10 - Форма кривой и гармоческие спектры тока с активным фильтром (THDi = 3,6%)

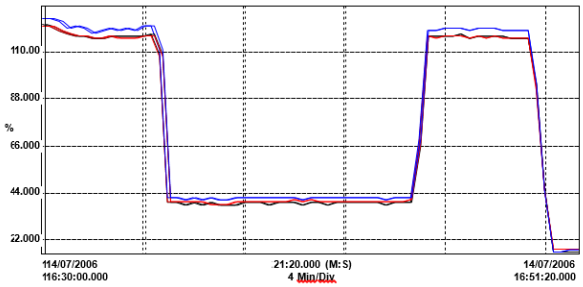


Рисунок 11 - Характеристика THDv при работе 3х600 кВт приводов постоянного тока от управляемого выпрямителя без/с/без широкополосного АФ (THDv- 11.2% снижается до 3.7% при подключении фильтра)

Список использованной литературы

1) *MAIB SAFETY BULLETIN 4/2010. Catastrophic failure of a capacitor and explosion in an 11kV harmonic filter on board the passenger cruise vessel RMS «Queen Mary 2».* 2) Жук Д.О., Жук О.К. Вплив параметрів кабельної лінії на імпульсні перенапруги в асинхронних частотно-регульованих електроприводах. Електромашинобудування і електрообладнання. Респ. міжвід. наук.-техн. сб. – 2005. – Вип. 63. – С. 39 – 42. 3) Zhuk A.K., Zhuk D.A. Complex rating and power quality providing in ac/dc electric power system of drilling vessel «Gazprom-1»/ Proceedings of 5th International scientific and technical conference on Unconventional Electromechanical and Electrical systems UEES'01, Miedzyzdroje, Poland, Vol.2, 05-08 September, 2001, pp.551-556. 4) Zhuk A.K., Zhuk D.A. Using active filters in autonomous power systems with static converters / Proceedings of 5th International scientific and technical conference on Unconventional Electromechanical and Electrical systems UEES'01, Miedzyzdroje, Poland, Vol.2, 05-08 September, 2001, pp.557-560. 5) Tony hoevenaars, Ian c. Evans, & Andy Lawson / Meeting harmonic limits using wide-spectrum passive harmonic filter. IEEE INDUSTRY APPLICATIONS MAGAZINE _ JAN j FEB 2010 _ WWW.IEEE.ORG/IAS

ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ПЕРЕДАЧИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Жук А.К., Жук Д.А., Криворучко Д.В., Киселев А.С., Осадченко Ю.В.
Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова

Введение. В последние десятилетия наблюдается интенсивное развитие офшорных высоковольтных кабельных электропередач постоянного тока на основе сверхмощных силовых IGBT-модулей, пришедших на смену однооперационным тиристорам. Помимо широкого применения таких вентилей в составе преобразователей частоты различного назначения, активных и гибридных фильтрокомпенсирующих устройств, они расширили спектр возможностей в отрасли электроэнергетики и успешно применяются в составе высоковольтных передач постоянного тока (ВППТ) (HVDC - high-voltage, direct current). С 1950 г. основным применением ВППТ является реализация систем электропередач большой протяженности. **[1]** Современные ВППТ на базе IGBT получили названия HVDC «Light» или «Ultra Light» Первая из таких систем была реализована в Швеции (1997 г.) в рамках проекта “Hellsjon”. **[2]** Кабельная ВППТ протяженностью 10 км была рассчитана на мощность 3 МВт и рабочее напряжение ±10 кВ. С тех пор по всему миру были установлены десятки HVDC Light. Основой схемотехнического решения легких HVDC являются обратимые преобразователи напряжения с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). По сравнению с предшественниками, HVDC «Light» с пространственной ШИМ вентилей обеспечивают неоспоримые преимущества: оперативный независимый контроль активной и реактивной мощности передаваемой ВППТ; возможность генерирования или потребления реактивной мощности на стороне переменного тока – работа в режиме ВАР-компенсатора; улучшенные показатели качества электроэнергии (КЭ) в питающей сети; возможность реверса потока мощности при изменении полярности постоянного напряжения; возможность использования многоуровневых преобразователей с целью КЭ в сети переменного тока; снижением требований к фильтрам гармоник на стороне переменного тока.

Представляют интерес структура HVDC и реализация ШИМ-преобразователя путем модуляции пространственного вектора. Схема HVDC «Light» показана на рис.1. Она включает две преобразовательные подстанции (ППС) со общей нейтралью, соединенные кабельной линией (КЛ) постоянного тока. Для защиты от гармоник на стороне переменного тока используются реакторы с параметрами R, L и фильтрокомпенсирующие устройства (ФКУ1, ФКУ2). Конденсаторы (С) на стороне каждой ППС по постоянному току предназначены для снижения пульсаций напряжения и поддержания нужного его уровня при кратковременных провалах напряжения в сети переменного тока. Линейное напряжение сети переменного тока и напряжение потребляемое ППС соответственно – U_s, U_c; X – реактивное сопротивление КЛ постоянного тока.

В статическом режиме, пренебрегая наличием гармоник и сопротивления, активная и реактивная мощности P, Q, передаваемые ППС, определяются соотношениями

$$P = (U_s \times U_c) \times \sin\delta / X, \quad Q = U_s (U_s - U_c \times \cos\delta) / X, \qquad (1)$$

где δ – фазовый угол основной составляющей ШИМ.

Таким образом, есть возможность управлять P и Q в зависимости от δ и U_c, соответственно. Когда ППС работает в режиме выпрямителя, преобразователь работает с отставанием, а в режиме инвертора – с опережением на угол δ.

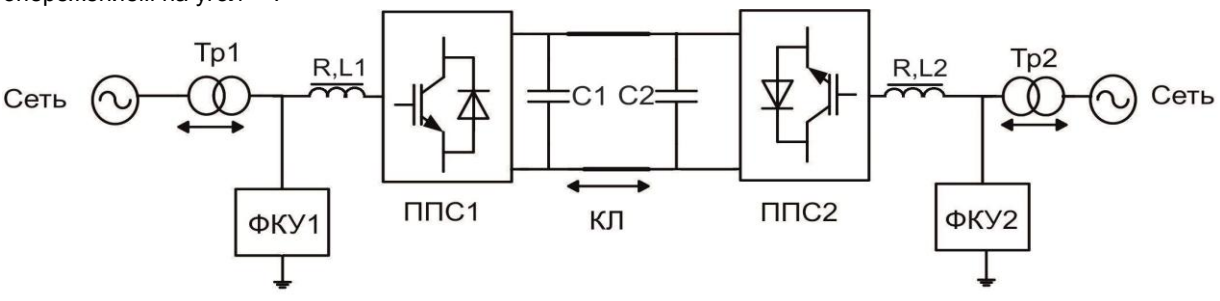


Рисунок 1 – Схема HVDC «Light»

Каждая ППС в системе HVDC «Light» соединена с сетью переменного тока через реакторы с параметрами R, L. Для схемы (рис.1) в системе d-q координат можно записать

$$U_{sd} - U_{cd} = L\frac{di_d}{dt} + Ri_d - \omega Li_q, \quad U_{sd} - U_{cd} = L\frac{di_q}{dt} + Ri_q - \omega Li_d, \qquad 2)$$

где U_{sd} и U_{sq} – напряжения источника, i_d и i_q – линейные токи, U_{cd} и U_{cq} – входное напряжение преобразователя ППС.

На основе теории мгновенной мощности, пренебрегая потерями в преобразователе и трансформаторе, обмен активной и реактивной мощностью входом и выходом каждой ППС

$$P_{ac} = 3\times(U_{sd}\times i_d + U_{sq}\times i_q)/2, \quad Q_{ac} = 3\times(U_{sd}\times i_q - U_{sq}\times i_d)/2. \qquad 3)$$

Предположим, что направление вектора напряжения источника по оси d $U_{sd} = 0$. Тогда (3) может быть записано в виде

$$P_{ac} = 3\times U_{sd}\times i_d/2, \quad Q_{ac} = 3\times U_{sd}\times i_q/2. \qquad 4)$$

Так как $U_{sd} = \text{const}$, из (4) очевидно, что активная мощность будет управляться i_d, а вся реактивная мощность будет управляться i_q. Ток и мощность преобразователя на стороне постоянного тока соответственно равны

$$i_{dc} = C\frac{dv_{dc}}{dt} + i_c, \quad P_{dc} = U_{dc}\times i_{dc}, \qquad 5)$$

где i_{dc} - постоянный ток протекающий через конденсатор С, U_c – напряжение звена постоянного тока, i_c - ток в КЛ постоянного тока.

Без учета потерь в преобразователе, мощность на стороне переменного тока равна мощности на стороне постоянного тока:

$$P_{ac} = P_{dc}, \quad 3\times U_{sd}\times i_d/2 = U_{dc}\times i_{dc}. \qquad 6)$$

Для переменного напряжения ППС можно записать

$$U_c = \frac{m}{\sqrt{2}}U_{dc}. \qquad 7)$$

где m - коэффициент модуляции.

Преобразователи ППС управляются посредством синусоидальной ШИМ, где модулирующий сигнал является синусоидальным, несущий - треугольным, а соотношение между двумя пиковыми значениями называется коэффициентом модуляции (m). В пространственном векторе ШИМ коэффициент модуляции m задается как

$$m = \sqrt{3}\times U_{ref}/U_{dc}, \; 0 \le m \le 1. \qquad 8)$$

На рис.2 изображена обобщенная структура системы управления ППС и ее интерфейс с основной системой. Конструкция ППС1 и ППС2 идентичны. Управляемыми параметрами являются: активная мощность (P) и реактивная мощность (Q) в подстанции 1; напряжение постоянного тока (U_{dc}) и реактивная мощность (Q) в подстанции 2.

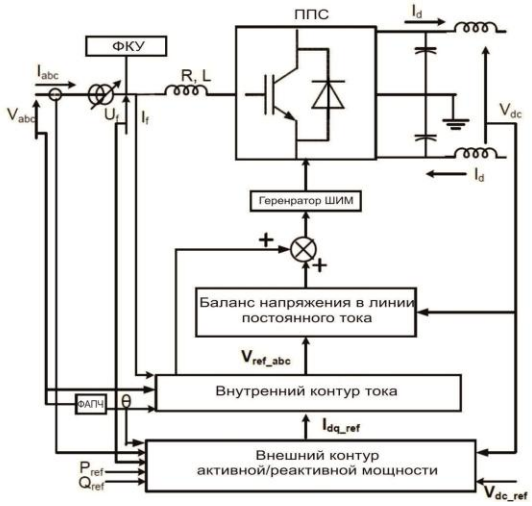


Рисунок 2 – Обобщенная структура системы управления ППС

Блок фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) измеряет частоту системы и вычисляет угол фазы (θ) для блока преобразования dq. Блок внешнего контура активной/реактивной мощности и напряжения на рис.2 содержит регуляторы внешнего контура, которые вычисляют базовое значение вектора тока преобразователя (I_{ref_dq}), являющегося входным для внутреннего контура тока. Внутренний контур тока состоит из двух ПИ-регуляторов, которые вычисляют базовое значение вектора напряжения преобразователя (U_{ref_dq}). С учетом преобразования Кларка, U_{ref_dq} превращается в сигнал U_{ref_abc}, который является входным для пространственного вектора ШИМ. Из за неотъемлемого дисбаланса в цепи сопротивления, могут быть некоторые отклонения на стороне постоянного тока.

Трехфазный трехуровневый преобразователь ППС с общей нейтралью показана на рис.3. Его силовая часть содержит двенадцать IGBT-транзисторов и два конденсатора для получения нейтральной точки. Схема векторного ШИМ является «флагманской» концепцией, применительно к HVDC «Light». Она основана на представлении пространственного вектора напряжения в двух координатах. Первоначально, используя преобразование Парка, трехфазные величины преобразуются в эквивалентные им двухфазные величины в неподвижных или синхронно вращающихся координатах, где суммарная мощность и сопротивления остаются неизменными. Результирующей этих двух составляющих является вектор U_{ref}. Число переключений состояний для трехуровневого преобразователя равно 27, среди них 24 являются активными состояния, а остальные 3 - нулевыми. Если состояние переключения 1, то это означает, что верхние два вентиля в плече А подключены, а выходное напряжение U_{AO} равно $+U_{dc}$. Аналогично -1 указывает на то, что два нижних вентиля включены и $U_{AO} = -U_{dc}$. Если состояние переключения 0, это подобно тому, что внутренние два переключателя S_2 и S_3 соединены между собой и $U_{AO} = 0$. Аналогичная концепция для плеча В и плеча С. Коммутационные состояния и уровни их выходного напряжения уровней трехуровневого преобразователя со связанной нейтралью приведены в табл.1.

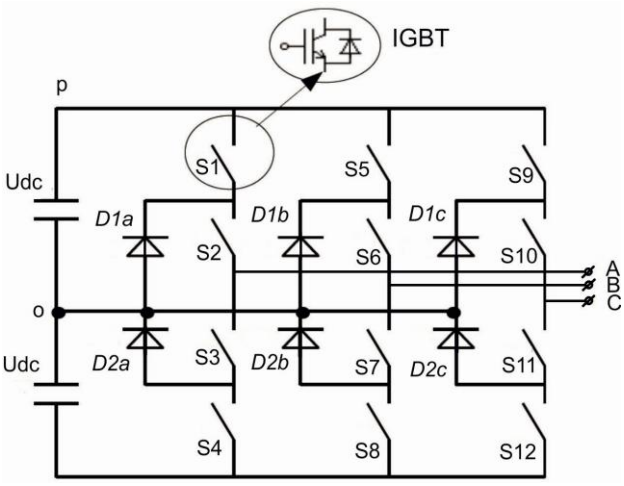


Рисунок 3 - Трехфазный трехуровневый преобразователь

Таблица 1

U_{AO}	S_1	S_2	S_3	S_4
$+U_{dc}$	1	1	0	0
0	0	1	1	0
$-U_{dc}$	0	0	1	1

Диаграмма пространственного вектора трехуровневого преобразователя показана на рис.4. Она состоит из шести секторов, а каждый сектор из четырех областей 1, 2, 3 и 4. Продолжительность каждого вектора напряжения рассчитывается следующим образом:

$$T_1U_1 + T_2U_2 + T_3U_3 = T_sU_{ref}, \quad T_1 + T_2 + T_3 = T_s, \qquad (15)$$

где U_1, U_2 и U_3 - три вектора, определяющие треугольный регион, в котором находится U_{ref}. T_1, T_2 и T_3 - соответствующие длительности векторов и T_s время выборки.

Пошаговый алгоритм для реализации векторной ШИМ предполагает : Шаг 1 - Вычислить U_d, U_i, U_{ref} и угол α с помощью преобразования Парка; Шаг 2 - После вычисления α, определить сектор в зависимости от положения U_{ref} как показано в табл.2.; Шаг 3 - Определить область в соответствующем секторе, для того, чтобы оценить область в секторе 1. Диаграмма пространственного вектора для X_1 и X_2 показана на рис.5. Соответствующая ей коммутационная логика приведена в табл.3.

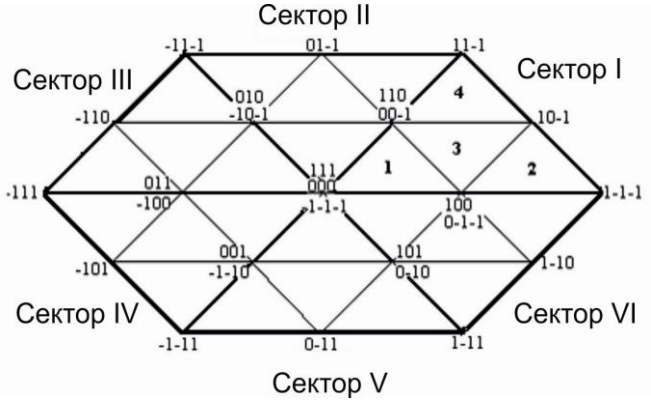
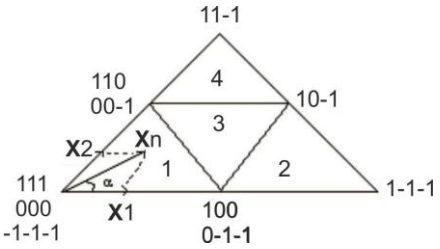


Рисунок 4 – Диаграмма пространственного вектора трехуровневого преобразователя

Таблица 2. Расчет сектора в зависимости от местоположения опорного U_{ref}

Спектр α (градусов)	$0 \le \alpha \le 60$	$60 \le \alpha \le 120$	$120 \le \alpha \le 180$	$180 \le \alpha \le 240$	$240 \le \alpha \le 300$	$300 \le \alpha \le 360$
Расположение U_{ref}	Сектор I	Сектор II	Сектор III	Сектор IV	Сектор V	Сектор VI



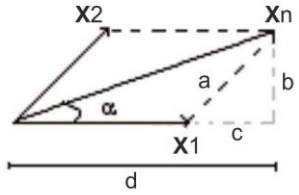


Рисунок 5 – Диаграмма пространственного вектора X_1 и X_2 в секторе 1

$$a = X_2 = \frac{b}{\sin(\pi/3)} = \frac{2}{\sqrt{3}} b = \frac{2}{\sqrt{3}} X_n \sin\alpha, \qquad X_1 = X_n\left(\cos\alpha - \frac{\sin\alpha}{\sqrt{3}}\right). \qquad 16)$$

Таблица 3

X_1 и X_2	Позиция U_{ref}
X_1, X_2 и $(X_1 + X_2) < 0.5$	Область 1
$X_2 > 0.5$	Область 2
$X_1 > 0.5$	Область 3
X_1 и $X_2 < 0.5$ и $(X_1 + X_2) > 0.5$	Область 4

Шаг 4: Определить время переключения каждого переключателя во всех областях. Следующие уравнения дают время переключения в области 1:

$$T_a = 2mT_s \sin\left(\frac{\pi}{3} - \alpha\right), \quad T_b = \frac{T_s}{2}\left(1 - \left(2mT_s \sin\left(\frac{\pi}{3} + \alpha\right)\right)\right), \quad T_c = 2mT_s \sin(\alpha),$$

где m - коэффициент модуляции $0 \le \alpha \le \frac{\pi}{3}$.

Список использованной литературы

1) **Жук Д.О.** Модель системи електрозабезпечення морських бурових платформ на базі високовольтної передачі постійного струму. Технічна електродинаміка. Тематичний випуск. Проблеми сучасної електротехніки (ПСЕ). К.: 2008 – С. 72 – 75. 2) **Ajay Kumar** MOODADLA*, Venkata Srikanth NANDIRAJU/ Modelling and Simulation of SVPWM Based Vector Controlled HVDC Light Systems/Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies, Issue 21, July-December 2012 p. 23-36

УДК 656.61:629.5

СУЧАСНІ ЗАВДАННЯ ПРОЕКТУВАННЯ ТА СТВОРЕННЯ ЗАСОБІВ МОРСЬКОЇ РОБОТОТЕХНІКИ

[1] В.С. Блінцов, д.т.н., проф.; [1]П.С. Куценко, аспірант; [1]Надточій А.В., викладач; [2]В.В. Соколов, інженер

[1] Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв;

[2]ДП «ЮЖМАШ», м. Дніпро

Сучасні засоби морської робототехніки (ЗМР, англ. – Unmanned Maritime Systems, UMS) – це ненаселені (безекіпажні) морські апарати і системи, які на цей час є магістральним напрямком розвитку морської техніки. Вони активно застосовуються для вирішення екологічних, пошукових, охоронних, антитерористичних та оборонних завдань. На флотах розвинених морських держав світу найбільше застосування знайшли: безекіпажні самохідні автономні підводні апарати (АПА, англ. – Autonomous Underwater Vehicle, AUV); безекіпажні самохідні прив'язні підводні апарати (ППА, англ. – Remotely Operated Vehicle, ROV); малорозмірні безекіпажні надводні судна (БНС, англ. – Unmanned Surface Vehicles, USV); безпілотні літальні апарати (літаки і гелікоптери морського базування і застосування) (БЛА, англ. – Unmanned Aircraft Systems, UAS).

На цей час підприємства й організації України не мають у своєму складі ЗМР, що суттєво обмежує можливості вітчизняних цивільних організацій і флоту при роботі у виключній економічній морській зоні України та у державних територіальних водах. Разом з тим, виклики сьогодення ставлять на порядок денний створення такого виду морської техніки дляпідвищення ефективності морських робіт.

Виходячи з завдань, які сьогодні стоять перед вітчизняними організаціями, доцільним є створення наступних видів ЗМР широкого призначення (дмв. рисунок).

На рисунку скороченням СН позначені судна-носії ППА, що мають забезпечити, доставку ППА у заданий район моря, а цифрові характеристики на рисунку мають наступні значення:

чисельник – дальність ходу у морських милях;

знаменник – робоча глибина занурення для підводних складових ЗМР.

Автономні підводні апарати доцільно використовувати для прихованих складових військово-морських операцій – розвідки захищених акваторій, розгортання на морському дні спеціальної апаратури тощо.

Прив'язні підводні апарати доцільно використовувати для високопродуктивного пошуку підводних цілей (буксирувані підводні апарати, в англомовній літературі – Towered operated Vehicle, TOV), оперативного виконання обстежень підводних об'єктів у реальному часі, виконання технічних робіт під водою за допомогою начіпних інструментів і приладів – маніпуляторів, різаків тощо (прив'язні підводні апарати, ППА).

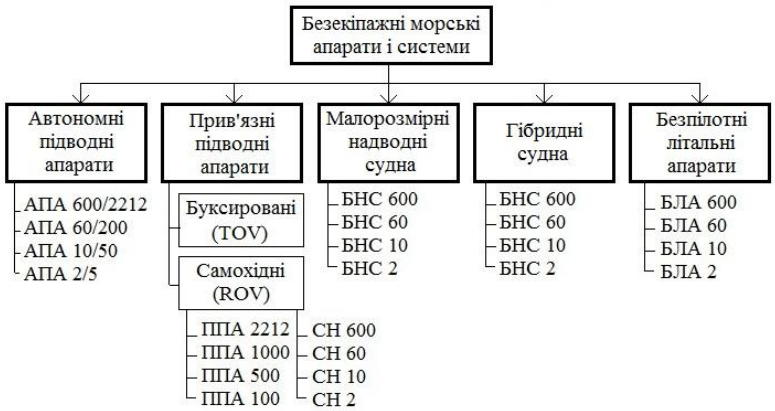


Рисунок – Сучасні типи засобів морської робототехніки

Малорозмірні надводні судна (катери) доцільно використовувати для оперативного екологічного та іншого моніторингу надводної обстановки на власних акваторіях.

Гібридні (надводно-підводні) судна є відносно новим і перспективним видом морської техніки для проведення спецоперацій на захищених акваторіях, технічні вимоги до них наразі розробляються.

Безпілотні літальні апарати (малорозмірні літаки, гелікоптери) доцільно використовувати для ведення повітряноообстеження акваторій і пошукових робіт на морі з застосуванням з приморських баз та з борту суден, які виконують завдання у територіальних вод України.

Розробка наукових основ створення ЗМР, які комплексно вирішують завдання висвітлення підводної, надводної та повітряної обстановки у виключній (морській) економічній зоні, територіальному морі та внутрішніх водах України, утворить теоретичне підґрунтя для інтеграції зусиль вітчизняних науковців на розв'язок завдання загальнодержавного значення:

До основних задач створення ЗМР віднесемо:

розробку концепції єдиної системи моніторингу підводної, надводної та повітряної обстановки у територіальних водах України з автоматизованим та автоматичним керуванням;

розробку теоретичних основ проектування надводної, підводної та авіаційної складових ЗМР як елементів єдиного комплексу, призначених для висвітлення підводної обстановки;

розробку основ теорії автоматизованого та автоматичного керування у реальному часі багатоцільовим морським безекіпажними апаратами;

розробку прикладних інженерних методик синтезу узагальнених структур систем автоматизованого та автоматичного керування ЗМР та законів керування автономним рухом АПА, ППА, БНС та БЛА в умовах невизначеності зовнішніх збурень та нестаціонарності просторових характеристик виявлених морських рухомих об'єктів;

удосконалення технології комп'ютерного моделювання та дослідження процесів керування автономним та груповим узгодженим рухом підводної, надводної та авіаційної компонент ЗМР в умовах невизначеності зовнішніх збурень та нестаціонарності просторових характеристик виявлених морських рухомих об'єктів;

створення діючих макетів складових ЗМР у складі малорозмірних підводного, надводного і літального апаратів з дослідним зразком системи автоматизованого та автоматичного керування;

створення та лабораторні і морські натурні випробування дослідних зразків складових ЗМР;

розробку навчального обладнання для підготовки операторів ЗМР.

Впровадження ЗМР у морську практику дасть змогу скоротити рівень капітальних витрат та підвищити ефективність морських робіт за рахунок впровадження безлюдних технологій та застосування режимів автоматизованого й автоматичного керування і забезпечить суттєві переваги у порівнянні з традиційними (пілотованими) морськими технологіями, зокрема:

повну відсутність ризику для життя людини;

низьку залежність від гідрокліматичних умов району застосування;

низькі експлуатаційні витрати;

високий рівень оперативності і достовірності інформації про морське середовище.

Це дає змогу ставити на порядок денний питання щодо започаткування галузевої програми розробки і створення ЗМР в інтересах ВМС ЗС України та інших міністерств України, які проводять активну виробничу діяльність на морі.

Висновки

1. Створення і впровадження у практику діяльності організацій України засобів морської робототехніки є невід'ємною складовою розвитку України як морської держави і лежить на магістральному шляху розвитку світової робототехніки.

2. Комплексне застосування підводної, надводної та авіаційної компонент ЗМР має забезпечити «синергетичний ефект» підвищення оперативності і достовірності виконання морських завдань широкого спектру.

3. Безекіпажні морські системи мають на 2-3 порядки нижчу собівартість у порівнянні з традиційними надводними, підводними та повітряними суднами і є реальною альтернативою для низки задач морської діяльності загальнодержавного значення.

4. Створення ЗМР вітчизняного виробництва забезпечить переведення на безлюдні технології широкий спектр морських робіт ряду підприємств Мінінфраструктури України, ДСНС України, Держприкордонслужби України, ВМС ЗС України, а також поставить Україну в один ряд з провідними морськими державами світу, створить реальні передумови для просування вітчизняної науковомісткої продукції на світовий ринок.

СУЧАСНІ ЗАДАЧІ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОНІТОРИНГУ ЗАХИЩЕНИХ АКВАТОРІЙ

В.С. Блінцов, д.т.н., проф.; В.В. Трибулькевич, аспірантка,
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна

У зв'язку з активізацією діяльності світового тероризму в останні роки все більше уваги приділяється прикриттю, охороні й обороні акваторій та розташованих на них об'єктів морської інфраструктури (портів, суднохідних шляхів, гідротехнічних споруд, інженерних споруд освоєння шельфу тощо). Чорне та Азовське моря відіграють значну роль в економіці України. Статус України як держави, що забезпечує надійних транспортний коридор, постійно знаходиться під тиском країн-сусідів.

Ще одним важливим аспектом, який комплексно впливає на економічну та екологічну безпеку України, є можливість проведення екологічних диверсій. До найбільш актуальних необхідно віднести можливість штучного створення екологічної катастрофи, пов'язаної з аварією суден, в особливості тих, що перевозять нафтопродукти.

Аналіз сьогоднішнього стану системи захищеності морських рубежів України показує практично повну їх недієздатність, в особливості при протидії підводно-диверсійним групам. Інфраструктура системи виявлення та знешкодження підводних розвідувально-диверсійних груп, яка залишилась від Радянського Союзу, була фактично знищена. Її залишки є розрізненими, технічно та морально застарілими.

Оцінка спеціалістами їх стану показує, що заміна окремих елементів системи та відновлення взаємодії її компонентів може стати тимчасовою та надто дорогою спробою реанімації застарілих рішень, не спроможних ефективно протидіяти сучасним викликам.

Передові технології контролю, що комплексно використовують сучасні досягнення, багатофункціональні системи та цифрові технології, які стали доступними внаслідок глобальної інформатизації, дозволяють проводити аналіз підводної обстановки з максимальною ефективністю. Розробка такої системи є пріоритетною задачею для економічної та енергетичної безпеки України.

Аналіз «Морської доктрини України» показує, що основними задачами, які необхідно вирішити є [1,2]:

– створення конкурентоспроможного національного море-господарського комплексу на сучасному техніко-технологічному рівні, його інтеграція у Світову економічну систему й насамперед у Європейський Союз;

– створення національних структур системи безпеки мореплавства за стандартами Міжнародної морської організації (далі ІМО) з їх подальшою інтеграцією у відповідні міжнародні та європейські організації, асоціації та союзи;

– перебудова структур приморських регіонів для забезпечення пріоритетності розвитку морегосподарських галузей із широким залученням можливостей малого та середнього бізнесу;

– створення сприятливих умов для розвитку торговельного флоту України, насамперед шляхом забезпечення інвестиційної привабливості національного торговельного судноплавства.

Узагальнена структура єдиної системи моніторингу захищених акваторій наведена на рисунку.

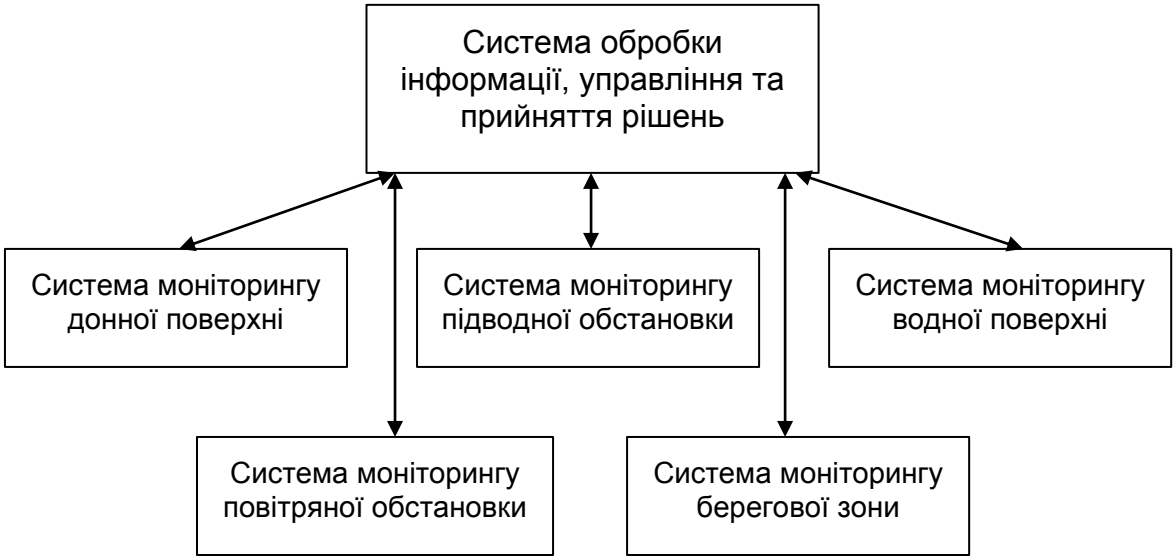


Рисунок 1 – Узагальнена структура єдиної системи моніторингу захищених акваторій

Для вирішення поставленої задачі вся акваторія Чорного та Азовського морів разом з прилеглими територіями розділяється на чотири зони (рубежі) – зона спостереження (дальня зона); контрольована зона (зона економічних інтересів України на її морському шельфі); зона посиленого контролю (територіальні води України) та режимна зона (акваторії портів, постійні та тимчасові якірні стоянки кораблів, акваторії навколо гідротехнічних споруд, підприємства, які розміщені безпосередньо в береговій зоні).

Забезпечення виконання поставлених вище задач можливе тільки при створення багаторубіжної системи контролю доступу на захищені акваторії. Основними принципами при розробці такої системи контролю є:

– урахування можливості використання зловмисниками як швидкісних транспортних засобів, так і тихохідних засобів, тобто таких, що створюють мінімальні гідроакустичні шуми;

– гарантоване виявлення автономних підводних апаратів дрейфуючого і планеного типів, а також апаратів з сонячними батареями і т.п. – вказані типи апаратів можуть як перебувати в заданому районі на протязі значного відрізку часу, так і рухатись (з метою збору інформації з максимальної площі);

- урахування можливості використання зловмисниками безпілотних літаючих апаратів як над водною акваторією, так і у береговій зоні (з метою збору інформації з максимальної площі).

Особливістю контролю є:

комплексне використання інформації про об’єкти, за якими ведеться спостереження, інформації від підрозділів силових структур, які займаються зовнішньою розвідкою і систем телеметричного спостереження – залучені технічні засоби (ЗТЗ), отримання конфіденційної інформації та використання підводно-технічних систем і засобів спеціального призначення – власних технічних засобів (ВТЗ);

комплексний підхід при використанні технічних засобів космічного, авіаційного, надводного та підводного спостереження (системи висвітлення підводної обстановки);

висвітлення підводної обстановки на основі інтеграції у єдину інформаційну систему гідроакустичних та відеокомплексів, магнітометричних систем виявлення підводних плавців і їх носіїв, .біотехнічних систем (морських тварин).

Висновок.

Основними вимогами до структури єдиної системи моніторингу на водних об’єктах, які повинні стати ключовими принципами її побудови, є створення багаторубіжної інтегрованої системи виявлення зловмисників, яка повинна забезпечити безперервне спостереження за переміщенням зловмисника та своєчасне підключення силових структур у разі порушення державного кордону (Морської охорони Державної прикордонної служби України), створення загрози громадянам України, економічним інтересам України в Чорному та Азовському морях (Військово-Морських Сил Збройних Сил України), а також створення екологічно небезпечної та аварійної ситуації (підрозділи ДСНС України).

Список літератури.

Барaненко А., Беляев В., Климов С., Кузьменко А., Соколов С., Щербаков Н. Защита 200-мильной зоны - приоритетная задача приморских государств // Военный парад. – 1999. – № 1 (31)

Буркинський Б.В., Котлубай О.М., Степанов В.М. Формування Морської доктрини України // Вісн. НАН України, 2008, № 9, С. 6-11

Охрана объектов со стороны акватории / ООО «Дыхательные системы» // Бизнес и безопасность.– 2007.– №3.– С.22-23.

Блінцов В.С., Киризюк О.М., Красних О.В., Яким’як С.В. Безекіпажна військово-морська техніка – стан та оснащення ВМС ЗС України / «Наука і оборона», 2012. - №4. – С. 61-64.

УДК 621.584

КЛАСИФІКАЦІЯ МОРСЬКИХ РУХОМИХ ОБ’ЄКТІВ ЯК ЕЛЕМЕНТІВ ПІДВОДНОГО КОМПЛЕКСУ З ГНУЧКИМИ ЗВ’ЯЗКАМИ В ЗАДАЧАХ КЕРУВАННЯ

О.В. Блінцов,
Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна

Підводний комплекс з гнучкими зв’язками (ПКГЗ) – це сукупність рухомих об’єктів (РО), безпосередньо або опосередковано з’єднаних між собою гнучкими зв’язками і призначених для сумісного виконання певної підводної технології. ПКГЗ представляє собою новий клас підводної техніки, який бере свій початок з класичних прив’язних підводних систем (ППС), що добре вивчені, описані в науково-технічній літературі [1], і є їх узагальненням.

Розвиток ППС здійснюється в напрямках зменшення супроводжувальної та збільшення технологічної ролей судна. Активно розвиваються безекіпажні надводні судна з дистанційним керуванням [2],

перспективним вбачається їх застосування в ролі надводної складової ПКГЗ. При цьому характерною ознакою таких комплексів залишається наявність механічної взаємодії судна забезпечення (СЗ) та підводного апарата (ПА) через гнучкий зв'язок (ГЗ). Тому і класичні ППС, і нові їх варіації мають спільні ознаки і в сукупності з СЗ представляють собою об'єкти одного класу – ПКГЗ. Але на відміну від ППС до складу ПКГЗ входять всі елементи системи, з'єднані гнучкими зв'язками, в тому числі СЗ.

Аналіз класифікаційних ознак, представлених в науковій літературі [1, 3], дає змогу виділити базові класифікаційні ознаки РО як об'єкта керування у складі ПКГЗ. До них належать середовище, в якому РО здійснює рух, характер його впливу на РО та спосіб руху РО.

За середовищем, в якому РО здійснюють рух, їх розділяють на морські РО (МРО), повітряні та наземні РО (рис. 1). Застосування повітряних РО у складі ПКГЗ на сьогоднішній день не розвинене через високу вартість їх застосування та обмежений час їх роботи, а також через те, що більшість підводних технологій успішно реалізуються із застосуванням інших типів РО у складі ПКГЗ, тобто застосовувати повітряні РО на сьогоднішній день немає необхідності окрім виняткових задач [4]. Наземні РО можуть застосовуватись як мобільний пост керування і при виконанні підводної роботи їх рух не потребується, тобто в процесі оперативного керування ПКГЗ наземний РО можна розглядати як стаціонарний об'єкт, а його рухливість застосовувати для доставки ПКГЗ в район підводних робіт, при цьому ПКГЗ буде знаходитись в зібраному стані. Сучасні ПКГЗ містять в своєму складі переважно МРО, тобто такі РО, визначальний вплив на рух яких має водне середовище.

За характером впливу зовнішнього середовища МРО розділяють на такі групи: надводні водотоннажні судна; судна з динамічними принципами підтримки, підводні-плаваючі човни й апарати, донні ПА.

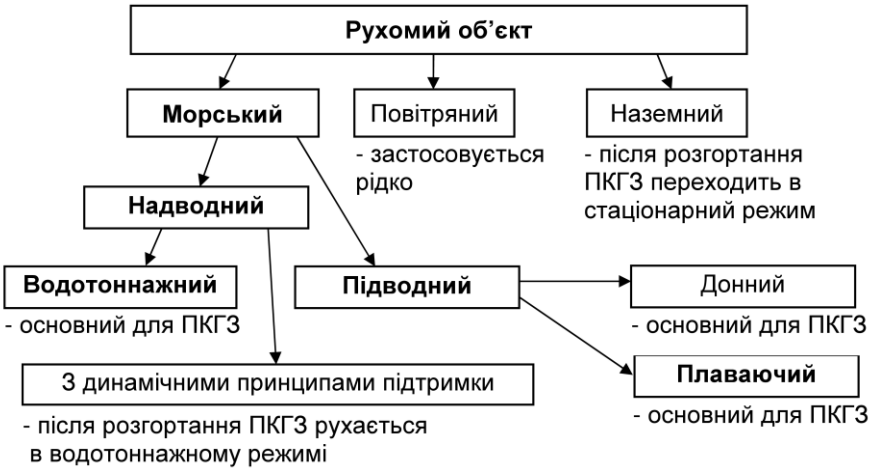


Рис. 1. Класифікація рухомих об'єктів за середовищем руху та характером його впливу

За способом руху МРО розділяють на самохідні та несамохідні. Самохідні переміщуються за допомогою власних рушіїв. Несамохідні замість рушіїв можуть обладнуватись системами активної орієнтації та стабілізації в просторі і поділяються на опускні, спливаючі та буксировані. Опускні та спливаючі рухаються за рахунок сил тяжіння та спливання відповідно, а також під керованим впливом ГЗ. Буксировані МРО обладнуються несучими поверхнями (крилами), хвостовим оперенням, рульовою системою і можуть здійснювати керований рух за рахунок взаємодії з потоком води.

Серед МРО, які входять до складу ПКГЗ, найбільшу складність представляє автоматизація керування надводними водотоннажними та підводними плаваючими МРО. Донні МРО мають безпосередній механічний контакт з ґрунтом, що спрощує процес керування ними. У зв'язку з цим, основні питання доповіді присвячено задачам автоматизації керування ПКГЗ, зокрема із застосуванням методів концепції інверсного керування та елементів штучного інтелекту, до складу яких входять водотоннажні судна та плаваючі прив'язні ПА.

Список літератури:

1. Блинцов, В. С. Привязные подводные системы [Текст] / В. С. Блинцов. – К.: Наукова думка, 1998. – 142 с.
2. Ляхов, Д. Г. Разработка и испытания сверхмалого телеуправляемого корабля [Текст] / Д. Г. Ляхов, А. И. Ким, Д. Д. Минаев // Подводные исследования и робототехника. – 2014. – № 1(17). – С. 48–57.
3. Лукомский, Ю. А. Навигация и управление движением судов. Учебник. [Текст] / Ю. А. Лукомский, В. Г. Пешехонов, Д. А. Скороходов // – СПб.: "Элмор", 2002. – 360 с.
4. Сиденко, К. С. Управляемые по кабелю необитаемые подводные аппараты для поиска и уничтожения мин [Текст] / Сиденко К. С., Лаптев К. З., Илларионов Г. Ю. // Двойные технологии. – 2009. – № 3(48). – С. 17–27.

УДК 629.4.073

CLASSIFICATION OF GROUP MOTION CONTROL TASKS OF AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLES

L.T. Aloba, PhD student; D.F. Thi, MSc.
Admiral Makarov National University of Shipbuilding

Autonomous underwater vehicles (AUVs) relate to highly effective type of uninhabited sea robotics and widely used to perform search and survey works/missions on all the range of the world oceans' depths. The main fields of application are search operations, environmental monitoring, hydro-meteorological researches. The progress in the field of designing of AUVs as well as an increase in the volume of work on the study of the seas and oceans, to stimulate new direction of their application are the simultaneous group use on large areas of the water. This provides the most efficient underwater works - the best performance of search operations and maximum reliability of the data about the underwater environment due to the parallel measurement of its parameters with time.

One of the main questions on the organization of the group application of AUV is the operational control of multiple vehicles for the purpose of their coordinated motion in an aquatic environment in order to achieve a common goal.

On the basis of studying the experience of the successful group application of AUV by the leading maritime nations of the world, and based on the real problems of the underwater search in the interests of Ukrainian companies suggest the following classification of motion tasks and methods of their solution using a group of AUV:

centralized plane motion - the front motion, the ledge motion, the wedge motion, the radial motion, circular motion, motion on concentric circles, motion on a common spiral;

centralized spatial motion - motion on triangular upward inclined trajectories, typical for underwater vehicles-gliders;

motion on the bulk spiral;

decentralized control - swarm motion, flocking motion, collective motion.

Centralized control is realized when the motion parameters for each vehicle as an element of the group gives the central control device, (for example, group control post on the ship). In turn, such a device, receives information about the current state of all the AUVs and the external environment.

In this case the first four types of motion organization provide synchronous or asynchronous motion of the group of N AUV on given straight trajectories. Linear speeds of AUVs can be strictly the same or different. The following four types of organizations of motion include motion of AUVs along curved paths, which imposes additional features to their control systems on the current calculation of the motion parameters of the i-th AUV as an agent of the multi-agent system.

On the basis of decentralized control is the principle of self-organization of the collective behavior of robotic system based on the use of methods of "swarm intelligence". Such robotic systems contain a large number of relatively simple and cheap robots, agents, motion control algorithms which are built using artificial intelligence theory with the borrowing laws of functioning biological systems of animate nature - ants, bees, fish, etc.

The main differences between swarming, flocking and collective group control strategy lie in the degree of awareness of group members (agents, in this case - AUV) on the mission and current characteristics of the group (number of agents and tasks, their speed and positional characteristics and so forth.).

Thus, the feature of swarming strategy is the availability of communication as much with neighboring agents, which receives information about the environment and the characteristics of the neighboring robots. Each member of the group thus solves its local task and makes behavioral decisions on the basis of self-collected information about the environment and the information received from the neighbors.

Flocking decentralized control strategy involves lack of communication with other objects. Each robot, based on self-gathered information about the environment, independently decides on its follow-up to accomplish the common mission of the group.

Collective control strategy implies that the objects included in the group are able to share information with each other on the principle of "each with all" know about the aims and objectives of the mission, have information on the composition of the team, etc. Therefore, each agent independently evaluates the current situation and independently decides on further functioning. Collective control strategy allows the group to continue to operate (survive) in case of failure of one or more agents of the group.

The report provides basic group control laws of AUVs with centralized and decentralized control and provides recommendations on the most effective use of them in the solution of maritime search tasks.

УДК 629.584

РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ ПІДВОДНОГО АПАРАТА ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО МОНІТОРИНГУ ПІДВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Сірівчук А. С.

При тому, що Світовий океан покриває майже 70% поверхні Землі, його ресурси дуже слабо досліджені. Крім того процеси що проходять в його освоєній частині, зазвичай, не контролюються або контролюються дуже слабо через те що, процеси що проходять під водою приховані.

Для виявлення негативних явищ природного або техногенного характеру необхідно постійно або періодично проводити моніторинг водних ресурсів та гідротехнічних споруд. Своєчасне виявлення та аналіз потенційно небезпечних змін в водному просторі дасть змогу запобігти небезпечній технологічній або екологічній ситуації. До таких ситуацій можна віднести пошкодження підводних частин гідротехнічних споруд, таких як: підводний трубопровід, дамба, опори тощо.

Найбільш вибагливим для системи автоматичного керування є дистанційний спосіб моніторингу, оскільки він вимагає забезпечення не тільки безпечного руху підводного апарата в товщі води, а й дотримання необхідних параметрів руху: швидкості, траєкторії, курсу, крену, диференту тощо.

Метою є створення концепції підводного апарата для моніторингу підводної обстановки з можливістю зміни начіпного обладнання.

Перш за все для системи керування підводного апарата, як носія вимірювального обладнання, дуже важливим є рушійно-рульовий комплекс (РРК). Просторовий рух транспортного засобу зазвичай розглядають у вигляді суперпозиції двох переміщень: рух у вертикальній площині і руху в горизонтальній площині. Це дозволяє розділити силові установки апарату на дві незалежні підсистеми, які відповідають за рухи в цих площинах, відповідно.

Перша підсистема дозволяє рух у вертикальній осі і складається з 4 двигунів генерації руху сили,,що діють у вертикальній осі. Розподіл тяги відбувається таким чином, що тяга гвинтів направлена для створення одної необхідної сили спливання, або на зміну кутів крену та диференту.

Інша підсистема забезпечує рух в горизонтальній площині і курс підводного апарата (ПА), складається з 4 двигунів встановлені під кутом 45° по відношенню до основної симетрії осей апарату (див. рисунок). Сили, що діють в подовжній і поперечній осі і момент навколо вертикальної осі представляють собою поєднання напрямків упору гвинтів підсистеми.

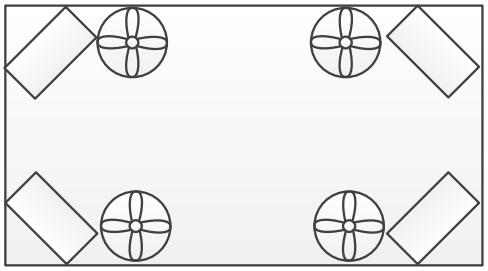


Рисунок – Структура РРК

Оскільки навіть при такій системі РРК підтримання одночасно швидкості руху підводного апарата, також утримання начіпного обладнання в заданому положення є дуже складною задачею, оскільки апарат працює в умовах невизначеності. Тому начіпне обладнання встановлюється на рухому платформу. Такий підхід знімає задачі позиціонування з РРК підводного апарата. Таким чином задачами РРК залишається лише підтримання курсу та головного вектору швидкості апарата.

Задачею рухомої платформи є забезпечення динамічного позиціонування начіпного обладнання підводного апарата. Вимогами до системи керування такою платформою є точність, швидкодія та відсутність перерегулювання. Платформа в своєму складі завжди має гіроскоп та акселерометр для визначення кутів крену та диференту, а також швидкості їх зміни.

Висновок.

Для отримання найбільш достовірних даних при дистанційному моніторингу підводної обстановки за допомогою підводного апарата виникає необхідність стабілізації вимірювального обладнання не тільки в заданій точці, а й в заданому положенні. Для зменшення складності системи керування РРК доцільно використовувати рухому платформу для позиціонування самого начіпного обладнання.

УДК 629.58:523.5.013

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ САМОХІДНОГО ПРИВ'ЯЗНОГО ПІДВОДНОГО АПАРАТА НА ОСНОВІ МЕТОДІВ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ГІДРОДИНАМІКИ

О.В. Блінцов[1]; В.І. Корицький[2]
[1] *к.т.н., доцент, Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна*
[2] *аспірант, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна*

Основним етапом проектування автоматизованої системи керування рухом (АСКР) самохідного прив'язного підводного апарата (СППА) є проведення випробувань для визначення швидкодії та точності системи керування. Найкращі показники в даному випадку можуть бути забезпечені при виконанні натурних басейнових та морських випробувань. Однак, натурні випробування є трудомісткими та потребують значних капіталовкладень. Крім того, існує імовірність пошкодження певних елементів СППА або втрати апарата в цілому, оскільки програма випробувань крім базових має включати дослідження нештатних режимів роботи СППА. Тому натурні випробування бажано проводити на прикінцевих етапах розробки АСКР, а на етапах проектування доцільніше скористатись методами математичного моделювання руху СППА та роботи АСКР.

В даній роботі математичну модель (ММ) руху СППА пропонується організувати за структурою, яку зображено на рис. 1 [1].

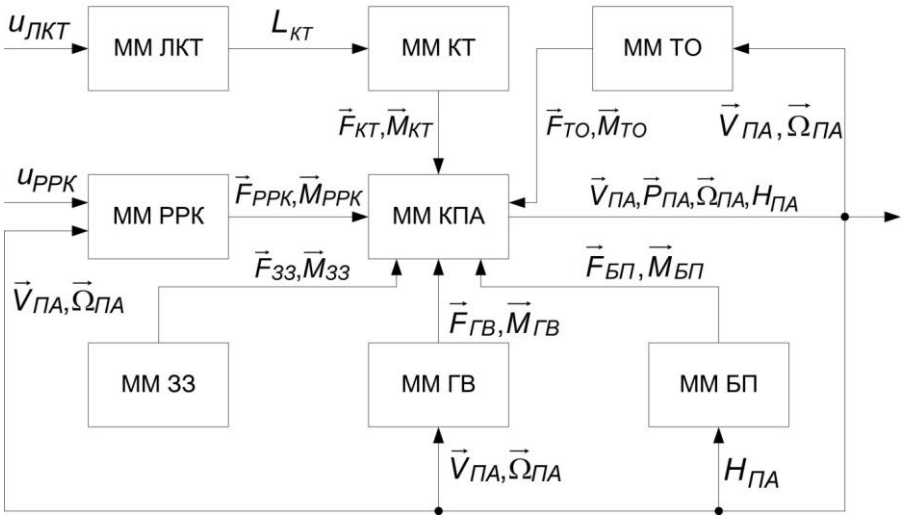


Рис. 1. Структурна схема математичної моделі руху СППА

Під час руху корпус підводного апарата (КПА) перебуває під впливом сил та моментів від: рушійно-рульового комплексу $\vec{F}_{РРК},\vec{M}_{РРК}$, кабель-троса $\vec{F}_{КТ},\vec{M}_{КТ}$, технологічного обладнання $\vec{F}_{ТО},\vec{M}_{ТО}$, набігаючого потоку води $\vec{F}_{ГВ},\vec{M}_{ГВ}$, відновлювальних сил та моментів $\vec{F}_{БП},\vec{M}_{БП}$, створюваних блоком плавучості, та зовнішніх збурень $\vec{F}_{ЗЗ},\vec{M}_{ЗЗ}$. Довжина попущеної частини кабель-троса визначається за допомогою математичної моделі лебідки кабель-троса (ЛКТ).

Основною проблемою параметричної ідентифікації СППА є ідентифікація його гідродинамічних параметрів: приєднаних мас води та гідродинамічних коефіцієнтів. Задачі параметричної ідентифікації розв'язуються методами басейнового та натурного експериментів, а також методами обчислювальної гідродинаміки [2]. В рамках даної роботи визначення приєднаних мас води СППА виконується на основі прийняття припущення про рух СППА в ідеальній рідині [3]:

$$T = 0,5[V^T \quad \Omega^T]\ D + \Lambda\ [\begin{matrix} V \\ \Omega \end{matrix}],$$

де V – вектор швидкості поступального переміщення КПА, м/с; Ω – вектор швидкості кутового переміщення КПА, $с^{-1}$; D – матриця інерційних параметрів СППА; Λ – матриця приєднаних мас та моментів інерції СППА.

При визначенні приєднаних мас згідно класичним принципам гідромеханіки вважають, що вода, в якій СППА виконує рух, є ідеальною рідиною, яка не стискається, а потік, який утворюється у межовому шарі є потенційним. В такому випадку елементи матриці Λ можна визначити, розв'язавши рівняння нерозривності. Дане рівняння має вигляд:

$$\Delta\varphi = \frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial z^2} = 0, \quad (1)$$

де φ – потенціал швидкості руху потоку рідини, м^2/с.

Оскільки рух апарата включає поступальні та обертальні складові, функція φ може бути знайдена за виразом:

$$\varphi = U_x\varphi_1 + U_y\varphi_2 + U_z\varphi_3 + \omega_x\varphi_4 + \omega_y\varphi_5 + \omega_z\varphi_6, \quad (2)$$

де U_x, U_y, U_z – компоненти вектора швидкості поступального руху СППА, м/с; ω_x, ω_y, ω_z – компоненти вектора швидкості обертального руху СППА, с$^{-1}$; φ_1, φ_2, φ_3 – потенціали поступальних складових вектора швидкості руху СППА, м; φ_4, φ_5, φ_6 – потенціали обертальних складових вектора швидкості руху СППА, м^2.

З виразу (2) очевидно, що функція φ_1 відповідає поступальному руху СППА вздовж осі x, тобто $U_x = 1$; $U_y = U_z = 0$; $\omega_x = \omega_y = \omega_z = 0$.

Аналогічним чином задаються режими руху СППА для визначення функцій φ_2 та φ_3. Функція φ_4 є результатом моделювання обертального руху СППА навколо осі x зі швидкістю $\omega_x = 1$ с$^{-1}$. Функції φ_5 та φ_6 також визначаються при моделюванні обертальних рухів навколо відповідних осей системи координат, яка зв'язана з апаратом.

Коли функції $\varphi_1 ... \varphi_6$ знайдено, елементи матриці Λ визначаються з виразу:

$$\lambda_{ik} = -\rho \iint_S \frac{\partial\varphi_i}{\partial n}\varphi_k dS \quad (i,k = 1,2,3,4,5,6),$$

де ρ – густина води, кг/м^3.

Варто відмітити, що аналітичний розв'язок рівняння (1) існує тільки для тіл простої форми (наприклад, шару, еліпсоїда). Тому для визначення приєднаних мас та моментів інерції СППА було використано метод скінченних елементів [4]. Розрахунки приєднаних мас та моментів інерції було виконано для СППА проекту «Гідрограф» виробництва Національного університету кораблебудування ім. адмірала Макарова.

В доповіді розглядаються особливості параметричної ідентифікації СППА, а також питання оцінки достовірності отриманих результатів.

Список літератури:

5. Блінцов О.В. Автоматизація керування одноланковими самохідними прив'язними підводними системами : навч. посібник [Текст] / О.В. Блінцов, В.А. Надточій. ; НУК ім. адмірала Макарова. – Миколаїв : НУК, 2014. – 124 с.
6. Stern, F. Computational ship hydrodynamics: nowadays and way forward [Text] / F. Stern, J. Yang, Z. Wang, H. Sadat-Hosseini, M. Mousaviraad, S. Bhushan, T. Xing // International Shipbuilding Progress. – 2013. – Vol. 60, Issue 1–4. – P. 3–105. doi: 10.3233/ISP-130090
7. Panton R., Incompressible Flow. Fourth Edition [Text] / R. Panton. – New Jersey : John Wiley and Sons Inc., 2013. – 912 p.
8. Даутов Р.З., Карчевский М.М. Введение в теорию метода конечных элементов. Учебное пособие [Текст] / Р.З. Даутов, М.М. Карчевский. – Казань : Казанский государственный университет им. В.И. Ульянова-Ленина, 2004. – 239 с.

УДК 621.983.044.4

ОСОБЛИВОСТІ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНОЇ ШТАМПОВКИ МАТЕРІАЛІВ

О. Н. Сизоненко[1,2], В. С. Сакович[2]

[1]*(Інститут імпульсних процесів і технологій НАН України, Миколаїв)*

[2]*(Інститут автоматики і електроніки НУК, Миколаїв)*

Розвиток нової техніки вимагає застосування науково розроблених технологічних процесів, що забезпечують отримання виробів максимальної якості та мінімальної ваги.

Серед процесів обробки матеріалів тиском гаряче об'ємне штампування характеризується найбільшою складністю і нерівномірністю деформаційних процесів з огляду на розкид величин поперечного перерізу різних ділянок поковки і великої накопиченої в процесі нагрівання енергії металу[1]. Нерівномірність провокує локалізацію деформаційних процесів, як наслідок, картина оптимального деформаційного

опрацювання металу поковки може відрізнятися від заданої і не відповідати профілю чистової деталі. Тому все частіше використовують штамповку деталей с використанням електрогідравлічного ефекту(ЕГЕ).

Ціль роботи: розгляд особливостей електрогідравлічного штампування.

Виготовлення деталей звичайним пресовим методом має поряд з деякими перевагами (добре вивчений процес, висока продуктивність, не вимагає високої кваліфікації обслуговуючого персоналу й ін.) істотні недоліки[2]:

- необхідність у дорогому пресовому устаткуванні високої точності й потужності (зусилля порядку 15 тис. тон.);
- складність і висока точність оснащення;
- низька якість виробів у зв'язку з наявністю пружних деформацій.
- Що стосується вибухового штампування, то йому абсолютно не властиві недоліки пресового способу, однак, воно вимагає будівництва спеціальних ділянок, розташованих далеко від будов і дотримання спеціальних правил техніки безпеки.

Аналізуючи вище вказане, виникають вимоги до методу, який дозволить штампувати деталі з різних матеріалів без ушкодження при незначних витратах. Метод, який пропонується – електрогідравлічне штампування.

Електрогідравлічне штампування дає можливість дозувати енергію розряду, з регулюванням інтенсивності і точним прикладанням навантаження до заданих ділянок поверхні деталі[2,3]. Дозволяє використовувати більш просте технологічне оснащення. Потребує менших затрат енергії. Дозволяє не тільки отримувати деталі важкої форми, але й стабілізувати їх форму и розміри, завдяки ефективній релаксації навантажень у процесі імпульсного навантаження. Ці якості імпульсного електрогідравлічного штампування створюють добрі можливості для майбутнього розширення сфери її використання.

Виникаючі в рідині над поверхнею заготовки або всередині труби імпульси високого тиску при електричному розряді визивають в металі різко локалізовані обурення — хвилі стиснення зубовидної форми, пластичну деформацію з високою швидкістю. В матеріалі подрібнюються зерна, змінюється орієнтація кристалів і міжкристальних шарів, виникає внутрішнє навантаження. Енергія деформації перетворюється в теплоту. Теплота роботи деформації, зосереджуючись в процесі деформування в районі поверхні ковзання, призводить до нерівномірного температурного поля в заготівлі, яке може призвести до процесів повернення і рекристалізації, знімаються спотворення кристалічної решітки, зменшуються внутрішні навантаження. Частіше процеси зменшення міцності відстають і відбувається динамічне зміцнення. Аналіз механізму зміцнення і утворення тріщин при імпульсному деформуванні на основі теорії дислокації пояснює гальмування зміцнення і формування зон руйнування хвилями механічних натисків, які періодично повторюються.

Практика використання електрогідравлічного штампування показала наступні основні переваги перед звичайним пресовим штампуванням:

- Підвищується точність штампування із-за зменшення пружинення, особливо при обробці більшості металів, які важно деформуються;
- Можливо отримання цільних деталей важких форм за один перехід;
- підвищується допустима ступінь деформації матеріалів;
- можливе виготовлення деталей, котрі економічно невигідно або фізично неможливо виготовити другими методами;
- покращується якість поверхні штампованих деталей;
- значно спрощується і здешевлюється технологічне оснащення, що сприяє зменшенню часу підготовки виробництва.

Перелік літературних джерел

1. **Малюшевский П.П.** Основы разрядно-импульсной технологи. – Киев:Наук. Думка, 1983.-272с.
2. **Кривицкий, Е.В.** Переходные процессы при высоковольтном разряде в воде / Е.В. Кривицкий, В.В. Шамко. - Киев: Наук. думка, 1979. -208 с.
3. **Кривицкий, Е.В.** Динамика электровзрыва в жидкости / Е.В. Кривицкий Киев.Наукова думка. - 1986. - 204 с.
4. **Мазуровский Б.Я.** Электрогидравлический эффект в листовой штамповке / Б Я. Мазуровский, А.Н. Сизев. - Киев: Наукова думка, 1983. - 193 с.

УДК 629.4.073

К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗЭКИПАЖНЫМ НАДВОДНЫМ СУДНОМ

В.А. Надточий, И.И. Надточий, А.В. Надточий,
Херсонский филиал Национального университета кораблестроения им. адм. Макарова, г. Херсон

Мониторинг обстановки протяженных морских границ Украины и больших водных площадей является важной научно-прикладной задачей, которую можно решить комплексно, с использованием специальных технических средств [1]. С экономической точки зрения, наиболее эффективными в этом отношении являются безэкипажные надводные суда (БНС), оснащенные комплексом необходимого оборудование для регистрации, хранения и/или передачи на удаленный пульт оператора всей интересующей информации [2].

Проектирование и постройка БНС сопряжена с решением широкого круга научных и инженерных задач. Одной из таких задач является проектирование, сборка, наладка и тестирование системы управления (СУ), которая состоит из аппаратной и программной частей. Их реализация, начиная с «чистого листа», требует значительных трудозатрат и длительного времени, порядка нескольких лет (в особенности это касается программного блока).

Для обеспечения потребности в БНС на промежуток времени, необходимый для создания полноценных и качественных экземпляров, предлагается использовать оборудование и программное обеспечение (ПО) производителей полетных контроллеров (ПК). ПК является продуктом индустрии развлечений, связанной в первую очередь с авиамоделизмом. Существует тенденция в развитии ПК, связанная с возможностью управления различными типами моделей транспортных средств при помощи одной и той же платы. Кроме того, на одном ПК все чаще размещают различные дополнительные модули, которые традиционно относятся к внешнему оборудованию или периферии (OSD, компас, акселерометры, GPS и т.д.).

К основным функциям ПК, которые дают возможность их использования как основу для построения несложных БНС, относится: стабилизация аппарата в воздухе; стабилизация высоты (при помощи барометра) и позиционирование (при помощи GPS); автоматический полет по заданным точкам; передача на базу текущих параметров полета с помощью радиомодема или Bluetooth; обеспечение безопасности полета (возврат в исходную точку при потере сигнала управления, автопосадка); подключение дополнительной периферии.

Указанные функции ПК относятся к случаю управления летательными аппаратами. Все они в большей или меньшей степени также актуальны и для простого БНС.

Необходимый минимальный набор оборудования для построения автономного плавсредства на основе ПК приведен в таблице.

Таблица - Набор оборудования для построения БНС на основе ПК

№	Наименование оборудования	Назначение	Ценовой диапазон, у.е.		
			Low	Middle	High
1	Корпус БНС	Несущая конструкция и защита оборудования, платформа для полезного груза.	-	30-100	-
2	ПК	Авторулевой, программное управляющее устройство для исполнительных механизмов, устройство сбора и обработки информации, устройства коммуникации и диагностики.	10-50	50-300	300-1000
3	Компас и акселерометр	Определение пространственного положения, линейных и угловых ускорений и скоростей (может быть интегрированным в ПК).	20-50	50-100	100-500
4	Блок GPS	Определение пространственных координат.	10-30	30-50	50-100
5	Блок OSD	Наложение навигационной и телеметрической информации на основное видеоизображение	6-10	10-20	20-50
6	Курсовая видеокамера	Отображение пространственной обстановки прямо по курсу	7-15	15-40	-
7	Дополнит. видеокамера	Освещение надводной обстановки (при установке на стабилизированном 2-х или 3-х осевом подвесе)	50-80	80-150	-
8	Многоканальный RC приемник	При необходимости управлять БНС удаленно по радиоканалу в режиме реального времени.	10-30	30-80	-
9	Два видеопередатчика	Передача видеоинформации на базу.	15-50	50-200	-

10	Гребной электродвигатель с регулятором	В общем случае можно использовать один двигатель и регулятор для главного хода или два для главного хода и маневрирования.	50-70	70-150	-
11	Электропривод руля.	Обеспечение маневрирования. Один или два пера с сервомашинками.	4-10	10-30	-
12	Распределительная силовая плата	Система электроснабжения и стабилизации питания. Контроль параметров батареи	10-20	20-50	-
13	Батарея	Аккумуляторы Ni-Cd, Ni-MH, Li-Po, Li-Fe.	20-50	50-100	-
14	Радиооптический маяк	Сигнализация аварийного плавсредства.			
15	Пульт управления	Ручное управлениеБНС. Минимальное количество каналов 2 (курс и скорость)		50-100	

Функциональная схема БНС с СУ на основе ПК может иметь вид, приведений на рисунке.

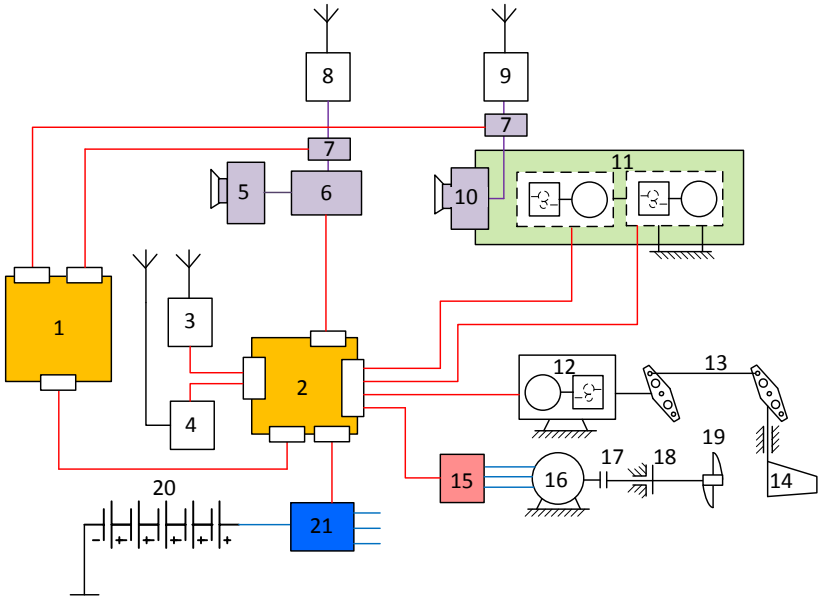


Рисунок - Функциональная схема БНС с СУ на основе ПК.

Цифрами на рисунке обозначены: 1 - SBC, 2 - ПК, 3 - многоканальный приемник для радиоуправления, 4 - сигнализация аварийного плавсредства (маяки), 5 - курсовая камера, 6 - плата OSD, 7 - плата видеозахвата для аналоговых камер или разветвитель видеопотока для цифровых, 8, 9 - видеопередатчики, 10 - обзорная камера, 11 - 2-х (3-х) осевой стабилизированный подвес, 12 - рулевая сервомашинка, 13 - тяга, 14 - рулевое перо, 15 – электронный регулятор скорости (ECS), 16 - безколлекторный гребной электродвигатель, 17 - предохранительная муфта, 18 - упорный подшипник, 19 - гребной винт, 20 - аккумуляторная батарея, 21 - Распределительная силовая плата с BEC.

Выводы.

1. Безэкипажные надводные суда являютмя перспективным средством млорской техники для мониторинга территориальных вод и внутренних водных путей Украины.

2. Применение схемотехнических решений и программного обеспечения полетных контроллеров может служить первым этапом создания действующих макетов и прототипов безэкипажных надводных судов.

Список источников.

1.https://ru.wikipedia.org/wiki/Украина.

2. http://knoema.ru/atlas/Украина/topics/Земельные-ресурсы/Площадь/Внутренние-воды

УДК 005.8:65.012

АНАЛІЗ ТЕНДЕНЦІЙ СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ СУЧАСНОГО НАДВОДНОГО КОРАБЛЯ

В.С. Блінцов[1]; Д.Є Буссов[2]

[1] *.д.т.н., професор, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна*

[2] *Державне підприємство «Дослідно-проектний центр кораблебудування», м. Миколаїв, Україна*

При проектуванні сучасного надводного корабля одним з актуальних завдань є розробка інформаційно-керуючої системи для застосування за призначенням. При цьому необхідно враховувати особливості функціонування корабля в умовах сучасної боротьби на морі, які полягають в активній радіоелектронній протидії, швидкоплинних операціях на значних віддаленнях сторін та одночасних широкомасштабних діях сил в повітряному, надводному і підводному просторі.

Аналіз процесу управління силами і засобами ВМС показав, що ухвалення оптимального рішення в умовах обстановки, що швидко змінюється, різкого збільшення потоків інформації і скорочення часу на її обробку можливо тільки при автоматизації процесу управління за рахунок створення і оснащення надводних кораблів інформаційно-керуючими засобами, які б забезпечували автоматизоване управління його системами як у режимі окремогозастосування, так і групового застосування. Створення автоматизованих систем управління кораблем за призначенням (АСУ КП) вимагає вирішення складної наукоємної проблеми, пов'язаної, з одного боку, з розробкою надійних швидкодіючих засобів обчислювальної техніки, з іншого - з розробкою і реалізацією на цих засобах великого числа математичних моделей морських операцій, адекватних фактичним діям сил і процесу управління ними в реальних умовах.

Практика світового кораблебудування показує, що основними завданнями, які вирішують сучасні АСУ ПК, є:

– інтеграція всіх систем корабля і кораблів групи в єдину функціональну систему;

– комплексне використання інформації від всіх джерел;

– забезпечення посадових осіб корабля інформацією про морську обстановку;

– планування і координація дій;

– вироблення даних для використання корабля за призначенням;

– облік стану кожної системи, її функціональних можливостей, визначення оптимального складу спеціальних систем корабля і варіантів їх використання при рішенні поставлених задач.

Таким чином, АСУ ПК, об'єднуючи практично всі спеціальні системи корабля, виступає, по суті, ядром його управління за призначенням і є надбудовою, яка поєднує різні зразки бортових систем здебільшого лише на рівні обміну інформацією. Ступень їх інтеграції в даному випадку є невисоким, оскільки кожен з них може функціонувати й автономно, а АСУ ПК, беручі на себе частину задач цих засобів, по суті, дублює декотрі їх функції. Одним з недоліків даного підходу є дублювання апаратних засобів АСУ ПК і ускладнює розташування обладнання кораблях відносно невеликої водотоннажності.

Комплексна інтеграція (КАСУ ПК) до єдиної системи різних систем корабля здатна охопити все коло завдань, починаючі з отримання від датчиків комплексної інформації про морську обстановку, довиконання завдань за призначенням корабля (див. рисунок).

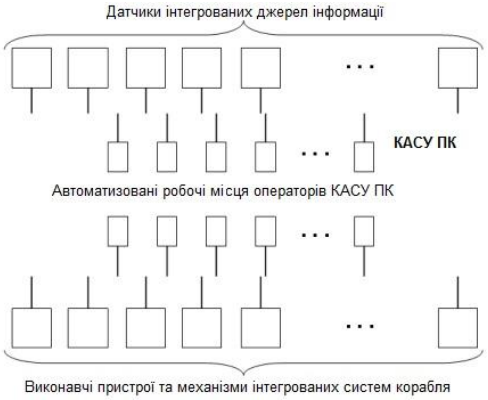


Рисунок – Укрупнена структурна схема КАСУ ПК

. Окремі складові частини не призначені для автономного застосування і спроектовані для роботи тільки у складі єдиної системи. Управління роботою кожної з інтегрованих підсистем в повному обсязі

здійснюється з пультів КАСУ ПК. При такому підході відсутнє будь-яке необґрунтоване дублювання апаратних засобів і, до того ж, не існує проблем сполучення окремих систем. А внаслідок цього, можлива найбільш повна та ефективна реалізація всіх алгоритмів управління кораблем. Такий напрямок на сьогодні є найбільш перспективним.

Таким чином, найбільш сучасним шляхом розвитку корабельних управляючих систем є побудова їх за принципом АСУ ПК, тобто глибокої інтеграції джерел інформації – засобів висвітлення обстановки, та виконавчих систем – безпосередньо корабельних комплексів.

УДК 629.5

СУЧАСНІ АСПЕКТИ СТВОРЕННЯ І ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗЕКІПАЖНИХ МОРСЬКИХ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ

Ж.Ю. Буруніна, канд. техн. наук,
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв

Безекіпажні морські рухомі об'єкти (БМРО, англ. – Unmanned Maritime Systems, UMS) відносяться до перспективних засобів морської техніки і на цей час є магістральним напрямком її розвитку. Такі об'єкти вже сьогодні широко застосовуються пр виконанні пошукових, аварійно-рятувальних, екологічних, антитерористичних та оборонних завдань на морі.

Аналіз зарубіжної літератури свідчить, що у розвинених морських держав світу на цей час найбільше застосування знайшли наступні види такої техніки:

безекіпажні самохідні автономні підводні апарати (АПА, англ. – autonomous underwater vehicle, AUV);

безекіпажні самохідні прив'язні підводні апарати (ППА, англ. – remotely operated vehicle, ROV);

безекіпажні буксировані підводні апарати (БПА, англ. – unmanned towed underwater vehicle, TUV);

малорозмірні безекіпажні надводні судна (БНС, англ. – unmanned surface vehicles, USV);

безпілотні літальні апарати (літаки і гелікоптери морського базування і застосування) (БЛА, англ. – unmanned aircraft vehicles, UAV).

На цей час вітчизняні оранізації, які ведуть професійну діяльність на морі, не мають у своєму складі БМРО, що суттєво зменшує продуктивність морських надводних і підводних робіт на шельфі, обмежує їх виробничі можливості при виконанні видобувних робіт у виключній економічній морській зоні України. Це робить актуальною прикладну наукову задачу розробки і створення нового для України класу морської техніки – безекіпажних надводних, підводних і літальних апаратів і систем, освоєння їх виробництва у промислових масштабах та широкого впровадження у морську практику.

До головних проблем щодо створення і широкого застосування БМРО на сьогодні можна віднести наступні:

правові та соціальні питання безпечного й ефективного використання БМРО на акваторіях, які використовуються для судноплавства, рекреації та видобувної діяльності з застосуванням традиційних суден з екіпажами:

прикладні організаційно-технічні – розробка матеріально-технічного та кадрового забезпечення, необхідного для постійного застосування БМРО (наприклад, організація спеціалізованих підрозділів, які б займались експлуатацією БМРО, розробка навчально-методичного забезпечення для підготовки операторів БМРО тощо).

Вбачаються наступні головні напрямки теоретичної, проектно-конструктоської, виробничої та організаційно-кадрової діяльності по створенню та оснащенню промислових організацій України новими високоефективними зразками БМРО:

розвиток прикладних наукових досліджень у напрямку створення нових зразків БМРО (удосконалення теоретичних основ їх проектування та методів математичного моделювання у квазістаціонарних і динамічних режимах роботи, розвиток методів розробки і створення систем електроенергетики і електромеханікиБМРО, удосконалення методів проектування систем навігації та керування просторовим рухом БМРО, удосконалення методів проектування систем інформаційного обміну, систем підводного освітлення та фото-, відео- та гідроакустичних систем БМРО);

розробка високоефективних технологій застосування нових типів БМАС у визначених напрямках морської діяльності держави (пошукових, інспекційних, аварійно-рятувальних, монтажно-технологічних, природоохоронних, антитерористичних та ін.);

розробка прикладних інженерних методів проектування нових зразків БМРО (проектування корпусно-механічної частини, систем енергетики й інформатики, систем автоматичного керування і комунікацій, навігаційного і приладового забезпечення тощо);

створення виробничої бази для виробництва БМРО у промислових масштабах (підбір виробничих потужностей для серійного виробництва БМРО);

підготовка кадрів для професійної експлуатації створюваних видів БМРО (підготовка технологів та операторів БМРО, інженерно-технічного персоналу для їх обслуговувння і ремонту.

У якості прототипів для новостворюваних засобів БМРО доцільно використовувати результати досліджень Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, зокрема, у напрямку створення АПА, ППА та БПА проектів «Скарус», «Інспектор», «The North Star», «Adeline», «Гідрограф, «КНПА», «ВСПН», «Арго-Буй» «Планер-1» та ін. Зазначені проекти були розроблені на рівні проектної документації та завершені на рівні створення діючих зразків безекіпажної морської техніки, що суттєво скоротить витрати часу та інших ресурсів при розробці нових зразків БМРО та освоєнні їх серійного виробництва.

У якості базового науково-освітнього закладу для виконання зазначеного комплексу робіт може бути задіяний Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, який має наобхідні кадрові і технічні ресурси для такої діяльності (див. рисунок):

– складову підготовки наукових та інженерних кадрів за напрямками знань, які використовуються при створенні та застосуванні БМРО;

– науково-дослідницьку складову, яка забезпечує генерацію нових науково обґрунтованих ідей створення БМРО та їх ефективного застосування;



Рисунок – Узагальнена організаційна структура Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова щодо організації досліджень, проектування, воготовлення та випробувань дослідних зразків БМРО

– інженерно-технічну складову, яка забезпечує конструювання, виготовлення, монтаж та пуско-налагоджування БМРО;

– складову морських випробувань БМРО та перевірки їх відповідності заявленим характеристикам;

– складова впровадження та дослідної експлуатації БМРО.

Висновки.

1. Безекіпажні морські рухомі об’єкти надводного, підводного і повітряного застосування є перспективним видом морської робототехніки, який за своїми експлуатаційними можливостями може бути широко впроваджений у практику вітчизняних організацій, які ведуть виробничу діяльність на морі.

2. Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова має наукове, кадрове та технічне забезпечення для організації досліджень, проектування, воготовлення та випробувань дослідних зразків безекіпажної морської техніки, що утворює підґрунтя для їх серійного випуску.

УДК 629.5

ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ САМОХІДНОЇ ПРИВ’ЯЗНОЇ ПІДВОДНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ РІВНЯНЬ ІСНУВАННЯ

О.П. Клочков, викладач,
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова

Сучасні самохідні прив’язні підводні системи (СППС) належать до складних об’єктів морської робототехніки, технічні характеристики яких є конструкторським компромісом між масо-габаритними, енергетичними, інформаційно-керуючими та експлуатаційними показниками [1]. Типова конфігурація СППС містить наступні складові:

- самохідний прив'язний підводний апарат (ПА);
- пост енергетики та керування (ПЕК);
- кабель-трос (КТ);
- лебідка КТ (ЛКТ);
- спуско-піднімальний пристрій (СПП).

Реалізація завдання на проектування СППС передбачає знання:

а) умов зовнішнього середовища, де планується експлуатація СППС (швидкість течії та її епюра за глибиною, температура та солоність води);

б) експлуатаційних параметрів СППС (робоча глибина занурення, швидкість руху, технологічні можливості тощо);

в) конструктивних характеристик СППС, що напряму залежать від експлуатаційних параметрів (маса та розміри апарата);

г) шляхи енергетичного та інформаційного забезпечення СППС;

ґ) кількості персоналу та заходів, які необхідно застосовуватися при обслуговуванні та ремонті СППС;

д) виду технологічної платформи, з якої планується застосовувати СППС (надводне чи підводне судно-носій, гелікоптер, причал тощо).

Практика створення конкурентоспроможних зразків такого виду морської техніки вимагає розробки і застосування сучасних проектних методів, зокрема, для ранніх етапів проектування. Однією з основних задач при цьому є науково обґрунтована оцінка досяжності заданих Замовником техніко-експлуатаційних характеристик, зв'язки між якими характеризується складними залежностями [2].

Відомо, що ефективним інструментом для розв'язку цієї задачі є використання «рівнянь існування» створюваної техніки, які широко застосовуються у суднобудуванні, авіабудуванні та ін. [3, 4]. Принципи їх застосування при проектуванні підводних роботів описані у [5] і традиційно будуються на аналізі рівнянь мас і об'ємів підводного апарата. Наступним кроком у цьому напрямку є синтез рівнянь існування СППС за енергетичною складовою, теоретичні основи якого викладено у взаємозв'язку з [6].

Однак, виходячи з принципів системного підходу, проектування сучасних СППС має спиратись на систему з 4-х рівнянь (чи систем рівнянь) існування (можливості створення СППС з заданими характеристиками):

- рівняння мас і об'ємів СППС;
- рівняння енергетичного балансу СППС;
- рівняння балансу інформаційних потоків СППС (можливість побудови каналів обміну керуючою, телеметричною, фото-, відео-, гідроакустичною та іншою інформацією в обсязі, необхідному для виконання підводних місій за призначенням СППС);
- рівняння оцінки СППС за «людським фактором» (можливість побудови СППС як людино-машинної системи з визначеним рівнем ергономіки, технічного обслуговування, зберігання, транспортування, вплив на навколишнє середовище тощо).

Узагальнена схема проектування СППС на основі рівнянь існування показана на рисунку.

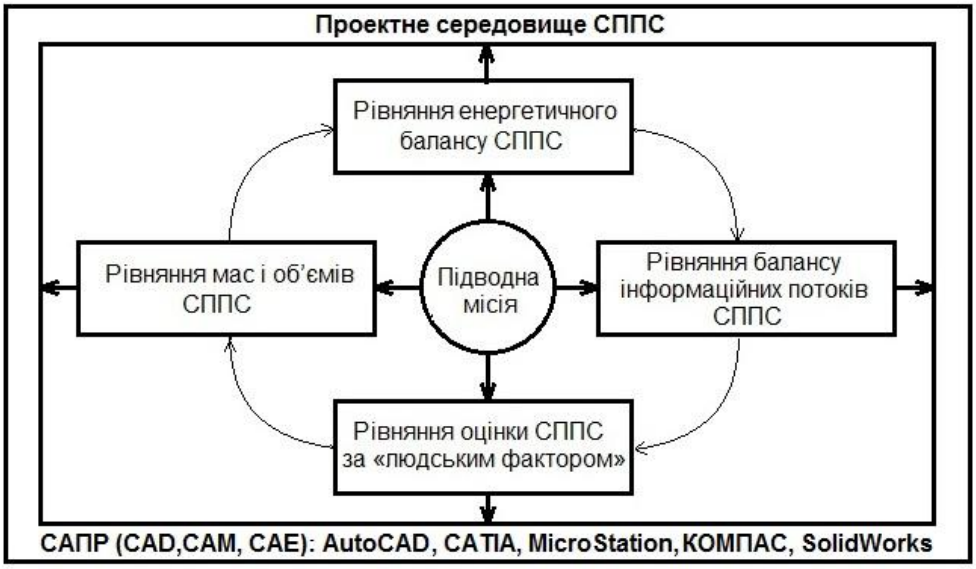


Рисунок – Узагальнена схема проектування СППС на основі рівнянь існування

Актуальними завданнями для реалізації наведеної схеми проектування СППС є синтез рівнянь існування двох останніх типів, що дасть змогу реалізувати повний цикл проектних робіт з гарантованим урахуванням всіх вимог Замовника.

Висновки.

1. На основі системного підходу до створення нових видів робототехніки запропоновано систему 4-х рівнянь існування СППС, які у комплексі забезпечують проектування такого виду морської техніки з урахуванням основних вимог Замовника.

2. Сформульовано наукове завдання синтезу рівнянь балансу інформаційних потоків СППС та оцінки СППС за «людським фактором», які мають враховувати раніше не формалізовані на загальнопроектному рівні вимоги до засобів прив'язної підводної техніки, що проектується.

Література

1. **Блинцов В.С., Магула В.Э.** Проектирование самоходных привязных подводных систем. – К.: Наукова думка, 1997. – 140 с.

2. **В.С.Блінцов.** Дослідження впливу конструктивних параметрів самохідного прив'язного підводного робота на його експлуатаційні характеристики : [Текст] / В.С.Блінцов, О.М.Киризюк // Східно-Європейський журнал передових технологій. - Харків, 2009. - 1/5(37). - С.38-42.

3. **Вашедченко А.Н.** Автоматизированное проектирование судов. – Л. : Судостроение, 1985. – 164 с.

4. **Ендогур А.И.** Проектирование авиационных конструкций. Проектирование конструкций деталей и узлов: Учебное пособие. – М. : Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2009. – 540 с.

5. **Вашедченко А.Н.** Уравнения существования подводных роботов. – Сб. научн. трудов НКИ. – Николаев, НКИ, 1979. – С. 17-24.

6. **Блінцов В., Клочков О.** Рівняння існування самохідної прив'язної підводної системи як оцінка можливості її створення. – Міжнародний науково-виробничий журнал «Підводні технології». – К. : КНУБА, 2016. – С. 25-30.

УДК 629.5

АВТОМАТИЗАЦЫЯ КЕРУВАННЯ ПІДВОДНИМ АПАРАТОМ-РОБОТОМ ТРАНСПОРТНО-ВАНТАЖНОГО ТИПУ

А.М. Войтасик, аспірант,
м. Миколаїв, Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова

Освоєння морського шельфу Азово-Чорноморського басейну в інтересах України ставить на порядок денний реалізацію принципово нових підводних технологій транспортування корисних вантажів та їх установки на морське дно [1]. Особливої актуальності набувають завдання транспортування корисних вантажів підвищених габаритів та мас (до 100 кг і більше). Такі задачі є характерними при створенні систем моніторингу водного середовища, систем контролю доступу на захищені акваторії тощо [2]. Реалізація таких технологій вимагає створення принципово нового виду робототехніки, який забезпечує виконання задач обстеження ділянки морського дна як поверхні для розміщення корисного вантажу, доставки та встановлення на морське дно просторово-розподіленого обладнання та приладів довготривалого застосування, а також повторний пошук раніше встановленого корисного вантажу та зворотне його транспортування на судно-носій (СН).

Автоматизація керування підводними апаратами-роботами транспортно-вантажного типу (ПАР-ТВ) передбачає повністю автоматичне виконання підводних обстежувальних та пошукових робіт і автоматизоване (за участю людини-оператора) функціонування на фазах прийняття рішення щодо вузлових операцій постановки корисного вантажу на морське дно та його підйому на поверхню.

Узагальнений алгоритм функціонування автоматизованої системи керування ПАР-ТВ наведено на рис. 1. Розроблений алгоритм здатен забезпечувати реалізацію двох основних місій ПАР-ТВ: пошук місця розгортання обладнання на морському дні та транспортування корисного вантажу та пошук місця розташування обладнання на морському дні, згортання обладнання та транспортування корисного вантажу до СН.

Перелік блоків наведених на рис. 1, а:

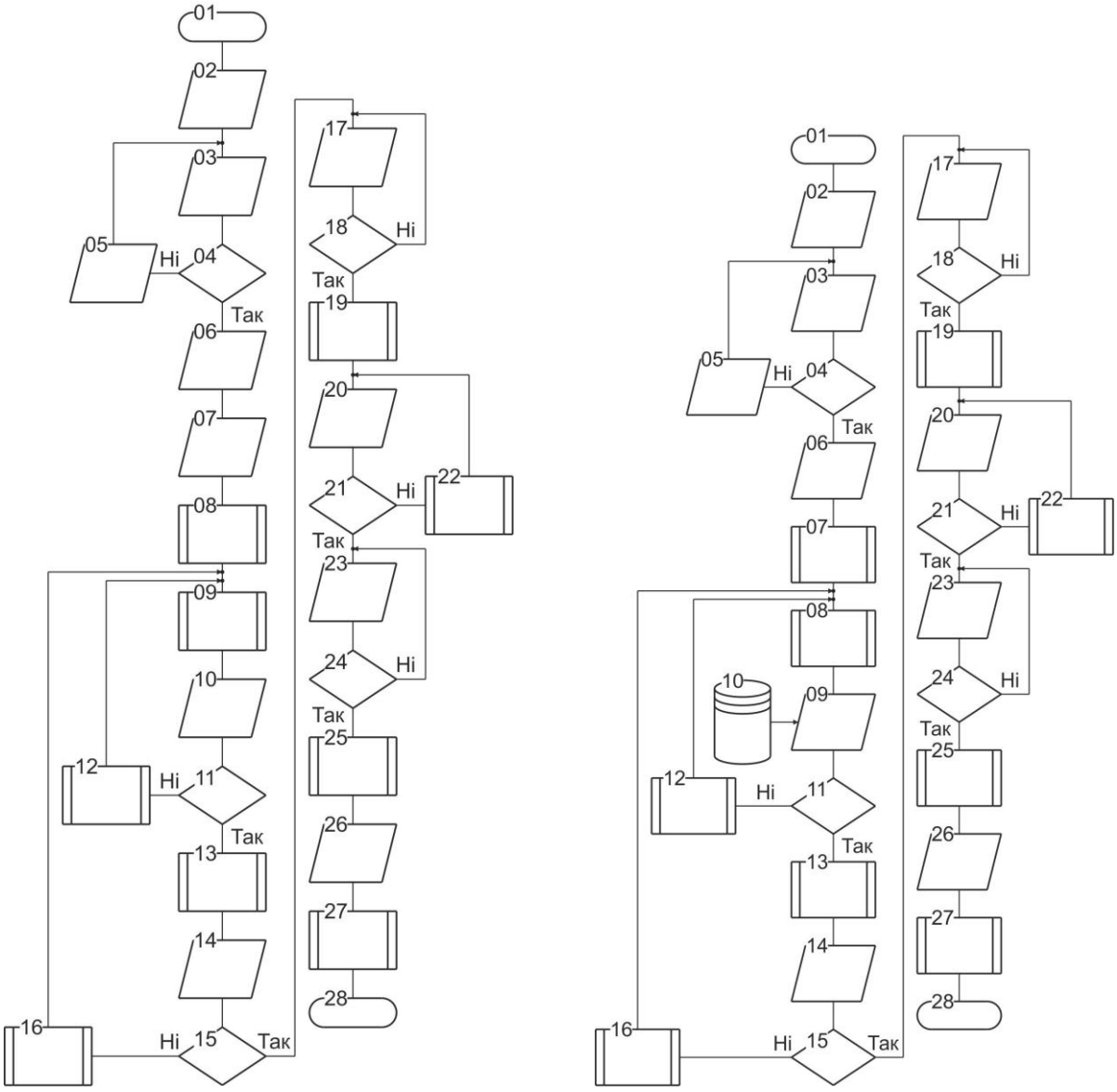
Блок 02 – Введення підводної місії;

Блок 03 – Діагностика ПАР-ТВ;

Блок 05 – Пошук та усунення оператором несправностей ПАР-ТВ;

Блок 06 – Встановлення корисного вантажу;

Блок 07 – Спуск ПАР-ТВ на воду;
Блок 08 – Підпрограма занурення ПАР-ТВ у задану точку;
Блок 09 – Обстеження ділянки морського дна;



а) – розгортання обладнання; б) – згортання обладнання

Рисунок 1 – Узагальнений алгоритм функціонування автоматизованої системи керування підводним апаратом-роботом транспортно-вантажного типу

Блок 10 – Оцінка оператором морського дна для розгортання модуля №1;
Блок 12 – Перехід ПАР-ТВ на іншу точку;
Блок 13 – Автоматична посадка ПАР-ТВ на морське дно;
Блок 14 – Оцінка оператором правильності посадки ПАР-ТВ на морське дно;
Блок 16 – Перехід ПАР-ТВ на іншу точку;
Блок 17 – Команда оператора на установку модуля №1;
Блок 19 – Підйом ПАР-ТВ на задану глибину $h_{м1}$ та перехід до точки встановлення модуля №2;
Блок 20 – Оцінка оператором морського дна для розгортання модуля №2;
Блок 22 – Перехід ПАР-ТВ на іншу точку;
Блок 23 – Команда оператора на розгортання модуля №2;
Блок 25 – Підйом ПАР-ТВ на задану глибину $h_{м2}$;
Блок 26 – Обстеження розгорнутого корисного вантажу на морському дні з документуванням його положення;
Блок 27 – Повернення до СН;

Блок 28 – Перехід до алгоритму згортання обладнання.

Перелік блоків наведених на рис. 1, б:

Блок 01 – Початок алгоритму згортання корисного вантажу;

Блок 02 – Введення підводної місії;

Блок 03 – Діагностика ПАР-ТВ;

Блок 05 – Пошук та усунення оператором несправностей ПАР-ТВ;

Блок 06 – Спуск ПАР-ТВ на воду;

Блок 07 – Підпрограма занурення ПАР-ТВ у задану точку;

Блок 08 – Автоматизований пошук модуля №1 гідроакустичними засобами;

Блок 09 – Ручне керування оператором ПАР-ТВ при обстеженні морського дна;

Блок 10 – Застосування бази даних;

Блок 12 – Перехід на іншу точку;

Блок 13 – Автоматична посадка ПАР-ТВ на морське дно;

Блок 14 – Оцінка оператором правильності посадки ПАР-ТВ на морське дно;

Блок 16 – Підхід ПАР-ТВ з іншої точки;

Блок 17 – Команда оператора на згортання модуля №1;

Блок 19 – Відрив ПАР-ТВ від ґрунту на задану глибину $h_{м1}$ та перехід до точки розташування модуля №2;

Блок 20 – Оцінка оператором морського дна для згортання модуля №2;

Блок 22 – Підхід ПАР-ТВ з іншої точки;

Блок 23 – Команда оператора на згортання модуля №2;

Блок 25 – Відрив ПАР-ТВ від ґрунту на задану глибину $h_{м2}$;

Блок 26 – Відеодокументування наявності корисного вантажу на борту ПАР-ТВ;

Блок 27 – Повернення підводного апарата до СН;

Висновки.

Для двох основних місій підводного апарата-робота транспортно-вантажного типу розроблено алгоритмічне забезпечення як теоретична основа синтезу системи автоматичного керування.

СЕКЦІЯ №9
УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ ТА ПРОГРАМАМИ В СУДНОБУДУВАННІ

УДК 658.012

СИСТЕМА ИНДИКАТОРОВ ИНИЦИАЦИИ ПРОЕКТОВ РЕКОНСТРУКЦИИ МУНИЦИПАЛЬНЫХ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Ю.Н. Харитонов, В.К. Кошкин, Н.Д., Ревзон,
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова

Для инициации проектов реконструкции СВ малых муниципальных образований используется метод индикативного анализа, основу которого составляют принципы комплексного подхода, учет внутренних и внешних взаимосвязей объектов исследования, безусловный приоритет социальной стабильности и энергетической безопасности [1, 2].

Под системой индикаторов реконструкции СВ малых муниципальных образований понимается множество показателей системы, характеризующих ее свойства и позволяющих оценить степень "критичности" ее состояния.

Множество индикативных показателей определяется как

$$X = \{x_i\}, i = \overline{1,n},$$

где *n* – число индикативных показателей.

Область допустимых значений

$$H = \{h_i\}, i = \overline{1,n}$$

Определяет уровень функциональности системы в виде множества булевых переменных

$$F = \{f_i\}, i = \overline{1,n},$$

где $f_i = \begin{Bmatrix} 1, \text{если } x_i \in h_i; \\ 0, \text{если } x_i \notin h_i \end{Bmatrix}$.

По аналогии с [3] матрицу параметрических индикаторов реконструкции формируют технико-технологические, экономические, нормативно-законодательные признаки (условия), которые являются существенными для принятия решения о реконструкции системы. Технико-технологические признаки включают в себя условия, характеризующие технические параметры системы (КПД насосов, состояние водяных сетей, надежность системы и др.). Экономические признаки характеризуют условия изменения цен на энергетические, материальные, трудовые и другие ресурсы. Множество нормативно-законодательных индикаторов обусловлено изменениями нормативно-законодательной базы (в части параметров системы), решениями соответствующих управленческих структур, форс-мажорными обстоятельствами (техногенные катастрофы, землетрясения и др.).

Матрицу структурных индикаторов формируют инфраструктурные и нормативно-законодательные признаки (рис. 1.1).



Рис. 1. Матрица индикаторов реконструкции

Инфраструктурные признаки характеризуют изменения инфраструктуры муниципального образования (строительство дорог, жилых массивов и др.). Нормативно-законодательные признаки формируют соответствующее множество индикаторов реконструкции, находящихся в зависимости от изменений нормативно-законодательной базы в части структурных элементов системы или ее внешнего окружения.

Очевидно, что множество индикаторов реконструкции системы водоснабжения характеризуется множеством численных значений индикативных показателей:

$$real\ \underset{\tau=n}{M}_n = \begin{bmatrix} I^{T}_{Ai,}\ I^{T}_{Ai+1,}\ldots, I^{T}_{An,} \\ \tau=n\ \ \tau=n \qquad \tau=n \\ I^{э}_{Ai,}\ I^{э}_{Ai+1,}\ldots, I^{э}_{An,} \\ \tau=n\ \ \tau=n \qquad \tau=n \\ I^{и}_{Ai,}\ I^{и}_{Ai+1,}\ldots, I^{и}_{An,} \\ \tau=n\ \ \tau=n \qquad \tau=n \\ I^{u}_{Bi,}\ I^{u}_{Bi+1,}\ldots, I^{u}_{Bn,} \\ \tau=n\ \ \tau=n \qquad \tau=n \\ I^{н}_{Bi,}\ I^{н}_{Bi+1,}\ldots, I^{н}_{Bn,} \\ \tau=n\ \ \tau=n \qquad \tau=n \end{bmatrix},$$

$I^{T}_{Ai,}\ I^{T}_{Ai+1,}\ldots, I^{T}_{An}$
где $\tau=n\ \ \tau=n \qquad \tau=n$ – параметрические индикативные показатели технико- технологического характера;

$I^{э}_{Ai,}\ I^{э}_{Ai+1,}\ldots, I^{э}_{An,}$
$\tau=n\ \ \tau=n \qquad \tau=n$ – индикативные показатели экономического характера;

$I^{и}_{Ai,}\ I^{и}_{Ai+1,}\ldots, I^{и}_{An,}$
$\tau=n\ \ \tau=n \qquad \tau=n$ – параметрические индикативные показатели нормативно-законодательного характера;

$I^{u}_{Bi,}\ I^{u}_{Bi+1,}\ldots, I^{u}_{Bn,}$ $I^{н}_{Bi,}\ I^{н}_{Bi+1,}\ldots, I^{н}_{Bn,}$
$\tau=n\ \ \tau=n \qquad \tau=n$ – структурные показатели инфраструктурного характера; $\tau=n\ \ \tau=n \qquad \tau=n$ – структурные показатели нормативно-законодательного характера.

Каждая из сложных технических систем, в том числе и муниципальная система водоснабжения, обладает своим уникальным множеством индикативных показателей и индикаторов реконструкции.

Список литературы

1. *Харитонов, Ю. Н.* Практики управления в проектах реконструкции систем водоснабжения / Ю. Н. Харитонов, В. К. Кошкин // Матеріали XI міжнар. наук.-практ. конф. "Управління проектами: стан та перспективи". – Миколаїв : НУК, 2015. – С. 152-155

2. *Подаенко, М. Ю.* Предварительное формирование портфеля проектов / М. Ю. Подаенко, В. К. Кошкин, Л. С. Чернова // Управління розвитком складних систем. – 2013. – № 13. – С. 37-39.

3. *Харитонов, Ю. Н.* Система индикаторов для принятия решений о реконструкции энергетических комплексов / Ю. Н. Харитонов // Авиационно-космическая техника и технология. – 2007. – № 9 (45). – С. 221-225.

УДК 005.8:65.012

ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ СПІЛЬНИМИ ПРОЕКТАМИ ОЧИЩЕННЯ АКВАТОРІЙ ПІДРОЗДІЛАМИ ДСНС УКРАЇНИ ТА ОРГАНІЗАЦІЯМИ-РОЗРОБНИКАМИ ЗАСОБІВ МОРСЬКОЇ РОБОТОТЕХНІКИ

В.С. Блінцов[1]; М.Г. Грицаєнко[2]

[1] *.д.т.н., професор, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна*

[2] *полковник с.ц.з., Головне Управління Державної служби України з надзвичайних ситуацій у Миколаївській області, м. Миколаїв, Україна*

Зважаючи на необхідність негайного реагування на загрози, які породжуються виявленими підводних потенційно небезпечних об’єктів (ППНО) на акваторіях держави, та на велику трудомісткість робіт з роботизації їх знищення, перспективним є проведення найбільш невідкладних та небезпечних робіт по знешкодженню ППНО Державною службою України з надзвичайних ситуацій (ДСНС) з залученням засобів морської робототехніки (ЗМР) близьких за призначенним типів, які на сьогодні є у розпорядженні організацій-розробників (ОР) ЗМР. Доцільність організації таких проектів очищення акваторій полягає у наступному:

виграш часу на виявлення, обстеження і знешкодження ППНО на найбільш небезпечних акваторіях; це забезпечує передачу очищених акваторій в експлуатацію місцевим громадам, не чекаючи появи спеціалізованих ЗМР та нових організаційних структур;

попереднє відпрацювання роботизованих технологій пошуку та знешкодження ППНО та обґрунтоване формулювання вимог до тактико-технічних характеристик спеціалізованих ЗМР, які треба створювати у майбутньому для виконання таких робіт;

уточнення вимог до нових організаційних структур, які необхідно започатковувати для створення та впровадження у практичну діяльність нових зразків ЗМР.

З позицій управління проектами завдання очищення акваторій від ППНО є інноваційним проектом, який не розрахований на отримання прибутку, а його організація має відомі фази ініціалізації, розроблення, виконання та закриття проекту. Специфікою досліджуваних проектів є те, що фаза ініціалізації проекту реалізується органами державної влади (обласною державною адміністрацією, державними антитерористичними центрами тощо) у разі виявлення ППНО на підконтрольних акваторіях. Основним документом цієї фази є директивний документ органу влади (постанова, розпорядження тощо), у якому поставлено завдання на очищення конкретної акваторії від ППНО. Тому організації-співвиконавці проекту приступають до його виконання, починаючи з фази розробки проекту.

Фаза розробки спільного проекту роботизованого очищення акваторій від ППНО містить роботи зі створення об’єднаної групи менеджерів проекту, розробки ними концепції та календарних планів робіт по етапам, аналізу ризиків проекту тощо. Тут передбачається детальна розробка всіх організаційних, технічних та правових складових проекту і підготовка до його реалізації. Зокрема, аналізуються наявні ЗМР та їх кадрове й технологічне забезпечення, розробляється план спільних робіт з розгортання технічних засобів для нейтралізації знайдених ППНО з застосуванням технологій знищення на місці, консервації на морському дні чи підйому на поверхню з метою транспортування й нейтралізації на суші, розробляються заходи щодо оповіщення населення про заплановані роботи тощо.

Наведений перелік робіт повинна виконувати група менеджерів проекту K_{PJW}, для якої необхідно розробити матрицю m_K відповідальності її членів. Обов’язковими результатами роботи команди менеджерів має бути концепція проекту N_{JP}, документація проекту D_{JP} та спільно розроблений та затверджений сторонами план-графік виконання спільних робіт G_{JP}.

Фаза реалізації (виконання) проекту очищення акваторій від ППНО передбачає реалізацію всіх запланованих на попередній фазі життєвого циклу (ЖЦ) заходів по проекту. Тут виконується підводний допошук, ідентифікація й документування ППНО та їх нейтралізація з застосуванням роботизованих підводних технологій.

Особливістю цієї фази ЖЦ проекту очищення акваторій є її складові, які доцільно реалізувати у наступній послідовності: управління організаційною U_{EJW} та технічною U_{FJW} підготовкою спільних робіт по застосуванню ЗМР; управління процесом навчання команди проекту при виконанні спільних тренувальних операцій з використанням ЗМР у дослідному басейні та/або на морському чи річковому полігоні (управління завданнями розробки тренувальних роботизованих технологій T_{JW} знешкодження ППНО; управління завданнями розробки програм тренінгів P_{JW} для процесів роботизованого обстеження та знешкодження виявлених типів ППНО; управління завданнями E_{JW} організації спільного експедиційного загону ГУ ДСНС та організації-розробника ЗМР; управління завданнями W_{JW} тренінгу зведеної команди проекту для складання якісної звітної документації про очищення акваторії з розподілом конкретних робіт між виконавцями організацій-партнерів.

Фаза контролю за виконанням спільного проекту очищення акваторій від ППНО передбачає жорсткий контроль за організацією морських та сухопутних традиційних та роботизованих технологій; тут контролюються як власне процеси знешкодження ППНО Z_{JW}, так і повнота їх виконання Q_{JW} (контроль якості очищення акваторій).

Фаза завершення спільного проекту очищення акваторій від ЗНО передбачає підведення підсумків проекту та оцінювання його ефективності. Основний зміст цієї фази – оформлення документів по виконаній роботі, перелік яких має містити: документи про передачу очищеної акваторії до експлуатації за її призначенням $D_{ГУ\ ДСНС}$; документи щодо аналізу ефективності залучення до виконання проекту ЗМР організації-співвиконавця і пропозиції щодо удосконалення їх технічних характеристик та технологій застосування $D_{ОР\ ЗМР}$.

Узагальнена процесна модель управління спільним проектом C_{JP} очищення акваторій підрозділом ДСНС України у співпраці з організацією-розробником ЗМР може бути представлена у складі наступних моделей керованих процесів:

$C_{JP}=\{C_{PJW}; C_{TJW}; C_{SJW}; C_{OJW}; C_{CJW}; C_{WJW}\}$,

де C_{PJW} – модель управління процесом розробки та узгодження проекту спільних робіт; C_{TJW} – модель управління організаційно-технічною підготовкою спільних робіт, яка описує заходи зі створення тимчасових організаційних структур для виконання спільних робіт, розробки роботизованих технологій їх виконання на базі ЗМР виробництва організації-розробника, підготовки кадрів та розробки тренувальних заходів для відпрацювання взаємодії учасників проекту (морської експедиції) тощо; C_{SJW} – модель управління процесом навчання об'єднаної команди проекту, яке проводиться з метою відпрацювання безпечних для людей та ефективних за продуктивністю роботизованих технологій допошуку, обстеження, документування та знешкодження ППНО; C_{OJW} – модель управління організацією спільного виконання роботи по очищенню акваторій від ППНО, яка описує взаємодію учасників проекту у планових та нестандартних ситуаціях, що виникають в умовах морської експедиції; C_{CJW} – модель управління процесами контролю за виконанням спільного проекту; C_{WJW} – модель управління процесом оформлення звітних документів по виконаній роботі, яка формалізує розподіл відповідальності між учасниками проекту щодо підготовки текстових, фото-, відео- та гідроакустичних матеріалів, їх геоінформаційному та метрологічному забезпеченню.

Узагальнена процесна модель формування спільного проекту очищення акваторії підрозділами ГУ ДСНС України та організації-розробника ЗМР показана на рисунку.



Рисунок – Узагальнена процесна модель формування спільного проекту очищення акваторії підрозділами ГУ ДСНС України та організації-розробника ЗМР

У доповіді наводяться результати розробки складових процесної моделі та аналізу ефективності проектів очищення акваторій від ППНО, спільно виконаних ГУ ДСНС та ОР ЗМР.

УДК 005.8:629.5

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

К.В. Кошкин, Н.Д. Ревзон,
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова

Особенности судостроения, связанные с высокой стоимостью основных фондов, длительным технологическим циклом производства, необходимостью привлечения крупных финансовых ресурсов обусловливают повышенную чувствительность предприятий отрасли к рыночной конъюнктуре, условиям финансирования и окупаемости затрат. Как свидетельствует мировой опыт, поступательное развитие судостроительной промышленности в значительной степени зависит от государственной политики в этой области.

При всех положительных и негативных сдвигах в работе предприятий судостроения можно отметить [1, 2]:

– финансово-экономическое положение многих заводов остается сложным. Они испытывают острый недостаток собственных оборотных средств;

– банковская система, существующая в Украине, не отвечает потребностям функционирования судостроительной промышленности: высокие проценты за пользование кредитными ресурсами, короткий срок предоставления кредитов, отсутствие заинтересованности украинских коммерческих банков во вложении значительных финансовых ресурсов в долгосрочное кредитование украинских судовладельцев и судостроителей;

– основной объем выпуска продукции (95 %) идет на экспорт;

– отсутствие достаточной поддержки постройки судов из государственного бюджета.

Выйти из такой ситуации возможно только с помощью государственных программ и/или привлечения инвестиций, которые помогли бы развитию отрасли. Судостроение – одна из отраслей, которая нуждается именно в государственной поддержке, отсутствие которой может привести к стагнации отрасли. Во многих странах мира, например в Южной Корее, Германии, судостроительные предприятия имеют серьезную государственную поддержку, вплоть до многомиллионных дотаций. Это помогает стимулировать производство. Анализируя ситуацию в Украине, можно сказать, что здесь эта система не развита, государственная политика не проводится на том уровне, как того требует данная отрасль. Делается много попыток внедрения программ государственной поддержки, но только некоторые оказываются эффективными.

Украина имеет очень высокий потенциал развития судостроительной отрасли, но без государственной поддержки этот процесс замедлен. Инициативу берут на себя инвесторы, качественнее оценивают ситуацию и понимают, что является для них приоритетным. И в данной ситуации помощь государства могла бы способствовать достижению позитивного результата и для инвестора, и, самое главное, для отрасли. В Украине необходимо создать благоприятные условия для защиты инвестиций и равноправной конкуренции для производителей.

Несмотря на медлительность государства, за последние годы ситуация в национальной судостроительной отрасли постепенно начинает меняться к лучшему. Это обусловлено ситуацией на мировом рынке и созданием благоприятных условий для проведения приватизационных процессов и для зарубежных инвесторов тоже.

Благодаря инвестициям у судостроительных предприятий появляется возможность развития и модернизации. В целом, состояние украинского судостроения благоприятное для привлечения инвестиций, а динамика рынка сбыта такова, что на сегодняшний день он является ненасыщенным, хотя основные судоверфи находятся на этапе оживления и являются конкурентоспособными на мировом рынке судостроения.

Список литературы

1. *Кошкин К.В., Возный А.М., Шамрай А.Н.* Управление портфелями проектов конкурентоспособного судостроительного предприятия //Управління проектами та розвиток виробництва: Зб. наук. пр. – Луганськ, 2008. – № 2 (26). – С. 138-142.
2. *Кошкин К.В., Возный А.М., Шамрай А.Н.* Эффективные стратегии и сценарии развития судостроительной отрасли// Управління проектами: стан та перспективи: Матер. V Міжнар. наук.-практ. конф. – Миколаїв: НУК, 2009. – С. 13-14.

УДК 004.553: 681.5.03

ФОРМИРОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ПРОЕКТОВ

Коваленко И.И., Павленко А.Ю.
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев, Украина

Методика экспертного оценивания включает четыре основных этапа: сбор предложений по решению научных проблем и формирование исходных списков по различным направлениям; формирование экспертных комиссий по различным направлениям; формирование критериев оценки проектов; а также оценивание проектов по выбранным критериям и их ранжирование для последующего обсуждения и принятия окончательного решения.

Применительно к рассматриваемой задаче структура системы критериев представляет собой двухуровневое иерархическое дерево, на верхнем уровне которого находятся классы однотипных критериев $S = \{S_1, \ldots, S_n\}$, отвечающих различным подцелям оценивания. Нижний уровень дерева определяет непосредственно сами критерии $K = \{K_1, \ldots, K_{15}\}$, по которым эксперты оценивают проекты. К каждому критерию прилагаются альтернативы $A = \{A_1, \ldots, A_n\}$, которым соответствует численная оценка.

Критериально-целевая система оценивания формируется рабочей группой.

Большинство критериев экспертных оценок можно объединить в следующие пять классов:

- класс критериев S_1 включает в себя общие критерии оценки запроса;
- класс S_2 составляют количественные показатели научного наследия авторов проекта;
- класс S_3 – это ожидаемые количественные показатели результатов выполнения проекта;
- класс S_4 описывает организационно-технические показатели выполнения проекта;
- класс S_5 – охрана и использование инновационных результатов.

Оценивание научно-исследовательских проектов происходит на основании следующих критериев:

- K_1 - Актуальность, научная обоснованность и перспективность проекта, связь с приоритетными направлениями развития науки и техники в Украине;
- K_2 - Научная новизна проекта, оригинальность и значимость идей, концепций, предлагаемых;
- K_3 - Оценка теорий, методов, методик, концепций и подходов, предлагаемых к использованию в проекте;
- K_4 - Соответствие ожидаемых научных результатов мировому уровню;
- K_5 - Наличие и уровень предыдущих публикаций коллектива исполнителей работы (за 3 года);
- K_6 - Наличие подготовленных и защищенных диссертаций (за 3 года);
- K_7 - Ожидаемое количество и уровень публикаций коллектива исполнителей работы;
- K_8 - Ожидаемое использование результатов работы в учебном процессе (касается только вузов);
- K_9 - Подготовка научных кадров;
- K_{10} - Участие студентов, аспирантов, молодых ученых до 35 лет (с оплатой в пределах запроса) (касается только вузов);
- K_{11} - Наличие материально-технической базы организации-исполнителя для выполнения проекта;
- K_{12} - Наличие у организации-исполнителя современного электронного доступа к мировым информационным ресурсам;
- K_{13} - Наличие документов, подтверждающих необходимость проведения исследования;
- K_{14} - Ожидаемая прикладная значимость результатов, которые будут получены;
- K_{15} - Охрана и использование результатов, перспективы продвижения на рынок.

Для получения полной оценки проекта экспертами необходимо оценить каждый критерий.

Иерархическая структура критериев экспертной оценки фундаментальных научно-технических проектов представлена на рисунке 1.

Иерархическую структуру критериев разделено на две части – это цель задачи и иерархия критериев. Экспертное оценивание фундаментальных исследований происходит по четырем базовым классам критериев. Класс S_1 включает в себя следующие критерии K_1, K_2, K_3, K_4, класс S_2 – K_5, K_6; S_3 содержит критерии K_7, K_8, K_9, K_{10}, а S_4 – K_{11} и K_{12}.

Иерархическая структура критериев экспертной оценки прикладных научно-технических проектов изображена на рисунке 2.

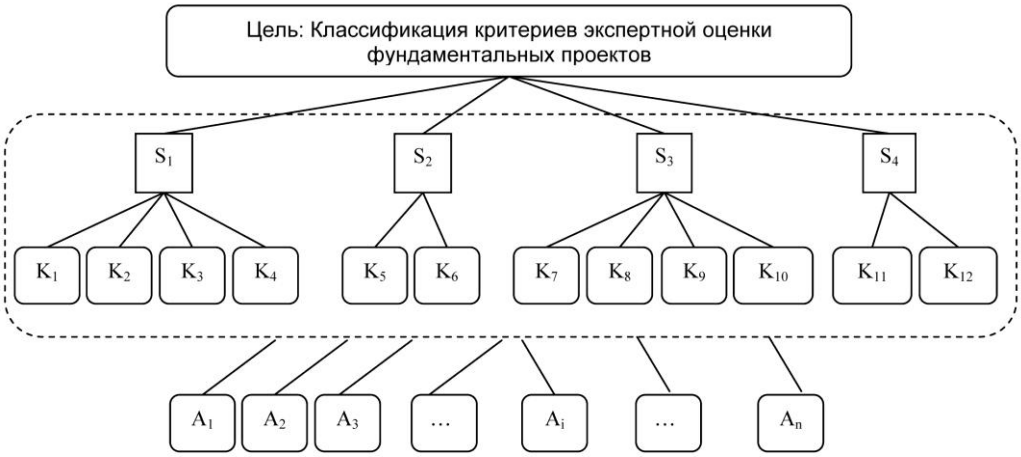


Рисунок 1 – Иерархическая структура критериев экспертной оценки фундаментальных проектов

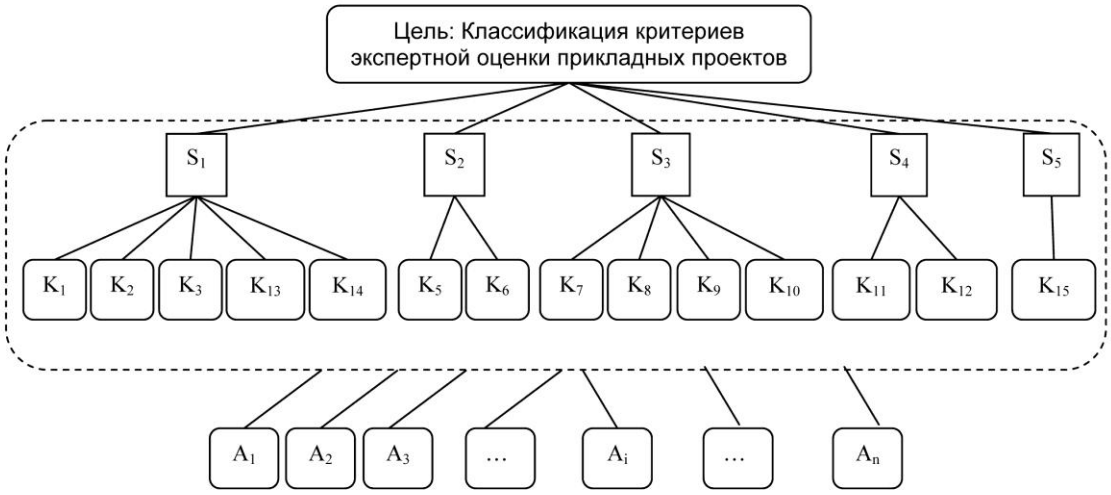


Рисунок 2 – Иерархическая структура критериев экспертной оценки прикладных проектов

Оценивание прикладных проектов экспертом происходит по пяти классам критериев. Класс S_1 включает в себя критерии K_1, K_2, K_3 также как и при оценивании фундаментальных проектов, а также критерии K_{13}, K_{14}; S_5 содержит критерий K_{15}. Классы S_2, S_3 и S_4 аналогичны классам критериев для оценивания фундаментальных исследований.

Вывод. Выполнен анализ процесса формирования критериев оценки фундаментальных и прикладных научно-исследовательских проектов, а также проведено сравнение по классам критериев. Критериально-целевая система оценивания научно-технических проектов облегчает работу эксперта и повышает надежность и обоснованность получаемых оценок.

Список литературы:

1. **Ерошкин, С.Ю.** Анализ подходов к оценке экспертной информации при прогнозировании инновационных решений / С.Ю. Ерошкин, В.В. Поляков // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН, 2005. - №3 с..150-169.
2. **Коваленко, И.И.** Методы экспертного оценивания сценариев : [учебное пособие] / И.И. Коваленко, А.В. Швед. – Николаев : Изд-во ЧГУ им. Петра Могилы, 2012. – 156 с.
3. **Литвак, Б.Г.** Экспертная информация: Методы получения и анализа. – М.: Радио и связь, 1982. – 184 с.

УДК 005.8

КОНСОЛІДАЦІЯ КЛЮЧОВИХ РИЗИКІВ І СТЕЙКХОЛДЕРІВ ПРОЕКТУ ЗІ СТВОРЕННЯ ПЛАЗМОХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Бурунсуз К.С.,
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Вступ. Важливим кроком в процесі управління ризиками проектів зі створення плазмохімічних елементів для екологічно чистих енергетичних систем є вивчення ризиків з точки зору зацікавлених сторін, і, отже, класифікація ризиків у відповідності їх відношенню до стейкхолдерів. Більшість традиційних методів оцінки ризиків не можуть обробити складність ризиків міжнародного проекту створення плазмохімічних елементів [2, 3], тому альтернативні підходи стають обов'язковими для допомоги у розробці надійної моделі оцінки ризику.

Основний текст. Одними із головних ризиків, які постають перед менеджерами проектів зі створення плазмохімічних елементів для екологічно чистих енергетичних систем, є ризики, пов’язані із зацікавленими особами проекту – стейкхолдерами. Стейкхолдер – це особа чи організація, які активно залучені до проекту, або на чиї інтереси можуть позитивно чи негативно впливати результати проектів [5].

Розглянемо основних стейкхолдерів проектів зі створення плазмохімічних елементів та ризики, пов’язані з ними.

1. Ризики, пов’язані з замовниками. Зміни замовників можуть безпосередньо призвести до змін у плануванні, проектуванні та виробництві плазмохімічних елементів. Замовники повинні визначити ефективність/якість запропонованих проектів для конкретних енергетичних об’єктів на основі раціонального дослідження власних та ринкових потреб. Вони повинні створити необхідні команди, щоб отримати схвалення від державних органів та ефективно підготувати проектні документи.

2. Ризики, пов'язані з проектантами та конструкторами: неякісне проектування, низький рівень виконавчої дисципліни тощо. Щоб уникнути неякісного проектування команді проекту потрібно не тільки розуміти запроси замовників, але і розробити ефективні моделі комунікацій, контролю.

3. Ризики, пов'язані з підрядниками та субпідрядниками: низький рівень виконавчої дисципліни, застаріле обладнання та організаційні моделі тощо. Для зниження негативного впливу ризиків, пов'язаних з підрядниками та субпідрядниками, процеси та критерії їх призначення повинні бути ефективно опрацьовані на етапі проектування проекту.

4. Ризики, пов'язані з державними органами. Для залучення інвестицій у державних установах потрібно завжди докладати великі зусилля з техніко-економічного обґрунтування переваг інноваційних плазмохімічних систем перед традиційними, доведення спроможності до виконання великих міжнародних проектів.

5. Ризики, пов'язані із ціновими проблемами (постачальниками). Ціна матеріалів і комплектуючих постійно змінюється відповідно інфляції і співвідношенню між попитом і пропозицією на ринку. Цього ризику зазвичай не вдається уникнути, тому підрядник повинен уникати використання контрактів з фіксованою ціною.

Відмітимо, що для більшості міжнародних проектів зі створення плазмохімічних систем різні учасники самі несуть відповідальність і контроль над різними фазами життєвого циклу проекту.

Проаналізувавши основних стейкхолдерів проектів зі створення плазмохімічних елементів та ризики, пов’язані з ними, можна надати наступні рекомендації:

1) замовники повинні знати яку плазмохімічну систему їм необхідно обрати для поліпшення характеристик енергетичного устаткування та чітко визначити це на стадії ініціації;

2) проектувальники плазмохімічних елементів і підрядники повинні надати всю необхідну інформацію замовникам для розробки відповідного графіку проекту, сформувати розумні очікування щодо ефективності та характеристик систем, що розробляються, підготувати їх до фінансових коливань, таких як зростання цін на матеріали, та отримати документи, затверджені державними установами;

3) конструкторам необхідно провести поглиблене дослідження потреб замовників в ситуаціях обмеження ресурсів і працювати спільно, щоб мінімізувати вірогідні зміни конструктивних схем плазмохімічних елементів і їх вартості;

4) шукати підтримки в державних органах з метою підтримки розвитку проекту, намагатися скоротити час узгодження.

Висновки. 1. Виявлення можливих ризиків на кожному етапі і прийняття відповідних заходів має суттєве значення для успішної реалізації проекту. 2. Розглянуто основних стейкхолдерів проектів зі створення плазмохімічних елементів та ризики, пов’язані з ними. При цьому вирішальне значення для успіху мають мінімальні ризики всіх учасників проекту в контексті всього життєвого циклу.

Список літератури

1. Руководство к Своду знаний по управлению проектами. Четвертое издание (Руководство PMBOK®) Американский национальный стандарт ANSI/PMI 99-001-2008 [Текст] / Project Management Institute. – 209 с.

2. **Matveev, I.** Theoretical Investigation of the Physical and Chemical Processes in a Liquid Fuel Plasma Assisted Reformer [Text] / I. Matveev, S. Serbin, K. Serbina // 4-nd Int. Workshop and Exhibition on Plasma Assisted Combustion. – Falls Church, Virginia, USA, 2008. – Pp. 64-67.

3. **Serbin, S.I.** Plasma-Assisted Reforming of Natural Gas for GTL – Part 1 [Text] / S.I. Serbin, I.B. Matveev, N.A. Goncharova // IEEE Transactions on Plasma Science, Special Issue on Plasma Assisted Technologies. – Vol. 42. – №. 12. – 2014. – Pp. 3896-3900.

4. **Zou, X.W.** Identifying Key Risks in Construction Projects: Life Cycle and Stakeholder Perspectives [Text] / X.W. Zou, G. Zhang J.-Y. Wang // Pacific Rim Real Estate Society Conference. – 2006.

УДК 004.942

МЕХАНИЗМЫ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ С НЕЧЕТКО ВЫРАЖЕННЫМИ СОСТОЯНИЯМИ

А.Ю. Гайда[1], Т.А. Фарионова[1], О.В. Дрозд[2], М.В. Ворона[3],
[1]Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев; [2]Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова Херсонский филиал, г. Херсон; [3]Национальный технический университет Украины «КПИ», г. Киев

Динамические системы с нечетко выраженными состояниями – это системы, в которых в силу воздействие внутренних или внешних факторов информация о состоянии систем является нечетко выраженной. К таким системам относятся организационные системы, в которых информация о состоянии объекта управления оказывается размытой из-за субъективности оценок состояния [1] (например, системы управления производством, системы управления проектами); человеко-машинные комплексы, в которых за время принятия решения оператором состояние системы отклоняется от состояния, на основе которого оператор формирует управленческое решение [2]; системы управления технологическими процессами, в которых неопределенность состояния возникает, в том числе, вследствие неточности датчиков и шумов в линиях передачи [2].

Нечеткая выраженность состояния подобных систем, возникающая вследствие размытости значений отдельных параметров системы, приводит к неоптимальному управлению такими системами, что нежелательно, а в отдельных случаях и недопустимо.

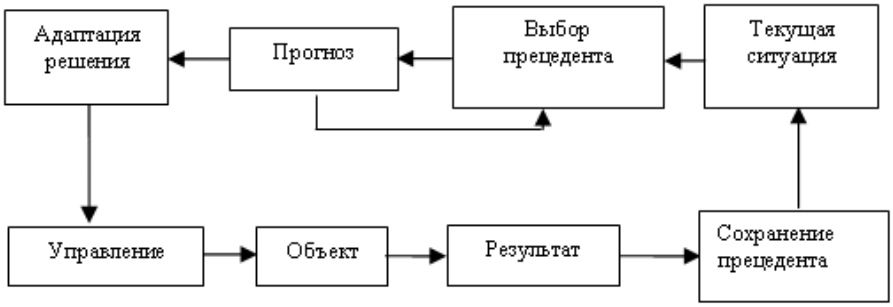


Рис. 1. Механизм адаптивного управления по прецедентам

Для обеспечения должной эффективности управления сложными динамическими системами применяют специальные механизмы адаптивного управления, основанные на прецедентах, – модель такой системы представлена на рис. 1 [3]. К сожалению, нечеткая выраженность состояния систем не позволяет однозначно выбрать прецеденты, обеспечивающие требуемую эффективность управления.

Целью исследования является разработка механизмов эффективного управления динамическими системами с нечетко выраженными состояниями.

Для достижения поставленной цели авторами сделано предположение о достижимости эффективного управления для динамических систем с нечетко выраженными состояниями. Исходя из этого предположения, каждое ранее принятое управленческое решение на момент времени t следует рассматривать как эффективное, а состояние системы X_t – как четко выраженное. В таком случае вся

ошибка, приводящая к неэффективному управлению, формируется за промежуток времени между предыдущим и текущим циклом управления.

Так как состояние системы задается значениями атрибутов, между состоянием X_t и значениями атрибутов $x_{t,i}$ существует однозначная связь $X_t = \{x_{t,1}, x_{t,2}, ..., x_{t,n}\}$. Таким образом, состояние системы к моменту *t*+1 будет $X_{t+1} = \{x_{t+1,1}, x_{t+1,2}, ..., x_{t+1,n}\}$, а изменение состояния системы – $dX_t = X_{t+1} - X_t$. Изменение значения каждого из атрибутов можно выразить либо через разность их значений в текущий и предыдущий моменты времени $dx_{t+1,i} = x_{t+1,i} - x_{t,i}$, либо через изменение состояния системы в целом $dx_{t+1,i} = f(i, X_{t+1}, X_t)$, где *f* – функция вычисления отклонений значений атрибутов через состояния системы.

Предполагая наличие взаимозависимых атрибутов, что характерно для сложных систем, а также независимую природу формирования ошибки по каждому из них, значения отдельных атрибутов могут быть скорректированы на основе значений других атрибутов и корреляций между ними. Для систем с независимыми значениями атрибутов их состав должен быть расширен. При этом, со значительной долей вероятности, ошибки значений отдельных атрибутов будут взаимно компенсированы, что позволит более точно определить состояние системы и выбрать управляющее воздействие, соответствующее такому уточненному состоянию. Предложенное решение основывается на возможности корректировки значений атрибутов на основе избыточной информации о состоянии системы. При этом механизм управления динамической системой с нечетко выраженными состояниями будет иметь вид, представленный на рис. 2.

Поиск корреляций и корректировка значений атрибутов также могут быть осуществлены средствами искусственных нейронных сетей (ИНС) [4], что позволит получить унифицированное решение, в котором размерность сети будет задаваться по числу атрибутов системы, все остальные операции по выявлению корреляций и уточнению атрибутов могут быть возложены непосредственно на сеть. Разработанная авторами ИНС корректировки значений атрибутов динамической системы с нечетко выраженными состояниями показала на тестовых данных приемлемые результаты по устранению неопределенности значений атрибутов.

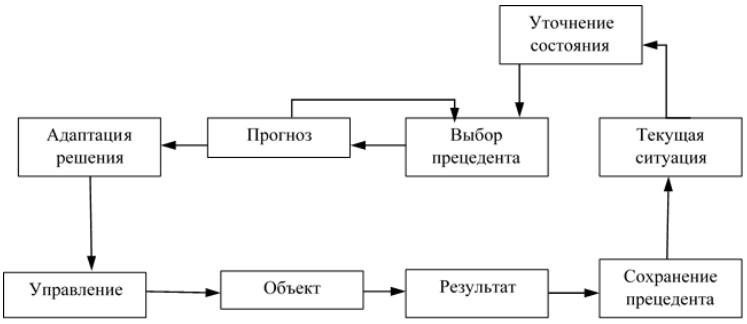


Рис. 2. Механизм адаптивного управления по прецедентам с корректировкой состояния системы

Выводы

1. Предложенные механизмы управления динамическими системами с нечетко выраженными состояниями позволяют повысить эффективность управления путем корректировки значений атрибутов для уменьшения неопределенности состояния системы.

2. Корректировка значений атрибутов систем с нечетко выраженными состояниями и их состояния в целом может осуществляться средствами ИНС.

Список литературы

1. *Бурков, В. Н.* Введение в теорию управления организационными системами / В. Н. Бурков, Н. А. Коргин, Д. А. Новиков / Под ред. чл.-корр. РАН Д. А. Новикова. – М. : Либроком, 2009. – 264 с.
2. *Багрецов, С. А.* Квалиметрия групповой деятельности операторов сложных систем управления / С. А. Багрецов, А. В. Бондаренко, Б. В. Обносов. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 384 с.
3. *Карпов, Л. Е.* Адаптивное управление по прецедентам, основанное на классификации состояний управляемых объектов / Л. Е. Карпов, В. Н. Юдин // Труды Института Системного Программирования РАН. – М. : – 2007. – Т. 13. – Ч. 2. – С. 37-57.
4. *Гайда, А. Ю.* Artificial neural network approach of decision making in urban water supply systems reconstruction projects / А. Ю. Гайда, Т. Г. Григорян, В. К. Кошкин, Ю. Н. Харитонов // Научный вестник информационных технологий : Сб. научн. тр. – Кировоград : НИЦ информационных технологий. – № 1(9). – 2015. – С. 163-170.

УДК 005.08:61

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ СТЕЙКХОЛДЕРІВ ЛІКУВАЛЬНИХ ПРОЕКТІВ

О.В. Гайдаєнко, Г.С. Морозова,
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв

Розвиток ринкових відносин в бюджетній сфері, посилення конкуренції, зміна державного регулювання сфери охорони здоров'я та інших соціальних галузей економіки, мають значний вплив на умови роботи бюджетних організацій. На сьогоднішній день позиція лікувально-профілактичних організацій залежить вже не тільки від надання ними послуг, але й від сприйняття їх діяльності споживачами, ЗМІ, представниками державної і муніципальної влади, працівниками, страховими компаніями, благодійниками, постачальниками та ін. З кожним роком потреба комунікації з цими групами усвідомлюється як все більш важлива управлінська завдання [1]. Тому представляється перспективним використання бюджетними організаціями теорії стейкхолдерів (англ.stakeholder concept, stakeholder theory) – одного з теоретичних напрямків у менеджменті, яке пояснює стратегію розвитку фірми з точки зору врахування інтересів так званих стейкхолдерів (зацікавлених сторін).

Основне визначення нового поняття дав Н. Е Фріман в1984 році «Стейкхолдер – це група (індивід), яка може вплинути на досягнення організацією своїх цілей або на роботу організації в цілому» [2].

Протягом останніх 20 років інтерес керівників до питання впливу на зацікавлені групи посилюється, створюються інструменти виміру репутації, методики для вивчення впливу зацікавлених груп на компанію, способи управління відносинами з ними [3, 4].

У вітчизняній економічній науці з кінця 90-х років у зв'язку з процесами трансформації економіки та об'єктивною необхідністю становлення нової системи взаємодії питання управління відносинами зі стейкхолдерами, засновані на принципах корпоративного менеджменту, розглядалися такими вченими, як, Р. Б. Клейнер, Р. В. Гутман, Е. Л. Кантор, А. Т. Зуб, Н.А. Саломатін, М. Ю. Шерышева та ін.

Всебічне вивчення праць вітчизняних учених показало, що практично всі вони зосереджені на формуванні загальних підходів по відношенню до комерційних, корпоративних структур. Теоретичне та методологічне забезпечення процесів розвитку бюджетних і некомерційних організацій на основі «теорії стейкхолдерів» в даний час знаходиться на стадії формування.

Для того, щоб визначити значущість (інтерес Int) і ступінь впливу (Eff) різних стейкхолдерів на діяльність організації скористаємося ранговою діаграмою учасників корпоративних відносин [5, с. 16]. (рис. 1)

Для побудови рангової діаграми скористаємось середньозваженими експертними оцінками за формулою

$$\mathrm{Im}\, p_{St_n} = \mathrm{Eff} \times \alpha + \mathrm{Int} \times \beta, \quad (1)$$

приймемо, що сумарна вага критеріїв (Eff, Int) становить 100%, у тому числі: – коефіцієнт α – 60 %; – коефіцієнт β – 40 %.

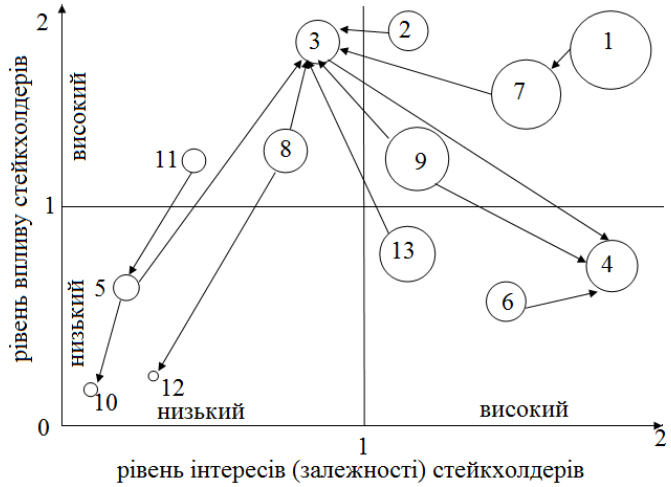


Рис. 1. Матриця «вплив/інтерес»

1 – держава, 2 – органи правління , 3 – співробітники, 4 – споживачі, 5 – профспілки, 6 – партнери, 7 – постачальники, 8 – благодійники, 9 – страхові компанії, 10 – населення, 11 – ЗМІ, 12 – громадськість, 13 – конкуренти

Значення індексів лежать в інтервалі від 0 до 2, значущими є індекси більше 1. Матриця розбита на 4 квадранти. Радіус кола дорівнює числовому значенню розрахованим за формулою 1.

Виконавши аналіз матриці стає зрозумілим що найбільш пріоритетні учасники взаємодії знаходяться у правому верхньому квадранті, найменш пріоритетні — в лівому нижньому. Для успішності лікувального проекту стейкхолдерам, які знаходяться в верхньому лівому квадранті треба приділяти найбільше увагу.

Список літератури

1. *Пэк, Т. Н.* Влияние стейкхолдеров на развитие бюджетной образовательной организации // Экономика и современный менеджмент: теория и практика: сб. ст. по матер. XX междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск : СибАК, 2012.
2. *Freeman, R. E., McVea, J. A*. Stakeholder. Approach to Strategic Management // Blackwell Handbook of Strategic Management. Oxford : Blackwell, 2001.
3. *Donaldson, T., Preston, L.* The Stakeholder. Theory of the Corporation: Concepts, Evidence, and Implications // Academy of Management Review. 1995. – Vol. 20. – № 1. – P. 65-91.
4. *Friedman, A., Miles, S*. Stakeholders: Theory and Practice. Oxford : Oxford University Press, 2006.
5. *Тихонова, В.В*. Совершенствование управления корпоративным взаимодействием групп стейкхолдеров открытого акционерного общества, автореферат диссертации к.э.н., СПб., 2011.

УДК 004.05

РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ ПРИЛОЖЕНИЙ

К.В. Кошкин, Е.О. Кнырик,
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, Николаев

Архитектуру программного обеспечения можно определить как совокупность всех важных проектных решений по поводу структуры приложения и взаимодействий между модулями, которые составляют эту структуру. Проектные решения обеспечивают желаемый набор свойств, которые должно поддерживать приложение. Проектные решения предоставляют концептуальную основу для разработки системы, ее поддержки и обслуживания [1].

В [2] сформулированы принципы, которые позволяют определить, отвечает ли архитектура и дизайн системы следующим основополагающим принципам.

Эффективность. Программное приложение должно выполнять свои функции и обладать такими характеристиками: надежность, безопасность, производительность, масштабируемость и др.

Гибкость. Изменение одного фрагмента системы не должно влиять на ее другие фрагменты. Последствия архитектурных ошибок должны быть ограничены.

Расширяемость. На начальном этапе в систему закладывается основной функционал, но архитектура должна позволять легко наращивать дополнительный функционал по мере необходимости.

Масштабируемость процесса разработки. Архитектура должна позволять распараллелить процесс разработки так, чтобы члены команды могли работать над программой одновременно.

Тестируемость. При разработке архитектуры необходимо предусмотреть возможность, чтобы любой модуль системы можно было протестировать отдельно от всех остальных.

Возможность повторного использования. Систему нужно проектировать так, чтобы ее фрагменты можно было повторно использовать в других системах.

Хорошо структурированный, читаемый и понятный код. Сопровождаемость. Проект должен быть хорошо структурирован, не содержать дублирования, иметь хорошо оформленный код и документацию, архитектура должна давать возможность относительно легко и быстро разобраться в системе новым людям.

В случае, когда при построении архитектуры приложения решены перечисленные задачи, то программа представляет собой конструктор, состоящий из набора модулей/подпрограмм, взаимодействующих друг с другом по определенным правилам, что позволяет контролировать ее сложность, а также дает возможность получить все те преимущества, которые обычно соотносятся с понятием хорошая архитектура.

Список литературы

1. *James McGovern, et al*. A Practical Guide to Enterprise Architecture. – Prentice Hall. – 2004. – 306 p.
2. *Мартин, Роберт С.* Быстрая разработка программ. Принципы, примеры, практика / Роберт С. Мартин, Джеймс В. Ньюкирк, Роберт С. Косс. – Вильямс, 2004. – 752 с.

УДК 005.8:378.14

ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ СТЕЙКХОЛДЕРАМИ ПРОЕКТІВ ПІДГОТОВКИ ІНЖЕНЕРНИХ ФАХІВЦІВ ДЛЯ ГАЛУЗІ СУДНОБУДУВАННЯ

Гарбуз С.К.

Протягом останніх п'яти років, діяльність НУК направлена на відкриття нових спеціальностей, удосконалення структури, форм навчання, розвиток нових навчальних підрозділів до яких входить Батумський консультаційний пункт (м. Батумі, Грузія), де з 2012 року за програмою спільної підготовки з Батумським навчальним університетом навігації розпочалась підготовка бакалаврів за фахом "Суднові енергетичні установки", напрям «Суднобудування та океанотехніка».

Успішність таких проектів залежить від менеджменту та діяльності учасників проекту. Для досягнення якості використовується велика кількість різних методологій. Як правило, всі вони використовують «жорсткі» або «м'які» технології управління.

«Жорсткі» технології засновані на численних або кількісних методах обліку ресурсів, контролю термінів, вартості та якості, не беручи до уваги людський фактор.

Однак, з розвитком поведінкових наук в управлінні проектами в 60-х роках минулого століття, людська сторона впливу на проект вийшла на новий рівень - розвиток отримали «м'які» технології, які полягають в розробці методів розкриття потенціалу працівників в інтересах компанії [1].

Між цими технологіями є боротьба за превалюючe положення щодо практичного застосування в управлінні проектами.

Сьогодні перевага віддається «жорстким» технологіями, так як вони дозволяють планувати і прогнозувати розвиток проекту в кількісних характеристиках. Проте, коли втручається "людський фактор" всі ці результати є марними.

«М'які» технології дають змогу уникнути ряду проблем та покликані забезпечити мотивацію для забезпечення якості. Наприклад, «м'які» технології допомогають уникнути використання робочих ресурсів в особистих цілях і недбалості працівників [1].

Стандарт ISO 21500 демонструє, що професійне проектне управління відходить від «жорстких» інструментів планування та переважного акценту на оптимізацію фінансового прибутку, а все більше уваги приділяє створенню нових знань (в стандарті 21500 додано процес «збереження пройдених уроків») та управлінні співробітництвом (процеси «управління ресурсами» та «управління стейкхолдерами») [2].

Найбільш значущими факторами успіху для розвитку організації стають такі «м'які компоненти» проектного управління, як організаційні цінності, довіра, соціальна відповідальність, культура взаємодії та ін.

Параметром, для характеристики будь-якого процесу є ***метрика***. Метрика – це кількісний масштаб і метод, який може використовуватися для виміру [ISO 14598] [3]. Якщо узагальнити, то метрики допомагають:

- дати оцінку стану певних характеристик на проекті;
- знайти можливі причини проблем;
- прийняти рішення (якщо необхідно) щодо виправлення ситуації;
- оцінити прогрес / регресс після корекції;
- покращити певні характеристики на проекті.

Дослідивши діяльність за проектом створення Батумського навчально-консультаційного пункту НУК за період 2012 - 2016 н.р. було відновлено хронологію подій та побудовано метричний портрет зацікавлених сторін проекту.

Успіх проекту досить сильно залежить від того, чи вдалось команді проекту сформувати активний ментальний простір.

Однією з важливих задач керівника проекту є формування «Ба» - элемент проекту в P2M (Project's Ba), єдиний ментальний простір проекту. Особливо це актуально для проектів, учасники яких є носіями різних культур, що характерно для стейкхолдерів міжнародного консультаційного пункту в м.Батумі.

Ментальний простір створюється учасниками проекту, які залучаються до нього за різними аспектами і об'єднуються для виконання місії проекту, спілкуючись один з одним через комунікаційні канали проекту [4].

Перспективним направленням дослідження є застосування вказаних технологій в управлінні зацікавленими сторонами проектів підготовки інженерних фахівців.

Список використаних джерел:

1.**Тесля, Ю. Н.,** Применение теории несилового взаимодействия в проактивном управлении качеством проекта [Текст] / Ю. Н. Тесля, В .В. Концевич //Зб. наук. праць «Управління розвитком складних систем» – Київ : Нац. ун-т буд-ва і архіт, 2013. — №13. — С.58 - 62.

2. **Молоканова, В. М**., Інтераційна модель життєвого циклу портфеля проектів розвитку організації [Текст] / В. М. Молоканова // Зб. наук. праць «Управління розвитком складних систем» – Київ : Нац. ун-т буд-ва і архіт, 2013. — №14. — С.52 -61.

3. Powered by WordPress and Origin. Thinking about high quality testing – Текст. дані. – [Електронний ресурс]: – Режим доступу: http://bugscatcher.net/archives/3560 - 21.08.16р. – Назва з екрана.

4. Сравнение стандартов P2M и PMBoK 4-й редакции. Часть 2 (C) 2002-2016 PMProfy [Електронний ресурс]: – Режим доступу: http://www.pmprofy.ru/content/rus/168/1682-article.asp - 19.08.16р. – Назва з екрана.

УДК 005.8:504.064

ЦЕННОСТНЫЙ ПОДХОД В ПРОЕКТАХ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В СОСТАВЕ МОРСКИХ КЛАСТЕРОВ

Т.Г. Григорян, О.Ю. Савина,
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, Николаев

Судостроительная отрасль интегрируя в своей продукции результаты деятельности множества различных отраслей национальной экономики, влияет на показатели научно-технического развития и промышленного потенциала Южного региона и страны в целом. Рыночная экономика, рост конкуренции, давление кризисных явлений оказывают существенное влияние на судостроение. С 2009 года в Украине действует Стратегия развития судостроения на период до 2020 года, в которой определены следующие ключевые направления реализации: реформирование судостроительной отрасли путем образования государственных хозяйственных научно-производственных объединений с привлечением научно-исследовательских и опытно-конструкторских учреждений и организаций; развитие научно-технического и производственного потенциала, проведение комплексной модернизации и технического переоснащения предприятий отрасли, обеспечение эффективного использования кадрового потенциала отрасли и привлечения высококвалифицированных специалистов [1]. Реализация программы будет вестись на основе методологии программного и проектного управления, надежно зарекомендовавшей себя как эффективный инструмент развития и совершенствования интегральных научно-промышленных комплексов, каким является судостроительная промышленность.

В последние годы на фоне процессов глобализации внедряются региональные кластерные системы, которые объединяют судостроительные и морские транспортные предприятия с органами местной власти, научными, конструкторскими и образовательными заведениями региона, и, таким образом, обеспечивают их взаимодействие и способствуют реализации преобразований морехозяйственного комплекса, заложенных в Морской доктрине Украины до 2035 года и Стратегии развития морских портов Украины на период до 2015 года [2]. Образование таких структур через проекты и программы ведет к возникновению большого числа заинтересованных сторон с различными взглядами на ценности и продукты, как средство реализации ценностей. Реализация проектов и программ сегодня должна проходить с непрерывным анализом и учетом создаваемых при этом ценностей [3]. Решение этой проблемы является чрезвычайно актуальным и требует подхода, который учитывает многообразие ценностей и преобразовывает их в систему целей, которые ведут к созданию новой ценности, обогащенной уникальностью, отличительными чертами, инновациями, удовлетворяющую всех участников создаваемого проекта. Ценность проекта может быть создана в момент достижения этих целей.

Одним из подходов, направленных на анализ и создание ценности является предложенный в работах [4, 5] качественный и количественный анализ ценности, позволяющий выполнить их структурирование и определить связи со структурой продукта проекта и, таким образом, сформировать систему целей проекта или программы. При этом качественный анализ ценностей является основополагающим и позволяет определить структуру ценности проекта. Рассмотрим структуру базовых ценностей инновационного судостроительного проекта в системе морских кластеров, представленную на рис 1.

К стратегическим ценностям относятся, установление и поддержание доли рынка, узнаваемости бренда, развитие предприятия, удовлетворение потребителей, развитие интеллектуальной собственности и т. д. Инновационные - включают в себя формирование корпоративной культуры, разработку и внедрение организационно-технической системы и совершенствование бизнес-процессов управления инновациями, инновационную стратегию, создание и развитие системы мотивации персонала, организацию программного управления развитием компании. Экономическим ценностям соответствуют: потребительская и меновая стоимость, стоимость проекта для заказчика и потребителя, дополнительные затраты, полезность, ресурсы. Социальным – обеспечение рабочими местами, рост занятости населения, снижение социальной напряженности, повышение технической культуры. Этическим – нормы, поощрения, требования строгой

конфиденциальности, готовность выявлять нарушения, поддержание профессиональной репутации и т. д. Теоретические – основываются на рациональном мышлении, поиске истины и используют формальные методы: идеализация, формализация, аксиоматический метод, гипотетико-дедуктивный метод, метод мысленного эксперимента и т. д. Региональные ценности связаны с особенностями и потребностями региона. Политические – отражают политическую зрелость и опыт общества. Кластерные базируются на конкурентоспособности предприятий, создании условий для внедрения научных исследований, роста занятости населения, снижения социальной напряженности в обществе. Подобный подход позволяет на основе анализа, и в процессе взаимодействия с заинтересованными сторонами, определить ценности проекта и, уже на этапе инициации, увязать их со структурой продукта проекта, что является залогом реализации ценности при выполнении проекта, а также позволяет повысить результативность управления в процессе выполнения проекта.

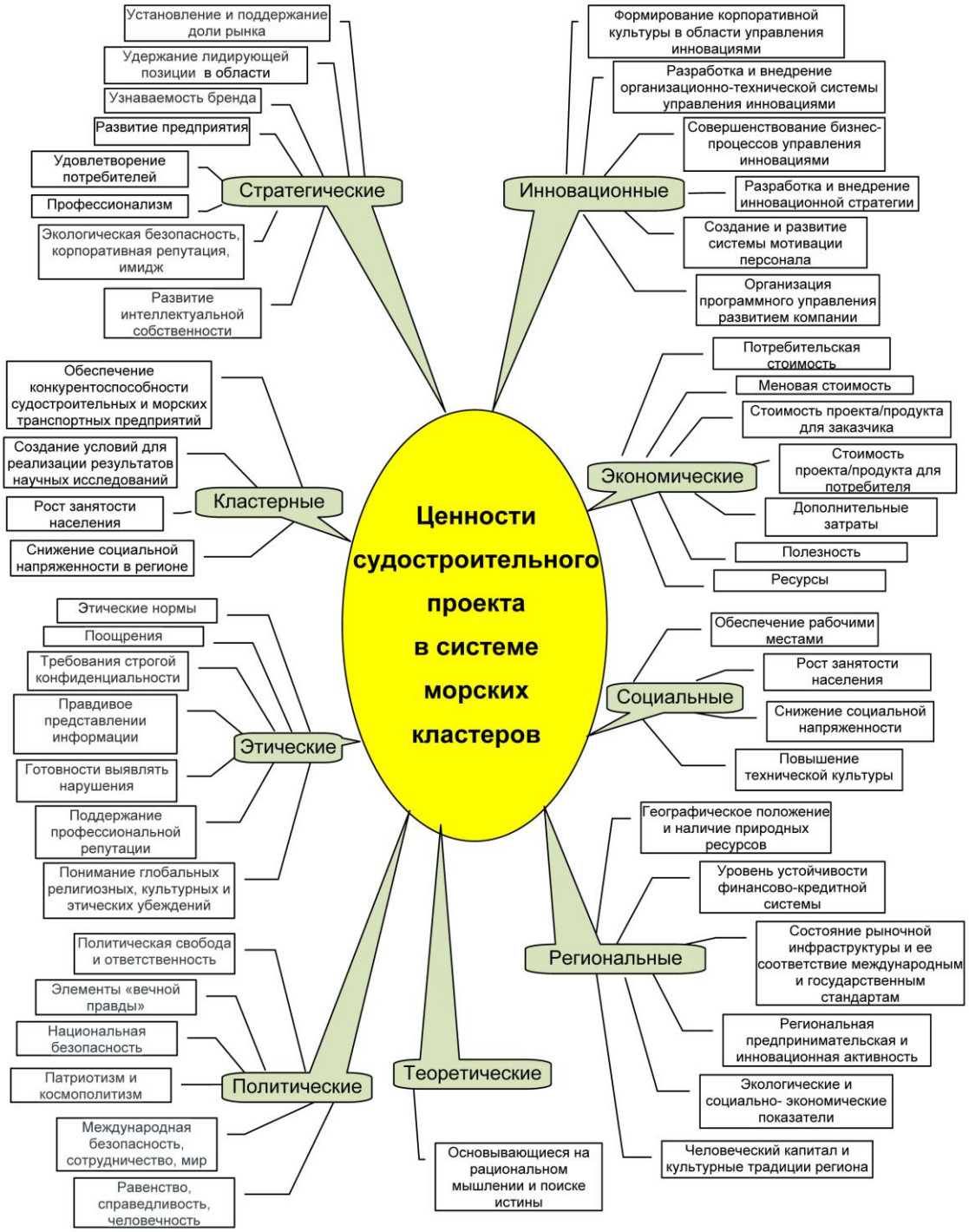


Рис. 1. Структура базовых ценностей инновационного судостроительного проекта

К стратегическим ценностям относятся, установление и поддержание доли рынка, узнаваемости бренда, развитие предприятия, удовлетворение потребителей, развитие интеллектуальной собственности и т. д. Инновационные – включают в себя формирование корпоративной культуры, разработку и внедрение организационно-технической системы и совершенствование бизнес-процессов управления инновациями, инновационную стратегию, создание и развитие системы мотивации персонала, организацию программного управления развитием компании. Экономическим ценностям соответствуют: потребительская и меновая стоимость, стоимость проекта для заказчика и потребителя, дополнительные затраты, полезность, ресурсы. Социальным – обеспечение рабочими местами, рост занятости населения, снижение социальной напряженности, повышение технической культуры. Этическим – нормы, поощрения, требования строгой конфиденциальности, готовность выявлять нарушения, поддержание профессиональной репутации и т. д. Теоретические – основываются на рациональном мышлении, поиске истины и используют формальные методы: идеализация, формализация, аксиоматический метод, гипотетико-дедуктивный метод, метод мысленного эксперимента и т. д. Региональные ценности связаны с особенностями и потребностями региона. Политические – отражают политическую зрелость и опыт общества. Кластерные базируются на конкурентоспособности предприятий, создании условий для внедрения научных исследований, роста занятости населения, снижения социальной напряженности в обществе. Подобный подход позволяет на основе анализа, и в процессе взаимодействия с заинтересованными сторонами, определить ценности проекта и, уже на этапе инициации, увязать их со структурой продукта проекта, что является залогом реализации ценности при выполнении проекта, а также позволяет повысить результативность управления в процессе выполнения проекта.

Вывод: Управление инновационными проектами развития судостроительных предприятий в составе морских кластеров требует использования ценностных ориентиров заинтересованных сторон при определении стратегии реализации программ и проектов, поскольку это дает возможность обеспечить высокую результативность сложных проектов, к которым относятся любые инновационные проекты в области судостроения и реализовать уникальные конкурентные свойства создаваемых систем.

Список литературы

1. Стратегія розвитку суднобудування на період до 2020 року // [Електронний ресурс] – Режим доступу до сайту: http://zakon.rada.gov.ua/go/581-2009-%D1%80.
2. *Козырь, Б.Ю., Фатеев, Н. В.* Повышение конкурентноспособности Николаевского региона на платформе кластерных систем // Экономист. – 2010. – № 7. – С. 23-25.
3. *Kerzner, H.* Value-driven Project Management / H. Kerzner, F. Saladis // Wiley&Sons, 2009.
4. *Григорян. Т.Г.* Модели и информационные технологии выявления ценности в IT-проектах // Восточно-европейский журнал передовых технологий. Вып. 2/(46). – Харьков, 2015. – С.80-84.
5. *Grigorian, T.G.* Decision Making in the Course of Minimum Viable Product Optimal Structure Choice // Управління розвитком складних систем. Вип. 26. –

УДК 004.9

ОРГАНИЗАЦИЯ УДАЛЕННОГО ОБСЛУЖИВАНИИ КЛИЕНТОВ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В.К. Партас, Я.А. Мелешко, Д.В. Удовицкий,
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев

Основой деятельности любого предприятия является не только привлечение новых клиентов, но также и удержание существующих. Обычно заинтересованность клиента поддерживается определенными льготами по оплате услуг [1]. Однако немаловажным является повышение качества услуг и продукции, а также предложение новых видов сервиса. Такая задача решается на многочисленных предприятиях, ориентированных на предоставление услуг и поставке материалов, таких как плиты на основе древесной стружки, стекло, листовой и профильный металл. Обладая современными производственными средствами, предприятия обеспечивают качественное выполнение технологических операций: порезка листовых материалов на станках с числовым программным управлением, изготовление деталей произвольной формы, сверловка, фрезеровка, облицовка кромок. Клиентами являются множество малых предприятий и индивидуальных предпринимателей, специализирующихся на изготовлении различных металлоконструкций, мебели и т.п.

Существенные затраты производительного рабочего времени клиента и большое количество менеджеров, оформляющих заказ – характерные черты традиционной организационной схемы

обслуживания, в основу которой лежит обязательное присутствие клиента для подтверждения и оплаты заказа. В данной работе предлагается концепция трехзвенной информационной системы (ИС) удаленного обслуживания клиентов, способной сократить трудовые ресурсы и снизить себестоимость предоставляемых услуг.

Первое звено ИС, построенное по схеме клиент-сервер, предназначено для приема заказа и может быть реализовано в виде web-приложения, предусматривающее ввод данных и сохранение заказа в базе данных (БД). Второе звено ориентировано на обработку заказа: расчет карт раскроя, определение стоимости материалов и работ. Реализация этого звена возможна на основе облачных технологий для обеспечения достаточного количества ресурсов при выполнении расчетов модулем автоматизированного раскроя [2, 3]. Третье звено представляется в виде взаимодействия системы управления производством и облачной БД для оптимизации и планирования производственного процесса (рис. 1).

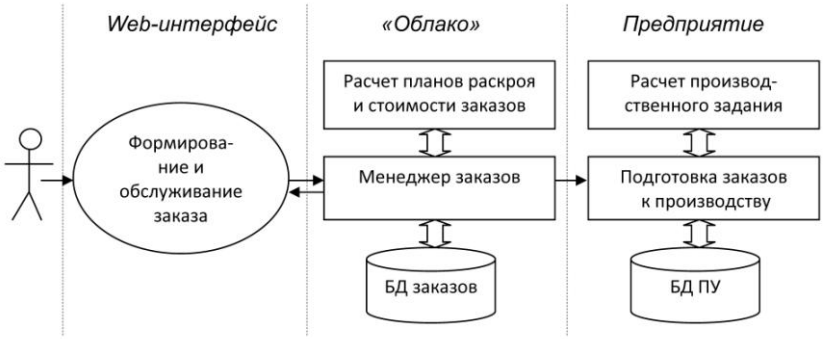


Рис. 1. Структура информационной системы удаленного обслуживания клиентов

Управление заказами осуществляет менеджер, который отслеживает появление заказа, вызывает программу расчета планов раскроя и стоимости для информирования клиента и ожидания оплаты за выполнение заказа. В связи со случайным и неравномерным поступлением заказов взаимодействие сторон первого и второго звеньев моделируется теорией массового обслуживания. Очевидно, что такая модель не может быть классифицирована как система массового обслуживания (СМО) с очередью в связи с взаимодействием сторон в режиме реального времени. Вместе с тем, отказывать в обслуживании заявки не входит в круг интересов предприятия. В этом случае необходимо построить модель многоканальной СМО с отказами, в которой роль канала обслуживания выполняет экземпляр приложения расчета стоимости заказа, а количество каналов:

$$K = f(A, P, R)$$

представляется функцией от текущей необходимой абсолютной пропускной способности СМО A, заданной вероятности отказа P и ограниченности ресурсов «облака» R. Вероятность отказа устанавливается на основе практической реализации web-интерфейса и готовности предприятия в оплате «облачных» услуг.

Подобная задача решается и на последующих этапах обслуживания заказов. Поток оплаченных заказов из БД направляется для окончательной подготовки к запуску в производство: просмотр и редактирование заказов технологами, назначение технологических процессов с определением перечня необходимого технологического оборудования. Узким местом является первая технологическая операция – порезка листовых или профильных заготовок. Однако в данном случае основным требованием является равномерная загрузка оборудования. В связи с этим, создание очереди заказов к каждому станку сводится к простой задаче линейного программирования с целевой функцией:

$$C = F(Q) \rightarrow \mathbf{min}$$

и ограничениями:

$$G = F(T_o, T_p, T_s, P_r)$$

,

где: Q – простой технологического оборудования;

T_o – время обработки заказа;

T_p – подготовительно-заключительное время при обработки заказа;

T_s – время работы оборудования в сутки;

P_r – приоритет заказа.

Результаты расчета передаются в БД производственного участка для запуска в производство.

Выводы:

Предложенная информационная система удаленного обслуживания клиентов позволит минимизировать как потери рабочего времени клиентов, так и расходы на содержание менеджеров на предприятии. Использование «облачных» технологий в построении системы является рациональным решением, направленным на экономию вычислительных ресурсов предприятия и, одновременно, создание удобного интерфейса для клиентов. Предложенный подход позволяет в дальнейшем расширять перечень услуг предприятия без существенных изменений структуры информационной системы.

Список литературы

1. Возвращение клиентов с помощью автоматизированной системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.crmonline.ru/phparticles/show_news_one.php?n_id=872
2. *Партас В.К., Кошман М.А.* Механизмы облачных вычислений в системах автоматизированного проектирования // Матеріали міжнар. наук.-техн. конф. «Комп'ютерні науки: освіта, наука, практика». – Миколаїв : НУК, 2012. – С. 116-119.
3. *Партас В.К., Удовицкий Д.В.* Интеграция программ раскроя с CAD-системами // Оборудование и инструмент для профессионалов. Сер. Металлообработка. – Х. : ЦентрИнформ, 2010. – № 3. – С. 76-80.
4. *Клейнрок, Л.* Теория массового обслуживания / Л. Клейрок; пер. с англ. И. И. Грушко; ред. В. И. Нейман. – М. : Машиностроение, 1979. – 432 с.

УДК 005.8

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ПЛАНУВАННЯ РОБІТ ПРОЕКТІВ ШЛЯХОМ ЙОГО АВТОМАТИЗАЦІЇ

В.І. Тимофєєв, Г.О. Шаманський,
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв

В даний час існує безліч проектно-орієнтованих підприємств з тривалою історією розвитку, що виконують проекти в одній предметній області. Ці проекти, як правило, дуже подібні. На багатьох фірмах при управлінні проектами використовуються спеціалізовані програмні продукти, які дозволяють накопичувати інформацію про всі виконані і виконувані проекти.

У більшості фірм, що займаються проектною діяльністю, ця інформація використовується не в повній мірі. У той же час, перед фірмами стоїть завдання складання календарних планів нових проектів з повним їх забезпеченням ресурсами, в тому числі трудовими. Якість цієї роботи суттєво визначає успіх проекту і часто базується на досвіді менеджера проекту. Ця робота досить трудомістка і при недостатньому досвіді менеджера може вплинути на результат проекту негативно.

Одним із шляхів підвищення ефективності цієї роботи є автоматизація складання план-графіків робіт нових проектів з урахуванням результатів попередніх проектів і поточної завантаженості фірм

Складання календарного плану робіт проекту передбачає визначення логічної послідовності робіт, що мають певну часову протяжність. Ці роботи повинні бути прив'язані до календарних дат і забезпечені необхідними ресурсами, в тому числі трудовими, тобто співробітниками, які будуть виконувати дані роботи. При цьому кваліфікація виконавця впливає на протяжність і якість робіт та на фінансовий ресурс, так як більш кваліфікований співробітник вимагає більш високої оплати праці. Для багатопроектних фірм необхідно також узгоджене задіяння одних і тих же виконавців і інших ресурсів в різних проектах.

Логічна послідовність робіт нового проекту може бути визначена в першому наближенні, виходячи з його подібності до раніше виконаних проектів з наступним уточненням.

Ресурси для цих робіт можна розподіляти автоматично, ґрунтуючись на даних про виконання минулих та поточних проектів. Для цього розроблено програмний засіб, який імпортує ці дані з спеціалізованих програмних продуктів для управління проектами, формує в першому наближенні перелік робіт і розподіл ресурсів та експортує отриманий календарний план до спеціалізованих програмних продуктів. Розподіл може здійснюватися за різними стратегіями: забезпечення мінімального часу виконання проекту, забезпечення мінімальної вартості проекту або максимізації комплексного показника ефективності проекту.

Висновок. Розроблений програмний засіб дозволить оперативно отримати перший варіант календарного плану робіт нового проекту, який потім можна буде корегувати за необхідністю. Це підвищить ефективність процесу планування робіт проектів.

УДК 004.55

ПРОБЛЕМА ОПТИМАЛЬНОГО ВЫБОРА АРХИТЕКТУРЫ КОРПОРАТИВНЫХ WEB-ПРИЛОЖЕНИЙ

Е.Ю. Беркунский; Т.Г. Смикодуб,
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, Николаев

Проектирование архитектуры корпоративного web-приложения – один из важнейших этапов его жизненного цикла. Эффективность работы создаваемого приложения напрямую зависит от организации взаимодействия его компонентов. Данная проблема решается путем построения корпоративного web-приложения с использованием монолитной архитектуры либо архитектуры микросервисов.

В классической архитектуре корпоративные приложения часто состоят из трех основных частей: пользовательский интерфейс (состоящий как правило из статических страниц HTML и динамического кода, исполняемого на стороне клиента, написанного, в основном на JavaScript), база данных (как правило реляционная, со множеством таблиц) и сервер. Серверная часть обрабатывает HTTP запросы, выполняет доменную логику, запрашивает и обновляет данные в БД, заполняет HTML страницы, которые затем отправляются браузеру клиента. При этом любое изменение в системе приводит к пересборке и развертыванию новой версии серверной части приложения.

Монолитный сервер — довольно очевидный способ построения подобных систем. Вся логика обработки запросов выполняется в единственном процессе, при этом возможно использование возможностей используемого языка программирования для разделения приложения на классы, функции и пространства имен. При этом есть возможность запускать и тестировать приложение на машине разработчика с использованием стандартного процесса развертывания для проверки изменений перед выкладыванием их в реальное использование. Разработчик имеет возможность масштабировать монолитное приложение горизонтально путем запуска нескольких физических серверов за сервером-балансировщиком нагрузки, в качестве которого может выступать, например, сервер NGINX [1].

Монолитные приложения могут быть успешными, но с ростом потребностей заказчиков, растет и сложность поддержки приложения на этапе эксплуатации, особенно в свете того, что все больше приложений развертываются в облаке. Любые изменения, даже самые небольшие, требуют пересборки и развертывания всего монолита. С течением времени, становится труднее сохранять хорошую модульную структуру, изменения в логике одного модуля часто влияют на код других модулей. Масштабировать приходится все приложение целиком, даже если это требуется только для одного модуля этого приложения, что приводит к экспоненциальному росту потребностей приложения в серверных ресурсах (память, частота процессора и т.п.).

Архитектура микросервисов предполагает, что приложение разрабатывается как набор небольших сервисов, каждый из которых работает в собственном процессе и взаимодействует с остальными, используя легковесные механизмы, как правило HTTP. Эти сервисы построены вокруг бизнес-потребностей и развертываются независимо с использованием полностью автоматизированной среды. Существует абсолютный минимум централизованного управления этими сервисами. Сами по себе эти сервисы могут быть написаны на разных языках и использовать разные технологии хранения данных.

Архитектура микросервисов использует библиотеки, но при этом основной способ разбиения приложения — путем деления его на сервисы. Обычно библиотеки – это компоненты, которые подключаются к программе и вызываются ею в том же процессе, в то время как сервисы — это компоненты, выполняемые в отдельном процессе и взаимодействующие между собой через веб-запросы или механизм Remote Procedure Call (RPC), что реализуемо на основе стандарта Java EE с использованием одного из серверов приложений WildFly, GlassFish [2] bkb .

Главная причина использования сервисов вместо библиотек — это независимое развертывание. При разработке приложения, состоящего из нескольких библиотек, работающих в одном процессе, любое изменение в этих библиотеках приводит к необходимости повторного развертывания всего приложения. А если приложение разбито на несколько сервисов, то изменения, затрагивающие какой-либо из них, потребуют повторного развертывания только изменившегося сервиса. Безусловно, определенные изменения будут затрагивать интерфейсы, что, в свою очередь, потребует некоторой координации между разными сервисами, но цель хорошей архитектуры микросервисов — минимизировать необходимость в такой координации путем установки правильных границ между микросервисами на основе распределения задач между ними.

С другой стороны, использование сервисов подобным образом имеет свои недостатки. Удаленные вызовы работают медленнее, чем вызовы в рамках процесса, поэтому API должен быть менее детализированным, что часто приводит к неудобству в использовании. При возникновении необходимости изменения набора ответственностей между компонентами, сделать это сложнее из-за того, что разработчику нужно пересекать границы процессов.

Таким образом, можно предложить такую методику проектирования корпоративного приложения: начинать с монолита, сохраняя его модульным и разбивать на микросервисы только тогда, когда монолит станет проблемой. Как было показано выше, это может случиться при увеличении количества сервисов, предоставляемых корпоративным web-приложением. В этом случае, потери производительности из-за взаимодействия между отдельными процессами микросервисов будут скомпенсированы возможностями масштабирования отдельных компонентов без необходимости масштабирования всего приложения.

Список литературы

1. *Айвалиотис, Д.* Администрирование сервера NGINX / Д. Айвалиотис. – М. : ДМК Пресс, 2013. – 288 с.
2. *Хеффельфингер,* Д. Java EE 7 и сервер приложений GlassFish 4 / Д. Хеффельфингер. – М. : ДМК Пресс, 2016. – 332 с.

УДК 005.8: 629.5

ЭЛЕКТРОННАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВ

В.Ф. Ажищев, А.В. Мандра, А.С. Морозова,
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев

Документация является одним из видов информационных ресурсов, необходимых для дальнейшей эксплуатации изделия. его технического обслуживания и ремонта. Обеспечение персонала необходимой и актуальной информацией является условием своевременного и правильного выполнения работ, связанных с изделием, что необходимо для обеспечения требуемого уровня готовности и сокращения затрат.

Использование информационных технологий позволяет не только преобразовать документацию в электронный вид, но и обеспечить ее изменения на этапах разработки и сопровождения, При этом следует иметь в виду, что объем информации растет с увеличением сложности изделия, появлением различных вариантов использования и новых модификаций порождает изменения в документации и дополнения к ней. Кроме того, на стадии эксплуатации и технического обслуживания сложных изделий часто задействуются автоматизированные системы контроля и диагностики, данные которых должны использоваться совместно с информацией, содержащейся в документации.

Для решения этих и других задач разработан ряд технологий и методик, которые положены в основу информационных систем класса PLM (Product Lifecycle Management) или в нашей аббревиатуре ИПИ (Информационная Поддержка Изделия). В настоящее время многие широко трактуют данный класс систем в виду его развития и совершенствования. Согласно современному определению PLM (ИПИ) – это организационно-техническая система, обеспечивающая управление всей информацией об изделии и связанных с ним процессах на протяжении всего жизненного цикла, начиная с проектирования и производства и заканчивая эксплуатацией и утилизацией. Здесь речь идет о стратегии, для реализации которой потребуется использовать не одну, а несколько систем в рамках интегрированного решения (PLM / PDM / TDM / Workflow) [1].

Рассмотрим концепцию проектируемой системы управления информационными ресурсами на этапе эксплуатации судна, которая позволит повысить эффективность и качество обслуживания изделия. Функционал инструментария системы создается по модульному принципу, который позволяет осуществить структуризацию информационных процессов в логически законченные блоки с дальнейшим развитием. Определим базовый состав модулей системы:

- Построение эксплуатационной модели судна.
- Ведение электронного архива документации.
- Логистическая поддержка.
- Интерактивные руководства.

Современное судно представляет собой сложную инженерно-техническую систему, состоящую из взаимосвязанных объектов по реализации задач морского транспорта. Эксплуатация конструктивно сложных сооружений предъявляет специфические требования к информационным ресурсам. Документация должна быть адекватной, доступной, мобильной и системной. Реализация поставленных целей возможна путем структуризации документации к конструктивным объектам судна, состав и взаимосвязи которых определяются эксплуатационной моделью. На основе исследований [2] данную модель можно представить иерархической структурной схемой конструктивных объектов судна с их логическими связями.

Основными элементами модели являются – корпус, отсеки, палубы, помещения, надстройки, ярусы, системы, оборудование и т.д. В составе модуля производится разработка структурной схемы с кодированием ее элементов и логических связей с документацией и руководствами.

Одной из важных функций в системе реализована в модуле по ведению электронного архива технической документации. Его можно формировать как во время разработки, так и путем образования комплектов из уже существующих документов. Формирование документов должна строится с привязкой к объектам эксплуатационной модели по логическим связям, что обеспечит системность в управлении информационными ресурсами. Одной из ключевых функций в системе документооборота является внесение изменений с сохранением значений всех вносимых литер корректировок в хронологической последовательности.

Модуль логистической поддержки осуществляет создание электронных каталогов предметов снабжения, оборудования и ЗИПа, необходимых при эксплуатации и ремонте судна. В модуле наряду с инструментом в поддержки плановых регламентных работ, создан механизм сбора информации о внеплановых заказах предметах снабжения. Данная информация накапливается в системе и подвергается статистическому анализу с использованием математических методов, что позволяет решать прогнозные задачи логистики и оптимизации ресурсов.

Модуль интерактивного руководства – это структурированный комплекс взаимосвязанных технических данных, призванный предоставить в интерактивном режиме справочную и описательную информацию об эксплуатационных и ремонтных процедурах, связанных с конкретным изделием. Самые сложные руководства дают возможность прямого взаимодействия с модулями диагностики изделий, а также организации автоматизированного заказа запасных частей и материалов.

Это руководство включает в себя базу данных, в которой хранится вся информация об изделии, и электронную систему отображения, предназначенную для визуализации данных и обеспечения интерактивного взаимодействия с пользователем. Информация в нем может быть представлена в виде текста, графических изображений, 3D-моделей, анимационных, аудио- и видеороликов, наглядно показывающих отдельные операции по обслуживанию или ремонту изделия. Информационное наполнение документов осуществляется главным образом на стадиях разработки и производства изделия, а его применение соответствует стадиям эксплуатации.

Обзор программных систем ИПИ широко представлен в интернет-ресурсе по информационным технологиям. Опыт внедрения ИПИ-технологий представлен в материалах [3].

Список литературы

1. *Красковский, Д.* Обзор состояния рынка систем PLM / PDM / TDM / Workflow // САПР и графика, 2004. – № 11. – С. 14-20.
2. *Галкина, О.* Электронная информационная модель изделий судостроения на различных стадиях жизненного цикла / О. Галкина, А. Рындин, Л. Рябенький, А.Тучков, И. Фертман // САПР и графика, 2004. – № 5. – С. 43-45.
3. *Рындин, А.* Ступени внедрения ИПИ-технологий / А. Рындин, Л. Рябенький, А. Тучков, И. Фертман // Судостроение, 2005. – № 4. – С. 60-63.

УДК 005.8

МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ЛИНЕЙНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СТРУКТУР В УПРАВЛЕНИИ ПРОЕКТАМИ РЕСТРУКТУРИЗАЦИИ НАУКОЕМКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Е.С. Пугаченко,
Національный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев

В настоящее время реструктуризация – одно из существенных направлений деятельности практически любой компании, нацеленной на успешный бизнес, а также эффективный рыночный инструмент повышения ее конкурентоспособности. Целью проектов реструктуризации является улучшение производственно-экономических показателей предприятий за счет преобразования систем организации и управления [1]. Однако в условиях высокой динамичности развития производства проведение «натурных» экспериментов по совершенствованию научно-производственной структуры и структуры управления является достаточно затруднительным.

В этой связи предлагается методика моделирования организационных структур без вмешательства в производственные циклы.

Сложные линейно-функциональные структуры (СЛФС) (рис.1) характеризуются большим числом рабочих, подразделений, менеджеров высшего звена, а также большим числом уровней иерархии и формализуется следующим образом:

СЛФС = <n, k, m, $l_в$, $l_г$, $l_{вн}$>,

n – число работников (≥1000 чел.);

k – число уровней иерархии (k≥3);

m – число менеджеров высшего звена (m ≥10);

$l_в$ – вертикальные связи (директивное управление);

$l_г$ – горизонтальные связи (взаимодействие подразделений);

$l_{вн}$ – внешние связи (взаимодействие с внешней средой)

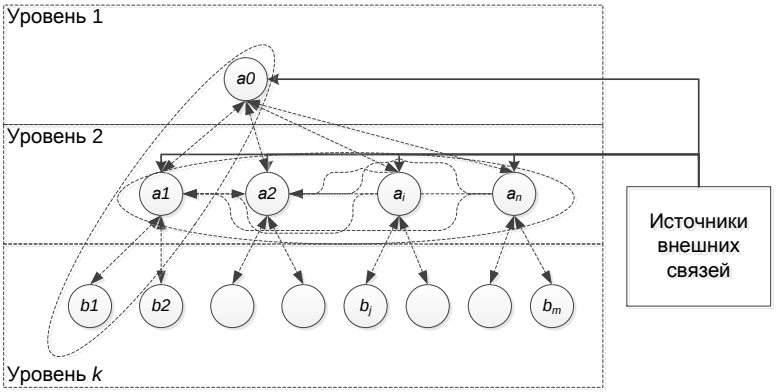


Рис. 1. Сложные линейно-функциональные структуры

Для решения ряда задач моделирования СЛФС используется математический аппарат теории графодинамических систем [2], основой которого являются три вида графодинамических операций: унарные, бинарные, r-арные, которые позволяют посредством их воздействия на исходный граф получать временную последовательность возможных изменений в иерархических структурах (рис.2).

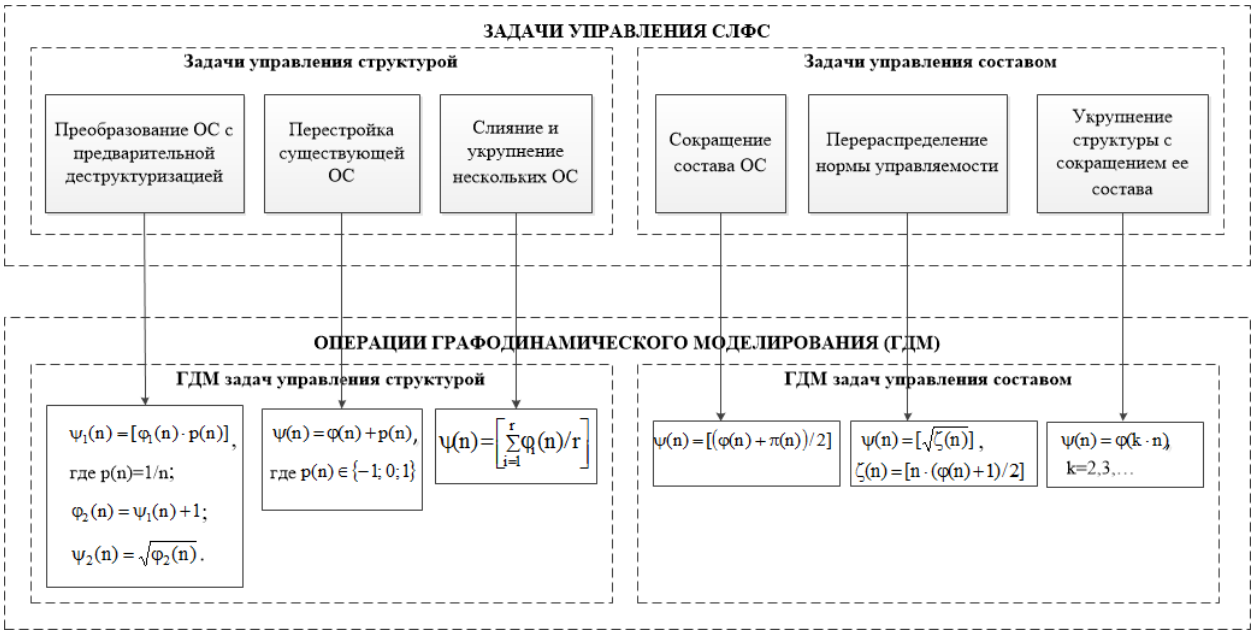


Рис. 2. Модели для решения ряда задач преобразования СЛФС

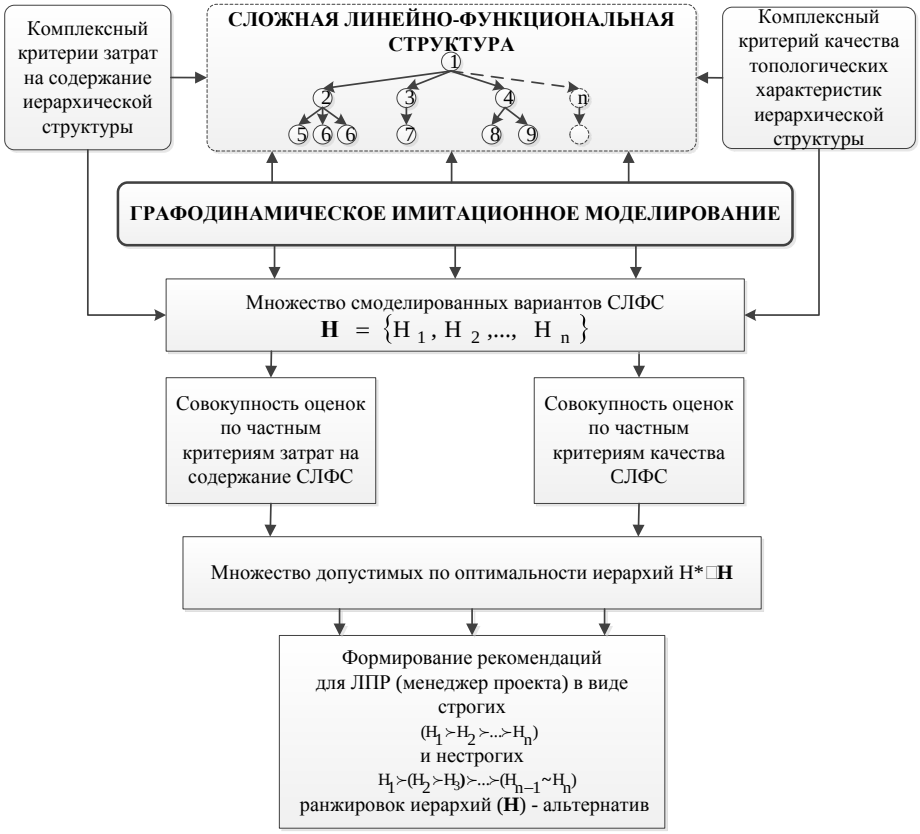


Рис. 3. Методика моделирования СЛФС и анализа допустимых по оптимальности иерархий

Предлагаемая методика позволяет проводить оперативный анализ с использованием комплексного критерия затрат на содержание организационной структуры и комплексного критерия качества топологических характеристик структуры, проводить моделирование СЛФС в управлении проектами реструктуризации предприятий без вмешательства в налаженные производственные процессы. Для оценки критерия затрат на содержание используется такой показатель как норма управляемости структуры. Для оценки комплексного критерия качества топологических характеристик используются такие показатели как сбалансированность, компактность, управляемость, устойчивость, которые формализуются с использованием теории графов [3, 4].

Результатом практического применения методики является моделирование действующей структуры предприятия. Преобразованная структура является допустимой по оптимальности, характеризуется оптимизацией показателя критерия затрат на содержание, изменением показателей критерия качества структуры.

Список литературы

1. *Королькова, Е. М.* Реструктуризация предприятий: учебное пособие / Е.М. Королькова. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та. – 2007. – 80 с.

2. *Айзерман, М. А.* Динамический подход к анализу структур, описываемых графами (основы графодинамики) / М. А. Айзерман, Л. А. Гусев, С. В. Петров, И. М. Смирнов // Автоматика и телемеханика. – М. : «Наука». – 1977. – № 7. – С. 135-151.

3. *Дилигенский, Н. В.* Комплексная оценка эффективности организационной структуры газораспределительной организации / Н.В. Дилигенский, В.И. Немченко, М.В. Посашков // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, Т. 14, № 4(5), 2012, С. 1445-1450.

4. *Дилигенский, Н. В.* Системный подход в совершенствовании организационной структуры газораспределительной организации / Н.В. Дилигенский, В.И. Немченко, М.В. Посашков // Вестник Самарского госуд. техн. ун-та. Серия «Технич. науки», 2013. – № 3(39). – С. 32-42.

СЕКЦІЯ №10
АКТУАЛЬНІ АСПЕКТИ ПІДНЕСЕННЯ ЕКОНОМІКИ МОРЯ В УКРАЇНІ

УДК 65.01:334.7.012.64

МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ПЛАНУВАННЯ РОЗВИТКУ МАЛИХ ТА СЕРЕДНІХ ПІДПРИЄМСТВ В РЕГІОНАХ

Парсяк В.Н.

Навіть тоді, коли менеджмент територіальної громади цілком усвідомлює важливість планування, його дії відносно вибору найбільш прийнятної логіки планових передбачень та організаційного впорядкування останніх можуть виявитись не ефективними. З нашого погляду це пояснюється тим, що зазвичай прийняття планових рішень обмежується розпорядженнями щодо певних заходів (їхньої сукупності), розподілених у часі. Такий підхід – свідчення вульгарних уявлень про функції планування. Їхня систематизація – на рис.3.4.

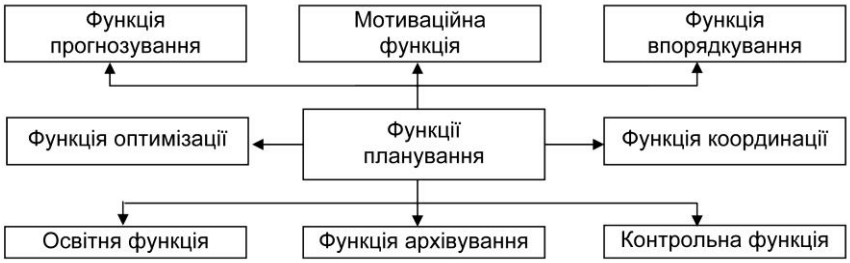


Рис. 1. Функції планування

Як бачимо, йдеться і про вибір найкращої з можливих альтернатив (функція оптимізації); і закріплення нормативних значень стану об'єкту управління, в порівнянні з якими відслідковують виконання роботи (функція контролю); і здобуття досвіду, який дозволятиме запобігти помилок у майбутньому (освітня функція); і документальне закріплення образу планового мислення та кроків щодо втілення наміченого у життя (функція архівування). Здійснення кожної з них та усіх разом можливе лише у тому випадку, коли менеджмент оперує спектром рішень, що складають в сукупності процес планування (рис 2). Розглянемо кожну з них уважніше:

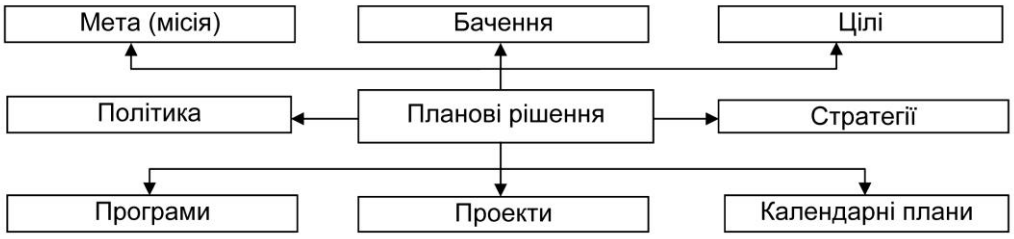


Рис. 2. Структура системи планових рішень менеджменту місцевих територіальних громад

1. Мета (місія) – суспільна категорія, яка визначає фундаментальну та виключну (у порівнянні з іншими територіальними громадами) роль, яку мають відігравати малі та середні підприємства у структурі економіки громади. Характерна особливість – не має обмежень у часі. Наприклад: «Миколаївська область – оазис підприємництва в Україні». Будь-яка діяльність, будь-кого, хто уособлює владу в регіоні має бути підпорядкована здійсненню визначеної мети.

2. Бачення – те, як громада і її очільники уявляють собі сферу діяльності малих та середніх підприємств..

3. Цілі – характеристика майбутнього стану об'єкту управління як бажаного для досягнення. Перш ніж починати справу, треба зрозуміти чого саме ми бажаємо досягти, заради чого потрібно докласти певні зусилля та витратити ресурси, які, зазвичай, обмежені. Цілі розглядають, по-перше, як критерій доцільності будь-яких акцій ще напередодні їх здійснення; по-друге, як стандарт ефективності менеджменту після впровадження розроблених заходів. Ціль уточнює мету і має певні часові та просторові виміри. Ціль як планове рішення, має відповідати наступним критеріям:

а) конкретність. Загальні формулювання не несуть в собі ознак керівної вимоги до дій і не можуть бути засобом контролю. Характерний приклад: «прискорення розвитку малих та середніх підприємств, перетворення їх на дієвий механізм розв'язання економічних та соціальних проблем, збільшення внеску МСП в економіку України, зміцнення економічної бази регіону, поліпшення бізнес-клімату, залучення інвестицій»;

б) кількісна інтерпретація За такої умови вона стає однаково зрозумілою і для менеджменту, і для об'єкту управління, відкриває перспективу використання формалізованих методів передбачення майбутнього (позиціонування, екстраполяції тощо);

в) реальність досягнення. Поставлена ціль сама по собі не гарантує високих результатів, бо її необхідно досягти, а це – самостійне завдання, вирішення якого залежить від того, наскільки виконавці розуміють її, згодні з нею, мотивовані і, нарешті, здатні втілити її в життя. Не факт, що регіональна програма може «суттєво покращити регуляторне середовище для ведення бізнесу» або «підвищити конкурентоспроможність продукції малих та середніх підприємств та розширити ринки її збуту»;

г) гнучкість. Зміна обставин може викликати потребу відкоригувати ціль, яка виглядала прийнятною під час формулювання цілі.

Природно, що досягнення тієї чи іншої цілі обумовлює необхідність вирішення низки планових задач, для чого потрібно докласти визначену сукупність узгоджених дій впродовж обмеженого періоду, з визначенням дедлайну по кожній плановій позиції; прив'язкою до певних координат у просторі (Миколаївщина, той чи інший район, місто, селище); персоніфікацію відповідальності і рангу, який ідентифікує місце задачі у загальній системі передбачених актів, з огляду на їхню пріоритетність: головні, другорядні, забезпечуючи (рис. 3).



Рис. 3. Взаємозв'язок мети, цілей та завдань

4. Політика – сукупність цінностей, нормативних вимог, критеріїв, обмежень, які утворюють «правила гри», однаково зрозумілі усім суб'єктам планового процесу. Наприклад: усі державні закупівлі на регіональному рівні відбуваються за визначеною прозорою процедурою з вільним доступом усіх бажаючих.

5. Стратегія – напрями та джерела засобів руху до поставленої мети. У будь-якому конкретному випадку має місце декілька альтернативних варіантів стратегій. Вибираючи найкращу, керуються наступними критеріями: відповідність стратегії цілям та політиці; можливість ефективного використання потенціалу регіону для забезпечення його конкурентних переваг; ефективність використання коштів, інвестованих у заходи з реалізації стратегії.

6. Календарні плани, які охоплюють водночас результат, що маємо отримати; напрямок дій, яким слід прямувати до визначеної цілі; етапи, на які поділений шлях; методи, що доцільно при цьому використовувати.

7. Програми. Їхні характерні ознаки – розбіжність між терміном виконання та календарними періодами (місяць, квартал, півріччя, рік). Наприклад: а) створення на відповідній території об'єктів підприємницької інфраструктури для надання певних послуг (включаючи адміністративні) ініціаторам заснування малих та середніх підприємств; б) освітньо-інформаційних заходів щодо підвищення компетенцій МСП в сфері запровадження електронної комерції.

8. Проект – різновид програми, особливість якого полягає у вирішенні певних задач поза існуючими організаційними структурами. Інакше кажучи, це плани, що не поновлюються, бо кожного разу ситуація, яка передує розробці проекту та його відповідний зміст є в той чи інший спосіб унікальними. Темами проектного планування можуть бути: створення електронної бази даних вільних виробничих або логістичних потужносте малих підприємств регіону, що оновлюється онлайн, та забезпечення вільного доступу до неї. Різновиди проектів:

експериментальні, коли завдання, яке потребує вирішення, є маловідомим;

пілотні – пов'язані з перевіркою результатів, одержаних впродовж експериментального дослідження. До них звертаються також за умов, коли проблема відносно добре визначена, але існують альтернативні варіанти її вирішення;

демонстраційні, за допомогою яких з'ясовують ефективність того чи іншого рішення актуальної проблеми.

Висновок: таким чином, планування, до якого вдаються державні органи та органи місцевого самоврядування, піклуючись про розвиток малих та середніх підприємств на підпорядкованих територіях, лише тоді зіграє позитивну роль, коли носитиме системний характер. В протилежному випадку, або той чи інший фрагмент бізнес-перспективи опиниться поза увагою менеджменту, або напрацьовані заходи не відповідатимуть реальним проблемам, які потребують негайного вирішення чи впровадження запобіжних дій.

Литература:

1. **Парсяк В. Н.** Малий бізнес в системі корпоративних відносин [Текст]. // В.Н.Парсяк. / Херсон: Олді Плюс. – 2003. – 456 с.

2. **Парсяк В. Н.** Планування господарської діяльності малих та середніх підприємств [Текст]. // В.Н. Парсяк, М.Б. Журавльова. / Київ: Інститут аграрної економіки. – 2003. – 192 с.

3. Комплексна програма розвитку малого і середнього підприємництва у Полтавській області на 2015-2017 рр. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.institutefl.org/Prohrama%202015-2017.pdf

4. Програма розвитку малого та середнього підприємництва у Дніпропетровській області на 2013-2014 рр. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://oblrada.dp.ua/decisions/36/980

5. **Бельтюков Е. А.** Планирование деятельности предприятия [Текст]. // Е.А. Бельтюков, А.А. Бревнов, В.Н. Парсяк / Харьков: Одиссей. – 2006. – 384 с.

УДК 005.8

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПРОЕКТЫ В МЕХАНИЗМАХ РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ МОРСКОГО ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

Запорожец И.М., Трушлякова А.Б.,
Национальный университет кораблебудування им. адм. Макарова

Транспортная стратегия Украины до 2020г. утверждена Постановлением КМУ 20.10.2010г. Транспортная стратегия охватывает железнодорожный, автомобильный, авиационный, морской и речной транспорт, а также городской пассажирский транспорт общего пользования. Она определяет концептуальные основы формирования и реализации государственной политики по обеспечению стабильного и эффективного функционирования транспортной отрасли. Ее реализация должна обеспечить создание условий для повышения конкурентоспособности национальной экономики [1].

В рамках реализации разделов транспортной стратегии, связанных с морским и речным транспортом, принят закон Украины «О морских портах» (2012г.). В качестве программы реализации этого закона разработана стратегия развития морских портов Украины [2]. На рассмотрении в Верховной Раде находится проект Закона Украины «О внутреннем водном транспорте».

С целью интеграции транспортной системы Украины Европейскую транспортную сеть с 2011г. реализуется программа ЕС-Украина «Поддержка внедрения Транспортной стратегии Украины». Основные цели программы:

1. Поддержка реализации институциональных реформ в транспортной отрасли Украины.
2. Содействие гармонизации Украины с Европейскими и международными правилами и стандартами в транспортной отрасли.
3. Содействие развитию транспортной инфраструктуры Украины.

Важной составной частью механизмов реализации транспортной стратегии являются образовательные проекты, направленные на повышение уровня кадрового потенциала в морском транспортном комплексе. Образовательные проекты тесно связаны с научно-исследовательскими разработками.

Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова (г. Николаев) имеет достаточный кадровый и научный потенциал для участия в консорциуме высших учебных заведений, который создан в рамках сотрудничества Украина-ЕС в транспортной сфере [3]. Формы сотрудничества с консорциумом разнообразные:

- разработка и реализация совместных магистерских программ;
- партнерские отношения по программе «Альянс знаний», которые включают эффективные модели распространения инноваций;
- издание совместных учебных пособий;

- программы обмена студентами при прохождении различных видов практик на предприятиях морской отрасли;

- участие преподавателей и научных сотрудников университета в конференциях, которые проводятся в научных центрах;

- внедрение эффективной подготовки и сертификации логистов, которые специализируются в морском транспорте, а также в организации интермодальных перевозок.

Заказчиком научно-исследовательских разработок в области морского транспорта являются организации Министерства инфраструктуры, а также негосударственные бизнес. Для таких работ целесообразно организовывать временные творческие коллективы. Примерами могут служить программы участия Украины в проекте Морского шелкового пути 21 века, программа развития Днепро-Бугского транспортного узла и др.

В заключении необходимо отметить, что научные и образовательные проекты являются базисом для успешной реализации Транспортной стратегии Украины. Планирование и реализация таких проектов и программ требуют интеграции ресурсов на национальном и международных уровнях.

Литература:

1. Про схвалення Транспортної стратегії України на період до 2020 року Транспортная стратегия Украины до 2020г. Розпорядження КМУ від 20 жовтня 2010 р. N 2174-р. Електронний ресурс: http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2174-2010-р

2. Про затвердження Стратегії розвитку морських портів України на період до 2038 року. Розпорядження КМУ від 11 липня 2013 р. N 548-р. Електронний ресурс: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/KR130548.html

3. Офіційна сторінка Національного університету кораблебудування ім.. адмірала Макарова: http://www.nuos.edu.ua/

УДК: 656

ПРОЕКТНО-ОРІЄНТОВАНЕ УПРАВЛІННЯ МОРСЬКИМИ НАЛИВНИМИ ТЕРМІНАЛАМИ

Поткін О.О., Трушлякова Ю.Є.

Відповідно Закону України "Про морські порти України", морський термінал – це виробничо-перевантажувальний комплекс, що здійснює діяльність, пов’язану з вантажно-розвантажувальними роботами, обслуговуванням суден і пасажирів [1]. Управління вантажно-розвантажувальними роботами виконують портові оператори (стивідорні компанії).

Морські наливні термінали (МНТ) забезпечують прийом, накопичення, зберігання, та перевантаження на танкери рідких вантажів. Рідкі вантажі діляться на три групи: нафта та нафтопродукти, олія рослинного походження, хімічні вантажі наливом.

В портах України функціонує одинадцять морських терміналів для перевантаження рослинної олії. Незважаючи на деяке зменшення обсягів експорту рослинних олій, зростає конкуренція на обслуговування їх експорту. Крім того зростає ступінь турбулентності зовнішнього середовища. Вказані тенденції потребують негайних заходів по удосконаленню механізмів управління терміналами на основі сучасних інформаційних технологій.

Існуюча модель управління морськими терміналами базується на виконанні взаємопов’язаних управлінських функцій, які в цілому складають *систему регулярного менеджменту*. Регулярне управління реалізує зв'язок цільової моделі діяльністю в рамках окремих функцій, процесів і операцій. Таке управління є суб’єктивним, так як в ньому основним елементом є особистісні риси керівника та других активно діючих суб’єктів управління. Функціональне управління розриває організаційний зв'язок між плануванням та реалізацією, так як вони відносяться до різних функцій і пов’язані тільки технологічно.

Управління проектом, залишаючи місце окремим аспектам управління окремими функціями, переміщає акцент на управління системами і структурами, що визначають поведінку складових елементів [2]. Управління проектом базується на принципіальному значенні зворотного зв’язку між суб’єктом і об’єктом управління, який є таким же вагомим як і прямий зв'язок. Проектне управління направлене на виявлення в системі існуючих іммanетних механізмів самоуправління, а також на їх ефективне використання в рамках поставлених перед проектом цілей.

Операційну систему МНТ можна представити в вигляді системи взаємопов'язаних *операційних проектів*. Кожний договір на обслуговування клієнтів включає обробку певного вантажу в певній кількості в установлені терміни. Необхідні ресурси для виконання робіт також установлюються договором.

Таким чином, пакет операційних проектів представляє собою виробничу програму термінала. Бюджети операційних проектів є основою для розробки системи бюджетів термінала: місячних, квартальних, річних, а також майстер-бюджета. Модель системи бюджетів дозволяє побудувати ефективні механізми бюджетного управління терміналом.

Проектно-орієнтований підхід до управління МНТ є основою розробки імітаційної моделі термінала. Інформаційну матрицю договорів термінала можна використати як фокусний елемент моделі. З використанням алгоритмів сортування даних матриці договорів формуються матричні моделі вхідного та вихідного потоків вантажів термінала. Ці моделі разом із моделлю стаціонарних накопичувачів вантажу є базою для розробки ефективних інструментів підтримки прийняття рішень в управлінні вантажопотоками наливного термінала.

Список використаної літератури:

1. Закон України "Про морські порти України", Відомості ВР України №7, 2013
2. **Мазур И.И., Шапиро В.Д.** Управление проектами [Текст]/ учебное пособие, М. : Издательство «Омега-Л», 2014. — 960 с.

УДК 334.764 : 168.2

МЕНЕДЖМЕНТ І СИСТЕМИ ТЕХНОЛОГІЙ

Трунін К. С.,
Національний університет кораблебудування

Зараз широко використовується і поняття "технологія менеджменту". Воно означає тимчасову і просторову організацію дій для здійснення цілеспрямованого і узгоджувального впливу на об'єкт управління [1]. Розглядалась також можливість розробки нового підходу розвитку менеджменту в МГК України.

Як відомо, завданнями технології є виявлення фізичних, хімічних, механічних, комерційних, соціальних, екологічних й інших закономірностей про природу перетворення оброблюваних середовищ із одного виду в іншій з метою визначення й використання в широкій практиці найбільш ефективних виробничих процесів. Відбиття їхніх тимчасових тенденцій дозволяє здійснювати прогнозування напрямків і темпів розвитку технологій і виробництва.

Як вважають деякі дослідники технологія – це свідомий вибір і побудова комбінації і послідовності дії для отримання необхідного ефекту, на що й спрямована технологія окремого циклу менеджменту.. Спеціально вибудувана комбінаційна послідовність операцій за критеріями ефективності та якості не тільки управлінського рішення, а й управлінської діяльності взагалі. На характеристики рішення, як комплексу реальних змін, які забезпечують узгодженість спільної діяльності, є безпосереднім результатом впливу.

При цьому технологія менеджменту не тотожна поняттю технології розробки управлінського рішення. Вони розрізняються загальним складом і статусом операцій. Крім операцій розробки управлінського рішення, технології включають також і операції спостереження, моніторингу, пошуку інформації та ін., Які безпосередньо не пов'язані з певним рішенням.

Вплив технології залежить від положення, що займає технологія в стратегії підприємства [2]:

- технологія займає провідне місце в стратегії підприємства: вона дозволяє генерувати нові вироби або нові послуги, перетворює організаційну структуру в систему постійних інновацій;
- технологія займає місце звичайного компонента розвитку підприємства, прискорюючи інновацію в процесах й у виробах;
- додавання технологічної змінної до вже наявним ("виріб" й "ринок") веде до більше тонкої сегментації ринку;
- поняття технологічної користі (используемости) стає таке ж значним, як і дослідження попиту з боку споживачів.

Технологічний менеджмент як метод керування технологічним потенціалом виробничої системи характерний для таких підприємств, для яких технологічні системи є не тільки використовуваними, але й створеними на підприємстві [2]. При цьому технологія є стратегічною рушійною силою на підприємстві. Розроблювачі технологій, створюючи їх, переслідують наступні цілі: підвищити конкурентноздатність своєї продукції; викликати попит на саму технологію, перетворивши її в товар. У другому випадку підприємство значну частину фінансових ресурсів, персоналу направляє на науково-дослідні розробки, намагаючись при

цьому підтримувати високий рівень товарообігу. Персонал таких підприємств має більше високий відсоток інженерного складу. Для таких підприємств характерним є технологічний менеджмент, тому що технологія на підприємстві є провідною рушійною силою.

Виникає питання: чи не означає поняття технології менеджменту технізацію, а може бути, і роботизацію його процесів, зниження ролі людського фактора в менеджменті? Це може привести до принципово нової організації менеджменту, своєрідного конвеєра управлінських рішень. І як оцінювати цю тенденцію?

Але технологія – це не обов'язково технізація діяльності. При неправильному розумінні сучасних тенденцій науково-технічного прогресу можливе перебільшення ролі техніки на шкоду людському чиннику. В цьому випадку зниження ефективності менеджменту повинно поліпшити фінансове становище і показати піднесення ролі людського фактора в умовах розвитку сучасних технологій менеджменту.

Поняття "технологія менеджменту" застосовується не тільки до окремого циклу процесу управління, а й до загального процесу управління, що включає безліч циклів, що йдуть одночасно і паралельно, і послідовно, що перетинаються в різних ланках системи управління і характеризують безліч рішень.

Як будь-яка складна система, системи технологій одержали необхідність створення поняття «технологічний менеджмент», як один з видів так називаного «галузевого менеджменту» (наприклад, фінансовий менеджмент, торгsвельний менеджмент, інвестиційний, інноваційний й ін. менеджменти), що у свою чергу ділиться на цілий ряд підгалузевих менеджментів [3].

Поняття технології відрізняється від поняття процесу менеджменту тим, що технологія формується свідомо, а процес відображає природний хід подій, незалежний від цілей і ситуацій, проблем і умов. У розумінні процесу менеджменту лише констатується факт існування мети і ситуації, проблеми та управлінського рішення. В технології менеджменту свідомо вибудовується послідовність дій, відповідних властивостей процесу менеджменту, але відображають специфіку мети, а також можливості оцінки ситуацій і вирішення проблем. Так, для виготовлення технічного пристрою спочатку необхідно його спроектувати, зробити креслення, заготовити необхідні деталі, потім зібрати виріб. Це закономірний процес виготовлення чого-небудь. Але технології реального процесу можуть бути різними. Можна по-різному обробляти деталі, вибирати різні для виготовлення матеріали, збірку проводити за різними схемами та ін. В управлінні типові проблеми вирішуються одним чином, неординарні – іншим. Для кожної існує своя технологія.

В процесі здійснення функцій управління використовуються різні технічні засоби. Сьогодні як головний технічний засіб використовуються ПК. До техніки управління належать також засоби збору, опрацювання та зберігання інформації. Технологія менеджменту включає: послідовність і процедури реалізації функції управління, систему і порядок документообігу на підприємстві, порядок використання визначеної сукупності технічних засобів для роботи з інформацією (збір, переробка, збереження, використання). Основні вимоги, що висуваються до технології менеджменту, можна звести до таких:

— формулювання проблем, розробка і вибір рішення мають бути сконцентровані на тому рівні ієрархії управління, де для цього є відповідна інформація;

— інформація має надходити від усіх підрозділів фірми, що перебувають на різних рівнях управління і виконують різні функції;

— вибір і прийняття рішень мають виражати інтереси і можливості тих рівнів управління, на яку буде покладено виконання рішення або які зацікавлені в його реалізації;

— суворе дотримання підпорядкованості у відносинах ієрархії управління, жорстка дисципліна, висока вимогливість.

Висновки. Поняття технологія управління тісно пов'язане з процесом алгоритмізації операцій і процедур у рамках тих або інших функцій керівної системи. Для підвищення ефективності технології управління велике значення мають аналіз, дослідження організаційних операцій, подання їх у графічній і текстовій формах, типізація і стандартизація, а звідси й проектування, поєднання однорідних операцій, переведення їх на машинне виконання з метою зниження трудомісткості процесу управління.

Перелік посилань на джерела:

1. **Трунин К.С.** Менеджмент систем технологий морехозяйственного комплекса Украины [Текст] // IV Міжнародна НПК «Україна – Болгарія – Європейський Союз: сучасний стан та перспективи», 15 вересня 2015 р. у Варненському економічному університеті (м. Варна, Болгарія). - «Украйна – България – Европейски Союз: съвременно състояние и перспективи». Сборник с доклади от международна научна конференция. Том. 2. Варна – Херсон: Издателство «Наука и икономика», 2015. – 358 с. (с. 151-154)/
2. **Панченко Є.Г.** Міжнародний менеджмент: Навч.-метод. посібник для самост. вивч. дисц. [Текст] // Є.Г. Панченко– 2-ге вид. [Текст] / Є.Г. Панченко. – К.: КНЕУ, 2007. – 468 с.
3. **Трунин К.С.** От систем технологий к менеджменту морехозяйственного комплекса Украины [Текст] // Інновації в суднобудуванні та океанотехніці: матеріали VI Міжнародної науково-технічної конференції. – Миколаїв, НУК, 2015. – 516 с. - (с. 392-394).

УДК 656.615

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ КЛАСТЕРНЫХ СИСТЕМ В ПРИМОРСКИХ РЕГИОНАХ

Ищенко Е.А., Шинкаренко В.В.
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев.

В настоящее время одним из инструментов развития региональных экономик во многих странах стал кластерный подход, позволяющий достичь высокого уровня капитализации территории и конкурентоспособности экономики [1]. Каждый регион стремится объективно оценить свои конкурентные позиции с целью разработки эффективных мер для привлечения инвестиций через социально-экономические проекты и программы.

Приморские регионы - особый тип регионов, в которых стратегические цели развития напрямую связаны с активным и устойчивым взаимодействием суши и моря и характеризуются следующим:

- Преобладание вклада *морской деятельности* в социально-экономическое развитие региона.
- Особенности инвестиционных механизмов приморских территорий.
- Наличие проблем экологической безопасности морских и прибрежных экосистем в условиях развивающейся морской деятельности.
- Необходимость развития морских наук, внедрения современных технологий и подготовка кадров в сфере морской деятельности.

Под морской деятельностью понимаются следующие виды деятельности:

- морской транспорт, в составе которого входят судоходные компании, морские и речные порты;
- рыбное хозяйство, включающее промышленное рыболовство, искусственное воспроизводство и переработку морских гидробионтов;
- разведка недр морского дна и добыча минеральных ресурсов;
- постройка транспортных судов и средств океанотехники;
- морская туристическо-рекреационная сфера;
- обеспечение безопасности морской отрасли;
- охрана морских природных систем.

Кластерный подход - это эффективный способ повышения конкурентоспособности региональной экономики, так как позволяет организовать взаимодействие между основными субъектами хозяйственной деятельности региона, органами власти и научными центрами.

Использование кластерных систем создает следующие экономические преимущества:

- привлечение инвестиций, и как следствие, экономический подъем территории;
- повышение уровня производительности;
- ускорение темпов формирования новых предприятий, интенсивное развитие предпринимательства.

Формирование региональных кластеров основывается на взаимодействия предпринимательских структур и региональной транспортной инфраструктуры по ключевым товарно-материальным, транспортным, финансовым, информационным и иным потокам. Межкластерное взаимодействие осуществляется в рамках промышленно-транспортного кластерного комплекса региона, развитие которого формирует синергетический эффект.

К числу перспективных кластеров приморского региона следует отнести следующие:

– транспортно-логистический;
– туристическо-рекреационный;
– судостроительно-судоремонтный;
– кластер альтернативной энергетики;

Для организации этих кластерных систем в Николаевском регионе есть такие основные предпосылки.

1. Активно функционирующие три морских порта, речной порт, а также ряд морских терминалов. Реализация проекта ЗУ «О внутреннем водном транспорте» позволит возобновить грузопотоки по р. Днепр и таким образом развивать Днепро-Бугский транспортный узел.
2. Развитие портовых структур и речного транспорта региона требует обновление судов портофлота, современных транспортных средств «река-море». И здесь только интеграция судостроительных предприятий и проектных организаций в кластерную систему позволит решить эти задачи [2].
3. Организация региональной судоходной компании для обеспечения каботажных пассажирских перевозок возможна в условиях кластерной интеграции региональной власти, бизнеса и науки. Возрождение пассажирского речного флота позволит реализовать туристические проекты. Для этого в Николаевском регионе есть все предпосылки.

4. Николаевский регион имеет высокий потенциал для организации производства электроэнергии на основе ветрогенераторов и солнечных батарей. Эти вопросы также решаются на основе региональных и национальных экономических кластеров.

Литература:

1. **Єрмакова О.А.** Підвищення конкурентоспроможності приморських регіонів України на основі кластерної моделі: монографія / О.А. Єрмакова. – Одеса: Інститут проблем ринку та економіко-екологічних досліджень НАН України, 2011. – 221 с.
2. **Козырь Б.** Повышение конкурентоспособности Николаевского региона на платформе кластерных систем / Борис Козырь, Николай Фатеев // Економіст. — 2010. — № 7. — С. 23—25.

УДК 657

МОТИВАЦІЙНІ АСПЕКТИ ЦЕНТРІВ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ

Прокопович Л. Б.

При створенні системи центрів відповідальності на підприємствах України, потрібно приймати до уваги мотиваційний вплив даної системи як на менеджерів різних рівнів управління, так і на їх підлеглих. Питання мотивації в процесі управління витратами за центрами відповідальності, в наслідок їх недостатнього розгляду в економічній літературі, наприклад, в працях Вербовецької С.Г. [1], Іванечко П. [2], Король К.В. [3,4], Яцкевич І. [5], набувають актуальності в умовах реформування економіки України. Вважаємо, що найбільший вплив на систему управління підприємством у цілому та управління витратами окремо здійснюють наступні мотивуючі фактори системи центрів відповідальності:

– високий ступень відповідальності керівників центрів відповідальності;
– підвищення рівня інформованості про результати діяльності;
– вищій рівень свободи при прийнятті управлінських рішень, розширення повноважень менеджерів та гнучка система їх делегування;
– більш справедлива оцінка діяльності сегменту підприємства;
– підвищення ступеня конкретності встановлених цілей.

Розглянемо наведені мотивуючі фактори.

Високий ступень відповідальності керівників центрів відповідальності у порівнянні з менеджерами підприємств, що не використовують концепцію центрів відповідальності, пов‘язаний з більш суворою, детально розробленою системою посадових обов‘язків та закріплених за ними мірою відповідальності за відхилення результатів діяльності від встановлених показників. Крім цього, чіткий перелік статей витрат, які залежать від управлінських рішень керівника центру відповідальності, їх планових величин, на основі яких оцінюється робота менеджера, призведе до підвищення рівня його особистої відповідальності за свої дії у порівнянні з традиційною системою управління, що панує на вітчизняних підприємствах.

Розглянемо наступний мотивуючий фактор впливу системи центрів відповідальності на процес управління підприємства - підвищення рівня інформованості про результати діяльності. Сукупність контрольованих статей витрат (та інших показників), на які впливають управлінські рішення керівника центру відповідальності, чітко відокремлена від інших витрат, пов‘язаних з діяльністю даного сегменту підприємства, але не залежать від управлінських рішень, що приймає менеджер. Це, у свою чергу, знайде відображення у підвищенні рівня інформованості керівництва підприємства про результати діяльності того чи іншого центру відповідальності. Між тим, інформованість менеджера центра відповідальності також вища, за менеджера підрозділу підприємства, що не застосовує концепцію управління витратами виробництва за центрами відповідальності. Керівнику центру відповідальності, по-перше, непотрібно чекати на аналітичну інформацію після додаткової обробки (яка потрібна на виключення зі складу витрат статей, що не залежать від діяльності менеджера і ускладнюють прийняття обґрунтованих управлінських рішень), по-друге, планова величина контрольованих статей витрат (та інших показників, що характеризують результати діяльності сегменту підприємства) чітко визначена та достатньо інформативна. Підвищення рівня інформованості про результати діяльності призведе до поліпшення якості управління витратами підприємства (наприклад, прийняття більш обґрунтованих та своєчасних рішень стосовно витрат, раціональне використання ресурсів центру відповідальності), що неодмінно відобразиться на підвищенні рівня управління витратами виробництва у сегментах підприємства, які будуть відноситися до центрів витрат, прибутку та інвестицій. Наслідком підвищення рівня інформованості про результати діяльності буде також підвищення продуктивності управлінської праці. Крім цього, слід пам’ятати, що зростання інформованості менеджерів підприємства робить їх працю більш привабливою.

Серед мотивуючих факторів не останнє місце займає вищій рівень свободи при прийнятті управлінських рішень, розширення повноважень менеджерів та гнучка система їх делегування. Справа у тому, що підприємства які використовують центри відповідальності, мають децентралізоване управління з гнучким делегуванням повноважень та відповідальності за управлінські дії. На відміну від цього, більшість вітчизняних підприємств мають більш централізоване управління, що обмежує менеджерів середньої та нижньої ланок управління у прийнятті багатьох управлінських рішень. У свою чергу це призводить до того, що в більшості випадків система управління вітчизняними підприємствами в цілому, та зокрема виробничими витратами, непристосована до внесення миттєвих коректив в діяльність підприємства під час змін економічної ситуації. Результатом впливу даного мотиваційного фактору буде, по-перше, більш високій рівень управління витратами виробництва у центрах відповідальності. По-друге, підвищення свободи прийняття управлінських рішень, розширення повноважень менеджерів і гнучка система їх делегування роблять управлінську працю більш привабливою. Що й підтверджують змістовні теорії мотивації. Крім цього, гнучка система делегування повноважень, яка застосовується в рамках системи управління витратами виробництва за центрами відповідальності, цілком відповідає найпопулярнішим мотиваційним стратегіям сьогодення - наданню повноважень та участі.

Для системи управління за центрами відповідальності характерним є такий мотивуючий фактор, як більш справедлива оцінка діяльності сегменту підприємства при оцінці діяльності його підрозділів, що не застосовує центри відповідальності. Це пов'язано з тим, що діяльність центру відповідальності оцінюється не за всією величиною витрат, які виникають у центрі відповідальності, а тільки за статтями, що контролюються даним сегментом підприємства. Це є більш справедливим у порівняні з традиційною системою управління витратами виробництва та дозволяє підвисити рівень управління витратами у рамках центрів витрат, прибутку, інвестицій. Також дія даного мотиваційного фактору, яка цілком відповідає процесуальним теоріям мотивації, зробить управлінську працю для частини менеджерів підприємства, де впроваджено систему центрів відповідальності, більш привабливою.

Результатом підвищення ступеня конкретності встановлених цілей, що випливає за чітко встановленим переліком контрольованих статей витрат центрів відповідальності та їх планової величини, буде прийняття керівником виробничого підрозділу підприємства таких управлінських рішень, наслідками яких буде відповідність динаміки та рівня контрольованих статей витрат цілям підприємства, а значить і підвиситься рівень управління підприємством.

Висновки. Запропонована класифікація мотивуючих факторів дозволяє рекомендувати її до застосування при впровадженні системи центрів відповідальності на вітчизняних підприємствах.

Список використаної літератури:

1. **Вербовецька С.Г.** Формування центрів відповідальності в системі бюджетування підприємства / С.Г. Вербовецька // Вісник Хмельницького національного університету. 2011, - №3, Т. 3. - С. 46-49.
2. **Іванечко П.** Облік витрат за «місцями виникнення» та за «центрами відповідальності» к основа побудови управлінського обліку / П. Іванченко // Галицький економічний вісник. 2009. - № 2 (23). - С. 139-143.
3. **Король К.В.** Організація обліку за центрами відповідальності на підприємствах машинобудування / К.В. Король // Науковий вісник Мукачівського державного університету. 2015. - Серія Економіка. Випуск 1(3). - С. 207-210.
4. **Король К.В.** Центри відповідальності: поняття та підходи до визначення суб'єктів відповідальності / К.В. Король // Бізнесінформ. 2015. - №1. - С. 279-284.
5. **Яцкевич І.** Основні передумови впровадження центру відповідальності на підприємствах телекомунікаційної сфери / І. Яцкевич // Економічний аналіз. 2010. -Випуск 7. - С. 377-379.

УДК 339.977

МІЖНАРОДНІ ЕКОНОМІЧНІ ВІДНОСИНИ В КОНТЕКСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ФІНАНСОВОЇ СТРАТЕГІЇ У СУДНОБУДУВАННІ

Єфімова Ганна Вікторівна
Пащенко Олексій Вікторович
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова

Стан міжнародної економічної діяльності будування суден та човнів виявив, що протягом досліджуваного періоду обсяг сальдо реалізації має позитивне значення й характеризує перевищення експорту над імпортом продукції галузі (рис. 1). Найвищий обсяг експорту був у 2013 р. і становив 174,4 млн т продукції, що на 4,1 млн т (або 2,4%) більше ніж у попередньому році та н 0,5 млн т (або 0,3%) ніж у

наступному році. Рівень імпорту продукції галузі суднобудування динамічно знижувався, що у відсотковому відношенні становило 19,5%: від 79,8 млн т у 2012 р. до 64,2 млн т у 2014 році. Натомість приріс експорту становив 2,1% або 3,6 млн т, що забезпечило товарне сальдо на найвищому за аналізований період рівні 109,7 млн т, яке на 21,2% більше ніж у 2012 р., обсяг сальдо якого становив 90,5 млн т. За результатами міжнародної економічної діяльності галузі суднобудування у І кварталі 2015 р. виявлено, що обсяг експорту перевищує показники імпорту на 21,2 млн т, яке відображено у відповідному показнику товарного сальдо.

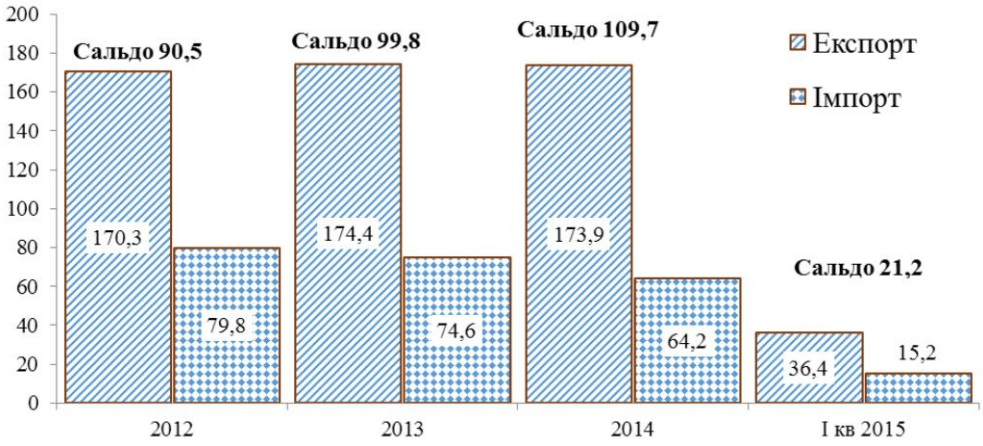


Рис. 1. Динаміка обсягу міжнародної економічної діяльності суднобудування, млн т *
* Розраховано за даними Державної служби статистики України [1]

Експорт продукції галузі суднобудування протягом аналізованого періоду має тенденцію до зниження, яка становить 21,5% або 14,8 млрд дол. США (рис. 2). Так, у 2012 р. було найвище значення показника 68,7 млрд грн, у 2013 р. його значення знизилось на 5,4 млрд дол. США, а у 2014 р. становило 53,9 млрд дол. США, що на 9,4 млрд дол. США або 14,8 % менше ніж у попередньому році. За підсумками І кварталу 2015 р. експорт продукції галузі суднобудування становив 9,4 млрд дол. США.

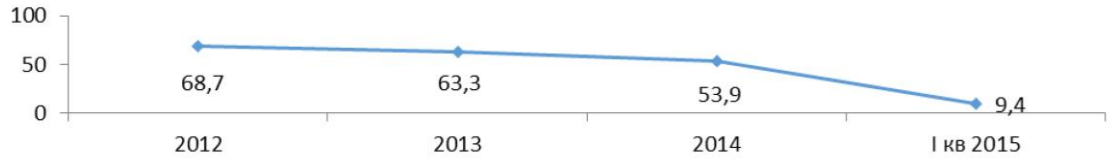


Рис. 2. Динаміка вартості експорту галузі суднобудування, млрд дол. США *
* Розраховано за даними Державної служби статистики України [1]

Стан вартості імпорту галузі суднобудування також характеризується тенденцією до зниження у 2012-2014 рр. (рис. 3). У 2012 р. імпорт становив 84,6 млрд дол. США, що на 7,7 млрд дол. США більше ніж у 2013 р. та на 30,2 млрд дол. США ніж у 2014 році. Таким чином, обсяг імпорту знизився на 35,7% за аналізований період і становив у звітному році 54,4 млрд дол. США. У І кварталу 2015 р. значення показника становило 9 млрд дол. США.

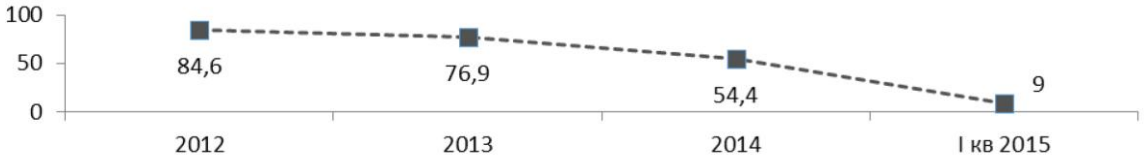


Рис. 3. Динаміка вартості імпорту галузі суднобудування, млрд дол. США *
* Розраховано за даними Державної служби статистики України [1]

Зростання обсягу експорту було характерним для категорії «Яхти та інші плавучі засоби для дозвілля або спорту; гребні човни та каное» у 2 рази або на 580,5 т, що у 2014 р. становило 1153,4 т. найвищими показниками міжнародної діяльності відзначилась категорія «Судна круїзні, екскурсійні, пороми, вантажні судна, баржі та інші плавучі засоби, призначені для перевезення людей або вантажів» у 2012 р. рівень експорту якої становив 279,7 тис т, імпорту 137,4 тис т, відповідно сальдо – 142,3 тис т. Відносно низькими виявилися показники категорій «Судна риболовні; плавучі бази та інші судна для переробки та консервування рибних продуктів» та «Інші судна, включаючи військові кораблі та рятівні судна, крім гребних шлюпок» у 2014 році.

Варто відмітити, що попри загальний спад міжнародної економічної діяльності у галузі, у категорії «Яхти та інші плавучі засоби для дозвілля або спорту; гребні човни та каное» та «Інші судна, включаючи військові кораблі та рятівні судна, крім гребних шлюпок» помітне збільшення вартості експортно-імпортних операцій. У першій категорії приріст експорту становив 31,7%, а вартість імпорту зросла на 39,9%. Щодо другої категорії варто зазначити, що експорт збільшився на 7,8% і становив 52,9 млн грн, хоча обсяг імпорту був нульовим у 2014 році. Негативним значенням відзначилось сальдо міжнародної діяльності виробництва у категорії «Маяки плавучі, пожежні судна, земснаряди, плавучі крани та інші судна, для яких судноплавні якості є лише другорядними порівняно з їх основними функціями; плавучі доки; плавучі або підводні бурильні чи експлуатаційні платформи» у 2012 р. та 2014 р. (відповідно -799,9 млн дол. США та -11,7 млн дол. США). Найвище сальдо було у виробництві «Інші судна, включаючи військові кораблі та рятівні судна, крім гребних шлюпок» за категорією у 2013 р. (85,1 млн дол. США). Натомість, у категорії «Судна та інші плавучі засоби, призначені на злам» виявлено лише імпорт у обсязі 30,1 тис дол. США, що викликало відповідне від'ємне значення за обсягом сальдо.

Для категорій «Судна круїзні, екскурсійні, пороми, вантажні судна, баржі та інші плавучі засоби, призначені для перевезення людей або вантажів» та «Інші судна, включаючи військові кораблі та рятівні судна, крім гребних шлюпок» характерним є високі показники вартості експорту. До аутсайдерів галузі суднобудування за вартістю експортно-імпортних операцій варто віднести виробництво за категоріями «Інші плавучі засоби (наприклад, плоти, плавучі баки, кесони, причали, буї та бакени)».

Щодо сальдо міжнародної діяльності варто зауважити, що в середньому у 2012-2014 рр. у виробництві за категорією «Маяки плавучі, пожежні судна, земснаряди, плавучі крани та інші судна, для яких судноплавні якості є лише другорядними порівняно з їх основними функціями; плавучі доки; плавучі або підводні бурильні чи експлуатаційні платформи» галузь суднобудування отримала найнижче значення показника – 370,3 млн дол. США. Лідером варто назвати категорію «Інші судна, включаючи військові кораблі та рятівні судна, крім гребних шлюпок», виробництво за якою забезпечило позитивне сальдо у розмірі 60,9 млн дол. США.

Зауважимо, що на реалізацію фінансової стратегії галузі суднобудування України вплинули тенденції нарощення середньої вартості одиниці реалізованої продукції, що була об'єктом міжнародних економічних відносин підприємств. Так, середня вартість експертної продукції загалом по категорії «Судна, човни та інші плавучі засоби» збільшилась у 2012-2014 рр.

Найнижчою була вартість середньої одиниці експортної продукції категорії «Судна риболовні; плавучі бази та інші судна для переробки та консервування рибних продуктів» у 2014 р. Найвищими показниками характеризувались товари категорій «Яхти та інші плавучі засоби для дозвілля або спорту; гребні човни та каное» у 2013 р. та «Інші судна, включаючи військові кораблі та рятівні судна, крім гребних шлюпок» у 2014 р.

Динаміка середньої вартості одиниці імпортованої продукції галузі суднобудування України характеризувалась негативною динамікою. Найнижчою вартістю середньої одиниці імпорту відзначилась категорія «Судна риболовні; плавучі бази та інші судна для переробки та консервування рибних продуктів» у 2013 р. Показники категорій «Яхти та інші плавучі засоби для дозвілля або спорту; гребні човни та каное» та «Маяки плавучі, пожежні судна, земснаряди, плавучі крани та інші судна, для яких судноплавні якості є лише другорядними порівняно з їх основними функціями; плавучі доки; плавучі або підводні бурильні чи експлуатаційні платформи» у 2012 р. відзначились найвищим значенням у 2012-2014 р.

Міжнародні економічні відносини галузі суднобудування мають поширену географію торгівельних відносин, яке можна групувати за такими напрямами: країни Співдружності Незалежних Держав (СНД), країни ЄС-28, інші країни Європи, країни Близького та Середнього Сходу, Південно-Східна Азія, Південна Азія, країни Америки, Інші країни Центральної та Північної Америки, країни Африки, Австралія та Океанія, Офшорні країни та інші. За обсягом експорту реалізації найвищим приростом характеризуються країни Південно-Східної Азії, показник яких зріс у 2,7 рази протягом 2012-2014 рр. від 0,1 тис т до 0,3 тис т; у країнах Близького та Середнього Сходу помітне зростання на 17,5%.

На 25,8% зрів обсяг експорту до країн Австралії та Океанії. За рівнем обсягу експорту найвищі показники були у 2012 р. у офшорних країнах (132,4 тис т), у 2013 р. в країнах СНД (24,1 тис т) та ЄС-28 (16,4 тис т), а у 2014 р. в країнах Близького та Середнього Сходу (12,9 тис т). Для країн Африки й Австралії та Океанії характерним були найменші значення показника, що не перевищували 0,07 тис т кожний за досліджуваний період.

Тенденцією до зростання вартості експорту продукції галузі суднобудування характеризувались результати таких груп країн як Південно-Східна Азія (у 40,1 раз), Близького та Середнього Сходу (на 32,6%), Австралії та Океанії (на 29,7%). Негативною динамікою відзначились офшорні країни (темп приросту становив 2,35, що відповідало спаду вартості експорту від 107,5 млн дол. США до 1,5 млн дол. США або на 97,7%), інші країни Центральної та Північної Америки (темп приросту становив 2,7%, що відповідало спаду вартості експорту 15,9 млн дол. США або на 97,3%) та інші країни Європи (темп приросту становив 6,7%, що характеризувало падіння на 28,9 млн дол. США або на 93,3%). Найвищий рівень вартості експорту був у 2012 р. у офшорних країнах (107,5 млн дол. США), а найменший у країнах Південної Азії у 2014 р. 0,01 млн

дол. США. Вартість експорту до країн СНД була найвищою у 2012-2013 рр., а у 2013-2014 рр. до країн Південно-Східної Азії. За підсумками І кварталу 2015 р. вартість експорту виявилася найвищою у країнах ЄС-28 та країн Близького та Середнього Сходу (2 млн дол. США)

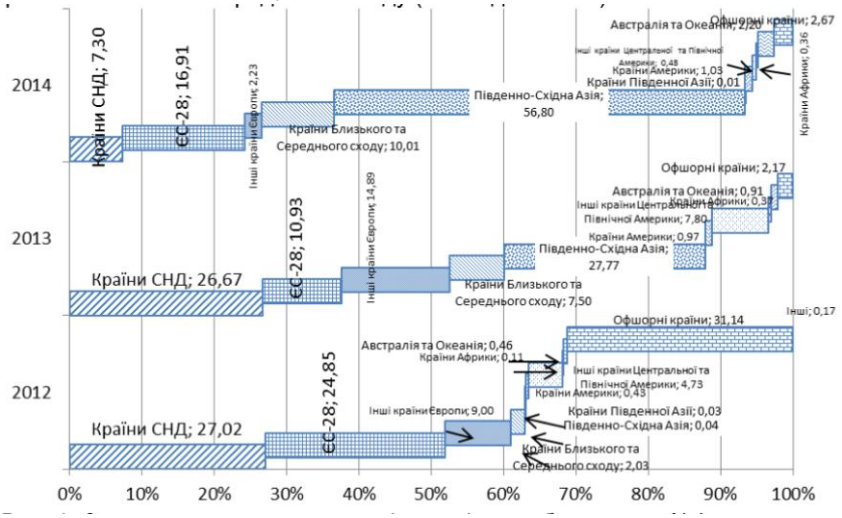


Рис. 4. Структура експорту продукції галузі суднобудування, % *

* Розраховано за даними Державної служби статистики України [1]

Отримані дані дозволяють визначити, що структура вартості експорту продукції галузі суднобудування має такі значення: у 2012 р. 27,02% припадає на країни СНД; 24,85% на країни ЄС-28 та 31,14% на офшорні країни; у 2013 р. частка країн СНД зменшилась до 26,67%, країн ЄС-28 – до 10,93%, частка країн Південно-Східної Азії становила 27,77%, а 14,89% відповідають групі країн «Інші країни Європи»; у 2014 р. лідерами були країни Південно-Східної Азії (56,8%), країни ЄС-28 (16,91%) та країни Близького та Середнього Сходу (10,01) (рис. 4). Таким чином, у 2012-2014 рр. частка країн СНД, країн ЄС-28 та офшорних країн зменшилась, а країни Південно-Східної Азії навпаки збільшили частку вартості реалізації від 0,04% у 2012 р. до 56,8 % у 2014 році.

Висновки. Отже, міжнародні економічні відносини галузі суднобудування в контексті реалізації її фінансової стратегії зберегли тенденцію до нарощення позитивного сальдо, яке у натуральному вимірі протягом аналізованого періоду збільшилось.

Цінова політика галузі суднобудування має характерні особливості, що віддзеркалились на її фінансовій стратегії. Через високу ресурсовитратність виробництва, фінансова стратегія галузі суднобудування залежить від стану її інвестиційного забезпечення, а саме іноземного.

Література:

1. Державна служба статистики України [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.ukrstat.gov.ua/
2. **Єфімова Г. В.** Альтернатива банківському кредиту в системі фінансування українського суднобудування і судноплавства / Г. В. Єфімова, В. М. Павелко // Збірник наукових праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2011. – №6 (441). – С. 97-108.
3. **Пащенко О.В.** Необхідність державного регулювання фінансового забезпечення суднобудівних підприємств / О. В. Пащенко, А. І. Зінченко // Економічний аналіз. Збірник наукових праць. – Тернопіль: Видавничо-поліграфічний центр Тернопільського національного економічного університету «Економічна думка», 2011. – Вип. 9. – Частина 3. – С. 223-228.

УДК-657

ЕКОНОМІЧНА СУТНІСТЬ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ ВИТРАТ

Ніколенко Марія Андріївна

Успішну діяльність сучасних підприємств важко уявити без добре налагодженої системи обліку витрат господарської діяльності. Тому визначення економічної сутності витрат та їх класифікації все більше почало привертати увагу вчених.

Вивченням проблеми сутності витрат займалися як вітчизняні, так і зарубіжні вчені: Бутинець Ф.Ф., Лишиленко О.В., Крушельницька О.В.,Дерій В.А., Бойчук І.М., Голов С.В., Сміт А., Макрс К. та інші. Але все ж таки залишається чимало питань, які потребують більш детального вивчення, а саме: методологія дослідження витрат, ефективне управління витратами, сутність витрат, як економічної категорії та їх класифікація.

На сьогодні трактування витрат є не однозначним. Це пояснюється тим, що витрати мають вирішальний вплив на фінансовий результат функціонування суб'єктів господарювання, застосовуються для визначення цінової політики підприємства, показують рівень технології та організації виробництва, використовуються для оцінки ефективності господарювання шляхом порівняння витрат та результатів діяльності.

Так, Бутинець Ф.Ф. витратами називає витрати у виробничому процесі праці й засобів виробництва для виготовлення продукції [1]. На думку Дерія В.А. витратами доцільно називати повністю або частково використані в процесі господарсько-фінансової діяльності підприємства запаси, необоротні активи, трудові й інтелектуальні ресурси, а також зменшення зобов'язань підприємства перед бюджетом, кредиторами та іншими юридичними і фізичними особами [2]. Згідно п. 6 П(С)БО 16 «Витрати» - це зменшення економічних вигод у вигляді вибуття активів або збільшення зобов'язань, яке призводить до зменшення власного капіталу (за винятком зменшення капіталу за рахунок його вилучення або розподілу власниками).

Класифікація витрат передбачає групування витрат у групи відповідно, які складаються з однорідних за своїм змістом або близьких між собою витрат. Детальний склад класифікації витрат за видами діяльності передбачено Планом рахунків бухгалтерського обліку активів, капіталу, зобов'язань і господарських операцій підприємств і організацій [4].

Найважливішим аспектом класифікації витрат є те,що їх поділять залежно від видів діяльності суб'єкта господарювання. Відповідно до цього поділяються на витрати операційної, фінансової та інвестиційної діяльності. Втрати від операційної діяльності включають:

- собівартість реалізації продукції;
- адміністративні витрати; - витрати на збув;
- інші операційні витрати.

Витрати фінансової діяльності підприємства – це витрати на відсотки (за одержаними кредитами, випущеними облігаціями, фінансовою орендою тощо) та іншими витрати підприємства. Багато підприємств, що здійснюють інвестиції, обліковують втрати від своєї діяльності за методом участі в капіталі. Втрати від участі в капіталі – збитки від інвестицій в асоційовані, дочірні або спільні підприємства, які обліковують за методом участі в капіталі.

Також законодавством встановлено, що витрати від операційної діяльності групуються за економічними елементами:

- матеріальні витрати - вартість витрачених у виробництві сировини та основних матеріалів, палива та енергії, купівельних напівфабрикатів та комплектуючих виробів;
- витрати на оплату праці – заробітна плата, премії та заохочення, матеріальна допомога, компенсаційні виплати, оплата відпусток;
- відрахування на соціальні заходи – відрахування на загальнообов'язкове держане соціальне страхування, відрахування на інші соціальні заходи;
- амортизація – сума нарахованої амортизації основних засобів, нематеріальних активів та інших необоротних матеріальних активів;
- інші витрати – витрати на відрядження, на послуги зв'язку, плата за розрахунково-касове обслуговування [3].

Отже, можна зробити висновок, що витрати відіграють важливу роль в управлінні підприємством. Питання щодо економічної сутності витрат потребує подальшого вивчення науковцями. А щодо класифікації, то кожне підприємство в сучасних умовах господарювання самостійно повинно класифікувати витрати за такими ознаками, які найбільшою мірою є зручними у використанні та відповідають різним потребам управління.

1. **Бутинець Ф.Ф.** Витрати виробництва та їх класифікація для потреб управління [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://archive.nbuv.gov.ua/portal/soc_gum/ptmbo/2012_1/2.pdf.

2. **Дерій В.А.** Термін «витрати» і його трактування для потреб обліку і контролю / В.А. Дерій // Галицький економічний вісник. – 2010. - № 1(26). – С.154-160.

3. **Партин, Г.О.** Управління витратами підприємства: концептуальні засади, методи та інструментарій [Текст]: монографія / Г. О. Партин – К.:УБС НБУ,2008. –219с.

4. Положення (стандарт) бухгалтерського обліку 16 «Витрати», затверджене наказом Міністерства фінансів України від 31.12.1999 р. № 318 [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0027-00.

УДК-657

БУХГАЛТЕРСЬКИЙ БАЛАНС В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ЕКОНОМІЧНОЮ ІНФОРМАЦІЄЮ

Пантюхова Ірина Андріївна

Управління фінансово-господарською діяльністю підприємства потребує своєчасної та достовірної інформації про стан та рух господарських засобів за складом і розміщенням, джерелами формування та цільовими призначеннями. Такі відомості можна отримати за допомогою бухгалтерського балансу. Баланс (франц. balance - вага) - спосіб групування та відображення в грошовій оцінці стану господарських засобів і джерел їх утворення на певну дату.

Бухгалтерський баланс - метод узагальнення даних про і склад майна суб'єкта діяльності за видами (складом і використанням і джерелами утворення на певну дату в узагальненому і вартісному вимірнику (зазвичай на 1-ше число місяця) [1].

Форма балансу та порядок його заповнення в Україні регулюється НПСБО 1 "Загальні вимоги до фінансової звітності" та Законом України "Про бухгалтерський облік та фінансову звітність в Україні". Баланс (звіт про фінансовий стан) - звіт про фінансовий стан підприємства, який відображає на певну дату його активи, зобов‘язання і власний капітал [3].

Завдання балансу - дати узагальнену інформацію про активи і їх джерела у вартісному вимірнику на певну дату. Така інформація необхідна внутрішнім (менеджери, спеціалісти, працівники підприємства) та зовнішнім (акціонери, кредитори підприємства, податкові служби) користувачам для прийняття рішень.

Відтак за допомогою балансу здійснюється: контроль обліку господарських операцій; забезпечується збереженність ресурсів підприємства; аналіз финансово-господарської діяльності підприємства.

За формою баланс є двостороння таблиця. У лівій стороні відображена структура майна підприємства, тобто господарські засоби за складом і розміщенням. і називається вона активом. Активи –це ресурси, контрольовані підприємством у результаті минулих подій, використання яких, як очікується, призведе до отримання економічних вигод у майбутньому [2]. Права ж сторона- пасив, призначена для відображення джерел формування господарських засобів.

Слід зазначити, що в основі побудови бухгалтерського балансу знаходиться рівняння, яке в бухгалтерському обліку прийнято називати балансовим рівнянням. Воно має такий вигляд: Активи = Власний капітал + Зобов'язання .

У бухгалтерському балансі всі господарські засоби підприємства та джерела їх формування об'єднані в економічно однорідні групи, які називають статтями балансу. Стаття балансу - це показник, що відображає на звітну дату стан окремих видів активів, власного капіталу та зобов'язань [4]. Статті балансу мають загальну назву, окремий код і записуються окремими сумами.

У процесі господарської діяльності відбувається зміна складу засобів, розміщення та зміни у джерелах їх формування, що призводить і до зміни окремих статей балансу в активі і пасиві. Зміни в балансі, зумовлені господарськими операціями. Кожна господарська операція викликає зміни не менше як двох статей балансу. При цьому обов'язково зберігається збалансованість активу і пасиву. Підсумок активу і пасиву балансу змінюється тільки тоді, коли господарська операція стосується одночасно засобів і джерел їх утворення. Рівність підсумків активу і пасиву балансу зберігається після будь-якої операції, в чому полягає контрольний прийом подвійного відображення операцій [5].

Отже, бухгалтерський баланс є важливим носієм інформації про господарську діяльність та фінансовий стан підприємства на певну дату, що є важливим для прийняття управлінських рішень і потребує постійного вивчення та вдосконалення теоретичних аспектів та практичного використання питань побудови, змісту балансу та аналітичного забезпечення управління обліковою інформацією.

1. **Гайдук Н О** - Бухгалтерський облік як складова інформаційного забезпечення для управління підприємством http://www.vuzllib.su/articles/4179-
2. **Даньків Й.Я.** Бухгалтерський облік: Підручник/ Й.Я.Даньків, М.Я.Остап"юк.- Київ: "Знання", 2007.- 469 с.
3. НПСБО 1 «Загальні вимоги до фінансової звітності»: Наказ Міністерства фінансів України від 07.02.2013 р. № 73 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://prou4ot.info /?section=browse&CatID=92&ArtID=13612
4. **Осмятченко Л.М.** Бухгалтерський облік: Навчальний посібник/ Л.М.Осмятченко, В.С.Шевчук.- Львів: "Магнолія 2006", 2007.- 196 с.
5. **Швець В.Г.** Теорія бухгалтерського обліку: Навч. посіб. - К.: Знання-Прес, 2003. - 444 с. - (Вища освіта XXI століття).

УДК 658.1:629.5

СБАЛАНСИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОКАЗАТЕЛЕЙ В УПРАВЛЕНИИ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫМИ КЛАСТЕРАМИ

Поткин И.А.
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев

Судостроительная кластерная система представляет собой логистическую сеть, в которой входят судостроительные и судоремонтные предприятия, проектные организации, научные центры, а также органы власти различного уровня. Целью создания кластерных образований является обеспечение конкурентоспособности отдельных участников и кластера в целом. Накоплен опыт использования кластерных интеграций в судостроительных отраслях Китая, Финляндии, России, Германии и др. [1]

Механизмы управления кластерными системами создаются и развиваются с учетом особенностей национальной экономики, стратегических ориентиров участников кластера, имеющегося собственного опыта.

Для оценки эффективности элементов кластера целесообразно использовать систему сбалансированных показателей (ССП). Эта система предполагает подбор номенклатуры показателей, которая отражает все аспекты деятельности системы – как финансовые, так и нефинансовые. [2]

ССП обеспечивает обратную связь между внутренними бизнес-процессами и внешними показателями, необходимую для повышения стратегической эффективности и достижения результатов судостроительного кластера. При полном внедрении ССП преобразует стратегическое планирование из теоретического упражнения в ключевую деятельность.

Методология ССП представляет основные факторы деятельности компании — такие как обслуживание клиентов, операционную и финансовую эффективность — в виде набора определенных показателей. Организация фиксирует и анализирует эти показатели, чтобы понять, достигаются ли стратегические цели. Полностью реализованная система подразумевает последовательное рассмотрение деятельности компании на всех уровнях. В конечном счете, каждый сотрудник организации обрабатывает личную систему показателей, стараясь достичь своих персональных целей на основе показателей, связанных с корпоративной стратегией.

В системе сбалансированных показателей предлагается рассматривать организацию с точки зрения четырех перспектив (точек зрения), разрабатывать количественные показатели, собирать данные и анализировать их в соответствии с каждой из этих перспектив:

1) финансовая перспектива;
2) перспектива внутренних бизнес-процессов;
3) клиентская перспектива;
4) перспектива обучения и развития.

Сбалансированная система показателей помогает менеджерам обратить внимание на самые важные моменты. Десятилетний опыт ее использования показывает, что для каждой отрасли и компании есть свои особенности, зависящие от ресурсов и конкурентного положения. Поэтому менеджерам необходимо выделить главные моменты, характерные именно для их организации, и тогда можно будет направить все усилия на повышение эффективности в самых необходимых направлениях. [3]

Сбалансированная система показателей помогает согласовать интересы участников на различных уровнях внутри кластера, направляя их внимание на один и тот же набор индикаторов. В некоторых случаях, такое согласование выполняется явно, путем разработки ССП для отдельных подразделений или сотрудников на основе корпоративной системы сбалансированных показателей. В идеале, ССП показывает, есть ли в кластере подготовленные и заинтересованные сотрудники (направление развития и обучения), эффективны ли процессы (операционное направление), довольны ли клиенты (клиентское направление). Положительные опережающие индикаторы приводят к высокой финансовой эффективности в долгосрочной перспективе. [4]

Правильно разработанная ССП в управлении судостроительным кластером должна представлять целостное изложение стратегии компании и четко определять последовательность гипотетических причинно-следственных связей между критериями результатов и движущими факторами их достижения. Каждый показатель, включенный в ССП, должен быть ключевым звеном в цепи причинно-следственных связей, которая доводит до сведения всех участников кластера смысл ее стратегии.

Список использованной литературы:

1. **Козырь Б.Ю., Фатеев Н.В.** Повышение конкурентоспособности Николаевского региона на платформе кластерных систем // Економіст. – 2010. - №7. – С. 23-25

2. **Харрисон А., Ван Х.Р.** Управление логистикой: Разработка стратегий логистических операций / Пер. с англ. Под научн. ред. О.Е. Михейцева. – Днепропетровск: Баланс Бизнес Букс, 2007. – 368 с.

3. **Каплан Р., Нортон Д.** Сбалансированная система показателей. М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2003. – 214 с.

4. **Ильдеменов С.В., Ильдеменов А.С., Лобов С.В.** Операционный менеджмент: Учебник. – М.: ИНФРА-М, 2007. - 337 с.

УДК 005.22

СИСТЕМА РАННЬОГО ПОПЕРЕДЖЕННЯ ТА РЕАГУВАННЯ В КОНТЕКСТІ СТИМУЛЮВАННЯ РОЗВИТКУ СУДНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Рогов В.Г.,
Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова, м. Миколаїв

Типовою для багатьох підприємств України, зокрема суднобудівних, є запізніла ідентифікація та нейтралізація ризиків, а також недостатньо швидке виявлення і використання додаткових шансів. Для своєчасного визначення чинників, які сигналізують про той чи інший напрямок зміни внутрішніх та зовнішніх параметрів діяльності підприємства та застосування необхідних заходів доцільно впроваджувати систему раннього попередження та реагування (СРПР).

СРПР є особливою інформаційною системою, що сигналізує керівництву про потенційні загрози та ризики, яких може зазнати підприємство, а також додаткові шанси щодо підвищення ефективності фінансово-господарської діяльності [1]. Система включає в себе завчасну ідентифікацію, аналіз індикаторів раннього попередження та вжиття превентивних заходів.

За наявності функціонально спроможної СРПР підприємство отримує необхідний час для зменшення або уникнення негативного потенціалу ризиків. Система має не лише виявляти певні чинники, які становлять загрозу для життєдіяльності підприємства, а й обґрунтовувати причинно-наслідкові зв'язки між зазначеними чинниками та параметрами підприємства, які можуть зазнати ушкодження.

Однак, завданням СРПР є не лише виявлення загроз, а й ідентифікація потенційних шансів і додаткових можливостей для підприємства. Необхідно враховувати, що шанси і ризики підприємства тісно взаємопов'язані і є «двома сторонами однієї медалі». Саме тому будь-яку систему ризик-менеджменту можна також назвати системою шанс-менеджменту [2].

Процес створення СРПР на підприємстві передбачає формування каналів надходження інформації щодо потенційних загроз та шансів, визначення сфер спостереження (об'єктів внутрішньої та зовнішньої діагностики), виокремлення аналітичних центрів обробки інформації та постановки для них конкретних завдань, підбір індикаторів раннього попередження, розрахунок граничних значень індикаторів та безпечних інтервалів їхньої зміни, створення системи підготовки рішень щодо розвитку сильних сторін та нейтралізації слабких.

Існують дві підсистеми СРПР: перша орієнтована на аналіз внутрішніх параметрів діяльності підприємства, предметом дослідження другої є прогнозування зовнішніх впливів, наприклад, з боку конкурентів, держави, контрагентів.

У теперішній час для суднобудівних підприємств актуальності набуває побудова механізму адаптації до зміни стимулів їхнього розвитку. Потрібно прогнозувати зміни законодавства, умов кредитування, страхування, інвестування тощо і відповідним чином використовувати шанси та мінімізувати ризики. Доцільно, щоб цей механізм був складовою системи раннього попередження та реагування, а отже, й контролінгу на підприємстві.

Для запровадження адаптації до змін зовнішніх стимулів розвитку потрібна методика, яка дозволить проводити збір інформації, враховувати інформаційні потоки щодо потенційних змін стимулів, розраховувати шанси та ризики і на підставі цього приймати відповідні управлінські рішення. Інформаційні потоки мають надходити до аналітичних центрів, що включатимуть існуючі служби підприємства, проте одразу декілька підрозділів, зокрема планово-економічний, маркетинговий та юридичний. Аналітичні центри розглядатимуть потенційні стимули розвитку, використовуючи SWOT-аналіз, економіко-математичне моделювання, експертне прогнозування тощо, шанси і ризики оброблятимуться у вигляді конкретних заходів, які в сукупності мають дати стратегію адаптації.

Вважаємо за доцільне організувати два варіанта роботи системи раннього попередження та реагування для підприємств суднобудування: 1) коли підприємство знаходиться в нормальних умовах; 2) варіант поточний, коли підприємство вже знаходиться в «червоному коридорі», а усі зовнішні впливи є антистимулами.

Стимули потрібно враховувати у взаємозв'язку та взаємодії. Наприклад, погіршення умов оподаткування суднобудівних підприємств збільшує імовірність невиплати ними заробітної плати,

невиконання вчасно розрахунків з господарськими партнерами, що також несе ризик санкцій. Якщо у цьому разі підприємство звернеться за кредитом, то банки, враховуючи підвищення ризику, пропонуватимуть свої послуги на ще менш вигідних умовах. Окрім того, звузяться можливості страхування та залучення інвестиційних ресурсів.

Висновок. Важливим елементом контролінгу, як оперативного, так і стратегічного, є система раннього попередження та реагування. Ефективна СРПР повинна передбачати формування інформації про ризики та шанси, які мають місце у різних сферах діяльності та параметрах підприємства. Доцільно, щоб однією зі складових СРПР на підприємствах суднобудування став механізм адаптації до зовнішніх стимулів їхнього розвитку.

Література

1. **Терещенко О. О.** Антикризове фінансове управління на підприємстві : монографія / О. О. Терещенко. – К. : КНЕУ, 2008. – 272 с.

2. **Павловський С.** Інтегрування системи раннього попередження та реагування на фінансову кризу в концепцію збалансованих показників / С. Павловський // Ринок цінних паперів України. - 2012. – № 8. – С. 51-57.

УДК 657.62

ЗАСТОСУВАННЯ ЗАДАЧ ФАКТОРНОГО АНАЛІЗУ В ЛОГІСТИЦІ

Огорь Г.М.; Витвицький Д.М.
Херсонська філія Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Херсон

Характерною особливістю оцінювання доцільності застосування тієї чи іншої логістичної схеми підприємством є досить велика кількість показників (чинників), які утворюють багатовимірні вектори. Причому часто дані вимірюються у різних шкалах, що створює додаткові труднощі.

Моделювання показників (чинників), окрім множинної регресії в економетричному підході, може бути здійснено з використанням багатовимірного аналізу в дослідженні зв'язків між виділеними факторами та їх змінними. Такий підхід у багатовимірному аналізі може забезпечуватися за допомогою факторного та кластерного аналізу з наступною побудовою відповідної моделі [2, 3].

Задача факторного аналізу в логістиці полягає в тому, щоб визначити головні фактори, які впливають на певну кількість змінних, а також оцінити силу впливу кожного фактору на кожну змінну (факторне навантаження).

Для розв'язання задач факторного аналізу в логістиці використовується імовірнісна модель наступного виду:

$$a_p^n = \sum_{i=1}^{m} l_{pr} \cdot f_n + u \quad , \qquad (1)$$

де a_p^n – вихідні показники; f_n – визначені головні фактори, що дають синтетичну оцінку розглядуваного явища; l_{pr} – вага кожного фактору в синтетичній оцінці; u – залишки, що характеризують невраховані відхилення теоретичних і фактичних даних.

Найбільш надійним методом розв'язання цієї задачі є центроїдний метод. Вихідною інформацією при цьому є парні коефіцієнти кореляції r_{ij} між прийнятими до розгляду змінними Z_i. Множинні коефіцієнти кореляції представляються у вигляді повної кореляційної матриці на основі вірогідних даних за змінними, що наведені в табл. 1.

Для обчислення факторних навантажень першого фактору кореляційна матриця для головної діагоналі перетворюється з виключеннями дисперсії, пов'язаної з помилками і своїми власними факторами.

При проведенні таких обчислень підсумовуються коефіцієнти кореляції за стовпчиками і записуються в останньому рядку Σr. Потім ці суми складаються і записуються в останньому стовпчику $\Sigma\Sigma r_{zn} = T$.

Таблиця 1 Повна кореляційна матриця

Змінна	Z_1	Z_2	…	Z_i	…	Z_n	Σr
Z_1	1						
Z_2		1					
…	…	…	…	…	…	…	…
Z_i	r_{i1}	r_{i2}	…	1	…		
…	…	…	…	…	…	…	…
Z_n	…	…	…	…	…	1	
Σr	Σz_1	Σz_2	…	Σz_i	…	Σz_n	$\Sigma\Sigma r_{zn} = T$
C_1	C_1Z_1	C_1Z_2	…	C_1Z_i	…	C_1Z_n	

Після цього розрахунок факторних навантажень здійснюється за формулою:

$$C_1 z_i = \frac{\Sigma r_i}{\sqrt{T}} . \qquad (2)$$

де $C_1 z_i$ – навантаження першого фактору на змінну $z_i \quad i = 1 \ldots n$; Σr_i – сума коефіцієнтів кореляції за стовпчиками.

Навантаження першого фактору на всі змінні записується в останньому рядку C_1, обчислені за кожним стовпчиком.

Після визначення навантажень першого фактору Z_i на всі змінні, виокремлюється лише частина загальної дисперсії коефіцієнтів кореляції за впливом першого фактора на змінні. Якщо на змінні впливає ще кілька факторів, то їх необхідно визначити, враховуючи залишки кореляцій.

Тому при розрахунку факторних навантажень другого загального фактору обчислюється матриця первинних залишків кореляції, перший елемент якої розраховуються за формулою:

$$r_{заг} = r_{12} - C_1Z_1 \cdot C_1Z_2 , \qquad (3)$$

де $r_{заг}$ – величина, що залишається після визначення кореляції, пов'язаної з першим фактором; r_{12} – коефіцієнт кореляції між змінними Z_1 і Z_2; C_1Z_1 – навантаження першого фактору на змінну Z_1; C_1Z_2 – навантаження першого фактору на змінну Z_2.

За аналогією розраховуються інші елементи матриці залишків кореляції. Але необхідно мати на увазі, що при визначенні сум залишків кореляції за стовпчиками кореляційної таблиці необхідно одержати позитивні суми, що відповідали б сумі модулів залишкових кореляцій за коефіцієнтами. Тут необхідно використати процедуру зміни алгебраїчних знаків у матриці залишків, якщо суми залишків невід'ємні [2]. Процес зміни знаків повторюється доти, поки всі суми не будуть позитивними або нульовими.

Далі всі дії з розрахунку навантажень другого та інших факторів аналогічні розрахункам навантажень першого фактору.

Кінцевим результатом повинна стати факторна матриця навантажень C_{ij} такої форми (див. табл. 2):

Таблиця 2 Факторна матриця навантажень

Змінні	Фактори			
	1	2	…	m
Z_1	C_{11}	C_{12}	…	C_{1m}
Z_2	C_{21}	C_{22}	…	C_{2m}
…	…	…	…	…
Z_n	C_{n1}	C_{n2}	…	C_{nm}

Аналізуючи логічним шляхом факторні навантаження, обираємо той зовнішній фактор (або фактори), який інтенсивно впливає на всю сукупність змінних.

В логістичних задачах доводиться мати справу з багатомірністю їхнього опису. Наприклад, під час побудови логістичних схем мультимодальних перевезень, пересування великих партій товару, грошових потоків за умов необхідності використання великої кількості показників та ін.

Для таких і багатьох інших задач може бути використаний кластерний аналіз, який полягає в розбивці множини досліджуваних об'єктів та ознак на однорідні групи-кластери. Це означає, що розглядається задача класифікації даних із визначенням в неї відповідної структури.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. **Вильямс Н.Н.** Параметрическое программирование в экономике [Текст] / Н.Н. Вильямс. – М. : Статистика, 1976. – 96 с.
2. **Голіков А.П.** Економіко-математичне моделювання світогосподарських процесів [Текст] : навч. Посібник / А.П. Голіков. – 3 вид., переробл. І доп. – К. : Знання, 2009. – 222 с.
3. **Фомішина В.М.** Економіко-математичне моделювання в управлінні національних та світових господарств [Текст] : навч. Посібник / В.М. Фомішина, О.Є. Лугінін. – Херсон: Видавництво СТАР, 2014. – 320 с.

УДК 338.614

КЛАСИФІКАЦІЯ ГРОШОВИХ ПОТОКІВ АТ «РАЙФФАЙЗЕН БАНК АВАЛЬ»

Пулянович О.В.; Дичок О.В.
Херсонська філія Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Херсон

Потоки грошових коштів, товарів, послуг та інформації є об'єктом управління господарюючого суб'єкту, в тому числі банківської установи. З позиції банківського бізнесу банківська логістика являє собою інструмент управління грошовими потоками, який дозволяє забезпечити прибутковість банківської установи.

Об'єктом дослідження банківської логістики є, в першу чергу, головний потік –грошовий, а також допоміжні (обслуговуючі) потоки – інформаційний, матеріальний, кадровий. Грошовий потік визначається як сукупність розподілених в часі надходжень та витрат грошових коштів, що генеруються банківською установою. До завдань банківської логістики в АТ «Райффайзен Банк Аваль», передусім, відноситься оптимізація грошових потоків клієнтів. Упорядкування управлінської інформації, забезпечення систематизованого дослідження та управління об'єктами банківської логістики, визначення їх структури передбачає здійснення класифікації цих об'єктів.

Грошові потоки банківської установи АТ «Райффайзен Банк Аваль» доцільно класифікувати за наступними ознаками.

В залежності від обслуговування банківського процесу розглядаються: грошовий потік банківської установи в цілому, грошовий потік за певними напрямками та видами банківської діяльності, грошовий потік окремих структурних підрозділів, грошовий потік за окремими господарськими операціями.

Відповідно до напрямків руху виділяються: вхідний (позитивний) грошовий потік і вихідний (негативний) грошовий потік.

За видами банківської діяльності розрізняються: потік з операційної діяльності, потік з інвестиційної діяльності, потік з фінансової діяльності.

Залежно від вартісного складу визначаються: валовий грошовий потік і чистий грошовий потік.

За відношенням до певного інвестиційного проекту аналізуються: діючий грошовий потік та ретроспективний грошовий потік.

Відповідно до ступеню пріоритетності виокремлюються: пріоритетний грошовий потік і другорядний грошовий потік.

За рівнем достатності обсягу розглядаються: надлишковий грошовий потік і дефіцитний грошовий потік.

Згідно з характером грошового потоку відносно банківської установи виокремлюються: внутрішній грошовий потік і зовнішній грошовий потік.

За вартісною оцінкою в часі визначаються: поточний грошовий потік і майбутній грошовий потік.

У відповідності з часом погашення протягом часового періоду розмежовують: платежі пренумерандо (на початку періоду) та постнумерандо (наприкінці періоду).

За формою використання грошових коштів існують: готівковий та безготівковий потоки.

В залежності від використовуваної валюти розрізняються: грошові потоки в національній валюті та іноземній валюті,

Відповідно до можливостей регулювання виокремлюються: грошові потоки, які підлягають регулюванню, та грошові потоки, що не підлягають регулюванню.

Така класифікація надає диференційовану інформацію для аналізу грошових потоків, яка дає змогу визначати напрямки витрат коштів, виявляти чинники, що призвели до їх дефіциту або надлишку, створює

базу для планування руху грошових коштів, сприяє визначенню шляхів підвищення доходності банківської установи.

Список літератури:

1. **Біломістна І. І.** Логістичний підхід до управління фінансовими ресурсами банку / І. І. Біломістна, С. О. Тридід // Фінансово-кредитна діяльність: проблеми теорії і практики : зб. наук. праць. – Харків, 2010 – Вип. № 2 (9). – с. 78–83.

2. **Внукова Н. М.** Удосколалення організації діяльності банків за логістичним підходом / Н. М. Внукова, С. О. Колодізєва // Фінансово-кредитна діяльність: проблеми теорії і практики : зб. наук. праць. – Харків, 2011. – Вип. № 1 (10). – с. 72

3. **Груша О. В.** Підвищення ефективності банківської системи України за допомогою інструментарію логістики [Електронний ресурс]. – Режим доступу : www.nbuv.ua/Portal/natural/VNULP/Logistyka/2008.

УДК 627.21

ФАКТОРИ, ЩО ВИПЛИВАЮТЬ НА ФОРМУВАННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЮ КОНКУРЕНТНОЇ СТРАТЕГІЇ ПІДПРИЄМСТВ ПОРТОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Надточій І.І.; Якубсон Л.Є.
Херсонська філія Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Херсон

На сучасному етапі однією з основних рушійних сил економічного зростання є конкуренція, яка змушує підприємства портової галузі постійно вишукувати нові шляхи розширення обсягів і підвищення якості послуг, що надаються, зниження цін на них. Це визначає актуальність і необхідність формування та реалізації конкурентної стратегії підприємств.

Разом з підприємствами портової галузі у здійсненні переміщення вантажів задіяно багато інших учасників транспортного процесу, таких як підприємства-виробники товарів, експедитори, перевізники (залізнична дорога, автотранспортне підприємство тощо), стивідорні компанії, судновласники та митні органи і т. д. Робота підприємства портової галузі безпосередньо залежить від узгодження і координації їхніх дій. Одночасно з виробничою діяльністю на підприємствах портової галузі реалізується національна морська, митна та прикордонна політика держави, що формує широке коло різного роду правовідносин.

На підприємства портової галузі впливає безліч різноманітних факторів зовнішнього та внутрішнього середовища. У першому наближенні сукупність цих факторів показана на рис. Впливаючи на діяльність підприємств, вони мають враховуватися при формуванні та практичній реалізації конкурентної стратегії підприємств.

На базі наведеної класифікаційної схеми для кожного підприємства доцільно встановлювати конкретну сукупність факторів, визначати силу дії кожного та розробляти заходи, спрямовані на підсиленню дії позитивних і послаблення впливу негативних факторів.



Внутрішні та зовнішні фактори, які впливають на розробку та реалізацію конкурентної стратегії підприємства портової галузі

УДК 656.076

ПЕРЕДУМОВИ СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ЦІН НА ПАЛИВО, ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИТРАТ, ФРАХТОВИХ СТАВОК ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СУДЕН ТИПУ «JENNY»

Ломоносов А.В.; Свечніков В.В.
Херсонська філія Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Херсон

Витрати на паливо і мастильні матеріали завжди мали велику питому вагу в загальних витратах на експлуатацію суден. Їх величина визначається дальністю маршруту судна, швидкістю хода, співвідношенням тривалості ходового часу, часу маневрів і часу стоянок під навантаженням і вивантаженням, які залежать від конкретних умов роботи судна (особливості гідрогеографічних умов в районі плавання, необхідність шлюзування, проходження складних ділянок, включаючи мости, норми обробки вантажу в портах) тощо.

Для витрат на паливо у теперішній час характерний динамізм, який зумовлений нестабільністю цін. Зростання останніх суттєво збільшує величину експлуатаційних витрат, скорочує прибуток та зменшує рентабельність перевезень.

Разом з тим, зміна ціни на паливо впливає і на величину фрахтових ставок. Аналіз контрактів ТОВ «Судноплавне агентство «Посейдон» дав змогу виявити досить тісну залежність між розмірами фрахтових ставок морських перевезень в районах Чорного та Середземного морів і цінами на паливо. ТОВ «Судноплавне агентство «Посейдон» на двох лініях (порти Чорного моря України – Олександрія та порти Чорного моря України – Гібралтар) експлуатує два балкера типу «Jenny», транспортуючи аміачну селітру. При відносній стабільності основних складових експлуатаційних витрат найбільш рухомими є витрати на паливо, які впливають також і на величину фрахтових ставок.

З цієї причини, доцільним уявляється статистичне дослідження залежності розміру фрахтових ставок від цін на паливо. За умов підтвердження їх тісного зв'язку виникає можливість прогнозування ефективності експлуатації розглядуваних суден при транспортуванні мінеральних добрив. Це набуває особливої актуальності, зважаючи на можливості організації поставок мінеральних добрив в Порт-Саїд, на південь Середземного моря в порти Бенгазі та Тріполі, на схід в порти Хайфа, Бейрут і Латакія, а також в порти Іскандерун та Ізмір.

УДК 656.614

ЛОГІСТИЧНІ СХЕМИ МОРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ БАЛКЕРАМИ ТИПУ "JENNY" ДО ПОРТІВ СЕРЕДЗЕМНОГО МОРЯ

Ломоносова О.Е.; Суліковський Д.Я.
Херсонська філія Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Херсон

Морський та річковий транспорт, який є найбільш економічним, а на певних напрямках – і єдино можливим, відіграють найважливішу роль у перевезеннях. Особливе значення він має для перевезеннях масових вантажів, до яких відносяться хімічні та мінеральні добрива. Незважаючи на їх невелику частку в обсязі відповідно морських і річкових перевезень, їх транспортування для України уявляється досить перспективним.

ТОВ «Судноплавне агентство "Посейдон» експлуатує два балкера типу "Jenny" Вони використовуються для транспортування аміачної селітри з портів Чорного моря в порти Середземного до портів Александрія та Гібралтар. Основними виробниками аміачної селітри в Україні є ПАТ «Азот» (м. Черкаси), ПАТ «Одеський припортовий завод» (м. Одеса) та ВАТ «Дніпроазот» (м. Кам'янське Дніпропетровської області).

Найбільш зручними для завантаження балкерів типу "Jenny" є:

- Іллічівський морський торговельний порт;
- Херсонський морський торговельний порт;
- Скадовський морський порт;
- Миколаївський морський торговельний порт.

Для всіх виробників і замовників може застосовуватися єдина схема переміщення вантажів, яка наведена на рис. 1.

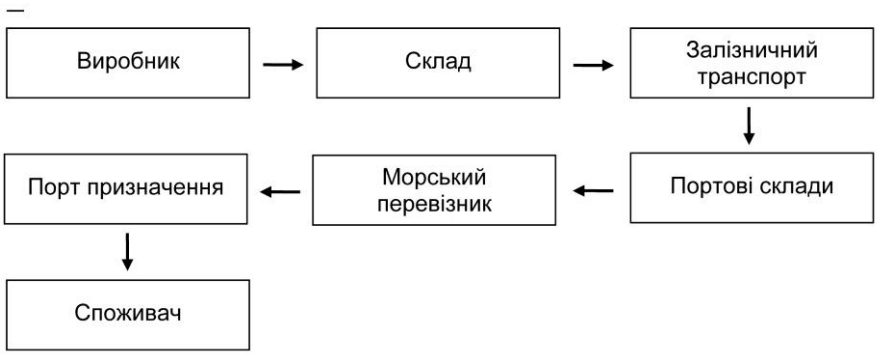


Рис. 1. Загальна логістична схема доставки вантажів від виробника до споживача

Відстань від портів Чорного моря до порту Гібралтар майже вдвічі більша, ніж до порту Александрія, що суттєво впливає на величину фрахтових ставок. Фрахтові ставки з м. Херсона, м. Миколаєва та м. Скадовська практично не відрізняються, а характер їх змін аналогічний. Тому експлуатаційні витрати, а також загальний ефект використання суден залежатимуть, головним чином, від тривалості кругового рейсу.

З метою визначення ефективності роботи балкарів типу «Jenny» на двох розглядуваних напрямках здійснюється порівняльний аналіз логістичних схем морських перевезень мінеральних добрив.

Логістичні схеми доставки мінеральних добрив від ПАТ «Азот» (м. Черкаси) та ПАТ «Дніпроазот» (м. Кам'янське) через українські морські торговельні порти до портів Гібралтар та Александрія наведені на рис. 2.

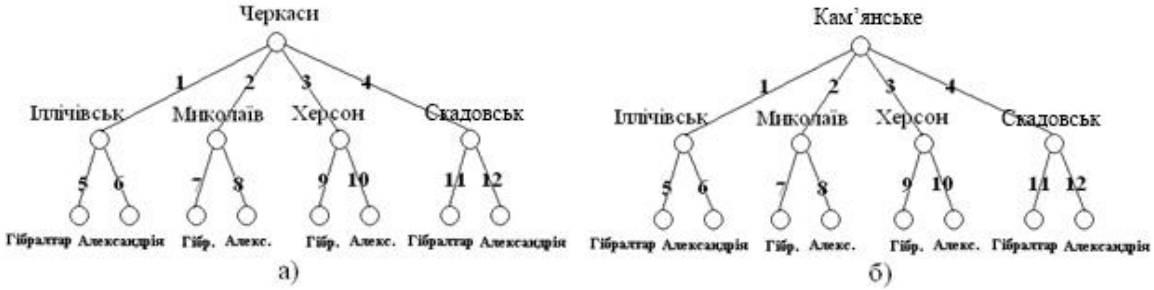


Рис. 2. Логістичні схеми доставки мінеральних добрив
а) від ПАТ «Азот» (м. Черкаси) в порти Гібралтар та Александрія;
б) від ПАТ «Дніпроазот» (м. Кам'янське) в порти Гібралтар та Александрія

Кожна із логістичних схем являє собою варіанти доставки вантажу (виробник – порт призначення) та складається з двох транспортних ланок (виробник - порт завантаження – порт призначення). Аналіз часу перевезення вантажу здійснюється за допомогою табл. 1 і табл. 2.

Аналіз дозволив зробити висновок, що оптимальними варіантами логістичних схем є перевезення вантажу як до порту Гібралтар, так і до порту Олександрія, через порт Іллічівськ. Найбільш раціональною логістичною схемою є організація відвантаження аміачної селітри з ПАТ «Дніпроазот» (м. Кам'янське) по маршрутах: Кам'янське – порт Іллічівськ – порт Гібралтар (30,26 діб); Кам'янське – порт Кам'янське – порт Александрія (21,29 діб).

Для забезпечення безперебійних морських перевезень ТОВ «Судноплавне агентство «Посейдон» доцільно розробити регулярний графік поставки аміачної селітри з ПАТ «Дніпроазот» у відповідні порти.

Таблиця 1 Аналіз маршрутів доставки мінеральних добрив від виробника ПАТ «Азот»

Код логістичної схеми	Час, діб									
	Залізничним транспортом				Малотоннажним судном – балкер типу «Jenny»					
	завантаження	транспортування	вивантаження	разом	завантаження	час стоянки	Ходовий час та час маневрів	вивантаження	разом	Загальний
Черкаси-Гібралтар										
1 – 5	8	1,21	2,67	11,88	0,62	0,48	17,66	0,52	19,28	31,16
2 – 7	8	1,00	4,00	13,00	1,00	0,54	17,69	0,52	19,75	32,75
3 – 9	8	1,03	4,00	13,03	1,00	0,57	17,73	0,52	19,82	32,85
4 – 11	8	2,17	4,00	14,17	1,00	0,58	17,98	0,52	20,08	34,25
Черкаси-Александрія										
1 – 6	8	1,21	2,67	11,88	0,62	0,48	8,69	0,52	10,31	22,19
2 – 8	8	1,00	4,00	13,00	1,00	0,54	8,89	0,52	10,95	23,95
3 – 10	8	1,03	4,00	13,03	1,00	0,57	8,94	0,52	11,03	24,06
4 – 12	8	2,17	4,00	14,17	1,00	0,58	9,23	0,52	11,33	25,50

Таблиця 2 Аналіз маршрутів перевезення мінеральних добрив від виробника ПАТ «Дніпроазот»

Код логістичної схеми	Час, діб									
	Залізничним транспортом				Малотоннажним судном – балкер типу «Jenny»					
	завантаження	транспортування	вивантаження	разом	завантаження	час стоянки	Ходовий час та час маневрів	вивантаження	разом	Загальний
Кам'янське-Гібралтар										
1 – 5	7	1,31	2,67	10,98	0,62	0,48	17,66	0,52	19,28	30,26
2 – 7	7	0,95	4,00	11,95	1,00	0,54	17,69	0,52	19,75	31,70
3 – 9	7	0,93	4,00	11,93	1,00	0,57	17,73	0,52	19,82	31,75
4 – 11	7	1,68	4,00	12,68	1,00	0,58	17,98	0,52	20,08	32,76
Кам'янське-Александрія										
1 – 6	7	1,31	2,67	10,98	0,62	0,48	8,69	0,52	10,31	21,29
2 – 8	7	0,95	4,00	11,95	1,00	0,54	8,89	0,52	10,95	22,90
3 – 10	7	0,93	4,00	11,93	1,00	0,57	8,94	0,52	11,03	22,96
4 – 12	7	1,68	4,00	12,68	1,00	0,58	9,23	0,52	11,33	24,01

УДК: 656.07

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ КОРИДОРЫ В МЕХАНИЗМАХ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ УКРАИНЫ

Фатеев Н.В., Поткин А.А., Емец А.А.,
Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова

Транспортный коридор – это часть транспортной системы, которая обеспечивает грузовые и пассажирские перевозки между отдельными географическими районами и включает совокупность технологических, организационно-правовых механизмов осуществления этих перевозок.

Международные транспортные коридоры (МТК) – высокотехнологическая транспортная система, концентрирующая на генеральных направлениях транспорт общего пользования (железнодорожный, автомобильный, морской, трубопроводный) и телекоммуникации. МТК наиболее эффективно функционируют в условиях преференциального режима, включая единое таможенное или экономическое пространство.

Панъевропейские транспортные коридоры определены на II-ой панъевропейской конференции по транспорту на Крите в марте 1994г., дополнения внесены на III-й конференции в Хельсинки в 1997г. Поэтому, независимо от географического положения, эти транспортные коридоры также иногда называют критскими коридорами или хельсинскими коридорами. Евроазиатский транспортный коридор ТРАСЕКА Западная Европа – Центральная Азия-Китай (Азейбарджан, Армения, Болгария, Грузия, Казахстан, Кыргызстан, Молдова, Румыния, Таджикистан, Туркменистан, Турция, Узбекистан, Украина). Главная цель и главное достижение ТРАСЕКА – создание такого транспортного коридора, при движении грузов по которому можно было бы обойтись одним стандартизированным пакетом документов – даже при использовании разных видов транспорта. В настоящий момент перед ТРАСЕКА стоят задачи, очень важные для Украины – в первую очередь, реализация концепции развития международных перевозок, повышение конкурентоспособности и привлекательности автомобильных маршрутов коридора. Тем более, что Украина получила великолепный шанс – она выполняет до середины 2017г. функции председателя совета транспортного коридора ТРАСЕКА. Озвученная в 2013г. стратегия развития Китая ставит перед собой цели углубления сотрудничества между странами через которые проходит транзитный коридор Европа-Азия. Стратегия состоит из двух компонентов в рамках программы по построению «Нового шелкового пути»: экономический (наземный) пояс шелкового пути и морской шелковый путь. Стратегия подчеркивает желание Китая играть более весомую роль на мировой арене, и необходимость экспорта китайской экономики в отдельных сегментах. Морской шелковый путь дополняет экономический пояс и является инициативой по интеграции в Юго-Восточной Азии, Океании и Северной Африке путем развития инфраструктурных проектов в морской отрасли. Украина имеет возможности участвовать в реализации Нового шелкового пути.

Задачи формирования МТК:

- согласованное развитие транспортной инфраструктуры с целью интеграции евроазиатских транспортных систем для беспрепятственного передвижения через национальные границы пассажиров и грузов;
- рационализация взаимодействия между различными видами транспорта в интермодальной транспортной цепи;
- оптимизация транспортного процесса с целью повышения качества перевозок и снижения транспортных издержек в конечной стоимости товара;
- создание условий для снижения тарифов на перевозки пассажиров и грузов во внутреннем сообщении посредством повышения загрузки отечественной транспортной сети и лучшего использования имеющихся резервов;
- содействие освоению новых территорий и развитию приграничного сотрудничества, освоению новых внутренних и международных рынков;
- повышение мобильности населения и улучшение транспортной доступности регионов;
- переключение транзитных и украинских внешнеторговых грузопотоков с портов и других стран на отечественные морские порты;
- повышение привлекательности инвестиционных проектов развития международных транспортных коридоров;
- содействие развитию международного туризма и культурных связей.

Финансирование формирования и развития транспортных коридоров осуществляется международными транспортными организациями, а также заинтересованными странами и частными инвесторами.

Список литературы:

1. **Миротин Л.Б.** Транспортная логистика: Учебник/ М: Издательство «Экзамен», 2005. – 512с.
2. **Крикавський Є.В.** Логістичне управління: Підручник – Львів: видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2005р – 684с.

СЕКЦІЯ №11
ІННОВАЦІЇ В СИСТЕМІ ПІДГОТОВКИ ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАХІВЦІВ

УДК 378(477)(091)

ВИЩА ОСВІТА В УКРАЇНІ В 1991–2016 РР.: НОВІ КРОКИ НА ШЛЯХУ ДО …

О. В. Бобіна,
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова (Україна, Миколаїв)

За двадцять п'ять років незалежності система вищої освіти України значно змінилась. З радянськими часами її пов'язує хіба-що будівлі більшості ВНЗ і покоління викладачів і батьків, при цьому останні не досить добре розуміють як навчаються їхні діти. Таким чином відкривається ще один напрям профорієнтаційної роботи – робота з батьками вступників. Більшість змін в системі вищої школи відбувалось досить хаотично, осягнення змін і їхніх наслідків приходило «на марші». Вища школа в своїх змінах пройшла довший шлях, і накопичила більший досвід ніж шкільна освіта. І зараз зрозуміло, що зміни в вищій школі тісно пов'язані з реформою шкільної освіти. Базова реформа середньої школи – профілізація. Профілізація школи використовувалась в СРСР ще з другої половини 70-х рр., але лише зараз постало питання про масштабні зміни. Неможливо реформувати вищу освіту без реформування середньої школи.

Ми вже звертали увагу на зміни що відбувались в системі вищої освіти [1, с. 680-681]. Зараз зосередимо увагу на кроках що були здійсненні за останні п'ять років. Зробимо це дещо хаотично, тому що кожні зміни є вагомі і пріоритетні. Важливим фактором, що визначає майбутнє став перехід вищої освіти на світову схему підготовки фахівців-науковців: бакалавріат-магістратура-доктор філософії. 2016 р. став останнім коли оголошено конкурс на здобуття кваліфікаційного рівня «спеціаліст». ВНЗ вже близько 5-7 років активно розвивають програми магістрів, а з 2016 р. запускаються програми підготовки доктора філософії. Звичайним явищем в системі вищої освіти стали процеси ліцензування і акредитації, і за останні роки їх адміністрування зазнало значних змін. Адміністрування вищої освіти поступово переводиться в «мережу і цифру». Система вищої освіти все перераховує, відслідковує, оцифровує. На початку 2000-х система почала перераховувати всі дипломи про вищу освіту і тепер диплом куплений в підземному переході м. Києва не гарантує спокійного життя. Потім порахували студентські квитки, а згодом і студентів. За останні два роки оцифровували викладачів, ліцензійні і акредитаційні справи. Таким чином створений монстр під назвою ЕДБО (з різними закінченнями і інтерпретаціями). А щодо ліцензування і акредитації запускається робота нового державного органу відповідального за цю роботу. З 2016 р. введено новий перелік напрямів підготовки який за 1991–2015 рр. розрісся більш ніж на двісті. Така ситуація була зручна для багатьох технічних кафедр але незрозуміла для світового освітнього простору. Та процеси зростання організаційних структур так їх згортання викладаються в певні алгоритми управління великими структурами. Серйозним кроком у формуванні нової парадигми освітнього процесу в ВНЗ стало повернення до річного навчального навантаження на викладача у 600 годин. Це було досягнуто за рахунок максимального зменшення видів навчальних робіт – таких як індивідуальна робота, консультації, курсові і т. ін. Зауважимо, що в Білорусії і Росії навантаження залишилось на рівні 900 годин. Таким чином, начебто відбувався перехід на світові стандарти навчального процесу, а саме: збільшення самостійної роботи студента, інтенсивні форми і види навчання, консультативно-експертна роль викладача, можливість за рахунок зменшення навчального навантаження займатись науковою діяльністю. Через це, а також відсутність грошей в бюджеті посилились вимоги щодо здобуття вчених ступенів і вчених звань. Це стосується знання англійської мови на недосяжному рівні (рівень В2), публікацій в джерелах, що індексуються світовими науковометричними системами. Причому наголос робиться на одній – т. зв. SCOPUS, а сама поширена ігнорується – Google Scholar. Цікаво-неоднозначно виглядає ситуація з вимогами до дисертацій і магістерських робіт. Важливим явищем став запуск системи антиплагіату. Але українська вища освіта не створила такого яскравого феномену як «http://www.dissernet.org»і залишила для внутрішнього використання систему написання дисертації за гроші в неприкритому вигляді. Поки що екзотичним але необхідним явищем для ВНЗ стає система управління якістю освіти (СУЯО Україна), або «система управления/ менеджмента качества образования» в Росії. У наших колег в Росії вона набула поширення дещо раніше, але впроваджується досить активно завдяки адміністративним зусиллям. Отже в сучасному глобальному світі важко прожити без ISO 9001. Глобальний світ примусив ВНЗ України включитись в гонку рейтингів. Ранжування ВНЗ України цікавий приклад вдалого використання поширеного інструмента для розвитку внутрішньої конкуренції і гарячих дискусій про принципи ранжування. Нажаль один із самих вагомих рейтингів України (рейтинг Ахметова) припинив своє існування.

Позитивним явищем розвитку вищої освіти стала можливість реалізувати інтелектуально-методичні потуги викладачів у вигляді різноманітних підручників, посібників та інших друкованих матеріалів.

Незважаючи, нерідко, на суперкомпілятивність, ця друкована продукція дає змогу оцінити інтелектуальний рівень авторів і організацію такого виду роботи у ВНЗ. Двадцять п'ять років надали викладачам ВНЗ можливість представляти свої наукові досягнення на конференціях різного рівня, великій кількості журналів, інших виданнях. Всі ці та ряд інших парадигм розвитку вищої освіти закріплені в новому Закон «Про вищу освіту» (Верховна Рада України; Закон від 01.07.2014 № 1556-VII). Всі освітяни чекають на закони «Про освіту», і «Про професійну освіту».

Реальним досягненням вищої освіти України стало народження «нового студентства» яке за 1990–2014 рр. здійснило три революції, вигнало Президента який зрадив державу, захистило і захищає Україну від путінської агресії, готове навчатись і в своїй країні, і за кордоном. І все це при наявності «здорового» цинізму і прагматизму в молодих головах і перманентних кризах в державі.

Без сумніву, залишається велика кількість негараздів в системі вищої школи. Від необхідності боротися з корупцією до відсутності фінансової автономії, складної ситуації з студентськими гуртожитками та іншою матеріальною базою, незрозумілою системою розподілу бюджетних місць у вступній кампанії 2016 р., назрілим питанням реформування стипендіального забезпечення. Але на нашу думку система вищої освіти більшою мірою змогла пристосуватися до жорстокого, дикого, олігархічного капіталізму що утвердився в Україні.

Література:

1. **Бобіна, О. В.** Вища освіта в Україні в 1991–2011 рр.: основні тенденції функціонування / Олег Бобіна // Інновації в суднобудуванні та океанотехніці : Матеріали 3-ї міжнародної науково-технічної конференції. – Миколаїв : НУК, 2012. – 736 с.
2. Закон «Про вищу освіту» : станом на 1 лип. 2014 р. / Відомості Верховної Ради України від 15.08.2014 р. –2014 р. – № 37-38. – стор. 2716. – стаття 2004.

УДК 378.147

ВИХОВНИЙ ТА НАВЧАЛЬНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ПОЗААУДИТОРНОЇ РОБОТИ ПРИ ВИВЧЕННІ ІНОЗЕМНИХ МОВ У ВНЗ

Кисельова Т.В., Смуглякова М.К., Шарапова В.В.,
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова

Серед різноманітних форм організації навчально-виховного процесу у ВНЗ позааудиторна робота займає одне з важливих місць і є органічним елементом всієї системи навчання іноземної мови. Питання організації позааудиторної роботи відноситься до числа найбільш актуальних проблем сучасної педагогічної науки у зв'язку з тим, що підвищення якості вищої освіти неможливе без пошуку нових підходів, форм і методів.

Позааудиторна робота будується на наступних принципах:

1) Принцип зв'язку навчання з життям.

Реалізація цього принципу дозволяє забезпечити тісний зв'язок позааудиторної роботи з іноземної мови з умовами життя і діяльності студентів. Основні умови реалізації цього принципу наступні: ознайомлення студентів з актуальними подіями в житті нашої країни і за кордоном; дискусії на найбільш актуальні теми, широке використання краєзнавчого матеріалу.

2) Принцип комунікативної активності студентів.

Величезне значення для стимулювання комунікативної активності має не тільки різноманітність видів діяльності, але й її змістовна сторона. Використання автентичних матеріалів, їх пізнавальна цінність і цікавість викликають потребу в спілкуванні, заохочують студентів до активної співпраці.

3) Принцип поєднання колективних, групових та індивідуальних форм роботи.

Вміле поєднання колективної, групової та індивідуальної форм роботи засновано на хорошому знанні викладачами контингенту учнів, їхніх інтересів, можливостей, планів. Це дозволяє оптимально підібрати партнерів, розподілити їх ролі. Індивідуальні, групові та колективні види діяльності повинні органічно поєднуватися між собою.

4) Принцип міжпредметних зв'язків у підготовці та проведенні позааудиторної роботи з іноземної мови.

У міжпредметних зв'язках реалізується одна з вимог системного підходу до роботи, що проводиться при навчанні і вихованні студентів. З урахуванням цієї вимоги позааудиторна робота з іноземної мови проводиться не ізольовано, а в тісному взаємозв'язку з іншими навчальними дисциплінами. У процесі здійснення різних міжпредметних зв’язків студенти переконуються, що їм потрібна не механічна сума знань з

різних предметів, а їх взаємопов'язана система, здатна до динамічної перебудови, що вимагає специфіка їхньої майбутньої професійної діяльності.

Олімпіада з англійської мови, яка щорічно проводиться в Національному університеті кораблебудування імені Адмірала Макарова, дає можливість студентам оцінити свій рівень знань та спонукає до подальшого вдосконалення рівня мовної компетенції. Олімпіада проводиться на базі кафедри сучасних мов НУК. Усі студенти університету незалежно від курсу та спеціальності можуть брати участь в цьому змаганні. Оргкомітет розробляє конкурсні завдання та систему оцінювання результатів заходу. Для проведення олімпіади підбираються завдання «просунутого» рівня або, відповідно до класифікації ESP, рівня С1 і С2. Завдання перевіряють конкурсантів з усіх аспектів мовної компетенції, а саме: говоріння, знання лексики, граматики та аудіювання. Олімпіада складається з трьох етапів. У першому етапі перевіряються навички студентів розуміти текст на слух, у другому етапі студенти показують знання з лексики та граматики . Останній етап змагань - це можливість проявити свої вміння робити усне висловлювання на запропоновану тему.

Для того, щоб показати відмінні результати, студенти мають бути ерудованими, мати добрі знання лексичного та граматичного матеріалу, уміння розпізнати синтаксичну структуру текстів. Переможці та призери нагороджуються грамотами та одержують грошові винагороди від студентського профкому НУК. Олімпіада спрямована на виявлення дійсних знань конкурсантів, дозволяє відчути себе в екстремальних умовах, перевірити свої знання та зробити для себе певні висновки щодо рівня володіння англійською мовою.

Позааудиторна робота із студентами у ВНЗ має ряд суттєвих переваг у порівнянні з аудиторною, зокрема: не обмежена строго в часі, виключає авторитарне керівництво викладачів, студенти об‘єднуються за інтересами, що позитивно впливає на міжособистісні відносини учасників, сприяє їх самореалізації.

Література:

1. **Kuh, George D.** "The Other Curriculum: Out-of-Class Experiences Associated with Student Learning and Personal Development." Journal of Higher Education. 2005. – pp. 123–155.

2. **Nunan D.** The Learner-Centered Curriculum: a Study in a Second Language Teaching. Cambridge: CUP, 2011. 295 p.

УДК 378.147:811.111

НАВЧАННЯ ОБДАРОВАНИХ СТУДЕНТІВ У ТЕХНІЧНИХ ВНЗ

Кириченко С. В.,
Національний університет кораблебудування

Нагальною потребою сучасної освітньої науки в Україні є створення сприятливих умов для формування і розвитку обдарованої молоді. Пріоритетним напрямком державної політики нашої країни є виявлення та розвиток інтелектуальних та творчих здібностей, дослідження теоретичних основ ефективного навчання талановитих студентів, адже щороку вони роблять багато оригінальних винаходів, що можуть змінити світ та вивести нашу країну на новий технологічний рівень.

Завданням викладачів технічних ВНЗ є ідентифікувати талановиту молодь, щоб допомогти їй досягти успіхів в певній діяльності, сприяти розвитку інтересу до креативності, розвивати конструктивні винахідницькі можливості. Під час організації навчально-виховного процесу викладачі мають враховувати специфічні внутрішньоособистісні характеристики студентів: активність та енергійність, незалежність суджень, оригінальність, комунікативність, відкритість, несприйняття одноманітних завдань та прагнення вирішувати складні проблеми, критичність, легкість в засвоєнні нового матеріалу, наполегливість, вміння абстрагувати, узагальнювати та комбінувати знання, сформованість спеціальних здібностей, посилена розумова діяльність, вміння передбачувати наслідки, яскрава уява, оригінальність та ін. Обдаровані особистості в період юності відрізняються впевненістю та силою характеру.

Основними засобами виявлення талантів серед студентів під час навчально-виховного процесу технічних ВНЗ є спостереження за результативністю роботи на заняттях, індивідуальні нестандартні завдання підвищеної складності, проектне навчання, співбесіди та консультації. До позанавчальної роботи відносять проведення факультативів, додаткових занять, олімпіад, конкурсів, конференцій, науково-практичних семінарів, презентацій, публікування доповідей і статей тощо. Перші ознаки обдарованості викладач може виявити різними способами: спостереженням, тестуванням, опитувальними листами; аналізом тестових і творчих робіт тощо. Науково-дослідна робота є одним з провідних напрямків виявлення і розвитку

талановитих студентів. До неї відноситься написання курсових, бакалаврських, дипломних і магістерських робіт, участь у науково-дослідницькій роботі кафедр, участь у проектах та розробка власних ідей, виставка-демонстрація своїх наукових досягнень, участь у програмах обміну для студентів вищих навчальних закладів, міжнародних грантах, підготовка експонатів на виставки, розробка наукових проектів. Для активізації навчальної діяльності обдарованих студентів технічних ВНЗ, викладачі мають використовувати інтерактивні, пошукові, дослідницькі та проектні методи. Робота з обдарованими студентами може здійснюватися як в спеціальних групах за відповідною програмою, так і в гетерогенних групах за індивідуальним планом і програмою. Для таких студентів припускається прискорене навчання, інваріативні навчальні плани, створення груп за інтересами для дослідження певних наукових проблем.

Важливим завданням для керівництва технічних університетів стосовно організації навчання обдарованих студентів є створення відповідних умов, за яких викладачі та студенти будуть мати змогу мати відповідну матеріальну базу начального закладу, фінансування дослідницьких робіт, різні форми заохочення (грамоти, премії, матеріальні нагороди тощо), додаткові години для співпраці. Викладачі повинні мати змогу підвищувати свою кваліфікацію в сфері навчання обдарованих студентів для того, щоб вміти диференціювати різні типи обдарованості та розроблювати додаткові завдання з кожного предмету, створювати відповідні плани роботи та пропонувати перспективні теми наукових досліджень. Доречно кожному викладачеві вести «професійний журнал», в якому він міг би фіксувати свої наукові досягнення, досвід, успіхи його діяльності, зокрема в роботі з обдарованими студентами.

Важливою складовою у навчанні обдарованих студентів технічних спеціальностей, які займаються науково-дослідницькою діяльністю, є надання певних пільг, таких як навчання у магістратурі, аспірантурі або робота в складі кафедри. Обдаровані студенти повинні мати певні привілеї, такі як безкоштовне навчання, підвищена (іменна) стипендія, індивідуальний графік, право вільного відвідування занять, екстернат, безкоштовна публікація у наукових виданнях та участь у наукових всеукраїнських та міжнародних конференціях. До основних проблем щодо навчання обдарованих студентів в технічних університетах можна віднести недостатність підтримки з боку адміністрації навчального закладу, зокрема матеріальної, а також відсутності відповідних педагогів, які спроможні працювати з такою молоддю.

Таким чином, робота з обдарованими студентами є перспективною в рамках відповідності національної освіти до європейських стандартів. Можна зазначити, що в Україні вже накопичено вагомий досвід навчання і виховання обдарованих студентів, який реалізується як окремими кафедрами, так окремими викладачами університетів.

УДК 378.147:811.111

ОСОБЛИВОСТІ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИКЛАДАННЯ ІНОЗЕМНИХ МОВ В НЕМОВНИХ ВНЗ

Бєлоусова С.М., Шевченко Д.О., Давиденко О.Б.
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова

Традиційне вивчення іноземної мови відносилося до частини лінгвістичних, гуманітарних дисциплін, що входять в коло «загального розвитку» для студентів. Тим часом, сучасна ситуація в світовій освіті і на ринку праці підказує, що іноземна мова в сучасному світі – це не стільки навчальна дисципліна або сфера науки, а й дуже важливий інструмент, який відображає рівень конкурентоспроможності студента і випускника на ринку праці.

Проведені дослідження педагогічної роботи показали, що навчання іноземної мови сьогодні неможливо без інноваційної складової. У світлі сучасних вимог до цілей навчання іноземної мови змінюється статус як студента, так і викладача, які переходять від схеми «викладач – студент» до інноваційних технологій.

Інноваційні технології викладання іноземних мов в немовних ВНЗ полягають в поєднанні традиційних і інтенсивних методів навчання, заснованих на функціонально-комунікативній лінгводидактичній моделі мови та розробці цілісної системи навчання мовного спілкування на професійні теми. При цьому основним завданням сучасного етапу викладання професійно-орієнтованої іноземної мови є створення методик, інтегруючих інтерактивні підходи до навчання і акумулюючих їх переваги для вирішення основної проблеми викладання професійно-орієнтованої іноземної мови – навчання не мови, але мовлення, в більш широкому сенсі – іншомовного спілкування в професійних ситуаціях.

Звісно ж, що ключовим методом в навчанні професійно-орієнтованої англійської мови в сучасній вищій школі є комунікативний метод, в основі якого лежить уявлення про те, що мова служить для спілкування, отже, метою навчання іноземної мови є комунікативна компетенція.

Комунікативний метод має певні характеристики, які докорінно відрізняють його від інших широко відомих методів навчання іноземним мовам. Ці характеристики включають:

• акцент на навчання спілкування за допомогою мови, що вивчається;

• введення автентичних текстів в ситуацію навчання;

• надання студенту можливості концентруватися не тільки на мові, але і на самому процесі навчання;

• введення особистого досвіду студента як важливої складової навчання в рамках аудиторного заняття;

• спроба пов'язати навчання іноземної мови в рамках аудиторного заняття самостійною мовною діяльністю студентів.

Інноваційними комунікативними методиками є методики, засновані на різних формах комунікації з залученням інтерактивних засобів навчання, що включає:

• методи самонавчання – інтернет-сайти, друковані, аудіо- і відеоматеріали;

• методи на основі комунікації «один – одному» - електронна пошта, використання соціальних мереж;

• викладання на базі комунікації «один – багатьом» - аудіо- та відеолекції, електронні лекції (електронна лекція може являти собою не традиційний лекційний текст, а добірку статей або витягів з них, а також навчальних матеріалів, які готують учнів до майбутніх дискусій);

• навчання на базі комунікації «багато - багатьом» - аудіографічні, відео-, аудіо - та комп'ютерні конференції, форуми, робота в соціальних мережах.

Виходячи з вищевикладеного, вважаємо, що використання пропонованих методів навчання, заснованих на комунікативній лінгво-дидактичній моделі мови, а також розробка цілісної системи навчання мовного спілкування на професійні теми будуть сприяти формуванню у студентів цілого комплексу комунікативних і професійно-орієнтованих компетенцій.

УДК 378.147(477

ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕРАКТИВНИХ МЕТОДІВ НАВЧАННЯ У ВИЩІЙ ШКОЛІ

Тригуб О.В., Джулай Г.Г.

Сьогодні дуже важливий вплив на темп розвитку держав і народів має набір чинників, які називаються «соціальним капіталом». Під цим поняттям розуміють «загальноприйняті норми і цінності, які практикуються певною групою людей і дозволяють їм співпрацювати; це - певний потенціал суспільства або його частини, що виникає як результат наявності довіри між його членами. Соціальний капітал є неформальною практикою розуму» [1] Соціальний капітал інтегрує потенціали багатьох особистостей і завдяки співпраці і суспільній терпимості створює все те, що людство вважає своїм надбанням і рушійною силою прогресу.

Знання індивідуума може бути малопридатними, якщо він не здатний брати участь в постійному обміні своїми надбаннями. Такі реалії постіндустріального суспільства вимагають створення нової парадигми в освіті, яка буде базуватись не тільки на особистісно-зорієнтованому навчанні і вихованні, але й враховувати необхідність формування у майбутніх фахівців здатності до співпраці у вирішенні проблем і задач. Тому інтерактивні технології в освіті враховують ці виклики і важливий акцент робиться на інтеграції групи, щоб студенти добре пізнали один одного, навчилися відповідно реагувати та усвідомлювати свою реакцію на чужі позиції і дії, вмінню спільно приймати рішення.

Тому інтерактивні методи є добрим методом побудови громадянського суспільства, в якому людина реалізує три надзвичайно важливі потреби: незалежність, самоврядність та солідарність. При цьому інтерактивні технології сьогодні повинні спиратись на персоналістичну концепцію людини, яка виходить з того, що основою є добро конкретної особи, але те добро реалізується спільно з іншими людьми.

Теоретичною основою запровадження інтерактивних методів навчання мусять бути системний, особистісно-зорієнтований та діяльнісний підходи до побудови дидактичних процесів; теорія оптимізації педагогічного процесу (Ю.К.Бабанський, М.М.Поташник), а також інваріантність процесу навчання взагалі і заняття зокрема, як конкретної форми існування процесу засвоєння знань.

Методологічною основою запровадження інтерактивних методів навчання мусять бути розробки сучасних українських та зарубіжних педагогів у галузі методів та технологій навчання. Теоретичні та практичні розробки в цій галузі належать В.Гузєєву, А.Гіну, О.Пометун, Л.Пироженко, А.Фасолі.

Існують різні підходи до визначення інтерактивного навчання, але найбільш слушним на нашу думку є визначення Пометун О.І. та Л.Пироженко за яким «сутність інтерактивного навчання полягає в тому, що навчальний процес відбувається за умов постійної, активної взаємодії всіх учнів. Це співнавчання, взаємонавчання (колективне, групове навчання в співпраці)…» [2].

Технологія інтерактивного навчання – це така організація навчального процесу, за якої неможлива неучасть у процесі пізнання: або кожен студент має конкретне завдання, за виконання якого він має публічно відзвітуватися, або від його діяльності залежить якість виконання поставленого перед групою завдання.

Інтерактивне навчання використовують в разі застосування ***фронтальної й кооперативної форми*** організації навчальної діяльності студентів

Фронтальна форма передбачає навчання однією людиною групи студентів або цільової аудиторії. Всі студенти в кожен момент часу зайняті завданням із подальшим контролем результатів.

Кооперативне навчання – це форма організації навчання у малих групах, об'єднаних спільною метою.

За кооперативної форми організації навчальної діяльності студентів провідну роль відіграє спілкування і взаємодія студентів один з одним. Продуктивною кооперативна робота може бути лише тоді, коли склад груп постійно змінюється і кожен так чи інакше спілкується з усіма іншими.

Обсяг роботи, що її виконала група, завжди більший за обсяг роботи, виконаної кожним її членом чи часткою групи зокрема.

Кооперативне навчання сприяє активному засвоєнню матеріалу. Спільні дії у малих, обговорення матеріалу з іншими, навчання один одного дають можливість краще зрозуміти, опанувати матеріал.

Розглядаючи розвиток педагогічних технологій в системі вищої освіти, які набули свого застосування в Україні, то можна стверджувати, що в сенсі активізації навчання, зростання його навчально-пізнавального характеру, усі відомі методи навчання можна класифікувати на ***не імітаційні та імітаційні*** [3].

До перших відносять засоби активізації пізнавальної діяльності на лекційних заняттях (або діалогове навчання традиційного типу), а до других – здійснення та ініціювання навчально-пізнавальної діяльності студентів шляхом імітації умінь та навичок, достатніх для їх фахової (професійної) діяльності.

Зазначені *діалогові технології* є домінуючими в освітньому просторі вищої школи України, однак з входженням у Болонський освітній процес ситуація повинна змінюватись на користь активного застосування інтерактивних навчальних технологій, що сприятиме зростанню якості освіти, рівню професійності фахівців, їх мобільності та конкурентоспроможності на ринку праці.

Більш ефективними для роботи з аудиторією студентів слід вважати інтерактивні методи навчання, які, в основному, мають імітаційні форми проведення.

За допомогою імітаційних технологій навчання можлива компенсація наступних недоліків традиційного навчання. Для традиційного навчання, перш за все, властивим є пасивний характер засвоєння знань більшістю студентів, адже педагог виконує роль передавача інформації. Це веде до формального засвоєння знань і не дає розвиваючого результату Другою особливістю традиційного навчання є переважно вербальний характер. Тому воно ефективне лише для тих студентів, у яких розвинуте абстрактне мислення. Студенти з наочно-образним і наочно-дієвим мисленням відчувають великі труднощі в навчанні. До того ж вербальний характер навчання недостатньо розвиває емоційну сферу, почуття студентів. Але ж відомо - інформація, яка не зачепила почуттів, не стає переконанням, не проявляється ні в поведінці, ні в професійній діяльності. Третя особливість традиційного навчання –масовість. Викладач працює з усіма студентами (з масою) і з кожним, але при цьому рідко використовується колектив, як засіб розвитку особистості.

Завдяки імітаційним технологіям навчання вдається уникнути вказаних недоліків традиційного навчання. Це забезпечують такі особливості імітаційних технологій навчання як навчання в діяльності (замість вербального навчання), організація колективної діяльності мислення та використання групи як засобу розвитку індивідуальності [4, с.156].

До неігрових імітаційних методів належать:

- *ситуація (широкоформатна)*, для подальшого розгляду проблемної широкоформатної ситуації слухачам потрібно проаналізувати та оцінити явище і виробити схему вирішення ситуації.
- *мікроситуація*, відрізняється від попередньої тим, що її опис повинен бути доволі лаконічним, стислим, але чітко описувати сутність конфлікту.
- *ситуація-ілюстрація* скерована на опис нового досліджуваного матеріалу з метою закріплення та поглиблення знань, активізації взаємного обміну знаннями між слухачами.
- *ситуація-проблема (ситуаційна задача).* пропонується не лише провести аналіз ситуації алей й запропонувати рішення.
- *ситуація-інцидент* зазвичай спрямована на подолання особистої інертності слухача та вироблення ц нього адекватних засобів поведінки в складних стресових умовах. Ситуація повинна враховувати несприятливі умови і фактори протидії для вирішення ситуації.

Застосування ситуаційних завдань, як імітаційних методів інтерактивного навчання покладено в основу кейс метод та технологію контекстного навчання.

Контекстне навчання орієнтується на те, що знання, вміння, навички даються не як предмет, на який повинні бути направлена активність студента, а як засіб вирішення задач діяльності фахівця. Якщо ж бути

зовсім точним, то контекстне навчання розглядає навчання і майбутню працю не як різні види діяльності, а як два етапи розвитку однієї і тієї ж діяльності в ґенезі [5].

У процесі застосування інтерактивного навчання постійно виникають різні проблеми та труднощі як технічного характеру та оснащення, так і особистісної підготовки викладачів та студентів до такої форми організації навчального процесу. Проте за умови вмілого провадження інтерактивні методи навчання дозволяють залучити до роботи всіх студентів, сприяють виробленню соціально важливих навиків роботи в колективі, взаємодії, дискусії, обговорення. При застосуванні інтерактивного навчання поглиблюється мотивація.

Зазначені методи потребують подальшого вивчення та впровадження при підготовці студентів правознавців.

Список літератури

1. **Абрамов Л.К.** Соціальний капітал - індикатор розвитку громади. [Текст] / Л.К. Абрамов [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.lacenter.org.ua/2013-09-10-08-52-50/64-2013-09-10-08-51-24/617-2010-10-07-13-25-36.html
2. **Пометун О.І.** Інтерактивні технології навчання [Текст] : Наук.-метод. посібн. / О.І. Пометун, Л.В. Пироженко. – К. : Видавництво А.С.К., 2004. – 192 с ; Пометун О.І. Енциклопедія інтерактивного навчання [Текст] / О.І. Пометун, К.: А.С.К. , 2007. – 144 с.
3. Інтерактивні методи навчання [Текст] : Навч. посібник. /За заг. ред. П.Шевчука і П.Фенриха. – Щецін : Вид-во WSAP, 2005. – 170 с.
4. **Стрельніков В. Ю.** Сучасні технології навчання у вищій школі [Текст] : модульний посібник для слухачів авторських курсів підвищення кваліфікації викладачів МІ ПК ПУЕТ / В.Ю.Стрельніков, І.Г.Брітченко. – Полтава : ПУЕТ, 2013. – 309 с.
5. **Лаврентьев, Г.В.** Инновационные обучающие технологии в профессиональной подготовке специалистов [Текст] / Г. В.Лаврентьев, Н.Б.Лаврентьева, Н. А.Неудахина. Ч.2. – Барнаул : Алт. ун-т, 2002. – 232 с.

УДК 378.147:811.161.2

СУЧАСНІ ОСВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА МЕТОДИ НАВЧАННЯУКРАЇНСЬКОЇ МОВИ (ЗА ПРОФЕСІЙНИМ СПРЯМУВАННЯМ) ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАХІВЦІВ

Л.І. Петрович, А.І. Гарбар, І.В. Гарбар,
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Україна

Мова професійного спілкування – це функціональний різновид сучасної літературної мови, яким послуговуються представники певної галузі виробництва, зокрема, фахівці інженерно-технологічної галузі. Набути умінь і навичок професійного спілкування допоможуть сучасні технології та методи навчання української мови у вищій школі.

За потреби створення і впровадження в систему професійної освіти нової фахової ділової комунікації, виникає потреба і в запровадженні нових методів навчання мови, що забезпечить формування та розвиток комунікативної, професійно орієнтованої компетенції особистості, яка здатна зреалізувати свій потенціал.

Організаційними формами роботи у процесі вивчення основного курсу "Українська мова (за професійним спрямуванням)" є практичні заняття. Для формування професійної комунікативної компетенції потрібні навички послуговування вербальними й невербальними засобами обміну інформацією. Цьому сприятиме проведення лінгвістичних "круглих столів", презентацій, дискусій, рольових ігор, тренінгів, які є важливими формами розвивального навчання, сприяють удосконаленню професійного спілкування на задану тему, підвищують інтерес до створення і розв’язання тестів, ведення монологічних бесід чи діалогів.

Основними способами взаємодії (викладача та студентів) у процесі навчання мови є різні лінгводидактичні прийоми: розповідь-слухання, конспектування, спостереження над мовним матеріалом; самостійне опрацювання матеріалу, виконання системи вправ і завдань з використанням словників; виконання тестових завдань; науково-дослідна робота.

Активізувати розумову діяльність студентів допоможуть вправи на редагування, заміну одних синтаксичних конструкцій іншими, скорочення й поширення тексту, добір синонімів чи антонімів, переклад тексту та стійких сполук тощо.

До ефективних технологій навчання української мови слід віднести процес підготовки і передачі інформації студентам через комп'ютерну техніку і програмні засоби. Нині у мовознавстві навіть сформувався окремий напрям – комп'ютерна лінгводидактика [1], яка вивчає теорію і практику використання комп'ютерних і мережевих технологій у навчанні мови. Для реалізації інформаційно-комунікаційних технологій навчання розробляються електронні навчальні посібники, термінологічні словники-мінімуми, глосарії, різноманітні моделі контролю рівня підготовленості студентів: система тестових завдань і вправ для самостійного контролю знань, комплекс запитань і завдань для поточного контролю умінь та навичок студентів.

Ще одним методом активізації заняття є використання проектної методики. Вона дозволяє підвищити активність студентів, формує вміння самостійно приймати рішення, творчо мислити, робити висновки і виступати перед аудиторією. Для того, щоб створити проект з будь-якої теми, студент ґрунтовно вивчає проблему, з'ясовує мету і завдання, структуру викладу; креативно опрацьовує матеріал; естетично оформлює і добирає необхідне відео- чи аудіооформлення, презентує проект перед одногрупниками. Це допомагає урізноманітнити традиційні форми навчання української мови (за професійним спрямуванням).

Отже, основними методами навчання української мови (за професійним спрямуванням) визначено як традиційні, так й інноваційні: стислий та повний виклад матеріалу, частково-пошуковий метод, спостереження над мовою, дослідницький метод, метод моделювання, а також залучення у навчальний процес інформаційно-комунікаційних технологій, що поліпшує якість презентації навчального матеріалу та ефективність його засвоєння, збагачує зміст освітнього процесу, підвищує мотивацію до вивчення української мови.

Наявність різних класифікацій у системі методів навчання мови свідчить про постійний науковий пошук, нагромадження й теоретичне узагальнення педагогічного досвіду словесників, дослідження методів на різних можливих системних рівнях. Інноваційний підхід до проектування навчання української мови у вищій школі, що реалізується через комплекс лінгводидактичних стратегій (рецептивно-мовленнєвого спілкування; продукування текстів; репродуктивного та інтерпретаційного текстотворення, запропонований О. Любашенко [2].

Навчання української мови (за професійним спрямуванням) з використанням сучасних методів та технологій створює для студентів вищих навчальних закладів унікальні можливості в ефективному оволодінні нормами літературної професійної мови.

Література

1. **Бовтенко М. А.** Компютерная лингводидактика / М.А.Бовтенко // – М.: Флинта: Наука, 2005. – 216 с.

2. **Любашенко О. В.** Лінгводидактичні стратегії: проектування процесу навчання української мови у вищій школі : монографія / Олеся Вадимівна Любашенко. – Ніжин :ТОВ "Видавництво "Аспект-Поліграф", 2007. – 296 с.

3. **Сурмін Ю. П.** Метод аналізу ситуацій (case study) та його навчальні можливості / Юрій Петрович Сурмін // Глобалізація й Болонський процес: проблеми і технології : монографія. – К. : МАУП, 2005. – С. 173–199.

УДК 378.147:811.111

SOME ASPECTS OF CASE STUDY METHOD IN TEACHING ENGLISH TO MARINE ENGINEERING STUDENTS

Шляхтіна Олена Семенівна

The case study method has been widely used in education as a learning vehicle with specific educational objectives. It has been highly popular in many disciplines such as economics, social sciences and engineering, where the skills of unstructured and complex problem solving are involved. This article aims to describe how case studies are used when teaching English to marine engineering students.

Why case studies? Case studies provide students with the opportunity of reading, understanding, and discussing a specific problem area. Students are expected to propose logical solutions to the problem presented. Each case is written to leave the student at a decision point with the manager in the case confronted. Tables of data, diagrams, and photographs may be added to help provide a more complete picture. Appendices are normally used to include large amounts of data that would otherwise clutter the text. Film, video, audiotapes, and slide sequences have all been used as vehicles for case descriptions. These all make a case more realistic to the students. They force students to decide on an action under realistic conditions. Students cannot remain passive observers, but are trained to be action-oriented and decisive.

Skills developed through case studies. Learning to listen to each other, respecting others' views on the same subject, as learning when and how to react and to handle information are some of the basic skills which are developed through case studies. As a result, students develop their analytical skills. They also practise applying

concepts, techniques, and principles in analysis. They learn how to judge which techniques are appropriate and applicable, to plan communication, and to analyse values. In addition, students learn to use creativity in generating alternative solutions to the problems.

How students respond to case studies. The case method cannot be considered as either tutorial or lecturer-based. Therefore, many students find the method difficult to adapt to. Critical thinking, creativity, communication skills, as well as attitude, self-analysis, social skills, and decision-making skills are all involved.

There are several steps for case analysis: 1) understanding the situation; 2) diagnosing problem areas; 3) generating alternative solutions; 4) predicting outcomes; 5) evaluating alternatives; 6) rounding out the analysis; 7) communicating the results.

Students are highly recommended to follow the above steps to be able to cope well with a case study. However, fully understanding the situation and also diagnosing the problem is difficult for students. They have the tendency to propose only one solution to the problem instead of putting forward several. Students need to be encouraged to propose more than one solution and to learn how to tolerate or accept the solutions offered by others. Any solution may have a cumulative effect or will have some implications, which need to be considered carefully as well. When students are asked to analyse the case completely and evaluate alternative solutions, they usually get impatient and want the single right answer, which does not exist in real life. Because students fear the criticism of others, they are reluctant to communicate their results.

Case studies materials: selection, adaptation, or creation. Case studies often contain a lot of figures and difficult mathematical calculations which may distract students from discussing the case. Students may also become demotivated by such tasks. Most of the students are in the first year of their faculty. Many case studies, however, are aimed at experienced businessmen who may possess the necessary special vocabulary. Topics covered in case studies may be difficult or too technical for students. It is important that students are familiar with the topic to be discussed. Where possible, case studies should be used to fulfill course objectives. They should, for example, revise or introduce relevant vocabulary.

As a result, teachers are left with two options. First, case studies from textbooks may be adapted so that the problems mentioned above can be eliminated. Alternatively, teachers may design their own cases. The difficulty of case studies may also be graded so that cases introduced at the beginning of courses concentrate on developing students' speaking skills. As students become familiar with case studies, more emphasis can be placed on designing materials which concentrate on developing students' critical and analytical thinking skills.

LITERATURE

Easton, G. Learning from case studies.- Englewood Cliffs NJ: Prentice Hall Regents, 1982. – 83p.

Legutke M. Process and Experience in the Language Classroom / M. Legutke, H. Thomas. – Harlow : Longman, 1991. – 200p.

Educating engineers : Designing for the future of the field / S. Sheppard, K. Macatangay, A. Colby, W Sullivan. – San Francisco, CA : Jossey-Bass, 2009. – 474 p.

Wong L. The learning styles and strategies of effective language learners / L. Wong, D. Nunan. – *System. – 2011. – Issue 2. – V. 39.* – P. 144-163.

УДК 027.7:378.4

РОЛЬ І МІСЦЕ НБ НУК В ІНФОРМАЦІЙНОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Костирко Т.М., Корольова Т.Д.

Глобальні зміни в інформаційній сфері, у сфері вищої освіти України стрімко корегують бібліотечно-інформаційну діяльність, модернізуючи окремі традиційні процеси та впроваджуючи абсолютно нові, що базуються на сучасних комп'ютерних та комунікаційних технологіях. Бібліотека, щоб охопити весь простір інформаційних потоків, де вона виступає як інформаційна інституція, а також сегмент послуг, що нею надаються, орієнтується, в першу чергу, на технології опрацювання електронної інформації, представленої у мережі Інтернет. Одним із прикладів цього став всесвітній феномен висування університетських бібліотек у лідери з організації та розповсюдження сучасних ініціатив наукової комунікації у своїх закладах. Бібліотеки, глибоко інтегровані в освітні та загальнонаукові процеси закладів вищої освіти, активно шукають нові схеми діяльності. Стратегія їх розвитку передбачає максимально повну орієнтацію на інформаційні потреби вченого як інформаційного донора та акцептора знань.

Реалізація нової моделі наукової комунікації (e-science) неможлива без якісного інформаційного забезпечення, аналітичного супроводження наукових досліджень та розповсюдження їх результатів у світовому науково-інформаційному просторі (повнотекстових, реферативних і наукометричних БД, пошукових і довідкових системах, електронних колекціях університетів світу тощо). Тому при наявності підтримки з боку

МОН України та керівництва своїх ВНЗ, саме наукові бібліотеки у змозі реалізувати ряд поточних та перспективних векторів діяльності у напрямку збільшення представництва української науки у глобальному просторі наукових комунікацій.

Аналіз інформаційного потоку із розвитку світової бібліотечної науки й практики та проектів з інтеграції наукових публікацій до міжнародного інформаційного простору дозволяють виокремити ряд поточних і перспективних векторів діяльності бібліотек вищої школи в напрямку збільшення представництва української науки в глобальному просторі наукових комунікацій: а) покращення бібліотеками ВНЗ якості інформаційної підтримки наукових досліджень; б) поширення бібліотеками результатів наукових досліджень ВНЗ у просторі цифрових комунікацій; в) розвиток інформаційно-аналітичної діяльності бібліотек ВНЗ. Вперше ці вектори були розглянуті в роботах кандидата наук із соціальних комунікацій Т. О. Колесникової, директора науково-технічної бібліотеки Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна. Розглянемо реалізацію цих векторів в НБ НУК.

І. Покращення бібліотеками ВНЗ якості інформаційної підтримки наукових досліджень.

З метою максимально повного інформаційного забезпечення науково-дослідної діяльності бібліотека НУК розширює доступи як до власних колекцій електронних видань, так і до світових документальних наукових ресурсів – ліцензованих комерційних БД, інтернет-ресурсів відкритого доступу, БД науково-технічної інформації у тестовому доступі. Так, на сьогодні вчені університету мають можливість користуватися продуктами комерційних інформаційних систем та БД: «Центр навчальної літератури» (укр.), це 930 книг за різними тематиками: економіка, гуманітарні науки, природничі та технічні науки; EBSCO Publishing (США), це повнотекстові, рецензовані спеціалізовані матеріали технічної, соціально-гуманітарної, економічної, медичної та ін. тематики. Тільки протягом 2016 р. було протестовано БД Компанії Thomson Reuters (платформа Web of Science та ресурс InCites Journal Citation Reports), китайські інформаційні продукти China Knowledge Resource Integrated Database, ресурси платформи PressReader, ресурси платформи SAGE, ресурси он-лайн бібліотеки Організації з Економічного Співробітництва та Розвитку (OECD iLibrary), академічні журнали Cambridge University Press, електронні книги німецького наукового видавництва Walter de Gruyter GmbH.

Дуже актуальним сьогодні є створення навігаційної системи орієнтації в галузевих та універсальних повнотекстових, реферативних і наукометричних БД через сайт бібліотеки як «єдине вікно». Формування спеціалізованих інформаційних ресурсів і організація інтелектуального доступу до інтегрованої документної інформації створюють комфортні умови користувачеві під час проведення наукового дослідження, коли велике значення має інтеграція всіх документних джерел наукової інформації (сучасних і ретроспективних, друкованих та електронних). Сайт НБ НУК надає своїм користувачам доступ до електронного каталогу та БД власної генерації, інституційного репозитарію НУК, бібліографічних та вебліографічних покажчиків, різноманітних тематичних списків. У розділі «Електронні ресурси» представлено інтернет-навігатор з ресурсів Відкритого доступу (Open access), також є можливість скористатися електронними ресурсами, передплаченими університетом.

НБ НУК вже багато років проводяться семінари-практикуми для студентів-магістрантів, молодих вчених і аспірантів. Під час проведення таких заходів значна увага приділяється, насамперед, особливостям пошуку наукової інформації як в електронному каталозі бібліотеки, так і в мережі Інтернет. Серед тем, які особливо цікавлять молодих вчених і аспірантів на семінарах, звичайно ж: доступ до міжнародних електронних ресурсів та наукометричних БД Web of Science, Scopus, Google Scholar, eLIBRARY.ru, CiteFactor, DRJI, Index Copernicus, Global Impact Factor (GIF), Universal Impact Factor (UIF) і ін. Особлива увага приділяється пошуку наукової інформації через спеціалізовані пошукові системи, відкриті е-архіви, електронні бібліотеки, освітні платформи БД первинних результатів досліджень, е-лабораторіях, платформах відкритих конференцій. Проводяться індивідуальні роз'яснення аспектів щодо підвищення індексів цитування науковців, впливовості періодичних видань ВНЗ, даються практичні поради з публікування у міжнародних журналах, самоархівування документів у репозитарії НУК. Результатом цієї великої роботи є інформаційна грамотність студентів, викладачів і науковців нашого університету і як підсумок – зростаючий попит на електронні наукові ресурси.

ІІ. Поширення бібліотеками результатів наукових досліджень ВНЗ у просторі цифрових комунікацій.

Діяльність НБ НУК у напрямку організації та супроводження репозитарія ВНЗ було розпочато у 2012 р. з оволодіння потужною інформаційно-технологічною платформою із відкритим кодом – DSpace – для інтеграції наукової документальної інформації університету, що є його інтелектуальною власністю, до глобального простору віртуальних комунікацій.

Так, бібліотекою на платформі DSpace було ініційовано, розроблено та й надалі підтримується репозитарій університету (цифровий архів наукових праць – «eIR NUOS», http://eir.nuos.edu.ua). Його інтегровано до: міжнародної універсальної платформи репозитаріїв відкритого доступу ROAR (Registry of Open Access Repositories, ID: 10505, http://roar.eprints.org/10505/); мультидисциплінарної довідкової системи репозитаріїв відкритого доступу OpenDOAR (Directory of Open Access Repositories, ID 2901,

http://www.opendoar.org/find.php); національної системи відкритих цифрових архівів Simple Search Metadata in open Ukraine archives (http://oai.org.ua/).

До вектора «Поширення бібліотеками результатів наукових досліджень ВНЗ у просторі цифрових комунікацій» слід також віднести реалізацію моделі «бібліотека як видавець/співвидавець наукових е-журналів», координацію діяльності системи сайтів наукових періодичних видань ВНЗ та їх інтеграції до національної системи та реєстрацію наукової періодики ВНЗ у міжнародних каталогах, наукометричних системах різного рівня, пошукових службах та метасховищах наукової інформації. Однак, в НУК ці напрями реалізують підрозділи Науково-дослідної частини.

НБ НУК постійно працює над розширенням презентаційної діяльності щодо популяризації документальних наукових ресурсів університету: створено віртуальні виставки: «Видання вчених Машинобудівного навчально-наукового інституту НУК ім. адмірала Макарова в концепції академічної освіти», «Вагомий внесок в розвиток науки НУК», «З електронікою на "ти"» (до ювілею Рябенького В. М., доктора технічних наук, професора, завідувача кафедри теоретичної електротехніки та електронних систем), «Борис Андреевич Бугаенко – ученый, писатель, фотохудожник», «Вчені НУК – філософи, прозаїки, поети, історики», з якими можна ознайомитися на сайті бібліотеки. У Вікіпедії створено сторінку «Наукова бібліотека Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова», яка постійно оновлюється. На сайті університету у стрічці новин регулярно надаються анонси нових інформаційних ресурсів та заходів бібліотеки. Останнім часом дуже актуальною стала реклама бібліотеки та її ресурсів у соціальних мережах, так НБ НУК має своє представництво в Facebook, ВКонтакте, Google+, а також має свій канал на YouTube.

ІІІ. Розвиток інформаційно-аналітичної діяльності бібліотек ВНЗ.

Необхідність визначення рівня веб-представництва університетської науки в інтегрованому світовому науково-інформаційному просторі стимулювала в 2011 р. створення в НБ НУК нового напрямку діяльності – інформаційної аналітики. Фахівці бібліотеки здійснюють моніторинг світового наукового інформаційного потоку на предмет «видимості» науковців та періодики університету; проводять дослідження щодо рівня цитування вчених та індексів впливовості періодичних видань у наукометричних БД (Scopus, eLIBRARY.ru, DOAJ, Google Scholar, Index Copernicus та ін.); сприяють коректному відображенню профілів авторів в наукометричній БД Google Scholar та БД іншого рівня; формують власно створену БД «Наукові праці викладачів УДМТУ-НУК» із максимально повним відображенням інформації щодо публікаційної активності авторів-науковців.

Таким чином, реалізація НБ НУК векторів діяльності бібліотек вищої школи в напрямку збільшення представництва української науки у глобальному просторі наукових комунікацій дозволить запобігти «розсіюванню» документальних науково-інформаційних ресурсів університету, забезпечить їх консолідацію на національному та міжнародному рівнях інформаційних комунікаційних просторів.

Список використаних джерел

1. **Колесникова, Т. О.** Бібліотека ВНЗ: відповідальність за поширення результатів наукових досліджень / Т. О. Колесникова // Вища школа. – 2014. – № 4. – С. 7–26.
2. **Колесникова, Т. О.** Впровадження інноваційної моделі бібліотеки університету як чинник глибокої інтелектуалізації бібліотечної професії // Вісн. Кн. палати. – 2012. – № 11. – С. 21–22; 2013. – № 1. – С. 19–23.
3. **Соловяненко, Д.** Академічні бібліотеки в новому соціотехнічному вимірі: Ч. 1. Академічна бібліотека як видавець / Денис Соловяненко // Бібл. вісник. – 2010. – № 4. – С. 3–14
4. **Швецова-Водка, Г.** Бібліотека як документальна комунікаційна система // Бібл. вісник. – 2011. – № 6. – С. 3–7

УДК 81’276,2(73)

ОРГАНІЗАЦІЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ ІНОЗЕМНОЇ МОВИ ПРОФЕСІЙНОГО СПРЯМУВАННЯ У НЕМОВНИХ ВНЗ

Міняйлова Алевтина Володимирівна
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова (м. Миколаїв)
Засименко Вікторія Володимирівна
Національний транспортний університет (м. Київ)

В рамках кредитно-модульної системи, яка є основою навчально-виховного процесу вищих навчальних закладів України, самостійна робота студентів є однією з основних форм навчання, оскільки охоплює приблизно половину навчального навантаження студентів. У положенні "Про організацію

навчального процесу у вищих навчальних закладах" зазначено, що самостійна робота студентів є основним засобом оволодіння навчальним матеріалом у час, вільний від обов'язкових навчальних занять. Тому проблема організації самостійної роботи студентів є дуже важливою і актуальною.

В контексті вивченні іноземної мови професійного спрямування у немовних внз України проблема організації самостійної роботи студентів набуває ще більшого значення у зв'язку з тенденцією до скорочення аудиторних годин. Від її ефективності залежить 50% успішності студентів в оволодінні іноземною мовою.

Самостійна робота студентів виконує пізнавальну, навчальну, розвивальну, виховну, прогностичну, коригуючу та інші функції і передбачає залучення студентів до великої кількості форм навчання. Проте, найважливішою особливістю й перевагою самостійної роботи студентів під час вивчення іноземної мови професійного спрямування є можливість вибору саме того навчального матеріалу, який найбільше цікавить студента, що значно підвищує ефективність навчального процесу, оскільки емоційні переживання, пов'язані з навчальним матеріалом, сприяють його кращому розумінню й засвоєнню.

Основними формами організації самостійної роботи студентів немовних внз під час вивчення іноземної мови професійного спрямування є: робота з текстом, перегляд відеоматеріалів іноземною мовою за фахом, проектні роботи, презентації та студентські наукові фахові конференції іноземною мовою. Перш, ніж розкрити їхню сутність, зазначимо, що всі вони потребують своєчасної консультації та контролю з боку викладача.

Робота з іншомовним текстом за фахом є однією з основних форм самостійної роботи студентів немовних внз на перших курсах. Вона передбачає розвиток навичок читання, аналізу, розуміння змісту тексту (головної ідеї і деталей), виокремлення основних змістових частин і ключових слів, складання плану, нотування, роботи зі словником. Тексти мають відповідати принципам науковості, доступності і обов'язково мати фахову спрямованість. Робота з таким текстом передбачає формування і подальше розширення професійного тезаурусу студента.

Перегляд відеоматеріалів іноземною мовою за фахом спрямований на розвиток навичок сприйняття мови на слух і є обов'язковим на всіх етапах вивчення іноземної мови. Такими відеоматеріалами можуть бути наукові та науково-популярні фільми, рекламні ролики продуктів фахової індустрії, лекції провідних фахівців світу у майбутній професійній сфері студента. На перших етапах доцільно працювати з відеоматеріалами, які містять субтитри іноземною мовою. Перегляд відеоматеріалів через мережу інтернет або на електронних носіях передбачає можливість продивитися їх кілька разів, зупинити, коли потрібно більш детально розібрати мовний матеріал, переглянути й прослухати певні частини кілька разів поспіль з метою кращого розуміння вжитих термінів і мовних конструкцій.

Виконання проектних робіт за фахом іноземною мовою і їх презентація в аудиторії розвиває навички усного мовлення, використання відповідних засобів мови в типових ситуаціях професійної сфери комунікації, пошуку інформації в різних джерелах, інтелектуальні й комунікативні здібності, допомагає подолати прогалину між вивченням мови та користуванням нею, заохочуючи студентів до того, щоб вони вийшли за межі аудиторії та перенеслися у професійне середовище. Використання цієї форми самостійної роботи студентів є доцільним на всіх етапах вивчення іноземної мови.

Підготовка доповідей для студентських наукових фахових конференцій іноземною мовою є ефективною формою самостійної роботи студентів старших курсів, оскільки вони вже майже здобули професійну кваліфікацію, сформували професійний тезаурус й пройшли мовну підготовку. Участь у таких конференціях систематизує й узагальнює знання, вміння й навички студентів, здобуті під час вивчення іноземної мови професійного спрямування. Вони мають можливість продемонструвати свої навички монологічного та діалогічного мовлення, вміння підготувати й провести презентацію, вести дискусію. Така форма самостійної роботи спонукає студентів до розуміння важливості володіння іноземною мовою для свого професійного становлення і подальшого зростання, потреби використання її як засобу спілкування у професійному та академічному середовищі і готує до участі у міжнародних наукових конференціях.

Використання зазначених форм організації самостійної роботи студентів під час вивчення іноземної мови професійного спрямування має високий методичний потенціал, значно підвищує готовність студентів до ведення професійної діяльності на світовому рівні і, таким чином, підвищує конкурентноздатність студентів – майбутніх фахівців – на міжнародному ринку праці.

УДК 62-52

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ МОРСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Ю.Д. Жуков, д. тех. наук, проф., Б.Н. Гордеев, д. тех. наук, проф., Н.А. Емец, О.А. Кудин
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова

На факультете морской инфраструктуры Национального университета кораблестроения (НУК) ведется подготовка высококвалифицированных специалистов, которые способны реализовать комплексные задачи развития отрасли путем внедрения современных информационных технологий проектирования, управления, повышения энергетической и экологической безопасности. По окончании университета они будут востребованы практически во всех предприятиях и организациях морской инфраструктуры – в портах и припортовых хозяйствах, судоремонтных заводах, специализированных погрузочно-разгрузочных комплексах, нефтедобывающих терминалах и т.д. Одним из важнейших аспектов является преподавание учебного материала с применением современных информационных технологий.

Для повышения эффективности подготовки специалистов в Учебно-научном институте новейшей корабельной инженерии НУК разработан исследовательский тренажер морской кибернетики (ИТМК) на основе программно-технических комплексов и физических моделей объектов управления с использованием компьютерных систем реального времени. ИТМК предназначен для отработки умений и навыков использования микропроцессорных средств автоматизации и оборудования в процессе проведения доковых судоподъемных операций с визуальным отображением обстановки, а также при осуществлении контроля технологических параметров и управления всеми технологическими процессами по приему, хранению и перекачке нефтепродуктов в резервуарах морского перегрузочного терминала в дистанционном режиме.

ИТМК состоит из: имитатора территории порта/верфи с соответствующими сооружениями; имитатора акватории порта/верфи в виде бассейна с водой; действующих физических моделей кораблей, плавучего дока, берегового перегрузочного терминала нефтепродуктов (включая сливно-наливную эстакаду), достроечной набережной верфи; программно-технического комплекса, включающего компьютеры и обучающие автоматизированные стенды. Автоматизированные стенды ИТМК предназначены для изучения и настройки систем мониторинга и логического управления технологическими процессами, а также обучения основным возможностям и базовым приемам программирования с использованием инструментальной системы UNITY PRO на языках по стандарту МЭК 61131-3, работе с промышленными сетями и разработке человеко-машинного интерфейса [1, 2].

Микропроцессорные средства автоматизации, оборудование и программное обеспечение были предоставлены компанией Schneider Electric, которая является ведущим разработчиком и производителем оборудования для автоматизации и управления. Кроме того, компания Schneider Electric, предоставляет и варианты комплексных решений по автоматизации инженерных систем судна, распределению электроэнергии, передовым технологиям для энергоэффективной работы портов.

Автоматизированные стенды используются для проведения лабораторных и практических работ, что позволяет студентам изучить структуру, функциональные возможности и аппаратные средства диагностики программируемых логических контроллеров Modicon Premium и Modicon M340; ознакомиться с основными характеристиками, на основе которых осуществляется выбор процессорных модулей, модулей питания, модулей дискретного и аналогового ввода/вывода; проводить аппаратную конфигурацию; использовать диагностические средства системы UNITY PRO [3, 4, 5, 6].

Исследовательский тренажер морской кибернетики может применяться не только при обучении студентов. Также планируется проведение тренингов специалистов различных отраслей промышленности, госбюджетные, хоздоговорные научно-исследовательские работы и опытно-конструкторские разработки. Такой подход позволит студентам и специалистам облегчить понимание изучаемого теоретического материала, получить представление о процессе проектирования и практические навыки разработки систем с применением современных средств автоматизации компании Schneider Electric.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] **Пупена О.М., Ельперін І.В.** "Програмування промислових контролерів в середовищі UNITY PRO.- Київ, 2012. – 150 с.

[2] **Чекрыжов С.** Автоматизированные системы управления технологическими процессами.- Учебное пособие. - Кохтла-Ярве: 2010. - 207 стр.

[3] Программирование ПЛК Modicon Premium с помощью ПО UNITY PRO. Руководство по конфигурированию и монтажу, 2008. 380 с.

[4] Программирование ПЛК Modicon M340 с помощью ПО UNITY PRO. Руководство по конфигурированию и монтажу, 2007. – 190 с.

[5] ПЛК Modicon M340, программируемые с помощью ПО UNITY PRO. Модули дискретных входов-выходов. Руководство пользователя, 2007. 280 с.

[6] ПЛК Modicon M340, программируемые с помощью ПО UNITY PRO.Модули аналоговых входов-выходов. Руководство пользователя, 2007. 286 с.

УДК 378.147:811

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ ІНОЗЕМНОЇ МОВИ

Фатєєва В.Г., Гресь А.А.,
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова

Процес інтеграції України у світовий освітній простір передбачає постійне вдосконалення національної системи освіти, пошук ефективних шляхів підвищення її якості, апробацію та впровадження інноваційних методів викладання, організацію та модернізацію змісту освіти згідно зі світовими тенденціями і вимогами ринку праці. За допомогою інтернету на заняттях іноземної мови можна формувати навички та вміння читання, удосконалювати вміння письмового мовлення, формувати та підтримувати стійку мотивацію до вивчення іноземної мови тощо.

Актуальність використання мережі Інтернет під час вивчення іноземної мови надзвичайно висока. Опанування методів і навичок роботи з інтернет ресурсами дає можливість викладачу покращити навчальний процес, урізноманітнити, осучаснити методи й прийоми викладання, підвищити мотивацію до вивчення предмета.

Сучасні навчальні матеріали орієнтують викладача ВНЗ на використання інноваційних методів навчання та освітніх технологій і принципово змінюють освітнє середовище в бік активного використання інформаційно-комунікаційних технологій.

Використання інформаційно-комунікаційних технологій у проектуванні інформаційного середовища вимагає кардинального переосмислення цілей, змісту, форм і методів підготовки викладачів ВНЗ на новому сучасному рівні, що передбачає необхідність врахування таких головних принципів, як: принцип відкритої інформаційної системи; принцип організації, самоорганізації і розвитку в узгодженій роботі усіх учасників інформаційно-педагогічного процесу; принцип варіативності у розвитку інформаційного середовища; принцип інформаційного середовища як сприятливого соціального середовища, яке активізує інтелектуальні, моральні, комунікативні можливості особистості, що забезпечують комфортну інтеграцію в соціумі і культурі.

Дотримання цих принципів допомагає вирішити такі дидактичні завдання: активізувати розумові здібності студентів, залучати до роботи пасивних студентів, забезпечити навчальний процес новими, раніше недоступними матеріалами, аутентичними текстами, підвищувати інтенсивність навчального процесу, забезпечите живе спілкування з представниками інших країн, носіями мови, розширити словниковий запас тощо.

Одним із засобів реалізації комунікативно орієнтованого методу навчання іноземній мові є активне застосування новітніх інформаційних технологій, оскільки саме вони активізують навчально-пізнавальну діяльність студентів, посилюють позитивну мотивацію, скорочують час вивчення мови, забезпечують наочність, дають змогу використати більшу кількість дидактичного матеріалу, унаслідок чого збільшується обсяг виконаної роботи на занятті.

Однак, серед проблем застосування ІКТ у ВНЗ ми можемо виділити: а) недостатнє матеріально-технічне забезпечення навчальних закладів; б) труднощі у створенні мультимедійних навчальних програм; в) недостатність досліджень психолого-педагогічного спрямування стосовно впливу ІКТ на фізичний та психічний розвиток студентів; г) необхідність збільшення навчального навантаження для повноцінної організації процесу навчання з усіма необхідними засобами та мультимедійною навчально-методичною базою.

Щорічне проведення позааудорних заходів із студентами у ВНЗ дало можливість накопичити корисний досвід та відібрати найбільш ефективні засоби використання ІКТ. Викладачі кафедри сучасних мов проводять позааудиторні заходи: Vip Forum, English Speaking Club, Movie Club та наукові студентські конференції. Ці дієві напрями позааудиторної діяльності надають студентам можливість проводити дискусії, диспути, перегляд та обговорення фільмів, презентації, написання есе іноземною мовою. Дискусійні клуби містять у собі риси не лише навчальної, але й професійної діяльності. З метою максимального наближення

до реальних умов майбутньої професійної діяльності фахівців, керівників виробництва, ці заходи передбачають ситуації, з якими студенти можуть зіткнутися в своїй майбутній роботі.

Таким чином, комплекс ІКТ може застосовуватись в процесі навчання іноземної мови як потужне джерело інформації, як засіб індивідуалізації навчання, оцінювання та контролю знань, а також як засіб активізації творчої діяльності студентів та підвищення інтересу до навчання і рівня володіння іноземною мовою. Застосування ІКТ є невід'ємною складовою у проведенні позааудорних заходів.

Розглянуті аспекти застосування ІКТ в процесі вивчення іноземної мови потребують подальшої систематизації та вдосконалення. У ході роботи ми дійшли висновку що використання ІКТ допомагає: робити заняття більш наочними й інтенсивними, розвинути пізнавальний інтерес студентів, активізувати розумові процеси, уникнути невпевненості в студентів перед відповіддю. Заняття іноземної мови з використанням ІКТ відрізняються динамічністю, підвищеною зацікавленістю й ефективністю. Таким чином, упровадження ІКТ сприяє покращенню якості навчання, забезпеченню гармонійного розвитку особистості, яка орієнтується в інформаційному просторі.

Враховуючи те, що ІКТ постійно розвиваються, ми вважаємо, що це потребує готовності викладачів постійно переосмислювати цілі, зміст, форми, методи викладання іноземної мови.

УДК 373.062

ПСИХОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ СОЦІАЛЬНОЇ АДАПТАЦІЇ МОЛОДІ У СТУДЕНТСЬКІЙ ГРУПІ

Дрозд О.В; Туркова Л.І.
Херсонська філія Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Херсон

«Адаптація» визначається в літературі як процес взаємодії людини і соціального середовища, в результаті якого у нього виникають стратегії поведінки, адекватні наявним умовам.

Навчання у вищому закладі освіти для сучасної молодої людини один з найважливіших періодів її життєдіяльності, особистісного зростання та становлення як фахівця з вищою освітою.

Пошук шляхів успішної адаптації до змінених соціальних умов та нової діяльності є нагальною проблемою для кожного, хто переступив поріг ВНЗ. Нині, згідно з Болонською конвенцією, здійснюється перехід на новітні моделі навчання, істотно змінюються навчальні плани, форми організації занять, критерії оцінювання знань, впроваджуються нові педагогічні технології та стандарти освіти. Основний вид діяльності студента – навчання, стає більш складним за формами та змістом, а тому підвищує вимоги до особистості. В контексті розгортання цієї тенденції для останньої психологічно важливо піти шляхом адекватної самозміни, саморозвитку та самореалізації.

Спроможність адаптуватися, долати труднощі, віднайти своє місце у життєвому просторі є вирішальним чинником вдалого розвитку молодої людини, а в майбутньому – фахівця з вищою освітою.

У ВНЗ, процес навчання першокурсників налагоджується непросто, характеризується великою динамічністю психічних процесів і станів, які зумовлені зміною соціального довкілля. Зокрема, вступ до навчального закладу у значної частини молоді супроводжується дезадаптацією, що спричинена новизною студентського статусу, відсутністю референтної групи, підвищеними вимогами з боку професорсько-викладацького складу, напруженістю та жорстким режимом навчання, збільшенням обсягу самостійної роботи і самовідповідальності загалом [1] .

Усе це вимагає від першокурсника значної мобілізації своїх можливостей для успішного входження в нове оточення та якісно інший ритм життєдіяльності.

Уміння адаптуватися за різних обставин характеризує процес становлення і розвитку особистості, її професійного зростання. У випадку ж її дезадаптації порушується не лише особистісно-професійний розвиток, а й знижуються психофізіологічні можливості організму, уможливлюються розлади здоров'я [2] .

Складнощі адаптації породжуються здебільшого мотиваційними, раціональними проблемами з поведінковими виявами, зокрема з емоційною залежністю студента від оцінки викладача. Однією з причин таких проблем є інфантильність як особистісна риса, яка спричиняє специфічну мотивацію навчання. Таким студентам притаманне бажання відповідати опанованим у дитинстві зовнішнім стандартам.

У студентському середовищі їх особистісний статус у групах, як правило, значно нижчий, ніж у студентів, які менше часу витрачають на навчання, але мають добре розвинуті комунікативні здібності. Не менш відчутним є те, що першокурсник орієнтується на досвід спілкування в школі, де стосунки досить близькі й емоційно значущі. А потрапивши в нову систему соціалізації, він продовжує відтворювати звичний стереотип поведінки, надмірно орієнтуючись на групу, керуючись її думкою у вчинках. Конформна (лат. – подібний) поведінка часто заважає у навчанні: першокурсник малоініціативний, не ставить запитань, соромиться підняти руку на семінарі, щоб не викликати негативної реакції групи, тощо.

Надмірна орієнтація на свою групу породжує пасивність в освоєнні соціально-психологічного простору вищого навчального закладу, переважання у вчинках стратегії уникнення невдачі. Але, як свідчать результати досліджень, студентське середовище є толерантнішим до різноманітних стилів життя та взаємодії, ніж шкільне, і диктат студентських мікрогруп буває, як правило, менш тотальним, ніж у підлітків.

Успішній адаптації сприяє наявність в академічній групі позитивного соціально-психологічного клімату.

Соціально-психологічний клімат – морально-психологічний настрій, який відтворюється у взаєминах у групі, умови, що створюють ефективний процес навчальної діяльності.

Будь-який соціально-психологічний клімат, в тому числі й студентської групи, перебуває під впливом соціально-психологічного клімату в суспільстві, умов життєдіяльності колективу, особливостей суспільної думки, психологічного зараження, наслідування, групової динаміки, особливостей міжособистісного спілкування. Позитивними ознаками соціально-психологічного клімату в групі є: наявність позитивної перспективи для групи та для кожного її індивіда; довіра та висока вимогливість один до одного; ділова критика; вільне висловлювання власної думки; відсутність тиску як у групі, так і ззовні; достатня поінформованість про цілі та завдання групи; задоволеність від належності до групи та від процесу спілкування; прийняття на себе відповідальності за справи спільності тощо.

Позитивний соціально-психологічний клімат у студентській групі сприяє задоволенню у студентів потреби у спілкуванні, розкриттю їх індивідуальних рис, позитивному ставленню до навчання, якщо це є цінністю групи, тощо [3] .

Список літератури:

1. **Дмитриев В.Ю.** Опыт социально-психологического скрининга факторов адаптивной активности студентов педагогического ВНЗ. // Вісник Чернігівського держ. педагог. унів.: Психологічні науки. – Чернігів. – 2002. – С. 25–37.

2. **Мороз О.Г., Падалка О.С., Юрченко В.І.** Педагогіка і психологія вищої школи: Навчальний посібник / О.Г. Мороз. – К.: НПУ, 2009. – 267 с.

3. **Орбан-Лембрик Л. Є.** Соціальна психологія: Навчальний посібник / Л.Є. Орбан-Лембрик. - К.: НПУ, 2005 р. - 624 с.

4. **Яцула Т.В., Дрозд О.В., Туркова Л.І., Нікітіна Л.А.** Вступ до психології. Частина І: Навчальний посібник / Херсон: Атлант, 2016. – 2014 с.

УДК 378.147

ОРГАНІЗАЦІЙНО-ВИХОВНА РОБОТА РОБОТА ЗІ СТУДЕНТАМИ ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ: МЕТА І ЗАВДАННЯ

Козирєва І.О.,
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв

Проблема виховання майбутніх фахівців із вищою освітою на сьогоднішній день набуває особливої актуальності. Метою суспільства стає духовне вдосконалення особистості, на що акцентовано увагу в державних нормативних документах та актах. Зокрема, Закон України «Про вищу освіту» передбачає створення таких умов навчання та виховання, які б забезпечували «можливість інтелектуального, морального, духовного, естетичного і фізичного розвитку особи, що сприяє формуванню знаючої, вмілої та вихованої особистості» [4; 75].

Метою роботи є висвітлення питань, пов’язаних з організацією виховної роботи зі студентами у вищих навчальних закладах.

Вищі навчальні заклади працюють на перспективу. Їх випускники покликані утверджувати загальнолюдські та національні морально-духовні цінності. Вони мають усвідомлювати, що наукові знання, найновіші виробничі технології мають сенс лише за умов, коли вони спиратимуться на високий рівень морально-духовної вихованості їх носіїв. Кожен фахівець повинен розуміти, завчасно передбачати, якою мірою нові наукові відкриття, технології будуть сприяти людському розвитку. Тому важливими напрямами ефективної діяльності вищих навчальних закладів є демократизація, гуманізація та гуманітаризація навчально-виховного процесу, органічне поєднання в ньому національного та загальнолюдського начал [6; 103].

У системі професійної підготовки фахівців у вищих навчальних закладах має продовжуватися процес реалізації вимог програми виховання всебічно розвиненої особистості. У виховній роботі зі студентською

молоддю варто використовувати різні форми: безпосередню навчальну, виробничу діяльність, участь у громадських справах, поводження у побуті.

Досягнення мети виховання можливе лише за умови комплексного підходу і залучення до цієї роботи всього професорсько-викладацького складу вищих навчальних закладів, адміністрації, органів студентського самоврядування та громадських об'єднань студентської молоді.

Отже, організація виховної роботи здійснюється за допомогою ректорату, кафедри, куратора, викладача, студентського самоврядування і активності самого студента, що, в свою чергу, формує багатогранну, цілісну, всебічно розвинену особистість.

Ректорат у своїй діяльності базується на таких принципах, як: системність процесу виховання; безперервність і спадкоємність у вихованні; єдність історичного, національного та загальнолюдського у вихованні.

Кафедра є важливою ланкою реалізації виховного потенціалу ВНЗ. Кафедри планують, визначають мету і завдання виховної роботи, її організаційні принципи, керуючись концептуальними засадами гуманітарної освіти в Україні, Концепцією виховання дітей і молоді в національній системі освіти, Національною доктриною розвитку освіти України у XXI столітті, іншими нормативними документами з актуальних проблем виховання студентської молоді, враховуючи специфіку навчального закладу, запити і потреби студентів.

Куратор академічної групи є суб'єктом виховної роботи. При проведенні організаційно-виховної роботи серед студентів академічної групи куратор спирається на положення, які визначені в Концепціях, Положеннях та інших нормативних документах ВНЗ.

Діяльність куратора академічної групи студентів ВНЗ спрямована на: формування культури і професійних якостей сучасного спеціаліста; набуття студентами групи сучасного досвіду успадкування духовних надбань українського народу; залучення студентів до наукової роботи, проведення національно-культурної, просвітницької та організаційно-педагогічної роботи серед молоді; формування історичної пам'яті, національної свідомості, гідності та чіткої громадянської позиції студента; допомогу студентам в оволодінні новим інтелектуальним баченням світу і свого місця в ньому, розвиток здібностей особистості, їх повноцінна реалізація в різних видах діяльності; постійне співробітництво, співтворчість зі студентським активом та органами студентського самоврядування, молодіжними творчими об'єднаннями, рухами.

Педагог своєю особистістю впливає на формування у студентів певних компонентів загальнолюдської і професійної культури. «У вихованні, – писав К. Д. Ушинський, – все повинно базуватися на особистості вихователя, тому що виховна сила виливається тільки з живого джерела людської особистості. Ніякі статути і програми, ніякий штучний організм закладу, хоч би як хитро він був придуманий, не може замінити особистості в справі виховання» [10; 134].

Висока культура мислення, спілкування, мовлення, поведінки, зовнішності, жестів, міміки, володіння основами психотехніки, морально-духовних цінностей та багато іншого – це той духовний капітал педагога, який є живильним джерелом виховання студентів [6; 457].

Студентське самоврядування у вищих навчальних закладах є складовою демократизації вищої школи. Студентське самоврядування є важливим фактором розвитку і модернізації суспільства, виявлення потенційних лідерів, вироблення у них навичок управлінської та організаторської роботи з колективом, формування майбутньої еліти нації.

Значне місце в системі формування всебічно розвиненої особистості студента мають займати позааудиторні форми виховання: діяльність наукових гуртків, творчих студій, конференцій, дискусійних клубів, зустрічей з письменниками, художниками, акторами та ін.

Таким чином, організація виховної роботи в структурних підрозділах університету потребує постійного вдосконалення, пошуку і приведення в дію нових форм впливу на студентів, відпрацювання нових методик. Разом з тим, потрібно активізувати традиційні види діяльності, збереження досягнень минулого. Виховання повинно носити творчий характер, орієнтуючись на проблеми пов'язані із специфікою кожного ВНЗ. Надзвичайно важливе завдання адміністрації ВНЗ і органів самоврядування полягає у створенні належних умов для розвитку та задоволення культурних потреб студентів, для їх самореалізації. Випускники університету мають бути не просто знаючими спеціалістами, а людьми творчими, духовно багатими із демократичним світобаченням.

Література :

1. **Алексюк А. М.** Педагогіка вищої освіти України. Історія. Теорія.: Підручник. – К.: Либідь, 1998. – 560 с.

2. **Винославська О. В.** Психологія: Навч. посіб. для студ. вузів / Ред. О. В. Винославська. – К.: ІНКОС, 2005. – 352 с.

3. **Вітвицька С. С.** Основи педагогіки вищої школи: Методичний посібник для студентів магістратури. – Київ: Центр навчальної літератури, 2003. – 316 с.

4. Закон України «Про вищу освіту» // Освіта в Україні. Нормативна база. – К.: КНТ, 2006. – С.40 – 93.

5. **Карпенчук С. Г.** Теорія і методика виховання: Навч. посібник. – К.: Вища школа, 1997. – 304 с.

6. **Кузьмінський А. І.** Педагогіка вищої школи: Навчальний посібник. – 2005. – 485 с.

7. **Макаренко А. С.** Педагогические сочинения: В 8-ми т. / Редкол.: М. И. Кондаков (гл. ред.) и др. – М.: Педагогика, 1983. – Т. 3. – 511 с.

8. **Смирнов С. Д.** Педагогика и психология высшего образования: от деятельности к личности. – М.: Аспект пресс, 1995. – 271 с.

9. **Сухомлинский В. А.** Избранные произведения: В 5 т. – Т. 4. – Киев, 1980. – 597 с.

10. **Ушинський К. Д.** Твори: В 6 т. – К.: Рад. школа, 1952. – Т. 1. – С. 134.

11. Студентське самоврядування як невід'ємна складова демократизації вищої школи. – К.: Знання, 2005. – 55 с.

СЕКЦІЯ №12
МОРСЬКЕ ТРАНСПОРТНЕ ПРАВО

УДК 347.79:346.7

МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ІНСТИТУТУ БІЗНЕС-ОМБУДСМЕНА В УКРАЇНІ В СФЕРІ МОРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Дубинський О.Ю., Сікорський О.П., ,
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв;

Протягом останніх років в Україні не вщухають спроби рейдерського захоплення підприємств, не обійшла ця хвиля і морегосподарську сферу. Загострюється необхідність вжиття заходів з боку держави для боротьби з цим явищем, яке негативно впливає на довіру до нашої країни з боку інвесторів. Заважає діяльності підприємців і корупція. Одним із напрямків захисту бізнесу у сфері морського транспорту може стати діяльність бізнес-омбудсмена.

Омбудсмен (від швед. ombudsman «представник») — посадова особа, на яку покладаються функції контролю за дотриманням законних прав та інтересів громадян в діяльності органів виконавчої влади і посадових осіб. На сучасному етапі посада омбудсмена існує в понад 100 країнах світу.

Омбудсмен підприємців як окрема самостійна посаду з'явився не так давно. У перелік його обов'язків входить:

- подача позовних заяв, спрямованих на захист прав підприємців;
- виконання функцій захисника в суді у справах підприємців;
- оформлення та подача запитів до органів влади на державному та місцевому рівні у справах підприємців;
- відвідування та консультації підозрюваних або засуджених громадян, справи яких пов'язані з підприємницькою діяльністю.

Бізнес-омбудсмен в Україні - посадова особа, що займається захистом інтересів бізнесу перед органами публічної влади як всередині країни, так і за її межами. Бізнес-омбудсмен виступає інструментом вирішення конфліктів і суперечок між владою і бізнесом, медіатором між державою та бізнес-середовищем.

Дискусії про імплементацію цього інституту тривали в Україні з осені 2012 року [1].

Аналогічні інституції існують у США, Росії, Грузії.

Уряд України та ЄБРР 12 травня 2014 року підписали Меморандум про взаєморозуміння для української антикорупційної ініціативи, що передбачає створення інституту бізнес-омбудсмена. ЄБРР має намір виділяти щорічно 1,5 млн євро для фінансування офісу омбудсмена. Бізнес-омбудсменом може бути іноземець [2].

У жовтні 2014 року Міністерство економічного розвитку і торгівлі України ініціювало створення Ради бізнес-омбудсмена для покращення здійснення підприємницької діяльності [2].

Так, Рада бізнес-омбудсмена є постійно діючим консультативно-дорадчим органом Кабінету Міністрів України.

Основним завданнями Ради є:

підготовка під керівництвом сторін Меморандуму пропозицій до законопроекту щодо утворення установи бізнес-омбудсмена;

прийняття та розгляд скарг від суб'єктів підприємництва на дії або бездіяльність, зокрема рішення органів державної влади та органів місцевого самоврядування, суб'єктів господарювання, що належать до сфери їх управління, а також їх посадових осіб;

надання органам державної влади та органам місцевого самоврядування рекомендацій щодо державної політики у сфері підприємницької діяльності;

надання органам державної влади та органам місцевого самоврядування рекомендацій щодо удосконалення та оптимізації процедур та/або способу, у який вони виконують свої повноваження, провадять підприємницьку чи іншу діяльність.

Раду очолює бізнес-омбудсмен.

З 10 грудня 2014 року посаду бізнес-омбудсмена обійняв Альгірдас Шемета - литовський і європейський політик, колишній міністр фінансів Литви, європейський комісар з бюджету та фінансового планування (2009-2010), європейський комісар з оподаткування, митного союзу, аудиту та боротьби з шахрайством (2010—2014).

Висновки: Головною метою створення інституту бізнес-омбудсмена є захист малого і середнього бізнесу. Впровадження подібного органу дозволить бізнесу одержати власного публічного представника у

відносинах з державою і відчути захищеність своїх прав. Цей інститут варто активно використовувати і для захисту бізнесу у сфері морського транспорту.

Література:

1. Вікторія Джарти Фінансам потрібен омбудсмен http://www.epravda.com.ua/columns/2012/11/21/345651/
2. Про утворення Ради бізнес-омбудсмена. - Кабінет Міністрів України; Постанова, Положення від 26.11.2014 № 691 - редакція від 23.05.2015, підстава 306-2015-п https://www.rbc.ua/ukr/news/ekonomicheskiy-effekt-raboty-ofisa-biznes-1469795473.html

УДК 346.7:656.615(477)

АРЕШТ МОРСЬКОГО СУДНА

Ломакіна О.А., канд. юрид. наук, доцент, доцент кафедри правознавства,
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв

На морському транспорті встановлено спеціальний порядок забезпечення майнових вимог — арешт судна. Судно може бути арештоване чи звільнене з-під арешту тільки за рішенням суду, господарського суду або голови Морської арбітражної комісії у випадках, визначених Кодексом торговельного мореплавства України. Майнові вимоги також отримують спеціальне регулювання і мають вид морських вимог згідно зі ст. 42 Кодексу торговельного мореплавства України. Морська вимога — це вимога, що виникає з права власності та інших майнових прав на судно, будівництво судна, управління, експлуатацію або комерційне використання судна, заставу судна чи здійснення заходів, пов'язаних із рятуванням судна; перелік морських вимог визначається Кодексом торговельного мореплавства України [1].

Рикова О.М. визначає морську вимогу, як засноване на законі та/або договорі, виражене у письмовій формі волевиявлення (домагання) фізичної чи юридичної особи, органу державної влади чи органу місцевого самоврядування, що виникає у господарських, цивільних чи трудових правовідносинах у сфері торговельного мореплавства, пов'язаних із експлуатацією, будівництвом чи іншими заходами щодо судна, має похідний характер від права уповноваженої сторони у зобов'язанні, трудовому правовідношенні, речовому праві [2].

Питання арешту морських суден, зокрема, досліджувалося Стрельцовою Є.Д. [3]. Арешт судна є одним із найефективніших способів забезпечення вимог у сфері мореплавства. За допомогою арешту судна і примусового продажу у випадку необхідності, можна захистити інтереси багатьох кредиторів: власника судна, переданого до чартеру, постачальника бункерного палива, рятувальника судна, членів екіпажу судна тощо.

На сьогоднішній час й досі не проаналізовано на достатньому рівні визначення поняття, ознак та значення морських вимог для функціонування морегосподарського комплексу та господарських відносин загалом; встановлення системи господарсько-правового впливу на відносини, пов'язані із морськими вимогами; виявлення, класифікація та структуризація господарських правовідносин, у яких виникають морські вимоги; дослідження арешту судна у системі забезпечення морських вимог; з'ясування правових засад виникнення та реалізації морських вимог; дослідження зарубіжного досвіду правового регулювання виникнення та реалізації морських вимог; формулювання пропозицій щодо вдосконалення чинного законодавства, яке регламентує виникнення та реалізацію морських вимог.

Можна розглядати інститут морських вимог як сукупність норм господарського та господарсько-процесуального права. Цю позицію відстоює Рикова О.М., яка зазначає в своєму дослідження, що з метою «викорінення неоднакової практики розгляду справ про накладення арешту на морське судно на забезпечення морської вимоги пропонується віднести відповідні справи за заявами суб'єктів господарювання до виключної підвідомчості господарських судів». Разом із тим залишився нез'ясованим механізм реалізації вирішення даного питання у випадку розгляду цивільних та трудових спорів, що можуть лежати в основі морської вимоги.

Юристи-практики вважають, що, арешт морського судна – це не лише процесуальний інститут, а інститут морського права, у якому зустрічаються норми як матеріального, так і процесуального характеру, тобто основною метою арешту судна є стимулювання особи, яка має відповідати за морською вимогою, забезпечити виконання відповідного зобов'язання. Однак на практиці в Україні склалося так, що сам по собі арешт судна вже вважається ефективним запобіжним заходом у господарському процесі, засобом забезпечення цивільного позову та й засобом забезпечення цивільно-правового зобов'язання [4].

Література:

1. Кодекс торговельного мореплавства України від 23.05.1995 № 176/95-ВР// http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/176/95-вр

2. **Рикова О.М.** Господарсько-правове регулювання відносин у сфері виникнення та реалізації морських вимог : автореф. дис. ... канд. юрид. наук: 12.00.04 / О. М. Рикова; кер. роботи О. П. Подцерковний; Нац. ун.-т "Одеська юридична академія". – Одеса, 2015. – 19 с.
3. **Стрельцова Є.Д.** Уніфікація у сфері правового регулювання арешту морських суден – Міжнароде право - http://dspace.onu.edu.ua:8080/bitstream/123456789/5533/1/271-278.pdf
4. **Лєбєдєв В., Ремесло О.** Арешт судна – це не лише запобіжний захід – [Режим доступу] - http://interlegal.com.ua/ru/publikacii/aresht_sudna_ce_ne_lishe_zapobijnij_zahid/- 10.05.16.

УДК 349.6

ПРО НАЦІОНАЛЬНУ СТРАТЕГІЮ НАБЛИЖЕННЯ (АПРОКСИМАЦІЇ) ЗАКОНОДАВСТВА УКРАЇНИ ДО ПРАВА ЄС У СФЕРІ ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ

Ломжець Ю.В., канд. політ. наук, доцент, доцент кафедри правознавства,
НУК імені адмірала Макарова, м. Миколаїв

Партнерство між Україною, з одного боку, і Європейськими Співтовариствами та їх державами-членами, з іншого боку, започатковано Угодою про партнерство і співробітництво між Україною і Європейськими Співтовариствами та їх державами-членами від 14 червня 1994 року (далі – УПС) (набрала чинності у 1998 році). Згідно зі статтею 51 УПС Україна взяла на себе зобов'язання вживати заходів для поступового приведення національного законодавства у відповідність із законодавством Європейського Союзу у 16 пріоритетних сферах, зокрема й у сфері «навколишнє середовище». Крім того, стаття 63 УПС передбачала, що «Сторони розвивають та зміцнюють співробітництво між ними в галузі охорони навколишнього середовища», зокрема шляхом «удосконалення законодавства в напрямку стандартів Співтовариства» [2, с.216].

З метою підготовки та сприяння набуття чинності Угоди про асоціацію Україною та ЄС був підписаний Порядок денний асоціації Україна – ЄС, який набув чинності 23 листопада 2009 р. Цим документом передбачається, що в сфері навколишнього природного середовища сторони співпрацюють щодо підготовки до імплементації актів acquis ЄС, зазначених у відповідних додатках до Угоди про асоціацію.

Безпосередньо сама Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони була підписана у частині політичних положень 21 березня 2014 р. та у частині торговельно-економічних і галузевих положень 27 червня 2014 р. Угода про асоціацію ратифікована Законом України від 16 вересня 2014 року №1678-VII7.

З метою практичного виконання завдань з адаптації законодавства України до законодавства Європейського Союзу, в Україні була прийнята ціла низка нормативно-правових актів, спрямованих на організаційно-правове забезпечення цього процесу. Основним нормативно-правовим актом у цій сфері є Закон України «Про Загальнодержавну програму адаптації законодавства України до законодавства Європейського Союзу» від 18 березня 2004 р. № 1629-IV8.

21.08.2016 р. Міністерством екології та природних ресурсів була представлена Національна стратегія наближення (апроксимації) законодавства України до права ЄС у сфері охорони довкілля (далі – Стратегія). Стратегія фокусується на положеннях статті 363 Глави 6 «Навколишнє середовище» і Додатку XXX до Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони (далі – Угода про асоціацію), і має на меті забезпечити ефективне виконання Україною зазначених вимог Угоди.

Стратегія охоплює увесь спектр органів, підприємств, установ та організацій, залучених до процесу виконання статті 363 Глави 6 «Навколишнє середовище» і Додатка XXX до Угоди про асоціацію на загальнодержавному, регіональному та місцевому рівнях із приділенням особливої уваги загальнодержавному рівню.

Метою наближення (апроксимації) законодавства є приведення його у повну відповідність до вимог права ЄС як «на папері», так і у практиці застосування. Це процес постійний, який відбувався і відбувається як в «асоційованих» державах, державах, що є кандидатами на вступ до Європейського Союзу, так і в державах – членах ЄС. Тому процес апроксимації, який має пройти Україна, дає можливість організувати інститути, виробити процедури та підготувати персонал (кадри) для виконання повсякденних процесів і обов'язків Європейського Союзу з розроблення правових норм, їх реалізації та контролю дотримання [3].

Відповідно до загальноєвропейських підходів процес наближення (апроксимації) організовано у три стадії: транспозиція, імплементація та забезпечення дотримання (повне впровадження або технічна імплементація). Транспозиція – процес нормативно-правового приведення законодавства країни у відповідність до вимог права ЄС. В Україні це організовано у формі адаптації законодавства України до права ЄС, що з 2004 року відбувається в рамках виконання відповідної Загальнодержавної програми. Додатком XXX

до Угоди про асоціацію визначено конкретні терміни транспозиції для кожного з 29 джерел права ЄС, які наведені в ньому. В основному вони становлять 2–3 роки з моменту набрання чинності Угодою про асоціацію. Імплементація – це практичне впровадження вимог і стандартів ЄС. Воно передбачає наявність інституційної, фінансової та інвестиційної складових. Здійснити імплементацію без приведення законодавства у відповідність неможливо, тому вона відбувається після транспозиції. Водночас імплементація потребує значно більших ресурсів: часових, фінансових і людських. Тому Угодою про асоціацію на імплементацію відведено від двох до десяти років, а у низці випадків термін визначатиме Рада асоціації залежно від оцінки досягнутого прогресу. Стратегію побудовано таким чином, що вона враховує всі зазначені елементи і стадії. Під час розроблення Стратегії також було враховано правову природу й особливості застосування джерел права ЄС (директив і регламентів), що наведені у Додатку XXX до Угоди про асоціацію.

Щодо подальшого використання Стратегії слід зазначити, що Стратегія – це своєрідна «дорожня карта», що допомагає сформувати загальне розуміння всіх аспектів процесу наближення (апроксимації) та більш ефективно його координувати. Проте це також, так би мовити, «живий документ». Ефективна Стратегія не може бути статичною. Окремі елементи Стратегії потребують постійної актуалізації у зв'язку зі змінами зовнішніх і внутрішніх обставин, розвитком галузевого законодавства, реформуванням секторів економіки [3].

Література:

1. Закон України «Про Загальнодержавну програму адаптації законодавства України до законодавства Європейського Союзу» // Закон від 18.03.2004 http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/1629-15
2. **Кишко-Єрлі О.Б.** Адаптація екологічного законодавства України до права навколишнього середовища Європейського Союзу // Часопис Київського університету права • 2014/3 С. 215-220
3. Національна стратегія наближення (апроксимації) законодавства України до права ЄС у царині охорони довкілля від 21.08.2014 http://www.menr.gov.ua/docs/activity-adaptation/draft_NAS_FEB2015.pdf
4. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони // Міжнародний документ від 27.06.2014 http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/984_011

УДК 347.79

ОСНОВНІ ШЛЯХИ ІНТЕГРОВАНОЇ МОРСЬКОЇ ПОЛІТИКИ УКРАЇНИ ТА ЄС ТА ДОСВІД КООРДИНАЦІЙНО-ІНФОРМАЦІЙНОГО ЦЕНТРУ В БУРГАСІ

Сандюк Г.О., канд. юрид. наук, доцент кафедри правознавства,
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв

Статтею 411 частини 2 Глави18 Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом (далі – ЄС), Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами (далі - Угода) [1] закріплені шляхи розвитку співробітництва сторін щодо інтегрованої морської політики, зокрема: a) просування інтегрованого підходу до морських справ, належного управління та обміну найкращими практиками використання морського простору; b) створення рамок вирішення суперечностей між конкуруючими видами діяльності людини та управління їхнім впливом на морське середовище шляхом підтримки планування морського простору як інструменту, який сприяє покращенню процесу прийняття рішень; c) підтримки сталого розвитку прибережних регіонів та морської промисловості як рушія економічного зростання та зайнятості, в тому числі шляхом обміну найкращою практикою; d) підтримки стратегічних альянсів між галузями морської промисловості, службами, науковими інституціями, які спеціалізуються на морських та морегосподарських дослідженнях, включно зі створенням міжгалузевих морегосподарських кластерів; e) докладання зусиль для покращення морської безпеки та заходів безпеки на морі, удосконалення транскордонного та міжгалузевого морського нагляду, спрямованого на вирішення зростаючих ризиків, спричинених інтенсивним морським рухом, робочими викидами суден, нещасними випадками на морі та незаконною діяльністю, ґрунтуючись на досвіді Координаційно-інформаційного центру в м. Бургас; f) встановлення регулярного діалогу та сприяння різноманітним мережам між заінтересованими сторонами.

Це співробітництво включає (ст. 412 Угоди): a) обмін інформацією, найкращими практиками, досвідом та передачу морського «ноу-хау», зокрема інноваційних технологій у морській галузі; b) обмін інформацією та найкращими практиками щодо можливостей фінансування проектів, в тому числі державно-приватне партнерство; c) посилення співробітництва між Сторонами в рамках відповідних міжнародних морських форумів. Угодою передбачено ведення постійного діалогу з питань рибальства та морської політики, а також окремо - щодо використання ріки Дунай.

Звертає на себе увагу те, що нормативно закріплено необхідність врахування досвіду Координаційно-інформаційного центру в м. Бургасі. Варто більш докладно розглянути, що це за установа, яка її компетенція та її досвід.

Назва зазначено центру англійською мовою the Black Sea Border Coordination and Information Centre (BSBCIC). В публікаціях зустрічаються такі переклади даної назви, як Чорноморський прикордонний координаційний та інформаційний центр [2;3] або Координаційний та інформаційний центр чорноморських кордонів [4], можливі і інші варіанти перекладу.

Історія створення цього центру можна розпочати з першого засідання керівників прикордонної поліції / берегової охорони прибережних держав Чорного моря (Болгарії, Грузії, Російської Федерації, Румунії,Туреччини, України) в травні 2000 року, яка відбулась у Стамбулі за ініціативою Туреччини. Спільним інтересом країн при проведенні даної зустрічі було зміцнення безпеки та стабільності в регіоні шляхом ефективної боротьби з тероризмом та транскордонною злочинністю во всіх її формах та аспектах. Співробітництво здійснювалось в рамках Форуму Черноморского Прикордонного Співробітництва (ФЧПС).

16.10.2003 на третьому щорічному засіданні представників прикордонної поліції / берегової охорони прикордонних країн Чорного моря в Одесі було прийнято рішення та підписаний протокол про створення на базі Болгарського національного прикордонного центру в Бургасі (the Bulgarian National Border Center in Burgas) постійно діючого Чорноморського прикордонного координаційно-інформаційного центру (the Black Sea Border Coordination and Information Center (BSBCIC)) для забезпечення співробітництва з національними прикордонними координаційними центрами (the National Border Coordination Centers (NBCC)) причорноморських країн. BSBCIC офіційно працює з 01.01.2004 [5].

Області співпраці Координаційно-інформаційного центру в Бургасі з національними прикордонними центрами:

1) оперативна співпраця: координація дій між керівними та виконавчими органами з контролю морських перевезень, спостереження за небезпечними ділянками або окремими районами, які формують загальну картину поверхні моря в регіоні;
2) технічне співробітництво: встановлення та підтримка каналу зв'язку між країнами-учасницями;
3) інформаційно співробітництво: обмін даними та координація дій між державами в оперативному використанні сил та засобів на морі, а також щодо контролю прикордонного режиму та запобігання злочинам (нелегальній міграції та контрабанді, торгівлі наркотиками, піратству та збройним нападам, незаконному вилову риби, котрабанді зброї та боєприпасів, палива тощо, незконному видобуванню морських ресурсів, забрудненню навколишнього середовища).

Основні задачі Координаційно-інформаційного центру в Бургасі:

- ведення та оновлення бази даних суден, які підозрюються у незаконній діяльності;
- ведення списку підозрілих суден (LOSS);
- підготовка та відправлення щомісячного оновленного звіту LOSS до національних прикордонних координаційних центрів (NBCC) та ефективний обмін інформацією;
- збір та постійних обмін інформацією за затвердженими формами щодо руху суден, які підозрюються у незаконній діяльності у Чорному морі за допомогою «Автоматизованої системи обміну інформацією», факсу, електронної пошти тощо;
- обмін даними щодо трафіка суден в Чорному морі та підтримка безпеки навігації та судноплавства;
- 24-годинна співпраця з болгарськими національними органами державної влади, які відповідають за національні води в Чорному морі;
- координація діяльності у проведенні спільних заходів щодо здійснення прикордонного контролю та пошуково-рятувальних операцій на морі;
- підготовка та надання національним прикордонними координаційним центрам (NBCC) щомісячної та щоквартальної аналітичної інформації та щодо специфічних подій за вказаний період, оперативної обстановки щодо незаконних дій, виявлених у різних країнах;
- 24-годинний моніторинг, спостереження та контроль за рухом морських суден в болгарських територіальних водах, збір інформації, оцінка та аналіз кожної конкретної ситуації з метою прийняття управлінських рішень черговими силами [5].

Центр здійснює взаємодію із своїми партнерами в режимі реального часу [6].

Всі дії BSBCIC, в рамках міжнародного співробітництва, що реалізуються за загальновизнаними в світі принципами європейської практики добровільності та рівності, стандартами для забезпечення необхідної безпеки і захисту інтересів окремих держав, в суворій відповідності з національним законодавством і міжнародними конвенціями, договорами та угодами [7].

Висновки: Шляхи розвитку співробітництва сторін щодо інтегрованої морської політики України та ЄС включають просування інтегрованого підходу до морських справ, належного управління та обміну найкращими практиками використання морського простору; створення рамок вирішення суперечностей між конкуруючими

видами діяльності людини та управління їхнім впливом на морське середовище шляхом підтримки планування морського простору; підтримки сталого розвитку прибережних регіонів та морської промисловості; підтримки стратегічних альянсів між галузями морської промисловості, службами, науковими інституціями, які спеціалізуються на морських та морегосподарських дослідженнях, включно зі створенням міжгалузевих морегосподарських кластерів; встановлення регулярного діалогу та сприяння різноманітним мережам між заінтересованими сторонами; докладання зусиль для покращення морської безпеки та заходів безпеки на морі, удосконалення транскордонного та міжгалузевого морського нагляду, спрямованого на вирішення зростаючих ризиків, спричинених інтенсивним морським рухом, робочими викидами суден, нещасними випадками на морі та незаконною діяльністю, ґрунтуючись на досвіді Координаційно-інформаційного центру в м. Бургас. Однак, проблематичним є ознайомлення з цим досвідом, оскільки ця інформація не є поширеною; в нечисленних публікаціях навіть назва даного центру перекладається по-різному. Очевидно, під Координаційно-інформаційним центром в м. Бургас розуміється the Black Sea Border Coordination and Information Center (BSBCIC), який був створений у 2003 році на базі Болгарського національного прикордонного центру в Бургасі (the Bulgarian National Border Center in Burgas). Ця організація виконує функції у сфері забезпечення безпеки мореплавства та попередження незаконної діяльності, співпрацює з органами, які мають компетенцію у морській сфері, шляхом обміну інформацією, здійснює перевірки, веде базу даних суден, запідозрених у незаконній діяльності тощо. Центр оснащений сучасною технікою та програмними продуктами AIOC, Транзас, VT EXPLORER для морської адміністрації та прикордонної поліції, NAVTEX тощо [5], які дають можливість отримати повну та реалістичну картину моря в режимі реального часу та ефективно реагувати на певні порушення норм міжнародного та національного права.

Список літератури:

1. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони [Електронний ресурс] – Режим доступу: Офіційний сайт Міністерства інфраструктури України http://zakon2.rada.gov.ua/laws/card/984_011
2. **Пінкевич М.** Безпека Чорноморського регіону. Операція «Чорноморська гармонія» /М. Пінкевич // Чорноморська безпека. – 2007. – №2. – С. 51-58.
3. **Габер Є.В.** Політика Туреччини в Чорноморському регіоні:двостороннє партнерство чи регіональна інтеграція? [Електронний ресурс] / Є.В. Габер – Режим доступу: http://www.academia.edu/1053766/Turkish_Policy_in_the_Black_Sea_Region_Bilateral_Partnership_or_Regional_Integration_in_Ukrainian_ (дата звернення 12.09.2016) – Назва з екрана.
4. **Максименко І.** Перспективи європейської європейської інтеграції чорноморського регіону після приєднання до ЄС Румунії та Болгарії [Електронний ресурс] / І. Максименко – Режим доступу: http://old.niss.gov.ua/monitor/February/7.htm (дата звернення 12.09.2016) – Назва з екрана.
5. BLACK SEA BORDER COORDINATION AND INFORMATION CENTER (BSBCIC): Презентация Регионална дирекция «Гранична полиция» – Бургас [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://docslide.us/documents/black-sea-border-coordination-and-information-center-bsbcic.html (дата звернення 12.09.2016) – Назва з екрана.
6. **Dimitrova Nadya** Bulgaria's Policy and Role in the Management of Europe's External Borders (Bulgarian Border Police: a guarantee for the security at the external borders of the EU) [Electronic resourse] / Nadya Dimitrova – Mode of access: http://www.lse.ac.uk/europeanInstitute/research/hellenicObservatory/pdf/Various/NDimitrova.pdf (viewed on June 13, 2013). – Title from the screen.
7. Форум за черноморско сътрудничество: [Електронний ресурс] – Режим доступу: Главна дирекция «Гранична полиция» http://www.nsgp.mvr.bg/EUIntegration/Satrudnichestvo/Forum_blacksea_cooperation.htm (дата звернення 12.09.2016) – Назва з екрана.

УДК 341.225

КОНВЕНЦІЯ ООН З МОРСЬКОГО ПРАВА 1982 Р.: ПИТАННЯ РОЗВИТКУ І ТРАНСФОРМАЦІЇ ПРАВОГО РЕЖИМУ

Дмитриченко І.В.,
Національний університет кораблебудування, м. Миколаїв
Дмитриченко Д.І.,
Національний університет «Одеська юридична академія», м. Одеса

Вже як понад 30 років минуло після прийняття універсального міжнародного договору – Конвенції ООН з морського права 1982 р. (Конвенції 1982 р.), яку по праву називають «Конституцією морів і океанів» [1,

с. 355] і вважають «пам'ятником» міжнародному співробітництву [2] (16 листопада 2014 р. виповнилося 20 років з моменту набуття чинності Конвенції).

В умовах ускладнення архітектури міжнародних відносин, різноманітних політичних, економічних, оборонних, міграційних викликів, особливої актуальності набуває низка питань, що стосуються самої Конвенції 1982 р., практики її застосування і правового режиму, формування якого ще остаточно не завершено [3, с. 6]. Розробка Конвенції 1982 р. переслідувала вельми амбітну мету: охопити всі аспекти використання просторів і ресурсів Світового океану в їх сукупності, враховуючи, що всі вони взаємопов'язані між собою.

Незважаючи на універсальний характер Конвенції 1982 р., все ще лунають дискусії щодо застосування і трактування певних її положень. Деякі держави інтерпретують та застосовують її базові положення на власний розсуд, що іноді призводить до порушення сталого правопорядку у Світовому океані і викликає міждержавні суперечки. Поширеними прикладами порушень є: обмеження права мирного проходження через територіальне море прибережної держави (особливо військових кораблів); претензії на розширення своїх прав і повноважень, передусім, щодо забезпечення безпеки, в прилеглій зоні; обмеження свободи судноплавства в виключній економічній зоні (ВЕЗ), встановлення кордонів територіального моря на відстані, що перевищує 12 морських миль від вихідних ліній вздовж узбережжя, порушення військовими кораблями загальновизнаних принципів міжнародного права у морських просторах, що належать іншій державі тощо. Значна кількість порушень пов'язана з некоректним застосуванням на практиці положень ст. 7 Конвенції 1982 р. щодо встановлення прямих вихідних ліній, які використовуються для відмірювання кордонів територіального моря, прилеглої та ВЕЗ. Триває практика розширення національних повноважень певними прибережними державами в зонах національної юрисдикції**.** В них прибережні держави не наділені будь-якою компетенцією у сфері забезпечення безпеки (ст. 56 Конвенції 1982 р.). Втім практика розширювального тлумачення поняття «безпека» передбачає наявність таких її видів, як продовольча, ресурсна, екологічна. Китай, наприклад, доводить, що використання гідролокаторів військовими кораблями іноземних держав негативно впливає на морських ссавців та в цілому на стан рибних ресурсів в його ВЕЗ, що дає йому правові підстави наполягати на забороні цього виду діяльності. Найбільш гострі розбіжності в позиціях відповідних держав стосуються права на здійснення військової діяльності у ВЕЗ (що включає, зокрема, проведення військових навчань та маневрів, постановку на якір, зліт і посадку літальних апаратів, збір розвідувальної інформації, ведення спостереження тощо). Це пов'язано з тим, що Конвенція 1982 р. не визначила спеціальні права прибережним державам щодо заборони або ж регулювання військово-морської діяльності в межах їхніх ВЕЗ.

«Підвалини» цих протиріч в свій час були закладені в механізмах і моделях ведення переговорів та прийняття рішень щодо майбутньої конвенції, які були використані в ході проведення III Конференції ООН з морського права (її робота тривала з 3 грудня 1973 р. по 10 грудня 1982 р.) «Консенсусний підхід», як «дипломатичний інструментарій» конференції передбачав досягнення будь-якої домовленості серед розробників конвенції не шляхом голосування, а через переговори, пошук компромісу і взаємних поступок. Тому консенсус не вимагав згоди всіх учасників із запропонованим рішенням, він означав лише їх загальну згоду, а також відсутність будь-яких офіційних заперечень. «Пакетний підхід», коли чимало питань об'єднувалося в одну тематику і вже по ній в цілому приймалося остаточне рішення, також не сприяв тому, щоб всі суперечності були розв'язані. Іноді закритий характер переговорів, обговорення в групах за інтересами, з одного боку, сприяли розробці універсальної угоди, а з іншого – надали можливість найбільш досвідченим в дипломатії учасникам більш майстерно відстоювати свої інтереси, ігноруючи позиції інших держав [3, с. 8].

Разом з тим, ці «дипломатичні інновації» сприяли завершенню кодифікації міжнародного морського права і були використані для розв'язання, передусім, «болючих» протиріч між країнами, що розвиваються і розвиненими країнами, так й між прибережними і внутрішньоконтинентальними державами. Більш того, все більша кількість держав, звільнившись від колоніальної залежності, прагнула до адаптації міжнародного морського права до власних політико-економічних потреб. Слід враховувати й таку обставину, що екологічні виклики останнім часом відіграють значний вплив на позицію прибережних держав в сфері регулювання морської діяльності.

На відміну від Женевських конвенцій з морського права 1958 р. в рамках Конвенції 1982 р. створено всеосяжну систему мирного врегулювання міжнародних морських спорів, яка є одним з «наріжних каменів морського правопорядку», втіленого в Конвенції [2]. Були засновані три нові міжнародні інституції: Міжнародний орган з морського дна; Міжнародний трибунал з морського права; Комісія з кордонів континентального шельфу. Конвенція 1982 р. не тільки визнала природоресурсні амбіції більшості держав, але шляхом введення інституту 200-мильної ВЕЗ легалізувала розширення національної юрисдикції вглиб відкритого моря. З іншого боку, в її рамках було істотно обмежено концепцію «суверенітету». Суверенітет був обмежений тим, що складовою частиною Конвенції 1982 р. стала єдина система врегулювання спорів. «Суверенні права» були поставлені в пряме підпорядкування завданням збереження, захисту навколишнього середовища; обґрунтовувалася необхідність міжнародного співробітництва в питаннях захисту

навколишнього середовища, управління ресурсною діяльність. До того ж, в Конвенції 1982 р. майже рівні права були надані державам-учасницям і «компетентним міжнародним організаціям» [4].

Участь в Конвенції 1982 р. надає відповідні переваги державам і позитивно впливає на їхні інтереси. Зокрема, вирішення питання про негайне звільнення від затримання суден і екіпажів можливе лише, якщо держава, судно якої затримано, є учасником Конвенції 1982 р. (ст. 292).

Конвенція 1982 р. є тим юридичним підґрунтям, на якому триває формування режимів глобального контролю над процесами освоєння та експлуатації просторів і ресурсів Світового океану. Вона зумовила укладання значної кількості міжнародних договорів і угод, спрямованих на захист морського середовища та його біорізноманіття, виконуючи стосовно них функцію своєрідної правової «парасольки» [5].

Висновки. Конвенція 1982 р. надійно сприяє підтримці міжнародного миру і безпеки, тому що вона поклала край численним суперечкам між прибережними державами, встановивши загально узгоджені кордони територіального моря, прилеглої зони, ВЕЗ і континентального шельфу**.** Правовий режим Конвенції все ще перебуває в стадії формування та адаптації до нових міжнародно-політичних умов. Інституційні та правові основи його застосування вкрай нестійкі і періодично розхитуються в різних районах Світового океану в силу певних колізій і дій окремих держав.

В цілях забезпечення безпеки людини, захисту та збереження морського середовища держави, що готуються до здійснення будь-яких видів військово-морської діяльності у ВЕЗ певної прибережної держави мають проводити з нею консультації з цього питання. У майбутньому можна очікувати зростання протестів з приводу проведення військових випробувань у відкритому морі, ресурси і простори якого все частіше розглядаються «загальною спадщиною» людства.

Конвенція 1982 р. містить посилання на регіональні правила, регіональні програми, регіональне співробітництво тощо. Тому в подальшому слід очікувати зростання регіонального впливу на розвиток міжнародного морського права. На противагу положенням Конвенції 1982 р., що закріпила просторовий поділ Світового океану, сьогодні у міжнародних відносинах формується екосистемний підхід (концепція комплексного океанічного управління навколишнім середовищем та його ресурсами), що розглядає Світовий океан, як цілісну систему, якій байдужі політичні та юридичні межі.

Список літератури

1. **Oxman B.H.** The Rule of Law and the United Nations Convention on the Law of the Sea// European Journal of International Law. – 1996. – № 7. – P. 353-371.

2. **Nelson L..** Reflections on the 1982 Convention on the Law of the Sea // The Law of the Sea: Progress and Prospects. Edit. by Freestone D., Barnes R., Ong D. **–** Oxford University Press, 2006.

3. **Гудев П.А.** Конвенция ООН по морскому праву: проблемы трансформации режима. – М.: ИМЭМО РАН, 2014. – 201 с.

4.**Harrison J.** Making the Law of the Sea: a study in the development of international Law. – N.Y.: Cambridge University Press, 2011.

5. **Rothwell D.R., Stephens T.** The International Law of the Sea. – Oxford-Portland: Hart Publishing, 2010. – P. 470-472.

УДК 340

СОЦІАЛЬНО-ПРАВОВИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ ЯК МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ ДІЙСНОСТІ

Федоренко Т. М., Федоренко Г. М.

1. Одним з методів наукового дослідження є експериментальний метод. Цей метод використовується, в тому числі, і в юридичній науці.

З філософського погляду експеримент – це, по-перше, чуттєво-предметна діяльність в науці, яка здійснюється теоретично розробленими засобами; по-друге, це метод пізнання, за допомогою якого в контрольованих і керованих умовах досліджуються явища дійсності; по-третє, це дослідження будь-яких явищ шляхом активного впливу на них за допомогою створення нових умов, відповідних цілям дослідження, або через зміни перебігу процесу в потрібному напрямку [1; 2; 3].

Експериментальний метод прийшов у суспільні науки з природничих наук, де він приблизно з XVII ст. став основним способом дослідницької перевірки наукових теорій. Вперше використали експеримент у науковому пізнанні Ф. Бекон («Новий органон», 1620 р.) і Г. Галілей.

На початку XIX столітті зароджується ідея щодо можливості соціальних експериментів (П.-С. де Лаплас). А в 20-х роках XX століття цей вид експерименту був застосований задля запровадження нових форм соціальної організації та оптимізації управління суспільством. Однак соціальна реальність являє собою

більш складний об'єкт експериментування, ніж реальність фізична або біологічна. Застосування експерименту для вивчення соціальних явищ обмежена насамперед тим, що на соціальному рівні вступає в дію суб'єктивний фактор – свідомість, воля, інтереси і цінності задіяних в експерименті людей, а експериментатор змушений брати до уваги даний фактор. Як зазначається, зміст та процедури соціальних експериментів обумовлені правовими та моральними нормами суспільства.

2. Різновидом соціального експерименту є соціально-правовий експеримент. З погляду С. Мотіна, ідея соціально-правового експерименту виникає на основі принципу справедливості: не справедливо впроваджувати що-небудь у суспільство, якщо не випробував, не вивчив наслідків [4]. Подібну думку висловлював ще Ш. Монтеск'є в роботі «Про дух законів»: «До основних законів демократії належить і той, за яким влада видавати закони повинна належати тільки народу. Однак є тисячі випадків, коли бувають необхідні постанови сенату; часто корисно навіть випробувати закон, перш ніж встановити його остаточно. Конституції Риму і Афін відрізнялися в цьому відношенні великий мудрістю. Визначення сенату мали там силу закону протягом року і становилися постійним законом тільки з волі народу» [5].

3. Соціально-правовий експеримент – це організована компетентним правотворчим органом апробація передбачених законодавчих нововведень в обмеженому масштабі для перевірки ефективності, корисності та економічності експериментальних правових норм та відпрацювання оптимальних варіантів майбутніх правотворчих рішень загальної дії [6].

Основною метою правового експерименту є перевірка гіпотези про ефективність тієї чи іншої правотворчої ідеї, про ефективність дії експериментальних правових норм, а також виявлення можливих «побічних ефектів» дії експериментального чинника. Зараз склалася досить розгалужена класифікація соціально-правового експерименту, критеріями поділу виступають: рівень органу публічної влади, що прийняв рішення про проведення правового експерименту та вид правових норм, що виступають в якості експериментального чинника; юридична сила експериментальних правових норм; сфера соціального життя; апробування правової норми в рамках конкретного правового експерименту однієї або декількох галузей; характер логічної структури доказу гіпотез; проведення перевірки правотворчої ідеї, що має інноваційний характер, або правових приписів, ідея яких загалом зрозуміла і схвалена; кількості правотворчих ідей, що перевіряються, предмет правового регулювання та інші. Використовуючи різні підстави класифікації соціальних експериментів, правовий експеримент можна віднести до реальних (натурних), активних, прикладних, інноваційних, польових, контрольованих експериментів.

Як різновид соціальної діяльності соціально-правовий експеримент постає як стійка і цілеспрямована сукупність взаємопов'язаних дій, в правовому експерименті можна поділити 5 послідовний стадій: проектування; прийняття рішення про проведення правового експерименту; спостереження за його перебігом; підведення результатів експерименту; підготовка пропозицій щодо вдосконалення нормативно-правового акту [6].

По завершенні правового експерименту відповідний правотворчий орган приймає одне з наступних рішень: 1) про завершення правового експерименту і надання експериментальним нормам загального значення; 2) про зупинення дії експериментальних норм; 3) про продовження строку проведення правового експерименту [6].

Україна має досвід у проведенні соціально-правових експериментів. Показовим є досвід проведення правового експерименту на основі Закону України «Про державно-правовий експеримент розвитку місцевого самоврядування в місті Ірпені, селищах Буча, Ворзель, Гостомель, Коцюбинське Київської області», що тривав з 5 квітня 2001 року до 2005 року. Основними напрями реалізації цього Закону були: реорганізація системи управління містом і селищами, а саме – міські, селищні ради за взаємною згодою мали право перерозподіляти між собою власні повноваження. Передача повноважень супроводжувалася передачею коштів та матеріальних ресурсів, необхідних для їх здійснення. Створення фінансових передумов для надання муніципальних послуг, внесення в концепцію моделі нового менеджменту, розробка генерального плану розвитку регіону та створення кращих умов для розвитку малого й середнього бізнесу [7].

Однак, з'ясувалося, що з різних причин (після виборів 2002 року склад Верховної Ради та відповідного комітету, що ініціював ухвалення закону, змінився, як і низка посадових осіб уряду й місцевого самоврядування) затверджена парламентом Координаційно-наглядова рада експерименту продемонструвала недостатню активність, на думку деяких членів парламентського комітету, не ініціювала вирішення питань, що забезпечують проходження експерименту. Аналіз результатів експерименту, що мав бути здійснений за ст. 28 Закону профільним комітетом Верховної Ради України та Кабінетом Міністрів України, не призвів до ухвалення будь-яких управлінських чи правотворчих рішень. В цілому даному конституційно-правовому експерименту в Україні була приділена недостатня увага.

Загалом, в Україні частково через відсутність коштів та часу, необхідних для підготовки та проведення соціально-правового експерименту, частково через недооцінку законодавцем значення проблеми соціальної адаптації законів даний метод в недалекому минулому не дав позитивного та ефективного результату, а також не має практики застосування тепер. Властивості соціально-правового експерименту як методу, а саме: наявність правової основи для проведення правового експерименту, наявність

експериментальних правових норм, обмежений масштаб дії експериментальних правових норм, пізнавальний характер, перетворювальний характер, необхідність створення певних умов для усунення (зменшення) впливу побічних чинників, необхідність встановлення суворого контролю за ходом проведення правового експерименту, врахування його результатів, забезпечення їх достовірності та інші, робить його цінним соціальним інструментом.

Досвід застосування експериментальних норм може бути врахований при проведенні соціальних реформи на сучасному етапі.

Список літератури

1. Философская энциклопедия. Т. 5. [Текст] : словарь / под ред. Константинова Ф. В.– М. : Советская энциклопедия, 1970. – 740 с.

2. Философский энциклопедический словарь. [Текст] : словарь / под ред. Л. Ф. Ильичева, И. Н. Федосеева, С. М. Ковалева, В. Г. Панова – М. : Советская энциклопедия, 1983. – 840 с.

3.Философский словарь. [Текст] : словарь / под ред. И. Т. Фролова – М. : Политиздат, 1991. – 560 с.

4. Использование экспериментального метода в социально-правовой сфере : Автореф. дис. на соискание ученой степени кандидата юридических наук. Специальность 12.00.01 /С. В. Мотин; – М.,1999. – 21 с. // [Электронный ресурс] – Режим доступа : http://www.law.edu.ru/book/book.asp?bookID=1213325

5. Монтескье Ш. О духе законов // [Електронний ресурс] – Режим доступу : http://www.civisbook.ru/files/File/Monteskye_O%20dukhe.pdf

6. **Никитинский, В. И., Самощенко, И. С.** Правовой эксперимент и совершенствование законодательства [Текст] : уч. пос. / В. И. Никитинский, И. С. Самощенко – М. : Юрид. лит., 1988. – 304 с.

7. Про державно-правовий експеримент розвитку місцевого самоврядування в місті Ірпені, селищах Буча Ворзель, Гостомель, Коцюбинське Київської області. Закон України від 05.04.2001 № 2352-III ВР // [Електронний ресурс] – Режим доступу : http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2352-14

УДК 347.799.4 (045)

ПЕРСПЕКТИВИ РЕАЛІЗАЦІЇ ШЛЯХІВ ПРОТИДІЇ ПІРАТСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА МОРІ

Благодельський С. В.,
НУ “ОМА”

Нахабна поведінка піратів дала привід зробити висновок, що вони пов’язані з діяльністю міжнародного злочинного угруповання. Саме це змусило держави-члени міжнародної спільноти підняти питання про необхідність проведення відповідних військових операцій для звільнення захоплених суден та їх екіпажів [1].

Основні проблеми у боротьбі з піратством полягають у наступному:

- фінансових проблемах більшості прибережних держав третього світу;
- слабкій здатності урядів цих держав вплинути на ситуацію та неможливості постійного перекриття районів піратства достатньою кількістю кораблів, катерів і літальних апаратів;
- неузгодженості та недосконалості правових норм і актів, що регулюють боротьбу з піратством.

Таким чином, необхідно усвідомити, що успішна протидія і боротьба з піратством не є можливою без координації зусиль міжнародного співтовариства і розвитку регіонального співробітництва.

Щодо проведення суден через зону сомалійського піратства, то пропонуємо зосередитися не на конвоюванні суден, а підсадити на судно на той час, коли воно проходитиме небезпечну зону, озброєну охорону.

Можна гарантувати стовідсотковий результат, оскільки охорона буде в достатній безпеці, а намагатися піднятися на висоту шість-вісім метрів під обстрілом — на таке ніякий пірат не ризикне.

Все більшого поширення набуває досвід звернення до приватних охоронних агенств, які пропонують безліч послуг з боротьби з піратством.

За даними «Lloyd's List», середня ціна послуг – 8 тис. фунтів стерлінгів за три дні і 12 тис. фунтів за п'ять днів переходу в районі Аденської затоки, протягом яких судно супроводжуватиме команда з трьох неозброєних охоронців [2].

Спроба озброювати безпосередньо членів екіпажів, безперспективна — жодна європейська країна не погодиться дати вогнепальну зброю до рук моряків.

Багато хто з тривогою дивиться на перспективу появи озброєних найманців у водах затоки Сомалі і не вважає, що це вирішить проблему. Пірати можуть замість погроз відразу відкривати вогонь. Крім того,

поява озброєних найманців в територіальних водах може викликати небажану реакцію прибережної держави [3].

Допомогти у протидії з піратами може оснащення всіх суден навігаційною системою, приладами нічного бачення, системами нелетальної оборони, регулярне спостереження за піратами [4]. Вважаємо, що всі вищепераховані заходи допомагають, але не є достатніми в боротьбі з піратством.

Для боротьби з піратством необхідні активніші дії всієї світової спільноти, вважає аналітик дослідницького центру «RAND Corporation» Пітер Чалк [5].

Очевидно, що піратство є вигідним бізнесом. По-перше, це висока рентабельність вкладень в цей вид діяльності. По-друге, ризикованість піратських рейдів не така велика. Вірогідність жорстокої розправи над піратами практично дорівнює нулю [4].

Піратський ринок підігрівається ще і потребами третіх країн в капіталі. Щоб в цих державах вести політичну і господарську діяльність, потрібний капітал. Накопичити легальним і природним чином його ніде [6].

На наш погляд, не вдається подавити піратські рейди тому, що сьогоднішній світ страждає від недієздатності.

У будь-якому випадку відродження піратства ставить перед сучасною світовою спільнотою нові проблеми, вирішення яких вимагає перегляду традиційних норм і підходів. Інакше піратство може перетворитися на одну з галузей світової економіки, що бурхливо розвиваються [4]. Акти піратства проти суден можуть робити одні й ті самі люди, що необхідно враховувати при попередженні та припиненні подібних дій. Мають місце випадки, коли пірати заздалегідь засилають на судна своїх спільників під виглядом пасажирів. Спільники здійснюють попередню розвідку обстановки на судні, створюють умови для висадження піратів. Потім уже в призначеному місці судно піддається нападу [5].

Серед шляхів протидії піратству можна відзначити формування міжнародною спільнотою "коридорів безпеки" для захисту від піратів, відкриття додаткових регіональних координаційних центрів безпеки мореплавства, право військових кораблів іноземних держав переслідувати морських піратів у територіальних водах, озброєну охорону торговельних суден у разі проходження загальновизнаних небезпечних морських маршрутів, пасивні (нелетальні) системи оборони цивільних суден [7].

Вважаємо, що вирішення проблеми протидії морському піратству в сучасний період можливе лише завдяки загальним та об’єднаним зусиллям держав у системі міжнародного світового співробітництва.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. **Потапчук Г.** Протидія морському піратству як нагальна проблема світового співтовариства: [Електроний ресурс]: Інформ.аналит. газета. // Вісник Центральної виборчої комісії №4 (14) 2008 р. – Електрон. газета. – Режим доступу до газети: http://www.cvk.gov.ua/visnyk/pdf/2008_4/visnik_st_21.pdf, вільний. – Загл. з екрану. – Мова укр.
2. ВМФ России собирается защищать корабли других стран от пиратов "на коммерческой основе": [Электронный ресурс]: // Новости NEWSru.com, 20 ноября 2008 г. – Режим доступа к сайту: http://www.newsru.com/world/20nov2008/chasingroger.html, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
3. Триумфальное возвращение Веселого Роджера : [Электронный ресурс]: Инт. журн. // LiveJournal, 24th-Nov-2008. – Электрон. журн. – Режим доступа к журн.: http://g0lden-key.livejournal.com/326152.html, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
4. Пираты 21-го века: новый вид бизнеса: [Электронный ресурс]: // Капитал страны – Журнал об инвестиционных возможностях России. – Электрон. ст. – Режим доступа к ст.: http://www.kapital-rus.ru/articles/article/1097, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
5. Національна безпека: український вимір: щокварт. наук. зб. / Рада нац. безпеки і оборони України: Горбулін В.П. (голов. ред.) [та ін.]. – К., 2009. – Вип. 6 (25). – 152 с.
6. Українська правда: [Електроний ресурс]: Інформ. аналіт. газета. // Українська правда / Життя 4 квітня 2008р. – Електрон. газета. – Режим доступу до газети: http://life.pravda.com.ua/problem/47f9e606a7963/view_print/, вільний. – Загл. з екрану. – Мова укр.
7. Ющенко призывает международное сообщество усилить борьбу с пиратами: [Электронный ресурс]: // Сайт информационного агентства УНІАН, 30 мая 2010. – Режим доступа к сайту: http://www.unian.net/rus/news/news-314780.html, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.

ДІЯЛЬНІСТЬ МІЖНАРОДНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ У СФЕРІ УСУНЕННЯ ТА ПОДАЛЬШОГО ЗАПОБІГАННЯ ДИСКРИМІНАЦІЇ ЖІНОК-МОРЯКІВ.

Веліксар Д. В.,
НУ «ОМА»

Згідно статистики Міжнародної морської організації (IMO), жінки складають приблизно 2% від усієї робочої сили, зайнятої на морі. Більшість из них, а це 90%, - працюють на пасажирських суднах, на паромах – 68% и на круїзних лайнерах – 26%. Інші 6% працюють на вантажних суднах, здебільшого на камбузі. Вони знаходяться серед тих, хто отримує найнижчу заробітну плату. Жінок набагато менше, ніж чоловіків, серед офіцерського складу, і займають вони нижчі посади [2].

Низька чисельність жінок пояснюється тим, що вони можуть стати жертвами дискримінації та сексуальних домагань. Жінки стикаються з дискримінацією ще під час працевлаштування. У деяких країнах, наприклад, організації, що надають морську освіту і підготовку, не приймають жінок на морські спеціальності і, навіть отримавши відповідну освіту, вони стикаються з забобонами судновласників, які не бажають брати на роботу жінок, бо вважають, що вони працюватимуть менше за чоловіків. Розпочавши роботу, жінка-моряк може бути позбавлена зручних умов праці або обладнання, яке знаходиться у доступі працівників-чоловіків. Ще одним проявом дискримінації є небажання судновласників просувати жінок за кар'єрними сходами. Зараз, приблизно 25 тисяч жінок по всьому світі є членами профспілкових організацій моряків, які, в свою чергу, намагаються усунути такі прояви дискримінації і захистити права жінок-членів профспілок.

На даному етапі, велика кількість міжнародних організацій, таких як IMO, ICS, ITF, ILO, ведуть активну політику у сфері усунення проявів дискримінації стосовно жінок-моряків. Міжнародна морська організація під час конференції з розробки Глобальної стратегії для жінок-моряків, яка проходила у Пусані (Республіка Корея) з 16 по 19 квітня 2013 року, презентувала кінофільм про підвищення ролі жінок у судноплавному секторі. Стрічка «Жінки біля штурвалу» (Women at the helm) показує роботу IMO та інших організацій, що сприяє позитивним змінам для жінок в газузі судноплавства і демонструє досвід вже відомих леді - капітанів, старших помічників і не тільки. Такі зміни є результатом Програми IMO по інтеграції жінок в сектор морського судноплавства (IWMS) головною метою якої є закликати держави-члени IMO, щоб вони відкрили двері своїх морських навчальних закладів та надали жінкам можливість тренуватися разом з чоловіками і таким чином набували високий рівень компетентності, якого вимагає морська галузь.

У 2003 році ILO була опублікованя стаття під назвою «Women seafarers: Fighting against the tide?» (Жінки-моряки: заплив проти течії?) [3] яка стала синтезом багаторічних досліджень праці жінок на морі. Стаття складається з реальних історі й з життя жінок-моряків, розповідей про дискримінацію, сексуальні домагання, насильницькі дії, непошану до старшого за званням і навіть вбивство. У такий спосіб Міжнародна Організація Праці також звернула увагу на сумне положення жінок-моряків.

У січні 2016 року Міжнародна палата судноплавства (ICS) і Міжнародна федерація транспортників (ITF) опублікували «Керівництво по викоріненню домагань, знущань і утисків на борту судна» (Guidance on eliminating shipboard harassment and bullying). Генеральний секретар ITF Стів Коттон у передмові до керівництва зазначив: «Залякування і домагання є неприйнятними в будь-якій професії, але особливу небезпеку вони представляють на морі, де постраждалі можуть залишитися один на один з цією проблемою, без можливості змінити обстановку навколо себе . Подібного керівництва раніше не було, і ми раді, що в його розробці ми пліч-о-пліч працювали з ICS» [1].

Зазначене керівництво дає визначення понять «домагання» та «залякування» та наводить відповідні приклади дій, які можуть бути розцінені як такі. На початку даються рекомендації судновласникам та безпосередньо морякам стосовно попередження настання таких випадкив на борті судна. У керівництві детально розповідається у який спосіб постраждала особа може, цілком конфеденційно, заявити про випадки домагання та залякування (у додатках містяться приклади заяв), якщо вони усе ж таки мали місце. Такі заяви обов'язково розслідуються за процедурою, яка також вказана у Керіництві. На нашу думку, прийняття данного документу зіграє вельми важливу роль у процессі захисту честі та гідності жінок-моряків, а також, можливо, попередить прояви дискримінації.

Висновки: на сьогоднішній день існує велика кількість проблем стосовно усунення проявів дискримінації та захисту прав та інтересів жінок-моряків, які потребують негайного вирішення. Міжнародні організації ведуть активну політику у цій галузі та вдосконалюють норми міжнародного права відповідно до сучасних реалііів. Але, нажаль, цього не достатньо. На думку автора, існує необхідність введення більш жорстких методів попередження дискримінації жінок-моряків, адже проблему краще попередити, ніж усувати її наслідки.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Guidance on eliminating shipboard harassment and bullying: [Електронний ресурс]. – Режим доступу до док. : http://seafarers.com.ua/wp-content/uploads/2016/01/guidance-on-eliminating-shipboard-harassment-and-bullying.pdf

2. **Thomas, M. A.** Sexual harassment in a residential occupation: The experiences of women seafarers. / M. A. Thomas // Health Education Journal, 65(2) 2006: p. 170-179.

3. Women Seafarers – Global Employment policies and practices, International Labour Office.: [Електронний ресурс]. – Режим доступу до док. : http://www.ilo.org/global/publications/ilo-bookstore/order-online/books/WCMS_PUBL_9221134911_EN/lang--en/index.htm

УДК 341.1/8

ВПЛИВ РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗСЛІДУВАННЯ АВАРІЙНИХ МОРСЬКИХ ПОДІЙ НА ПРИЙНЯТТЯ ЧИ ЗМІНИ КОНВЕНЦІЙНИХ ВИМОГ

Вишневський В. Л.,
Національний університет «Одеська юридична академія», м. Одеса

В XX сторіччі активний розвиток отримала морська індустрія, були значно збільшені обсяги перевезень вантажів, у тому числі і нафтопродуктів та інших небезпечних речовин, зросла інтенсивність морських перевезень тощо. Все це спричинює очевидне посилення небезпечних наслідків аварійних подій з морськими суднами, що загрожує як життю людей, так і стану навколишнього природного середовища. З метою недопущення аварій на морі державами приймаються міжнародні конвенції, що покликані зменшити морські ризики, пов'язані з технічним станом, укомплектуванням та конструкцією суден, кваліфікацією суднового екіпажу.

Нажаль, найстуттєвіші зміни у нормативному регулюванні вимог до спорядження та конструкції суден, зазвичай, спричинені наслідками жахливих аварій, що сталися через відсутність таких обов'язкових норм на час побудови/експлуатації судна.

Так, одним з яскравих прикладів є сумнозвісна аварія пасажирського судна Титанік у 1912 році. Внаслідок розслідування аварії було встановлено, зокрема, відсутність необхідної для рятування всіх пасажирів кількості рятувальних засобів тощо. Ці вимоги вперше знайшли своє закріплення в Міжнародній конвенції з охорони людського життя на морі (SOLAS) 1914 року, яка, хоч і не вступила в силу, надала значний поштовх до міжнародно-правового врегулювання питань безпеки мореплавства [1, с. 41]. Друга редакція конвенції 1929 р. також була спричинена катастрофою із судном Вестрас, що зіткнулося з іншим судном під час важких погодних умов [2, с. 120]. Редакція 1948 р. також деякою мірою була спричинена аварією із судном Гранкан, вибух на якому спричинив фактичну руйнацію частини міста та порту, значні людські втрати [3, с. 131]. Трагедія з танкером Торрі Каньон 1967 р. призвела до прийняття Міжнародної конвенції по запобіганню забрудненню з суден 1973 р. Посадка на мілину та подальший розлив нафти з танкера Амоко Кадіз у 1978 р. дав поштовх до прийняття протоколів до конвенцій MARPOL та SOLAS, що дозволило спростити та пришвидшити ратифікацію державами цих конвенцій [4].

Створена в 1948 році Міжнародна морська організація (далі – IMO) (на той час – Міжурядова консультативна морська організація), з початку своєї діяльності у 1959 році значну увагу приділила питанням забезпечення безпеки мореплавства. Саме з діяльністю цієї організації можна пов'язувати найбільші кроки у нормативному врегулюванні питань підвищення рівня безпеки мореплавства. Так, IMO сприяє якнайшвидшому вчасному внесенню змін у такі міжнародні документи, як MARPOL та SOLAS. В той же час IMO були розроблені декілька резолюцій щодо розслідування аварій на морі, що згодом були відображені у Кодексі міжнародних стандартів та рекомендованої практики розслідування аварії та інцидента на морі 2008 р. (Кодекс розслідування аварій), який є частиною SOLAS. Проте, як і раніше, деякі зміни до цих конвенцій вносяться в результаті підсумків розслідування аварій на морі. Так, аварія автомобільного парому Геральд оф фрі інтерпрайз у 1987 р. спричинила прийняття глави II-1 Міжнародного кодексу з охорони суден та портових засобів. Аварія танкера Ексон Вальдез у 1989 р. призвела до прийняття американським конгресом OPA 90 (Oil Pollution Act) , а також змін у Правилах 13F та 13G MARPOL, затвердивши в якості стандарта суднобудування подвійне дно танкерів. [5]. Розлив нафти з танкера Еріка у 1999 р. привернув увагу до неналежного контролю з боку порту за станом суден, зокрема, старих, що призвело до прийняття низки стандартів ЄС щодо проведення контрол суден в портах [6]

Отже, підводячи підсумки, слід зазначити, що основною метою розслідування аварій на морі є виявлення причин, що призвели до аварійної ситуації, з метою недопущення подібних аварій в подальшому. Проводячи аналіз доповідей щодо розслідуваних аварій, по-перше, визначаються нагальні зміни до

конвенційних стандартів, які необхідно прийняти, а також видаються рекомендації для моряків щодо дій в тих чи інших аварійних ситуаціях.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. **Сидорченко В. Ф.** Морские катастрофы / Сидорченко В. Ф. - Санкт-Петербург : Юридический центр Пресс, 2013. - 419 с.
2. **Сидорченко В. Ф.** Крайняя необходимость при угрозе морских аварий / Сидорченко В. Ф. - Санкт-Петербург : Юридический центр Пресс, 2010. - 310 с.
3. **Скрягин Л. Н.** Как пароход погубил город: Очерки о катастрофах на реках, озёрах и в портах / Л.Н. Скрягин. - М. : Транспорт, 1990. — 272 с.
4. History of Maritime regulations [Електронний ресурс]. – режим доступу: http://www.marinewiki.org/index.php?title=History_of_Maritime_regulations
5. Double-Hull Tanker Legislation: An Assessment of the Oil Pollution Act of 1990 (1998) [Електронний ресурс] – режим доступу: http://www.nap.edu/catalog/5798.html
6. Maritime safety: Erika I package [Електронний ресурс]. – режим доступу: http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=URISERV%3Al24230

УДК 342.951:351.82

ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ БРАСЛЕТІВ В ЗАКОНОДАВСТВІ ЗАРУБІЖНИХ КРАЇН ЯК МІРИ ПОКАРАННЯ ЗА ЗЛОЧИНИ ПОВ'ЯЗАНІ З НАСИЛЬСТВОМ В СІМ'Ї

Горбова Г. О.
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв

Комплексне дослідження адміністративно-правового регулювання протидії насильству в сім'ї неможливе без порівняння норм національного законодавства з відповідними нормами адміністративного права зарубіжних країн, які встановлюють відповідальність за вказане діяння. Слід зауважити, що різноманітні прояви насильства в сім'ї є проблемою не тільки в Україні, але й у більшості зарубіжних країн. Так, згідно з дослідженням Всесвітньої організації охорони здоров'я поширеність фізичного та / або сексуального насильства щодо жінок варіює від 29% до 62% [1]. При цьому Рада Європи припускає, що в державах-учасниках кожна четверта-п'ята жінка хоча б один раз у своєму дорослому житті відчула фізичне насильство, і більш ніж кожна десята з жінок була жертвою сексуального насильства із застосуванням сили [2]. Світова спільнота активно намагається протидіяти проявам насильства в сім'ї, а тому вивчення зарубіжного досвіду протидії досліджуваному явищу та законодавства інших країн, що передбачає відповідальність за нього, є вкрай актуальним, має практичне значення та безсумнівно сприяє виробленню пропозицій щодо вдосконалення адміністративно-правових норм у сфері адміністративно-правового регулювання протидії насильству в сім'ї.

Водночас потрібно зазначити, що дослідження адміністративного законодавства різних правових систем світу щодо питання відповідальності за вчинення насильства в сім'ї та протидії цьому явищу дозволяє зробити висновок, що воно є досить неоднорідним.

У контексті дослідження слід приділити увагу законодавству та механізму протидії насильству в сім'ї у Франції. Так, тут проходить активна кампанія протидії насильству в сім'ї в рамках Національної державної програми 2007-2010 років з боротьби з насильством щодо жінок і з подружнім насильством, яка розпочалась у зв'язку з прийняттям Закону Франції від 4 квітня 2006 року № 2006-399 «Про посилення попередження і покарання за насильство в сім'ї або у відношенні неповнолітніх». Слід зауважити, що ухвалення зазначеного Закону стало важливим заходом Франції у боротьбі з насильством у сім'ї. Новелою цього законодавства стала можливість суддів у справах сім'ї видавати спеціальні постанови, які забезпечують безпеку жертв сімейного насильства. Такі постанови дозволяють жінці, яка стала жертвою насильства в сім'ї, змінити місце проживання або вилучити чоловіка з місця проживання.

Позитивним досвідом боротьби з насильством в сім'ї у Франції є те, що суд може призначати такий захід протидії насильству в сім'ї, як використання електронних GPS-браслетів. За допомогою цих браслетів поліція отримує сигнал про те, що особа, яка вчинила насильство в сім'ї, наближається до потерпілої, і може негайно реагувати на це [3].

Подібний досвід застосовується в Іспанії, де для боротьби з насильством у сім'ї запровадили електронний моніторинг таких випадків за допомогою спеціальних пристроїв відслідковування [4]. Пристрої, які застосовуються, дозволяють контролювати виконання кривдником обмежень, установлених щодо нього

судом, підтримувати зв'язок між кривдником (а іноді й постраждалим) і фахівцем спеціалізованого контролінгового центру:

1) для агресорів у сім'ї використовуються спеціальні електронні браслети з GPRS-маячком, що дозволяють як відслідковувати місце перебування кривдника, так і йому самостійно визначати відстань до постраждалих, яку не можна порушувати (при наближенні менш ніж на 500 метрів пристрій подає сигнал), і надають можливість підтримувати голосовий зв'язок для отримання інструкцій контролінгового центру;

2) для захисту потерпілих від насильства в сім'ї запроваджено спеціальні пристрої, розташовані в місті проживання з карткою мобільного зв'язку для оперативної комунікації постраждалої особи та контролінгового центру; переносні радіопристрої, які передають інформацію про місцеперебування жертви та отримують відомості про відстань, на якій перебуває кривдник, та його координати відносно постраждалої особи [5].

Враховуючи вищевикладене, можна зробити висновок, що аналіз досвіду зарубіжних країн у боротьбі з насильством у сім'ї допоможе виявити найбільш кращі зразки законодавства про адміністративну відповідальність у досліджуваній сфері, засвоїти новітні дієві способи впливу на осіб, що здійснюють насильство в сім'ї та запозичити ефективні механізми реалізації відповідних адміністративно-правових норм.

Список використаної літератури

1. WHO Multi-country Study on Women's Health and Domestic Violence against Women, (WHO, 2005), p. 5 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.who.int/reproductivehealth/publications/violence/24159358X/en
2. Fact Sheet, Council of Europe Campaign to Combat Violence against Women, including Domestic Violence, at [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http: // www.coe.int/t/dg2/equality/domesticviolencecampaign/ Fact_Shee_en.asp.
3. Міжнародний досвід попередження та протидії домашньому насильству : монографія / [А.О. Галай, В.О. Галай, Л.О. Головко, В.В. Муранова та ін.] / за заг. ред. А.О. Галая. – К.: КНТ, 2014. – 160 с.
4. Evaluation of electronic monitoring and dissuasion of domestic violence in Spain, Comunidad de Madrid Ref. 31.08.2009 - http://www.addstrain.com/uploaded/Spanish%20Case%20Study%20Comunidad%20Eng.pdf.
5. Кочемировська О. О. Стандарти надання соціальних послуг особам, які постраждали від насильства в сім'ї: міжнародний досвід та рекомендації для України / Кочемировська О.О., Христова Г.О. ; наук. ред. О. Кочемировська ; заг. ред С. Павлиш. – К.: Запоріжжя: Друкарський світ, 2011. – 228 с.

УДК 341.225 (26) (045)

ПРОТИСТОЯННЯ КОНЦЕПЦІЙ ВІДКРИТОГО І ЗАКРИТОГО МОРЯ В МІЖНАРОДНОМУ МОРСЬКОМУ ПРАВІ

Дімітрашко О.А.,
Національний університет «Одеська морська академія»

Організаційно-правові питання відкритого та закритого моря в Україні є маловивченими і обмежуються загальними публікаціями з питань морського права. Даними обставинами обумовлена актуальність вивчення правових аспектів, історичних передумов та сучасного стану питання відкритого та закритого моря та протистояння даних концепцій.

Дослідження цього питання було б неможливо без врахування сучасних наукових праць на дану тематику. Висвітленням даного питання займались переважно закордонні науковці, а саме: С. Баком, Р. Бейрдом, Е. Флетчером, С. Дж Шейкелфордом та інші. Окремі аспекти цієї тематики підіймали також українські та російські вчені такі як: М. Антонович, О.А. Павлов, О.М. Шимякін та ін..

Та все ж доводиться констатувати той факт, що актуальність даного питання є беззаперечною і потребує детального вивчення.

Морські простори ще з давніх часів ставали важливим питанням для багатьох держав, тому і правові аспекти щодо їх використання з'явилися ще за довго до сучасного права.

Для початку розглянемо, що являють собою концепції відкритого та закритого моря.

Під концепцією закритого моря слід розуміти спробу держав розповсюджувати свій суверенітет на деякий морський простір, розцінити море як свою власність. Концепція ж відкритого моря припускає можливість вільного пересування судів будь-якої держави по морських шляхах, стверджує, що море не може знаходитися у власності якої-небудь однієї держави.

Причому ці дві концепції існували ще в Стародавньому світі, адже панування в морі давало державам неабияку силу і це було пов'язано не тільки з рибальством та торгівлею, а й з військовою міццю.

Що ж стосується сучасності то тут у дипломатичній і договірній практиці закритими морями називаються моря, для яких з історичних причин або в силу міжнародних угод встановлено особливий режим, що передбачає закриття цих морів або встановлення обмежувального режиму плавання для військових кораблів і військових літальних апаратів неприбрежних держав. Таке визначення закритого моря існувало дуже тривалий час і, по суті, має право на існування. Проте в даний час воно не повністю узгоджується зі ст. 122 ЮНКЛОС, яка говорить: «Для цілей цієї Конвенції» замкнуте або напівзамкнене море означає затоку, басейн або море, оточене двома або більше державами і сполучається з іншим морем або океаном через вузький прохід, або складається повністю або головним чином з територіальних морів і виключних економічних зон двох або більше прибережних держав» [2 ст. 145].

Причому чинне міжнародне право характеризує відкрите море як простір з особливим міжнародно-правовим режимом. Відповідно до ст. 1 Конвенції про відкрите море 1958 р. термін «відкрите море» охоплює «всі частини моря, які не входять ні в територіальне море, ні у внутрішні води будь-якої держави». У Конвенції ООН із морського права 1982 р. ст. 86 відкритим морем названі всі частини моря, «які не входять ні у виключну економічну зону, ні в територіальне море або внутрішні води будь-якої держави, ні в архіпелажні води держави-архіпелагу» [7 ст. 16].

Становлення міжнародно-правової свободи відкритого моря відбувалося поступово. До часу першої кодифікації морського права в Конвенції про відкрите море 1958 р. були закріплені свобода судоходства, свобода риболовства, свобода прокладання підводних кабелів і трубопроводів, свобода польотів над відкритим морем. Конвенція допускає існування й інших свобод, «що визнаються відповідно до загальних принципів міжнародного права» (ст. 2). Конвенція ООН з морського права 1982 р. доповнила свободи відкритого моря двома новими: свободою будувати штучні острови та інші установки, що допускаються відповідно до міжнародного права, і свободою наукових досліджень (ст. 87). Свободами відкритого моря можуть користуватися всі держави, незалежно від того, чи мають вони морське узбережжя.

До закритих морях відносять Чорне і Балтійське моря, які іноді називають напівзакритими і регіональними морями. Правовий режим названих морів не можна відокремити від правового режиму Чорноморських і Балтійських проток, провідних в ці моря. Закриті моря відкриті для торговельного мореплавства всіх країн світу.

Протягом XVIII і XIX століть прибережні держави в договірному порядку неодноразово укладали угоди з метою закрити Чорне і Балтійське моря для військових кораблів неприбрежних країн. Проте в подальші періоди, головним чином через протидію країн, що не мають тут своїх володінь, для Чорного та Балтійського морів були встановлено правові режими, відповідні значенням і положенню цих морських акваторій.

Чорне море є водним шляхом, що веде до берегів і портів обмеженого числа причорноморських держав. Чорноморські країни здавна розглядають Чорне море як закрите для військових кораблів нечорноморських держав. За російсько-турецькому договором 1793, положення якого були згодом конкретизовані і закріплені в російсько-турецьких договорах 1805 і 1833 рр.., Вхід в Чорне море військових кораблів нечорноморських країн був закритий. Водночас російські військові кораблі користувалися правом вільного входу в Чорне море, плавання в ньому і виходу з нього [5 ст. 86].

Згідно з угодою 1805 Росія і Туреччина визнали «Чорне море як би закритим» і вирішили «не допускати появи ніякого військового та збройного судна якої б то не було нечорноморських держави». При цьому для військових кораблів Росії зберігався вільний прохід у Чорне море і вихід з нього.

Це є яскравим прикладом протистояння концепцій відкритого та закритого моря. З чого ми бачимо, що в загальному вигляді протистояння цих двох концепцій є досить давнім питанням і не має конкретного вирішення, адже жодна з держав не має бажання впускати іншу в свої морські простори та підпускати до своїх кордонів.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. **Г. А. Анцелевич** Международное морское право : Учеб. пособ. / Г. А. Анцелевич; Укр. акад. внеш. торговли. - К. : Вид-во УАЗТ, 1999. - 304 с.

2. **В. Н. Гуцуляк** Міжнародне морське право (приватне і публічне). Навч. посіб. / В. М. Гуцуляк; Чернів. нац. ун-т ім. Ю.Федьковича. - Чернівці : Рута, 2003. - 84 с. - Бібліогр.: с. 128-157.

3. **С. А. Гуреєв** Міжнародно-правові проблеми судноплавства на сучасному етапі. Збірник наукових праць. /С. А. Гуреєв; Львівський держ. ун-т. – Л., 1997. - 22 с. - укр.

4. **Г. В. Ігнатенко, О. І. Тітунов** Міжнародне морське право. Підручник./ Ігнатенко Г. В., Тітунов О. І., Нац. юрид. акад. України ім. Я.Мудрого. - Х. : Право, 2006. - 365 с.

5. **А. Л. Колодкін** Морське право і міжнародне співробітництво./ Колодкін А. Л. - 2007. - 79, № 3. - С. 70-92.

6. **М. І. Лазарєв** Актуальні проблеми сучасного міжнародного морського права. / Лазарєв М. І. ; Сум. держ. ун-т. - Суми, 2000. - 142 с.

7. **Г. І. Тункин.** Міжнародне право. Підручник. / Тункин Г. І.; 2001. - № 4. - С. 10-50.

8. Конвенция Организации Объединенных Наций по морскому праву. – Нью-Йорк: Изд-во ООН, 1982. – 204 с.

УДК 347.79:629.5 (477) (045)

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ПРАВОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СУДНОБУДІВНОЇ ГАЛУЗІ КРАЇНИ

Дяченко К.А.,
Національний університет «Одеська морська академія»

На сьогодні розвиток морської індустрії країн світу визначає підвищення ролі суднобудівної галузі в економіці держави. Без суднобудування неможливо розвиток економічних відносин між державами, освоєння багатств і всебічне наукове дослідження Світового океану. Стан суднобудівної галуз в Україні свідчить, що в Україні не приділяється потрібної уваги до формування та розвитку національної морської індустрії, через що суднобудівна галузь занепадає.

Основною метою економічного розвитку будь-якої країни є забезпечення внутрішніх потреб і ефективність участі в світових господарських зв'язках. Вказані фактори визначають і завдання розвитку морського транспорту. Основа морської могутності будь-якої держави - тріада «судноплавні компанії - порти - суднобудівні заводи». В контексті мети роботи увага дослідника концентрується на третій складовій. Слід зазначити, що негативна тенденція у галузі суднобудування характерна не лише для України. Сучасна світова фінансова криза суттєво позначилась на стані ринку суднобудівної продукції: внаслідок критичного спаду попиту на перевезення судновласники у багатьох країнах нині анулюють контракти на закупівлю нових суден, зменшуючи завантаження верфей. Закордонний досвід підприємств суднобудування доводить той факт, що Україна повинна слідувати по шляху європейських суднобудівників, тобто по шляху інноваційного розвитку. Так, пристосовуючись до гострої конкурентної боротьби суднобудівники Європи об'єднуються, використовуючи різні інноваційні проекти. Європейські верфі не можуть конкурувати з азіатськими за ціною, і тому вони зосередитися на поліпшенні якості своєї продукції, що, насамперед, буде гарантує безпеку для людей і природи [6]. Найважливішою умовою виживання в зарубіжних країнах є великі фінансові вкладення в науково-дослідні роботи, розробки інноваційних проектів.

Суднобудівна галузь являє собою єдиний багатопрофільний комплекс підприємств і організацій, який здійснює різні етапи і стадії будівництва суден: корпусні роботи, виготовлення суднового обладнання та устаткування, виконання електромонтажних, ізоляційних та інших робіт, включаючи ремонтні роботи і модернізацію судів. Наукові та проектно-конструкторські установи забезпечують виробничий процес конструкторсько-технологічної та іншої документацією відповідно до вимог міжнародних класифікаційних товариств. Крім того, суднобудування об'єднує у своїй продукції досягнення великої кількості суміжних галузей промисловості (металургії, машинобудування, електроніки) [3,с.17].

Зрозуміло, що суднобудівна промисловість, унаслідок своїх специфічних властивостей, не може існувати без державної підтримки.

В Україні ще 18 листопада 1999 року прийнято Закон «Про заходи державної підтримки суднобудівної промисловості в Україні». Норми вказаного законодавчого акту були спрямовані на ефективне використання виробничого, науково-технічного та експортного потенціалу і підвищення конкурентоспроможності вітчизняного суднобудування [1,ст.20]. Однак ситуація в стані суднобудування залишалася негативною і через 10 років Урядом була розроблена і прийнята Стратегія розвитку суднобудування в Україні. Аналіз стану світового ринку суднобудування та ситуації в українському суднобудуванні, дозволили визначити основну мету стратегії розвитку суднобудівної галузі. Це - створення нового конкурентоспроможного вигляду суднобудівної промисловості на основі оптимізації виробничих потужностей, модернізації і технічного переозброєння, вдосконалення нормативно-правової бази з метою задоволення потреб держави та бізнесу в сучасній суднобудівної продукції [2, ст.1413]. Для цього був вивчений і узагальнений досвід провідних суднобудівних країн світу, які на практиці реалізували заходи з підтримки національного суднобудування. Комплекс таких заходів в стратегіях цих країн складали і складають податкові пільги, підтримка наукових розробок, зниження митних тарифів і дотації на будівництво суден і модернізацію підприємств [7, с. 126].

Однак задекларовані нормативні акти не втілюються в життя, немає системного підходу до розвитку морської індустрії взагалі, хоча вона формує стійкий сектор у економіці країни та високу частку у ВВП.

На думку багатьох зарубіжних експертів, успіх в суднобудуванні забезпечується 4-ма складовими: постійним зростанням кваліфікації персоналу, державною підтримкою суднобудування, наявністю сильного дослідницького підрозділу, сучасним технологічним розвитком галузі [4, с.8]. При цьому особливо наголошується, що саме без державної підтримки не може бути ні суднобудівної науки, ні сучасного технологічного вигляду верфей. Крім того, є дуже важливою для конкурентоспроможності суднобудування кластеризація. Кластеризація дозволяє суднобудівникам постійно нарощувати продуктивність і ступінь кооперацийності. Це - потужний фактор зниження собівартості будівництва суден.

Отже, конкурентними перевагами вітчизняного суднобудування є: високий науковий потенціал, наявність власної сировинної бази, необхідних виробничих потужностей та кваліфікованих кадрів, що дає підстави вважати розвиток цієї галузі одним із пріоритетів забезпечення транспортної, продовольчої, енергетичної та військової безпеки. Тому підвищення ефективності функціонування потенціалу і подальшого розвитку суднобудування в контексті інноваційного розвитку промисловості України, у першу чергу залежить від розробки генеральної стратегії України в морській діяльності, в основу якої повинна бути покладена нова Стратегія розвитку судноплавства, яка має враховувати інноваційні складові [5].

Нормативне регулювання має включати заходи регуляторного впливу, заходи кредитної підтримки, організаційні заходи, заходи щодо врегулювання фінансових питань. Потенціальні можливості українського суднобудування дозволяють йому зайняти гідне місце серед суднобудівних держав світу. Головну роль у цьому має відіграти виважене державне регулювання, нормоване на протекцію підприємств галузі. Зокрема, необхідно запровадити систему податкових та митних пільг, запровадити спеціальний економічний режиму функціонування суднобудівної промисловості.

Україна має прекрасні умови для розвитку морської індустрії, що сприятиме перетворенню цього сектора в один з локомотивів прискореного економічного розвитку нашої держави. Це насамперед - привабливі геоекономічні умови; необхідний історичний досвід; солідні виробничі потужності; можливості підготовки необхідної кількості кваліфікованих кадрів.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

2. Про заходи державної підтримки суднобудівної промисловості в Україні: Закон від 18.11.1999 // Відомості Верховної Ради України. -2000.-№ 3.- Ст. 20.
3. Про схвалення Стратегії розвитку суднобудування на період до 2020 року:розпорядження Кабінету Міністрів України від 6 травня 2009 р. // Офіційний вісник України. - 2009.- № 42.- Ст. 1413.
4. **Єфімова Г.** Наукові засади стратегії розбудови підприємств суднобудування України // Економіст2015.- № 6.- С. 17- 22.
5. **Зінченко А.І.** Інструментарій забезпечення розвитку суднобудівних підприємств в Україні: автореф. дис. - Одесса, 2009. - 18 с.
6. **Лисенко С.В., Довгань Л.Є., Мохонько Г.А.** Суднобудівна галузь України: проблеми та напрями її відродження [Електронний ресурс]: Режим доступу: file:///C:/Users/HOME/Downloads/45165-90709-1-PB.pdf
7. **Наумова Л. М.** Стратегічні напрями розвитку українського суднобудування в умовах глобалізації економічного середовища // Електронне наукове фахове видання "Ефективна економіка"
8. **Хачатуров Е. Б.** Організаційно-правові чинники та регламентація розвитку суднобудування України // Актуальні проблеми держави і права.- 2014.- Вип. 68.- С. 126- 131.

УДК 341.1

ПОНЯТИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МОРЕПЛАВАНИЯ

Костенко И. Ю.,
Національний університет «Одеська морська академія»

Безопасность мореплавания является одним из принципов морского права, с которым непосредственно связаны принципы обязательности спасения человеческой жизни на море, охраны морской среды и тому подобное. Проблема обеспечения безопасности мореплавания никогда не теряет своей актуальности и требует постоянного и непрерывного решения. Бурное развитие информтизации в последнее десятилетие привело к возростанию роли в обеспечения безопасности мореплавания информационной безопасности.

Обеспечение безопасности мореплавания – это совокупность мероприятий, связанных с достижением необходимого уровня надежности и живучести судна, с внешними для судна факторами, обеспечивающими безопасную деятельность судна в мировом океане.

Проблема обеспечения безопасности мореплавания проблема многоаспектная и содержит различные направления, связанные, как с международным сотрудничеством в этой сфере, так и со становлением и применением технических норм и стандартов, подготовке и дипломировании моряков, полномочиями государства порта, флага и прибрежного государства, организацией поиска и спасания на море, деятельностью классификационных обществ и страховых компаний, имплементации международно-правовых норм и т.д. Все вышесказанное тесно связанно с информационными технологиями.

В специальной литературе высказываются различные мнения по поводу понятия «безопасность мореплавания». Так, И. А. Дришлюк сводит безопасность мореплавания последовательности операций по управлению судном [□, с. 14].

М. М. Лесогоров рассматривает безопасность морского судоходства как такое состояние судоходства и других видов человеческой деятельности на море, исключающее причинение вреда морским судам, другим техническим устройствам, жизни и здоровью людей, морской среде и которое обеспечивается мерами экономического, технического, организационного, социального и производственного характера [□, с. 34].

Федчун Н. А. под безопасностью мореплавания понимает такое состояние судоходства и других видов человеческой деятельности на море, который исключает причинение вреда морским судам, другим техническим устройствам, жизни и здоровью людей, окружающей морской среде, и обеспечивается мерами экономического, технического, организационного, социального и правового характера [□, с. 103].

Что касается информационной безопасности мореплавания, то следует отметить, что в научной литературе отсутствует единій взгляд на содержания данного понятия.

Б. Кормич трактует информационную безопасность как состояние защищенности установленных законодательством норм и параметров информационных процессов и отношений, обеспечивает необходимые условия существования государства, человека и общества как субъектов этих процессов и отношений [□, с. 15].

Некоторые ученые рассматривают информационную безопасность как состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства, при котором сводится к минимуму причинения вреда из-за неполноты, несвоевременности, недостоверность информации или отрицательный информационное воздействие, за негативных последствий функционирования информационных технологий, а также из-за несанкционированного распространения информации [□, с. 72].

Гафнер В. В. полагает, что, информационная безопасность – защищённость информации и поддерживающей инфраструктуры от случайных или преднамеренных воздействий естественного или искусственного характера, способных нанести ущерб владельцам или пользователям информации и поддерживающей инфраструктуры [□, с. 17].

Источниками угроз ифнормационной безопасности, по мнению Вихорева В. С. являются как субъекты (личность) так и объективные проявления. Все источники угроз информационной безопасности В. С. Вихорев делит на три основные группы:

5. обусловленные действиями субъекта (антропогенные источники угроз);
6. обусловленные техническими средствами (техногенные источники угрозы);
7. обусловленные стихийными источниками [0].

Таким образом, информационная безопасность мореплавания - это состояние защищенности информации, необходимой для обеспечения безопасности мореплавания от воздействия антропогенных, техногенных и стихийных источников угроз.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

- **Вихорев В. С.** Классификация угроз информационной безопасности [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://elvis.ru/upload/iblock/f60/f602ee2337fcc7250c71c2a138fe9ecc.pdf
- **Гафнер В. В.** Информационная безопасность : учеб. пособие / В. В. Гафнер. – Ростов на Дону: Феникс, 2010. - 324 с.
- **Дришлюк И. А.** Охрана безопасности движения и эксплуатации морского транспорта уголовно-правовыми средствами : автореф. дисс. … канд. юрид. наук / И.А. Дришлюк. – М., 1988. – 22 с.
- **Кормич Б. А.** Організаційно-правові основи політики інформаційної безпеки України : автореф. дис. На здобуття наук. ступеня докт. юрид. наук : спец. 12.00.07 «Адміністративне право і процес; фінансове право; інформаційне право» / Б. А. Кормич ; Нац. ун-т внутр. справ. — Х., 2004. — 42 с.
- **Лесогоров Н. Н.** Особенности применения уголовной юрисдикции Украины относительно преступлений, граничащих с террористическими актами и представляющих наибольшую

общественную опасность для мореплавания / Н. Н. Лесогоров // Вестник Одесск. юрид. институт внутр. дел. Специальный выпуск. – Одесса, 2000. – С. 33-37.

- **Марущак А. І.** Інформаційно-правові напрями дослідження проблем інформаційної безпеки / А. І. Марущак // Державна безпека України. — 2011. — № 21. — С. 92—95
- **Федчун Н. А.** Кримінологічне вивчення безпеки мореплавства / Н. А. Федчун // Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Сер. : Юриспруденція. – 2013. – № 6-2, Т. 2. – С. 102-104.

УДК 347.799.4 (045)

ЗАГРОЗА ДЛЯ БІОРІЗНОМАНІТТЯ СВІТОВОГО ОКЕАНУ ВІД ДІЯЛЬНОСТІ МОРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Немерцалова С. В.,
Національний університет «Одеська морська академія»

Питання охорони та збереження біологічного різноманіття Світового океану з кожним днем набуває все більшої актуальності для світової спільноти. Море привертає увагу людства, як джерело різноманітних ресурсів – живих та неживих, та як великий транспортний коридор. Але для збереження його у стійкому стані необхідно підтримувати рівновагу та застосовувати принципи невиснажливого використання. Океан є єдиною багатофакторную системою, для якого неможливим є вилучення одного елементу без впливу на інші.

Морський транспорт є галуззю, що відіграє безперечно велику роль у економіці.

Цим видом транспорту перевозиться понад 80% зовнішньоторговельних вантажів. Це найбільш дешевий вид транспорту, бо експлуатація морських шляхів не вимагає великих витрат на утримання мережі, як для інших видів транспорту (залізничного, автомобільного, тощо). Сучасні морські судна здатні перевозити вантажі майже будь-яких розмірів та ваги. Але враховуючи всі позитивні момент використання морського транспорту для економіки не можна не зазначити, що він же наносить невиправну шкоду біологічному різноманіттю світового океану, а через це – економіці майбутнього, що суперечить концепції “sustainable development”.

Біологічне різноманіття – різноманітність живих організмів з усіх джерел, включаючи, серед іншого, наземні, морські та інші водні екосистеми і екологічні комплекси, частиною яких вони є; це поняття включає в себе різноманітність у рамках виду, між видами і різноманіття екосистем [1].

Загрози для морського середовища від діяльності морського транспорту можна класифікувати таким чином:

По-перше найпоширенішим є використання морського транспорту для перевезення наливних вантажів, таких як сира нафта, нафтопродукти, рідкий газ та продукти хімічної промисловості наливом. Особливістю ж морського середовища є те, що це – єдина екосистема. При впливі на її частину ураженими будуть всі ланки. Вода – є середовищем існування всіх водних організмів – при потраплянні будь яких речовин у воду змінюється її хімічний склад. Всі живі організми є відкритими системами, тобто тими, що здійснюють обмін енергією та речовиною з довкіллям. Тому викиди нафти та отруйних речовин призводять до загибелі тварин та рослин, руйнуванню екосистем.

По-друге для функціонування транспортної системи необхідним є наявність обладнаних портів, у яких відбувається навантаження – розвантаження вантажів та поновлення запасів пального для суден. Тому відбувається руйнування прибережних екосистем при будуванні портів.

По-третє морські риболовецькі судна використовуються для добування живих ресурсів. Ресурсами є ті види, що корисні, або потенційно корисні для людства. Через неконтрольоване чи нераціональне використання ресурсів зникають види риб та морських ссавців.

По-четверте завдяки подоланню судами великих відстаней відбувається перенесення живих організмів з однієї екосистеми до іншої. У баластних водах або прикріплені до судна нові види організмів потрапляють у нове для себе середовище існування, у якому шукають екологічну нішу, витісняючи природні види. Відбувається неконтрольоване збільшення цих видів через відсутність у них природних ворогів. У Чорному морі така ситуація була із реброплавом *Mnemiopsis leidyi* (A. Agassiz, 1865) - організмом, поява якого ледве не призвела до зникнення деяких видів риб [2].

Зазначені проблеми функціонування морського транспорту знайшли відображення у ряді міжнародних конвенцій.

Наприклад, Міжнародна конвенція про втручання у відкритому морі у випадках аварій, що призводять до загрози забруднення моря нафтою (прийнята в 1969 році; набула чинності з 1975 року, підписали 72 країни) підтверджує право прибережної держави здійснювати заходи в екстериторіальних водах, аби запобігти, пом'якшити або ліквідувати загрозу для берегової смуги у разі морського нещасного випадку[3] .

Конвенція про запобігання забрудненню моря відходами та іншими забруднювачами (ухвалена в 1972 році; набула чинності з 1975 року, підписана 77 країнами) стосується певних вогненебезпечних відходів із суден, літаків, платформ та інших конструкцій, створених людиною. Вона вимагає також попереднього дозволу на поховання багатьох інших відходів [4].

Міжнародна конвенція про запобігання забруднення моря з суден (MARPOL 73/78), ухвалена в 1973 році, - найважливіша міжнародна угода стосовно морського забруднення. Вона охоплює всі технічні аспекти випадкових та експлуатаційних забруднень, спричинених суднами, за винятком захоронення відходів від розробки та експлуатації мінеральних ресурсів морського дна [5].

Міжнародна конвенція про готовність у випадках забруднення моря нафтою, відповідальність та взаємодію (ухвалена в 1990 році; з 1995 року набула чинності, підписана 38 країнами) спрямована на боротьбу з головними загрозами та інцидентами морського забруднення. Вимагає від суден та операторів морських платформ мати плани дій на випадок аварії, пов'язаної із забрудненням нафтою, закликає мати обладнання для швидкого зменшення нафтової плями та провадити відповідне тренування [6]. Та інші.

Спробою інтегративного підходу для вирішення питання збереження біорізноманіття стало підписання у Ріо де Жанейро Міжнародної конвенції про біологічну різноманітність, 1992 року, а за для вирішення проблеми перенесення видів у 2004 році підписано Міжнародну конвенцію про контроль суднових баластних вод й осадів та управління ними.

Але незважаючи на існування доволі великої правової бази, негативний вплив діяльності морського транспорту на біорізноманіття Світового океану залишається потужним. Норми, що регулюють це питання є розрізненими, невичерпними та не гармонізованими. Питання розвитку морського транспорту неможливо розглядати тільки з точки зору економічної вигоди для людини, необхідним є також аналіз можливих наслідків для інших живих істот та прийняття актуальних нормативних актів.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Міжнародна конвенція про біологічну різноманітність 1992 р.: [Электронный ресурс] / Законодательство Украины «Инфодиск» компьютерная библиотека 2005 – Загл. з екрану. – Мова укр.

2. **Виноградов М.Е., Шушкина Э.А., Мусаева Э.И., Сорокин П.Ю.** Новый вселенец в Черное море - гребневик Mnemiopsis leidyi //Океанология, 1989. Т. 29. № 2. - С. 293-299

3. Міжнародна конвенція про втручання у відкритому морі у випадках аварій що призводять до загрози забруднення моря нафтою, 1969 р. [Электронный ресурс] / Законодательство Украины «Инфодиск» компьютерная библиотека 2005 – Загл. з екрану. – Мова укр.

4. Міжнародна конвенція про запобігання забрудненню моря відходами та іншими забруднювачами, 1972 р. [Электронный ресурс] / Законодательство Украины «Инфодиск» компьютерная библиотека 2005 – Загл. з екрану. – Мова укр.

5. Міжнародна конвенція з попередження забруднення з суден 73/78 р. [Электронный ресурс] / Законодательство Украины «Инфодиск» компьютерная библиотека 2005 – Загл. з екрану. – Мова укр.

6. Міжнародна конвенція про готовність у випадках забруднення моря нафтою, відповідальність та взаємодію, 1990 р. [Электронный ресурс] / Законодательство Украины «Инфодиск» компьютерная библиотека 2005 – Загл. з екрану. – Мова укр.

7. Міжнародна конвенція про громадську відповідальність за шкоду від забруднення моря нафтою внаслідок розробки мінеральних ресурсів морського дна, 1969 р.: [Электронный ресурс] / Законодательство Украины «Инфодиск» компьютерная библиотека 2005 – Загл. з екрану. – Мова укр.

УДК 347.799.6(043)(477)

ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТА СТАТУСУ СПОРТИВНОГО СУДНА У НОРМАТИВНИХ АКТАХ УКРАЇНИ

Краснікова О. В.,
Національний університет «Одеська морська академія

Спортивні судна за своїм призначенням використовуються, як правило, в екстремальному режимі підготовленими спортсменами, мають значні конструктивні особливості та оснащення, тому повинні відповідати вимогам спеціальних правил щодо безпечної експлуатації.

На сьогоднішній день немає жодного національного нормативного акту де б визначалося таке поняття, як «спортивне судно»; немає єдиного підходу і до порядку його реєстрації, обліку, експлуатації та нагляду. Окрім того, немає єдиного державного органу, який би опікувався спортивними суднами. Навіть такий кодифікований акт, як Кодекс торговельного мореплавства України (далі – КТМУ), не містить формулювання терміну «спортивне судно». З огляду на визначення судна (ст. 15 КТМУ) [1], спортивні судна відносяться до торговельних суден. Все це ускладнює визначення правового статусу спортивного судна.

До 2012 року діяли деякі національні нормативні акти, де було визначено поняття спортивного судна и де зазначався його статус. Але Наказом Міністерства освіти і науки, молоді та спорту за № 887 від 03.08.2012р. ці акти визнані не чинними. Оскільки нових актів для усунення цієї прогалини не прийнято, це питання на сьогоднішній день державою не врегульоване.

Проте, визначення статусу спортивного судна знаходить своє закріплення у локальних нормативних актах, які діють у зазначеної області та у Положенні про порядок визначення спортивних вітрильних суден та їх обліку, яке затверджено Президією Вітрильної Федерації України від 26.07.2012 р. (далі – Положення ВФУ)[2].

Відповідно до статуту Вітрильна Федерація України – є всеукраїнською громадською організацією громадян України, які об'єднались з метою забезпечення реалізації своїх прав та повноважень у сфері вітрильного спорту України і які прагнуть своїми діями сприяти розвитку та піднесенню вітрильництва в Україні. Вітрильна Федерація України (далі – ВФУ) є правонаступницею «Української Вітрильницької Спілки».

Щодо Положення ВФУ, то воно є тимчасовим і діє до законодавчого вирішення питань (п. 1.2. Положення) [2]. Цим документом встановлюється порядок обов'язкового обліку у Реєстрі спортивних вітрильних суден, приналежних до ВФУ, тобто коли власник є дійсним членом Федерації. ВФУ реєструє спортивні судна, веде облік та видає Свідоцтва, але постає питання: чи мають вищезазначені свідоцтва юридичну силу? Адже дані документи не затверджені та не видаються державним органом. Оскільки для отримання Свідоцтва основним є документ про сплату відповідних послуг, то також з'являється питання щодо збору за проведення реєстрації спортивного судна, тому що розмір та направлення даних коштів на сьогоднішній день державою не регулюється.

Відповідно до п. 1.3. Правил користування маломірними суднами на водних об'єктах в Одеській області (затверджено рішенням сесії Одеської обласної ради від 26.08.2011 р. за № 214 – IV) [3], спортивне судно – це вітрильне, гребне або моторне маломірне судно, яке відповідає вимогам спеціальних правил побудови та безпеки експлуатації; обслуговується спеціально підготовленими особами (екіпажем) та використовується виключно для занять спортом і не використовується для комерційних перевезень вантажів та пасажирів.

Отже, відповідно до наведеного визначення, спортивне судно – це маломірне (мале) судно, яке відрізняється за своїм призначенням, а саме – використовується для занять спортом.

Згідно з п. 1.5. Положення ВФУ спортивне судно – це плавзасіб, який використовується за спортивним призначенням, збудований, оснащений і споряджений відповідно до вимог спеціальних правил побудови та безпеки експлуатації, обслуговується у часі плавання кваліфікованим екіпажем, і не використовується для комерційних перевезень вантажів та пасажирів. Спортивні вітрильні судна поділяються на перегонові і крейсерсько-перегонові [2].

У підпункті 2.4.1.2 пункту 2.4.1 розділу 2.4 Повідомлення мореплавцям №60-63 «Держгідрографії» зазначається, що під спортивними суднами маються на увазі судна, спроектовані, побудовані або переобладнані переважним чином або виключно для занять спортом, змагань, тренувань, дальнього спортивного плавання, занять іншими водними технічними видами спорту [4].

Така ситуація, коли немає єдиного розуміння або тлумачення аналізованого поняття, спонукала надати у Верховну Раду України законопроект «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо спортивних суден» від 03.02.2011р. № 8060, метою якого було законодавче вирішення питань статусу спортивного судна, його реєстрації, обліку, експлуатації і нагляду, а також конкретизація відносин, що виникають при використанні спортивних суден, які виступають у якості суб'єктів мореплавства. Але відповідно до висновку відповідального комітету Верховної Ради України даний законопроект був повернутий суб'єкту права законодавчої ініціативи на доопрацювання [5]. На жаль, зазначений законопроект так і не дійшов до першого читання.

Таким чином, проблема щодо регулювання статусу спортивних суден залишається відкритою і тому потребує вирішення на законодавчому рівні.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кодекс торговельного мореплавства України № 176/95-ВР від 23.05.1995 – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до сайту : http://zakon2.rada. gov.ua/laws/show/176/95-%D0%B2%D1%80;
2. Положення про порядок визнання спортивних вітрильних суден та їх обліку : затверджено протоколом Президії ВФУ № 99 від 26.07.2012 р. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до сайту: http://sfu.com.ua/2/regulations.html
3. Правила користування маломірними суднами на водних об'єктах в Одеській області (затверджено рішенням сесії Одеської обласної ради від 26 серпня 2011 року за № 214 – IV) – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до сайту : http://morhoz.odessa.gov.ua/morhoz-robota-baz-stoyanok-malomrnogo-flotu/pravila-koristuvannya-malomrnimi-sudnami-na-vodnih-obktah-v-odeskj-oblast/

4. Повідомлення мореплавцям № 60-63 «Держгідрографія» Міністерства інфраструктури України, випуск № 8 від 22.02.2013 р. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до сайту : http://www.charts.gov.ua/ ntm/2013/ntm08(60-63).pdf
5. Висновок на проект Закону «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо спортивних суден» (реєстр. №8060 від 03.02.2011 р., внесений народним депутатом В.Шечуком) – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до сайту : http://www.W1.c1.rada.gov.ua›pls/zweb2/ webproc34?id=&pf3511…

УДК 341.16:629.54-047.33(045)

РОЛЬ ІМО У РОЗВИТКУ ІНСТИТУТУ РЕЄСТРАЦІЇ МОРСЬКИХ СУДЕН

Півторак Г. Ф.,
Національний університет «Одеська морська академія

На конференції, що проходила під егідою ООН у лютому-березні 1948 р. у Женеві, було прийнято Конвенцію про Міжурядову морську консультативну організацію. У 1982 р. цю Організацію було перейменовано у Міжнародну морську організацію (*International Maritime Organization – IMO*). Набрання чинності Конвенцією 1948 р. фактично означало появу нової, дванадцятої спеціалізованої установи ООН. Україна приєдналася до Конвенції лише у 1994 р.[1], хоча фактично виконувала усі вимоги ІМО перебуваючи у складі СРСР, який приєднався до Конвенції у грудні 1958 р. тобто майже відразу після набрання нею чинності.

З набранням Конвенцією чинності у роботі Міжнародної морської організації простежується бажання "переглянути і привести у відповідність до загальних принципів "Конституції океанів" всі міжнародні нормативні акти, що були прийняті під егідою ІМО у попередні періоди її роботи", та ліквідувати існуючи прогалини "у міжнародно-правовій регламентації суспільних відносин у певних видах діяльності людини у Світовому океані"[2]. У цей час під егідою міжнародної морської організації були прийняті такі конвенції, як Конвенція про боротьбу з незаконними актами, спрямованими проти безпеки морського судноплавства 1988 р. (SUA 1988) і Протокол про боротьбу з незаконними актами, спрямованими проти безпеки стаціонарних платформ, розташованих на континентальному шельфі 1988 р. (SUA Protocol 1988), Міжнародна конвенція про рятування 1989 р. (SALVAGE 1989), Міжнародна конвенція по забезпеченню готовності на випадок забруднення нафтою, боротьбі з ним і співробітництву 1990 р. (OPRC 1990), Міжнародна конвенція про відповідальність і компенсацію збитків у зв'язку з перевезенням морем шкідливих і небезпечних речовин 1996 р. (HNS Convention 1996), Конвенція про відповідальність за забруднення бункерним паливом 2001 р. (BUNKERS Convention 2001), Конвенція про видалення уламків суден 2007 р. (NAIROBI WR Convention 2007) тощо.Міжнародна морська організація вживає й інших заходів спрямованих на вирішення проблеми реального зв'язку судна з державою прапора. Зокрема, Асамблеєю ІМО була прийнята резолюція А.847(XX), яка ввела в дію Керівництво з надання допомоги державам прапора по здійсненню документів Міжнародної морської організації.[3] У подальшому, у розвиток цього документу Резолюцією А.881(XXI) було схвалено Керівництво з надання допомоги державам прапора при самооцінці своєї діяльності, у якому Міжнародна морська організація закликає уряди усіх держав проводити регулярні заходи по самооцінці реалізації різних документів Організації, учасниками яких вони є[4]. Цей документ починається з нагадування, що "держави прапора несуть відповідальність за встановлення і підтримку заходів з ефективного застосування і забезпечення виконання документів ІМО, учасниками яких вони є" (п. 1). Він також містить форми самооцінки діяльності держави прапора. Конвенції Міжнародної морської організації спрямовані на забезпечення безпеки мореплавства і запобігання забруднення морського середовища, які деталізують загальні принципи приписів ст. 10 Конвенції про відкрите море 1958 р. і ст. 94 Конвенції ООН з

[1] Про прийняття Конвенції про Міжнародну морську організацію 1948 року в редакції 1982 року. Постанова Верховної Ради України від 4 лютого 1994 р. № 3938-XII // Відомості Верховної Ради України. – 1994. – № 23. – Ст. 171.

[2] Шемякін О.М. Діяльність Міжнародної морської організації по забезпеченню правопорядку у Світовому океані // Правова держава: Щорічник наук. пр. – Вип. 22. – К.: Інститут держави і права ім. В.М. Корецького НАН України, 2011. – С. 417-418.

[3] Guidelines to assist flag States in the implementation of IMO instruments / Resolution IMO A.847 (XX) adopted on 27 November 1997.

[4] Самооценка деятельности государства флага / Резолюция ІМО А.881 (XXI) от 25 ноября 1999 г.

морського права 1982 р., які встановлюють обов'язки держави прапора відносно суден, що плавають під їх прапором, стали на сьогодні основоположними стовпами сучасного міжнародного судноплавства. Таким чином, можна зазначити, що комплексний галузевий інститут реального зв'язку судна з державою прапора, здобув свій подальший розвиток у конвенціях і резолюціях Міжнародної морської організації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ І ЛІТЕРАТУРИ

1. Про прийняття Конвенції про Міжнародну морську організацію 1948 року в редакції 1982 року. Постанова Верховної Ради України від 4 лютого 1994 р. № 3938-XII // Відомості Верховної Ради України. – 1994. – № 23. – Ст. 171.
2. Guidelines to assist flag States in the implementation of IMO instruments / Resolution IMO A.847 (XX) adopted on 27 November 1997.
3. Самооценка деятельности государства флага / Резолюция IMO A.881 (XXI) от 25 ноября 1999 г
4. **Шемякін О.М.** Діяльність Міжнародної морської організації по забезпеченню правопорядку у Світовому океані // Правова держава: Щорічник наук. пр. – Вип. 22. – К.: Інститут держави і права ім. В.М. Корецького НАН України, 2011. – С. 417-418

УДК 627.76:347.79(477)(045)

ДЕ-ЯКІ ПИТАННЯ РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ НОРМ ЩОДО ВИДАЛЕННЯ ЗАТОНУЛИХ СУДЕН В ЗАКОНОДАВСТВО УКРАЇНИ

Савич О. С.,
Національний університет «Одеська морська академія

Світовий океан має виняткове значення в життєзабезпеченні Землі. Але науково-технічний прогрес негативно позначився на життєздатності океану. З метою охорони Світового океану було прийнято цілу низку багатосторонніх і регіональних угод на міжнародному рівні.

Особливу тривогу викликають залишені затоплені судна, які були поховані на морському дні поряд з побережжям різних держав. Знаходження водних транспортних засобів в цих місцях може призвести до незворотних наслідків не тільки природному середовищу, а й судноплавству в цілому.

Проблема видалення суден та інших плавучих засобів морських територіях є однією з найгостріших екологічних та навігаційних проблем, яка до цього часу залишається невирішеною.

18 травня 2007 в місті Найробі (Кенія) під егідою Міжнародної морської організації (IMO) відбулася Міжнародна конференція щодо видалення затонулих суден, на якій було прийнято Найробійську міжнародну конвенцію про видалення затонулих суден 2007 року. Конвенція вступила у силу 14 квітня 2015 року [1].

Основними цілями стала необхідність заповнити пробіл в існуючому морському законодавстві, а саме: встановлення району дії Конвенції; порядок передачі повідомлень про знаходження затонулого судна і аварії прибережним державам, дії з визначення місцезнаходження судна або аварії; критерії визначення небезпеки і можливих наслідків для морського середовища або перешкоди судноплавству; заходи з видалення затонулого судна, включаючи права і зобов'язання судновласника, а також відповідальність сторін; обов'язкове страхування або інше фінансове забезпечення покриття витрат, пов'язаних з видаленням затонулого судна.

14 травня 2014 року Державна інспекція України з безпеки на морському та річковому транспорті (Укрморрічінспекція) розпочала роботу над ратифікацією Конвенції [2]. Але, ефективна реалізація будь-якої Конвенції в більшості залежить від чіткості формулювань та однакового розуміння положень державами-учасницями Конвенції, задля уникнення двозначності у тексті положень Конвенції [3].

Розпочавши ратифікацію даного міжнародно-правового акту, Україні доведеться зробити не мало роботи, щодо імплементації норм у національне законодавство, а саме:

1. Забезпечення коректного та точного перекладу тексту Конвенції на українську мову. При перекладі конвенції на українську мову, було допущено деякі помилки. Неправильний переклад може призвести до багатьох проблем при використанні норм конвенції.

2. Визначення Району дії конвенції. Конвенція встановлює дію норм у виключно економічній зоні держави та можливість її використання у територіальному морі, якщо держава зробить відповідні поправки, при ратифікації конвенції [4, ст.3]. У зв'язку з цим, Україні необхідно буде зробити поправку щодо дії конвенції в територіальному морі, не тільки для забезпечення фінансового гарантування, а й для використання норм конвенції при регулюванні питань, щодо затонулих суден.

3. Визначення причетною державою поняття «небезпеки» та форми видалення затонулого судна. Визнаючи, усі питання та проблеми, що стосуються поняття «небезпеки» та встановлення форм видалення

затонулого судна, Україна повинна зробити уточнення, а саме: визначити, які саме судна підлягають видаленню, якщо вони були затопленні не тільки в територіальному морі, а у виключно економічній (морській) зоні; встановити, що саме відноситься до поняття «особливо серйозної небезпеки» в національному законодавстві, задля подальшого уникнення судових тяжб, та спорів з судновласниками; доповнити, чи внести зміни до національного законодавства, щодо некоректного поняття «віддалити»,та встановити які саме форми видалення можуть бути використанні; встановити можливість затоплення затонулого судна, у випадку, якщо дана форма видалення затонулого майна, призведе до зменшення небезпеки.

4. Забезпечення правильного тлумачення поняття «затонуле майно» та «затонуле судно». У разі ратифікації даної конвенції , необхідно внести поправки щодо її використання в територіальному морі, вперш за все, необхідно буде встановити окреме поняття «затонулого судна» з вичерпним переліком.

5. Визначення обов'язків причетної держави, згідно норм конвенції та обов'язки капітану морського порту. Аналізуючи, проблеми та питання щодо обов'язків причетної держави та капітану морського порту, Україна повинна зробити ряд дій, для ефективної реалізації даних норм на практиці, а саме: визначити ряд обов'язків держави, щодо організаційних питань встановлення рівня небезпеки та розумних строків видалення затонулих суден у виключно економічній зоні, згідно конвенції; визначити ряд державних обов'язків, щодо організаційних питань встановлення рівня небезпеки та розумних строків видалення затонулих суден, у разі, якщо Україна визначить дію конвенції в територіальному морі; зробити відповідні зміни та доповнення у національному законодавстві, а саме у нормах КТМ; створити підвідомчий Укрморрічінспекції додатковий «Відділ організації з питань видалення затонулих суден» та надати йому можливість здійснювати свою діяльність не тільки в територіальному морі, а й представляти інтереси причетної держави у виключно економічні зоні України.

6. Обов'язок причетної держави встановлювати місцезнаходження затонулих суден для забезпечення навігаційної небезпеки. Дуже важливим фактором для забезпечення безпечного судноплавства є використання інформації з офіційних морських навігаційних карт та посібників для плавання видання Держгідрографії, адже саме вона є відповідальною за видання та підтримку на рівні сучасності карт на води України Чорного та Азовського морів.

7. Обов'язкове страхування та регулювання питання щодо признання свідоцтва на території держав, котрі не ратифікували конвенцію. Необхідно приділити увагу контролю страхових свідоцтв та фінансового забезпечення на державному рівні. Створити спеціальний орган, який буде займатися видачею обов'язкових страхових свідоцтв усім судновласникам, судна котрого зареєстровані під прапором України.

Україні також необхідно буде звернути увагу на питання відповідальності при настанні страхового випадку (робота надійних страхових компаній та фінансових установ, визнаних у світі).

Ратифікація Найробійської міжнародної конвенції про видалення затонулих суден 2007 року Україною, є визначним та необхідним кроком. Для вдалого використання норм та правил даної Конвенції, Україні потрібно провести законодавчі дії, стосовно зміни існуючого законодавства та прийняття нових правих актів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сегодня вступает в силу Найробийская конвенция об удалении затонувших судов // Центр новостей ООН - [Електронний ресурс]. – режим доступу: http://www.un.org/russian/news/story.asp?NewsID=23523#.V-Apia3j-zU
2. Укрморрічінспекція розпочинає роботу щодо ратифікації Найробійської міжнародної конвенції // Урядовий портал- [Електронний ресурс]. – режим доступу: http://www.kmu.gov.ua/control/uk/publish/article?art_id=247294175
3. **Звягінцева Д.С.** Аналіз заходів та форм видалення затонулого судна у контексті Нейробійської конвенції від 18 травня 2007 р. // Актуальні проблеми держави і права. – Випуск 57. – С. 418 – 424.
4. Найробійська міжнародна конвенція про видалення затонулих суден від 18 травня 2007 року [Електронний ресурс] / Верховна Рада України / Законодавство України / Міжнародні документи / Міжнародна морська організація. – Режим доступу до док. : http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/896_046.

УДК 371.134:78(07)

ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ СПЕЦІАЛІСТІВ МОРСЬКОЇ ГАЛУЗІ В УКРАЇНІ

Стасій В. І.,
Національний університет «Одеська морська академія»

На сьогоднішній день, наявність висококваліфікованих спеціалістів морської галузі потребує певної професійної підготовки курсантів у морських навчальних закладах. Морська освіта і підготовка моряків є необхідними для забезпечення довгострокового сталого розвитку в галузі, як в морі, так і на суші, де забезпечується безпека і ефективність мореплавання.

Ефективність професійної підготовки майбутніх фахівців морського флоту полягає в єдності процесу навчання і виховання, забезпеченні тісного взаємозв'язку професійного навчання з практикою [5, с. 91].

Високі стандарти навчання, відповідно міжнародним та національним стандартам підготовки морських фахівців, а також конвенціям, кодексам і національним законам, завжди залишаються основою для належного, надійного та безпечного судноплавства, яке повинно підтримувати якість, практичні навички та компетентність кваліфікованих людських ресурсів у морській галузі.

Важливу роль у встановленні стандартів підготовки фахівців морської галузі виконує Міжнародна морська організація. ІМО забезпечує державний контроль підготовки морських спеціалістів. Це обумовлено підвищенням вимогливості судновласників до плавскладу по забезпеченню відповідної, чіткої та безпечної роботи на судні.

Міжнародна конвенція про підготовку і дипломування моряків та несення вахти, 1978 року, розкриває міжнародні стандарти та рівень для професійної підготовки, який повинен бути досягнутий для належного виконання на судні відповідно до критеріїв, узгоджених на міжнародному рівні [6].

Професійне навчання робітників морського профілю на виробництві слід розглядати, як специфічну і самостійну структуру у виробничому та педагогічному процесі, яка спрямована надати допомогу судновласникам у комплектуванні екіпажів морських суден компетентним і кваліфікованим персоналом, формування у моряків професіоналізму, майстерності, сучасного економічного мислення, уміння працювати в нових економічних умовах [4].

Таким чином, судноплавні компанії, при відборі працівників на морський транспорт, відповідно міжнародним на національним нормам, встановлюють критерії і процедури відбору персоналу з достатньо високими стандартами технічних знань, вмінь, професіоналізму. Тому основним завданням системи підготовки, перепідготовки, підвищення кваліфікації і перевірки компетентності кваліфікованих робітників морського профілю є забезпечення такого рівня знань, вмінь і навичок, які дають можливість українським морякам успішно конкурувати на міжнародному ринку праці [3, с. 149].

Відповідно до ч. 1 Розділ A-I/6 Манільських поправок до Міжнародної конвенції з підготовки і дипломування моряків та несення вахти (ПДНВ), підготовка та оцінка моряків для дипломування, повинна бути: «… структурована відповідно до письмових програм, включати такі методи та засоби передачі знань, процедури та учбовий матеріал, які є необхідними для досягнення приписаного стандарту компетентності». А також : «проводилася, контролювалась, оцінювалася та забезпечувалася особами…» з відповідною кваліфікацією [1].

У Кодексі ПДНВ зазначено, що стандарт компетентності означає рівень професійної підготовки, який повинен бути досягнутий для належного виконання функцій на судні відповідно до критеріїв, узгоджених на міжнародному рівні, і включає прописані стандарти чи рівень знань, розумінь та продемонстрованих навичок [4].

Відповідно до розділу A-I/11 Додатку до Манільських поправок до кодексу ПДНВ, розкривається таке поняття: «…професійна придатність, яка характеризується, яка установлюється шляхом:

- наявності схваленого стажу роботи на судні з виконанням при цьому функцій, що відповідають наявному диплому, на строк не менше, загалом дванадцяти місяців з попередніх п'яти років;
- проходження схваленої перевірки;
- успішного закінчення схваленого курсу або курсів підготовки;
- завершення схваленого стажу роботи на судні з виконанням при цьому функцій, відповідних наявному диплому;
- проходження курсів перепідготовки та підвищення кваліфікації, які … повинні бути схвалені та включати зміни у відповідних національних та міжнародних правилах стосовно охорони людського життя на морі, охорони та захисту морського середовища» [2].

Основуючись, на вищесказаному, процес формування професійної компетентності моряка прискорюється, якщо він здійснюється за програмою комплексного навчання з використанням у навчальному процесі навчально-тренажерного обладнання, де всі екстремальні ситуації, що виникають відпрацьовуються в реальному режимі. Відпрацювання всіх необхідних прийомів у різних умовах роботи судна на таких

тренажерах дозволяє сформувати певний тип мислення, який необхідний для роботи в морі і дозволяє в подальшому більш ефективно вдосконалювати професійну діяльність моряка [4].

Для професійного навчання моряків, потрібно постійно покращувати систему навчання у вищих морських навчальних закладах:

– оновлювати та забезпечувати навчальними посібниками, підручники в друкованому та електронному вигляді, які безпосередньо призначені для підготовки робочих кадрів на виробництві;

– постійно проводити спеціальні курси підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації викладачів, відповідно їх профілю навчання;

– забезпечувати навчання на відповідних тренажерах, а також проходження курсів спеціальної та спеціалізованої підготовки моряків;

– забезпечувати проходження, студентів морських вузів, плавальною практикою, для отримання досвіду та в подальшому мати можливість отримати гідну роботу.

Також, морські навчальні заклади повинні сумлінно виконувати вимоги державної політики відповідної якості освіти, підготовки та дипломування моряків. Особливе значення, також має те, що морські навчальні заклади повинні активно співпрацювати з іноземними партнерами – морськими навчальними закладами, науковими та науково-технічними інститутами, морськими компаніями.

Отже, система професійного навчання працівників у морській галузі потребує подальшого дослідження та повинна забезпечити не лише професійну підготовку майбутніх моряків, але і виховати їх як особистість та кваліфікованих спеціалістів у даній сфері.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Манільські поправки до Міжнародної конвенції з підготовки і дипломування моряків та несення вахти (ПДНВ) 1978 року. // Офіційний вісник України. – 2012. – № 24. – Ст. 940.
2. Манільські поправки до Кодексу з підготовки і дипломування моряків та несення вахти (ПДНВ) 1978 року. // Офіційний вісник України. – 2012. – № 24. – Ст. 940.
3. **Герганов Л.Д.** Проблеми фахової підготовки плавскладу України за умов інтеграції з європейським освітнім простором / Л.Д. Герганов // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Педагогіка. – 2014. - № 3. – С. 147-152.
4. **Герганов Л. Д.** Формування професійної компетентності рядового плавскладу морських суден: проблеми та перспективи : [Електронний ресурс] / Л.Д. Герганов – Електрон. стор. – Режим доступу до стор. : https://docviewer.yandex.ua/?url=http%3A%2F%2Flib.chdu.edu.ua%2Fpdf%2Fnaukpraci%2Fpedagogika%2F2014%2F246-234-5.pdf&name=246-234-5.pdf&lang=uk&c=57dac7eabac9.
5. **Кулакова М.В.** Організація навчально-виховного процесу з урахуванням функцій педагогічного управління професійної підготовки майбутніх фахівців у вищих морських навчальних закладах / М.В. Кулакова // Наука і освіта. – 2007. - № 3. – С. 91-93.
6. International Maritime Organization : [Електронний ресурс] : база даних Міжнародної морської організації. – Електр. данні – Режим доступу до док.:http://www.imo.org/en/OurWork/HumanElement/TrainingCertification/Pages/Default.aspx.

СЕКЦІЯ №13
ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА РОЗВИТОК МОРСЬКОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

УДК 005:627.2: 627:3:338.28

ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ОБ'ЄКТІВ ПОРТОВОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В ОСОБЛИВИХ УМОВАХ ФУНКЦІОНУВАННЯ

Ю.М. Харитонов
Україна, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

На теперішній час морські порти України є одним з важливих секторів економіки, який забезпечує сталий розвиток держави. При цьому, однією з актуальних проблем подальшого розвитку портів залишається проблема ефективного енергозабезпечення об'єктів портової інфраструктури(ОПІ). Серед найбільш характерних питань, пов'язаних з їх подальшим розвитком, слід відмітити відсутність засобів комплексного економіко-математичного моделювання та оптимізації складу та характеристик систем енергопостачання ОПІ, а також моделей та алгоритмів економічного регулювання та державного управління, в тому числі, в особливих умовах функціонування.



Аналіз результатів наукових досліджень, виконаних вітчизняними та закордонними вченими показує, що на теперішній час концептуальне розв'язання комплексу існуючих задач розвитку системи енергопостачання об'єктів портової інфраструктури, має важливе наукове та практичне значення не тільки для України, а також і для розвинутих країн світу. При цьому, наявність особливостей предметної області досліджень – функціонування систем енергопостачання ОПІ в особливих умовах, потребує розробки та вдосконалення існуючих методів та моделей управління.

Відомі напрацювання вітчизняних та закордонних дослідників стосуються лише окремих питань управління проектами розвитку та функціонування ОПІ [1…5], що не дозволяє реалізувати концептуальні положення Законів України «Про боротьбу з тероризмом», «Про морські порти України» та «Стратегії розвитку морських портів України на період до 2038 року». Так, в роботі [1] наводяться найкращі практики захисту найважливіших об'єктів неядерної інфраструктури від терористичних актів, в роботі [2] на прикладі об'єктів енергетичної інфраструктури розглядаються питання нейтралізації загроз терористичних атак, а в [3] – питання управління морською безпекою роботи портів. Деякі дослідження присвячені окремим питанням антитерористичної діяльності в портах та на об'єктах морської інфраструктури [4,5].

Показано, що на теперішній час технології забезпечення функціонування систем енергопостачання об'єктів портової інфраструктури в особливий період знаходяться у стадії розробки та формування концептуальних положень. При цьому, кожна з технологій, як правило, розробляється у відповідності до умов окремого порту або морської території, що обумовлює дефіцит загально признаних вимог. Ці обставини потребують виконання досліджень, пов'язаних із визначенням та розробкою основних положень технологій

забезпечення функціонування систем енергопостачання об'єктів портової інфраструктури стосовно морських портів України.

Визначення ключових організаційних та техніко-технологічних факторів, які впливають на функціонування об'єктів портової інфраструктури потребує узагальнення їх структурно-параметричних показників. Це, в свою чергу, дозволить визначити основні загрози, організаційних та техніко-технологічних наслідків виведення з ладу елементів системи енергопостачання об'єктів портової інфраструктури. Виконання етапу розробки методів, моделей і засобів економіко-математичного моделювання та оптимізації енергетичних систем і комплексів об'єктів портової інфраструктури, а також моделей та алгоритмів економічного регулювання та державного управління потребує критичного аналізу щодо існуючих методів та моделей на предмет їх використання у сучасних практиках управління. При тому, виконання цього етапу дозволить визначити спектр проблемних питань управління енергопостачанням ОПІ.

Попередні дослідження виявили відсутність узагальнених методів та моделей щодо управління функціонуванням систем енергопостачання об'єктів портової інфраструктури в особливий період.

Моделі економіко-математичного моделювання та оптимізації енергетичних систем і комплексів об'єктів портової інфраструктури, відносяться до складних технічних систем, є багатокритеріальними та багатопараметричними, що обумовлює необхідність виконання завдання розробки основних критеріїв.

Розробка методів, моделей і засобів економіко-математичного моделювання та оптимізації енергетичних систем і комплексів об'єктів портової інфраструктури, моделей та алгоритмів економічного регулювання, державного управління в особливий період, а також принципів формування, критеріїв, моделей та алгоритмів створення системи підтримки прийняття рішень забезпечення функціонування системи енергопостачання об'єктів портової інфраструктури в особливий період, створення, верифікація та апробація програмних продуктів, розробка рекомендацій щодо управління об'єктами енергопостачання ОПІ в складних погодних умовах та на період особливого часу є актуальними завданнями науково-прикладних досліджень.

Перелік посилань

1. Руководство по передовой практике защиты важнейших объектов неядерной энергетической инфраструктуры от террористических актов в связи с угрозами, исходящими от киберпространства – Организация по безопасности и сотрудничеству в Европе (ОБСЕ), 2013, [Електронний ресурс]. − Режим доступу: http:// www.osce.org
2. **Велицко В.В.** Выявление и нейтрализация угроз государственной безопасности с применением инструментария ТРИЗ на примере угроз инфраструктурного технологического и юридического характера // М.: Сборник докладов международной конференции "Инструменты создания инноваций для развития предпринимательства", 2014, с.102-107.
3. Port security. A National Planning Guide [Електроний ресурс]. – Режим доступу: http:// ntl.bts.gov/lib/16000/16900/16918/PB2000106164.pdf
4. R.Herbert-Burns, S.Bateman, P. Lehr Lloyd's MIU Handbook of Maritime Security, CRC Press, 2008 г. - 404pg
5. Maritime Security: Potential Terrorist Attacks and Protection Priorities [Електронний ресурс]. − Режим доступу:https://www.fas. org/sgp/ crs/homesec /RL33787.pdf

УДК 005:627.2: 627:3:338.28

ОСНОВНІ ЗАВДАННЯ ПРОЕКТУ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ПОРТОВОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Ю.М. Харитонов
Україна, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Актуальною проблемою транспортної галузі України є проблема реформування морської портової інфраструктури(ОПІ), про що свідчать відповідні законодавчі та нормативно-правові документи. Існуюча проблема, перш за все, пов'язана з тим, що основні елементи систем енергопостачання об'єктів портової інфраструктури мають значний фізичний знос, ресурсне забезпечення вирішення даної проблеми не задовольняє її потребам, за своїми техніко-технологічними показниками сучасні системи енергопостачання портової інфраструктура не відповідають існуючим до них вимогам.

Одним з напрямків вирішення цієї проблеми слід вважати розробку та впровадження проектів розвитку систем енергопостачання на підставі методів і моделей теорії управління проектами. Ефективне управління проектами розвитку систем енергопостачання ОПІ являє собою важливу науково-прикладну проблему, вирішення якої має загальнодержавне значення.

Аналіз результатів наукових досліджень, виконаних вітчизняними та закордонними вченими показує , що на теперішній час основними трендами розвитку морських портів слід вважати, перш за все, розвиток об'єктів портової інфраструктури на підставі впровадження положень просторового планування та ідеологічної платформи «Smart Port: Smart Energy», які реалізуються на підставі методів та моделей управління проектами.



Сучасний стан досліджень з питань управління проектами відображено у існуючих міжнародних та державних стандартах управління проектами, серед яких основними вважаються PMBOK, PRINCE2, P2M [1…3]. Данні стандарти відображають основну методологію управління проектами та включають у себе процеси управління ресурсами, інтеграцією, інформаційними зв'язками, змістом, часом, вартістю, ризиками та інше. При цьому, наявність особливостей предметної області досліджень (у даному випадку систем енергопостачання ОПІ) потребує розробки та вдосконалення існуючих методів та моделей управління. Відомі напрацювання вітчизняних та закордонних дослідників стосуються лише окремих питань управління проектами розвитку ОПІ [наприклад 6…8,10], що не дозволяє реалізувати концептуальні положення Закону України «Про морські порти України» та «Стратегії розвитку морських портів України на період до 2038 року». Так, в роботі [6] наводяться найкращі практики управління проектами боротьби із шумом у портах, в роботі [7] розглядаються питання інтеграції ресурсів порту, для підвищення їх конкурентоздатності, а в [8] – питання наслідків управління на основні показники роботи портів. Деяки дослідження присвячені окремим питанням управління розвитком ОПІ, наприклад судоходним компаніям [10]. При тому, результати досліджень не враховують основні положення просторового планування [9] та ідеології «Smart Port: Smart Energy» [5].

Сприяння сталому розвитку морських портів шляхом створення методів та моделей управління проектами та програмами розвитку систем енергопостачання об'єктів портової інфраструктури потребує вирішення наступних завдань:

- визначити та розробити основні положення технологій просторового планування та «Smart Port: Smart Energy», які впливають на розробку методів та моделей управління проектами розвитку систем енергопостачання ОПІ;
- визначити основні структурно-параметричні показники систем енергопостачання об'єктів морської інфраструктури;
- розробити класифікацію проектів розвитку систем енергопостачання ОПІ;
- виконати аналіз сучасних та перспективних методів та моделей управління проектами та програмами, які можуть бути адаптовані до проблем управління проектами та програмами розвитку систем енергопостачання ОПІ;
- розробити інтегральні критерії проектів розвитку систем енергопостачання ОПІ, що обумовлюють технологічну, екологічну та економічну ефективність об'єктів морської інфраструктури;
- розробити концептуальну модель управління проектами розвитку систем енергопостачання ОПІ;
- розробити методи та моделі управління проектами розвитку систем енергопостачання ОПІ;
- розробити архітектуру та відповідні алгоритмічні і програмні продукти моделей управління проектами розвитку систем енергопостачання об'єктів морської інфраструктури.

Перелік посилань

1. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)—Fifth Edition (RUSSIAN) Project Management Institute, 2014, 589p.

2. The PRINCE2® Training Manual [Electronic resource] − Mode of access: http://bblog.ch/pdf/ prince2/The-PRINCE2-Training-Manual. Pdf
3. **Танака Х.** Управление инновационными проектами и программами на основе системы знаний P2M [Текст] / Х. Танака – Москва: Саммит-Книга, 2012.- 272 с.
4. Стратегия развития морской портовой инфраструктуры России до 2030 года. [Електронний ресурс]. − Режим доступу: http://www.rosmorport.ru/media/File/State-Private_Partnership/strategy_2030.pdf
5. Energiekooperation Hamburger [Electronic resource] − Mode of access: http://www.hamburg-port-authority.de/de/presse/broschueren-und publikationen/ Documents/ broschuere_smartportenergy_web.pdf
6. Good Practice Guide on Port Area Noise Mapping and Management [Electronic resource] − Mode of access: http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction =home.showFile&rep=file&fil=NoMEports_GPG_PANMM1.pdf
7. **Zhanxin Xiao, Liuyu Zhou , Jin Liang , Hongzhong Li Zihan Hong** Study on Progress of Developing Strategy on Ports Cluster: Integration of Port Resources/ Journal of Geography and Geology – Vol. 6, No. 2, 2014, P 145-154
8. **S. Islama, T.L. Olsena** Factors affecting seaport capacity: Managerial implications for a simulation framework/ 22nd National Conference of the Australian Society for Operations Research, Adelaide, Australia, 1–6 December 2013, P 84-90
9. **Мякиненков В. М.** Основные подходы к формированию инструментария и методические особенности морского пространственного планирования [Електронний ресурс]. − Режим доступу: http://journals.kantiana.ru/baltic_region/1157/3323/
10. **Павловская Л.А., Прихно Ю.Е.** Современные тенденции в проектной деятельности судоходных компаний [Текст] / Л.А. Павловская, Ю.Е. Прихно// Восточно-европейский журнал передовых технологий. – Харьков, 2011. - №1/7 (49), С. 19-21.

УДК 005:627.2: 627:3:338.28

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СХЕМЫ ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩИХ СИСТЕМ ПРЕДПУСКОВОГО ПРОГРЕВА ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

В.В. Голеншин, М.Ю. Харитонов
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова

В настоящее время на акваториях портов Украины эксплуатируется значительное количество судов портового флота [1], обеспечивающих решение разнообразных целевых задач: обеспечение ледовых проводок, бонирование, сбор мусора и нефтесодержащих вод, обеспечение функций снабжения и многое другое.

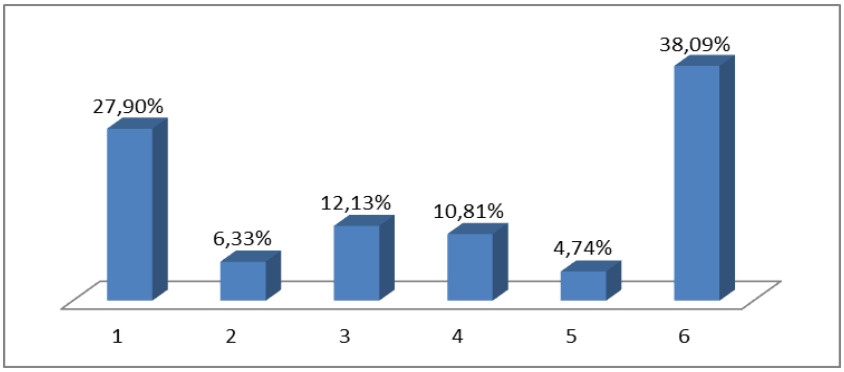


Рис.1 – Количественный состав судов и плавсредств портофлотов Украины: 1 – буксиры; 2 – плавкраны; 3 – баржи; 4 – специализированные суда (нефтемусоросборщики и сборщики льяльных вод); 5 – нефтеналивные суда; 6 – другие.

При этом большинство судовых энергетических установок судов портофлота (СЭУ СП) в настоящее время по своим технико-экономическим показателям не отвечают предъявляемым современным требованиям к их топливной экономичности и экологическим показателям. Это обстоятельство делает проблему повышения эффективности энергетических установок судов портофлота актуальной, имеющей важное прикладное значение.

Выполненный анализ научных исследований показал, что одним из путей повышения эффективности СЭУ СП является использование в их составе теплоаккумулирующих комплексов, представляющих собой совокупность элементов энергетического оборудования и теплового аккумулятора (ТА) [2–4 и др.].

Показано, что при значительном многообразии публикаций, посвященных вопросам аккумулирования тепловой энергии в составе транспортных средств, к настоящему времени не решены вопросы выбора рациональных схем судовых теплоаккумулирующих систем предпускового прогрева ДВС для энергетических установок судов портофлота с учетом особенностей режимов их эксплуатации, габаритных размеров машинно-котельных отделений и др.

Выбор перспективных схем систем предпускового прогрева ДВС СЭУ СП производился на основе принятых нормативных требований, предъявляемых к таким системам, а также экспертным путем, на основе оценок себестоимости системы, конструктивной и технологической простоты, ее надежности и безопасности при эксплуатации.

Выполнен анализ ряда перспективных схем предпускового прогрева ДВС.

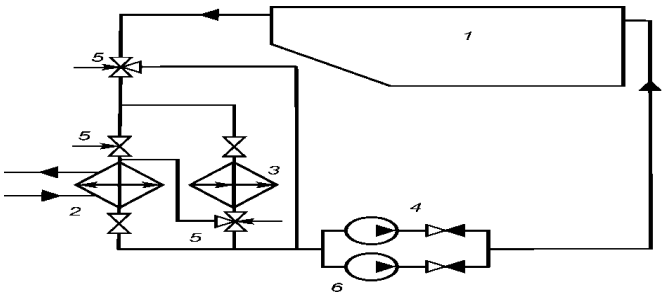


Рис. 2. – Схема предпускового прогрева ДВС с ТА, который встроен в систему охлаждения: 1 – ДВС; 2 – водоводяной охладитель; 3 – тепловой аккумулятор;

4 – насос пресной воды ДВС; 5 – управляющая арматура; 6 – электронасос пресной воды

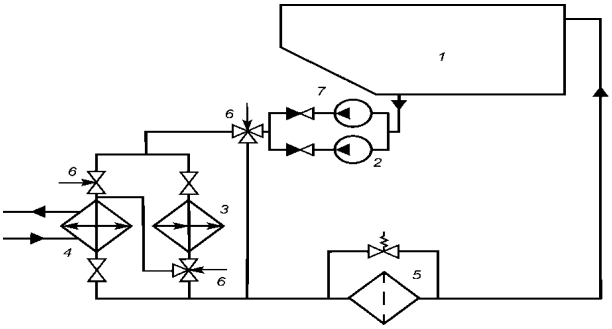


Рис. 3. – Схема предпускового прогрева масла ДВС с мокрым картером и отдельным ТА, заряжаемым теплом масла: 1 – ДВС; 2 – циркуляционный масляный насос ДВС; 3 – тепловой аккумулятор; 4 – охладитель масла; 5 – фильтрующее устройство; 6 – управляющая арматура; 7 – циркуляционный масляный электронасос

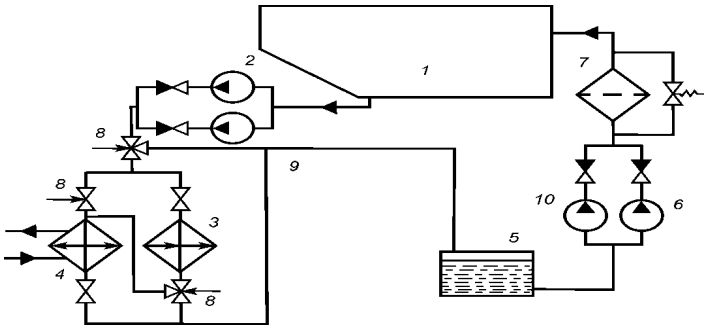


Рис. 4.– Схема предпускового прогрева масла ДВС с сухим картером и отдельным ТА, заряжаемым теплом от масла: 1 – ДВС; 2 – откачивающий масляный насос ДВС; 3 – ТА; 4 – охладитель масла; 5 – маслосборник (циркуляционная масляная цистерна); 6 –нагнетающий масляный насос ДВС; 7 – фильтрующее устройство; 8 – управляющая арматура; 9 – откачивающий масляный электронасос; 10 – нагнетающий масляный электронасос

Выполненные исследования позволили определить перспективные схемы систем предпускового прогрева ДВС СЭУ СП, которые удовлетворяют критериям принятых нормативных требований, а также себестоимости системы, конструктивной и технологической простоты, ее надежности и безопасности при эксплуатации.

Выбранные перспективные схемы систем предпускового прогрева ДВС СЭУ СП являются основой для дальнейшего моделирования и определения их оптимальных параметров.

Литература:

1. **Харитонов Ю.Н.** Объекты портовой инфраструктуры Украины: состав судов и плавсредств портофлота [Текст] / Ю.Н. Харитонов, В.И. Шалухин – Судостроение и морская инфраструктура – Миколаїв: НУК №1(1), 2014., С. 23-27
2. **Ahlvik P. ”**Thermostore – Field tests in Luleå and Stockholm”, Thermostore, 1999.
3. **Vasiliev L.L**. Latent heat storage modules for preheating internal combustion engines: application to a bus petrol engine [Text] / L.L. Vasiliev , V.S. Burak V.S., A.G.Kulakov, D.A. Mishkinis, P.V.Bohan // Appl. Therm. Eng. – 2000. – Vol. 20 – P. 913–923.
4. **Vasiliev L.L.** Heat storage device for pre-heating of the internal combustion engine for starting [Text] / L.L. Vasiliev , V.S. Burak V.S., A.G.Kulakov, D.A. Mishkinis, P.V.Bohan // Int.J. Therm. Sci. – 1999 – Vol. 38 – P. 98–104.

УДК 005:621.1:338.28

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ФОРМУВАННЯ ЛАНЦЮГІВ СПІВРОБІТНИЦТВА

М. Ю. Подаєнко,
Україна, Центр прикладних досліджень в енергетиці Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова

Одним з етапів управління вартістю проектів розвитку систем теплопостачання виступає етап формування плану управління вартістю. План управління вартістю визначає формат і критерії планування, структури, оцінки, бюджету та контролю вартості проекту. У плані управління проектом фіксуються: ступінь точності, одиниці виміру, зв'язки організаційних процедур, контрольні пороги, правила розрахунку освоєного обсягу, формати звітності, опис процесів. При формуванні плану управління вартістю проекту значне місце відіграють моделі та механізми, які будуть використовуватися. Від ефективності цих моделей та механізмів суттєво залежить ефективність виконання самого проекту, тому важливим напрямком підвищення ефективності процесів реформування систем енергопостачання слід вважати вдосконалення методів і моделей системи знань управління проектами, зокрема - управління вартістю проектів [1].

Вартісна оцінка проектів і програм, зазвичай, здійснюється шляхом

прогнозування, при цьому, величина розбіжності між реальною вартістю проекту і прогнозної, як правило, може досягати досить значних величин:

$$\left| C_{pr} - C^{r}_{pr} \right| = \Delta ,$$

де - C^{r}_{pr} прогнозна вартість проекту, програми; Δ - величина розбіжності бюджетної вартості проекту.

З метою мінімізації величини розбіжності бюджетної вартості проекту Δ,

пропонується управління вартістю проекту проводити по структурної моделі, запропонованої в [2]. Модель базується на ідеї отримання від постачальників обладнання та послуг даних про їх вартість в режимі реального часу протягом усього періоду реалізації проектів і програм реконструкції СТ. При цьому, на початковому етапі формування проекту проводиться процедура первинної (одномоментної) оцінки вартості проектів і програми в цілому на основі сформованих баз даних. управління вартістю шляхом використання запропонованої моделі вимагає розробки механізмів зацікавленості постачальників обладнання та послуг в наповнені відповідної бази даних.

Пропонується зацікавленість постачальників обладнання та послуг будувати

на підставі створення ланцюжків співробітництва, які організовує у відповідності до іноваційної моделі [3] розвитку наукомісткий центр. Для кожного з постачальників обладнання та послуг, в загалі для стейхолдеров проектів та програм, пропонується визначитися з підвищенням його ефективності за рахунок інтеграції до участі в проекті або програмі розвитку систем теплопостачання. Ефективність за рахунок інтеграції при участі в проекті або програмі може бути визначена, як різниця ефективності до і після інтеграції. В якості ефективності можуть виступати прийняті у ціновому виразі отримані прибутки, отриманий досвід, підвищення активів, тощо:

$$\Delta C\,\mathrm{int} = \sum_{i=1}^{k} C_i^{\mathrm{int}} - \sum_{i=1}^{k} C_i,$$

де C_i^{int} – ефективність, отримана за рахунок інтеграції; $\sum_{i=1}^{k} C_i$ – ефективність за відсутністю інтеграції.

При умовах, якщо значення $\Delta C\,\mathrm{int} \succ 0$ участь у процесах інтеграції

рекомендована. Слід відмітити, що для кожного з учасників можуть бути визначені притаманні йому складові ефективності шляхом встановлення відповідних коефіцієнтів вагомості. В загальному вигляді процеси формування ланцюгів співробітництва з метою реалізації запропонованої моделі управління вартістю в проектах представлені на рис.1.

Процеси формування ланцюгів співробітництва передбачають визначення

місії, меті та цілей проекту(програми), визначення меті та цілей формування ланцюгів співробітництва. На підставі аналізу вірогідних стейкхолдерів (ВС) проекту командою проекту розробляється попередня матриця складових критеріїв, та передається ВС. Кожен з ВС на підставі внутрішніх та зовнішніх факторів, стратегічних та тактичних цілей свого розвитку визначається в частині інтеграції до проектів розвитку СТ на підставі розроблення матриці складових критеріїв ефективності, визначення сумарної складової за напрямами C_i^{int}, а також сумарної ефективності за рахунок інтеграції $\Delta C\,\mathrm{int}$. Бажання щодо участі в інтеграції до проекту передається команді проекту, яка формує попередній список стейкхолдерів.

Процеси формування ланцюгів співробітництва мають циклічні контури при

визначенні «достатності» та «надійності» стейкхолдерів проекту.

Запропоновані модель та механізм управління проектами пройшли

апробацію при виконанні ряду проектів модернізації та реконструкції муніципальних систем теплопостачання України.

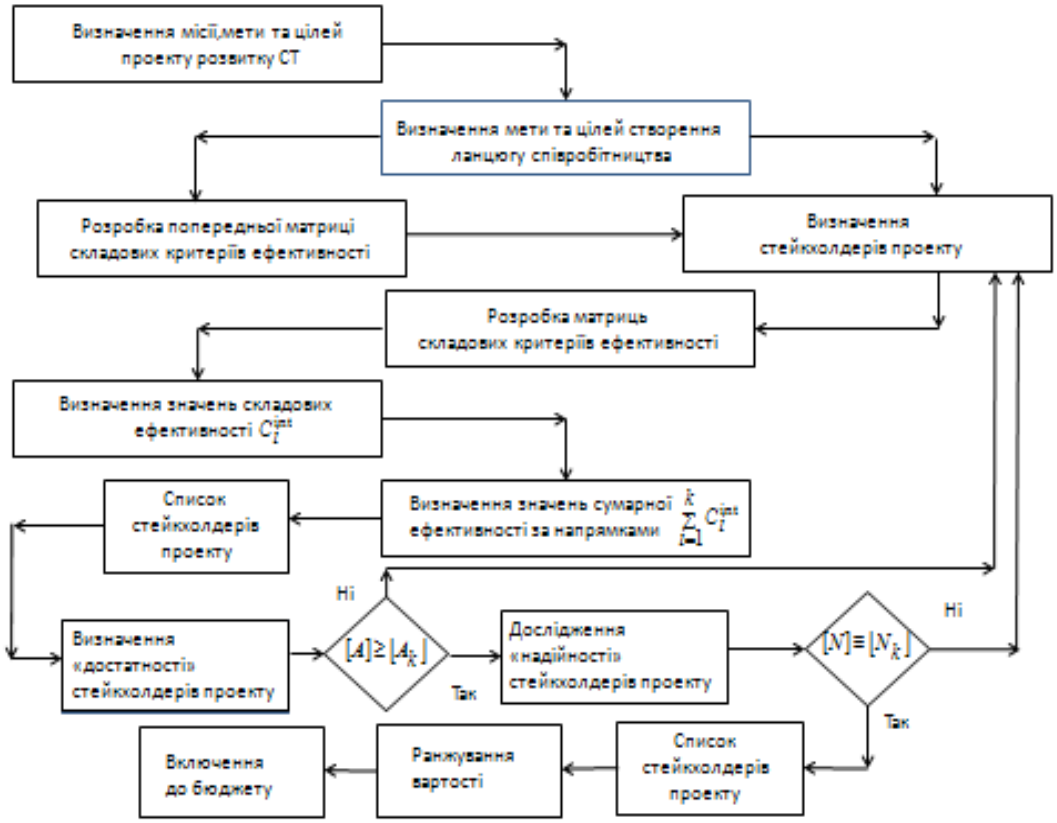


Рис.1. – Модель формування ланцюгів співробітництва: $[A_k]$– множина факторів «достатності» за послугами; $[N_k]$– множина факторів «надійності» стейкхолдерів

Перелік посилань

1. Управление проектами. Основы профессиональных знаний. Национальные требования к компетенции специалистов. – М.: Изд-во «Консалтинговое Агентство «КУБС Групп – Кооперация, Бизнес-Сервис», 2001.– 243с.
2. **Харитонова М.Ю.** Повышение эффективности управления стоимостью в проектах и программах реконструкции муниципальных СТ [Текст] / М. Ю. Харитонова // Управління проектами: стан та перспективи: Матеріали 8-ї міжнародної науково-практичної конференції. – Миколаїв: НУК, 2012., С.221-223
3. **Харитонов Ю.М.** Інноваційна модель розвитку об'єктів комунальної інфраструктури [Текст] /Ю.Н. Харитонов, М.Ю. Подаєнко – Енергоефективність в будівництві та архітектурі. Наук. - тех. збірник. – К.: КНУБА, 2015.–Вип.7 – С 308-313.

УДК 005:627.2: 627:3:338.28

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОДГОТОВКИ МАГИСТРОВ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТЯМ 8. 05060105 "ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ " И 8. 05120105 "СИСТЕМОТЕХНИКА ОБЪЕКТОВ МОРСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ"

Харитонов Ю.Н., Подаенко М.Ю., Украина,
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова

Одной из существенных особенностей подготовки магистров по специальностям 8. 05060105 "Энергетический менеджмент " и 8. 05120105 "Системотехника объектов морской инфраструктуры" является необходимость в короткие сроки обучения магистров существенно расширить их профессиональную терминологию, как совокупность терминов специальной области знания и деятельности, адекватных системе ее понятий, обслуживающих ее коммуникативные потребности.

С целью решения данной задачи предложено включать в практические задания для самостоятельной работы магистров вопросов разработки ими терминосистем, ориентированных на предметную область их подготовки.

Приводятся шаблоны разработки терминосистем по направлениям подготовки магистров (рис1), а также перечень заданий для самостоятельной работы.

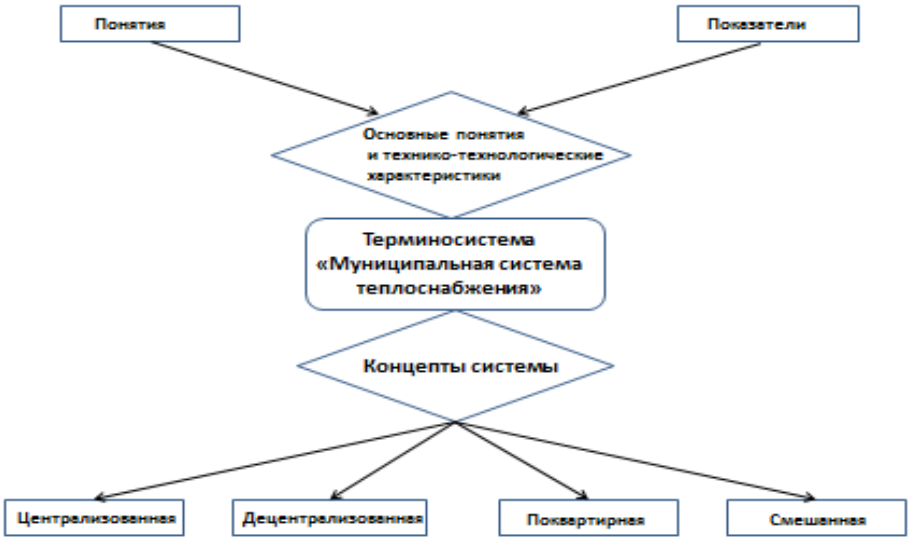


Рис.1.– Фрагмент терминосистемы «Муниципальная СТ»

УДК 005:627.2: 627:3:338.28

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

[1]Ю.М. Харитонов, [2]Г.В. Фоменко

Украина, [1] Центр прикладных исследований в энергетике Национального университета кораблестроения имени адмирала Макарова,

[2]Контактный центр Николаевской области

Проблема эффективного использования энергетических ресурсов во всех отраслях хозяйствования остается одной из актуальнейших проблем для Украины[1,2]. Одним из направлений, обеспечивающих решение проблемы снижения потребления энергетических ресурсов, в том числе и для объектов морской инфраструктуры, следует считать организацию и выполнение региональных проектов и программ повышения энергоэффективности на основе методологии теории управления проектами [3].

Важным аспектам решения отдельных вопросов данной проблематики посвящены исследования ведущих ученых и специалистов отечественных, а также зарубежных университетов и организаций [4…11]. Так, в [4] на основе выполненных исследований: разработана концептуальная модель управления проектами и программами, которая обеспечивает эффективное управление проектами и программами реконструкции муниципальных систем теплоснабжения (СТ); разработан метод построения иерархии проектов и программ реконструкции муниципальных СТ путем создания их фазового портрета; разработана модель управления формированием проектов и программ реконструкции СТ на основе кластерных структур; разработана модель проактивного управления на основе матрицы контекста ценностей артефактных проектов и шаблона архиватора управленческих решений; разработана модель построения иерархии в проектах реконструкции на основе модифицированного критерия минимума свободных ресурсов и др..

В работе [5] рассмотрены основные проблемы, возникающие при управлении энергопотреблением и энергосбережением на предприятиях. На основе исследований эффективности использования топливно-энергетических ресурсов, а также выявленных социальной и экономической значимости различных аспектов энергосбережения отражены проблемы, которые требуют первоочередного решения.

Методологическим вопросам ценностно-ориентированного управления

проектами и программами в условиях неполноты информации посвящен цикл работ [6]: разработан метод оценки перспективности проектов, который в отличии от известных учитывает существующий уровень компетенции организации, факторы рисков при реализации проектов, что позволяет формировать содержание программы; разработан метод ценностно-ориентированного формирования программ в условиях существующих альтернативных проектов, который учитывает показатели ценности проектов с точки зрения организации и позволяет повысить обоснование проектных решений относительно вопросов их ранжирования.

Решение задач обеспечения заданной результативности программ

проектно-ориентированных предприятий городского хозяйства с учетом ресурсных и инвестиционных ограничений представлено в [7].

Вопросам автоматизации принятия решений и оценки их качества при

строительстве посвящена работа[8], в которой предложена архитектура информационной системы управления жизненным циклом зданий. С точки зрения управления проектами энергосбережения важными следует считать: разработанные вопросы теоретико-множественного формализованного описания, выполненного на основе использования моделей основных конструктивных элементов зданий; модели экспертного оценивания диагностики технического состояния зданий; модели и методы диагностики технического состояния объектов на основе аппарата нечеткой логики.

В [9] на основе процессов реинвестирования рассмотрены теоретические аспекты проектов энергосбережения в зданиях. Автором разработаны основные принципы принятия решений в проектах повышения энергосбережения в зданиях, усовершенствована методика распределения стоимости по компонентам проектов энергосбережения, разработаны математические модели и алгоритмы поиска рациональной структуры распределения ресурсов при повышении энергоэффективности, усовершенствована методика, обеспечивающая разработку планов реализации проектов энергосбережения.

Процессы управления, к которым относятся энергетические обследования и формирование информационной платформы, частично, отражены [10]. Автором разработаны: информационная технология на базе теоретико-множественной знаковой модели основных дефектов типа «трещина» объектов строительства в многомерном пространстве, метод адаптивной пошаговой идентификации на основе аппарата функции присутствия дефектов на объектах строительства и др.

В работе [11] приведены результаты последних исследований в области теории управления проектами, связанными, в основном, с проектами, направленными на повышения эффективности использования энергетических ресурсов.

Выполненный анализ проведенных исследований показал, что по отношению к региональным проектам энергосбережения не решены основные задачи управления: ресурсами, стоимостью, временем, стейкхолдерами и др. Отсутствие до настоящего времени их научно обоснованного решения делает поиск решений актуальным, а решение задач – научным результатом, имеющим важное прикладное значение.

Литература

1. Енергетична стратегія України на період до 2030 р. Кабінет Міністрів України. Стратегія від 24.07.2013 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/n0002120-13
2. Національний план дій з енергоефективності на період до 2020 року роки [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://zakon3.rada.gov.ua/ laws/ show/n0001824-15/paran2#n2
3. Project Management Institute. Global Standard. Руководство к Своду знаний по управлению проектами (Руководство PMBOK®) — Пятое издание, ISBN 978-1-62825-008-4.
4. **Харитонов Ю.М.** Управління проектами і програмами реконструкції муніципальних систем теплопостачання [Текст]: автореф. дис. – д-ра техн. наук 05.13.22 / Ю.М. Харитонов, Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова. – Миколаїв. 2014.– 60
5. **Тян Р.Б.** Проблемы управления энергопотреблением и энергосбережением на предприятиях: Монография [Текст] /Р.Б. Тян, М.К. Сухонос. – ХНАГХ– Х.: Изд-во «Форт», 2010.– 296
6. **Трифонов І.В.** Методологічні основи ціннісно-орієнтованого управління програмами в умовах неповноти інформації [Текст]: автореф. дис. – д-ра техн. наук 05.13.22 / І.В. Трифонов, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є Жуковського «Національний авіаційний університет». – Х. 2014.– 38
7. **Старостіна А.Ю.** Моделі і методи управління процесами інтеграції в програмах проектно-орієнтованих підприємств міського господарства [Текст]: автореф. дис. – канд. техн. наук 05.13.22 / А.Ю. Старостіна, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова. – Х. 2014.– 21
8. **Терентьєв О.О.** Інтелектуальна інформаційна технологія діагностики технічного стану будівель [Текст]: автореф. дис. – канд.. техн. наук 05.13.06 / О.О. Терентьєв, Київський національний університет будівництва і архітектури. – К. 2008.– 17
9. **Юрченко Є.Л.** Розробка проектів енергозбереження в будівлях бюджетних підприємств на основі реінвестування [Текст]: автореф. дис. – канд. техн. наук 05.13.22 / Є.Л. Юрченко, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури. – Дніпропетровськ. 2004.– 22
10. **Горда О.В.** Методи та моделі розпізнання дефекту типу «тріщина» на цифрових зображення в оптичному діапазоні[Текст]: автореф. дис. – канд.. техн. наук 05.13.06 / О.В. Горда, Київський національний університет будівництва і архітектури. – К. 2012.– 18
11. **Харитонов Ю.Н.** Трансграничное сотрудничество: моделирование проектных решений при реконструкции муниципальных систем теплоснабжения [Текст] / Ю.Н. Харитонов – Международный научный журнал «Технологический аудит и резервы производства»: – Харьков, 2015. – №6/(26). –С. 77- 83

УДК 005:627.2: 627:3:338.28

ФОРМИРОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ИНВЕРСНЫХ ТЕМПЛЕТОВ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ПОРТОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Харитонов Ю.Н., Афанасьев О.В.,
Украина, Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова

Центральной задачей при реконструкции морских портов следует считать задачу определения такого расположения объектов портовой инфраструктуры (ОПИ), которое бы обеспечивало наиболее эффективное использование земельных и водных пространственных ресурсов. Решения таких задач сопровождается формализацией критериев, начальных условий и ограничений, а также параметрических взаимосвязей (зависимостей) элементов портовой инфраструктуры. Процессы определения количественных показателей вариантов расположения ОПИ базируются на основе созданных алгоритмов и программных продуктов.

Одним из методов, который на начальных стадиях создания проекта реконструкции портов позволяет, достаточно точно, решать задачи эффективного использования земельных и водных пространственных ресурсов является метод, использующий стандартные и инверсные темплеты [1].

Суть данного метода состоит в том, что объекты портовой инфраструктуры, а также элементы необходимой топографической основы представляются в виде упрощенных плоских ортогональных проекций с соблюдением принятого масштаба (так называемый стандартный темплет), а также в виде инверсных темплетов, учитывающих требования нормативов по минимальному расстоянию до других объектов, необходимые зоны монтажа и обслуживания элемента, наличие проездов, минимальные границы строительной площадки и т. д..

Поскольку любой элемент или объект, учитываемый при реконструкции портовой инфраструктуры, характеризуется множеством технических параметров и информационных данных, зона распределения или влияния которых отличается друг от друга, то каждый элемент или объект может иметь несколько инверсных темплетов.

Показано, что для объектов портовой инфраструктуры актуальной задачей является создание базы данных инверсных темплетов. Приведена разработанная база данных инверсных темплетов зерновых комплексов морских портов.

Для виртуально выбранной территории морского порта показаны результаты предварительного проектирования мест расположения объектов портовой инфраструктуры – зерновых терминалов (рис1).



Рис.1. – Результаты предварительного проектирования расположения объектов портовой инфраструктуры

Литература:

1. Создание планировок механосборочных цехов с помощью КОМПАС – ГРАФИК: Методическое пособие по курсовому и дипломному проектированию/ Самар. гос. тех. у-т; Сост. А.А. Уютов. Самара, 2007, 68 с

.

УДК 005:627.2: 627:3:338.28

НЕТРАДИЦИОННЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ПОРТОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Ю.Н. Харитонов, Д.В. Колосовский,
Украина, Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова

Развитие портов Украины в значительной степени определяется эффективностью функционирования элементов портовой инфраструктуры, к числу которых относятся объекты энергоснабжения.

Внедрение основных мероприятий «Стратегии развития морских портов Украины до 2038 г» позволит: «провадити морськими портами інноваційну діяльність шляхом застосування новітніх технологій, здійснення заходів з ресурсозбереження, зменшити негативний вплив на навколишнє природне середовище» [1].

Показано, что одним из перспективных направлений, в рамках концепции создания технологий «SMART PORT:SMART ENERGY», следует считать разработку и внедрение в состав портовой инфраструктуры нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.



Выполнен анализ зарубежного опыта внедрения нетрадиционных и возобновляемых источников энергии для энергоснабжения портов и портовой инфраструктуры [2]. Представлены статистические данные энергопотребления отдельных элементов инфраструктуры портов Украины.

На основе данных проекта развития ветроэлектрических станций Украины [3] показаны перспективы энергоснабжения объектов портовой инфраструктуры электрической и тепловой энергией на основе ветрогенераторных комплексов наземного и водного базирования в районе Днепро-Бугского лимана.

С учетом относительно значительной инсоляции региона рассмотрены параметры различных принципиальных схем систем солнечных коллекторов, которые могут быть использованы в составе комплексов энергоснабжения объектов портовой инфраструктуры, например табл.1.

Таблица 1. Характеристики плоских коллекторов WATT 3000 S/SU и WATT 4000 S/SU

Характеристика	WATT 3000 S	WATT 3000 SU	WATT 4000 S	WATT 4000 SU
Ширина/высота/толщина, мм	1018/2019/90	1018/2019/90	1018/2019/90	1018/2019/90
Масса пустого коллектора, кг	37	37	39	39
Толщина солярного стекла, мм	3	3	3	3
Поверхность брутто коллектора, м^2	2,057	2,057	2,068	2,068
Рабочая площадь коллектора, м^2	1,852	1,852	1,873	1,873
Абсорбент	ETA PLUS-BlueTec			
Коэффициент абсорбции	95%	95%	95%	95%
Изоляция, мм	45	45	50	50
Коэффициент η_0	0,755	0,752	0,845	0,837
Расход теплоносителя через коллектор, л/мин	1,1	1,1	2	2
Коэффициент потерь тепла, Вт/(м^2·К)	3,78	3,78	4,06	4,06
Максимальная температура стагнации, °С	207	201	230	230
Корпус	Алюминий	Алюминий	Алюминий	Алюминий
Эксплуатационный срок (не меньше)	25 лет	25 лет	25 лет	25 лет
Нормы	EN 12975	EN 12975	EN 12975	EN 12975
Сертификаты	SOLAR KEYMARK	SOLAR KEYMARK	SOLAR KEYMARK	SOLAR KEYMARK

Литература

6. Стратегія розвитку морських портів України на період до 2038 року. Затверджено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 11 липня 2013 р. № 548-р
7. N. Tillman, R. Vincent Sustainable Port Development: Summary of Environmental Initiatives [Electronic resource] − Mode of access: http://www.portcompliance. org/pdfs/Port%20of%20Portland.pdf
8. Роль і місце відновлюваної енергетики та енергоефективності в рішенні задач уряду з виведення держави з кризи шляхом залучення інвестицій в найважливіші галузі економіки. Презентація для Кабінету Міністрів України, проект від 18.04.2016.

УДК 629.5; 005.511

РАСЧЕТ МАНЕВРЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СУДОВ И ТОЛКАЕМЫХ БУКСИРНЫХ СОСТАВОВ

Казарезов А.Я., Галь А.Ф., Хальнов С.М.,
Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова, Stategа Design Centre, Николаев

Возможности выполнения судном или толкаемым буксирным составом различных маневров при движении в узкостях, стесненных портовых и рейдовых условиях и по внутренним водным путям определяют безопасность судна или состава, его экономическую эффективность, а, в ряде случаев, и возможность технической эксплуатации.

Национальное классификационное общество – Регистр судоходства Украины устанавливает минимальные требования, которым должны удовлетворять маневренные качества судов и составов смешанного плавания [1]. Судно или состав, в соответствии с Правилами, должны удовлетворять следующим критериям: устойчивости на прямом курсе; ходкости на переднем ходу; способности к изменению курса; экстренного торможения; поворотливости; ходкости на заднем ходу.

Указанные критерии маневренных характеристик судов и толкаемых буксирных составов проверяются классификационными обществами при проведении натурных испытаний, проведение которых связано с затратами времени и средств. Внесение изменений в конструкцию рулевого устройства судна для изменения маневренных характеристик, в случае несоответствия требованиям, требует также времени и средств.

Для экономии вышеупомянутых ресурсов предлагается программный комплекс, позволяющий определять основные маневренные характеристики судов и толкаемых буксирных составов на стадии проектирования. Программный комплекс также может быть полезен и для построенных судов и толкаемых буксирных составов, которые не прошли процедуру натурных испытаний.

Программный комплекс, позволяющий определять основные маневренные характеристики судов и толкаемых буксирных составов на стадии проектирования, опирается на базовую методику расчета характеристик управляемости корабля.

Базовая методика расчета характеристик управляемости корабля впервые детально была изложена в [2]. Методика является результатом исследования, выполненного коллективом ученых ЦНИИ им. академика А.Н. Крылова (ЦНИИ 45). Методика расчета характеристик управляемости корабля получила свое дальнейшее развитие в работах ученых ЦНИИ им. академика А.Н. Крылова, Ленинградского кораблестроительного института и ряда ученых в области гидромеханики корабля. Особо весомый вклад в совершенствование методики был внесен Р.Я. Першицем. Методика расчета характеристик управляемости судна Р.Я. Першица изложена в [3]. Методика Р.Я. Першица получила свое дальнейшее развитие в работах ученых ЦНИИ им. академика А.Н. Крылова, Ленинградского кораблестроительного института, Новосибирского института инженеров водного транспорта и ряда ученых в области гидромеханики корабля. Усовершенствованная методика расчета характеристик управляемости судна изложена в [4].

Усовершенствованная методика расчета характеристик управляемости судна по заказу "Stategа Design Centre" распространена кафедрой морской логистики (Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова) на выполнение маневра двойной циркуляции и маневра зигзаг.

Расчетная методика, положенная в основу программного комплекса определения характеристик управляемости судна базируется на следующих допущениях: вертикальные перемещения центра тяжести судна считаются пренебрежимо малыми; наклонения судна в плоскости шпангоута малы и не влияют на величину гидродинамических сил; при вычислении инерционных сил судно считается симметричным относительно диаметральной плоскости и плоскости мидель-шпангоута; влияние изменения числа Фруда и посадки судна в процессе маневрирования не учитывается; при определении гидродинамических сил и неинерционных моментов используется гипотеза стационарности; перекладка руля происходит мгновенно; скорость хода судна определяется по эмпирической зависимости Павленко Г.Е.;

после перекладки руля на противоположный борт скорость хода судна считается пропорциональной квадрату угла дрейфа; длительность эволюционного этапа циркуляции судна соответствует времени установления угла дрейфа.

Программный комплекс состоит из трех взаимосвязанных программ: «Торможение», «Циркуляция», «Зигзаг».

Программа «Торможение» определяет характеристики судна или толкаемого буксирного состава при экстренном торможении: расстояние, проходимое судном от начала экстренного торможения до остановки и время, необходимое для экстренной остановки судна или состава.

Программа «Циркуляция» определяет параметры циркуляции судна или толкаемого буксирного состава при циркуляции левого и правого бортов. Программа в свою очередь состоит из трех подпрограмм.

Первая подпрограмма «Расчет характеристик установившейся циркуляции». К выходным данным подпрограммы относятся: радиус циркуляции, угол дрейфа, скорость хода, угловая скорость.

Вторая подпрограмма «Расчет параметров движения состава на эволюционном этапе циркуляции». К выходным данным подпрограммы относятся: угол перекладки, угол дрейфа, скорость хода, угловая скорость, угол курса, координаты точек траектории, время установившейся циркуляции, производная угла дрейфа по времени, производная угловой скорости по времени.

Безразмерный шаг по времени интегрирования уравнений циркуляции подбирается методом итераций. Величина интервала времени определяется таким образом, чтобы циркуляция центра тяжести судна описала замкнутую кривую. Время установившейся циркуляции определяется по углу дрейфа.

Третья подпрограмма «Расчет параметров движения состава на эволюционном этапе циркуляции. Циркуляция после перекладки руля на противоположный борт». К выходным данным подпрограммы относятся: угол перекладки, угол дрейфа, скорость хода, угловая скорость, угол курса, координаты точек траектории, время установившейся циркуляции, производная угла дрейфа по времени, производная угловой скорости по времени.

Дифференциальные уравнения, описывающие циркуляцию судна или состава после перекладки руля на противоположный борт, аналогичны уравнениям усовершенствованной методики Р.Я. Першица [3]. Безразмерный шаг по времени интегрирования уравнений циркуляции подбирается методом итераций. Величина интервала времени определяется таким образом, чтобы циркуляция центра тяжести судна после перекладки руля на противоположный борт описала замкнутую кривую.

В качестве примера использования программного комплекса определения основных маневренных характеристик судов и толкаемых буксирных составов выполнен расчет маневренных характеристик для толкаемого буксирного состава "Нибулон 2".

Толкаемый буксирный состав "Нибулон 2" образован двумя несамоходными баржами "NBL-90" и буксиром "POSS-115". Состав выполнен по схеме "2Б+Т". Баржи расположены в две нитки.

Расчет маневренных характеристик, выполненный для толкаемого буксирного состава "Нибулон 2" позволил определить следующие параметры состава: полное время экстренного торможения – 2,35 мин.; тормозной путь – 252 м или 1,94 длинны состава. Угловая скорость циркуляции состава при перекладке руля на 20 град. – 56,8 град./мин.; при перекладке руля на 40 градусов – 112,3 град./мин. Время поворота состава на 180 градусов составляет 2,15 мин.; изменение курса в течение первых 30 с. – 6,2 град.; возвращения на первоначальный курс – 37,1 с.; отклонения на 10 град. и возвращения на первоначальный курс – 2,21 минут. Диаметр циркуляции тактический составляет 0,85 длины состава. Параметры состава соответствуют требованиям Правил [1].

Библиографический список

1. 1. Правила класифікації та побудови суден внутрішнього плавання. “Частина 3. «Пристрої, обладнання і забезпечення. Сигнальні засоби». Регістр судноплавства України 2007 року”[Текст].

2. **Войткунский, Я. Н.** Справочник по теории корабля. Ходкость и управляемость [Текст] / Я. Н. Войткунский, Р. Я. Першиц, И. А. Титов. – Л., Государственное союзное издательство судостроительной промышленности, 1960. – 688 с.

3. **Войткунский, Я.Н.** Справочник по теории корабля. Судовые движители и управляемость / Я. И. Войткунский, Р. Я. Першиц, И. А. Титов. Изд. 2-е, переработанное и дополненное [Текст] – Л., «Судостроение», 1973. – 512 с.

4. Справочник по теории корабля в трех томах. Под редакцией Я. И. Войткунского. Том 3-ий «Управляемость водоизмещающих судов. Гидродинамика судов с динамическими принципами поддержания» [Текст]. – Л., «Судостроение», 1985. – 544 с.

УДК 628.165:621.44

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СУШКИ ЗЕРНА В ЗЕРНОХРАНИЛИЩАХ МОРСКИХ ПОРТОВ

Лебедь М.А., магистрант, Шевцов А.П., д.т.н., профессор,
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова

Система зернохранилищ морских портов, как правило, включают зернохранилища силосного типа, зерносушилку, пересыпную станцию и т.п. и может быть представлена в виде — многоуровневой системы из взаимодействующих элементов, объединяемых в подсистемы нескольких уровней.

Для системного анализа и синтеза отдельных элементов системы с целью повышения эффективности функционирования сушки при снижении технических, экономических и экологических рисков необходимо провести исследования на их математических моделях.

Для зернохранилищ морских портов показателем полноты достижения цели функционирования системы принят показатель энергетических затрат.

Предварительно объекты системы ограничились следующим составом: зернохранилища, зерносушилка, транспортные связи, которые формально описываются в виде математических зависимостей.

При системном анализе энергетических затрат применяется следующий алгоритм действий: построение модели исследуемой системы, предварительное математическое моделирование, проверка результатов моделирования на достоверность, настройка модели на краевые условия, осуществление решения задачи.

Указанный выше алгоритм действий был реализован для зернохранилища Николаевского морского порта. По результатам моделирования предложены рекомендации для снижения энергетических затрат.

УДК 628.165:621.44

ПРОБЛЕМЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОБЪЕКТОВ МОРСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Шевцов А.П., д.т.н., профессор,
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова

Совокупность объектов морской инфраструктуры, участвующих в достижения поставленной цели, может быть представлена в вид многоуровневой системы из взаимодействующих элементов, объединяемых в подсистемы.

Повышение эффективность функционирования таких систем, как правило выполняется методом математического моделирования с последующими численными экспериментами над математическими моделями исследуемых элементах, в подсистемах и в системе в целом.

Практическая реализация математического моделирования многоуровневой системы объектов морской инфраструктуры связана с решением проблем: достоверности, целостности и изолированности, приоритетности, принятия управляющих решений.

Достоверность в системах технических объектов морской инфраструктуры, представляющих основной интерес при математическом моделировании на первом этапе доказывается для отдельных элементов системы и межэлементным связям и на втором этапе для системы в целом или отдельным подсистемам по имеющимся данным реализации.

Целостность и изолированность системы технических объектов морской инфраструктуры, в зависимости от структуры может моделироваться как изолированная от внешней среды, когда ограничивающие условия и положения приемлемы к самой системе. Моделирование связей системы с окружающей средой задается с учетом принципов энергосбережения и борьбы с ее загрязнением.

Приоритетность технических объектов морской инфраструктуры, которая при математическом моделировании позволяют определить величину влияния в полученные фактические результаты достижения поставленной цели, определяется численными значениями этих показателей. При моделировании при случайно меняющихся воздействий на входе в систему по уравнениям модели просчитываются выходные показатели отдельных объектов и результирующий показатель системы. Затем производится расчет по заданным выходным показателям входных и выполняется анализ их соответствия методами математической статистики. Если эти показатели доверия достаточны, то модель может использоваться.

Принятие управляющих решений возможно с единой целью (однокритериальная задача) или с одновременным достижением нескольких целей (многокритериальная задача). При решении этой проблемы достаточно эффективно применение алгоритмов факторного анализа.

Решение вышеперечисленных проблем проиллюстрировано на примере математического моделирования процессов сушки зерна в зернохранилищах морских портов.

УДК 005.511:656.61

ТРАНСПОРТИРОВКА НЕФТИ И ПРИРОДНОГО ГАЗА ПОДВОДНЫМИ МОРСКИМИ ТРУБОПРОВОДАМИ

Галь А. Ф., Казарезов А. Я., Гайдай А. Ю.

Линейные гидротехнические сооружения, в частности, подводные трубопроводы и тоннели, в последнее время получают все большее развитие в мировой практике освоения океана в связи с развитием морской инфраструктуры для обеспечения транспортировки грузов под водой. Глубины моря, на которых размещаются такие гидротехнические сооружения, год от года увеличиваются. Сегодня океанотехника освоила технологию строительства и эксплуатации подводных трубопроводов на участках моря глубиной свыше 1000 м. При этом существует необходимость обеспечения устойчивого и надежного позиционирования в условиях интенсивного морского волнения на мелководье и действия высокого гидростатического давления на глубине.

При строительстве, транспортировке на плаву, а также эксплуатации подводных трубопроводов, расположенных на морском дне и в толще воды, на них оказывают силовые воздействия морские подводные течения, ветровые волны (если трубопровод находится в зоне их действия), динамическое воздействие транспортируемого по нему газа или нефти, проходящие вблизи трубопроводов надводные суда. Удержание (позиционирование) подводных трубопроводов под водой в «некотором» фиксированном положении обеспечивает их надежную эксплуатацию и работоспособность.

Морским подводным трубопроводным системам посвящено множество отечественных трудов, среди которых нужно особенно выделить таких авторов, как Бородавкин П.П., Искандеров И.А., Капустин К.Я. и др. Что касается зарубежных источников, то здесь также большое внимание уделено такого рода линейным объектам. Однако данные работы в основном посвящены непосредственно проектированию и строительству данных гидротехнических сооружений, в результате чего существует необходимость проведения логистического анализа проектов современных трубопроводных систем.

Рассмотрены основные технические характеристики крупнейших морских трубопроводных систем, находящихся в эксплуатации, а также выполнен анализ особенностей эксплуатации данных линейных объектов океанотехники.

Выполнен анализ проектов морских газонефтепроводов с точки зрения морской логистики, а также выявлены основные проблемы, связанные с их позиционированием.

Существующие проекты линейные объекты океанотехники являются эффективными средствами транспорта при освоении нефтегазовых ресурсов континентального шельфа морей и океанов, причем в ближайшие десятилетия с увеличением мировой добычи газа и нефти из месторождений континентального шельфа потребности в морских трубопроводах будут нарастать.

Основным направлением в развитии подводных трубопроводов является увеличение протяженности трассы, глубины прокладки, а также пропускной способности системы.

На надежную эксплуатацию данных подводных трубопроводных систем влияют волнение (особенно на мелководье), течение, гидрологические условия, динамическое воздействие транспортируемого груза, гидростатическое давление воды (для глубоководных систем), а также методы удержания в фиксированном положении под грунтом, на морском дне либо в толще воды.

УДК 621.311

ВИКОРИСТАННЯ МЕТАЛОПЛАСТИКОВИХ ВІКОН З ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИМИ СКЛОПАКЕТАМИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ МОРСЬКОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Долганов Юрій Анатолійович, канд. техн. наук
Україна, Національний Університет Кораблебудування ім. адм. Макарова

Згідно «Стратегії розвитку морських портів України до 2038 року» та «Плану розвитку Миколаївського морського порту на коротко- (до 2018 р.), середньо- (до 2023 р.) та довгострокову (до 2038 р.) перспективу» [1, 2] , одними з основних задач та напрямів розвитку галузі морської інфраструктури України є забезпечення комплексного розвитку, підвищення конкурентоспроможності портової галузі, забезпечення належного утримання, ефективного управління та використання стратегічних об'єктів портової інфраструктури. Реалізація цих задач неможлива без підвищення енергетичної ефективності всього комплексу об'єктів морської інфраструктури.

Збільшення ціни на газ, і, як наслідок, витрат на опалення адміністративних та промислових будівель робить питання проведення термомодернізації актуальним. Одним із засобів термомодернізації є заміна звичайних склопакетів в світлопрозорих конструкціях на енергоефективні а також використання теплозберігаючої плівки «додаткова камера» [3]. Енергоефективне скло пропускає випромінювання видимого діапазону спектру, але має низьке значення коефіцієнта емісії у інфрачервоному діапазоні, завдяки чому вікна з таким склом мають підвищене значення опору теплопередачі [4]. А використання теплозберігаючої плівки на 2х камерних склопакетах дозволяє створити додатковий термічний опір у вигляді повітряного прошарку без заміни склопакету на 3х камерний.

Метою даної роботи є отримання даних по густинам теплових потоків, що проходять через різні склопакети при типових для України значеннях температурного напору з метою прогнозування ефективності заміни звичайних склопакетів на енергоефективні. Для цього, на базі лабораторії кафедри Технічної теплофізики та суднових паровиробних установок НУК був створений експериментальний стенд та проведені дослідження двох найбільш вживаних типів склопакетів: звичайного $4M_1$ - 16 - $4M_1$ та енергозберігаючого 4M-16-I4.

На основі проведеного фізичного моделювання теплообміну через склопакети методом регресійного аналізу отримані залежності для розрахунку густини теплового потоку в діапазоні температурних напорів $20 < \Delta t < 45$ °C:

- склопакет 4M-16-I4: $q_{\text{Ñї1}} = 2{,}16 \cdot \Delta t^{0.911}$
- склопакет $4M_1$ - 16 - $4M_1$: $q_{\text{Ñї2}} = 4{,}1 \cdot \Delta t^{0.88}$

З огляду на лінійний характер залежностей в діапазоні що розглядається, дані формули можна рекомендувати і для більш широкого діапазону різниці температур.

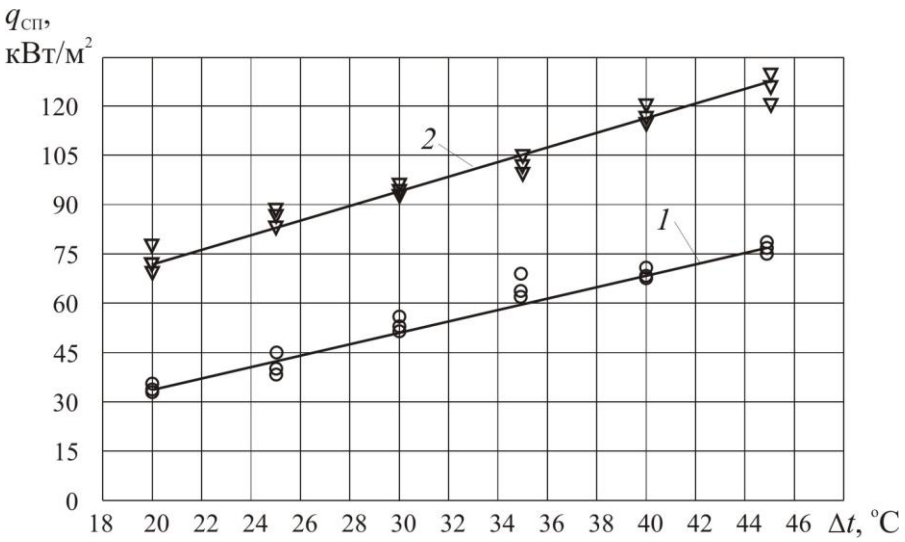


Рис.1 Залежність густини теплового потоку через склопакет від різниці температур зовнішнього повітря і в приміщенні: *1* – енергозберігаючий склопакет 4M-16-I4; *2* – склопакет $4M_1$ - 16 - $4M_1$.

Висновок.

На основі результатів проведених експериментальних досліджень отримані розрахункові залежності густини теплового потоку від температурного напору, в діапазоні температурних напорів $20 < \Delta t < 45$ °C для

енергозберігаючих 4М-16-І4 та звичайних $4М_1$ - 16 - $4М_1$ склопакетів. Отримані залежності можна використовувати для розрахунків теплових втрат через світлопрозорі конструкції та визначення терміну окупності при проведенні термомодернізації будівель різного призначення.

Список літератури.

1. Про затвердження Стратегії розвитку морських портів України на період до 2038 року [Електронний ресурс] : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 11 лип. 2013 р. № 548-р. – Режим доступу : http://zakon3.rada.gov.ua/
2. «План розвитку Миколаївського морського порту на коротко- (до 2018 р.), середньо- (до 2023 р.) та довгострокову (до 2038 р.) перспективу» [Електронний ресурс] : http://www.portnikolaev.com
3. Термомодернізація житлового фонду: організаційний, юридичний, соціальний, фінансовий і технічний аспекти: Практичний посібник. Видання 2-ге, доповнене. / за загальною редакцією Бригілевича В. – Львів, 2014, 239 с.
4. **Л. В. Декуша, Л. Й. Воробйов, З. А. Бурова** Калориметричний метод визначення терморадиаційних характеристик енергоефективних стекол/ Світлотехніка та електроенергетика №2, 2011, стр 8-12.

УДК 005.511

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Казарезов А.Я., Галь А.Ф., Лукьянчук П.И.

Большинство логистических систем, реализуемых на юге Украины, относятся к интермодальным и мультимодальным моделям, которые замыкаются на морские порты. В роли основного перевозчика в этих моделях выступает морской или речной транспорт. К основным принципам функционирования интермодальных и мультимодальных моделей относятся: единый коммерческо-правовой режим; комплексный подход к решению финансово-экономических вопросов организации перевозок; единый организационно-технологический подход к управлению перевозками; координация действия всех логистических посредников, участвующих в процессах транспортировки.

Интермодальная логистическая система представляет собою последовательную перевозку грузов несколькими видами транспорта в одной и той же грузовой единице или транспортном средстве без перегрузки самого груза при его перевалке на другой вид транспорта. Мультимодальная система перевозки грузов представляет собою модификацию интермодальной системы и отличается от нее тем, что в перевозках один вид транспорта выступает в роли основного перевозчика, а взаимодействующие виды транспорта являются клиентами основного перевозчика, оплачивающими его услуги.

Основную часть логистических затрат в интермодальных и мультимодальных перевозках, замыкающихся на морские и речные порты, составляют затраты, связанные с перевозками водным транспортом. В докладе рассматриваются особенности проектирования интермодальных и мультимодальных логистических систем, замыкающихся на морские и речные порты.

Предлагается при проектировании интермодальных и мультимодальных логистических систем принимать во внимание основную часть логистических затрат, связанную с перевозками водным транспортом. Остальные логистические затраты, доля которых заведомо значительно меньше по сравнению с логистическими затратами на водном транспорте условно считать постоянными для разных вариантов проектируемой системы.

В докладе показано, что реализация предлагаемого подхода к проектированию региональных логистических систем позволяет существенно упростит модель, ускорить процесс проектирования системы и сделать более прозрачными логистические затраты.

Библиографический список

1. Крикавський Є. Логістичне управління: Підручник. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту "Львівська політехніка", 2005. – 194 с.

2. Казарєзов А.Я. Використання аналітичної парадигми на початковій стадії проектування інтермодальних систем [Текст] / А.Я. Казарєзов, А.Ф. Галь // Матеріали Міжнародної науково- практичної конференції. «Міські і регіональні транспортні проблеми» 17-19 листопада 2015 р. Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, – С. 47.

4. Чухрай Н. Формування ланцюга поставок: питання теорії та практики / Н. Чухрай, О. Гірна // Монографія. – Львів: "Інтелект-Захід", 2007. – 244 с.

УДК 005.511

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Казарезов А.Я., Галь А.Ф., Трушлякова Ю.Е.

Логистический менеджмент предприятия решает комплексные задачи создания логистических систем в условиях ограничения ресурсов.

В докладе предлагается использовать методы управления проектами при проектировании логистических систем. Проектный подход в логистике направлен на создание новых или преобразование действующих логистических систем. Проектный менеджмент в этом случае используется как инструмент реализации стратегических решений предприятия.

Управление проектами при проектировании логистических систем выступает как управленческая концепция, отвечающая необходимости постоянного приспособления предприятия к изменениям внешнего окружения. Реализация методики управления проектами при создании логистической системы осуществляется на основе системного подхода.

К основным составляющим логистического проекта относятся: разработка структуры и определение содержания жизненного цикла проекта; определение функций управления и ресурсно-функциональное обеспечение проекта; рассмотрение процессов управления стоимостью, качеством, временем и рисками проекта.

В докладе рассмотрены основные проектные задачи создания логистической системы: разработка интегрированной системы управления материальными потоками и движением ресурсов; определение стратегии физического распределения ресурсов по работам проекта; прогнозирование объемов поставок, перевозок и складирования; оптимизация структуры транспортно-складских комплексов.

Наряду с традиционными видами потоков, рассматриваемых логистикой, предполагается выделение в качестве объекта управления инвестиционного потока. Инвестиционная деятельность в сфере логистической инфраструктуры предполагает отбор и оценку инвестиционной привлекательности конкретных проектов. В этих условиях методологией управления инвестициями в логистическую инфраструктуру являются методы управления проектами.

Таким образом, управление проектами в логистике может быть рассмотрено как подход к управлению инвестициями в логистическую инфраструктуру с учетом приспособления предприятия к изменениям внешней среде.

Библиографический список

1. Руководство к Своду знаний по управлению проектами (Руководство PMBOK) Третье издание. Американский национальный стандарт ANSI/PMI 99-001-2004 Project Management Institute, Four Campus Boulevard, Newtown Square, PA 19073-3299 USA / США. – 388 p.
2. **Бушуев С.Д.** Управління проектами та програмами: Підручник /С.Д. Бушуев, Н.С. Бушуева, А.Я. Казарєзов, К.В. Кошкін, С.С. Рижков, М.В. Фатеєв, С.К. Чернов, О.С. Яцунський. – Миколаїв: видавництво Торубари О.С., 2010. – 352 с.
3. **Кулик В.А.** Логістичний менеджмент: навч. посібн. /В.А. Кулик, М.Ю. Григорак, Л.В. Костюченко. К.: Логос, 2013. – 268 с.
4. **Казарєзов А.Я.** Проектний підхід до створення логістичних систем [Текст] / А.Я. Казарєзов, А.Ф. Галь // Матеріали Міжнародної науково- практичної конференції. «Міські і регіональні транспортні проблеми» 17-19 листопада 2015 р. Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, – С. 48.

УДК 005.511

АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ ЛОГИСТИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ МОРСКИХ ПОРТОВ УКРАИНЫ

Галь А. Ф., Казарезов А. Я., Нанакин С.Ю.

Развитие экономики мира сегодня связано с увеличением товарообмена. Морские порты Украины имеют выгодное экономико-географическое положение, по отношению к мировым направлениям грузопотоков, а также близость к европейским и ближневосточным рынкам. Украина имеет возможности для привлечения дополнительных транзитных потоков через свою территорию.

Для выявления основных направлений развития морских портов Украины в области транзита в логистическом аспекте следует решить такие задачи. Выполнить экономический анализ деятельности морских портов в современных условиях. Проанализировать причины потерь транзитных грузопотоков морских портов Украины. Наметить основные пути решения задач развития морских портов.

Традиционное решение транспортной задачи для логистических схем связывают с обеспечением эффективного использования инфраструктуры. Массовая доставка грузов в морские порты автомобильным и железнодорожным транспортом требует проводить поиск оптимальных вариантов и кратчайших маршрутов доставки грузов в порты.

Сегодня происходит снижение объема транзита через территорию Украины, недостаточная загруженность мощностей транспортной системы собственной производственной базой. В 2007 г. транзитный потенциал Украины реально использовался только на 50-60%, в том числе был неиспользован резерв перерабатывающей способности украинских портов (более чем на 30 %).

Сегодня в Украине необходим государственный подход к морским портам, как единой системе, в том числе в отношении логистических потоков. С помощью целенаправленной государственной политики, в вопросе привлечения транзитных грузопотоков в порты Украины и принятия на региональном и государственном уровне долгосрочных мер для закрепления грузопотоков по схемам доставки через порты страны, можно обеспечить дальнейшее развитие портового хозяйства, рост объемов грузопереработки.

Особо важна грузообработка зерна в морских портах и его доставка автомобильным, железнодорожным и речным транспортом. В логистике для решения транспортной задачи используют ряд методов и алгоритмов для практического применения которых необходимо знание их преимущетва и недостатки.

Изложены основные подходы и методы решения транспортной задачи, как одной из наиболее распространенных задач линейного программирования и операционного исчисления. Решение позволяет разработать наиболее рациональные пути и способы транспортирования грузов, в частности зерна. Сокращается время продвижения грузов, уменьшаются затраты поставщиков.

Выполнен анализ тенденций логистического развития морских портов Украины и зерновых перегрузочных терминалов.

Полученные результаты могут использоваться для развития логистики морских портов Украины в части зерновых перегрузочных терминалов.

Библиографический список

1. **Крикавський, Є.В.** Логістичні системи [Текст]: навч. посібник / Є.В. Крикавський, Н.В. Чорнописька. – Львів: Видавництво національного університету "Львівська політехніка". – 2009. – 264 с.

2. **Крикавський, Є.В.** Логістика: компендіум і практікум [Текст]: навч. посібник / Є.В. Крикавський, Н.В. Чорнописька. – К.: Кондор. – 2009. – 338 с.

УДК 005.511

ТРАНСПОРТНЫЕ ЗАДАЧИ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГРУЗООБРАБАТЫВАЮЩИМ ОБОРУДОВАНИЕМ МОРСКИХ ПОРТОВ УКРАИНЫ

Галь А. Ф., Казарезов А. Я., Сюков О.А.

Традиционное решение транспортной задачи связывают с обеспечением эффективного использования инфраструктуры, в эффективности которой оборудование для грузообработки занимает важное место. Массовая доставка грузов в морские порты автомобильным и железнодорожнім транспортом требует проводить поиск оптимальных вариантов и кратчайших маршрутов, а также применения высокоэффективного оборудования для погрузки и разгрузки.

Украина обладает наибольшим представительством – 18 морских торговых портов из 25 крупнейших морских предприятий Азово-Черноморского региона. Порт Констанца (Румыния) имел объем грузооборота 36,4 млн. т в 2010 году. Одесский морской торговый порт занимал только 4 позицию с грузооборотом 24,7, млн. т.

В логистике для решения транспортной задачи используют ряд методов и алгоритмов для практического применения которых необходимо знание их преимущетва и недостатки. Учет производительности и эффективности портового оборудования для грузоперегрузки ранее не учитувалось.

Изложены основные подходы и методы решения транспортной задачи, как одной из наиболее распространенных задач линейного программирования с учетом особенности оборудования в порту для грузоперегрузки. Решение позволяет разработать наиболее рациональные пути и способы

транспортирования грузов, устранить чрезмерно дальние, встречные, повторные перевозки. Сокращается время продвижения грузов, уменьшаются затраты поставщиков.

Алгоритм и методы решения транспортной задачи могут быть использованы при транспортировке груза. К таким задачам относятся следующие:

- оптимальное закрепление за судами операций по перевозке грузов. В них величины тарифов здесь являются таким экономическим показателем, как производительность. Задача позволяет определить, сколько времени и на каком маршруте нужно использовать каждый из судов, чтобы обработать максимальное количество грузов. Так как транспортная задача требует нахождения минимума, то значения показателей тарифов берутся с отрицательным знаком;

- оптимальные назначения, или проблема выбора. Имеется ряд судов, которые могут выполнять ряд различных работ с различной производительностью. Задача позволяет определить, какое судно и на какой маршрут надо назначить, чтобы добиться максимальной производительности;

- задача о сокращении транспортного флота с учетом суммарных расходов на погрузку и транспортировку грузов;

- повышение производительности и эффективности гркзооборабатывающего оборудования в порту.

Выполнен анализ обеспечения грузообрабатывающим оборудованием морских портов Украины и разработаны рекомендации для повышения производительности и эффективности грузообработки в портах Украины.

Библиографический список

1. Крикавський, Є.В. Логістичні системи [Текст]: навч. посібник / Є.В. Крикавський, Н.В. Чорнописька. – Львів: Видавництво національного університету "Львівська політехніка". – 2009. – 264 с.

2. Крикавський, Є.В. Логістика: компендіум і практікум [Текст]: навч. посібник / Є.В. Крикавський, Н.В. Чорнописька. – К.: Кондор. – 2009. – 338 с.

СЕКЦІЯ №14
ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ РИБОПРОМИСЛОВОГО ФЛОТУ ТА ПЕРЕРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

УДК 621.565.93/94:629.5(05)

КОНЦЕПЦИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ТЕПЛО- И ХЛАДОПОТРЕБЛЕНИЯ НА СУДАХ РЫБОПРОМЫСЛОВОГО ФЛОТА

Радченко Н.И.,
Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова, Украина

Проблема рационального потребления тепла и холода особенно остро стоит на рыбоперерабатывающих судах, где расход топлива на производство пара для технологических нужд и электроэнергии для систем рефрижерации сравним с его затратами на главную энергетическую установку. В то же время результаты эксплуатации судовых теплообменников (ТО) – потребителей тепла и холода свидетельствуют о несоответствии их теплотехнических характеристик возросшим требованиям энергосбережения.

На транспортных рефрижераторах 10…20 % топлива расходуется на выработку электроэнергии для систем кондиционирования воздуха (СКВ) трюмов и камер хранения охлажденной продукции. Большие температурные напоры в воздухоохладителях (ВО) указывают на резервы значительного сокращения энергетических потерь от внешней необратимости в цикле и затрат на циркуляцию воздуха, составляющих около половины электроэнергии, потребляемой системами кондиционирования воздуха (СКВ).

Традиционные методы повышения тепловой эффективности судовых ТО, как правило, сводятся к воздействию на однофазные нагреваемые или охлаждаемые среды (увеличением скорости, турбулизацией) и развитию поверхности с их стороны и не исчерпывают имеющихся резервов. Для реализации последних необходимы принципиально новые подходы, учитывающие резкое снижение интенсивности теплоотдачи на завершающей стадии фазового перехода (в областях с повышенными паросодержанием при кипении и влагосодержанием при конденсации) до величины, когда она становится лимитирующей теплопередачу в целом. Доля поверхности, приходящейся на концевые структуры двухфазного потока (при кипении – на дисперсную структуру, образующуюся в результате кризиса теплообмена второго рода), достаточно весомая, а большое термическое сопротивление на их стороне обусловливает существенные энергетические потери в процессе теплопередачи.

Необходимым условием функционального совершенствования ТО является обеспечение надежной эксплуатации как их самих (отсутствие замерзания конденсата в паровых нагревателях воздуха (ПНВ) при отрицательных температурах наружного воздуха), так и связанного с ними тепло- или хладоносителем оборудования (работа поршневых холодильных компрессоров сухим ходом, длительная надежная эксплуатация конденсатоотводчиков и другой запорно-регулирующей арматуры).

В аспекте влияния концевых с повышенным термическим сопротивлением структур двухфазного тепло- или хладоносителя на эффективность работы судовых ТО проблема не исследовалась.

Научной проблемой является установление закономерностей влияния процессов тепломассопереноса в концевых структурах двухфазного тепло- или хладоносителя на тепловую эффективность судовых ТО. Эти закономерности, а также вытекающие из них методологические подходы и методы решения проблемы составляют теоретическую базу проектирования высокоэффективных систем потребления тепла и холода для судов рыбопромыслового флота.

Объектом исследования являются контуры судовых потребителей тепла и холода и их основные элементы – ТО с внутриканальным фазовым переходом тепло- или хладоносителя: хладоновые охладители и паровые нагреватели воздуха и воды, хладоновые испарители систем рефрижерации, плиточные скороморозильные аппараты (МА).

Предмет исследования – закономерности влияния процессов тепломассопереноса в концевых структурах двухфазного тепло- или хладоносителя на тепловую эффективность судовых ТО, являющиеся основой для разработки теоретической базы проектирования высокоэффективных контуров тепло- и хладопотребления на судах рыбопромыслового флота.

Целью научного исследования являются разработка теоретических основ проектирования и создание высокоэффективных контуров тепло- и хладопотребления для судов рыбопромыслового флота.

В результате исследований решена важная научно-прикладная проблема в области энергоустановок судов рыбопромыслового флота – создана теоретическая база проектирования, разработаны и внедрены высокоэффективные контуры тепло- и хладопотребления, обеспечивающие сокращение потребляемых

энергетической установкой топливных ресурсов на 5…10 %. Всего же на производство пара и электроэнергии для систем рефрижерации и кондиционирования приходится 20…40 % общесудового расхода топлива.

ВЫВОДЫ

1. На основе анализа практики эксплуатации и проектирования, результатов натурных испытаний и расчетов с помощью разработанных феноменологических и математических моделей установлено, что тепловая эффективность судовых ТО определяется высокими термическими сопротивлениями на завершающей стадии внутриканального фазового перехода – в областях концевых структур тепло- или хладоносителя с повышенными паросодержанием при кипении (после осушения стенки канала, обусловленного кризисом теплообмена) и влагосодержанием при конденсации. На занимаемых этими структурами 20…40 % поверхности ТО темпы приращения теплового потока Q в два-три раза ниже, чем в основной части фазового перехода.
2. Разработан методологический подход к постановке и решению проблемы эффективного тепломассопереноса в концевых структурах двухфазного тепло- или хладоносителя. Обоснован критерий оценки эффективности тепломассопереноса концевыми структурами – коэффициент реализации теплового потенциала теплообменника КРТП, представляющий собой отношение действительного теплосъема Q к максимально возможному, соответствующему сохранению одинаковых темпов приращения Q на всей поверхности теплопередачи. Введение критерия КРТП позволило вскрыть резервы повышения Q судовых ТО (КРТП = 0,6…0,8), реализация которых связана с завершающей стадией фазового перехода. Показано, что чем компактнее ТО с полным фазовым переходом (выше степень оребрения β), тем в большей степени его тепловая эффективность зависит от термических сопротивлений в области концевых структур потока – тем ниже значения КРТП.
3. Раскрыты закономерности влияния процессов тепломассопереноса в концевых структурах двухфазного потока на тепловую эффективность судовых ТО. Обоснован механизм управления ими. Установлено, что при ускорении концевых структур темпы приращения Q на занимаемой ими поверхности остаются в два-три раза ниже, чем в основной части фазового перехода. С исключением завершающей его стадии путем сепарации фаз темп приращения Q высокий на всей поверхности ТО. Рециркуляция несконденсировавшегося пара или неиспарившегося жидкого хладагента в ТО обеспечивает повышение плотности теплового потока q_F на 20…40 % (тепло- и хладопотребление), холодильного коэффициента ε на 10…20 % (хладопотребление) и достижение значения КРТП = 1, тогда как при использовании теплоты их фазового перехода в РТО приращение q_F и ε значительно меньше: 10…20 % и 5…10 % соответственно.
4. Получены обобщенные зависимости действительной удельной холодопроизводительности от эффективности тепломассопереноса в концевых структурах двухфазного потока в контурах испарителей систем охлаждения.
5. Разработаны рациональные контуры тепло- и хладопотребления. Эффективность функционирования контуров подтверждена результатами судовой и промышленной эксплуатации. Их использование позволяет решить ряд задач повышения надежности работы самих ТО и связанных с ними тепло- или хладоносителем элементов энергетической установки: обеспечить сухой ход холодильного поршневого компрессора, исключить опасность замерзания конденсата в паровых нагревателях воздуха (ПНВ) судовых СКВ, режимы с пульсациями расхода двухфазного теплоносителя при эксплуатации ТО с конденсатоотводчиком, многократно использовать пар, загрязненный в технологических потребителях (в рыбомучных установках).
6. Достоверность результатов подтверждена удовлетворительным согласованием расчетных данных с данными экспериментальных и промышленных испытаний, сохранением установленных закономерностей в широком диапазоне режимных и конструктивных параметров объектов исследования, положительными результатами многолетней эксплуатации разработанных установок на судах рыбопромыслового флота и на ряде промышленных предприятий.
7. Научное значение работы состоит в создании теоретической базы проектирования высокоэффективных контуров тепло- и хладопотребления. Исходя из установленных закономерностей влияния процессов тепломассопереноса на завершающей стадии фазового перехода тепло- или хладоносителя на тепловую эффективность ТО, разработаны методологический подход и методы решения проблемы эффективного тепло- и хладопотребления как задачи управления двухфазными потоками, которые положены в основу концепции рационального тепло- и хладопотребления на судах рыбопромыслового флота.
8. Результаты служат основой для дальнейшего развития научных исследований в направлении создания локальных циркуляционных контуров теплопотребления – полуоткрытых систем пароснабжения, обеспечивающих сокращение потерь теплоты в возвратных конденсатопроводах и снижение тепловой нагрузки на паровые котлы.

УДК 621.577

ВДОСКОНАЛЕНИЙ ТЕПЛОВИКОРИСТОВУЮЧИЙ КОНТУР ВИПАРНИХ АПАРАТІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ УСТАНОВОК РИБОПРОМИСЛОВИХ СУДЕН

Радченко М.І., Коновалов Д.В.
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, Україна

У технологічних установках промислових підприємств і рибопромислових судів парою середнього тиску P = 0,4…0,5 МПа обігріваються варильники, сушильні установки та випарні апарати. Пара низького тиску P = 0,2…0,3 МПа використовується, наприклад, на промислових суднах, для обігріву жирових танків рибомучної установки, а також упорскується в розварювальну сировину у варильниках або сушильних установках консервного цеху. Пару необхідно впорскувати для запобігання спікання та погіршення якісних показників кінцевого продукту: рибної муки, консервів, пресервів тощо. Звичайно у технологічних установках харчової промисловості забезпечується використання вторинної пари від першого та проміжних, окрім останнього, ступенів багатоступінчастих прямоточних випарних апаратів. В схемі випарного двоступінчастого прямоточного апарату пара від котельної установки подається у калоризатор першого ступеня випарного апарату. Температура скипання там обезжиреного бульйону становить t = 100 °С. Вторинна пара, яка утворилася, йде на обігрів другого ступеня, де бульйон кипить при значно нижчій температурі t = 65...70 °С. Це зумовлене тим, що кипіння при вищих температурах при концентрації бульйону 15 % призведе до погіршення білкових якостей кінцевого продукту. Вторинна пара останнього ступеня конденсується в конденсаторі змішаного типу та скидається за борт.

Відведення сконденсованої вторинної пари від останнього ступеню випарних апаратів за борт є прямою втратою теплоти. Використання її в системі теплопостачання технологічної установки дозволить значно підвищити енергетичну ефективність використання теплоти у випарних апаратах, як найбільш крупного споживача тепла, а відтак і скоротити споживання паливно-енергетичних ресурсів. Найбільш доцільним є утилізація теплоти вторинної пари для комплексного виробництва як тепла (у вигляді технологічної пари) так і холоду. Перспективним є застосування утилізаційної установки з пароструминним компресором, а для виробництва холоду – ежекторної холодильної машини на низькокиплячому робочому тілі [1, 2]. Але тиск вторинної пари за випарним апаратом достатньо невеликий (0,04 МПа), що призводить до низької ефективності використання теплоти, тому доцільним буде використання багатоступінчастої ежекторної установки.

При багатоступінчастому ежектуванні, якщо відсутній частковий відвід середи між ступенями, то послідовне включення ежекторів недоцільне [3]. Подібні схеми з багатоступінчастою ежекторною установкою (ЕУ) та частковим відводом пароповітряної суміші з подальшим її поверненням у конденсатно-живильну систему застосовуються в пароежекторних установках конденсаторів парових турбін, пароводяних ежекторних холодильних установках, установках із використанням струминних насосів для подачі води (система живлення паровозів) [4]. У даних схемах після кожного ступеня встановлюється холодильник, у якому конденсується значна кількість пари, що міститься у пароповітряній суміші після ежектора. Наявність холодильників дозволяє заощадити конденсат робочої та ежектованої пари.

В схемі утилізації вторинної пари з двоступінчастою ежекторною установкою та проміжним охолодженням (рис. 1) вторинна пара останнього ступеня випарного апарата з тиском 0,04 МПа відсмоктується ежектором ступеня низького тиску, чим забезпечується необхідний вакуум у калоризаторі останнього ступеня. Далі змішана пара ступеня низького тиску охолоджується та частково конденсується в регенеративному теплообміннику (РТО) у процесі відводу теплоти до вторинної пари першого ступеня випарного апарата, котра має більш низьку температуру. Тиск вторинної пари першого ступеня досягає 0,11 МПа, а t = 102 °С. Охолоджена пара відсмоктується ежектором ступеня високого тиску до тиску в теплообмінниках технологічних установок. Як робоча використовується пара високого тиску від котельної установки з $P_р$ = 0,7...1,2 МПа. Відвід теплоти від змішаної пари між ступенями та її часткова конденсація можуть бути також здійснені в охолоджувачі – генераторі ежекторної холодильної машини (ЕХМ), котрий доцільніше розбити на декілька ступенів: у першому (економайзерному) ступені нагрівати холодоагент; у другому (генеруючому) – випарювати й перегрівати.

Економайзерний ступінь буде одночасно холодильником для проміжної пари ежекторної установки. Оптимальна температура кипіння в генераторі ЕХМ при проміжному тиску вторинної пари становить $t_г$ = 80...90 °С. Розділення генератора на ступені нагріву та кипіння дозволить скоротити сумарну поверхню теплообміну за рахунок підвищення густини теплових потоків у кожному ступені.

Аналіз отриманих залежностей максимально досяжних коефіцієнтів ежекції від тиску $P_{тоа}$ в теплообмінниках при P = 0,04 МПа та різному тиску робочої пари: $P_р$ = 0,7; 0,9; 1,2 МПа показав, що при тиску в теплообмінниках $P_{тоа}$ = 0,14 МПа коефіцієнт ежекції становить 0,34…0,42. При U = 0,2 в ЕУ без проміжного охолодження тиск становитиме $P_{тоа}$ = 0,15 МПа. Для установки з проміжним охолодженням досягається тиск

$P_{тоа}$ = 0,2 МПа. При витраті вторинної пари останнього ступеня випарного апарата, яка дорівнює 0,05 кг/с (рибомучна установка А1-*ИЖР*), необхідна витрата робочої пари для двоступінчастої ЕУ з проміжним охолодженням становитиме $D_р$ = 0,119…0,147 кг/с. Коефіцієнт ежекції двоступінчастої ЕУ з проміжним охолодженням при тиску $P_{тоа}$ = 0,14 МПа вище на 35 % порівняно з ЕУ без проміжного охолодження, а при тиску Ртоа = 0,2 МПа – на 50 %.

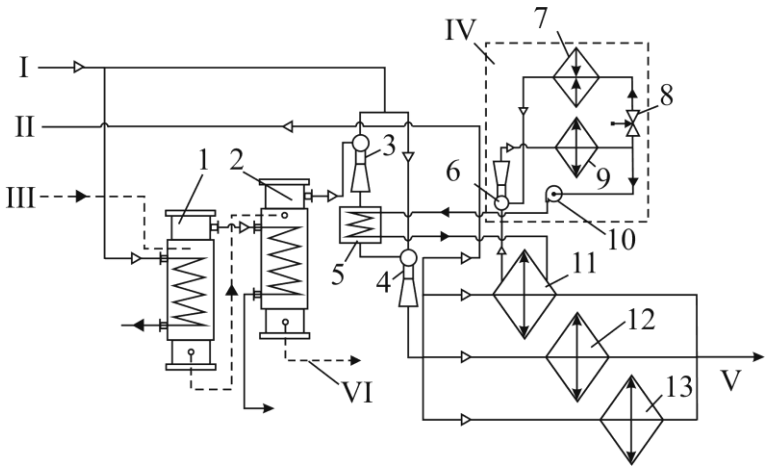


Рис. 1. Схема двоступінчастої ЕУ:

1 – випарний апарат І-го ступеня; 2 – випарний апарат ІІ-го ступеня; 3, 4 – ежектори І та ІІ-го ступеня; 5 – проміжний охолоджувач пари; 6 – ежектор ЕХМ; 7 – випарник; 8 – дросельний клапан; 9 – конденсатор; 10 – циркуляційний насос; 11 – генератор пари ЕХМ; 12 – підігрівач жирових танків; 13 – парові нагрівачі повітря для сушильних апаратів; I – пара від котельної установки; II – пара на впорскування у технологічних установках; III – сировина; IV – ЕХМ

Температура вторинної пари першого ступеня становить 102 °С, звідси його використання в РТО ЕУ при проміжному тиску до 0,18 МПа (t_s = 110 °С) буде недоцільним. Однак тиск вище $P_{пр}$ = 0,18 МПа відповідає відносно високим $P_{тоа}$ > 0,32 МПа. При цьому мають місце дуже низькі коефіцієнти ежекції U = 0,08…0,10 і, як наслідок, коефіцієнти використання теплоти. Тому застосування РТО з вторинною парою першого ступеня ВА енергетично недоцільне.

Набагато вигідніше використовувати для охолодження економайзерний ступінь генератору ЕХМ, що дозволить забезпечити підігрів холодоагенту до температури 80...90 °С перед його кипінням у другому ступені генератору.

Відвід конденсату з ЕУ забезпечує скорочення витрати ежектованої пари через ступінь високого тиску, що в свою чергу призводить до зниження витрат робочої пари на цей ступінь.

В схемі утилізації вторинної пари із триступінчастою ЕУ та проміжним охолодженням між ступенями вторинна пара останнього ступеня відсмоктуються триступінчастою ЕУ, котра одночасно забезпечує необхідний вакуум у калоризаторі випарного апарата. Ежектори низького, середнього та високого тиску підключені послідовно. Охолодження та часткова конденсація пари між ступенями забезпечується за рахунок відводу теплоти в РТО до вторинної пари першого ступеня випарного апарата. Теплота може відводитись також у багатоступінчастому генераторі ЕХМ, причому холодоагент циркулює у напрямку, який співпадає з напрямком руху пари в ЕУ. Це забезпечує попередній нагрів холодоагенту перед ступенем генерації. Степінь підвищення тиску ежекторів ЕУ – e = 1,1…1,2 в залежності від тиску $P_{тоа}$, степінь розширення робочого потоку для ступеню низького тиску – E = 18…30, для ступеня середнього тиску – E = 10…18, а для ступеня високого тиску – E = 6…10.

Аналіз залежностей максимально досяжних коефіцієнтів ежекції від $P_{тоа}$ при тиску вторинної пари $P_{вп}$ = 0,04 МПа та різному тиску робочої пари: $P_р$ = 0,7; 0,9; 1,2 МПа. Коефіцієнт ежекції при тиску в теплообмінниках $P_{тоа}$ = 0,14…0,20 МПа становить U = 0,24…0,46. При витраті $D_{вп}$ = 0,05 кг/с (РМУ А1-*ИЖР*) витрати робочої пари на ЕУ становитимуть $D_р$ = 0,109…0,208 кг/с, що відповідає 20…40 % від загальної кількості пари, яка споживається РМУ.

Порівняльний аналіз схем із використанням вторинної пари останнього ступеня випарного апарата при $P_р$ = 0,9 МПа та $P_{вп}$ = 0,04 МПа показав, що енергетично найбільш доцільною при $P_{тоа}$ = 0,14 МПа є схема з двоступінчастим ежектуванням і проміжним охолодженням та частковою конденсацією між ступенями ЕУ, де U = 0,38. У схемі з триступінчастою ЕУ і проміжним охолодженням при $P_{тоа}$ = 0,14 МПа величина U = 0,39, що не набагато вище. Однак при цьому конструкція триступінчастої ЕУ ускладнюється через наявність додаткового ступеня та РТО між ступенями середнього та високого тиску. При більш високому тиску

$P_{тоа}$ = 0,20…0,22 МПа використання триступінчастої ЕУ з проміжним охолодженням буде енергетично виправданим: U = 0,27, що на 20 % вище, ніж у разі схеми з двоступінчастою ЕУ.

Таким чином, можна зробити висновок про те, що при утилізації вторинної пари останнього ступеня випарного апарата енергетично доцільніше застосовувати триступінчасту ЕУ з проміжним охолодженням. При цьому коефіцієнти ежекції установки U = 0,27…0,42. Але утилізація вторинної пари з метою отримання тільки тепла не доцільна. Застосування проміжного охолодження пари за рахунок підводу теплоти в економайзерній частині або в усіх ступенях генератора ЕХМ, призначеної для охолодження рибної муки, дає додаткове скорочення витрат палива завдяки заміщенню холодильної установки. Для рибопромислових суден це скорочення може сягати 1…2 %.

Висновки

Область використання тепловикористовуючої установки може поширюватися на випарні апарати технологічних установок об'єктів харчової, томатної, рибопереробної, молочної, спиртової, хімічної, нафтохімічної та ін. промисловостей.

Встановлено, що використання багатоступінчастого ежектування для утилізації вторинної пари енергетично більш доцільніше. При цьому коефіцієнт ежекції дорівнює U = 0,27…0,42.

Застосування ступінчастого генератора ЕХМ як РТО багатоступінчастої ЕУ дозволяє покрити потреби в холоді. Для технологічних установок рибопромислових судів ці потреби становлять 10…20 %.

Список літератури

1. **Коновалов Д.В.** Энергетическая эффективность эжекторных холодильных машин, использующих теплоту выпарных аппаратов судовых рыбомучных установок // Техногенна безпека: Наукові праці. – Миколаїв: МДГУ ім. П. Могили, 2005. – Т. 43. – Вип. 30. – С. 93 – 97.
2. **Сирота А.А., Коновалов Д.В., Радченко Н.И.** Утилизация теплоты в судовых рыбомучных установках // Авиационно-космическая техника и технология. – Харьков: ХАИ, 2004. – Вып. 7(15). – С. 24 – 28.
3. **Соколов Е.Я., Зингер Н.М.** Струйные аппараты – М.: Энергия, 1970. – 288 с.
4. **Хмелевский А.В., Смушков П.И.** Паровоз. Устройство, робота, ремонт – М.: Транспорт, 1973. – 416 с.

УДК 621.577

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОТЫ ПАРА ВТОРИЧНОГО ВСКИПАНИЯ В РЫБОМУЧНЫХ УСТАНОВКАХ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ХОЛОДА

Радченко Н.И., Коновалов Д.В., Калиниченко И.В.
Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова, Украина

Выпарные аппараты являются основными потребителями пара в рыбомучных установках (РМУ), применяемых на современных судах рыбопромыслового флота и обеспечивающих переработку отходов от разделки рыбы, а также малоценного в пищевом отношении прилова в кормовую муку [1].

Самый распространенный тип выпарных аппаратов РМУ – прямоточный, когда теплоноситель и сырье движутся в одном направлении. Судовые выпарные аппараты в большинстве случаев выполняются двухступенчатыми. Вторичный пар, образующийся при выпаривании сырья в первой ступени аппарата, служит греющим паром для второй ступени, в которой выпаривание происходит при более низких давлении и температуре [2]. Пар вторичного вскипания, образующийся во второй ступени выпарного аппарата РМУ, имеет давление ниже атмосферного (давление около 0,04 МПа и температура 75 ^{o}C). Он конденсируется при смешивании с забортной водой в конденсаторе, из которого их смесь отводится насосом за борт. В результате имеют место значительные потери теплоты.

Свести к минимуму потери теплоты с вторичным паром от второй ступени выпарного аппарата можно с помощью теплоиспользующей эжекторной холодильной машины (ТЭХМ) [3], а получаемый при этом холод – использовать в системе кондиционирования воздуха как для охлаждения рыбной муки, так и при создании комфортных условий обитания в судовых помещениях.

Сжатие вторичного пара до давления выше атмосферного с соответствующим повышением температуры можно осуществлять в пароструйном эжекторе, используя в качестве силового пара острый пар от судового котла.

Применение в качестве рабочего вещества низкокипящего рабочего тела (НРТ) существенно упрощает конструкцию ТЭХМ, поскольку отпадает необходимость создания вакуума в испарителе.

Основными элементами ТЭХМ являются теплообменники с фазовым переходом НРТ: генератор пара высокого давления, испаритель и конденсатор. В первых двух имеет место кипение в трубах, которое сопровождается значительным изменением режимов течения и, как следствие, интенсивности теплоотдачи

по ходу потока. Завершающая стадия кипения характеризуется резким снижением интенсивности теплоотдачи, вызванным осушением стенки трубы с переходом от кольцевого к дисперсному течению.

Крайне низкие значения коэффициента теплоотдачи от сухой внутренней стенки трубы к дисперсной смеси на завершающей стадии испарения лимитируют теплопередачу в целом. При конденсации также по мере заполнения проходного сечения трубы конденсатом происходит ухудшение теплоотдачи, особенно заметное на завершающей ее стадии с переходом к однофазному течению конденсата. Поэтому задача сокращения температурных напоров в теплообменниках и обусловленных ими энергетических потерь путем интенсификации теплопередачи весьма актуальна. Ее решение особенно важно для ТЭХМ, поскольку от температурных напоров в теплообменниках зависят достижимые коэффициенты эжекции и соответственно тепловые коэффициенты.

Целью выполненных исследований было повышение энергетической эффективности ТЭХМ, использующих теплоту вторичного пара выпарных аппаратов судовых РМУ.

Давление вторичного пара, образующегося в выпарном аппарате, можно увеличить выше атмосферного (соответственно и температуру) в паровом эжекторе, используя потенциальную энергию острого пара от котла, а полученный в результате пар – применять в качестве источника теплоты в ТЭХМ для выработки холода (рис. 1).

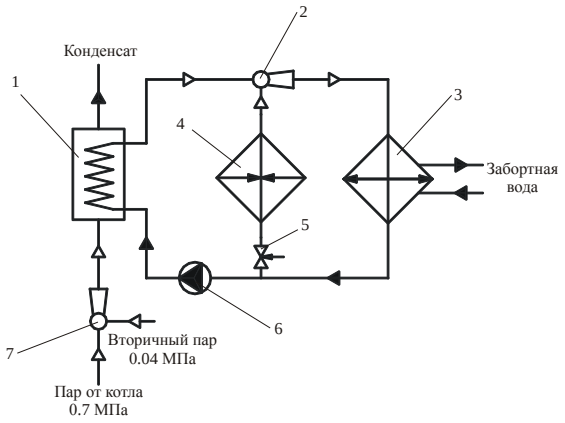


Рис. 1. Схема теплоиспользующей эжекторной холодильной машины:

1 – генератор пара НРТ; 2 – эжектор на НРТ; 3 – конденсатор паров НРТ; 4 – испаритель НРТ-воздухоохладитель; 5 – дрос-сельный клапан; 6 – циркуляционный насос НРТ; 7 – эжектор паровой

Анализ полученных зависимостей коэффициента эжекции U (отношения расходов эжектируемого пара, поступающего из испарителя, и силового пара высокого давления от генератора) и теплового коэффициента ζ от температуры конденсации $t_к$ при разных температурах кипения для хладагента R600 в испарителе t_0 и в генераторе $t_г$ = 80 и 100 °С показал, что увеличение $t_г$ с 80 °С до 100 °С приводит к увеличению коэффициента эжекции U на 20…50 % (чем выше $t_к$, тем больше относительный эффект от увеличения $t_г$) и теплового коэффициента ζ на 30…60 %. Увеличение температуры кипения в испарителе t0 на 3…5 °С вызывает повышение U на 15…30 % и ζ на 30…50 %.

Повысить температуру кипения в испарителе на 3…5 °С, т.е. уменьшить температурный напор в нем, можно за счет увеличения интенсивности теплообмена. Для этого необходимо исключить дисперсный режим течения, т.е. оборвать фазовый переход до его завершения. Для эффективной же работы эжектора надо, чтобы силовой и эжектируемый пар (соответственно после генератора и испарителя) был сухим насыщенным или перегретым, поскольку попадание жидкости из генераторе пара в сопло эжектора, а из испарителя на всасывание эжектора приведет к падению коэффициента эжекции и теплового коэффициента. Чтобы избежать этого, после генератора пара и испарителя необходимо устанавливать отделитель жидкости. Отсепарированную жидкость можно испарять во второй ступени (в случае генератора) или в самом испарителе, т.е. осуществлять ее рециркуляцию, например инжектором, использующим потенциальную энергию жидкости высокого давления после конденсатора, теряемую в дроссельном клапане. При этом обеспечивается увеличение коэффициента эжекции U и теплового коэффициента ζ почти на 0,1. При весьма незначительных U и ζ, составляющих для ТЭХМ 0,3…0,5, такая прибавка весьма существенная.

Для повышения температуры кипения в генераторе используется тот же эффект, что и в случае с испарителем: отвод пара из генератора осуществляется при $x \leq 0{,}8$. Разделение парожидкостной смеси происходит в сепараторе, доиспарение жидкости − во втором генераторе, а перегрев пара − в пароперегревателе. Такая схема утилизации тепла в судовых РМУ позволит достичь теплового коэффициента холодильной машины ζ = 0,5…0,62. Величины U и ζ в значительной степени зависят от

температуры $t_к$, которая, в свою очередь, − от температурных напоров в конденсаторе, т.е. от температурных напоров в нем. В случае водяного охлаждения интенсивность теплопередачи в конденсаторе определяется интенсивностью теплоотдачи при конденсации как существенно более низкой по сравнению с интенсивностью теплоотдачи к охлаждающей воде. Рассмотрим случай конденсации в межтрубном пространстве. При сравнительно большой длине продольно обтекаемых труб (1,5…2,0 м), расположенных в трубном пучке с малым шагом, процесс конденсации можно рассматривать, как конденсацию в каналах, образованных трубами, а не как конденсацию на пучке труб. В таком случае особенно резкое ухудшение интенсивности теплоотдачи происходит на завершающей стадии конденсации (при x = 0,2…0), когда конденсат занимает большую часть сечения канала, исключая его из процесса пленочной конденсации. Из-за относительно низкой по сравнению с пленочной конденсацией интенсивностью теплоотдачи к конденсату средняя по сечению канала интенсивность теплоотдачи оказывается намного меньше, чем на предшествующих участках каналов (при x = 0,2…1,0). Исключая эти концевые участки (с x = 0,2…0) путем перехода неполную конденсацию, можно существенно (на 20…40 %) увеличить среднюю плотность теплового потока в конденсаторе и соответственно сократить температурные напоры в нем, т.е. уменьшить $t_к$.

Уменьшение $t_к$ на 2…3 ºС позволяет существенно увеличить величины U и ζ (на 0,1…0,2). Работу с неполной конденсацией можно осуществить в двухступенчатом конденсаторе, в первой ступени которого имеет место неполная конденсация (при x = 0,2…1,0), а во второй – полная с переохлаждением конденсата.

Выводы

Предложен принцип работы теплообменных аппаратов ТЭХМ (испарителей и генераторов) с неполным испарением и инжекторной рециркуляцией конденсата. Интенсивная теплопередача и сокращение температурных напоров обеспечивают перегрев пара в генераторе и его отсутствие в испарителе, в результате чего повышаются коэффициенты эжекции и тепловые коэффициенты ТЭХМ.

Список литературы

1. **Уваров А. А. и др.** Судовые рыбомучные установки. – М.: Пищевая промышленность, 1980.
2. **Горбатюк В. И.** Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: Колос, 1999. — 335 с.
3. **Коновалов Д.В.** Энергетическая эффективность эжекторных холодильных машин, использующих теплоту выпарных аппаратов судовых рыбомучных установок // Техногенна безпека: Наукові праці. – Миколаїв: МДГУ ім. П. Могили, 2005. – Т. 43. – Вип. 30. – С. 93 – 97.

УДК 621.577

ЭЖЕКТОРНЫЕ ТЕПЛОУТИЛИЗИРУЮЩИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПАРА

Радченко Н.И., Коновалов Д.В.
Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова, Украина

Практически все крупные рыбопромысловые суда, плавбазы, плавучие консервные заводы оборудованы рыбомучными установками (РМУ), позволяющими перерабатывать отходы от разделки рыбы, а также малоценный в пищевом отношении прилов в кормовую муку [1]. Установка А1-ИЖР является типичной установкой блочной конструкции с прессово-сушильной схемой переработки сырья (рис. 1). Сырье из рыбцеха подается транспортером через рыборезку в сырьевой бункер, а из него − шнековым транспортером-дозатором с регулируемой скоростью в варильник.

Варильник представляет собой горизонтальный стальной цилиндр с рубашкой, обогреваемой паром. Внутри цилиндра на специальных опорах вращается полый вал ротора с закрепленными на нем лопатками и шнековыми пустотелыми витками. Вал и пустотелые витки также обогреваются паром.

Из варильника сваренная масса поступает в двухвинтовой пресс, с помощью которого отжимается жиросодержащий (подпрессовый) бульон. Жом направляется в сушильный аппарат, а бульон стекает в поддон пресса и насосом перекачивается в горизонтально-осадительную центрифугу для частичного отделения шлама. Шлам из центрифуги и концентрат из вакуум-выпарного аппарата подаются в сушильный аппарат.

Сушилка горизонтальная, цилиндрическая с рубашкой, обогреваемой паром, и вращающимся полым валом с конусообразными дисками (ротором). Подвод пара и отвод конденсата осуществляется через вращающийся полый вал. Сушка жома происходит при его контакте с неподвижными и подвижными теплопередающими поверхностями.

Образовавшиеся в процессе сушки пары удаляются из сушильного аппарата с помощью вентилятора. Захваченные потоком воздуха частицы муки осаждаются в циклоне.

Сушенка из сушильного аппарата выгружается на вибротранспортер и вместе с мучной пылью, периодически выгружаемой из циклона, подается в мельницу молоткового типа.

Металлические примеси задерживаются установленными перед мельницей постоянными магнитами. Вентилятором, вращающимся на одном валу с ротором мельницы, по системе пневмотранспорта мука подается из мельницы в циклон со шлюзовым затвором, через который она затем попадает в систему охлаждения. Система охлаждения предназначена для охлаждения муки после размола от температуры 60…80 °С до 20…25 °С. Охлаждение осуществляется при транспортировке муки путем непосредственного контакта с холодным воздухом. Из циклона мука выгружается на упаковку.

Очищенный от муки воздух через колонну на палубе выбрасывается в атмосферу: воздух от сушилки в одну половину колонны, от мельницы и воздухоохладителя – в другую.

Из горизонтально-осадительной центрифуги осветленный бульон насосом перекачивается в один из трех отсеков цистерны, откуда нагретый до 90…95 оС направляется в грязевой сепаратор. Отделенный в сепараторе жир с примесью бульона подогревается в другом отсеке цистерны и вместе с горячей морской водой подается в жировой сепаратор для окончательной очистки. Очищенный жир перекачивается насосом в жировой танк.

Из грязевого сепаратора обезжиренный бульон подается в третий отсек цистерны и затем нагретый до 85…90 °С перекачивается насосом в двухступенчатый вакуум-выпарной аппарат. С целью повышения пищевой ценности кормовой муки концентрат с содержанием плотных веществ 50 % после выпарного аппарата смешивается с жомом и направляется затем на сушилку. Полный технологический цикл, включая обработку подпрессового бульона, позволяет увеличить выход муки до 22 %. На судах типа "Антарктида" установлено по две рыбомучных установки А1-ИЖР.

Большинство РМУ используют в качестве теплоносителя водяной пар. Его потребителями в РМУ являются варильник, сушилка и выпарной аппарат, причем наиболее крупным − выпарной аппарат. Соответственно в нем имеют место самые большие потери тепла.

Наиболее распространенный тип выпарных аппаратов, используемых в РМУ, – прямоточный (теплоноситель и сырье движутся в одном направлении). Выпарные аппараты на рыбопромысловых судах, как правило, выполняются многокорпусными − с двумя или тремя ступенями [2]. Образующийся при выпаривании в одном аппарате вторичный пар используется в качестве греющего пара для второго аппарата, в котором выпаривание ведется при более низких давлении и температуре. Давление и температура кипения в каждом последующем аппарате всегда меньше, чем в предыдущем.

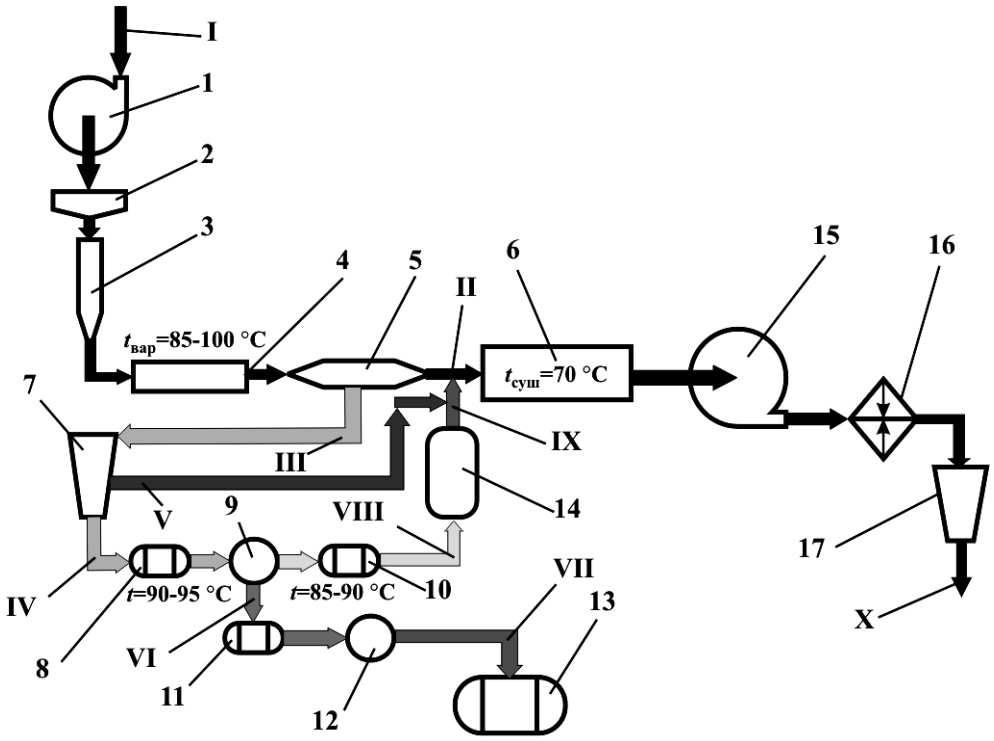


Рис.1. Технологическая блок-схема РМУ:

1 – рыборезка; 2 – сырьевой бункер; 3 – шнек-дозатор; 4 – варильник; 5 – двухвинтовой пресс; 6 – сушильный аппарат; 7 – осадительная центрифуга; 8, 10, 11 – цистерны для подогрева бульона; 9 – грязевой сепаратор; 12 – жировой сепаратор; 13 – жировой танк; 14 – выпарной аппарат; 15 – мельница; 16 – охладитель муки; 17 – циклон; I – сырье; II – жом; III – жиросодержащий бульон; IV – осветленный бульон; V – шлам; VI – жир с примесью бульона; VII – жир; VIII – обезжиренный бульон; IX – бульон концентрированный (45…50 %); X – готовая рыбная мука

Одним из основных вопросов проблемы пароснабжения РМУ является наличие большого количества "пролетного" пара, попадающего из РМУ в конденсатопровод из-за износа конденсатоотводчиков или при их отсутствии, и пара вторичного вскипания (вторичного пара), образующегося во второй ступени выпарного аппарата РМУ [3]. В первом случае теплота от пара отводится с охлаждающей забортной водой в холодильнике конденсата, во втором – пар конденсируется в конденсаторе смесительного типа при непосредственном контакте с морской водой и также сбрасывается за борт. В обоих случаях имеют место значительные потери, доходящие до 30…40 % потребляемой теплоты. В то же время на судах рыбопромыслового флота постоянно, особенно на промысле, ощущается дефицит пара. Таким образом, задача рационального потребления пара в судовых РМУ остается нерешенной.

Из-за низкого давления прямое использование как "пролетного" пара, так в особенности и пара вторичного вскипания с давлением ниже атмосферного, невозможно, поскольку давление технологического пара должно быть достаточным для преодоления гидравлического сопротивления теплообменников – его потребителей. Повышение теплового потенциала сбросного пара возможно в эжекторных теплоутилизирующих установках (ЭТУ).

Анализ эффективности применения ЭТУ для производства технологического пара выполнен на примере рыбомучной установки А1-ИЖР. Выпарной аппарат двухступенчатый: первая ступень работает под давлением, вторая – под вакуумом. Каждая ступень установки состоит из калоризатора и испарителя, соединенных между собой циркуляционными трубами. Основные технические характеристики выпарного аппарата РМУ А1-ИЖР следующие:

– производительность по выпаренной влаге – 1200 кг/ч;
– расход острого пара – не менее 1100 кг/ч;
– давление пара в калоризаторе I ступени – 0,5 МПА (температура 158 оС);
– давление пара в калоризаторе II ступени – не более 0,15 МПа;
– вакуум в испарителе II ступени – 0,04 МПа.

Показателем эффективности ЭТУ является коэффициент эжекции U, представляющий собой отношение расходов нерабочего − эжектируемого пара ("пролетного" пара или пара вторичного вскипания) и рабочего пара высокого давления (острого пара от котла) [4].

Расчет коэффициента эжекции производился для давления нерабочего пара − пара вторичного вскипания $P_н$ = 0,04 МПа (температура насыщения 75 °С), а во втором − давление смешанного потока $P_с$ = 0,5 МПа. В обоих случаях давление рабочего пара (острого пара от котла) было равным 0,7 МПа. Поджатие пара вторичного вскипания с давлением 0,04 МПа до давления выше атмосферного ($t_с$ > 100 ºС) в одноступенчатом эжекторе в принципе возможно, но коэффициенты эжекции при этом весьма низкие – 0,1…0,2. Соответственно и сокращение расхода острого пара за счет использования вторичного пара около 10 %.

Применение одноступенчатой эжекторной установки для получения технологического пара относительно высокого давления более эффективно в случае поджатия "пролетного" пара (пара сравнительно высокого давления из конденсатопровода после РМУ или других потребителей). Так, при поджатии "пролетного" пара давлением 0,43 МПа на 0,02 МПа коэффициент эжекции составляет примерно 0,5.

В двухступенчатом эжекторе до давления свыше атмосферного ($t_с$ > 100 ºС) уже можно поджать пар вторичного вскипания с более низким давлением 0,02 МПа (температурой насыщения 60 °С), что делает возможным его применение в прямоточной трехступенчатой РМУ. Эффект от замены одноступенчатого эжектора двухступенчатым оказывался значительнее в наиболее напряженном режиме работы – при давлении смешанного потока выше атмосферного (tc > 100 ºС). Соответственно сокращается вдвое (по сравнению с одноступенчатым эжектированием) потребление РМУ острого пара от котла. В диапазоне значений коэффициента эжекции двухступенчатого эжектора 0,1…0,3 он обеспечивал соответственно и более высокие (по сравнению с одноступенчатым) температуры смеси на выходе – примерно на 10 °С выше.

Вторичный пар, но уже давлением выше атмосферного, вполне можно использовать на технологические нужды, например в качестве теплоносителя для теплообменников − нагревателей воды.

Выводы

Использование низкопотенциальной теплоты в эжекторной установке для производства пара позволяет сократить потребление острого пара от котлов на 20…30 % и соответственно расход топлива на

его выработку, способствует защите окружающей среды благодаря снижению тепловых выбросов, выбросов CO и других продуктов сгорания, создающих парниковый эффект.

Список литература

1. **Уваров А. А. и др.** Судовые рыбомучные установки. – М.: Пищевая промышленность, 1980.
2. **Горбатюк В.И.** Процессы и аппараты пищевых производств. − М.: Колос, 1999. − 335 с.
3. **Радченко Н.И.** Повышение эффективности паропотребления на рыбоперерабатывающих судах // Судовые энергетические установки. – Одесса: ОГМА. – 1999. – Выпуск 4. – С.101 – 106.
4. **Соколов Е. Я., Зингер Н. М.** Струйные аппараты. − М.: Энергоатомиздат, 1970. − 288 с.

УДК 664.8

ПРИМЕНЕНИЕ АККУМУЛЯТОРОВ ХОЛОДА ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ МЕЛКИХ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКИХ РЫБ

Козонова Ю.А., к.т.н., доцент
Одесская национальная академия пищевых технологий

Промысел рыбы в Азово-Черноморском бассейне – важный источник сырьевой базы рыбной промышленности Украины.

Основной объект промысла – мелкие азово-черноморские рыбы, годовая добыча которых достигала 100 тыс. т и половина этого улова составляла килька черноморская (шпрот).

В отличие от океанического промысла, добыча рыбы в Азово-Черноморском бассейне требует меньших затрат.

Традиционным и самым распространенным способом тепловой обработки улова в Азово-Черноморском бассейне является охлаждение водным льдом в ящиках и в трюме судна.

Мелкие рыбодобывающие суде не оснащены льдогенераторами и необходимый запас водного льда загружается на борт судна перед уходом в рейс.

Теплообмен при охлаждении рыбы водным льдом идет не только благодаря контакту с последним и охлажденным воздухом, но и за счет образовавшейся талой воды.

Цель настоящей работы состояла в исследовании возможности использования традиционных аккумуляторов холода (АХ) для охлаждения и холодильного хранения пищевых продуктов, а также АХ в виде вкладышей на крышку, боковые стенки и дно тары, используемой на промысле.

Исследовалась возможность охлаждения с использованием АХ в виде вкладышей с теплоизоляцией (ТИ) для компенсации теплопритоков извне.

Длину и ширину АХ в виде вкладышей определяли с учетом геометрических размеров тары, используемой для охлаждения, а толщину – на основании теплофизических расчетов.

Исследования проводились на модельной ячейке, размеры которой пропорциональны размерам тары, используемой на промысле.

Термопары укрепляли в центре крышки, боковых стенок и дна, в центре объема охлаждаемой рыбы, между АХ, АХ и боковыми стенками.

Получены температурные графики охлаждения кильки черноморской с использованием традиционных АХ на воздухе, в холодильной камере при температуре воздуха, соответствующей температуре воздуха в трюме судна, с четырьмя АХ, а также с АХ в виде вкладышей и АХ в виде вкладышей с ТИ.

Анализ полученных данных позволил определить рациональное размещение традиционных АХ, продолжительность охлаждения при различных вариантах использования АХ, а также возможности его интенсификации за счет комбинирования различных АХ.

Вывод. Результаты исследований показали принципиальную возможность и целесообразность использования АХ при охлаждении мелких азово-черноморских рыб, а также определять рациональное размещение традиционных АХ в толще охлаждаемой рыбы и конструктивные размеры АХ в виде вкладышей.

УДК 621.57

ДВУХПОТОЧНАЯ С РЕЦИРКУЛЯЦИОННЫМ КОНТУРОМ СИСТЕМА ТРАНСФОРМАЦИИ ТЕПЛОТЫ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ ГАЗОВЫХ МОДУЛЕЙ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ В АБСОРБЦИОННОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЕ

Радченко А.Н., Остапенко А. В. ,
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, Украина

Газовые двигатели (ГД), работающие на природном газе и альтернативных газообразных топливах (биогаз и т.п.), находят все более широкое применение в установках автономного энергообеспечения [1–3]. Ведущие двигателестроительные фирмы выпускают их в виде когенерационных модулей – с штатными теплообменниками для получения горячей воды или водяного пара за счет использования теплоты выпускных газов, наддувочной газовоздушной смеси (ГВС), охлаждающей рубашку двигателя воды и смазочного масла [1, 2]. Когенерационные модули легко интегрируются в системы тепло- и хладоснабжения конкретных объектов, однако анализ энергетической эффективности таких тригенерационных систем показывает наличие потерь теплоты и обусловленную ими недовыработку холода из-за несоответствия условий эффективной работы абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины (АБХМ) и когенерационного газопоршневого модуля по температуре обратного теплоносителя (воды) после АБХМ и на входе в узлы охлаждения ГД.

Решение задачи повышения эффективности трансформации теплоты ГД в холод рассматривалось на примере тригенерационной установки автономного электро-, тепло- и холодообеспечения завода ООО "Сандора"–"Pepsico Ukraine" (г. Николаев, Украина). Тригенерационная установка включает 2 когенерационных газовых двигателя JMS 420 GS-N.LC GE Jenbacher (электрическая мощность одного ГД 1400 кВт, тепловая мощность 1500 кВт), Теплота горячей воды трансформируется абсорбционной бромистолитиевой холодильной машиной (АБХМ) AR-D500L2 Century в холод, который расходуется на технологические нужды и для работы центральных кондиционеров, обеспечивающих охлаждение воздуха в машинном отделении.

При температуре обратной (охлажденной) воды на выходе из АБХМ, например $t_{обр}$ = 75…80°С, т.е. выше ее спецификационного значения $t_{обр.сп}$ = 70°С на входе в теплообменники ГД, обеспечивающего надежное тепловое состояние ГД, часть обратной воды охлаждается в охладителе обратного теплоносителя (ОТН) с отводом избыточной теплоты в атмосферу градирней 2. Возвращать избыточную теплоту в АБХМ нецелесообразно из-за ее пониженного температурного уровня, $t_{обр}$ = 75…80°С, по сравнению с спецификационной температурой горячего теплоносителя на входе АБХМ: $t_{г.сп}$ = 90…95°С, поскольку понижение температуры горячего теплоносителя на входе АБХМ вызывает ухудшение эффективности трансформации тепла в холод – снижение теплового коэффициента ζ, представляющего собой отношение полученного холода к затратам тепла.

При этом потери теплоты обратного теплоносителя после АБХМ в атмосферу градирней 2 аварийного выброса из-за невозможности его подачи в узлы охлаждения ГД с температурой $t_г$ выше 70 °С весьма значительные и составляют примерно 30 % общего количества полученного тепла, что свидетельствует о наличии резервов совершенствования системы трансформации сбросной теплоты ГД в холод путем сокращения этих потерь.

Для решения поставленной задачи было предложено использовать двухпоточную систему утилизации сбросной теплоты ГД с дополнительным рециркуляционным контуром, схема которой представлена на рис.1.

Принцип такого решения состоит в том, что теплоноситель после АБХМ разделяют на два потока, один из которыхс базовым расходом G=123,8 м^3/ч направляют в охладитель обратного теплоносителя (ОТН), где от него отводят теплоту в контур градирни аварийного сброса в атмосферу, после чего охлажденный теплоноситель подают на охлаждение узлов ГПД, как и в существующем варианте, второй же поток неохлажденного обратного теплоносителя с дополнительным расходом 0,5G=61,9 м^3/ч направляют в обход ветки аварийного сброса, а также теплообменников охлаждения масла, рубашки ГПД, охладителя надувочного воздуха и подают непосредственно в утилизационный водогрейный котел УК.

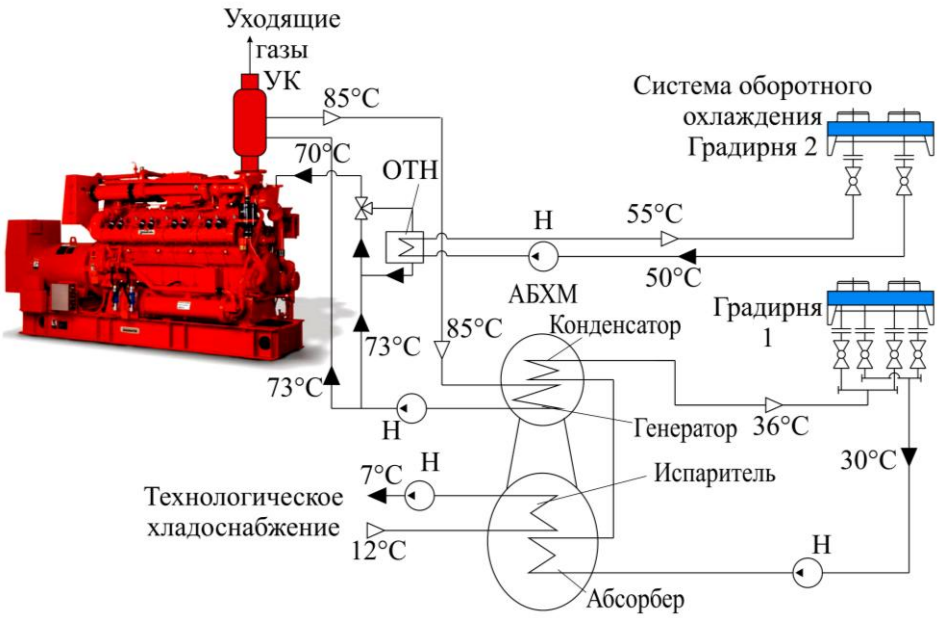


Рис. 1. Схема системы трансформации сбросной теплоты усовершенствованного когенерационного модуля ГПД JMS 420 GS с подводом к ГПД обратного теплоносителя двумя потоками с разными температурами: УК – утилизационный котел; ОТН – охладитель обратного теплоносителя; Н – насос; градирня 2 – аварийного сброса тепла

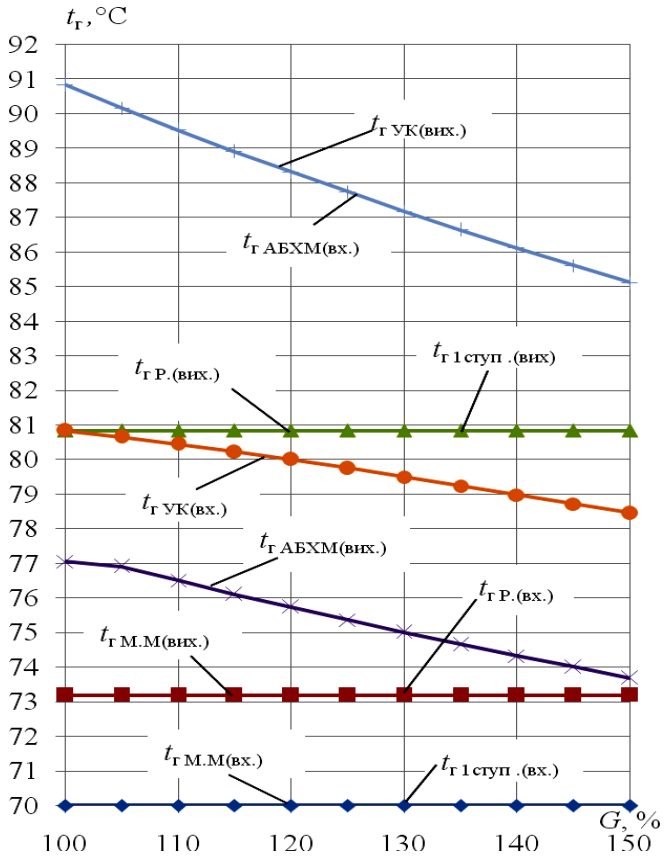


Рис. 2. Значения температур теплоносителя: $t_{г\ М.М(вх.)}$, $t_{г\ М.М(вих.)}$ – на входе и выходе охладителя машинного масла ГД; $t_{г\ 1ступ\ .(вх.)}$, $t_{г\ 1ступ\ .(вих)}$ – на входе и выходе 1-й ступени охладителя наддувочного воздуха; $t_{г\ Р.(вх.)}$, $t_{г\ Р.(вих.)}$ – на входе и выходе охладителя рубашки ГД; $t_{г\ УК(вх.)}$, $t_{г\ УК(вих.)}$ – на входе и выходе УК ГД; на входе, $t_{г\ АБХМ(вх.)}$, и выходе, $t_{г\ АБХМ(вих.)}$, из АБХМ для двухпоточной системы утилизации с дополнительным расходом во втором потоке

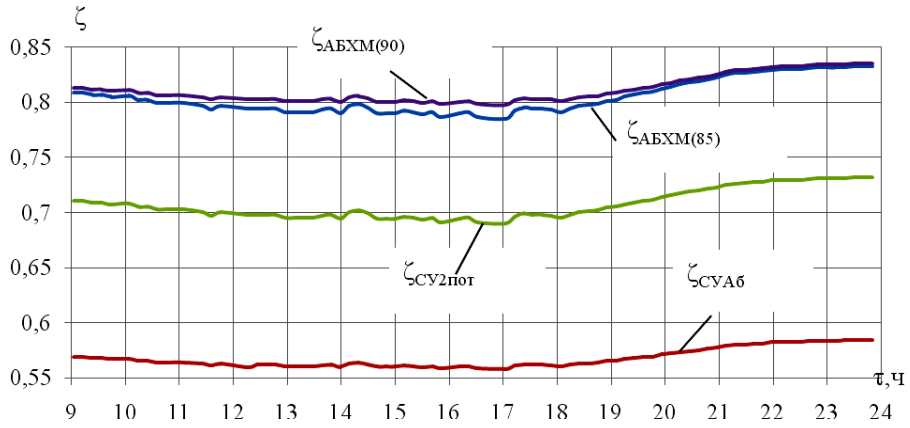


Рис. 3. Значения теплового коэффициента базовой системы утилизации с одной АБХМ $\zeta_{СУАб}$ и самой АБХМ $\zeta_{АБХМ(90)}$, двухпоточной системы утилизации с рециркуляционным контуром $\zeta_{СУ2пот}$ и самой АБХМ $\zeta_{АБХМ(80)}$ с использованием данных мониторинга

Такая система позволяет снизить температуру обратного теплоносителя до $t_{г.АБХМ(вых)}$=73°С по сравнению с базовым значением $t_{г.АБХМ(вых)}$=77°С (согласно графикам на рис. 2) и соответственно потери тепла в системе утилизации почти на половину. При этом холодопроизводительность увеличивается на 18%. Несмотря на то, что из-за снижения температуры на выходе до $t_{г.УК(вых.)}$=85°С по сравнению с базовой $t_{г.УК(вых.)}$=90°С (рис. 2) тепловой коэффициент АБХМ уменьшается на 6%, тепловой коэффициент системы утилизации все же возрастает с 0,55 до 0,7 за счет использования половины теряемого в базовом варианте количества тепла, т.е. почти на 20% (рис. 3).

Литература.

1. Economic utilization of Biomass and Municipal Waste for power generation. Some energy lasts for generations. – GE Jenbacher Company Overview. – June 13, 2007. – 39 p. 2. **Elsenbruch T.** Jenbacher gas engines a variety of efficient applications / T. Elsenbruch [статья]. – Bucureşti, October 28, 2010. – 73 p. 3. GTI Integrated Energy System for Buildings. Modular System Prototype/ G. Rouse, M. Czachorski, P. Bishop, J. Patel // GTI Project report 15357/65118: Gas Technology Institute (GTI). – January 2006. – 495 p.

УДК 621.438.13:621.57

УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛОТЫ ГАЗОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ ДВУХСТУПЕНЧАТОЙ АБСОРБЦИОННОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНОЙ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМ НАГРЕВОМ В ГАЗОВОМ КОТЛЕ

Остапенко А.В.,
Национальный университет кораблестроения имени адм. Макарова

В русле общемировой тенденции децентрализации энергоснабжения все большее распространение получают установки автономного энергообеспечения именуемых тригенерационными, в которых сбросная теплота приводных двигателей электрогенераторов трансформируется в холод теплоиспользующими холодильными машинами, а холод используется на технологические нужды и кондиционирования воздуха различных объектов. Особенно перспективным является применение для привода электрогенераторов газопоршневых двигателей (ГПД), выпускаемых в когенерационных исполнении – со штатными теплообменниками, в которых сбросная теплота отводится на нагрев воды (теплоносителя), теплота которого в свою очередь трансформируется в холод абсорбционной бромистолитиевой холодильной машиной (АБХМ). Особенностью данных установок является наличие не одного, а нескольких газовых двигателей, нескольких теплоиспользующих машин и бустерного газового котла, используемого в зимнее время когда наблюдаются провалы в выработке тепла от ГД. Такая особенность дает возможность плавно регулировать производство электроэнергии, тепла и холода путем отключения или включения в работу двигателей и абсорбционных машин. Термическое состояние ГПД обеспечивается поддержанием температуры обратного (охлажденного) теплоносителя на входе ГПД не выше 70 °С. В то же время эффективность трансформации теплоты в холод в АБХМ высокая при снижении температуры теплоносителя в АБХМ не более чем на 10...15 °С, то есть до 75...80 °С (при температуре теплоносителя на выходе из ГПД – на входе АБХМ 90 °С). Из-за противоречивых требований по эффективной работе ГПД и АБХМ по

температуре теплоносителя для поддержания температуры обратного теплоносителя на входе ГПД на безопасном уровне 70 °С он дополнительно охлаждается в градирне "аварийного сброса". При этом потери теплоты достигают 30%, в результате чего общий КПД (электрический и тепловой) снижается до 0,55 по сравнению с 0,8 при отсутствии тепловых потерь в установке.

Для решения поставленной задачи было предложено использовать ступенчатый принцип трансформации теплоты. Данный принцип основан на последовательной установке двух высоко- и низкотемпературных ступеней АБХМ и позволяет расширить диапазон трансформации теплоты по температуре горячего теплоносителя, тем самым исключить потребность в сбросе избыточного тепла в атмосферу в градирне аварийного сброса.

Кроме того для повышения эффективности второй, низкотемпературной АБХМ, предлагается задействовать газовый котел (ГК), который в зимнее время используется на теплофикационные нужды, а в теплое время года отключен. Схема предложенного варианта приведена на рис. 1.

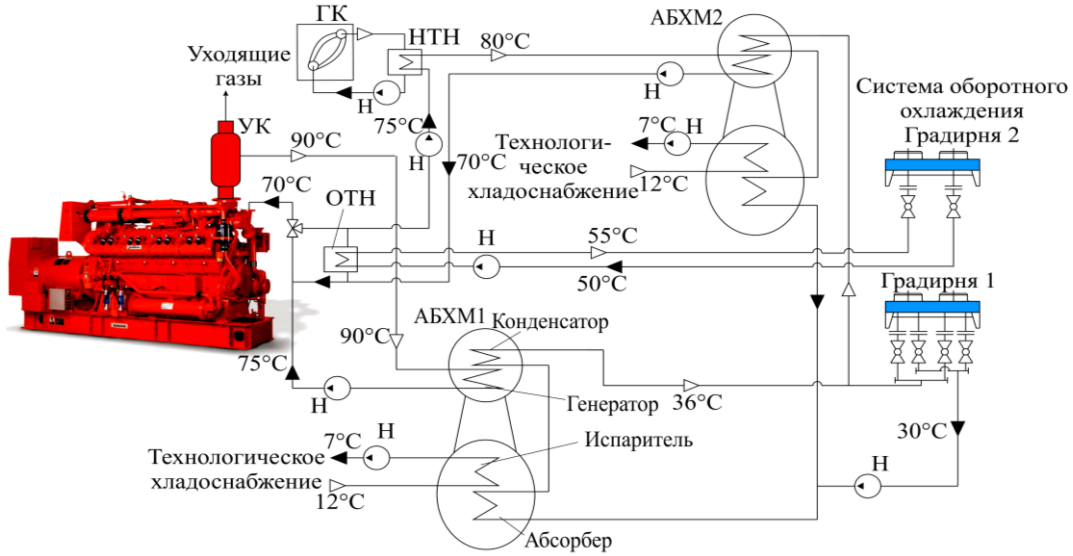


Рис. 1. Схема системы двухступенчатой трансформации сбросной теплоты ГД в двух АБХМ: УК – утилизационный котел; ОТН – охладитель обратного теплоносителя;

ГК – газовый котел; НТН – нагреватель теплоносителя; Н – насос; градирня 2 – аварийного сброса тепла

В итоге за счет промежуточного нагрева теплоносителя после первой АБХМ температура теплоносителя на входе в первую, высокотемпературную, ступень АБХМ и соответственно ее тепловой коэффициент остаются такими, как и в базовой схеме, $t_г$=90 °С и $\zeta_{АБХМ}$ = 0,8 соответственно, но перед входом во вторую АБХМ теплоноситель нагревается в ГК от температуры $t_г$=75 °С до $t_г$=80 °С и повысит тепловой коэффициент второй АБХМ с ζ=0,7 (при $t_г$=75 °С) до ζ=0,75 (при $t_г$=80 °С) что в свою очередь ведет к повышению ефективности работы всей системы утилизации (рис.2).

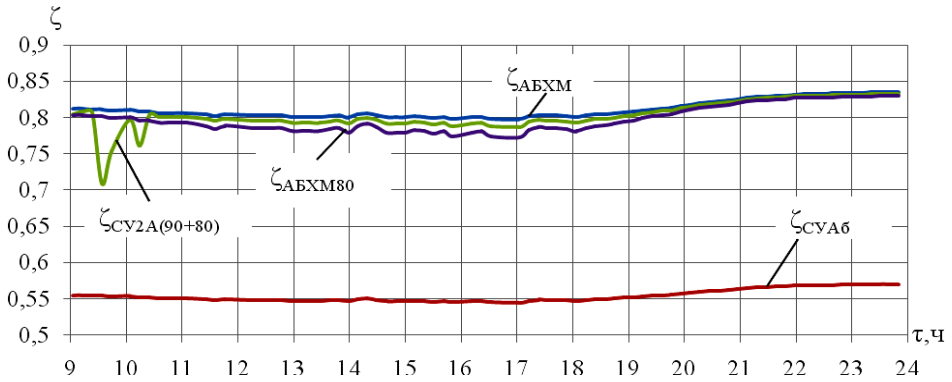


Рис. 2. Значения теплового коэффициента АБХМ первой ступени $\zeta_{АБХМ}$, базовой одноступенчатой системы утилизации с одной АБХМ $\zeta_{СУАб}$ и двухступенчаой системы с двумя АБХМ и бустерным газовым котлом $\zeta_{СУ2А(90+80)}$ и АБХМ второй ступени $\zeta_{АБХМ80}$ (при $t_г$ = 80 °С) с использованием данных мониторинга

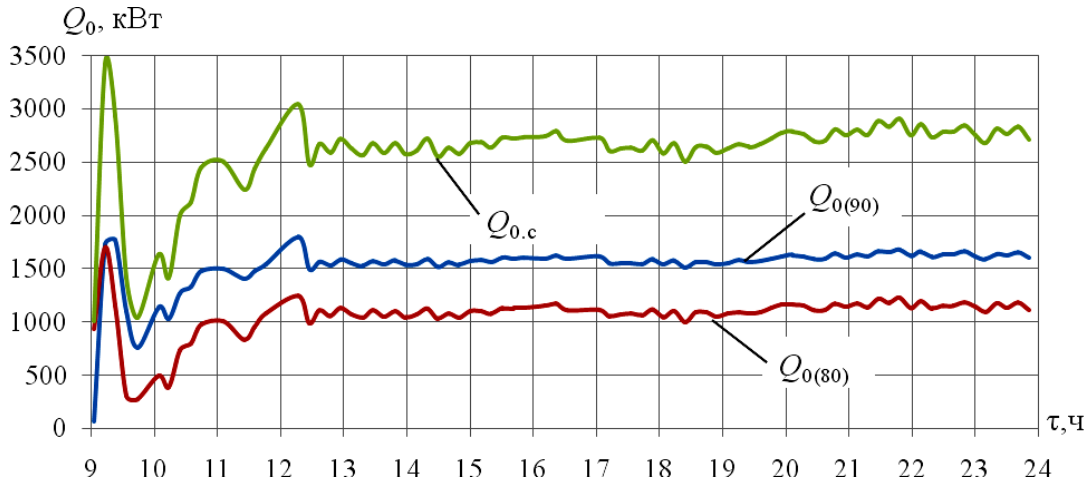


Рис. 3. Значения суммарной холодопроизводительности $Q_{0.c}$ двухступенчатой системы трансформации сбросной теплоты ГПД с бустерным газовым котлом и ее составляющих – АБХМ1 первой ступени $Q_{0(90)}$ ($t_г$ = 90 °С) и АБХМ2 второй ступени $Q_{0(80)}$ ($t_г$ = 80 °С) с использованием данных мониторинга в течении $9^{\underline{00}}$ – $24^{\underline{00}}$ (7.07.2011)

На рис. 3 представлены значения суммарной холодопроизводительности первой и второй АБХМ $Q_{0.c}$, а также холодопроизводительности отдельно высокотемпературной ступени АБХМ $Q_{0.(90)}$ и низкотемпературной $Q_{0.(80)}$

Хотя данная схема предполагает дополнительные затраты топлива на питание ГК, она дает значительный рост хладопроизводительности системы утилизации сбросного тепла ГПД. При оценке экономического эффекта от использования данного решения расчеты показали, что по сравнению с базовой системой утилизации предложенная схема дает возможность сэкономить в год почти 65 тысяч грн.

Информационные источники:

1. **Campanary, S.** Technical and tariff scenarios effect on microturbine trigenerative applications [Text] / S. Campanary, E. Macchi // ASME paper GT-2003-38275. – 10 p.

2. **Consonni S.** Optimization of Cogeneration Systems Operation – Part A: Prime Movers Modelization / S. Consonni, G. Lozza, E. Macchi // Proceedings of the ASME Cogen-Turbo Symposium. – Nice, France. –1989. – P. 313– 322

3. **Мартыновский В.С.** Циклы, схемы и характеристики термо-трансформаторов / В.С. Мартыновский // М.: Энергия, 1979. – 288 с

УДК 621.57

ОСОБЕННОСТИ СТУПЕНЧАТОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ПРИТОЧНОГО ВОЗДУХА МАШИННОГО ЗАЛА УСТАНОВКИ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Грич А.В., аспирант
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова

Характерной чертой установок автономного энергообеспечения технологических предприятий является наличие абсорбционной холодильной машины (АБХМ) – для трансформации сбросной теплоты двигателей в холод, и парокомпрессорной холодильной машины (ПКХМ) – для обеспечения холодом технологического производства. При этом в стандартных системах кондиционирования машинных отделений установок автономного энергообеспечения холод, получаемый от АБХМ используется для охлаждения приточного воздуха МО. Недостатком стандартных схем является сравнительно небольшая глубина охлаждения воздуха, ограниченная температурой хладоносителя АБХМ 7°С. Поэтому будет рациональным использование штатной ПКХМ для увеличения глубины охлаждения приточного воздуха, и повышения тем самым топливной эффективности газового двигателя (ГД). Но так технологический процесс является более приоритетным потребителем холода, применение ПКХМ для кондиционирования МО крайне лимитировано. Исходя из этого, есть необходимость наиболее рационально использовать холод, получаемый от ПКХМ.

С целью снижения температуры воздуха на входе в ГД до 10 °С, что обеспечивало бы сокращение удельного расхода газа и увеличение генерируемой электрической мощности, была разработана схема с двухступенчатым охлаждением приточного воздуха.

Особенностью данной схемы является то, что вместо одного штатного ВО кондиционера для охлаждения приточного воздуха используются два последовательно расположенных воздухоохладителя (рис. 1). При этом первый по ходу воздуха $ВО_1$ использует хладоноситель от АБХМ с температурой 7 °С, а второй $ВО_2$ – хладоноситель с температурой около 4°С от ПКХМ, то есть процесс охлаждения приточного воздуха осуществляется ступенчато.

Данная схема, как и предыдущая, предполагает использование дополнительной ПКХМ, но отличается тем, применяются отдельные контуры хладоносителя от АБХМ и ПКХМ. Так как первая ступень $ВО_1$ позволяет снизить тепловую нагрузку на вторую ступень $ВО_2$, то использование общего контура хладагента для ПКХМ и АБХМ становится не рациональным, потому что температура хладоносителя на выходе с $ВО_2$ практически равна температуре хладоносителя, получаемого на выходе АБХМ.

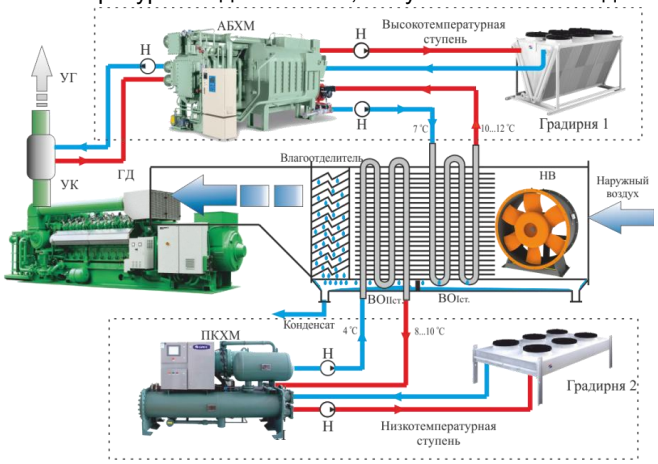


Рис.1. Схема двухступенчатого охлаждения воздуха на входе в ГД в АБХМ и ПКХМ

На рис. 2 представлены графики изменения температур в течении суток при использовании двухступенчатой системы охлаждения. Как видно, температура воздуха на выходе из первой ступени $ВО_1$ составляет $t_{ВО2.Iст}$= 13…18 °С, что равно температуре на выходе из ВО $t_{ВО2(35)}$ (при 35000 м^3/ч), так как расход воздуха в обоих случаях равен 35000 м^3/ч, при этом параметры воздухоохладителя, расход и температуры воды на входе $ВО_1$, охлаждаемой в АБХМ, также остаются без изменений. Стоит отметить значительные колебания температуры в первой ступени $ВО_1$: $\Delta t_{ВО2.Iст}=\Delta t_{ВО2.Iст.max} - \Delta t_{ВО2.Iст.min}\approx5$°С, обусловленные суточными изменениями температуры наружного воздуха $\Delta t_{НВ}=\Delta t_{НВ.max} - \Delta t_{НВ.min}\approx16$°С. Температура воздуха на выходе из $ВО_2$ $t_{ВО2.IIст}$= 9…11 °С, при этом её суточные колебания сравнительно не велики, что свидетельствует об относительно стабильной ее работе.

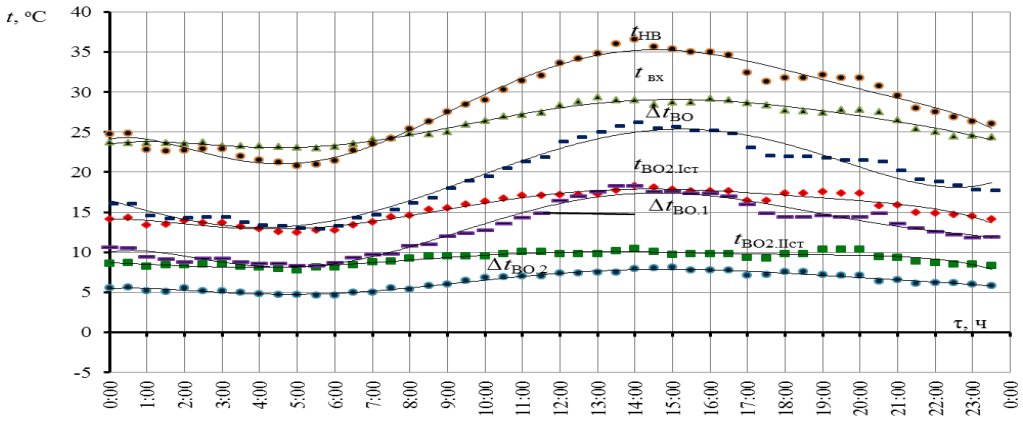


Рис. 2. Температуры наружного воздуха $t_{нв}$, на входе ТК ГД $t_{вх}$ при заборе воздуха из МО, на выходе из АБХМ первой ступени ВО $t_{ВО2\cdot Iст}$, снижение температуры воздуха в АБХМ первой ступени ВО $\Delta t_{ВО.1} = t_{нв} - t_{ВО2.Iст}$, на выходе из ПКХМ второй ступени ВО $t_{ВО2.IIст}$, снижение температуры воздуха в ПКХМ второй ступени ВО $\Delta t_{ВО.2}= t_{ВО2.Iст} - t_{ВО2.IIст}$, полная глубина охлаждения приточного воздуха в ВО $\Delta t_{ВО} = t_{нв} - t_{вых.ВО.2}$ в течении суток при расходе воздуха 35000 м^3/ч

Разница температур наружного воздуха и поверхности $ВО_1$ первой ступени значительно больше, чем разница температур на выходе $ВО_1$ первой ступени (входе $ВО_2$ второй ступени) и температуры поверхности $ВО_2$ второй ступени, поэтому глубина охлаждения $\Delta t_{ВО.1}$=8…18 °С значительно больше глубины охлаждения $\Delta t_{ВО.2}$=4…8 °С.

На рис.3 представлены графики изменения хладопроизводительности двухступенчатой системы охлаждения приточного воздуха. Тепловая нагрузка на первую ступень $ВО_1$ $Q_{0.Iст} = G_в \cdot c_в \cdot \xi_{Iст} \cdot (t_{нв} - t_{ВО2.Iст})$ практически равна $Q_{0.(35)}$, так как параметры наружного воздуха, его расход, температура хладоносителя и поверхность ВО остаются без изменения.

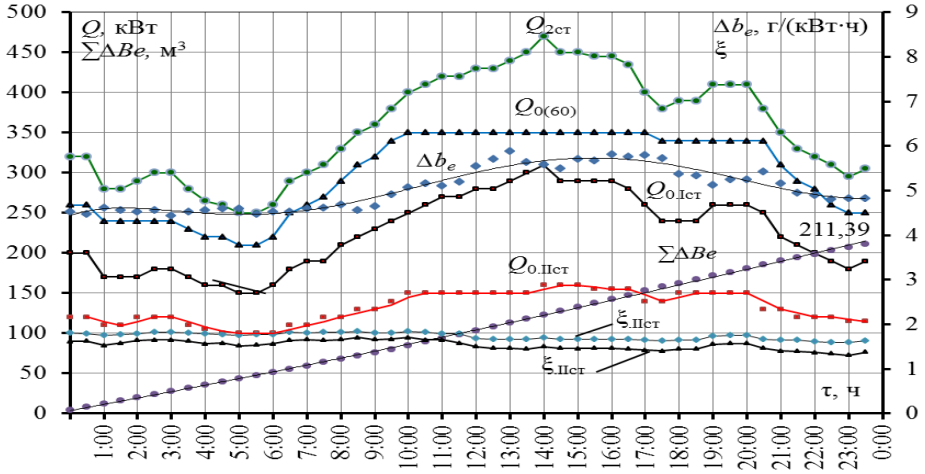


Рис. 3. Изменение холодопроизводительности первой ступени ВО $Q_{0.Iст}$, второй ступени ступени ВО $Q_{0.IIст}$, суммарная хладопроизводительность ВО $Q_{0.ВО}$: Δb_e – сокращение удельного расхода топлива г/(кВт·ч), $\sum \Delta Be$ – суточная экономия природного газа, м^3, $\xi_{Iст.}$ – коэффициент влаговыпадения первой ступени, $\xi_{IIст.}$ – коэффициент влаговыпадения второй ступени

Из графика видно, что тепловая нагрузка на $ВО_1$ первой ступени $Q_{0.Iст}$ значительно превышает значения тепловой нагрузки $ВО_2$ второй ступени $Q_{0.IIст}$, что объясняется большей глубиной охлаждения в $ВО_1$ первой ступени $\Delta t_{ВО.1}$ и высоким влагосодержанием наружного воздуха в дневное время. При этом в более холодное время, нагрузка на первую ступень будет снижаться вплоть до ее полного отключения

Список использованной литературы:

1. **Радченко Р.Н., Грич А.В.** Двухступенчатое охлаждение приточного воздуха газовых двигателей тригенерационной установки [Текст] / Р.Н. Радченко, А.В. Грич // Авиационно-космическая техника и технология. –2014. – № 6. – С. 103–107.

2. **Радченко, А. Н.** Согласование работы когенерационного модуля газового двигателя и абсорбционного термотрансформатора [Текст] / А. Н. Радченко, А. В. Коновалов, Л. А. Остапенко // Газотурбинные технологии: Рыбинск, Россия. – 2013. – № 4 (115). – С. 30–33.

3. **Радченко, Н.И.** Ступенчатое кондиционирование воздуха на входе рекуперативных ГТД утилизацией теплоты выпускных газов. [Текст] / Н.И. Радченко, С.А. Кантор, Рамзи Єл Герби // Авиационно-космическая техника и технология. – 2014. – № 3 (110). – С. 86–90.

4. **Рыжков С.С., Радченко А.Н., Фордуй С.Г., Радченко Н.И.** Повышение эффективности тригенерационных установок автономного энерго-, тепло- и холодоснабжения // Холод в енергетиці і на транспорті: сучасні проблеми кондиціонування та рефрижерації: Матеріали II м.-н. н.-т. конф. – Миколаїв: НУК, 2013. Частина 1 – С. 257–264.

УДК 658:621.798.006.5

ЛОГИСТИКА В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Чабаров В.А.,
Одесская национальная академия пищевых технологий

Ведущие мировые компании – переработчики сельхозсырья усиленно сокращают время простоя своих производительных мощностей, и логистика для них становится все более приоритетной задачачей.

Существенное влияние на теорию и практику управления запасами и грузопотоками оказал метод работы японских фирм – поставка «точно в срок» (just in «time production») или система «Канбан», которая позволяет минимизировать длительность производственного цикла, а межоперационные запасы сократить до минимально возможных пределов. Система «Канбан» работает по принципу прямого пополнения запаса. Преимущество ее в том, что поставка сырья и материалов связана с их реальной переработкой и не приводит к значительным затратам на содержание складских запасов. Организация поставки, таким образом, исходных материалов в производство и готовой продукции со складов заказчикам дает экономию до 10% от их общих затрат.

В настоящее время из-за недоиспользования мощностей пищевой индустрии и несвоевременной переработки сырья теряется от 15% получаемого урожая. В то же время современный уровень бизнеса предъявляет все более жесткие требования к эффективности всей цепочки переработки сельскохозяйственной продукции – от производителя до предприятий розничной торговли. Эти проблемы обычно решаются на уровне создания и реализации различных логистических схем для предприятий – производителей и торговли. Существующая логистическая схема потоков грузов при производстве и реализации пищевых продуктов представлена на рис. 1.

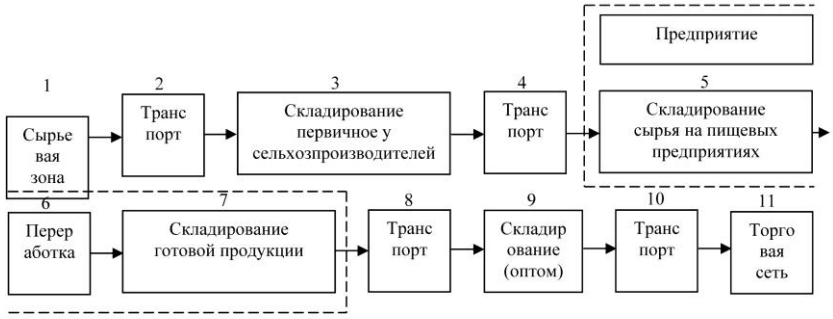


Рис. 1 – Логистика потоков грузов при производстве и реализации пищевых продуктов

В схеме есть четыре транспортных и четыре складских элемента. Возникает задача синхронизации грузопотоков. Готовность элементов 5,6 к приему сырья от сельхозпроизводителя предварительно требует решения ряда вопросов (планирование, заключение договоров, увязка грузопотоков с учетом емкости складов 5 и возможностей переработки 6). Необходимо оперативное управление грузопотоками, связанное с характеристиками элементов 5,6,7 (заполнение емкости склада 7 блокирует производство 6, влечет возникновение очереди в элементе 4 и, следовательно, нарушает работу элементов 2,3). На рис. 2 представлена модель пищевого предприятия.

Склады пищевых предприятий работают в условиях неравномерных нагрузок, когда к их приемным и отпускным экспедициям за определенный промежуток времени прибывает различное число транспортных средств, подлежащих обслуживанию. В этом случае обеспечить нормативное время обслуживания транспортных средств, особенно железнодорожных вагонов, трейлеров, возможно только при наличии резервных мощностей (дополнительных механизмов) в экспедициях складов.

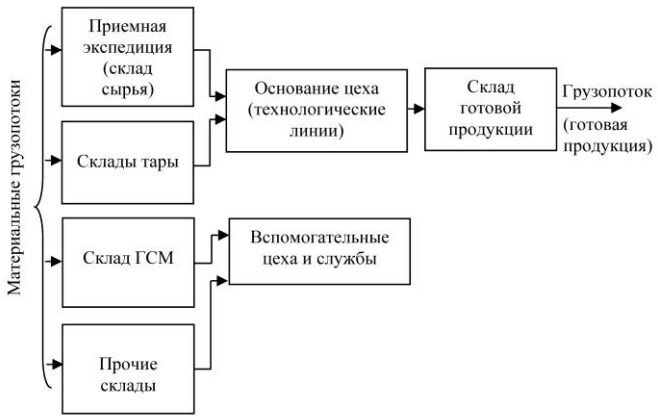


Рис. 2 – Модель пищевого предприятия

В общем виде задача проектирования поточно-транспортной системы (ПТС) склада может быть сформулирована следующим образом. Пусть на приемную экспедицию (ПЭ) воздействует вероятностный поток транспортных средств с грузами i-го типа с интенсивностью λ_i^1, а на отпускную экспедицию (ОЭ) – поток требований на отпуск грузов потребителям с интенсивностью λ_i^u. Нужно определить

производительность фаз грузообработки μ_1, μ_2,… μ_m и величины емкостей V_1, $V_{2,...}$ V_{m-1} между фазами. Исходя из необходимости минимизации затрат на построение и эксплуатацию склада, запишем

$$П_j = П_{тj} + Э_j + К_j \rightarrow min$$

при ограничении

$$\rho ij = \frac{\lambda i}{\mu j} \le 1, \quad \frac{i = 1,2,...,n;}{j = 1,2,...,m,}$$

где Птj - издержки из-за простоя транспорта перед экспедициями склада при j-м варианте системы;

Эj, Кj - соответственно текущие затраты и инвестиции в j-й вариант складской системы;

ρij – нагрузка складской системы j-го вида.

Затраты Птj = …F(μj, Vj) определялись методом имитационного моделирования. Особое внимание уделялось варьированию объемом V_1 (принцип первой емкости). Значение данной емкости заключается в сглаживании неравномерности поступления заявок и неритмичности их обслуживания. Результаты исследования показали, что для обеспечения нормативного времени обслуживания транспортных средств перед ПЭ (ОЭ) необходимо управлять либо входными потоками, регулируя величину λ, либо производительностью ПТС склада путем варьирования заложенной еще на этапе проектирования резервной мощностью $\mu_р$. Можно также осуществлять комбинированное управление. Критерием качества обслуживания являются интегральные (коэффициенты загрузки и простоя оборудования) и экстремальные показатели функционирования складского комплекса (количество заявок, обслуженное за сверхнормативное время, и количество заявок N, превысивших нормативное значение длины очереди Lн) рис. 3.

Пороговое значение длины очереди, при котором осуществляется увеличение пропускной способности поточно-транспортной системы, определяется следующим образом:

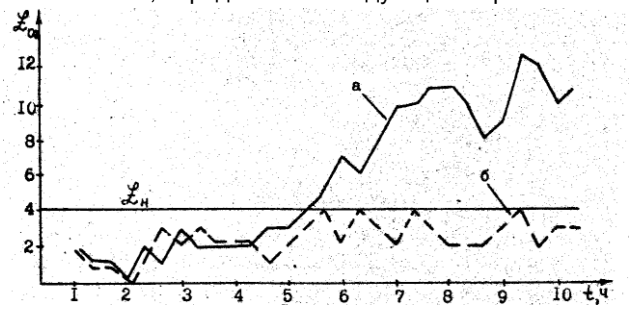


Рис. 3 – Динамика очереди транспортных средств перед экспедициями склада при отсутствии (а) и наличии дополнительных каналов ПТС (б) в течение смены;

$$L_{o\div}^{ii\partial} = L_i + 1,$$

т.е. при повышении нормативной величины очереди $L_н$ на единицу.

Величину $L_н$ найдем по формуле

$L_н = \lambda \cdot t_н \cdot K_o,$

где tн – время обслуживания, определяемое существующими нормами времени простоя автомашин под погрузочно-разгрузочными операциями [2];

Ко – количество основных каналов обслуживания.

Управление производительностью ПТС склада может производиться как с использованием средств вычислительной техники, так и в ручном режиме. Примером ручного управления служит метод номограмм, предусматривающий увеличение перерабатывающей мощности ПТС на основе прогнозирования величин интенсивностей суточных грузопотоков.

С целью реализации приведенных принципов проектирования ПТС при моделировании работы транспортно-складского комплекса коллективного пользования для перерабатывающих предприятий АПК использован пакет программ. Комплекс ориентирован на широкий круг пользователей, не являющихся специалистами в области программирования. Это достигается за счет применения в качестве входного языка некоторой стандартной формы описания элементов СМО.

Разработаны алгоритмы оптимального управления производительностью оборудования приемно-отпускных экспедиций складов с учетом резервной мощности ПТС. С целью нахождения экстремальных показателей, характеризующих качество функционирования ПТС склада, разработан комплекс программ, который дополнительно позволяет установить в динамике количество действующих каналов обслуживания, моменты времени подключения в к обработке грузов резервной производительности ПТС, длины очередей перед фазами и другие показатели.

Как показатели данные имитационных экспериментов реальных грузопотоков, динамика транспортных средств перед экспедициями склада при отсутствии дополнительных каналов (μρ=0) (а) характеризуется тенденцией Lоч к росту (см. рис.3). При подключении к обслуживанию заявок резервной

мощности ПТС очередь Lоч стабилизируется (б) и соблюдается условие $t_{обс} \leq t_н$ ($t_{обс}$ – фактическое время обслуживания). Прямая (в) характеризует уровень нормативной очереди Lн при заданных значениях λ и μ.

Алгоритмы оперативного управления ПТС используются при расчете системы механизации ПРТС-работ центрального склада-холодильника Московского жиркомбината. Пакет программ моделирования складов как систем управления передан Харьковскому НПО «Карбонат" и используется при проектировании складов содовых производств.

Выводы Исходя из поставленных целей управления, при проектировании складской ПТС следует:

1. Первую фазу ПТС строить как управляемую, т.е. при проектировании предусматривать резервную производительность (в виде резервных каналов – расширенных погрузочно-разгрузочных фронтов с соответствующим оборудованием (погрузчиками, кранами-штабелерами, конвейерами и т.д.) или варьируемой производительностью μ каждого канала при их минимальном общем числе)).

2. Для предотвращения блокировки первой фазы непосредственно после нее предусматривать накопительную емкость.

3. Производительность и возможность управления в последующих фазах корректировать с величиной первой и последующих накопительных емкостей [1].

Проведенные исследования свидетельствуют, что проектирование складских комплексов как систем управления позволяет при вероятностном характере грузопотоков практически обеспечить нормативное время обслуживания транспортных средств и на 15-20% сократить издержки от их простоя в очереди перед премно-отпускными экспедициями в ожидании обработки и непосредственно на обслуживании.

Литература

Жуковский Э.И., Скорописов Ю.И. Совершенствование складских систем. –К.: Техніка, 1984. – 142 с.

Жуковский Э.И., Чабаров В.А. Комплексная механизация и автоматизация складского хозяйства. –К.: Техніка, 1993. – 120 с.

УДК 621.564/25:551.510.534

ПЕРСПЕКТИВЫ СПГ НА МИРОВОМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ РЫНКЕ

Артюх В.Н., магистр, Дьяченко Т.В., к.т.н., докторант

Запасы нефти истощаются. По прогнозам ее хватит на 20…30 лет, а природный газ – более, чем на 100 лет. По прогнозам специалистов доля газа на мировом энергетическом рынке к 2020 г. составит 45…50 % (4 трлн. м^3) [1, 2].

Потребление СПГ ежегодно увеличивается на 10 %. Сегодня доля природного газа в мировой энергетике составляет одну треть от общего объема производства энергии (2,5 трлн. м^3). Из них для международной торговли добывают 624…650 млрд. м^3 газа, 27 % из которых подается в сжиженном виде.

По прогнозам международного газового союза до 2030 г. развитие индустрии сжиженного природного газа (СПГ) достигнет такого же уровня мобильного топлива, как и нефть. При этом стоимость системы доставки СПГ потребителю будет снижаться (рис. 1).

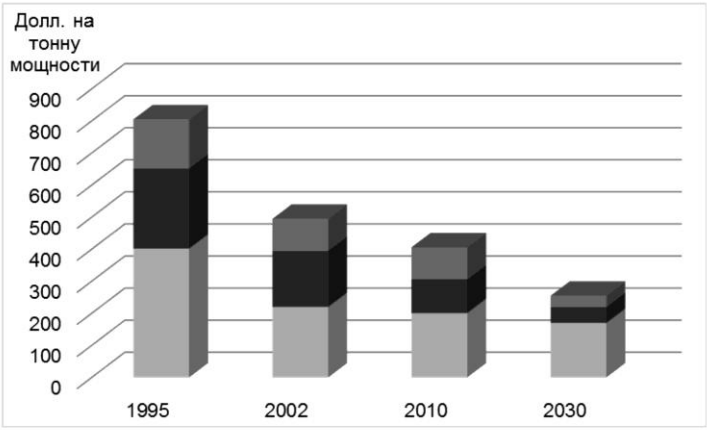


Рис. 1. Структура стоимости СПГ:

– сжижение; – морская перевозка; – регазификация

Список литературы

1. **Кириллов Н.Г.** Сжиженный природный газ: анализ и перспективы отечественного производства / Н.Г. Кирилллов, А.Н. Лазарев, Ю.Н. Ярыгин и др. – [Электронный ресурс]: www.dasohimia.ru
2. **Лавренченко Г.К.** Сжиженный природный газ: перспективы производства и использования / Г.К. Лавренченко // Технические газы. – 2014. – № 3. – С. 3-10.

УДК 620.92:620.952

ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ СИПКОГО БІОПАЛИВА

Волчок В.О., Бордун Т.В.,
Одеська національна академія харчових технологій

Останнім часом багато країн світу намагаються зекономити на паливі, впроваджуючи альтернативні види пального, що спонукало бурхливе виробництво та використання біопалива. Для України це може розглядатись сьогодні як невід'ємна складова зменшення залежності держави від імпорту нафти і газу з інших країн світу. Окремо це стосується палива, яке використовується для отримання теплоти при його згорянні [1].

На базі аналітичного огляду літературних і патентних джерел сформульована мета роботи, яка полягає у експериментальному визначенні фізичних і теплофізичних властивостей (ТФВ) сипкого біопалива. На основі отриманих результатів досліджень стає можливим розробка технології виробництва твердого біопалива в вигляді гранул і брикетів з побічних продуктів переробки сільськогосподарської сировини. Відповідно до мети роботи та на підставі аналізу науково-технічної літератури були встановлені основні напрямки, що дозволили реалізувати кінцеву мету досліджень, а також визначити основні методологічні підходи і послідовність проведення експериментів.

Відповідно до методології системного підходу насамперед були проведені аналітичні дослідження, які дозволили визначити науково-методичні основи проведення дослідження, вибрати об'єкт, предмет і експериментальну базу, методи та загальну методику дослідження, визначити послідовність ключових етапів вирішення поставлених задач [2].

При визначенні ТФВ сипких матеріалів суттєвий вплив надає наявність газової фази, яка заповнює простір між твердими частинами. Зміна густини біопалива під зміни температури буде мати вплив на результати досліджень. Тому необхідна наявність даних насипної маси сипкого матеріалу, яка підвищить точність досліджень.

Експериментальна частина роботи була виконана в лабораторних умовах кафедр: технології комбікормів і біопалива та теплоенергетики і трубопровідного транспорту енергоносіїв Одеської національної академії харчових технологій.

У процесі дослідження використано комплекс загальноприйнятих, стандартних і оригінальних методів визначення фізичних, хімічних та теплофізичних показників сировини, які в сукупності забезпечили виконання поставлених задач.

Для реалізації поставлених задач була створена експериментальна установка на основі а-калориметра, принцип дії якої засновані на теорії регулярного режиму.

Метод монотонного теплового режиму ґрунтується на закономірностях наближеного аналізу нелінійного рівняння теплопровідності та дозволяє з одного досліду отримати температурну залежність досліджуваного параметра у всьому інтервалі нагрівання.

Практичний інтерес до теплофізичних вимірів в монотонному режимі з'явився як результат природного прагнення дослідників спростити технічну реалізацію квазістаціонарних методів і використовувати їх для вивчення температурної залежності теплофізичних коефіцієнтів матеріалів в широкому діапазоні зміни температури, усунувши умовні передумови про постійність досліджуваних величин [3].

При проведенні досліджень експериментальні досліди було розділено на три групи: фізичні, хімічні та теплофізичні.

Фізичні методи досліджень були застосовані з метою отримання показників масової частки вологи у біопаливі, об`ємної маси, кута природного укосу, сипкості та стирання сипкої маси.

Хімічні методи досліджень полягали в експериментальному визначенні кількості золи у біопаливі. При спалюванні вуглець, водень, азот і частково кисень випаровуються і залишаються лише нелеткі оксиди. Зміст і склад зольних елементів рослин залежать від видової приналежності, росту і розвитку рослин і особливо від ґрунтово-кліматичних та агротехнічних умов їх вирощування.

Визначення золи засноване на спалюванні матеріалу і наступному кількісному визначенні залишку. Для обчислення відсотка золи із загальної маси золи віднімають внесену кількість магнію або кальцію в перерахунку на їх окис. Титр цих розчинів встановлюють ваговим методом.

Метод визначення коефіцієнта температуропровідності твердого тіла, в даному випадку – сипкого матеріалу, розміщеного в а-калориметрі, складається із охолодження його середовищі з постійною температурою, при цьому повинна виконуватись умова: коефіцієнт тепловіддачі $\alpha \to \infty$, що відповідає критерію Біо.

Остання обставина забезпечує рівність температур рідини і а-калориметра на його межах, що може бути реалізовано при охолодженні а-калориметра у воді.

Для складених тіл оболонка – сипкий матеріал коефіцієнт температуропровідності визначається з урахуванням поправки на оболонку.

В дослідженнях реалізується процес охолодження сипкого матеріалу в стадії регулярного режиму. Його засипають в а – калориметр і нагрівають в сушильній шафі до температури 60…70 ^{0}С. Потім розміщують в калориметр один зі спаїв термопари, в той час як інший її спай знаходиться в воді термостата, підключають термопару до нановольтамперметру та опускають калориметр в термостат.

Коефіцієнт тепловіддачі від сипкого матеріалу визначають за допомогою двоскладного а – калориметра. Двоскладний калориметр складається із оболонки матеріалу з високою теплопровідністю (мідь, латунь, алюміній) та ядра із порівняно низькою теплопровідністю (пісок, тирса, зерно, плівки).

За даними експериментів будують графік залежності безрозмірної температури від часу $\ln \Theta = f(\tau)$, вибірається прямолінійна ділянка кривої, числові значення початку і кінця якої, використані для визначення темпу охолодження та коефіцієнту теплопровідності. Експериментальні дані темпу охолодження опитних зразків у різних середовищах наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 Темп охолодження опитних зразків у рідині та в газі

	m_{α}, 1/с	$m_{\alpha, \lambda}$, 1/с
Лушпиння соняшнику	0,0043	0,00070
Качани кукурудзи	0,0037	0,00048
Овес	0,0070	0,00066
Солома	0,0087	0,00078
Дерев`яна тирса	0,0053	0,00059
Відходи очищення соняшника	0,0051	0,00072

За результатами проведених експериментів були отримані статистичні результати та зроблені наступні висновки:

1. Використання біопалива на основі побічних продуктів переробки сільськогосподарської сировини – важливе питання енергетичної безпеки за зростаючих світових цін на енергоресурси.
2. Необхідно мати достатньо великий обсяг інформації о фізичних та ТФВ біопалива.
3. Суттєвий вплив при визначенні ТФВ сипких матеріалів надає наявність газової фази.
4. Проведено дослідження наявності у сипкому біопаливі вологи та золи.
5. Експериментально визначені дані темпу охолодження опитних зразків у різних середовищах.

Список літератури

1. **Калетнік Г. М.** Енергозабезпечення України та можливості задіяння потенційних джерел відтворювальної енергії // Вісник аграрної науки. – 2008. – № 10. – С. 52-55.

2. **Вилков Л.В.** Физические методы исследования в химии. Структурные методы и оптическая спектроскопия [Текст] / Л.В. Вилков, Ю.А. Пентин - М.: Высш. шк., 2003. - 366 с.

3. **Исаченко В.П.** Теплопередача [Текст] / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С.Сукомел. – М.: Энергия, 1975. – 424 с.

УДК 66-9: 66-011

ПРОГНОЗУВАННЯ ДИНАМІКИ РУХУ СИПКОГО МАТЕРІАЛУ У ВІБРОКИПЛЯЧОМУ ШАРІ

Русанов Сергій Аркадійович, Луняка Клара Василівна, Самохвалов Віктор Сергійович

Динаміка шару сипкого матеріалу, що знаходиться під дією вібрації на нахилених поверхнях, є достатньо складною задачею, для якої хоча й існують наближенні інженерні методи розрахунку, але вони не мають достатньої для більшості застосувань точності. Окрім того, інженерні методи прогнозування мають

обмежений діапазон застосування, в досить вузькій смузі кутів вібрації, інтенсивності вібраційного спонукання та багатьох інших факторів [1]. Методики розрахунків, що основуються на наближені руху шару як руху поодиноких частинок на сьогодні можна вважати єдиною аналітично вирішеною проблемою в цій галузі, – прогнозування параметрів руху для різноманітних режимів можна проводити за допомогою існуючих аналітичних залежностей, табульованих даних та ін. [2]. Для щільних шарів матеріалів, де на перший план виходять внутрішні напруги, зчеплення частинок, фільтрація газу крізь, де існує суттєвий вплив граничних та початкових умов – на перший план виходять методи застосування систем автоматизованого моделювання. Крім того поведінка частинок в шару буде суттєво залежна від параметрів вібрації – при низькій вібраційній інтенсивності шар знаходиться в стані віброзрідження, при подальшому збільшенні вібраційних впливів шар переходить у стан віброкипіння [1,2]. Гідродинаміка шарів у вказаних станах різко відрізняється [3].

В роботах [4,5] була розвинута математична модель, у відповідності до якої віброшар сипкого матеріалу представлено як суцільне середовища з особливою реологією (обумовленою наявністю фільтруючого середовища, за більшості випадків – газу), в якому, за рахунок підведеної зовнішньої вібрації, поширюються нелінійні хвилі деформації. За допомогою цієї моделі було вирішено багато характерних задач віброкипіння, отримані результати, що відображають деякі особливості, властиві тільки віброшарам [6]. На основі вказаної моделі було розроблено систему автоматизованого моделювання гідродинаміки віброшарів «Виброслой» (на сьогодні існує декілька оновлених версій програми) [7]. У вказаній програмі проводилися моделювання багатьох задач віброкипіння, в тому числі і зазначених вище. Вирішувалась задача взаємодії віброшару з несучими поверхнями, було показано, що віброкиплячий шар із позицій віброреології відноситься до псевдопластичних рідин [8]. На рис. 1. показані результати співставлення даних по руху піску, що отримані за допомогою розрахунку в середовищі створеної системи, з відомими [2] експериментальними даними.

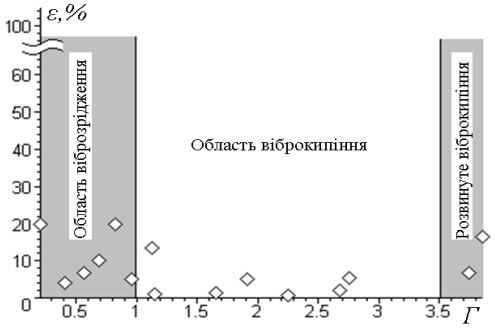


Рис. 1. Відносні похибки результатів моделювання руху еталонного матеріалу в програмі «Виброслой» в залежності від параметру перевантаження.

Задовільні для технічних потреб результати отримані для усього діапазону параметру перевантаження [1] (що характеризує інтенсивність вібровпливів), тобто як для стану віброкипіння, так і для стану віброрідження. Треба вказати, що транспортування матеріалу з подібними вхідними параметрами зустрічається для багатьох вібраційних транспортуючих пристроїв, тому вирішення такої задачі має значну актуальність.

Система «Виброслой» дозволяє також врахувати проблему взаємодії вібраційних шарів з несучими вібруючими поверхнями. Значні динамічні навантаження, ударні у випадку розвиненого віброкипіння, можуть вплинути на форму коливань несучої поверхні, проявляючи при цьому ефект зворотнього зв'язку з вібруючим шаром. Система «Виброслой» останньої версії має можливість враховувати пружність несучих елементів вібруючих поверхонь і розраховувати поведінку шарів зі зворотнім зв'язком (рис. 2).

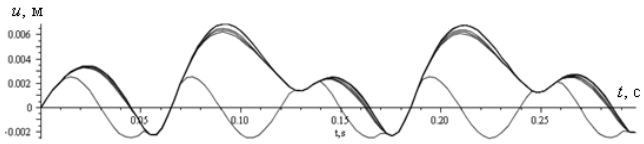


Рис. 2. Динаміка шару з врахуванням відклику несучої поверхні (вертикальні переміщення шару та платформи).

З рис. 2 видно, що відклик поверхні значно впливає на подальшу поведінку шару, форма руху якого починає суттєво відрізнятися від форми «зрізаного синусу», при цьому знижуються за модулем пікові значення стискаючих напруг. Відклик поверхні в цьому випадку розраховується за рівнянням:

$$\mathbf{M\ddot{u}} + [\Lambda]\mathbf{\dot{u}} + [C]\mathbf{u} = \boldsymbol{\sigma}(t)\mathbf{n}_{\text{п}}S_{\text{к}} + \mathbf{\dot{p}} \ ,$$

де M – маса платформи, $[\Lambda]$, $[C]$ – матриці коефіцієнтів демпфування та жорсткостей, $\boldsymbol{\sigma}(t)$ – тензор контактних напруг, $\mathbf{n}_п$ – нормаль до контактної поверхні, $S_к$ – площа поверхні контакту, $\dot{\mathbf{p}}$ – потік імпульсу від сипкого матеріалу.

Таким чином, програма «Виброслой 1.0» дозволяє з достатньою для технічних потреб точністю розрахувати основні параметри віброкипіння, визначити об'ємну або масову витрату проектованого обладнання та наперед вибрати регульовані параметри обладнання (частоту та амплітуду вібрації, кут нахилу, кут вібрації тощо).

Література

1. **Членов В.А., Михайлов Н.В.** Виброкипящий слой. – М.: Наука, 1972. – 344 с.
2. Вибрации в технике. Справочник: В 6 т.- М.: Машиностроение, 1981. - Т.4. – 509 с.
3. **Каталымов А.В., Любартович В.А.** Дозирование сыпучих и вязких материалов. – Л.: Химия, 1990. – 240 с.
4. **Русанов С.** Математичне моделювання процесу віброкипіння сипких середовищ. / С. Русанов, К. Луняка, В. Карманов // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2006. – № 1 (17). – С. 32-40.
5. **Русанов С.А., Луняка К.В., Чумаков Г.А.** Особливості процесу віброкипіння шару сипкого матеріалу на вертикально вібруючих поверхнях // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2006. - №3(26). – С. 131-135.
6. **Русанов С.А., Луняка К.В., Глухов Г.М.** Дослідження процесу фільтрування газу крізь шар сипкого матеріалу в процесі віброкипіння // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008. – № 3. – С. 63-68.
7. Система автоматизованого моделювання гідродинаміки віброкиплячих шарів "Виброслой 1.0". Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №25051. / С.А.Русанов. – №24961: Заявл. 14.04.2008; Опубл. 24.07.2008.
8. **Русанов С.А., Луняка К.В., Никитенко Г.В.** Виброреологическая модель виброкипящего слоя сыпучей среды // Инженерно-физический журнал. – 2012. Том 85, №6. – С. 1183-1188.

УДК 621.565.9:661.526.5

ТЕХНИЧЕСКОЕ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВ МИНУДОБРЕНИЙ

[1]Желиба Ю.А., , [1]Гоголь Н.И., [2]Чичелов В.А., [3]Желиба Т.А.
[1] Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса
[2] «НИО «Холод», г. Одесса,
[3]ОНПУ «Одесский политехнический институт», г. Одесса

В докладе представлен опыт проектирования и эксплуатации энергетически эффективной бескомпрессорной системы охлаждения и осушения воздуха перед его подачей на производство аммиачной селитры.

The report provides energy-efficient non-compressor system of cooling and dehumidifying the air before moving in the production of ammonium nitrate.

Ключевые слова: бескомпрессорная холодильная установка, осушение воздуха, аммиачная селитра.

Keywords: non-compressor cooling system, dehumidification, ammonium nitrate.

Технологические сбои производств минеральных удобрений очень часто определяются недостаточным охлаждении продукта используемым для этого атмосферным воздухом при формировании гранул. Ситуация усугубляется также тем, что температура наружного воздуха в летний период существенно превышает проектно-расчетную, выбранную согласно указаний технологических норм проектирования и НТД. Относительная влажность воздуха в местах забора воздуха на охлаждение на практике также достигает завышенных относительно проектных значений - 60…70%, при этом и первоначальный поток жидкой флегмы продукта обычно по технологическим причинам имеет завышенную температуру - до 100…120 ºС. Как результат, на выходе из башни грануляции после аппаратов кипящего слоя температура конечного продукта может достигать 30…35 ºС и выше, а содержание влаги в нем - 15…20%. Последнее приводит к последующему «слипанию» гранул при хранении и фактически к потере и товарного вида, и

продукта. В конечном итоге - к непредвиденным дополнительным расходам первичного сырья – азотной кислоты и аммиака, снижению производственной мощности предприятий и экономическим потерям.

Для повышения качества конечного продукта и сохранения паспортной производительности производств в теплый период года авторами доклада был разработан рабочий проект оборудования системы обработки наружного воздуха перед его подачей на охлаждение продукта, выполнен авторский технический надзор за оборудованием разработанной системы и проведенная опытная эксплуатация холодильной установки.

Анализ технологической схемы производства аммиачной селитры показал, что традиционно на реагирование в аппараты направляется газообразный аммиак при давлении 0,35…0,55 МПа, это соответствует температурам кипения от минус 6…8 ºС и выше. По технологическому регламенту жидкий аммиак испаряется в теплообменном аппарате при указанном давлении, а затем пары аммиака подогреваются до температуры 45…50 ºС и направляются в реактор. Было принято решение использовать затратный процесс газации-испарения аммиака, обратив его в полезный процесс получения искусственного холода в теплообменном аппарате – воздухоохладителе-осушителе. Генерируемый холод при температуре 8 ºС предложено использовать для охлаждения направляемого в башню потока наружного воздуха, ослабив влияние его температурно-влажностных параметров на процесс охлаждения гранулированного продукта в башне. Атмосферный воздух предложено охлаждать в воздухоохладителе-осушителе до температуры 12…14 ºС, отбирая при этом значительное количество влаги. В аппарате кипящего слоя, куда в последствии направляется охлажденный воздух (насыщенный, но со значительно меньшим влагосодержанием) происходит охлаждение продукта и ассимиляция из него влаги. Продукт по предложенному решению охлаждается до температуры, исключающей конденсацию на нём влаги из воздуха.

В существующую технологическую схему забора и подачи наружного воздуха на гранбашни включены разработанные авторами доклада дополнительные узлы – нестандартные теплообменные аппараты предварительной обработки охлаждающей среды на базе трубного пучка с биметаллическим оребрением, состоящие из секций для охлаждения (осушения) воздуха, сепараторов влаги, фильтров, участка стабилизации потока, поворотного воздуховода, короба. Для обеспечения холодоснабжения было оборудовано классический насосно-циркуляционный контур, являющийся частью технологических аммиачных коммуникаций производства. Ведь особенностью существующих химических производств является наличие на промплощадке транзитных технологических коммуникаций, в данном случае жидкостной (Р=16 ати) и газовой (Р=3 ати) аммиачных магистралей, к которым произведено подключение охлаждающей системы. Данное решение позволило отказаться от применения парокомпрессионного холодильного цикла, т.е. от компрессорного оборудования для совершения работы и получить эффект охлаждения за счет использования разницы энтальпий существующих технологических аммиачных потоков.

По дополнительно оборудованному отводу от транзитной технологической магистрали жидкий аммиак (Р=16 ати, G=10 502 кг/час) подается на узел регулирования уровня и давления в циркуляционном ресивере. После дросселирования поток разделяется: жидкость за счет гравитационных сил осаждается в нижней части ресивера, пары из верхней части в автоматическом режиме сбрасываются через регулятор давления в технологическую транзитную газовую магистраль. Из стояка циркуляционного ресивера жидкий аммиак с температурой кипения 8 ºС двумя герметичными насосами подается в секции охлаждения предложенных теплообменных аппаратов. В теплообменных секциях за счет интенсивных теплопритоков от охлаждаемой воздушной среды жидкий аммиак частично выкипает (Р=4,8 ати, 8 ºС). Из теплообменных секций парожидкостной поток возвращается в ресивер. Отвод образовавшихся паров (Р=4,8 ати) осуществляется по магистрали с помощью двух подключенных параллельно регуляторов давления «до себя» в технологический паровой трубопровод (Р=3,0 ати).

Технологический процесс, связанный с работой системы охлаждения и обработкой воздуха, происходит одновременно с эксплуатацией аппаратов кипящего слоя, осуществляется непрерывно и круглосуточно в теплый период года, управление работой технологического холодильного оборудования проводится в автоматическом режиме без участия обслуживающего персонала. Энергоемкость предложенных изменений в технологическом цикле составляет до 15 кВт потребляемой электрической мощности. Предложенное техническое решение реализовано на ряде производств аммиачной селитры. Прогнозируемое увеличение производственных мощностей в летний период подтверждено реальными объемами выпуска продукции, за период работы систем охлаждения не было никаких рекламация по уровню качества производимых минеральных удобрений. Расчетный срок окупаемости инвестиций в усовершенствование систем охлаждения составил менее одного сезона.

В докладе авторами также обсуждаются технологические, технические и эксплуатационные особенности предложенной системы охлаждения, которые выявлены в процессе опытной эксплуатации. Одна из не предвиденных на этапе проектирования проблема - необходимость периодического удаления из системы охлаждения технологических примесей, которые попадают в систему с транзитным для установки технологическим аммиаком. Оказалось, что качество используемого для производства аммиака периодически не соответствует по «чистоте» требованиям НТД, аммиак из системы уходит очистившись,

оставив в системе охлаждения все технологические примеси, такие как масло, вода и пр. Для решения этой проблемы в уже работыющие системы охлаждения авторами проекта внесены корректировки, позволяющие решить выявленную проблему и сохранить высокую эффективность охлаждения не зависимо от качества использованного аммиака.

Выводы. Внедрение данной разработки прошло апробоцию в производственных условиях, позволило увеличить продуктивность цеха производства аммиачной селитры в теплый период года на 50 тонн в сутки. Срок окупаемости инвестиций на реализацию технического переоснащения производственного процесса составил немного более двух месяцев.

УДК 637.5

РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПРОЕКТУВАННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЙ РОЗМОРОЖУВАННЯ М'ЯСА В ТУШАХ, ПІВТУШАХ ТА ЧЕТВЕРТИНАХ

Желіба Ю.О. [1], **Желіба Т.О.** [2]
[1] *Одеська національна академія харчових технологій*
[2] *Одеський національний політехнічний університет*

Розморожування м'яса один із технологічно не чітко визначений та не удосконалений технологічний процес м'ясопереробного виробництва, проте його використання дуже поширене у багатьох виробників, які не мають своєї первинної сировинної бази. Цей технологічний процес визначає енергетичні показники підприємства, якість та втрати маси сировини, тому заслуговує на подальше вивчення та вдосконалення.

Традиційно розморожують заморожене чи приморожене м'ясо, яке відповідає вимогам діючих нормативних документів щодо безпечності й якості та визнане придатним для подальшого використання. М'ясо в тушах, півтушах, четвертинах розморожують на підвісних шляхах у спеціальних для цього технологічних камерах, обладнаних системами технологічного кондиціювання - нагрівання, зволожування та циркуляції повітря, як теплоносія. Камери розморожування м'яса рекомендується розташовувати поза холодним контуром холодильника, як правило, безпосередньо біля приміщень обвалювання та жилування м'яса. Перед завантаженням м'яса в камери розморожування показники температури та відносної вологості повітря в них, як теплоносія, доводять до необхідних запрограмованих значень. Перед завантаженням м'яса в камери розморожування заморожене м'ясо необхідно зважити, відсортувати за видами, категоріями вгодованістю та його подальшим використанням. Завантажування та вивантажування м'яса з камер розморожування краще організовувати за допомогою конвеєрів та вручну на невеликих виробництвах. Відстані між тушами, півтушами, четвертинами на підвісних шляхах мають складати 30–50 мм, що забезпечить проток теплоносія.

Технологічні параметрами камер розморожування повинні вимірюватися в рамках запроектованої системи технологічного контролю, так температура, швидкість руху та відносна вологість повітря (теплоносія) біля стегнових частин (поверхонь) туш, півтуш, четвертин - паспортні характеристики процесу розморожування – в автоматичному режимі, а значення середньомасових температур туш, півтуш чи четвертин на глибині 6 см - протягом процесу, кожні чотири години та наприкінці процесу розморожування в ручному режимі технологом. Відповідні дані вимірювань, результати зважування м'яса перед завантажуванням у камери та після розморожування, причини відхилень від нормованого тепловологісного режиму в камерах необхідно відображати у відповідних технологічних та температурних журналах, а також зберігати (за можливості) в електронному вигляді (комп'ютеризовані засоби ведення технологічної документації). За наявності дистанційного та комп'ютеризованого контролю тепловологісного режиму в камерах розморожування можливо здійснювати вимірювання та аналіз даних вимірювань частіше, ніж через 4 години.

Результати проведеного авторами математичного прогнозування характеристик тепловологістних процесів під час розморожування м'яса, замороженого в тушах, півтушах, четвертинах, у камерах розморожування підтвердили обґрунтованість традиційних технологічних параметрів повітряного середовища - паспортної температури повітря (20±2) °С, відносній вологості повітря не менше 90 %, швидкості руху повітря від 0,2 м/с (рівень природної конвекції) до 1 м/с (примусова конвекція). Традиційно приймали, що процес розморожування вважається закінченим, коли середньомасова температура туш, півтуш, четвертин, а також в товщі м'язів лопатки досягає (1,0±1,0) °С. Розрахункова та рекомендована тривалість процесу розморожування за швидкості руху нагрівального повітря від 0,2 до 0,5 м/с наведена в таблиці 1, а за швидкості 0,5- 1 м/с в таблиці 2.

Таблиця 1

Вид м'яса	Тривалість процесу розморожування, годин
Півтуші яловичини, масою до 110 кг	30
Півтуші свинини, масою до 45 кг	24
Туші баранини, масою до 30 кг	15

Таблиця 2

Вид м'яса	Тривалість процесу розморожування, годин
Півтуші яловичини, масою до 110 кг	24
Півтуші свинини, масою до 45 кг	18
Туші баранини, масою до 30 кг	10

Проте якщо камера розморожування завантажена до 30–50 % і більше півтушами масою, більшою, ніж наведені в таблицях 1, 2, то тривалість процесу розморожування для усієї камери може бути подовжена на 1–3 години (близько 10 % від наведених в таблицях 1, 2). У такому разі слід очікувати, що частина м'яса отеплиться значно більше за вимоги, більшими будуть енерговитрати на процес та можливі наднормативні втрати сировини від усихання та стікання талої води. Це небажаний процес і його необхідно попередити за рахунок якісного сортування м'яса, якщо це можливо, або за рахунок ручного керування процесом розморожування. Рекомендується визначати тривалість розморожування залежно від швидкості руху та температури нагрівального повітря більш точно, за результатами вимірювань середньомасової температури м'яса та використовуючи технологічні програми прогнозування температурних параметрів систем технологічного контролю.

Розморожені туші, півтуші, четвертини, направлені на промислову переробку, повинні зберігатись в камерах розморожування не більше 8 годин. За відсутності примусової конвекції повітря, його температура повинна встановлюватись 4,0±1,0 °С, а відносна вологість не менша 85 %. Ці вимоги стосуються і процесу зберігання розмороженого м'яса на підвісних шляхах камер-накопичувачів відповідних цехів переробки м'яса. У такому разі зберігання розмороженого м'яса може вважаться продовженням процесу розморожування.

Розморожене м'ясо в тушах, півтушах, четвертинах за необхідності допускається помити чистою питною водою, що має температуру не вище ніж 25 °С – для півтуш, четвертин яловичини, конини та туш баранини і не вище ніж 35 °С – для півтуш свинини. Після чого потрібно зачекати не менше 10 хвилин для стікання води і провести зачищення поверхонь туш, півтуш, четвертин від забруднень тощо, та зважити. Результат останнього зважування має бути внесено в журнал, як кінцевий результат процесу розморожування. Вважається, що за чіткого дотримання вимог щодо проведення процесу розморожування маса м'яса не змінюється.

Представлена технологія та відмічені технологічні параметри звісно усереднені та гранично допустимі, сучасне виробництво вимагає індивідуальних диференційованих по технологічним показникам технологічних регламентів, наявності систем технологічного контролю та керування процесом розморожування в режимі реального часу з використанням сучасних систем автоматизації та вимірювальної техніки, алгоритмів та програм прогнозування характеристик, з урахуванням виробничих програм, логістики та ін. У доповіді детально розглядаються основні технологічні вимоги до обладнання індивідуальних систем технологічного контролю камер розморожування для виробничих холодильників м'ясопереробних виробництв, вимоги до систем кондиціювання та їх керування.

1.**Оніщенко В.П., Желіба Ю.О., Харченко С.В., Куць О.І., Похалюк В.С., Капканець Ю.М., Попов В.І., Змієвська Т.М.** Збірник технологічних інструкцій з холодильного оброблення та зберігання м'яса та м'ясопродуктів. Затв. МАПіП України 18.06.12 р. - с.68.

УДК 621.184.64

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТИ ДЛЯ РАЗОГРЕВА СМЁРЗШИХСЯ НАСЫПНЫХ ГРУЗОВ

Кологривов М. М., Сагала Т. А.,
Одесская национальная академия пищевых технологий

Проблема восстановления сыпучести смерзшихся насыпных грузов в железнодорожных полувагонах решается с целью сокращения времени перегрузочных работ на морских терминалах, куда поставляется мёрзлый груз. Предварительная обработка груза для его перевода в рыхлое состояние должна быть

энергосберегающей. Часто используют тепловую обработку, реже механическую. Расчёт полезной тепловой мощности для восстановления сыпучести груза является неочевидной задачей. В обогреваемом грузе можно выделить три зоны: талого груза с температурой выше нуля; протаивающего груза с фазовым переходом лед-вода; мерзлого груза с температурой существенно ниже нуля. Положение границ зон зависит от времени размораживания(рис.1) [1].

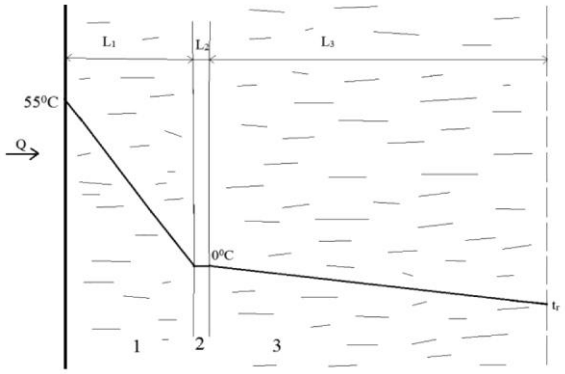


Рис.1. К расчёту тепловой мощности системы обогрева: 1 – зона талого груза; 2 – зона протаивания; 3 – зона мерзлого груза.

Для одного и того же груза теплофизические свойства в каждой из зон определяются по разным зависимостям.

Важнейшим свойством при определении тепловой мощности для обогрева насыпного груза является его эффективная объёмная теплоёмкость. В качестве примера приведём данные [2] по эффективной объёмной теплоёмкости мокрого песка в зависимости от его влагосодержания и эффективной плотности. Результаты представим в графической форме.

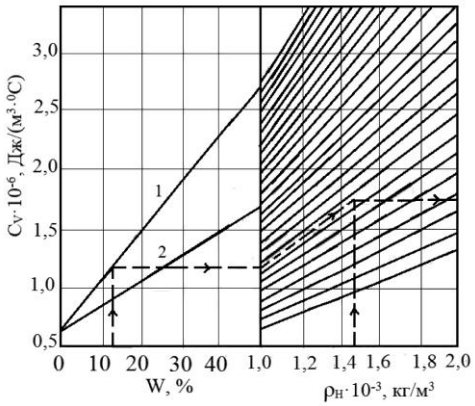


Рис.2. Зависимости эффективной объёмной теплоёмкости (C_V) для талого (1) и мерзлого (2) песка от его влагосодержания (W) и эффективной плотности ($\rho_н$)

Эффективная объёмная теплоёмкость песка в области фазовых переходов поровой влаги зависит от температуры. Не вся вода замерзает при температуре ниже 0°C. Часть воды адсорбируется на развитой поверхностигранулированного материала. В воде растворены соли, которые понижают температуру замерзания. На замерзание влияет давление и возможное наличие обменных катионов. При температуре минус 3°C доля незамерзающей воды составляет 0,3% (рис.3), что несущественно при проектировании систем обогрева.

Расчёты плотности теплового потока и температурного поля в грузе основаны на знании коэффициентов теплопроводности в талой и мерзлой зонах. Численные значения этих коэффициентов для песка приведены на рис.4 [2]. Следует отметить, что коэффициенты теплопроводности для мерзлого песка выше, чем для талого более 20%. Цель исследований разработать простой метод расчёта полезной тепловой нагрузки, которая необходима для перевода мёрзлого насыпного груза в талое состояние.

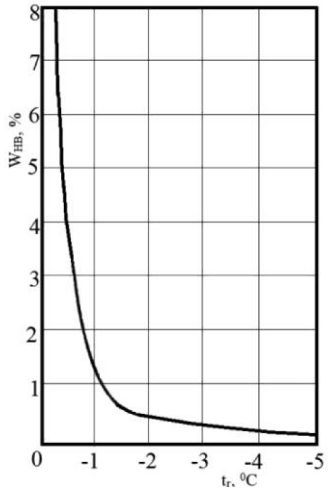


Рис. 3.Доля незамерзающей воды($W_{НВ}$) в песке при отрицательных температурах (t)

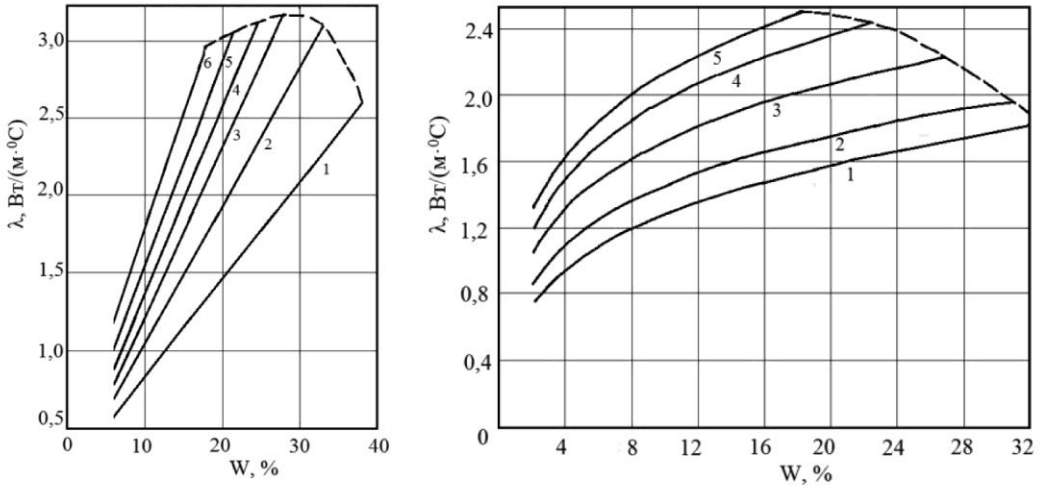


Рис.4. Значения коэффициента теплопроводности песка от его влагосодержания при насыпных плотностях, кг/м^3: 1 – 1300; 2 – 1400; 3 – 1500; 4 – 1600; 5 – 1700; 6 -1800.

Алгоритм расчёта следующий: задаются объём насыпного груза и его исходные насыпная плотность, температура и влагосодержание; определяются теплофизические свойства груза; выполняются расчёты количества теплоты по формулам теплового баланса для каждой из трёх зон состояния груза: результаты расчётов суммируются; выполняются расчёты термических сопротивлений и плотностей тепловых потоков в зонах 1 и 2; рассчитывается ориентировочное время нагрева груза и полезная тепловая нагрузка. Приведём пример расчёта теплоты для перевода мерзлого песка в полувагоне в талое состояние. Расчёт выполним для плёночного режима размораживания, при котором задаётся толщина талого слоя груза у стенок полувагона 100 мм. Максимально допустимая температура стен полувагона в районе тормозных устройств нормируется 55°С. Для остальных поверхностей полувагона, нагреваемых в тепляках, допускается нагрев до 90°С.Принимаем исходную температуру песка с насыпной плотностью 1,4 кг/м^3 минус 10°С, а его влагосодержание 20%. По рис.2 находим эффективные объёмные теплоемкости мерзлого и талого песка:для зоны 1 (талый песок) – C_v = 2,06·10^{6}Дж/(м^3·°С); для зоны 3 (мерзлый песок) – C_v = 1,50·10^6 Дж/(м^3·°С). В песке при температуре минус 10°С считаем, что 100% льда. Из рис.4 коэффициенты теплопроводности: мерзлый песокλ = 1,9 Вт/(м·°С); талый песокλ = 1,75 Вт/(м·°С).Количество теплоты для зон 1 и 3 определяем по формуле:

$$Q_i = V \cdot C_v (t_i^{'} - t_i^{''}),$$

а для зоны 2:

$$Q_2 = q_0 \cdot G_в,$$

где $G_в$ – масса воды в 1 м^3 насыпного груза, кг; q_0= 333,27 кДж/кг. Ширина зоны 2 является переменной[1] от глубины протаивания и для пленочного режима ориентировочно составляет 10 мм. Объём талой зоны составляет 0,1 м^3; растаявшего льда в зонах 1 и 2 – 23,33 кг;объём мерзлой зоны – 1,355 м^3.Результаты расчётов количества теплоты, подведенной к части груза через 1 м^2 стенки полувагона при глубине размораживания 100 мм:Q_1 = 14,94·10^{6}Дж (зона1); Q_3 = 20,3·10^{6}Дж (зона3); Q_2 = 7,776·10^{6}Дж (зона 2). Термические сопротивления:

$$R_i = L_i / \lambda_i .$$

ИмеемR_1 = 0,0571м^2·°С/Вт (зона 1); R_3 = 0,713 м^2·°С/Вт (зона 3). Плотность теплового потока при граничных условиях первого рода:

$$q_i = (t_i^{'} - t_i^{''}) / R_i .$$

Т.е. q_1= 963 Вт/м^2 (зона 1); q_3= 14 Вт/м^2 (зона 3). Тепловой поток 949 Вт/м^2 идёт на нагрев и протаивание груза в зонах 1 и 2, а тепловой поток 14 Вт/м^2 транзитом проходит в зону 3. С увеличением толщины зоны 1 плотность транзитного теплового потока увеличивается за счёт снижения термического сопротивления зоны 3.Время нагрева и протаивания песка в зонах 1 и 2:

$$\tau_1 = Q_1 / q_1 .$$

Получим τ_1 = 15510 секунд (4 часа 19 мин). За время протаивания на глубину 100 мм температура мерзлого песка в зоне 3 вырастет за счёт теплообмена с зоной 2 на 0,1°С и в центре полувагона составит минус 9,9°С.При нагреве мерзлого груза нагревается и металлоконструкция полувагона. Для нагрева полувагона необходимо затратить 717,6·10^{6}Дж. Площадь поверхности теплообмена груза (F) с металлоконструкцией и воздухом сверху составляет 124,3 м^2.Тепловая мощность и количество теплоты, которые следует подвести ко всему объёму мерзлого груза для его прогрева и протаивания до глубины 100 мм, а также количество теплоты на нагрев полувагона с грузом определяются следующим образом:

$$N_{пол} = q_1 \cdot F;$$
$$Q_{пол} = N_{пол} \cdot \tau_1;$$
$$Q = Q_{ваг} + Q_{пол}.$$

Получим $N_{пол}$=120000 Вт; $Q_{пол}$=1,8612·10^9 Дж; Q = 2,5788 ГДж. При толщине талого слоя 100 мм доля теплоты на нагрев груза 72%, а на нагрев полувагона 28%.Для определения теплоты, потребляемой системой обогрева, необходимо знать потери в окружающую среду. Применяют конвективный, радиационный или комбинированный обогрев. Если принять коэффициент полезного обогрева груза 20%, то для размораживания одного полувагона с песком необходимо в системе получить 9,306 ГДж теплоты с температурой 55°С. Это соответствует подводу тепловой мощности 600 кВт. При сжигании природного газа для обогрева необходим его расход 61,7 м^3/ч. Рассмотрена упрощенная инженерная методика определения тепловой мощности для размораживания мерзлых насыпных грузов. Впервые показано, что с увеличением толщины талого слоя плотность теплового потока от стенки полувагона к грузу уменьшается из-за роста термического сопротивления в талой зоне.

Литература

1. **Сагала Т.А.** Влияние температуры стенки полувагона и наличия зоны протаивания в материале на процесс размораживания сыпучего груза [Текст] / Т.А. Сагала, М.М. Кологривов // Физика аэродисперсных систем: Межведомственный научный сборник. – Одесса: Изд-во ОНУ им. Мечникова И.И., 2011. – Выпуск 48. – С. 28 – 36.

2. **Иванов Н.С.** Теплофизические свойства насыпных грузов [Текст]/Н.С. Иванов, А.В. Степанов, П.И. Филиппов. - Новосибирск Наука, Сибирское отд., 1974. – 96 с.

УДК. 621.664.8

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД И ПРОГРАММА ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА АТМОСФЕРНОЙ СУШКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Лагутин А.Е., Джуган В.Ю., Гоголь Н.И.
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса, Україна

Для изучения процессов сублимационной сушки растительного сырья при атмосферном давлении в ОНАПТ на кафедре «Холодильных установок и кондиционирования воздуха» был создан лабораторный стенд, позволяющий осуществить все этапы рассматриваемого технологического процесса: предварительного замораживания продукта, сублимационной сушки и теплового досушивания продукта.

На рисунке 1в приведена принципиальная схема экспериментального стенда. В корпусе бытового холодильного прибора (БХП) емкостью 260 дм^3 выполнены изолирующие перегородки, разделяющие общее пространство внутреннего объема холодильника на отдельные функциональные отсеки (I, II, III), обеспечивающие возможность осуществления перечисленных выше этапов атмосферной сушки растительного сырья. Фотографии стенда приведены на рисунках 2-4.

Для осуществления циркуляции воздуха между отсеками в перегородках выполнены по три пробковых отверстия диаметром 64 мм (3,7,9). Помимо двери холодильника, в каждом отсеке, предусмотрены индивидуальные фасадные съемные изолирующие и уплотняющие крышки, обеспечивающие герметичность воздушного контура от внешней среды при открывании двери холодильника на промежуточных этапах взвешивания продукта с помощью электронных весов марки TIF9010A с точностью до одного грамма

Исследуемый продукт размещался на весах (6) в специальной сетчатой конструкции лотка (5). Над продуктом устанавливалась кассета основных инфракрасных нагревателей (4) с регулируемой мощностью до 200 Вт. Регулирование нагрузки нагревателей осуществлялось с помощью ЛАТРа, а подведенная мощность контролировалось измерительным комплексом К-505.

Движение воздуха в отсеках стенда осуществлялось с помощью трех вентиляторов модели: 120x120x38, 220/240VAC-50/60 Hz (1) при их суммарной объемной производительности 0,037 м^3/с.

Охлаждение воздуха в изолированном корпусе стенда осуществлялось с помощью автономной холодильной машины, оснащенной компрессором марки Aspero NE 2121Z, конденсатором воздушного охлаждения площадью наружной поверхности 2 м^2 и воздухоохладителем (8) площадью наружной поверхности 2,6 м^2. Температура воздуха и дифференциал ее изменения 0,2^o С в рабочем отсеке стенда на входе в вентиляторный отсек поддерживались с помощью контроллера марки LDU151E-BG, установленного на внешнем корпусе БХП.

Температура воздуха в контрольных точках на входе и выходе из соответствующих отсеков и температура продукта в его центре и на поверхности, а также температуры воздуха по сухому и «мокрому» термометрам осуществлялись с помощью медь-константановых термопар с точностью 0,1^{o}С. Измерение термо-ЭДС термопар фиксировалось с помощью цифрового мультиметра марки М 3500А.

На рисунке 1а приведена схема размещения термопар в контрольных точках замера показаний в соответствующих отсеках.

На этапе предварительного замораживания продукта в работу включались холодильная машина и вентиляторы. В опытах анализировались режимы быстрого и медленного замораживания. При этом фиксировался темп изменения температуры в центре и на поверхности продукта, а также изменение его массы во времени.

На этапе атмосферной сублимационной сушки продукта в работу были включены холодильная машина, вентиляторы и основные инфракрасные нагреватели с регулируемой мощностью. В опытах контролировались показания температур воздуха, продукта в его центре и на поверхности, а также изменение массы продукта во времени.

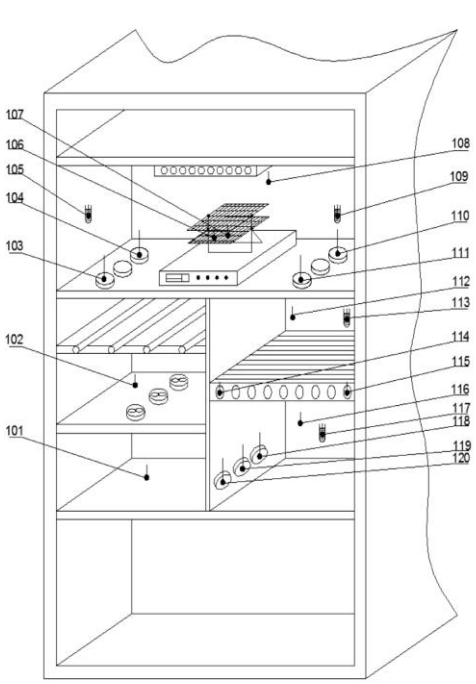
При выполнении этапов замораживания и сушки продукта, на стенде при закрытых фасадных съемных изолирующих и уплотняющих крышках, осуществлялся замкнутый цикл прохождения воздуха в отсеках стенда. Рабочий объем всех отсеков составлял 176 дм^3.

На этапе теплового досушивания продукта, при отключенной холодильной машине, продолжали работать вентиляторы и кассета инфракрасных нагревателей. Подбор мощности нагревателей осуществлялся таким образом, чтобы не нарушать условия термолабильности продукта. В опытах контролировались показания температур по воздуху на входе и выходе отсеков, и продукта в его центре и на поверхности, а также изменение массы продукта во времени. В этом режиме, для воздухообмена с помещением, открывалась фасадные съемные изолирующие крышки в отсеках на входе воздуха в вентиляторный блок и на выходе из воздухоохладителя. Таким образом, на стенде при открытой двери холодильника и отмеченных положениях фасадных крышек, осуществлялся разомкнутый цикл прохождения воздуха в рабочих отсеках стенда при закрытых трех отверстиях (9) на перегородке между вентиляторами и воздухоохладителем.

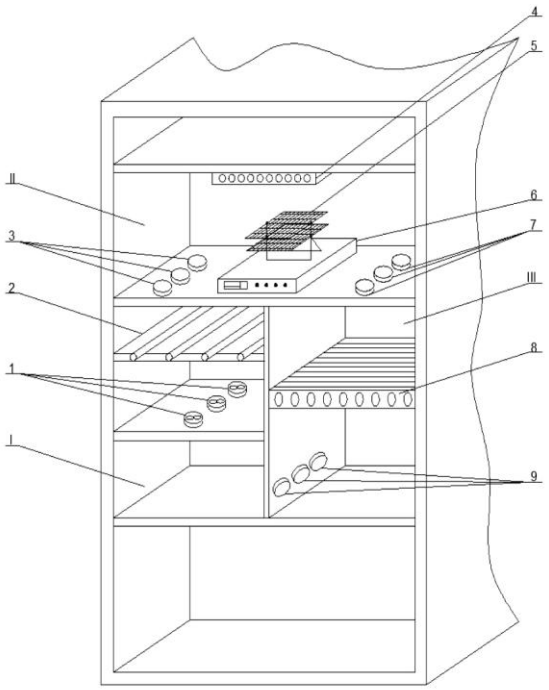
Работа стенда в период атмосферной сублимационной сушки продукта осуществлялась, проходя следующие одновременные этапы: осушение воздуха в воздухоохладителе; нагнетание осушенного воздуха вентиляторами в продуктовый отсек; сублимация влаги из продукта при вынужденной конвекции, вследствие подвода теплоты от кассеты инфракрасных нагревателей.

После удаления вымороженной влаги в процессе сублимационной сушки продукт подвергался тепловому досушиванию.

Работа стенда в период досушивания продукта осуществлялась, проходя следующие одновременные этапы: нагнетание наружного воздуха с помощью вентиляторов в продуктовый отсек; - досушивание продукта, вследствие подвода теплоты от инфракрасных нагревателей; удаление увлажненного воздуха в окружающую среду.



1а)



1в)

Рис. 1а Схема размещения термопар в экспериментальном стенде

101, 102 –температура воздуха на входе и выходе вентилятора; 103, 104 – температура воздуха на входе в продуктовый отсек; 105, 109, 113, 117 – температуры воздуха по мокрому термометру; 106, 107 – температуры продукта в центре и на его поверхности; 108 - температура воздуха над продуктом;

110, 111 - температуры воздуха на выходе из продуктового отсека; 112, 116 - температуры воздуха на входе и выходе воздухоохладителя; 114, 115 – температура агента на входе и выходе воздухоохладителя;

118, 119, 120 – температуры воздуха на входе в вентиляторный отсек

Рис. 1в Принципиальная схема установки для атмосферной сублимационной сушки растительного сырья.

I – вентиляторный отсек; II – продуктовый отсек; III – отсек охлаждения воздуха; 1 – вентиляторы; 2 - резервный радиационный нагреватель; 1,3,7,9 –каналы для прохода воздуха; 4 - основной радиационный нагреватель; 5 – сетчатый поддон для растительного сырья; 6 – электронные весы; 8 – воздухоохладитель.

Задачи по устранению существующих в литературе противоречий [1-4] по выбору рекомендованных технологических параметров основных процессов сублимационной сушки пищевых продуктов были разделены на 3 этапа исследований:

- предварительное замораживание продукта;
- сублимационная сушка продукта;
- досушивание продукта.
- Критериями определения наилучшего режима являлись: продолжительность процесса, суммарные энергозатраты и показатели потерь массы продукта на всех перечисленных этапах процесса атмосферной сушки.

На рисунках 2 и 3 приведены фотографии экспериментального стенда и комплекта измерительных и контролирующих приборов.



Рис. 2 Общий вид стенда



Рисунок 3. Размещение оборудования в корпусе БХП



а) в)

Рис. 4 Размещение съемных изолирующих и уплотняющих крышек
а) – на этапах замораживания и сублимационной сушки продукта;
в) – на этапе теплового досушивания продукта.

Работа стенда в период атмосферной сублимационной сушки продукта осуществлялась, проходя следующие этапы: осушение воздуха в воздухоохладителе; нагнетание осушенного воздуха вентиляторами в продуктовый отсек; сублимация влаги из продукта, вследствие подвода теплоты от кассеты инфракрасных нагревателей при вынужденной конвекции.

После удаления вымороженной влаги в процессе сублимационной сушки продукт подвергался тепловому досушиванию.

Работа стенда в период досушивания продукта осуществлялась, проходя следующие этапы: нагнетание наружного воздуха с помощью вентиляторов в продуктовый отсек; досушивание продукта, вследствие подвода теплоты от инфракрасных нагревателей; - удаление увлажненного воздуха в окружающую среду.

Задачи по устранению существующих в литературе противоречий [1-4] по выбору рекомендованных технологических параметров основных процессов атмосферной сублимационной сушки пищевых продуктов были разделены на 3 этапа исследований:

- предварительное замораживание продукта;
- сублимационная сушка продукта;
- досушивание продукта.

Критериями определения наилучшего режима являлись: продолжительность процесса, суммарные энергозатраты и показатели потерь массы продукта на всех перечисленных этапах процесса атмосферной сушки.

Предварительные результаты исследования процесса атмосферной сушки кубиков тыквы показали обнадеживающие результаты и определили пути по дальнейшему усовершенствованию процесса.

Литература

1. Сублимационная сушка продуктов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sushka.com.ua/drying_3>.

2. **Семенов Г.В.** Сушка сырья: мясо, рыба, овощи, фрукты, молоко: учеб. пособие / Г.В. Семенов, Г.И. Касьянов. – Ростов н/Д: Март, 2002. – 57 с.

3. Атмосферная сублимационная сушка пищевых продуктов / Б.П. Камовников [и др.]. – М.: Колос, 1994. – 253 с.

4. **Дондокова С.А.** Разработка технологии мясных продуктов с использованием сублимационной сушки при атмосферном давлении: автореферат дис. канд. техн. наук / С.А. Дондокова. – Улан-Удэ: ВСГТУ, 2011. – 17 с.

УДК [613.2.038:613.24]

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО РЕЖИМІВ ХАРЧУВАННЯ ДЛЯ ХВОРИХ НА ЦУКРОВИЙ ДІАБЕТ ІІ (ДРУГОГО) ТИПУ

Козонова Ю.О.,
Одеська національна академія харчових технологій

Ще 20 років тому осіб з діагнозом «цукровий діабет» на планеті було 30 млн. За даними ВОЗ зараз ця цифра зросла до 347 млн. осіб і, за прогнозами експертів, у 2030 році цукровий діабет буде сьомою провідною причиною смертності у світі. За наступні 10 років загальна кількість смертей від діабету збільшиться приблизно на половину. Діабет ІІ типу становить 85…90 % від усіх типів цукрового діабету [1].

Основою лікування цукрового діабету ІІ типу є правильно побудований режим харчування. Хворим даються рекомендації щодо харчування згідно з 9 дієтою. В описанні дієти наведений перелік дозволених та заборонених продуктів, способи їх теплової обробки, а також приклади складання денного режиму харчування з зазначенням дрібного прийому їжі.

Діабет – хвороба, яка потребує періодичного відвідування санаторіїв-профілакторіїв. У санаторіях складають узагальнений режим харчування, згідно дієти 9, який відрізняється за масовою часткою основних макро- та мікронутрієнтів від раціону здорової людини.

Зазначені режими харчування, звичайно, мають загальний характер та не враховують індивідуальні фізіологічні особливості хворого. Кількість білків в режимі харчування хворих на цукровий діабет та здорових осіб майже однакова, жири та вуглеводи знижені в режимі хворих на 20..25 г та 100 г відповідно.

Дієта 9 дає лише рекомендації щодо загальної кількості макронутрієнтів та не пояснює їх якісний склад. Багаточисельні дослідження доводять, що дефіцит вітамінів є одним з факторів ризику розвитку цукрового діабету ІІ типу. Майже у 70 % хворих на цукровий діабет виявлено нестачу вітамінів групи В, біотину, вітамінів А, Е, D, С у тканинах і біологічних рідинах [2].

У механізмі розвитку цукрового діабету ІІ типу певне значення надають порушенню мінерального обміну [3]. У хворих постійно виявляють дефіцит магнію, цинку, кальцію, хрому та селену у сироватці крові. Є данні, які підтверджують суттєву роль іонів заліза у розвитку цукрового діабету ІІ типу.

Так, підвищене відкладання заліза у підшлунковій залозі та печінці пошкоджує клітини цих органів, а також погіршує чутливість тканин до інсуліну. Надмірне надходження з їжею іонів натрію (у вигляді солі) має негативний вплив на рівень пресорних гормонів та показники вуглеводного обміну. Також є данні про здатність іонів фтору порушувати вуглеводний обмін та пригнічувати окислення жирних кислот.

Для покриття нестачі вітамінів та мінеральних речовин сконструйовані спеціальні комплекси вітамінів.

Ці штучні препарати сприяють зміцненню організму, регулюють енергетичний обмін на клітинному рівні, що сприяє зниженню як ризику виникнення цукрового діабету ІІ типу, так і прогресуванню хронічних ускладнень цього захворювання.

Але, на сьогодні, ми не володіємо повною інформацією щодо ступеня засвоювання штучних нутрієнтів у організмі людини. Навпаки, все більше вчених стверджують, що нутрієнти краще засвоюються у нативних комплексах, тобто у складі продуктів харчування.

Тому, крім медикаментозного лікування, спираючись на данні медицини, слід зробити наголос на включенні продуктів з високим вмістом перелічених мікронутрієнтів у режими харчування. З огляду на це,

актуальним є підбір «універсальної» сировини, яка може бути використана у якості добавки до звичайного режиму харчування для профілактики діабету II типу.

Висновки.

Необхідно ретельно проаналізувати режими харчування хворих на цукровий діабет II типу та створити рекомендації щодо їх перегляду з огляду новітніх досягнень у науці про харчування.

Для узагальнення наукових даних, на нашу думку, треба, по-перше, створити бази даних хімічного складу страв рекомендованих при цукровому діабеті II типу, по-друге, розробити технологічні підходи, щодо збагачення продукції харчування необхідними компонентними, по-третє, розробити програмне забезпечення та визначитися з критеріями, за якими буде формуватися індивідуальний режим харчування хворої людини. Критеріями вибору, для початку, пропонуємо встановити загальну кількість білків, жирів, вуглеводів, а також мінімальний вміст омега-3- жирних кислот та максимальний вміст простих вуглеводів та крохмалю.

Крім того, ввести мінімальні значення присутності у режимі харчування вітамінів групи В, біотину, вітамінів А, Е, D, С, мінеральних речовин магнію, цинку, кальцію, селену, марганцю, хрому, сірки, та максимальні значення за натрієм, залізом та фтором. Також необхідно провести пошук сировини, яка б задовольняла висунутим вище вимогам.

Список літератури

1. Інформаційний бюлетень 312. Діабет [Електронний ресурс] / Інформаційний бюлетень 312 – Режим доступу до ресурсу: who.int/mediacentre/factsheets/fs312/ru/.
2. **Шендеров, Б.А.** Функциональное питание и его роль в профилактике метаболического синдрома [Текст] / Б.А. Шендеров. – М.: ДеЛи принт, 2008. – 319 с.
3. **Балаболкин, М. И.** Витаминно-минеральные комплексы в терапии сахарного диабета и его сосудистых осложнений [Текст] / М. И. Балаболкин, Е. М. Клебанова. // М.: АКВИОН. Витаминотерапия и профилактика сахарного диабета. – 2007. – С. 4–16.

УДК 547.917

ПРОИЗВОДСТВО СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ ПЕКТИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ОТХОДОВ ПИЩЕВОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

С.Н. Бондарь, С.Н. Кудашев, Ю.А. Козонова
Одесская национальная академия пищевых технологий

Значительная часть пищевого растительного сырья при его переработке в пищевые продукты попадает в категорию отходов, которые в настоящее время из-за богатого состава, в том числе и биологически активных веществ, считаются ценными вторичными материальными ресурсами. В отходах растительного сырья находится один из полисахаридов, технология получения которого давно привлекает к себе пристальное внимание научных работников и производственников всего мира – пектин.

Существующая в нашей стране ситуация не позволяет эффективно решить эту задачу без использования самых современных достижений науки и техники. Дело в том, что в растительном сырье находится достаточно мало этого углевода, который к тому же жестко связан с клеточными и тканевыми структурами (белком, целлюлозой, лигнином и т.д.).

Технологии получения пектиновых препаратов с одной стороны направлены на более полное переведение пектина в экстракт, а с другой стороны на сохранение его нативной структуры или же модификацию её таким образом, чтобы сохранить или улучшить многие полезные для человека свойства этого полисахарида. Речь не идет об использовании пектина как студнеобразователя, что само по себе стало уже в пищевых технологиях общим местом. Гораздо ценнее, на взгляд авторов, шире применять пектины как природные ионообменики, безвредные и привычные для человеческого организма, позволяющие эффективно предупреждать и лечить многие заболевания, в том числе сатурнизм, меркуризм и вредное воздействие радионуклеидов. А это предопределяет использование пектиновых препаратов в качестве пищевых добавок к самому широкому спектру пищевых продуктов.

Все схемы получения пектиновых препаратов достаточно известны и отличаются высокими энерго- и ресурсозатратами, связанными с экстракцией, очисткой, концентрированием и выделением пектина. Жесткие условия экстракции с помощью кислот до сих пор применяются в большинстве стран – мировых лидеров пектинового производства для получения желирующего пектина, который в общем объёме пектиновых препаратов занимает более 90 %. Ферментативные способы экстрагирования менее агрессивны, но находятся только лишь на стадии научных исследований. Щелочной гидролиз-экстрагирование не нашел

широкого применения из-за параллельно идущей деструкции (β-элиминирование) и многостадийности последующей очистки и осаждения продукта (соли поливалентных металлов).

Если ориентироваться на сорбционные и комплексообразующие свойства пектиновых веществ, то можно с гораздо меньшими затратами решить проблему их производства с сохранением наилучшего эффекта поглощения многих токсичных элементов.

Известно, что реакционное взаимодействие пектиновых биополимеров легче происходит со щелочами, чем с кислотами. Например, для деструкции протопектина и перевода его в водорастворимое состояние необходимы жесткие условия экстракции. Это температуры порядка 85-90 °С и время 1,5-2 часа в присутствии сильных минеральных кислот, обычно соляной, серной, азотной. Органические кислоты неэффективны. Кислые экстракты пектина по классической схеме очищают после охлаждения фильтрованием, адсорбцией и упаривают для экономии осаждающих реагентов (спирта, солей поливалентных металлов). В результате нативные свойства пектина во многом разрушаются и теряется молекулярная масса, снижается выход продукта.

Экспериментально установлено, что щелочной гидролиз имеет неоспоримые преимущества перед кислотным, если брать во внимание комплексообразованием пектина, которое определяется молекулярной массой и, особенно, степенью этерификации макромолекулы пектина. Деэтерификация карбоксильных групп в щелочной среде происходит более эффективно, а следовательно можно получить из исходного пектина препарат с большим количеством свободных карбоксильных групп чем при взаимодействии с кислотами.

Однако, щелочная экстракция, как отмечалось, чревата разрушением пектинового биополимера. Тем не менее, сотрудники проблемной научно-исследовательской лаборатории ОНАПТ и кафедры экологии за многие годы работы с пектином установили, что если температуру экстрагирования не поднимать выше 40 °С, то за 1,5-2 часа экстрагирования можно получить приемлемые результаты по требуемым сорбционным характеристикам пектина.

В качестве объектов исследования мы использовали фруктовые вытерки и выжимки – отходы консервного производства (свежие и сушеные). При определенном гидромодуле и pH 10-10,2 в течение 1,5 часов при температурах 35-40 °С выход пектина составил 85-90 % от теоретически возможного из данного вида сырья. При этом для очистки пектиновых экстрактов применялась широко известная мембранная схема ультра- и диафильтрации с помощью дистиллированной или умягченной воды. Разработанная технологическая схема отличается достаточной простотой. После отделения обеспектиненного сырья прошедшего гидролиз экстрагирование, жидкий экстракт, содержащий пектинаты или пектаты щелочных металлов (K, Na) концентрируется на ультрафильтрационных и даже на микрофильтрационных мембранах до получения вязкого раствора и содержанием пектина до 3,5 %. Большей концентрации достичь маловероятно, т.к. предел растворяемости пектина при обычных условиях около 4-4,5 %. В растворенном состоянии с помощью диафильтрации пектаты или пектинаты очищаются от низкомолекулярных примесей при комнатной температуре. При этом из продукта удаляются и красящие соединения. В дальнейшем из вязкого концентрата можно либо осадить пектин с помощью Ca или Mg солей, а затем высушить и измельчить, либо выделить чистый сорбент распылительной сушкой на инертном носителе. Вторая схема предпочтительнее, т.к. пектиновый осадок Ca или Mg чрезвычайно трудно сушится ввиду гидрофильности и склонности к образованию влажных капсул с подсохшей поверхностью, ухудшающей удаление водяных паров. Пектинаты, полученные методом распылительной сушки, отличаются хорошей хлопьевидной структурой и хорошей растворимостью в жидких пищевых продуктах. Они имеют отличные сорбционные и комплексообразующие свойства по отношению к Pb и Hg. Так 150 весовых частей полученного по разработанной технологии препарата связывает 1 часть свинца, что дает право считать его эффективным средством для борьбы со свинцовыми интоксикациями.

Разработанная технология иллюстрируется схемой, приведенной на рисунке 1.



Выводы:

1. Для получения пектинов лечебно-профилактического назначения предпочтительным является щелочной способ экстракции.

2. Применение щелочной экстракции в сочетании с мембранной очисткой и концентрированием предпочтительнее традиционных схем получения пектиновых веществ с позиций энергоресурсосбережения.

3. Мембранная ступень очистки и концентрирования пектиновых экстрактов позволяет создать замкнутый цикл водопотребления, что повышает экологическую безопасность технологии производства пектина.

Литература:

1. **Шелухина И.П.** Научные основы технологии пектина. – Фрунзе: ИЛИМ, 1988. – 170 с.
2. **Шелухина И.П., Абаева Р.Ш.** Пектин и параметры его получения. – Фрунзе: ИЛИМ, 1987. – 108 с.
3. **Бондарь С.Н.** Разработка технологии полифункционального пектина для лечебно-профилактического питания. – Дис. канд. техн. наук. – 1992.
4. **Брик Н.Т.** Ультрафильтрация. – Киев: Наукова думка, 1993. – 272 с.

УДК 664:547.629

МЕМБРАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Бондарь С.Н., Кудашев С.Н., Козонова Ю.А.,
Одесская национальная академия пищевых технологий,

Мембранная технология в последние годы все шире внедряется в различные отрасли промышленности, в том числе и пищевой, связанные с обработкой жидких сред. Принцип мембранного разделения растворов имеет целый ряд преимуществ, позволяющий применять его для обработки растворов как альтернативу таким традиционным процессам как выпаривание под вакуумом, криоконцентрирование, традиционное фильтрование. Причём, в зависимости от характеристик исходной жидкости и цели при мембранной обработке достигается значительная экономия энергии на удаление 1 м^3 жидкости, т.к. обработка происходит при температурах несколько выше комнатной. Например, по сравнению с выпариванием под вакуумом, особенно жидкостей с низкой концентрацией, экономия достигает 50-100 раз.

Мембраны, которые на сегодняшний день применяют в промышленности и лабораторной практике значительно превосходят по своим характеристикам мембраны ранних поколений, что позволяет значительно удлинить срок их службы. Они имеют значительную резистентность к агрессивным средам, высокую селективность к высокомолекулярным компонентам и механическую прочность. Это позволяет расширить сферы их применения. Мембраны последних поколений, изготовленные из оксидов редких

металлов, керамики и металлокерамики имеют практически неограниченный срок использования и выдерживают самый широкий диапазон pH и влияние жёстких дезинфицирующих агентов, что особенно важно для пищевой промышленности, т.к. позволяет применять соответствующую обработку “in situ” за короткий промежуток времени.

В пищевой промышленности мембраны используют для многих целей, в частности, осветления, концентрирования и очистки пищевых растворов (соков, вина, пива, ферментных растворов), а также жидких отходов многих производств для выделения ценных биологически активных компонентов (белков, витаминов, полисахаридов и т.д.). Простота аппаратурного оформления процесса мембранного процесса, низкие затраты энергии, широкие возможности автоматизации и создание замкнутых циклов, компактность, непрерывность позволяют решать целый ряд проблем и для крупномасштабных производств и для мелких производителей.

Особое значение мембранные процессы приобретают в водоподготовке в технологии напитков и очистке сточных вод предприятий пищевой промышленности. При этом они могут использоваться на предприятиях любой мощности и позволяют создать замкнутый цикл водопотребления, что особенно важно в нынешней экологической ситуации. С помощью мембран можно очищать пищевые растворы от токсичных соединений и других нежелательных примесей. Этот процесс называют диафильтрацией и применяют в случаях, когда особенно требуется сохранить нативные свойства исходных растворов при минимуме затрат.

В зависимости от конструкции мембранных аппаратов и их компоновки можно весь процесс мембранной обработки разбить на этапы, на каждом из которых достигается своя цель, и получаются растворы с особыми характеристиками, отличными от исходных. При этом конечным продуктом может быть как концентрат так и фильтрат.

Комбинируя микро-, ультрафильтрацию и обратный осмос можно добиться практически полной утилизации отходов и наиболее эффективного использования вторичных материальных ресурсов.

Варьируя селективность мембран и рабочие характеристики процесса мембранного разделения можно получать жидкие продукты с заданными химическими и биохимическими свойствами, что чрезвычайно важно в технологии лечебно-профилактических и функциональных пищевых продуктов и концентратов биологически-активных веществ. Сохранение нативных свойств лабильных БАВ является отличительной особенностью мембранных процессов, что и предопределяет их использование в технологиях пищевых продуктов, медицинских препаратов, ферментов.

В последние годы в мембранной технологии достигнуты значительные успехи, связанные с разработкой мембран новых поколений и новыми способами устранения вредных явлений концентрационной и гелевой поляризации, сдерживающих внедрение мембранных процессов. Эти явления возникают вследствие накопления над поверхностью мембраны задерживаемых частиц, особенно полимерных. Избежать подобного явления полностью нельзя, можно только снизить его применением, например, повышенных скоростей потока, пульсирующих режимов, турбулентных насадок и т.д.

Традиционным объектом исследований явились плодовые выжимки – отходы сокового производства и молочная сыворотка, которой, как известно, более половины от массы перерабатываемого молока в настоящий момент не утилизируется.

Плодовые выжимки – ценнейший источник многих биологически активных соединений и в первую очередь пектиновых веществ. Обладая комплексом уникальных свойств эти полисахариды широко применяются для лечения многих заболеваний, и в первую очередь интоксикаций тяжелыми металлами, радионуклидами и другими чужеродными соединениями. Выпуск пектиновых веществ до сих пор в Украине широко не налажен, т.к. это достаточно энергоемкое и материалоемкое производство, использующее в технологии спирт, кислоты, щелочи, процессы испарения влаги и т.д., что делает производство в малых масштабах неоправданным.

Известно, что мембранная технология позволяет снизить энергозатраты по сравнению с традиционными процессами удаления влаги в 5-10 и более раз. Причем, концентрирование с помощью мембран параллельно решает вопрос очистки желательных компонентов от нежелательных без дополнительных фазовых превращений жидкости и при температурах немногим более комнатной, что особенно важно для термолабильных веществ, т.к. сохраняется их биологическая активность.

При производстве пектиновых веществ в качестве экстрагента обычно используют кислоты и щелочи в зависимости от требуемых характеристик конечного продукта.

В исследованиях авторы в качестве экстрагента яблочного пектина использовали молочную подсырную сыворотку, которую подкисляли для интенсификации гидролиза пектина до pH 3,2 молочной или соляной кислотами.

Гидролиз-экстрагирование проводили при гидромодуле 1:5 (выжимки свежие) или 1:20 (выжимки сушеные). Температура экстрагирования составила 75-80 °С в течение 1,5 ч. После экстракции жидкость отфильтровывали (экстракт), а осадок дополнительно экстрагировали при гидролизе 1:2 горячей сывороткой и снова отделяли экстракт. Объединенные экстракты фильтровали и обрабатывали на половолоконных

мембранах “Abcor” с молекулярным весом разделения 15000 (диаметр пор около 450 Å). Жидкость концентрировалась в 5-6 раз по объёму. В результате установлено следующее. При обработке на мембранах происходит эффективное задержание сывороточных белков и пектина, перешедшего из выжимок в раствор в результате гидролиза и экстракции. В полученном концентрате, который представлял собой непрозрачную желтовато-коричневую жидкость с приятным запахом яблок сиропообразной консистенции, содержание белка и пектина составляет соответственно 3,5...4,2 % и 2...2,5 %. Концентрация низкомолекулярных компонентов экстракта практически не изменялось во время концентрирования и была равна концентрации сухих веществ в фильтрате 4,5...5,2. Селективность мембран по пектину составляет 99,5 %, а по сывороточным белкам 98 %. На основании результатов исследований разработана приведенная ниже технологическая схема производства профилактических напитков из сыворотки молока.

УДК 664.022:005.936.44 (075)

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА С ЦЕЛЬЮ УЛУЧШЕНИЯ ЕГО ПИТАТЕЛЬНОЙ ЦЕННОСТИ

Кудашев С.Н, Козонова Ю.А., Петушенко С.Н.,
Одесская национальная академия пищевых технологий

Проблему экономии и рационального использования зерна в пищевых целях невозможно решить без создания высокоэффективных технологий повышения питательной ценности зерна и, прежде всего, переваримости белка и синтеза биологически активных веществ.

Так в Украине и в странах СНГ на 1 тонну протеиновых концентратов приходится 12 тонн зерна, главным образом, зерновых культур, а в странах Западной Европы только 2,6 тонн.

В современном кормопроизводстве особое внимание должно уделять получению высокопитательных, сбалансированных по основным показателям кормовых средств. Одним из путей решения этой проблемы является включение в корма пророщенного зерна.

Часто уборка зерновых при неблагоприятных погодных условиях может привести к проращиванию зерна еще в валках. Такое, либо специально пророщенное зерно, может непосредственно вводиться в состав гранулированных комбикормов без предварительной сушки, чтобы максимально сохранить питательные вещества и витамины.

Проращивание повышает пищевую и кормовую ценность зерна. Мука из проросшего зерна используется для приготовления продуктов питания повышенной пищевой ценности. Особенно такие продукты нужны людям, не переносящим молоко и молочные продукты, а в случае использования его в животноводстве в стартерных кормосмесях позволит экономить молоко, используемое для вскармливания молодняка.

Наряду с проращиванием замоченное зерно с целью удлинения сроков его хранения можно подвергать глубокому замораживанию. При быстром глубоком замораживании вследствие резкого понижения температуры и скорости перехода воды в лед жизненные процессы быстро тормозятся.

Но даже при очень низких температурах в замороженных продуктах полностью не прекращаются химические и биохимические реакции. Эти изменения при хранении вызываются действием ферментов, окислением, гидролизом и коллоидными реакциями.

Уменьшение температуры затрагивает активацию протеиназы. Действие липазы проявляется даже при температуре минус 40 °С. Не снижается активность инвертазы, этим обусловлено накопление сахара в замороженной ткани [2].

При медленном замораживании и хранении при малых отрицательных температурах биохимические реакции не прекращаются, а некоторые, например окисление липидов, даже ускоряются. Во время хранения замороженных продуктов происходят и неферментативные химические изменения. Кислород воздуха реагирует с различными компонентами продуктов, вызывая ухудшение их качества: изменяется вкус пищи, ее цвет, появляются неприятные запахи [2].

Причиной появления неприятного привкуса у замороженных плодов и овощей является дегидрирование фенолов, аминов, флавиноидов и аминокислот под воздействием каталазы и пироксидазы. Из этих ферментов пироксидаза более устойчива к действию отрицательных температур [3].

Исходя из выше изложенного процесс замораживания пищевых продуктов должен проходить максимально быстро и хранить замороженные продукты необходимо при достаточно низких температурах, чтобы исключить ухудшение их качества.

Задачей настоящего исследования явилось определение питательной ценности зерна злаковых и бобовых (пшеница, соя, бобовых) культур и повышение ее в процессе различных способов обработки, включающих:

- замачивание в воде и растворах солей;
- сочетание замачивания с глубоким замораживанием;
- проращивание зерна с включением биологически ценных нутриентов целевой направленности и дальнейшее его использование в кормовых и пищевых целях.

Замачивание семян осуществляли в воде и растворах солей, хлорида натрия, морской соли, сорбиновой кислоты.

Предварительное замачивание проводили с целью определения сорбции воды, необходимой для активизации ферментов и дальнейшего проращивания. Сочетание замачивания с глубоким замораживанием в холодильных камерах предполагали частичную деструкцию полимеров зерна, обогащением его доступными для усвоения веществами, снижение концентрации токсичных олигомеров рафинозной группы в семенах бобовых.

В полученных продуктах после замачивания, проращивания и глубокого замораживания определяли способность семян к наполнению вегетационной влаги, энергию прорастания семян, содержанием сахаров, активность ингибиторов.

Данные по наполнению вегетационной влаги семенами зерновых культур при разных условиях обработки представлены в табл. 1.

Таблица 1 Накопление вегетационной влаги в семенах зерновых культур (% на а.с.в.)

Зерно	Исходное	После замачивания в течении 24 ч	После проращивания в течении 48 ч	Глубокое замораживание после 30 дней
Просо	8,90	22,58	53,40	51,65
Пшеница	11,10	47,06	67,72	43,99
Овес	10,05	58,22	84,18	82,05
Кормовые бобы	9,61	54,09	60,90	65,33

Как видно из приведенных данных, семена различных культур в разной степени сорбируют влагу при замачивании. Наибольшее количество вегетационной влаги сорбируют семена овса, что, очевидно, связано как с размерами пор в оболочках, так и с присутствием различных гидроколлоидов в составе семян.

С увеличением времени замачивания (более 24 часов) количество адсорбированной практически не меняется. В то же время в процессе глубокого замораживания идет как бы частичное подсыхание семян, о чем свидетельствует более высокое значение сухих веществ.

Замачивание семян в различных растворах влияет на энергию их прорастания. Энергия прорастания - это количество зерен с вышедшими за пределы покрова зерна ростками или корешками, выраженная в процентах на 100 замоченных зерен.

Для замачивания были выбраны вода, раствор сорбиновой кислоты 0,025 % (как антисептик) для подавления микрофлоры и 0,01 % раствор морской соли с целью обогащения минеральными веществами прорастающее зерно.

Данные по влиянию условий замачивания при постоянной температуре 20±0,5 °С на энергию прорастания зерен пшеницы представлено в табл. 2.

Таблица 2 Энергия прорастания семян в зависимости от условий замачивания

Показатели	Раствор для замачивания		
	Вода	Сорбиновая кислота,0,025 %	Морская соль,0,01 %
Энергия прорастания, %	90,5	83,87	50,0

Как свидетельствуют полученные данные, раствор морской соли угнетает процесс прорастания семян пшеницы и количество проклюнувшихся зерен самое низкое (50 %). Раствор сорбиновой кислоты по сравнению с контролем. При этом зерна не имели неприятный запах и их поверхность была чистая, без признаков плесени или слизи.

Сочетания таких технологических способов обработки семян как замачивание с последующим проращиванием или замораживанием в значительной степени улучшают их качество.

Так замачивание семян как пшеницы так и сои в различных растворах (вода, морская соль, сорбиновая кислота) приводит к повышению количества редуцирующих веществ в экстрактах семян (табл. 3).

Таблица 3 Влияние условий технологической обработки семян на накопление редуцирующих веществ (% на в.с.в.)

Сырье		Исходное сырье	Замачивание в течении 48 ч при температуре 20±0,5 °С		Проращивание в течении 48 ч при температуре 20±0,5 °С	Глубокое замораживание в течении 24 ч при температуре минус 20 °С	
			Вода	Морская соль		Вода	Морская вода
Пшеница		1,92	3,98	3,70	14,62	5,32	5,12
Соя	шелушенная	1,72	4,62	5,90	-	5,52	4,71
	не шелушенная	1,55	4,70	6,90	-	5,08	5,76

Повышение массовой доли редуцирующих сахаров при замачивании в разных растворах, очевидно, связано с активацией ферментов, прежде всего амилаз, и частично гидролизом крахмала. При проращивании наблюдаются глубокие изменения химического состава семян, активизируются ферменты, в первую очередь гидролитические (амилаза, протеаза, липаза), идет активное расщепление биополимеров и накопление более простых компонентов, необходимых для развития ростка.

В табл. 4 приведены данные по изменению химического состава семян кормовых бобов (Fafa Vicia) при проращивания.

Таблица 4 Изменение химического состава кормовых бобов при проращивании (массовая доля в сухом продукте, %)

Показатели		Продолжительность проращивания, ч			
		0 (исходное зерно)	24	72	144
Крахмал		47,52	44,65	43,38	40,79
Сахароза		2,94	3,11	3,50	4,54
Жир		1,64	1,28	1,23	0,91
Азот	Общий	5,99	5,76	5,79	5,67
	Белковый	4,66	4,56	4,46	4,39
	Небелковый	0,29	0,60	0,86	1,22
	Азот стромы	0,72	0,60	0,47	0,38
	Аминный азот	0,17	0,32	0,41	0,61

Как следует из азота приведенных данных при проращивании наблюдается накопление в экстрактах проращенных семян свободных сахаров за счет расщепления крахмала. Количество азота аминокислот и небелкового азота растет по мере увеличения времени проращивания. Значительные изменения претерпевают и липиды зерна, к концу 6-х суток проращивания концентрация жира уменьшается более чем на 40 %. Даже резко снижается концентрация трудногидролизуемого белка стромы.

Глубокое замораживание как семян пшеницы, так сои также приводит к увеличению редуцирующих веществ (РВ) в экстрактах.

В таблице 5 приведены данные по изменению содержания РВ в семенах пшеницы при их длительном хранению в замороженном состоянии.

Таблица 5 Содержание редуцирующих веществ в зерновках пшеницы в процессе длительного замораживания (% а.с.в.)

Показатель	Условия обработки				
	Исходное зерно	Замоченное в воде в течении 24 ч	Глубокое замораживание, сутки		
			1	2	3
Редуцирующие вещества(РВ)	1,89	4,99	8,19	7,80	6,91

Таким образом, при глубоком замораживании семян пшеницы (предварительно замоченных в воде) уже в первые сутки резко возрастает массовая доля сахаров по сравнению с исходным зерном (8,19 и 1,89 % соответственно). А затем при длительном хранении до 30 и более суток количество сахаров в экстрактах замороженных семян снижается, что вероятно связано с частичным их расходованием на дыхание. Так, по данным Головина Н.А. [2] хранение при пониженных температурах большинства видов овощей приводит к интенсификации расщепления крахмала и образования сахаров. В то же время у

некоторых культур как, например овощной горох, при хранении с замораживанием наоборот синтезируется крахмал. Кроме того, часть сахаров действительно расходуется на дыхание.

По известным данным литературы предварительная обработка семян перед проращиванием слабыми растворами минеральных кислот и солей способствует получению хорошего солода и снижению в нем ингибиторов протеаз.

Проведенное нами исследование по влияния предварительного замачивания семян кормовых бобов (Fafa Vicia Z) в растворах хлорида натрия (0,5% раствор) и сорбиновой кислоты (0,025 %) с последующим проращиванием показали, что такая обработка способствует снижению количества ингибиторов трипсинового переваривания казеина (ТИА), хотя полной их инактивации добиться не удалось (табл. 6)

Таблица 6 Зависимость концентрации ингибиторов трипсина в проращенных фаба бобах от условий предварительного замачивания

Растворы для замачивания	Проращивания в течении, ч			
	24		48	
	Концентрация ингибиторов трипсина, в			
	Мг/г	% торможения	Мг/г	% торможения
Вода	78,8	63,35	24,6	10
Сорбиновая кислота	13,39	20,60	6,77	9,84
Хлорид натрия	5,95	9,20	9,88	13,98

Таким образом, предварительное замачивание кормовых бобов в растворах сорбиновой кислоты и хлорида натрия уже к концу первых суток последующего проращивания приводит к резкому снижению концентрации ингибиторов трипсина (ТИА) и последующим уменьшением их концентрации при более длительном проращивании.

Одновременно при проращивании уже к концу первых суток проращивания практически полностью разрушаются токсичные олигосахариды рафинозной группы.

Длительное глубокое замораживание, как один из методов биотехнологической обработки семян в меньшей степени, чем при проращивании но также приводит к снижению ингибиторов трипсинового переваривания (табл. 7).

Таблица 7 Изменение концентрации ТИА (мг/г) в экстрактах семян сои при длительном глубоком замораживании

Сырье		Продолжительность хранения замороженных семян, сутки			
		Исходное зерно	14	30	120
Соя	шелушенная	18,8	7,38	7,07	4,96
	не шелушенная	15,02	7,96	7,53	4,47

Снижение активности ингибиторов белкового переваривания при замораживании и длительном хранении замороженных семян сои, очевидно, связано с активацией протеаз и частичным гидролизом белковых компонентов ингибиторов при замораживании.

Таким образом, применяя разнообразные методы обработки семян - замачивания, проращивание, длительное замораживание - можно в значительной степени улучшить их питательную ценность.

Список литературы

1. **Алмаши Э., Эрдели Л., Шарой Т.** Быстрое замораживание пищевых продуктов: пер. с венгер. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 408 с.

2. **Головин Н.А.** Холодильная технология пищевых продуктов. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 240 с.

3. **Чижов Г.Б.** Теплофизические процессы в холодильной технологии пищевых продуктов. М. : Пищевая промышленность, 1979. – 272 с.

4. Методы биохимического исследования растений / А.И.Ермаков, В.В.Арасимович, Н.П.Ярош и др.; Под ред. А.И.Ермакова. - 3-е изд., перераб. и доп.- Л.: Агропромиздат. Ленингр.отд-ние,1987. – 430 с.

УДК 621.56:631.24

РОЗРОБКА МАЛИХ ХОЛОДИЛЬНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ ФЕРМЕРСЬКИХ І СЕЛЯНСЬКИХ ГОСПОДАРСТВ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ НА ПОНОВЛЮВАНОМУ ДЖЕРЕЛІ ЕНЕРГІЇ

Тітлов О.С., Патюков С.Д.,
Одеська національна академія харчових технологій (ОНАХТ)

Сучасні вимоги до холодильних апаратів передбачають екологічну безпеку робочого тіла, широкі функціональні можливості, низьке енергоспоживання і мінімальну вартість. У максимальній степені таким вимогам задовольняє холодильна техніка абсорбційного типу, особливо в сільської місцевості . Ці апарати мають озонобезпечний водоаміачний розчин, що практично не виявляє впливу на формування «парникового» “ефекту” в атмосфері Землі, безшумні при експлуатації, мають тривалий ресурс, працюють з альтернативними джерелами енергії (пропан-бутан, природний газ, дизельне паливо, сонячне випромінювання).

Реалізація холодильного циклу відбувається в абсорбційно-дифузійної холодильної машини (АДХМ) при змінних температурах у випарникові (від мінімальної на вході – до максимальної на виході). Ця особливість, а також можливість легко змінювати величину холодопродуктивності в широких межах, дозволяє використати АДХМ для отримання широкого спектру температур холодильного зберігання – від мінус 18 °С (тривале низькотемпературне зберігання заморожених продуктів) до 10...12 °С (зберігання овочів і фруктів).

В ОНАХТ розроблений абсорбційній холодильник що робить з поновлюваною тепловою енергією, яку виробляє газогенератор.

Газогенератор - апарат для термічної переробки твердих і рідких палив у пальні гази. Таку переробку здійснюють в присутності повітря, вільного чи зв'язаного кисню (водяної пари) [1]. Гази, які одержують у газогенераторі, називають генераторними. Горіння твердого палива в газогенераторі на відміну від будь-якої топки здійснюється у великому шарі і характеризується надходженням кількості повітря, недостатньої для повного спалювання палива (наприклад, при роботі на пароповітряному дутті в газогенератор подається 33...35 % повітря від теоретично необхідного). Гази, що утворяться в газогенераторі, містять продукти повного згоряння палива (вуглекислий газ, вода) і продукти їхнього відновлення, неповного згоряння і пірогенетичного розкладання палива (чадний газ, водень, метан, вуглець). У генераторні гази переходить також азот повітря.

У сільській місцевості, як правило, мається велика кількість відходів деревини у вигляді тирси, тріски, кори, гілок, шматків дерева, побутового сміття і т.п. У цілому, ці відходи є коштовною енергетичною сировиною і можуть бути перероблені в газогенераторних установках у теплову енергію методом піролізного генерування газу [2].

Традиційні котли, призначені для спалювання перерахованих вище відходів, характеризуються низькою енергетичною ефективністю (40...50 %) і збільшеною емісією чадного газу і сажі. Газогенератор має енергетичну ефективність близько 90 %. Газ, отриманий у газогенераторі, пересилається в камеру згоряння і там спалюється до безпечних для навколишнього середовища газів: вуглекислого газу, азоту, водяної пари. Температура процесу генерування газу знаходиться в границях від 200 до 850 °С. У цих умовах з 1 тонни сухого дерева виробляється 2000 м^3 пального газу. Енергетична цінність 1000 м^3 газу - близько 1,4 МВт.

У газогенераторі можна використовувати низькокалорійні сорти деревини та її відходів з великим вмістом вологи (до 50 %). Висока енергетична ефективність газогенератора приводить до того, що, незважаючи на більш низьку енергетичну цінність деревних відходів у порівнянні з вугіллям, в остаточному підсумку 1 кг деревних відходів, які використано для генерування газу, заміняють спалювання 1 кг кам'яного вугілля в класичному котлі.

В усіх відомих технічних рішеннях [3] газогенератори використовуються для опалення, обігріву, для роботи транспортного засобу, тому відмінною рисою винаходу, що заявляється, є пропозиція щодо використання газогенераторних установок для роботи малих машин, які використовують тепло, зокрема АДХМ.

Газогенератор 3 являє собою шахту, внутрішні стінки якої викладені вогнетривким матеріалом. Зверху цієї шахти через завантажувальний пристрій 4 подається паливо, а знизу подається потік повітря 9. Шар палива підтримується колосниковими ґратами 10. У самій нижній частині газогенератора на колосникових ґратах розташована зона золи і шлаку, вище – зона горіння або зона окислювання 11, зона газифікації 12 і зона розкладання палива 13. У самій верхній частині розташована зона сушіння палива теплом газів і випарів, що піднімаються 14.

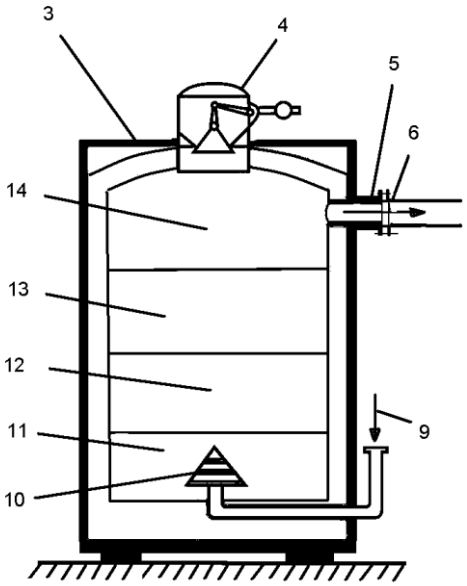


Рис. 2 – Схема роботи газогенератора.

Повітря, яке подають до газогенератору, спочатку проходить через зону золи і шлаку на колосникових ґратах 10, де підігрівається до 300...500 °С, а далі надходить до розпеченого шару палива (окисна зона, чи зона горіння 11), де кисень дуття вступає в реакцію з елементами палива. Температура в зоні 11 складає від 1200 до 1500 °С. Продукти згоряння, що утворилися, піднімаються догори по газогенератору 3 і зустрічаються з розпеченим паливом (зона газифікації 12), відновлюються до окису вуглецю і водню. При подальшому русі нагору сильно нагрітих продуктів відновлення (800...1000 °С) відбувається термічне розкладання палива (зона розкладання палива 13) і продукти відновлення збагачуються продуктами розкладання (газами, смолами і водяною парою). У результаті розкладання палива спочатку утворюється напівкокс, а потім і кокс, на поверхні яких під час їхнього опусканні униз відбувається відновлення продуктів згоряння (зона 12). При опусканні ще нижче відбувається горіння коксу (зона 11). У верхній частині 14 газогенератора 3 відбувається сушіння палива теплом газів і випарів, що піднімаються.

Висновки.

Техніко-економічний ефект від використання конструкції АДХМ, яка пропонується, полягає в тому, що на базі вузлів, які серійно випускаються на Васильківському заводі холодильників (Україна, Київська область), можна виготовити новий абсорбційний холодильник, що буде працювати з генераторним газом як джерелом теплового навантаження. Це особливо важливо для жителів районів з неякісною подачею електроенергії або в районах з відсутністю електрики.

Максимальний економічний ефект буде досягнутий при використанні в якості холодильних камер наявних господарських будівель (підвалів, льохів, сараїв, комор і т. ін.) після відповідної теплогідроізоляції огороджень. Найбільш перспективними можуть стати підземні спорудження (льохи, підвали), що характеризують мінімумом теплопритоков у теплий час року і високою тепловою інерційністю [4]. Найбільш економічно ефективним у такій конструкції є варіант із центральним газогенераторним пристроєм, з наступною роздачею генераторного газу по спеціальних теплоізольованих магістралях.

Абсорбційний холодильник з газогенератором може бути використаний і як транспортний холодильник, що особливо актуально для сільської місцевості,. наприклад для первинної холодильної обробки фруктів (полуниці, винограду і т.д.) безпосередньо в місцях збору.

Одне з практичних застосувань розробок абсорбційного холодильника з газогенератором зв'язано зі ставковим і річковим рибництвом. Великою проблемою в рибницьких господарствах є збереження великих порід риб (білого амура, коропа, товстолобика) перед спуском ставків на зиму. Пересувні платформи або причепи можуть бути обладнані абсорбційними холодильниками з газогенераторними пристроями і вирішувати задачі первинної холодильної обробки безпосередньо в місцях лову з наступною доставкою охолодженої продукції в місця стаціонарного збереження [5]. Слід зазначити і досвід практичного використання в СРСР у 1930-1940 роках газогенераторних установок у якості основного і допоміжного джерела палива двигунів легкових і вантажних автомобілів.

Усі вищевказані заходи дозволять вирішити задачу винаходу - розширити область застосування холодильних апаратів абсорбційного типу.

Список літератури

1. Теплотехнический справочник /Под ред. С.Г. Герасимова. - М.-Л. : Госэнергоиздат, 1957. – Т. 2. – С. 279-283.

2. **Михеев В.П.** Газовое топливо и его сжигание. – Л.: Госэнергоиздат, 1966.

3. **Михайлов А.Н.** С газом, без газа // Двигатель (Российская Федерация). – 2005. – № 4(40). – С.36.

4. **Деклараційний патент на винахід № 59825А України, МКИ F25 B13/00;** Холодильна камера // О.С. Тітлов, О.Б. Василів, М.Д. Захаров, Р.М. Проць (Україна).– № 20021210411; Заявл. 23.12.2002; Опубл. 15.09.2003, Бюл. № 9.

5. **Деклараційний патент № 56791А України, МКИ F25 B1/00, F25 B15/10;** Транспортна холодильна установка // О.С. Тітлов, О.Б. Василів, М.І. Бабков, Г.С. Паламарчук (Україна). – № 2002097485; Заявл. 17.09.2002; Опубл. 15.05.2003, Бюл. № 5

УДК 664.8

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ПОБУТОВИХ ХОЛОДИЛЬНИХ ПРИЛАДІВ ДЛЯ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ, НАПІВФАБРИКАТІВ І СИРОВИНИ

Тітлов О.С., Приймак В.Г.,
Одеська національна академія харчових технологій

Перспективним, з погляду енергозбереження [1], напрямом в сучасній техніці є створення побутових приладів, об'єднуючих функції холодильного зберігання і теплової обробки харчових продуктів, напівфабрикатів і сільськогосподарської сировини.

Разом з тим до сьогодні відсутні не тільки розробки конструкцій комбінованих побутових холодильних абсорбційних приладів, але і рекомендації по технологічних можливостях в побуті.

Аналіз функціональних можливостей показав, що додаткова ТК може бути використана для [2]:

а) підігріву продукту до заданої температури;

б) різних видів технологічної обробки, в результаті якої може бути отриманий новий продукт (сушка, в'ялення, бродіння та ін.).

Одним з найбільш поширених видів технологічної обробки харчових продуктів, вживаних в домашньому господарстві, є отримання кислого молока. Її отримують з молока, сквашеного молочнокислими бактеріями, оптимум життєдіяльності яких знаходиться в межах 30...55 °С (залежно від виду мікроорганізму).

Широко поширено приготування в домашніх умовах сиру. При приготуванні кислотно-сичужного сиру пастеризоване молоко охолоджують до температури 30...34 °С і додають 5 % закваски, яку ретельно перемішують з молоком, додають в розчин хлористого кальцію і сичужного порошку. Щільний згусток, що утворився через 6...8 годин, розрізають на частини, після годинної витримки сироватку видаляють, а згусток підвішують в бязевих мішечках для самопресування.

Крім молочних і кисломолочних продуктів харчування ТК можуть бути використані для приготування тіста при випічці кулінарних виробів. Дріжджове тісто готують опарним і безопарним способами. При приготуванні опари з дріжджами змішують частину муки і води і залишають для бродіння на 2...3 години при температурі 27...30 °С. Після цього в опару додають всі інші компоненти, що залишилася по рецептурі, замішують тісто і залишають його на 1,0...1,5 години для бродіння. При безопарному способі всі компоненти вносять одночасно з дріжджами, після чого тісту дають бродити 3...4 години. При цьому хоча і скорочується час, необхідний для приготування тіста, але вироби виходять не завжди високої якості.

Надалі ТК може бути використана і для расстойки сформованих виробів перед їх випічкою. Расстойка проводиться при температурі 30...32 °С протягом 25...120 хв залежно від маси тестової заготівки. Кінець расстойки визначають по збільшенню тестових заготовок і придбанню ними правильної форми.

При зберіганні хліб усихає і черствішає. При черствінні в першу чергу відбувається зміна стану крохмалю. У свіжому хлібі крохмаль знаходиться в аморфному поляганні в білковій структурі. При зберіганні крохмаль віддає вологу і переходить в кристалічний стан, зменшується в об'ємі, між білками і зернами крохмалю з'являються повітряні прошарки, і м'якуш стає крихким. Вода, що виділяється крохмалем, частково утримується білками, частково насичує повітряні прошарки, що утворилися, внаслідок чого кірка хліба розм'якшується. У ТК можливе освіження хліба при підігріві до 60 °С — крохмальні зерна знову набухають і відновлюється еластичність м'якуша.

Процес черствіння характерний і для страв з круп'яних і макаронних виробів навіть при нетривалому зберіганні при кімнатній температурі. Підігрів цих страв до температури близько 60 °С відновлює їх первинні властивості.

Разом з підігрівом страв з круп'яних і макаронних виробів ТК можуть бути використані для підігріву перших і других страв. При цьому підігрів їжі не пов'язаний з небезпекою використання відкритого вогню, що дозволяє проводити його дітьми молодшого шкільного віку.

Одним з важливих напрямів застосування ТК може бути сушка плодів, овочів, риби, лікарських трав, ягід, грибів при температурах 40...70 °С. В процесі сушки відбувається значне зменшення вологовмісту продуктів, яке сприяє продовженню термінів їх зберігання. Мінімум вологості, при якому можливий розвиток бактерій, складає 25...30 %, а цвілеві гриби вимагають не менше 10 % вологи. При сушці вологість овочів і плодів доводять до 8...25 %, тобто до рівня, який перешкоджає розвитку мікроорганізмів.

Перед сушкою багато овочів і плоди подрібнюють. Залежно від виду сировини овочі і плоди ріжуть кружечками, часточками, кубиками, стовпчиками. Деякі плоди сушать в цілому вигляді.

Особливий інтерес в домашніх умовах представляє сушка білого коріння, зелені, грибів і інших овочів, сушка яких в осінній період особливо раціональна в нагрівальній камері.

Сушка плодів і ягід дозволяє не тільки зберегти що тривалий час містяться в них біологічно активні речовини, але і отримати делікатесні продукти. Сушці піддають яблука, груші, абрикоси, сливи, вишні, персики, виноград і інші ягоди, у тому числі і дикорослі, дині, інжир. Крупні і середні яблука і груші сушать половинками або четвертинками. Сушені абрикоси готують з абрикос сушильних сортів з яскраво забарвленими плодами, щільною м'якоттю і кісточкою, що легко відділяється. Сушені абрикоси підрозділяють на урюк (цілі плоди з кісточкою), кайсу (цілі плоди з видавленою кісточкою) і курагу (половинки плодів). Сушені сливи готують з угорок і ренклодів. Найбільш цінним є чорнослив, який отримують при сушці угорок. Для сушки використовують і інші місцеві сорти. Сушені вишні отримують з темно забарвлених м'ясистих сортів з високим вмістом сухих речовин. Сушений виноград готують з винограду сушильних сортів з високим вмістом сухих речовин і тонкою шкіркою. Сушений виноград, отриманий з безнасінних сортів, називають кишмишем, а з насінних — родзинками. Кишмиш використовують при випічці булочних виробів, здоби і кексів, а родзинки — для приготування компотів.

У ТК можна проводити також сушку і в'ялення риби. Сушену рибу заготовлюють шляхом значного її обезводнення холодною природною або штучною сушкою при температурі не вище 35 ° С. При холодній сушці в рибі не відбуваються глибокі зміни, і вона краще зберігає свої властивості. Сушать тільки худу солону або несолону рибу, що містить до 2...3 % жиру.

Практично повсюдно спостерігається заготівка в домашніх умовах лікарських рослин, які відразу ж після їх заготовляння необхідно висушити. Рослини, які містять ефірні масла, сушать при температурі не вище 25...30 °С, ті рослини, які містять алкалоїди і глікозиди, — при 50...60 °С. Для сушки соковитих плодів використовують вищі температури, біля 70...80 °С, а коріння сушать при 40...50 °С. Найбільшого поширення набула заготівка плодів шипшини, глоду, ромашки аптечної, звіробою, деревію, материнки, календули і інших трав.

Не виключено також використання ТК для розм'якшення масла і маргарину при замісі тіста різних видів (33...35 °С), підсушування насіння, сушки дріжджів, підсушування круп для видалення жучка, запарювання настоїв трав і ін.

Для проведення вище згаданих технологічних процесів, максимальна температура не перевищує 70 °С, тобто при розробці ТК у складі апарату необхідно орієнтуватися на даний температурний рівень.

Висновки

Встановлено, що перспективним напрямом енергозбереження в побутовій техніці є розробка приладів, що суміщають функції холодильного зберігання і теплової обробки харчових продуктів, напівфабрикатів і сільськогосподарської сировини. У таких комбінованих приладах теплота, що виділяється при реалізації холодильного циклу, не відводиться в навколишнє середовище, а передається в спеціальну ТК, температура повітря в якій може досягати 70 °С.

Список літератури

1. **Титлов А.С., Васылив О.Б., Вольневич С.В.** Разработка бытовых холодильных аппаратов с дополнительной нагревательной камерой // Сб. науч. тр. 2-ой Междунар. науч.-техн. конф. «Современные проблемы холодильной техники и технологии» (приложение к журналу «Холодильная техника и технология»). – 2002. – С. 85-90.
2. **Чайковский В.Ф., Тележенко Л.Н., Тельных Э.Я., Вольневич С.В., Титлов А.С.** Использование тепловой камеры комбинированного холодильника для обработки пищевых продуктов / Одес. технол. ин-т пищ. пром-сти. – Одесса, 1991. – 22 с. – Рус. – Деп в УкрНИИНТИ 02.07.91, № 949-Ук91.
3. **Деклараційний патент № 47866А України, МКИ F 25 D 11/02;** Комбінований абсорбційний холодильник // О.С.Тітлов, М.Д.Захаров, О.Б.Василів, С.В.Вольневіч. -№ 2001106933; Заявл. 11.10.2001; Опубл. 15.07.2002, Бюл. № 7.

4. **Чернышев В.Ф., Хоменко Н.Ф., Титлов А.С. Вольневич С.В.** Новые конструкции АБХ // Холодильная техника. – 1991. – № 12. – С.12-13.
5. **Васылив О.Б., Титлов А.С., Оргиян А.А.** Моделирование тепловых режимов нагревательных камер комбинированных бытовых аппаратов абсорбционного типа // Холодильная техника и технология. – 2003.– № 2. – С.13–18.

УДК 621.575.932:621.565.92

РАЗРАБОТКА АБСОРБЦИОННЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ ПРИБОРОВ ДЛЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ МЯСНОЙ И РЫБНОЙ ПРОДУКЦИИ В УСЛОВИЯХ ФЕРМЕРСКИХ И КРЕСТЬЯНСКИХ ХОЗЯЙСТВ

Селиванов А.П., Титлов А.С.,
Одесская национальная академия пищевых технологий

В современных условиях в фермерских и крестьянских хозяйствах Украины на первое место выходят проблемы формирования рационального (экономного) бюджета, среди которых одной из основных является проблема сохранения выращенного урожая в течении трех-шести месяцев в товарных количествах при минимуме затрат на энергоносители. Вместе с тем известным в мировой практике фактом [1] являются потери свыше половины урожая сельскохозяйственной продукции при отсутствии должного холодильного хранения.

В настоящее время в Украине основная масса собранной плодовоовощной продукции традиционно хранится в подвалах, где зачастую в теплое время года (август – ноябрь, апрель- май) не удается поддерживать требуемые температурные режимы (5…12^{o} С). Для обеспечения необходимых режимов хранения рынок бытовой и торговой холодильной техники для мелкооптовых производителей предлагает отечественные и импортные разборные (панельные) холодильные камеры объемом 3…9 м ^{3}, снабженные компрессионными холодильными машинами. В сельской местности Украины эксплуатация таких камер затруднена как из-за длительных перебоев с подачей электроэнергии, так и из-за некачественной поступающей электроэнергии (диапазон колебания напряжения в сети 160…250 В).

Сложившаяся ситуация заставляет разработчиков обращаться к низкотемпературным системам на базе теплоиспользующих абсорбционных холодильных агрегатов (АХА).

Начиная с 1990 года разработки ученых и специалистов Одесской национальной академии пищевых технологий, Васильковского завода холодильников (ВЗХ) и НПО прикладной механики (Железногорск, Красноярский край) были направлены на создание новых образцов абсорбционной холодильной техники различного функционального назначения, причем во всех случаях стремились обеспечить минимум энергопотребления при эксплуатации [2].

При создании новой техники использовались прогрессивные технические и технологические решения:

а) размещение испарителя АХА за пределами полезного объема в вертикальной плоскости [3];

б) создание дополнительных теплостоков на основе тепловых труб и двухфазных термосифонов [4];

в) применение высокопористого ячеистого материала в качестве теплоизоляции генераторного узла АХА (на основе керамики) [5] и для снижения контактного термического сопротивления в зоне теплостоков (на основе меди) [6];

г) применение холодоаккумулирующих материалов [7];

д) применение энергосберегающих способов управления [8].

Одним из наиболее значимых результатов разработок стали универсальные низкотемпературные камеры (НТК) типа “ларь” параметрического ряда, в том числе и транспортного типа (устанавливаются на прицепах легковых автомобилей), с величиной полезного объема: 100; 180; 220; 240; 280 дм^{3}.

Оригинальная конструкция НТК типа “ларь” выполнена на базе серийных технологий ВЗХ [9] и содержит два АХА (на торцах либо на задней стенке в ряд), предназначенные обеспечивать режимы хранения в широком диапазоне температур – от минус 18 °С (длительное хранение) до плюс 10… 12 °С (кратковременное хранение фруктов и овощей). Конструкция ларя (рис.1) способствует сохранению холодного воздуха в объеме камеры при открытии крышки и не позволяет воздуху из помещения с высоким влагосодержанием попадать на тепловоспринимающие панели. Это позволяет существенно снизить интенсивность образования снеговой шубы и, тем самым, улучшить эксплуатационные и энергетические характеристики НТК.

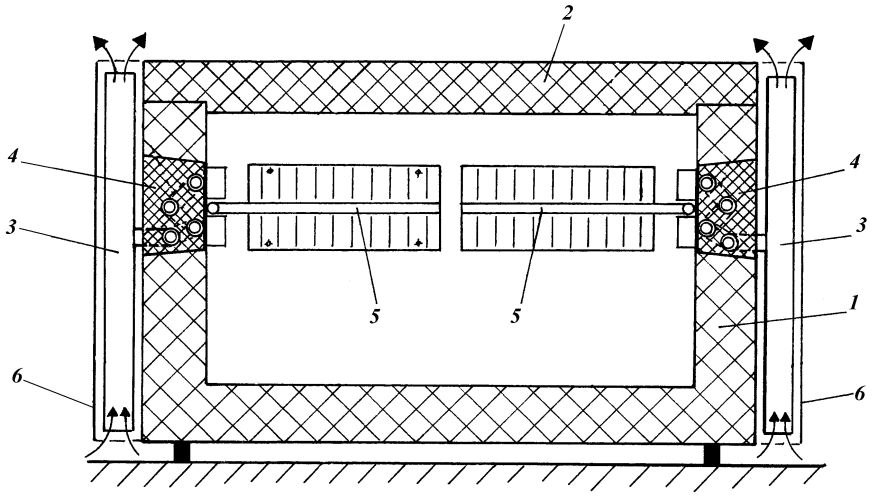


Рисунок 1 - НТК типа «ларь»

1 – теплоизоляционный корпус; 2 – крышка; 3 – АХА; 4 – блок испарителя; 5 – тепловые трубы; 6 – съемные фальш - панели

При разработке НТК типа “ларь” решались задачи увеличения холодопроизводительности, так как простое увеличение числа АХА не позволяет обеспечить требования к объемам перерабатываемой продукции, особенно в начальный период. Кроме этого, как показывает опыт, величина полезного объема НТК должна составлять не менее 180 дм^3. При высоте порядка 1,0 м, ширина ее составит около 1,0 м, а глубина – 0,5...0,6 м. При отсутствии систем принудительной циркуляции воздуха обеспечить равномерность температурных полей в камере достаточно сложно. Возникшие при разработке проблемы решали с помощью холодоаккумулирующих материалов (ХМ), позволяющих создать «запас» холодопроизводительности и тепловых труб (ТТ), обеспечивающих высокоэффективную (с минимальным термическим сопротивлением) тепловую связь на значительных расстояниях.

Изучение ХМ и ТТ проводили на НТК типа «ларь» с торцевым расположением двух АХА. Величина полезного объема камеры составляла 180 дм ^{3} , наружные размеры камеры – 1,020 × 0,65 × 0,95 м. В качестве ХМ использовался водный раствор хлорида натрия (22-23 %), который находился в полиэтиленовых прямоугольных емкостях размером 0,04 × 0,080 × 0,210 м. ТТ были выполнены по технологии НПО прикладной механики (г.Железногорск, Россия) и имели Г-образную конструкцию и омегообразный профиль. Теплоноситель – аммиак. Длина зоны испарения ТТ – 0,19 м, конденсации – 0,24 м. В качестве имитаторов продукта использовали водный раствор агара, приготовленный в соответствии с нормативными требованиями [10]. Размеры пакетов-имитаторов составляли 0,05 × 0,1 × 0,1 м, вес 0,5 кг. Пакеты размещались в проволочных корзинах размером 0,315 × 0,38 × 0,21 м, которые устанавливались в три яруса. Между корзинами и стенкой камеры выдерживался воздушный зазор 15...20 мм.

Конструктивное исполнение НТК с АХА позволяло изучать различные комбинации при установке шести ТТ в зоне испарительных участков АХА - по одной, две, три ТТ на один АХА (для камеры, соответственно, 2, 4, 6 ТТ). Результаты экспериментальных исследований показали, что в незагруженной камере число труб практически не влияет на равномерность ее температурного поля. Снижение температуры в камере из-за выравнивания температурных полей при переходе с двух ТТ на шесть не превышает 2 °С. При этом различная компоновка ТТ с прямолинейными участками испарителя практически не оказывает влияния на температурное поле незагруженной камеры (изменение температуры не превышает погрешности измерений т.е. 0,5 °С). Это объясняется низкими величинами теплопритоков через ограждающие теплоизоляционные конструкции камеры в стационарном режиме и возможностью свободного перемещения воздуха в полезном объеме камеры. Особый интерес представляют пусковые (нестационарные) режимы, связанные с загрузкой камеры «теплыми» продуктами (имитаторами) с температурой 25±1 °С. Серия таких исследований проводилась при номинальной тепловой нагрузке на АХА (по 112 Вт) в постоянном режиме, температуре окружающей среды 31...32 °С, температуре в камере минус 20 ... минус 18 °С.

ВЫВОДЫ

1. Универсальные НТК на базе АХА могут решать задачи создания непрерывной холодильной цепи и в условиях отсутствия или некачественной подачи электроэнергии.
2. Применение интенсифицирующих технологий (ТТ, ВПЯМ, холодоаккумуляторов) позволяет НТК на базе АХА конкурировать с соответствующими аналогами компрессионного типа.

Список литературы

1. **Чумак И.Г., Лагутин А.Е., Кочетов В.П.** Холодильная техника и технология. Состояние и перспективы развития // С.-П. – М. Вестник МАХ. – № 4. –1995. – С.21-26.
2. **Титлов А.С.** Современный уровень производства бытовых абсорбционных холодильных приборов / А.С. Титлов, Н.Д. Захаров // Наукові праці ОНАХТ. – 2007. – № 31. – Т.2. – С. 62-67.
3. **Пат. 19328 Украина, МКИ F25 B15/10.** Абсорбционный холодильник /Н.Ф. Хоменко, Г.М. Олифер, А.С. Титлов (Украина). - №95321331, Заявл. 03.04.91; Опубл. 25.12.97, Бюл. №6.
4. **Титлов А.С., Рыбников М.В., Завертаный В.В., Васылив О.Б.**Использование тепловых труб и термосифонов в абсорбционных холодильниках // Холодильная техника. – 1998. – № 2. – С. 12-13.
5. **Деклараційний патент № 47755А України, МКИ F 25 B 15/10;** Теплоізоляційний кожух генераторного вузла абсорбційно-дифузійних холодильних машин //М.Д.Захаров, О.С.Тітлов, О.Б.Василів. - № 2001096080; Заявл. 04.09.2002.
6. **Пат. 2039916 Российской Федерации, МКИ F25 D 11/02, 23/10.** Способ соединения теплопередающих деталей разной конфигурации в абсорбционном холодильнике и абсорбционный холодильник / В.Ф. Чернышев, Г.И. Овечкин, А.С. Титлов. - № 4877935/13; Заявл. 11.09.90; Опубл. 20.07.95 , Бюл. № 20.
7. **Титлов А.С., Завертаный В.В., Васылив О.Б., Ленский Л.Р.** Экспериментальные исследования температурно-энергетических характеристик низкотемпературных камер на основе АХА // Тепловые режимы и охлаждение радиоэлектронной аппаратуры. – 1998. – № 1. – С.60-67.
8. **Титлов А.С.** Разработка энергосберегающих способов управления бытовыми и торговыми абсорбционными холодильными аппаратами // Сборник науч. тр. 2-ой Междунар. науч.- техн. конф. «Современные проблемы холодильной техники и технологии» (приложение к журналу «Холодильная техника и технология»). – 2002. – С. 97-101.
9. **Деклараційний патент № 50941А України, МКИ F25 B15/10;** Морозильник // О.С. Тітлов, М.Д. Захаров О.Б. Василів, Г.М. Оліфер, М.Ф. Хоменко. - № 2001096075; Заявл. 04.09.2001; Опубл. 16.09.2002, Бюл. № 11.
10. **ДСТУ 2295-93 (ГОСТ 16317-95 ISO 5155-83, ISO 7371-85, IEC 335-2-24-84).** Прилади холодильні електричні побутові. Загальні технічні умови. – Взамен ГОСТ 16317-87; Введ. 20.07.95. – К: Держстандарт України, 1996. –35 с.
11. **Титлов А.С., Васылив О.Б., Тюхай Д.С., Безусов А.Т., Бабков Н.И., Паламарчук А.С.** Разработка автономных мобильных аппаратов абсорбционного типа для первичной холодильной обработки продукции речного и прудового рыбоводства // Холодильная техника и технология. – 2000. – № 22. – С. 61-64.
12. **Деклараційний патент № 56791А України, МКИ F25 B1/00, F25 B15/10;** Транспортна холодильна установка // О.С.Тітлов, О.Б.Василів, М.І. Бабков, Г.С. Паламарчук. - № 2002097485; Заявл. 17.09.2002; Опубл. 15.05.2003, Бюл. № 5.
13. **Деклараційний патент на винахід № 59825А України, МКИ F25 B13/00**; Холодильна камера // О.С. Тітлов, О.Б. Василів, М.Д. Захаров, Р.М. Проць.-№ 20021210411; Заявл. 23.12.2002; Опубл. 15.09.2003, Бюл. № 9.

УДК 621.575:620.91:662.997

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ЗЕРНА МЕЛКОСЕМЕННЫХ КУЛЬТУР

Петушенко С.Н., Титлов А.С., Олейник Е.В.,
Одесская национальная академия пищевых технологий

Зерно – это один из важнейших основных продуктов питания человека, для выращивания и сбора которого привлекаются обширные ресурсы. По данным продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН, в мире ежегодно портится около 20 % собранных зерновых [1]. Основная задача хранения зерна – сохранить зерно без потерь в массе или с минимальными потерями.

Потери, обусловленные ухудшением качества хранящегося зерна, приводят и к количественным потерям. Как показал многолетний опыт в технологии первичной обработки свежеубранного зерна, одной из актуальных задач является его охлаждение до температур, обеспечивающих безопасное хранение. Многочисленными физиологическими, биохимическими и технологическими исследованиями установлено, что понижение температуры зерна ниже 8…10 °С резко снижает интенсивность физиолого-биохимических процессов, способствует сохранению исходного качества зерна и увеличивает сроки его хранения как при длительном хранении зерна, так и при его временном хранении до возможной дополнительной обработке в сушилке.

Таким образом, проблема разработки систем первичной холодильной обработки мелкосемянного зерна являются актуальными.

Целью настоящего исследования является оценка перспектив применения различных типов холодильных машин для низкотемпературного хранения зерна и разработка таких систем для мелкосемянного зерна.

Несмотря на широкое применение в настоящее время ПКХМ, можно говорить и об определенных перспективах теплоиспользующих холодильных машин абсорбционного (АХМ) и пароэжекторного (ПЭХМ) типа в стационарных системах охлаждения зерна. АХМ и ПЭХМ используют, как правило, теплоту низкого температурного потенциала, например теплоту выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания, бросового тепла газотурбинных установок и котельных агрегатов.

Электрическая энергия в АХМ и ПЭХМ используется только для привода насосов и в системах автоматики, причем в АХМ в суммарном подводе энергии доля электричества составляет от 0,5 % (бромисто-литиевые установки) до 2,3 % (водоаммиачные), в ПЭХМ ~ 0,6 %.

Рассольные бромисто-литиевые АХМ обеспечивают охлаждение объектов до 6…12 °С с тепловым коэффициентом 0,64…0,69.

Тепловой коэффициент серийных ПЭХМ в диапазоне температур охлаждения 4…8 °С составляет 0,06…0,13 при холодопроизводительности 350…1150 кВт.

Проведем сравнение ПКХМ с компрессором П220 и аммиаком в качестве холодильного агента.

Расчеты показывают, что холодильный коэффициент такой ПКХМ при температуре кипения 5 °С и температуре конденсации 30 °С составляет 7,5, а холодопроизводительность 650 кВт. При этом в рассмотренном ПКХМ затраты электроэнергии на производство 1 кВт искусственного холода составляют 0,13 кВт; в бромистолитиевых АХМ – 0,008 кВт, водоаммиачных АХМ – 0,04 кВт; ПЭХМ – 0,1 кВт.

Эти результаты позволяют сделать вывод о том, что при наличии бросовых энергоресурсов эксплуатационные затраты при работе всех типов теплоиспользующих холодильных машин (АХМ и ПЭХМ) ниже, чем у ПКХМ.

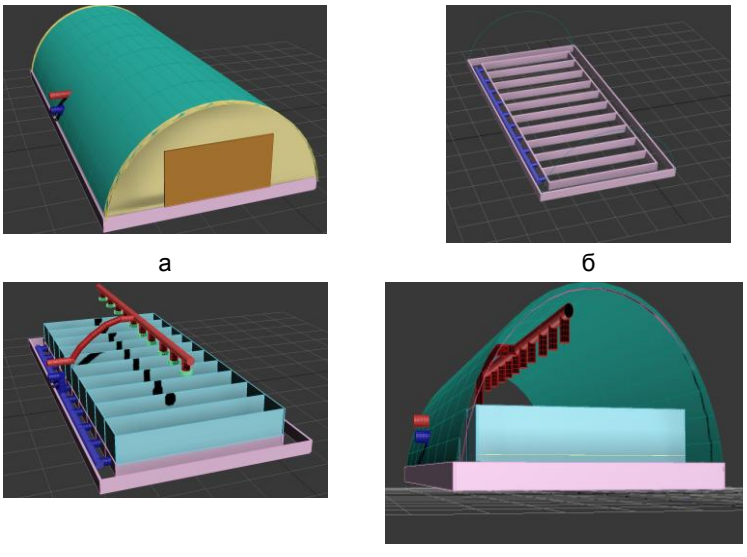
Для решения поставленной задачи были проведены экспериментальные исследования режимов низкотемпературной обработки мелкосеменных культур. Исследования проводились на специально изготовленной лабораторной установке. Объектом исследований было выбрано зерно рапса.

Получено уравнение для определения коэффициента конвективного теплообмена при холодильной обработке зерен рапса [2]:

$$Nu = 2 + 0.2 \cdot \mathrm{Re}_{Э}^{0.5} \cdot \mathrm{Pr}^{0.33} \cdot \left(\frac{d}{h}\right)^{1.423}.$$

Диапазон изменения симплекса: $1{,}1 \le \left(\frac{d}{h}\right) \le 0{,}37$.

Разработанная система охлаждения склада для напольного хранения влажного зерна мелкосеменных культур приведена на рис. 1, а-г [3].



а б в г

Рис. 1. Система охлаждения склада для напольного хранения влажного зерна мелкосеменных культур: а – общий вид; б – система распределения воздушных потоков; в – система отвода отработанного нагретого воздуха; г – вид со снятой торцовой перегородкой

Конструкцию предполагается устанавливать в местах непосредственной заготовки зерна. Зерно загружается в отдельные перегородки, в нижней части которых расположены каналы для подачи охлажденного воздуха. Для недопущения просыпки зерна в нижней части перегородок установлены перфорированные решетки. Отвод отработанного воздуха осуществляется воздуховодами из верхней части хранилища.

Выводы

1. Проведенная оценка перспектив применения холодильных машин, реализующие различные способы получения искусственного холода показала, что:

а) в качестве стационарных холодильных установок на элеваторах и зерноскладах Украины и стран СНГ можно рекомендовать бромисто-литиевые и водоаммиачные АХМ (бромисто-литиевые и водоаммиачные) и ПЭХМ, причем в связи с высокой стоимостью стационарных систем на базе ПКХМ применение дешевых экологически чистых теплоиспользующих аппаратов представляется перспективным уже в ближайшее время;

б) наибольшие перспективы в мобильных системах охлаждения зерна на базе ПКХМ имеет природный хладагент – аммиак, обладающий к тому же превосходными экологическими характеристиками;

в) в ближайшей перспективе в системах охлаждения зерна стационарного типа могут быть использованы ПЭХМ с холодильным агентом R134a – они обеспечивают возможность использования низкопотенциального тепла на уровне температур плюс 70...80 ºС, конструкции их компактны, а давление в системе поддерживается выше атмосферного, что исключает подсос воздуха в испаритель.

2. Проведенные экспериментальные исследования процессов конвективного теплообмена при продувке неподвижного слоя мелкосеменного зерна показали, что

а) охлаждение зерна до 8...10 ºС сопровождается частичным его осушением: для рапса – 1,13 %, для проса – 0,98 %, при этом максимальная интенсивность уноса влаги наблюдается вначале термообработки, так, например, при снижении температуры на 50 % от начальной температуры зерна унос влаги составляет для рапса – 90 %, проса – 80 %;

б) найденный эффект осушения зерна при его охлаждении позволяет исключить из технологической цепочки процесс высокотемпературной сушки, а это не только сократит энергозатраты при хранении мелкосеменного зерна, но и повысит его качество.

3. На основе проведенного анализа и результатов экспериментальных исследований процессов конвективного теплообмена предложены две схемы системы первичного охлаждения зерна – контейнерного (мобильного) и стационарного типа, каждая из которых может быть использована в фермерских и крестьянских хозяйствах Украины в зависимости от объема перерабатываемой продукции.

Список литературы

1. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных наций (FAO) [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: http://www.fao.org/home/ru.
2. **Петушенко, С.Н.** Современное состояние техники и технологии низкотемпературной обработки и хранения зерна мелкосеменных культур [Текст] / С. Н. Петушенко // Холодильна техніка та технологія. – 2013. – № 2. – С. 71-74.
3. **Петушенко С.Н.** Разработка систем охлаждения для первичной низкотемпературной обработки и хранения зерна мелкосеменных культур / С.Н. Петушенко, А.С. Титлов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – № 3/8(75). – С. 50-56. DOI: 10.15587/2312-8372.2015.44139.

УДК 664.723-517.4

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВИЯ ВНУТРЕННИХ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛОТЫ

Дементьева Тамара Юрьевна

При математическом моделировании тепломассопереноса в процессе сушки диэлектрических материалов с применением микроволновой энергии можно принять, что в теле действуют два источника тепла: положительный, обусловленный действием энергии микроволнового поля, и отрицательный, обусловленный испарением влаги [1,2].

Модель представляет собой дифференциальное уравнение теплопроводности (1) с соответствующими условиями однозначности: начальные условия (2), граничные условия (3).

$$\frac{\partial t(x,\tau)}{\partial \tau} = a \cdot \frac{\partial^2 t(x,\tau)}{\partial x^2} + \frac{n}{c \cdot \rho} + \frac{q_v}{c \cdot \rho} \quad (1)$$

$$t(x.0) = t_0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial t(\infty,\tau)}{\partial x} = 0 \quad (3)$$

$$\alpha(t(0,\tau) - t_{возд}) = -\lambda \frac{\partial t(0,\tau)}{\partial x}$$

Здесь t- температура,x- текущая координата, τ - время, a, c, ρ,λ- коэффициент температуропроводности, теплоемкость, плотность и теплопроводность слоя материала, соответственно, α - коэффициент теплоотдачи.

Применяя преобразование Лапласа, было получено решение описанной выше задачи, которое позволяет рассчитать температурное поле для трех периодов сушки: нулевом (период прогрева), первом (период постоянной скорости сушки) и втором (период падающей скорости сушки). Отличия в периодах задаются соответствующими значениями величин, входящих в исходные данные. Так, для нулевого периода принимается, что вода практически не испаряется, т.е. отрицательный источник теплоты равен нулю. В первом периоде следует задаться скоростью сушки W, которая определяет значение отрицательного источника: $q = \rho \cdot W \cdot r$, где r- удельная теплота парообразования. Скорость сушки при проведении расчетов определяется данными экспериментов.

Выполнены расчеты при различных значениях коэффициентов теплоотдачи, удельной мощности магнетронов (положительный источник), коэффициента температуропроводности материала. Исходные данные для расчета соответствуют условиям отдельных экспериментов [3]. Материал - овес с начальным влагосодержанием $u = 0,2$ и массой$m = 0,1$ кг, выходная мощность магнетрона – от 100 до 600 Вт. Теплофизические свойства слоя рассчитывались как эффективные величины с учетом его порозности$\varepsilon = 0,4$.Данные по свойствам зерна приведены в [4].Полученные расчетные данные свидетельствуют о соответствии модели реальным физическим процессам, проходящим при сушке плотного слоя материала в условиях действия внутренних источников теплоты: увеличение коэффициента теплоотдачи приводит к снижению температуры поверхности; при фиксированном коэффициенте теплоотдачи и на незначительном удалении от поверхности температура выше, чем на поверхности. Затем, в связи со значительным поглощением энергии слоем, температура начинает падать. Расчетные и экспериментальные данные по температуре поверхности материала удовлетворительно коррелируются. При расчетах скорость сушки выбиралась в соответствии со значениями, полученными в эксперименте.

Расчеты показывают, что с увеличением удельной мощности положительного источника температура поверхности возрастает. С увеличением испарения, т.е. ростом отрицательного источника теплоты, температура материала понижается, что верно отражает процессы, протекающие при сушке.

Анализ полученных результатов позволил заключить, что зависимость позволяет получать данные по температурам в процессе сушки дисперсного материала (зерновые культуры) при их нагреве в микроволновом электромагнитном поле. Расчетные данные свидетельствуют об их соответствии физической картине процесса тепловлагопереноса при сушке и удовлетворительно коррелируются с экспериментальными данными.

Список литературы.

1. **Лыков, А.В.** Теориятеплопроводности.-М: Высшаяшкола.-1967.- 600с.
2. **Yang, H.** Advancesinagriculturalscienceandtechnology / H. Yang, J. Tang // AdvancesinBioprocessingEngineering. WorldScientific. – Vol.1.-2002.-172 p.
3. . К оценке эффективности сушки зерновых культур в неподвижном слое при различных режимах подвода энергии/ [В.А. Календерьян, И.Л.Бошкова,Н.В. Волгушева, Т.Ю. Дементьева]// Наукові праціОНАХТ.- Одеса, 2011.-Вип. 39.-Т.2.-с.211-215
4. **Гинсбург, А.С.** Теплофизическиесвойства зерна, муки и крупы.-М.¨Колос.-1984.-304с.

УДК 536.24(075.8)

ЭКСТРАГИРОВАНИЕ ВЕЩЕСТВ В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВИЯ МИКРОВОЛНОВОГО ПОЛЯ

Георгиеш Е.В.,
Одесская национальная академия пищевых технологий

Актуальность темы определяется повышенным интересом к современным методам экстрагирования, отличающихся рядом преимуществ, среди которых повышение скорости процесса, снижение расхода растворителя и повышение выхода экстракта. Автором были проведены исследования по применению микроволн, как одного из способов интенсификации процесса.

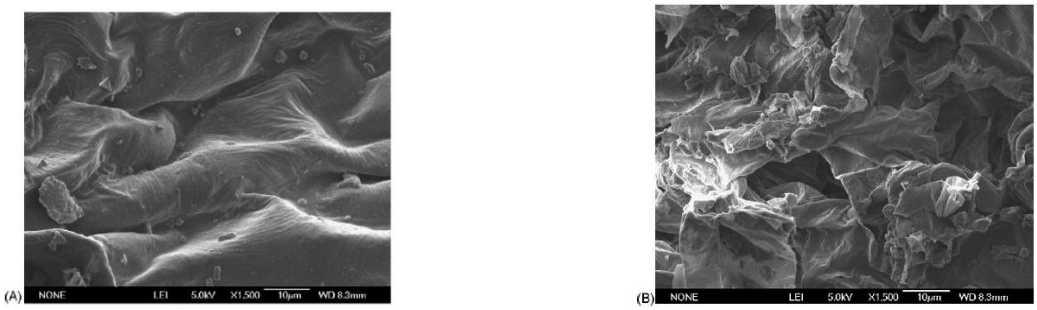
Метод микроволнового экстрагирования признан как один из методов получения экстрактов обладающими новыми свойствами, благодаря объемному нагреву, и имеет достаточно высокую эффективность, что подтверждается многочисленными данными [1,2].

В ходе проведения экспериментов на установке камерного типа было получено, что при приготовлении экстрактов из молокана дикого время выхода биологически активных веществ составило 180 с, а при традиционном приготовлении 60 мин, обработка луковой шелухи при микроволновом методе - 30 с, в традиционном методе 6 мин. Исследования проводились с одинаковым объемом растворителя и массой свежего растительного материала. Интенсивность процесса определялась как отношение времени нагрева традиционного метода к микроволновому. Полученные данные свидетельствуют о том, что традиционный метод требует проведения более длительного процесса обработки, что экономически невыгодно.

Эффективность полученных экстрактов оценивалась по результатам испытаний на биологических объектах (при извлечении БАВ с качествами биопестицидов) и по результатам биохимических исследований.

Особенностью микроволновой экстракции растительного сырья является тот факт, что в микроволновом поле жидкость, содержащаяся внутри клетки, быстро прогревается до точки кипения и выше, стенки сосудистой системы не выдерживают высокое внутреннее давление, создаваемое в результате поглощения микроволновой энергии. Они разрываются, что позволяет жидкости, находящейся внутри, свободно вытекать в направлении относительно прохладного растворителя.

Результат действия на структуру клеток микроволнового поля отмечается в ряде работ, так, например, авторы [1] исследовали процесс извлечения соленасола из листьев табака. На рис.1 представлено действие микроволнового поля на растительный материал, в ходе эксперимента применяли сканирующий электронный. Как видно, поверхность листка после обработки в значительной степени разрушена, что говорит о влиянии внезапного повышения температуры и давления.



а *б*

Рис. 1. Лист табака необработанный (*а*) после МВ обработки (*б*) [1]
Мощность 700 Вт, растворитель - гексан.

Выводы. Таким образом, обработка растительного материала в микроволновом поле имеет свою специфику. Интенсивный выход целевого компонента объясняется однонаправленностью градиента температуры и давления, что невозможно осуществить при любом другом способе экстрагирования. Микроволновой нагрев позволяет интенсифицировать процесс экстрагирования из растительного материала, для которого выход биологически активных веществ которого затруднен устойчивостью к высоким температурам или внутренней структурой.

Список литературы:

1. **Chemat, F.** Microwave-assisted extraction for bioactive compounds. Theory and practice [Text] = Микроволновое экстрагирование биоактивных соединений. Теория и практика / F. Chemat, G. Gravotto. – New York: Springer, 2013. – 248 s.

2. **Hua-Ying Zhou, Chun-Zhao Liu** Microwave-assisted extraction of solanesol from tobacco leaves//Journal of Chromatography A, 1129 (2006) 135–139

УДК 541.121:621.391

ТЕХНОЛОГИИ СВЕРХКРИТИЧЕСКОЙ ЭКСТРАКЦИИ

Лукьянова А.С.,
Одесская национальная академия пищевых технологий

Сверхкритическая экстрация-метод извлечения компонентов твердых или жидких смесей в фазу сверхкритического газа, выполняющего роль экстрагента. В сверхкритическом состоянии у вещества исчезают отличия между жидкой и газообразной фазами и свойства принимают значения, промежуточные между жидкостью и газом. Сверхкритический газ обладает низкой вязкостью и высокой растворяющей способностью, которую можно легко регулировать, изменяя давление или температуру. Наибольшее распространение среди сверхкритических растворителей получил углекислый газ, что связано с его низкой стоимостью, экологической безопасностью, хорошей растворяющей способностью и невысокими критическими параметрами.

В процессе экстрациисверхкритическийгаз проходит непрерывным потоком через экстрактор (смеситель или колонный аппарат), где контактирует с обрабатываемой твердой или жидкойсмесью, извлекая растворимые компоненты. Выходящий экстрагент, содержащий растворенные целевые компоненты, далее поступает на обработку, главная задач которой – разделить целевой продукт иэкстракт. Это осуществляется, путем контролируемого снижения температуры или давления. Затем параметры (р и Т) регенерированного экстрагента доводят до требуемых величин и вновь направляют его в экстрактор, организуя циркуляцию. Процесс экстракции может быть организован непрерывно или циклически. Установки сверхкритической экстракции имеют в своей основе насосный или компрессорный цикл. Применение насосного цикла возможно во всех сверхкритических процессах, однако он имеет сложную технологическую схему и высокиеэнергозатраты. У компрессорного цикла множество ограничений по применению, но его схема проще и энергоэффективность высока. Над повышением эффективности обоих циклов ведутся активные исследования, в частности применяется комбинирование циклов, в схему включаются когенерационные установки, тепловые насосы, применяются альтернативные виды топлива.

Сверхкртитические технологии применяются практически о всех направлениях науки и техники. Сверхкритический CO2 является уникальной средой для проведения химических реакций и синтеза новых веществ, таких как аэрогель, импрегнированные материалы, новые полимеры. С его помощью возможно извлечение практически любых растительных и неогранических компонентов для пищевой и фармацевтической промышленности. Использование этой технологии позволят решать многие экологические проблемы: снижение парникового эффекта, замена токсичных растворителей, очистка промышленных сточных вод, регенерация катализаторов, получение биотоплива, дезактивация радиоактивных загрязнений, извлечение токсичных металлов и радиоизотопов из промышленных отходов.

Одной из важнейших сфер применения сверхкритических технологий является нефтяная промышленность.При закачивании сверхкритического CO2 в нефтяной пласт восстанавливается работа заводненных нефтяных месторождений, увеличение срока их эксплуатации, повышается коэффициент извлечения нефти и происходит захоронение углекислого газа в пласте. С помощью сверхкритической экстракции производится деасфальтизация тяжелых нефтяных остатков и выделение их них металлов, происходит очистка почв от нефтяных загрязнений, утилизация нефтяных шламов и регенерация отработанных смазочных масел.Таким образом, сверхкритическая экстракция является современным мощным инструментом для исследования и решения широкого спектра задач.

Значительное увеличение сжимаемости при течении флюида в околокритическом состоянии приводит к изменению плотности по длине капилляра, вызывая отклонение формы профиля скоростей от параболического распределения. Математическая модель ламинарного движения сжимаемой жидкости, составленная с учетом допущений, представляющих течение стационарным и изотермическим, без учета стратификации потока и флуктуационных явлений, позволяет расчетным путем определять профиль скорости для произвольного термодинамического состояния однофазного флюида, включая критическую точку (КТ). В работе проведены результаты профилей скорости при ламинарном течении CO_2 для различных радиусов канала и при различной степени приближения к КТ. Анализ полученных данных показывает, что при приближении к КТ наблюдается отклонение формы профиля от профиля Пуазейля, характерного для ламинарных режимов. Уменьшение радиуса канала приводит к усилению отклонений от профиля Пуазейля. При расчете течения жидкости в состоянии, близкому к КТ, следует учитывать влияние объемной вязкости, и ее значение может превышать сдвиговую компоненту. Проявление объемной вязкости при приближении к КТ является одним из механизмов, компенсирующих рост сжимаемости.

Моделирование профиля скорости околокритических флюидов при ламинарном движении в капилляре осуществлялось по разработанной математической модели с учетом особенностей течения

флюидов в термодинамической окрестности критической точки. Результаты расчета профиля скоростей по сечению канала радиусом $r = 4$мм представлены на рис.1.

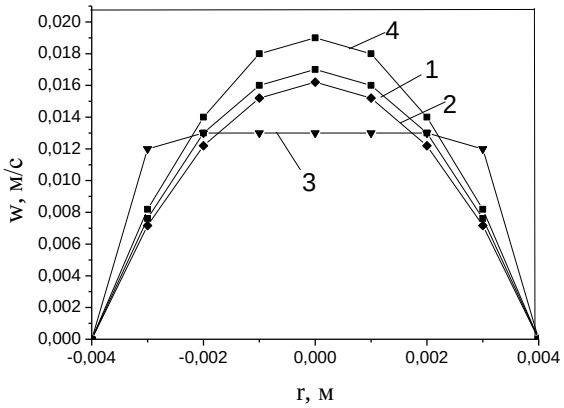


Рисунок 1 – Профили скоростей флюида (CO_2) в окрестности КТ

1 - $\upsilon = 2{,}125 \cdot 10^{-3}$ м^3/кг, 2 - $\upsilon = 2{,}132 \cdot 10^{-3}$ м^3/кг, 3 - $\upsilon = 2{,}139 \cdot 10^{-3}$ м^3/кг, 4 - $\upsilon = 2{,}159 \cdot 10^{-3}$ м^3/кг.

Расход $G = 2{,}1843 \cdot 10^{-6}$ кг/с, режим движения – ламинарный. Анализ полученных данных показывает, что при приближении к КТ наблюдается отклонение формы профиля от профиля Пуазейля, характерного для ламинарных режимов, что объясняется эффектами сжимаемости жидкости. При значении удельного объема $\upsilon = 2{,}139 \cdot 10^{-3}$ м^3/кг м^3/кг (линия 3), которое практически соответствовало КТ, скорости выравниваются, профиль принимает форму, соответствующую осредненной при турбулентном режиме. Результаты расчетов показывают, что уменьшение радиуса приводит к увеличению отклонения от профиля Пуазейля. Это важно учитывать при моделировании экстрагирования для проведения математических операций усреднения диффузионных процессов.

Литература

1. **Berg R.F., Moldover M.R.** Critical exponent for viscosity of carbon dioxide and xenon // J. Chem. Phys. 1990. № 93. P. 1926-1938.

2. **Van den Berg H.R., ten Seldam C.A., van der Gulic P.S**. Compressible laminar flow in capillary // J. Fluid Mech. 1993. Vol. 246. P. 1-20.

3. **U. K. Deiters.** A modular program system for the calculation of thermodynamic properties of fluids. Chem. Eng. Technol., 2000, 23, 581–584.

4. **U. K. Deiters and T. Kraska,** High-Pressure Fluid Phase Equilibria - Phenomenologyand Computation, volume 2 of Supercritical Fluid Science and Technology. Elsevier, Amsterdam, 2012 – 370 p.

УДК 536.2/537

ВОПРОС ОЦЕНКИ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В МИКРОВОЛНОВОЙ КАМЕРЕ

Бошкова И.Л., Волгушева Н.В.,
Одесская национальная академия пищевых технологий

Оценка значений напряженности электрического поля E даже при существенной идеализации процесса взаимодействия твердых тел с проникающими электромагнитными полями не приводят к удовлетворительным результатам. Расчеты E, проведенные по известным зависимостям, получены с большой погрешностью вследствие неопределенности значений электропроводности и ряда других величин (коэффициент отражения, зависимость комплексной диэлектрической проницаемости от температуры и частоты и пр.). Кроме того, существующие методики рассматривают стационарное тепловое состояние. Для определения зависимости E от формы образца, его массы и диэлектрических характеристик, можно применять и данные экспериментов, в ходе которых контролировалось изменение температуры Δt

материала массой *m* и теплоемкостью *c*, изменение массы тела за счет испарения *Δm* (если этот процесс имел место). С использованием уравнения теплового баланса (без учета потерь в окружающую среду) значение напряженности электрического поля выражается следующей зависимостью:

$$E = \sqrt{\frac{q_{пол}}{5{,}56 \cdot 10^{-11} f \cdot \varepsilon' \cdot tg\delta}} = \sqrt{\frac{cm\Delta t + \Delta mr}{5{,}56 \cdot 10^{-11} f \cdot \varepsilon' \cdot tg\delta \cdot V \cdot \tau}}$$, В/м(1)

где удельный тепловой поток $q_{пол}$, затрачиваемый на нагрев исследуемого образца объемом *V* и испарение влаги за время *τ*, определяется зависимостью:

$$q_{пол} = (c \cdot m \cdot \Delta t + \Delta m \cdot r) / (V \cdot \tau)$$, Вт/м^3 (2)

Зависимость можно уточнить, учтя потери в окружающую среду, которые определяются лучистой $Q_{луч}$ и конвективной $Q_{конв}$ составляющей. Кроме того, точность расчета зависит также от точности определения величин диэлектрических постоянных и от равномерности распределения электромагнитного поля в материале.

Результаты показывают, что уменьшение объема загрузки способствуют увеличению напряженности электрического поля, но при этом КПД камеры снижается. В пределах загрузки с одной массой большое значение имеет соотношение площади открытой поверхности к толщине слоя.

При расчетах принималось, что рабочая частота соответствовала $f = 2450$МГц. Однако, вследствие особенностей генерации электромагнитных колебаний и их распространения в резонансной камере, значение рабочей частоты может отклоняться отноминальной. С изменением температуры анодного блока рабочая частота изменяется вследствие изменения частоты резонатора – т.наз. электронное смещение частоты; скорость изменения частоты составляет 50 кГц/град. В камере, работающей с неполной нагрузкой, температура магнетрона будет повышаться, вызывая, соответственно, изменение частоты генерации электромагнитного поля.

При одинаковой массе напряженность электрического поля выше в образцах с большей толщиной. Этот результат на первый взгляд казался противоречащим теории. Действительно, можно было предполагать, что образцы с меньшей толщиной слоя и, соответственно, большей поверхностью, будут иметь большую среднюю напряженность электрического поля, чем в образцах с меньшей открытой поверхностью и большей толщиной, поскольку, чем больше поверхность, тем больше микроволновой энергии попадает на образец. При прохождении вглубь образца микроволновая энергия уменьшается вследствие поглощения. Анализ экспериментальных данных привел к выводу, что проблема связана с особенностями резонансных камер. Остаточная МВ энергия, пройдя через слой образца и не поглощенная материалом, отразившись от стенок камеры, попадет обратно в магнетрон.

Расчет среднего значения напряженности электрического поля может быть произведен по зависимости:

$$\overline{E} = \sqrt{\frac{P_{вых}}{(5{,}56 \cdot 10^{-11} f \cdot \varepsilon' \cdot tg\delta) \cdot V}}$$ (3)

где $P_{вых}$ – выходная мощность магнетрона, в случае, если диэлектрические характеристики материала и его объем позволяют практически со 100% КПД поглощать энергию микроволнового поля. Это наблюдается, к примеру, для воды при объеме ее загрузки в камеру $V \geq 1{,}2 \cdot 10^{-3}$ м^{3}в камеру объемом не более 0,04 м^3. В случае, если в камере находится материал с низкими диэлектрическими показателями, следует учесть КПД камеры:

$$\overline{E} = \sqrt{\frac{P_{вых} \cdot \eta_к}{(5{,}56 \cdot 10^{-11} f \cdot \varepsilon' \cdot tg\delta) \cdot V}}$$ (4)

Значение $\eta_к$ находится по соответствующим эмпирическим зависимостям. Тогда для оценки теплоты, преобразованной в материале при взаимодействии с микроволновым полем, можно применить следующую зависимость:

$$q = \frac{P_{вых} \cdot \eta_к}{V}$$, Вт/м^3, (5)

где V – объем, занимаемый материалом.

УДК 665.65

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОВОЛНОВОГО НАГРЕВА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ КЕРАМИКИ

Колесниченко Н.А.,
ОНАПТ

В работе исследовались процессы, протекающие при термообработке глинистых материаловс целью получения технической керамики. К таким процессам относится сушка, спекание, выжигание связующих веществ, в результате чего фиксируется форма изделия, материал приобретает необходимую механическую прочность и заданные физические и электрические свойства. Обжиг керамики является самым важным технологическим процессом, обеспечивающим заданную степень спекания. Точным соблюдением режима обжига обеспечиваются необходимый фазовый состав и все важнейшие свойства керамики. Скорость традиционного процесса выжигания и спекания ограничивается в основном свойствами материалов. Материалы с низким коэффициентом теплопроводности, такие как, например, керамика, сложно разогревать традиционным конвективным методом. В этом случае меньшая плотность теплового потока, направленная от поверхности вглубь образца, и скорость процессазависит от коэффициента температуропроводности. От значения этого коэффициента зависит, какие температурные градиенты возникают в керамическом изделии и приведут ли они к разрушению образца. Микроволновой нагрев благодаря своей специфике оказывает положительное влияние на внутреннюю структуру и свойства спеченного материала, это один из методов, способствующих ускорению процесса удаления связывающего материала, его применение позволяет значительно ускорить нагрев и снизить затраты энергии.

Целью проведенных экспериментальных исследований являлось получение данных по кинетике спекания при обжиге различными методами: микроволновом, электрическом и комбинированном (одновременный микроволновой и электрический нагрев).Использовались глиняные образцы длиной $l=0,03$ м, пористость которых изменялась добавлением различных связующих веществ - метилцеллюлоза, поливиниловый спирт (в количестве 4 %, 7 % и 15 %). Начальное влагосодержание образцов составляло $U=(16–30)$ %/ Выходная мощность магнетрона составляла $P=600$ Вт. При электрическом нагреве скорость нагрева не превышала $\Delta t/\tau=0,4$ К/с. Как при микроволновом, так и при электрическом нагреве наблюдалась заметная разница температур между центром и краем образца, причем при электрическом нагреве эта разница была более явно выражена. Температурный профиль являлся параболическим в обоих случаях, однако при электронагреве он был вогнутый (минимум температуры в центре образцов), а при МВ нагреве – выпуклым (максимум температуры в центре). Применение комбинированного нагрева позволило существенно снизить неравномерность распределения температуры между краем и центром образца. Вследствие этого качество получаемого изделия, определяемое его структурно-механическими свойствами, было значительно выше. Целесообразно найти соотношение между передачей теплоты конвекцией и теплоты преобразования микроволновой энергии в теле. Эксперименты показали, что большое значение имеет пористость образцов. Быстрая сушка приводит к тому, что поры сжимаются и ингибируется транспорт газообразного связывающего. Можно предположить, что при пористости более 10% влияние микроволнового нагрева на скорость выжигания будет выше. При комбинированном нагреве для образцов с большей пористостью наблюдалась более высокая скорость сушки в сравнении с другими способами. Получено, что добавка ПВС выше 7 % приводила к внутренним повреждениям образца.

Во всех проанализированных образцах в первую очередь испарялась вода. Вследствие неравномерности нагрева этот процесс протекает неравномерно. При конвективном нагреве влага испаряется с поверхности, температура которой выше, чем вдали от нее, и процесс испарения проходит вглубь образца. При микроволновом нагреве в периоде сушки поверхность образца оставалась влажной, выход влаги шел от внутренних слоев к внешним, что создавало условия для улучшения качества. Однако высокая скорость сушки приводила к трещинообразованию.

Практические испытания подтвердили, что при сушке и выжигании большую роль играет температура окружающей среды. Необходимо создавать условия, при которых температура окружающей среды в начале процесса идентична, насколько это возможно, температуре на поверхности образцов. В этом случае процесс можно ускорить и при этом получить неповрежденные образцы. Комбинированные процессы имеют смысл только тогда, если присутствует соответственно большая пористость образца и связующее вещество испаряется , не оставляя никаких следов.

Результаты, полученные при комбинированном нагреве, доказывают его перспективность, однако при этом нужно обеспечивать условия, при которых пары пластификатора и связующих веществ могут свободно выходить из образца. При этом следует отметить, что существуют трудности фиксации плотности МВ мощности, при которой нет повреждения образца. Важнейшую роль в получении качественных образцов играет глубина проникновения, тип связывающего вещества, пористость и форма образца.

УДК 629.12.03

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА СТАЛЬНОГО ЦЕЛЬНОЛИТОГО ГРЕБНОГО ВИНТА

Крушенко Г.Г.,
Институт вычислительного моделирования СО РАН

Качество литых деталей определяется известной триадой – точность размеров–чистота поверхности (шероховатость) – механические свойства. И эта триада имеет прямое отношение к судовым гребным винтам (ГВ), которые изготовляют обычно литьем в песчано-глинистые формы из специальных бронз и латуней, углеродистых и нержавеющих сталей либо в виде цельнолитой конструкции, либо в виде отдельных лопастей с последующим их прикреплением к ступице [1]. Функция ГВ заключаются в преобразовании вращения вала судового двигателя в упор – силу, толкающую судно вперед. При этом основная нагрузка ложится на лопасти, в связи с чем проблемами являются их получение с требуемой геометрией и чистотой (шероховатостью) поверхности, которые оказывают существенное влияние как на эксплуатационные характеристики ГВ [2], так и на ходовые характеристики судна [3]. Известно также, что чистота поверхности ГВ оказывает существенное влияние на возникновение кавитационной эрозии поверхности ГВ [4], развитие которой может привести не только к ухудшению ходовых характеристик судов, но и к разрушению лопастей [5]. При этом ходовые качества судна зависят от точности размеров лопастей и от их расположения в пространстве.

Литье стального гребного винта. Объектом исследования послужил цельнолитой четырехлопастной ГВ пассажирского судна, отливаемый из стали 25Л в форму, состоящую из четырех песчаных стержней. Диаметр винта по периметру кромок лопастей составляет 0,698 м, высота ступицы – 150 мм масса, 98 кг, ГВ судов такого типа относятся к классу «обычный», для которых параметры шероховатости *Ra* (*Rz*) входящей кромки лопасти на 0,1 длины сечения от радиуса ступицы и поверхность от *0,9R* до конца лопасти должны быть не больше 20 (80) мкм, а *Ra* (*Rz*) всех остальных поверхностей лопастей и ступицы не должны быть больше 80 (320) мкм.

Повышение размерной точности лопастей [6]. С целью обеспечения точности геометрии лопастей ГВ и их расположения в пространстве, от которого зависят ходовые качества судна и которые оцениваются по точности одного из наиболее важных геометрических параметров – величине шага сечения лопастей H_c (рис. 1), который рассчитывали по методике, описанной в ГОСТ 8054-81 «Винты гребные металлические», на сечении лопасти данного радиуса R_i между двумя крайними точками ***m*** и ***n***, каждая из которых расположена на расстоянии не менее 100 мм от кромки лопасти.

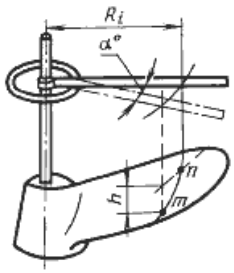


Рис. 1. Схема измерения размеров лопасти

Между этими точками в плоскости, перпендикулярной оси винта с помощью шагомера при заданном угле α определяют разность высот ***h*** в м. С использованием полученных данных шаг сечения данного радиуса r_i подсчитывается по формуле:

$$H_c = \frac{360}{\alpha} h, мм$$

При литье ГВ в разовые песчаные формы точность параметра H_c должна обеспечиваться, в первую очередь, заданными размерами элементов формы, и, следовательно, точностью используемой для их изготовления оснастки, а также точностью сборки формы и шероховатостью ее поверхности. Как было указано ранее, форму собирали из четырех песчаных стержней, в полостях которых из заливаемой стали формируются лопатки. После выбивки форм и зачистки лопастей измеряли ***h***. При этом было установлено отсутствие каких-либо закономерностей в изменении H_c, что свидетельствует о случайном характере отклонений. Оказалось также, что из 48 рассчитанных значений H_c для лопастей всех трех ГВ, только 4 (8,33%) не соответствует требуемым значениям, причем отклонения за поле допусков лежат в интервале от – 6 до + 7 мм. Анализ полученных результатов показал, что к факторам, наиболее ответственным за отклонение расчетных значений H_c от требуемых, можно отнести отклонения требуемых размеров и

расположения лопастей в трехмерном пространстве из-за неточности изготовления стержневых ящиков, а также погрешности сборки формы из стержней и механической обработки лопастей, на точность которой влияет шероховатость поверхности, и, что менее вероятно, погрешности измерений при разметке. По результатам измерений была доработана оснастка и организована более тщательная сборка формы, что позволило получать винты с требуемыми размерами лопастей.

Повышение чистоты поверхности. При литье стальных деталей в песчано-глинистые формы их поверхность зачастую поражается так называемым «пригаром» – прочно сцепленная с телом отливки корка, состоящая из смеси металла с песком. С целью уменьшения пригара поверхности литейных форм и стержней покрывают огнеупорными красками. Однако применение принятых в настоящее время красок не предупреждает полностью образование пригара. В связи с этим нами были разработаны и испытаны в производственных условиях новые противопригарные краски, новизна которых заключается в том, что они содержат нанопорошки (НП) тугоплавких химических соединений [7-9]. При использовании таких покрытий практически полностью предотвращается образование пригара, и, как результат, повышается чистота и улучшается качество поверхности отливок, в связи с чем отпадает необходимость проведения обрубных и зачистных работ, и применения связанного с этим оборудования, включая, например, установку для электрогидравлической выбивки стержней, улучшаются санитарно-гигиенические условия труда и экологическое состояние. Применение таких красок на ряде машиностроительных предприятий позволило получать без пригара стальные многотонные отливки массой вплоть до 18 т. Полученные результаты послужили основой для применения нанопокрытий при литье ГБ, параметры которого приведены выше. По принятой на заводе технологии литейную форму собирали из четырех, изготовленных по CO_2-процессу песчаных стержней, окрашенных стандартной краской (60,7% электрокорунда белого и (остальное) поливинилбутирального лака) при площади окраски полости формы, оформляющей одну лопасть с обеих сторон – 0,045 м^2), в которых оформлялись лопасти и ступица. При этом пригар на обеих сторонах лопастей составлял 12…15 мм. В результате применения той же краски, но содержащей порядка 10% НП SiC (соответственно было уменьшено содержание электрокорунда) было полностью предотвращено образование пригара на лопастях и ступицах. Измерение величины шероховатости показало, что величина *Ra* (*Rz*) не превышает 20 (80) мкм. При окраске поверхности песчаного стержня краской, содержащей НП Al_2O_3, было предотвращено образование пригара на детали судового двигателя «Дебаланс» массой 88,6 кг, отливаемой из стали 25Л.

Повышение механических свойств. Известно, что чем мельче структурные составляющие литых изделий, тем выше их механические свойства. Применяется большое количество способов и средств измельчения структуры сплавов. При этом суть всех способов заключается во введении в металлический расплав веществ, служащих либо центрами кристаллизации, либо блокирующих рост возникающих в затвердевающем расплаве кристаллов. Введение центров кристаллизации производится лигатурами, а блокирование роста – с помощью флюсов. Однако указанные способы и средства обладают теми или иными недостатками. Поэтому разработан еще один способ воздействия на структуру кристаллизующегося металла, достоинством которого является быстрое снижение температуры расплава при заливке в форму – «суспензионная заливка» [10], сущность которой заключается во введении в струю металла металлических порошкообразных микрохолодильников-инокуляторов – микрохолодильники, которые создают центры кристаллизации, воздействие которых проявляется в диспергировании структуры металла, формирующейся в процессе кристаллизации [11], которая, как известно [12], определяет механические свойства литых деталей.

Основным преимуществом этого способа перед другими является присущий ему эффект быстрого охлаждения заливаемого металла, т.к. известно, что чем выше температура жидкого металла, и чем дольше он находится в этом агрегатном состоянии, тем в большей степени теряют зарождающую способность находящиеся в расплаве потенциальные центры кристаллизации, что ведет к укрупнению структуры, и, как результат, к снижению механических свойств литых изделий [13].

Эксперимент. В работе была изготовлена из формовочной смеси надставка для заливки металла в литейную форму, которая обеспечивала циркуляцию металла перед его вхождением в форму. При этом в струю металла из бункера вводили смесь порошка с дробью (1,5…2,0 % от массы металла), что обеспечивало поступление в литейную форму однородной смеси жидкого металла с одновременно плавящимися микрохолодильниками. Чтобы в этом убедиться, было проведено исследование с применением радиоактивных изотопов. В работе в качестве инокуляторов применяли чугунную дробь с размерами 0,5…1,5 мм, которую насыщали радиоактивным изотопом углерода C^{14}. Радиоактивную дробь вводили в струю стали 35Л (температура заливки 1580^{0}С) при литье проб, на шлифах которых производили экспонирование фотопластинок. Изучение позитивов с помощью микроскопа МБМ показало, что инокуляторы диспергируются и распределяются по объему металла равномерно. В связи с полученным положительным результатом суспензионную заливу применена при литье ГВ при введении в расплав 2,5% смеси из 90% чугунной дроби и 10% дробленого ферромарганца. Сталь 25Л готовили в электродуговой печи. Заливку

производили с использованием описанной выше надставки. Испытания на разрыв вырезанных из ступицы ГВ образцов показали повышение механических свойств при введении в сталь инокуляторов – если без инокуляторов $\sigma_в$ составляет 452 МПа, то при литье с инокуляторами $\sigma_в$ повышается до 479 МПа (на 6,0%), при этом $\sigma_{0,2}$ повышается с 245 до 261 МПа (на 6,5%), а δ – с 21 до 24% (на 14,3%). Полученные результаты превышают требуемые механические свойства ($\sigma_в \geq 450$ МПа, $\sigma_{0,2} \geq 240$ МПа, $\delta \geq 19\%$).

Выводы. Качество гребного винта было повышено в результате повышения точности размеров стержневой оснастки и сборки литейной формы, повышения чистоты поверхности в результате окраски рабочих поверхностей форм и стержней противопригарными красками, содержащими нанопорошки тугоплавких химических соединений, а также повышения механических свойств в результате применения введения в расплав инокуляторов при суспензионной заливке.

Список литературы

1. **Degu Y.M., Sridhar K.** Marine propeller manufacturing – a new approach// American journal of engineering research. 2014. Vol. 3. Issue 5. P. 207–211.

2. **Лысенков П.М., Михайлов В.С., Тевелев Л. Г.** Влияние рельефа поверхности гребных винтов на их гидродинамические характеристики// Судостроение. 1987. № 2. С. 39-41.

3. **Grigson, C.W.B.** Propeller roughness, its nature and its effect upon the drag coefficients of blades and ship power// Trans. R.I.N.A. 1982. Vol. 124. P. 227–242.

4. **Korkut E., Atlar M.** An experimental investigation of the effect of foul release coating application on performance, noise and cavitation characteristics of marine propellers// Ocean Engineering. 2012. Vol. 41. P. 219–232.

5. **Tom van Terwisga, Erik van Wijngaarden, Bosschers J. and Kuiper G.** Achievements and challenges in cavitation research on ship propellers// International Shipbuilding Progress. 2007. Vol. 54. no. 2-3. P. 165–187.

6. **Крушенко Г.Г., Буров А.Е., Козлов А.А. и др.** Повышение точности изготовления рабочего колеса водометного движителя// Судостроение. 2003. № 4. С. 43–44.

7. **А.с. СССР № 980922** Противопригарная краска для литейных форм и стержней / Г.Г. Крушенко, М.Ф. Жуков, П.А. Михалев и др. // Бюл. 1982. № 46. С. 52.

8. **Патент РФ № 2048952.** Противопригарная краска для литейных форм и стержней / И.В. Усков, Г.Г. Крушенко, В.Ф. Пинкин и др. // Бюл. 1995. № 33.

9. **Крушенко Г. Г.** Литейные нанопокрытия // Нанотехника. 2012. № 2. С. 93-97.

10. **Затуловский С.С.** Суспензионная разливка. Киев: Наукова думка. 1981. 260 с.

11. **Гольдштейн Я.Е., Мизин В.Г.** Инокулирование железоуглеродистых расплавов. М.: Металлургия, 1993. 416 с.

12. **Золоторевский, В.С.** Структура и прочность литых алюминиевых сплавов. М.: Металлургия, 1981. 192 с.

13. **Крушенко Г.Г., Падалка В.А., Балашов Б.А. и др.** Опыт приготовления литейного сплава АК9М2 на алюминиевом заводе с использованием жидкой шихты // Цветные металлы. 1996. № 8. 59-61.

ЗМІСТ

ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ

Рижков С.С. Наукова та освітня діяльність університету: стан та перспективи 4
Егоров Г. В. Состояние речного судостроения и перспективные направления его развития 6
Егоров Г. В., Автутов Н. В., Черников Д. В. О философии судов служебно-вспомогательного и технического флота XXI века 7
Жолоб О.Г. Роки стабільності і послідовності Державного Підприємства «Дослідно-проектний центр кораблебудування» 8
Коробко В.В. Розвиток наукових основ створення термоакустичних систем використання низькотемпературних теплових ресурсів 9
Король Ю.М., Корнелюк О.Н., Урсолова А.С. Системный подход в решении проблем гидродинамического совершенствования элементов движительно-рулевого комплекса судов и подводных аппаратов 10
Демидов Е. Д., Некрасов В.А., Бондаренко А.В., Ястреба А.П. Создание программного обеспечения для определения усилий, действующих на буксир в режимах стационарных эскортных операций 14
Попов А.П., Богза В.Г., Богза Л.Г., Савенков О.И. Разработка инновационных высокоэффективных судовых турбозубчатых агрегатов 17
Козир Б.Ю. Законодавче забезпечення реформування морської та річкової галузі України 20
Tienpont A., Zhukov Y., Zherebetsky A., Zhukova O. Ukrainian ship design agencies integration into global shipbuilding market via innovation outsourcing 21

Секція №1 ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СУДНОБУДУВАННІ ТА СУДНОРЕМОНТІ

Рашковский А.С., Лабуш И.А. Размерная модернизация контейнеровоза 23
Щедролосєв О.В., Терлич С.В. Розрахунок температуропроводності елементів суднових модульних приміщень при виникнені пожежі 24
Яглицкий Ю. К., Доронина М. А. Лазерные технологии – инновационный прорыв в судостроении 26
Воленюк Л.С. Применение инновационных способов спуска судов с наклонных продольных стапелей 27
Уваров В.А., Авдюнін Р.Ю. Магнітно-імпульсна обробка у судновому машинобудуванні 29
Коршиков Р.Ю., Коршиков Ю.С., Слативинська О.В. Проектування суднобудівних опорних пристроїв з еластомірними пружними елементами 30
Щедролосєв О.В., Узлов О.М., Кириченко К.В. Удосконалення схем баластних систем із застосування плаваючих інгібіторів 31
Нейман В. М. Задачи автоматизации технологической подготовки производства в судостроении 32
Рашковский А.С., Гридин А.А. Совершенствование конструкции ремонтных плавучих доков 35
Щедролосев А.В., Терлыч С.В. Повышение уровня технологичности формирования судовых помещений модульными методами 37

Секція № 2. СУЧАСНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ У КОНСТРУЮВАННІ ТА ПРОЕКТУВАННІ СУДЕН І ОБ'ЄКТІВ ОКЕАНОТЕХНІКИ

Егоров Г. В., Ильницкий И. А., Тонюк В. И. Научные основы создания «сверхполных» грузовых судов сметанного река-море и внутреннего плавання 39
Егорова О. Г. Методология проверочного расчета фактической прочности корпусов судов 40
Егоров А. Г. Риски при эксплуатации барже-буксирных составов внутреннего и смешанного река-море плавання 41
Егоров Г. В., Егоров А.Г. Анализ возможных версийг ибели судна «Булгария» и рекомендации по управлению риском при эксплуатации существующих и проектировании новых речных круизных пассажирских судов 42
Егоров Г. В., Тонюк В. И. «Азовские/Каспийские пятитысячники» - сухогрузные многоцелевые суда проекта RSD18 43
Егоров Г.В., Ильницкий И. А., Автутов Н. В. О многофункциональности в ледоколах и ледоколах-спасателях нового поколения 44
Егоров Г.В., Калугин Я. В. Круизное пассажирское судно река-море плавання проекта PV17 как пример глубокой модернизации 45
Егоров Г. В., Егоров А.Г. Теория риска в морской деятельности 46

Егоров Г. В., Автутов Н. В. Концепция плавучего нефтехранилища
для Северной части Каспийского моря 47
Егоров Г. В. Ильницкий И. А. Принципы создания круизного пассажирского судна река-море плавания 49
Давыдов И.Ф. Учет прочности в задаче общего проектирования транспортных судов 51
Некрасов В.А., Дун Синьшо. Определение оптимальних главных элементов судов-газовозов LNG
для различных маршрутов 52
Знова Ю.А., Чучко Ю.И. Ястреба А.П Экспериментальные исследование ходовых качеств
парусной яхты, дооборудованной носовым бульбом 54
Савочкина В.В., Бондаренко А.В. Парусные катамараны: статистический анализ проектных характеристик 57
Саустіян Я. П. Аналіз технічних елементів безекіпажних катерів різних країн світу 58
Іванюта П.В. Застосування САПР-технологій у проектуванні та створенні виробів
технологічного призначення 60
Морозов К. А. Выбор критерия эффективности постановки оптимизационной задачи
для пассажирского судна с аутригерами 62
Слободян С.О.,Морозов А.А. Выбор формы корпуса водного такси для восточного побережья Крыма 63
Тынянский Н.И. Классификация десантных кораблей и катеров 66
Кондратьева Л.Ю. Концепция оценки эффективности патрульного судна 68
Гук М. Н. Определение дедвейта бурового судна на основе анализа статистических даннях 70
Дашко В.А., Бондаренко А.В. Анализ характеристик и конструктивных особенностей автобусов-амфибий 71
Мазур О.Н. Анализ мер повышения ледопроходимости судов ледового плавания,
оборудованных гидроомывающим устройством 72
Соломенцев О.И. О различных подходах к определению функции риска при опрокидывании судна 73
Соломенцев О.И. Концепция опасного по остойчивости состояния судна и вероятность этого состояния 76
Соломенцев О.И. Классификация способов расчёта вероятности опрокидывания судна
в условиях ветра и волнения 79

Секція № 2. СУЧАСНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ У КОНСТРУЮВАННІ ТА ПРОЕКТУВАННІ СУДЕН І ОБ'ЄКТІВ ОКЕАНОТЕХНІКИ
ПІДСЕКЦІЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ И ПРОЧНОСТИ СУДЕН

Коростылёв Л. И., Литвиненко Д. Ю. Об учете нерегулярности нагружения при расчете
на усталость конструктивных узлов корпуса судна 82
Коростылев Л.И., Гейко С.П., Нигреев А.Н. Алгоритм расчета редукционного коэффициента
для судовой пластины из композиционного материала 83
Белая С. Ф., Бурдун Е.Т. Напряженно-деформированное состояние тороидального
прочного корпуса подводного аппарата при различных схемах намотки 84
Коростильов Л. І., Мартиченко Я. О., Дядюра Є. Ю. Особливості оцінки стійкості пластинчатих елементів
суднових корпусних конструкцій при складних навантаженнях в їх площині 86
Кочанов В.Ю., Копійка С.В., Колегов М. О. Дослідження міцності ілюмінаторів при циклічної дії
гідростатичного тиску 88
Соломонюк Н.С., Петрюк О.В. Зависимость прочности пеностекла от высоты блока плавучести 89
Юреско Т.А., Захарова И.А. Блоки плавучести в конструкции обитаемых подводных средств 90
Кузнецов А.И., Атрощенко М.А. Иссдедование влияния конструктивных ограничений на параметры
металлических корпусных конструкций малых судов 91
Соломенцев О.И. Приближённая полуэмпирическая схема для определения силы удара
при слеминге соединительного моста волнорезного катамарана 93
Луценко А.А., Михайлов Б.Н. Применение метода конечных элементов в расчетах общей прочности судов
с большим раскрытием палуб 95
Коробанов Ю.Н., Петухов В.С., Коробанова А.А. Концепция расчета фильтрующих элементов
морских зерновых перегружателей 96
Шарун Г.В., Гризоглаз В.В., Лебедева А.О. Проектирование корпусов накатных судов с учетом
пространственного деформирования 97
Коробанов Ю.Н., Кузнецов А.И., Коробанова А.А. Образование прерывистых связей в судовых
конструкциях и особенности их расчета 99
Коробанова А.А. Исследование применимости и конструктивных особенностей прерывистых связей
в проектировании малых судов 100
Суслов С. В. Метод врахування загальних динамічних деформацій корпусусу судна
при розрахунках хвильових навантажень 101

Урсолов А. И., Батрак Ю. А. Расчёт изгиба вала, лежащего на подшипниках, представленных нелинейным односторонним упругим основанием конечной длины 102
Грабенко А.В. Исследование структуры корпусных конструкций малых судов с металлическими корпусами 104
Соков В.М. Деякі питання роботи вільного пояску типового суднового вузла 106

Секція № 3. НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ І МАТЕРІАЛИ В СУДНОВОМУ МАШИНОБУДУВАННІ

Костін О.М., Мартиненко В.О., Іванова А.Г. Високотемпературна зносостійкість сплавів КБНХЛ-2, ВЗК-р ТА КМХС 108
Колесник І. А. Створення обладнання для здійснення технології іскро-плазмового спікання з використанням явища ядерного магнітного резонансу 109
Дубовий О. М., Макруха Т. О. Дослідження можливостей термічної стабілізації полігонізаційної субструктури заліза та сталей 110
Лабарткава А.В., Матвиенко М. В., Лабарткава Ал.В., Карпеченко А.А. Влияние толщины ковара на остаточные напряжения при пайке металлокерамических гермовводов 112
Дубовий О.М., Карпеченко А.А., Бобров М.М. Стабілізація здрібненої полігонізаційної субструктури у процесі передрекристалізаційної термічної обробки електродугового покриття 114
Дубовий О.М., Карпеченко А.А., Бобров М.М. Отримання стабільної полігональної субструктури у електродугових покриттях, напилених з використанням електроімпульсної дії 115
Кривощеков В.Е. Прогресс индустриальных технологий и революция в сырьевых материалах 117
Казимиренко Ю. О. Принципи розробки багатофункціональної установки для термодеформаційних способів формування матеріалів і порошкових покриттів 118

Секція № 4. ІННОВАЦІЙНІ ЗАСОБИ УДОСКОНАЛЕННЯ СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ТА СИСТЕМ

Сербін С.І., Карачун О.Б. Перспективні методи підвищення ефективності системи охолодження жарових труб газотурбінного двигуна 121
Рижков С.С. Розробка аерозольних градієнтних технологій для систем життєзабезпечення суден і кораблів 123
Сербин С.И., Козловский А.В. Снижение уровня выбросов токсичных компонентов низкоэмиссионной камеры сгорания ГТД использованием плазменных стабилизаторов 125
Борисов В.Е., Волошин А.Ю. Реализация системного анализа при обосновании выбора главной энергетической установки для надводного корабля 126
Борисов В.Е., Волошин А.Ю. Перспективы применения водометных движителей на надводных кораблях 127
Гончарова Н.О., Бурунсуз К.С. Дослідження методів оцінки ефективності комплексу з внутрішньоцикловою газифікацією вугілля та подальшим виробленням електроенергії 129
Конфино А.С. Применение 3Д-печати в производстве деталей газотурбинных двигателей 130
Смоляной Є. С., Свиридов В. І. Підвищення екологічності на флоті за рахунок інноваційних розробок СЕУ 131
Горячкин В. Ю., Филипщук А. Н. Допустимое солесодержание водомазутных эмульсий 133
Горячкин В. Ю., Тендитный Ю. Г. Влияние переменных режимов работы котлов на скорость низкотемпературной коррозии 134
Горячкин В.Ю., Андреев А.А., Корниенко В.С. Загрязнение конденсационных поверхностей нагрева утилизационных котлов при сжигании водомазутных эмульсий 136
Горячкин В.Ю., Филипщук А. Н. Влияние минеральной части топлива на скорость низкотемпературной коррозии 137
Горбов В.М., Мітєнкова В.С. Комплексна оцінка атмосферної емісії судновими енергетичними установками 139
Тимошевський Б.Г., Ткач М.Р., Шалапко Д.О. Методика дослідження роботи суднового ДВЗ при використанні малих домішок водню до основного рідкого палива 140
Кипреев Ю.Н. Математическая модель расчета блочной амортизированной установки 142
Шаповалов Ю. О., Семенов Н.Н., Жук І.Ю. Разработка методики исследования тепловых процессов методом корелляционной электронной спектр-интерферометрии 146
Політикін Б.М., Пирисунько М. А. Поліпшення екологічних показників двигунів внутрішнього згоряння за рахунок озонування повітряного заряду 148
Ткач М. Р., Тимошевський Б. Г., Галинкін Ю. М. Масогабаритні показники металогідридної установки безперервної дії, утилізуючої тепло стаціонарних малообертових двигунів 149
Ратушняк І. О., Ратушняк Л.П. Проблеми експлуатації та нові вимоги ІМО до суднових інсинераторів 151

Кузнецов В.В., Кузнецов Г.В., Борисов В.Е., Волошин А.Ю. Улучшение экологических показателей судовых энергетических установок за счет снижения их тепловых и акустических полей 152
Кузнецова С.А. Экономические показатели выработки электрической, тепловой энергий и опресненной воды при использования КГПТУ 153
Чередниченко А.К. Исследование характеристики энергокомплексов с термохимической регенерацией для объектов океанотехники 153
Шевченко В. В., Филипщук А. Н., Горячкин В. Ю. Снижение токсичности дымовых газов при использовани электродиализной обработки воды для водотопливных эмульсий 154
Андреєв А.А., Цвікліс В.С., Новіков В.І. Застосування нових методів у проектуванні високоефективних систем утилізації МОД 156
Кисарова А. И. Суммарный расход топлива как критерий сравнительной эффективности настройки главного двигателя транспортного судна с кайтом 158
Шостак В.П., Кисарова А.И. Полезная тяга судового пропульсивного кайта 159
Шостак В.П., Манзюк А. Ю. Оцінка внутрішнього ККД утилізаційної парової турбіни 161
Шостак В. П., Манзюк А. Ю. Витрата пари високого тиску на підігрів палива в системах глибокої утилізації вторинних енергоресурсів 163
Шостак В. П., Манзюк А. Ю. Споживачі теплової енергії в суднових системах глибокої утилізації вторинних енергоресурсів 164
Зубарев А. А. Анализ применения термоакустических технологий для тепловлажностной обработки воздуха 165

Секція № 5. ХОЛОД НА ТРАНСПОРТІ, В ЕНЕРГЕТИЦІ ТА АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ

Рыжков С.С., Радченко Н.И., Сербин С.И., Радченко Р.Н. Перспективные направления использования холода в судовых энергетических установках 167
Косой Б.В. Проектирование эффективных систем охлаждения микроэлектронных устройств методом сетевого ассемблирования 169
Радченко М.І., Трушляков Є.І., Грич А. В. Кондиціювання повітря машзалу газопоршневої установки електро-холодопостачання технологічного виробництва 170
Радченко А.Н. Расчет рациональных тепловых нагрузок комбинированных абсорбционно-эжекторных холодильных машин охлаждения воздуха на входе ГТУ 174
Радченко Р.Н., Стахель А. Рациональное проектирование теплоиспользующей системы охлаждения наддувочного воздуха главного судового дизеля 177
Радченко А.Н., Лукаш Бохдаль Моделирование работы двухступенчатого воздухоохладителя на входе ГТУ 179
Стоянов П.Ф., Лагутін А. Ю. Можливості застосування повітряного теплового насосу для південного регіону України 181
Безродний М.К., Притула Н.О. Оптимальні умови роботи теплонасосних систем теплопостачання з використанням сезонного грунтового акумулятора теплоти 183
Трандафилов В.В., Хмельнюк М. Г., Яковлева О. Ю. Исследование характеристик рабочего процесса роторно-лопастной холодильной машины 185
Титлов А.С., Дьяченко Т.В., Артюх В.Н., Альсаид Хекмат Изучение перспектив использования искусственного холода на магистральных трубопроводах для снижения эксплуатационных потерь природного газа 187
Геллер В.З., Лапардин Н.И. Вязкость и давление кипения смеси смазочного масла ISO 15 и хладагента R410A 188
Дорошенко А. В., Демьяненко Ю. И., Людницкий К.В., Младенов И.Ю. Анализ принципиальных возможностей низкотемпературных водоохладителей испарительного типа 190
Людницкий К.В. Сравнительный эко-энергегический анализ традиционных систем кондиционирования воздуха СКВ и альтернативных ССКВ на основе осушительно-испарительного цикла 192
Бондаренко В.Л., Симоненко Ю.М., Тишко Д.П. Применение газодинамических устройств в судоремонтной промышленности 197
Хлиева О.Я., Рябикин С.С., Полюганич М.П., Гордейчук Т.В., Железный В.П. Экспериментальное исследование теплофизических свойств раствора пропиленгликоль/ вода/ этанол с добавками наночастиц Al^2O^3 199

Мороз С.А., Хлиева О.Я., Железный В.П. Исследование влияния фуллеренов C_{60} на вязкость компрессорного масла ХФ16-12 на плотность и давление насыщенных паров растворов хладагента R600a /масло ХФ16-12 202
Когут В. Е., Бутовский Е. Д., Бушманов В. М., Хмельнюк М. Г. Математическая модель впрыска агента через форсунку 204
Когут В.Е. , Бушманов В.М. , Бутовский Е.Д., Жихарева Н. В., Хмельнюк М.Г. Применение эжекторного фильтра дляочитки дымовых газов от оксида серы 206
Коновалов Д.В., Джуринська А.О. Особливості розрахунку процесів термопресорного охолодження надувного повітря суднових ДВЗ 207
Коновалов Д.В., Кобалава Г.О. Підвищення ефективності термопресорних систем шляхом розпилення води, перегрітої відносно температури насичення 209
Коновалов Д.В., Кобалава Г.А. Применение термогазодинамической компрессии в цикле эжекторной холодильной машины 211
Кантор С.А. Рациональное проектирование двухступенчатого воздухоохладителя на входе ГТУ 213
Радченко А.Н., Коновалов А.В. Климатические характеристики топливной эффективности газопоршневого двигателя установки автономного энергообеспечения по данным мониторинга 214
Радченко А.Н., Коновалов А.В. Климатические характеристики топливной эффективности газопоршневого двигателя установки автономного энергообеспечения при работе на частичной нагрузке 216
Радченко А.Н., Грич А.В. Двухступенчатая система зонального кондиционирования машинного отделения установки автономного энергообеспечения технологического предприятия с трансформацией теплоты каскадной абсорбционно-парокомпрессорной холодильной машиной 219
Лытош Е.В. Обобщенные объемные и энергетические характеристики герметичных компрессорных агрегатов судового оборудования кондиционирования 221
Цой А.П., Грановский А.С., Цой Д.А. Технико-экономические проблемы, связанные с использованием систем ночного радиационного охлаждения и пути их возможного решения 222
Денисов Ю.П. Солнечная система кондиционирования воздуха 225
Яковлева О.Ю., Яковлев Ю.А., Туманский В.И. Интегральные критерии оценки эффективности теплообменных аппаратов 227
Очеретяный Ю.А., Титлов А.С. Разработка транспортного холодильника для спортивных парусных яхт 228
Титлова О.А., Титлов А.С., Ольшевская О.В. Проблемы разработок энергоэффективных систем автоматического управления абсорбционными холодильными приборами (АХП) 229
Осадчук Е.А., Титлов А.С., Кирилов В.Х., Мазуренко С.Ю. Разработка схем абсорбционных водоаммиачных холодильных машин для работы в системах получения воды из атмосферного воздуха 232
Мазуренко С.Ю., Гожелов Д.П., Озолин Н.Е. Термодинамический анализ схем установок получения воды из атмосферного воздуха 234
Гожелов Д.П., Тимофеев И.В., Мазуренко С.Ю. Анализ перспектив применения на судах абсорбционных холодильных агрегатов (АХА) 236
Осадчук Е.А., Холодков А.О. Анализ современного состояния исследований и разработок генераторов абсорбционных холодильных агрегатов (АХА) 237
Осадчук Е.А., Кирилов В.Х. Теплофизическое моделирование режимов дефлегматора абсорбционных холодильных агрегатов 239
Мазуренко С.Ю., Озолин Н.Е., Савинков П.В. Термодинамический анализ абсорбционных холодильных машин на бросовых источниках тепловой энергии 241
Осадчук Е.А. Простые аппроксимационные соотношения для определения термодинамических свойств жидкого водоаммиачного раствора (ВАР) в диапазоне работы бытовых абсорбционных холодильных агрегатов (АХА) 242
Редунов Г.М., Титлов А.С. , Гожелов Д.П. Моделирование режимов управления холодильными Приборами 243
Богданов Н. С. Трехступенчатая система охлаждения наддувочного воздуха судового малооборотного дизеля 246
Остапенко А.В. Трансформация сбросной теплоты газовых двигателей путем использования двухступенчатой абсорбционной холодильной машины с промежуточным нагревом в газовом котле 248
Грич А.В. Особенности ступенчатого охлаждения приточного воздуха машинного зала установки автономного энергообеспечения 249

Остапенко А. В., Есин И.П. Повышение эффективности трансформации сбросной теплоты ГПД в холод путем использования двухпоточной системы утилизации с дополнительным рециркуляционным контуром 251
Грич А.В. Преимущества двухступенчатой системы зонального кондиционирования машинного отделения с трансформацией теплоты в каскадной абсорбционно-парокомпрессорной холодильной машине 252
Калініченко І. В. Аналіз джерел низькопотенційної теплоти суднових ДВЗ з метою її утилізації 254
Радченко Р.Н. Метод расчета установленной холодильной мощности установки охлаждения наддувочного воздуха главного судового двигателя 255
Радченко Р.Н., Коновалов Д.В., Стародубец С.И. Тепловые нагрузки системы охлаждения наддувочного воздуха главного судового дизеля с использованием его теплоты в течении рейса 258
Радченко А.Н., Портной Б.С., Прядко А.И., Литвин С.С. Повышение эффективности охлаждения воздуха на входе ГТУ компрессорных станций термотрансформаторами в межсезонье 260
Радченко Н.И.Эл Герби Рами Камел Определение мощности холодильной машины охлаждения воздуха на входе ГТУ для климатических условий Ливии 263
Радченко А.Н., Эл Герби Рамзи Камел Охлаждения воздуха в тригенерационных установках автономного энергообеспечения в тропических условиях 265
Остапенко А.В. Утилизация теплоты газовых двигателей автономного энергообеспечения технологических производств двухступенчатой абсорбционной холодильной машиной с промежуточным нагревом в газовом котле 267

Секція № 6. ЕКОЛОГІЧНА ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА, ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ

Літвак С.М., Літвак О.А., Рура К.О. Еколого-економічні показники ефективності системи автономного теплопостачання Жовтневої районної лікарні м. Миколаєва 270
Маркіна Л. М., Крива М. С., Глиняна В.В. Визначення ексергетичної ефективності процесу утилізації гумовмісних відходів за технологією багатоконтурного циркуляційного піролізу 271
Маркіна Л.Н., Глиняна В.В. Аналіз аспектів інвентаризації та ідентифікація відходів суб'єктів господарювання 272
Захаров Ю.В. Электродные системы электрофильтрации газовых выбросов 274
Маринець О.М., Мозговий А.М., Комаровська О. А. Еколого-економічні аспекти використання елементів суден-донорів при будівництві рекреаційних плавучих баз 275
Мозговий А.М., Комаровська О. А., Маринець О.М. Штучні міні-острова рекреаційного призначення з альтернативних пластикових матеріалів (ПЕТ тари) 276
Маринець О.М., Мозговий А.М., Комаровська О. А. Штучні території, комплекси і споруди для освоєння і захисту морського середовища 277
Ремешевська І.В., Гурець Н. В., Омельчук О.А. Енергогенеруючий комплекс на біомасі, як альтернативний засіб отримання енергії 278
Щедролосєв О.В., Кириченко К.В. Аналіз методів очищення баластних вод суден та плавучих споруд 279
Горячкин В.Ю., Корниенко В.С. Улучшение экологических показателей при установке конденсационных поверхностей в утилизационных котлах 281
Радионов А.В. Влияние сезонных изменений природно-климатических условий на работоспособность асинхронных электродвигателей 282
Шевченко В. В., Филипщук А.Н., Горячкин В. Ю. Снижение токсичности дымовых газов при использовани электродиализной обработки воды для водотопливных эмульсий 284
Самохвалов В.С., Цвиклис В.С., Максимов В.И. Применение пневмоимпульсных технологий для защиты окружающей среды 285

Секція № 7. БЕЗПЕКА МОРЕПЛАВСТВА

Король Ю.М. 3D генератор судовой поверхности 287
Король Ю.М., Любицкая Н.Г. Оптимизация движительного комплекса катамаранов серии АВП. Зависимость горизонтального клиренса и осадки судна на буксировочное сопротивление 290
Король Ю.М., Корнелюк О.Н. Влияние геометрических параметров гребных винтов на их гидродинамические характеристики 291
Астахова А.О. Определение аэродинамических сил, действующих на крейсерско-гоночную яхту 293

Коростильов Л.І., Юреско Т.А., Мавродій Т.В. Розробка вогнестійкого покриття для захисту суднових конструкцій 295
Трунин К. С. Компьютерная модель динамики морской привязной системы с гибкой связью 296
Трунин К. С. Тестирование компьютерной программы модели динамики морской привязной системы с гибкой связью 298
Урсолова А. С., Урсолов А. И. Применение модуля Flow Simulation программного комплекса Solid Works к решению задач гидродинамики гребных винтов 303
Сауляк С.В. Анализ ходкости многочерпакового земснаряда, корпус которого имеет черпаковый вырез 304
Латыпов Р. В., Зайцев В. В. Актуальные проблемы исследования водометного движителя и возможные пути их решения 305
Соломенцев О.И. О структуре дифракционной части возмущающего момента при бортовой качке для однокорпусных и двухкорпусных судов 306
Соломенцев О.И. Цикл монографий по проектированию надводних кораблей 309
Демчина Б.Г., Фамуляк Ю.Є. Використання пінобетону в протипожежних рятувальних плавучих капсулах 311
Шналь Т. М., Прохоренко С. В., Данкевич І. П., Стасюк М. І. Дослідження температур газових потоків в закритих обє'мах при пожежах та техногенних аварійних ситуаціях 312
Бень А. П., Паламарчук И. В. Современные системы поддержки принятия решений в судовождении 314
Соловей А. С. Управление процессом погрузки негабаритного груза на судно 315

Секція № 8. ІННОВАЦІЇ В СУДНОВИХ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ ТА АВТОМАТИЦІ

Хлопенко Н.Я., Хлопенко И.Н. Стуктурный синтез оптимального стабилизирующего робастного регулятора потокосцепления ротора системы векторного управления электропривода 317
Кондратенко Ю.П., Рудольф Йоахім, Запорожець Ю.М., Герасін О.С. Мобільний робот для технологічного очищення складних просторових феромагнітних поверхонь 318
Васильєв О.Г., Ольшевский С.І. Мікроконтролерна система керування електроприводами манипуляційного робота 319
Козлов О. В., Скакодуб О.С. Система автоматичного керування пластинчатим транспортером вузла завантаження піролізного реактору 322
Авдєєва О.А., Ставинський Р.А. Удосконалення та результати порівняння масовартісних показників варіантів планарної електромагнітної системи з прямокутними перерізами стрижнів магнітопроводу 324
Кравченко А.С., Цолин П.Л., Терехов А.Ю., Кускова Н.И. Электровзрывной синтез нанодисперсных карбидов молибдена 326
Новогрецкий С. Н., Прудников А. А., Моргун В. І. Управляемый реактор трансформаторного типа с пространственным магнитопроводом 327
Козлов О. В., Шмигельська І. В.Математичне моделювання гідроприводу вузла вивантаження піролізного реактору для задач автоматичного керування 328
Жук А.К., Жук Д.А., Криворучко Д.В., Воскобоенко К.А. Проблема качества электроэнергии в электроэнергетических системах морских подвижных объектов и ее решение 330
Жук А.К., Жук Д.А., Криворучко Д.В., Киселев А.С., Осадченко Ю.В. Высоковольтные передачи постоянного тока 334
Блінцов В.С., Куценко П.С., Надточій А.В. Сучасні завдання проектування та створення засобів морської робототехніки 338
Блінцов В.С., Трибулькевич В.В. Сучасні задачі інформаційно-технічного забезпечення моніторингу захищених акваторій 340
Блінцов О.В. Класифікація морських рухомих об'єктів як елементів підводного комплексу з гнучкими зв'язками в задачах керування 341
Aloba L.T. Classification of group motion control tasks of autonomous underwater vehicles 343
Сірівчук А. С. Розробка концепції підводного апарата для автоматизованого моніторингу підводного середовища 344
Блінцов О.В., Корицький В.І. Ідентифікація параметрів самохідного прив'язного підводного апарата на основі методів обчислювальної гідродинаміки 345
Сизоненко О. Н., Сакович В. С. Особливості електрогідравлічної штамповки матеріалів 346
Надточий В.А., Надточий И.И., Надточий А.В. К вопросу создания системы управления безэкипажным надводным судном 348
Блінцов В.С., Буссов Д.Є. Аналіз тенденцій створення інформаційно-керуючих систем сучасного надводного корабля 350

Буруніна Ж.Ю. Сучасні аспекти створення і застосування безекіпажних морських рухомих об'єктів 351
Клочков О.П. Оцінка можливості створення самохідної прив'язної підводної системи на основі рівнянь існування 352
Войтасик А.М. Автоматизація керування підводним апаратом-роботом транспортно-вантажного типу 354

Секція № 9 УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ ТА ПРОГРАМАМИ В СУДНОБУДУВАННІ

Харитонов Ю.Н., Кошкин В.К., Ревзон Н.Д. Система индикаторов инициации проектов реконструкции муниципальных систем водоснабжения 357
Блінцов В.С., Грицаєнко М.Г. Особливості управління спільними проектами очищення акваторій підрозділами ДСНС України та організаціями-розробниками засобів морської робототехніки 359
Кошкин К.В., Ревзон Н.Д. Концептуальные подходы формирования программы развития судостроительной отрасли 361
Коваленко И.И., Павленко А.Ю. Формирование критериев оценки фундаментальных и прикладных научно-исследовательских проектов 362
Бурунсуз К.С. Консолідація ключових ризиків і стейкхолдерів проекту зі створення плазмохімічних елементів 364
Гайда А.Ю., Фарионова Т.А., Дрозд О.В., Ворона М.В. Механизмы эффективного управления динамическими системами с нечетко выраженными состояниями 365
Гайдаєнко О.В., Морозова Г.С. Визначення основних стейкхолдерів лікувальних проектів 367
Кошкин К.В., Кнырик Е.О. Разработка архитектуры приложений 368
Гарбуз С.К. Технології управління стейкхолдерами проектів підготовки інженерних фахівців для галузі суднобудування 369
Григорян Т. Г., Савина О. Ю. Ценностный подход в проектах инновационного развития судостроительных предприятий в составе морских кластеров 370
Партас В.К., Мелешко Я.А., Удовицкий Д.В. Организация удаленного обслуживании клиентов предприятия на основе применения облачных технологий 372
Тимофєєв В.І., Шаманський Г.О. Підвищення ефективності процесу планування робіт проектів шляхом його автоматизації 374
Беркунский Е.Ю., Смикодуб Т.Г. Проблема оптимального выбора архитектуры корпоративных Web-приложений 375
В.Ф. Ажищев, А.В Мандра, Морозова А.С. Электронная документация при эксплуатации судов 376
Пугаченко Е.С. Методика моделирования сложных линейно-функциональных структур в управлении проектами реструктуризации наукоемких предприятий 377

Секція № 10 АКТУАЛЬНІ АСПЕКТИ ПІДНЕСЕННЯ ЕКОНОМІКИ МОРЯ В УКРАЇНІ

Парсяк В.Н. Методологічні засади планування розвитку малих та середніх підприємств в регіонах 380
Запорожец И.М., Трушлякова А.Б. Образовательные проекты в механизмах реализации стратегии развития морского транспортного комплекса 382
Поткін О., Трушлякова Ю.Є. Проектно-орієнтоване управління морськими наливними терміналами 383
Трунін К. С. Менеджмент і системи технологій 384
Іщенко О., Шинкаренко В. Особенности организации кластерных систем в приморских регионах 386
Прокопович Л. Б. Мотиваційні аспекти центрів відповідальності 387
Єфімова Г. В., Пащенко О. В. Міжнародні економічні відносини в контексті реалізації фінансової стратегії у суднобудуванні 388
Ніколенко М. А. Економічна сутність та класифікація витрат 391
Пантюхова І. А. Бухгалтерський баланс в системі управління економічною інформацією 393
Поткин И.А. Сбалансированная система показателей в управлении судостроительными кластерами 394
Рогов В.Г. Система раннього попередження та реагування в контексті стимулювання розвитку суднобудівних підприємств 395
Огорь Г.М.; Витвицький Д.М. Застосування задач факторного аналізу в логістиці 396
Пулянович О.В.; Дичок О.В. Класифікація грошових потоків АТ «Райффайзен Банк Аваль» 398
Надточій І.І.; Якубсон Л.Є. Фактори, що впливають на формування та реалізацію конкурентної стратегії підприємств портової діяльності 399

Ломоносов А.В.; Свечніков В.В. Передумови статистичного аналізу взаємозв'язку цін на паливо, експлуатаційних витрат, фрахтових ставок та ефективності використання суден типу «Jenny» 401
Ломоносова О.Е.; Суліковський Д.Я. Логістичні схеми морських перевезень мінеральних добрив балкерами типу "Jenny" до портів Середземного моря 401
Фатеев Н.В., Поткин А.А., Емец А.А. Международные транспортные коридоры в механизмах развития транспортной системы Украины 404

Секція № 11. ІННОВАЦІЇ В СИСТЕМІ ПІДГОТОВКИ ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАХІВЦІВ

Бобіна О.В. Вища освіта в Україні в 1991–2016 рр.: нові кроки на шляху до … 405
Кисельова Т.В., Смуглякова М.К., Шарапова В.В. Виховний та навчальний потенціал позааудиторної роботи при вивченні іноземних мов у ВНЗ 406
Кириченко С. В. Навчання обдарованих студентів у технічних ВНЗ 407
Бєлоусова С.М., Шевченко Д.О., Давиденко О.Б. Особливості інноваційних технологій викладання іноземних мов в немовних ВНЗ 408
Тригуб О.В., Джулай Г.Г. Застосування інтерактивних методів навчання у вищій школі 409
Петрович Л.І., Гарбар А.І., Гарбар І.В. Сучасні освітні технології та методи навчання української мови (за професійним спрямуванням) інженерно-технологічних фахівців 411
Шляхтіна О. С. Some aspects of case study method in teaching English to marine engineering students 412
Костирко Т.М., Корольова Т.Д. Роль і місце НБ НУК в інформаційному забезпеченні наукових досліджень 413
Міняйлова А. В. Засименко В. В. Організація самостійної роботи студентів під час вивчення іноземної мови професійного спрямування у немовних ВНЗ 415
Жуков Ю.Д., Гордеев Б.Н., Емец Н.А., Кудин О.А. Повышение эффективности подготовки специалистов в области проектирования специализированных компьютерных систем управления объектами морской инфраструктуры 417
Фатєєва В.Г., Гресь А.А. Особливості застосування інформаційно-комунікаційних технологій у процесі вивчення іноземної мови 418
Дрозд О.В; Туркова Л.І. Психологічні аспекти соціальної адаптації молоді у студентській групі 419
Козирєва І.О. Організаційно-виховна робота робота зі студентами вищих навчальних закладів: мета і завдання 420

Секція № 12. МОРСЬКЕ ТРАНСПОРТНЕ ПРАВО

Дубинський О.Ю., Сікорський О.П. Можливості використання інституту бізнес-омбудсмена в Україні в сфері морського транспорту 423
Ломакіна О.А. Арешт морського судна 424
Ломжець Ю.В. Про національну стратегію наближення (апроксимації) законодавства України до права ЄС у сфері охорони довкілля 425
Сандюк Г.О. Основні шляхи інтегрованої морської політики України та ЄС та досвід Координаційно-інформаційного центру в Бургасі 426
Дмитриченко І.В., Дмитриченко Д.І. Конвенція ООН з морського права 1982 р.: питання розвитку і трансформації правого режиму 428
Федоренко Т. М., Федоренко Г. М. Соціально-правовий експеримент як метод дослідження дійсності 430
Благодельський С. В. Перспективи реалізації шляхів протидії піратської діяльності на морі 432
Веліксар Д. В. Діяльність Міжнародних організацій у сфері усунення та подальшого запобігання дискримінації жінок-моряків 434
Вишневський В. Л. Вплив результатів розслідування аварійних морських подій на прийняття чи зміни конвенційних вимог 435
Горбова Г. О. Досвід застосування електронних браслетів в законодавстві зарубіжних країн як міри покарання за злочини пов'язані з насильством в сім'ї 436
Дімітрашко О.А. Протистояння концепцій відкритого і закритого моря в міжнародному морському праві 437
Дяченко К.А. Актуальні проблеми правового забезпечення суднобудівної галузі країни 439
Костенко И. Ю. Понятие информационной безопасности мореплавания 440
Немерцалова С. В. Загроза для біорізноманіття світового океану від діяльності морського транспорту 442
Краснікова О. В. Питання визначення та статусу спортивного судна у нормативних актах України 443

Півторак Г. Ф. Роль ІМО у розвитку інституту реєстрації морських суден 445
Савич О. С. Деякі питання реалізація та імплементація норм щодо видалення затонулих суден в законодавство України 446
Стасій В. І. Формування професійної компетентності спеціалістів морської галузі в Україні 448

Секція № 13 ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА РОЗВИТОК МОРСЬКОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Харитонов Ю.М. Енергопостачання об'єктів портової інфраструктури в особливих умовах функціонування 450
Харитонов Ю.М. Основні завдання проекту розвитку систем енергозабезпечення об'єктів портової інфраструктури 451
Голеншин В.В., Харитонов М.Ю. Перспективные схемы теплоаккумулирующих систем предпускового прогрева двигателей внутреннего сгорания 453
Подаєнко М. Ю. Моделювання процесів формування ланцюгів співробітництва 455
Харитонов Ю.Н., Подаенко М.Ю. Методическое обеспечение подготовки магистров по специальностям 8. 05060105 "Энергетический менеджмент " и 8. 05120105 "Системотехника объектов морской инфраструктуры" 457
Харитонов Ю.М., Фоменко Г.В. Современное состояние исследований в области управления проектами энергосбережения 458
Харитонов Ю.Н., Афанасьев О.В. Формирование базы данных инверсных темплетов для объектов портовой инфраструктуры 459
Харитонов Ю.Н., Колосовский Д.В. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергоснабжения портовой инфраструктуры 460
Казарезов А.Я., Галь А.Ф., Хальнов С.М. Расчет маневренных характеристик судов и толкаемых буксирных составов 462
Лебедь М.А., Шевцов А.П. Математическое моделирование процессов сушки зерна в зернохранилищах морских портов 464
Шевцов А.П. Проблемы математического моделирования системы объектов морской инфраструктуры 464
Галь А. Ф., Казарезов А. Я., Гайдай А. Ю. Транспортировка нефти и природного газа подводными морскими трубопроводами 465
Долганов Ю. А. Використання металопластикових вікон з енергоефективними склопакетами при проведенні термомодернізації об'єктів морської інфраструктури 466
Казарезов А.Я., Галь А.Ф., Лукьянчук П.И. Особенности проектирования региональных логистических систем 467
Казарезов А.Я., Галь А.Ф., Трушлякова Ю.Е. Применение методов управления проектами при проектировании логистических систем 468
Галь А. Ф., Казарезов А. Я., Нанакин С.Ю. Анализ тенденций логистического развития морских портов Украины 468
Галь А. Ф., Казарезов А. Я., Сюков О.А. Транспортные задачи и обеспечение грузообрабатывающим оборудованием морских портов Украины 469

Секція № 14. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ РИБОПРОМИСЛОВОГО ФЛОТУ ТА ПЕРЕРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Радченко Н.И. Концепция эффективного тепло- и хладопотребления на судах рыбопромыслового флота 471
Радченко М.І., Коновалов Д.В. Вдосконалений тепловикористовуючий контур випарних апаратів технологічних установок рибопромислових суден 473
Радченко Н.И., Коновалов Д.В., Калиниченко И.В. Анализ эффективности использования теплоты пара вторичного вскипания в рыбомучных установках для производства холода 475
Радченко Н.И., Коновалов Д.В. Эжекторные теплоутилизирующие установки для производства технологического пара 477
Козонова Ю.А. Применение аккумуляторов холода для охлаждения мелких азово-черноморских рыб 480
Радченко А.Н., Остапенко А. В. Двухпоточная с рециркуляционным контуром система трансформации теплоты когенерационных газовых модулей автономного энергообеспечения технологических производств в абсорбционной холодильной машине 481

Остапенко А.В. Утилизация теплоты газовых двигателей автономного энергообеспечения технологических производств двухступенчатой абсорбционной холодильной машиной с промежуточным нагревом в газовом котле 483
Грич А.В. Особенности ступенчатого охлаждения приточного воздуха машинного зала установки автономного энергообеспечения технологического предприятия 485
Чабаров В.А. Логистика в агропромышленном комплексе 487
Артюх В.Н., Дьяченко Т.В. Перспективы СПГ на мировом энергетическом рынке 490
Волчок В.О., Бордун Т.В. Визначення властивостей сипкого біопалива 491
Русанов С. А., Луняка К. В., Самохвалов В. С. Прогнозування динаміки руху сипкого матеріалу у віброкиплячому шарі 492
Желиба Ю.А., Гоголь Н.И. , Чичелов В.А., Желиба Т.А. Техническое усовершенствование систем охлаждения производств минудобрений 494
Желіба Ю.О., Желіба Т.О. Рекомендації з проектування та організації технологій розморожування м'яса в тушах, півтушах та четвертинах 496
Кологривов М. М., Сагала Т. А. Определение тепловой мощности для разогрева смёрзшихся насыпных грузов 497
Лагутин А.Е., Джуган В.Ю., Гоголь Н.И. Экспериментальный стенд и программа исследований процесса атмосферной сушки растительного сырья 500
Козонова Ю.О. Рекомендації щодо режимів харчування для хворих на цукровий діабет II (другого) типу 504
Бондарь С.Н., Кудашев С.Н., Козонова Ю.А. Производство сорбентов на основе пектиновых веществ из отходов пищевого растительного сырья 505
Бондарь С.Н., Кудашев С.Н., Козонова Ю.А. Мембранная технология утилизации отходов пищевой промышленности 507
Кудашев С.Н, Козонова Ю.А., Петушенко С.Н. Биотехнологические методы обработки зерна с целью улучшения его питательной ценности 509
Тітлов О.С., Патюков С.Д. Розробка малих холодильних апаратів для фермерських і селянських господарств, що працюють на поновлюваному джерелі енергії 513
Тітлов О.С., Приймак В.Г. Аналіз можливостей застосування побутових холодильних приладів для термічної обробки харчових продуктів, напівфабрикатів і сировини 515
Селиванов А.П., Титлов А.С. Разработка абсорбционных холодильных приборов для низкотемпературной обработки и хранения мясной и рыбной продукции в условиях фермерских и крестьянских хозяйств 517
Петушенко С.Н., Титлов А.С., Олейник Е.В. Разработка мобильной системы охлаждения зерна мелкосеменных культур 519
Дементьева Т.Ю. Математическое моделирование тепломассопереноса в условиях действия внутренних источников теплоты 521
Георгиеш Е.В. Экстрагирование веществ в условиях действия микроволнового поля 523
Лукьянова А.С. Технологии сверхкритической экстракции 524
Бошкова И.Л., Волгушева Н.В. Вопрос оценки напряженности электрического поля в микроволновой камере 525
Колесниченко Н.А. Применение микроволнового нагрева при производстве технической керамики 527
Крушенко Г.Г. Повышение качества стального цельнолитого гребного винта 528

УкрОборонПром
Государственный концерн

Исследовательско-проектный центр кораблестроения
Государственное предприятие

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Проектирование боевых надводных кораблей и катеров, вспомогательных судов и специальных плавучих сооружений



Проектное обеспечение модернизации действующих боевых надводных кораблей и катеров



Исследования в области морских вооружений и кораблестроительных наук



Научно-технические услуги в области военного кораблестроения



Техническое сопровождение и авторский надзор за строительством кораблей





Государственное предприятие «Исследовательско-проектный центр кораблестроения»
пр. Героев Сталинграда, 1-Е, г. Николаев, 54025, Украина
тел.: +38 (0512)766 521, факс: +38 (0512) 766 520
e-mail: office@srdsc.com www.srdsc.com

ZALIV SHIP DESIGN

Базовый проект
Корпус инжиниринг
Судовые системы инжиниринг
Корпусное насыщение
Кабельные трассы

Basic design
Hull engineering
System's engineering
Hull outfitting
Engineering of cable ways

Zaliv Ship Design is one of the leading Ukrainian group of companies in ship design and engineering. It managed to combine experience, professionalism, innovative approach and advanced technologies of up–to–date naval engineering. During the period of its activity, the company has successfully completed more than 40 projects and has acquired a reputation of a reliable partner among the best of European design and shipbuilding companies.

Our main partners are the companies of the largest shipbuilding groups, such as the Damen Group, STX Europe, C–Job as well as shipyards in Germany, France, the Netherlands, Ukraine, Romania, Canada, Russia, the Czech Republic, Singapore, China, Malaysia and Norway.

Having experienced professionals from the leading design bureaus of Mykolaiv, ZSD Group offers a wide range of design concepts for commercial vessels that are notable for their effectiveness and high technical and economic performance, use of environmentally friendly technologies and optimization according to Customer's problems.

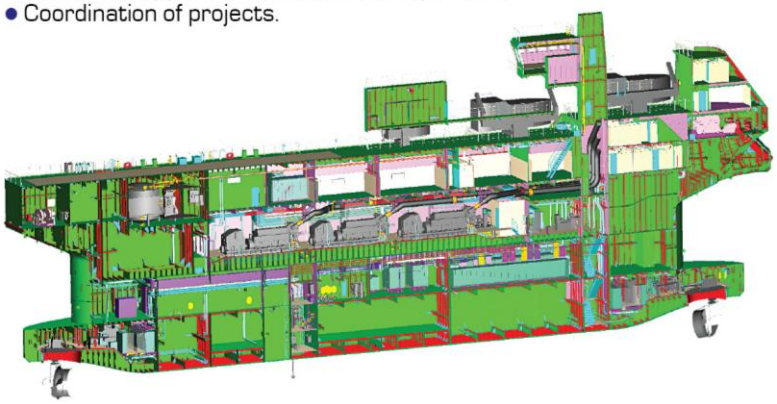
ZSD Group specializes in three main areas: *transport vessels, cruise vessels and ferries, offshore and special vessels.*

The main principles of our work in the market are satisfaction of customer's needs, development, innovations and teamwork. This ensures a stable position of the company in the changing market.

SERVICES

Zaliv Ship Design offers the following types of activities:

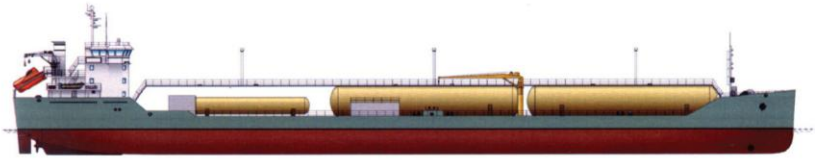
- Basic design;
- Strength calculation using FEM;
- Detailed design:
  - Hull
  - Ship systems
  - Hull outfitting
- Change and modernization of detailed projects;
- Technical support of the construction process;
- Coordination of projects.



ENGINEERING

Zaliv Ship Design Group provides a full range of engineering works, including the hull and hull outfitting, systems and pipelines, ventilation and cable routes. As all the works are performed in a unified 3D model, it significantly reduces the engineering time and eliminates numerous conflicts at the stage of the sections assembly in shops and on the building way.

The production processes of the company are based on the approaches and principles of the leading Western engineering bureaus and shipyards. This is reflected in the high quality of the documentation, effectiveness and flexibility in the approach to Customer's specific requirements.





No.1, Spasska Street, Mykolaiv, 54030, Ukraine
Украина, 54030, Николаев, ул. Спасская, 1

www.zalivdesign.com

e–mail: office@zalivdesign.com tel: +38 (0512) 76–54–00 fax: +38 (0512) 76–50–03

Наукове видання

ІННОВАЦІЇ В СУДНОБУДУВАННІ ТА ОКЕАНОТЕХНІЦІ

VII міжнародна науково-технічна конференція

12-14 жовтня 2016 року

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
м. Миколаїв, проспект Героїв України, 9

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

(українською, російською і англійською мовами)

Відповідальний за випуск В. С. Блінцов
Комп'ютерна верстка В. В. Торубара

Формат 60×84/8 Ум. друк. арк. 44,2. Тираж 100. Зам. № _____

Видавець і виготівник Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
просп. Героїв України, 9, м. Миколаїв, 54025
e-mail: publishing@nuos.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2506 від 25.05.2006 р.