

14-ї

МАТЕРІАЛИ МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ



2023
СЕУТТОО

СУЧАСНІ ЕНЕРГЕТИЧНІ
УСТАНОВКИ НА ТРАНСПОРТІ,
ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ
ДЛЯ ЇХ ОБСЛУГОВУВАННЯ

Міністерство освіти і науки України
Херсонська державна морська академія
Одеський національний морський університет
Національний університет «Одеська морська академія»
Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова
Державний університет інфраструктури та технологій
Литовська морська академія (Литовська Республіка)
Akademia Morska w Szczecinie (Республіка Польща)
Batumi State Maritime Academy (Грузія)
Крюїнгова компанія «Marlow Navigation» (Республіка Кіпр)

МАТЕРІАЛИ

14-ї Міжнародної науково-практичної конференції
***«СУЧАСНІ ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ НА
ТРАНСПОРТІ, ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ
ЇХ ОБСЛУГОВУВАННЯ»
(СЕУТТОО-2023)***



Херсон – 2023

Науковий комітет:

Агєєв М.С. – д.т.н., доц., ХДМА;
Білогуб О.В. – д.т.н., проф., НТУ «ХАІ»;
Білоусов Є.В. – д.т.н., проф., ХДМА;
Варбанець Р.А. – д.т.н., проф., ОНМУ;
Грицук І.В. – д.т.н., проф., ХДМА;
Дакі О.А. – д.т.н., доц., ДІВТ;
Єпіфанов С.В. – д.т.н., проф., НТУ «ХАІ»;
Колегаєв М.О. – к.т.н., проф., НУ «ОМА»;
Кравченко С.О. – д.т.н., с.н.с., НТУ «ХПІ»;
Лещенко А.М. – д.філос.н., проф., ХДМА;
Мельник О.В. – к.т.н., доц., ДУІТ;
Наглюк І.С. – д.т.н., проф., ХНАДУ;
Парсаданов І.В. – д.т.н., проф., НТУ«ХПІ»;
Подригало М.А. – д.т.н., проф., ХНАДУ;
Полив'янчук А.П. – д.т.н., проф., ХНУ міського господарства імені О.М. Бекетова;
Рева О.М. – д.т.н., проф., НАУ;

Редчиць Д.О. – д.ф.-м.н., інститут транспортних систем і технологій НАН України;
Сараєв О.В. – д.т.н., проф., ХНАДУ;
Сербін С.І. – д.т.н., проф., НУК;
Сьомін О.А. – к.т.н., доц., ДУІТ;
Тимошевський Б.Г. – д.т.н., проф., НУК;
Тулученко Г.Я. – д.т.н., проф., НТУ «ХПІ»;
Чередніченко О.К. – д.т.н., доц., НУК;
Шарко О.В. – д.т.н., проф., ХДМА;
Шумило О.М. – к.т.н., проф., ОНМУ;
Klyus Oleh – prof. dr hab. inż, Akademia Morska w Szczecinie (Республіка Польща);
Rima Mickienė – Deputy director for academic affairs at Lithuanian Maritime Academy (Литовська республіка);
Teona Dzeladze – Ph.D, Associate Professor Batumi State Maritime academy (Грузія)

Організаційний комітет:

Голова – Василь ЧЕРНЯВСЬКИЙ, ректор ХДМА.

Заступники голови – Андрій БЕНЬ, проректор з НПР ХДМА.

Олександр АКИМОВ, декан факультету суднової енергетики.

Володимир САВЧУК, зав. кафедри експлуатації суднових енергетичних установок.

Вчений секретар конференції – Дмитро ЗІНЧЕНКО, доцент кафедри експлуатації суднових енергетичних установок.

Технічний секретар – Дар'я КУРНОСЕНКО, завідувач лабораторії кафедри експлуатації суднових енергетичних установок.

Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування. 14-а Міжнародна науково-практична конференція, 16-18 березня 2023 р. – Херсон: Херсонська державна морська академія.

У матеріалах 14-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування» представлені тези, які присвячені проблемам експлуатації, виробництва та проектування енергетичних установок та устаткування на транспорті, а також підготовки спеціалістів у сфері транспортної енергетики й устаткування.

ЗМІСТ

Слово голови організаційного комітету конференції, ректора Херсонської державної морської академії Чернявського Василя Васильовича.....	9
Секція 1. ПРОБЛЕМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК І ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ НА ТРАНСПОРТІ.....	12
Гнатів А.В., Аргун Щ.В., Сохін П.А., Ульянець О.А. <i>Комбінована силова установка з індукційним підігрівом повітря у циліндрах для міських транспортних засобів</i>	13
Худяков І.В., Грицук І.В., Погорлецький Д.С., Черненко В.В., Поліщук О.В. <i>Особливості використання систем моніторингу енергетичних установок суден змішаного району плавання «ріка-море»</i>	17
Погорлецький Д.С., Грицук І.В., Худяков І.В. <i>Особливості експлуатації лубрикаторної системи мащення суднового двигуна MAN-B&W 5S70ME-C</i>	22
Шалапко Д.О., Андреев А.А., Свиридов В.І. <i>Покращення експлуатаційних показників СЕУ танкера за рахунок використання водневих добавок</i>	27
Шалапко Д.О., Андреев А.А., Пирисунько М.А. <i>Експлуатаційні показники суднового дизельного двигуна при використанні водневих домішок</i>	31
Андреев А.А., Шалапко Д.О., Свиридов В.І. <i>Покращення експлуатаційних характеристик суднових систем інертних газів</i>	34
Андреев А.А., Пирисунько М.А., Андреева Н.Б. <i>Підвищення паливної ефективності суднових МОД охолодженням наддувного повітря тепловикористовуючою установкою</i>	38
Свиридов В.І., Андреев А.А., Шалапко Д.О. <i>Діагностування суднового устаткування під час його роботи</i>	41
Варбанець Р.А., Мінчев Д.С., Псарюк С.П., Братченко П.В. <i>Передбачення впливу нерегулярності паливоподачі на параметри роботи головного суднового двигуна з використанням цифрового двійника</i>	45
Савчук В.П., Білоусов Є.В., Курносенко Д.В., Таран М.В. <i>Вплив форсування дизелів ZA40S на експлуатаційні обмеження шатунних підшипників</i>	49
Kisietov J., Kozlov A. <i>Some issues of fuel preparation on ships</i>	55

Агеев М.С., Ричардас Малкус. <i>Перспективи розвитку прогнозування технічного обслуговування суднових газотурбінних двигунів за станом.....</i>	57
Андреев А.А., Пирисунько М.А., Година В.І. <i>Тепловикористовуючі системи охолодження наддувного повітря сучасних суднових МОД.....</i>	65
Пирисунько М.А., Свиридов В.І., Андреев А.А. <i>Аналіз зменшення токсичності та димності відпрацьованих газів за рахунок керованої подачі повітря до камери згоряння ДВЗ.....</i>	68
Pyrysunko M., Andreiev A., Andreieva N. <i>Using the heat of recirculated gases in an absorption chiller to improve the energy efficiency of marine diesel engines</i>	71
Шарко О.В., Яненко А.В. <i>Сучасні технології діагностування і визначення залишкового ресурсу елементів СЕУ в процесі експлуатації.....</i>	75
Голощанов С.С., Колебанов О.К. <i>Автоматизована система управління газодизель-генератором електроходу.....</i>	78
Bulgakov M. <i>The effect of common rail engines implementation on NO_x emission reduction.....</i>	84
Воронков О.І., Авраменко А.М. <i>Перспективи використання модульного підходу для формування силової установки на базі дизельних двигунів багатвісних автомобілів.....</i>	88
Варбанець Р.А., Кирнац В.І., Брусник Р.О., Холденко В.І., Мазур Т.М. <i>Особливості діагностування паливної апаратури та приводу клапанів газорозподілу двотактних двигунів без інтеграції додаткових систем у його конструкцію.....</i>	90
Булгаков М.П. <i>Збільшення терміну служби форсунок суднових дизелів.....</i>	94
Кравцов М.М. <i>Чисте повітря салону транспортного засобу – запорука життєдіяльності пасажирів.....</i>	97
Ткачов О.Ю. <i>Порівняльний аналіз напівактивної та пасивної підвісок автомобіля.....</i>	104
Колебанов О.К., Селіверстова С.Р., Селіверстов І.А. <i>Дослідження системи автоматичного управління судновим краном.....</i>	106
Варбанець Р.А., Мінчев Д.С., Залож В.І., Тарасенко Т.В., Абросімов В.Г. <i>Підхід до неруйнівної діагностики системи впорскування палива суднового двигуна з використанням вібродатчиків.....</i>	109
Кривошапов С.І. <i>Математичне моделювання щодо розрахунку годинної витрати палива для малопотужних бензинових і дизельних генераторів.....</i>	113

ІНФОРМАЦІЙНЕ ПОВІДОМЛЕННЯ.....	117
Секція 2. ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, НАДІЙНОСТІ ТА БЕЗПЕКИ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК І ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ НА ТРАНСПОРТІ, НЕТРАДИЦІЙНІ ЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ.....	118
Шостак В.П., Личко Б.М. <i>Друге дихання утилізації вторинної теплоти ма-лообертових дизелів.....</i>	119
Врублевський Р.Є. <i>Використання гомогенізатору для підвищення економії палива та екологічних показників головного двигуна.....</i>	123
Зіпунніков М.М. <i>Особливості роботи електролізної комірки в умовах імпульсного електролізу.....</i>	126
Авраменко А.М., Левтеров А.М. <i>Проблеми використання водень вмістких сумішей для поліпшення екологічних показників дизельних двигунів.....</i>	130
Настасенко В.О., Проценко В.О., Бабій М.В. <i>Сучасний розвиток суднових вітряних систем.....</i>	133
Воїнов О.П., Самохвалов В.С., Кобалава Г.О. <i>Можливості оновлення судно-вих котельних установок.....</i>	137
Чорна В.О., Кудряшов О.О., Біленко С.С. <i>Аналіз існуючих методик оцінки температурного поля тягових електричних двигунів.....</i>	139
Грич А.В., Остапенко О.В. <i>Аналіз впливу ступеневого кондиціювання пові-тря машинного відділення на ефективність газових двигунів.....</i>	141
Грич А.В., Остапенко О.В. <i>Система кондиціювання з глибоким двоступене-вим охолодженням повітря машинного відділення газових двигунів тепло-електростанції.....</i>	144
Шарко О.В., Клевцов К.М., Степанчиков Д.М., Яненко А.В. <i>Організація мо-ніторингу прогнозування технічного стану вузлів турбокомпресорів із вико-ристанням ланцюгів Маркова.....</i>	148
Скосар В.Ю., Ворошилов О.С., Бурилов С.В., Дзензерський В.О. <i>Паливні комірки - необхідний елемент енергетичної безпеки.....</i>	151
Скосар В.Ю., Ворошилов О.С., Бурилова Н.В., Бурилов С.В., Дзензерсь-кий В.О. <i>Питання безпеки на магнітолевітаційному транспорті.....</i>	154
Чередніченко О.К., Личко Б.М., Басов О.Ю. <i>Реалізація об'єктно-орієнтова-них підходів при розв'язанні задач дослідження суднових енергетичних комплексів з термохімічними системами.....</i>	157

Шалапко І.О. <i>Дослідження впливу використання альтернативного палива на робочий процес та ефективні показники суднового двигуна</i>	160
Рябошапка Н.Є., Сухонос Р.Ф., Грачов П.В. <i>Вплив кута випередження запалювання на робочі процеси бензинових двигунів внутрішнього згорання, що працюють на паливі із додаванням етанолу</i>	163
Палагін О.М. <i>Використання вторинних енергоресурсів в опріснюючих установках та їх типи</i>	166
Калініченко І.В. <i>Утилізація скидної теплоти системи охолодження судових ДВЗ тепловим насосом</i>	169
Костиця М.В., Корпач С.В., Кошель М.Д. <i>Мультифрактальний аналіз і функціональні властивості акумуляторних електродів $Fe/Fe(OH)_2$ транспортних засобів</i>	173
Бабій М.В., Настасенко В.О., Проценко В.О. <i>Резерви підвищення енергоефективності та екологічності судових котлів за рахунок застосування засобів автоматизації</i>	176
Kobalava H.O., Konovalov D.V. <i>Effect of contact cooling on the performance of gas turbine compressor</i>	180
Калініченко Є.В., Мущенко П.В. <i>Сучасні методи і технології управління використанням енергоресурсів у суднопластві</i>	183
Остапенко О.В., Грич А.В. <i>Двоступенева абсорбційно-адсорбційна холодильна машина для тригенераційної установки</i>	186
Остапенко О.В., Грич А.В. <i>Ступенева ежекторно-абсорбційна система трансформації теплоти газового двигуна в холод</i>	188
Борисенко С.М. <i>Проблематика експлуатації морських суден з гвинтом регульованого кроку у складних погодних умовах</i>	191
Балака М.М., Тетерятник О.А., Санкін І.Є. <i>Комплексна оцінка застосування моторних палив</i>	194
Столярик Т.О., Сагін С.В. <i>Зменшення втрат механічної енергії в судових дизелях</i>	197
Мадей В.В., Волков О.М. <i>Екологічні та економічні аспекти використання в судових дизелях палив біологічного походження</i>	201
Коробко В.В., Московко О.О. <i>Особливості конструкції термоакустичних двигунів систем утилізації скидної теплоти СЕУ</i>	205

Сагін А.С., Заблоцький Ю.В. <i>Аналіз способів підвищення надійності паливної апаратури високого тиску під час використання в суднових дизелях палив з низьким вмістом сірки</i>	208
Авдюнін Р.Ю., Хоменко В.С. <i>Стенд для дослідження характеристик упорних підшипників валопроводів маломірних суден</i>	211
Редчиць Д.О., Тарасов С.В., Польовий О.Б., Моїсеєнко С.В., Акіменко О.В., Заїка В.О. <i>Комп'ютерна гідромеханіка на службі вітроенергетики</i>	214
Кузнецов В.В. <i>Обґрунтування потенціалу ефективності охолоджувачів надувного повітря суднових дизельних двигунів</i>	219
Кузнецов В.В., Шевцов А.П. <i>Математичне моделювання процесів переносу теплоти і маси в суднових енергетичних установках</i>	221
Кузнецова С.А., Кузнецов В.В., Шевцов А.П. <i>Оцінка забруднення елементів систем повітрязабезпечення суднових дизелів</i>	225
Кузнецова С.А., Волошин А.Ю., Коробейнікова Н.В. <i>Вплив кута нахилу жалюзі газоповітряного охолоджувача на теплові та екологічнонебезпечні викиди дизельних установок</i>	229
Головань А.І., Варгатюк С.О. <i>Аналіз впливу умов праці на ефективність несення вахти членами екіпажу морських суден</i>	232
Жук О.К., Дзисюк Я.В., Нікуліна А.О. <i>Побудова і управління енергоефективних безконтактних зарядних систем електричних суден</i>	234
Литош О.В. <i>Математична модель, розрахунок і оцінка основних характеристик приводного електродвигуна герметичного компресорного агрегату</i>	239
Кузнецов Г.В. <i>Аналіз існуючих рішень по утилізації теплоти для корабельних енергетичних установок</i>	242
Чурсін Д.І., Шевцов А.П. <i>Вплив забруднення поверхні теплообміну на ефективність роботи охолоджувачів енергетичних установок</i>	246
Дзигар А.К. <i>Перспективні види палива по зменшенню викидів оксиду вуглецю. Можливості використання аміаку та сумішей в якості палива для суднових дизельних двигунів</i>	248
Секція 3. РОБОЧІ ПРОЦЕСИ, ДИНАМІКА ТА МІЦНІСТЬ ТРАНСПОРТНОГО І ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	252
Gorbatyuk Ie.V. <i>Determination of dynamic loads during operation of tower cranes</i>	253

Свиридов В.І., Андреев А.А., Пирисунько М.А. <i>Основні види несправності ротора суднових насосів</i>	255
Білоусов Є.В., Самарін О.Є., Рибальченко М.Є., Будко В.П. <i>Використання цифрових профілів для аналізу параметрів робочого процесу суднових дизелів</i>	259
Nerubatskyi V., Hordiienko D. <i>Research of electromechanical processes in the control system of a soft start device with an asynchronous motor</i>	264
Савчук В.П., Зінченко Д.О., Самарін О.Є., Дзигар А.К., Котов А.І., Кочетов Г.А. <i>Дослідження впливу складальних допусків на показники працездатності головних підшипників малообертових двигунів серії RTA96C виробництва фірми SULZER</i>	268
Сапронов О.О., Соценко В.В., Сапронова А.В., Шаранов В.Д., Сметанкін С.О. <i>Модифікування реактопластичного зв'язувача для забезпечення термостабільності композицій призначених для ремонту деталей транспорту</i>	273
Сапронов О.О., Якущенко С.В., Воробйов П.О., Юренін К.Ю. <i>Розроблення полімерних матеріалів призначених для ремонту трубопровідного транспорту</i>	276
Слинько Г.І., Оглуздін С.Ю., Сухонос Р.Ф., Слинько В.В. <i>Вплив профілю впускного кулачка на ефективні показники бензинового двигуна</i>	280
Тарасов С.В., Молотков О.Н., Тарасов А.С., Чернявський Є.Ю. <i>Аналіз показників якості системи стабілізації обертів ротора Дар'є ВЕУ</i>	284
Бершак С.В., Курган В.О. <i>Розрахунково-експертна оцінка міцності деталей суднових конструкцій</i>	287
Лимаренко О.М., Курган В.О. <i>Визначення напружень і деформацій пружного елемента силовимірювача</i>	291
Лавренченко Г.К., Слинько О.Г., Бойчук А.С., Козловський С.В., Галкін В.М. <i>Удосконалення термодинамічного циклу газотурбінних установок великої потужності</i>	294
Поляков В.О. <i>Ієрархічне побудування руху магнітолевітуючого поїзда</i>	301
Подригало М.А., Шеїн В.С., Рябушко І.А. <i>Проектування планетоходів з урахуванням масштабів подоби</i>	306

Секція 4. ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ТА ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ І ВИРОБНИЦТВА ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК І ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ, ЙОГО ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	309
Самарін О.Є. <i>Камера згоряння з плівково–клапанним сумішоутворенням...</i>	310
Смирнов О.П., Борисенко А.О. <i>Перспективні напрями створення системи допомоги водію на базі адаптивного круїз-контроля.....</i>	313
Самарін О.Є. <i>Газотурбінний наддув двотактного дизельного двигуна.....</i>	317
Войтасик А.М. <i>Система енергозабезпечення бортового обладнання автономного вантажного самохідного підводного носія.....</i>	320
Багач Р.В. <i>Використання зарядних станцій для електромобілів у Харківській області.....</i>	323
Старостенко Н.І., Шостак В.П., Личко Б.М. <i>До питання паропродуктивності холодильника наддувного повітря малообертового двигуна.....</i>	328
Матвеев В.В. <i>Спрощений кінематичний аналіз кривошипно-шатунного механізму холодильно-поршневого компресора.....</i>	331
Nerubatskyi V., Hordiienko D. <i>Research of the energy characteristics of a wind generator with a hybrid inverter control system.....</i>	335
Шумило О.М., Кононова О.М. <i>Математична модель оптимізації пасажирських суден при проведенні їх розмірної модернізації.....</i>	339
Берестовой І.О., Гудь В.Р. <i>Оцінка взаємозв'язку геометричних параметрів циліндро-поршневої групи та енергетичних показників судового малообертового двигуна.....</i>	348
Чередніченко О.К., Личко Б.М. <i>Визначення характеристик пропульсивної установки концептуального буксирного судна шляхом регресійного аналізу..</i>	351
Сакно О.П., Стадник В.І. <i>Аналіз міжнародного мультимодального контейнерного перевезення вантажів.....</i>	353
Міщук Д.О., Горбатюк Є.В., Санкін І.Є., Міщук Є.О. <i>Дослідження характеристик моделі просторового шарніра в системі двигуна внутрішнього згоряння.....</i>	357
Сальніков Д.В., Васильченков О.Г. <i>Софт-процесори як конфігуруванні периферійні блоки мікроконтролерів.....</i>	361

Ярита О.О. <i>Вибір раціонального способу керування електропневматичними клапанами у складі електропневматичного приводу зчеплення.....</i>	363
Щедролосев О.В. <i>Визначення розрахункового ККД гвинтових негерметичних вантажних насосів для спеціальних систем наливних суден.....</i>	366
Сіманенков А.Л., Бігун С.В., Лебеденко Ю.О. <i>Підходи до побудови систем керування процесами упорскування циліндрового мастила судових двигунів.....</i>	369
Секція 5. ПРОБЛЕМИ ПІДГОТОВКИ СПЕЦІАЛІСТІВ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ.....	372
Nosov P.S., Cherniavskiy V.V., Onyshko D.M., Koretsky O.A. <i>Intellectual analysis of transitional motivational states in the event of critical situations in maritime transport by ECDIS data.....</i>	373
Kuznietsov Yu.M. <i>Using the system-morphological approach and the Venn diagram to find ideas for multifunctional vehicles.....</i>	378
Поливода В.В., Поливода О.В. <i>Інтегрована система провадження англійської мови в закладах вищої освіти інженерної та транспортної галузей.....</i>	381
Личко Б.М., Старостенко Н.І., Шостак В.П. <i>Навчальний наочний посібник по системам для малообертових двигунів. робочий зошит.....</i>	385
Nosov P.S., Ponomaryova V.P., Diahyleva O.S., Ben A.P. <i>Approaches for identifying and recovering qualification parameters of organizational and technical systems of maritime transport.....</i>	388
Клевцов М.К., Матвіюк С.Г. <i>Методи прийняття рішень в діагностиці та прогнозуванні проблем стратегії управління морських вантажоперевезень...</i>	393
Nosov P.S., Masonkova M.M., Diahyleva O.S., Solovey O.S. <i>Analytical approaches for construction a model of an operator-navigator regarding the requirements of stakeholders.....</i>	397
НОТАТКИ.....	403

СИСТЕМА ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БОРТОВОГО ОБЛАДНАННЯ АВТОНОМНОГО ВАНТАЖНОГО САМОХІДНОГО ПІДВОДНОГО НОСІЯ

Войтасик А.М.✉

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Україна

Анотація

Ключові слова:

енергоживлення, акумулятор, транспортування.

Автономні самохідні підводні апарати застосовують при виконанні багатьох підводно-технічних робіт. Транспортування та установка вантажів на морському дні визначені одними з найбільш перспективних та технологічно складних. Для більшої ефективності їх реалізації запропоновано застосовувати автономні вантажні самохідні підводні носії. Метою даного дослідження є аналіз можливих варіантів проектування системи енергозабезпечення бортового обладнання автономного самохідного підводного носія під певні технічні вимоги. З цією метою застосовуються методи математичного і комп'ютерного моделювання для створення досліджуваних моделей, планування та обробки отриманих даних. В роботі представлено декілька варіантів реалізації системи енергозабезпечення серед яких визначено найбільш оптимальний варіант, що передбачає використання існуючих акумуляторних батарей зі схожими технічними параметрами.

Вступ

Використання сучасних засобів підводної робототехніки є магістральним шляхом захисту держави з морського напрямку. Провідні морські країни світу приділяють велику увагу створенню такої техніки взагалі і, зокрема, створенню автономних підводних апаратів різного призначення – розвідувальних, аварійно-рятувальних, ударних. Актуальність цього напрямку для України обумовлена створенням нових радіогідроакустичних та інших приладів оборонного призначення у вигляді великогабаритного обладнання, яке планується застосовувати на акваторіях держави.

Одним з актуальних завдань для автономних вантажних самохідних підводних носіїв (АВСПН) оборонного призначення є прихована доставка та установка на морському дні такого обладнання для висвітлення морської обстановки у територіальних водах України. Серед останніх вітчизняних розробок на цей час велику ефективність мають гідроакустичні станції українського виробництва «Тронка», «Олімп-ЗК» та інші. Принцип їх роботи дає змогу залучати вказані прилади в якості головної компоненти при створенні системи інформаційного забезпечення протичовнових, протидиверсійних та антитерористичних морських оборонних операцій.

Розгортання такої системи інформаційного забезпечення для захисту держави від загроз з морського напрямку доцільно виконувати за допомогою АВСПН спеціальної конструкції, які здатні у прихованому режимі виконувати транспортування вказаного обладнання як корисного вантажу у задану точку акваторії, автоматичну установку його на морське дно та повернення корисного вантажу на судно-забезпечення після завершення морської оборонної операції.

Актуальність досліджень

Від правильності прийняття технічних рішень при проектуванні системи енергозабезпечення бортових споживачів (СЕБС) АВСПН залежатиме ефективність його роботи загалом [1, 2]. Енергетика такого носія повинна бути реалізована із застосуванням акумуляторної батареї (АКБ) здатної забезпечити 12 годин автономної роботи при постійній швидкості руху носія 3 м/с [3]. Враховуючи технічні параметри застосовуваних маршових рушіїв, АВСПН зможе забезпечити постійну швидкість руху носія рівною 2,58 м/с, що в свою чергу позначиться на більшій автономності АКБ, а саме 12,9 год з урахуванням відстані руху носія 120 км. Важливим рішенням на даному етапі проектування СЕБС АВСПН є обґрунтування вибору АКБ, що застосовується.

Викладення основного матеріалу

При постановці завдання проектування СЕБС АВСПН розглянемо кілька можливих варіантів: використання існуючих АКБ зі схожими технічними параметрами; складання спеціалізованої АКБ із необхідними технічними параметрами. Почнемо з першого варіанта та розглянемо можливість використання АКБ, що застосовуються на електромобілях Tesla. Як акумуляторний елемент використовується акумуляторна літій-іонна батарея у форм-факторі 18650. Напруга одного зарядженого елемента 4,2 В при ємності 3000 мА·год.

Габаритні розміри 1-го зібраного модуля становлять 690х315х80 мм, масою 26 кг. Один такий зібраний акумуляторний модуль за схемою з'єднання з 6-ма послідовними і 74-ма паралельними акумуляторними елементами має напругу 25,2 В, ємністю 234 А·год.

16 модулів, з'єднаних послідовно з напругою 25,2 В, ємністю 234 А·год створюють АКБ з напругою 403,2 В, ємністю 234 А·год, габаритами 2100х1500х150 мм, масою 416 кг (це тільки маса батареї, окремо ще 124 кг маси АКБ становитиме єдиний рамний корпус).

При заданій ємності АКБ автономності АВСПН буде недостатньо, оскільки її вистачить лише на 7,2 год роботи при тому, що згідно з виконаними розрахунками, необхідно забезпечити 12,9 год його автономної роботи, враховуючи фактичну швидкість руху апарату 2,58 м/с (9,29 км/год) та відстань руху 120 км.

Для того, щоб забезпечити необхідну для СЕБС АВСПН потужність АКБ, що становить 210 кВт·год, необхідно використовувати 3 шт. АКБ Tesla, потужністю 85 кВт·год. При цьому маса зібраних АКБ в єдину СЕБС становитиме 1248 кг (з масою рамного корпусу 1620 кг). Різні варіанти компоновання АКБ на підводному носії відповідатимуть різним габаритним розмірам.

Розглянемо можливість використання АКБ, які застосовуються на електромобілях Nissan Leaf. Як акумуляторний елемент використовується акумуляторна літій-іонна батарея в пакетному форм-факторі розміром 261х216 мм, виробництва компанії AESC. Проте, тут вже потрібно говорити про різні покоління цієї АКБ.

Наприклад, напруга одного зарядженого акумуляторного елемента конструкції 1-го покоління становить 4,2 В, при ємності 33 мА·год. У той момент, коли конструкція 2-го покоління передбачає використання акумуляторних елементів з тим самим рівнем напруги, але з більшою ємністю, а саме 56,3 мА·год.

Габаритні розміри 1-го зібраного модуля, 1-го покоління, становлять 303х223х35 мм, масою 3,8 кг. Один такий зібраний акумуляторний модуль за схемою з'єднання з 2-ма послідовними та 2-ма паралельними акумуляторними елементами має напругу 8,4 В, ємністю 66 А·год.

Габаритні розміри 1-го зібраного модуля, 2-го покоління, складає 300х222х68 мм, масою 8,7 кг. Один такий зібраний акумуляторний модуль за схемою з'єднання з 4-ма послідовними і 4-ма паралельними акумуляторними елементами має напругу 16,8 В, ємністю 112,6 А·год.

Для 1-го покоління батареї Nissan Leaf, 48 модулів, з'єднаних послідовно з напругою 8,4 В, ємністю 66 А·год, масою 275 кг (вже з урахуванням єдиного рамного корпусу, окремо маса АКБ становитиме 183 кг).

Для 2-го покоління батареї Nissan Leaf, 24 модулі, з'єднаних послідовно з напругою 16,8 В, ємністю 112,6 А·год, габаритами 1188х1544х264 мм, масою 294 кг (вже з урахуванням єдиного рамного корпусу, окремо маса АКБ становитиме 209 кг).

При заданій ємності АКБ 1-покоління автономності АВСПН буде недостатньо, тому що її вистачить лише на 2 год роботи при тому, що згідно з виконаними розрахунками, необхідно забезпечити 12,9 год його автономної роботи, враховуючи швидкість руху апарату 2,58 м/с та відстань руху 120 км. При заданій ємності АКБ 2-го покоління автономності АВСПН буде недостатньо, оскільки її вистачить лише 3,5 год роботи підводного носія.

Для того, щоб забезпечити необхідну для СЕБС АВСПН потужність АКБ, що становить 210 кВт·год, необхідно використовувати 9 шт. АКБ 1-покоління Nissan Leaf, потужністю 24 кВт·год при загальній масі 2475 кг, або 6 шт. АКБ 2-покоління, потужністю 40 кВт·год при загальній масі 1764 кг.

Різні варіанти компоновання АКБ для СЕБС АВСПН на базі АКБ Nissan Leaf будуть відповідати різним габаритним розмірам.

Другий варіант проектування СЕБС передбачає складання спеціалізованої АКБ із необхідними технічними параметрами. Розглянемо можливість використання акумуляторних модулів CALB. Відповідно до технічних умов застосування АВСПН, можна розглянуті варіанти застосування напруги АКБ 400 В замінити на 330 В, обґрунтувавши це номінальним живленням рушіїв АВСПН.

При цьому ємність АКБ з 525 А·год повинна бути рівною 636 А·год. На продуктивність АКБ це не вплине, оскільки її потужність буде тією ж

– 210 кВт·год. Оскільки зниження рівня напруги збільшить сумарний номінальний струм споживачів з 32,5 А до 39,4 А.

Для побудови АКБ із такими параметрами необхідно застосувати 97 шт. акумуляторних модулів типу CALB напругою 3,4 В, ємністю 500 А·год, масою 13,2 кг кожен модуль. Габаритний розмір такого модуля становить 450x285x72 мм.

У цьому випадку АКБ буде здатна забезпечити функціональність АВСПН лише на 12,7 год роботи при тому, що згідно з виконаними розрахунками, необхідно забезпечити 12,9 год його автономної роботи, враховуючи швидкість руху апарату 2,58 м/с та відстань руху 120 км.

Змінити цю ситуацію можна, застосувавши замість 97 шт. акумуляторних модулів 100 шт. прим. Дане рішення дозволяє використовувати тільки послідовні з'єднання елементів, що забезпечить напругу на рівні 340 В. Тоді, номінальний струм споживачів зміниться з 39,4 А до 38,2 А, що в свою чергу вплине на автономність АКБ, яка зміниться з 12,7 год на 13,1 год, що вже повною мірою забезпечить функціонування АВСПН.

При цьому габаритні розміри такої АКБ становитимуть 2520x1350x285 мм, масою 1320 кг. Підвищення рівня напруги з 330 В до 340 В не позначиться негативно на роботі рушіїв АВСПН, так як спочатку її буде підвищено лише на 2,94%.

Враховуючи постійне навантаження маршових рушіїв під час руху, рівень напруги буде поступово наблизитися до номінального, а перейшовши цю межу, як і раніше, перебуватиме в допустимому діапазоні.

Розглянемо можливість використання акумуляторних модулів RELION. Аналогічної ефективності можна досягти, застосувавши акумуляторні елементи RELION напругою 12 В, ємністю 300 А·год з габаритами 520x267x228 мм, зібрані в акумуляторні модулі напругою 12 В, загальною ємністю 600 А·год. Габаритний розмір одного акумуляторного модуля складе 420x178x230 мм.

Маса одного такого модуля становитиме 90 кг. Застосувавши 28 шт. таких модулів можна отримати напругу 336 В, ємністю 600 А·год. У цьому випадку номінальний струм споживачів складе 38,7 А, що відповідатиме 15,5 год автономності АКБ, що також забезпечить функціонування АВСПН.

При цьому габаритні розміри такої АКБ будуть меншими за попередню і становитимуть 2518x940x260 мм, а маса істотно збільшиться і становитиме 2520 кг.

Висновки

В результаті аналізу отриманих даних оптимальним варіантом створення системи енергозабезпечення бортових споживачів автономного вантажного самохідного підводного носія є перший варіант проектування, що передбачає використання існуючих акумуляторних батарей зі схожими технічними параметрами та застосуванням 100 шт. акумуляторних елементів CALB з напругою 12 В, ємністю 500 А·год. У габаритних розмірах 2520x1350x285 мм акумуляторна батарея має оптимальне співвідношення маси і потужності акумуляторних елементів необхідних для забезпечення ефективної роботи бортового обладнання автономного вантажного самохідного підводного носія. Результати проведеного дослідження можуть бути корисними на етапах проектування систем енергозабезпечення автономних самохідних підводних апаратів.

Література

- [1] Blintsov O.V., Burunina Zh. Yu., Voityasyk A.M. Refining the classification of underwater missions performed using underwater complexes with flexible connections. *«Shipbuilding and Marine Infrastructure»*. 2018. № 1(9). P. 36-43. [doi: 10.15589/SMI.2018.01.05](https://doi.org/10.15589/SMI.2018.01.05)
- [2] Войтасик А.М. Удосконалення математичної моделі просторового руху вантажного самохідного підводного носія. *Науковий вісник Херсонської державної морської академії*. 2018. № 2(19). С. 14-24.
- [3] Войтасик А.М. Автоматизація керування крено-диферентною системою самохідного прив'язного підводного апарата-робота транспортного типу. *Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті*: матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції. Херсон: ХДМА, 2018. С. 99-102.

Відомості про автора

Андрій Войтасик, к.т.н., доцент кафедри електричної інженерії суднових та роботизованих комплексів, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Миколаїв, Україна, [ORCID ID: 0000-0002-9409-6108](https://orcid.org/0000-0002-9409-6108).



Відповідальні за випуск *Р.Є. Врублевський, В.П. Савчук, Д.О. Зінченко*

Технічний редактор *Д.В. Курносенко*

Друк, фальцювальні-палітурні роботи *В.Г. Удов*

Формат 60x84/16. Папір офсетний.

Ум. друк. аркушів 28,37.

Тираж 100 прим.

Видавництво

Херсонська державна морська академія,

проспект Ушакова, 20, м. Херсон, 73000

тел. 091-32-65-473

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої

справи до Державного реєстру

ДК №4319 від 10.05.2012