

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Машинобудівний навчально-науковий інститут
Кафедра експлуатації суднових енергетичних установок
та теплоенергетики

«ДОПУЩЕНИЙ ДО ЗАХИСТУ»

Завідуючий кафедрою, доцент

Б. М. Личко

« _____ » _____ 2024 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

на тему «Аналіз шляхів вдосконалення енергетичної установки
контейнеровозу «HANJIN CALIFORNIA»

«Analysis of ways to improve the power plant of the containership HANJIN
CALIFORNIA»

Виконав: студент групи 6214м,
Спеціальність: 135 «Суднобудування»
Освітня програма «Суднові енергетичні
установки та устаткування»»

Гудима А. О.

Керівник

Кісєтов Ю. В.

доц. каф. ЕСЕСУ та ТЕ

Миколаїв, 2024 р.

Міністерство освіти і науки України
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Машинобудівний навчально-науковий інститут
кафедра Експлуатації суднових енергетичних установок та теплоенергетики

Ступінь
Галузь знань
Спеціальність
Освітня програма

магістр
13 «Механічна інженерія»
135 «Суднобудування»
«Суднові енергетичні установки та устаткування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.О. завідувача кафедри ЕСЕУ та ТЕ,

_____ Б.М. Личко
“ _____ ” 2024 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську атестаційну роботу
Гудима Артем Олександрович
(Прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Аналіз шляхів вдосконалення енергетичної установки контейнеровозу «HANJIN CALIFORNIA»

Затверджена наказом університету від «___» _____ 2024 р. № _____

ЗМІСТ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Анотація – надається (державною та англійською мовами).

Вступ.

Розділ 1. Загальні відомості про судно та склад енергетичної установки.

1.1 Вибір і обґрунтування основних проектних рішень.

1.2 Розділ 2. Проектування головної установки судна.

2.1 Вибір головного двигуна та визначення його характеристик.

2.2 Проектування пропульсивної установки.

Розділ 3. Проектування допоміжної ЕУ.

3.1. Розробка теплової схеми СЕУ, та вибір методів утилізації скидної теплоти.

3.2. Проектування енергетичних комплексів. Визначення їх складу та підбор устаткування.

Розділ 4. Проектування систем СЕУ.

4.1. Розробка системних заходів для зменшення емісії компонентів GHG.

4.2 Визначення основних параметрів систем СЕУ.

4.3 Проектування та комплектація _____ системи СЕУ.

Розділ 5. Заходи по забезпечення надійної експлуатації обладнання СЕУ.

5.1 Розробка системи моніторингу та діагностування технічного стану обладнання СЕУ.

5.2 Технологічна розробка. Технологія монтажу _____ або ремонту елемента СЕУ _____.

Розділ 6. Розробка розташування обладнання енергетичної установки на судні.

Розділ 7. Техніко-економічне обґрунтування прийнятих рішень та розробка рекомендацій з їх подальшого використання.

Висновки.

Список використаних джерел інформації.

Додатки.

Обсяг розрахунково-пояснювальної записки (РПЗ) : 90 - 120, формат аркушів А4.

До РПЗ додаються один або більше примірників презентації доповіді, формат аркушів А4 або А3 (графічний матеріал форматується при друкуванні).

Доповідь здійснюється у вигляді слайд - презентації. Презентація доповіді, містить титульний лист з підписами, анотацію, графічні матеріали з підписами, висновки.

За рішенням керівника допускається доповідь з використанням креслень (плакатів), формат аркушів А1.

Перелік графічного матеріалу

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (на розсуд керівника КР)	Аркуші, формат А1 ***.pdf
1	Характеристики судна, вибір та обґрунтування проектних рішень (креслення поздовжнього перерізу)	1-2
2	Теплова схема СЕУ (принципова схема)	1
3	Системи СЕУ	1-2
4	Розташування обладнання у МКВ, 2-3 види (креслення)	2-3
5	Технологічна розробка – монтаж/ремонт.	1-2
6	Плакати додаються в разі необхідності (кольорові або ч/б)	1-4

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів ДР	Строк виконання	Примітка
1	Розділ 1		
2	Розділ 2		
3	Розділ 3		
4	Розділ 4		
5	Розділ 5		
6	Розділ 6		
7	Перевірка на доброчесність. Презентація.	10.12.2024	

Завдання видано

“ ” 2024 р.

Дата подання КР на кафедру

“ ” грудня 2024 р.

Завдання прийняв до виконання студент

Гудима А. О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Кісєтов Ю. В.

(підпис)

Кісєтов Ю. В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота включає 7 розділів пояснювальної записки та графічну частину на _____ аркушах формату А1. Пояснювальна записка включає сторінок _____ текстового матеріалу.

Проведено аналіз і розрахунки: суміщені характеристики двигуна та рушія, навантажувальна діаграма, витрати палива для різних режимів навантаження двигуна. Розглянуті також питання визначення характеристик допоміжних комплексів і систем СЕУ, монтажу комбінованого котла, питання захисту навколишнього середовища при експлуатації судна.

У даній роботі розглянуті деякі питання управління безпекою СЕУ:

- Міжнародні стандарти з управління безпечною експлуатацією суден і запобіганням забрудненню;
- Поняття аварійності, види аварійних морських подій (АМП) та їх класифікація;
- Система управління безпекою судноплавної компанії.

Виконаний розрахунок показників ефективності впровадження рішень по підвищенню безпеки експлуатації СЕУ, який дозволив провести аналіз та оцінити річний економічний ефект для судноходної компанії.

Ключові слова: аварійність СЕУ, морські події, безпечна експлуатація, система управління безпекою, комплекси і системи СЕУ.

ANNOTATION

The qualification work includes 7 sections of an explanatory note and a graphic part on _____ sheets of A1 format. The explanatory note includes _____ pages of textual material.

Analysis and calculations were carried out: combined characteristics of the engine and drive, load chart, fuel consumption for different engine load modes. Issues of determining the characteristics of auxiliary complexes and SEU systems, installation of a combined boiler, issues of environmental protection during ship operation were also considered.

This paper considers some issues of SEU security management:

- ☐ International standards for managing the safe operation of ships and pollution prevention;
- ☐ The concept of emergency, types of emergency marine events (AMA) and their classification;
- ☐ Safety management system of the shipping company.

The calculation of the performance indicators of the implementation of solutions to increase the safety of the SEU operation was carried out, which made it possible to conduct an analysis and estimate the annual economic effect for the shipping company.

Keywords: SPP accident rate, marine incidents, safe operation, safety management system, SPP complexes and systems.

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.00	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Вступ.....	
Розділ 1. Загальні відомості про судно та склад енергетичної установки. ...	
1.1 Вибір і обґрунтування основних проектних рішень.....	
Розділ 2. Проектування головної установки судна.....	
2.1 Вибір головного двигуна та визначення його характеристик.	
2.2 Проектування пропульсивної установки.....	
Розділ 3. Проектування допоміжної ЕУ.	
3.1. Розробка теплової схеми СЕУ, та вибір методів утилізації скидної теплоти.....	
3.2. Проектування енергетичних комплексів. Визначення їх складу та підбор устаткування.....	
Розділ 4. Проектування систем СЕУ.....	
4.1. Розробка системних заходів для зменшення емісії компонентів GHG..	
4.2 Визначення основних параметрів систем СЕУ.....	
4.3 Проектування та комплектація паливної, змащувальної і охолоджуючої систем СЕУ.....	
Розділ 5. Заходи по забезпечення надійної експлуатації обладнання СЕУ.	
5.1 Розробка системи моніторингу та діагностування технічного стану обладнання СЕУ.....	
5.2. Технологічна розробка. Технологія монтажу комбінованого котла....	
Розділ 6. Управління безпекою СЕУ в судноплавній компанії.	
Розділ 7. Техніко-економічне обґрунтування прийнятих рішень та розробка рекомендацій з їх подальшого використання.	
Висновки	
Список використаних джерел інформації.....	

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.00	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ВСТУП

Після фінансової кризи 2008 року розрахункова швидкість судів Panamax і більших суден значно знизилася з приблизно 25–27 вузлів до 20–22 вузлів. Фактично, багато суден, поставлених в останнє десятиліття, працюють зі швидкістю на 3–4 вузли нижче за передбачувану розрахункову швидкість, максимальна швидкість використовувалася під час піку ставок контейнерних перевезень у 2021–2022 роках. Причина зміни полягає в тому, що нижча швидкість знижує опір і, таким чином, також знижує викиди та витрату палива. Це зниження швидкості було необхідне для дотримання нормативів викидів парникових газів, але ціни на паливо також сприяли зниженню швидкості. Незважаючи на нижчу проектну швидкість, багато власників, як і раніше, бажають мати потужний головний двигун з великим запасом потужності, щоб мати можливість надолужити затримки і вкластися в запланований час прибуття. Прибуття на термінал в очікуваний час є дуже важливим для лінійного руху, щоб бути впевненим у тому, що буде виділено місце вздовж причалу, і гарантувати, що ресурси для обробки вантажів будуть доступні на терміналі. Але експлуатаційні норми викидів, такі як СП, FUEL EU та EU ETS, можуть ускладнити це, оскільки вища швидкість збільшить викиди. Поки що потрібно, щоб зниження викидів вуглецю (СП) було знижено на 11% у 2026 році. Нижча експлуатаційна швидкість і повільний рух навіть нижче цього, а також великий запас потужності двигуна ставлять перед конструктором судна завдання: потрібен потужний двигун разом з гребним гвинтом, який може поглинати велику потужність. У той же час ефективність пропульсивної установки має бути максимально високою за нормальної роботи на знижених швидкостях. Зокрема, деякі альтернативні види палива призводять до збільшення споживання електроенергії, оскільки охолодження необхідне зберігання певних видів палива.

Двигуни MAN B&W S- та G-типу пропонують значну різноманітність діаметрів та довжин ходу поршня для контейнеровозів. Це гарантує, що для кожного окремого проекту завжди можна досягти оптимального припасування, а

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.00	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

оптимальні обороти бажаного гвинта завжди можна вкласти в компоновочну схему одного з безлічі можливих варіантів конструкції двигуна. Наддовгохідні двигуни G-типу увійшли до машинних відділень найбільших ULCV, забезпечивши значну економію для цих суден. Для багатьох фідерних суден, які в найближчі кілька років мають оновлення, двигуни G пропонують аналогічну економію.

Питання безпеки на морському і річковому транспорті та оцінки наслідків аварійних подій з обладнанням СЕУ є актуальними.

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.00	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО СУДНО ТА СКЛАД ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ

1.1 Вибір і обґрунтування основних проектних рішень

Швидкість контейнеровозів є одним із ключових факторів, що впливають на ефективність морських перевезень. Останніми роками тенденції швидкості судів змінилися під впливом низки економічних, екологічних і технологічних чинників.

Наприкінці ХХ століття швидкість контейнеровозів досягала 22-25 вузлів, що було продиктовано необхідністю швидкої доставки вантажів.

З 2008 року зниження глобального попиту та зростання цін на пальне призвели до зміни стратегій експлуатації суден.

Введення практики роботи суден на зниженій швидкості (16–18 вузлів) – Slow steaming (повільний рух) дозволило значно знизити витрати пального (до 30%) та викиди CO₂.

Деякі оператори перейшли на ще нижчі швидкості (12–14 вузлів) для економії та відповідності екологічним стандартам.

Обмеження вмісту сірки в судновому паливі (вимоги ІМО 2020) збільшило вартість операцій, сприяючи переходу на нижчі швидкості. Повільний рух дозволяє операторам досягти цільових значень індексу енергоефективності суден (ЕЕХІ).

Сучасні контейнеровози збільшених розмірів (Ultra Large Container Ships, ULCS) мають оптимізовані корпуси та двигуни для економічного ходу на зниженій швидкості.

Переваги та недоліки зміни швидкості

Переваги:

- зниження витрат на паливо.
- зменшення викидів парникових газів.
- Підвищення експлуатаційної надійності двигунів за рахунок меншого зношування.

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.01	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Недоліки:

- збільшення часу доставки вантажів.
- Необхідність перегляду логістичних ланцюжків.
- Обмеження в перевезенні вантажів, що швидко псуються.

Тенденції у швидкості контейнеровозів відображають прагнення судноплавної галузі адаптуватися до нових викликів, таких як посилення екологічних вимог, зростання витрат на паливо та збільшення розмірів суден. Перехід на нижчі швидкості є тимчасовим заходом, який у майбутньому може бути компенсований розвитком нових технологій та джерел енергії.

«HANJIN California» — перше в серії з чотирьох контейнеровозів місткістю 3600 TEU, побудованих Sungdong для британської судноплавної компанії ZODIAC, доставлених у вересні. Судно має широку ширину 37,3 м і оптимізовані характеристики корпусу та остійність для кращої морехідності. здатність.

Завдяки оптимізованій формі корпусу та конструкції гвинта, а також двигуну з електричним керуванням, що сприяє покращенню рушійних характеристик. судно може рухатися зі швидкістю понад 21 вузол при сканерній осадці 12,45 м із щоденним споживанням палива 90% MCR (24 462 кВт) з 15% морським запасом приблизно 99,7 тони на основі морського дизельного палива 10 200 ккал/кг у нижчій теплотворній здатності за стандартними умовами ISO.

Hanjin California має поперечну перегородку та подвійне дно, яке було розширено між перегородкою зіткнення та кормовою перегородкою. Судно має вантажні трюми з подвійною обшивкою, яких є п'ять і 13 відсіків для 40-футових контейнерів з 11 люками. Це судно має повністю зварену верхню палубу з передньою частиною, має нахилений форштевень з бульбовим носом, транцеву корму, напівзбалансоване кермо та гвинт із фіксованим кроком. Це судно здатне завантажувати сім ярусів контейнерів через 13 рядів у трюмі та шість ярусів на палубі / сім ярусів на кришках люків на 15 рядів, а кількість завантажуваних контейнерів приблизно 14 тон/TEU становить приблизно 2970 TEU при осадці 12,45м.

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.01	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Небезпечні вантажі класів 1, 2, 3, 4, 5.1, 6.1, 8 і 9 можна перевозити в закритих контейнерах у трюмі № 1 (за винятком вантажів, що містять водень або водневу суміш) і класів 2, 3, 4, 5.1, 6.1, 8 і 9 у закритих контейнерах у трюмах № 2 і 3 (за винятком вантажів, що містять водень або водневу суміш) і класів 1, 2, 3, 4, 5.1, 5.2, 6.1, 8 і 9 у закритих контейнерах на всіх кришках люків, за винятком над машинним відділенням, дозволено перевозити.

Системи, засоби, обладнання загальносуднового призначення

Номер ИМО: 9631101

Название судна: HANJIN CALIFORNIA (с 01.09.2013)

Позывной: D5CD2

MMSI: 636015667

Валовая вместимость: 60855 (с 01.09.2013)

DWT: 68997

Тип судна: Контейнеровоз (с 01.09.2013)

Год постройки: 2013

Флаг: Либерия (с 01.09.2013)

Головні розміри, м:

Довжина найбільша	228,0
Довжина між перпендикулярами	217,5
Ширина	37,3
Висота борта	19,3
Заглиблення судна проектне	12,0
Заглиблення судна максимальне	12,45

Дедвейт судна в морській воді густиною 1,025т/м³ при заглибленні 16,5 м становить 67400±3% тон.

Дальність плавання 15000 миль по запасах палива при заглибленні 16,5 м і швидкості 15,3 вузлів.

Місткість цистерн основних судових запасів, м³:

важкого палива	– 4500
дизельного палива	– 400

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.01	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Розрахункова швидкість судна при заглибленні 12,5 м на глибокій воді, при відсутності вітру й хвилювання, при свіжопофарбованому корпусі й температурі морської води 15°C, складає 21,0±0,2 вузлів.

Остійність судна у всіх експлуатаційних випадках завантаження задовольняє вимогам Класифікаційного товариства для суден необмеженого району плавання.

Непотоплюваність судна забезпечується при завантаженні всіма видами специфікаційних вантажів до заглиблення 12,5 м відповідно вимогам Міжнародної Конвенції про вантажну марку для суден типу В зі зменшеним надводним бортом.

Розміщення екіпажу передбачається в одномісних каютах різного ступеня комфортності.

Запаси прісної води розміщені поза машинним відділенням.

Загальний вигляд контейнеровоза «HANJIN CALIFORNIA» наведено на рис. 1.1.



Рис. 1.1 Загальний вигляд контейнеровоза «HANJIN CALIFORNIA»

Bunkers Heavy oil: 4,500m'

Diesel oil..... 400m'

Water ballast:. 17,000m'

Daily fuel consumption

Main engine only..... 99.7tonnes/day

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.01	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Classification society and notations LR % high-tensile steel used in construction 59%

Main engine

Design:..... MAN B&W

Model: 6K80ME-C9.2

Manufacturer:..... Hyundai Heavy Industries

Number: 1

Type of fuel:.....HFO, MDO

Output of each engine: 27,180kW x 104rpm

Propeller

Material: Ni-Al-Bronze

Designer/manufacturer:.... Sungdong Shipbuilding & Marine
Engineering/ Hyundai Heavy Industries

Number:..... 1

Fixed/controllable pitch: Fixed

Diameter: 8m

Speed: 104rpm

Розміщення обладнання енергетичного комплексу на судні

Прийняте компонування МВ передбачає розташування дизель-генераторів на другій платформі в кормовій частині МВ, що забезпечує мінімальну довжину їхніх газоходів і зручний доступ до них. Головний двигун наближений до кормової перебірки, що дозволяє ефективно використати розвал у кормовій частині МВ, а також скоротити довжину валопроводу до мінімуму.

Блоки паливних і масляних цистерн розташовані за кормовими перебірками машинного відділення, під нижньою палубою в районі носової перебірки і в другому дні. Цистерни, що обігріваються, відокремлені від цистерн, що не обігріваються, кофердами. У зв'язку з обмеженим розміром блоків цистерн, кофердами між зовнішньою обшивкою і цистернами запасу не передбачені.

Розташування допоміжних механізмів і устаткування в МВ виконано за принципом групування їх по функціональній ознаці з урахуванням забезпечення зручностей обслуговування, скорочення довжини трубопроводів і газоходів, а

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.01	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

також забезпечення ремонтпридатності. На проектованому судні передбачено:

- панельна прокладка трубопроводів, яка забезпечує зручність монтажу і демонтажу труб і їхній огляд;
- агрегування встановлених механізмів і устаткування, що забезпечує компактність, скорочення трасування трубопроводів, естетичний вид, зручність монтажу й обслуговування;
- таке розміщення механізмів у МВ, яке забезпечує нормальні проходи, обслуговування і доступ при профілактичних оглядах і ремонтах.

Допоміжне устаткування СЕУ скомпоноване в блоки:

- охолодження ГД і допоміжних механізмів:
- перекачування палива;
- сепарації масла і палива;
- паливний комбінованого котла;
- повітряних компресорів;
- сепарації паливних і масляних протічок трюмних вод;
- циркуляційних насосів утилізаційної частини КК.

ГД встановлено на фундаменті, зв'язаному з днищевим набором корпусу. Комбінований котел установлений на верхній палубі в кормовій частині.

ГРЩ і щит управління електроенергетичною установкою розташовані на ІІІ платформі в приміщенні ЦПУ. Компресори, що обслуговують систему стиснутого повітря, розташовані на другій платформі по правому борту.

Головні і допоміжні механізми розташовані в МВ таким чином, що з постів управління і місць обслуговування забезпечені вільні проходи до вихідних шляхів. Ширина проходів, по всій довжині, не менш 600 мм. Ширина трапів на вихідних шляхах і ширина дверей на виходах складає не менш 600 мм.

Машинне відділення, тунель валопроводу і трубопроводів мають не менш двох вихідних шляхів, через які забезпечується вихід на палубу до рятувальних шлюпок і плотів. Кожний із двох вихідних шляхів знаходяться як надалі один від одного і складається зі сталевих трапів, що ведуть до дверей виходу.

Усі двері, а також кришки світлових люків, через які можливий вихід з

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.01	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

машинного відділення, відкриваються і закриваються як зсередини так і зовні. На кришках світлових люків присутні чіткі написи, що забороняють укладення на них будь-яких предметів.

Аварійний дизель-генератор розташовано у кормовій частині на верхній палубі. Аварійний розподільний щит встановлений в одному приміщенні з аварійним дизель-генератором, у цьому ж приміщенні знаходяться всі пускові і зарядні пристрої, а також стартерні акумуляторні батареї для запуску АДГ.

Приміщення АДГ має опалення, що достатнє для безвідмовного пуску аварійного агрегату і вентиляцію, що відповідає вимогам Германського Ллойда.

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.01	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ ГОЛОВНОЇ УСТАНОВКИ СУДНА.

2.1 Вибір головного двигуна та визначення його характеристик

Головний двигун контейнеровозу є ключовим елементом, що визначає його експлуатаційні характеристики, паливну економічність та відповідність екологічним нормам. Заміна двигуна 6K80ME-C9.2 на сучасний 6G70ME-C10.7 обумовлена необхідністю покращення продуктивності судна, зниження експлуатаційних витрат та відповідності вимогам міжнародних стандартів.

Новий двигун 6G70ME-C10.7 відповідає вимогам IMO Tier III, забезпечуючи низькі викиди NO_x, SO_x і CO₂.

Можливість роботи на зрідженому природному газі (LNG) або метанолі дозволяє знизити слід вуглецю і уникнути витрат на дорогі скрубери.

Вищий ККД (на 5-10%) зменшує експлуатаційні витрати.

Сучасна конструкція та цифрові системи управління спрощують діагностику та продовжують міжремонтний період.

Новий двигун легший і має компактніші розміри, що знижує навантаження на корпус судна.

Підтримка роботи на кількох видах палива підвищує стійкість до коливань цін на енергоресурси.

- підвищення конкурентоспроможності контейнеровозу за рахунок відповідності сучасним вимогам.

- збільшення вартості судна на ринку завдяки більш сучасному обладнанню.

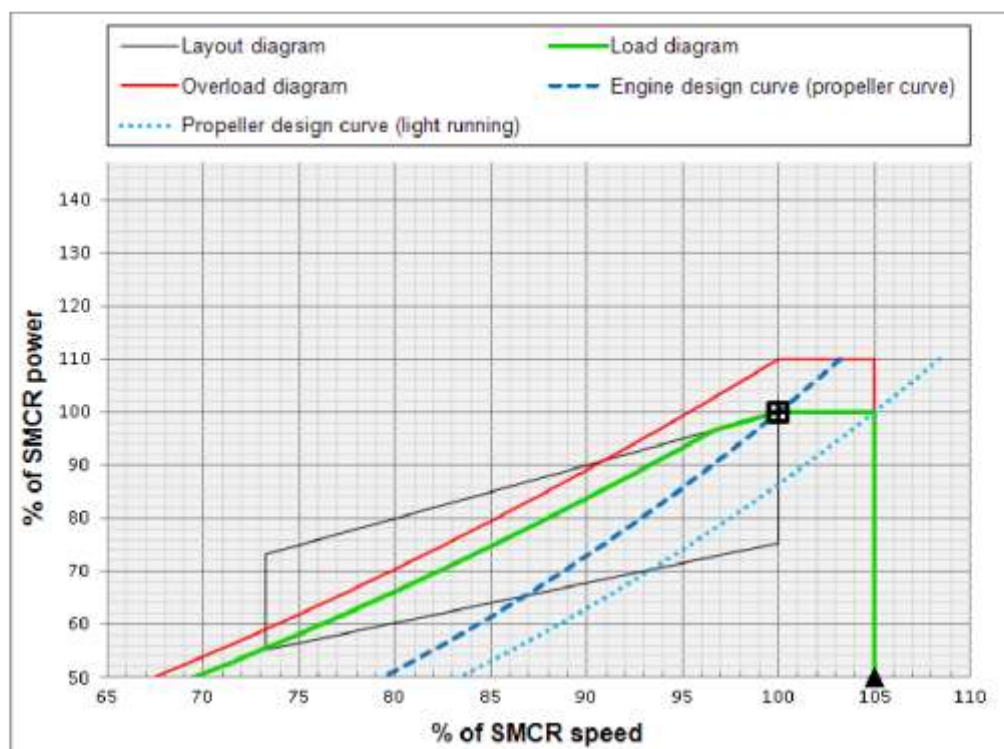
2.2 Проектування пропульсивної установки

Розрахунок основних параметрів СЕУ судна виконано за допомогою програмного продукту CEAS/TCS фірми MAN Energy Solution/

Руководство по концепции CEAS/TCS (версия 1, 18.01.2022) CEAS Computerized Engine Application System предоставляет основные данные для проектирования и определения размеров машинного отделения судна. TCS TurboCharger Selection показывает применимые турбокомпрессоры и данные по спецификациям. Опции и варианты в CEAS и TCS соответствуют последней обновленной программе по двигателям [16].

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.02	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

CEAS Engine Data report 6G70ME-C10.7-HPSCR



The Light Running Margin (LRM) shown is 5%. Recommended value is 4-7%, for special cases up to 10%. The LRM should be evaluated for each ship project depending on for example: In-service increase of vessel resistance, ship manoeuvring requirements, additional engine load due to power take-out (PTO) and possible requirements related to a barred speed range (short passing time).

Point	Power kW	Speed r/min	MEP bar
+ SMCR: Specified Maximum Continuous Rating (100.0% of NMCR)	22,620	86.0	21.0
□ NCR: Normal Continuous Rating (100.00% of SMCR)	22,620	86.0	21.0
Maximum over load (110% of SMCR)	24,882	-	-
▲ Maximum speed limit (105% of SMCR)	-	90.3	-
○ L1, NMCR: Nominal Maximum Continuous Rating	22,620	86.0	21.0

Further reading: [Basic principles of ship propulsion](#)

Specified Main Engine and Other Parameters

Specified parameters	
Type of propeller	Fixed pitch propeller
Cooling system	Sea water cooling system
Hydraulic control oil system	Common (system oil)
Hydraulic power supply	Mechanical
Cylinder oil lubricator type	Alpha lubricator
Fuel sulphur content for engine design	Low sulphur
Sulphur in fuel (Tier II)	max 0.5% sulphur
Sulphur in fuel (Tier III)	max 0.1% sulphur
NOx emission compliance	Tier II / Tier III
Turbocharger specifications	
Turbocharger efficiency	High efficiency
Exhaust gas bypass	With EGB ^{*)}
Number of turbochargers and make/type	1 x MAN TCA88-24
Turbocharger lubricating	Common (system oil)
Exhaust gas scrubber for high sulphur	Not installed
Exhaust back pressure (Tier II)	30 mbar
Exhaust back pressure (Tier III)	30 mbar

*) This engine can be equipped with Economizer Energy Control (EEC) for increasing exhaust gas temperatures.

					КР.135.6214М.01.04.ПЗ.02	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Fuel Consumption and Gas Figures

SFOC	Tier II		Tier III	
	SMCR g/kWh	NCR g/kWh	SMCR g/kWh	NCR g/kWh
ISO	165.5	165.5	166.0	166.0
Tropical	166.9	166.9	167.4	167.4
Specified	163.5	163.5	164.0	164.0

SFOC: Specific Fuel Oil Consumption (LCV: 42,700 kJ/kg)

Exhaust gas amount	Tier II		Tier III	
	SMCR kg/s	NCR kg/s	SMCR kg/s	NCR kg/s
ISO	45.3	45.3	45.1	45.1
Tropical	40.3	40.3	40.0	40.0
Specified	46.6	46.6	46.4	46.4

Exhaust gas temperature	Tier II		Tier III	
	SMCR °C	NCR °C	SMCR °C	NCR °C
ISO	255	255	263	263
Tropical	310	310	319	319
Specified	229	229	236	236

Turbocharger air consumption	Tier II		Tier III	
	SMCR kg/s	NCR kg/s	SMCR kg/s	NCR kg/s
ISO	44.2	44.2	43.9	43.9
Tropical	40.2	40.2	39.8	39.8
Specified	45.6	45.6	45.3	45.3

ISO, tropical and specified conditions are listed in the References and tolerances section.

Expected lubricating oil consumption

Fuel sulphur	Cylinder oil consumption	Lubricating oil consumption
0.1%-0.5%	minimum 0.6 g/kWh	from negligible to 0.1 g/kWh

Capacities of Pumps and Coolers

Pump	Flow capacity m³/h	Pump head bar
Fuel oil circulation	9.7	6.0
Fuel oil supply	6.2	4.0
Jacket cooling water	175	3.0
Lubricating oil	440	4.5
Sea water	620	2.5

The pump heads stated are for guidance only, and depend on the actual pressure drop across coolers, filters, etc. in the systems. The capacities do not account for any components other than the engine itself.

Flow capacities of cooler(s) on engine	Sea water flow m³/h
Total flow capacity for scavenge air-coolers(s)	400

Capacities of auxiliary heat exchangers		Sea water flow m³/h		Heat dissipation kW
Jacket water cooler	Jacket water flow	175	220	3,310
Lubricating oil cooler	Oil flow	440	220	1,490

All flows are stated as minimum required flows.

The heat capacity of the jacket water cooler and lubricating oil cooler (including 10% safety margin) is based on the highest heat dissipation of each of the engine operational modes (fuel type, emission mode and tropical condition).
Pertaining cooling water flow diagram, temperatures, viscosities and pressures for pumps and coolers, see "Engine Project Guide".

					КР.135.6214М.01.04.П3.02	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Capacities of Auxiliary Systems

Air cooler cleaning unit	
Air cooler cleaning tank	0.60 m ³
Capacity of pump	2.0 m ³ /h

Cylinder oil system	
Storage tanks, 2 x 90 days ^{*)}	2 x 52 m ³
Service tanks, 2 x 1 day ^{*)}	2 x 0.6 m ³

^{*)} Based on average feed rate of 0.8 g/kWh.

Fuel oil system	
Distillate marine fuel service tank, 12 h	52.4 m ³
Residual marine fuel settling tanks, 2 x 12 h	2 x 49.1 m ³
Residual marine fuel service tank, 12 h/95 °C	50 m ³
Residual marine fuel separator, 98 °C	5,200 l/h
Distillate marine fuel oil circulation cooler	48 kW
Fuel oil pre-heater	171 kW

Lubricating oil system	
Storage tanks, 2 x 90 days	2 x 4.7 m ³
Separator, 90 °C	3,080 l/h
Recommended lubricating oil bottom tank ^{*)}	27 m ³

^{*)} Based on an oil circulation rate between 15 and 18, above calculation is based on 16.5 times per hour.

Miscellaneous	
Jacket water expansion tank ^{*)}	10 %
Recommended engine room ventilation flow ^{**)}	78 m ³ /s
Motor rating, auxiliary blowers ^{***)}	2 x 108 kW

^{*)} Jacket water expansion tank volume given in percent of the total jacket water volume.

^{**)} This air flow is given as 200% of the main engine combustion air flow. Besides the combustion air flow (100%), it includes cooling air for main engine radiation heat (50%), an estimate of combustion air for gensets/boilers and cooling air for their radiation heat (25%) and an estimate of radiated heat from other equipment (25%). Please check with ISO 8861:1998(E) for details.

^{***)} Is in continuous operation up to approximately 50% load.

HP SCR system	
<i>For pressure drop calculations</i>	
Design exhaust receiver density	2.06 kg/m ³
Design exhaust mass flow	47.2 kg/s
<i>For installation guidance</i>	
Number of connections	1
SCR connection flange	DN1000

Piping size to be determined in the specific project according to separate MAN-ES recommendation.

Starting air system, 30 bar ^{*)}	
Receiver volume (12 starts)	2 x 9.5 m ³
Compressors (total)	570 m ³ /h

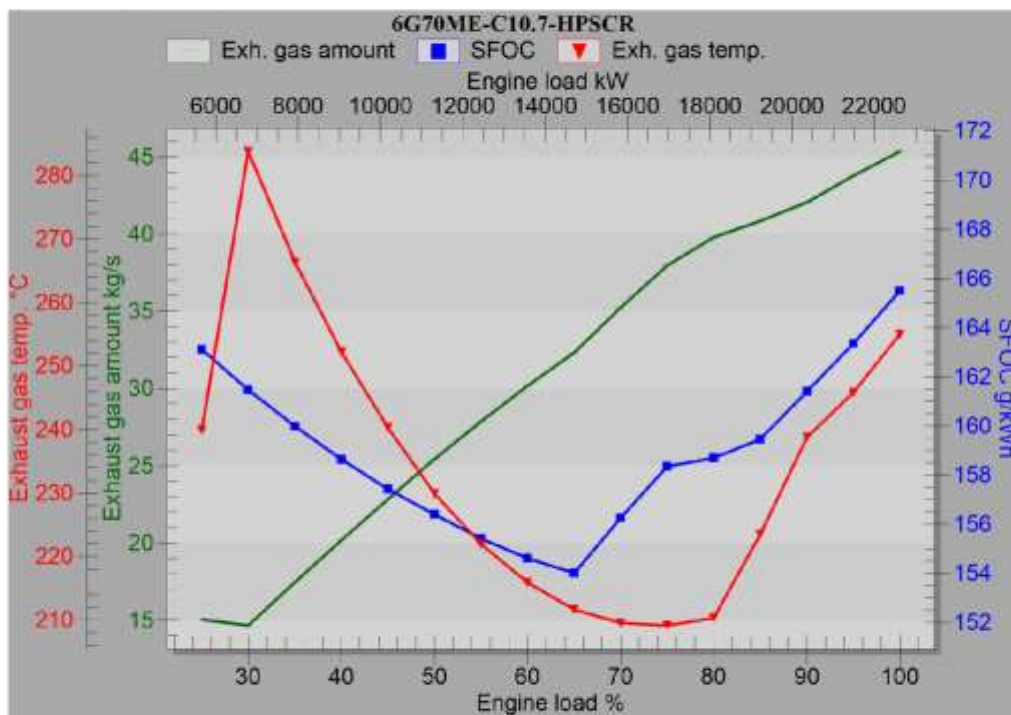
^{*)} Compressor capacity is based on ISO 1217 FAD. Starting air system capacities do not include air consumption for ventilation of double wall pipe or Tier III air consumers. An assessment is to be performed to determine whether the above needs to be increased.

Various drain tanks	
Stuffing box drain tank	0.30 m ³
Scavenge air drain tank	0.50 m ³

					КР.135.6214М.01.04.П3.02	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Fuel Consumption and Exhaust Gas Data

Fuel Oil, Tier II mode



ISO ambient conditions (ambient air: 25 °C, scavenge air coolant: 25 °C)

Load % SMCR	Power kW	Speed r/min	SFOC g/kWh	Exh. gas kg/s	Exh. gas °C	Steam ¹⁾ kg/h
100	22,620	86.0	165.5	45.3	255	4,450
95	21,489	84.5	163.3	43.8	246	3,900
90	20,358	83.0	161.4	42.1	239	3,440
85	19,227	81.5	159.5	40.8	223	2,640
80	18,096	79.8	158.7	39.8	210	1,970
75	16,965	78.1	158.4	37.9	209	1,850
70	15,834	76.4	156.3	35.2	209	1,760
65	14,703	74.5	154.0	32.3	212	1,730
60	13,572	72.5	154.6	30.2	216	1,800
55	12,441	70.5	155.4	27.9	222	1,900
50	11,310	68.3	156.4	25.4	230	2,030
45	10,179	65.9	157.4	22.8	240	2,170
40	9,048	63.4	158.6	20.2	252	2,280
35	7,917	60.6	160.0	17.5	266	2,360
30	6,786	57.6	161.5	14.7	284	2,390
25	5,655	54.2	163.1	15.0	240	1,510

Nov 19th 2024 08:53:29 (UTC) 191124 v. 4.12.0 id=b6c87bcb-55d4-477a-b3b0-c2c24548a357

Actual engine performance may vary significantly, e.g. due to specific operating conditions and final configurations. The information provided through CEAS therefore does not constitute a binding commitment but is subject to variation. The final design values are always to be supplied by the licensed engine builder, the engine supplier or confirmed by MAN Energy Solutions.

Page 7 of 15

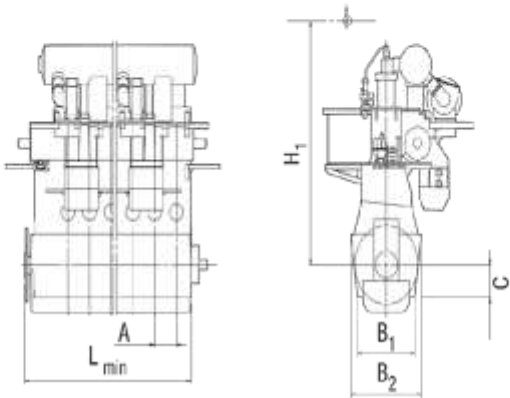
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

КР.135.6214М.01.04.ПЗ.02

Арк.

Engine Dimensions, Masses and Overhaul Heights

Dimensions	
A: Cylinder distance	n.a. mm
B1: Width of bedplate at foot flange	n.a. mm
B2: Width of bedplate at top flange	n.a. mm
C: Distance from foot to crankshaft	n.a. mm
L min: Minimum length of engine	n.a. mm
Overhaul heights	
H1: Normal lifting procedure	n.a. mm
Crane capacities	
Normal lifting procedure	n.a. t
With electrical double jib crane	2 x n.a. t
Masses	
Mass of main engine, dry	n.a. t
Added engine dry mass for HPSCR	n.a. t
Mass of water and oil in engine	n.a. t



The real engine length at crankshaft centreline level may be larger than the minimum length of the engine, as it depends on the vibration conditions of the main engine and shaft system, i.e. on whether a vibration damper and/or moment compensator needs to be installed. Only HPSCR related components, that are mounted on the engine, are included in the above added mass. Indicated values are for guidance only and are not binding.

					КР.135.6214М.01.04.П3.02	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Fuel Consumption and Exhaust Gas Data
Fuel Oil, Tier II mode

Tropical ambient conditions (ambient air: 45 °C, scavenge air coolant: 32 °C)

Load % SMCR	Power kW	Speed r/min	SFOC g/kWh	Exh. gas kg/s	Exh. gas ^{*)} °C	Steam ^{**)} kg/h
100	22,620	86.0	166.9	40.3	310	6,370
95	21,489	84.5	164.7	38.9	299	5,840
90	20,358	83.0	162.7	37.3	292	5,380
85	19,227	81.5	160.8	36.2	275	4,620
80	18,096	79.8	160.0	35.2	261	3,950
75	16,965	78.1	159.6	33.6	260	3,750
70	15,834	76.4	157.5	31.2	260	3,550
65	14,703	74.5	155.3	28.6	262	3,390
60	13,572	72.5	155.9	26.6	266	3,350
55	12,441	70.5	156.7	24.6	272	3,330
50	11,310	68.3	157.7	22.5	280	3,330
45	10,179	65.9	158.7	20.2	291	3,330
40	9,048	63.4	159.9	17.8	303	3,300
35	7,917	60.6	161.3	15.4	317	3,230
30	6,786	57.6	162.8	15.7	277	2,380
25	5,655	54.2	164.4	13.4	279	2,120

Specified ambient conditions (ambient air: 10 °C, scavenge air coolant: 10 °C)

Load % SMCR	Power kW	Speed r/min	SFOC g/kWh	Exh. gas kg/s	Exh. gas ^{*)} °C	Steam ^{**)} kg/h
100	22,620	86.0	163.5	46.6	229	3,190
95	21,489	84.5	161.4	45.0	220	2,660
90	20,358	83.0	159.5	43.2	213	2,250
85	19,227	81.5	157.5	42.0	199	1,490
80	18,096	79.8	156.8	40.9	186	830
75	16,965	78.1	156.5	39.0	185	740
70	15,834	76.4	154.4	36.2	185	710
65	14,703	74.5	152.2	33.2	188	750
60	13,572	72.5	152.7	30.9	192	880
55	12,441	70.5	153.5	28.6	197	1,030
50	11,310	68.3	154.5	26.1	205	1,210
45	10,179	65.9	155.5	23.5	214	1,410
40	9,048	63.4	156.7	20.7	226	1,590
35	7,917	60.6	158.1	18.0	239	1,740
30	6,786	57.6	159.5	15.1	255	1,850
25	5,655	54.2	161.1	15.6	211	900

Comments / details:
SFOC: Specific Fuel Oil Consumption (LCV: 42,700 kJ/kg)
Loads below 50% are associated with larger tolerances.

*) Mixed exhaust gas temperature after turbocharger.
**) Guiding steam production capacity at 7.0 bar(a) with variable pinch point temperature, matched to 15°C at 85% load in Tier II and ISO. Contact boiler maker for actual steam production.

Fuel Consumption and Exhaust Gas Data
Fuel Oil, Tier III mode

Tropical ambient conditions (ambient air: 45 °C, scavenge air coolant: 32 °C)

Load % SMCR	Power kW	Speed r/min	SFOC g/kWh	Exh. gas kg/s	Exh. gas ^{*)} °C	Steam ^{**)} kg/h
100	22,620	86.0	167.4	40.0	319	6,710
95	21,489	84.5	165.2	38.6	309	6,180
90	20,358	83.0	163.2	37.1	301	5,730
85	19,227	81.5	161.5	36.0	284	4,970
80	18,096	79.8	161.0	35.2	270	4,300
75	16,965	78.1	160.7	33.5	268	4,100
70	15,834	76.4	158.6	31.1	269	3,900
65	14,703	74.5	156.5	28.6	272	3,740
60	13,572	72.5	157.2	26.6	277	3,700
55	12,441	70.5	158.1	24.6	284	3,690
50	11,310	68.3	159.2	22.4	292	3,690
45	10,179	65.9	160.2	22.6	268	2,990
40	9,048	63.4	161.4	20.2	277	2,950
35	7,917	60.6	162.8	17.8	285	2,850
30	6,786	57.6	164.5	15.5	292	2,690
25	5,655	54.2	166.3	13.2	297	2,430

Specified ambient conditions (ambient air: 10 °C, scavenge air coolant: 10 °C)

Load % SMCR	Power kW	Speed r/min	SFOC g/kWh	Exh. gas kg/s	Exh. gas ^{*)} °C	Steam ^{**)} kg/h
100	22,620	86.0	164.0	46.4	236	3,580
95	21,489	84.5	161.9	44.8	228	3,040
90	20,358	83.0	160.0	43.0	221	2,620
85	19,227	81.5	158.3	41.9	206	1,840
80	18,096	79.8	157.8	41.0	193	1,180
75	16,965	78.1	157.4	39.1	192	1,090
70	15,834	76.4	155.5	36.3	193	1,050
65	14,703	74.5	153.3	33.3	195	1,090
60	13,572	72.5	154.0	31.0	200	1,200
55	12,441	70.5	154.9	28.6	206	1,360
50	11,310	68.3	156.0	26.1	214	1,540
45	10,179	65.9	157.0	27.1	188	630
40	9,048	63.4	158.2	24.3	195	820
35	7,917	60.6	159.5	21.5	202	950
30	6,786	57.6	161.2	18.8	209	1,020
25	5,655	54.2	163.0	16.2	213	970

Comments / details

SFOC: Specific Fuel Oil Consumption (LCV: 42,700 kJ/kg)
Loads below 50% are associated with larger tolerances.
Due to risk of ABS formation in Tier III mode, MAN-ES
recommends that a bypass for the exhaust boiler is installed.

*) Mixed exhaust gas temperature after turbocharger.
**) Guiding steam production capacity at 7.0 bar(a) with variable
pinch point temperature, matched to 15°C at 85% load in Tier II
and ISO. Contact boiler maker for actual steam production.

							Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		КР.135.6214М.01.04.ПЗ.02	

Tables of Capacities - Tier II

1 Engine load (% SMCR)	4 Scavenge air receiver temp. (°C)	7 Lubricating oil heat diss. (kW) +/-10%
2 T/C air consumption (kg/s) +/-5%	5 Scavenge air heat diss. (kW)	8 Condensed water (t/24h)
3 Scavenge air pressure (bara)	6 Jacket water heat diss. (kW) +/-15%	

Loads below 50% are associated with larger tolerances.

1	2	3	4	5	6	7	8
ISO ambient conditions (ambient air: 25.0 °C, scavenge air coolant: 25.0 °C)							
100	44.2	4.40	37	8,010	2,970	1,340	0.3
95	42.7	4.21	36	7,430	2,860	1,280	0.1
90	41.1	4.01	35	6,840	2,750	1,230	0.0
85	39.9	3.90	34	6,470	2,640	1,180	0.0
80	38.9	3.81	34	6,190	2,530	1,130	0.0
75	37.2	3.61	33	5,640	2,420	1,080	0.0
70	34.5	3.33	32	4,870	2,310	1,030	0.0
65	31.7	3.04	31	4,100	2,200	980	0.0
60	29.5	2.83	30	3,570	2,090	930	0.0
55	27.3	2.62	29	3,040	1,980	890	0.0
50	24.9	2.40	28	2,530	1,870	840	0.0
45	22.4	2.19	28	2,020	1,760	790	0.0
40	19.8	1.98	27	1,560	1,650	750	0.0
35	17.1	1.77	26	1,130	1,540	700	0.0
30	14.4	1.57	26	740	1,430	650	0.0
25	14.8	1.56	35	670	1,320	600	0.0
Tropical ambient conditions (ambient air: 45.0 °C, scavenge air coolant: 32.0 °C)							
100	40.2	4.05	42	7,750	3,000	1,350	88.3
95	38.8	3.87	41	7,190	2,890	1,290	84.9
90	37.3	3.68	40	6,610	2,780	1,240	81.0
85	36.2	3.57	40	6,240	2,670	1,190	78.5
80	35.2	3.49	39	5,950	2,550	1,140	76.3
75	33.6	3.31	38	5,420	2,440	1,090	72.1
70	31.2	3.05	37	4,690	2,330	1,040	65.9
65	28.6	2.78	36	3,950	2,220	990	59.0
60	26.6	2.60	36	3,440	2,110	940	53.8
55	24.6	2.41	35	2,950	2,000	890	48.4
50	22.4	2.22	35	2,460	1,890	850	42.7
45	20.1	2.03	34	1,990	1,780	800	36.6
40	17.7	1.84	33	1,540	1,660	750	30.5
35	15.3	1.66	33	1,140	1,550	700	24.3
30	15.6	1.65	42	1,060	1,440	650	24.6
25	13.4	1.48	42	730	1,330	600	19.0
Specified ambient conditions (ambient air: 10.0 °C, scavenge air coolant: 10.0 °C)							
100	45.6	4.42	23	7,850	2,940	1,320	5.1
95	44.1	4.23	22	7,280	2,830	1,270	4.9
90	42.3	4.02	21	6,690	2,720	1,210	4.8
85	41.1	3.91	20	6,330	2,610	1,160	4.7
80	40.1	3.82	20	6,050	2,500	1,110	4.6
75	38.2	3.62	19	5,510	2,390	1,060	4.4
70	35.5	3.34	17	4,760	2,280	1,020	3.9
65	32.6	3.04	16	4,000	2,180	970	3.4
60	30.4	2.83	15	3,480	2,070	920	2.9
55	28.1	2.62	14	2,970	1,960	880	2.4
50	25.6	2.41	13	2,470	1,850	830	1.8
45	23.0	2.19	13	1,980	1,740	780	1.2
40	20.3	1.98	12	1,520	1,630	740	0.5
35	17.6	1.77	11	1,100	1,520	690	0.1
30	14.8	1.57	11	730	1,410	640	0.0
25	15.4	1.57	20	670	1,300	590	0.0

Tables of Capacities - Tier III

1 Engine load (% SMCR)	4 Scavenge air receiver temp. (°C)	7 Lubricating oil heat diss. (kW) +/-10%
2 T/C air consumption (kg/s) +/-5%	5 Scavenge air heat diss. (kW)	8 Condensed water (t/24h)
3 Scavenge air pressure (bara)	6 Jacket water heat diss. (kW) +/-15%	

Loads below 50% are associated with larger tolerances.

1	2	3	4	5	6	7	8
ISO ambient conditions (ambient air: 25.0 °C, scavenge air coolant: 25.0 °C)							
100	43.9	4.50	37	8,100	2,980	1,340	0.5
95	42.4	4.30	36	7,520	2,870	1,290	0.3
90	40.7	4.09	35	6,910	2,760	1,230	0.1
85	39.7	4.00	34	6,590	2,650	1,180	0.0
80	38.9	3.92	34	6,340	2,540	1,130	0.0
75	37.1	3.71	33	5,780	2,430	1,080	0.0
70	34.5	3.43	32	5,010	2,320	1,030	0.0
65	31.6	3.13	31	4,220	2,210	980	0.0
60	29.5	2.91	30	3,680	2,100	940	0.0
55	27.2	2.69	29	3,140	1,990	890	0.0
50	24.9	2.47	28	2,610	1,880	840	0.0
45	25.1	2.45	37	2,470	1,770	800	0.0
40	22.4	2.22	36	1,940	1,660	750	0.0
35	19.8	2.00	36	1,470	1,540	700	0.0
30	17.1	1.78	35	1,050	1,430	650	0.0
25	14.5	1.58	35	680	1,320	600	0.0
Tropical ambient conditions (ambient air: 45.0 °C, scavenge air coolant: 32.0 °C)							
100	39.8	4.13	41	7,810	3,010	1,350	88.5
95	38.4	3.95	41	7,230	2,900	1,300	85.0
90	36.9	3.76	40	6,660	2,780	1,240	81.2
85	35.9	3.66	39	6,330	2,670	1,190	78.9
80	35.1	3.58	39	6,070	2,560	1,140	77.0
75	33.5	3.40	38	5,540	2,450	1,090	72.8
70	31.1	3.13	37	4,790	2,340	1,040	66.5
65	28.5	2.86	36	4,040	2,230	990	59.6
60	26.5	2.66	36	3,530	2,120	940	54.4
55	24.5	2.47	35	3,020	2,000	900	48.9
50	22.3	2.27	34	2,520	1,890	850	43.1
45	22.5	2.26	43	2,390	1,780	800	43.4
40	20.1	2.05	43	1,910	1,670	750	37.0
35	17.7	1.86	42	1,460	1,560	710	30.7
30	15.4	1.67	42	1,070	1,450	660	24.6
25	13.1	1.50	42	730	1,330	600	18.9
Specified ambient conditions (ambient air: 10.0 °C, scavenge air coolant: 10.0 °C)							
100	45.3	4.52	23	7,950	2,950	1,330	5.4
95	43.7	4.32	22	7,370	2,840	1,270	5.3
90	42.0	4.11	21	6,770	2,730	1,220	5.1
85	40.9	4.01	20	6,450	2,620	1,170	5.0
80	40.1	3.93	20	6,210	2,510	1,120	5.0
75	38.2	3.73	19	5,660	2,400	1,070	4.7
70	35.5	3.44	17	4,900	2,290	1,020	4.2
65	32.5	3.13	16	4,130	2,180	970	3.6
60	30.4	2.92	15	3,600	2,070	920	3.2
55	28.0	2.70	14	3,070	1,960	880	2.6
50	25.6	2.47	13	2,560	1,850	830	2.0
45	26.6	2.48	22	2,500	1,740	790	1.8
40	23.8	2.25	22	1,990	1,640	740	1.2
35	21.1	2.02	21	1,510	1,530	690	0.6
30	18.4	1.81	20	1,100	1,420	640	0.1
25	15.9	1.61	20	740	1,310	590	0.0

SCR Estimated Urea Consumption - Tier III

Fuel Oil

Load %SMCR	ISO l/h	Tropical l/h	Specified l/h
100	310	280	320
95	320	280	330
90	320	280	330
85	320	280	330
80	320	280	330
75	310	280	320
70	310	270	320
65	300	260	310
60	290	250	300
55	280	240	280
50	260	230	270
45	250	190	250
40	230	170	240
35	210	150	220
30	190	130	190
25	170	100	170

Urea consumptions are given for a urea solution of 40% (mass fraction of solid urea) with a density of 1.11kg/l. Urea consumption calculations assumes a 100% utilisation of urea and is not guaranteed, since it is based on estimated engine NOx emissions. Final NOx values are to be determined on testbed.

Urea dosing is shut off, when the SCR inlet temperature can no longer be kept above the minimum required temperature to achieve the SCR reaction and to avoid excessive formation of ABS (Ammonium Bisulfate) on the SCR reactor. The minimum required temperature is dependent on the chosen SCR system technology and the sulphur content of the fuel during Tier III operation. Urea shut off happens in different combinations of engine load and ambient conditions, and this is not reflected in the above table. The Tier III compliance is not affected by this.

In ISO condition a tolerance of $\pm 25\%$ applies to the urea consumption. Loads below 50% and ambient conditions other than ISO are associated with larger tolerances. For dimensioning of the urea tank size, please refer to the concerning algorithm in the Emission Project Guide.

Typical Noise and Vibration Levels

SMCR

Octave band centre freq. in Hz	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	Avg.	Avg.	Max.
	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB(lin)	dB(A)	dB(A)
A) Exhaust gas noise	128.1	122.4	114.8	110.7	108.8	104.0	93.1	83.3	75.1	129.4	109.7	-
B) Spatial noise, standard NR	101.2	100.6	101.2	100.7	101.1	102.4	102.2	96.9	89.1	110.1	107.4	112.6
C) Spatial noise, additional NR	101.1	99.4	98.9	99.0	99.2	100.5	99.9	92.3	85.4	108.4	105.0	109.3
D) Structure borne vibrations	78.2	75.9	73.1	71.5	68.7	63.0	56.6	48.5	42.1	-	-	-

NCR (100.00% of SMCR)

Octave band centre freq. in Hz	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	Avg.	Avg.	Max.
	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB(lin)	dB(A)	dB(A)
A) Exhaust gas noise	128.1	122.4	114.8	110.7	108.8	104.0	93.1	83.3	75.1	129.4	109.7	-
B) Spatial noise, standard NR	101.2	100.6	101.2	100.7	101.1	102.4	102.2	96.9	89.1	110.1	107.4	112.6
C) Spatial noise, additional NR	101.1	99.4	98.9	99.0	99.2	100.5	99.9	92.3	85.4	108.4	105.0	109.3
D) Structure borne vibrations	78.2	75.9	73.1	71.5	68.7	63.0	56.6	48.5	42.1	-	-	-

A) Sound pressure levels from exhaust gas system (2x10⁻⁵ Pa).

The expected sound pressure level at 1 metre from the edge of the exhaust gas pipe opening at an angle of 30 degrees to the direction of the gas flow and valid for a normal exhaust gas system - but without a boiler and silencer.

B) Airborne sound pressure levels - with standard noise reduction (NR) countermeasures (2x10⁻⁵ Pa).

Expected mean sound pressure octave spectrum levels, i.e. the average spatial noise values at a distance of 1 metre from the engine. Prescribed measuring surface area is 521.0 m².

C) Air-borne sound pressure levels - with additional noise reduction (NR) countermeasures (2x10⁻⁵ Pa).

Expected mean sound pressure octave spectrum levels, i.e. the average spatial noise values at a distance of 1 metre from the engine. Prescribed measuring surface area is 521.0 m².

Additional noise reduction countermeasures, e.g.:
Extra good turbocharger air intake silencer(s)
External sound insulation of scavenge air receiver
External sound insulation of scavenge air cooler(s).

Supplementary reduction of 0.0 dB is needed.

Other additional noise reduction countermeasures are also available. The noise figures given are in accordance with the CIMAC recommendations for measurements of the overall noise for reciprocating engines. The average levels will, depending on the actual engine room configuration, be 1-5 dB higher when the engine is installed in the engine room.

D) Structure borne vibration levels (5x10⁻⁴ Pa).

Expected mean velocity octave spectrum levels at the engine base plate as installed on board the ship. Based on an average engine foundation of a ship, and may only be used as a rough estimate as the velocity levels will depend on the actual foundation used. If the vibration velocity levels are referred to 10⁻² m/s instead of 5x10⁻⁴ m/s, the calculated dB figures will be 34.0 dB higher than above stated.

Reference Data

Ambient condition	Scavenge air coolant temp. ^{*)} °C	Ambient air temp. °C	Rel. air humidity %	Barometric pressure mbar
ISO ^{**)}	25	25	30	1,000
Tropical	32	45	60	1,000
Specified	10	10	60	1,000

*) With a central cooling system, the sea water will be 4 °C lower than these temperatures.
**) Refers to ISO 3046-1 2002(E) and ISO 15550:2016(E).

Tolerances	
Specific Fuel Oil Consumption (SFOC) tolerance at SMCR	+/- 5%
Exhaust gas amount tolerance	+/- 5%
Exhaust gas temperature tolerance	+/- 15°C

Guarantee point	
Guarantee point (same as NCR)	100.00% of SMCR
Guarantee point SFOC tolerance	5%

Values for EEDI	
Engine type	6G70ME-C10.7-HPSCR
SMCR power	22,620 kW
SMCR RPM	86.0 r/min
Ambient condition	ISO
Reference LCV of fuel oil	42,700 kJ/kg
Fuel Oil mode	
SFOC at SMCR	165.5 g/kWh
SFOC at 75% SMCR	158.4 g/kWh
SFOC at 75% SMCR incl. 6% tolerance	167.9 g/kWh

CEAS ID for Design Specification Order (DSO)
b6c87bcb-55d4-477a-b3b0-c2c24548a357

This ID must be used by an MAN-ES licensee when creating a DSO.

					КР.135.6214М.01.04.П3.02	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Конструктивні особливості двигуна. Двигун 6G70ME-C10.7– двотактний, крейцкопфний, реверсивний двигун із газотурбінним надувом при постійному тиску газу перед турбіною з головним упорним підшипником, розташованим у корпусі двигуна, і рядним вертикальним розташуванням циліндрів.

На рис. 2.12 показаний поперечний переріз двигуна. Фундаментна рама виконана монолітною з розміщенням ланцюгового привода та упорного підшипника в кормовому кінці двигуна. Вона складається з високих зварних поздовжніх і поперечних балок із литими постелями підшипників.

Картер виконується у вигляді однієї секції. На базі випуску двигуна передбачені запобіжні клапани і люки для кожного циліндра. Картер з'єднується з фундаментною рамою гвинтами. Анкерні зв'язки виконані цільними. Для кожного анкерного зв'язку у верхній частині картера передбачені еластичні стопорні пристрої. Блок циліндрів виготовлений з чавуну. Разом із циліндровими втулками він утворює порожнини для продувного повітря й охолодної води.

Кришка циліндра кована сталевана, суцільна, зі свердліннями для охолодної води. Вона має центральний отвір для випускного клапана і канали для двох форсунок, запобіжного й пускового клапанів та індикаторного крана. Кришка циліндра приєднується до блока циліндра шпильками і гайками.

Випускний клапан складається з корпусу та шпинделя. Корпус чавунний і має водяне охолодження. Нижня частина корпусу клапана виготовлена зі сталі з наплавленням твердого сплаву на сідло і охолоджується водою. Колінчастий вал напівскладений, виконаний з кованих з кованих сталевих кривошипів і включає упорний вал. Шатун виготовлений зі сталевих поковок і комплектується кришками з чавуну для крейцкопфних (головних) і мотильових підшипників.

Група деталей кістяка. Фундаментна рама (поз.1 на рис. 2.12) виконана монолітною з розміщенням блоку гідравлічної потужності і упорного підшипника в кормовому кінці двигуна. Вона складається з високих зварених поздовжніх і поперечних балок з литими постелями підшипників. Для кріплення до суднового фундаменту використовуються болти і пристосування для гідравлічної затяжки. Фундаментна рама виготовляється без ухилу у випадку

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.02	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

установки на епоксидних клинах чи з ухилом 1:100 при установці на чавунних клинах. До неї приварюється масляний піддон зі сталевго листа.

Рамні підшипники складаються зі сталевих вкладишів, залитих білим металом. Картер 14 виконується литим чи звареним. На стороні випуску двигуна передбачені запобіжні клапани і люки для кожного циліндра. Картер з'єднується з фундаментною рамою гвинтами. Анкерні зв'язки виконані цільними. Для кожного анкерного зв'язку у верхній частині картера передбачені еластичні стопорні пристрої.

Блок циліндрів виготовлений з чавуна. Разом з циліндровими втулками він утворює порожнину продувного повітря і водяну охолоджуючу порожнину. На стороні розподілу двигуна блоки циліндрів обладнані люками для очищення порожнини продувного повітря й огляду продувних вікон. На днищі блоку циліндрів розташовується сальник поршневого штока з ущільнювальними кільцями для продувного повітря і маслознімними кільцями, що перешкоджають потраплянню масла в продувну порожнину. У верхній частині блоку циліндрів розташоване підведення охолоджуючої прісної води. Крім того, у ньому присутні зливи із сальників поршневих штоків.

Втулки циліндрів 5 відлиті з легованого чавуна і підвішені в блоках за допомогою низько розташованих фланців. Верхня частина втулки оточена чавунною охолоджуючою сорочкою. Втулка циліндра має продувні вікна і свердління для штуцерів циліндрового змащення.

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.02	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

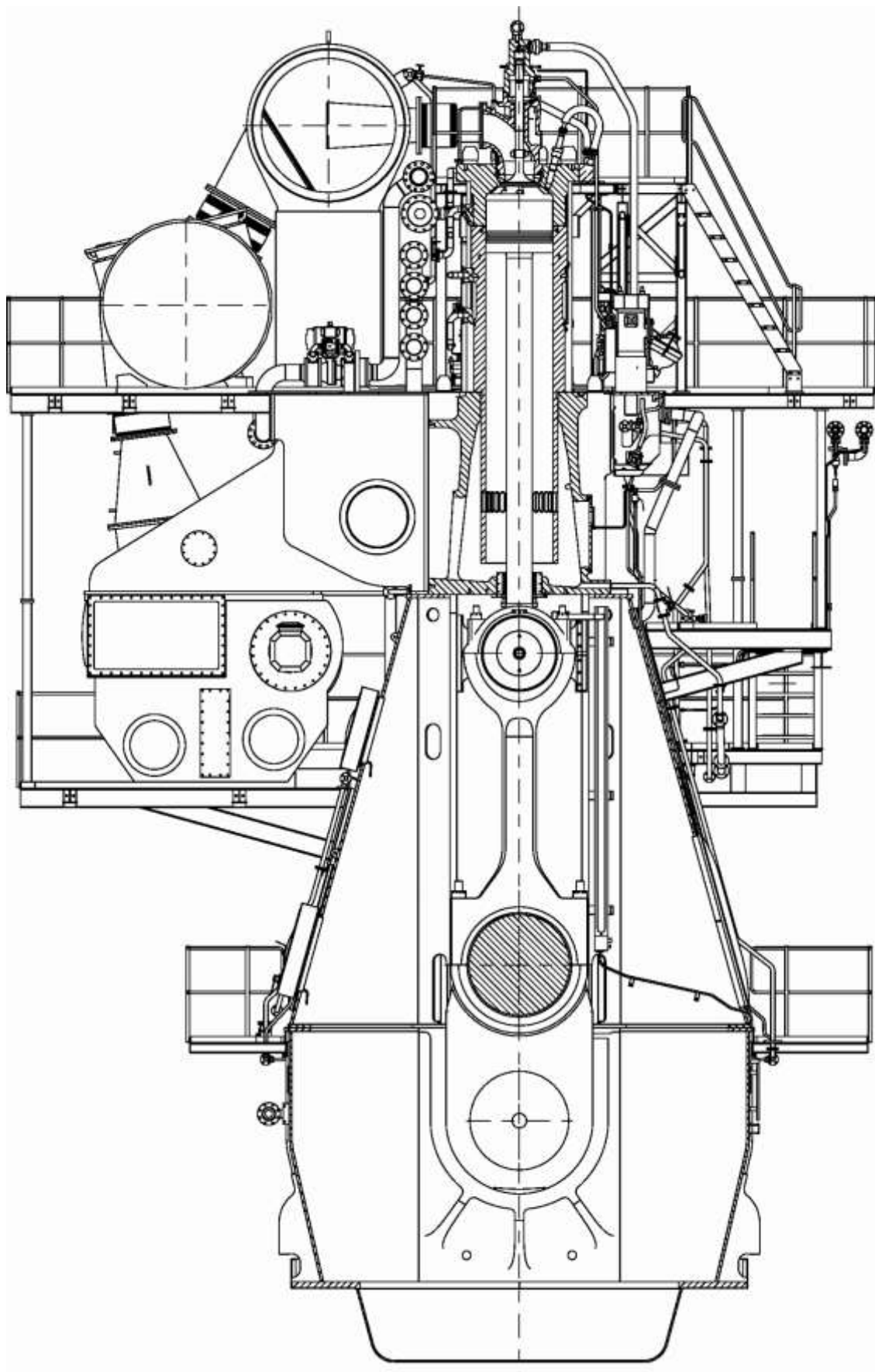


Рис. 2.12 Поперечний переріз двигуна 6G70ME-C10.7

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

КР.135.6214М.01.04.ПЗ.02

Арк.

Кришка циліндра 6 виготовлена зі сталі, суцільна, зі свердліннями для охолоджуючої води. Вона має центральний отвір для випускного клапана і канали для двох форсунок, запобіжного і пускового клапанів і індикаторного крана. Кришка циліндра приєднується до блоку циліндра шпильками і гайками.

Група деталей руху. Колінчатий вал 2 (рис. 2.13) – напівскладений. Він може бути виконаний з литих сталевих кривошипів з холоднокатаними шийками для 4...6 - циліндрового двигуна і з кутих сталевих кривошипів для 4...9 - циліндрового двигуна. Він містить у собі також і упорний вал. На кормовому кінці вал має фланець для маховика, фланець для роботи мультиплікатора, що забезпечує роботу блока живлення гідравлічної потужності (якщо він встановлений на двигуні) і з'єднання з проміжним валом, на носовому кінці – фланець для установки, при необхідності, додаткового маховика і/чи противаг. Фланець може бути також використаний для добору потужності.

Шатун 3 (рис. 2.14) виготовлений з ковкої сталі і комплектується кришками підшипників з чавуна для крейцкопфних (головних) і мотильового підшипників.



Рис. 2.13. Колінчастий вал

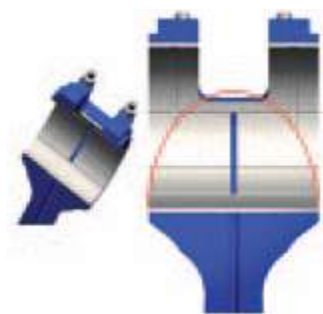


Рис. 2.14. Шатун

Поршень 10 складається з голівки (рис. 2.15.) і юбки. Голівка виготовлена з жаростійкої сталі і має чотири поршневі канавки, хромовані по верхній і нижній поверхнях; юбка поршня чавунна.

Шток поршня 12 - сталевий кований зі зміцненням робочої поверхні; він проходить через сальник, з'єднується з крейцкопфом чотирма болтами. У центральному свердлінні штока встановлена труба охолоджуючого масла, що утворює канали для його підведення і відводу.

					КР.135.6214М.01.04.ПЗ.02	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Крейцкопф 13 (рис. 2.16.) виготовлений із сталі і обладнаний башмаками з дрібнозернистого чавуна, робочі поверхні яких залиті білим металом. Кронштейн крейцкопфу служить опорою для телескопічної труби, що подає мастильне й охолоджуюче масло до крейцкопфа, поршня і мотильового підшипника.

Випускна труба масла для охолодження поршня кріпиться до протилежного торця крейцкопфа. Кришки головних і мотильового підшипників кріпляться до шатуна шпильками і гайками. Головний підшипник складається з комплекту сталевих тонкостінних вкладишів, залитих антифрикційним сплавом. Кришка крейцкопфного підшипника - цільна, з вирізом для поршневого штока. Мотильовий підшипник має сталеві тонкостінні вкладиші, залиті фрикційним сплавом. Мастило подається по каналах у крейцкопфі і шатуні.

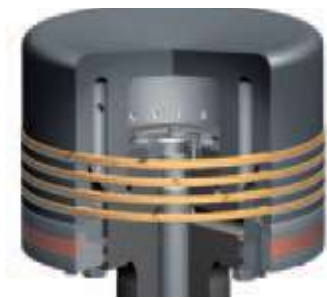


Рис. 2.15. Голівка поршня



Рис. 2.16. Крейцкопф

Група деталей газорозподілу. Однією з головних відмінностей у конструкції двигунів сімейства ME є електронне кероване впорскування палива та робота випускних клапанів, що здійснюється за допомогою гідравлічного приводу. Працює цей механізм завдяки блоку живлення гідравліки (рис. 2.17.), що встановленому на двигуні. Блок живлення з'єднується з мультиплікатором. Масло з блоку живлення передається циліндричним гідравлічним блокам. Блок живлення може бути встановлений на двигуні і його потужність використовують для приводу насосів, або поставлятися окремо і мати електричний привід.

Випускний клапан складається з корпусу і шпинделя. Корпус – чавунний і має водяне охолодження. Нижня частина корпусу клапана виготовлена зі сталі з

					КР.135.6214М.01.04.ПЗ.02	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

наплавленням твердого сплаву на сидло і охолоджується водою. Шпиндель виготовлений з жаростійкої сталі, також; з напавленої твердим сплавом тарілкою. У корпусі встановлена напрямна клапана. Випускний клапан кріпиться до кришки циліндра на шпильках з гайками, відкривається гідравлічним приводом і закривається стисненим повітрям. При роботі під дією випускних газів, що вшивають на закріплені на ньому невеликі лопатки.

Гідравлічна система складається з поршня з гідроциліндром, встановленого на корпусі штовхача, трубки високого тиску і робочого гідроциліндра на випускному клапані. Механізм відкриття і закриття випускних клапанів аналогічний механізму паливних клапанів.

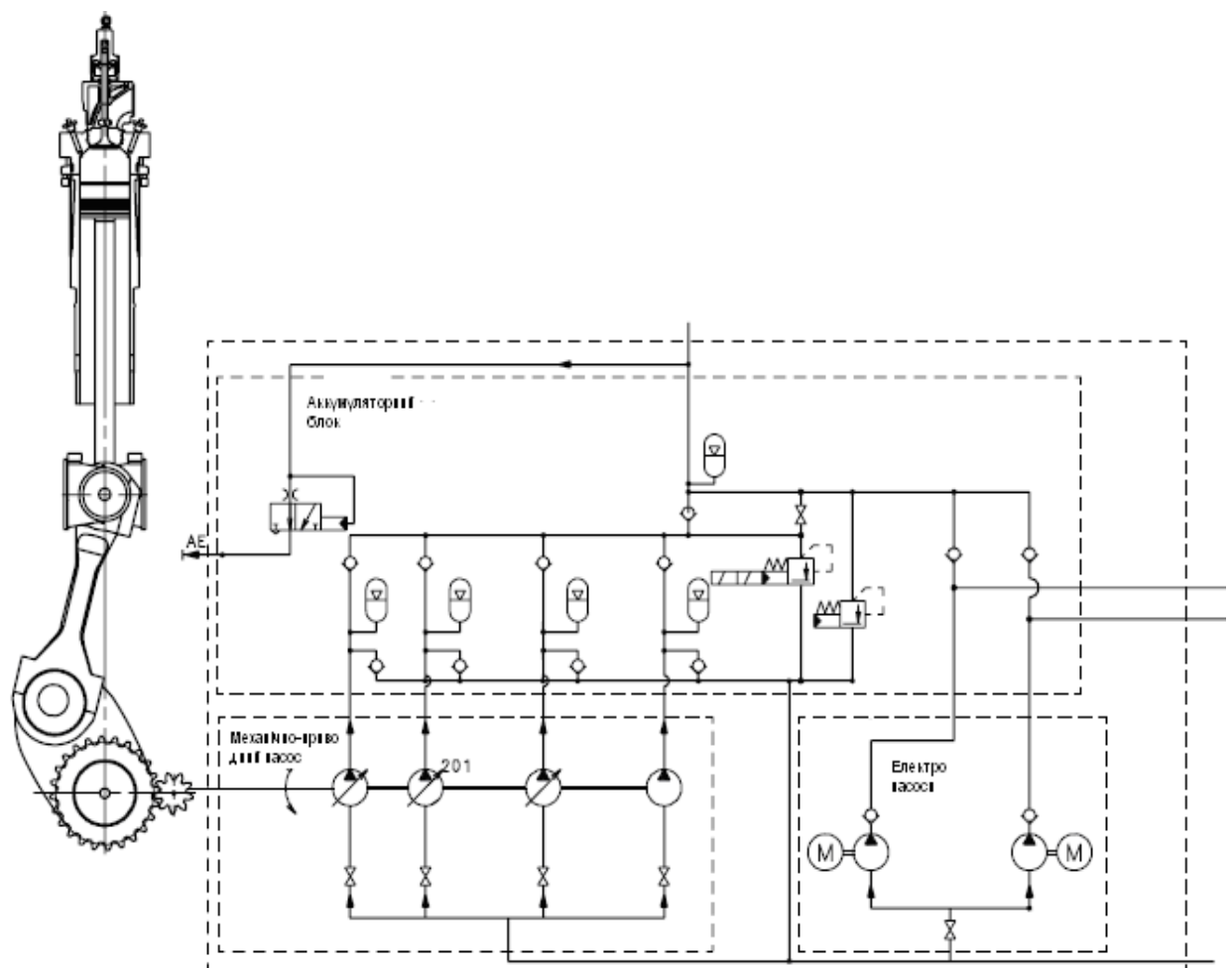


Рис. 2.17. Блок живлення гідравліки

Визначення основних елементів валопроводу

На судні передбачається валопровід у складі: гребного гвинта фіксованого кроку; гребного й проміжних валів; дейдвудного пристрою; контактно-

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.02	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

щіткового пристрою; опорних підшипників; масляної системи змащення й охолодження дейдвудного пристрою [1,2,8].

Дейдвудний пристрій. Вкладної конструкції, двоопорний, з кормовим і носовим підшипниками на масляному змащенні й ущільненням радіального типу. Втулки дейдвудного підшипника – чавунні, залиті бабітом. Довжина кормового підшипника біля двох діаметрів гребного вала, а носового – близько 0,8 дпр.

Установка дейдвудного пристрою на судні виконується на полімерних матеріалах. При цьому товстостінна дейдвудна труба з кормової сторони кріпиться фланцем за допомогою болтів до яблука ахтерштевня, а з носової сторони опирається на потужний вваріш ахтерпикової переборки.

Носовий кінець дейдвудного пристрою має наступні приєднання: повітряна труба; з'єднання для наповнення, циркуляції й зливу масла; датчик температури для місцевого й дистанційного контролю.

Змащення дейдвудних підшипників – мастильне, із природною циркуляцією мастила, охолодження їх – водою, залитою в ахтерпик. Змащення кормового і носового дейдвудних ущільнень – мастильне. Охолодження першого – забортною водою, другого – природною циркуляцією мастила й теплообміном з повітрям машинного відділення. Змащення опорного підшипника – індивідуальне, рідким маслом, що заливається в картер підшипника.

Ущільнення гребного валу радіального типу. Кількість манжет у носовому ущільненні – дві; у кормовому ущільненні – чотири. Матеріал ущільнювальних манжет – Viton.

Для запобігання потрапляння забортної води в дейдвудний пристрій на судні встановлені гравітаційні цистерни вище ватерліній вантажного й баластового переходів.

Вали з'єднуються між собою і з валом двигуна за допомогою фланців і щільно пригнаних болтів. Передбачено гальмовий пристрій для утримання від провертання валопроводу при буксируванні судна зі швидкістю 5 вуз. Гребний вал спирається на один дейдвудний підшипник з білим металом і виносний опорний підшипник. Вали виготовлені з вуглецевистої сталі, гребний вал – зі

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.02	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

сталі категорії міцності КМ-25 ($R_{mB}=480$ МПа), проміжний вал – КМ-23 ($R_{mB}=440$ МПа).

Найменші припустимі діаметри валів у даному проекті визначаються за правилами Германського Ллойда [2,8,].

Мінімальний розрахунковий діаметр проміжного вала при виготовленні його зі сталі категорії міцності КМ-23 визначається як:

$$d_{np} = Fk \cdot \sqrt[3]{\frac{560P_W}{n\left[1-\left(\frac{d_i}{d_a}\right)^4\right](R_m+160)}} = 100 \cdot 1,0 \cdot \sqrt[3]{\frac{560 \cdot 22620}{82 \cdot 1(440+160)}} = 675,4 \text{ мм},$$

де F – коефіцієнт (для ДУ з прямою передачею потужності на гвинт $F = 100$);
 $k=1,0$ – коефіцієнт (для проміжного вала з інтегральними фланцями).

В цій формулі, якщо діаметр осьового отвору (d_i) не перевищує 40% розрахункового діаметра, тому вираз у квадратних дужках можна прийняти рівним 1,0.

З урахуванням категорії льодового посилення найменший припустимий діаметр проміжного вала

$$d_{np}^* = 1,08 \cdot d_{np} = 1,08 \cdot 675,9 = 726 \text{ мм}.$$

Мінімальний розрахунковий діаметр гребного вала при виготовленні його зі сталі категорії міцності КМ-25

$$d_{гр} = Fk \cdot \sqrt[3]{\frac{560P_W}{n\left[1-\left(\frac{d_i}{d_a}\right)^4\right](R_m+160)}} = 100 \cdot 1,22 \cdot \sqrt[3]{\frac{560 \cdot 226200}{82 \cdot 1(480+160)}} = 791,2 \text{ мм},$$

де $k = 1,22$ – коефіцієнт для безшпонкового з'єднання гребного гвинта.

З урахуванням категорії льодового посилення цей діаметр становить

$$d_{гр}^* = 1,15 \cdot d_{гр} = 1,15 \cdot 791,2 = 933 \text{ мм}.$$

За результатами розрахунків прийняті наступні значення діаметрів валів:

проміжного – 726 мм;

гребного – 933 мм.

					КР.135.6214М.01.04.ПЗ.02	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3. ПРОЕКТУВАННЯ ДОПОМІЖНОЇ ЕУ.

3.1. Розробка теплової схеми, та вибір методів утилізації скидної теплоти

В тепловій схемі установки буде передбачено утилізацію тепла високотемпературної секції охолодника наддувного повітря (для підігріву живильної води на вході в котел), тепла води, що охолоджує ГД (для роботи водоопріснювальної установки) та тепла відхідних газів – для одержання насиченої пари.

Відпрацьовані гази ГД із турбіни направляються в атмосферу через утилізаційну частину комбінованого котла (КК). Живильним насосом вода з теплового ящика, проходячи через фільтр і високотемпературну секцію ОНП, подається до сепаратора пари. Із сепаратора води циркуляційним насосом вона подається в економайзер утилізаційної частини КК, а з економайзера в секцію випарної поверхні нагрівання. Після цього з випарника утилізаційної частини КК волога пара повертається в сепаратор, де відбувається відділення вологи. Пара направляється до загальносуднових споживачів. Від суднових споживачів конденсат відпрацьованої пари надходить у охолодник і далі по магістралі в теплий ящик.

Системи КК автоматично підтримують тиск пари, рівень води в теплому ящику й у сепараторі КК, температуру палива перед форсунками. Робота КК цілком автоматизована: автоматизований пуск і зупинка паливного насоса, живильного насоса, продувка паливного і газового тракту, включення і вимикання запального пристрою.

У систему утилізації включено двосекційний ОНП. У його першій секції тече прісна вода під тиском, з температурою $t_{\text{тя}} = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ (надходить з теплового ящика). Температура води на виході складає $= 90\text{ }^{\circ}\text{C}$. Нагріта в такий спосіб вода надходить у сепаратор комбінованого котла. В другій секції наддувне повітря охолоджується забортною водою до температури $= 50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Розрахунок виконаємо при умовах $= 35\text{ }^{\circ}\text{C}$; $= 30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.03	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Випускні гази після розширення в турбіні з $t = 240\text{ }^{\circ}\text{C}$ надходять в утилізаційну частину комбінованого котла. Пара надходить через сепаратор до споживачів.

Температура газів на виході з утилізаційної частини КК складає $190\text{ }^{\circ}\text{C}$, що задовольняє вимогам які виключають низькотемпературну корозію, що може мати місце при температурі газів нижче $160\ldots 180\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Двигун охолоджується прісною водою. Температура охолоджуючої води на виході з двигуна складає $t = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$, (що виключає можливість кипіння води при розгерметизації), перепад температур у водяному охолоджувачі для МОД складає $t = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$, тобто температура води на вході в ГД $t = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Масло сепарують при температурах $40\ldots 70\text{ }^{\circ}\text{C}$, для чого використовують підігрівач. Підігрів повинний забезпечити в'язкість масла не більше $5\text{ ВУ}(30\ldots 45\text{ сСт})$. Температура масла на виході з двигуна для МОД складає $t = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$. На сучасних транспортних суднах для теплообмінних апаратів використовується насичена пара низького тиску, що має більш високий коефіцієнт тепловіддачі, чим перегріта пара.

3.2. Проектування енергетичних комплексів. Визначення їх складу та підбор устаткування

СЕС. Включає три приводні двигуни допоміжних дизель-генераторів. Тип – чотиритактний, вертикальний, тронковий, простої дії, нереверсивний з турбонаддувом.

Номінальна потужність $- 3 \times 1020\text{ кВт.}$

Частота обертання $- 900\text{ хв.}-1$

Кількість циліндрів $- 6$

Діаметр циліндра $- 200\text{ мм}$

Хід поршня $- 280\text{ мм}$

Питома витрата палива $- 189\text{ г/(кВт}\cdot\text{год.)}$.

Питома витрата масла $- 0,5\text{ г/(кВт}\cdot\text{год.)}$.

Приводні двигуни змонтовані з генератором на загальній рамі. Кріплення рами до суднового фундаменту на амортизаторах.

Прийом повітря приводним двигуном здійснюється з МВ.

Пуск двигуна здійснюється стисненим повітрям тиском 30 бар . Охолодження втулок, кришок циліндрів, наддувного повітря – прісною водою.

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.03	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Змащення деталей руху – маслом під тиском. Охолодження поршнів – циркуляційним маслом. Змащення циліндрів – розбризкуванням.

На приводний двигун навішене наступне устаткування: турбокомпресор; охолоджувач наддувного повітря; насос системи охолодження; насос циркуляційного змащення; електронасос попереднього прокачування масла; автоматичний фільтр масла; відцентровий фільтр масла; охолоджувач масла.

Приводні двигуни дизель-генераторів працюють на важкому паливі. Легке (дизельне) паливо використовується для промивання паливної системи двигуна.

Приводний двигун аварійного дизель-генератора. У кормовій частині судна в окремому приміщенні розташований аварійний дизель-генератор (АДГ). АДГ обладнаний системою автоматичного електростартерного запуску при зникненні напруги на головному розподільному щиті (ГРЩ). Для основного й резервного запуску АДГ передбачені герметичні стартерні акумуляторні батареї. Для привода двигуна АДГ застосовується дизель, нереверсивний, чотиритактний, вертикальний, простої дії, змонтований на загальній рамі з генератором; встановлюється на судновий фундамент на амортизаторах. Всі насоси й теплообмінні апарати навішані на двигун.

Номінальна потужність АДГ – 216 кВт.

Частота обертання колінчатого валу – 1800 хв.–1

Кількість циліндрів – 6.

Діаметр циліндра– 120 мм.

Хід поршня – 138 мм.

Питома витрата палива– 204 г/(кВт•год.).

Приміщення АДГ оснащено:

витратною паливною цистерною V=1,5 м³(на 18 год. роботи) – 1 шт.;

глушником-іскрогасником – 1 шт.;

пусковими герметичними акумуляторними батареями – 2 шт.;

зарядним пристроєм – 2 шт.;

трансформаторами – 2 шт.;

розподільчим щитом (АРЩ) – 1 шт.;

вогнегасниками – 2 шт.;

нішею для дистанційного привода ШЗК паливної цистерни – 1 шт.

Прийом і викид повітря забезпечується через роздільні канали, на яких встановлені вентиляційні заслінки, що автоматично відкриваються після запуску

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.03	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

АДГ. Викид повітря й газів від розташовуються по можливості далі від прийому.

Видаткова паливна цистерна оснащена вимірювальною колонкою, сигналізатором нижнього рівня, переливною й повітряною трубою, арматурами заповнення й витрати.

ДКУ. Допоміжна котельна установка включає один комбінований котел вертикальної конструкції, що складається з утилізаційної частини – димотрубною і паливною – водотрубною. Він виробляє насичену пару тиском 7 бар; паропроодуктивність по паливній стороні – 5000 кг/год., по утилізаційній стороні – 2000 кг/год. Температура живильної води становить – 65...75°C.

Котел обладнаний моноблочним форсунковим пристроєм із системою керування й захисту; іскрогасником за паливною частиною котла; солеміром живильної води; приладом виявлення вмісту нафти в живильній воді.

Теплова енергія у виді водяної пари використовується на даному судні для обігріву і продувки заборотної арматури, обігріву паливних цистерн, а також масляних цистерн і цистерн із водою, підігріву палива перед очищенням і подачею до двигунів, на господарсько-побутові потреби: пральні машини, сушильно-гладильні катки тощо.

В ЕУ з довгоходовими двотактними двигунами, які характеризуються низькою температурою випускних газів ($t_{вг} = 240...260^{\circ}\text{C}$), навіть при значних потужностях одержати перегріту пару в кількості і з параметрами необхідними для роботи утилізаційного турбогенератора (УТГ) дуже складно. У таких установках частіш застосовують комплексну систему утилізації, що використовує як тепло відхідних газів так і тепло наддувного повітря й охолоджуючої води. При високих значеннях тиску наддуву ($p_k = 0,30...0,35$ МПа) можна одержати достатньо високу температуру повітря за компресором, і використовувати його для попереднього нагрівання води, що надходять в сепаратор КК чи для потреб судових споживачів.

Щоб використовувати теплоту наддувного повітря, ОНП виконують багатосекційним. При цьому одна чи дві секції ОНП, що називаються

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.03	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

високотемпературними, охолоджуються прісною водою, а інші – забортною водою до необхідної температури.

На даному судні встановлюється комбінований котел (КК), що поєднує у собі функції утилізаційного і допоміжного котлів. Утилізаційна сторона КК працює на газах, що відходять від головного двигуна. З огляду на досить низьку температуру відхідних газів УК не може забезпечити, на всіх можливих режимах роботи судна, споживачів судна необхідною кількістю пари. В цьому випадку до роботи підключається паливна сторона КК (допоміжний котел), робота якого компенсує недостачу пари. Арматура і трубопроводи забезпечують можливість як спільної, так і роздільної роботи котлів. Переведення роботи котельної установки з утилізаційного котла на допоміжний, і назад, виконується з МВ без зупинки головного двигуна.

Аналіз судового електрообладнання, електронної апаратури та систем управління, діагностування й контролю СЕУ.

Система ДАУ забезпечує автоматизоване управління пусками, реверсами і зміну швидкісного режиму двигуна з містка. У цій системі необхідні команди задаються одним органом (рукояткою) управління, який можна переміщати з будь-якою швидкістю і без витримки часу. Всі проміжні операції по виводу двигуна на заданий режим роботи виконуються автоматично. Після підготовки і введення в дію головної силової установки ніяких додаткових втручань технічного персоналу в управління силової установки не повинно бути.

Система ДАУ головного двигуна забезпечує автоматизацію процесів управління пуском, реверсом, зміною режиму роботи ГД при дистанційному завданні команд. Вона включає логічну частину, що реалізовує програми управління, виконавчі механізми, що впливають на органи управління ДАУ, встановлені на ходовому містку і в ЦПУ. Як логічні засоби в системі ДАУ застосовуються електронні, напівпровідникові, електромеханічні і пневматичні елементи. Як виконавчі механізми служать електричні і пневматичні сервомотори. Сучасна система ДАУ побудовані на різних елементах і є таким чином комбінованою.

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.03	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Система ДАУ містить мережу самоконтролю. У разі появи несправностей виходить аварійно-попереджувальний сигнал на панель містка і в систему аварійно-попереджувальної сигналізації (АПС) ЦПУ.

Для управління силовою установкою і введення управляючих команд в систему на пульті містка передбачена панель управління з важелем управління. Важіль управління на пульті містка об'єднаний з важелем машинного телеграфу.

Передбачені наступні види управління:

- автоматичне управління з містка (ГД можна запустити і зупинити за допомогою органів управління, розташованих на пульті містка; частота обертання ГД встановлюються машинним телеграфом);

- автоматичне управління з ЦПУ (ГД можна запустити і зупинити за допомогою органів управління ЦПУ);

- місцеве управління з поста на головному двигуні.

На пультах управління системи ДАУ розташовуються рукоятки управління, вторинні прилади, табло світлової сигналізації функціонування ДАУ і реєструючі пристрої. Система ДАУ ГД реалізує оптимальні алгоритми управління по зміні режимів роботи суднового двигуна і забезпечує високу точність виконання команд і підвищення маневрених якостей судна.

Електронне управління двигунами фірми MAN-B&W.

Суднові МОД фірми MAN B&W і її ліцензіатів комплектуються мікропроцесорною системою дистанційного керування і регулювання роботи енергетичної суднової установки. Ця система розроблена і випускається фірмою KONGSBERG MARITIME AS (Norway).

Система ДАУ *AutoChief C20* призначена для дистанційного автоматичного керування головними двигунами фірми MAN-B&W, шляхом дії на пневматичну пуско-реверсивну систему і на електронний регулятор частоти обертання.

Таким чином, система ДАУ *AutoChief C20* спільно з електронним регулятором *DGU-8800* забезпечує реалізацію функцій по управлінню і регулюванню малообертових довгоходових головних двигунів у всіх діапазонах їх роботи.

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.03	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Склад системи ДАУ. Огляд компонентів *AutoChief C20 Propulsion Control System* (Система Управління Двигуном) стандартної конфігурації для *MAN BW ME Engines with Fixed Pitch Propeller* (Гвинтом Фіксованого Кроку) представлений на рис.2.23.

Основними компонентами *AutoChief C20 Propulsion Control System* є:

- Панелі управління
- Система дистанційного керування
- Телеграфна система двигуна
- Система безпеки двигуна
- Цифровий регулятор
- Маневрувальний рекордер
- Розподілена обробка одиниць

AutoChief C20 відповідає вимогам ІМО, місцевої морської влади, IACS, і одинадцятьом класифікаційним товариствам. Він розроблений відповідно вимогам суспільства до періодично безпілотного керування в машинному відділенні. Система відповідає всім правилам та положенням, і всі модулі відповідають затвердженому типу. Системи включає в себе останні досягнення в області апаратних і програмних технологій

Пульти управління системи ДАУ. *AutoChief C20 Control Panel (ACP)* рис. 2.24 призначений для зручності експлуатації. Розширений але простий у використанні багатофункціональний контролер забезпечує доступ до всіх функцій системи.

Кольоровий дисплей представляє ключову інформацію графічно для легкого розуміння. Спеціально розроблена система імітування зображення доступні для кожного типу двигуна і гвинта будь-якої конфігурації. Всі основні змінні, такі як оберти, тиск пускового та продувочного повітря, стан двигуна і т.д. завжди доступні. Панель управління може бути встановлена в будь-яку стандартну консоль. Щоб розрізняти між групами користувачів доступно кілька рівнів управління.

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.03	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

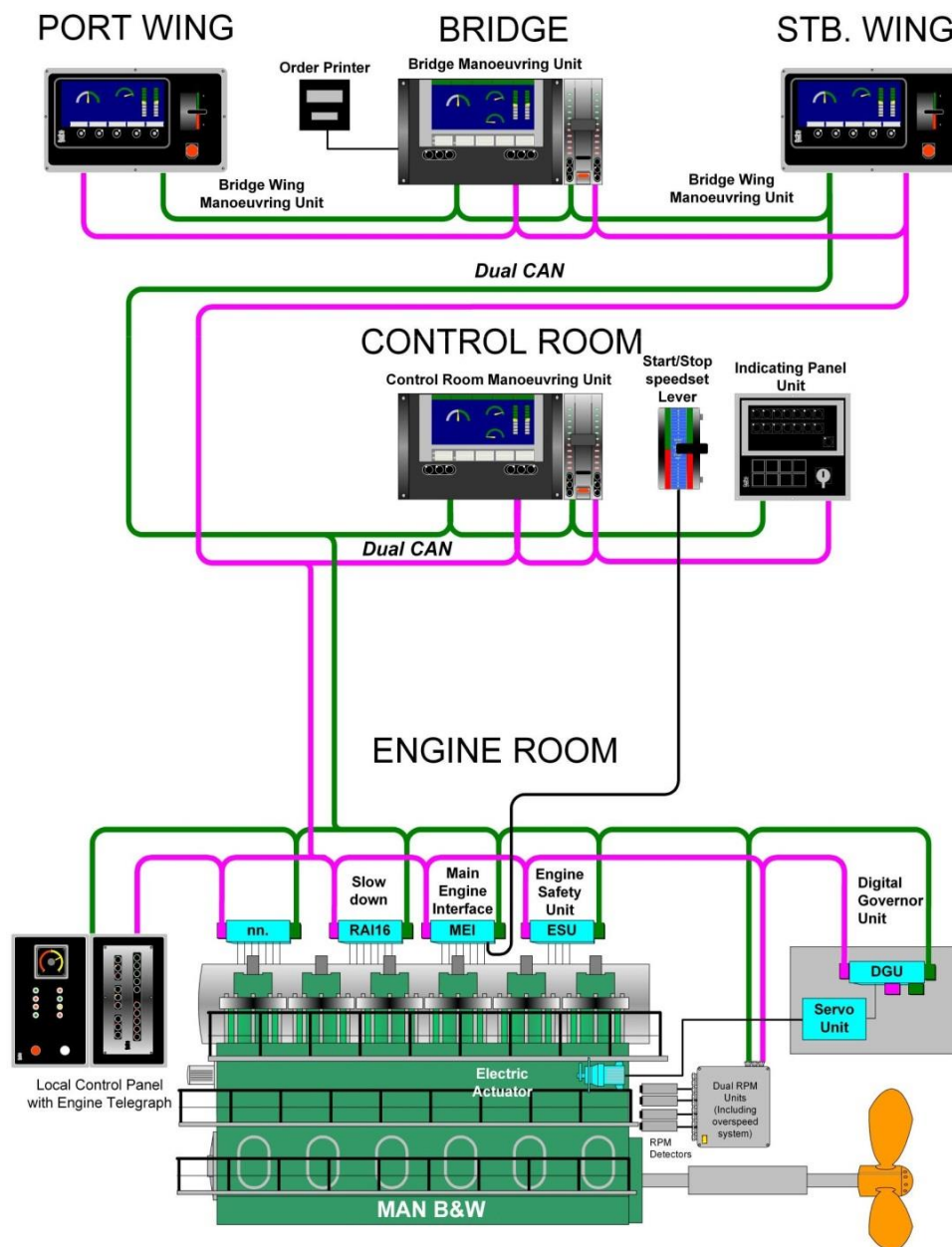


Рис. 2.23 Компоненти *AutoChief C20*



Рис. 2.24. Пульт управління *AutoChief C20*

Функції:

- Скасування обмежень та вимкнення/уповільнення
- Сигнал підтвердження/вимикання звуку
- Зміна параметрів
- Підсвічування для зменшення яскравості

Показання:

- Аналогові оберти і установки
- Аналоговий тиск пускового повітря

					КР.135.6214М.01.04.ПЗ.03	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- Поточний стан основного двигуна
- Блокування запуску
- Вимкнення / уповільнення
- Загальна індикація сигналізації
- Неправильний спосіб сигналізації
- Неправильний напрям
- Зменшення удару при передачі управління
- Скасування вимкнення / уповільнення

Зображення (рис. 2.25) показує «Домашню» картину, в стандартній конфігурації для *MAN BW ME* двигуна з гвинтом фіксованого кроку.

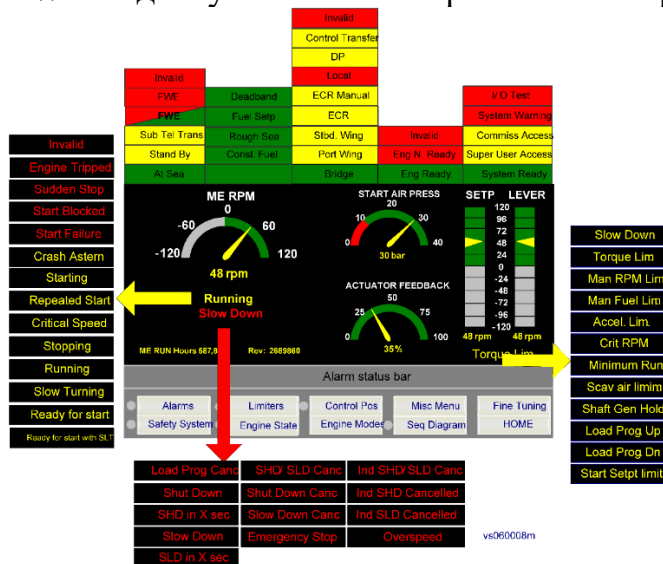


Рис. 2.25 «Домашня» картина панелі ДАУ.

Верхній рядок стану використовується для індикації командних позицій, і режимів роботи. Важіль позицій і значень індукується на вертикальні смуги з правого боку. Обмежувачі наведені нижче. Є три аналогові прилади: індикатор обертів зліва, і тиск пускового повітря є стандартними, і третій, який можна задати. Стан двигуна і безпеки зазначені зліва нижче індикатора обертів. Коли валогенератор введений в дію, це буде зазначено вище показника обертів.

Сіре поле під аналоговими інструментами у рядку стану для індикації тривоги. Коли стан тривоги скасований поле повертається до нормального з сірим фоном. Критичні сигнали тривоги також відображаються у спливаючому повідомленні.

У нижній частині сторінки знаходиться меню, в якому оператор може вибрати імітації, які відповідають обробці сигналів тривоги, налаштування обмежувачів, тонкій настройці і т.д. Багатофункціональна кнопка (поворотна ручка) використовується для переміщення по імітованим сторінкам ДАУ.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					

КР.135.6214м.01.04.ПЗ.03

Розділ 4. Проектування систем СЕУ

4.1. Розробка системних заходів для зменшення емісії компонентів GHG

Для розробки системних заходів щодо зменшення викидів парникових газів (GHG) у судноплаванні потрібен комплексний підхід, що включає технологічні, операційні та регуляторні зміни.

Використання альтернативних видів палива:

- Низьковуглецеві та безвуглецеві види палива:
 - Використання зрідженого природного газу (LNG), метанолу, аміаку, водню;
 - Використання біопалива та синтетичного палива, виробленого з використанням відновлюваних джерел енергії;
 - Розвиток технологій уловлювання та зберігання вуглецю (CCS).
- Включення CCS-систем в енергетичні установки судів.

Підвищення енергоефективності суден:

- Оптимізація корпусу та надбудов;
- Використання аеродинамічно оптимізованих конструкцій;
- Застосування покриттів для зниження тертя, таких як антиобростаючі або низькотемпературні матеріали;
- Рекуперація енергії;
- Установки для утилізації тепла газів, що відпрацювали;
- Гібридні та електричні установки;
- Використання акумуляторних батарей та паливних елементів у поєднанні з традиційними двигунами.

Оптимізація роботи судна:

- Управління швидкістю;
- Застосування режиму "slow steaming" для зниження витрат палива.
- Планування маршрутів:
 - використання програмного забезпечення для вибору найбільш енергоефективних маршрутів з урахуванням погодних умов.
- Моніторинг та управління:
- Встановлення інтелектуальних систем моніторингу витрат палива та викидів (Energy Management Systems).

					КР.135.6214М.01.04.ПЗ.04	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Впровадження відновлюваних джерел енергії

- Сонячні панелі:
- використання сонячної енергії для живлення допоміжних систем.
- Вітряні технології:
- Встановлення вітрил нового покоління, таких як тверді вітрила (rigid sails), або вітрогенераторів.
- Системи повітряного мастила:
- Зниження опору води з використанням повітряних бульбашок.

Дотримання міжнародних стандартів

- Виконання вимог ІМО:
- Відповідність нормам MARPOL Annex VI, впровадження індексу енергоефективності суден (EEDI) та індексу інтенсивності вуглецю (CII).
- Національні та регіональні ініціативи:
- Участь у схемах торгівлі квотами на викиди (ETS) та компенсації вуглецевого сліду.

Інноваційні технології

- Автономні судна:
- використання технологій штучного інтелекту для управління судном з мінімальним споживанням палива.
- Нові типи двигунів:
- Двигуни із замкнутим циклом та прямою конверсією енергії в електрику.

Навчання та підготовка екіпажу

- підвищення кваліфікації:
- Проведення тренінгів з енергоефективності та сталого управління судном.
- Екологічна свідомість:
- пропаганда «зеленого» мислення серед персоналу та операторів.

Ці заходи спрямовані на забезпечення екологічної стійкості судноплавства, зниження його вуглецевого сліду та відповідність міжнародним екологічним вимогам.

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.04	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

4.2 Визначення основних параметрів систем СЕУ. Проектування та комплектація паливної, змащувальної і охолоджуючої систем СЕУ.

Паливна система. (рис. 2.20.) призначена для прийому, зберігання, перекачування, очистки, підігріву та подачі палива до двигунів і котлів, а також для видачі його на берег або на інші судна. Так як в СЕУ морських суден використовується декілька сортів палива, передбачуються самостійні трубопроводи для малов'язкого палива – дизельного та високов'язкого – мазутів.

Прийомо-перекачувальний трубопровід виконує наступні функції: прийом палива з берега чи з іншого судна; видача палива на берег або на інше судно; розміщення палива в цистернах запасу; перекачування палива у відстійні або витратні цистерни. Указані операції виконуються одночасно з подачею палива до двигунів та котлів. Крім цього, трубопровід має і допоміжне призначення. Він використовується для вирівнювання крену та диференту судна при виконанні вантажних операцій і в аварійних ситуаціях.

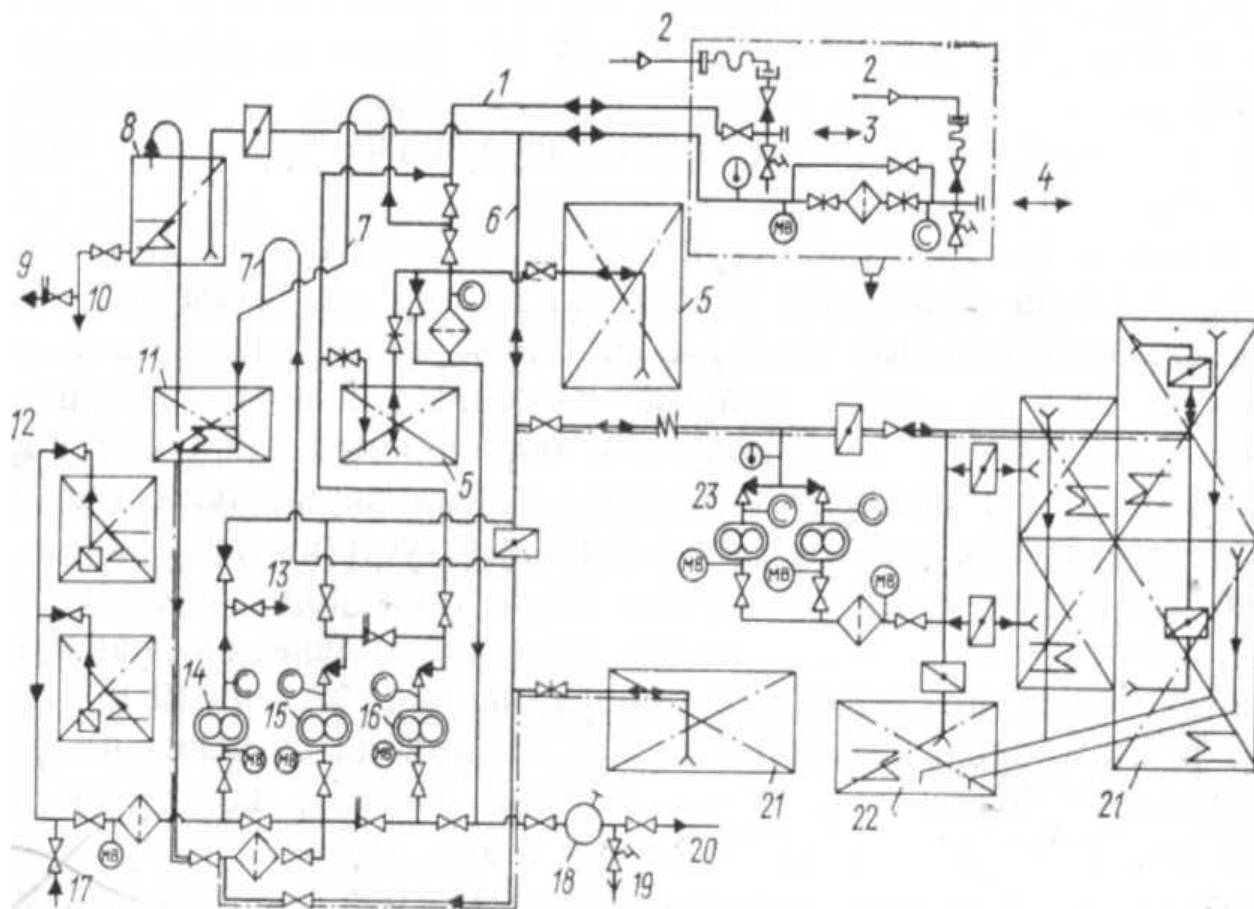


Рис. 2.20. Принципова схема паливної системи МОД

					КР.135.6214М.01.04.ПЗ.04	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Прийом палива на судно виконується несудновими засобами з берегових або плавучих бункерувальних баз. Для цього на головній палубі або під нею прокладається постійний трубопровід з прийомними відростками, які виведені по обидва борти в спеціальні станції прийому та видачі палива відділені від інших приміщень.

Для зберігання палива на судні служать паливні цистерни, які по конструкції діляться на корпусі та вкладні. Корпусні цистерни утворені елементами корпусних конструкцій: обшивкою, другим дном, переборками судна. Вкладні цистерни представляють собою самостійну зварну металічну конструкцію. Розміри і форми визначаються призначенням та місцем їх установки на судні.

Основний запас палива зберігається в цистернах запасу високов'язкого палива. Цистерни ВВП обладнані зміювиками для парового обігріву. Система має переливні цистерни для ВВП і МВП, перекачувальні шестерінчасті насоси ВВП, МВП та протічок палива. Перекачування палива з одних цистерн в інші, заповнення відстійної цистерни і видача палива виконується штатними перекачувальними насосами.

Управління перекачувальною арматурою дистанційне, з гідро- або пневмоприводом. Групи цистерн основного запасу високов'язкого палива розташовані на відстані від станцій прийому, забезпечені окремими агрегатами перекачувальних насосів. На прийомних магістралях насосів ВВП встановлені фільтри грубої очистки (ФГО).

Система включає трубопроводи:

- перекачування ВВП із цистерни запасу у відстійні;
- перекачування з одночасною очисткою МВП із цистерн запасу у витратні;
- перекачування з одночасною сепарацією ВВП із основних цистерн у витратні;
- подачі малов'язкого і високов'язкого палив до ГД та ДГ.

Комплектація системи

Підбір насоса перекачування ВВП.

Продуктивність насоса, м³/год.:

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.04	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$W_{III}^{ВВП} = \frac{24 \cdot g_e^{ГД} \cdot N_e^{ГД}}{\tau \cdot \rho_{ВП}} = \frac{24 \cdot 0,180 \cdot 18200}{1,5 \cdot 950} = 56,5,$$

де $g_e^{ГД} = 180,0$ г/(кВт·год.) – питома витрата ВВП; $N_e^{ГД} = 18640$ кВт – специфікаційна потужність ГД; $\tau = 1,5$ години – термін перекачування добових витрат палива на ГД; $\rho_{ВП} = 950$ кг/м³ – густина ВВП (мазут М40).

Напір насосу можна прийняти в межах 0,25...0,5 МПа. Потужність електродвигуна, кВт:

$$N = \frac{W_{III}^{ВВП} \cdot H \cdot 10^3}{3600\eta} K = \frac{56,5 \cdot 0,4 \cdot 10^3}{3600 \cdot 0,86} 1,1 = 8,0 \text{ кВт},$$

де H – специфікаційний тиск, МПа; η – загальний ККД насоса; K – коефіцієнт запасу потужності.

Приймаємо для установки шестерінчастий насос ЕНІ 6, продуктивністю 60 м³/год, напором 0,4 МПа. Потужність електродвигуна 8 кВт. Для резервування, з урахуванням вимог класифікаційного товариства, приймаємо для установки два насоси даного типу.

Підбір ФГО паливоперекачувального трубопроводу ВВП.

$W_{III}^{ВВП} = 60$ м³/год. – витрати палива через фільтр.

Необхідна тонкість фільтрації – 0,25...1 мм.

Вибираємо фільтр щільовий ФЩ 125/6, тонкість фільтрації 0,5 мм, максимальна пропускна здатність 100 м³/год.

Підбір паливоперекачувального насосу МВП.

Продуктивність насоса, м³/год.: $W_{III}^{МВП} = 0,1 W_{III}^{ВВП} = 0,1 \cdot 60 = 6$ м³/год.

Потужність електродвигуна, кВт:

$$N = \frac{W_{III}^{МВП} \cdot H \cdot 10^3}{3600\eta} K = \frac{6 \cdot 0,4 \cdot 10^3}{3600 \cdot 0,86} 1,4 = 1,3,$$

де H – специфікаційний тиск, МПа; η – загальний ККД насоса; K – коефіцієнт запасу потужності.

Напір насоса достатній в межах 0,25...0,5 МПа. Приймаємо для установки насос ШФ 6-32-6 продуктивністю 6 м³/год., напором 0,4 МПа. Потужність

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.04	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

електродвигуна 2 кВт. З урахуванням резервування вибираємо для установки два насоси.

Підбір ФГО на паливоперекачальному трубопроводі МВП.

Витрати палива через фільтр $W_{\text{ПП}}^{\text{МВП}} = 6 \text{ м}^3/\text{год}$. Приймаємо для установки фільтр щільовий 2ФЩ 32/40; тонкість фільтрації 0,4 мм; максимальна пропускна здатність 6,0 м³/год.

Підбір сепаратора МВП.

Витрати палива через сепаратор приймаємо рівними продуктивності паливоперекачувального насоса МВП.

Приймаємо відцентровий, самоочисний сепаратор фірми «Альфа-Лаваль», продуктивністю $W = 6,0 \text{ м}^3/\text{год}$.

Підбір сепаратора ВВП.

Необхідна продуктивність сепаратора, м³/год.: $W = \frac{V_{\text{добу}}^{\text{ЕУ}}}{i \cdot \tau \cdot \rho_{\text{ВП}}}$,

де $V_{\text{добу}}^{\text{ЕУ}}$ – добові витрати палива ЕУ на ходовому режимі; i – кількість одночасно працюючих сепараторів; τ – час, сепарації добових витрат палива ЕУ, приймаємо $\tau = 10$ годин, $\rho_{\text{ВП}}$ – густина ВВП, $\rho_{\text{ВП}} = 950 \text{ кг/м}^3$.

$$W = \frac{24 \cdot g_e^{\text{ГД}} \cdot N_e^{\text{ГД}} + 24 \cdot g_e^{\text{ГД}} \cdot N_e^{\text{ГД}}}{i \cdot \tau \cdot \rho_{\text{ВП}}} = \frac{24 \cdot 0,180 \cdot 18200 + 24 \cdot 2 \cdot 0,202 \cdot 1020}{2 \cdot 10 \cdot 950} = 4,76.$$

Вибираємо сепаратор фірми «Альфа-Лаваль», продуктивністю 5,1 м³/год.

Підбір паливопідкачувального насоса сепаратора МВП.

Продуктивність насоса повинна відповідати продуктивності сепаратора $W = 6,0 \text{ м}^3/\text{год}$.

$$\text{Потужність електродвигуна } N = \frac{W_{\text{ПП}}^{\text{ВВП}} \cdot H \cdot 10^3}{3600 \eta} K = \frac{6 \cdot 0,4 \cdot 10^3}{3600 \cdot 0,80} 1,4 = 1,3 \text{ кВт},$$

де H – специфікаційний тиск, МПа; η – загальний ККД насоса; K – коефіцієнт запасу потужності.

Напір насоса $H = 0,25 \dots 0,5$ МПа. Приймаємо шестерінчастий насос

					КР.135.6214М.01.04.ПЗ.04	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ШФ5-25-6/4Б, $W = 6 \text{ м}^3/\text{год}$, $H = 0,4 \text{ МПа}$, потужністю 2 кВт.

Підбір паливонідкачувального насоса сепаратора ВВП.

Продуктивність насоса повинна відповідати продуктивності сепаратора $W=5,1 \text{ м}^3/\text{год}$.

$$\text{Потужність електродвигуна } N = \frac{W_{\text{ВВП}} \cdot H \cdot 10^3}{3600\eta} K = \frac{6 \cdot 0,4 \cdot 10^3}{3600 \cdot 0,90} 2 = 1,55 \text{ кВт},$$

де H – специфікаційний тиск, МПа; η – загальний ККД насоса.

Напір насоса $H = 0,25 \dots 0,5 \text{ МПа}$. Приймаємо шестерінчастий насос ШФ5-256/4Б, $W = 6 \text{ м}^3/\text{год}$, $H = 0,4 \text{ МПа}$, потужністю 2,2 кВт. З урахуванням резервування вибираємо для установки два насоси.

Підбір ФГО трубопроводу сепарації ВВП.

Приймаємо фільтр щільовий 1ФЩ 32/40, тонкість фільтрації 0,25 мм, $W_{\text{max}} = 6,0 \text{ м}^3/\text{год}$.

Підбір паливонігрівача трубопроводу сепарації ВВП, кВт:

$$Q = W^{\text{ВВП}} \cdot \rho^{\text{ВВП}} \cdot C^{\text{ВВП}} \cdot (t_2 - t_1) = 5,1 \cdot 950 \cdot 2(95 - 60) / 3600 = 94,2,$$

де $W^{\text{ВВП}}$ – витрати ВВП через сепаратор; $\rho^{\text{ВВП}} = 950 \text{ кг/м}^3$ – густина мазуту М40; $C^{\text{ВВП}}$ – теплоємність ВВП; t_2 – температура палива для сепарації; t_1 – температура палива у відстійній цистерні.

Температурний напір в підігрівачі:

$$\Delta t = t_s - \frac{t_1 + t_2}{2} = 150 - \frac{95 + 60}{2} = 72,5, ^\circ\text{C}$$

де $t_s = 150^\circ\text{C}$ – температура насиченої пари при тиску 0,7 МПа.

Поверхня нагріву підігрівача, м^2 :

$$F = \frac{Q \cdot \kappa_1}{K \cdot \Delta t} = \frac{94,2 \cdot 1,15}{0,139 \cdot 72,5} = 10,75,$$

де κ_1 – коефіцієнт запасу гріючої поверхні; $K = 0,139 \text{ кВт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$ – коефіцієнт теплопередачі від пари до палива.

Приймаємо кожухотрубний паровий підігрівач палива, з поверхнею нагріву 11 м^2 .

Підбір паливонідкачувального насоса ГД.

					КР.135.6214М.01.04.ПЗ.04	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Продуктивність, м³/год., насоса

$$W_{\text{ЛН}}^{\text{ГД}} = \frac{K \cdot g_e^{\text{ГД}} \cdot N_e^{\text{ГД}}}{\rho_{\text{ВП}}} = \frac{2 \cdot 0,180 \cdot 18200}{950} = 7,06,$$

де $K = 2$ – коефіцієнт запасу продуктивності.

Потужність електродвигуна

$$N = \frac{W_{\text{ПП}}^{\text{ВВП}} \cdot H \cdot 10^3}{3600 \eta} K = \frac{7,5 \cdot 0,4 \cdot 10^3}{3600 \cdot 0,77} 1,4 = 1,52 \text{ кВт},$$

де H – специфікаційний тиск, МПа; η – загальний ККД насоса.

Приймаємо шестерінчастий насос ШФ 5-32-7,5/4Б-2, продуктивністю 7,5 м³/год, $H = 0,4$ МПа, потужністю 2 кВт. З урахуванням резервування вибираємо для установки два насоси.

Підбір ФГО трубопроводу подачі палива на ГД.

Приймаємо фільтр щільовий 1ФЩ 32/40, тонкість фільтрації 0,25 мм, $W_{\text{max}} = 7,5$ м³/год.

Розрахунок та підбір паливопідігрівача витратного трубопроводу ГД

Кількість теплоти, яку необхідно підвести до палива, кВт:

$$Q = W^{\text{ГД}} \cdot C^{\text{ВВП}} \cdot (t_1 - t_2) = \frac{0,180 \cdot 18200 \cdot (130 - 70)}{3600} = 55,9,$$

де t_2 – температура палива в витратній цистерні; $t_1 = 130^\circ\text{C}$ – температура палива, що забезпечує його в'язкість 1,7...2,5 ВУ, необхідну для якісного розпилення в циліндрах.

Температурний напір в підігрівачі:

$$\Delta t = t_s - \frac{t_1 + t_2}{2} = 150 - \frac{130 + 70}{2} = 50^\circ\text{C}.$$

$$\text{Поверхня нагріву підігрівача: } F = \frac{Q \cdot K_1}{K \cdot \Delta t} = \frac{55,9 \cdot 1,15}{0,139 \cdot 50} = 9,2 \text{ м}^2,$$

де $K = 1,15$ коефіцієнт запасу.

Приймаємо кожухотрубний підігрівач палива, з поверхнею нагріву 10 м².

Підбір ФТО витратного трубопроводу ГД.

Вибираємо ФТО ФМК 2/1, тонкість фільтрації 30...45 мкм. Максимальна пропускна здатність 7,5 м³/год.

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.04	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Система змащення слугує для змащення і відводу тепла від поверхонь тертя двигунів, механічних передач, дейдвудних, опорних та упорних підшипників валопроводів, охолодження поршнів дизеля, а також для прийому, зберігання, перекачки, очищення та підігріву масла (рис. 2.21). В дизелі до 8...12% теплоти згоряння палива відводиться з циркуляційним маслом.

Циркуляційні масляні системи можна поділити на напірну, гравітаційну та напірно-гравітаційну.

Напірна система змащення передбачає циркуляцію масла під тиском, що створюється головним масляним насосом, по замкнутому контуру: «стічно-циркуляційна цистерна – головний масляний насос – фільтр – охолоджувач масла – споживачі – стічно-циркуляційна цистерна». Тиск масла в системі може складати 0,4...0,5 МПа, а на окремих ділянках і вище, в залежності від типу двигуна. Напірну систему циркуляційного змащення широко використовують в СЕУ. Її використовують в головних та допоміжних двигунах усіх типів.

Системи змащення дизельних двигунів можуть бути з сухим чи мокрим картером. При мокрому картері масло, яке заливається в систему змащення, знаходиться в нижній його частині (піддоні). При сухому картері стікаюче з підшипників масло безперервно вилучається з нього (самопливом чи насосом) і направляється до спеціального збірника масла (циркуляційної цистерни).

Масляна система містить трубопроводи: перекачки масла, сепарації, циркуляційного змащення ГД, циркуляційного змащення ГТН ГД, циркуляційного змащення ДГ (рис. 2.20).

Комплектація мастильної системи

Підбір насоса циркуляційного змащення ГД.

Продуктивність насоса:

$$W_{\text{ц}}^{\text{ГД}} = \frac{K \cdot Q_M^{\text{ГД}} \cdot 3600}{\rho_M \cdot C_M \cdot (t_{M2} - t_{M1})} = \frac{2 \cdot 1305 \cdot 3600}{900 \cdot 2 \cdot (60 - 50)} = 522 \text{ м}^3/\text{год},$$

де $K = 2$ – коефіцієнт запасу продуктивності; $Q_M^{\text{ГД}}$ – кількість теплоти, що відводиться маслом; ρ_M – густина мастила; C_M – теплоємність мастила; t_{M2} –

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.04	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

температура мастила на виході з ГД, приймаємо $t_{M2} = 60^{\circ}\text{C}$; t_{M1} – температура масла на вході в ГД, приймаємо $t_{M1} = 50^{\circ}\text{C}$.

Напір мастила приймаємо в проміжку 0,18...0,4 МПа.

Потужність електродвигуна

$$N = \frac{W_{\text{ц}}^{\text{гп}} \cdot H \cdot 10^3}{3600\eta} K = \frac{530 \cdot 0,4 \cdot 10^3}{3600 \cdot 0,93} 1,3 = 82,3,$$

де H – специфікаційний тиск, МПа; η – загальний ККД насоса; K – коефіцієнт запасу потужності.

Вибираємо гвинтовий насос $W = 530 \text{ м}^3/\text{год}$, $H = 0,4 \text{ МПа}$, потужністю 85 кВт.

З урахуванням резервування вибираємо для установки два насоси.

Підбір ФГО циркуляційного трубопроводу ГД.

Витрати мастила через фільтр $W = 530 \text{ м}^3/\text{год}$. Вибираємо щільовий ФГО з тонкістю фільтрації 0,25 мм, пропускна здатність $550 \text{ м}^3/\text{год}$.

Підбір ФТО циркуляційного трубопроводу ГД.

Витрати мастила через фільтр $W = 530 \text{ м}^3/\text{год}$. Вибираємо ФТО з тонкістю фільтрації 30...45 мкм, пропускна здатність $550 \text{ м}^3/\text{год}$.

Підбір охолоджувача мастила циркуляційного трубопроводу ГД.

Площа поверхні ГД: $F = \frac{Q_{\text{цм}}^{\text{гд}} \cdot K_1}{K \cdot \Delta t}, \text{ м}^2,$

де $K_1 = 1,3$ – коефіцієнт запасу поверхні охолоджувача; $K = 0,292 \text{ кВт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – коефіцієнт теплопередачі; Δt - температурний напір в охолоджувачі мастила:

$$\Delta t = \frac{t_1 + t_2}{2} - \frac{t'_1 + t'_2}{2} = \frac{60 + 50}{2} - \frac{30 + 40}{2} = 20^{\circ}\text{C},$$

де t'_1, t'_2 – температура заборотної води на вході та виході з охолоджувача мастила; t_1, t_2 – температура мастила на вході та виході з ГД.

$$F = \frac{1305 \cdot 1,3}{0,292 \cdot 20} = 58,7 \text{ м}^2.$$

Вибираємо кожухотрубний охолоджувач мастила з поверхнею охолодження 60 м^2 .

					КР.135.6214М.01.04.ПЗ.04	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Підбір насоса перекачування мастила.

$$\text{Продуктивність насоса: } W = \frac{V_{\text{сцц}} \cdot K}{\tau},$$

де $K = 1,1$ – коефіцієнт запасу продуктивності насоса; $V_{\text{сцц}}$ – об'єм масла в СЦЦ.

$$V_{\text{сцц}} = \frac{W_{\text{цм}}^{\text{гд}}}{Z} = \frac{530}{12} = 44,2 \text{ м}^3,$$

де $z=12$ – кратність циркуляції масла; $\tau = 1,0$ – термін перекачування масла, год.

$$W = \frac{44,2 \cdot 1,1}{1} = 48,6 \text{ м}^3/\text{год.}$$

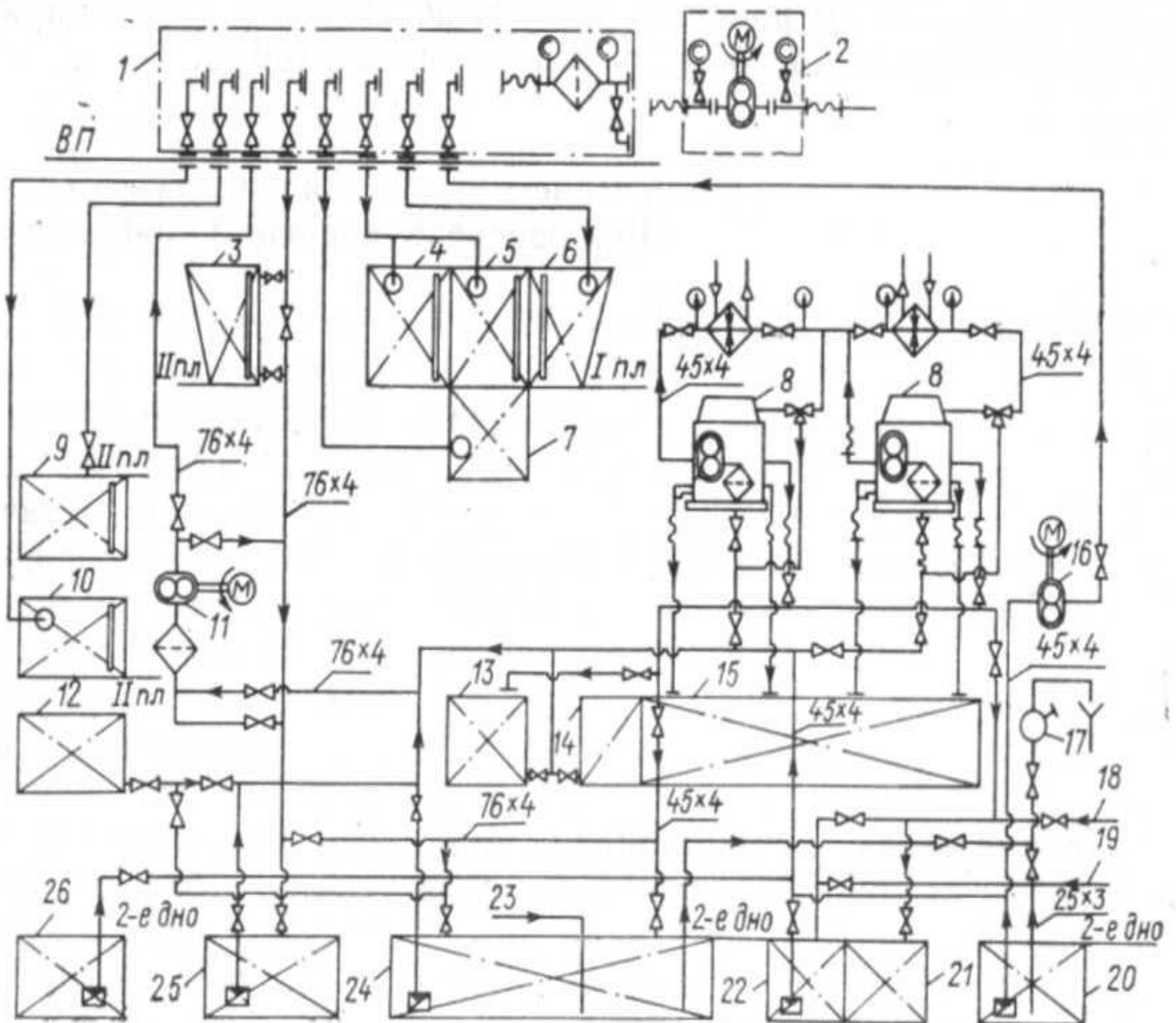


Рис. 2.20. Принципова схема мастильної системи

									Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					

КР.135.6214м.01.04.ПЗ.04

Напір насоса приймаємо в інтервалі 0,15...0,3 МПа.

Потужність електродвигуна:

$$N = \frac{W \cdot H \cdot 10^3}{3600\eta} K = \frac{48,6 \cdot 0,25 \cdot 10^3}{3600 \cdot 0,82} 1,1 = 3,9 \text{ кВт},$$

де H – специфікаційний тиск, МПа; η – загальний ККД насоса; K – коефіцієнт запасу потужності.

Вибираємо шестерінчастий насос $W = 65 \text{ м}^3/\text{год}$, $H = 0,3 \text{ МПа}$, потужністю 4 кВт.

Підбір ФГО трубопроводу перекачування масла.

Витрати масла через фільтр $W = 65 \text{ м}^3/\text{год}$. Вибираємо щільовий фільтр із тонкістю фільтрації 0,5 мкм, $W_{\max} = 100 \text{ м}^3/\text{год}$.

Підбір сепараторів масла.

$$W_c = \frac{V_{\text{сци}}}{\tau} = \frac{53}{3} = 17,7 \text{ м}^3/\text{год},$$

$\tau = 3 \text{ год}$. – термін, за який потрібно сепарувати масло.

Вибираємо сепаратор продуктивністю 20 м³/год. при в'язкості 4...6 °ВУ.

Підбір насоса підкачування масла до сепаратора масла ГД.

Продуктивність насоса повинна відповідати продуктивності сепаратора $W = 20 \text{ м}^3/\text{год}$.

Потужність електродвигуна,

$$N = \frac{W_{\text{III}}^{\text{ВВП}} \cdot H \cdot 10^3}{3600\eta} K = \frac{20 \cdot 0,25 \cdot 10^3}{3600 \cdot 0,77} 1,1 = 1,98 \text{ кВт},$$

де H – специфікаційний тиск, МПа; η – загальний ККД насоса; K – коефіцієнт запасу потужності.

Напір насоса $H = 0,25...0,5 \text{ МПа}$. Приймаємо шестерінчастий насос із $W = 20 \text{ м}^3/\text{год}$, $H = 0,25 \text{ МПа}$, потужністю 2 кВт.

Система охолодження. Згідно вимог Германського Ллойда кожне МВ має не менше двох кінгстонних ящиків циркуляційної або охолоджуючої води, що забезпечують прийом заборотної води в будь-яких умовах експлуатації. Працездатність системи забезпечена при тривалому крені до 15°. В теперішній

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.04	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

час на крупних морських судах, передбачають кінгстонно-розподільчий канал (КРК), в який вода потрапляє з кінгстонних ящиків, а потім через кінгстонні задвижки – в систему охолодження. Відвід води за борт виконується через незворотньо-запірні клапани (інколи через клінкети). Щоб нагріта вода не потрапила в прийомні отвори, відливні та прийомні отвори розносять по довжині судна. Відливні забортні отвори розміщуються на днищі або на борту, як правило, не менше ніж на 300 мм нижче ватерлінії максимальної осадки. В дизельних установках використовуються двоконтурні системи охолодження прісною та забортною водою. Відведення теплоти від вузлів головних та допоміжних двигунів виконується безперервно циркулюючою в системі прісною водою, яка охолоджується забортною водою в водяному холодильнику.

Режим охолодження двигуна визначається різницею температур прісної води на вході в двигун і на виході з нього. Щоб запобігти підвищених термічних напружень у втулці і кришці циліндра та інших деталях двигуна рекомендується такий режим охолодження, при якому вода, що надходить в двигун, має температуру не нижче 55°C, що виключає охолодження двигунів безпосередньо забортною водою через інтенсивне відкладення солей. Режим охолодження двигуна впливає на ефективність його роботи. З підвищенням температури охолоджуючої води індикаторний ККД двигуна падає, що пояснюється зменшенням коефіцієнту наповнення, періоду спалаху та швидкості зростання тиску. Разом з тим, завдяки зниженню в'язкості масла зменшуються втрати на тертя (механічний ККД зростає) та знос деталей двигуна.

Система охолодження складається з наступних головних елементів: насосів прісної та забортної води, фільтрів, розширювальних та стічних цистерн і цистерн для приготування присадок, охолоджувальної прісної води, підігрівачів прісної та забортної води, прийомних та відливних пристроїв, трубопроводів з запірною і регулюючою арматурою та контрольно-вимірювальних приборів.

Система охолодження прісною водою

Підбір насосу охолодження прісною водою ГД.

Продуктивність:

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.04	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$W_{ПВ}^{ГД} = \frac{k \cdot Q_{ПВ}^{ГД} \cdot 3600}{\rho_{ПВ} \cdot C_{П.В.} \cdot (t_2 - t_1)} = \frac{1,5 \cdot 3170 \cdot 3600}{1000 \cdot 4,2 \cdot 10} = 408 \text{ м}^3/\text{год.},$$

де $K = 1,5$ – коефіцієнт запасу продуктивності насоса; $Q_{ПВ}^{ГД} = 3170$ кВт – кількість тепла, що відводиться прісною водою від ГД; $\rho_{ПВ} = 1000$ кг/м³ – густина прісної води; $C_{П.В.} = 4,2$ кДж/(кг·град.) – теплоємність прісної води; $t_2 - t_1 = 10^\circ\text{C}$ – перепад температур в охолоджувачі прісної води.

Потужність електродвигуна:

$$N = \frac{W_{ПВ}^{ГД} \cdot H \cdot 10^3}{3600 \eta} K = \frac{450 \cdot 0,3 \cdot 10^3}{3600 \cdot 0,92} 1,1 = 51,6 \text{ кВт},$$

де H – специфікаційний тиск, МПа; η – загальний ККД насоса; K – коефіцієнт запасу потужності.

Напір насоса приймаємо в межах 0,2...0,4 МПа. Вибираємо відцентровий насос із $W = 450$ м³/год, $H = 0,3$ МПа, потужністю 55 кВт. З урахуванням резервування вибираємо для установки два насоси.

Підбір охолоджувача прісної води системи охолодження.

Площа поверхні охолоджувача, м²:

$$F = \frac{Q_{ПВ}^{ГД} \cdot K_1 \cdot 3600}{K \cdot \Delta t} = \frac{3170 \cdot 1,3}{1,4 \cdot 30} = 98,$$

де $K_1 = 1,3$ – коефіцієнт запасу поверхні охолоджувача; $K = 1,4$ кВт/(м²·К) – коефіцієнт теплопередачі; Δt – температурний напір в охолоджувачі:

$$\Delta t = \frac{t_1 + t_2}{2} - \frac{t'_1 + t'_2}{2} = \frac{60 + 70}{2} - \frac{30 + 40}{2} = 30^\circ\text{C};$$

де t_1, t_2, t'_1, t'_2 – температура забортної і прісної води на вході та виході з охолоджувача.

Вибираємо кожухотрубний охолоджувач прісної води з поверхнею охолодження 100 м².

Система охолодження забортною водою

Підбір насоса охолодження забортною водою ГД.

$$W_{ЗВ} = \frac{k \cdot \Sigma Q \cdot 3600}{\rho_{ЗВ} \cdot C_{З.В.} \cdot (t'_2 - t'_1)}, \text{ м}^3/\text{год.},$$

					КР.135.6214М.01.04.ПЗ.04	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

де $k = 1,3$ – коефіцієнт запасу продуктивності насоса; $\rho_{зв} = 1025 \text{ кг/м}^3$ – густина заборотної води; $C_{з.в.} = 4 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}$ – теплоємність заборотної води; $t'_2 = 40^\circ\text{C}$ – температура заборотної води, що відводиться за борт; $t'_1 = 30^\circ\text{C}$ – температура заборотної води, що йде на охолодження.

$$\Sigma Q = Q_{пв}^{гд} + Q_M^{гд} + Q_{онп}^{гд},$$

$$W_{зв} = \frac{1,3(2720 + 1188 + 5740) \cdot 3600}{1025 \cdot 4 \cdot (50 - 30)} = 550 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Потужність електродвигуна:

$$N = \frac{W_{зв} \cdot H \cdot 10^3}{3600\eta} K = \frac{300 \cdot 0,2 \cdot 10^3}{3600 \cdot 0,8} 1,1 = 23 \text{ кВт},$$

де H – напір, МПа; η – загальний ККД насоса; K – коефіцієнт запасу потужності.

Вибираємо 3 відцентрових насоси (1 резервний) $W = 300 \text{ м}^3/\text{год.}$, $H = 0,2 \text{ МПа}$, потужністю 23 кВт.

Елементи газоповітряних систем. Повітря засмоктується турбокомпресором (9) безпосередньо з машинного відділення через фільтр-глушитель усмоктування. З ТК через нагнітальний патрубок, охолоджувач надувного повітря і ресивер продувочного повітря він надходить до продувних вікон втулок циліндрів. Нагнітальний патрубок між ТК і ОНП обладнано компенсатором.

Двигун оснащується турбокомпресором *MAN B&W*, *ABB* чи *Mitsubishi*, який встановлюється у кормовому кінці двигуна. ТК частково охолоджується прісною водою, обладнано електронним тахометром з датчиками, що знаходиться в ЦПУ. Крім того, є охолоджувач надувного повітря моноблочного типу для звичайного охолодження заборотною водою робочим тиском 2,0...2,5 бар чи для центрального охолодження прісною водою робочим тиском не більше 4,5 бар; перепад температур між; продувочним повітрям і водою на вході не повинний перевищувати 12 °С.

Від випускних клапанів газу направляються у випускний колектор, де вирівнюються пульсації тисків від окремих циліндрів. У ТК газу надходять при постійному тиску. Після ТК вони направляються в газовипускний трубопровід.

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.04	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5. ЗАХОДИ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБЛАДНАННЯ СЕУ

5.1 Розробка системи моніторингу та діагностування технічного стану обладнання СЕУ

Головне призначення сучасного діагностування полягає в безперервному автоматичному контролі технічного стану об'єкта, своєчасному виявленні відхилень контрольованих параметрів від нормативних значень, ідентифікації та локалізації дефектів, виробленні стратегії подальших дій і прогнозуванні ресурсу. Системи автоматичного контролю та діагностування створюються на базі інформаційно-обчислювальних засобів, програмна частина яких спирається на фундаментальні і прикладні математичні методи.

Системи контролю та діагностування дозволяє безперервно стежити за технічним станом валопроводу і давати рекомендації щодо подальшої експлуатації. Зокрема, якщо результати діагностування показують, що об'єкт наближається до аварійної ситуації, то повинно бути прийнято рішення про припинення його експлуатації або про перехід на наділений режим з одночасним вжиттям заходів, що забезпечують безпеку.

Для поліпшення якості діагностики протягом багатьох років розробляються системи моніторингу стану робочих параметрів систем судна. У більшості існуючих систем принцип дії полягає в знятті параметрів з датчиків і відображенні результатів екіпажу і судновласнику (рис. 5.0) [9-10].

Для поліпшення якості діагностики необхідно введення системи моніторингу стану робочих параметрів систем судна. У більшості існуючих систем принцип дії полягає в знятті параметрів з датчиків і відображенні результатів для екіпажу і судновласника.

Система моніторингу валопроводу Wärtsilä Sea-Master.

Система Wärtsilä Sea-Master (рис.3.1-3.3.) дозволяє виявляти довгострокові тенденції та впроваджувати профілактичні заходи передбачування технічного обслуговування обладнання. Через сенсорні та

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.05	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		

цифрові технології система контролює стан валів та підшипників, щоб привернути увагу членів екіпажу до будь-яких механічних несправностей.

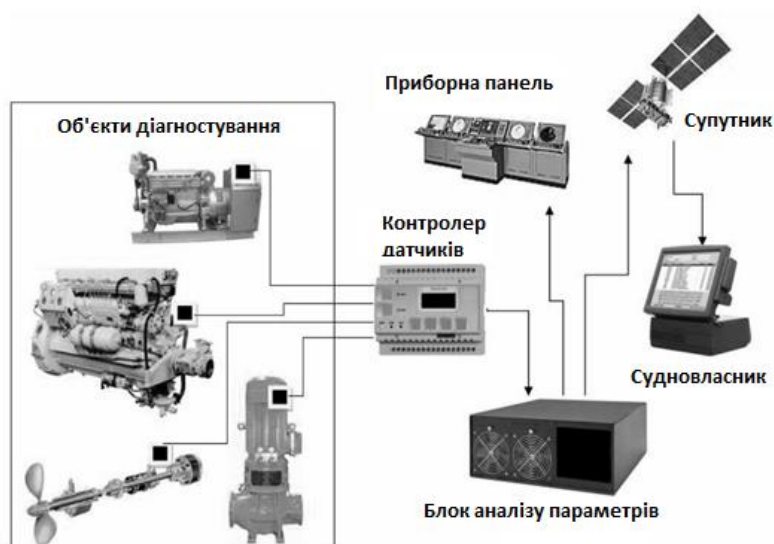


Рис. 5.0. Схема системи діагностики і моніторингу механізмів судна



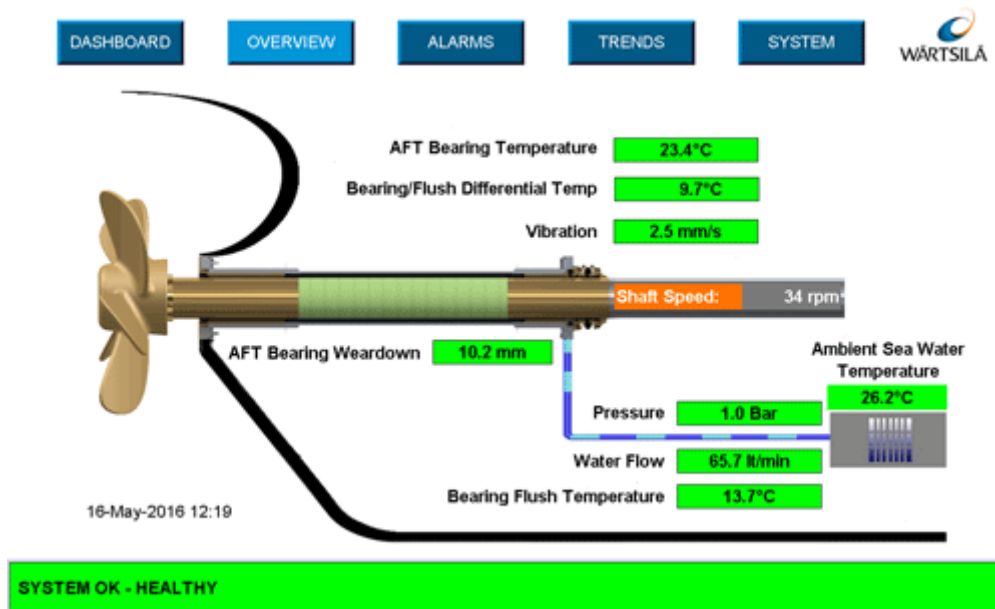
a)



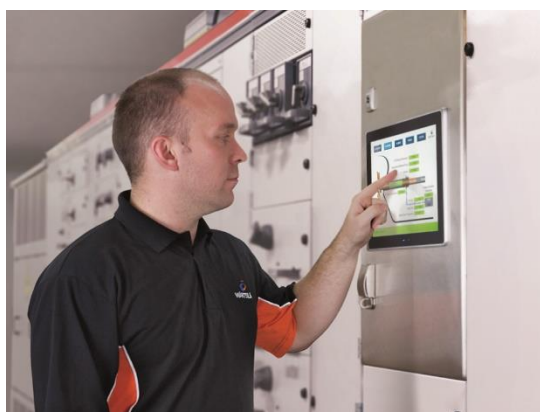
6)

Рис. 5.1 Основні компоненти системи Wärtsilä Sea-Master

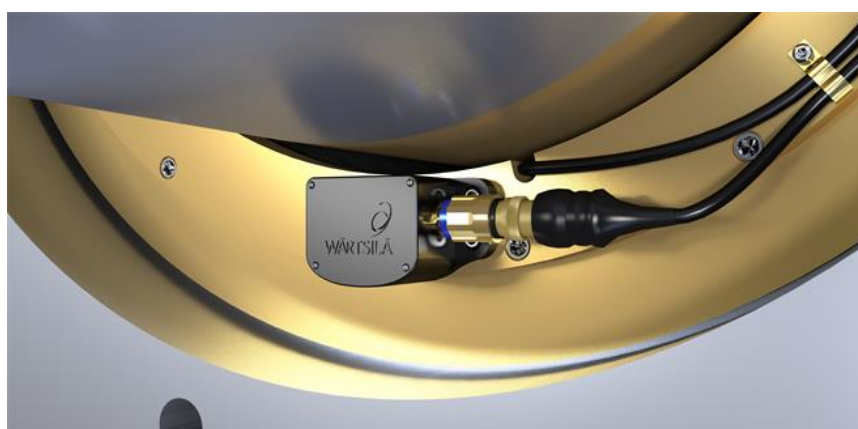
					<i>КР.135.6214м.01.04.ПЗ.05</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		



а)



б)



в)

Рис. 5.2. Контроль параметрів системи Wärtsilä Sea-Master:

а) система контролю; б) загальний вид обладнання в ЦПУ; в) встановлений

					<i>KP.135.6214м.01.04.ПЗ.05</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		

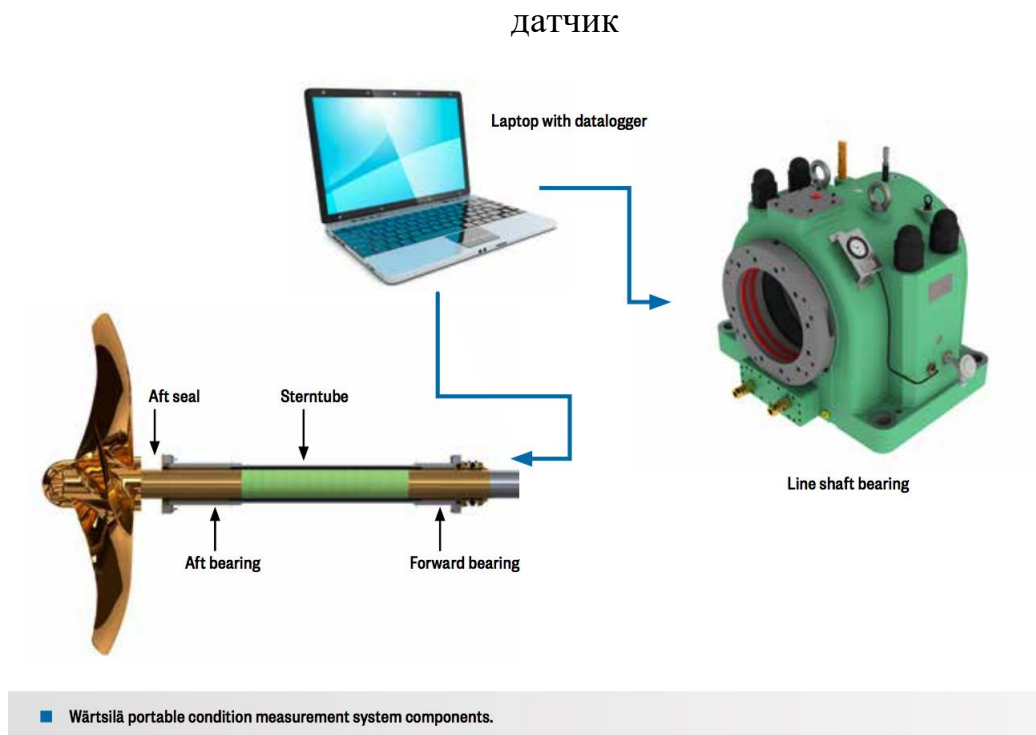


Рис. 5.3. Локальний контроль параметрів в системі Wärtsilä Sea-Master

Для систем з водяним змащенням гребний вал судна, як правило, видаляється в сухому доці та перевіряється класифікаційним товариством кожні п'ять років. Представлення даних в режимі реального часу дозволяє операторам суден надавати достовірну інформацію про стан хвостовика для класифікаторів суспільних інспекторів без необхідності видалення гребного валу.

В загальному випадку планування технічного обслуговування, огляду та капітального ремонту обладнання валопроводу судна встановлюється в основному заздалегідь на основі кількості діючих морських годин. Це відповідає рекомендаціям виробника та існуючим стандартам морської класифікації. Це часто означає, що завдання з обслуговування виконуються, перш ніж вони дійсно необхідні. Це також може означати, що потенційні розбиття і інші пошкодження відбуваються до запланованого періоду обслуговування, що спричиняє дорожнечу та непередбачувані події аварійного характеру для судна.

Однак Wärtsilä Sea-Master система долає ці виклики за допомогою цифрових технологій для контролю стану хвостового валу судна. Зібравши дані в реальному часі від ущільнювачів і підшипників, можна швидко та легко

					<i>KP.135.6214м.01.04.ПЗ.05</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		

отримати доступ до важливої інформації щодо їх експлуатаційного стану. Це дає можливість власникам та операторам суден скоротити витрати та максимізувати доступність судна, оскільки потенційні збої можуть бути виявлені до виникнення аварійних подій. У результаті планування технічного обслуговування може здійснюватися відповідно до реальних потреб обладнання СЕУ, а не заздалегідь встановлених графіків.

Така інноваційна система може бути застосована для відкритих і замкнутих циліндрів з водою і мастилом. Вона використовує цифрові технології в поєднанні з композитними компонентами та існуючими ущільненнями, що дає комбінацію, яка допомагає керувати своїми ресурсами, максимально збільшити час безвідмовної роботи та знизити витрати на життєвий цикл. Wärtsilä Sea-Master також забезпечує раннє попередження для виявлення проблем, що виникають, з системою сигналізації для критичних компонентів, включаючи температуру підшипників та швидкість змащення.

5.2 Розробка технології монтажу комбінованого котла .

Конструктивна характеристика комбінованого котла. На судні встановлено комбінований котел фірми AALBORG виробництва Данії вертикальної конструкції, який складається з двох частин: утилізаційної димотрубною і паливної водотрубною; має наступні характеристики:

Тиск насиченої пари – 7 бар.
 Паропроодуктивність по паливній стороні – 5,0т/год.
 Паропроодуктивність по утилізаційній стороні – 2,0т/год.

Котел обладнаний моноблочним форсуночним пристроєм із системою управління й захисту, іскрогасником за паливною частиною котла, солеміром живильної води, приладом виявлення вмісту нафти в живильній воді.

Котлоагрегат має чотири опори – три рухомі та одну нерухому. Котлоагрегат кріпиться до фундаменту за допомогою перехідних частин, тобто другої половини фундаменту, яку закріплено разом з котлом. Для забезпечення теплового розширення корпусу, рухомі опори мають овальні отвори.

Обґрунтування прийнятого методу монтажу КК. Котел надходить на судно

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.05	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		

максимально обладнаним, монтаж проводиться агрегатним методом. Цей метод дозволяє виконувати установку обладнаного котла в зборі в цеху без необхідності пригоночних операцій на судні.

Наразі судові водотрубні котли кріплять за допомогою перехідних частин фундаменту, перехідних фундаментних рам та монтажних плит. Можливість агрегатного монтажу та трудомісткість кріплення парогенератора залежить від конструкції опор.

Найменш технологічно використання монтажних плит, які приганяють по місцю між опорами та судовим фундаментом. В цьому випадку парогенератор неодноразово переміщують для розмітки та свердління отворів у фундаменті. Цей метод монтажу слід використовувати як виняток.

Кріплення котла за допомогою перехідної фундаментної рами більш технологічне, так як вона забезпечує геометричну незмінність котлоагрегату при транспортуванні та переміщенні домкратами на судні. Перехідну фундаментну раму кріплять до фундаменту болтами або за допомогою електрозварювання перехідних частин. При цьому методі монтажу маса котлоагрегату збільшується та потребує додаткової відстані по висоті для розміщення перехідної фундаментної рами.

Метод перехідних частин фундаменту передбачає замість монтажних плит використання зварної перехідної частини, яка має технологічний припуск, який видаляють на судні газовим різакон, який встановлюють на спеціальному копірувальному пристрої. З'єднання перехідних частин з котельними опорами здійснюється в процесі зборки котлоагрегату в цеху.

Виходячи з вище вказаного найбільш доцільно використання метода з використанням перехідних частин фундаменту, тому що він найбільш технологічний.

Інструмент, пристосування, обладнання та прибори. Для здійснення монтажу котлоагрегату використовують :

— *інструменти*: ключ з регульованим обертаючим моментом для перевірки кріплення котла до перехідної частини фундаменту, пневматичний шабер,

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.05	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		

гайкові ключі, струни, щупи;

– *пристосування*: домкрат гідравлічний для підняття механізму над фундаментом при базуванні, прилади для завантаження котла на судно, кісті, змазка, шабер, дрантя, дерев'яні прокладки, кран, рулетка, талрепи тощо;

– *обладнання*: пневматична шліфувальна машина, кран 10 т, газові різакі, електрозварювальний апарат;

– *прибори*: струна з натяжним приладом, рулетка, шланговий рівень.

Приклади застосування обладнання.

У процесі виконання судномонтажних робіт застосовуються гідравлічні домкрати вантажопідйомністю до 100 кН (рис. 5.4). На підставці 1 закріплений циліндр 2 і корпус резервуара 3. У циліндрі поміщений поршень 4 із гвинтом 5, за допомогою якого домкрат встановлюється на необхідну висоту до початку роботи. Підйом поршня здійснюється під тиском масла, що нагнітається в порожнину циліндра, з порожнини резервуара ручним плунжерним насосом 6, змонтованому в підставці домкрата. За один подвійний хід плунжерного насоса поршень піднімається на 1,8 мм. Опускання поршня здійснюється при відкритті голчастого клапана 7, що перепускає масло з циліндра в резервуар.

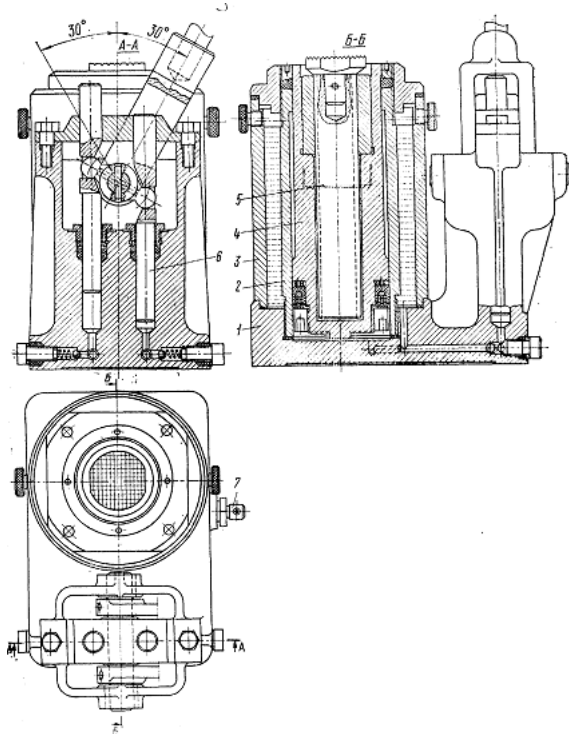


Рис. 5.4. Гідравлічний домкрат вантажопідйомністю до 100 кН

Технічні характеристики домкрата

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.05	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		

Вантажопідйомність, кН	– 100
Максимальний підйом гвинта, мм	– 245
Висота підйому за один подвійний хід рукоятки, мм	– 1,8
Зусилля на рукоятці, Н	– 130
Обсяг робочої рідини, см ³	– 600
Габарити, мм	– 170x265x255
Маса, кг	– 38,2

Пневматична турбінка ТПМ-1 (рис. 5.5) призначена для таких робіт, як зняття невеликих припусків у важкодоступних місцях поверхонь деталей, припасування прокладок при монтажі механізмів тощо Корпус турбіни виготовлений з дюралюмінієвого сплаву (Д16Т) і поділяється на дві частини, з'єднання різьбове. З торцевої частини корпусу монтується пусковий пристрій, що складається з клапана 11 і фільтра 10, соплового диска 9, шпинделя 3 і закріпленого на ньому гвинта 7 ротора 8. Шпиндель 3 обертається в двох опорних шарикопідшипниках 4. На шпиндель нагвинчується конусна гайка 1, що, стискаючи цангу 2, закріплює робочий інструмент (шарошки, абразивні круги і т.п.). Випускні отвори для повітря, що відробило, знаходяться в середній частині корпусу.

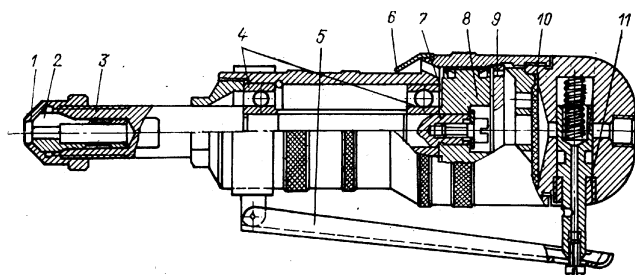


Рис. 5.5 Пневматична малогабаритна турбінка ТПМ-1

Ці отвори прикриваються кільцем — глушителем 6 коритоподібної форми для відводу повітря у визначеному напрямку і запобігання отворів від перекривання рукою працюючого в процесі роботи.

Для збільшення ККД турбіни отвори в диску розташовані під оптимальним кутом до площини диска. Шпиндель турбіни починає обертатися після натискання пускової кнопки важелем 5. У цей час повітря з повітропроводу надходить через фільтр до соплового диска, звідкіля по отворах у на лопатці ротора. Лопатки ротора мають профіль турбінних лопаток і

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.05	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		

розташовані по спіралі. Таке розташування лопаток дозволяє використовувати як активну дію струменів стиснутого повітря, так і реакцію повітря. Малий габарит, невелика маса, можливість працювати на великих частотах і застосовувати пневматичну турбінку у важкодоступних місцях дозволяють широко використовувати її при виконанні слюсарно-монтажних робіт на судах.

Технічні характеристики турбінки

Кількість лопаток ротора	– 28
Тиск робочого повітря, МПа	– 0,3...0,5
Частота обертання ротора (шпинделя), хв. ⁻¹	– 50000...60000
Габарити, мм	– 173x45x350

Технічні вимоги, до монтажу комбінованого котла.

Вимоги до котельних фундаментів. При встановленні котла на перехідних частинах обробку фундаменту не виконують. На фундаменті повинні бути нанесені осьові риски. До завантаження котла виконують перевірку положення фундаменту. Перевірка фундаменту передбачає:

- перевірку правильності розташування центрових ліній фундаменту;
- перевірка паралельності ліній фундаменту відносно один одного.

Вимоги до завантаження механізмів на судно

Представник технічного контролю повинен перевірити наявність технічної документації зовнішньої прийомки (паспорт, формуляр), що підтверджує відповідність вимогам ТУ на поставки механізму. Для механізмів з гідравлічним приводом необхідно перевірити термін придатності гумово-технічних виробів.

Механізми, що надходять на монтаж, не повинні мати зовнішніх ушкоджень. Зовнішні приєднання механізмів повинні бути закупорені й упаковані відповідно до ОСТ 5.9527-81.

Арматура і прилади, що заважають завантаженню механізму чи можуть бути ушкоджені, повинні бути зняті, замаркіровані з указівкою судна і механізму і здані на склад, а отвори заглушені в присутності представника технічного контролю.

Завантаження механізмів варто робити на підготовлені і пофарбовані фундаменти.

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.05	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		

Вимоги до вузлів кріплення механізмів

Спосіб кріплення механізму рекомендується вибирати у відповідності з довідниковими даними з урахуванням норм і вимог до ударостійкості і віброізоляції.

Закріплення механізму на фундаменті повинне бути виконане відповідно до вимог робочих креслень і дійсного підрозділу. Кріпильні болти варто заводити з боку фундаменту. В окремих випадках допускається встановлювати їх з боку лапи чи рами механізму. Кріпильні деталі повинні вільно проходити через отвори в опорних лапах механізму і полках фундаменту.

Техніка безпеки при монтажі КК.

Перед початком робіт весь персонал, задіяний на монтажних роботах, повинний пройти інструктаж.

Перед початком монтажу горловини, шахти, люки і вирізи в палубі і корпусі чи відгородити закрити тимчасовими кришками. Робота з пневматичним інструментом дозволяється тільки в захисних окулярах при надійному закріпленні деталі. При роботі необхідно користатися тільки справними пристосуваннями й інструментами. Забороняється переносити і піднімати грузи вагою, що перевищує 50 кг для чоловіків і 20 кг для жінок і підлітків 16...18 років.

Для освітлення робочого місця на суднах користатися переносною електричною лампою з напругою не вище 12 В.

Забороняється застосовувати на судах переносної ручний електроінструмент, що працює під напругою понад 36 В. усі металеві частини електроустановок, що звичайно не знаходяться під напругою, повинні бути надійно заземлені. При свердлильних роботах необхідно користатися спеціальними захисними окулярами. Не можна працювати наждаковими кругами без захисту обличчя.

Особи які не досягли 18-літнього віку до роботи з пневматичним інструментом не допускаються.

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.05	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		

Піднімальні стріли і засоби, застосовувані при монтажних роботах, повинні мати клеймо, що вказує на їхню придатність до роботи.

Місця для зборки і монтажу суднових механізмів повинні мати міцні настили і надійно укріплені сходи.

На ділянці консервації і фарбування повинна бути проточно-витяжна вентиляція.

Розрахунок нерухомості змонтованого КК.

При закріпленні механізму в судновому фундаменті необхідно забезпечити його нерухомість від дії експлуатаційних навантажень.

Зусилля від динамічних навантажень при аварійних ситуаціях:

$$P_1 = k \cdot m \cdot g = 1,6 \cdot 9350 \cdot 9,81 = 146760 \text{ Н},$$

де, k – коефіцієнт перевантаження, $k = 1,6$; m – маса механізму, $m = 9350$ кг (із урахуванням котлової води).

Навантаження від крену судна:

$$P_2 = m \cdot \cos 45^\circ \cdot g = 9350 \cdot 0,707 \cdot 9,81 = 64850 \text{ Н}.$$

Інерційне зусилля, що виникає при хитавиці і діє в порожнині кріплення:

$$P_3 = \frac{4m}{T^2} (0,008l + 1,75) \cdot g = \frac{4 \cdot 9350}{16^2} (0,008 \cdot 380 + 1,75) \cdot 9,81 = 6870 \text{ Н},$$

де $T = 16$ с – період хитавиці судна; l – відстань від центра ваги механізму до центра ваги судна, $l = 380$ см;

Рівнодіюча всіх сил, що зрушує механізм:

$$\Sigma P_{\text{сум}} = \sqrt{P_1^2 + (P_2 + P_3)^2} = \sqrt{146758^2 + (64849 + 6865)^2} = 163340 \text{ Н}.$$

Сумарне експлуатаційне навантаження не повинне зрушувати механізм – цьому навантаженню перешкоджає сила тертя від затягування болтів:

$$R_{\text{тр}} = V_{\text{зат}} \cdot \mu \cdot Z + \mu \cdot mg,$$

де, $V_{\text{зат}}$ – зусилля від затягування болта; $\mu = 0,3$ – коефіцієнт тертя; $Z=16$ – кількість болтів.

Зусилля затягування болта, виготовленого зі сталі Ст.45

$$V_{\text{зат}} = 0,8 \cdot \sigma_T \cdot F_\phi = 0,8 \cdot 360 \cdot 415 = 119520 \text{ Н};$$

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.05	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		

де $F_6 = \frac{\pi \cdot 23^2}{4} = 415 \text{ мм}^2$ – площа болта; $d = 23 \text{ мм}$ – по внутрішньому діаметру різьби; $\sigma_T = 360 \text{ МПа}$ – границя текучості;

Сила тертя від затягування болтів:

$$R_{TP} = (119520 \cdot 16 + 91724)0,3 = 601213 \text{ Н.}$$

Для забезпечення нерухомості КК, необхідно, щоб виконувалася умова

$$R_{TP} \geq 2 \cdot \sum P_{CYM}, \text{ тобто } 601213 > 326686.$$

Сила тертя більше, ніж сумарне експлуатаційне навантаження. Виходить, надійне кріплення механізму при експлуатації судна забезпечено.

Крім перевірки виконання умови нерухомості необхідно визначити питомий тиск $[P]$ на клини та порівняти його з припустимим $[P_{\text{доп}}]$.

Задаємось формою клина та підбираємо його площину S , мм^2 :

$$S = ab - \frac{4\pi d^2}{2} = 250 \cdot 220 - \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 27^2}{2} = 50422.$$

Визначаємо питомий тиск на клини, при цьому поверхня клина не повинна виступати за опорні поверхні механізму та фундаменту

$$[P] = \frac{V_{3AT}}{S} + \frac{mg}{Sn} = \frac{119520}{50422} + \frac{9350 \cdot 9,81}{50422 \cdot 4} = 2,8 \text{ МПа},$$

де $n = 4$ – кількість прокладок.

Згідно з Правилами Германського Ллойду, припускаємо що сумарне питоме навантаження на прокладки від ваги механізму та затягування болтів повинне бути

$$[P] < 5 [P_{\text{доп}}],$$

де $[P_{\text{доп}}] = 160/200 = 0,8 \text{ МПа}$, $\sigma_{\text{тр}} = 160 \text{ МПа}$ для Ст.12.

$$2,8 < 4,0.$$

Умова виконується, тому що припустимий тиск на прокладки більше ніж питомий тиск.

Операційна карта монтажу комбінованого котла

№	Зміст операції	Інструмент та пристосування	Робоча сила	
			Склад бригади	Норма часу
1	2	3	4	5
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата

КР.135.6214м.01.04.ПЗ.05

Арк.

№ 1	Зміст операції 2	Інструмент та пристосування 3	Робоча сила	
			Склад бригади 4	Норма часу 5
I. Підготовка суднового фундаменту				
05	Перевірка положення фундаменту	Струна, рулетка L = 10 м	1/5, 1/3	0,2
010	Очистити фундамент від окалини та іржі	Пневматична шліфувальна машинка, лінійка	1/2	0,6
015	Законсервувати фундамент під котлоагрегат	Кисть ручна, змазка	1/2	0,1
II. Завантаження котлоагрегату				
020	Встановити завантажувальні пристосування	Завантажувальні пристосування, траверси, талі	1/3	0,75
025	Зняти деталі, арматуру, встановити дерев`яні бруски	Гайкові ключі	1/3	0,75
030	Розконсервувати опорні поверхні перехідних частин та фундаменту	Шабер, дрантя	1/3	0,1
035	Завантаження та переміщення котлоагрегату	Кран в/п 10 т, Дерев`яні кліті	1/5	2,35
040	Зняти навантажувальні пристосування та здати їх на зберігання	Гайкові ключі	1/4	0,75
045	Установити деталі і арматуру, зняті при навантаженні	Гайкові ключі	1/3	0,75
III. Базування котлоагрегату				
050	Встановити розпірні домкрати	Розпірні домкрати	1/3	0,6
055	Встановити котел відповідно з координатами креслення	Шланговий рівень, струна, рулетка стальна, талрепи, домкрати	1/5, 1/3	2,16
060	Перевірити крен та диферент котла	Струна, шланговий рівень	1/4, 1/3	0,75
IV. Кріплення котла на судновому фундаменті				
065	Виконати розмітку для обрізання при пуску перехідної частини	Лінійка, щуп, рулетка	1/4	1,6
070	Підрізати припуск перехідної частини фундаменту	Копіювальний пристрій, газовий різак	1/3	1,5
075	Зачистити кромки перехідної частини фундаменту	Пневматична наждачна машина	1/2	0,3
080	Опустити котел на величину завищення	Домкрати віджимні, пристосування	1/3	0,5
085	Заміряти зазори між фундаментом та перехідною частиною	Набір щупів	1/3	0,75
090	Зробити електроприхватку,	Електрозварю-вальний	1/4	1,8
				Арк.
КР.135.6214м.01.04.ПЗ.05				
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата

№ 1	Зміст операції 2	Інструмент та пристосування 3	Робоча сила	
			Склад бригади 4	Норма часу 5
	видалити тимчасові прокладки	апарат		
095	Приварити перехідну частину до фундаменту	Електрозварю-вальний апарат	1/4	1,1
100	Видалити розпірні домкрати та прокладки	Гайкові ключі, домкрати	1/3	0,55
105	Перевіряти теплові зазори в рухомих опорах та прилягання опор котла до опорних поверхонь	Набір щупів, гайкові ключі	1/3	0,6
V. Технічний контроль				
110	Перевірити якість монтажу		1/5	0,15
115	Здати монтаж представнику Класифікаційного товариства		1/5	0,15
120	Пофарбувати зварні шви		1/3	0,1

					<i>КР.135.6214м.01.04.ПЗ.05</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		

**РОЗДІЛ 6. УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ СЕУ В СУДНОПЛАВНІЙ
КОМПАНІЇ**

					КР.135.6214М.01.04.П306	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

6.1. Актуальність та сучасність дослідження

Міжнародний кодекс з управління безпечною експлуатацією суден і запобігання забрудненню (МКУБ, або ISM Code) є одним з найбільш важливих нормативних документів щодо забезпечення безпеки мореплавства, прийнятих ІМО. Кодекс вступив в силу з 1 липня 1998 року для всіх пасажирських суден, нафтових танкерів, газозовів, танкерів-хімовозів, балкерів і вантажних високошвидкісних суден (понад 500 grt).

В останні десятиліття XX століття серйозну тривогу морської громадськості викликали численні аварії балкерів, що супроводжуються людськими жертвами. Так, за даними Британського реєстра Ллойда за період 1960-1996 рр. на судах цього типу сталося 1079 великих аварій, загинуло 273 балкери різних розмірів. Щорічно світовий флот втрачає 12-15 суден цього типу, жертвами моря стають десятки моряків.

Основною причиною створених обставин є «людський фактор», який недостатньо досліджений і знаходиться на стадії розвитку. Це, по-перше, стосується адекватних дій операторів складних систем під час знаходження у неадекватних (надзвичайних та аварійних) умовах експлуатації судна і енергетичного обладнання.

Особлива увага приділяється підвищенню безпеки експлуатації суден методами управління подіями під час передрейсової підготовки екіпажів суден у кріюінгових і судоходних компаніях. Такі дослідження дозволяють отримати методики та обґрунтовані рекомендації з безпечної експлуатації суден, розробити відповідні керівництва, інструкції, паспорти, чек-листи з підготовки й оцінки компетентності членів екіпажів, які керують експлуатацією, тим самим знизити рівень аварійності.

					КР.135.6214м.01.04.П306	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 6.0 Складові дослідження «Проблемні питання управління безпекою СЕУ в судноплавній компанії»

Складова задачі	Короткий опис
Актуальність теми	Особлива увага приділяється підвищенню безпеки експлуатації суден і ЕУ методами управління подіями під час передрейсової підготовки екіпажів суден у кріюінгових і судноходних компаніях. Такі дослідження дозволяють отримати методики та обґрунтовані рекомендації з безпечної експлуатації суден і ЕУ, розробити відповідні керівництва, інструкції, паспорти, чек-листи з підготовки й оцінки компетентності членів екіпажів, які керують експлуатацією, тим самим знизити рівень аварійності.
Мета	Підвищення безпеки експлуатації СЕУ шляхом переходу поточної ситуації від надзвичайної або аварійної до штатної.
Завдання	Міжнародні стандарти з управління безпечною експлуатацією суден і запобіганням забрудненню Поняття аварійності, види аварійних морських подій (АМП) та їх класифікація Система управління безпекою судноплавної компанії Математична модель управління безпекою Аналіз впливу заходів підвищення безпеки СЕУ на економічні показники процесу експлуатації
Об'єкт дослідження	СЕУ, що знаходиться у стані експлуатації
Предмет	Безпечні методи, способи та засоби управління станом судна і ЕУ під час експлуатації
Методи дослідження	Аналіз, узагальнення і оцінювання інформації стосовно питань управління безпекою СЕУ використані методи дедукції для: – здійснення інформаційного пошуку; – визначення причин АМП; – оцінки компетентності операторів СЕУ; – узагальнення систем управління безпекою судна; – розробка математичної моделі розрахунку економічного ефекту
Практичне значення одержаних результатів	Практичне значення отриманих результатів полягає у розширенні евристичної – (в яких людина не може дати точний алгоритм вирішення з допомогою технічних засобів) складової механізму забезпечення безпеки експлуатації судна у надзвичайних ситуаціях
Апробація результатів дослідження	Результати досліджень магістерської роботи представлені і опубліковані у вигляді доповіді на науковій конференції «СТАН ТА ПРОБЛЕМИ ДВИГУНОБУДУВАННЯ 2024» (м. Миколаїв, грудень 2024).

6.2 Міжнародні стандарти з управління безпечною експлуатацією

В результаті виконаних досліджень, експертиз, аналізу аварій ІМО розробила додаткові вимоги до підвищення безпеки суден, які включають в себе:

- розширені огляди перевірок за розширеною програмою відповідно до Резолюції А.744 (18);
- присвоєння кожному судну ідентифікаційного (розпізнавального) номера ІМО.

Цей номер буде присвоюватися судну, з моменту спорудження і не буде змінюватися, незалежно від зміни назви або прапора. Ідентифікаційний номер діючих судів збігається з номером Регістру Ллойда, його можна дізнатися, надіславши запит класифікаційне товариство, під наглядом якого знаходиться судно. Правило вступило в силу з 1 січня 1996 роки;

Як мінімум, при контролі судна повинно бути перевірено відповідність таких документів:

Міжнародної конвенції про вантажну марку 1966 року і Протоколу 1988 року, СОЛАС-74, МАРПОЛ-73/78, ПДМНВ-78/95, МППСС-72, журналу нафтових операцій, свідченням про мінімальний склад екіпажу. Перевіряються також свідоцтво про безпеку по конструкції, обладнання та постачання, вантажна книга, сертифікати компетенції екіпажу (робочі дипломи, свідоцтва). Інспектування складається з перевірки відповідних документів, сертифікатів і огляду судна, перевірки умов життя і роботи екіпажу.

Цілі Кодексу МКУБ полягають у забезпеченні безпеки на морі, запобігання нещасним випадків або загибелі людей і уникнення шкоди навколишньому середовищу, зокрема морському середовищі і майну.

Вимоги МКУБ можна згрупувати в чотири основні категорії, на яких Кодекс фокусує особливу увагу.

Управління (Management):

					КР.135.6214М.01.04.П306	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- розробка і забезпечення політики судноплавної компанії щодо безпечної експлуатації суден і запобігання забрудненню;
- документально оформлені повноваження і відповідальність кожного члена екіпажу щодо забезпечення політики компанії;
- розробка, поширення та періодичний перегляд документації СУБ (посібників, процедур, планів і інструкцій), до якої повинен бути забезпечений доступ всього персоналу;
- періодична оцінка ефективності дії впровадженої СУБ з боку для виявлення потенційних і реальних ризиків, невідповідностей, проведення систематичних внутрішніх перевірок СУБ і інспекцій судів і обладнання на плановій основі, розробки та виконання коригувальних і запобіжних дій з метою забезпечення необхідного рівня безпеки на судах;
- моніторинг виконуваних заходів в частині безпечної експлуатації суден і попередження забруднення для забезпечення вдосконалення СУБ на основі отриманого практичного досвіду.

Персонал (Personnel):

- рівень кваліфікації екіпажів суден, який стає визначальним фактором в умовах роботи скороченим складом екіпажів і використання складних технічних систем;
- забезпечення надійної зовнішньої та внутрішньої зв'язку між усіма структурними елементами на судах і в берегових підрозділах компанії на робочій мові, зрозумілою кожному її співробітнику і члену екіпажу для контролю безперервності процесу забезпечення безпечної експлуатації суден і запобігання забрудненню, а також уникнення фатальних збоїв у функціонуванні СУБ;
- надання всієї необхідної інформації кожному члену екіпажу в частині виконання ними своїх обов'язків, судових робіт, розпоряджень капітанів і берегового керівництва Компанії, а також необхідних дій для забезпечення безпечних умов праці;

					КР.135.6214М.01.04.П306	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- навчання екіпажів суден і берегового персоналу компанії для запобігання можливих помилок і виникнення невідповідностей, які можуть привести до фатальних наслідків, а також проведення на плановій основі систематичних навчань і тренувань з відпрацювання дій в аварійних ситуаціях;

- мотивація всього суднового та берегового персоналу компанії.

Судна та обладнання (Ships & Equipment):

- розробка і забезпечення програми планово-попереджувального технічного обслуговування для зниження ризику виникнення аварійних і небезпечних ситуацій, відмов обладнання, нещасних випадків і травматизму, а також для забезпечення можливості постійного моніторингу робочого середовища;

- ідентифікація і систематичне інспектування на плановій основі всього обладнання та суднових систем, особливо визначених як критичний обладнання і системи, для забезпечення безпечної та ефективної експлуатації суден і запобігання забруднення;

- необхідні планомірна перевірка і управління приладами і матеріалами, які передають інформацію про операційний стані судів і обладнання, включаючи розробку і забезпечення процедур перевірки (калібрування) контрольно-вимірювальних приладів.

Документація (Documentation):

- ідентифікація та розробка суднових операційних процедур і планів дій в аварійних ситуаціях для забезпечення ефективності безпечної експлуатації суден і запобігання забрудненню в контексті Політики і цілей Компанії в зв'язку з цим;

- планомірна систематична відпрацювання всіх елементів розроблених планів дій в аварійних ситуаціях в процесі проведення суднових навчань і тренувань, а також навчань офіс-судно;

					КР.135.6214М.01.04.П306	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- документування та збереження змісту результатів внутрішніх перевірок СУБ,

інспекційних перевірок суден і устаткування, звітів про виявлені невідповідності, мали місце аварійних і небезпечних ситуаціях відповідно до вимог МКУБ і інших міжнародних і національних галузевих нормативних документів;

- документування аналізу виявлених невідповідностей, запропонованих коригувальних і запобіжних дій і їх виконання, аналізу ефективності СУБ з боку керівництва Компанії, а також забезпечення вдосконалення СУБ.

6.3 Поняття аварійності, види аварійних морських подій (АМП) та їх класифікація

Безпека є основним показником, необхідним для всіх видів транспорту. Особливого значення вона набуває в сфері функціонування морського та річкового транспорту. Значні розміри морських суден, зростання швидкостей руху, збільшення інтенсивності руху на водних шляхах, плавання суден в складних метеорологічних умовах та інші причини роблять проблему безпеки судноплавства найбільш пріоритетною та актуальною при оцінці сучасного стану і розвитку судноплавства на морському і річковому транспорті [4 - 6].

Не дивлячись на технічне вдосконалення морських суден, їх устаткування і приладів та застосування різних правил безпеки судноплавства, кількість аварій на морі залишається значною. За даними аналітиків за останніх 150 років тільки в мирні роки загинуло понад 40000 торгових суден.

Положення про класифікацію, порядок розслідування та обліку аварійних морських подій із суднами пропонує наступну класифікацію аварійних морських подій [2]. Термін "види аварій (аварійних випадків, аварійних морських випадків) " являє собою групи, до яких

					КР.135.6214М.01.04.П306	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

об'єднуються аварії, схожі за природою небезпек, що в них реалізуються і способом їх реалізації.

За наслідками АМП класифікуються на:

- дуже серйозні аварії;
- серйозні аварії;
- морські інциденти (серйозні інциденти);
- інциденти.

До дуже серйозних аварій відносять АМП, що спричинили:

- загибель судна або таке його конструктивне руйнування, після якого проведення відновлювального ремонту недоцільне (катастрофа);
- залишення судна в морі екіпажем і пасажирями;
- людські жертви, загибель або зникнення людини із судна;
- зникнення судна безвісти, тобто відсутність будь-яких відомостей про судно протягом трьох місяців, а якщо одержання відомостей могло бути затримано внаслідок воєнних дій, то протягом шести місяців;
- сильне забруднення навколишнього природного середовища самим судном або в результаті пошкодження судном підводних трубопроводів, берегових споруд, тощо.

До серйозних аварій належать АМП, що не кваліфікуються як дуже серйозні аварії, але які спричинили серйозні тілесні ушкодження людині, а також пожежу, вибух, посадку на мілину, торкання, льодове або штормове ушкодження, утворення тріщин у корпусі судна, тощо, які викликали:

- конструктивне пошкодження, що призвело до втрати судном морехідного стану;
- зсув вантажу або зміну його фізико-хімічних властивостей, що призвело до втрати судном морехідного стану;

					КР.135.6214м.01.04.П306	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- поломку, внаслідок якої виникла необхідність у буксируванні судна або наданні йому технічної допомоги, у тому числі з берега;
- пошкодження знарядь лову, що з'єднані із судном флоту рибного господарства;
- забруднення навколишнього природного середовища самим судном або в результаті пошкодження судном підводних трубопроводів, берегових споруд тощо.

До морських інцидентів належать АМП, через які судно або особа піддаються небезпеці або внаслідок яких може бути завдане серйозне пошкодження судну, його конструкції або заподіяна шкода навколишньому природному середовищу.

До морських інцидентів відносять також:

- пошкодження засобів навігаційного обладнання, яке призвело до виведення їх з експлуатації;
- пошкодження суднових пристроїв та корпусу судна, яке не призвело до втрати морехідного стану;
- пошкодження буксирної лінії без втрати об'єкта, що буксирується;
- торкання ґрунту без пошкодження судна.

До інцидентів належать АМП, що виникли в результаті експлуатації судна чи у зв'язку з нею, які спричинили або могли спричинити незначні експлуатаційні пошкодження судну, його конструкції, обладнанню, шкоду береговим та підводним об'єктам або плавучим об'єктам, що не є суднами.

До інцидентів відносять також:

- пошкодження судном засобів навігаційного обладнання, яке не призвело до виведення їх з експлуатації;
- пошкодження судном підводних інженерних споруд, що не призвело до забруднення навколишнього природного середовища;

					КР.135.6214м.01.04.П306	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- пошкодження судном берегових споруд (причалів, хвилерізів, молів тощо), що не призвело до забруднення навколишнього природного середовища.

Попередня класифікація АМП за її наслідком здійснюється капітаном судна. Остаточну класифікацію здійснює орган розслідування АМП, встановлений згідно з нормами розділу 3 цього Положення. Класифікація АМП відповідно до видів, причин та наслідків здійснюється згідно з класифікаційною таблицею аварійних морських подій (табл.3.1.) за видами, причинами та наслідками.

Таблиця 6.1

Класифікаційна таблиця АМП за видами причинами та наслідками [14]

Ознаки АМП
1. Види АМП за причинами виникнення (при визначенні виду АМП за основу приймається його першопричина, незалежно від наслідків)
1.1. Навігаційні АМП
1.1.1. Посадка на ґрунт - посадка судна на мілину, торкання ґрунту і підводних перешкод; викид на берег
1.1.2. Зіткнення - контакт або зіткнення суден між собою в процесі їхнього руху або руху одного з них; контакт із судном, яке стоїть на якорі або на мілині; контакт з будь-яким об'єктом або предметом, що згідно з Конвенцією про міжнародні правила попередження зіткнення суден у морі, 1972 року, є судном; контакт із спорудою, що стоїть у морі окремо (нафтобурова платформа, вишка тощо), пошкодження знарядь промислу судна флоту рибного господарства, що з'єднані із судном, іншими суднами
1.1.3. Навал - контакт судна з стаціонарною або тимчасовою гідротехнічною спорудою, призначеною для стоянки суден (причал, пірс, мол, док тощо), або з огороженням акваторії морського порту; контакт судна з іншим судном, що стався в процесі виконання швартовних операцій, а також у результаті несприятливих гідрометеорологічних умов (дрейф судна, обриви ланцюгів, тросів тощо); контакт судна зі ЗНО
1.1.4. Утрата остійності, плавучості - утворення невідновлюваного аварійного нахилу судна (крену, диференту), перекидання, затоплення
1.1.5. Штормові пошкодження - пошкодження корпусу, механізмів, систем, пристроїв та інших елементів судна в результаті впливу штормового вітру і/або хвилювання

1.1.6. Льодові пошкодження - пошкодження корпусу, механізмів, систем, пристроїв і інших елементів судна при плаванні в льодових умовах
1.1.7. Інші пошкодження - пошкодження корпусу, механізмів, систем, пристроїв і інших елементів судна та інші матеріальні збитки, які судно зазнало під час плавання з причин, пов'язаних із судноводінням та впливом зовнішніх умов, які не перелічені в пунктах 1.1.1 - 1.1.6 (намотування троса або сітки на гребний гвинт, пошкодження знарядь промислу судна флоту рибного господарства, що з'єднані із судном, самим судном чи об'єктами, що плавають або стоять у морі, тощо)
1.2. Технічні АМП
1.2.1. Пошкодження головного двигуна - пошкодження механізмів, що забезпечують рух судна (головна суднова енергетична установка, її системи, пости управління, електроустаткування та інше)
1.2.2. Пошкодження валопроводів та гвинторульового комплексу - пошкодження валопроводів, дейдвудів, гребних гвинтів, стерна, інших елементів пропульсивного комплексу тощо
1.2.3. Пошкодження суднових допоміжних механізмів - пошкодження механізмів, що забезпечують нормальну експлуатацію судна (суднові електростанції, інші суднові допоміжні механізми і системи та відповідне електроустаткування)
1.2.4. Пошкодження корпусу - виникнення дефектів корпусу судна і його елементів у результаті зовнішнього впливу, фізичного зносу тощо
1.2.5. Пошкодження суднових пристроїв - пошкодження якірного, шлюпкового, вантажного та інших суднових пристроїв, їхнього електроустаткування
1.2.6. Інші - усі інші технічні пошкодження
1.3. Вибух, пожежа, інші пошкодження
1.3.1. Вибух - руйнування корпусу судна і/або суднових приміщень внаслідок розширення сильно нагрітого газу з дуже високим тиском, що викликано загорянням вибухонебезпечних речовин під час іскроутворення, розрядів статичної й атмосферної електрики, ударів тощо
1.3.2. Пожежа - неконтрольований процес горіння суднових приміщень, суднового майна, вантажу, багажу, а також судна в цілому
1.3.3. Пошкодження судна снарядами - пошкодження корпусу, механізмів, систем, пристроїв та інших елементів судна, а також затоплення суднових приміщень від влучення у судно снарядів, мін, торпед, ракет і від застосування іншої зброї
2. Причини АМП
2.1. Причини АМП, до яких причетні члени екіпажу

					КР.135.6214м.01.04.П306	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2.1.1. Порушення правил плавання - порушення правил, що регламентують режим плавання і розходження суден
2.1.2. Порушення правил судноводіння - порушення встановлених вимог щодо підготовки переходу, прокладки курсу, визначення і контролю місця судна на ходу і стоянці, використання технічних засобів навігації, використання навігаційної інформації, а також ігнорування основ судноводіння та інші порушення, що стосуються правил судноводіння
2.1.3. Недотримання загальноприйнятих практичних прийомів та способів управління судном - порушення положень про взаємостосунки з лоцманом, неврахування або невірне врахування маневрених елементів судна, невикористання якорів, невірний вибір швидкості при маневруванні, допущення помилок і прорахунків при управлінні судном тощо
2.1.4. Порушення вимог із безпеки морського перевезення вантажів - порушення встановлених вимог із безпеки навантаження, розміщення, кріплення, перевезення й розвантаження вантажів
2.1.5. Невиправданий ризик - навмисне прийняття рішень щодо вибору шляху судна, несення вахти в складних умовах плавання, відмови від лоцманського, буксирного і криголамного забезпечення, тактики плавання в льодових умовах, виходу в море з неповним екіпажем або непрацюючими технічними засобами й інших відповідальних рішень, при яких небезпека наслідків, що можуть наступити у випадку неблагополучного результату цих рішень, перевищує очікуваний від них ефект
2.1.6. Порушення трудової дисципліни - зневага службовими обов'язками, сон на вахті, виконання обов'язків у нетверезому стані, ігнорування наказів та розпоряджень тощо
2.1.7. Порушення правил технічної експлуатації - порушення положень про технічну експлуатацію судна - корпусу, суднової енергетичної установки, систем, механізмів, електроустаткування тощо
2.1.8. Порушення правил протипожежної безпеки - порушення режиму, що регламентує пожежобезпеку та вибухобезпеку суден
2.2. Причини АМП, до яких не причетні члени екіпажу
2.2.1. Недоліки навігаційно-гідрографічного забезпечення - неточність карт і лоцій, затримка оперативної навігаційної інформації, зсув ЗНО зі штатних місць і неоголошені зміни його характеристик, неповне гідрографічне обстеження районів, неоголошені перерви і зміни характеристик радіонавігаційних засобів тощо
2.2.2. Конструктивний недолік - помилкові розрахунки і конструктивні рішення щодо міцності вузлів і блоків суднових конструкцій, машин, механізмів та інших технічних засобів, інші конструктивні прорахунки; постійна робота технічних засобів у критичних режимах тощо
2.2.3. Прихований дефект - наявність ділянок незвареного металу, сховані недоліки лиття, інші приховані дефекти заводського характеру

6.4. Система управління безпекою судноплавної компанії

Характерною рисою сучасного етапу вирішення проблем аварійності процесів експлуатації суден є постійне впровадження численних організаційно-керівних і регламентуючих документів для судноплавних компаній, які скеровані на питання підтримання необхідного рівня безпеки мореплавства. Прийняття Міжнародної конвенції з охорони людського життя на морі (СОЛАС-74) визначило порядок огляду суден, рятувального та іншого обладнання, конструкцій, механізмів тощо. Зростання економічного і екологічного збитку при аваріях суден змусили Міжнародну морську організацію (IMO) звернути увагу всіх держав не тільки на невідкладні необхідність забезпечення безпеки судноплавства, а й на правила розслідування аварій. Для контролю над «людським фактором» були розроблені системи менеджменту – Міжнародний кодекс з управління безпечною експлуатацією суден і запобіганням забрудненню (ISMCode), Міжнародний кодекс з охорони суден і портових споруд (ISPSCode), Система менеджменту якості (ISO 9001: 2008), Система екологічного менеджменту (ISO 14001: 2004), Система менеджменту професійного здоров'я і безпеки (OHSAS 18001: 2007) та ін.

Система управління безпекою – структурована та документована система, яка дозволяє персоналу ефективно проводити політику судноплавної компанії стосовно забезпечення безпеки та захисту навколишнього середовища. (В докладі під судноплавною компанією маємо на увазі власника судна, або особу, наприклад управляючий або фрахтувальник по бербоут-чартеру, яка приймає на себе відповідальність за експлуатацію судна від судовласника і яка згодна прийняти на себе всі обов'язки та необхідні дії під час та після аварій).

Поява документа Регістра судноплавства України «Процедура з сертифікації систем управління безпекою» [5] системно і детально описує

					КР.135.6214М.01.04.П306	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2.2.4. Недоброякісний ремонт - виконання судноремонтних робіт із порушенням і відхиленням від технології, стандартів із вини судноремонтних підприємств

2.2.5. Зношеність - природне старіння конструкційних матеріалів, приховані корозійні осередки тощо

2.2.6. Непередбачені обставини - випадкові обставини, що неможливо було завчасно передбачати, щоб почати відповідні профілактичні заходи для попередження АМП

2.2.7. Навмисні дії - навмисно усвідомлені вимушені дії з метою уникнення більш важких наслідків, які призвели до АМП

2.2.8. Стихійні умови - обставини непереборної сили, які призвели до АМП (ураган, цунамі, складні льодові умови та інші)

2.2.9. Невстановлена - у разі, якщо розслідуванням не виявлена будь-яка причина АМП

3. Наслідки АМП

3.1. Загибель людини

3.2. Зникнення людини із судна

3.3. Спричинення людині тяжких тілесних ушкоджень

3.4. Загибель судна, передбачувана загибель, залишення судна в морі, повне конструктивне руйнування судна, що виключає можливість або доцільність його відновлення

3.5. Пошкодження судна з утратою ним морехідних якостей

3.6. Пошкодження судна, що призвело до експлуатаційних обмежень

3.7. Зсув, зміна властивостей вантажу, які призвели до втрати морехідних якостей судна, передбачених для нього правилами побудови та класифікації

3.8. Спричинення судну матеріальної шкоди внаслідок АМП

3.9. Утрата радіозв'язку з берегом

3.10. Пошкодження ЗНО, що призвело до виведення їх з експлуатації, чи зсув ЗНО зі штатного місця

3.11. Забруднення навколишнього природного середовища

3.12. Інші наслідки

6.4. Система управління безпекою судноплавної компанії

Характерною рисою сучасного етапу вирішення проблем аварійності процесів експлуатації суден є постійне впровадження численних організаційно-керівних і регламентуючих документів для судноплавних компаній, які скеровані на питання підтримання необхідного рівня безпеки мореплавства. Прийняття Міжнародної конвенції з охорони людського життя на морі (СОЛАС-74) визначило порядок огляду суден, рятувального та іншого обладнання, конструкцій, механізмів тощо. Зростання економічного і екологічного збитку при аваріях суден змусили Міжнародну морську організацію (IMO) звернути увагу всіх держав не тільки на невідкладні необхідність забезпечення безпеки судноплавства, а й на правила розслідування аварій. Для контролю над «людським фактором» були розроблені системи менеджменту – Міжнародний кодекс з управління безпечною експлуатацією суден і запобіганням забрудненню (ISMCode), Міжнародний кодекс з охорони суден і портових споруд (ISPSCode), Система менеджменту якості (ISO 9001: 2008), Система екологічного менеджменту (ISO 14001: 2004), Система менеджменту професійного здоров'я і безпеки (OHSAS 18001: 2007) та ін.

Система управління безпекою – структурована та документована система, яка дозволяє персоналу ефективно проводити політику судноплавної компанії стосовно забезпечення безпеки та захисту навколишнього середовища. (В докладі під судноплавною компанією маємо на увазі власника судна, або особу, наприклад управляючий або фрахтувальник по бербоут-чартеру, яка приймає на себе відповідальність за експлуатацію судна від судовласника і яка згодна прийняти на себе всі обов'язки та необхідні дії під час та після аварій).

Поява документа Регістра судноплавства України «Процедура з сертифікації систем управління безпекою» [5] системно і детально описує

					КР.135.6214М.01.04.П306	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

питання підготовки і проведення аудиту судноплавних компаній, основними етапами якої можна назвати наступні:

- розгляд і схвалення Свідоцтв про управління безпекою (SMC) компаній.
- перевірку відповідності компаній та суден до вимог Міжнародного кодексу з управління безпекою (МКУБ), глави IX Міжнародної конвенції СОЛАС і до схваленої документації з SMC;.
- видачу документів про відповідність (DOC) та (SMC), у тому числі тимчасових;
- проведення проміжних перевірок;
- проведення додаткових перевірок.

В документі також наведена детальна блок-схема процесу сертифікації компаній на відповідність вимогам МКУБ та/або Адміністрації (рис. 3.1).

Свідоцтво про управління безпекою Safety Management Certificate SMC може бути виданий після проведення первісної перевірки на відповідність вимогам МКУБ та/або Адміністрації. Копія SMC також має знаходитись у головному офісі компанії. SMC може бути виданий за наступних умов:

- за наявністю повно термінового (не тимчасового) діючого DOC для цього типу суден / прапору суден;
- забезпечення відповідності вимогам класифікаційного товариства стосовно виконання вимог Резолюції ІМО А.739(18), або відповідних національних стандартів Адміністрації, які забезпечують еквівалентний рівень безпеки;
- за наявністю діючих конвенційних сертифікатів. SMC не може бути виданий, підтверджений або поновлений, доки всі значні невідповідності:

					КР.135.6214М.01.04.П306	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- знижені після успішного проведення термінових коригувальних дій з усунення серйозної загрози персоналу, судну, або серйозного ризику навколишньому середовищу;

- закриті після їх повного усунення компанією, що було перевірено аудитором.

SMC може бути виданий, підтверджений або поновлений до усунення невідповідності, якщо був представлений узгоджений між компанією та аудитором план по проведенню коригувальних дій, термін якого не перевищує три місяці. Термін дії SMC має бути не більш ніж п'ять років, при умові проведення щонайменше однієї проміжної перевірки. Проміжні перевірки можуть проводитись частіше в окремих випадках, якщо Адміністрація або РУ вважають це за потрібне, особливо під час первісного періоду дії SMC або враховуючи характер невідповідностей. Якщо здійснюється тільки одна проміжна перевірка, вона має проводитись між другою та третьою щорічними датами сертифікату.

SMC може бути визнаний недійсним з наступних причин:

- будь-яка з вище зазначених вимог не виконується;
- коригувальні дії (за результатами зовнішнього аудиту) не закінчені у домовлений термін;
- не отримана заявка на проміжну перевірку;
- доповнення до МКУБ та/або вимоги Адміністрації не узяті до уваги;
- є докази наявності значної невідповідності;
- не має доказів проведення внутрішнього аудиту (тобто МКУБ п. 14.4);
- судно виведене з експлуатації на протязі більш ніж одного року.
- коли рахунки та витрати на аудит не були сплачені компанією.

Коли РУ має підстави вважати, що SMC має бути вилучений, наступні процедури мають бути виконані:

- сповістити у письмовій формі компанію, Адміністрацію та Державу прапору про те, що дія SMC призупинена і він має бути вилучений;
- надати обґрунтування необхідності вилучення;
- очікувати розпоряджень Адміністрації щодо подальших дій.

Видача свідоцтв повинна гарантувати, що Система управління безпекою повністю відповідає МКУБ, вимогам Адміністрації та задовільно функціонує і відповідає умовам використання судна. (У даному випадку термін «Адміністрація» – це уряд держави під прапором якої має право плавати судно). Ця процедура використовується для видачі DOC та SMC від імені Адміністрації.

Прийняття Міжнародної конвенції з охорони людського життя на морі (СОЛАС-74) визначило порядок огляду суден, рятувального та іншого обладнання, конструкцій, механізмів тощо. Зростання економічного і екологічного збитку при аваріях суден змусили Міжнародну морську організацію (IMO) звернути увагу всіх держав не тільки на невідкладні необхідність забезпечення безпеки судноплавства, а й на правила розслідування аварій. Для контролю над «людським фактором» були розроблені системи менеджменту - Міжнародний кодекс з управління безпечною експлуатацією суден і запобіганням забрудненню (ISM Code), Міжнародний кодекс з охорони суден і портових споруд (ISPS Code), Система менеджменту якості (ISO 9001: 2008), Система екологічного менеджменту (ISO 14001: 2004), Система менеджменту професійного здоров'я і безпеки (OHSAS 18001: 2007), та ін.

Висновки. Україна, як учасник ряду Міжнародних конвенцій, що регламентують безпеку судноплавства, виконує прийняті на себе зобов'язання в рамках цих Конвенцій. Відповідними державними структурами видано низку організаційно-керівних документів стосовно функціональних обов'язків відповідних підрозділів міністерств, відомств, портів, інших установ і організацій, щодо проведення спеціальних заходів із підвищення безпеки та посилення охорони на морі з виконанням вимог міжнародних Конвенцій.

					КР.135.6214м.01.04.П306	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

найбільш ефективним; в Кодексі зазначено, що документи, які використовуються для опису і виконання СУБ, можуть називатися «Керівництво з управління безпекою».

Кожне Керівництво повинно містити ясні інструкції по ефективному управлінню об'єктом за такими етапами операцій (табл. 6.2):

Для критичних і аварійних операцій повинні бути розроблені спеціальні процедури, інструкції, вимоги до персоналу, плани оперативних заходів в разі інциденту або загрози інциденту.

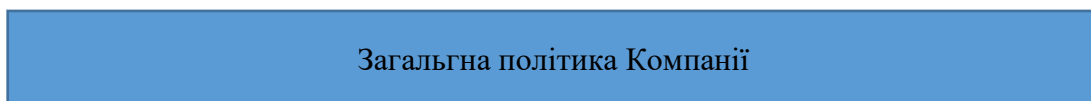
Як сама СУБ, так і її документація не можуть бути єдиними для всіх судноплавних компаній: їх зміст визначаються не тільки уніфікованими на національному та міжнародному рівні нормами і стандартами, а й структурою компанії, основними технологічними процесами, здійснюваними нею, ресурсами, які можуть бути використані для створення і функціонування СУБ, компетентністю персоналу, що управляє в питаннях безпеки мореплавання.

Кодекс визнає, що немає двох однакових судноплавних компаній або судновласників і що різні рівні управління на березі або на море зажадають різних рівнів знань і розуміння викладених питань.

Таблиця 6.2 Етапи по ефективному управлінню об'єктом СУБ

Звичайні операції	Особливі операції	Критичні операції	Аварійні ситуації
Ознайомлення з судном; огляд судна на предмет виявлення сторонніх осіб і предметів; контроль документації тощо	Зміна вахт; несення вахти на ходу і на стоянці; постановка на якір; прийом лоцмана; швартові операції; вантажні операції, бункерування і т.п.	Плавання в тумані, під кризі, у вузьких, в шторм, вантажні операції з небезпечним вантажем, операції з вертольотом і т.п.	Пожежа, пошкодження головного двигуна, зіткнення, раптовий крен судна, знеструмлення судна, посадка на мілину, людина за бортом і т.п.

Структура Компанії повинна забезпечувати виконання вимог СУБ (рис. 6.3).



							Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	КР.135.6214М.01.04.П306		

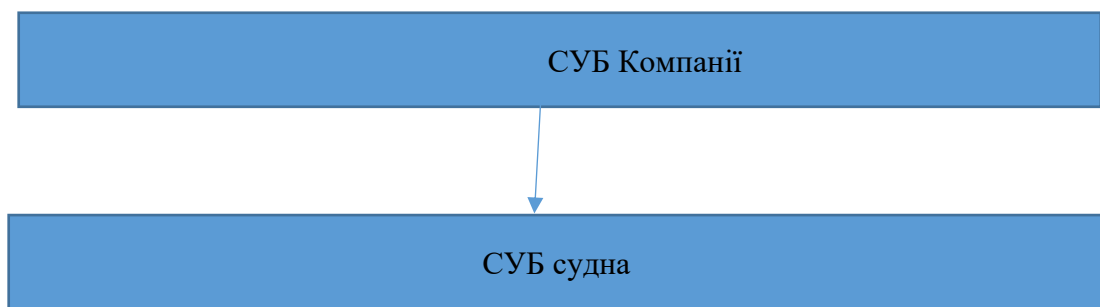


Рис. 6.2 Концепція системи управління безпекою

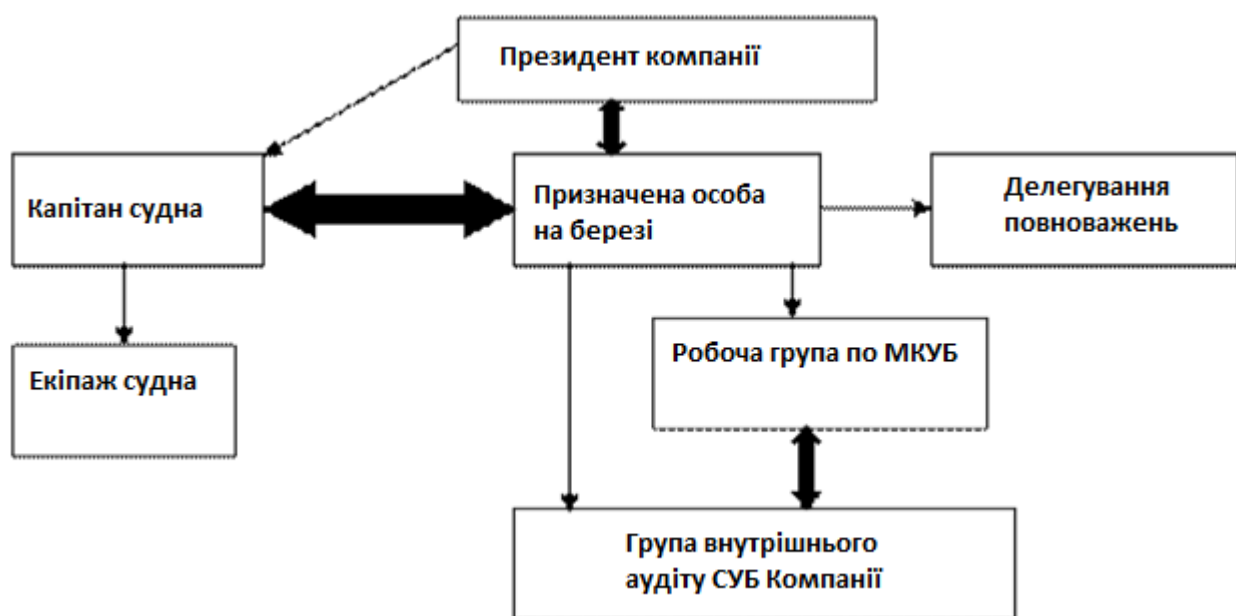


Рис. 6.3 - Ключові особи СУБ Компанії та їх взаємозв'язок

Відповідальність, повноваження та взаємодії всього персоналу суден і берегових підрозділів повинні бути чітко визначені і доведені до кожного.

В [11] наведено таку структуру і зв'язки СУБ судна (рис. 6.4).

СУБ компанії визначається політикою, яку вона вибирає. Політика компанії - це документ, який визначає цілі та завдання компанії, а також методи и засоби Досягнення безпечної експлуатації суден и запобігання забрудненню навколишнього середовища (рис. 6.4).

Система управління безпекою - це структурована і документована система, що

					КР.135.6214м.01.04.П306	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

дозволяє персоналу компанії і її судів ефективно проводити політику в області безпеки мореплавання і захисту навколишнього середовища через:

ПРОЦЕДУРИ хто і що робить;

ІНСТРУКЦІЇ що і як робити;

ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ хто це робить;

ПОВНОВАЖЕННЯ хто регулює.

Завдання СУБ - так побудувати процедури управління, щоб максимально знизити ймовірність появи помилок, усунути вплив «людського фактору».

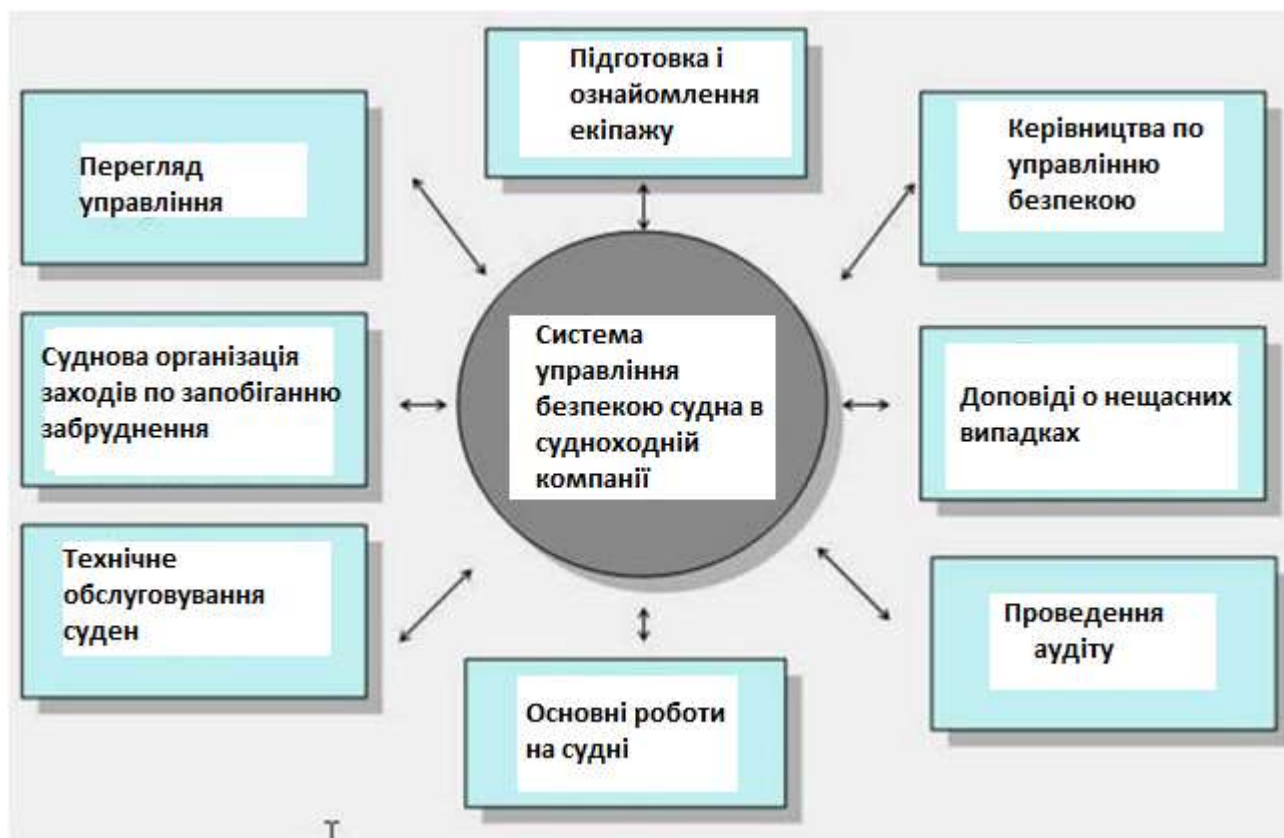


Рис. 6.4 Структура і зв'язки складових СУБ судна

6.5 Аналіз отриманих результатів і рекомендації щодо подальших досліджень

Безпечна експлуатація судна у надзвичайному стані забезпечується за умовами безперервного супроводу негативних явищ, розумінню аварійних наслідків, наявності детермінованої стратегії, забезпеченості енергетичними,

					КР.135.6214м.01.04.П306	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

матеріальними й людськими ресурсами та здатності до реалізації прийнятого рішення.

Головним завданням подальших досліджень полягає у подальшій деталізації і підвищенні достовірності окремих компонентів математичної моделі розрахунку економічних показників процесів підвищення безпеки обладнання і систем СЕУ. Також значних зусиль потребує процес збору, узагальнення і аналізу необхідної для розрахунків із сфери експлуатації інформації, яка слугує фундаментом такої математичної моделі.

Серед наукових результатів таких досліджень можливо відокремити рішення ряду допоміжних задач, які відповідають вимогам системного аналізу [11]:

- методу оцінки поточної ситуації;
- методики формування сценарію аварійної морської події (АМП);
- способу генерації сценаріїв антиподій;
- методики вибору сценаріїв антиподій.

В якості інструментів таких досліджень можливо використання наступних методів і технологій:

- евристично-ймовірнісний метод оцінки та супроводження поточної ситуації для прогнозу напрямку та часу настання АМП;
- методика формування бази знань по детермінації АМП за фізичною, логістичною та евристичною складовими для визначення протидійних енергетичних й матеріальних ресурсів та людських резервів;
- спосіб генерації сценаріїв антиподій, що змінює розгінну характеристику об'єкта (процесу) за сталою часу у межах енергетичного резерву, формує структуру технічних засобів та визначає порядок дії операторів по управлінню АМП;
- методика вибору сценарію управління подіями, яка забезпечує безпеку експлуатації судна за критерієм міні-максу, шляхом зменшення сталої часу процесу, простоти, цілісності, енергетичної збалансованості структури та синергізму в управлінні антиподіями;

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ06	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- методика передрейсової підготовки для оновлення та отримання нових компетентностей з прийняття та реалізації адекватних рішень у неадекватних умовах експлуатації за критеріями узгодження та спеціальною програмою, яка дозволяє за критерієм мінімуму середньоквадратичної похибки оцінити результати підготовки спостерігачів.

Проведені дослідження дозволяють зробити ряд важливих на нашу думку заключень:

1. Вплив різних факторів процесу підвищення безпеки експлуатації ЕУ дуже складний і різноманітний – що визначається складністю і масштабом процесів, що відбуваються в елементах суднового енергетичного обладнання і системах.

2. Для підвищення ступеня достовірності отриманих і майбутніх результатів необхідно продовжити роботу стосовно збору, аналізу і узагальненню інформації із сфери експлуатації.

3. В рамках даного дослідження (враховуючи обмеженість об'єму магістерської роботи) проаналізовано суттєво мало факторів, які впливають на економічні показники процесу експлуатації судна і ЕУ. Більш глибокий аналіз потребує значного часу і зусиль.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ 6

1. Дацюк Н.І., Ніколаєва Л.Л. Збірник завдань з економіки морських перевезень: Навч. посібник // Одеська національна морська академія. - Одеса: Фенікс, 2005. – 180 с.

2. Про затвердження Положення про класифікацію, порядок розслідування та обліку аварійних морських подій із суднами (http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/RE12833.html)

3. Судновий механік: Довідник/Авт. кол.; за ред. А.А. Фока – в 3 т. – Т2. – О. : Фенікс, 2010. – 1032 с.

4. http://www.mlit.go.jp/jtsb/statistics_mar.html

					КР.135.6214М.01.04.П306	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

5. International Association of Oil & Gas Producers. Water transport accident statistics.
6. International Maritime Organization. Casualty statistics and investigations.
7. <https://marine.mandieselturbo.com/two-stroke/project-guides>
8. <http://seaman-sea.ru/upravlenie-sudnom/587-sistema-upravleniya-bezopasnostyu.html>
9. https://studopedia.ru/17_129285_sistema-upravleniya-bezopasnostyu-kompanii-i-sudna.html
10. <http://kursak.net/rol-vnutrishnix-pomilok-v-stvorenni-avarijno%D1%97-situaci%D1%97-na-sudni/>
11. <http://www.onma.edu.ua/wp-content/uploads/2016/09/Obertyur-Avtoreferat8-2017.pdf>

					КР.135.6214М.01.04.П306	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

7. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ

7.1. Розробка математичної моделі розрахунку техніко-економічних показників процесу управління безпекою в судноплавній компанії

В розділі введено розрахунки економічного ефекту від впровадження технічних і організаційних рішень, які підвищують безпеку процесів експлуатації енергетичного обладнання СЕУ. В загальному випадку такими рішеннями є заміни обладнання на сучасне, яке має ряд переваг в параметрах потужності, економічності, надійності тощо. Також суттєвий вплив на підвищення безпеки ЕУ мають заходи діагностики і моніторингу параметрів обладнання і систем. Економічний ефект визначається методом розрахунку і порівняння економії внаслідок впровадження заходів підвищення безпеки СЕУ і додаткових витрат на їх впровадження.

Заходи підвищення безпеки СЕУ дають змогу збільшити ресурс і час служби об'єктів СЕУ за рахунок зменшення числа аварійних відмов, зменшити витрати на поточний ремонт при зменшенні кількості аварійних випадків обладнання, зекономити витрати на паливо за рахунок оптимізації режимів роботи енергетичної установки і своєчасного усунення відхилень від нормальних режимів (за рахунок впровадження сучасних методів керуванням енергетичним обладнанням). Необхідні для розрахунків вихідні дані наведені в табл. 7.1 – 7.2 [2,3]. Для визначення варіантів судна з підвищеним рівнем безпеки за рахунок впроваджених рішень іноді буде використовуватися термін – «модернізована» СЕУ.

Загальний підхід до формалізації процесів управління ризиками на судні включає багато різних факторів [1-8]. На рис. 7.1 наведено одну із можливих схем організації управління ризиками в процесі перевезень вантажів [8]. Приклад розробленої математичної моделі оцінки економічного ефекту від впровадження технічних і організаційних рішень, які підвищують рівень безпеки процесу експлуатації судна і його енергетичної установки наведено на рис. 7.2.

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.07	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

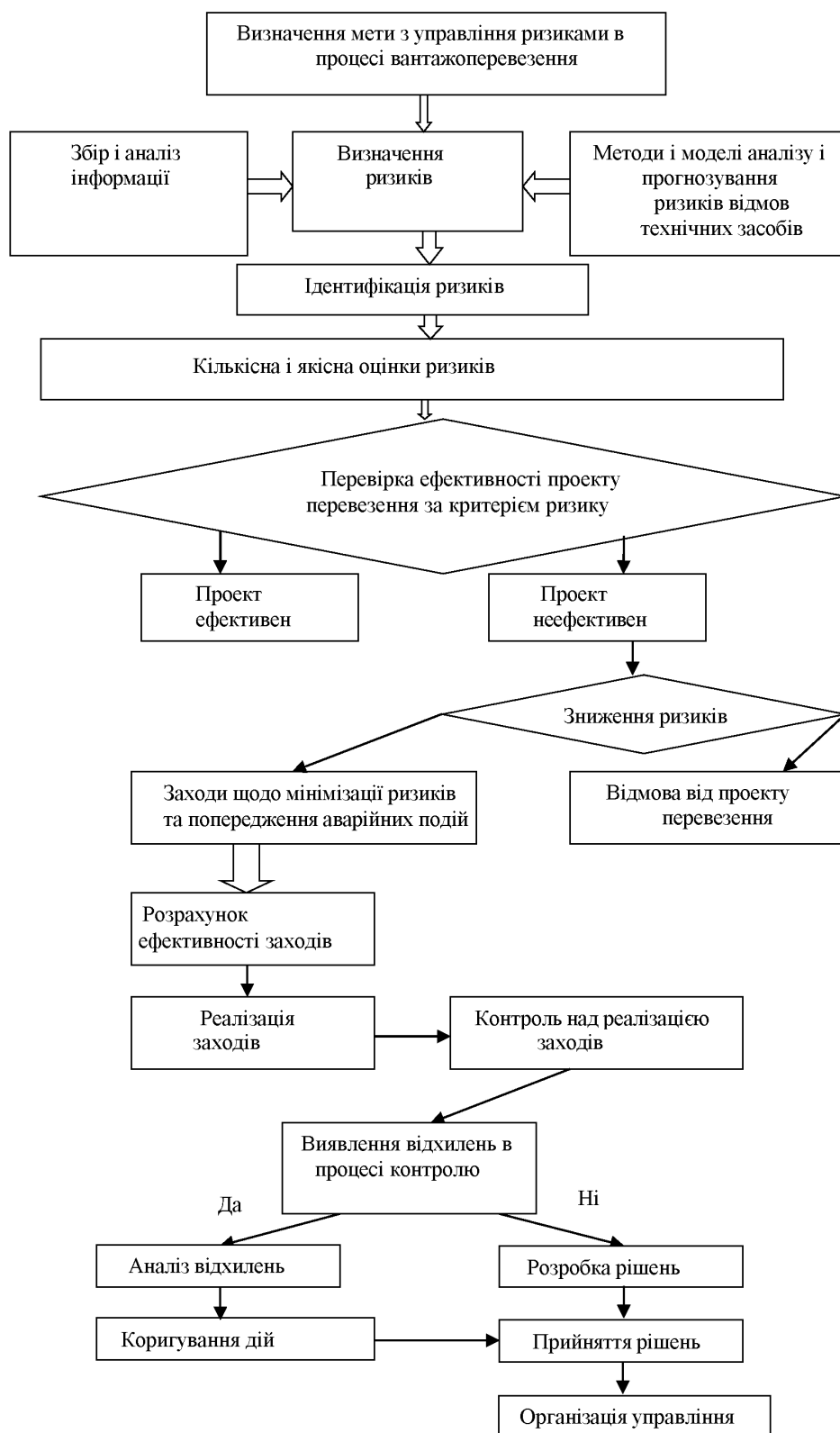


Рис. 7.1 Схема організації управління ризиками в процесі перевезень вантажів

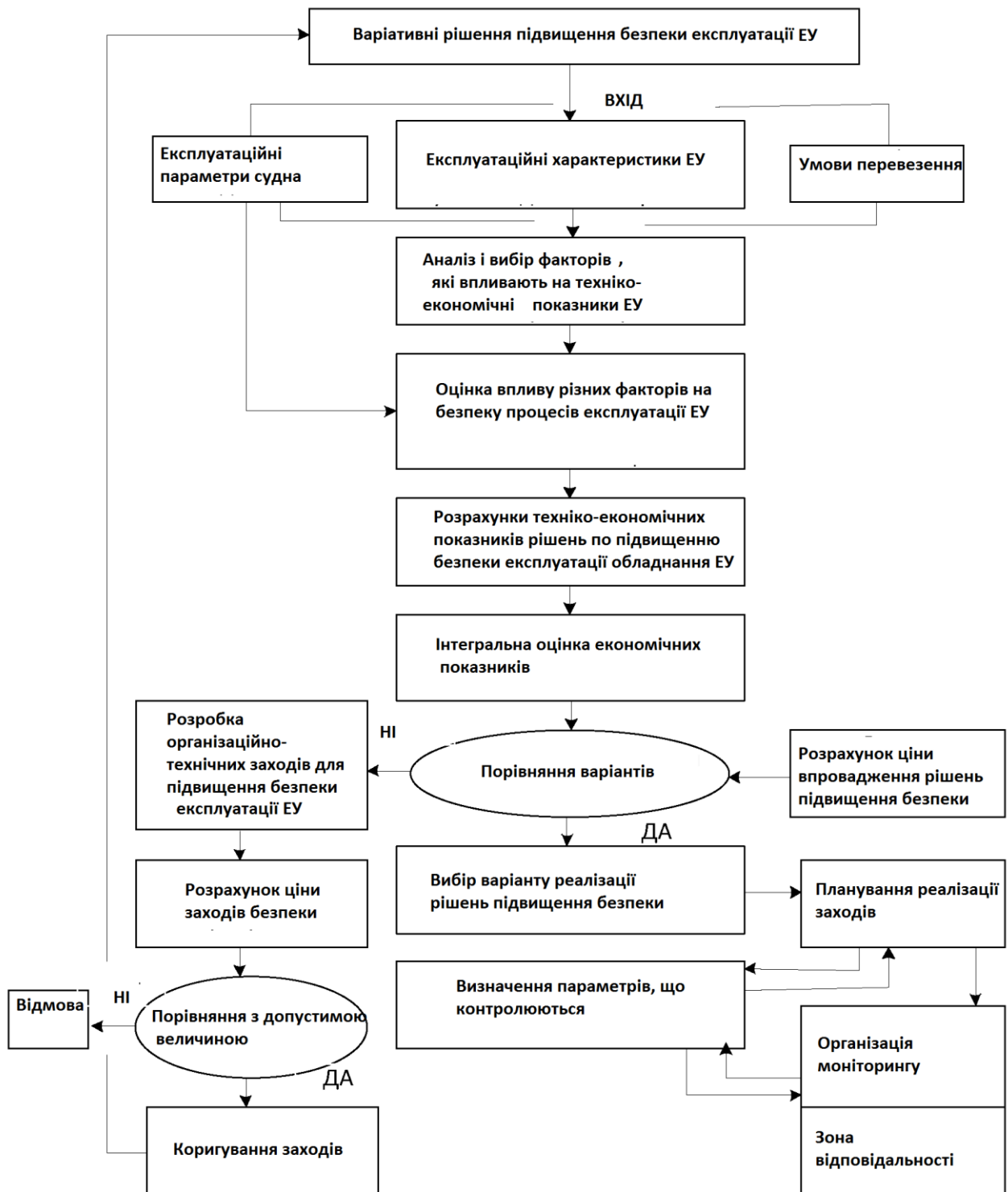


Рис. 7.2 Блок-схема математичної моделі оцінки економічного ефекту від впровадження технічних і організаційних рішень, які підвищують рівень безпеки процесу експлуатації судна і його енергетичної установки

Таблиця 7.1 Вихідні дані для розрахунків

Найменування	Визначення	Одиниця виміру	Значення
1. Довжина рейсової лінії	L	миль	3000 - 10000
2. Коефіцієнт використання завантаження	a	—	1
3. Чиста вантажопідйомність	Д _ч	тон	62000
4. Добові витрати на утримання судна на ходу	В _х	у.о./доб.	18900
5. Добові витрати на утримання судна на стоянці	В _{ст}	у.о./доб.	9600
6. Фрахтова ставка	d	у.о./т	30
7. Швидкість судна в вантажі	V _в	вуз.	18,2
8. Швидкість судна в баласті	V _б	вуз.	19,3
9. Норми вантажних робіт:			
завантаження	М _п	т/доб.	6000
розвантаження	М _р	т/доб.	8000
10. Коефіцієнт реалізації технічної швидкості	K _р	—	0,95
11. Річний експлуатаційний період судна	T _е	доб.	332

Таблиця 7.2 Значення деяких показників, які використовуються в розрахунку економічного ефекту

Найменування	Позначення	Одиниця виміру	Показник
1. Відносне підвищення часу служби судна	$\frac{\Delta T_{сл}}{T_{мп}}$	—	0,05
2. Середньорічні витрати на капітальний ремонт	K _р	у.е.	15000
3. Ціна модернізації СЕУ	$\Delta C_{сеу}$	у.е.	варіюється
4. Відносне зниження кількості аварійних відмов	$\Delta n_{авар}$	—	варіюється
5. Середньорічні витрати на поточний ремонт	K _{пр}	у.е.	5250

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.07	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

6. Зниження добової витрати палива	ΔB_n	т/доб.	0,02
7. Вартість палива	Π_n	у.о./т	400
8. Коефіцієнт ходового часу	K_x	—	0,62
9. Дедвейт судна	W	т	58900
10. Річне зменшення величини технічних збитків судна від аварій СЕУ	Δy	у.е./т	варіюється
11. Коефіцієнт врахування комерційних збитків	K_y	—	3
12. Зміна експлуатаційного часу судна за рахунок підвищення міжремонтного періоду судна	ΔT_{cl}	діб.	варіюється
13. Підвищення строку служби судна	ΔT_{cl}	діб.	25
14. Міжремонтний період	$T_{мп}$	діб.	375
15. Нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень	E_k	—	0,15
16. Коефіцієнт дисконтування	E_n	%	15

Вираз для суми економії внаслідок впровадження заходів підвищення безпеки СЕУ матиме вигляд:

$$\sum \Delta E_i = \Delta E_p + \Delta E_{авар} + \Delta E_{нал} + \Delta E_{зуп} + \Delta E_{пр} ,$$

де ΔE_p - економія експлуатаційних витрат від збільшення ресурсу і часу служби обладнання СЕУ за рахунок зменшення числа аварійних відмов;

$\Delta E_{авар}$ - річна економія від зменшення витрат на поточний ремонт при зменшенні кількості аварійних відмов обладнання;

$\Delta E_{нал}$ - річна економія витрат на паливо за рахунок оптимізації режимів роботи енергетичної установки і своєчасного усунення відхилень від нормальних режимів;

$\Delta E_{зуп}$ - річне зниження втрат прибутку і технічних збитків за рахунок застосування обладнання, яке забезпечує зменшення зупинок в рейсі, затримок в порту і зниження швидкості судна, а також зменшення аварій судна за рахунок підвищення його маневреності та зниження числа аварійних відмов;

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.07	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ΔE_{np} - річний прибуток від збільшення провізної здатності судна за рахунок оптимізації експлуатаційної потужності при застосуванні нового обладнання СЕУ.

Оцінка річної економії експлуатаційних витрат від підвищення ресурсу і часу служби обладнання СЕУ за рахунок зниження числа аварійних відмов і зниження швидкості його зносу розрахуємо за рівнянням:

$$\Delta E_{авар} = \Delta C_{сеу} \frac{\Delta T_{сл}}{T_{сл}^c - T_{сл}^н} + B_p \frac{\Delta T_{сл}}{T_{мп}},$$

де $\Delta C_{сеу}$ — різниця вартості старої і модифікованої СЕУ, у.е.;

$\Delta T_{сл}$, $T_{сл}^c$, $T_{сл}^н$, $T_{мп}$ - відповідно підвищення часу служби і ресурсу обладнання, старе і нове значення терміну служби обладнання, величина міжремонтного періоду судна, діб.

B_p - середні річні витрати на капітальний ремонт судна, у.о.

Річна економія від зниження витрат на поточний ремонт при зниженні кількості аварійних відмов:

$$\Delta E_p = \Delta n_{авар} * B_T,$$

де $\Delta n_{авар}$ - відносне зниження числа аварійних відмов;

B_T - середньорічні витрати на поточний ремонт судна, у.о.

Річна економія витрат на паливо за рахунок оптимізації режимів роботи обладнання СЕУ і своєчасного усунення відхилення від нормальних режимів обчислюється за формулою

$$\Delta E_{нал} = \Delta B_T * T_e * K_x * C_n,$$

де ΔB_n – зниження добової витрати палива, т/доб.;

T_e - експлуатаційний період судна, діб.;

K_x - коефіцієнт ходового часу;

C_n – вартість палива, у.о./т.

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.07	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Річне зниження втрат прибутку і технічних збитків за рахунок використання обладнання СЕУ, яке забезпечує зменшення зупинок в рейсі, затримок в порту і зниження швидкості судна, а також зменшення кількості аварій судна та аварійних відмов енергетичної установки обчислюється за формулою

$$\Delta E_{зуп} = \frac{\Pi}{T_e * \Delta T_e^y} + K_y * \Delta y * W$$

де Π - річний прибуток судна, у.о.;

ΔT_e^y - зміна експлуатаційного періоду судна, діб ;

K_y - коефіцієнт обліку комерційних збитків;

T_e - експлуатаційний період, діб.;

Δy - річне зменшення величини технічних збитків судна від аварій обладнання ЕУ, у.о./т.;

W - дедвейт судна, т.

Додаткова річний прибуток від збільшення провізної спосібності судна за рахунок підвищення експлуатаційної потужності при використанні модернізованого обладнання, збільшення міжремонтного ресурсу і зниження обсягу заводських ремонтних робіт, а також від збільшення вантажопідйомності судна при зниженні запасів палива, мастили і води:

$$\Delta E_{np} = \frac{\Pi}{Q} (\Delta V * \Delta v * \Delta T_e) K_x * r ,$$

де $Q = (D_{\text{ч}} * a * L)$ - рейсова провізна здатність судна, т/миль;

Π - річний прибуток, у.о.;

a – коефіцієнт використання завантаження судна.

$\Delta D_{\text{ч}}, \Delta v, \Delta T_e$ - відповідно зміна вантажопідйомності (т), експлуатаційної швидкості (вуз), експлуатаційного періоду судна (годин) внаслідок модернізації;

r – кількість рейсів;

K_x – коефіцієнт ходового часу.

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.07	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Сумарна економія експлуатаційних витрат складе $\sum \Delta E_i$. Нові експлуатаційні витрати (для варіанта з модернізованою СЕУ) визначаються як

$$E_i^H = E_i^C - \sum \Delta E_i$$

Собівартість перевезення 1 тони вантажу складає:

$$S^H = \frac{\sum \Delta E_i}{Q}.$$

Доходи судна за рейс

$$F_p = d * D_{\text{ч}} * a,$$

де d – фрахтова ставка у.о./т;

$D_{\text{ч}}$ – чиста вантажепідйомність судна, т;

a – коефіцієнт використання завантаження судна.

Річний прибуток судна:

$$\Pi = F_p * r.$$

Чистий прибуток визначається з урахуванням виплати податкових витрат. Відрахування на податки у нашому прикладі становить 18% (згідно до даних на 2017 рік). Тоді чистий прибуток визначиться як

$$\text{ЧП} = \Pi (1 - 0,18).$$

7.2 Розрахунок техніко-економічних показників при впровадженні рішень підвищення безпеки експлуатації СЕУ

Деякі отримані результати розрахунків наведені на рис. 7.1 – 7.2. На них наведено залежності річного економічного ефекту (в дол. США) від витрат на модернізацію ЕУ (в тис. дол. США) при експлуатації судна на різних рейсових лініях. При цьому в наведених нижче результатах розглянуто два можливих варіантів «ціни» рішень, які підвищують рівень безпеки експлуатації СЕУ (табл. 7.3).

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.07	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 7.3 Варіативні характеристики варіантів розрахунків

Найменування параметра	Позначення	Одиниця виміру	Діапазон варіювання
Відносне підвищення часу служби судна	$\frac{\Delta T_{cl}}{T_{лел}}$	-	0,03-0,09
Відносне зниження кількості аварійних відмов	$\Delta n_{авар}$		0,4 – 0,6
Зменшення збитків судна від аварій ЕУ (річне)	Δy		0,7 - 0,93
Коефіцієнт врахування комерційних збитків	Δk		2
Зміна експлуатаційного часу судна за рахунок підвищення міжремонтного періоду судна	ΔT_{ϵ}^y	діб	3 - 5
Підвищення строку служби судна	ΔT_{cl}	діб	25
Відносна зміна вантажопідйомності судна	ΔD		1
Відносна зміна експлуатаційної швидкості судна	Δv		1
Зміна експлуатаційного періоду судна	ΔT_{ϵ}	діб	2
Додаткові витрати на модернізацію ЕУ (варіант 1)	$\Delta Ц$	Дол. США	60000-100000
Додаткові витрати на модернізацію ЕУ (варіант2)	$\Delta Ц$	Дол. США	20000-60000

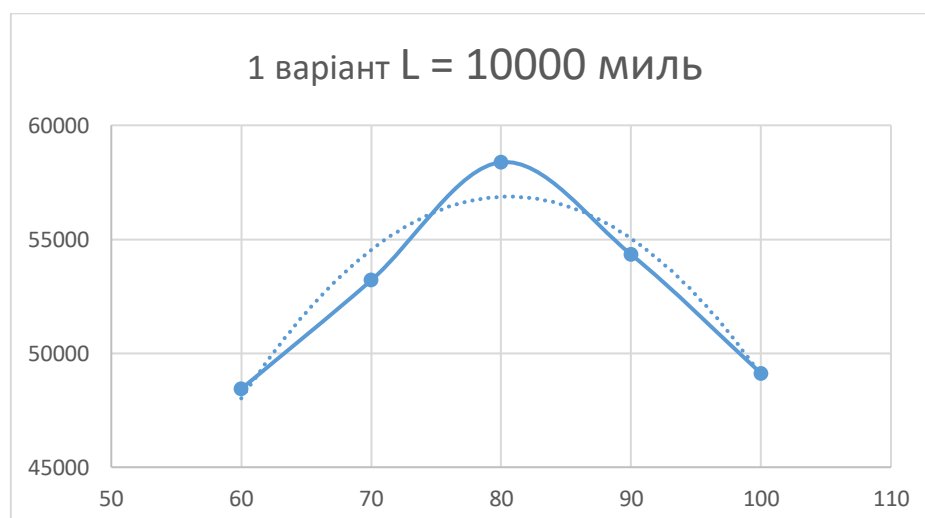
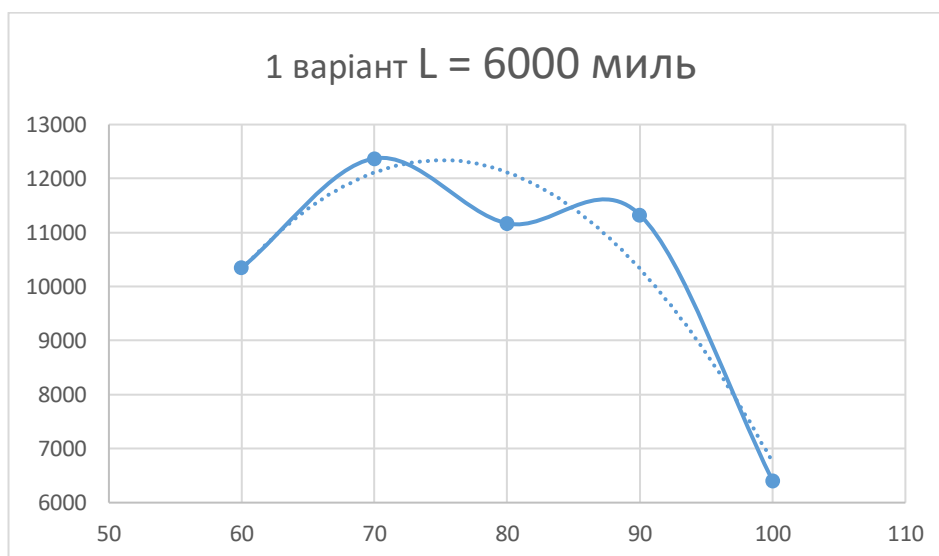
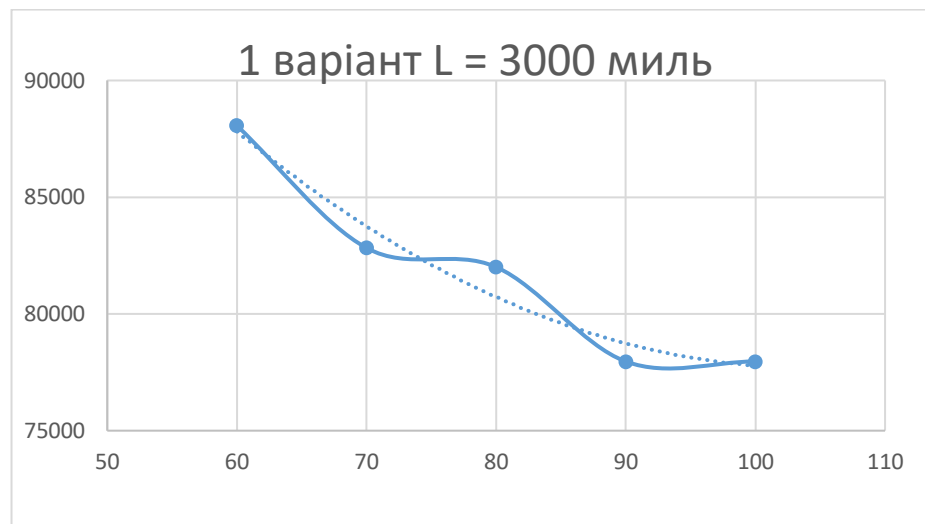


Рис. 3.7 Залежність річного економічного ефекту (в дол. США) від витрат на модернізацію ЕУ (в тис. дол. США) при експлуатації судна на різних рейсових лініях (варіант 1)

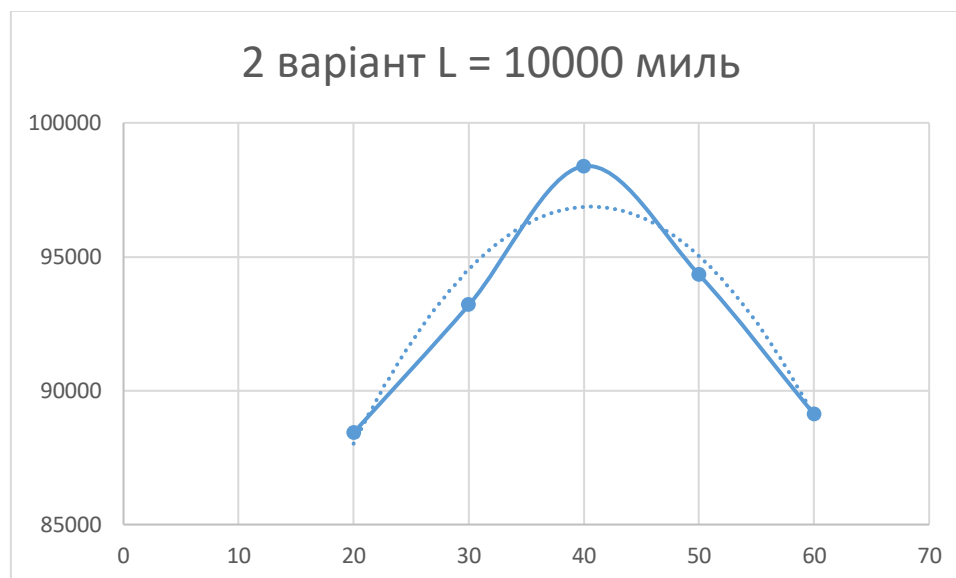
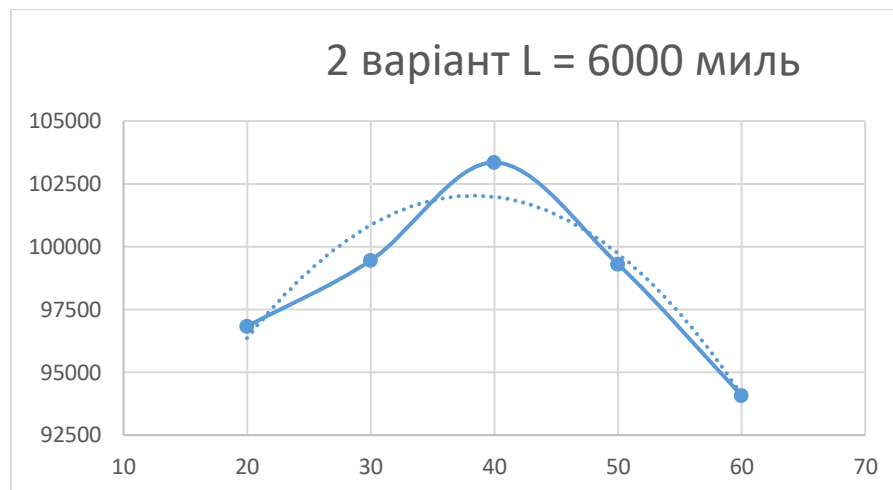
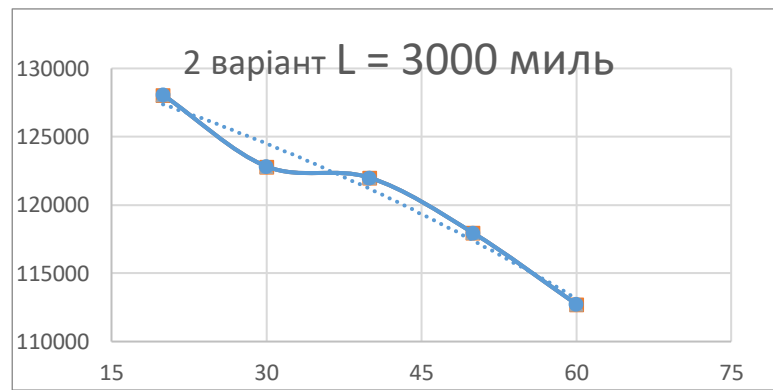


Рис. 3.8 Залежність річного економічного ефекту (в дол. США) від витрат на модернізацію ЕУ (в тис. дол. США) при експлуатації судна на різних рейсових лініях (варіант 2)

ВИСНОВКИ по розділу 7:

1. Розроблена математична модель працездатна і достатньо чутливо відтворює залежності техніко-економічних показників процесу експлуатації від параметрів і характеристик заходів, що підвищують безпеку ЕУ.
2. Для підвищення ступеня достовірності отриманих і майбутніх результатів необхідно продовжити роботу стосовно збору, аналізу і узагальненню інформації із сфери експлуатації.
3. В рамках даного дослідження (враховуючи обмеженість об'єму магістерської роботи) проаналізовано суттєво мало факторів, які впливають на економічні показники процесу експлуатації судна і ЕУ. Більш глибокий аналіз потребує значного часу і зусиль.

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.07	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ 7

1. Винников В.В. Экономика предприятия морского транспорта (экономика морских перевозок): Учебник для вузов водного транспорта // В.В.Винников – 2-е изд., перераб. и доп. – Одеса: Латстар, 2001. – 416 с.
2. Дацюк Н.І., Ніколаєва Л.Л. Збірник завдань з економіки морських перевезень: Навч. посібник // Одеська національна морська академія. - Одеса: Фенікс, 2005. – 180 с.
3. Кацман Ф.М., Єршов А.А.. Аварійність морського флоту та проблеми безпеки судноплавства (<http://rostransport.com/transportrf/pdf/5/82-84.pdf>).
4. Про затвердження Положення про класифікацію, порядок розслідування та обліку аварійних морських подій із суднами (http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/RE12833.html)
5. Судновий механік: Справочник / Авт. кол.; під ред. А.А. Фока – в 3 т. – Т2. – О. : Фенікс, 2010. – 1032 с.

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.07	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

При виконанні випускної магістерської роботи вирішені такі питання:

1. Проведено аналіз характеристик комплексів і систем судна і СЕУ.
2. Розглянуто і проаналізовано деякі проблемні питання управління безпекою СЕУ:
 - Міжнародні стандарти з управління безпечною експлуатацією суден і запобіганням забрудненню;
 - Поняття аварійності, види аварійних морських подій (АМП) та їх класифікація;
 - Система управління безпекою судноплавної компанії;
 - Розроблено математичну модель оцінки техніко-економічної ефективності впровадження заходів по підвищенню безпеки експлуатації СЕУ.
3. Виконано техніко-економічний аналіз ефективності впровадження заходів по підвищенню безпеки експлуатації СЕУ.

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.00	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Горбов, В.М. Енциклопедія суднової енергетики [Текст]: підручник / В.М. Горбов. – Миколаїв: НУК, 2010. – 624 с.
2. Горбов, В.М. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни ”Суднові енергетичні установки” за спеціальністю “Суднові енергетичні установки та устаткування” / В.М. Горбов, І.П.Єсін, А.А. Андрєєв. – Миколаїв: НУК, 2016. – 60 с.
3. Ізотов, В.І. Безпека комунікацій на морі [Текст]: навч. посібник / В.І. Ізотов, Н.В.Кулалаєва, В.О. Михайлюк, під заг. редак. В.О. Михайлюка. – Миколаїв: НУК, 2013. – 345 с.
4. Єпіфанов О.А. Конструкції суднових котлів [Текст]: навч. посіб. / О.А.Єпіфанов. – Миколаїв: НУК, 2016. – 198 с.
5. Мітенкова, В.С. Методичні вказівки до дисципліни “Загальносуднові системи” для студентів заочної форми навчання [Текст]: / В.С. Мітенкова. – Миколаїв: НУК, 2013. – 54 с.
6. Регістр судноплавства України. Правила класифікації та побудови морських суден. – К.: Регістр судноплавства України, 2002: в 2-х т. Т.1. – 382 с.
7. Регістр судноплавства України. Правила класифікації та побудови морських суден. – К.: Регістр судноплавства України, 2002: в 2-х т. Т.2. – 394 с.
8. Шостак В.П., Гершанік В.І., Кот В.П., Бондаренко М.С.; за ред. Шостака В.П.; Проектування пропульсивної установки суден з прямою передачею потужності на гвинт. Навчальний посібник. – Миколаїв: УДМТУ, 2003. – 500 с., іл.
9. <https://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0240.nsf/AllWeb/58BBCDFC205B0328C125755F0038DDD>
10. <https://marine.mandieselturbo.com/two-stroke/project-guides>
- 11.6. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (1973 as amended by its protocol (MARPOL 73/78)
- 12.7. International Convention for the Safety of Life at Sea 1974 [Text]: SOLAS 74 (SOLAS 74).

					КР.135.6214м.01.04.ПЗ.00	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

13. International Safety Management Code (ISM Code). – version 06/01/2010
14. Significant Ships of 2013 [Текст]: / Editor Nick Savvides. – London, 2013. – 104p.
15. <https://www.man-es.com/marine/products/planning-tools-and-downloads/marine-engine-programme>

					КР.135.6214М.01.04.ПЗ.00	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		