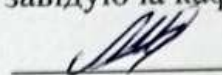


Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
Машинобудівний навчально-науковий інститут
Кафедра експлуатації суднових енергетичних установок та теплоенергетики

«Допущений до захисту»

В.О. завідувача кафедри, доцент

 Б.М. Личко

“ ” _____ 2024 р.

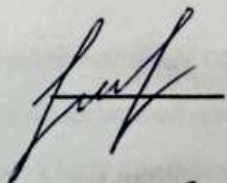
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»
ОПП 135 «Суднові енергетичні установки та устаткування»

Розробка заходів щодо зменшення викидів судна APL TEMASEK
у відповідності до діючих вимог ІМО

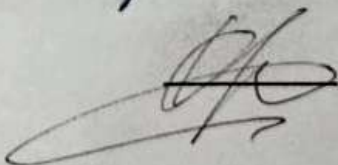
Галузь знань	13 МЕХАНІЧНА ІНЖЕНЕРІЯ
Спеціальність	135 Суднобудування
Освітня програма	Суднові енергетичні установки та устаткування

Виконав:



студент групи 6211мз
Саладзе Зураб

Керівник проєкту:



доктор техн. наук,
доцент, Коробко В.В.

Миколаїв – 2024

Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Машинобудівний навчально-науковий інститут

Кафедра експлуатації суднових енергетичних установок та теплоенергетики

Галузь знань 13 «Механічна інженерія», спеціальність 135 «Суднобудування»,
освітня програма «Суднові енергетичні установки та устаткування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.О. завідувач кафедри, доцент

 Б.М. Личко
“ ” 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Тема: Розробка заходів щодо зменшення викидів судна APL TEMASEK
у відповідності до діючих вимог ІМО

Виконавець: студент групи 6211МЗ Саладзе Зураб

ЗМІСТ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Анотація (державною та англійською мовами).

Вступ.

1. Аналіз характеристик базового судна та його ЕУ, на відповідність діючим вимогам ІМО. Обґрунтування шляхів модернізації.
2. Вибір і обґрунтування основних проектних рішень.
3. Розробка теплової схеми СЕУ. Проектування енергетичних комплексів.
4. Визначення основних параметрів систем СЕУ. Проектування та комплектація паливної системи.
5. Розробка системи заходів для забезпечення надійної експлуатації обладнання СЕУ.
6. Розробка розташування енергетичного обладнання на судні.
7. Технологічна розробка монтажу або ремонту елемента СЕУ: «монтаж і ремонт судових валопроводів»

Висновки.

Список використаних джерел інформації.

Додатки.

КР. ОПП 135. 6211мз. 10. ПЗ

Аркуш

2

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

За 20 днів до захисту текст ДП має пройти перевірку на відсутність плагіату.

Доповідь здійснюється у вигляді слайд - презентації.

Обсяг розрахунково-пояснювальної записки (РПЗ) : 90 - 120, формат аркушів А4. До РПЗ додаються один або більше примірників презентації докладу, формат аркушів А4 або А3 (графічний матеріал форматується при друкуванні). Презентація докладу, містить титульний лист з підписами, анотацію, графічні матеріали, 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 ДП)	Аркуші, формат А4
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	1-2
6	Плакати додаються в разі необхідності (кольорові або ч/б)	1-3

Консультанти розділів проекту.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	"Завдання видав"		"Завдання прийняв"	
		Підпис	Дата	Підпис	Дата

Тема КР затверджені наказом НУК

№ 1226-г2 від "15" 10 2024 року.

Завдання видано

"01" 10 2024 р.

Дата подання КР на кафедру

"07" 12 2024 р.

Завдання прийняв до виконання
студент групи 6211МЗ

Саладзе Зураб

Керівник кваліфікаційної роботи,
доктор технічних наук, доцент

Коробко В.В.

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

КР. ОПП 135. 6211МЗ. 10. ПЗ

Аркуш

3

Анотація

Випускна магістерська робота складається з пояснювальної записки обсягом 96 с. на аркушах формату А4 та восьми плакатів формату А1.

У першому розділі був проведений аналіз базового контейнеровоза APL TEMASEK та вимоги IMO, SOLAS-74, MARPOL 73/78 щодо донного виду судна.

У другому розділі проведено аналіз пропульсивного комплексу, та відповідність всім вище зазначеним вимогам.

У третьому розділі було виконано розробку та розрахунок теплової схеми. Проаналізовано головні споживачі електричної та теплової енергії та обрано комплектуюче обладнання.

У четвертому розділі виконано розробку схеми паливної системи та її проектування. Також було підібране обладнання за результатами розрахунків, визначені запаси робочої речовини.

У п'ятому розділі була проведена розробка систем заходів для забезпечення надійної експлуатації судна, а саме моніторинг якості палива, вдосконалення системи мащення. Також було запропоновано використання системи моніторингу стану корпусу судна.

У шостому розділі проведено аналіз розміщення енергетичного обладнання у машинному відділенні. Проаналізовано вимоги розміщення обладнання в МКВ судна. Розроблено креслення розміщення обладнання в МКВ судна.

У сьомому розділі була проведена технологічна розробка монтажу та ремонту судових валопроводів.

Ключові слова: валопровід, викиди NO_x, контейнеровоз, машинне відділення, моніторинг, монтаж, паливо, пропульсивний комплекс, рециркуляція вихлопних газів (EGR), селективне каталітичне відновлення (SCR), суднова енергетична установка.

					КР. ОПП 135. 6211мз. 10. ПЗ	Аркуш
						4
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Summary

The final master's thesis consists of an explanatory note of 96 pages on A4 sheets and eight A1 posters. In the first section the analysis of the basic container ship APL TEMASEK and requirements of IMO, SOLAS-74, MARPOL 73/78 concerning this type of vessel was carried out. In the second section, the analysis of the propulsive complex and compliance with all the above requirements. In the third section, the development and calculation of the thermal scheme was performed. The main consumers of electric and thermal energy are analyzed and the component equipment is selected. In the fourth section the development of the scheme of the fuel system and its design is performed. Equipment was also selected based on the results of calculations; stocks of working substance were determined. In the fifth section, systems of measures were developed to ensure the reliable operation of the vessel, namely fuel quality monitoring, improvement of the lubrication system. A hull monitoring system was also proposed. In the sixth section, an analysis of the location of power equipment in the engine room. The requirements for placing equipment in the vessel's EBR are analyzed. The drawing of placement of the equipment in EBR of the vessel is developed. In the seventh section, technological development of installation and repair of ship shafts was carried out. Based on the results of the work, the following significant conclusions were drawn.

Keywords: shaft line, NOx emissions, container ship, engine room, monitoring, installation, fuel, propulsion system, exhaust gas recirculation (EGR), selective catalytic reduction (SCR), ship power plant.

					КР. ОПП 135. 6211МЗ. 10. ПЗ	Аркуш
						5
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Завдання на виконання.....	2
Анотація.....	4
Зміст	6
Вступ.....	9
1. Аналіз характеристик базового судна та його ЕУ, на відповідність діючим вимогам ІМО. Обґрунтування шляхів модернізації.....	10
1.1 Загальна характеристика та призначення судна.....	10
1.2 Склад енергетичної установки (СЕУ) та показники основного енергетичного обладнання.....	13
1.3 Міжнародні вимоги до контейнеровозів.....	14
2. Вибір і обґрунтування основних проектних рішень.....	19
2.1 Аналіз параметрів ЕУ базового судна. Специфічні вимоги що до пульсивного комплексу (ІМО, та інші).....	19
2.2 Вибір та обґрунтування типу ГД, розгляд альтернативних варіантів комплектації. Вибір типу та схеми передачі потужності, вибір елементів суднової передачі, розрахунок елементів суднового валопроводу.....	20
2.3 Розрахунок елементів суднового валопроводу та вибір елементів суднової передачі.....	24
3. Розробка теплової схеми СЕУ. Проектування енергетичних комплексів.....	28
3.1 Розробка та розрахунок теплової схеми та схеми утилізації скидної теплоти.....	28
3.2 Аналіз головних споживачів електричної та теплової енергії на судні та вибір можливих схем вироблення електричної та теплової енергії.....	30
3.3 Вибір комплектуючого обладнання СЕС.....	31
4. Визначення основних параметрів систем СЕУ. Проектування та комплектація паливної системи.....	34
4.1 Розробка принципової схеми паливної системи.....	34
4.2 Аналіз системи рециркуляції вихлопних газів.....	39

					КР. ОПП 135. 6211мз. 10. ПЗ	Аркуш
						6
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

4.3 Визначення запасів робочих речовин.....	47
5. Розробка системи заходів для забезпечення надійної експлуатації обладнання СЕУ.....	49
5.1 Моніторинг якості палива.....	49
5.2 Методи та алгоритми прогнозування сумісності та стабільності палива	54
5.3 Заходи з моніторингу стану корпусу судна.	57
6. Розробка розташування енергетичного обладнання на судні.....	65
6.1 Вимоги до розміщення обладнання в МКВ судна	69
6.2 Розробити креслення розміщення обладнання СЕУ в МКВ.....	72
7. Технологічна розробка монтажу і ремонту судових валопроводів.....	74
7.1 Технологічні бази для монтажу валопроводів	74
7.2 Монтаж основних вузлів валопроводу.....	77
7.3 Центрівка та монтаж валопроводів.....	83
7.4 Ремонт судових валопроводів.....	87
Висновки.....	94
Список використаних джерел інформації.....	95
Додаток.....	97

Перелік скорочень

АДГ – аварійний дизель-генератор;
НFO – важке паливо;
ГФК – гвинт фіксованого кроку;
ДВЗ – двигун внутрішнього згоряння;
ДГ – дизель-генератор;
ДК – допоміжний котел;
ЕГ – електро-генератор;
LNG – зріджений природний газ;
КBT – коефіцієнт використання теплоти;
ККД – коефіцієнт корисної дії;
МОД – мало обертовий двигун;
МКВ – машинно-котельне відділення;
ІМО – Міжнародна морська організація;
MDO – морське дизельне паливо;
ОУ – опріснювальна установка;
ПНBT – паливний насос високого тиску;
ПТД – первинний тепловий двигун;
EGR – рециркуляція вихлопних газів;
SCR – селективне каталітичне відновлення;
СЕУ – суднова енергетична установка;
ТД – тепловий двигун;
ЦПГ – циліндро-поршнева група.

					КР. ОПП 135. 6211мз. 10. ПЗ	Аркуш
						8
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Вступ

Завданням ДП проекту є розробка заходів щодо зменшення викидів судна шляхом встановлення систем рециркуляції відхідних газів та SCR для того щоб судно відповідало стандартам Tier III.

В роботі визначені показники ефективності судна та проведено аналіз параметрів судового двигуна. Розроблені заходи для зменшення шкідливих речовин у відхідних газах, проведений аналіз відповідності судна вимогам конвенцій ІМО та розглянути системи автоматизації обладнання ЕУ. Технологічна частина присвячена ремонту та монтажу валопроводу.

Метою науково-прикладного дослідження в ДР є визначення та обґрунтування шляхів вдосконалення СЕУ до рівня діючих вимог ІМО в частині зменшення викидів: SO_x та NO_x.

Задачі дослідження:

- Провести аналіз енергетичної установки базового судна до діючим вимогам ІМО;
- Запропонувати методи зменшення емісії SO_x та NO_x в СЕУ;
- Провести аналіз та обґрунтувати вибір технічних рішень що до модернізації СЕУ базового судна;
- Оцінити потенціал теплових викидів модернізованої СЕУ;
- Провести оцінку ефективності запропонованих технічних рішень.

Об'єктом дослідження є системи зменшення викидів NO_x та SO_x

Предметом дослідження є параметри процесів в системі очищення палива сепаратором перед подачею його в головний двигун

Предметом дослідження є параметри процесів в системі очищення відхідних газів двигунів СЕУ

Методи дослідження: системний аналіз, математичне моделювання та синтез нових технічних рішень

					КР. ОПП 135. 6211мз. 10. ПЗ	Аркуш
						9
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

					КР.135.6211мз.10.ПЗ.01			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Аналіз характеристик базового судна та його ЕУ, на відповідність діючим вимогам ІМО. Обґрунтування шляхів модернізації	Літ.	Аркуш	Аркушів
Студент	Саладзе З.							
Керівник	Коробко В.В.							
Заф.каф.								

1. Аналіз характеристик базового судна та його ЕУ, на відповідність діючим вимогам ІМО. Обґрунтування шляхів модернізації

1.1. Загальна характеристика та призначення судна

APL Temasek - перший із серії 10 13 900 TEU контейнеровозів, потужністю 62 030 кВт, замовлених компанією Neptune Orient Lines (NOL). Судно, побудоване на Hyundai Samho Heavy Industries Co., Ltd (HSHI) є одним з найбільших і найбільш екологічно чистих суден, побудованих для флоту OL, який був доставлений у березні.

Судно має кілька нововведень що підвищують операційну ефективність. Наприклад, його S-тип довгоходовий головний двигун оснащений електронним впорскуванням палива, який оптимізований для роботи при різних навантаженнях. Крім того, його спеціально розроблений нос і ширший корпус підвищили ефективність роботи на різних швидкостях, особливо для повільного випуску пару. З цим дизайном, він здатний приблизно на 20% покращити економію палива. Від 20% до 30% за TEU для діапазону швидкостей 15-18 вузлів, порівняно з попередніми конструкціями. Споживаючи менше палива, ця нова серія кораблів також викидає менше викидів вуглецю. Його паливна ефективність, вимірюється EEDI, сертифікована як на 33% краще, ніж керівні принципи, встановлені Міжнародною морською службою Організація (IMO). DNV також перевірила результати що показує, що судно також підтримує з 3 фазу необхідних значень EEDI.

Головний двигун MAN Diesel & Turbo B&W 11S90ME-C9.2, потужність якого становить 62 030 кВт, з максимальною потужністю 22,60 вузлів.

					КР135.6211мз.10.ПЗ.01	Аркуш
						10
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



Рис. 1.1 Контейнеровоз APL TEMASEK

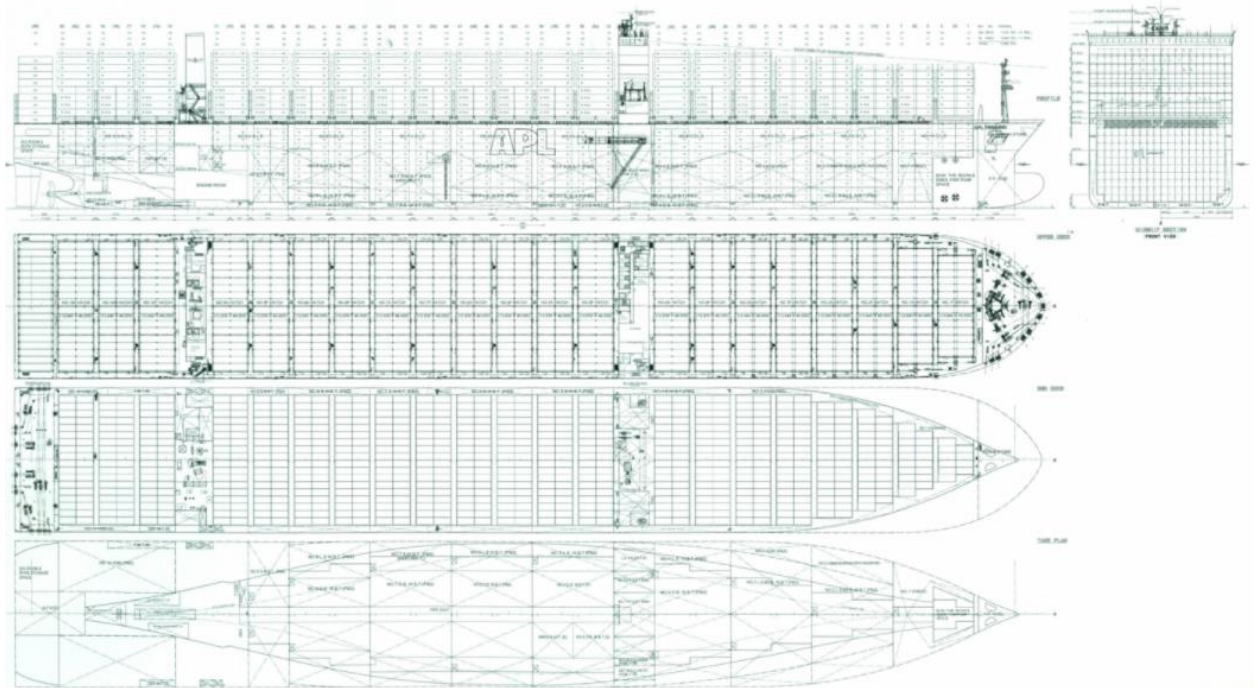


Рис. 1.2 Вид лівий борт та план палуби контейнеровоза APL TEMASEK

					КР135.6211мз.10.ПЗ.01	Аркуш
						11
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1. Основні характеристики контейнеровоза APL TEMASEK

Назва характеристики	Значення, примітки
Повна довжина, м	368.82
Довжина між перпендикулярами, м	352
Максимальна ширина судна, м	51
Висота судна:	
- до головної палуби, м	29.85
- до верхньої палуби, м	29.85
Осадка:	
- повна, м	15.50
- конструктивна, м	14.50
Дедвейт:	
- dwt	134,362
Вантажомісткість	
- TEU	169423
Об'єм паливних цистерн:	
- дизельне паливо, м ³	2517
- важке паливо, м ³	11673
Швидкість	
- експлуатаційна, вуз	22.60
Щоденне споживання палива	
- тільки головний двигун, т/добу	217
Рушій:	
Матеріал	Нікель-алюміній-бронза
Кількість	1
Діаметр, мм	9900
Тип	Фіксованого кроку
Назва характеристики	Значення, примітки
Швидкість, об/хв	83
Обладнання для швартування:	

Кількість	10
Виробник	Aker
Тип	Електрогідравлічні
Система контролю баласту:	
Виробник	Hyundai Heavy Industries
Склад команди	
Команда, чол	13
Система пожежної сигналізації:	
Виробник	Consilium
Система пожежогасіння:	
Машинне відділення	NK/CO ₂
Каюти / Місця загального користування	Переносний вогнегасник/морська вода

1.2. Склад енергетичної установки (СЕУ) та показники основного енергетичного обладнання

До складу СЕУ входять: головний малообертовий двигун MAN Diesel & Turbo B&W 11S90ME-C9.2, 4 дизель-генератори HHI-EMD/9H32/40, та один допоміжний котел Kangrim.

На судні встановлено головний двигун фірми MAN Diesel & Turbo B&W 11S90ME-C9.2, потужність якого становить 62030 кВт, при частоті обертання 83 об/хв.

Двотактний, крейцкопфний, реверсивний. Має сталеву цілісну сервісну фундаментну раму, яка приєднується до набору корпусної супи шестимісними фундаментальними і двомісними торцевими болтами.

Поперечні опори фундаментальної рами - сталеві літі в кількох одиниць, які стають тонкостінними вкладами, залитими білим металом.

Упорний підшипник вбудований в відсік приводів, розташований в кормі.

					КР135.6211мз.10.ПЗ.01	Аркуш
						13
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Сток масла в циркуляційній цистерні здійснюється через отвір в піддоні фундаментної рами задньої частини двигуна.

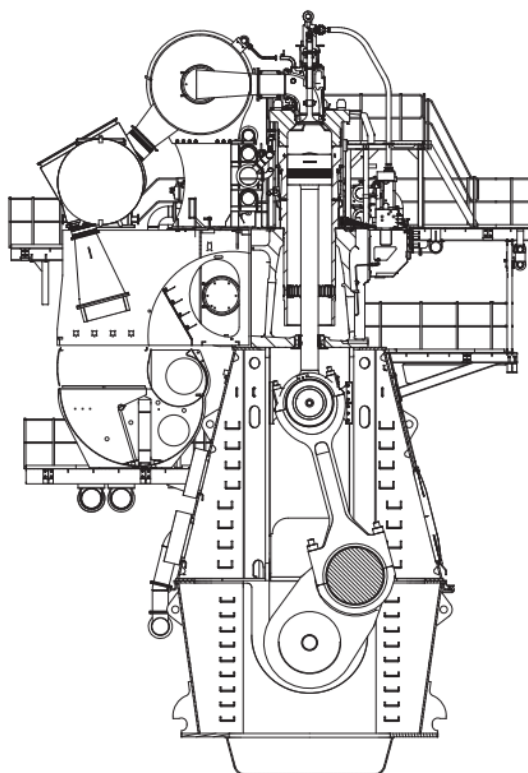


Рис. 2.1 MAN Diesel & Turbo B&W 11S90ME-C9.2

Тип	Дизельний двигун
Кількість	1
Фірма-будівник	HHI-EMD
Марка двигуна	11S90ME-C9.2
Ефективна потужність	62030 кВт
Частота обертання вала	83 об/хв
Діаметр циліндра	0,90 м

1.3. Вимоги ІМО до контейнеровозів

Знак можливості перевезення контейнерів міжнародного зразка. Якщо судно, що не має в символі класу словесної характеристики Container ship – контейнеровоз, пристосоване для перевезення вантажу в контейнерах міжнародного зразка на палубі і/або у визначених трюмах, то до основного символу кла-

					КР135.6211мз.10.ПЗ.01	Аркуш 14
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

су судна додається знак CONT, при цьому в дужках зазначається місце розташування контейнерів (deck) (cargo hold (s) №...) (для суден, що не здійснюють міжнародні рейси (палуба) (трюм (и) №...)).

Глава IX. Управління безпечною експлуатацією суден була прийнята на конференції по СОЛАС 24 травня 1994 року в Лондоні.

Вона передбачає впровадження і застосування Міжнародного кодексу з управління безпечною експлуатацією суден і запобігання забрудненню (МКУБ), або International Safety Management Code (ISM Code), Резолюція А. 741 (18). Цей Кодекс є одним з найбільш важливих нормативних документів з управління безпекою мореплавства, прийнятих ІМО. МКУБ почав діяти з 1 липня 1998 роки всіх пасажирських суден, нафтових балкерів, газовозів, балкерів-хімовозів, балкерів і вантажних високошвидкісних суден водотоннажністю (більше 500 grt). Для всіх інших судів положення МКУБ обов'язкові з 1 липня 2002 року.

Починаючи з цієї дати всі компанії, що управляють судами, повинні мати Документ про відповідність (Document of Compliance), і копія цього документа повинна бути на борту кожного судна, керованого цією компанією. Кожне судно повинно мати Сертифікат безпечного управління (Safety Management Certificate).

Компанія-оператор і судно повинні повністю відповідати вимогам МКУБ. Вищевказані свідоцтва підтверджують, що дії компанії і її методи управління на судні здійснюються відповідно до схваленої державою прапора системою управління безпекою компанії (СУБ компанії). ІМО визначає компанію як судновласника або особа, яка приймає на себе відповідальність за експлуатацію судна. ІМО заявляє, що МКУБ є попереджувачим документом, спрямованим на те, щоб невідповідності, які можуть так чи інакше вплинути на безпеку на морі, повинні бути заздалегідь виявлені і зроблені дії, що попереджають їх розвиток.

					КР135.6211мз.10.ПЗ.01	Аркуш
						15
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Сертифікацію компаній і видачу документів про відповідність кодексу проводять урядові або неурядові організації, визнані державами, наприклад, кваліфікаційні суспільства.

Наявність Документа про відповідність МКУБ дозволяє компанії заявити про себе як про відповідну високим міжнародним стандартам, що відбивається на фрахтових ставках і значно підвищує авторитет у страхових компаній.

МКУБ націлений на забезпечення безпеки на морі, запобігання людського травматизму або жертв, щоб уникнути шкоди навколишньому середовищу, особливо морської, і майну.

Кодекс наказує: «Кожна компанія повинна розробляти, втілювати в життя і підтримувати системи управління безпекою (СУБ)». У той же час кодекс не диктує компаніям, як справлятися зі своїм бізнесом, це їхня справа - розписати свою діяльність відповідно до кодексу. «Пишіть, що робити, і робіть, що пишете» - проста істина.

У МКУБ (ISM Code) зазначено: компанія повинна забезпечити, щоб капітан мав належну кваліфікацію, щоб судно було повністю укомплектовано кваліфікованими, що мають відповідні сертифікати і придатними у медичному відношенні моряками, відповідно до національних та міжнародних вимог.

В Системі безпечного управління, яка застосовується на судні, має бути зазначено, що капітан має надзвичайні повноваження, відповідальність і свободу дій щодо рішень, які він вважає найкращими в інтересах безпеки пасажирів, екіпажу, судна, вантажу та попередження забруднення навколишнього середовища. Важливо, щоб компанія призначала капітанів, які мають необхідний рівень підготовки, визнаний міжнародний диплом, компетентних в командуванні відповідними типами судів.

Застосування МКУБ безумовно знизить кількість пригод на морі. Відсутність сертифікації по МКУБ автоматично переводить судноплавну компанію в розряд аутсайдерів. Вона випаде з міжнародного судноплавства, не підтвердивши якість своїх послуг і відповідність стандартам безпеки. Гасло «No code - no trade» стає дійсністю.

					КР135.6211мз.10.ПЗ.01	Аркуш
						16
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таким чином, МКУБ є не тільки переліком вимог щодо вимірювання морським судам і їх екіпажам, а й передбачає оцінку готовності їх до виконання функціональних обов'язків як в повсякденних умовах, так і в екстремальних ситуаціях.

МКУБ служить для:

- встановлення міжнародного стандарту управління експлуатацією суден;
- забезпечення безпеки на морі;
- запобігання нещасним випадкам або загибелі людей;
- запобігання забрудненню навколишнього середовища.

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

Цілями обов'язкового виконання вимог МКУБ є забезпечення:

- відповідності обов'язковим нормам і правилам, що стосуються управління безпекою суден і охороною навколишнього середовища;
- Ефективного впровадження та контролю за їх дотриманням з боку Держави прапора.

Цілі Компанії з управління безпекою повинні, серед іншого:

- забезпечувати безпечну практику при експлуатації суден і безпечні для людини умови праці;
- забезпечити захист від усіх виявлених ризиків;
- постійно покращувати навички берегового і суднового персоналу з управління безпекою, включаючи готовність до аварійних ситуацій

Правило 5

Укладання і кріплення

5. Контейнери не повинні завантажуватися понад максимальну ваги бруто, зазначеного на табличці про допущення по умовам безпеки, згідно з Міжнародною конвенцією з безпеки контейнерів (КБК).

					КР135.6211мз.10.ПЗ.01	Аркуш 17
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Правило 16 Пасажирські судна, що перевозять вантажні транспортні засоби і супроводжуючий персонал

При застосуванні правила II-1/8 проникність вантажних приміщень, призначених для розміщення вантажних транспортних засобів і контейнерів, повинна встановлюватися виходячи з найгірших умов експлуатації, шляхом розрахунків, в яких передбачається, що вантажні транспортні засоби та контейнери не є водонепроникними і їх проникність приймається рівною 65. Для суден, зайнятих спеціалізованими перевезеннями, може застосовуватися фактична величина проникності контейнерів і вантажних транспортних коштів. Однак проникність вантажних приміщень, в яких перевозяться транспортні засоби та контейнери, ні в якому разі не повинна прийматися менше 60.

					КР135.6211мз.10.ПЗ.01	Аркуш
						18
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

					КР.135.6211мз.10.ПЗ.02			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вибір і обґрунтування основних про- ектних рішень	Літ.	Аркуш	Аркушів
Студент	Саладзе З.							
Керівник	Коробко В.В.							
Заф.каф.								

2. Вибір і обґрунтування основних проектних рішень

2.1. Аналіз параметрів ЕУ базового судна. Специфічні вимоги що до пульсивного комплексу (ІМО, та інші).

Згідно з новими вимогами ІМО запропоновано новий склад суднової енергетичної установки.

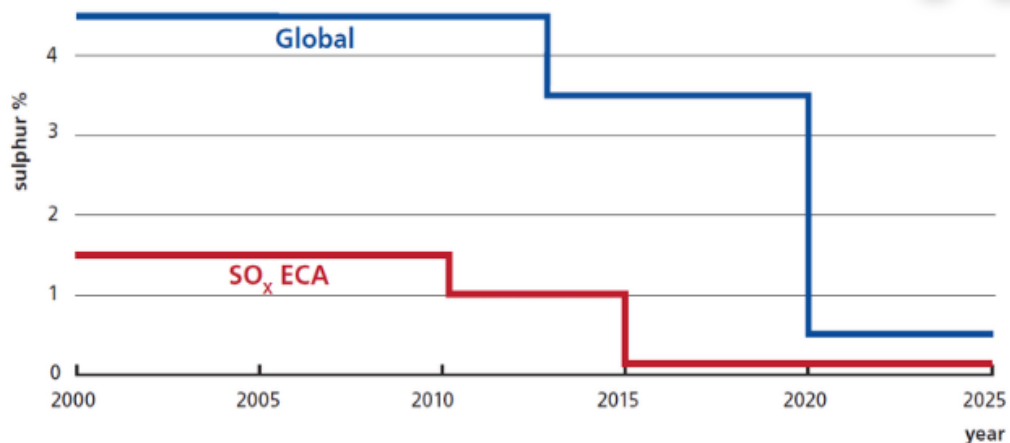


Рис. 2.1 Обмеження викидів від суднових двигунів

Регламенти ІМО рівня III вимагають скорочення викидів оксиду азоту (NO_x) приблизно на 76% порівняно з двигуном першого рівня. Ліміти викидів NO_x NOO застосовуються до всіх двигунів і залежать від максимальної робочої швидкості двигуна (n, об / хв). Рівень I та II рівень - глобальні вимоги, тоді як стандарти рівня III застосовуються лише до існуючих діючих областей контролю викидів (ECA) для NO_x (рис. 2.1)

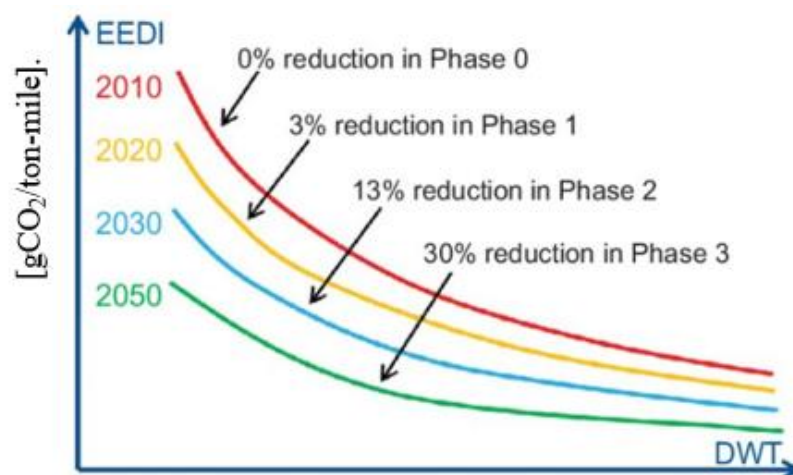


Рис. 2.2 Графік обмеження викидів від суднових двигунів

2.2. Вибір та обґрунтування типу ГД, розгляд альтернативних варіантів комплектації. Вибір типу та схеми передачі потужності, вибір елементів суднової передачі, розрахунок елементів суднового валопроводу.

На судно запропонований новий варіант головного двигуна фірми MAN B&W 11G90ME-C10.5.

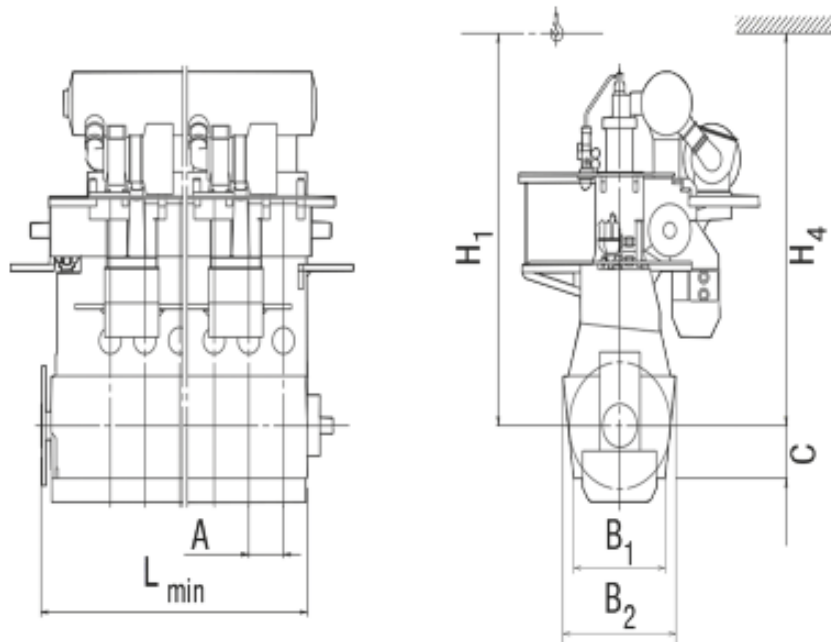


Рис. 2.3 Двигун MAN B&W 11G90ME-C10.5-

Таблиця 2.1 Розміри двигуна MAN B&W 11G90ME-C10.5-EcoEGR

A	1490 mm
B	5110 mm
C	1885 mm
Lmin	19530 mm
H1	14425 mm
H4	13975 mm

Маса двигуна розраховується відповідно до номінальних розмірів креслень, в т.ч. турбокомпресори та охолоджуючі повітроохолоджувачі (вказані для R1), трубопроводи і платформи, але без масла / води. Розміри приведені в мм для двигунів номінальної шкали R1 без системи підвищення ефективності та допуску бл. ± 10 мм.

Стандартну висоту демонтажу поршня, як показано на ескізі, можна зменшити за допомогою спеціальних інструментів та / або нахилоного підйому поршня.

Дані на цій сторінці є лише орієнтирами на початковій стадії проекту та не є обов'язковими.

Таблиця 2.2 Розгорнуті данні МОД 11G90ME-C10.5 та його систем

Тип	Дизельний двигун
Кількість	1
Фірма-будівник	MAN B&W
Марка двигуна	11G90ME-C10.5-EcoEGR
Ефективна потужність	62030 кВт
Частота обертання вала	83 об/хв.
Діаметр циліндра	0,90м
Турбокомпресор	2 x MAN TCA88-2
Охолоджувач повітря	2 x 340 m³/h
Відповідність викидів NOx	IMO Tier II
Параметри	SCR
Відповідність викидів NOx	IMO Tier III
Тип гвинта	Фіксований крок
Система резервуарів	
Розширювальний бак для прісної води	1.0 m³
Основний луб.резервуар для зливу масла	60 m³
Луб.масловідділювач	2 x 3733 l/h
Сепаратор мазуту	9340 l/h
НFO-нагрівач	560 kW
Вихлопний газ та повітряний потік	
Вихлопний газ, масовий потік	382.6 t/h
Вихлопний газ, температура	243 °C
Щільність вихлопних газів	0.654 kg/m³
Очищають повітря, масовий потік	375.4 t/h

Система охолодження		
Центральний охолоджувач, тепло- віддача	45950 kW	
SAC, тепловіддача	18780 kW	
Охолоджувач циліндра, тепловідда- ча	6960 kW	
Луб. охолоджувач масла, відведення тепла	4160 kW	
Запуск повітряної системи		
Кількість стартів	12	
Відн. вказана інерція вала (J-tot / J- Eng)	2.00	
Інерція двигуна (J-Eng)	384886 kgm ²	
Повітряний компресор (30 бар)	1 x 990 m ³ /h	
Повітряний ресивер (30 бар)	2 x 16.5 m ³	
Ємності призначені лише для двигуна і без карданного валу. Інерція двигу- на задана для двигуна без демпфера і передньої частини диску на колінчас- тому валу, але включає найменший маховик.		
Споживання олії		
Система споживання масла на цилі- ндр	Min. 0.6 g/kWh	
Насоси		
Насоси	Мінімальна по- тужність	Подача *
Пальне, мазут	28.4 m ³ /h	6.0 bar
Бустер мазуту	15.9 m ³ /h	4.0 bar
Масило	980 m ³ /h	4.5 bar
Морська вода	2250 m ³ /h	2.0 bar
Різниця тиску в насосі (кінцева головка подачі) повинна відповідати факти- чній схемі трубопроводів. Інші потужності не враховують інших компоне-		

					КР.135.6211мз.10.ПЗ.02	Аркуш 22
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

нти, ніж сам двигун.

Система LO, за винятком тепла та потоку масла для демпфера. Припускається втрата тиску в системі 2,4 бар.

З ціллю задовільнити вимоги IMO щодо зменшення викидів NOx двигун обладнаний системою EGR та SCR.

Технологія селективного каталітичного відновлення

Селективне каталітичне відновлення (SCR) це метод обробки, який використовує каталізатор (аміак у вигляді сечовини) для зменшення NOx, що утворюється в процесі горіння. Вона не тільки дозволяє піклуватися про навколишнє середовище, а й відрізняється найвищою рентабельністю та економічністю. Таким чином, дана система допомагає досягти одразу двох цілей – відповідності міжнародним нормам та забезпечення найбільш вигідних умов експлуатації та окупності.

Рециркуляція вихлопних газів

Рециркуляція вихлопних газів (EGR) - це процес, коли частина вихлопних газів (близько 30-40%) перенаправляється на впускну сторону двигуна і згодом знову надходить у циліндри. Відпрацьовані гази з рециркуляцією зменшують вміст кисню (O₂) і збільшують концентрацію вуглекислого газу (CO₂) у повітрі, що надходить. Як наслідок, пікова температура горіння значно знижується за рахунок зменшення O₂ та більш високої питомої теплоти CO₂ у повітрі для горіння, що призводить до зменшення утворення NOx. Недоліками цього процесу є зниження ефективності згоряння та збільшення викидів твердих частинок.

					КР.135.6211мз.10.ПЗ.02	Аркуш
						23
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2.3. Розрахунок елементів суднового валопроводу.

Судно має пряму передачу потужності від головного двигуна на гвинт фіксованого кроку. Валопровід підводить потужність до рушія, сприймає упор, створений гребним гвинтом, і передає його через головний упорний підшипник корпусу судна, забезпечуючи його рух. Встановлений гребний гвинт фіксованого кроку виготовлений зі сплаву нікелю-алюмінію та бронзи діаметром 7100 мм. Частота обертання 96 об/хв., співпадає з частотою обертання головного двигуна, тому застосовується пряма передача.

Вали з'єднуються між собою та з валом двигуна за допомогою фланців і щільно пригнаних болтів. Проміжний вал виготовлений з вуглецевої сталі, гребний вал – зі сталі категорії міцності КМ-25 ($\sigma_v = 480$ МПа), проміжний вал – КМ-23 ($\sigma_v = 440$ МПа).

Початковими даними для визначення діаметрів валів є:

- експлуатаційна потужність ГД, $P = N_e^{ДЕМ} = 62030$ кВт;
- розрахункова частота обертання валів, $n = 83$ хв⁻¹,

Найменший допустимий діаметр проміжного валу:

$$d_{пр} = F \cdot \sqrt[3]{\frac{P}{n}} = 100 \sqrt[3]{\frac{62030}{83}} = 907 \text{ мм},$$

де F – коефіцієнт; для ДУ з прямою передачею потужності $F = 100$.

З урахуванням категорії льодового підсилення найменший допустимий діаметр проміжного вала:

$$d_{пр}^* = 1,08 \cdot d_{пр} = 1,08 \cdot 907 = 979.56 \text{ мм}.$$

					КР.135.6211МЗ.10.ПЗ.02	Аркуш
						24
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Мінімальний розрахунковий діаметр гребного вала:

$$d_{\text{гр}} = 100 \cdot k \cdot \sqrt[3]{\frac{P}{n}} = 100 \cdot 1,22 \cdot \sqrt[3]{\frac{62030}{83}} = 1107 \text{ мм},$$

де $k = 1,22$ – коефіцієнт для безпечної роботи з гребним гвинтом.

З урахуванням категорії льодового підсилення цей діаметр визначається як:

$$d_{\text{гр}}^* = 1,15 d_{\text{гр}} = 1,15 \cdot 1107 = 1273 \text{ мм}.$$

За результатами розрахунків прийняті такі значення діаметрів валів:

проміжних – 907 мм;

гребного – 1107 мм.

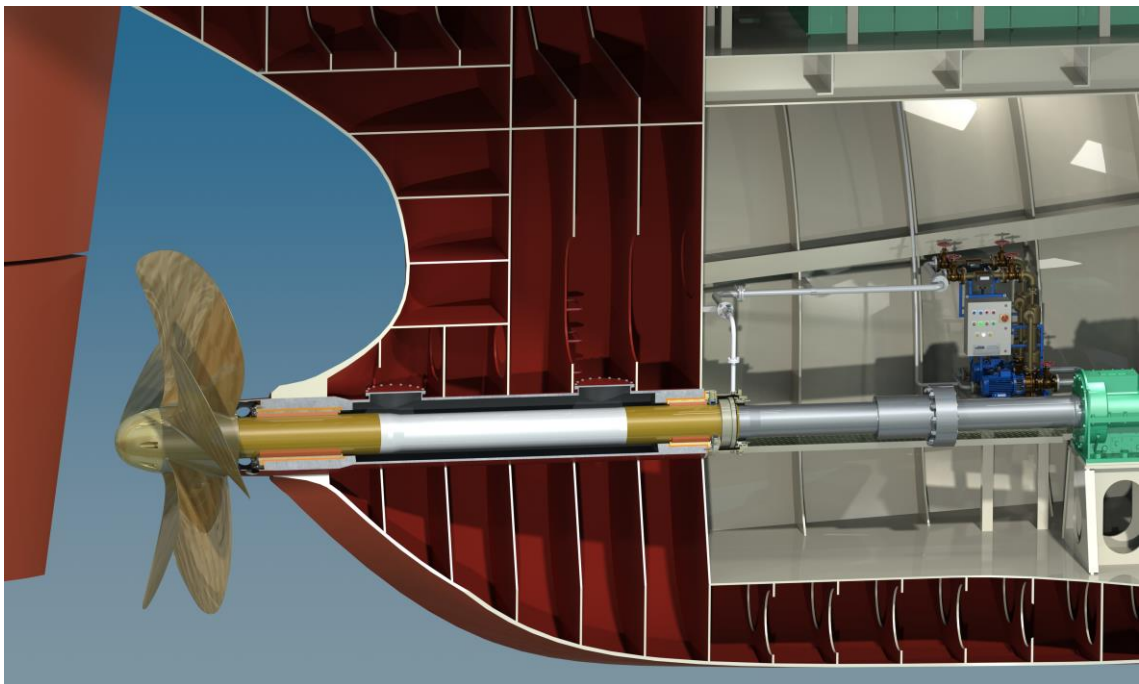


Рис. 2.4 Схема кормової частини валопроводу

					КР.135.6211мз.10.ПЗ.02	Аркуш 25
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Пряма передача:

Даний тип передачі не забезпечує трансформацію крутного моменту і частоти обертання ГД, а також не дозволяє пристосувати ГЕУ до мінливих умов плавання (в разі застосування ВФШ). Ці особливості зумовлюють недоліки СДУ з прямою передачею:

- відхилення частоти обертання ГД від оптимальної для гвинта знижує Пропульсивну ККД $\eta_{пр}$; так, наприклад, на великотоннажних судах з прямою передачею частота обертання МОД може на 20 ... 30 хв-1 перевищувати оптимальне значення частоти обертання гвинта ($n_{гд} = 105 \dots 110$ при $n_{ворт} = 80 \dots 85$ хв-1), що знижує $\eta_{пр}$ на 5 ... 8%;
- складність приводу допоміжних механізмів - валогенератора, насосів та ін. Від ГД.

Перевагою ГЕУ з прямою передачею є:

- конструктивна простота і висока надійність передачі;
- високий ККД передачі (0,98 ... 0,99), частково компенсує можливе зниження пропульсивного ККД;
- можливість роботи ГД на високов'язких сортах палива;
- невелика витрата масла ГД;
- великий ресурс ГД.

До складу прямої передачі входять муфти, підшипники і валопровод. За конструктивним виконанням муфти можуть бути жорсткими і пружними.

					КР.135.6211мз.10.ПЗ.02	Аркуш
						26
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

За призначенням розрізняють наступні муфти: з'єднувальні, сполучно-роз'єднувальні, вмикати і вимикати під час роботи і на стоянці; комбіновані, що мають пружні з'єднувальні елементи і сполучно-роз'єднувальний ланка.

Потужні крейцкопфні дизелі зазвичай з'єднуються з валопровадами за допомогою жорстких фланцевих муфт.

Установка пружних муфт в прямих передачах визначається наступними причинами - це:

- з'єднання валопроводу з ГД, встановленим на амортизаторах;
- зменшення навантажень на елементи валопроводу і колінчастий вал при деформаціях корпусу судна;
- полегшення центрівці двигуна і валопроводу;
- часткове демпфірування крутильних колива.

					КР.135.6211мз.10.ПЗ.02	Аркуш
						27
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

					КР.135.6211мз.10.ПЗ.03				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Студент	Саладзе З.				. Розробка теплової схеми СЕУ. Проектування енергетичних комплексів		Літ.	Аркуш	Аркушів
Керівник	Коробко В.В.								
Заф.каф.									

3. Розробка теплової схеми СЕУ. Проектування енергетичних комплексів

3.1. Розробка та розрахунок теплової схеми та схеми утилізації

скидної теплоти.

Теплова схема розроблена у відповідності до складу СЕУ з урахування потреб СЕУ та судна в тепловій енергії. Передбачена утилізація теплових викидів ГД, ДГ.....

Розрахунок теплових потоків ГД виконувався з використанням онлайн сервісу CEAS....

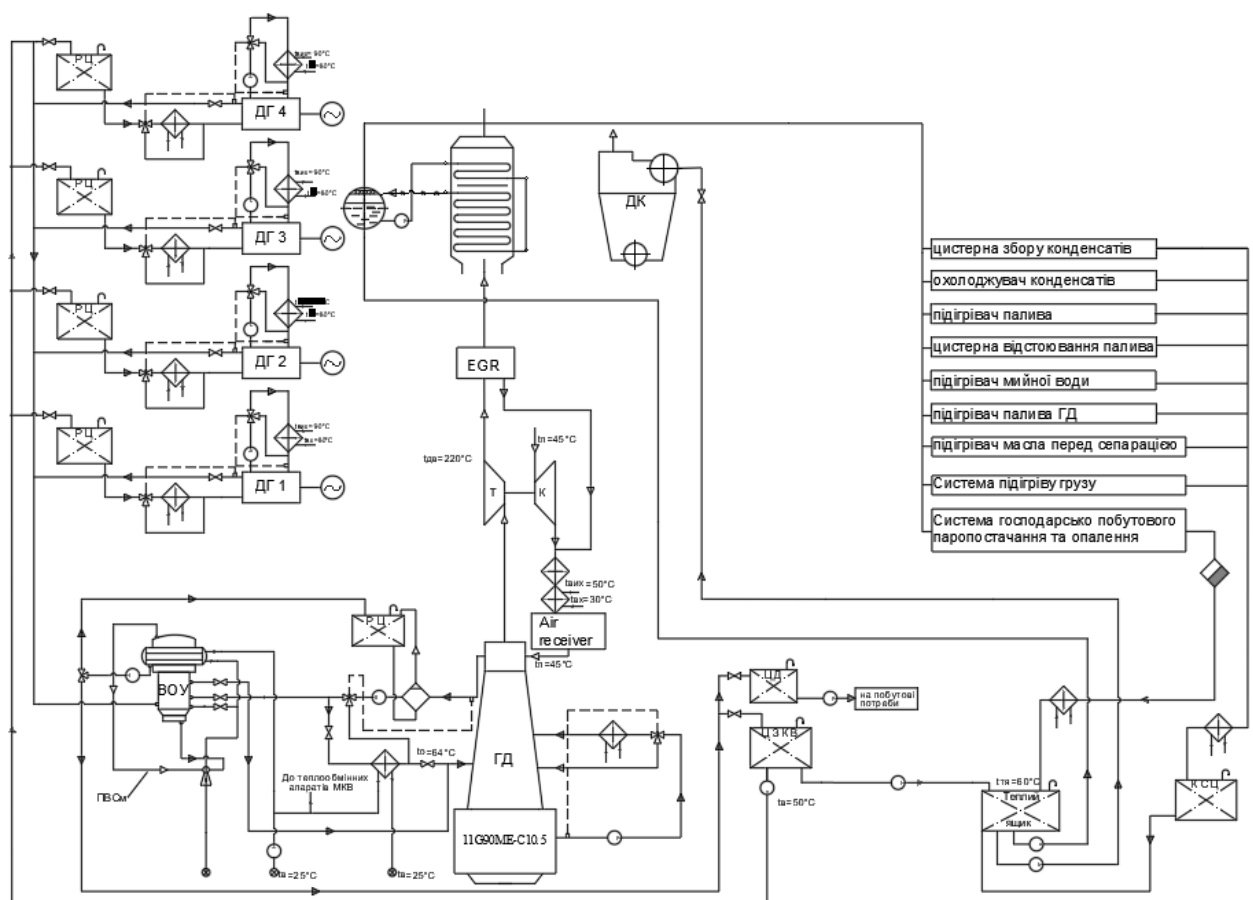


Рис 3.1 Теплова схема контейнеровоза APL TEMASEK

Тепловий аналіз головного двигуна на важкому паливі

Таблиця 3.1 Потіки енергії ГД для Tier II

%	Power,	Q_i ,	$Q_{нп}$,	Q_{EGR} ,	$Q_{пр.в}$,	Q_m ,	Q_r ,
	кВт	кВт	кВт	кВт	кВт	кВт	кВт
100	62030	118308	18180	8290	6050	3970	26945
95	58929	111275	17040	7880	5830	3810	25344
90	55827	104557	15920	7480	5600	3650	23814
85	52726	98061	14820	7090	5380	3490	22334
80	49624	91232	12920	7100	5150	3340	20779
75	46523	84648	11140	7020	4930	3200	19279
70	43421	78283	9830	6290	4700	3050	17830
65	40320	72262	8630	5630	4480	2910	16458
60	37218	66923	7660	5110	4250	2770	15242
55	34117	61590	6680	4580	4030	2630	14028
50	31015	56285	5700	4050	3810	2490	12819
45	27914	51054	4410	4090	3580	2350	11628
40	24812	45763	3260	3990	3360	2220	10423
35	21711	40404	2250	3770	3130	2070	9202
30	18609	34941	1820	4150	2910	1930	7958

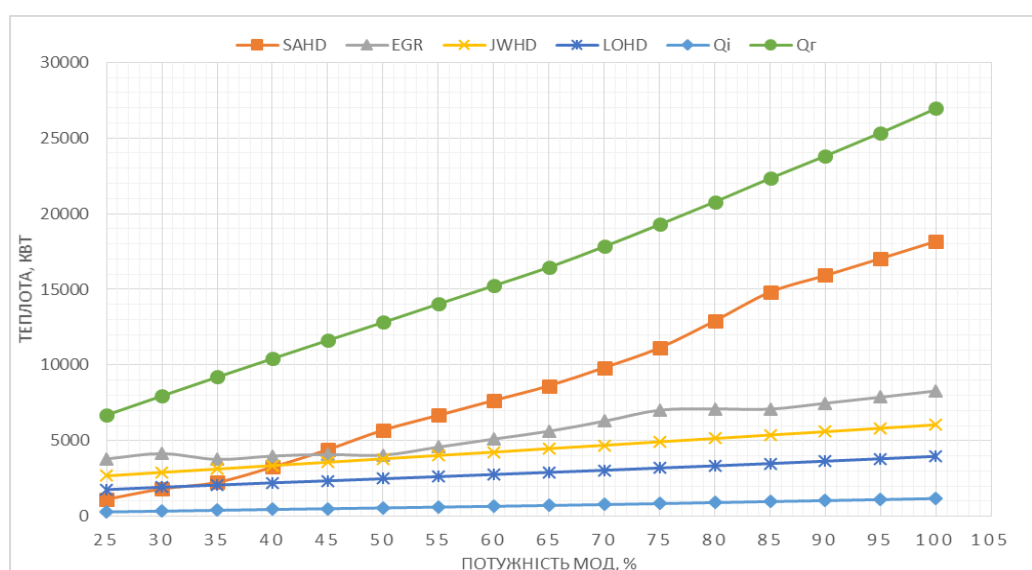


Рис.3.2 Теплові потоки ГД в залежності від навантаження для Tier II

Таблиця 3.2 Потoki енергії ГД для Tier III

%	Power,	Q_i ,	Q_{HP} ,	Q_{EGR} ,	$Q_{пр.в.}$,	Q_m ,	Q_r ,
	кВт	кВт	кВт	кВт	кВт	кВт	кВт
100	62030	121251	14430	19500	6200	4070	27616
95	58929	114071	12970	18410	5970	3900	25980
90	55827	107205	11600	17360	5740	3740	24417
85	52726	100563	10300	16320	5510	3580	22904
80	49624	94470	9000	16230	5280	3430	21516
75	46523	88511	7810	16000	5050	3280	20159
70	43421	82403	6860	14900	4820	3130	18768
65	40320	76566	5970	13870	4590	2980	17439
60	37218	70896	5130	12840	4360	2840	16147
55	34117	65232	4310	11780	4130	2700	14857
50	31015	59595	3530	10670	3900	2550	13573
45	27914	53902	2730	9720	3670	2410	12277
40	24812	48177	2010	8700	3440	2270	10973
35	21711	42413	1360	9090	3210	2130	9660
30	18609	36574	890	7990	2980	1970	8330

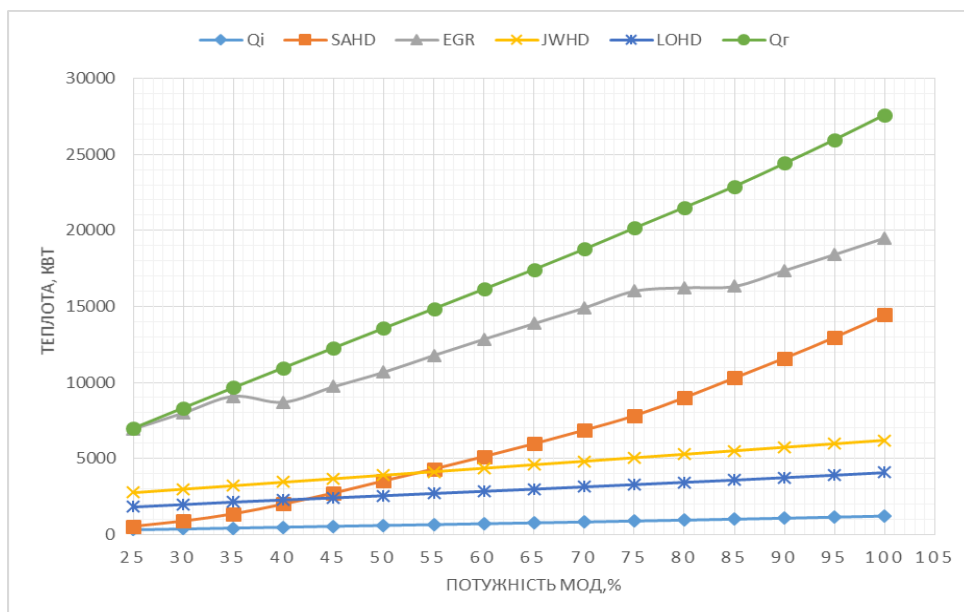


Рис.3.3 Теплові потоки ГД в залежності від навантаження для Tier III

3.2. Аналіз головних споживачів електричної та теплової енергії на судні.

Основне джерело електроенергії: 4 дизель-генератори HHI-EMD / 2х 9Н32/40, 2х 8Н32/40 потужністю 4500кВт х 720 об.хв., 4000кВт х 720 об.хв..

Для контролю роботи дизель-генераторів і розподілу електроенергії передбачається головний розподільчий щит (ГРЩ) з пристроями автоматизації електростанції та системою керування.

На ходовому режимі судна використовується два дизель-генератора.

На стоянковому режимі судна використовується три дизель-генератора.

Аварійне джерело електроенергії: один дизель-генератор DI16 фірми Scania CV AB, Industrial & Marine Engines, потужністю 588 кВт, з частотою 60 Гц.

Аварійний дизель генератор запускається автоматично й приймає навантаження після втрати електроживлення від основного джерела електроенергії. Щит аварійного генератора розташований у приміщенні аварійного дизель генератора.

3.3. Вибір комплектуючого обладнання СЕС

В якості дизеля-генератора обираємо HHI-EMD/ 9Н32/40.



Рис 3.4 Дизель-генератор HHI-EMD/ 9Н32/40.

					КЗ.135.6211мз.10.ПЗ.03	Аркуш
						31
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 3.3 Характеристика дизель-генераторів:

ННІ-EMD / 9Н32/40	
Кількість	$i = 4$
Ефективна потужність	4500 кВт
Питома витрата палива	183 г / кВт / год
Циліндрний отвір	320 мм
Хід поршня	400 мм
Вихід циліндра	500 кВт
Швидкість	720 об/хв
Середній ефективний тиск	25.9 бар
Швидкість поршня	9,6 м/с
Загальний барометричний тиск	190 бар

Допоміжний котел:

В якості допоміжного котла обираємо котел фірми Kangrim типу РС.



Рис 3.5 Допоміжний котел Kangrim РС .

Kangrim РС - це ефективний допоміжний котел. Продуктивність роботи на паливній секції становить 5.5 т/ч, а робочий тиск – 7 бар.

					КЗ.135.6211мз.10.ПЗ.03	Аркуш 32
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 3.4 Характеристика допоміжного котла:

Кількість	$i = 1$
Пара, що вироблюється	насичена
Тиск пари	0,7 МПа
Температура живленої води	60°C
Паропроодуктивність кг/год.	5.5 т/год.

Опріснювальна установка:

Рис. 3.6 Опріснювальна установка Wärtsilä SSD.

Генератор прісної води Wärtsilä для одноразового знесолення (SSD) використовує процес вакуумної дістіляції для видалення солі та других домішок з морської води, та перетворення їх у якісну питну прісну воду. Завдяки малому потоку морської води Wärtsilä SSD споживає меншу кількість електроенергії.

Система використовує процес вакуумної дістіляції, що дозволяє використовувати низькотемпературне тепло. Генератор використовує відпрацьоване тепло основного дизельного двигуна або других альтернативних джерел тепла для випаровування морської води.

Таблиця 3.5 Характеристика опріснювальної установки:

Кількість	$i = 1$
Тип	Одоступенева
Продуктивність	25 т/добу
Температура живильної води	70°C

					КР.135.6211мз.10.ПЗ.04			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Студент		Саладзе З.			. Визначення основних параметрів систем СЕУ. Проектування та комплектація паливної системи.	Літ.	Аркуш	Аркушів
Керівник		Коробко В.В.						
Заф.каф.								

4. Визначення основних параметрів систем СЕУ. Проектування та комплектація паливної системи.

4.1. Розробка принципової схеми паливної системи.

Систему палива для суднового дизельного двигуна можна розділити на дві частини — системи подачі палива і системи впорскування палива. Постачання палива стосується постачання мазуту, придатного для використання системою впорскування. Морська паливна система включає в себе різні системи трубопроводів, призначені для бункерування, зберігання, перекачування, вивантаження та обробки мазуту. Система перекачування мазуту – ця система приймає і зберігає паливо і доставляє його в відстійні ємності. Мазуту завантажуються через палубні заливні з'єднання, які мають з'єднання для відбору зразків, що дозволяють відбирати проби палива під час його вивезення на борт. HFO завантажуються в резервуари для зберігання, обладнані нагрівальними змішувачами. Нижче зображена паливна система даного судна.

Fuel Oil System

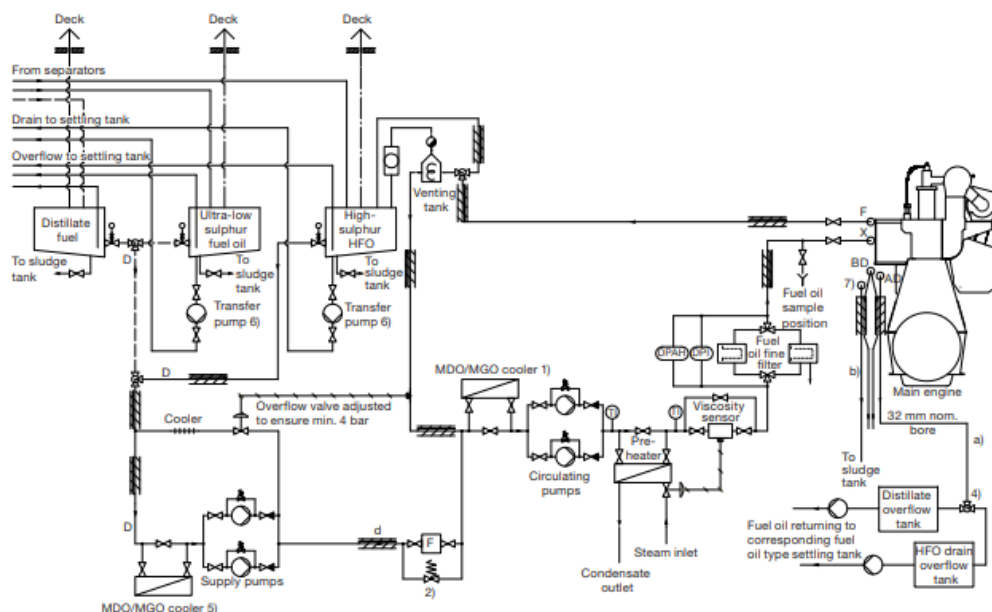


Рис. 4.1 Паливна система ГД контейнеровоза APL TEMASEK

Під час підготовки до використання HFO передається в відстійники мазуту за допомогою перекачувальних насосів FO, які оснащені всмоктуючим фільтром.

Трубопроводи влаштовані так, що насоси можуть перекачувати паливо між резервуарами для зберігання, а потім до палубних з'єднань для розвантаження. Відстійники використовуються для того, щоб загальна вода і тверді речовини осідали на дно. Подача мазуту для двотактного дизельного двигуна : повільношвидкісний двотактний дизельний двигун зазвичай влаштований для безперервної роботи на важкому паливі і має запас дизельного палива для умов маневрування.

У системі, показаній на малюнку, паливо зберігається в резервуарах з подвійним дном, з якого вона перекачується в відстійник і нагрівається. Після проходження через центрифуги очищене, нагріте масло перекачується в резервуар щоденного обслуговування. З резервуара щоденного обслуговування масло надходить через триходовий клапан у змішувальний бак. Для визначення витрати палива в систему вмонтовано витратомір. Бустерні насоси використовуються для перекачування масла через підігрівачі і регулятор в'язкості до паливних насосів з двигуном. Паливні насоси нагнітатимуть паливо під високим тиском у відповідні форсунки. Регулятор в'язкості контролює температуру мазуту, щоб забезпечити правильну в'язкість для згоряння. Клапан регулювання тиску забезпечує подачу постійного тиску до насосів з двигуном, а байпас попереднього прогрівання використовується для підігріву палива перед запуском двигуна.

Бак щоденного обслуговування дизельного палива може бути встановлений і підключений до системи через триходовий клапан. Двигун можна запускати та маневрувати на дизельному паливі або навіть на суміші дизельного палива та мазуту. Змішувальний бак використовується для збору циркулюючого масла, а також служить буфером або резервним баком, оскільки він буде подавати паливо, коли щоденний бак для обслуговування порожній. Система включає в себе різні пристрої безпеки, такі як сигналізація низького рівня та дистанційно керовані випускні клапани бака, які можна закрити в разі пожежі.

					ДП.135.6211м.10.ПЗ.04	Аркуш
						35
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Експлуатація СЕУ на важкому паливі.

Основні двигуни, призначені для маневрування на важкому мазуті, повинні експлуатуватися відповідно до інструкцій виробника.

Усі інші типи головних двигунів повинні маневрувати на дизельному паливі відповідно до інструкцій виробника.

У разі виникнення проблем під час маневрування на двигунах, що використовують важку нафту, не слід вагатися з переходом на дизельне паливо, незалежно від того, чи працюють двигуни за допомогою керування мостом чи з використанням керування машинним відділенням.

Головний інженер несе відповідальність за інформування Майстра про максимальний період роботи двигуна конкретного типу, протягом якого він може безпечно залишатися у зупиненому положенні. Він також повинен повідомити капітана про процедури, які необхідно виконати, якщо максимальний період зупинки двигуна конкретного типу під час маневрування буде перевищено.

Впорскування палива

Функція системи впорскування палива полягає в тому, щоб забезпечити потрібну кількість палива в потрібний момент і в належному стані для процесу згоряння. Тому має бути певна форма вимірюваної подачі палива, засіб визначення часу доставки та розпилення палива. Упорскування палива досягається розташуванням кулачків на розподільному валу. Цей розподільний вал обертається зі швидкістю двигуна для двотактного двигуна і на половинній швидкості двигуна для чотиритактного. Використовуються дві основні системи, кожна з яких використовує комбінацію механічних і гідравлічних операцій. Найпоширенішою системою є ривковий насос; інший — загальна магістраль.

Різні пристрої безпеки в паливній системі для дизельного двигуна:

1. клапани на відстійних/обслуговуючих резервуарах;
2. запобіжні клапани на 2 насоси/нагрівачі;
3. клапан швидкого закриття на змішувальному / вентиляційному баку;

					ДП.135.6211м.10.ПЗ.04	Аркуш
						36
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

4. труби відстають/зберігають-все під насоси та обігрівачі;
5. сигналізація низького тиску пального;
6. сигналізація високого тиску мазуту;
7. сигналізація низької температури пального;
8. сигналізація високої температури пального;
9. аварійні дистанційні зупинки насосів.

Труби високого тиску між паливним насосом і форсункою мають подвійну оболонку.

Труби, що подають мазут і легкозаймисті рідини.

Існують два основних типи труб, по яких передається паливо, і вони класифікуються за тиском, який труба призначена для витримки. Труби низького тиску використовуються для переміщення палива від накопичувального бака в сервісний бак до ТНВД; Труби високого тиску використовуються для подачі палива від ТНВД до камери згоряння двигуна. Суднове паливо зазвичай зберігається в резервуарах з подвійним дном, глибоких резервуарах, бічних бункерних цистернах, відстійниках або службових танках. Трубопроводи між сервісним баком і перекачуванням палива або підйомним насосом оцінюються як низький тиск. Однак між кожним етапом перекачування тиск зростає.

Помилково вважати, що навіть якщо тиск у трубі відносно низький, паливо не буде бризкати з тріщини або невеликого отвору. Труби від паливних баків можуть проходити через баластні цистерни, а труби, що обслуговують баластні танки, можуть проходити через паливні баки. Через ризики забруднення класифікаційні товариства мають суворі правила, що обмежують довжину будь-якої нафтової труби, що проходить через баластний танк (і навпаки); він повинен бути коротким, мати збільшену товщину стінки і міцніші фланці.

					ДП.135.6211м.10.ПЗ.04	Аркуш
						37
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Конвенція з безпеки життєдіяльності на морі (SOLAS) містить вимоги щодо пожежної безпеки в машинних відділеннях. Зокрема, для подачі палива в камери згоряння двигуна необхідно використовувати спеціальні двошарові труби. Вони виготовлені з низьковуглецевих сталевих сплавів і працюють при високому тиску від 600 до 900 бар. Подвійні шкурки необхідні, оскільки розрив труби призведе до розпилення палива у вигляді тонкого аерозолю.

Паливо спалахне при контакті з гарячою поверхнею, наприклад, корпусом турбокомпресора або вихлопною трубою. Друга обшивка для захисту від прямого розпилення. Труба сконструйована таким чином, що паливо буде міститися в просторі між зовнішньою оболонкою та основною трубою і буде зливатися в збірний бак, обладнаний сигналізацією високого рівня.

Труби для мастила низького тиску та мазуту, що проходять близько до гарячої поверхні, повинні бути захищені від можливості розбризкування масла з фланця. Щоб запобігти цьому, фланець зазвичай проклеюють скотчем. Крім того, по можливості, труби прокладаються подалі від гарячих поверхонь. Аналогічно, щоб запобігти потраплянню витікаючого масла на гарячу поверхню, труби ніколи не повинні проходити над гарячою поверхнею. Регулярні термографічні дослідження гарячих поверхонь дозволять виявити ті зони ризику, які достатньо гарячі, щоб спалахнути розпилення або витік палива. Профілактичні заходи, які необхідно вжити, включають додаткові відставання, розпилення або крапельні щитки.

Дві причини, за якими паливні труби слід обрізати та підтримувати, полягають у запобіганні напруги та переломів від вібрації.

Труби для передачі мазуту зазвичай мають м'яку сталь і можуть піддаватися корозії. Розрахунок мінімальної товщини стіни включає невеликий припуск на корозію. Оскільки труба старіє і піддається корозії, може виникнути витік. Програми інспекцій повинні бути зосереджені на виявленні зношених або корозійних труб.

					ДП.135.6211м.10.ПЗ.04	Аркуш
						38
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

4.2. Аналіз системи рециркуляції вихлопних газів

В останні роки від виробників двигунів вимагалось знизити рівень оксидів азоту (NO_x) у вихлопних газах дизельних двигунів, щоб відповідати стандартам рівня 3 викидів, які вимагає Агентство з охорони навколишнього середовища (ЕРА).

Однією з причин цього мандату ЕРА є те, що NO_x асоціюється з респіраторними захворюваннями та раком. Ця вимога виконується змінами в конструкції двигуна, які включають уповільнене газорозподіл, підняті поршневі кільця, селективне каталітичне відновлення та використання системи рециркуляції вихлопних газів (EGR) рис 4.2.

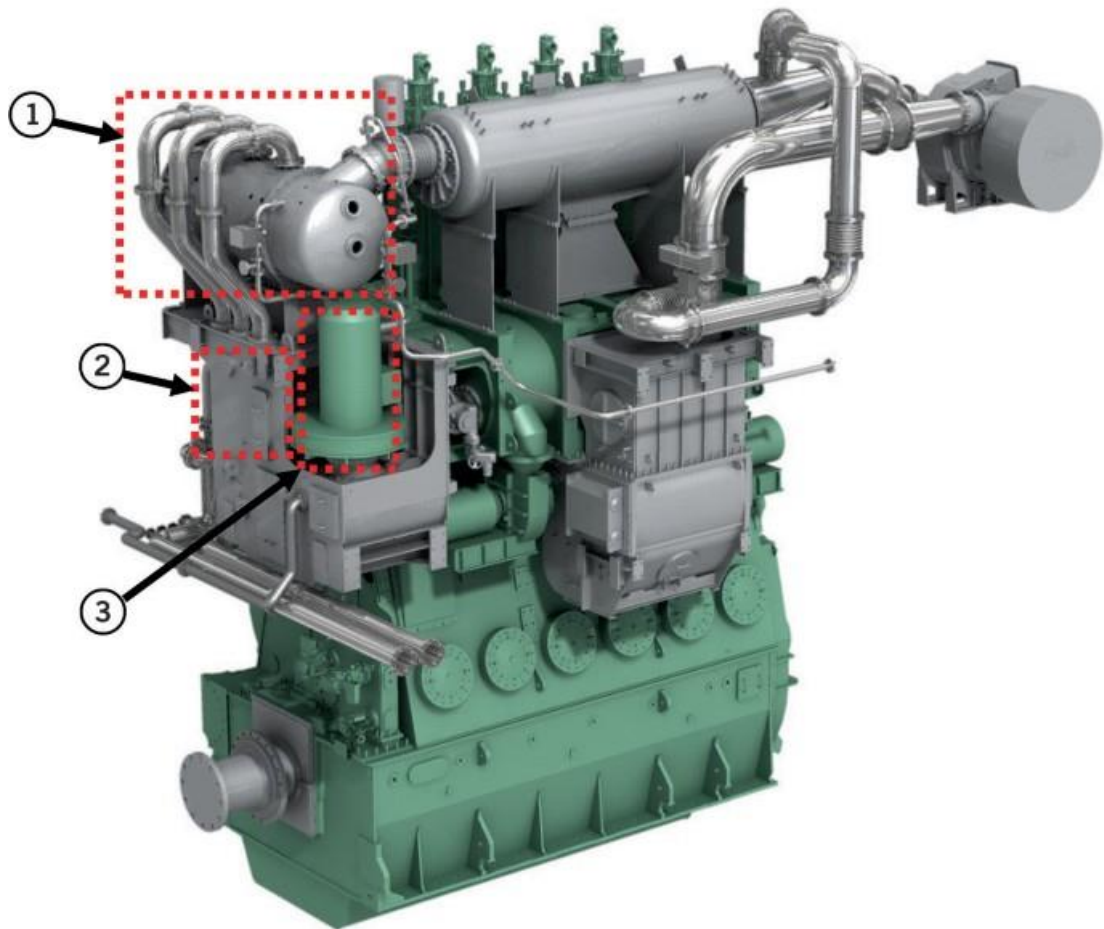


Рис. 4.2 Система рециркуляції вихлопних газів (EGR)

Нові конструкції двигунів використовують EGR для контролю викидів NOx шляхом рециркуляції вихлопних газів назад у камеру згоряння для повторного спалювання, таким чином зменшуючи викиди, пов'язані з ризиком для здоров'я. Кількість вихлопних газів, що вводяться в камеру згоряння, витісняє кисень, створюючи більш холодне згоряння. При цьому багато забруднень вихлопних газів потрапляють в мастило двигуна.

Оливи для дизельних двигунів зараз піддаються більш високому рівню забруднення, яке може погіршити мастило та пошкодити деталі двигуна. Є занепокоєння, що рециркуляція вихлопних газів може мати згубний вплив на довговічність двигуна та його вплив на масло. Масла, що піддаються впливу середовища EGR, демонструють збільшення вмісту сажі, кислотного числа (AN) і в'язкості, тоді як двигун і масло піддаються впливу корозійних/кислих газів і накопичення часток.

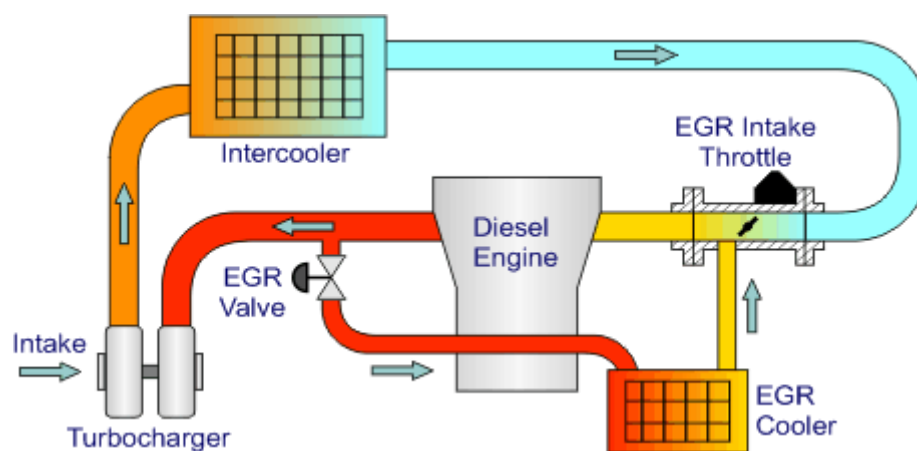


Рис. 4.3 Компоненти системи EGR

Охолодження EGR виникає, коли охолоджуюча рідина двигуна поглинає тепло відпрацьованих газів перед входом в камеру згоряння. Оскільки охолоджуюча рідина двигуна поглинає тепло від вихлопних газів, система охолодження двигуна нагрівається сильніше, тому масло стає гарячішим.

Швидкість окислення масла подвоюється з кожні 18 градусів за Фаренгейтом. Температура масляного картера може підвищитися до 40 градусів.

Виробники двигунів і масел намагаються пристосуватися до суворого середовища, спричиненого використанням систем EGR. Виробники моторних масел переформулювали оливи для боротьби з шкідливими впливами середовища EGR, щоб вони могли забезпечити необхідний захист, якого потребують поточні конструкції двигунів.

Дизельні двигуни, які використовують системи EGR для змащування мастила, також потребують більш високого рівня дисперсності через збільшення вмісту сажі в маслі. Без підвищеної дисперсності вищі рівні сажі та твердих частинок не залишатимуться у суспензії у вигляді меншого матеріалу, підвищуючи знос гільзи, кільця та клапанного механізму.

Таблиця. 4.1 Кількість теплоти, що виділяється при використанні EGR на Tier

II

%	Power	N _{B_{EGR}}	G _{вод}	G _{NaOH}
	кВт	кВт	кг/год	літр/год
100	62030	135	0	38
95	58929	139	0	37
90	55827	142	0	35,9
85	52726	144	0	34,8
80	49624	161	0	36
75	46523	177	0	36,7
70	43421	165	0	33,4
65	40320	152	0	30,2
60	37218	141	0	27,4
55	34117	127	0	24,5
50	31015	113	0	21,6
45	27914	121	0	22,3
40	24812	122	0	22
35	21711	114	0	21
30	18609	76	0	22,4
25	15508	66	0	20,5

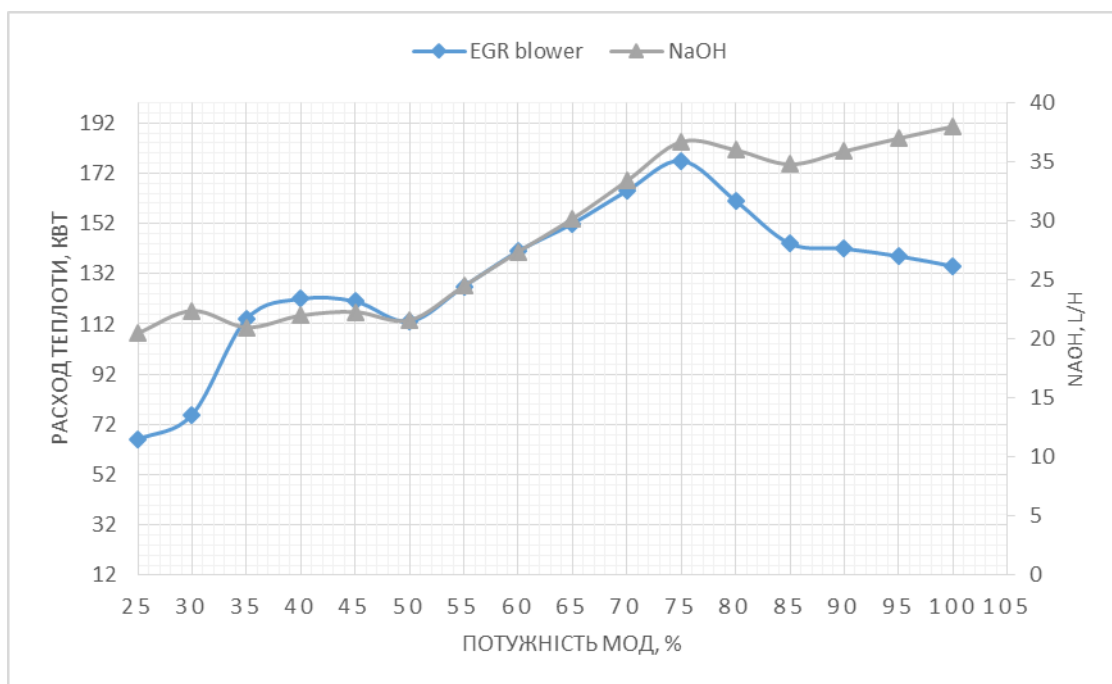


Рис.4.4 Витрата теплоти та NAOH при використанні EGR системи Tier II

Таблиця. 4.2 Кількість теплоти, що виділяється при використанні EGR на Tier III

%	Power кВт	EGR blower кВт	FC кг/год	NaOH літр/год
100	62030	368	0	20,2
95	58929	366	0	19,5
90	55827	362	0	18,8
85	52726	354	0	18,1
80	49624	366	0	18,1
75	46523	371	0	17,8
70	43421	384	0	16,8
65	40320	395	0	15,8
60	37218	399	0	14,7
55	34117	392	0	13,5
50	31015	374	0	12,3
45	27914	332	0	11,3
40	24812	281	0	10,1
35	21711	473	0	10,3
30	18609	361	0	9
25	15508	268	0	7,8

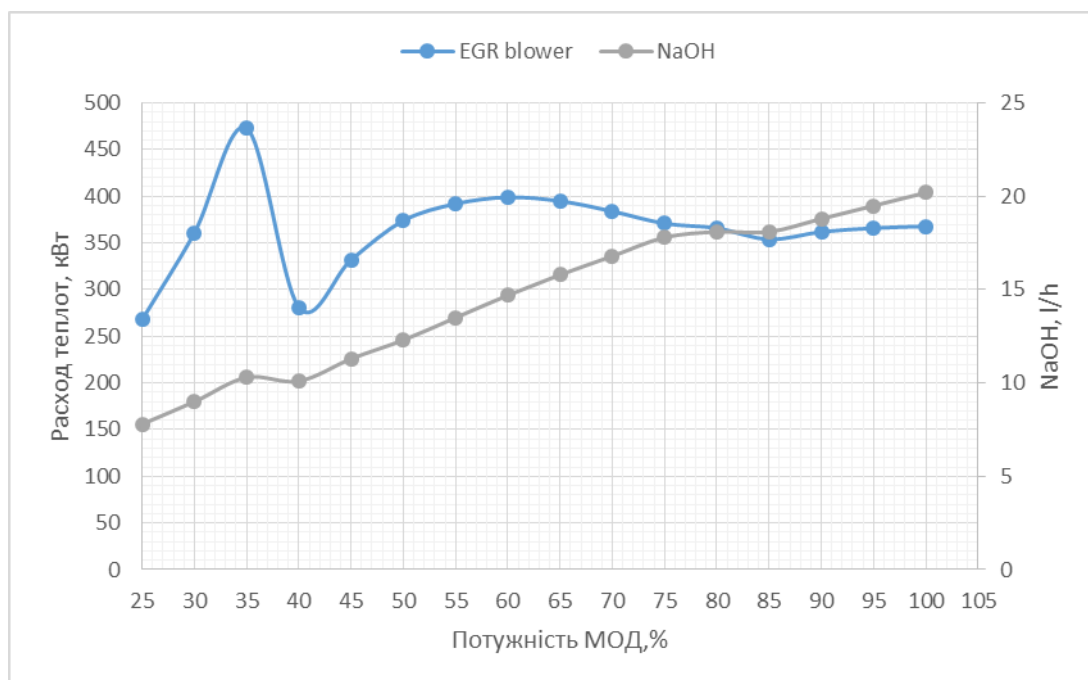


Рис.4.5 Витрата теплоти та NAOH при використанні EGR системи Tier III

Система Selective Catalytic Reduction (SCR)

З ціллю забезпечити надійну експлуатацію та задовільнити всі вимоги ІМО щодо викидів, окрім використання EGR системи на судні, пропонується також використання SCR системи для повного усунення NOx.

Загальна інформація про систему

Selective Catalytic Reduction (SCR) — це передова технологічна система активного контролю викидів, яка впорскує рідкий відновник через спеціальний каталізатор у потік вихлопних газів дизельного двигуна. [11].

SCR має здатність знижувати концентрацію забруднювального оксиду азоту у вихлопних газах дизельних двигунів до лімітів викидів, встановлених ІМО Tier III (3,4 г/кВт·год). У потік димового або вихлопного газу додають відновник (газоподібний аміак, водний розчин аміаку або водний розчин сечовини). Потім вихлопні гази та відновник поглинаються каталізатором, на якому оксиди азоту перетворюються на каталітичній поверхні в азот (N_2) і воду (H_2O).

SCR використовує воду сечовини (тверда сечовина ($H_2N-CO-NH_2$), розчинена у воді) як відновник.

Для суднових двигунів зазвичай використовують карбамідну воду з концентрацією 40% мас, оскільки температура в машинних приміщеннях не опускається нижче температури замерзання і для економії місця для зберігання.

При впорскуванні води сечовини у відпрацьований газ відбувається процес випаровування води $\rightarrow$ розчинення твердої сечовини $\rightarrow$ термоліз (рис. 2 (1)). Крім того, на каталізаторі ((2)) відбувається гідроліз ізоціанової кислоти (HNCO), в результаті чого з 1 моль сечовини ((1) + (2)) утворюється 2 моль NH_3). На каталізаторі NH_3 вибірково зменшує NO_x , розщеплюючи його на нешкідливий азот і воду. Реакція відновлення, що відбувається на каталізаторі, може бути стандартною, швидкою або повільною, залежно від співвідношення $\text{NO}/\text{NO}_2/\text{NO}_x$. Для середньо- та високошвидкісних суднових двигунів більшість NO_x є NO , тому стандартна реакція є домінантною майже у всіх випадках ((3)).

Існує кілька доступних каталізаторів SCR, кожен з яких має різні основні хімічні компоненти. У випадку суднових двигунів, які використовують паливо з відносно високою концентрацією сірки, використовуються каталізатори на основі ванадію через їх стійкість до отруєння сіркою (див. фотографію на рис. 4.6). З SCR існує область взаємозв'язку між концентрацією сірки в паливі та температурою вихлопних газів, де відбувається випадання кислого сульфату амонію, як показано на графіку на рис. 4.6 (1). Оскільки кислий сульфат амонію забиває каталізатор і знижує швидкість відновлення NO_x , необхідно підтримувати вихлопний газ при відповідній температурі (на вході SCR).

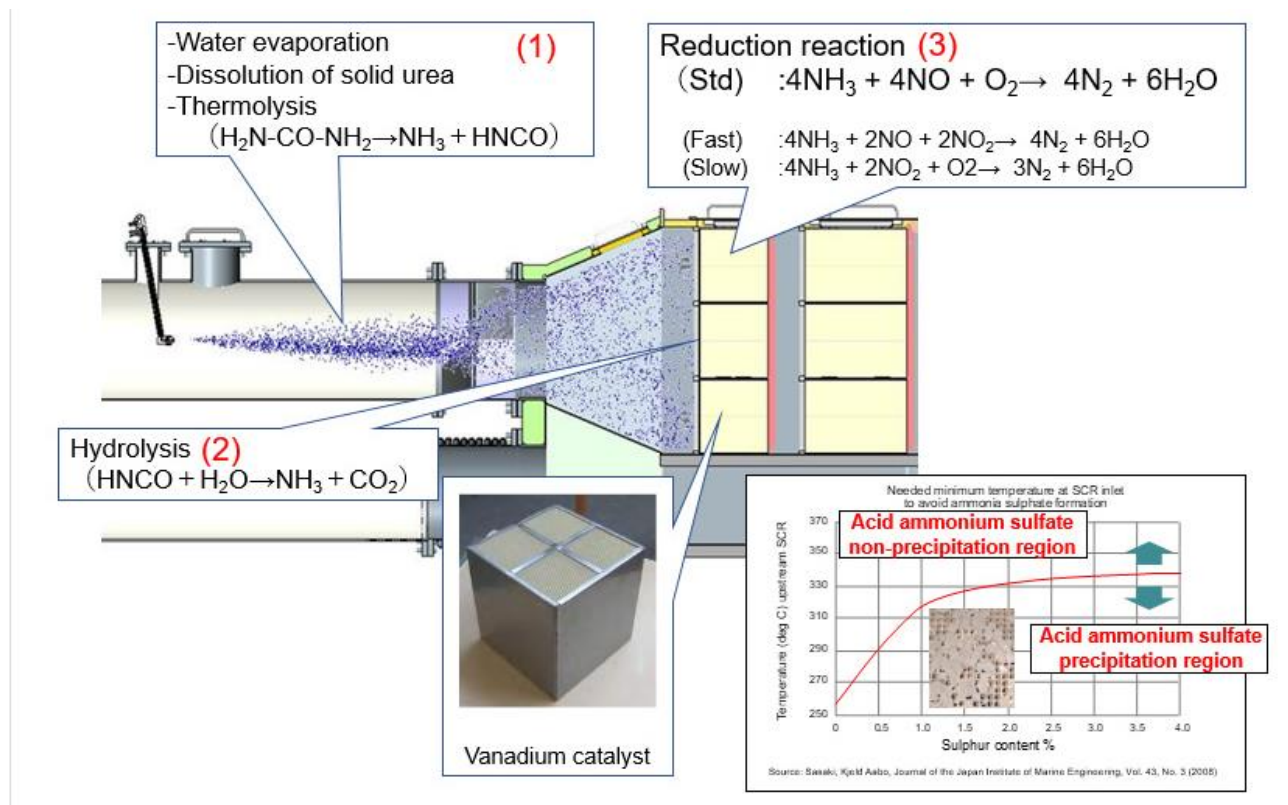


Рис.4.6 Принцип роботи SCR

SCR високого тиску реактор розміщується перед турбокомпресором.

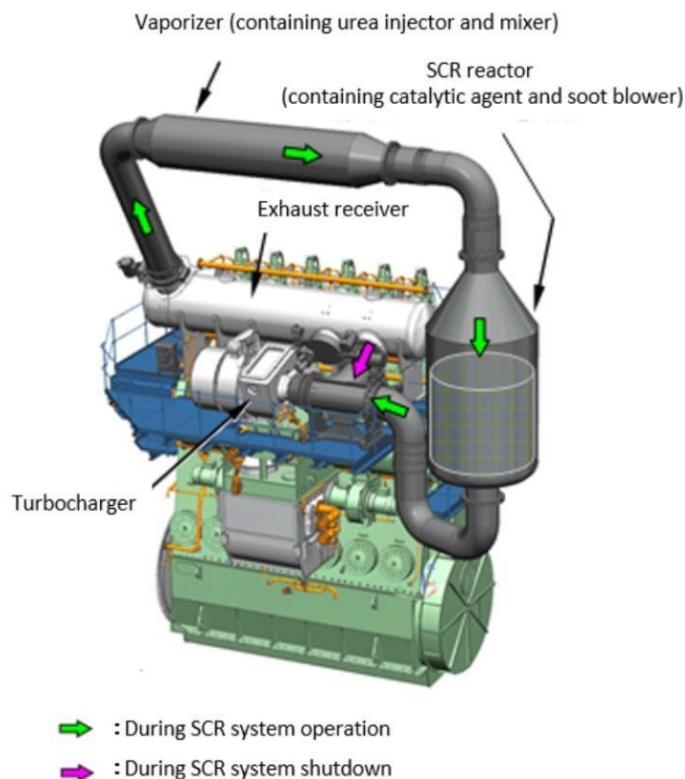


Рис.4.7 Загальний вигляд реактора SCR

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

ДП.135.6211м.10.ПЗ.04

Аркуш

45

Температура газу повинна підтримуватися в межах від 300 до 400 градусів за Цельсієм, що може бути складним, коли двигун працює при низьких навантаженнях і маневрує.

Тому для двотактних двигунів найбільш ймовірне розташування блоку SCR перед турбокомпресором з метою розширення активного діапазону роботи SCR. Це практично не впливає на процес згоряння двигуна.

Плюси та мінуси SCR

Щоб забезпечити безперервне видалення NOx і уникнути засмічення, необхідно дотримуватись особливих міркувань щодо температури вихлопних газів.

Плюси

- Досяжна відповідність рівня III NOx.
- Дуже ефективне видалення NOx для більшості навантажень двигуна (60-90%)
- SCR мають широко зростаючу базову базу з понад 300 установками

Мінуси

- Досить інтенсивні інвестиції
- Обмежене видалення NOx при низьких навантаженнях двигуна
- У порівнянні з іншими рішеннями щодо викидів NOx Tier III, використання сечовини вимагає встановлення резервуарів сечовини, які, можливо, доведеться часто поповнювати (дорога справа)
- Може призвести до перевитрата палива (близько 1%)
- Додаткова вартість сечовини в регіонах Центральної і Центральної Азії.

Технічне обслуговування

- Заміна датчиків NOx - термін служби датчика становить прибіл. 2000 годин
- Заміна елементів каталізатора субстрату в реакторі SCR (термін служби – приблизно 1000 годин).

					ДП.135.6211м.10.ПЗ.04	Аркуш
						46
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Термін служби елементів каталізатора сильно залежить від вмісту сірки в паливі. Для відповідності NOx Tier III ефективність NOx перевіряється раз на рік. Якщо зниження ефективності NOx < 70 %, усі елементи каталізатора необхідно оновити відповідно до інструкцій виробника.

- Садодувник складається з балона зі стисненим повітрям, мембранних клапанів сажневого насоса та реле тиску. Необхідно перевірити всі напірні шланги та обслуговувати мембранні клапани.

- Дозуючий блок складається з бака для розчину сечовини, рідинних фільтрів, дозувальних насосів, вузлів форсунок, витратомірів, клапанів і реле тиску.

Щотижневе технічне обслуговування включає очищення фільтрів, щомісячне включає перевірку форсунок. Належну перевірку та роботу всіх окремих компонентів необхідно перевіряти кожні 6 місяців.

4.3. Визначення запасів робочих речовин.

Таблиця 4.3 Вихідні дані до розрахунку паливної системи СЕУ

Характеристика	Числове значення
Кількість головних двигунів $i_{ГД}$	1
Тип і фірмова марка головних двигунів	MAN B&W11S90ME- C9.2
Ефективні потужність ГД $N_e^{ГД}$, кВт	62030
Питома ефективна витрата палива ГД $g_e^{ГД}$, кг/кВт·год	0,162
Кількість дизель-генераторів n	4
Тип і фірмова марка ДД (допоміжних дизель-генераторів)	HHI-EMD / 9H32/40
Ефективні потужність ДД $N_e^{ДД}$, кВт	4500
Питома ефективна витрата палива ДД $g_e^{ДД}$, кг/кВт·год	0,183
Кількість ДГ, що працюють на ходу n_x	2
Кількість ДГ, що працюють на стоянці з вантажними операціями n_{BO}	2
Кількість ДГ, що працюють на стоянці без вантажних операцій $n_{БВО}$	1

Кількість допоміжних котлів (ДК) k	1
Тип і фірмова марка допоміжних котлів	Kangrim
Паропродуктивність ДК D^{DK} , т/год, тиск пари p_s^{DK} , МПа, температура T_s^{DK} , К	5,5 0,7 333
Витрата палива ДК $G_{ПАЛ}^{DK}$, кг/год	2500
Кількість ДК, що працюють на ходу k_x	1
Кількість ДК, що працюють на стоянці з вантажними операціями k_{BO}	1
Кількість ДК, що працюють на стоянці без вантажними операціями k_{BBO}	1
Теплоємність важкого палива $c_{ВП} = 1,68...2,1 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}$	1,8
Час рейсу T_p , діб, $24 \cdot T_p$, годин	24+6+5

4.1.1. Годинна витрата важкого палива головним двигуном $G_{ПАЛ}^{ГД}$, кг/год

$$G_{ПАЛ}^{ГД} = g_e^{ГД} * N_e^{ГД} = 0,162 * 62030 = 10048$$

4.1.2 Витрата важкого палива головним двигуном за рейс $B_{ПАЛ}^{ГД}$, т

$$B_{ПАЛ}^{ГД} = i * \varphi * G_{ПАЛ}^{ГД} * T_p * 24 * 10^{-3} = 1 * 0,87 * 10048 * 24 * 24 * 10^{-3} = 5035 ,$$

де $\varphi = 0,86...0,90$ - коефіцієнт, що враховує роботу ГД на важкому паливі.

4.1.3. Годинна витрата палива допоміжним двигуном $G_{ПАЛ}^{ДД}$, кг/год

$$G_{ПАЛ}^{ДД} = g_e^{ДД} * N_e^{ДД} = 0,183 * 4500 = 823,5$$

4.1.4. Витрата важкого палива допоміжними двигунами $B_{ПАЛ}^{ДД}$, т

$$B_{ПАЛ}^{ДД} = G_{ПАЛ}^{ДД} * (n_x * T_p + n_{BO} * T_{CT}^{BO} + n_{BBO} * T_{CT}^{BBO}) =$$

$$= 24 * 10^{-3} * 823,5 * (2 * 24 + 2 * 6 + 1 * 5) = 1284$$

4.1.5. Витрата важкого палива допоміжними котлами $B_{ПАЛ}^{ДК}$, т

$$B_{ПАЛ}^{ДК} = G_{ПАЛ}^{ДК} * (k_x * T_p * k_{BO} * T_{CT}^{BO} + n_{BBO} * T_{CT}^{BBO}) =$$

$$= 24 * 10^{-3} * 2500 * (1 * 24 + 1 * 6 + 1 * 5) = 2100$$

4.1.6. Загальна витрата важкого палива на СЕУ, т:

$$B_{ВППА} = B_{ПАЛ}^{ГД} + B_{ПАЛ}^{ДД} + B_{ПАЛ}^{ДК} = 5035 + 1284 + 2100 = 8419 .$$

На судні присутні танки запасу важкого палива на 11673 м3.

					ДП.135.6211м.10.ПЗ.04	Аркуш
						48
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

					ДП.135.6211м.10.ПЗ.05			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи заходів для забезпечення надійної експлуатації обладнання СЕУ та судна	Літ.	Аркуш	Аркушів
Студент		Саладзе З.						
Керівник		Коробко В.В.						
Заф.каф.								

5. Розробка системи заходів для забезпечення надійної експлуатації обладнання СЕУ

5.1. Моніторинг якості палива.

Як вже було зазначено вище, судноплавна галузь активно шукає нові види палива, враховуючи складну задачу, яка поставлена перед Міжнародною морською організацією (ІМО) до 2050 року щодо скорочення викидів парникових газів на 50% порівняно з рівнем 2008 року. В даний час існує кілька альтернативних видів палива, таких як водень та аміак, але це все ще відносно нова концепція для судноплавної промисловості. Хоча деякі великі судноплавні та енергетичні компанії почали проводити випробування такого палива, багато експертів попереджали про негайну доступність таких нових концепцій палива. Це пов'язано з тим, що протоколи щодо безпечного використання такого палива в промислових масштабах, а також відповідна інфраструктура для підтримки таких нових видів палива в основному не створені. Однак нові правила, які скорочують поточний вміст сірки на 85%, викличуть значні зміни, ніж будь-коли переживала галузь. Експлуатанти суден, які не мають сучасних знань про характеристики палив та пов'язані з ними вимоги щодо поводження з паливами, ризикують зіткнутися з великими витратами та проблемами.

За останній час можна побачити все більше новин про пошкодження суден, пов'язаних з “поганим паливом”. [12].



'Bad Fuel' Cited as MSC Containership Breaks Down En Route to Los Angeles

Mike Schuler
Total Views: 12367
April 6, 2021

Рис 5.1 Стаття про пошкодження судна

					КР.135.6211мз.10.ПЗ.05	Аркуш
						49
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

На нещодавньому бізнес-брифінгу в редакції щоденної газети Ллойда учасники дискусії зазначили, що хоча з боку нафтопереробників відсутній скоординований підхід, ясно, що галузь рухається до багатопаливного майбутнього.

Більше того, ми можемо очікувати, що після 2020 року паливо розділиться на п'ять основних категорій:

- Паливо із наднизьким вмістом сірки (ULSFO), не більше 0,10%
- Паливо з дуже низьким вмістом сірки (VLSFO), трохи більше 0,50%
- Мазут, вміст сірки трохи більше 3,50%
- СПГ (скраплений природний газ)
- Інші палива

ULSFO 0,10% S

Буде продовжено використання низки нових видів палив, які надійшли на ринок для задоволення вимог вмісту сірки у ЗЕК у 0,10%. Ці види палив в основному є чистими дистилятами. Однак вони можуть бути гібридами, як, наприклад, газойль, змішаний з нафтовим залишком. Загалом ці види палива добре підходять для двигунів типових компоновок, проте їх експлуатація на таких паливах може вимагати зміни режимів роботи. Наприклад, дистиляти мають відносно низьку в'язкість, що вимагає ретельності в керуванні двигуном. Крім того, у деяких з нових гібридів використовуються продукти, які традиційно не застосовуються для суден, що створює невизначеність щодо їх стабільності, сумісності та рівня забруднення.

VLSFO 0,50% S

Нафтопереробні заводи завжди потребуватимуть активного використання нафтових залишків. Можна змішувати відповідні залишкові продукти з дистилятами з низьким вмістом сірки, щоб отримувати паливо високої якості, що відповідає вимогам екологічної безпеки. Ці суміші можуть містити до 40% залишку, але вони повинні задовольняти вимоги Директиви про обмеження максимального вмісту сірки в судновому паливі в 0,50%. Однак їх використання по-

					КР.135.6211мз.10.ПЗ.05	Аркуш
						50
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

в'язане з високим ризиком нестабільності, і вони потенційно надчутливі до змішування з іншими видами палива на борту судна.

Мазут з очищенням у скруберах

Хоча правила ІМО виражені в термінах рівнів сірки в паливі, судна вважаються відповідними вимогам цих правил, якщо вони оснащені засобами зменшення забруднень, що служать для очищення вихлопних газів від сірки. Скрубери, що вже працюють, зарекомендували себе як здатні справлятися з високим вмістом сірки в паливі. Вони дозволяють експлуатантам продовжувати використовувати дешеві, наявні в достатку палива з нафтових залишків, які вже добре себе зарекомендували. Хоча цей варіант підходить не для всіх суден, він буде привабливим для багатьох експлуатантів.

СПГ

Зміст сірки в ЗПГ значно нижче нормативної межі, яке здатність до повного згоряння роблять його привабливим вибором. На практиці, однак, вартість технічного переоснащення, виробництва, транспортування та зберігання ЗПГ (як на березі, так і на борту суден) виключає це як прийнятний варіант більшості експлуатантів. СПГ - це метан, що створює потужний парниковий ефект, тому його витік є серйозною екологічною проблемою. Досі при спалюванні ЗПГ виділяється більше вуглекислого газу, ніж уявляють більшість людей. В даний час існує тільки близько 200 суден на ЗПГ у постійній експлуатації або експлуатуються на замовлення. Це число неухильно зростатиме у нових варіантах, і, за оцінками ExxonMobil, 12% палива, що використовується у 2040 році, буде газом. [13].

Нестабільність

Паливо вважається стабільним, якщо має тенденцію зберігати свої фізичні властивості з часом. Нестабільне паливо зазнає хімічних змін у короткостроковій перспективі, що може спричинити серйозні експлуатаційні проблеми.

У нестабільних дистилятах ненасичені вуглеводні окислюються, утворюючи смоли, кокс та лаки.

					КР.135.6211мз.10.ПЗ.05	Аркуш
						51
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

У нестабільних паливах із нафтових залишків молекули асфальтенів та інших ароматичних та полярних вуглеводнів мають тенденцію до коагуляції, утворюючи густі відкладення у резервуарах для зберігання. Ці опади є липкими і дуже в'язкими.

Судно, що використовує нестабільне паливо, може постраждати від за-
смічення фільтрів, сепараторів та трубопроводів. Якщо його паливні насоси перевантажені, можуть виникнути проблеми із запаленням та згорянням пали-
ва, а також ризик незворотного пошкодження поршнів, поршневих кілець та
гільз циліндрів (Рис 5.2). В екстремальних випадках можуть навіть зупинитися
головні та допоміжні двигуни, призводячи до серйозної небезпеки для судна та
екіпажу. [14]



Рис 5.2 Протертість та знос гільзи та кілець циліндра

Несумісність

Навіть якщо два або більше палива можуть бути окремо стабільними, їх змішування може дати нестабільну суміш. Це називається несумісністю.

Наприклад, змішування мазуту та VLSFO може дати нестабільне паливо. Аналогічно ULSFO можуть бути несумісними з мазутом, VLSFO і навіть іншими ULSFO. Оскільки до 2020 року на ринку з'явиться більше, ніж будь-коли, різноманітних видів палива, очікується, що несумісність палив стане більш поширеною та складною проблемою для галузі.

Рекомендації щодо поводження з паливом

Нижче наведено кілька рекомендацій щодо поводження з паливом для прогнозування стабільності та сумісності палива. Також надаються відповідні методи випробувань.

- Уникайте змішування різних партій палива. Завжди зберігайте різні партії палива в окремих баках. Рекомендується мати спеціальні резервуари для різних видів палива. Паливо не слід змішувати, поки не буде впевнено, що паливо сумісне одне з одним.
- Якщо змішування палива неминуче – зменште кількість палива в баку, наскільки це можливо, перш ніж заповнювати нове паливо.

Важливість перевірок палива та очищення резервуарів

Очікується, що проблеми стабільності та сумісності палив, що виникли з моменту створення ЗЕК, стануть ширшими з 2020 року, оскільки постачальники створюють суміші палив для використання існуючих запасів у резервуарах або коли на судна завантажують нове паливо в резервуари з залишковим паливом.

Перевірка стабільності нових видів палива є абсолютно необхідною. З цією метою нині Міжнародна організація зі стандартизації ISO (робоча група WG6, стандарт ISO 8217) та Міжнародна рада з двигунів внутрішнього згоряння CIMAC (робоча група WG7) працюють над методами, що дозволяють краще зрозуміти проблеми стабільності та сумісності палив.

					КР.135.6211мз.10.ПЗ.05	Аркуш
						53
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Співпраця між нафтопереробними підприємствами та випробувальними лабораторіями також може допомогти у вивченні властивостей нових продуктів.

Крім того, експлуатанти суден повинні забезпечити розподіл різних видів палива на борту. Паливні резервуари та лінії паливопідготовки мають бути спроектовані так, щоб вони працювали незалежно один від одного, знижуючи ризик засмічення паливної системи. Якщо змішування різних палив неминуче, слід спочатку перевірити їх сумісність. Можуть бути проведені прості перевірки на борту судна, проте детальні лабораторні випробування можуть забезпечити вищий рівень гарантії.

Відповідно до передової практики, резервуари слід регулярно чистити, щоб знизити ймовірність утворення осаду в морі. Крім того, екіпажі мають бути особливо уважними до ознак несумісності при перемиканні з одного палива на інше. [14]

5.2. Методи та алгоритми прогнозування сумісності та стабільності палив

Запровадження VLSFO зазнало значних змін у практиці змішування. Контроль в'язкості та густини були основними цілями для змішування традиційних мазутів. Однак VLSFO змінила ціль на вміст сірки, тому нафтопереробні заводи та постачальники бункерів запровадили нові види змішаного палива.

Склад цих сумішей дуже різноманітний. Більшість доступних VLSFO змішують із залишкових і дистилятних компонентів. Щоб зрозуміти причину утворення осаду, нам необхідно зрозуміти склад залишкового мазуту. Так зване фактичне масло складається з:

- насичені вуглеводні - парафіни і нафтени - які містять лише одинарні зв'язки між атомами вуглецю
- ароматичні вуглеводні, які є органічними компонентами з одним або кількома бензольними кільцями

Іншими двома основними компонентами мазуту є:

- асфальтени, які охоплюють широкий спектр високомолекулярних вуглеводневих структур
- смоли, структура яких подібна до асфальтенів, але які мають меншу молекулярну масу

Стабільний мазут - це однорідна суміш, в якій вміст парафіну знаходиться в рівновазі з ароматичними речовинами, асфальтенами та смолами. Всі компоненти залишаються у суспензії, що знижує ризик утворення осаду.

Однак навіть стабільні суміші можуть викликати проблеми при змішуванні з іншими видами палива, якщо ці види палива несумісні. Змішування може порушити баланс чотирьох основних компонентів, які потім більше не залишаються у суспензії і утворюють осад, який також називають «осадженням асфальтену» або «флокуляцією». Проте змішане паливо може залишатися стабільним при змішуванні в правильних співвідношеннях. При порушенні балансу паливо стає нестабільним.

Стабільність мазуту є характеристикою однієї партії і визначається наступним чином:

Стабільність мазуту визначається його стійкістю до осадження асфальтенового осаду, незважаючи на те, що воно піддається таким силам, як термічні навантаження та напруги старіння, під час поводження та зберігання в нормальних умовах експлуатації.[15].

1. ASTM D4740 – Точковий тест

Найпоширенішим методом перевірки стабільності та сумісності є точковий тест. Однак цей метод має обмеження при використанні з VLSFO. Цей метод розроблено для ароматичних палив, що містять асфальтени. Якщо в середині фільтрувального паперу утвориться чорне кільце або пляма, це означає, що асфальтени випали в осад і паливо буде несумісним. Деякі з нових видів палива 2020 року є переважно парафіновими.

					КР.135.6211мз.10.ПЗ.05	Аркуш
						55
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Паливо з високим вмістом парафіну та суміші дистилатів можуть показати помилкові результати точкового тесту, що вказує на те, що паливо несумісне, тоді як вони насправді сумісні.

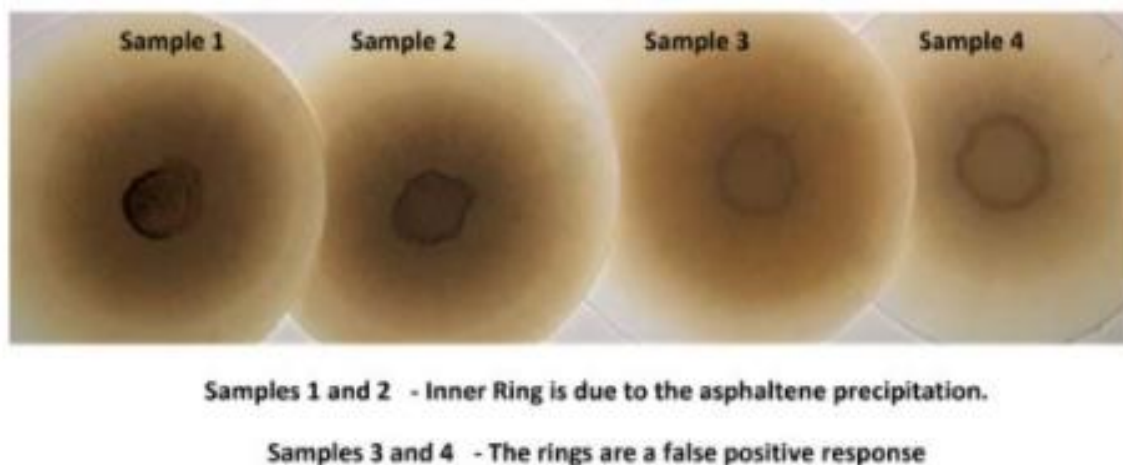


Рис 5.3 Приклади результатів тесту на сумісність палива ASTM D4740

Помилковопозитивний результат пояснюється відділенням пігменту, воску, а не випаданням асфальтену.

2. ISO 10307-1/ISO 10307-2 – Випробування осаду.

Ці тести застосовують гарячу фільтрацію за допомогою подвійного фільтрувального паперу для визначення кількості осадів у паливі. Після фільтрації відомої кількості мазуту фільтри промивають для видалення всіх розчинних у гептані компонентів, залишаючи гептан нерозчинними, які в основному є осажені асфальтени та неорганічний бруд. Цей осад вимірюється та повідомляється як відсоток осаду, присутній у паливі.

- TSE (Total Sediment Existent) – гаряча фільтрація без старіння зразка – визначає кількість бруду/осаду, який, ймовірно, буде відділений бортовою центрифугою.
- TSP (Total Sediment Potential) визначає кількість осаду після термічного старіння. Для цього зразки нагрівають і зберігають при 100 °C протягом 24 годин: процес старіння повинен імітувати зберігання на борту при 40 – 50 °C протягом кількох тижнів.

- TSA (Total Sediment Accelerated), який визначає осад після розведення парафіновим розчинником з подальшим зберіганням при 100 °C протягом однієї години, імітуючи як хімічне, так і термічне старіння. Це показує, як додавання парафінового компонента може вплинути на баланс чотирьох основних компонентів.

Відповідно до останнього стандарту ISO 8217, паливо вважається стабільним, якщо TSP і TSA нижче 0,10% м/м. Однак слід зазначити, що метод досить неточний. Навіть відповідні специфікації, але підвищені результати TSP можуть вказувати на те, що паливо може забитися протягом кількох тижнів. Однак у більшості виявлених випадків TSP перевищував 0,20%.

5.3. Заходи з моніторингу стану корпусу судна.

Експлуатація суден безпечним і надійним способом – це виклик, який вимагає навичок, компетенції та будь-якої технологічної допомоги, доступної сьогодні. Будь-який тип судна може бути забезпечений системою моніторингу напруги корпусу, яка є ефективною підтримкою безпечної навігації. CETENA присвятила багато зусиль для розробки систем моніторингу, здатних оцінювати поведінку судна та умови навколишнього середовища, в яких воно працює, щоб забезпечити стан конструкції судна в реальному часі.

Sh.A.M.An (Ship Advance monitoring and Analysis) HMS (Hull Monitoring System) — це інструмент, розроблений CETENA і здатний знизити ризик пошкодження конструкцій корпусу, викликаного неправильним навантаженням або навігацією в поганих погодних умовах. Систему можна налаштувати відповідно до конкретних потреб клієнта, інтегруючи різні типи датчиків, як-от глобальні та локальні тензодатчики, акселерометри, манометри тощо.

Вона забезпечує попередження/сигнали в режимі реального часу, якщо наближаються рухи корпусу та/або локальні напруги перевищують визначені пороги.

					КР.135.6211мз.10.ПЗ.05	Аркуш
						57
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таким чином бортовий персонал має надійний вимір навантажень на конструкцію судна і пов'язаних з цим рівнів ризику та може вживати належних контрзаходів.

HMS може взаємодіяти з найважливішим і поширеним навігаційним обладнанням, системою автоматизації, VDR і навантажувальних комп'ютерами. Зокрема, взаємодія з завантажувальним комп'ютером дозволяє порівняти розрахований згинальний момент з фактичним, вимірним і зафіксованим датчиками на борту: операції навантаження/розвантаження судна можна завжди тримати під контролем, а персонал попереджати про потенційно небезпечні для судна ситуації. конструкцій. [17].

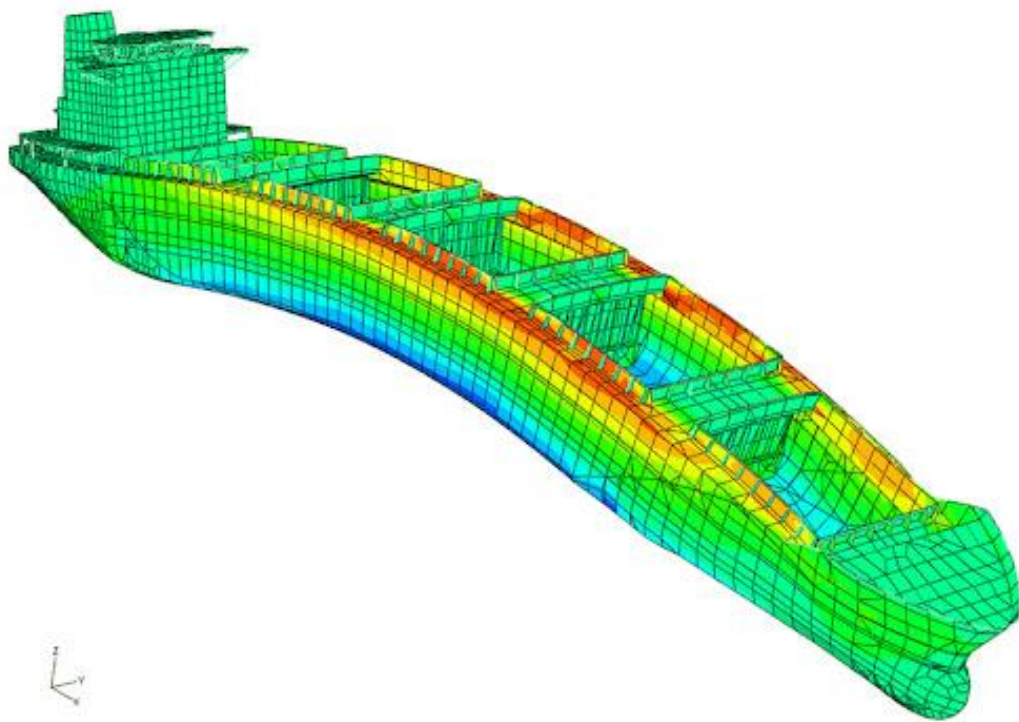


Рис 5.7 Приклад деформації корпусу судна

На додаток до запису історії напруги та рухів, програмне забезпечення також може підраховувати та записувати цикли втоми, зібрану інформацію можна використовувати як у реальному часі, так і в оцінці та прогнозуванні до-

вговічності втоми, з можливістю запобігання утворення тріщин і планування перевірок. та технічні заходи.

Sh.A.M.An. HMS може підключатися до систем програмного забезпечення технічного обслуговування суден, щоб створити план технічного обслуговування на основі структурного стану корпусу, надаючи також можливість для власників суден домовитися про нижчу страхову премію; крім того, Sh.A.M.An. HMS отримав сертифікат проектної оцінки від RINA за додатковим позначенням класу MON-HULL + S.

Переваги:

- захищає судові активи, вантаж і екіпаж
- підтримує в протидії потенційно небезпечним ситуаціям
- контролює цілісність конструкції судна під час переміщення баласту або під час навантажувальних/розвантажувальних операцій
- дозволяє оцінювати та прогнозувати стійкість судна до втоми для кращої експлуатації судна, підтримує високу надійність конструкції
- зменшує ризик структурних пошкоджень, уникаючи відповідних витрат на ремонт
- потенційно знижує страхові премії
- демонструє якість судна для фрахтувальників. [11].

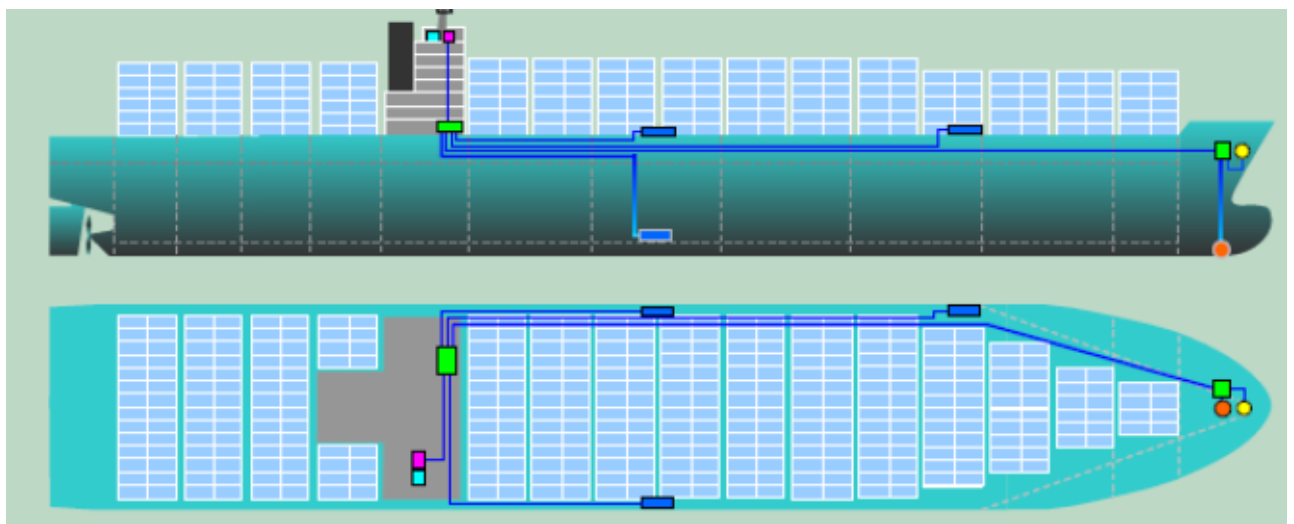


Рис. 5.8 Схема розміщення системи моніторингу стану корпусу для контейнеровоза

					КР.135.6211мз.10.ПЗ.05	Аркуш
						59
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

А)



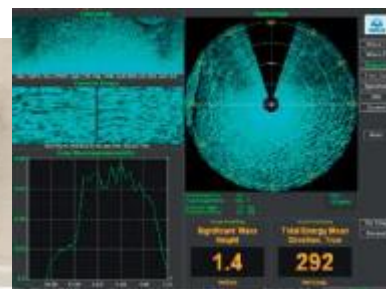
Б)



В)



Г)



Д)



Е)



Ж)



З)



И)



Рис. 5.9 Комплектує обладнання системи Sh.A.M.An.

Система складається з (див. Рис. 5.9):

- А) Манометри.
- Б) Акселерометри.
- В) Вимірювач деформації.
- Г) Хвилемір/ Хвильовий радар.
- Д) Блок запису та обробки.
- Є) Інклінометр.
- Ж) Станція управління
- З) Судові системи
- І) Тензодатчики



Рис. 5.10 Головний інтерфейс програми

ESNS - Бортова система.

Можливість розширювати робочі вікна корабля, хвилові та збиваючі навантаження. ESNS - Enhanced Safe Navigation System об'єднує можливості HMS і SNS в гібридній системі з використанням кількох датчиків і, звичайно, залишаючись у межах безпеки, дозволяє виконувати ті ж самі дії (обслуговування морської платформи, прокладка труб, установка морського вітряка...) у менший час: економія часу - економії грошей.

Наявність інформації в реальному часі про корабельні конструкції є системою підтримки прийнятих рішень. Система моніторингу корпусу HMS Sh.A.M.An. (Ship Advanced Monitoring and Analysis), розроблений CETENA, об'єднує різні датчики (глобальні та локальні тензодатчики, акселерометри, інклінометри, манометри), записує дані та надає сигнали тривоги у ризикованих ситуаціях. З іншого боку, прогнозування поведінки судна в бурхливому морі допомагає офіцерам судна вирішувати швидкість і маршрут для виконання безпечної навігації. Система безпечної навігації (SNS), розроблена компанією CETENA, надає капітану уявлення про фактичну та передбачувану поведінку судна, показуючи всю інформацію, необхідну для вибору найкращих навігаційних параметрів з урахуванням впливу рухів судна та динамічних навантажень. Рухи та навантаження обчислюються на основі фактично-го/передбачуваного статусу судна та попередньо розрахованих операцій для вибраного судна. Запатентована система SNS враховує стоячу воду, хвилі та навантаження. [17].

Переваги:

- розширює робочі вікна судна, приймаючи обмеження безпеки, засновані на характеристиках судна та поведінці судна в бурхливому морі, а не на класичних обмеженнях, заснованих на стані моря
- підвищення ефективності роботи, що призводить до виконання тих самих операцій у менший час
- допомога в оцінці безпеки судна як конструкції, так і корисного вантажу, а також при експлуатації судна
- захист судових активів, вантажу та екіпажу, підтримка високих структурних запасів безпеки
- моделювання впливу альтернативних навігаційних параметрів/погодних умов
- оцінка та прогнозування втомного ресурсу судна, зниження витрат на технічне обслуговування

					КР.135.6211мз.10.ПЗ.05	Аркуш
						62
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- безпечна та ефективна експлуатація судна з дуже низьким впливом установки на борт.

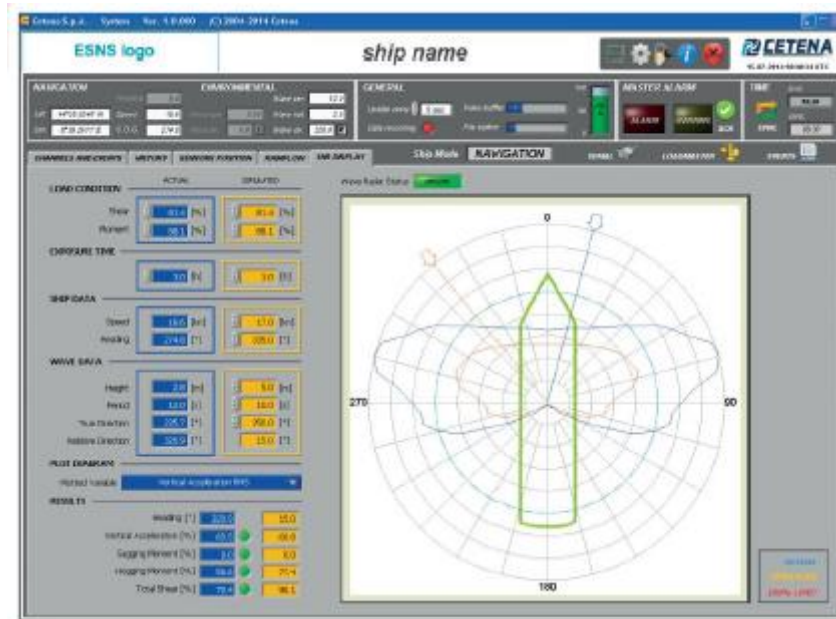


Рис 5.11 Головний інтерфейс системи ESNS

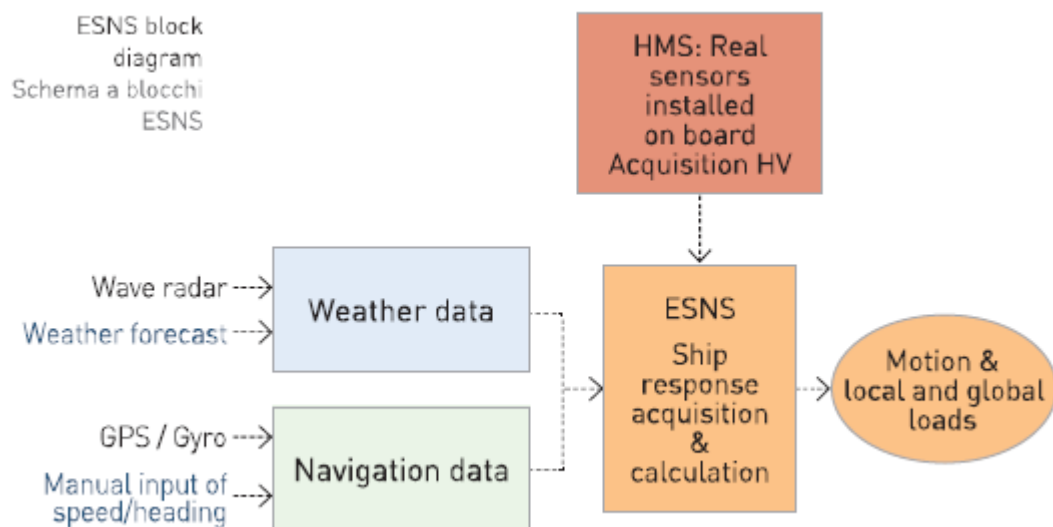


Рис 5.12 Діаграма та принцип роботи ESNS

Корисне використання такої кількості даних не може бути засноване на звичайних методах, таких як електронні таблиці. Потрібен пристрій, який гарантує швидкий та ефективний вибір, аналіз та візуалізацію даних. З цією метою CETENA розробила та впровадила інструмент постобробки. Він включає в себе можливість довготривалої екстраполяції як статистичних даних, так і даних про втому на налаштовані часові діапазони: максимальні очікувані наванта-

ження на конструкцію судна і довгостроковий очікуваний термін служби втоми оцінюються спеціально розробленими алгоритмами на основі циклів напруги та втоми, пережиті судном і зафіксовані HMS або ESNS протягом попередніх років. Основними цілями інструменту аналізу структурних даних є оцінка фактичного використання судна та поведінки судна в порівнянні з його проектним робочим профілем та утримання під контролем цілісності корпусних конструкцій - як в умовах максимального переживання, так і в перспективі втоми - поступаючись місцем управління обслуговуванням судових конструкцій з точки зору CBM.

Інструмент надає користувачеві можливості, що дозволяє:

- архівувати записані дані на борту в базі даних у простий та ефективний спосіб відображення та побудови записаних статистичних даних у залежності від часу чи іншої величини: швидкість судна та стан моря; структурні навантаження та курс корабля/моря: глобальні проти локальних структурних навантажень;
- фільтрувати дані на основі часу або оперативних умов, щоб зосередити аналіз на даних, довгострокова екстраполяція статистичних даних за настроювані часові діапазони, щоб оцінити найвищі очікувані навантаження на судно;
- оцінити кумулятивне пошкодження від втоми конструкцій;
- тривалий час термін екстраполювати пошкодження втомної довговічності за налаштовані часові діапазони;
 - оцінити вплив зміни геометрії або обробки поверхні (очищення, зварювання або післязварювальна обробка тощо) на пошкодження конструкційних деталей від втоми;
 - планувати завдання технічного обслуговування деталей конструкції для збільшення їх терміну служби (CBM підхід до конструкцій судна).

					КР.135.6211мз.10.ПЗ.05	Аркуш
						64
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

					ДП.135.6211м.10.ПЗ.06			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Студент		Саладзе З.			Розробка розташування енергетично-го обладнання на судні	Літ.	Аркуш	Аркушів
Керівник		Коробко В.В.						
Заф.каф.								

6. Розробка розташування енергетичного обладнання на судні

6.1. Вимоги до розміщення обладнання в МКВ судна.

Розташування головного двигуна і допоміжного обладнання. При розташуванні головного двигуна в машинному відділенні бажаний короткий валопровід з головним упорним підшипником, а також достатні площі навколо головного двигуна для розміщення найбільш великих його деталей при ремонті. Зверху над дизелем має бути залишено простір для підйому за допомогою підйомних пристроїв поршнів зі штоками або шатунами.

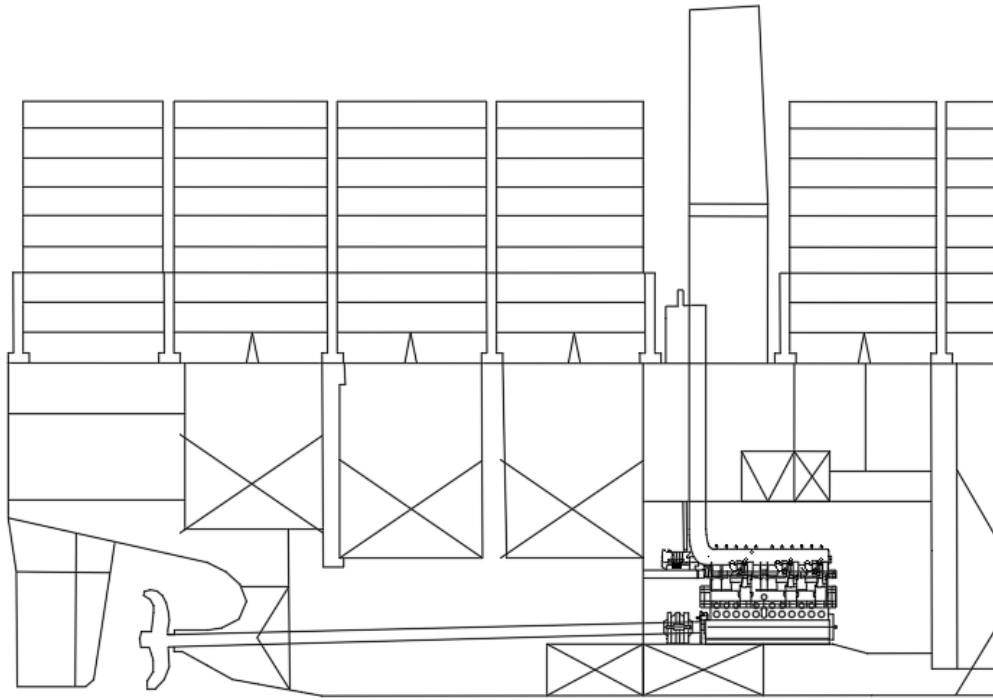


Рис.6.1 Розміщення машиного відділення на контейнеровозі APL TEMASEK

Головні двигуни розміщуються в машинному відділенні таким чином, щоб з постів їх обслуговування забезпечувалися вільні проходи до вихідних шляхах шириною не менше 0,6 м. Ширина трапів на вихідних шляхах і ширина дверей повинна бути також не менше 0,6 м.

Кожне машинне відділення повинно мати не менше двох вихідних шляхів, розташованих в протилежних кінцях машинне відділення, на палубу і до рятувальних засобів (ліфти не розглядаються як вихідні шляху).

Допоміжне обладнання слід встановлювати як можна ближче до обслуговуючого головного двигуна і поблизу від інших агрегатів, пов'язаних загальним робочим тілом і обслуговуючих цей же головного двигуна.

Послідовність розміщення взаємопов'язаних механізмів може бути як горизонтальною, так і вертикальною. Між механізмами необхідно простір для можливості їх обслуговування.

Трубопроводи повинні проходити в трьох взаємно перпендикулярних напрямках: паралельно діаметральній площині судна, перпендикулярній до неї і перпендикулярній до основної площини, причому необхідно передбачити достатні простори для монтажу та обслуговування.

Механізми, що вимагають постійного спостереження під час роботи, слід розміщувати поблизу поста управління. Механізми, які є джерелами шуму і вібрації, необхідно встановлювати на елементах корпусу судна, що мають підвищену жорсткість, або підкріплювати ці механізми додатковими конструкційними елементами. Такі механізми необхідно амортизувати і екранувати їх від посад, де тривалий час знаходиться обслуговуючий персонал.

При виборі місця установки будь-яких ДМ необхідно враховувати: можливість їх обслуговування мінімальною кількістю людей (особливо при низького ступеня автоматизації енергетичних установок); який агрегат обслуговують ВМ і від функціонування якого агрегату залежить їх робота, з якого боку і на якій висоті до ВМ підводять робоче тіло, а також яким є джерело енергії.

На багатьох суднах велика частина паливних цистерн розташована в носовій частині машинного відділення, що в деякій мірі визначає місце встановлення обладнання, обслуговуючого паливну систему (перекачувальних насосів, сепараторів, фільтрів, підкачувальних насосів і ін.).

Найбільш поширене розміщення центрального пульта управління на платформі над допоміжним дизелем зі збільшенням використання обсягу машинного відділення, проте, ускладнює можливість підвищення рівня механізації вантажних операцій при ремонті дизель-генератор.

					КР.135.6211мз.10.ПЗ.06	Аркуш
						70
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Розташування центрального пульта управління на платформі в безпосередній близькості до головних і допоміжних механізмів забезпечує гарне спостереження за їх роботою і полегшує прийняття екстрених заходів в разі аварійної обстановки.

Зазвичай в центральному пості управління суднових енергетичних установок всі схеми являють собою типові пульти і щити.

Головний розподільний щит розташовують на платформі в площині, перпендикулярній до діаметральної, як правило, по можливості ближче до джерел струму (при наявності центрального пульта управління розташування ГРЩ в центрального пульта управління обов'язково).

Аварійну електростанцію розміщують в окремому приміщенні, розташованому вище лінії граничного аварійного занурення судна і має окремий вихід на відкриту палубу.

Найважливішими факторами, що впливають на розташування механізмів в машинному відділенні, є склад і тип суднової електростанції (кількість і марка дизель-генератор, наявність УТГ і місце їх установки, розташування і вид розподільних щитів). У машинному відділі дизель-генератор доцільно встановлювати на амортизаторах паралельно діаметральній площині, так як вони є джерелами вібрації і шуму.

Якщо дизель-генератор встановлюють на платформах, то вони мають спеціальні підкріплення. Для зменшення впливу шуму на обслуговуючий персонал дизель-генератор доцільно огорожувати екраном або спеціальними шумоізоляційними вигорodkaми (вигорodka, однак, зменшують простір для обслуговування і ремонту енергетичних установок). З впровадженням систем дистанційного керування в центрального пульта управління місце розташування дизель-генератора з точки зору гучності стає не настільки важливим.

Місце установки допоміжні генератори залежить від способу відбору потужності: безпосередньо від головного двигуна (в носі або в кормі), від редуктора або від лінії гребного валу.

					КР.135.6211мз.10.ПЗ.06	Аркуш
						71
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

В основному допоміжні генератори встановлюють над настилом машинного відділення в кормовій частині з одного боку (а іноді з обох сторін) від лінії валу. УТГ встановлюється, як правило, на платформі поблизу допоміжного або утилізаційного котлів, від яких він харчується (в шахті машинного відділення на шляху газовипускного трубопроводу).

Коли потужність генераторів стає сумірною з потужністю головного двигуна, електростанція може бути винесена в окреме шумоізовльоване приміщення - допоміжне машинне відділення.

Допоміжні котли, що встановлюються в одному приміщенні з дизелями, в районі топкового пристрою повинні бути огорожені металевою вигородкою, або мати інші пристрої, що оберігають машинне відділення від впливу полум'я в разі його викиду з топкового пристрою.

6.2. Розробити креслення розміщення обладнання СЕУ в МКВ.

Розташування обладнання у машинному відділенні виконується згідно вимог описаних у пункті 6.1. тобто згідно міжнародних норм та вимог. Розташування обладнання виконується згідно навантажень та за умови зберігання найкращої можливої остійності судна. Обладнання встановлене в машинному відділенні повинне бути жорстко закріплене до корпусу судна, для жорсткого положення обладнання при хвилюванні.

1) Описання розташування основного обладнання у МВ:

Головний двигун знаходиться у центрі МВ на 0 рівні, система рециркуляції відхідних газів жорстко приєднана до корпусу ГД. До гвинта енергія обертання підводиться завдяки валу через дейдвудний пристрій.

2) Чотири допоміжних дизель генератори знаходяться на 2 рівні машинного відділення, до корми від головного двигуна.

3) Допоміжний котел розташовано на 1 рівні машинного відділення, до корми від головного двигуна.

4) Відділення вантажних насосів знаходиться у власному приміщенні, на 0 рівні машинного відділення у носовій частині.

5) Майстерня знаходиться над приміщенням вантажних насосів.

					КР.135.6211мз.10.ПЗ.06	Аркуш
						72
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- 6) Центральний пост управління знаходиться над приміщенням майстерні.
- 7) Сепаратори палива та масла знаходяться на 3 платформі машинного відділення, до корми від головного двигуна.
- 8) Скрубер SOx – відсутній, так як використовується EGR + SCR.

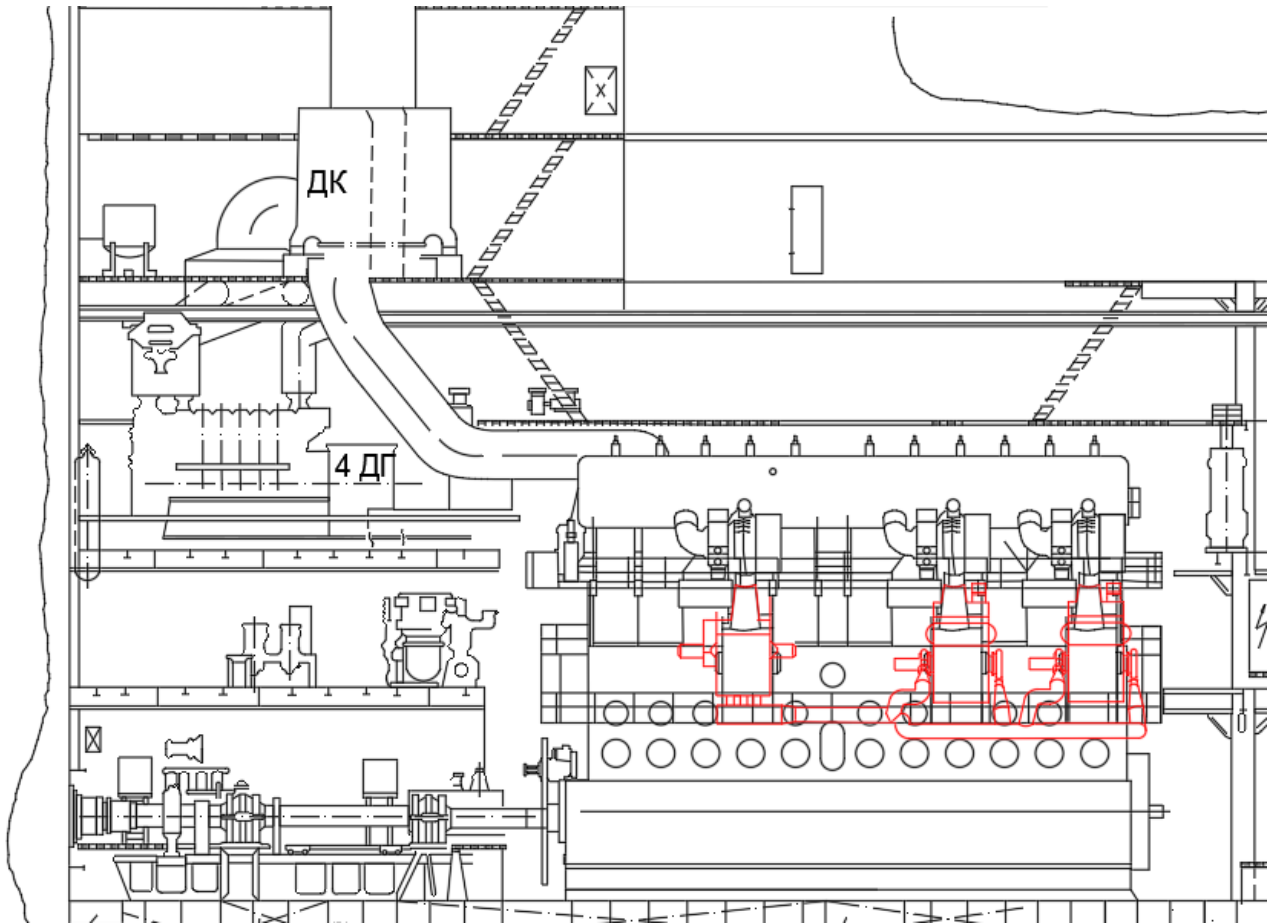
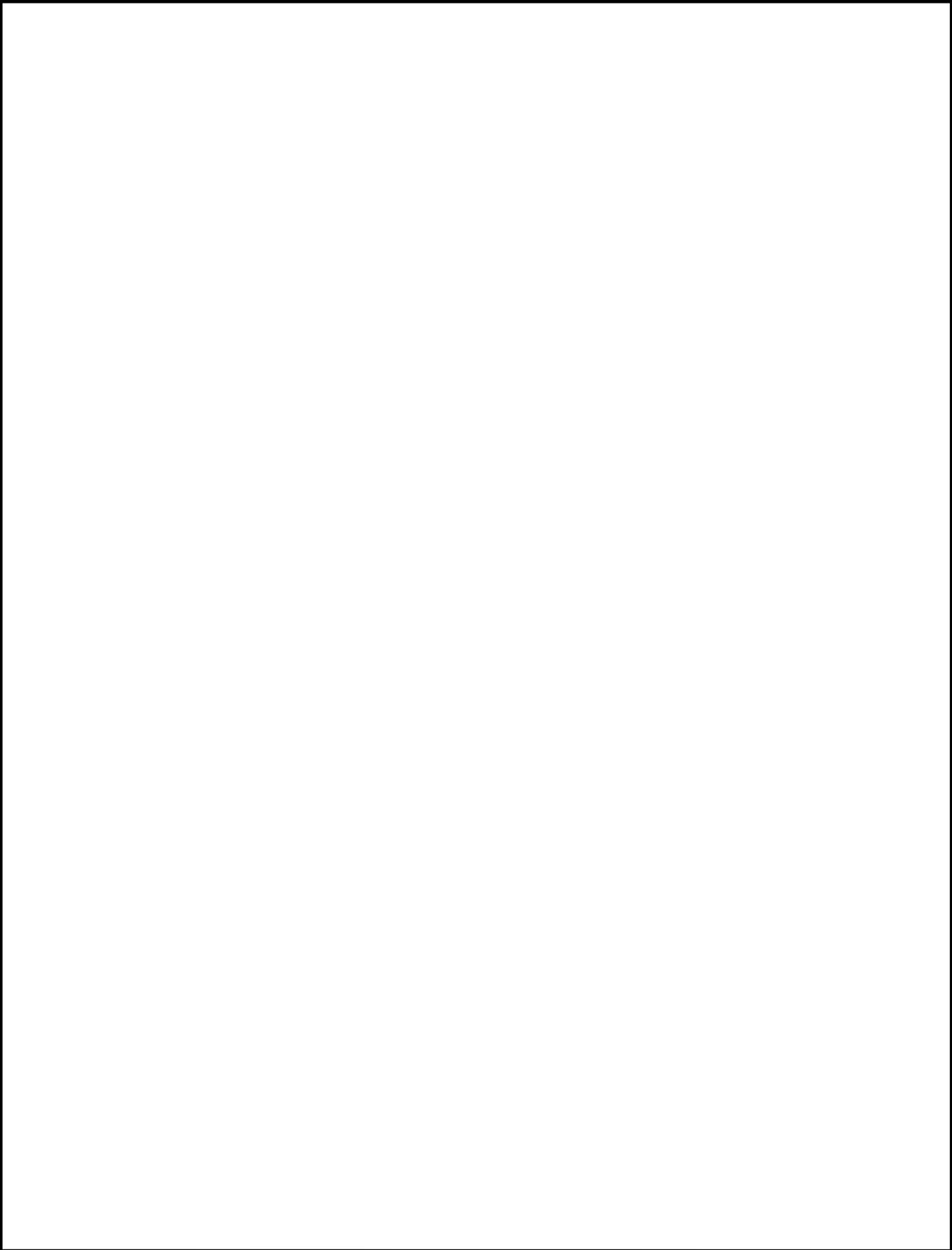


Рис. 6.2 Розміщення елементів системи CEУ в МВ контейнеровоза APL
TEMASEK EGR + SCR



					ДП.135.6211м.10.ПЗ.07						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Студент		Саладзе З. Б.М.			Технологічна розробка монтажу або ремонту елемента СЕУ: «монтаж і ремонт судових валопровідів»	Літ.		Аркуш	Аркушів		
Керівник		Коробко В.В.									
Заф.каф.		Горбов В..									

7. Технологічна розробка монтажу та ремонту судових валопроводів

7.1. Технологічні бази для монтажу валопроводів

Волопровід відчуває комплексний вплив напруг від різних навантажень: дотичних, від крутного моменту головного двигуна і від крутильних коливань; нормальних, в результаті деформацій корпусу та прогину валів від їх маси; стикування; від осьової сили упору рушія. Застосовуване раніше прямолінійне укладання валів, як показали дослідження, не задовольняла умовам правильного розподілу навантажень на підшипники. Установка валопроводу з монтажним вигином, що враховує всі фактори завантаження підшипників, підвищує працездатність всієї енергетичної установки в цілому. [18].

Завданнями монтажу валопроводу є:

- забезпечення фактичних навантажень на підшипники, близьких до розрахункових;
- встановлення ниток валопроводів із заданим ухилом та віялом відповідно до координат креслення;
- забезпечення монтажних зазорів та щільного прилягання валів до вкладок підшипників.

Загальною базою для монтажу є теоретична вісь валопроводу, положення якої задають по плазовим даним. Визначення теоретичної осі здійснюється пробивкою світлової лінії, за допомогою сталевий струни (скля), оптичним способом (найпоширенішим в даний час). За наявності головного двигуна пробивку осі валопроводу виконують одночасно з його центруванням у наступній послідовності:

- у всі місця, що розмічуються (кронштейни, мортири, опорні кільця дейдвудних труб, перебірні привариші) встановлюють пристосування для регулювання мішеней;
- спостерігаючи в окуляр візирної труби, подають команди на переміщення кормової мішені. Мікрометричними гвинтами мішень переміщують до того часу, поки її перехрестя не поєднається з перехрестям сітки труби;

					КР.135.6211мз.10.ПЗ.07	Аркуш
						74
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- послідовно з корми до носа центрують інші мішені. З отвору мішені, зміщеного вгору від її центру на половину величини водяного зазору дейдвудного підшипника, розмічають циркулем кола під розточування (робочу і контрольну) і рейками-розтяжками торці кронштейна, мортири і приварки під підрізування.

Якщо головний двигун ще не надійшов на монтаж, пробивання осі валопроводу виконують оптичною струною (рис. 7.1)

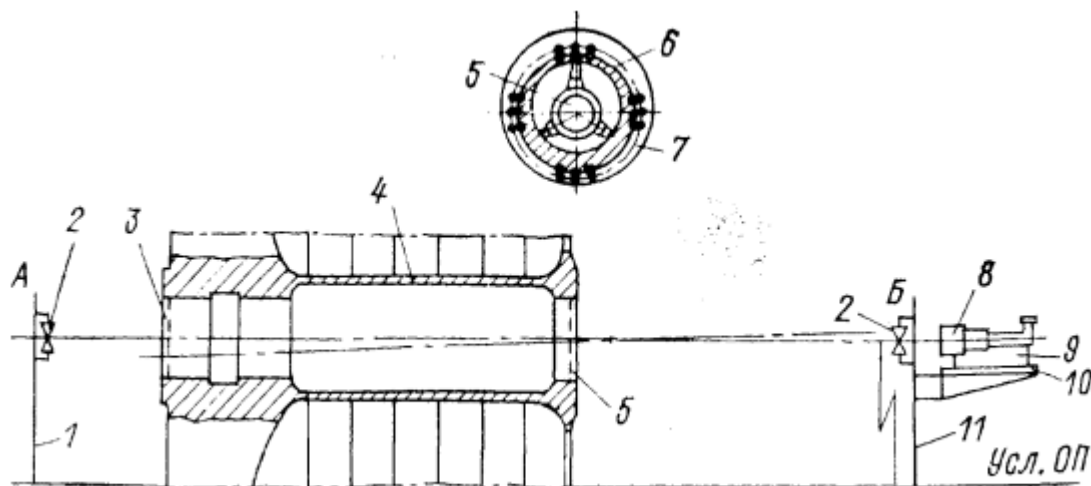


Рис. 7.1 Пробивання осі валопроводу оптичною струною

Прилад 8 встановлюють на регульоване пристосування з магнітним кріпленням 10. На шергнях 11 наносять плазові точки А і Б у вигляді марок 2. За допомогою регульовальних гвинтів 9 домагаються збігу маркування. Оптичний прилад вважають встановленим правильно, якщо розбіжність його перехрестя з перехрестями мішеней не перевищує товщини ліній перекриття $L \pm 0,025 L$ (L – відстань візування, м). Для фіксування теоретичної осі валопроводу в отвір ахтерштевня 4 встановлюють мікрометричні центрошукачі 3 і 5. Центрошукачі по закріплених в них марках поєднують з оптичною віссю приладу, а потім, змінивши марки мішенями, з їх центру проводять розмітку. Поява промислових лазерів призвела до створення лазерно-оптичної системи визначення теоретичної осі валопровода, і навіть для центрування головних двигунів і підшипників гребного вала. Лазерно-оптична система забезпечує зростання продуктивності праці на операціях з визначення теоретичної осі валопроводу і центрування го-

ловних двигунів в 1,8 рази. До складу обладнання лазерно-оптичної системи входять оптичний генератор, фотоелектричні мішені, прилади блоку індикації. Оптичний генератор встановлюють за кормою судна на спеціальному кронштейні, а у всі місця - фотоелектричні мішені. У процесі роботи фотоелектричні мішені послідовно встановлюють по енергетичній осі променя випромінювача з оцінкою якості центрування у вертикальній та горизонтальній площинах за показаннями приладів блоку індикації.

Розточування по лінії валу

Розточування кронштейнів, мортир, дейдвудних труб, наварішів і яблука ахтерштевня виконують переносними верстатами. У суднобудівній промисловості розроблено велику кількість переносних верстатів, розточувальних пристроїв і пристроїв для розточування елементів корпусу по лінії валу.[18]

Розточування елементів корпусу виробляють у два етапи:

1. При чорновому розточуванні знімають метал, залишаючи припуск 2-3 мм на наступні проходи.

2. При чистовій розточці за кожен прохід знімають не більше 0,3-0,5 мм.

Режими різання різні:

Чорнова розточка-швидкість різання 15-20 м/хв, подача до 1,2 мм/об;

На другому етапі - швидкість різання - 80 м/хв, подача до 1 мм/об.

До точності розточування пред'являються такі вимоги:

- овальність не більше 0,08 мм/м;
- конусоподібність не більше 0,05 мм на довжині пояска, що розточується; несо-осність поясів, що розточуються, до 0,02 L (L-довжина дейдвудної труби, м);
- неперпендикулярність підрізування торців не більше ніж 0,05 мм/м.
- шорсткість обробленої поверхні повинна бути не вище $R_z = 20$ мкм.

Після виконання кожного етапу перевіряють точність розточування - збіг осей розточування з контрольними колами і вносять коригування.

					КР.135.6211мз.10.ПЗ.07	Аркуш 76
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

По закінченні розточування знімають виміри розточених поясків, заносять дані в формуляр, який передають в механічний цех для остаточної обробки дейдвудної труби і втулок кронштейнів.

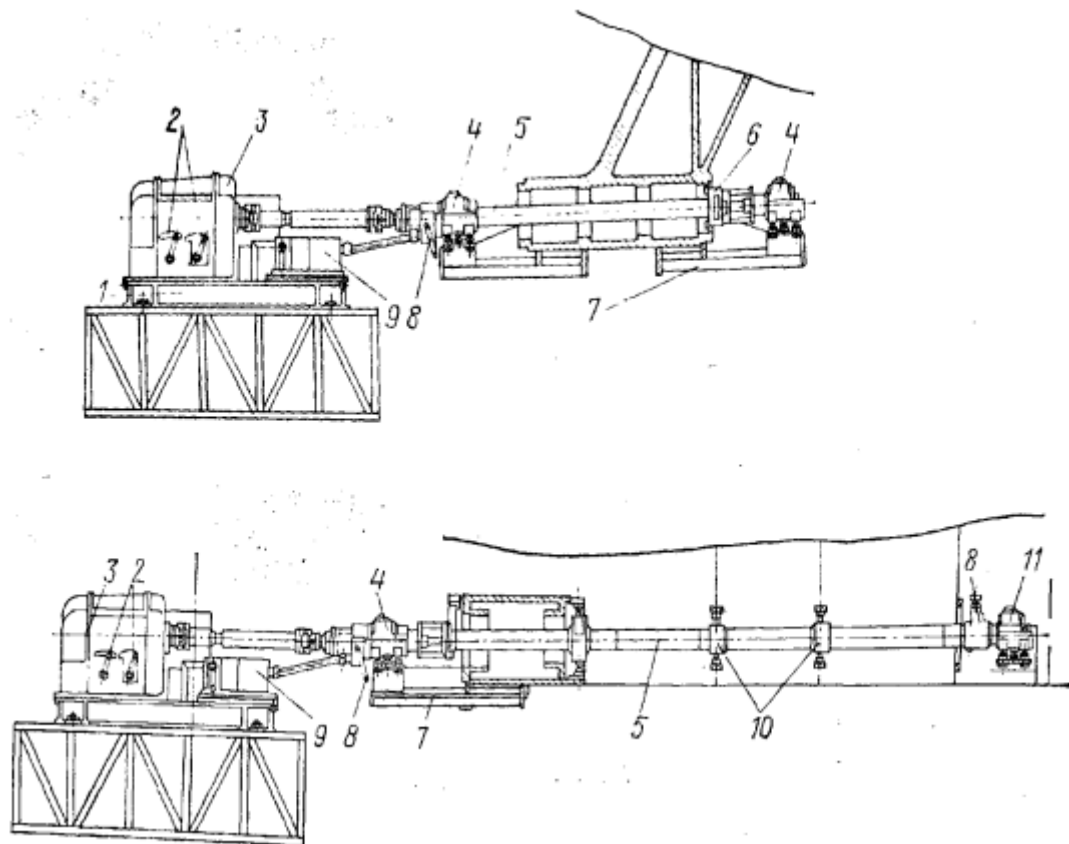


Рис. 7.2 Розточування кронштейна, мортири та наварішів верстатами

7.2. Монтаж основних вузлів валопроводу

Установка опор гребного валу

Так як розточування отворів на будівничому місці пов'язана з високою трудомісткістю по встановленню переносних верстатів, а якість розточування нижче, ніж при роботі на стаціонарному обладнанні, розроблений ряд методів встановлення опор, остаточно оброблених у цеху. Похибки корпусних робіт компенсують за рахунок заповнення настановних зазорів полімерними матеріалами. Дейдвудну трубу 8 встановлюють допомогою регулювальних гвинтів 10 з центруванням по осі валопроводу оптичним способом. Зазори ущільнюють гумовим шнуром 5. Пластмасу 6 заливають під тиском через отвір 2 до появи виходу пластмаси з отвору 7. Кормовий кінець труби кріплять до торця ахтерштевневого яблука гайкою 4 з ущільненням прокладкою 3.

					КР.135.6211мз.10.ПЗ.07	Аркуш
						77
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

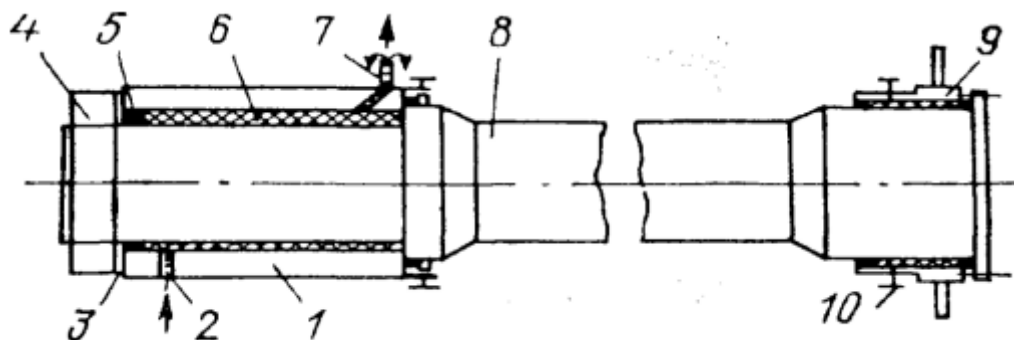


Рис. 7.3 Встановлення дейдвудної труби на пластмасі

У ряді випадків конструкцією валопроводу передбачається встановлення кронштейнів гребного валу. Найбільш технологічне встановлення кронштейнів на пластмасі. Кронштейни по осі валопроводу також центрують оптичним способом (рис.7.3).

Кронштейн 4 встановлюють на регульовану монтажну опору 2, а отвори кронштейнів ставлять порожнисті фальшвали 3 з мішенями. Оптичний прилад 1 встановлюють по осі валопроводу по плазовим координатам А і Б матеріалізованим на шергнях. Після закінчення центрування монтажний зазор 6 між фланцем кронштейна і корпусом ущільнюють гумовою накладкою 7 і заповнюють пластмасою зі шприц-преса до появи її виходу.

10.3.3 Монтаж дейдвудних пристроїв

Однією з найвідповідальніших операцій при монтажі валопроводу є встановлення дейдвудного пристрою, технологія монтажу якого залежить від його конструкції. Найчастіше зустрічаються дейдвудні пристрої з неметалевими підшипниками, що мають набірні планки за схемами «бочка» (рис. 7.5, а) і «хвост ластівки» (рис. 7.5, б), а також з капролоновими втулками. До недоліків цієї конструкції відноситься підвищений знос вкладишів і необхідність установки дейдвудного сальника. В даний час розроблено цілий ряд дейдвудних пристроїв закритого типу.

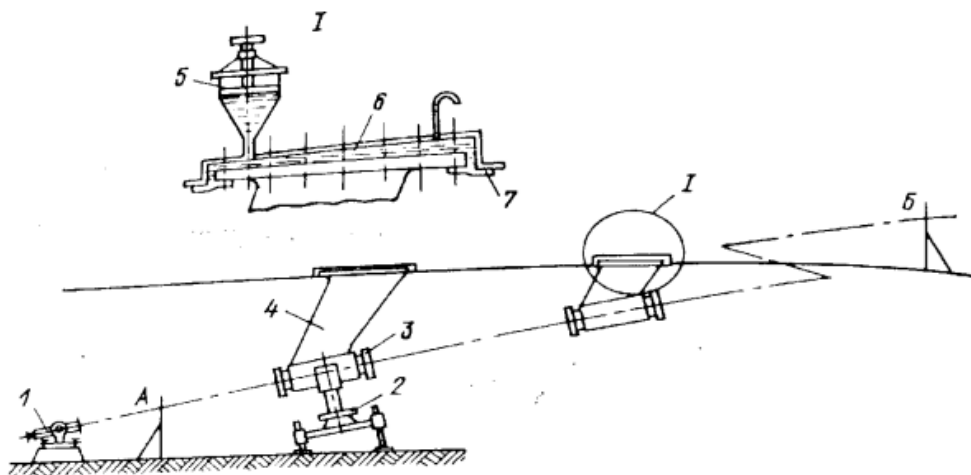


Рис. 7.4 Встановлення кронштейнів валу на пластмасі

Остання конструкція відрізняється більшою надійністю і технологічністю, так як в ній застосовані однакові манжети для носового і кормового сальників, а самі сальники виконані з роз'ємом, що полегшує встановлення та заміну манжет.

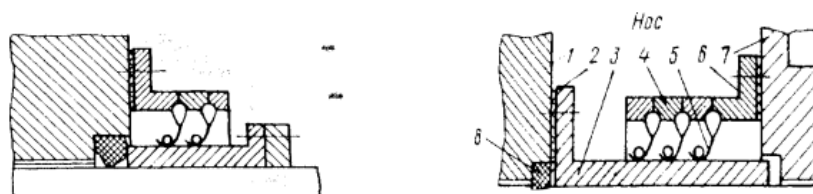


Рис. 7.5 Носовой сальник

1-ступиця гвинта; 2-прокладка; 3-втулка; 4-кільце проміжне; 5-манжет; 6-корпус сальника; 7-дейдвудна труба; 8-кільце ущільнювальне.

Монтаж дистанційного керування починають з установки дейдвудної труби. При цьому повинні бути забезпечені щільність сполучення труби з корпусом судна та водонепроникність посадкових місць. Припуск на посадочних поясах знімають за вимірами розточувальних отворів мортири і приваря. Посадку труби виконують спеціальним гвинтовим плі гідравлічним пристроєм, попередньо підрізавши її за вимірами з місця, а потім встановлюють опорні підшипники.

Воно складається з регульованої основи 3 зі стійками 5 і 9, на ніжках яких закріплюють гвинт 8. У кормову стійку гвинт встановлюють за допомогою подовжувача 7, так як маточина гвинта не має виступу з кормової сторони. Для попередження сповзання гвинта на кормовому ліжку передбачений обмежувач 6. Підстава, що регулюється домкратами 4, ставлять на візок 2, який переміщається по рейковому шляху 1 лебідкою. Перед заведенням гвинт відцентровують по осі валу.[18].

Насадка гребних гвинтів

Виконується гідравлічним домкратом кільцевого типу, який навертають на різьблення гребного валу до упору плунжера домкрата в маточину гребного гвинта. При подачі тиску плунжер домкрата переміщає гребний гвинт. Якщо є необхідність, домкрат переміщають по різьбленню, знявши тиск, потім знову подають тиск на переміщення маточини до повної насадки. Цей спосіб застосовують для насадки гребних гвинтів із діаметром гребного валу до 200 мм. Для зниження осьового зусилля насадки при діаметрах гребних валів понад 200 мм застосовують одночасну подачу масла під тиском на конічні поверхні, що спрягаються, гребного валу і маточини гвинта. Такий спосіб насадки називається гідропресовим (рис. 7.8). [18].

Олія з бака 2 насосом високого тиску 10 по трубопроводах 3 подається в кільцеві канавки маточини гвинта і розтискає її. Від насоса низького тиску 9 по трубопроводу 6 масло надходить на кільцевий гідравлічний домкрат 5, який створює осьове зусилля переміщення. Упор домкрата забезпечується гайкою 7. За осьовим переміщенням маточини гвинта стежать по індикатору 4. Тиск масла в трубопроводах контролюється манометрами 1 і 8.

					КР.135.6211мз.10.ПЗ.07	Аркуш
						81
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

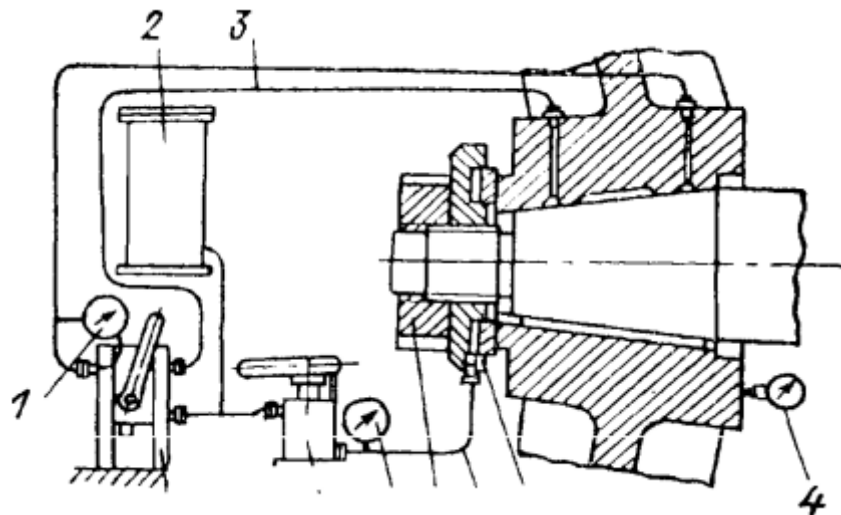


Рис. 7.8 Схема гідропресової посадки гребних гвинтів

Технологічний процес монтажу гребного гвинта виконується в наступній послідовності:

- гребний гвинт подають на вал спеціальним візком;
- на гребний вал встановлюють та закріплюють гідродомкрат та підключають до нього трубопровід насоса низького тиску;
- встановлюють гребний гвинт у вихідне положення насадки нагнітанням олії під тиском, що становить 5-10% розрахункового;
- ставлять індикатор контролю осьового переміщення;
- прокачують масло через конусне сполучення до його появи у торців маточини;
- піднімають тиск у домкраті до розрахункового та подають високий тиск у маточину гвинта;
- перемістивши маточину, знімають тиск олії в ній, а через 10—15 хв у домкраті.

Якість насадки гребних гвинтів контролюють перевіркою густини сполучення або діаметрального натягу. Перевірка щільності сполучення характеризується високою трудомісткістю, обумовленою неодноразовими насадкою-зніманням гребного гвинта для пришабрування поверхні маточини по конусу валу.

Якість сполучення в цьому випадку визначається числом плям фарби на внутрішній поверхні ступиці, яке повинно бути не менше 3-5 на квадраті 25х25 мм. Насадка гребного гвинта з перевіркою діаметрального натягу різко підвищує об'єктивність контролю і в кілька разів знижує трудомісткість. Діаметральний натяг визначають розрахунковим шляхом за формулою: $D = (0,5-1) \cdot 10^{-3} d$, де d - середній діаметр конуса гвинта. Зв'язавши математичною залежністю діаметральний натяг з конусністю маточини, знаходять необхідне осьове переміщення (яке 49 легко проконтролювати по індикатору годинного типу): $l_{0C} = dD^2 / K$, де K - конусність гребного гвинта, рівна 1:10 Тоді $l_c = 10\Delta D$. Застосування гідропресового методу у поєднанні з контролем діаметрального натягу значно підвищує технологічність процесу насадки та продуктивність праці. Крім того, цей метод дозволяє застосувати гідропресове знімання гвинтів, що має важливе значення при ремонті суден.

7.3. Центрівка та монтаж валопроводів

Центрівка полягає у поєднанні осей окремих валів із віссю валопроводу. При розрахунку її технологічних параметрів слід враховувати всю різноманітність факторів, що впливають на правильну експлуатацію валопроводу. Корпус судна не залишається статичним як у процесі будівництва, так і в процесі експлуатації. У результаті змін, що виникають, відбувається перерозподіл навантажень на опори валопроводу. Вплив загального вигину корпусу оцінюють по напруженням у валах і навантаженням на підшипники, що виникають у валопроводі. [18].

Залежно від способу центрування виробляють визначення технологічних параметрів, якими є:

- злами та усунення, виміряні на фланцях валів;
- розрахункові навантаження на підшипники;
- співвісність підшипників валопроводу.

Центрівка валопроводів за зламами та зсувами

Цей спосіб центрування може бути використаний тільки для жорстких валів. Якщо прогин кінця валу від власної ваги перевищує 0,3 мм, то встановлюють додаткові монтажні підшипники або застосовують інший спосіб центрування. Контроль зламів і зміщень здійснюють по лінійці і щупу або за допомогою парних стріл з індикаторами.

Величину зміщення та зламу визначають у горизонтальній та вертикальній площинах, для чого знімають по два виміри в кожній площині окремо для зламу та для зміщення. Завданням центрування є регулювання положення опорних підшипників до тих пір, поки фактичні злами і зміщення не увійдуть в межі допускаються, які визначають за розрахунковими переміщеннями підшипників.

Мінімальне значення можливих змін навантажень на кожному підшипнику знаходять за однією з формул: $\Delta R_{i \min} = R_{i \max} - R_{i \text{екс}}$; $\Delta R_{i \min} = R_{i \text{екс}} - R_{i \min}$, де $R_{i \max}$ - допустима межа зміни навантаження на підшипник; $R_{i \text{екс}}$ - навантаження, визначені з урахуванням експлуатаційних умов.

Коефіцієнт допустимих відхилень зламу та зміщення на кожному з'єднанні валів у вертикальній та горизонтальній площинах:

$$D_i = \Delta R_{i \min} / \sum (|n_{k i}| + |m_{k i}|); D_i \Gamma = 0,25 R_{iM \text{опт}} / \sum (|n_{k i}| + |m_{k i}|)$$

де $R_{iM \text{опт}}$ - оптимальне навантаження на підшипник у вертикальній площині; $n_{k i}$ - коефіцієнт впливу зламу на k-му з'єднанні валу, кН/мм; $m_{k i}$ - Коефіцієнт впливу зміщення на цьому ж з'єднанні, кН / мм. [18].

Центрівка валопроводу за фактичними навантаженнями на підшипники

При цьому способі центрування фактичні навантаження на опорні підшипники вимірюють тільки у вертикальній площині по динамометрах, встановлених у лапах кожного з них. До початку центрування валопровід повинен бути повністю зібраний, а опорні підшипники стояти на своїх фундаментах на віджимних болтах.

					КР.135.6211мз.10.ПЗ.07	Аркуш
						84
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Процес центрування полягає в наступному:

- у лапи 1 опорних підшипників (рис. 7.9) замість віджимних болтів встановлюють по два динамометри 2.
- Щоб вал у процесі центрування не змінював свого положення в підшипнику, під кришку встановлюють м'яку прокладку 3.
- Забираючи віджимні болти, що залишилися, послідовно навантажують динамометри.
- Регулюючи з їх допомогою положення підшипників по висоті, наводять фактичні навантаження в межі допустимих.

Фактичні навантаження розраховують за формулами $R_{\Gamma} = (R_{\text{Л}} - R_{\text{П}})c / (2h)$:

$R_{\text{В}} = R_{\text{Л}} + R_{\text{П}} - G$, де $R_{\text{Л}}$, $R_{\text{П}}$ - навантаження на лівому та правому динамометрах; G - сила тяжкості підшипника; c, h - конструктивні розміри підшипника.

Навантаження, що допускаються, на підшипники визначають виходячи з несучої здатності підшипника та забезпечення питомого тиску не менше $q = 0,06$ МПа.

Навантаження, що допускаються, на підшипники ковзання рівні $R_{\text{max}} = [q]ld \setminus R_{\text{min}} = 0,05 ldt$ де $[q]$ допустимий питомий тиск на вкладиші підшипника, МПа; l - Довжина підшипника, см; d - діаметр шийки валу, см.

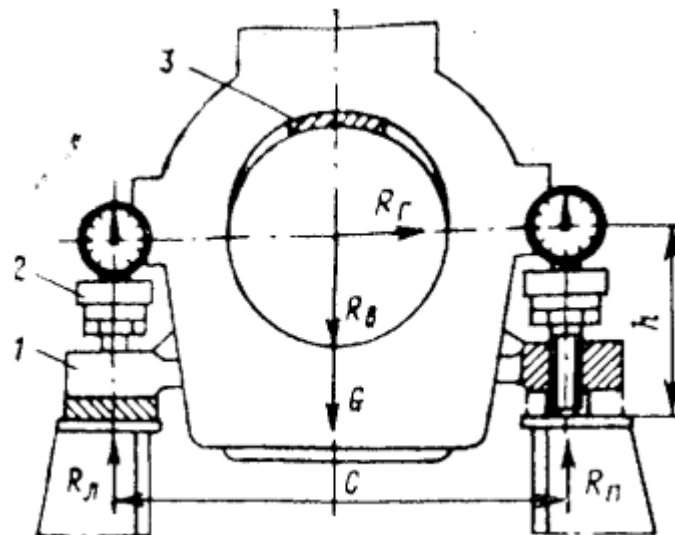


Рис. 7.9 Схема визначення навантаження підшибника

Особливості монтажу валопроводу великотоннажних суден

Умови роботи валопроводу на великотоннажних суднах мають низку відмінностей через їх конструктивні особливості. Гідродинамічні сили, що виникають внаслідок нерівномірності поля швидкостей у площині обертання гребного гвинта спостерігаються на всіх судах, але саме на великотоннажних досягають значень, здатних суттєво знижувати надійність валопроводів.

Причинами є: передача великої потужності (10-40 тис. кВт) при низькій частоті обертання (100-150 об / хв); наявність гребного гвинта великої маси (30-50 т), що лежить у одновальних установок у ДП; високі значення коефіцієнта повноти корпусу.

Зусилля, що впливають на валопровід, періодично змінюються у часі з частотою, що дорівнює добутку частоти обертання на число лопатей гребного гвинта. Ці умови можуть викликати резонанс частоти власних коливань валопроводу з частотою збудження гідродинамічних сил на гвинті, тому при монтажі необхідно виключити можливість його виникнення. Крім того, періодичність дії гідродинамічного моменту призводить до ударів, почергового розвантаження опор гребного валу, зміни довжини прольотів і положення точки докладання реакції кормового дейдвудного підшипника, що ускладнює розрахунок навантажень, що допускаються, на підшипники. [18].

У процесі експлуатації валопроводу неминуче поява залишкових деформацій корпусу зносу вкладишів дейдвудного підшипника, що виключає прямолінійне укладання валопроводу. Укладання валопроводу на великотоннажних суднах має бути проведене з розрахунковим монтажним вигином.

Вигин валопроводу виконують опуклістю вгору, для чого по-садкові пояси дейдвудної труби розточують під нахилом. Монтажний вигин дозволяє перерозподілити навантаження при отриманні корпусом судна експлуатаційних залишкових деформацій і при зносі вкладишів дейдвудних підшипників.

Підвищення надійності дейдвудних пристроїв

У процесі експлуатації дейдвудних пристроїв найчастіше відбувається:

- ослаблення посадки дейдвудних труб;

					КР.135.6211мз.10.ПЗ.07	Аркуш
						86
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- знос вкладишів дейдвудних підшипників та повертання втулок.

Ослаблення посадки труб настає в результаті корозії, яка розвивається від попадання морської води в нещільність посадкових поясів. Для усунення цього проводять герметизацію посадкових місць дейдвудних труб і втулок мастилом ПМС. До складу мастила входять: низькомолекулярний поліізобутилен, церезин, свинцевий сурик, оліфа, трансформаторна та вазелінова олії.

Змащення наносять перед запресуванням на знежирені поверхні, попередньо розігрів її до 50—70 °С. В результаті досягається зниження коефіцієнта тертя при запресуванні та герметизація сполучення.

7.4. Ремонт судових валопровідів

Демонтаж валопроводу, гребних гвинтів під час капітального ремонту

Демонтаж валопроводу, гребних гвинтів та кермового пристрою при капітальному ремонті виконують у два етапи:

Спочатку на плаву розбирають фланцеві з'єднання валопроводу і вимірюють злами та зміщення кожного з'єднання. Визначають зазори у підшипниках. До розбирання валопровід піддають зовнішньому огляду. Виявлені дефекти та результати огляду заносять до журналу. Перевіряють наявність маркування з'єднань. Другий етап проводять після постановки судна у док. [18]

Розбирання проводять у наступній послідовності:

- знімають гребний гвинт;
- демонтують дейдвудний пристрій;
- прибирають проміжні вали;
- знімають трубопровід охолодження;
- опорні та завзяті підшипники.

Знімання гребних гвинтів виконують гвинтовими або гідравлічними пристроями (Рис. 7.10).

					КР.135.6211мз.10.ПЗ.07	Аркуш
						87
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

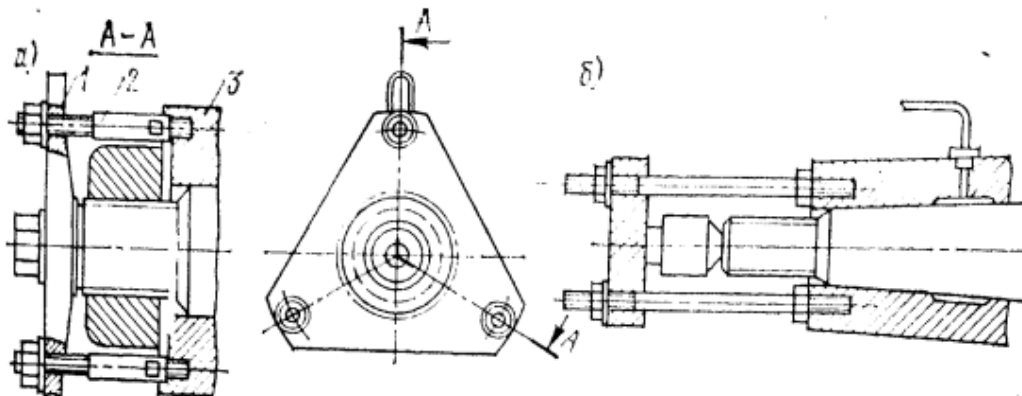


Рис. 7.10 Знімання гребних гвинтів

Гвинтове пристосування складається мул шпильок 2, що повертаються в ступінь винта 3. На шпильки надягають траверсу 1. При рівномірному обтисканні гайок, навернутих на кінці шпильок, гребний гвинт стрігають з місця і знімають. Воно складається з скоби 1, натискного винта 2, на квад-рат якого встановлений храповий механізм 5 з рычагом 4 і рукояткою 3. Сполучний болт 6 випресовується при повороті храпового механізму. Демонтовані частини валопроводу доставляють до цех СРЗ, де вони піддаються дефектації та ремонту.

Ремонт валів

До найбільш часто зустрічаються дефектів валів відносяться:

- знос та пошкодження шийок;
- пошкодження фланцевих отворів та ослаблення посадки сполучних болтів;
- прогини, знос упорного гребеня завязятих валів;
- знос, тріщини та ослаблення посадки облицювань;
- пошкодження гідроізоляції гребних валів та ін.

Зношування робочих шийок у вигляді овальності, конусоподібності, бочкообразності, сідлоподібності, подряпин, задирів і т. д. усувають після перевірки биття валу на токарному верстаті. Якщо зношування лежить у межах допусканого (0,15-0,35 мм), шийки проточують і шліфують. У завязятих валів перевіряють радіальне і торцеве биття фланців і завязятих гребенів і також видаляють проточкою та шліфуванням. При значних внесках проводять відновлення наплавленням з наступною механічною обробкою.

Перед наплавленням за наявності тріщин та інших поверхневих пороків вал проточують до їх усунення. Ушкодження фланцевих отворів усувають розгортанням на ремонтний розмір із заміною сполучних болтів. При значних дефектах отвори розточують, наплавляють і відновлюють креслярські розміри механічною обробкою. Якщо прогин валу перевищує 2 мм, його правку виконують термомеханічним способом. Вали діаметром до 150 мм з прогином до 1 мм правлять механічним способом. Прогини менших значень усувають проточкою. Ремонт гребних валів пов'язаний із заміною облицювань та гідроізоляції.

Заміна бронзових облицювання складається з наступних операцій: видалення старого облицювання, дефектація і обміри посадкового місця, встановлення нового облицювання.

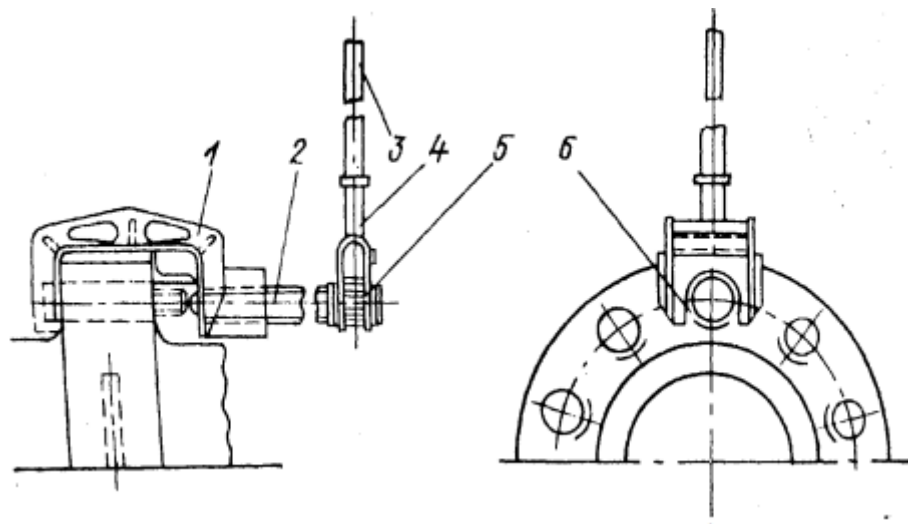


Рис. 7.11 Пристосування для випресування фланцевих болтів

Старе облицювання або прибирають проточкою на токарному верстаті, або розрізають по твірній і знімають. Перед встановленням нового облицювання посадкові місця зміцнюють обкаткою. Заготівлю облицювання обробляють, залишаючи припуск. Перед насадкою заготовку піддають гідравлічним випробуванням тиском 20 МПа і остаточно обробляють по внутрішньому діаметру. При насадці облицювання нагрівають до температури 300-400 ° С, після чого інтенсивно охолоджують струменем повітря. Якість насадки контролюють звуковим способом.

Вона задовільна, якщо деренчливий звук чутний менше ніж на 30% поверхні облицювання. Після приймання насадки роблять обробку облицювання по зовнішньому діаметру з наступною обкаткою роликами для зміцнення поверхні. Облицювання великої довжини виготовляють із окремих частин довжиною 800-1000 мм. кожна. Після насадки на вал їх зварюють. Застосовують з'єднання з підкладковими кільцями і без них (рис. 7.12). Для зниження вартості та економії бронзи застосовують біметалічні облицювання.

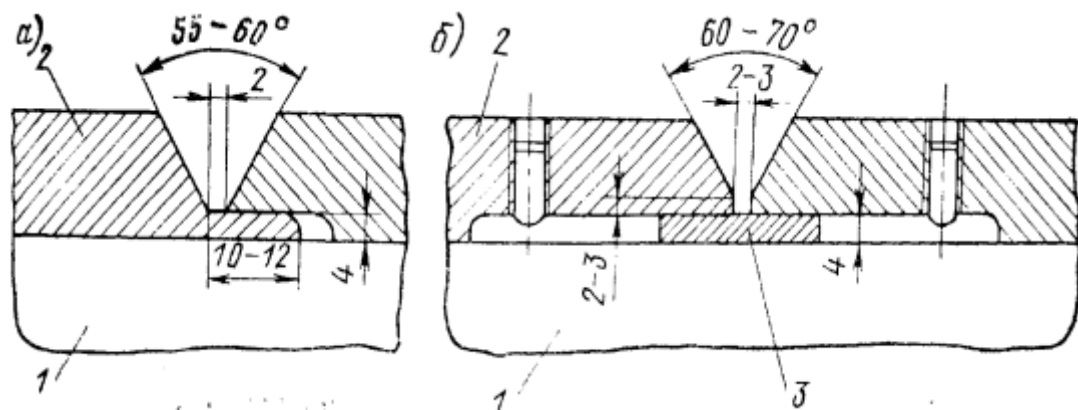


Рис. 7.12 Підготовка під зварювання з'єднання складових облицювань:

а-без підкладочного кільця; б - з підкладковим кільцем

1 - гребний вал; 2 - частини облицювання; 3 — кільце підкладки

Для захисту гребного валу від корозії поверхня між облицюваннями закривається покриттям зі склопластику на суміші епоксидних смол. При ремонті дефектне покриття знімається проточною і на знежирену уайт-спіритом поверхню наносять шар ґрунтовки епоксидної шпаклівки. Після витримки шару ґрунтовки наносять суміш епоксидних смол і намотують склотканину, просочену цим же складом, в 3-4 шари. Намотування ведуть під кутом 15° зі зміною напрямку кожного шару. 95 При наявності дефектів на конусі валу його проточують. Невеликі дефекти різблення усувають тирсою, а при значних дефектах різблення переточують на менший розмір із заміною гайки. Після ремонту вали спаривають на токарному верстаті. Перевірівши биття шийок валів та їх фланців, у з'єднання встановлюють тимчасові болти. Потім послідовно розгортають отвори і замінюють тимчасові болти штатними. Спарені вали перевіряють на биття та проточують поверхні фланців за один прохід.

Ремонт підшипників

Характерними дефектами підшипників валопроводів є:

- тріщини;
- раковини;
- відколи кришок та корпусів;
- дефекти шару бабіту (аналогічні раніше розглянутим);
- вироблення антифрикційного матеріалу вкладишів дейдвудних підшипників;
- ослаблення посадки втулок у дейдвудній трубі;
- корозійне роз'їдання посадкових місць.

Незначні тріщини та раковини кришок та корпусів заварюють, при значних – зазначені деталі замінюють. Рознімання підшипників і опорні поверхні пришабрують.

Втулки, залиті бабітом, перезаливають. Ослаблення посадки дейдвудних втулок усувають металізацією з наступною механічною обробкою. Ремонт втулок дейдвудних підшипників з набірними планками полягає в частковій або повній заміні планок з наступним розточуванням.

При задовільному стані набірних планок під них встановлюють прокладки з міді або латуні, а під гумометалеві - наклеюють листову гуму товщиною 2-3 мм.

Капролонові втулки випресовують, на їх місце встановлюють нові та розточують. Для виключення провертання та осьового зміщення капролонову втулку запресовують з певним натягом і закріплюють шпонкою. На ряді СРЗ втулки дейдвудних підшипників не випресовують, а набір та обробку планок ведуть фальшвтулкою. Така зміна технології ремонту є економічно доцільною при ремонті серії суден. У перебірних і дейдвудних сальниках дефекти виявляються у вигляді зносів і тріщин ґрундбукс і натискних втулок, а також погнутості фланців. Погнуті фланці втулок правлять, зношування втулок усувають наплавкою і розточуванням. [18].

					КР.135.6211мз.10.ПЗ.07	Аркуш
						91
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

При значних дефектах ґрундбуksi і натискні втулки замінюють. Ремонт гальма полягає в заміні фрикційного матеріалу, розточування отворів та заміні штирів.

Ремонт гребних гвинтів

Гребні гвинти в процесі експлуатації можуть отримати різні дефекти та пошкодження:

- втрату лопаті;
- прогин;
- фарбування кромки;
- тріщини;
- кавітаційні руйнування;
- корозійне зношування.

Крім цього, при ремонті ВРШ зустрічаються такі дефекти як:

- знос зубчастих пар,
- силового циліндра,
- поршневих кілець,
- золотників,
- лаштунків,
- пошкодження прокладок та манжет.

Лопаті ВФШ зі знімними лопатями не ремонтують, їх замінюють (рис. 7.13).

Лопаті гребних гвинтів правлять термомеханічним способом. На лопать встановлюють пристосування. Нагрів сталевих лопатей у зоні гнбки доводять до 900 °З, а бронзових і латунних — до 300 °З. Правку контролюють шаблонами, виготовленими за придатними лопатами або за кресленням. Відгин лопаті виконується гвинтовим або гідродомкратом. Після правки обов'язковий низький відпал для зняття внутрішніх напруг.

Процес усунення тріщин і раковин на лопатях передбачає: обробку з установкою клину, правку та заварювання. У разі невеликих відламів крайок лопатей виробляють виготовлення та встановлення наделок (рис. 7.14).

					КР.135.6211мз.10.ПЗ.07	Аркуш
						92
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

На малюнку цифри в гуртках вказують послідовність прихватки наделок електрозварюванням, а над стрілками - напрямок і послідовність зварювання. Процес установки накладок включає наступні операції: вирівнювання кромки і обробку її під зварювання, виготовлення по мосту дерев'яної моделі наделки, виливку плівку наделки, приварку до лопаті п зачистку швів.

Сліди корозії та кавітаційне зношування усувають наплавленням або епоксидною шпаклівкою.

Якщо при ремонті проводився великий обсяг наплавлення, приварювання наделок і правки, то обов'язкове балансування гребного гвинта.

Малооборотні гвинти піддають статичному балансуванню, а високооборотні (понад 500 об/хв) - статичній і динамічній. Після балансування конічну поверхню маточини пришабрують по конусу гребного валу на фарбу.

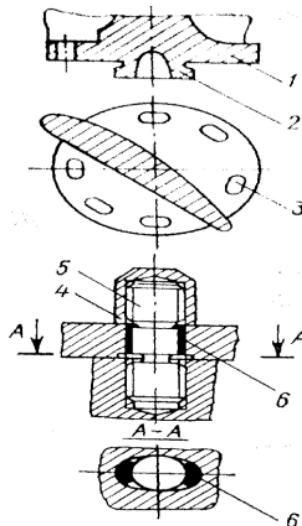


Рис 7.13 Заміна знімної лопаті гребного гвинта

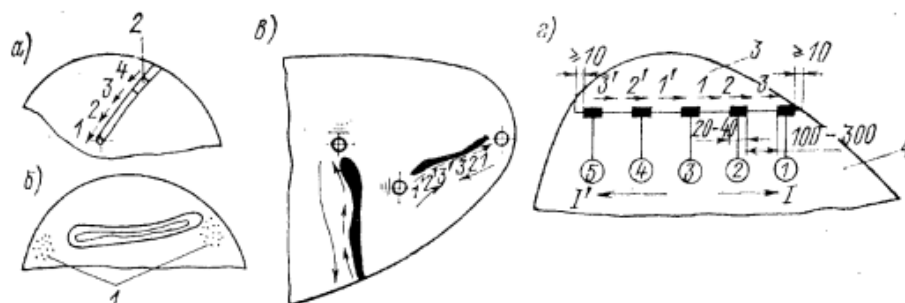


Рис 7.14 Ремонт лопаті: а - обробка з установкою клину; б - правка; в - заварювання; г - установка наделки 1 - місця підігріву; 2 - клин; 3 - наделка; 4 – лопатя

Висновки

В результаті виконання кваліфікаційної роботи запропоновані заходи які забезпечують відповідність характеристик СЕУ до рівня діючих вимог ІМО в частині зменшення викидів продуктів згоряння палив, зокрема SOx та NOx.

Було проведено аналіз пропульсивного комплексу судна, вибір та обґрунтування доцільності використання нового головного двигуна оснащеного сучасними засобами очищення відхідних газів.

Розрахунок характеристик обраного двигуна - 11G90ME-C10.5. та вибір обладнання для зниження викидів оксидів азоту, вуглецю та сірки (система EGR+SCR) виконувався з допомогою онлайн сервісу CEAS від MAN B&W.

Аналіз випадків відмов ГД суден, що сталися на протязі останніх років, показав, що існують проблеми з роботою паливних систем судових двигунів на малосірчаних сортах палив. З метою забезпечення надійної роботи ГД на низькосірчаних паливах, таких як VLSFO та ULSFOB запропонована система заходів щодо контролю якості палив та їх їх сумісності та стабільності сумішів. Ці роботи передбачають інструментальний контроль фізико-хімічних параметрів палив на судні з допомогою точкового тесту ASTM D4740 , для цього може бути використаний UNITOR Comparability test kit.

З метою забезпечення надійної та безпечної експлуатації контейнеровозу передбачено впровадження заходів по контролю за деформаціями корпусу судна в реальному масштабі часу. Ці функції має виконувати «Hull Stress Monitoring System». В роботі запропоноване комплектує обладнання для цієї системи.

Впровадження результатів кваліфікаційної роботи має сприяти підвищенню надійності функціонування судна та судової енергетичної установки у відповідності до діючих та наступних вимог ІМО.

					КР.135.6211мз.10.ПЗ.07	Аркуш
						94
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Список використаної літератури

1. SIGNIFICANT SHIPS OF 2013 © 2014. The Royal Institution of Naval Architects.
2. Международная конвенция по охране человеческой жизни на море (SOLAS)
3. Международный кодекс по управлению безопасностью(МКУБ)
4. Горбов В.М. Основы суднової енергетики: збірник практичних завдань/В.М. Горбов, І.П. Єсін, В.С. Мітєнкова. – Миколаїв: НУК, 2018.– 244 с
5. Артемов Г.А., Волошин В.П. и др., «Судовые энергетические установки», 1987
6. Шостак В.П. Проектирование пропульсивной установки судов с прямой передачей мощности на винт/ Под ред. Шостака В.П. - Николаев: НКИ, 2003.–500 с
7. IMO (2016). Train the Trainer (TTT) Course on Energy Efficient Ship Operation. Module 2 – Ship Energy Efficiency Regulations and Related Guidelines.
8. Gorbov V. M., Mitienkova V. S., Serbin S. I. Alternative Fuels in Ship Power Plants: Monograph. – Mykolaiv: publisher Torubara V. V., 2017. – 120 p.
9. IMO (2016). Train the Trainer (TTT) Course on Energy Efficient Ship Operation. Module 2 – Ship Energy Efficiency Regulations and Related Guidelines.
10. Man energy solutions; CEAS Engine Data report; 11G90ME-C10.5-EcoEGR; Project name: Bohdan Khokhlov; Report made by: Bohdan Khokhlov group 6211m
11. [https://www.iaccsea.com/marine-scr/#:~:text=Selective%20Catalytic%20Reduction%20\(SCR\)%20technology,produces%20harmless%20nitrogen%20and%20water.](https://www.iaccsea.com/marine-scr/#:~:text=Selective%20Catalytic%20Reduction%20(SCR)%20technology,produces%20harmless%20nitrogen%20and%20water.)

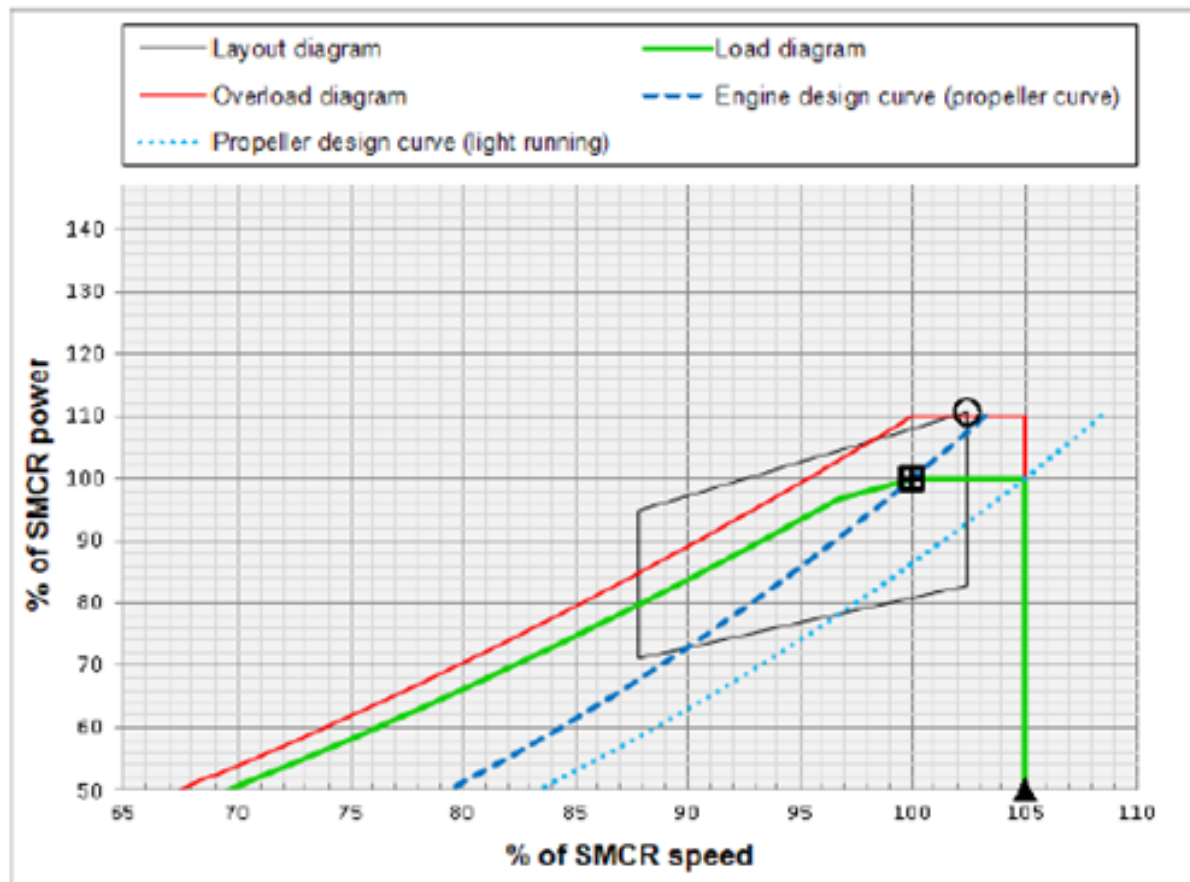
					КР.135.6211мз.10.ПЗ.07	Аркуш
						95
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

12. https://gcaptain.com/bad-fuel-cited-as-msc-containership-breaks-down-en-route-to-los-angeles/?fbclid=IwAR1p9bgNKQE9TI0PIEC238aKXntFJquwBvogEiL9r8ogRQDk55aM_273sys
13. <https://www.alfalaval.ru/industries/marine-and-transportation/marine/oil-treatment/fuel-line/marine-fuels-in-the-low-sulphur-era/>
14. <https://shipandbunker.com/news/world/749636-viswalab-whitepaper-excessive-liner-wear-while-using-the-new-ulsfo-fuels>
15. <https://mfame.guru/how-to-test-the-stability-compatibility-of-fuels-with-ulsfos/#>
16. <http://vdivizhke.ru/sudovye-dvigateli-vnutrennego-sgoraniya/sistema-i-ustrojstvo-dvigatelja/sistema-smazki-dvigatelja-i-ee-jelementy.html>
17. <https://www.cetena.it/wp-content/uploads/2018/11/CETENAS-On-Board-Systems.pdf>
18. <https://lib.kgmtu.ru/wp-content/uploads/no-category/1369t.pdf>



CEAS Engine Data report 11G90ME-C10.5-EcoEGR

Project name: APL TEMASEK
Report made by: Zurab Saladze



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 (90.4% of NMCR)	62,030	82.0	19.9
□ NCR: Normal Continuous Rating (100.00% of SMCR)	62,030	82.0	19.9
Maximum over load (110% of SMCR)	68,233	-	-
▲ Maximum speed limit (105% of SMCR)	-	88.1	-
○ L1, NMCR: Nominal Maximum Continuous Rating	68,640	84.0	21.5

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

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

КР.135.6211МЗ.10.ПЗ.07

Аркуш

97

Specified Main Engine and Other Parameters

Specified parameters	
Type of propeller	Fixed pitch propeller
Cooling system	Central water cooling system
Hydraulic control oil system test	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 ¹⁾
Number of turbochargers and make/type	2 x MHI MET83-MBII
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

¹⁾ This engine can be equipped with Economizer Energy Control (EEC) for increasing exhaust gas temperatures.

Fuel Consumption and Gas Figures

SFOC	Tier II		Tier III	
	SMCR g/kWh	NCR g/kWh	SMCR g/kWh	NCR g/kWh
ISO	160.8	160.8	164.8	164.8
Tropical	162.5	162.5	166.5	166.5
Specified	158.8	158.8	162.8	162.8

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	108.3	108.3	108.6	108.6
Tropical	101.1	101.1	99.2	99.2
Specified	110.2	110.2	107.9	107.9

Exhaust gas temperature	Tier II		Tier III	
	SMCR °C	NCR °C	SMCR °C	NCR °C
ISO	266	266	243	243
Tropical	318	318	292	292
Specified	240	240	218	218

Turbocharger air consumption	Tier II		Tier III	
	SMCR kg/s	NCR kg/s	SMCR kg/s	NCR kg/s
ISO	105.8	105.8	104.6	104.6
Tropical	100.7	100.7	99.1	99.1
Specified	107.8	107.8	106.2	106.2

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 m ³ /h	Pump head bar
Fuel oil circulation	28.5	6.0
Fuel oil supply	16.0	4.0
Jacket cooling water	370	3.0
Lubricating oil	980	4.5
Central fresh water	1,860	2.5
Sea water for central cooling	2,280	2.0

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 ISO condition		Central water flow m ³ /h
Scavenge air cooler(s)	No. of coolers x flow per cooler	2 x 340
EGR cooler(s)	No. of coolers x flow per cooler	1 x 670
Total flow capacity to engine		1,350

Capacities of auxiliary heat exchangers		m ³ /h	Central water flow m ³ /h	Heat dissipation kW
Central cooler	Sea water flow	2,280	1,860	46,560
Jacket water cooler	Jacket water flow	370	510	6,980
Lubricating oil cooler	Oil flow	980	510	4,580

All flows are stated as minimum required flows.

The heat capacity of the central cooler (including 5% safety margin) is calculated as the sum of the 100% SMCR heat dissipation from all coolers in the worst case of each of the engine operational modes (fuel type, emission mode and ambient condition).

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".

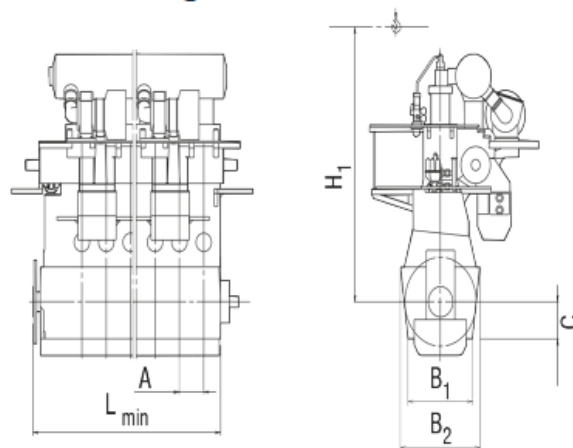
Engine Dimensions, Masses and Overhaul Heights

Dimensions	
A: Cylinder distance	1,490 mm
B1: Width of bedplate at foot flange	5,110 mm
B2: Width of bedplate at top flange	5,034 mm
C: Distance from foot to crankshaft	1,885 mm
L min: Minimum length of engine	19,530 mm

Overhaul heights	
H1: Normal lifting procedure	14,425 mm

Crane capacities	
Normal lifting procedure	10.0 t
With electrical double jib crane	2 x 5.0 t

Masses	
Mass of main engine, dry	1,786 t
Added engine dry mass for EcoEGR	31 t
Mass of water and oil in engine	24.0 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 EcoEGR 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.

Capacities of Auxiliary Systems

Air cooler cleaning unit	
Air cooler cleaning tank	1.50 m ³
Capacity of pump	5.0 m ³ /h

Cylinder oil system	
Storage tanks	2 x 107 m ³
Service tanks	8.3 m ³

Fuel oil system	
Distillate marine fuel service tank, 12 h	139.6 m ³
Residual marine fuel settling tanks, 2 x 12 h	2 x 130.9 m ³
Residual marine fuel service tank, 12 h/95 °C	132 m ³
Residual marine fuel separator, 98 °C	14,270 l/h
Distillate marine fuel oil circulation cooler	139 kW
Fuel oil pre-heater	466 kW

Lubricating oil system	
Storage tanks (2 x 3 months)	2 x 11.2 m ³
Separator, 90 °C	9,340 l/h
Recommended lubricating oil bottom tank	59 m ³

Miscellaneous	
Jacket water expansion tank ^{*)}	10 %
Recommended engine room ventilation flow ^{**)}	187 m ³ /s
Motor rating, auxiliary blowers	3 x 130 kW
EGR blower max power consumption ^{***)}	595 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 8881:1998(E) for details.

^{***)} Powered by a variable frequency drive, so no margin for starting current is required. Number of EGR blowers must be informed by maker. Nominal power rating for EGR blower may differ significantly from this value.

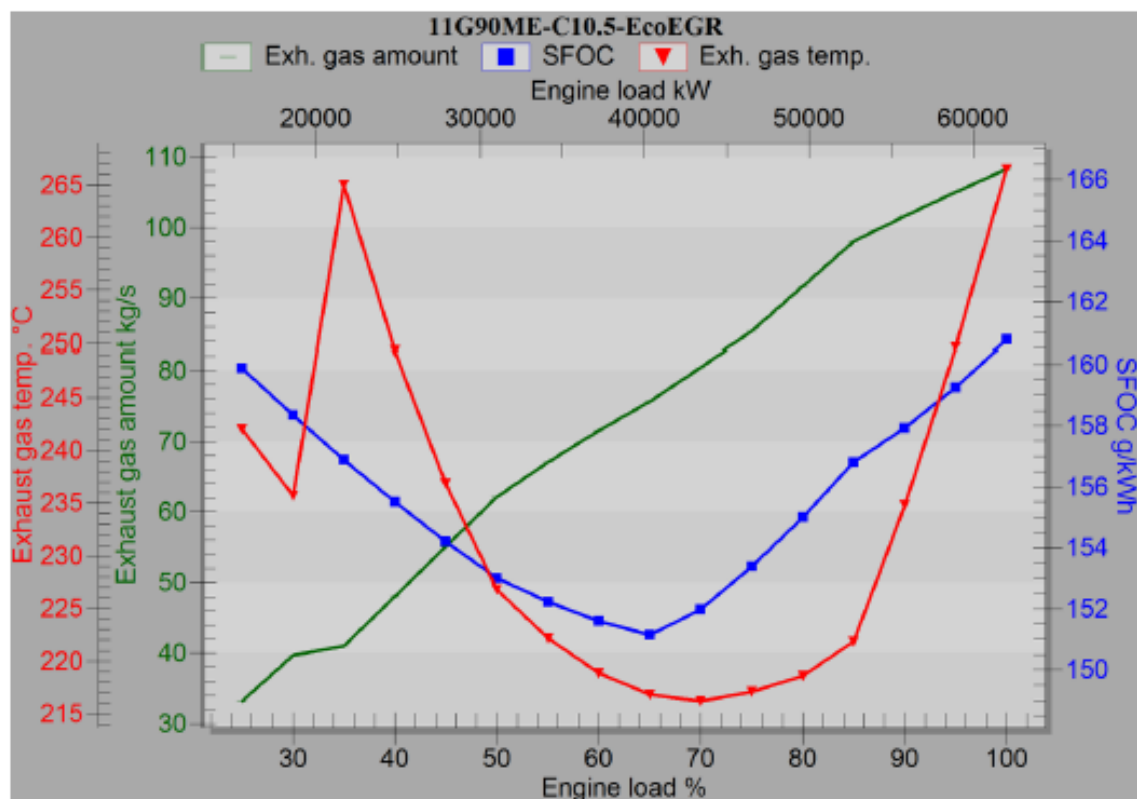
Starting air system, 30 bar ^{***)}	
Receiver volume (12 starts)	2 x 16.5 m ³
Compressors (total)	990 m ³ /h

^{***)} 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	1.50 m ³

EGR Water Handling System (WHS)	
<i>Pump flows</i>	
EGR treated water supply pump	12.4 m ³ /h
NaOH dosing pump	57 l/h
<i>Pump heads</i>	
EGR treated water supply pump	10 bar
NaOH dosing pump	10 bar

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 ^{*)} kg/h
100	62,030	82.0	160.8	108.3	266	11,800
95	58,929	80.6	159.2	105.0	250	9,690
90	55,827	79.2	157.9	101.6	235	7,760
85	52,726	77.7	156.8	98.1	222	6,080
80	49,624	76.1	155.0	91.7	219	5,430
75	46,523	74.5	153.4	85.4	217	4,990
70	43,421	72.8	152.0	80.5	216	4,680
65	40,320	71.0	151.1	75.7	217	4,520
60	37,218	69.2	151.6	71.5	219	4,500
55	34,117	67.2	152.2	67.0	222	4,550
50	31,015	65.1	153.0	62.2	227	4,650
45	27,914	62.8	154.2	55.1	237	4,940
40	24,812	60.4	155.5	48.0	249	5,210
35	21,711	57.8	156.9	41.0	265	5,440
30	18,609	54.9	158.3	39.6	236	3,680
25	15,508	51.7	159.9	33.2	242	3,440

Fuel Consumption and Exhaust Gas Data

Fuel Oil, Tier II mode

Tropical ambient conditions (ambient air: 45 °C, scavenge air coolant: 36 °C)

Load % SMCR	Power kW	Speed r/min	SFOC g/kWh	Exh. gas kg/s	Exh. gas ^{*)} °C	Steam ^{**)} kg/h
100	62,030	82.0	162.5	101.1	318	16,270
95	58,929	80.6	160.9	98.2	300	14,290
90	55,827	79.2	159.6	95.0	283	12,470
85	52,726	77.7	158.5	91.8	269	10,780
80	49,624	76.1	156.6	86.1	265	9,890
75	46,523	74.5	155.0	80.4	263	9,170
70	43,421	72.8	153.6	75.9	261	8,630
65	40,320	71.0	152.7	71.6	261	8,230
60	37,218	69.2	153.2	67.9	262	8,010
55	34,117	67.2	153.9	63.9	265	7,850
50	31,015	65.1	154.6	59.5	269	7,710
45	27,914	62.8	155.8	53.2	278	7,660
40	24,812	60.4	157.1	46.8	288	7,580
35	21,711	57.8	158.5	40.5	302	7,460
30	18,609	54.9	160.0	40.0	267	5,440
25	15,508	51.7	161.6	34.1	271	4,930

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	62,030	82.0	158.8	110.2	240	8,910
95	58,929	80.6	157.3	106.7	224	6,780
90	55,827	79.2	156.0	103.2	210	4,970
85	52,726	77.7	154.9	99.4	198	3,440
80	49,624	76.1	153.1	92.9	195	2,940
75	46,523	74.5	151.6	86.3	194	2,650
70	43,421	72.8	150.2	81.4	193	2,440
65	40,320	71.0	149.3	76.5	194	2,380
60	37,218	69.2	149.8	72.3	196	2,450
55	34,117	67.2	150.4	67.7	199	2,600
50	31,015	65.1	151.2	62.8	203	2,810
45	27,914	62.8	152.4	55.6	213	3,260
40	24,812	60.4	153.6	48.4	225	3,690
35	21,711	57.8	155.0	41.2	241	4,110
30	18,609	54.9	156.4	40.0	211	2,300
25	15,508	51.7	158.0	33.5	217	2,210

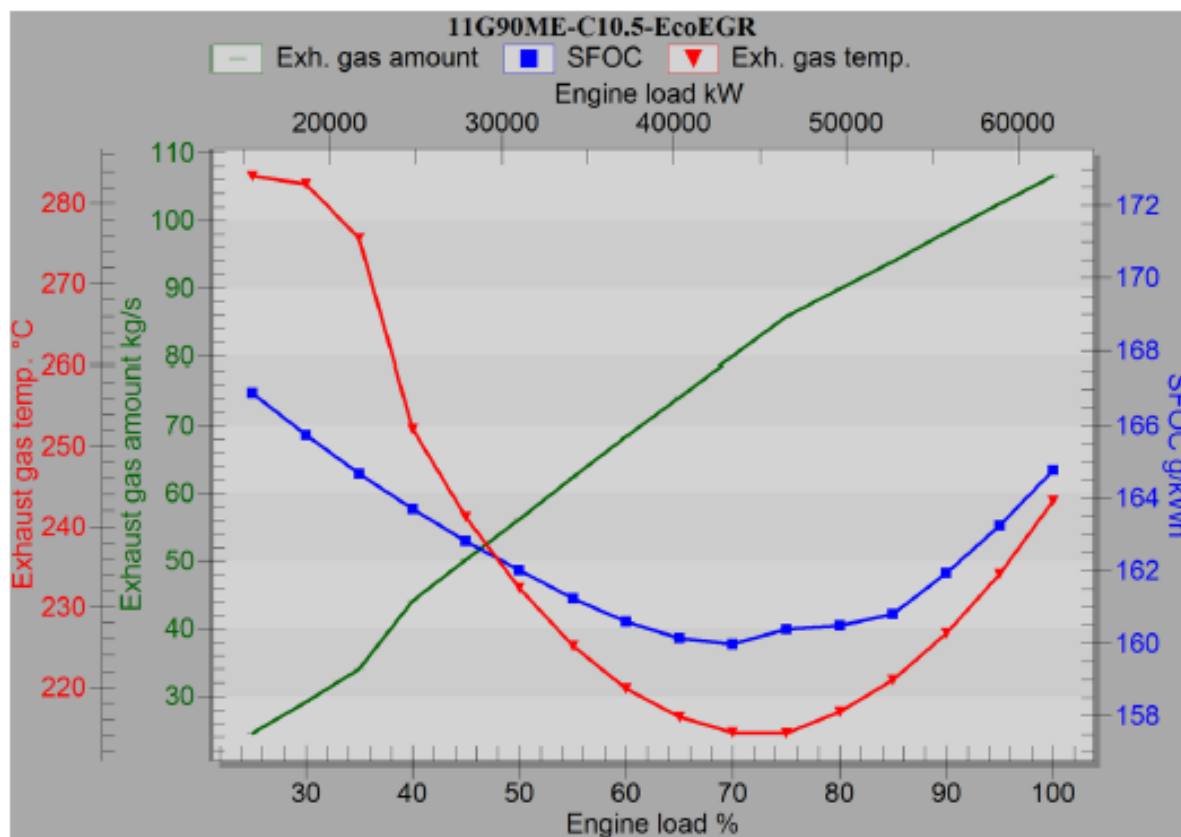
Comments / details:

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



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 ¹⁾ °C	Steam ²⁾ kg/h
100	62,030	82.0	164.8	106.6	243	9,040
95	58,929	80.6	163.2	102.5	234	7,720
90	55,827	79.2	161.9	98.3	227	6,640
85	52,726	77.7	160.8	93.9	221	5,790
80	49,624	76.1	160.5	89.9	217	5,180
75	46,523	74.5	160.4	85.8	214	4,730
70	43,421	72.8	160.0	80.0	214	4,480
65	40,320	71.0	160.1	74.2	216	4,400
60	37,218	69.2	160.6	68.4	220	4,430
55	34,117	67.2	161.2	62.4	225	4,540
50	31,015	65.1	162.0	56.2	232	4,690
45	27,914	62.8	162.8	50.2	241	4,860
40	24,812	60.4	163.7	44.1	252	5,020
35	21,711	57.8	164.7	34.0	276	5,150
30	18,609	54.9	165.7	29.1	282	4,770
25	15,508	51.7	166.9	24.6	283	4,120

Fuel Consumption and Exhaust Gas Data

Fuel Oil, Tier III mode

Tropical ambient conditions (ambient air: 45 °C, scavenge air coolant: 36 °C)

Load % SMCR	Power kW	Speed r/min	SFOC g/kWh	Exh. gas kg/s	Exh. gas ^{*)} °C	Steam ^{**)} kg/h
100	62,030	82.0	166.5	99.2	292	13,660
95	58,929	80.6	165.0	95.5	281	12,330
90	55,827	79.2	163.6	91.7	273	11,160
85	52,726	77.7	162.5	87.7	266	10,150
80	49,624	76.1	162.2	84.1	261	9,350
75	46,523	74.5	162.1	80.3	258	8,690
70	43,421	72.8	161.7	75.0	257	8,210
65	40,320	71.0	161.8	69.9	259	7,890
60	37,218	69.2	162.3	64.6	262	7,660
55	34,117	67.2	162.9	59.2	266	7,500
50	31,015	65.1	163.7	53.7	273	7,380
45	27,914	62.8	164.5	48.2	281	7,280
40	24,812	60.4	165.4	42.6	291	7,160
35	21,711	57.8	166.4	34.5	302	6,490
30	18,609	54.9	167.5	29.8	307	5,940
25	15,508	51.7	168.7	25.4	307	5,140

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	62,030	82.0	162.8	107.9	218	6,120
95	58,929	80.6	161.3	103.7	210	4,930
90	55,827	79.2	160.0	99.4	203	3,980
85	52,726	77.7	158.9	95.0	197	3,230
80	49,624	76.1	158.6	90.9	194	2,720
75	46,523	74.5	158.5	86.7	191	2,340
70	43,421	72.8	158.1	80.7	191	2,240
65	40,320	71.0	158.2	74.9	193	2,290
60	37,218	69.2	158.7	68.9	197	2,470
55	34,117	67.2	159.3	62.7	202	2,720
50	31,015	65.1	160.1	56.4	210	3,020
45	27,914	62.8	160.9	50.4	218	3,330
40	24,812	60.4	161.7	44.2	229	3,630
35	21,711	57.8	162.7	33.8	253	4,050
30	18,609	54.9	163.8	28.9	259	3,760
25	15,508	51.7	164.9	24.4	259	3,190

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.

Tables of Capacities - Tier II

1 Engine load (% SMCR)	4 Scavenge air receiver temp. (°C)	7 Jacket water heat diss. (kW) +10/-15%
2 T/C air consumption (kg/s) +/-5%	5 Scavenge air heat diss. (kW)	8 Lubricating oil heat diss. (kW) +/-10%
3 Scavenge air pressure (bara)	6 EGR heat dissipation (kW)	9 Condensed water (non-EGR) (t/24h)

Loads below 50% are associated with larger tolerances.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ISO ambient conditions (ambient air: 25.0 °C, scavenge air coolant: 25.0 °C)								
100	105.8	4.10	37	18,920	7,520	6,120	4,020	0.0
95	102.7	3.96	36	17,770	7,150	5,900	3,850	0.0
90	99.4	3.83	36	16,640	6,780	5,670	3,690	0.0
85	96.0	3.69	35	15,520	6,420	5,440	3,540	0.0
80	89.8	3.42	34	13,560	6,480	5,210	3,380	0.0
75	83.6	3.16	33	11,720	6,440	4,990	3,230	0.0
70	78.9	2.96	32	10,350	5,750	4,760	3,090	0.0
65	74.2	2.77	31	9,100	5,130	4,530	2,940	0.0
60	70.1	2.61	31	8,080	4,630	4,310	2,800	0.0
55	65.7	2.45	30	7,050	4,130	4,080	2,660	0.0
50	60.9	2.29	30	6,010	3,640	3,850	2,520	0.0
45	54.0	2.07	29	4,670	3,710	3,620	2,380	0.0
40	47.1	1.86	29	3,460	3,640	3,400	2,240	0.0
35	40.1	1.66	28	2,410	3,440	3,170	2,100	0.0
30	38.9	1.60	36	1,950	3,740	2,940	1,950	0.0
25	32.6	1.44	36	1,220	3,400	2,720	1,790	0.0

Tropical ambient conditions (ambient air: 45.0 °C, scavenge air coolant: 36.0 °C)								
100	100.7	3.96	47	19,480	4,950	6,190	4,060	204.6
95	97.8	3.83	46	18,310	4,700	5,960	3,900	199.0
90	94.8	3.70	45	17,180	4,450	5,730	3,730	192.9
85	91.6	3.57	45	16,060	4,200	5,500	3,570	186.2
80	85.9	3.32	44	14,120	4,390	5,270	3,420	174.6
75	80.2	3.07	43	12,290	4,470	5,040	3,270	161.9
70	75.8	2.88	42	10,930	3,870	4,810	3,120	148.8
65	71.4	2.71	41	9,680	3,330	4,580	2,970	136.0
60	67.7	2.56	41	8,670	2,880	4,350	2,830	124.8
55	63.6	2.41	40	7,650	2,430	4,120	2,690	112.8
50	59.2	2.26	40	6,610	2,000	3,890	2,550	100.1
45	52.9	2.05	39	5,260	2,180	3,660	2,410	84.9
40	46.5	1.85	39	4,030	2,230	3,430	2,270	69.1
35	40.1	1.67	38	2,940	2,160	3,200	2,120	53.0
30	39.7	1.62	46	2,550	2,480	2,970	1,970	52.2
25	33.8	1.46	46	1,730	2,300	2,740	1,810	37.5

Specified ambient conditions (ambient air: 10.0 °C, scavenge air coolant: 10.0 °C)								
100	107.8	4.08	22	18,180	8,290	6,050	3,970	11.6
95	104.6	3.94	22	17,040	7,880	5,830	3,810	11.3
90	101.1	3.80	21	15,920	7,480	5,600	3,650	11.3
85	97.6	3.65	20	14,820	7,090	5,380	3,490	11.1
80	91.2	3.39	19	12,920	7,100	5,150	3,340	10.4
75	84.8	3.13	18	11,140	7,020	4,930	3,200	9.4
70	79.9	2.93	17	9,830	6,290	4,700	3,050	8.2
65	75.1	2.74	17	8,630	5,630	4,480	2,910	7.0
60	71.0	2.58	16	7,660	5,110	4,250	2,770	5.9
55	66.5	2.43	15	6,680	4,580	4,030	2,630	4.7
50	61.7	2.26	15	5,700	4,050	3,810	2,490	3.4
45	54.6	2.04	14	4,410	4,090	3,580	2,350	1.8
40	47.6	1.84	14	3,260	3,990	3,360	2,220	0.4
35	40.5	1.64	14	2,250	3,770	3,130	2,070	0.0
30	39.4	1.59	21	1,820	4,150	2,910	1,930	0.0
25	32.9	1.42	21	1,130	3,800	2,680	1,770	0.0

Tables of Capacities - Tier III

1 Engine load (% SMCR)	4 Scavenge air receiver temp. (°C)	7 Jacket water heat diss. (kW) +10/-15%
2 T/C air consumption (kg/s) +/-5%	5 Scavenge air heat diss. (kW)	8 Lubricating oil heat diss. (kW) +/-10%
3 Scavenge air pressure (bara)	6 EGR heat dissipation (kW)	9 Condensed water (non-EGR) (t/24h)

Loads below 50% are associated with larger tolerances.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ISO ambient conditions (ambient air: 25.0 °C, scavenge air coolant: 25.0 °C)								
100	104.6	4.10	35	15,180	18,780	6,280	4,120	1.4
95	100.6	3.90	34	13,650	17,750	6,040	3,950	0.7
90	96.5	3.69	34	12,230	16,740	5,810	3,790	0.0
85	92.3	3.49	33	10,880	15,750	5,580	3,630	0.0
80	88.5	3.32	33	9,530	15,710	5,340	3,470	0.0
75	84.5	3.14	33	8,280	15,520	5,110	3,310	0.0
70	78.7	2.91	33	7,280	14,430	4,880	3,160	0.0
65	73.1	2.70	33	6,380	13,410	4,650	3,020	0.0
60	67.3	2.49	33	5,470	12,390	4,410	2,870	0.0
55	61.3	2.29	33	4,610	11,340	4,180	2,730	0.0
50	55.2	2.10	32	3,780	10,250	3,950	2,590	0.0
45	49.3	1.92	32	2,940	9,330	3,710	2,440	0.0
40	43.3	1.74	31	2,180	8,330	3,480	2,300	0.0
35	33.3	1.53	42	1,500	8,580	3,250	2,150	0.0
30	28.6	1.40	41	990	7,520	3,020	2,000	0.0
25	24.1	1.29	40	600	6,490	2,780	1,840	0.0

Tropical ambient conditions (ambient air: 45.0 °C, scavenge air coolant: 36.0 °C)								
100	99.1	3.95	44	15,670	18,760	6,340	4,160	225.6
95	95.4	3.76	44	14,160	15,860	6,110	3,990	213.6
90	91.5	3.56	43	12,730	14,960	5,870	3,830	201.0
85	87.6	3.37	43	11,370	14,110	5,640	3,660	187.8
80	83.9	3.20	42	10,010	14,170	5,400	3,500	176.3
75	80.2	3.03	42	8,750	14,090	5,170	3,350	163.8
70	74.9	2.82	42	7,760	13,060	4,930	3,200	151.1
65	69.7	2.63	42	6,840	12,100	4,690	3,050	138.2
60	64.5	2.43	42	5,960	11,140	4,460	2,900	124.7
55	59.0	2.25	42	5,090	10,150	4,220	2,760	110.4
50	53.4	2.07	42	4,250	9,130	3,990	2,610	95.3
45	47.9	1.90	41	3,380	8,310	3,750	2,470	78.8
40	42.3	1.73	41	2,570	7,430	3,520	2,320	62.2
35	34.3	1.54	50	1,980	7,780	3,280	2,170	56.9
30	29.6	1.42	49	1,400	6,840	3,050	2,020	41.6
25	25.1	1.31	49	930	5,930	2,810	1,860	28.8

Specified ambient conditions (ambient air: 10.0 °C, scavenge air coolant: 10.0 °C)								
100	106.2	4.06	21	14,430	19,500	6,200	4,070	20.0
95	102.1	3.85	20	12,970	18,410	5,970	3,900	18.9
90	97.9	3.65	19	11,600	17,360	5,740	3,740	17.6
85	93.5	3.45	19	10,300	16,320	5,510	3,580	16.2
80	89.6	3.27	19	9,000	16,230	5,280	3,430	15.0
75	85.5	3.10	18	7,810	16,000	5,050	3,280	13.7
70	79.6	2.87	18	6,860	14,900	4,820	3,130	11.7
65	73.8	2.66	18	5,970	13,870	4,590	2,980	9.8
60	67.9	2.46	18	5,130	12,840	4,360	2,840	7.8
55	61.9	2.26	18	4,310	11,780	4,130	2,700	5.7
50	55.6	2.07	18	3,530	10,670	3,900	2,550	3.6
45	49.6	1.89	17	2,730	9,720	3,670	2,410	1.6
40	43.6	1.71	17	2,010	8,700	3,440	2,270	0.1
35	33.2	1.51	27	1,380	9,090	3,210	2,130	0.0
30	28.5	1.39	26	890	7,990	2,980	1,970	0.0
25	24.0	1.28	25	540	6,930	2,750	1,810	0.0

Tables of EGR consumption - Tier II Fuel Oil

1 Engine load (% SMCR)	3 Freshwater consumption (kg/h)	5 Sludge accumulation (l/h)
2 Power, EGR blower (kW _e)	4 Processwater bleed off (kg/h)	6 NaOH consumption (l/h)

EGR blower power consumption has a tolerance of 20%.

Based on 0.5% fuel sulphur content. Sludge accumulation based on 7% dry matter. Fresh water consumption accounts for water added to the EGR process. WTS water consumption is not included (to be informed by maker).

NaOH consumption is based on a 50% NaOH solution. Minimum tolerance is 0.5 l/MWh, but generally 10%.

1	2	3	4	5	6
ISO ambient conditions (ambient air: 25.0 °C, scavenge air coolant: 25.0 °C)					
100	135	0	1,550	10.4	38.0
95	139	0	1,500	10.1	37.0
90	142	0	1,450	9.7	35.9
85	144	0	1,390	9.4	34.8
80	161	0	1,400	9.6	36.0
75	177	0	1,400	9.7	36.7
70	165	0	1,250	8.8	33.4
65	152	0	1,110	7.8	30.2
60	141	0	990	6.9	27.4
55	127	0	870	6.0	24.5
50	113	0	750	5.1	21.6
45	121	0	750	5.1	22.3
40	122	0	710	4.8	22.0
35	114	0	650	4.4	21.0
30	78	0	650	4.4	22.4
25	66	0	580	3.8	20.5

Tropical ambient conditions (ambient air: 45.0 °C, scavenge air coolant: 36.0 °C)					
100	69	0	1,120	6.7	24.3
95	70	0	1,080	6.4	23.7
90	71	0	1,040	6.2	22.9
85	72	0	1,000	5.9	22.1
80	82	0	1,050	6.3	23.7
75	92	0	1,070	6.5	24.7
70	83	0	930	5.7	21.7
65	73	0	810	4.9	18.9
60	65	0	690	4.1	16.4
55	55	0	590	3.4	13.9
50	46	0	480	2.7	11.4
45	52	0	520	2.8	12.5
40	54	0	530	2.8	12.9
35	52	0	510	2.6	12.5
30	23	0	560	2.7	14.0
25	20	0	520	2.4	12.9

Specified ambient conditions (ambient air: 10.0 °C, scavenge air coolant: 10.0 °C)					
100	154	0	1,760	11.6	42.1
95	158	0	1,710	11.3	41.0
90	161	0	1,650	10.9	39.8
85	164	0	1,590	10.4	38.6
80	182	0	1,610	10.7	39.6
75	200	0	1,610	10.7	40.1
70	185	0	1,460	9.7	36.5
65	171	0	1,320	8.6	33.1
60	158	0	1,190	7.6	30.0
55	143	0	1,070	6.6	26.9
50	126	0	950	5.7	23.8
45	133	0	960	5.5	24.1
40	132	0	940	5.2	23.6
35	122	0	880	4.7	22.4
30	84	0	930	4.8	24.1
25	73	0	840	4.1	22.0

Tables of EGR consumption - Tier III Fuel Oil

1 Engine load (% SMCR)	3 Freshwater consumption (kg/h)	5 Sludge accumulation (l/h)
2 Power, EGR blower (kW _e)	4 Processwater bleed off (kg/h)	6 NaOH consumption (l/h)

EGR blower power consumption has a tolerance of 20%.

Based on 0.1% fuel sulphur content. Sludge accumulation based on 7% dry matter. Fresh water consumption accounts for water added to the EGR process. WTS water consumption is not included (to be informed by maker).

NaOH consumption is based on a 50% NaOH solution. Minimum tolerance is 0.5 l/MWh, but generally 10%.

1	2	3	4	5	6
ISO ambient conditions (ambient air: 25.0 °C, scavenge air coolant: 25.0 °C)					
100	368	0	3,650	11.9	20.2
95	366	0	3,500	11.5	19.5
90	362	0	3,350	11.1	18.8
85	354	0	3,190	10.6	18.1
80	366	0	3,150	10.6	18.1
75	371	0	3,080	10.4	17.8
70	384	0	2,860	9.8	16.8
65	395	0	2,650	9.0	15.8
60	399	0	2,430	8.3	14.7
55	392	0	2,210	7.4	13.5
50	374	0	1,980	6.6	12.3
45	332	0	1,780	5.8	11.3
40	281	0	1,570	5.0	10.1
35	473	0	1,400	4.9	10.3
30	361	0	1,200	4.0	9.0
25	268	0	1,010	3.3	7.8

Tropical ambient conditions (ambient air: 45.0 °C, scavenge air coolant: 36.0 °C)					
100	252	0	3,340	10.3	17.6
95	252	0	3,210	10.0	17.1
90	250	0	3,070	9.7	16.5
85	245	0	2,930	9.3	15.9
80	256	0	2,910	9.3	16.0
75	262	0	2,870	9.2	15.9
70	269	0	2,680	8.6	14.9
65	273	0	2,500	7.9	13.9
60	272	0	2,320	7.2	12.9
55	265	0	2,130	6.5	11.8
50	250	0	1,930	5.7	10.7
45	223	0	1,760	5.0	9.7
40	191	0	1,580	4.3	8.7
35	285	0	1,540	4.2	8.9
30	222	0	1,370	3.5	7.8
25	167	0	1,190	2.8	6.7

Specified ambient conditions (ambient air: 10.0 °C, scavenge air coolant: 10.0 °C)					
100	402	0	3,890	12.6	21.2
95	399	0	3,740	12.1	20.5
90	393	0	3,590	11.7	19.7
85	382	0	3,420	11.2	18.9
80	394	0	3,390	11.1	18.8
75	396	0	3,330	10.9	18.5
70	410	0	3,130	10.2	17.4
65	420	0	2,940	9.4	16.3
60	422	0	2,740	8.6	15.2
55	414	0	2,530	7.7	14.0
50	392	0	2,310	6.9	12.8
45	345	0	2,120	6.0	11.6
40	289	0	1,900	5.2	10.4
35	496	0	1,870	5.1	10.6
30	377	0	1,640	4.2	9.3
25	282	0	1,410	3.4	8.0