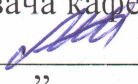


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
Машинобудівний навчально-науковий інститут

Кафедра експлуатації суднових енергетичних установок та теплоенергетики

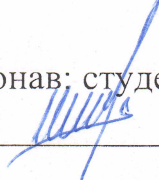
«Допущений до захисту»
В.о. завідувача кафедри, к.т.н. доц.
 Б.М. Личко
“ ” 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

на тему: «Розробка проекту модернізації енергетичної установки танкера
EAGLE VANCOUVER»

ОПП 135 «Суднові енергетичні установки та устаткування»

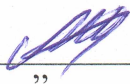
Виконав: студент групи 6211мз
 Іщенко Є.Г.

Керівник роботи:
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

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о. завідувача кафедри к.т.н. доц.

 Б.М. Личко
" " 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
«Розробка проекту модернізації енергетичної установки танкера
EAGLE VANCOUVER»

Виконавець: студент групи 6211МЗ: Іщенко Євген Геннадійович

Керівник проекту: д.т.н., доцент, Коробко В.В.

Затверджені наказом НУК від " " 20__ року № ____.

Строк подання студентом проекту "10" грудня 2024 року.

Дата видачі завдання: 01.10.2024

ЗМІСТ

Анотація (державною та англійською мовами).

Зміст

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.*
- 5. Розробка системи заходів для забезпечення надійної експлуатації обладнання СЕУ.*
- 6. Розробка розташування енергетичного обладнання на судні.*
- 7. Технологічна розробка монтажу утилізаційного котла.*

Висновки.

Список використаних джерел.

Додатки.

					КР.135.6211МЗ.02.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		1

5. За 10 днів до захисту текст КР має пройти перевірку на відсутність плагіату.
6. Доповідь здійснюється у вигляді слайд - презентації.
7. Обсяг розрахунково-пояснювальної записки (РПЗ) : 90 - 120, формат аркушів А4. До РПЗ додаються один або більше примірників презентації доповіді, формат аркушів А4 або А3 (графічний матеріал форматується при друкуванні). Презентація доповіді, 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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів ДР	Строк виконання	Примітка
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

Консультанти розділів проекту.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	"Завдання видав"		"Завдання прийняв"	
		Підпис	Дата	Підпис	Дата
7.					

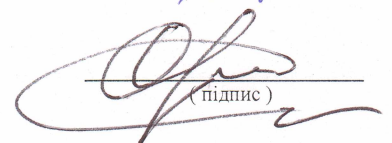
Студент

Іщенко Є. Г.
(прізвище та ініціали)


(підпис)

Керівник проекту

Коробко В.В.
(прізвище та ініціали)


(підпис)

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

Анотація

В даній магістерській роботі «Розробка проекту модернізації енергетичної установки танкера EAGLE VANCOUVER» виконано проектування енергетичної установки танкера з метою покращення її експлуатаційних характеристик та доведення її до відповідності діючим нормам ІМО.

У якості головного двигуна було обрано MAN B&W 7G80ME-C10.5, потужністю 32970 кВт при частоті обертання 72об/хв. Розроблена теплова схема та схема утилізації скидної теплоти в СЕУ.

Виконано розрахунок та підібрано обладнання для допоміжної енергетичної установки та паливної системи СЕУ. Для виконання вимог ІМО на танкері застосована скруберна система для можливості використовувати дешеві важки палива з великим вмістом сірки.

Для підвищення надійності експлуатації обладнання СЕУ на танкері застосовані: система моніторингу стану головного двигуна K-Chief700 фірми Kongsberg; система контролю крутного моменту на валопроводі та пристрій заземлення валової лінії. Розроблена технологія монтажу утилізаційного котла.

Ключові слова: танкер, суднова енергетична установка, теплова схема, пропульсивний комплекс, скруберна система.

Випускна магістерська робота викладена на 144 сторінках, мстить 59 рисунка та 14 таблиць. Список використаної літератури становить 22 джерела.

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

Annotation

In this master's thesis " Development of a Modernization Project for the Power Plant of the Tanker EAGLE VANCOUVER ", the design of the tanker's power plant was carried out in order to improve its operational characteristics and bring it into compliance with current IMO standards.

MAN B&W 7G80ME-C10.5 was selected as the main engine, with a capacity of 32970 kW at a rotation speed of 72 rpm. A thermal scheme and a scheme for waste heat utilization in the SPP were developed.

The calculations have been made and equipment selected for the auxiliary power plant and the fuel system of the SPP. To meet IMO requirements, the tanker is equipped with a scrubber system for the possibility of using cheap, heavy fuel with a high sulfur content.

To increase the reliability of the operation of the SPP equipment on the tanker, the following are used: the main engine condition monitoring system K-Chief700 from Kongsberg; a torque control system on the shaft line and a shaft line grounding device. A technology for installing a utilization boiler has been developed.

Keywords: tanker, ship power plant, thermal scheme, propulsion complex, scrubber system.

The master's thesis is presented on 144 pages, contains 59 figures and 14 tables. The list of used literature is 22 sources.

					КР.135.6211МЗ.02.ПЗ	Архив
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Перелік скорочень.....	8
Вступ.....	9
РОЗДІЛ 1. Аналіз характеристик базового судна та його ЕУ на відповідність діючим вимогам ІМО. Обґрунтування шляхів модернізації.....	12
1.1. Загальні відомості про судно та його основні характеристики.....	12
1.2. Характеристики енергетичної установки базового судна.....	14
1.3. Основні вимоги ІМО щодо пропульсивного комплексу судна.....	17
1.4. Вимоги SOLAS-74 до танкерів.....	26
РОЗДІЛ 2. Вибір і обґрунтування основних проектних рішень.....	31
2.1. Вибір комплектуючого обладнання згідно вимог міжнародних організацій.....	31
2.2. Обґрунтування вибору головного двигуна.....	34
2.3. Розрахунок елементів суднового валопроводу.....	39
РОЗДІЛ 3. Розробка теплової схеми СЕУ. Проектування енергетичних комплексів.....	44
3.1. Розробка теплової схеми та схеми утилізації скидної теплоти.....	44
3.2. Аналіз головних споживачів електричної та теплової енергії на судні та вибір схемних рішень для вироблення електричної та теплової енергії.....	49
3.3. Вибір обладнання СЕУ та систем.....	50
РОЗДІЛ 4. Визначення основних параметрів систем СЕУ.....	60
4.1. Паливна система судна.....	60
4.2. Система змащення та охолодження масла.....	71
4.3. Система низькотемпературної охолоджувальної води.....	75
4.4. Система високотемпературного охолодження.....	77

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

4.5. Система селективного каталітичного відновлення під високим тиском.....	78
4.6. Скруберна система.....	81
4.7. Системи для вантажних і баластних операцій танкера.....	88
РОЗДІЛ 5. Розробка системи заходів для забезпечення надійної експлуатації обладнання СЕУ.....	95
5.1. Система моніторингу стану енергетичної установки фірми Kongsberg K-Chief.....	95
5.2. Контроль крутного моменту на валопроводі та його заземлення.....	106
РОЗДІЛ 6. Розміщення енергетичного обладнання в машинному відділенні.....	110
6.1. Основні принципи компонування устаткування енергетичної установки в машинному відділенні.....	110
6.2 Проектування розташування обладнання СЕУ.....	114
РОЗДІЛ 7. Технологічна розробка монтажу утилізаційного котла.....	119
7.1. Конструктивна характеристика утилізаційного котла.....	119
7.2. Обґрунтування прийнятого методу монтажу утилізаційного котла....	119
7.3. Інструмент, пристосування, обладнання та прибори.....	120
7.4. Технічні вимоги до монтажу утилізаційного котла.....	123
7.5. Техніка безпеки при монтажі утилізаційного котла.....	124
7.6. Операційна карта монтажу утилізаційного котла.....	125
Висновок.....	128
Список використаних джерел	129
Додаток.....	131

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

Перелік скорочень

АДГ – аварійний дизель-генератор;
ГД – головний двигун;
ГРК – гвинт регульованого кроку;
ГФК – гвинт фіксованого кроку;
ДАК – дистанційно автоматичне керування;
ДГ – дизель-генератор;
ДК – допоміжний котел;
ДКУ – допоміжна котельна установка;
ЕУ – енергетична установка;
ІМО – Міжнародна морська організація;
КК – комбінований котел;
ККД – коефіцієнт корисної дії;
МВ – машинне відділення;
МКВ – машинно-котельне відділення;
ОУ – опріснювальна установка;
СЕС – суднова електростанція;
СЕУ – суднова енергетична установка;
УК – утилізаційний котел;
ЦПУ – центральний пост управління.

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

Вступ

Магістерська робота присвячена аналізу існуючої суднової енергетичної установки танкера Eagle Vancouver та розробці заходів щодо її модернізації для підвищення ефективності експлуатації судна та приведення її до відповідності діючим вимогам ІМО.

Зараз понад 80% світової торгівлі за фізичним обсягом та понад 70% за вартістю транспортується морем та перевантажуються у морських портах світу. Значення морського транспорту дуже важливе для світової торгівлі та розвитку економік суспільств.

Наразі одне з головних завдань судноплавної галузі полягає в тому, щоб здійснити масштабні перетворення з метою декарбонізації морського транспорту. Для подальшого успішного та безперебійного функціонування морського транспорту важливо однаково враховувати такі аспекти, як екологічна стійкість, дотримання нормативних вимог та економічні потреби.

Постійне зростання вартості суднового палива призводить до відповідного зростання вартості перевезень, що впливає на вартість товарів для кінцевих споживачів. Також боротьба з причинами глобального потепління вимагає від судновласників здійснювати інвестиції у додаткове обладнання щоб зменшувати викиди від енергетичних установок суден у навколишнє середовище, що вимагають деякі міжнародні нормативні документи. Це теж призводить до зростання вартості перевезень.

Тому актуальним є пошук раціональних технічних рішень які дозволяють удосконалювати енергетичні установки морських суден для підвищення їх експлуатаційної ефективності та виконати законодавчі вимоги щодо зменшення викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря.

Метою даного науково-прикладного дослідження є вдосконалення енергетичної установки танкера Eagle Vancouver, у тому числі приведення її до відповідності діючим вимогам ІМО.

Задачі дослідження:

– аналіз енергетичної установки даного судна на відповідність сучасним вимогам ІМО;

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

- розробка технічних рішень щодо вдосконалення СЕУ базового судна та приведення її до сучасних вимог ІМО;
- розробка теплової схеми модернізованої СЕУ;
- підбирання нового обладнання та обґрунтування його застосування для модернізованої СЕУ танкера;
- оцінка ефективності розроблених технічних рішень.

Об’єктом дослідження є суднова енергетична установка та її системи.

Предметом дослідження є параметри процесів в СЕУ та її системах які забезпечують економічну та екологічну експлуатацію танкера.

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

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

					МР.135.6211мз.02.ПЗ.01							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Студент		Іщенко Є. Г.			Характеристики базового судна та аналіз його ЕУ на відповідність діючим вимогам ІМО. Визначення шляхів модернізації				Літ.	Аркуш	Аркушів	
Керівник		Коробко В.В.										

Розділ 1. Характеристики базового судна та аналіз його ЕУ на відповідність діючим вимогам ІМО. Визначення шляхів модернізації

1.1. Загальні відомості про судно та його основні характеристики

Танкер Eagle Vancouver був побудований у 2013 році для фірми Amerikan Eagle Tankers Inc. Ltd компанією Daewoo Shipbuilding & Marine Enginee. Даний танкер відноситься до типорозміру VLCC, це дуже великий танкер призначений для перевезення сирої нафти. У відповідності з вимогами MARPOL та SOLAS конструкція корпусу танкера Eagle Vancouver у вантажній частині судна має подвійне дно та подвійні борта. Вантажна частина судна має 17 цистерн для перевезення нафти та 12 цистерн для баластіровки судна. Загальна місткість цистерн для перевезення нафти становить приблизно 357000 м³. Усі цистерни для перевезення нафти виготовлені з високолегованої сталі та ззовні мають ізоляцію. Загальний вигляд танкера Eagle Vancouver представлено на рисунку 1.1, а креслення перерізів корпусу танкера – на рисунку 1.2. При проектуванні лінії корпусу судна були оптимізовані з використанням комп'ютерного моделювання у CFD з подальшою перевіркою на модельних випробуваннях. На момент побудови судно повністю відповідало вимогам ІМО Tier I для викидів NO_x.



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд танкера Eagle Vancouver

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

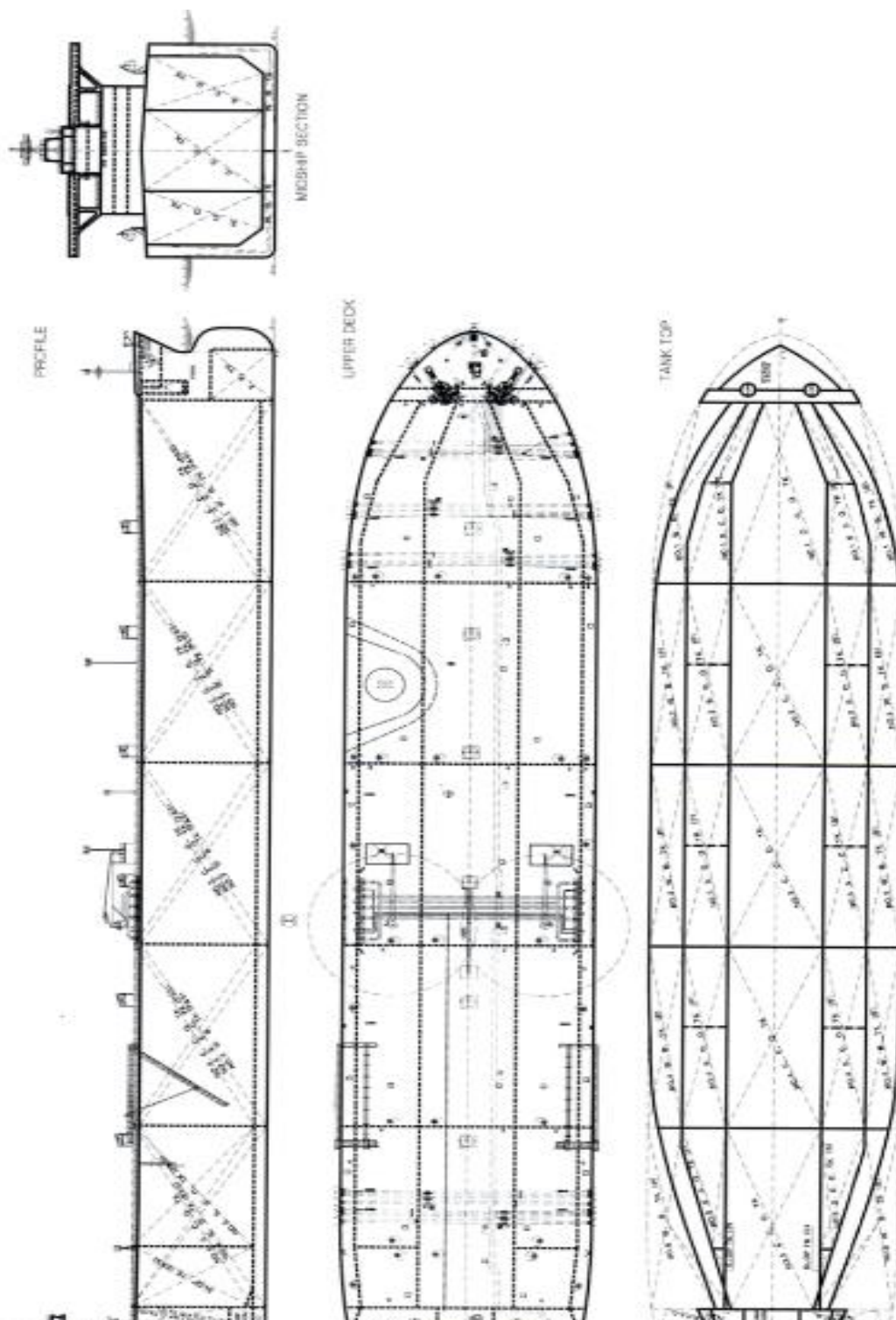


Рисунок 1.2 – Креслення перерізів корпусу танкера Eagle Vancouver

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

Основні характеристики танкера Eagle Vancouver наступні [10]:

- довжина повна, м – 333,0;
- довжина між перпендикулярами, м – 319,5;
- ширина судна максимальна, м – 60,04;
- висота судна до головної палуби, м – 25,0;
- висота судна до верхньої палуби, м – 26,0;
- осадка повна, м – 18,7;
- осадка конструктивна, м – 18,0;
- дедвейт фактичний – 262200;
- водяний баласт, м³ – 57800;
- об'єм паливних цистерн для дизельного палива, м³ – 875;
- швидкість експлуатаційна, вузлів – 15,0;
- щоденне споживання палива, тільки головний двигун, т/добу – 76;
- тип гвинта – фіксованого кроку;
- кількість гвинтів – один;
- діаметр гвинта, м – 9,9;
- матеріал гвинта – нікель-алюміній-бронза.

1.2. Характеристики енергетичної установки базового судна

СЕУ танкера складається з головної та допоміжної частини енергетичного комплексу. Головна частина енергетичного комплексу забезпечує рух судна. Вона має один головний малообертовий двигун, крутний момент з якого безпосередньо без перетворення за допомогою валової лінії передається до гвинта фіксованого кроку.

У якості головного двигуна на танкері встановлено дизельний двигун MAN B&W 7S80MC-C8.2. Його номінальна потужність становить 29260 кВт при 78 об/хв колінчастого валу. Конструкція двигуна має систему механічного розподільного вала для активації впорскування палива та приводу випускних клапанів. Двигун оснащений пневматичною/електричною системою маневрування, а частота обертання двигуна контролюється регулятором електронного/гідравлічного типу.

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

Конструкція та параметри роботи даного типу двигуна MAN B&W MC/МС-С-ТІІ розроблена та оптимізована під виконання норм Tier II Міжнародної морської організації (ІМО) щодо викидів. Креслення поперечного перерізу двигуна B&W 7S80MC-C8.2 представлено на рисунку 1.3, а габаритні креслення – на рисунку 1.4.

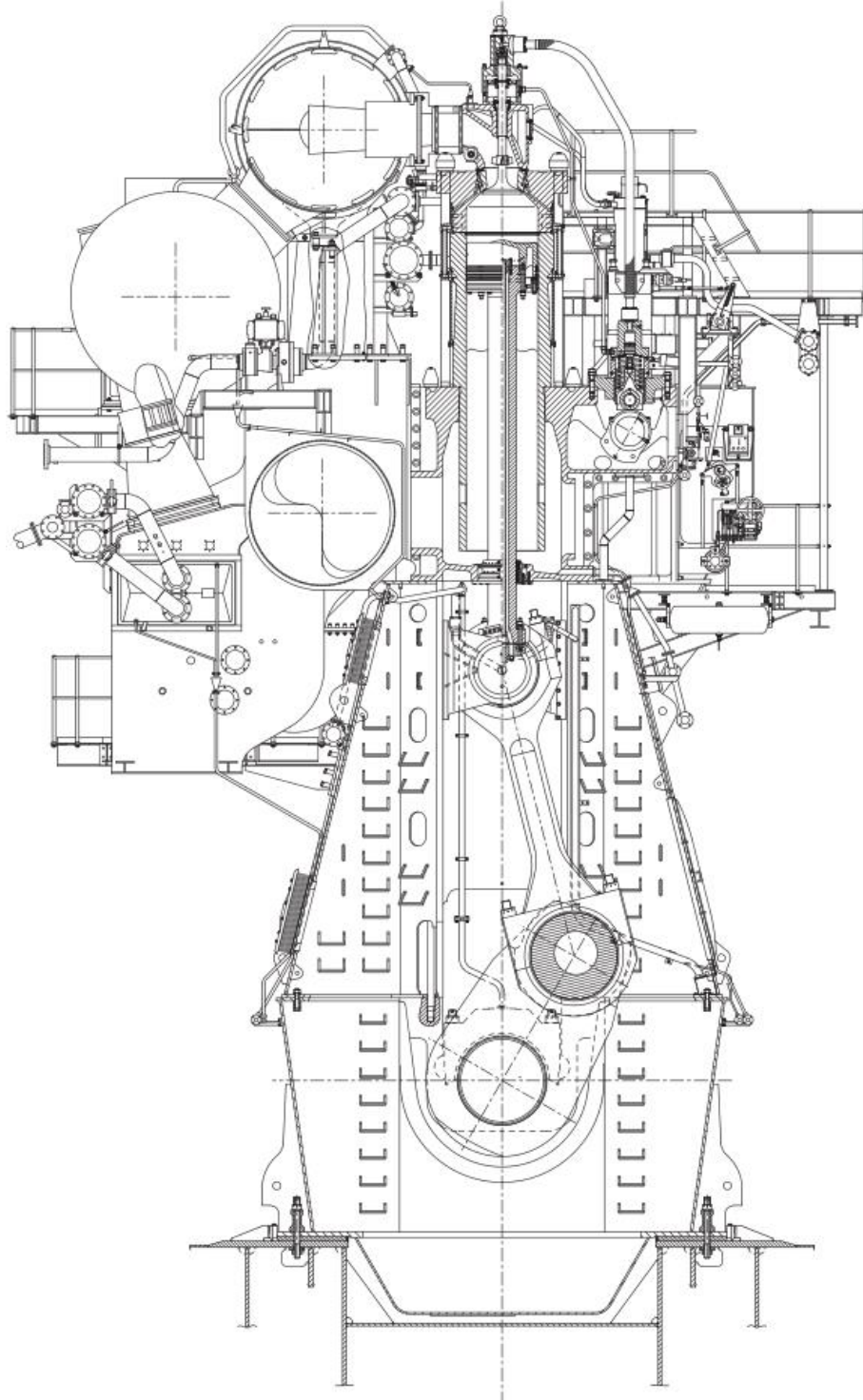


Рисунок 1.3 – Креслення поперечного перерізу двигуна B&W 7S80MC-C8.2

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

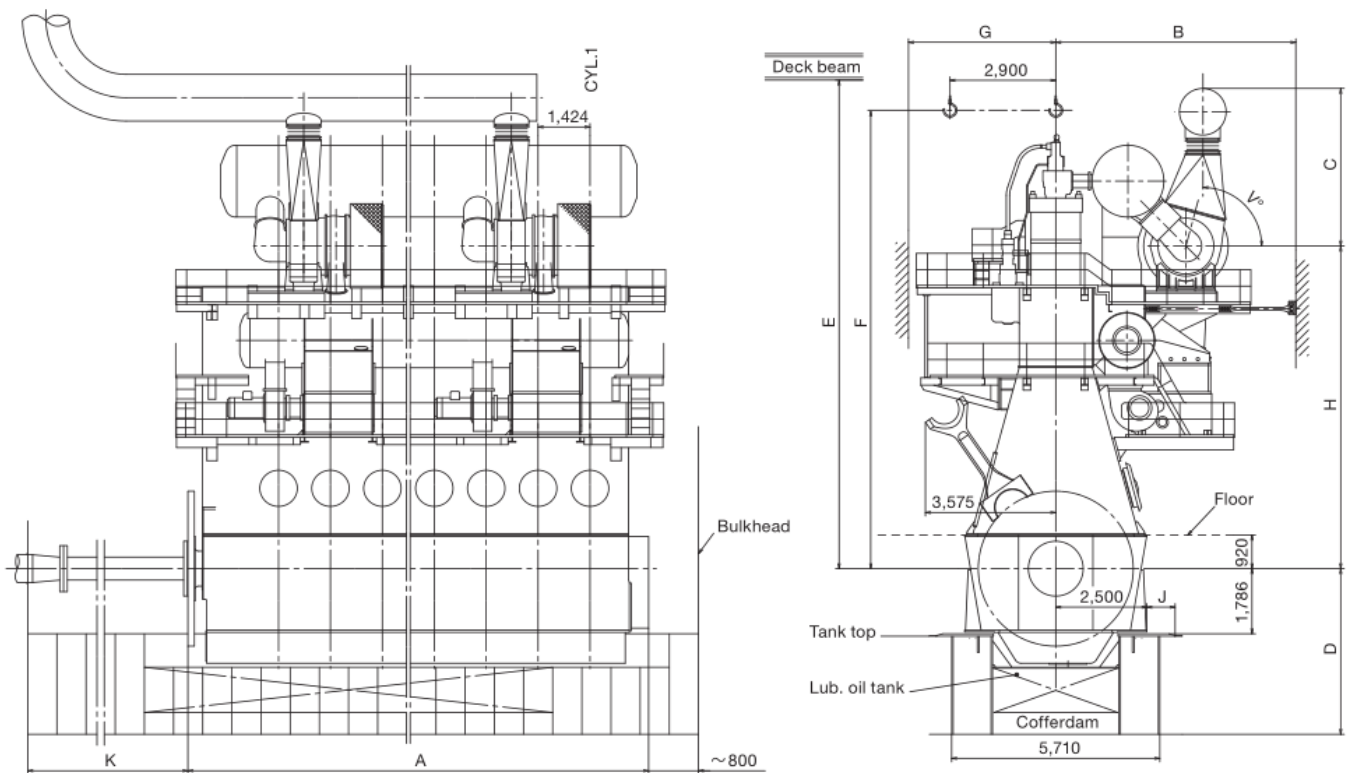


Рисунок 1.4 – Габаритні креслення двигуна B&W 7S80MC-C8.2
 $A = 12,653$; $B = 5,580$; $C = 4,324$; $D = 4,581$; $E = 12,950$; $F = 14,325$; $G = 4,100$;
 $H = 8,675$; $J = 0,510$

Допоміжна частина енергетичного комплексу призначена для генерації енергії необхідного виду для забезпечення потреб функціонування головної частини комплексу та інших суднових споживачів на різних режимах експлуатації СЕУ.

Суднова електростанція танкера має три дизель-генератора HYUNDAI HiMSEN 9H21/32, електрична потужність кожного – 1881 кВт, частота електричного струму – 60 Гц. На ходовому режимі судна у роботі задіяні два дизель-генератора, на стоянковому режимі також – два дизель-генератора.

Управління роботою дизель-генераторів та розподіл електроенергії між споживачами здійснюється за допомогою головного розподільчого щиту, який оснащений пристроями автоматизації роботи електростанції та системами керування і захисту.

Аварійним джерелом електроенергії слугує один дизель-генератор Mitsubishi 6E690MsS-M, який має електричну потужність 690 кВт, частота електричного струму 60 Гц.

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

Аварійний дизель-генератор запускається автоматично й приймає навантаження, якщо втрачено електроживлення від основних джерел електроенергії. Аварійний дизель-генератор та щит аварійного дизель-генератора розташовані у окремому приміщенні.

До складу енергетичної установки танкера також входять два допоміжних парових котла та одна опріснювальна установка.

1.3. Основні вимоги ІМО щодо пропульсивного комплексу судна.

Зміна клімату широко обговорюється в усьому світі та визнається фактором, що сприяє виникненню всіх глобальних проблем. Викиди парникових газів (ПГ) складають найбільший внесок у зміну клімату, тому вони привернули найбільшу увагу міжнародної спільноти щодо того, як ефективно скоротити викиди ПГ у глобальному масштабі.

Збільшення споживання палива, пов'язане зі зростанням морської торгівлі, призвело до зростання викидів в атмосферу від міжнародних судноплавних перевезень, що привернуло увагу усього світу.

Залежно від джерел викидів, викиди парникових газів із суден можна класифікувати за такими чотирма категоріями:

– викиди вихлопних газів. Як основні викиди з суден, викиди вихлопних газів походять з таких джерел, як основні двигуни, допоміжні двигуни, котли та сміттєспалювальні установки. Однак викиди зі сміттєспалювальних установок вважаються дуже незначним внеском у викиди і часто ігноруються;

– викиди холодоагентів. Оскільки холодоагенти необхідні для охолодження та/або заморожування вантажу та провізії, а також у кондиціонерах, вони зазвичай виділяються за двома основними напрямками: витіки під час експлуатації та під час технічного обслуговування холодильного обладнання та обладнання для кондиціонування повітря, або під час процесу демонтажу, коли викиди зазвичай відносяться до країни, в якій судно було утилізовано;

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

– вантажні викиди. Викиди включають різні викиди та витоки, зокрема витоки холодоагенту з рефрижераторних контейнерів і вантажівок, а також викиди летких сполук (CH₄ і неметанових летких органічних сполук (NMVOC)) від рідких вантажів;

– інші викиди. Ця категорія включає викиди від тестування та обслуговування протипожежного обладнання та іншого обладнання.

Що стосується прямих викидів, домінування викидів CO₂ є очевидним. CO₂ виробляється з суден як побічний продукт окислення вуглецю в дизельному паливі. Суднові вихлопні гази також містять три основні забруднюючі речовини: оксиди сірки (SO_x), оксиди азоту (NO_x) і тверді частинки.

Іншим прямим типом викидів є CH₄, він є невеликим джерелом. Крім того, деякі речовини, пов'язані з парниковими газами, також підходять до цієї категорії, такі як леткі органічні сполуки (ЛОС), які викидаються з паливних танкерів під час вантажно-розвантажувальних операцій і транспортуванні сирої нафти.

Міжнародні, регіональні, національні та місцеві інструменти регулюють викиди із суден. Міжнародна морська організація (ІМО) частково врегулювала викиди парникових газів від міжнародного судноплавства шляхом переговорів і обговорень у рамках свого Комітету з охорони морського середовища (МЕРС). Конвенції, кодекси, резолюції, керівні принципи та обговорення, досягнуті або проведені під час цього процесу, становлять режим ІМО щодо скорочення викидів ПГ від судноплавства або, іншими словами, режим ІМО щодо викидів ПГ.

Зараз діючи ліміти щодо викидів ПГ з суден, які здійснюють міжнародні перевезення, є вищими, ніж поточні ліміти для викидів від наземної промисловості, наземного транспорту та повітряних перевезень. Якщо порівнювати різні транспортні галузі на основі питомої ваги викидів на одиницю виконаної транспортної роботи, викиди з суден будуть нижчими, ніж у інших видів транспорту, у тому числі завдяки значно вищій транспортній ефективності суден.

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

Додаток VI MARPOL встановлює вимоги до викидів від суден, які здійснюють міжнародні перевезення, а правила 4, 13 і 14 є особливо актуальними для суднової енергетики [11].

Правило 14 містить вимоги щодо обмеження вмісту сірки в паливі для обмеження викидів SO_x і твердих частинок. Воно застосовується до всіх суден, що знаходяться в експлуатації. Це правило визначає різні обмеження щодо роботи судна всередині та поза зоною контролю викидів для SO_x (ECA- SO_x), і вони вводилися поступово, як наведено на рисунку 1.5.

Судна, які плавають у зонах контролю викидів SO_x , повинні використовувати на борту паливо із вмістом сірки не більше 0,10% (маса на масу). Ці зони називають ECA- SO_x .

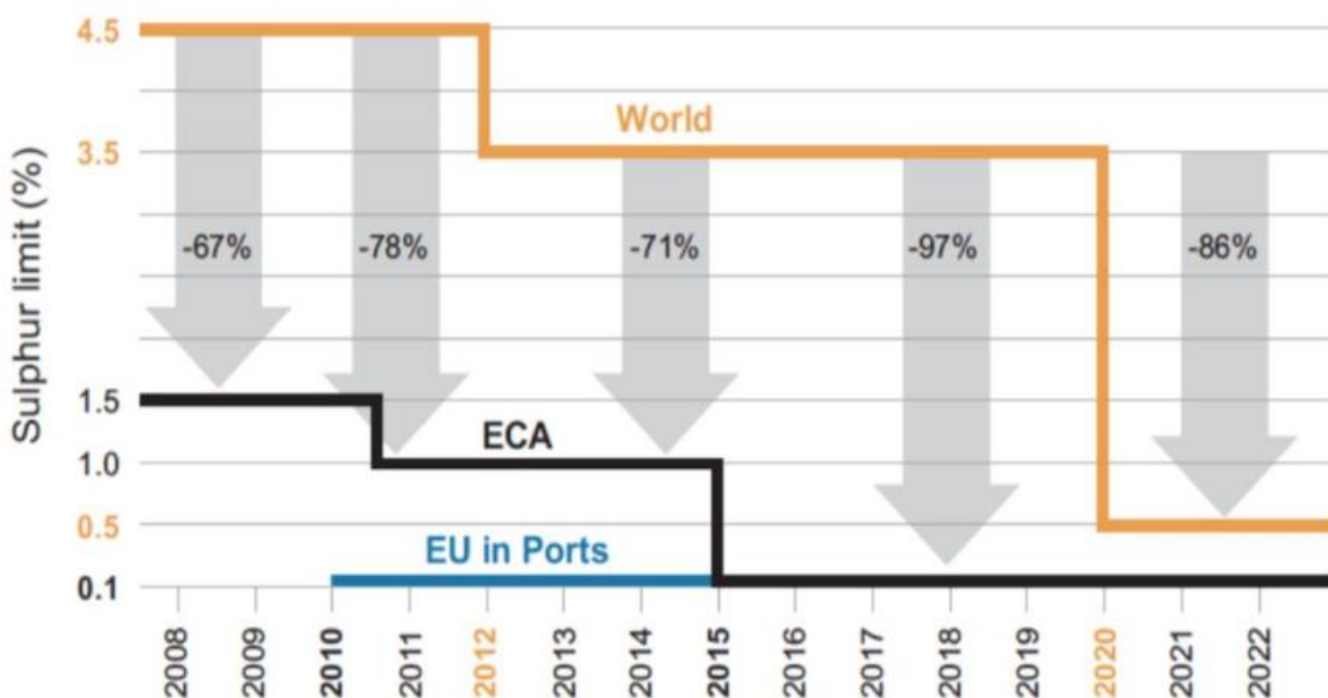


Рисунок 1.5 – Впровадження максимального допустимого ліміту сірки в ECA, портах ЄС та в усьому світі

Тлумачення «паливо, що використовується на борту» включає використання в основних і допоміжних двигунах та котлах. За межами ECA- SO_x максимальний допустимий вміст сірки в паливі становить 0,50%. На рисунку 1.5 наведено історичний огляд впровадження максимального допустимого ліміту сірки в ECA, портах ЄС та в усьому світі.

На рисунку 1.6 представлено географічне поширення цих областей ECA-SO_x [11].



Рисунок 1.6 – Діючі зони контролю викидів (SO_x ECA)

Правило 4 дозволяє регуляторам держав, під прапором яких експлуатується судно, затверджувати альтернативні засоби зниження викидів, які є такими ж ефективними з точки зору скорочення викидів, як і встановлені ліміти сірки. Це означає, що судно може використовувати паливо з вмістом сірки, вищим за норми встановлені правилом 14, якщо встановлені системи (наприклад схвалений скруббер SO_x) можуть зменшити викиди SO_x до рівня, еквівалентного або нижчого за викиди, що утворюються дозволеним паливом.

Якщо встановлена скруберна системи SO_x, то її необхідно схвалити та перевірити на відповідність вимогам ІМО щодо систем очищення вихлопних газів які визначені у Керівних принципах для систем очищення вихлопних газів (MEPC 184(59) – 2009).

Цей документ передбачає дві схеми тестування, огляду, сертифікації та перевірки [11]:

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

– схема А – первинне схвалення та сертифікація продуктивності з наступним безперервним моніторингом робочих параметрів під час експлуатації плюс щоденні вибіркові перевірки співвідношення викидів SO_2/CO_2 ;

– схема В – постійний моніторинг співвідношення викидів SO_2/CO_2 за допомогою схваленої системи з щоденними вибірковими перевітками робочих параметрів під час експлуатації.

Промивна вода, яка скидається у море з таких систем, також повинна постійно контролюватися та відповідати нормативним вимогам.

Правило 13 встановлює обмеження на викиди NO_x у повітря для суднових дизельних двигунів. Обмеження мають три «рівня». Застосування цих рівнів залежить від дати будівництва судна (або дати встановлення додаткових або неідентичних двигунів первісного проекту) і номінальної швидкості двигуна (n). Ці рівні наведені на рисунку 1.7. Рівень I і обмеження рівня II застосовуються для двигунів, встановлених на судах, побудованих відповідно до 1 січня 2000 року та до 1 січня 2011 року або пізніше, а рівень III – для побудованих до 1 січня 2016 року або пізніше.

Обмеження Tier III застосовуватимуться до суден, якщо вони працюють всередині областей ECA- NO_x . На рисунку 1.8 представлено географічне поширення цих областей ECA- SO_x [11]. Технічний кодекс NO_x від 2008 року містить обов'язкові процедури випробувань, огляду та сертифікації суднових дизельних двигунів [11].

Також скорочення викидів CO_2 у судноплавній галузі може бути одним із основних рішень для зменшення загального викиду CO_2 у світі. Згідно з дослідженням IMO GHG Study (IMO 2010), існує значний потенціал для подальшого підвищення енергоефективності в судноплавній галузі, якого можна досягти за допомогою методів проектування суден, а також експлуатаційних заходів. У цьому дослідженні зазначено, що скорочення викидів CO_2 на 10...50 % у розрахунку на мильну потужності є можливим.

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

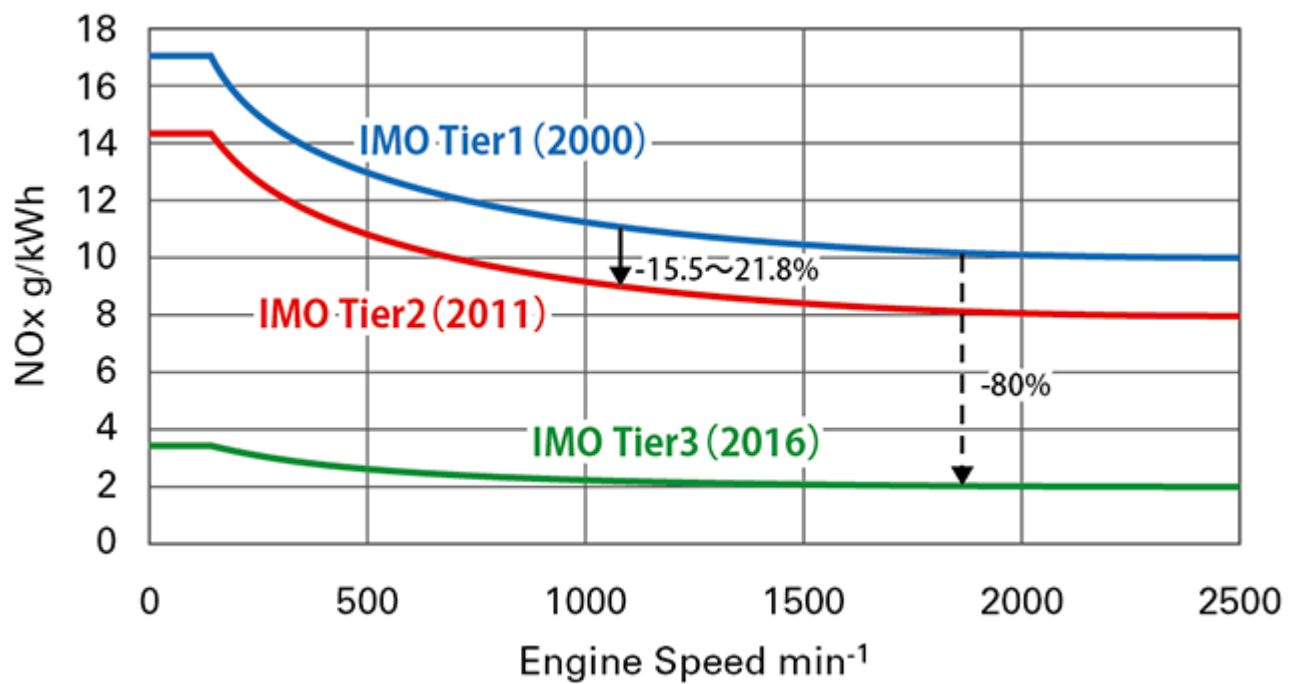


Рисунок 1.7 – Дані щодо впровадження обмежень викидів NO_x для дизельних двигунів

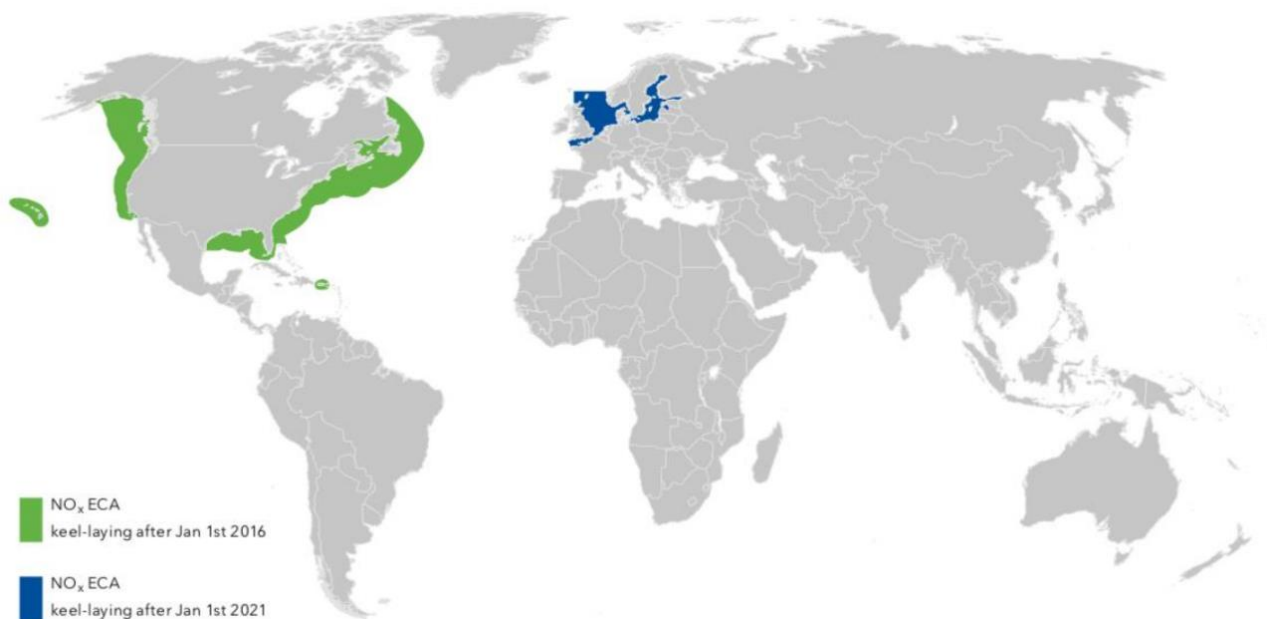


Рисунок 1.8 – Діючі зони контролю викидів (NO_x ECA)

У 2013 році набули чинності правила управління енергоефективністю суден, які визначені у додатку VI Конвенції МАРПОЛ 73/78. Міжнародна морська організація опублікувала нормативні вимоги щодо розробки плану управління енергоефективністю судна (SEEMP). Згідно цих нормативних вимог [11]:

– для кожного нового судна валовою місткістю понад 400 т повинні бути визначені необхідні та допустимі конструктивні індекси енергетичної ефективності (EEDI), величини яких повинні перевищувати обмеження, встановлені резолюцією МЕРС.203 (62);

– на кожному існуючому та новому судні валовою місткістю понад 400 т необхідно мати і виконувати індивідуальний SEEMP, який можна включити до судової системи управління безпекою, оскільки він спрямований на зниження викидів парникових газів.

EEDI було запроваджено з метою зниження викидів CO₂ із суден. В основному це значення, пов'язане з конструкцією судна, і воно виражає кількість CO₂, яке може вивільнитися на одиницю вантажопідйомності. Значення EEDI, вимагає суттєвих змін у тому, як нові кораблі викидають CO₂, воно має бути оцінено на етапі проектування, а потім підтверджено шляхом експлуатаційних випробувань.

EEDI був розроблений для різних типів суден і повинен бути рівним або меншим за базову лінію. ІМО прагнув скоротити викиди CO₂ на 10% порівняно з першим етапом і на 30% до 2025 року, починаючи з 2015 року. З цієї причини розробка більш ефективних суден буде заохочуватися та у суднобудуванні будуть застосовуватися різні технології для відповідності визначеному значенню EEDI.

Однак деякі дослідники вважають, що впровадження EEDI вимагатиме зменшення потужності двигуна та розміру головного двигуна для суден, і, таким чином, це неефективний спосіб зменшити викиди CO₂ для деяких типів суден, наприклад, таких як VLCC.

EEDI впроваджується поетапно. Наразі виконується етап 2, який триватиме з 2020 по 2025 роки, а етап 3 почнеться з 2025 року. Поетапний підхід до зменшення EEDI та коефіцієнти зниження наведені на рисунку 1.9 [11].

ІМО розробив базові показники EEDI для різних типів суден на основі аналізу даних з великої кількості існуючих суден. Базові показники EEDI для танкерів, які є залежними від розміру судна представлено на рисунку 1.10.

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

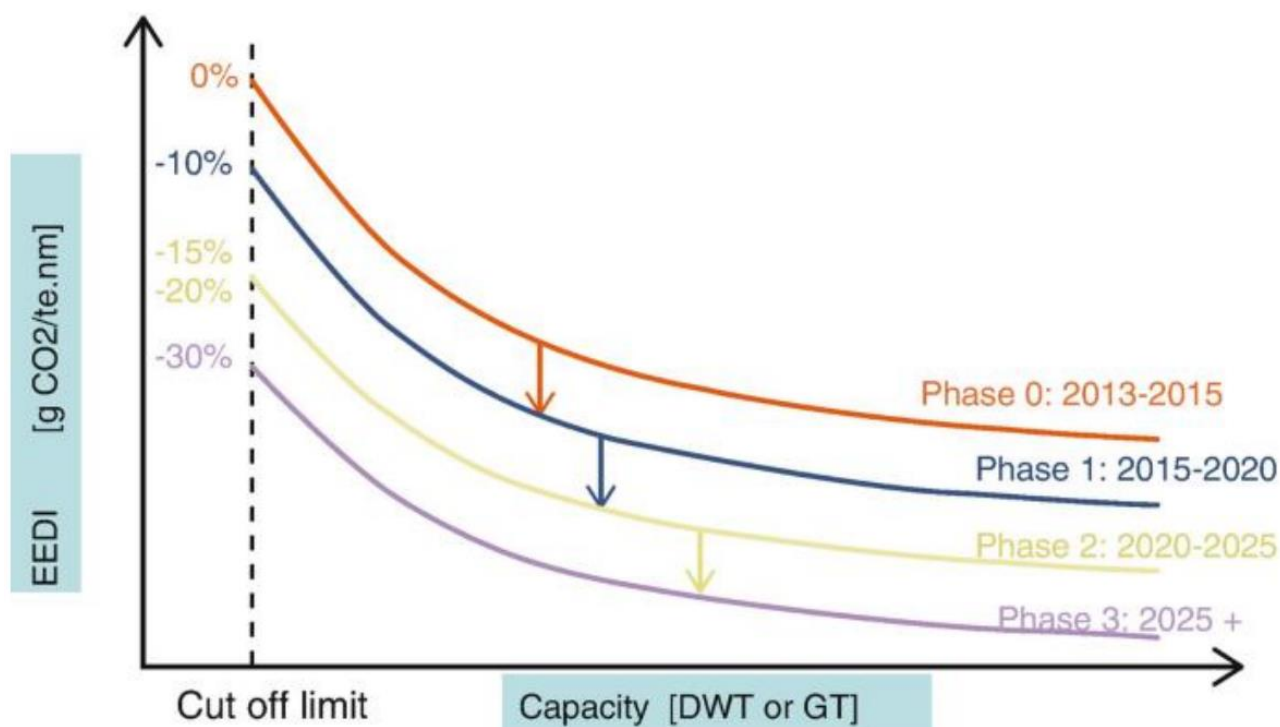


Рисунок 1.9 – Ілюстрація поетапного підходу ІМО для досягнення значень EEDI

Індекс енергоефективності існуючих суден (ЕЕХІ): ІМО представила ЕЕХІ у своїй редакції, затвердженій у 2020 році відповідно до Додатку IV MARPOL про запобігання забрудненню повітря з суден. Станом на 2023 рік ЕЕХІ дійсний для суден більш ніж 400 GT і регулює розрахунок стандартизованих викидів CO₂ на основі встановленої потужності двигуна, корисного навантаження та швидкості судна.

1.4. Вимоги SOLAS-74 до танкерів

Всі спеціально призначені для заборотної води баластові танки повинні мати ефективну систему запобігання корозії, таку як міцне захисне покриття або його еквівалент. Краще використовувати покриття, що мають світлий колір.

Доступ у коффердами, баластові танки, вантажні танки та інші приміщення вантажної зони повинен бути безпосередньо з відкритої палуби, і він повинен бути таким, щоб забезпечити їх повний огляд. Доступ у приміщення

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

подвійного дна може бути через вантажне насосне відділення, насосне відділення, глибокий коффердам, тунель трубопроводів або подібні до них приміщення, за умови дотримання вимог до вентиляції.

Простір подвійного корпусу та подвійного дна повинні бути обладнані відповідними з'єднаннями для подачі повітря.

На кожному танкері валовою місткістю 10000 рег. т і більше головна кермова повідня повинна мати два або більше однакових силових агрегату. Головна кермова повідня повинна бути конструктивно такою, щоб у разі втрати керованості через одиничне пошкодження у будь-якій частині однієї з силових систем головної кермової повідні, за винятком румпелю, сектора або інших елементів, що служать для тієї ж мети, а також за винятком заклинювання виконавчої повідні перекладки керма, керованість відновлювалася протягом не більше 45 с після виходу з ладу однієї з силових систем [5].

Система розподілу струму, в якій корпус судна використовується як другий провід, не повинна застосовуватися на танкерах ні для яких цілей. Заземлені системи розподілу струму не повинні використовуватись на танкерах.

На танкерах з метою збереження у разі пожежі або вибуху цілісності пожежної магістралі на ній повинні бути встановлені відсічні клапани в носовій частині юта в захищеному місці та на палубі вантажних танків з інтервалами не більше 40 м.

На танкерах, де необхідно застосування системи інертного газу [5]:

- простори подвійного корпусу повинні бути обладнані відповідними з'єднаннями для подачі інертного газу;
- там, де такі приміщення приєднані до стаціонарних систем розподілу інертного газу, повинні бути передбачені засоби, що запобігають витоку вуглеводневих газів з вантажних танків у простір подвійного корпусу через систему розподілу інертного газу;
- там, де такі простори не приєднані постійно до системи розподілу інертного газу, повинні бути передбачені відповідні засоби, що забезпечують їхнє приєднання до магістралі інертного газу.

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

Повинні бути передбачені відповідні переносні інструменти для вимірювання концентрації кисню та займистих парів. При виборі цих інструментів належну увагу необхідно приділяти можливості їх використання у комбінації зі стаціонарними трубопроводами системи забору проб атмосфери.

Усі танкери повинні мати щонайменше один переносний інструмент для вимірювання концентрації займистих парів, разом з достатнім комплектом запасних частин до нього. Повинно бути забезпечено калібрування таких інструментів.

На танкерах дедвейтом 20000 т і більше захист палуби в районі вантажних танків та вантажних танків повинен забезпечуватись стаціонарною палубною системою піногасіння та стаціонарною системою інертного газу [5].

Усі танкери, на яких очищення вантажних танків здійснюється шляхом миття сировою нафтою, повинні бути обладнані системою інертного газу та стаціонарними машинками для миття танків.

Усі танкери, обладнані стаціонарною системою інертного газу, повинні бути забезпечені закритою системою вимірювання рівня в танках.

Палубна система піногасіння повинна бути простою в експлуатації та швидкодієвою. Головний пост управління системою повинен розташовуватися у відповідному місці поза вантажною зоною, поблизу житлових приміщень, бути легкодоступним і забезпечувати управління системою у разі пожежі.

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

					КР.135.6211мз.02.ПЗ.02			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вибір і обґрунтування основних проектних рішень			
Студент		Іщенко Є. Г.						
Керівник		Коробко В.В.						

Розділ 2. Вибір і обґрунтування основних проектних рішень

2.1. Вибір комплектуючого обладнання згідно вимог міжнародних організацій

Рух танкеру Eagle Vancouver забезпечується двигуном типу MAN B&W 7S80MC-C8.2. Це 2-тактний, малообертовий та реверсивний двигун, з постійним тиском наддуву, який розвиває номінальну потужність 29260 кВт при оборотах колінчастого валу 78 об/хв. Споживання палива на номінальному режимі з високоефективним турбонаддувом становить 171 г/(кВт*год).

Двигун MC-C – це коротша та компактніша версія двигуна MC. Він добре підходить там, де потрібне невелике машинне відділення.

Однак програма двотактних двигунів MC/MC-C від MAN Diesel розвивалася з початку 1980-х років та на теперішній час це двигун дещо застарілого зразка, який за своїми експлуатаційними показниками поступається сучасним моделям двигунів, які більш економічні та оптимізовані під вимоги ІМО.

У зв'язку з введенням додаткових вимог ІМО до ефективності експлуатації морського транспорту та зменшення забруднення навколишнього середовища від нього, для подальшої повноцінної експлуатації танкера необхідно розглянути доцільність наступних напрямків модернізації:

- підвищення енергетичної ефективності СЕУ за рахунок заміни двигуна на більш сучасний та енергоефективний, або впровадження системи більш глибокої утилізації скидної теплової енергії для підвищення загального ККД СЕУ, або здійснити обидва заходи;

- встановити на танкері систему зменшення викидів NO_x для виконання вимог ІМО щодо викидів NO_x ;

- встановити на танкері систему очищення вихлопних газів від SO_x , щоб використовувати більш дешеве паливо та виконати вимоги ІМО щодо викидів SO_x .

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

Для зменшення експлуатаційних витрат та мінімізації витрат на модернізацію танкера пропонується вдосконалити енергетичну установку танкеру Eagle Vancouver наступним чином:

- замінити головний двигун на сучасний, більш ефективним та який оптимізовано під стандарти та обмеження ІМО;
- для виконання вимог ІМО дообладнати СЕУ танкера системами які очищують вихлопні гази двигуна від SO_x та зменшують кількість NO_x у відхідних газах.

Тип додаткових систем та їх комплектація обирається у відповідності з вимогами та рекомендаціями виробника головного двигуна.

Фірма MAN Diesel для танкерів VLCC дедвейтом 260000, до яких відноситься танкер Eagle Vancouver, для виконання вимог третього етапу обмежень EEDI пропонують використовувати наступні двигуни власного виробництва [21]:

- для конвенційного палива – 7G70ME-C9, 6G70ME-C10, 6G70ME-C9, 5G70ME-C9, 7S70ME-C10;
- з використанням LNG – 7G80ME-C10, 5G95ME-C10, 6G90ME-C10, 6G80ME-C10, 7S80ME-C9.

Оскільки відбувається модернізація існуючого судна підбір головного двигуна здійснюється на основі аналізу потужності ГД, обертів колінчастого валу при відповідному навантаженні, питомої витрати палива, а також, що дуже важливо, габаритних розмірів ГД [7].

2.2. Обґрунтування вибору головного двигуна

На танкер Eagle Vancouver пропонується встановити новий головний двигун MAN B&W 7G80ME-C10.5, потужність якого становить 32970 кВт при частоті обертання 72 об/хв. Споживання палива на номінальному режимі з високоефективним турбонаддувом становить 166,5 г/(кВт*год) при виконанні вимог Tier III.

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

Цей двигун наразі виробляється фірмою MAN Diesel та рекомендований для застосування на VLCC танкерах дедвейтом 260000. Також він за своїми габаритними показниками найбільш наближений до попереднього двигуна MAN B&W 7S80MC-C8.2, що зменшує проблеми його розміщення у існуючому машинному відділенні судна.

Частота обертання колінчастого валу трохи нижча ніж у попереднього двигуна, а потужність на 12,5% вище, тобто можлива зміна діаметру валопроводу, гвинта та конструкції дейдвуду. На модернізованому судні залишається пряма передача крутного моменту без редуктора на гвинт, як і було на судні до модернізації.

Оскільки двигун MAN B&W 7G80ME-C10.5 оптимізовано під вимоги ІМО, то його застосування на танкері призведе до зменшення викидів парникових газів та підвищить економічність експлуатації судна.

Поперечний переріз двигуна MAN B&W 7G80ME-C10.5 представлено на рисунку 2.1, технічні характеристики – у таблиці 2.2, габаритне креслення – на рисунку 2.2, габаритні розміри двигуна – у таблиці 2.3 [9].

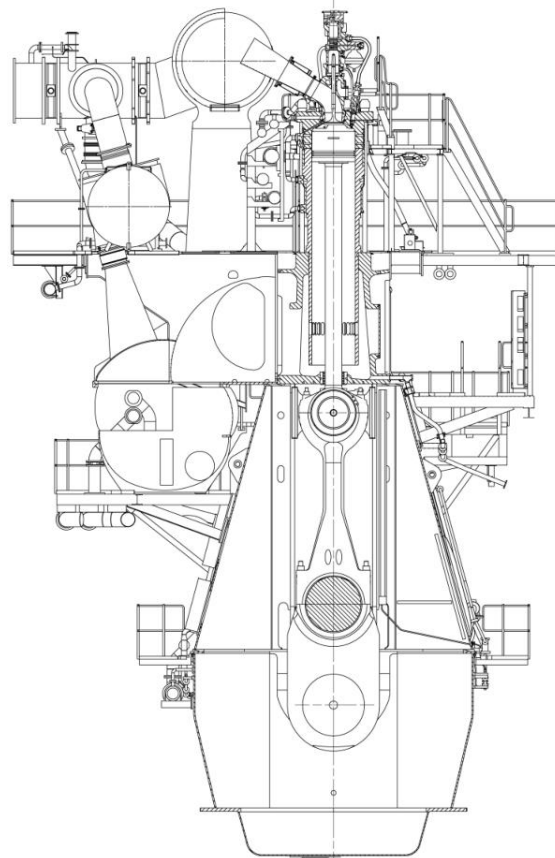


Рисунок 2.1 – Поперечний переріз двигуна MAN B&W 7G80ME-C10.5.

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

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики MAN B&W 7G80ME-C10.5 та його систем*

Тип	дизельний двигун
Кількість на судні	один
Фірма-будівник	MAN B&W
Марка двигуна	7G80ME-C10.5
Ефективна потужність	32970 кВт
Частота обертання вала	72 об/хв
Діаметр циліндра	800 мм
Турбокомпресор	2 x MAN TCA77-24
Відповідність викидів NO _x	IMO Tier II
Параметри	SCR
Відповідність викидів NO _x	IMO Tier II / III compliant
Тип гвинта	Фіксований крок
Вихлопний газ та повітряний потік:	
Вихлопний газ, масовий потік	70,8 кг/с
Вихлопний газ, температура	230 °C
Система охолодження:	
Центральний охолоджувач, тепловіддача	19540 кВт
SAC, тепловіддача	15710 кВт
Охолоджувач циліндра, тепловіддача	3970 кВт
Луб. охолоджувач масла, тепловіддача	2490 кВт
Пускова повітряна система:	
Кількість стартів	12
Повітряний компресор (30 бар)	2 × 420 м³/год
Повітряний ресивер (30 бар)	2 × 14,0 м³
Примітка: Ємності призначені лише для двигуна	

* Інші характеристики наведені у додатку

Маса двигуна розрахована відповідно до наведених номінальних розмірів у кресленні, та включає турбокомпресори, повітроохолоджувачі, трубопроводи та платформи, але без масла і води. Розміри приведені в мм для двигунів номінальної шкали без системи підвищення ефективності та з допуском близько ± 10 мм [9].

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

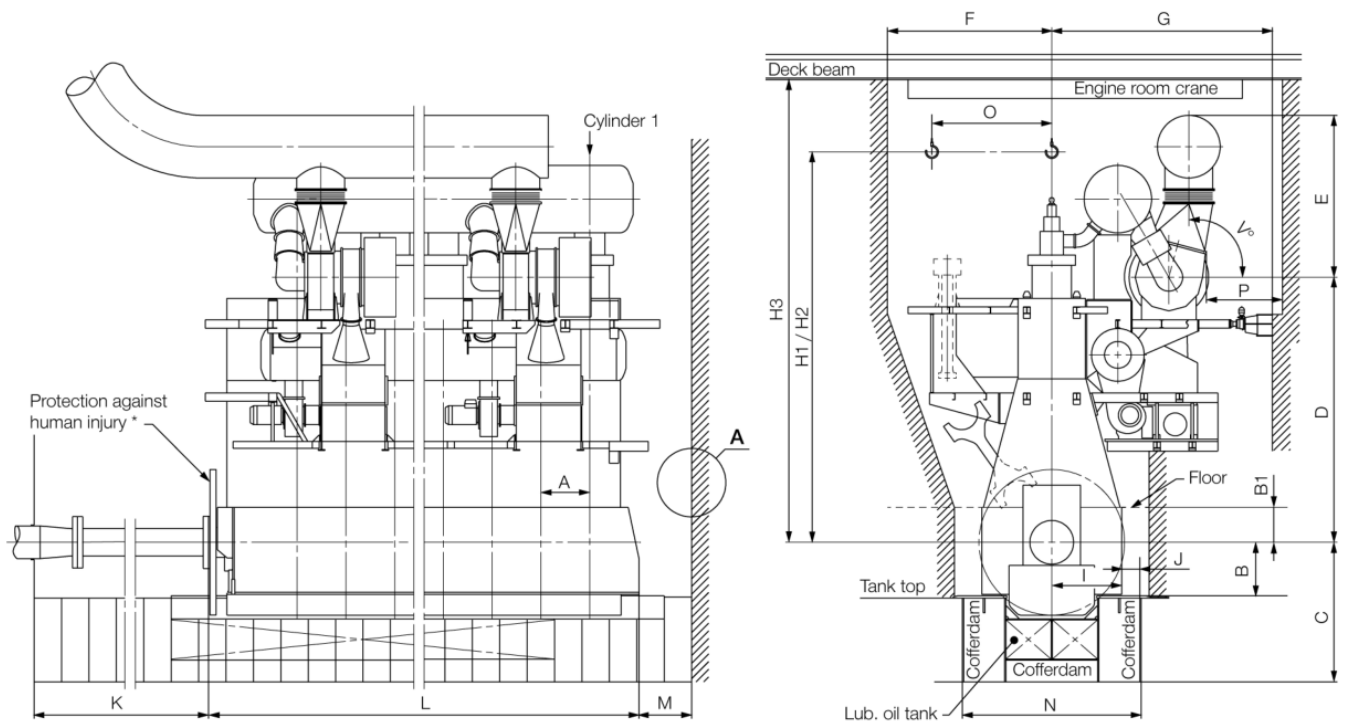


Рисунок 2.2 – Габаритні розміри двигуна MAN B&W 7G80ME-C10.5 з двома турбокомпресорами

Таблиця 2.3 – Габаритні розміри двигуна MAN B&W 7G80ME-C10.5.

A	1400 мм
B	2010 мм
B ₁	966
C	4272 мм
D	9635 мм
E	Висота вихлопної труби відповідає проекту машинного відділення
G	6075 мм
H1	15750 мм
H4	15775 мм
I	2460 мм
J	510 мм
K	К має бути довшим за карданний вал, якщо карданний вал витягується в машинне відділення
L	12629 мм
M	≈ 800 мм
N	5,910 мм
O	2,800 мм
P	Див. креслення
V	0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75°, 90°

Компанія MAN Energy Solutions спеціально розробила як апаратне, так і програмне забезпечення, щоб отримати комплексне рішення для системи управління двигуном.

Для двигунів MAN B&W ME/ME-C-TII, позначених як двигуни TII, конструкція та експлуатаційні параметри, відповідають нормам викидів Tier II IMO.

Норми NO_x встановлюють обмеження SFOC для двотактних двигунів. Загалом викиди NO_x збільшуються, якщо SFOC зменшується, і навпаки. У стандартній конфігурації двигуни MAN B&W оптимізовані близько до межі IMO NO_x , отже, викиди NO_x не можуть бути збільшені ще більше.

Межа IMO NO_x вказується як середньозважене значення викидів NO_x при навантаженні 25, 50, 75 та 100%. Це співвідношення можна використовувати для нахилу профілю SFOC у діапазоні навантажень. Це означає, що SFOC можна зменшити при частковому навантаженні або низькому навантаженні за рахунок вищого SFOC в діапазоні високих навантажень без перевищення межі IMO NO_x .

Оптимізація SFOC в діапазоні часткового навантаження (50-85%) або низького навантаження (25-70%) вимагає вибору методу налаштування:

- EGB – перепуск вихлопних газів;
- HPT – налаштування високого тиску (за запитом і лише для ME-C).

Кожен метод налаштування дозволяє оптимізувати витрати палива при нормальній роботі на низьких навантаженнях, зберігаючи при цьому можливість роботи на високих навантаженнях, коли це необхідно.

Методи налаштування доступні для всіх SMCR у конкретній схемі компонування двигуна, але їх не можна комбінувати.

Для типів двигунів 40 і менше, а також для більших типів із звичайними турбокомпресорами застосовна лише оптимізація при високому навантаженні.

Для оптимізації при частковому та низькому навантаженні розрахунки для обраного двигуна приведені у додатку.

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

2.3. Розрахунок елементів суднового валопроводу

На танкері Eagle Vancouver застосовано пряме передавання потужності від головного ДВЗ на гвинт фіксованого кроку.

Конструкція валопроводу на танкері Eagle Vancouver складається з: гребного гвинта фіксованого кроку, гребного вала, одного проміжного вала, дейдвудного пристрою, одного опорного підшипника, системи змащування та охолодження, стопорного пристрою. Загальна схема конструкції валопроводу представлена на рисунках 2.3 [9].

Гребний вал на судні безфланцевий, із насадженою на нього фланцевою напівмуфтою. З'єднання гребного вала із гребним гвинтом та з напівмуфтою кінцеве, безшпоночне.

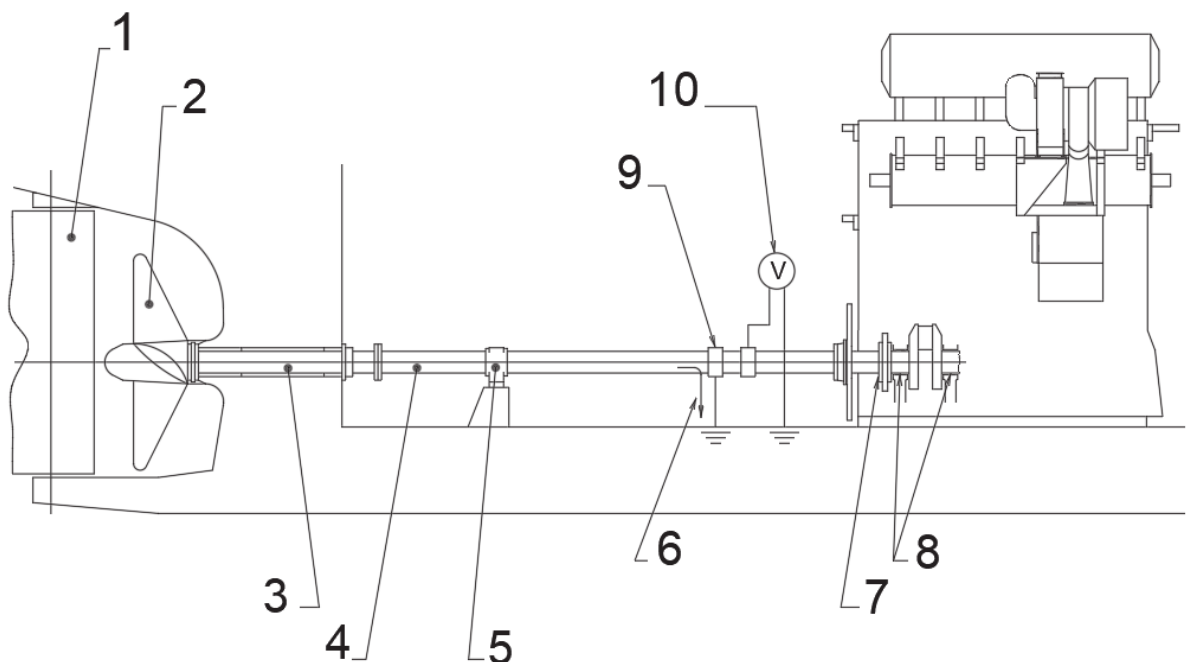


Рисунок 2.3 – Конструктивне виконання суднового валопроводу [9]:

- 1 – перо руля; 2 – гвинт фіксованого кроку; 3 – дейдвудна труба;
- 4 – гребний вал; 5 – опорний підшипник вала; 6 – напрям обертання;
- 7 – упорний підшипник; 8 – корені підшипники ДВЗ; 9 – заземлення вала;
- 10 – моніторинг електричного потенціалу між корпусом і валом

Головний упорний підшипник вмонтовано в головний двигун. Для підтримки проміжного вала та носової частини гребного вала застосовано один самоустановлювальний опорний підшипник з водяним охолодженням.

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

Валоповоротний пристрій встановлено на головному двигуні. Передбачено блокування, яке запобігає можливості його запуску при включеному валоповоротному пристрої.

Проміжний вал виготовлений з вуглецевої сталі КМ-23 ($\sigma_b = 440$ МПа), гребний вал – зі сталі категорії міцності КМ-25 ($\sigma_b = 480$ МПа).

Вихідні дані для розрахунку діаметрів валів наступні:

- розрахункова потужність, що дорівнює специфікаційній потужності ГД – $P = N_e^C = 32970$ кВт;
- розрахункова частота обертання валів, $n = 72$ хв⁻¹.

Мінімальний допустимий діаметр проміжного валу розраховується за формулою:

$$d_{np} = F * \sqrt[3]{\frac{P}{n}} = 100 \sqrt[3]{\frac{32972}{125}} = 641 \text{ мм}$$

де F – коефіцієнт для дизельної установки з прямою передачею потужності на гвинт становить $F = 100$.

Враховуючи категорію льодового підсилення найменший допустимий діаметр проміжного вала буде становити:

$$d_{np}^* = 1,08 * d_{np} = 1,08 * 641 = 692 \text{ мм.}$$

Мінімальний допустимий діаметр гребного вала розраховується за формулою:

$$d_{gp} = 100 * k * \sqrt[3]{\frac{P}{n}} = 100 * 1,22 * \sqrt[3]{\frac{32972}{125}} = 782 \text{ мм,}$$

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

Враховуючи категорію льодового підсилення найменший допустимий діаметр гребного вала буде становити:

$$d_{gp}^* = 1,15 d_{gp} = 1,15 * 782 = 900 \text{ мм.}$$

За результатами розрахунків приймаємо наступні значення діаметрів валів:

- гребного валу – 900 мм;
- проміжного валу – 692 мм.

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

					КР.135.6211мз.02.ПЗ.03				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Студент		Іщенко Є. Г.			Розробка теплової схеми СЕУ. Проектування енергетичних комплексів	Літ.	Аркуш	Аркушів	
Керівник		Коробко В.В.							
З									

Розділ 3. Розробка теплової схеми СЕУ. Проектування енергетичних комплексів

3.1. Розробка теплової схеми та схеми утилізації скидної теплоти

Енергетична установка судна об'єднує декілька груп енергетичного обладнання які взаємопов'язані між собою. Кожна з цих груп має своє цільове призначення та вони забезпечують рух судна, роботу суднових механізмів, створюють безпечні та нормальні умови для роботи і проживання екіпажу тощо. У цих групах або комплексах відбувається споживання палива або іншого виду енергії, перетворення їх у потрібні види енергії з необхідними параметрами, які у свою чергу забезпечують функціонування елементів СЕУ.

Теплова схема суднової енергетичної установки – це умовна модель СЕУ, яка у спрощеному вигляді показує взаємозв'язки між основним обладнанням, яке забезпечує функціонування СЕУ. Теплова схема може бути принциповою або розгорнутою, в залежності від вимог, що ставляться до неї у проектній документації.

Розроблена, у рамках модернізації судна, теплова схема СЕУ танкера Eagle Vancouver представлена на рисунку 3.1.

Експлуатаційні характеристики, ефективність та параметри роботи систем СЕУ змінюються в залежності від навантаження двигуна. Для отримання параметрів функціонування СЕУ на часткових режимах роботи двигуна були виконані розрахунки для таких режимів. Вихідні дані для розрахунку режимів роботи двигуна представлені у таблиці 3.1. Результати розрахунку представлені у таблиці 3.2 та 3.3 та у Додатку [7].

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

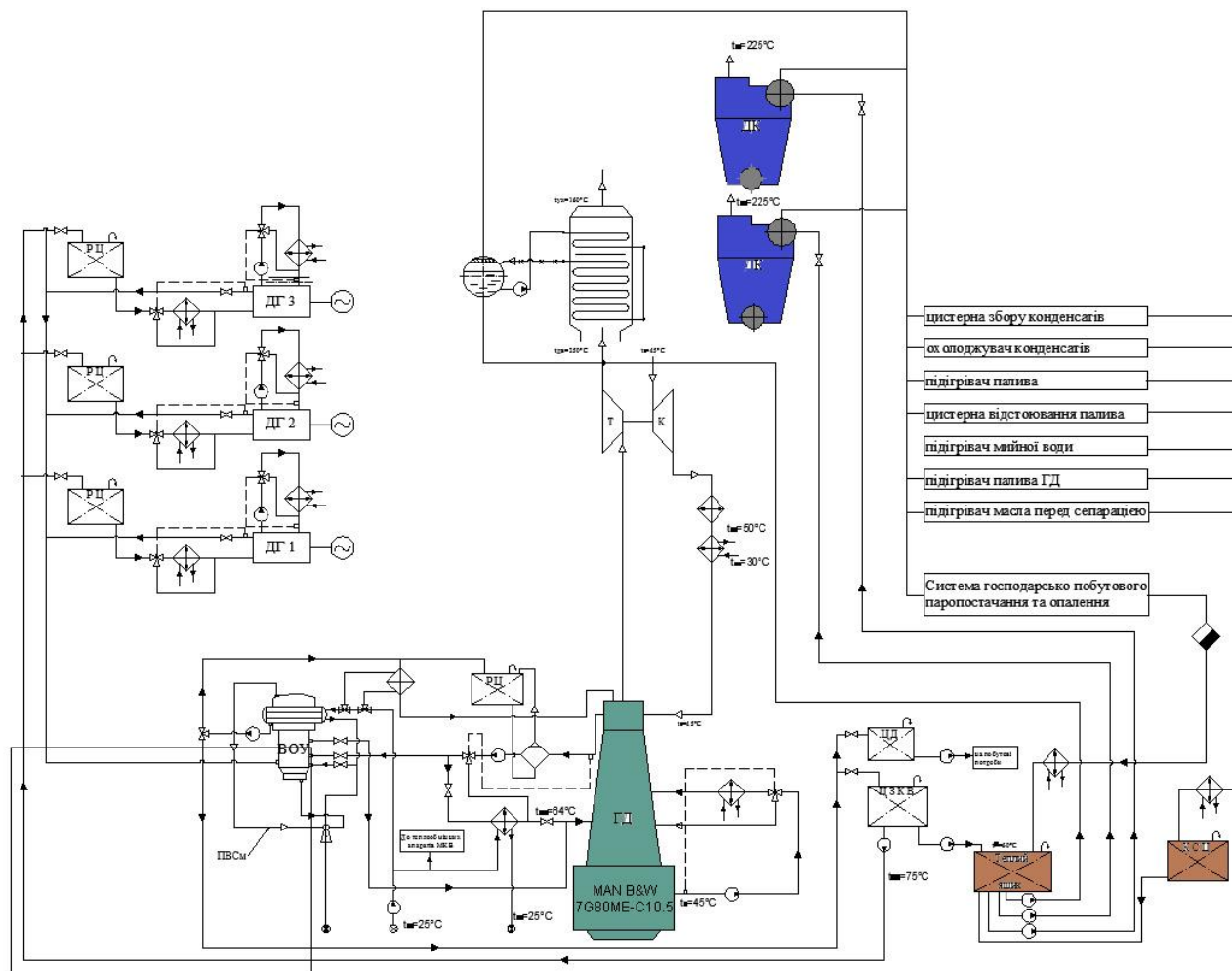


Рисунок 3.1 – Теплова схема СЕУ танкера Eagle Vancouver після модернізації

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для розрахунку режимів роботи двигуна

Тип двигуна	7G80ME-C10.5-HPSCR зі скрубером	
Вхідні параметри		
Номінальна потужність двигуна	кВт	32970
Оберти колінчастого валу при номінальній потужності	об/хв	72
Тип турбокомпресора		Високо ефективний
Відповідність нормам викидів NO _x		Tier III
Тип гвинта		Гвинт фіксованого кроку
Система охолодження		Центральна
Привід гідравлічної система		Механічний
Гідравлічна система управління		Уніфікована
Константи		
Нижча теплотворна здатність палива	кДж/кг	42700
Тиск пари	бар	7

Таблиця 3.2 – Параметри роботи двигуна з різними режимами навантаження при виконанні вимог Tier II на важкому паливі

Зовнішні параметри	Повітря – 10 °C		Вода – 10 °C			
Нагрузка	Потужність	Оберти к.в.	SFOC	Витрата відхідних газів	Температура відхідних газів	Генерація пари
%SMCR	кВт	об/хв	г/(кВт*год)	кг/с	°C	кг/год
100	32970	72	164	71,5	220	4216
95	31322	70,8	161,8	69,1	212	3528
90	29673	69,5	159,7	66,6	206	2972
85	28025	68,2	157,7	64	202	2571
80	26376	66,8	156,9	61,2	200	2303
75	24728	65,4	156,6	57,8	198	2052
70	23079	63,9	154,5	54,9	197	1932
65	21431	62,4	152,2	51,8	198	1897
60	19782	60,7	152,8	48,4	200	1937
55	18134	59	153,6	44,8	204	2032
50	16485	57,1	154,5	41,1	209	2161
45	14837	55,2	155,5	37,4	217	2384
40	13188	53,1	156,7	33,6	226	2591
35	11540	50,7	158,1	29,6	234	2659
30	9891	48,2	159,5	25,5	239	2497
25	8243	45,4	161,1	21,4	237	2082

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

Таблиця 3.3 – Параметри роботи двигуна з різними режимами навантаження при виконанні вимог Tier III на важкому паливі

Зовнішні параметри	Повітря – 10 °C		Вода – 10 °C			
Нагрузка	Потужність	Оберти к.в.	SFOC	Витрата відхідних газів	Температура відхідних газів	Генерація пари
%SMCR	кВт	об/хв	г/(кВт*год)	кг/с	°C	кг/год
100	32970	72	164,5	70,8	230	4996
95	31322	70,8	162,3	68,4	223	4330
90	29673	69,5	160,2	65,9	217	3792
85	28025	68,2	158,5	63,3	214	3408
80	26376	66,8	157,9	60,6	212	3154
75	24728	65,4	157,6	57,6	208	2746
70	23079	63,9	155,7	55,2	203	2337
65	21431	62,4	153,6	52,5	200	2049
60	19782	60,7	154,4	49,5	199	1869
55	18134	59	155,4	46,2	199	1787
50	16485	57,1	156,5	42,7	201	1791
45	14837	55,2	158	39,3	208	2033
40	13188	53,1	159,5	42	165	0
35	11540	50,7	161,1	37	173	0
30	9891	48,2	162,9	30,3	192	858
25	8243	45,4	164,8	24	205	1137

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

3.2. Аналіз головних споживачів електричної та теплової енергії на судні та вибір схемних рішень для вироблення електричної та теплової енергії

При модернізації судна його призначення та технологічне застосування не змінюється. Основні споживачі та потреби у електричній та тепловій енергії залишилися ті самі. При впровадженні скрубберної системи та системи зменшення викидів NO_x необхідна додаткова електрична потужність для роботи насосів, які обслуговують ці системи, але їх потужність відносно мала. Це додаткове навантаження не потребує внесення змін у склад суднової електростанції.

Основним джерелом електричної енергії на танкері є три дизель-генератора одиничною електричною потужністю 1881 кВт, що виробляють трифазний електричний струм з частотою 60 Гц.

Для управління роботою дизель-генераторів та розподілу електроенергії танкер Eagle Vancouver має головний розподільчий щит з пристроями автоматизації роботи електростанції, захисту та системою керування.

На ходовому режимі роботи судна використовуються два дизель-генератора. На стоянковому режимі також використовуються два дизель-генератора.

Аварійним джерелом електричної енергії на танкері є один дизель-генератор електричною потужністю 761 кВт, частота струму 60 Гц. Він розташований у окремому приміщенні. Аварійний дизель-генератор запускається автоматично й приймає навантаження після втрати електроживлення від основних джерел електричної енергії. Щит управління аварійним дизель-генератором розташований у приміщенні аварійного дизель-генератора.

Для постачання пари та гарячої води судновим споживачам суднова енергетична установка має один утилізаційний котел паропродуктивністю при роботі на відхідних газах ДВЗ до 5,0 т/год та два допоміжних котла, які мають паропродуктивність 25 т/год кожний.

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

3.3. Вибір обладнання СЕУ та систем

Суднова електростанція. У судновій електростанції танкера Eagle Vancouver встановлено 3 дизель-генератора марки HiMSEN 9H21/32. Вони виготовлені фірмою Hyundai Heavy Industries Co., Ltd. Усі двигуни HiMSEN з 2011 року відповідають вимогам Tier II. Для виконання вимог Tier III фірма пропонує застосовувати SCR системи власного виробництва адаптовані під власний модельний ряд двигунів.

Питомі витрати палива у даного типу двигунів достатньо низькі, значного зростання або зменшення електричного навантаження при модернізації не відбувається, тому при модернізації танкера Eagle Vancouver заміну дизель-генераторів не виконуємо.

Загальний вигляд встановлених дизель-генераторів HYUNDAI HiMSEN 9H21/32 представлено на рисунку 3.2, а його технічні характеристики – у таблиці 3.4 [6].



Рисунок 3.2 – Загальний вигляд дизель-генератора HYUNDAI HiMSEN 9H21/32.

Аварійний дизель-генератор. В якості аварійного дизель-генератора на танкері Eagle Vancouver встановлено дизель-генератор Mitsubishi S12A2-MPTA.

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

Загальний вигляд цього дизель-генератора представлено на рисунку 3.3, а технічні характеристики – у таблиці 3.5.

Таблиця 3.4 Технічні характеристики судових дизель-генераторів танкера Eagle Vancouver

Марка	HYUNDAI HiMSEN 9H21/32
Кількість ДГ на судні	3
Ефективна потужність двигуна	1980 кВт
Електрична потужність ДГ	1881 кВт
Питома витрата палива двигуном	185 г / (кВт×год)
Питома витрата масла двигуном	0,6 г / (кВт×год)
Кількість циліндрів	9
Розташування циліндрів	рядне
Діаметр циліндру	210 мм
Хід поршня двигуна	320 мм
Частота обертання	900 об/хв
Середній ефективний тиск	24 бар
Швидкість руху поршня	10,7 м/с

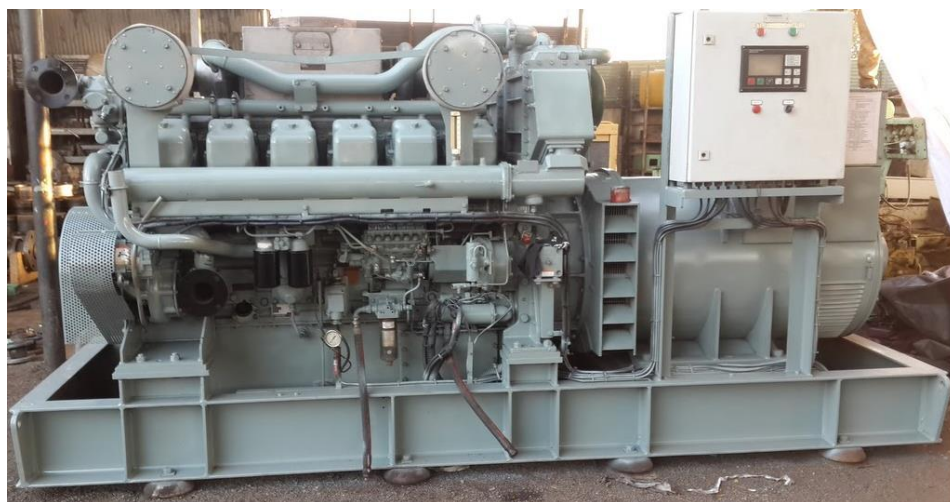


Рисунок 3.3 – Загальний вид аварійного дизель-генератора Mitsubishi S12A2-MPTA

Таблиця 3.5 – Характеристики аварійного дизель-генератора Mitsubishi S12A2-MPTA

Марка ДГ	Mitsubishi S12A2-MPTA
Ефективна потужність двигуна (л.с.)	1020
Електрична потужність ДГ	761
Кількість циліндрів	12
Розташування циліндрів	V-образне 60°
Діаметр циліндру, мм	150

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

Хід поршня двигуна, мм	160
Споживання палива, г / (кВт×год)	213
Витрата палива, л/год	97,5
Частота електричного струму, Гц	60
Суха вага, кг	3380
Частота обертання, об/хв	1800
Габаритні розміри ДГ L×W×H, мм	2002 × 1442 × 1596

Допоміжна котельня установка. На судні встановлено один комбінований котел марки Aalborg OC-TCi. Він виробляється фірмою Alfa Laval. Aalborg OC-TCi. Це котел може працювати як на мазуті так і на відпрацьованих газах двигунів оскільки має і паливну секцію, і секцію вихлопних газів. Він має продуктивність до 6500 кг/год пари при роботі паливної секції та до 5000 кг/год при роботі секції вихлопних газів.

Загальний вид котла представлено на рисунку 3.4, а його технічні характеристики у таблиці 3.6 [2].

При використанні палива розпалювання і горіння палива відбувається в топці (у топковій частині). Вироблене тепло передається від полум'я до кожуха печі, в основному через випромінювання. Виходячи з печі, димові гази потрапляють у вертикальні поглиначі, де тепло передається до спіральних труб, головним чином через конвекцію. У секції(ах) відпрацьованих газів котла тепло від вихлопних газів двигуна передається до води котла через конвекцію.

З боку води передача тепла через кожух печі або через стінки спіралі та димових труб випаровує прилеглу насичену воду. Це призводить до утворення бульбашок пари. Оскільки бульбашки пари мають набагато нижчу питому щільність, ніж вода, вони швидко піднімаються в паровий простір, де вода і пара розділяються.

Aalborg OC-TCi оснащено моноблочним пальником типу Aalborg KBP. Корпус пальника встановлений на передній частині котла під кутом 15 градусів вниз до дна топки. Це забезпечує довше полум'я та краще використання топки. Потік полум'я при цьому стає оптимальним, а результатом є висока продуктивність горіння.

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

Aalborg OC-TCi обладнано сенсорним управлінням фірми Альфа Лаваль. Ця система управління котла забезпечує його повну автоматичну роботу.

Паливна секція котла використовується коли генерації пари від відхідних газів двигуна недостатньо або він не робить, а потреба у парі та гарячої води низька для використання допоміжних котлів.



Рисунок 3.4 – Загальний вид котла Aalborg OC-TCi

Таблиця 3.6 – Технічні характеристики котла Aalborg OC-TCi

Кількість на судні	i = 1
Пара, що вироблюється	насичена
Максимальна температура на вході	450 °C
Мінімальна температура на виході	175 °C
Максимальний робочий тиск	10 бар
Температура живленої води	85...95 °C
Паропродуктивність при роботі паливної секції	до 6,5 т/год
Паропродуктивність при роботі на відхідних газах ДВЗ	до 5,0 т/год
Висота	9000 мм
Діаметр	4650 мм

Схема живлення котла Aalborg OC-TCi представлена на рисунку 3.5.

У якості допоміжних котлів на танкері Eagle Vancouver використано два котла марки Aalborg D, що виробляє фірма Alfa Laval [1].

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

Aalborg D – стандартний вертикальний двобарабанний котел. Топка побудована з мембранних стінок і містить мінімум вогнетривів. Конвекційна секція складається з прямих штифтових труб із загнутими штифтами, які забезпечують високий коефіцієнт тепловіддачі та низькі втрати тиску. Циркуляція забезпечується опускними трубами, розташованими поза топкою.

Загальний вид котла Aalborg D представлено на рисунку 3.6, габаритне креслення – на рисунку 3.7, технічні характеристики у таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Технічна характеристика допоміжних котлів Aalborg D встановлених на танкері Eagle Vancouver

Пара, що вироблюється	насичена
Паропроодуктивність пари	25,0 т/год
Тиск пари	18 бар
Теплова потужність при 100% навантаженні	17600 кВт
Температура живленої води	85...95 °C
Суха вага	31,6 т
Повна вага	39,6 т
Габаритні розміри К×L×Н×В	9,170×4,309×6,280×3,837

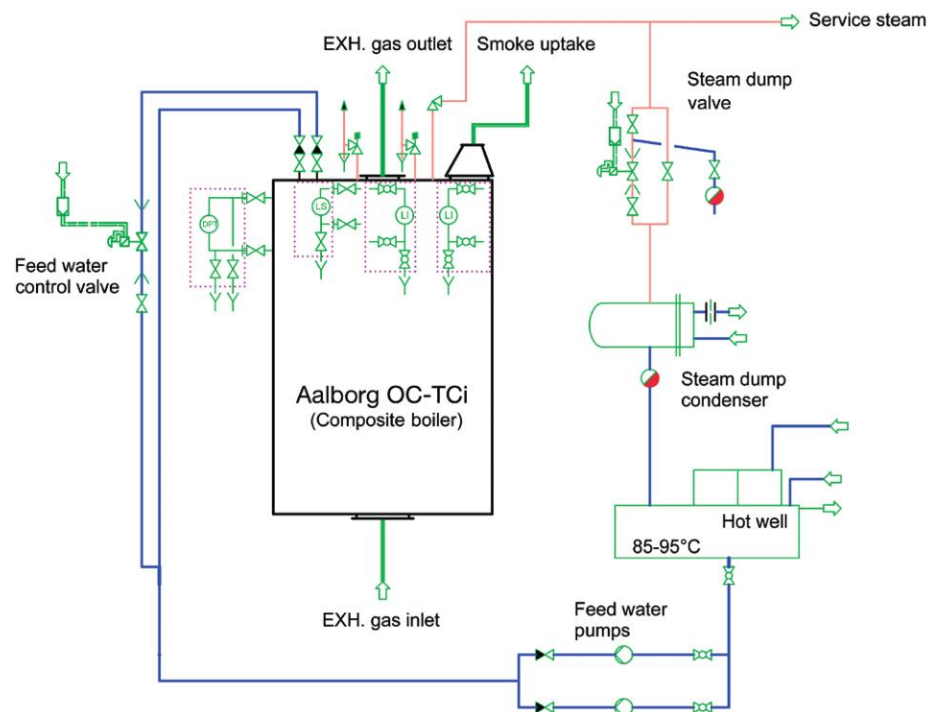


Рисунок 3.5 – Схема живлення комбінованого котла Aalborg OC-TCi

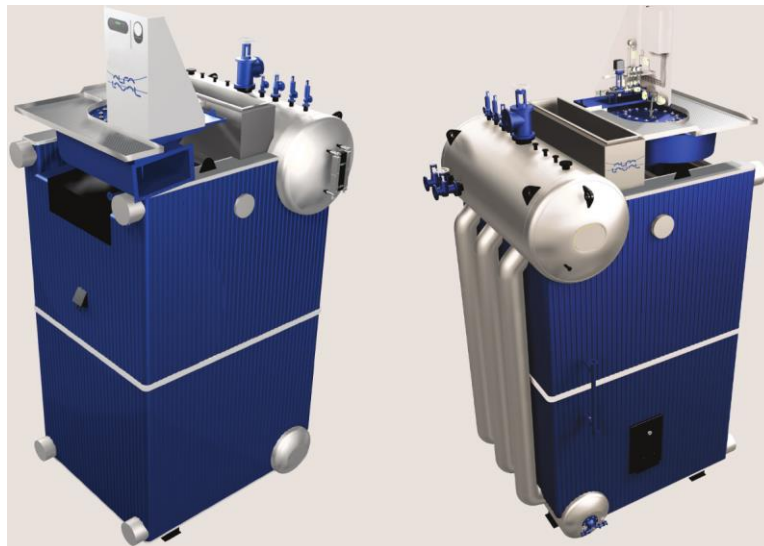


Рисунок 3.6 – Загальний вид котла Aalborg D

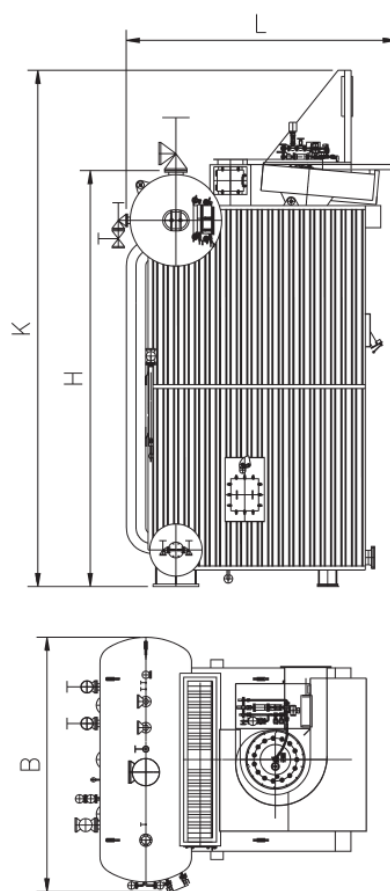


Рисунок 3.7 – Габаритне креслення котла Aalborg D

Опріснювальна установка. На танкері Eagle Vancouver застосовані опріснювальні установки Alfa Laval JWP-26-C80. Ця опріснювальна установка перетворює морську води на прісну шляхом вакуумної дистиляції. В результаті її роботи судно отримує необхідну кількість високоякісної прісної води для

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

технологічного та побутового використання. Робота JWP-26-C80 повністю автоматизована та при її роботі здійснюється постійний контроль якості прісної води, що виробляється [3]. Діапазон продуктивності опріснювачів типу JWP-26-C80/100 для температури охолоджувальної води 32 °C представлено на рисунку 3.8, а загальний вид установки – на рисунку 3.9.

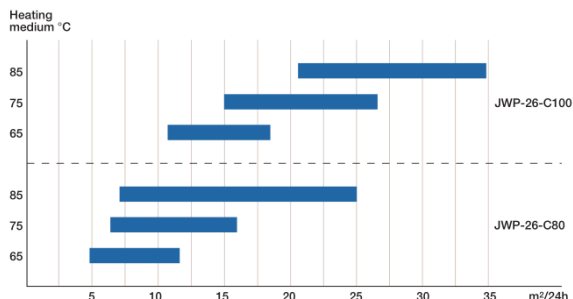


Рисунок 3.8 – Діапазон продуктивності опріснювачів типу JWP-26-C80/100

Технічні характеристики опріснювальної установки Alfa Laval JWP-26-C80 представлені у таблиці 3.8.

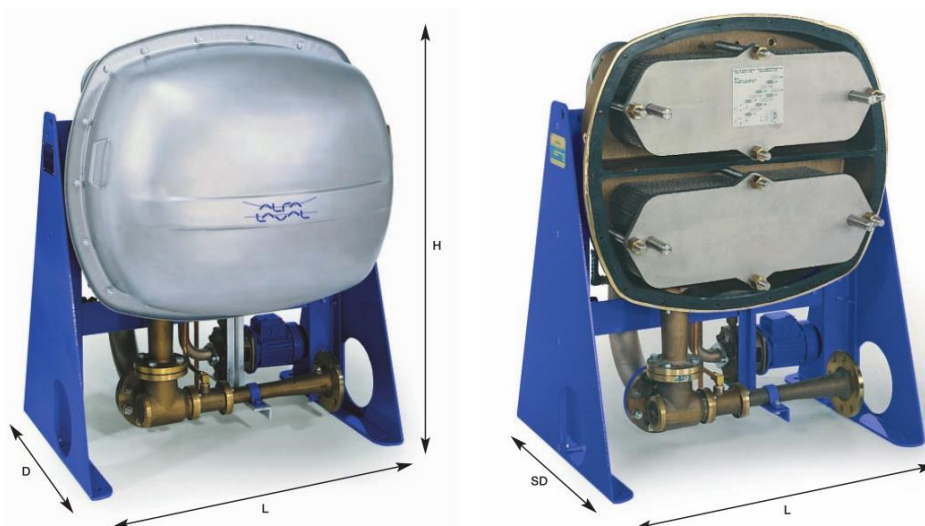


Рисунок 3.9 – Загальний вид опріснювальної установки JWP-26-C80/100

Таблиця 3.8 – Технічні характеристики опріснювальної установки Alfa Laval JWP-26-C80Кількість на танкері	Дві
Конструкція установки	Одступенева
Маса	600 кг
Розміри L×D×H×SD	1010×970×1300×1470

					КР.135.6211мз.02.ПЗ.04			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Студент		Іщенко Є. Г.			Визначення основних параметрів систем СЕУ	Літ.	Аркуш	Аркушів
Керівник		Коробко В.В.						
		.						

Розділ 4. Визначення основних параметрів систем СЕУ

4.1. Паливна система судна

На рисунку 4.1 наведена схема паливної системи танкера з двигуном MAN 7G80ME-C10.5.

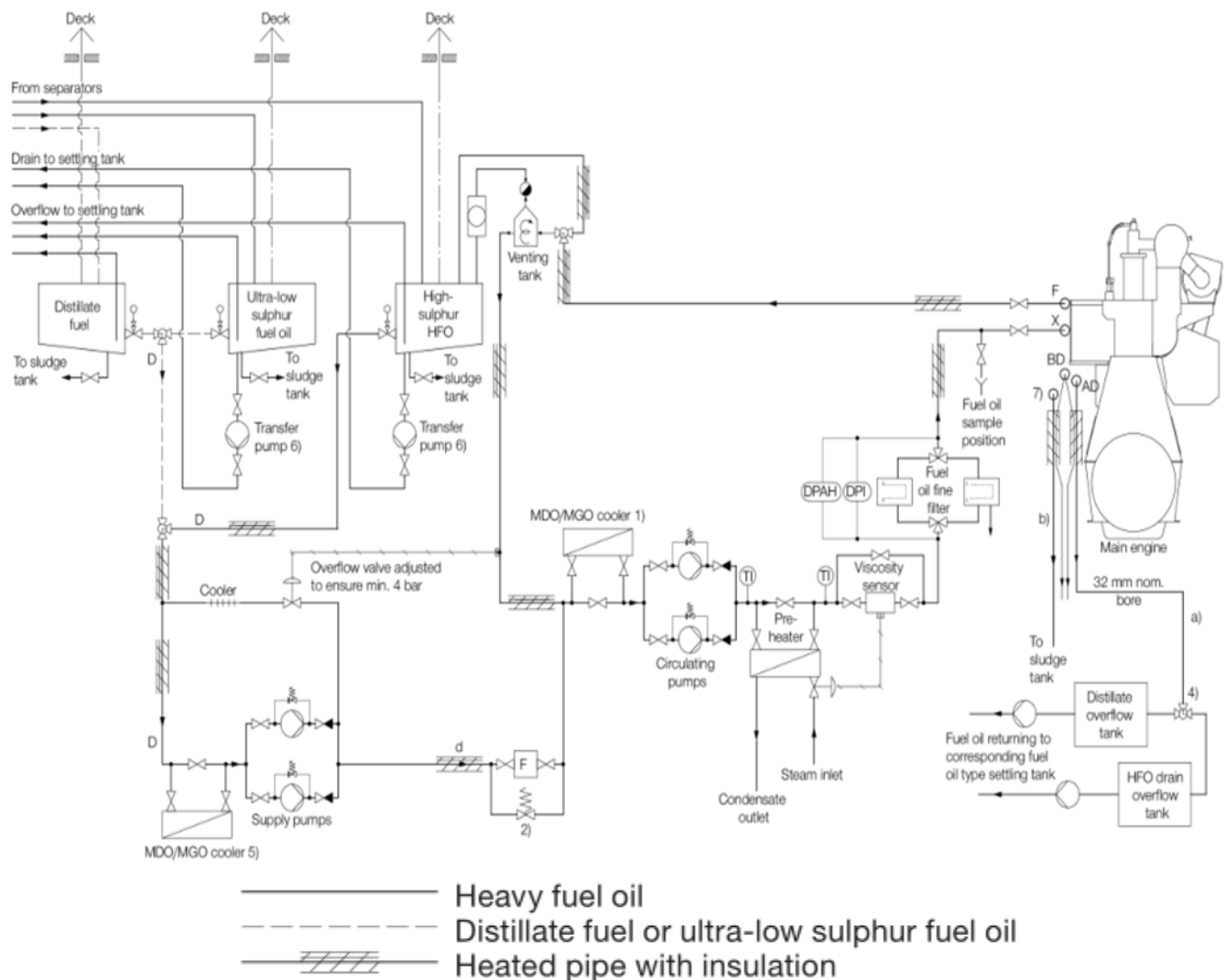


Рисунок 4.1 – Схема паливної системи танкера з двигуном 7G80ME-C10.5

На схемі позначення наступні: Main engine – головний двигун; MDO/MGO Cooler – охолоджувач легкого палива; Fuel oil flowmeter – вимірювач витрати палива; Distillate fuel – легке паливо; Ultra-low sulphur fuel oil – паливо з низьким вмістом сірки; High-sulphur HFO – важке паливо зі значним вмістом сірки; Transfer pump – перекачувальний насос; Supply pumps – підкачувальні насоси; Circulating pumps – циркуляційні насоси; Preheater – підігрівач палива; Viscosity sensor – вимірювач в'язкості палива; Fuel oil fine filter – паливний фільтр;

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

Distillate overflow tank – переливний резервуар легкого палива; HFO drain overflow tank – переливний резервуар важкого палива.

Паливна система працює наступним чином. З витратного бака паливо надходить до подавального насоса з електричним приводом, за допомогою якого в частині системи циркуляції палива низького тиску може підтримуватися тиск близько 4 бар, що дозволяє уникнути газифікації палива у вентиляційній коробці при діапазонах температур, що застосовуються.

Вентиляційна коробка з'єднана з витратним баком через автоматичний деаераційний клапан, який випускає будь-які гази, але утримує рідину.

З частини низького тиску паливної системи паливо подається до електроприводного циркуляційного насоса, який перекачує паливо через нагрівач і повноструминний фільтр, розташований безпосередньо перед впуском у двигун.

Упорскування палива здійснюється електронно-керованим підсилювачем тиску, розташованим на блоці гідроциліндрів (HCU), по одному на циліндр, який також містить привід для активації електронного випускного клапана.

Блоки керування циліндрами (CCU) системи керування двигуном розраховують час упорскування палива та активації випускного клапана.

Для забезпечення достатнього заповнення HCU продуктивність циркуляційного насоса з електроприводом є вищою за кількість палива, що споживається дизельним двигуном.

Надмірне паливо рециркулюється з двигуна через вентиляційну коробку.

Для забезпечення постійного тиску палива в паливних насосах високого тиску при всіх навантаженнях двигуна в паливній системі двигуна встановлений пружинний перепускний клапан.

Тиск палива, виміряний на двигуні (на рівні паливного насоса), повинен становити 7-8 бар, що еквівалентно тиску циркуляційного насоса 10 бар.

Коли двигун зупинено, циркуляційний насос продовжуватиме прокачувати нагріте важке паливо через паливну систему двигуна, тим самим підтримуючи паливні насоси нагрітими, а паливні клапани деаерованими. Ця

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

автоматична циркуляція попередньо нагрітого палива під час простою двигуна є основною рекомендацією при роботі на важкому паливі.

Крім того, якщо ця рекомендація не виконується, існує прихований ризик утворення несумісних сумішей дизельного палива та важкого палива граничної якості при зміні палива або при роботі в районах з обмеженнями вмісту сірки в мазуті через контроль викидів вихлопних газів.

В особливих обставинах може знадобитися перехід на дизельне паливо і це можна виконати у будь-який час, навіть коли двигун не працює. Такий перехід може знадобитися, якщо, наприклад, очікується, що судно простоюватиме протягом тривалого періоду з холодним двигуном, наприклад, через:

- швартування;
- зупинки більш ніж на п'ять днів;
- капітального ремонту паливної системи тощо.

Для роботи двигуна можна використовувати наступне суднове дизельне паливо:

- суднове дизельне паливо за стандартом ISO 8217, клас DMB;
- паливо за британським стандартом 6843, клас DMB;
- можна також використовувати аналогічні палива.

У якості важкого палива можна використовувати більшість комерційно доступних HFO з в'язкістю нижче 700 cSt при 50 °C. Вимоги для закупівлі палива дивиться у ISO 8217:2012, британському стандарті 6843 та рекомендації CIMAC щодо вимог до важкого палива для дизельних двигунів, четверте видання 2003 р., в якому максимально прийнятними сортами є RMH 700 та RMC 700. Вищезгадані стандарти ISO та BS замінюють BSMA 100, в якому межа була M9.

Дані у вищевказаних стандартах та специфікаціях HFO відносяться до палива, що поставляється на судно, тобто до очищення на борту.

Для забезпечення ефективного та достатнього очищення HFO, тобто видалення води та твердих забруднюючих речовин, питома вага мазуту при 15 °C (60 °F) повинна бути нижчою за 0,991, якщо тільки не використовуються сучасні типи центрифуг з адекватними очищаючими здібностями. Вищі

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

щільності можуть бути допущені, якщо встановлені спеціальні системи обробки палива.

Для сепарації палива сепаратори з ручним очищенням застосовувати не рекомендуються. Сепаратори повинні бути самоочисними, з повним або частковим розрядом.

Необхідно розрізняти установки для палива з:

- питомою вагою $< 0,991$ (відповідає ISO 8217: класи RMA-RMD і Британському стандарту 6843 від RMA до RMH, і CIMAC від A до H-класів);
- питомою вагою $> 0,991$ (відповідає ISO 8217: марки RME-RMK і CIMAC K- класів).

Для останніх питомої ваги виробники розробили спеціальні типи сепараторів, наприклад:

Alfa LavalAlcap

WestfaliaUnitrol

MitsubishiE-Hidens II

MAN Energy Solutions також рекомендує використовувати високотемпературні сепаратори, що підвищить ефективність.

Сепаратор повинен бути здатним обробляти приблизно таку кількість палива – 0,23 л/(кВт·год) по відношенню до сертифікованої витрати двигуна.

Ця цифра включає запас на:

- вміст води в мазуті;
- можливий шлам, золу та інші домішки в мазуті;
- підвищене споживання мазуту у зв'язку з умовами, відмінними від умов стандарту ISO;
- витрати на очищення та обслуговування.

Зазначену величину можна використовувати для визначення ємності. Потужність сепаратора завжди повинна бути вищою за розрахункову.

Температура на вході в сепаратор повинна бути мінімум 98 °С.

Розмір сепаратора слід вибирати відповідно до таблиці постачальника, що рекомендована для вибраної в'язкості важкого палива. Зазвичай для важкого

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

палива (HFO) встановлюють два сепаратори, кожен з яких має достатню потужність для виконання наведених вище рекомендацій.

Сепаратор для суднового легкого дизельного палива (MDO) не є обов'язковим. Однак MAN Energy Solutions рекомендує, щоб принаймні один із сепараторів HFO також міг обробляти MDO. Якщо все-таки вирішено встановити на борту окремий очищувач для MDO, потужність повинна базуватися на наведеній вище рекомендації, або це має бути сепаратор такого ж розміру, як і для HFO.

Для застосуванні на танкері Eagle Vancouver обрано сепаратори фірми Alfa Laval марки S 978 спеціально призначені для важкого палива з технологією його обробки Alcar. На судно встановлюються два сепаратори даного типу. Загальний вигляд сепаратору наведено на рисунку 4.2, його технічні характеристики – у таблиці 4.1, габаритні розміри – на рисунку 4.3 [4].

У технології Alcar межа щільності палив для нових сепараторів була збільшена до 1010 кг/м³, а межа в'язкості була встановлена на рівні 700 сСт.

Таблиця 4.1. Технічні характеристики сепаратора Alfa Laval S 978

Сертифікована витрата (CFR), л/год для HFO 380 сСт/50 °С	12200
Діапазон температур подавання палива	0...100 °С
Тиск повітря	Мінімум 5 бар, максимум 8 бар
Розміри (H1 × W1 × W2)	1900 x 1700 x 1650 мм
Маса	2100 кг
Рекомендований тиск води	Мінімум 2 бар, максимум 8 бар

S-сепаратори призначені для автоматичної роботи в періодично не обслуговуваних машинних відділеннях на морі. Система сепарації Flex на основі S-сепаратора 928–988 автоматично керується контролером EPC 60.

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



Рисунок 4.2 – Сепаратор Alfa Laval S 978

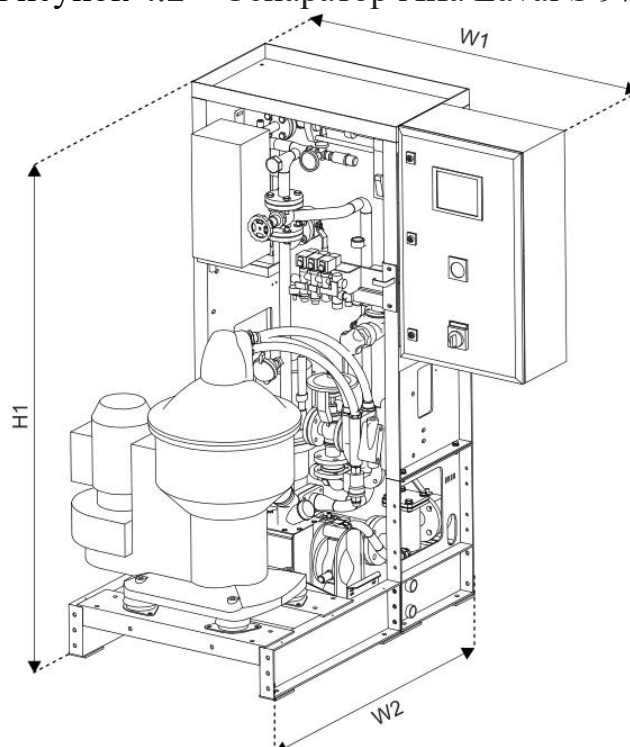


Рисунок 4.3 – Габаритні розміри сепаратора Alfa Laval S 978

Алсар це технологія сепарації, яка дозволяє безперервно вимірювати вміст води в чистому паливі на виході з сепаратора. На основі цього вимірювання автоматично регулюється поверхня поділу паливо/вода в барабані сепаратора. Це дозволяє сепарувати різні види палива щільністю до 1010 кг/м^3 не змінюючи гравітаційні диски, як це потрібно у разі використання звичайних сепараторів.

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

Сепаратори на основі технології Alсар також більш енергоефективні, ніж звичайні розробки.

Визначення запасів палив та масла. Розрахунок паливної системи.

Розрахунок основних елементів паливної системи та запасів палив і масла проводимо відповідно до нормативних рекомендацій.

Розрахунок проводимо для рейсової лінії Басра – Циндао. Довжина цієї рейсової лінії становить 6358 миль.

Визначення витрати палива та масла за рейс.

Визначаємо споживання важкого палива головним двигуном за рейс:

$$B_{ГД} = 10^{-6} [N_e b_e \cdot (L/v)] = 10^{-6} \cdot [32970 \cdot 166,5 \cdot (6358/14,8)] = 2358 \text{ т.}$$

Визначаємо споживання головним двигуном масла за рейс:

$$B_{ГД}^M = 10^{-6} [N_e b_M \cdot (L/v)] = 10^{-6} \cdot \left[32970 \cdot 0,6 \cdot \left(\frac{6358}{14,8} \right) \right] = 8,5 \text{ т.}$$

Визначаємо споживання дизель-генераторами важкого палива за рейс:

$$B_{ГД} = 10^{-6} [N_e b_e \cdot (L/v)] = 10^{-6} \cdot [2 \cdot 1980 \cdot 185 \cdot (6358/14,8)] = 314,7 \text{ т.}$$

Визначаємо споживання дизель-генераторами масла за рейс:

$$B_{ГД}^M = 10^{-6} [N_e b_M \cdot (L/v)] = 10^{-6} \cdot \left[2 \cdot 1980 \cdot 0,6 \cdot \left(\frac{6358}{14,8} \right) \right] = 1,02 \text{ т.}$$

Розраховуємо необхідний запас легкого палива:

$$G_{ЛП} = 0,05 \cdot \left[K_M \cdot g_{e_B}^{ГД} \cdot N_e^{ГД} \cdot \tau_X + g_{e_{ЛП}}^{ДГ} \cdot N_{e_{ст2}}^{БДГ} \cdot \tau_{ст2} \right] \cdot 10^{-3}, \text{ т,}$$

$$G_{ЛП} = 0,05 \cdot [1,1 \cdot 0,1665 \cdot 32970 \cdot 400 + 0,185 \cdot 1980 \cdot 52] \cdot 10^{-3} = 121,7 \text{ т.}$$

Об'єм цистерн запасу важкого палива визначаємо за формулою, м³:

$$\Sigma V_{ВП} = \frac{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot G_{ВП}}{\rho_{ВП}} \cdot 10^3,$$

де $K_1 = 1,02 \dots 1,05$ – коефіцієнт загромождження елементами набору об'єму цистерни;

$K_2 = 1,01 \dots 1,05$ – коефіцієнт “мертвого запасу”;

$K_3 = 1,01$ – коефіцієнт теплового розширення;

$\rho_{ВП}$ – густина важкого палива при 15°C у кг/м³.

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

$$\Sigma V_{\text{ВП}} = \frac{1,02 \cdot 1,01 \cdot 1,01 \cdot 2672,7}{991} \cdot 10^3 = 2806.$$

Об'єм цистерн запасу легкого палива визначаємо за формулою, м³:

$$\Sigma V_{\text{ЛП}} = \frac{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot G_{\text{ЛП}}}{\rho_{\text{ЛП}}} \cdot 10^3,$$

де $\rho_{\text{ЛП}} = 850 \text{ кг/м}^3$ – густина легкого палива.

$$\Sigma V_{\text{ЛП}} = \frac{1,03 \cdot 1,02 \cdot 1,01 \cdot 121,7}{850} \cdot 10^3 = 152.$$

Контур приймання та перекачування палива.

Визначаємо необхідну площу перетину приймального трубопроводу важкого палива з верхньої палуби, м²:

$$\Sigma F_{\text{пр}} = \frac{\Sigma V_{\text{ВП}}}{3600 \cdot \tau \cdot v},$$

де $\tau = 6 \dots 10$ годин – кількість годин приймання палива;

$v = 2 \dots 8 \text{ м/с}$ – швидкість руху палива в трубопроводі.

$$\Sigma F_{\text{пр}} = \frac{2806}{3600 \cdot 6 \cdot 3} = 0,044.$$

Визначаємо діаметр трубопроводу, м:

$$d_{\text{ТР}} = \sqrt{\frac{4 \Sigma F_{\text{пр}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,044}{3,14}} = 0,238.$$

Приймаємо найближчий стандартний діаметр трубопроводу $d_y = 250 \text{ мм}$.

Визначаємо подачу насоса для перекачувального важкого палива, м³/год:

$$W_{\text{В.ПК}} = \frac{B_{\text{доб.}}^{\text{ГД}}}{\tau_{\text{п}}},$$

де $B_{\text{доб.}}^{\text{ГД}}$ – добова витрата палива головним двигуном;

$\tau_{\text{п}} = 1 \dots 2,5$ годин – кількість годин перекачування палива.

$$B_{\text{доб.}}^{\text{ГД}} = \frac{g_{\text{еВП}}^{\text{ГД}} \cdot N_{\text{е}}^{\text{ГД}} \cdot 24}{\rho_{\text{ВП}}}, \text{ м}^3/\text{доба},$$

$$B_{\text{доб.}}^{\text{ГД}} = \frac{0,1665 \cdot 32970 \cdot 24}{991} = 133,0 \text{ м}^3/\text{доба}.$$

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

$$W_{BPK} = \frac{133,0}{2} = 66,5.$$

Обираємо перекачувальний насос типу Top Gear MAG який має максимальну подачу до $W^i_{B.ПК} = 80 \text{ м}^3/\text{годину}$ та максимальний напір $p = 16 \text{ бар}$.

Потужність, що споживається перекачувальним насосом важкого палива, кВт:

$$N_{BPK} = \frac{W^i_{B.ПК} \cdot p}{3600 \cdot \eta_H} \cdot 10^6,$$

де $\eta_H = 0,7 \dots 0,8$ – ККД насоса.

$$N_{B.ПК} = 44 \text{ кВт}.$$

Визначаємо подачу насоса для перекачувального легкого палива, $\text{м}^3/\text{год}$:

$$W_{ЛПК} = 0,1 \cdot W_{B.ПК},$$

$$W_{ЛПК} = 0,1 \cdot 66,5 = 6,65.$$

Обираємо перекачувальний насос для легкого палива марки НМШ 8-25-6,3/10-5 з номінальною подачею $6,3 \text{ м}^3/\text{год}$ та напором $1,0 \text{ МПа}$.

Потужність, що споживається перекачувальним насосом для легкого палива становить 4 кВт .

Визначаємо місткість переливної цистерни, м^3 :

$$V_{пр} = W_{B.ПК} \cdot \tau',$$

де $\tau' = 0,166 \text{ годин (10 хв)}$ – час роботи насоса на переливання за вимогами Регістра.

$$V_{рл} = 66,5 \cdot 0,166 = 11,1 \text{ м}^3.$$

Контур сепарації палива.

Згідно рекомендацій виробника головних двигунів сепаратор повинен бути здатним обробляти $0,23 \text{ л}/(\text{кВт} \cdot \text{год})$ палива по відношенню до сертифікованої витрати двигуна.

Розраховуємо необхідну продуктивність сепаратора для важкого палива, $\text{м}^3/\text{год}$:

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

$$W_{\text{cen}} = \frac{0,23 \cdot (N_e^{\text{ГД}} + N_e^{\text{ДД}}) \cdot 24}{\tau_c \cdot n_c \cdot 1000},$$

де $\tau_c = 18$ годин – тривалість роботи самоочисного сепаратора;

$n_c = 1$ – кількість одночасно працюючих сепараторів.

$$W_{\text{cen}} = \frac{0,23 \cdot (32970 + 2 \cdot 1980) \cdot 24}{18 \cdot 1 \cdot 1000} = 11,325.$$

Приймаємо для встановлення на танкері 2 сепаратори для важкого палива і один для легкого палива – марка сепараторів Alfa Laval S 978 продуктивністю 12,2 м³/год кожний. Дані сепаратори мають сконструйовані для трифазного поділу: нафтопродукт – вода – мул.

Визначаємо теплообмінну поверхню підігрівача палива в системі сепарації, м²:

$$F_{\text{ПС}} = \frac{W_{\text{cen}} \cdot C_T \cdot (t_2 - t_1) \cdot \rho_{\text{ТТ}}}{K \cdot \Delta t \cdot \eta_3},$$

де $C_T = 1,9$ кДж/(кг·К) – теплоємність палива;

$t_2 = 90 \dots 98$ °С – температура палива перед сепаратором;

$t_1 = 40$ °С – температура палива в цистернах запасу;

$K = 500$ кВт/(м²·К) – коефіцієнт теплопередавання від пари до палива;

$\eta_3 = 0,7$ – коефіцієнт, що враховує забруднення поверхні теплообміну;

Δt – середня різниця температур між парою і паливом, °С.

$$\Delta t = t_s - \frac{t_2 + t_1}{2},$$

де t_s – температура насиченої пари, °С.

$$\Delta t = 229 - \frac{96 + 40}{2} = 161,$$

$$F_{\text{ПС}} = \frac{9,2 \cdot 1,9 \cdot (96 - 40) \cdot 991}{500 \cdot 161 \cdot 0,7} = 17,2.$$

Для встановлення перед сепараторами обираємо підігрівач палива кожухотрубного типу марки ПТВ-20 з поверхнею нагріву 20 м² у кількості 2 штуки.

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

Визначаємо місткість шламової цистерни, м³:

$$V_{\text{шл}} = (V_6 + V_B) \cdot K_1 \cdot K_2,$$

де V_6 – об'єм бруду, що видаляється при промиванні сепаратора, м³;

$$V_6 = \frac{\sum V_{\text{вп}} \cdot K_6}{100},$$

де $K_6 = 0,15\%$ – вміст забруднень у паливі;

$$V_6 = \frac{2806 \cdot 0,15}{100} = 4,2,$$

Об'єм води V_B , яка необхідна для промивання сепаратора, м³:

$$V_B = \frac{V_6}{V_{\text{шл.к}}} \cdot T_B,$$

де $V_{\text{шл.к}}$ – місткість шламової камери сепаратора;

T_B – витрати води на промивання й управління сепаратором, м³/промив.

Для обраного сепаратора $V_{\text{шл.к}} = 0,008$ м³; $T_B = 0,01$ м³/промив.

$$V_B = \frac{4,2}{0,008} \cdot 0,01 = 5,3,$$

$$V_{\text{шл}} = (4,2 + 5,3) \cdot 1,02 \cdot 1,01 = 9,8.$$

Контур подачі палива до головного двигуна.

У контурі подачі палива до головного двигуна застосовуємо обладнання яке рекомендовано виробником головного двигуна.

Діаметри труб у контурі подачі палива обираються за умови максимальної швидкості руху суднового дизельного палива – 1,0 м/с; для важкого палива – 0,6 м/с.

Насос подачі важкого палива повинен бути гвинтового або шестеренного типу, з наступними характеристиками [9]:

- в'язкість важкого палива, специфікаційна – по 700 сСт при 50 °С;
- в'язкість важкого палива, максимальна – 700 сСт;
- в'язкість важкого палива, мінімум – 2 сСт;
- подача важкого палива – 9,1 м³/год;
- тиск подачі – 4 бар;

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

– робоча температура, максимум – 110 °С.

Насос для циркуляції важкого палива повинен бути гвинтового або шестеренного типу, з наступними характеристиками [9]:

- в'язкість важкого палива, специфікаційна – по 700 сСт при 50 °С;
- в'язкість важкого палива, нормальна – 20 сСт;
- в'язкість важкого палива, максимальна – 700 сСт;
- в'язкість важкого палива, мінімум – 2 сСт;
- подача важкого палива – 16,9 м³/год;
- тиск подачі – 6 бар;
- робоча температура – 150 °С.

Нагрівач палива повинен бути трубчастого або пластинчастого типу.

Рекомендоване налаштування в'язковимірювача становить 10...15 сСт. Потрібні технічні характеристики нагрівача наступні [9]:

- в'язкість важкого палива специфікаційна – до 20 сСт при 150 °С;
- витрата важкого палива – 16,9 м³/год;
- падіння тиску на стороні мазуту, максимум – 1 бар при 15 сСт;
- робочий тиск – 10 бар;
- теплова потужність – 257 кВт;
- температура мазуту на виході – 150 °С;
- тиск подачі пари, насичена – 7 бар абс.

Фільтр для палива може бути дуплексного типу з ручним очищенням або автоматичним фільтром з обхідним фільтром, що очищається вручну.

Фільтр для палива повинен мати наступні характеристики [9]:

- витрата важкого палива – 16,9 м³/год;
- робочий тиск – 10 бар;
- абсолютна тонкість, максимум – 10 мкм
- робоча температура, максимум – 150 °С;
- в'язкість палива при робочій температурі, максимальна – 20 сСт;
- перепад тиску на чистому фільтрі, максимальний – 0,3 бар;
- фільтр очищається при перепаді тиску – 0,5 бар.

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

Визначаємо місткість витратної цистерни важкого палива для роботи головного двигуна та допоміжних дизель-генераторів, м³:

$$V_{ВЦ}^{ВП} = z \cdot K_1 \cdot K_2 \left(\frac{4 \cdot g_e^{ГД} N_e^{ГД}}{\rho_{ВП}} + \frac{4 \cdot g_e^{ДГ} N_e^{ДГ}}{\rho_{ВП}} \right),$$

де $z = 4$ – кількість вахт, роботу яких повинна забезпечити цистерна;

$$V_{ВЦ}^{ВП} = 4 \cdot 1,02 \cdot 1,01 \cdot \left(\frac{4 \cdot 0,1665 \cdot 32970}{991} + \frac{4 \cdot 0,185 \cdot 2 \cdot 1980}{991} \right) = 103,5.$$

Приймаємо дві витратні цистерни важкого палива для роботи головного двигуна та допоміжних дизель-генераторів по 52 м³ кожна.

Визначаємо місткість витратної цистерни легкого палива для роботи головного двигуна та допоміжних дизель-генераторів, м³:

$$V_{ВЦ}^{ЛП} = z \cdot K_1 \cdot K_2 \left(\frac{4 \cdot g_e^{ГД} N_e^{ГД}}{\rho_{ЛП}} + \frac{4 \cdot g_e^{ДГ} N_e^{ДГ}}{\rho_{ЛП}} \right),$$

$$V_{ВЦ}^{ЛП} = 4 \cdot 1,02 \cdot 1,01 \cdot \left(\frac{4 \cdot 0,1665 \cdot 32970}{850} + \frac{4 \cdot 0,185 \cdot 2 \cdot 1980}{850} \right) = 120,7.$$

Приймаємо дві витратні цистерни легкого палива для роботи головного двигуна та допоміжних дизель-генераторів по 62 м³ кожна.

Місткість відстійних цистерн приймаємо такою, що дорівнює місткості витратних цистерн і розташовуємо поблизу останніх.

4.2. Система змащення та охолодження масла

Схема системи змащення та охолодження масла двигуна MAN 7G80ME-S10.5 представлена на рисунку 4.4 [9].

Системне масло – це загальне позначення масла, яке використовується для різних цілей у системах двигуна та на ньому. Системне масло використовується як:

1. Циркуляційна олія для змащування підшипників хрестовини, підшипників колінчастого валу, корінних та упорних підшипників, охолодження поршнів, змащування турбокомпресорів та осьового гасника коливань;

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

2. Гідравлічна олія для гідравлічного блоку живлення; випускних клапанів; гідроциліндрового блоку, компенсатору моменту (якщо він є), гаснику крутильних коливань (якщо його встановлено);

3. Контрольна олія, що активує (регулюючі) клапани тощо.

Можливе виконання системи з застосуванням масляного погрузного насосу або об'ємного насосу в залежності від схеми системи змащення та охолодження.

Масло на змащення подається з нижнього бака за допомогою головного насоса до охолоджувача масла, який обладнано термостатичним клапаном, і далі через повноструменевий фільтр до вхідного отвору двигуна.

Система змащує корінні підшипники, опорний підшипник, гаситель осьових коливань, систему охолодження поршня, підшипники хрестовини, підшипники шатуна. Також система подає масло до блоку гідравлічного живлення, компенсатора моменту, гасника крутильних коливань, випускного клапана та блоку гідроциліндра. Турбокомпресори з підшипниками ковзання зазвичай також змащуються від основної системи двигуна.

З двигуна масло стікає в масляний піддон, звідки зливається в нижній бак.

Гідравлічна енергія для гідромеханічної системи активації впорскування палива та випускного клапана забезпечується блоком гідравлічного живлення (HPS). Гідравлічною рідиною виступає звичайне змащувальне масло, яке стандартно надходить з основної масляної системи двигуна та фільтрується в установці HPS.

Для сепарації масла використовуються автоматичні сепаратори масла з повним або частковим розрядом. Номінальна потужність сепаратора та вимоги до нього повинні відповідати рекомендаціям постачальника масла, але не менш ніж 0,136 літра/(кВт·год).

Конструкція охолоджувача для змащувального масла повинна бути або кожухотрубного типу, виготовленого зі стійкого до морської води матеріалу, або пластинчастого типу з титановими пластинами, якщо прісна вода не використовується в центральній системі водяного охолодження.

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

Пропускна здатність охолоджувача щодо масла повинна бути в діапазоні від 100 до 112% від необхідній пропускної здатності. Пропускна здатність охолоджувача щодо охолоджувальної води повинна бути в діапазоні від 100 до 110% від необхідній пропускної здатності.

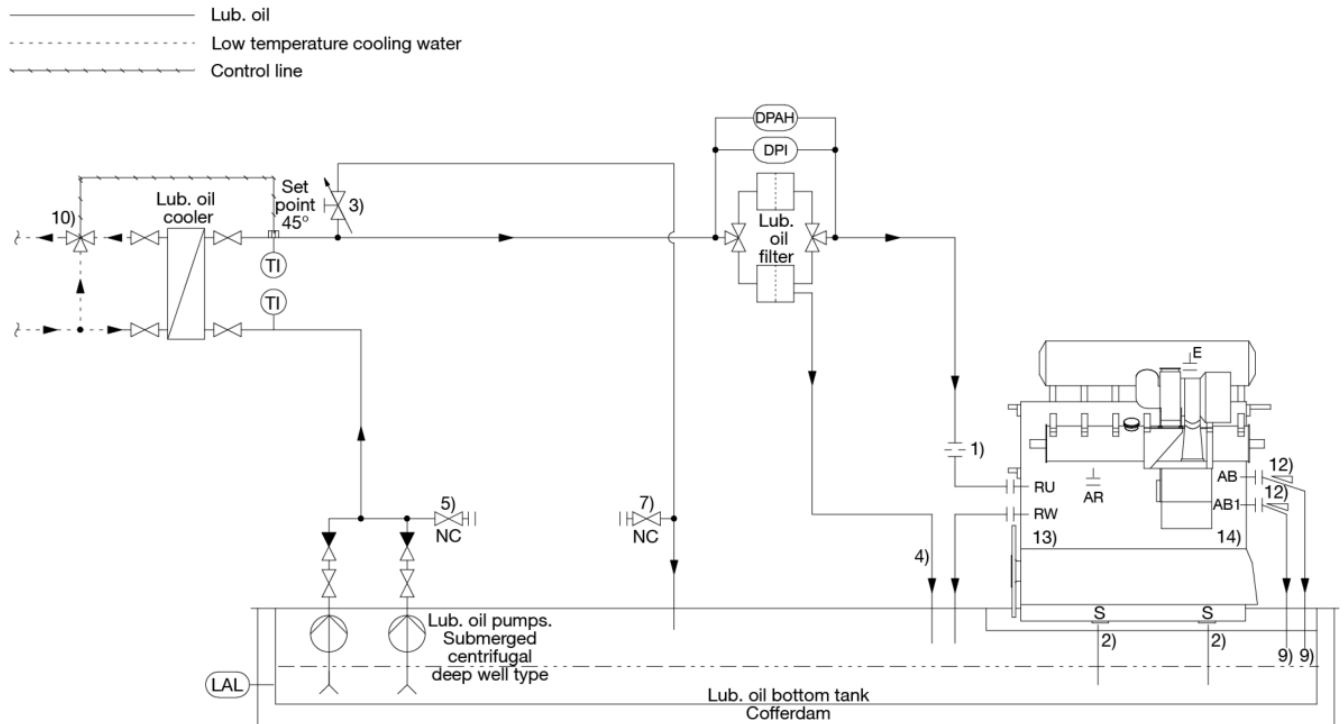


Рисунок 4.4 – Схема системи змащення та охолодження масла двигуна MAN 7G80ME-C10.5 із зануреним відцентровим насосом для масла та кофердамом під нижнім резервуаром для масла

Для роботи охолоджувача мастила, рекомендовано регулювати температуру морської води, що надходить в охолоджувач, так, щоб вона не була нижче 10 °С.

4.3. Система низькотемпературної охолоджувальної води

Система низькотемпературної (НТ) охолоджувальної води подає охолоджувальну воду для охолоджувачів мастила, води сорочки та надувного повітря.

Система низькотемпературної охолоджувальної води, може бути організована в декількох конфігураціях, таких як:

- центральна система охолоджувальної води, що є найбільш поширеним вибором системи та базовим виконанням для двигунів MAN B&W;
- система охолодження морською водою, що є найпростішою системою і доступна як опція;
- комбінована система охолоджувальної води з охолоджувачем надувного повітря, що охолоджується морською водою, але охолоджувачем сорочки двигуна та охолоджувачем масла, які охолоджуються прісною водою.

Центральна водяна система охолодження має лише один теплообмінник, який охолоджується морською водою. Інші охолоджувачі охолоджуються центральною охолоджувальною водою. Загальна схема центральної системи охолодження води двигуна представлена на рисунку 4.5 [9].

Потужність насосів морської води, центрального охолоджувача та насосів прісної води повинна бути розрахована на максимальну температуру прісної води 54 °C після проходження через головний охолоджувач масла двигуна. При температурі води на вході максимум 36 °C (тропічні умови) максимальне підвищення температури становить 18 °C.

Для досягнення оптимальної продуктивності двигуна щодо витрати палива та стану циліндрів важливо забезпечити найнижчу можливу температуру охолоджувальної води на вході в охолоджувач надувного повітря.

Насоси для морської води повинні бути відцентрового типу. Пропускна здатність повинна бути в діапазоні від 100 до 110% від зазначеної пропускної здатності. Напір насосів повинен визначатися на основі загального фактичного перепаду тиску в системі охолодження морської води.

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

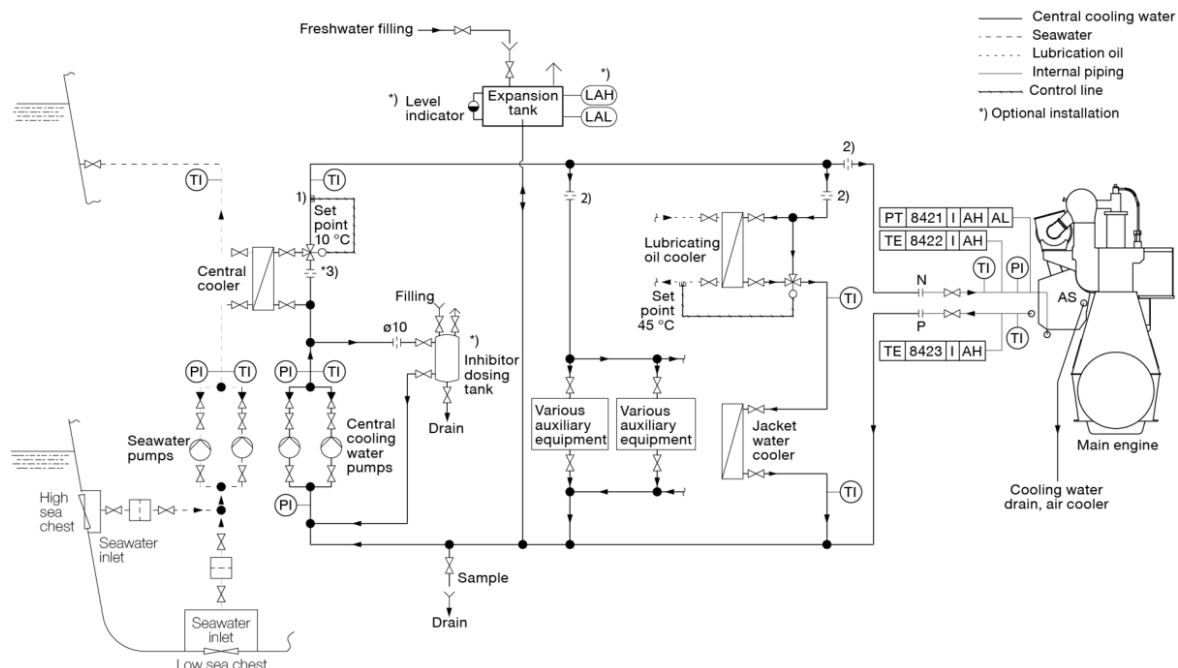


Рисунок 4.5 – Загальна схема центральної системи охолодження води

Охолоджувач може бути кожухотрубного або пластинчастого теплообмінного типу, але виготовлений з матеріалу стійкого до морської води. Показники розсіювання тепла та витрати морської води повинні розраховуватися для тропічних умов (температура морської води 32 °C і температура навколишнього повітря 45 °C).

4.4. Система високотемпературного охолодження

Система високотемпературного охолодження використовується для охолодження гільз циліндрів, кришок циліндрів, клапанів вихлопних газів головного двигуна та підігріву дренажних труб мазуту. Схема системи високотемпературного охолодження представлена на рисунку 4.6 [9].

Система працює наступним чином. Водяний насос сорочки двигуна забирає воду з випускного отвору водяного охолоджувача сорочки через деаераційний резервуар і подає її до двигуна.

Регулюючий клапан, встановлений у системі підтримує фіксовану температуру вихідної води охолодження головного двигуна незалежно від навантаження двигуна.

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

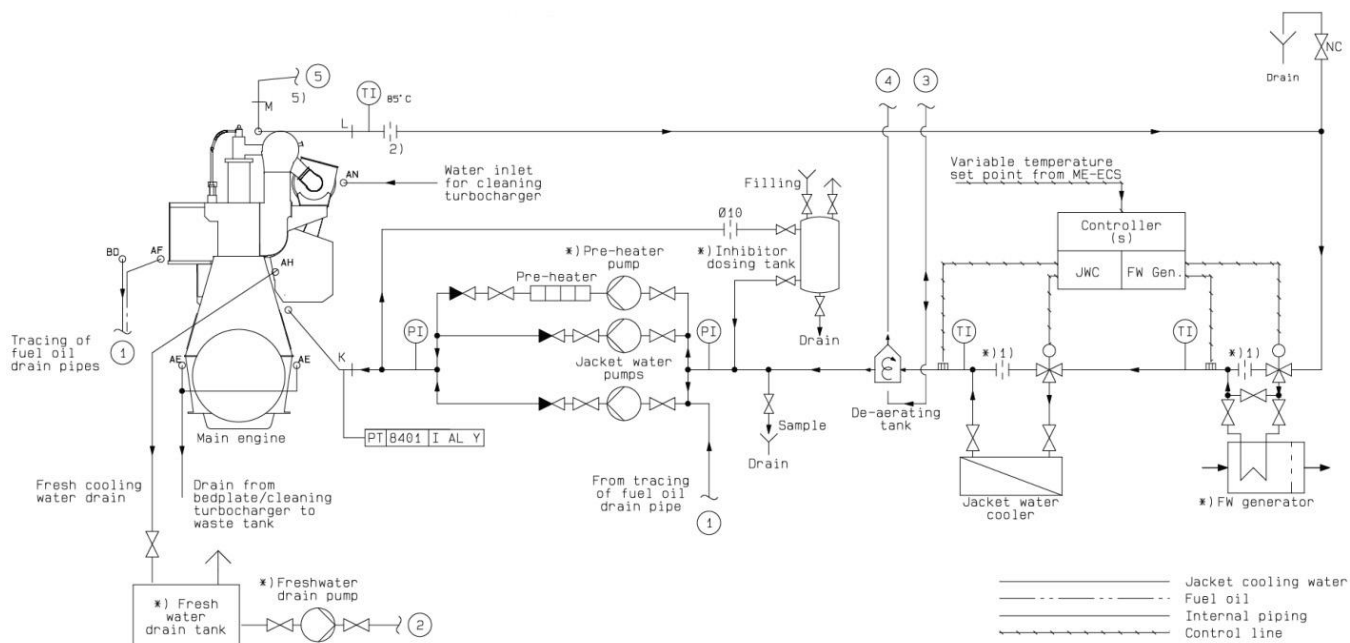


Рисунок 4.6 – Схема системи високотемпературного охолодження двигунів, що працюють на паливі з вмістом сірки >0,5%.

Між деаератором і розширювальним баком встановлюється сигналізатор деаератора. Метою цього пристрою є подача сигналу тривоги у випадку великої кількості газу в контурі, що може бути викликано розривом гільзи циліндра.

Для створення достатнього статичного тиску в системі і забезпечення простору для розширення і стиснення води встановлюється розширювальний бак. Він повинен бути розташований не менше ніж на 15 м над верхньою частиною випускних газових клапанів головного двигуна.

Щоб уникнути корозії, корозійної втоми, кавітації та утворення накипу, воду в кожусі двигуна необхідно ретельно обробляти, обслуговувати та контролювати. Тому встановлюємо резервуар-дозатор хімічного інгібітору корозії та засіб для відбору проб води з системи.

4.5 Система селективного каталітичного відновлення під високим тиском

Рециркуляція відпрацьованих газів (EGR) – це внутрішній процес двигуна, який здійснює зменшення утворення NO_x за допомогою управління циклічним горінням, в той час як селективне каталітичне відновлення (SCR) – це метод

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

обробки вихідних газів, який використовує каталізатор і присадку для видалення залишків NO_x , що утворюються в процесі згорання.

Система селективного каталітичного відновлення в залежності від конструктивного виконання може бути високого або низького тиску. Відмінності між ними у розташуванні реактора для відновлення NO_x , які продемонстровані на рисунку 4.7.

Щоб уникнути утворення сульфатів і нітратів у суднових дизельних двигунах, які спалюють паливо, що містить сірку, робоча температура їх систем селективного каталітичного відновлення високого тиску (HP-SCR) повинна бути вищою за $320\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для морських низькошвидкісних дизельних двигунів лише температура вихлопних газів перед турбіною може відповідати цій вимозі за певних умов, при цьому метод модуляції основного двигуна допомагає підвищити температуру вихлопних газів.

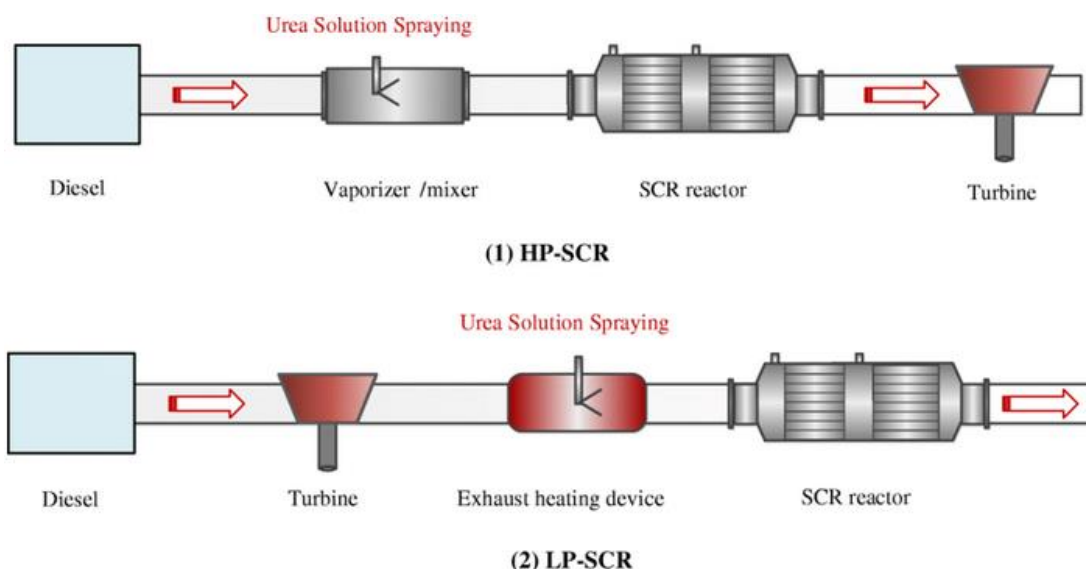


Рисунок 4.7 – Відмінності між системами високого та низького тиску для відновлення NO_x

Система селективного каталітичного відновлення під високим тиском MAN SCR-HP застосовується для двотактних двигунів. Вона за допомогою внутрішньої каталітичної реакції знижує викиди NO_x у вихлопних газах до вимог IMO Tier III. Конструкція має спеціально розроблені стільники та стільникові матеріали, а також вбудований змішувальний вузол, що дозволило радикально

зменшили загальний розмір реактора у порівнянні з іншими ринковими конструкціями.

Система SCR-HP складається з реактора (дав. рис. 4.8), включно з блоком змішування, патрубком для впорскування сечовини, стільниками та повітродувками для сажі, а також модульної системи живлення та блока керування реактором, який взаємодіє з системою керування двигуном.

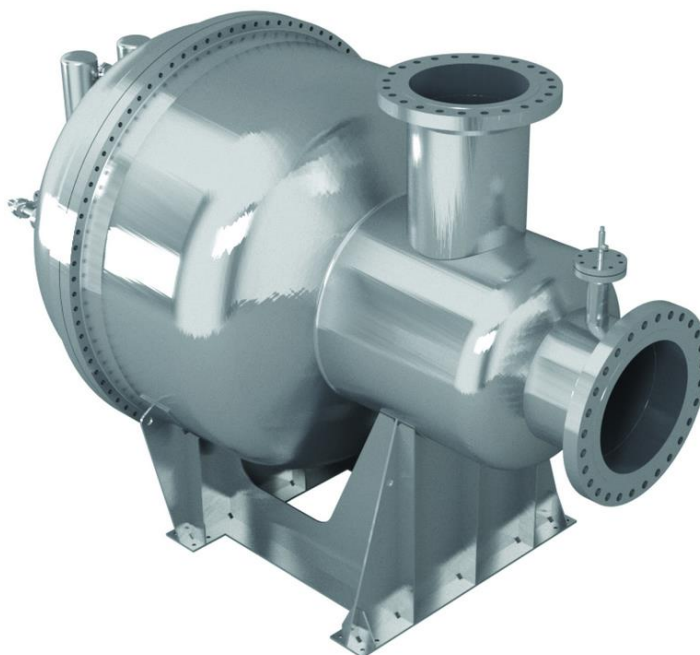


Рисунок 4.8 – Реактор системи SCR-HP

На танкері EAGLE VANCOUVER застосовуємо систему селективного каталітичного відновлення під високим тиском. Розраховане споживання сечовини при застосуванні такої системи при виконанні вимог IMO Tier III представлено у таблиці 4.2.

Витрати карбаміду наведені для розчину карбаміду 40% (масова частка твердого карбаміду) з густиною 1,11 кг/л. Розрахунок споживання сечовини передбачає 100% використання сечовини і не гарантується, оскільки він базується на розрахункових викидах NO_x двигуна.

Дозування сечовини припиняється, коли температура на вході SCR більше не може підтримуватися вище мінімально необхідної температури для досягнення реакції SCR і щоб уникнути надмірного утворення бісульфату амонію в реакторі SCR. Мінімальна необхідна температура залежить від обраної

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

технології системи SCR і вмісту сірки в паливі під час роботи Tier III. Відключення сечовини відбувається в різних комбінаціях навантаження двигуна та умов навколишнього середовища, і це не відображено в таблиці вище. Це не впливає на відповідність Tier III.

Таблиця 4.2 – Споживання сечовини при роботі двигуна MAN 7G80ME-C10.5

Навантаження двигуна, %	Умови ISO л/год	Тропічні умови л/год	Специфікаційні умови л/год
100	460	400	470
95	460	400	480
90	470	400	480
85	470	400	480
80	460	400	480
75	460	400	470
70	450	390	460
65	440	370	450
60	420	360	430
55	400	340	410
50	380	310	390
45	360	290	370
40	340	270	340
35	310	210	310
30	280	180	280
25	240	150	250

4.6. Скруберна система

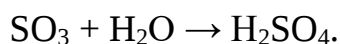
Глобальне обмеження вмісту сірки в паливі IMO 0,5% набуло чинності для всіх суден з 1 січня 2020 року.

Для виконання вимог IMO щодо викидів SO_x оператори суден мають два основні варіанти: використання палива з низьким вмістом сірки (0,5% та менше) або встановлення скруберної системи SO_x, яка зменшує викиди SO_x до дозволених обсягів. Вибір варіанту здійснюється на основі техніко-економічного обґрунтування та залежить від наступних факторів: вартостей палив з низьким та високим вмістом сірки, капітальних витрат на встановлення системи очищення, експлуатаційних витрат та інтенсивності експлуатації судна.

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

На даний момент існує два основних типи скрубера SO_x [22] – мокрі скрубери, які використовують воду (морську або прісну) в системі, або сухі скрубери, які використовують сухий хімікат для нейтралізації SO_x . На суднах найчастіше використовують мокрі системи.

Очищення відхідних газів від оксидів сірки у мокрому скрубери відбувається оскільки вона реагує з водою з утворенням сірчаної кислоти:



Сірчана кислота, що утворюється розчиняється у промивній воді та з нею видаляється зі скрубера.

Така технологія дозволяє отримати рівень видалення SO_x близько 98%, тобто викиди від палива з вмістом сірки 3,50 % після очищення будуть еквівалентні викидам від палива з вмістом сірки 0,10 %.

Вологі системи поділяються на:

- системи з «відкритим циклом», які використовують морську воду;
- системи «замкнутого циклу», які використовують прісну воду з нейтралізацією її додаванням лужних хімікатів;
- «гібридні» системи, які можуть працювати як у режимі відкритого циклу, так і в режимі замкнутого циклу.

Мокрі скрубєрні системи SO_x складаються з таких компонентів [22]:

- скрубєр – це обладнання, де здійснюється інтенсивне перемішування води з вихлопними газами одного або кілька ДВЗ для уловлювання SO_x , а потім сепарація цієї води від газів для подальшої її нейтралізації та очищення;
- устаткування для очищення промивної води перед скиданням за борт;
- установка для обробки осаду, яких відділено від промивної води;
- система контролю за роботою скрубєрної установки та екологічного моніторингу за викидами.

У мокрих скрубєрних системах уловлювання SO_x з відкритим циклом забортна вода подається насосами до скрубєру, контактує з потоком відхідних газів, збирається у нижній частині скрубєру, потім надходить на очищення, після чого скидається за борт. Схема такої системи наведена на рисунку 4.9.

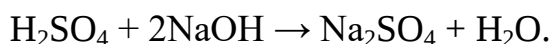
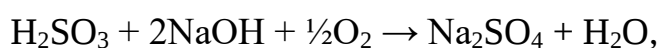
					КР.135.6211мз.02.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Умови скидання такої води встановлені нормативами ІМО. Критерії скидання наступні:

- значення рН скидних вод;
- каламутність скидних вод;
- вміст поліциклічних ароматичних вуглеводів у скидних водах;
- вміст нітратів у скидних водах.

Витрата заборотної води в системах з відкритим циклом приблизно становить $45 \text{ м}^3/(\text{МВт}\cdot\text{год})$. Застосування такої системи збільшує споживання електроенергії, головним чином для роботи циркуляційних насосів (приблизно 3 % за даними фірми Альфа Лаваль).

Усі морські скрубєрні системи із замкнутим циклом використовують у циклі прісну воду, яка обробляється гідроксидом натрію (NaOH) для нейтралізації розчиненої в неї сірчаної кислоти. Це призводить до утворення сульфату натрію, реакції при цьому наступні:



У такій системі промивна вода постійно циркулює між скрубєром та технологічним резервуаром, де очищається. Схема такої системи наведена на рисунку 4.10.

Оскільки здійснюється контроль рН за допомогою дозування гідроксиду натрію, це дозволяє зменшити витрату циркуляційної промивної води, приблизно до $20 \text{ м}^3/(\text{МВт}\cdot\text{год})$. Тобто споживання електроенергії на циркуляцію буде приблизно вдвічі менше, ніж у системі з відкритим контуром. Потужність циркуляційного насосу приблизно становить 0,5...1 % від потужності двигуна, на який працює система.

Системи замкнутого циклу повинні скидати невелику кількість очищеної промивної води для зниження концентрації сульфату натрію, щоб не відбувалося його накопичення, утворення кристалів, що призведе до деградації системи промивної води. Витрата промивної води на ці цілі становить приблизно $0,1 \text{ м}^3/(\text{МВт}\cdot\text{год})$ [22].

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

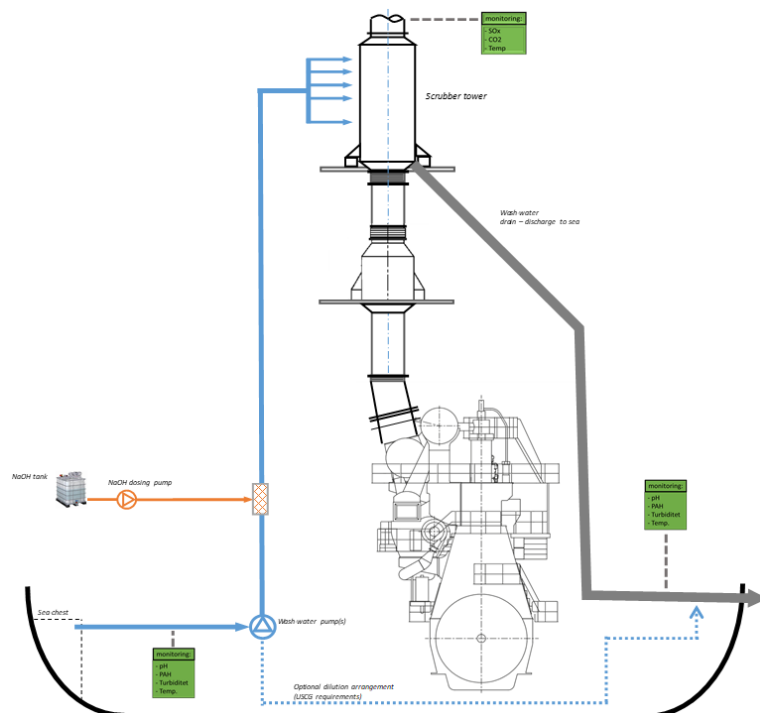


Рис. 4.9 – Схематичне зображення системи с відкритим контуром

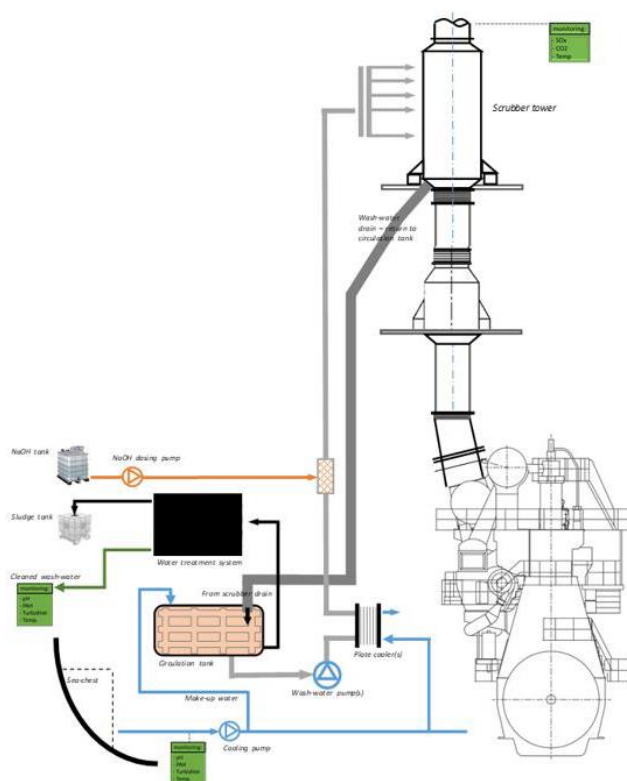


Рис. 4.10 – Схематичне зображення системи с закритим контуром

Якщо на судні застосована гібридна система, то вона може працювати як у відкритому, так і в закритому циклі. Робота по замкнутому циклу використовується тільки під час стоянки в порту, маневрування та плавання в зонах «нульового скидання». Це дозволяє зекономити витрати на реагенти.

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

Для застосування на танкері Eagle Vancouver, що модернізується, приймаємо гібридну систему. Компонування машинного відділення з гібридної скрубберною системою SO_x представлено на рисунку 4.11.

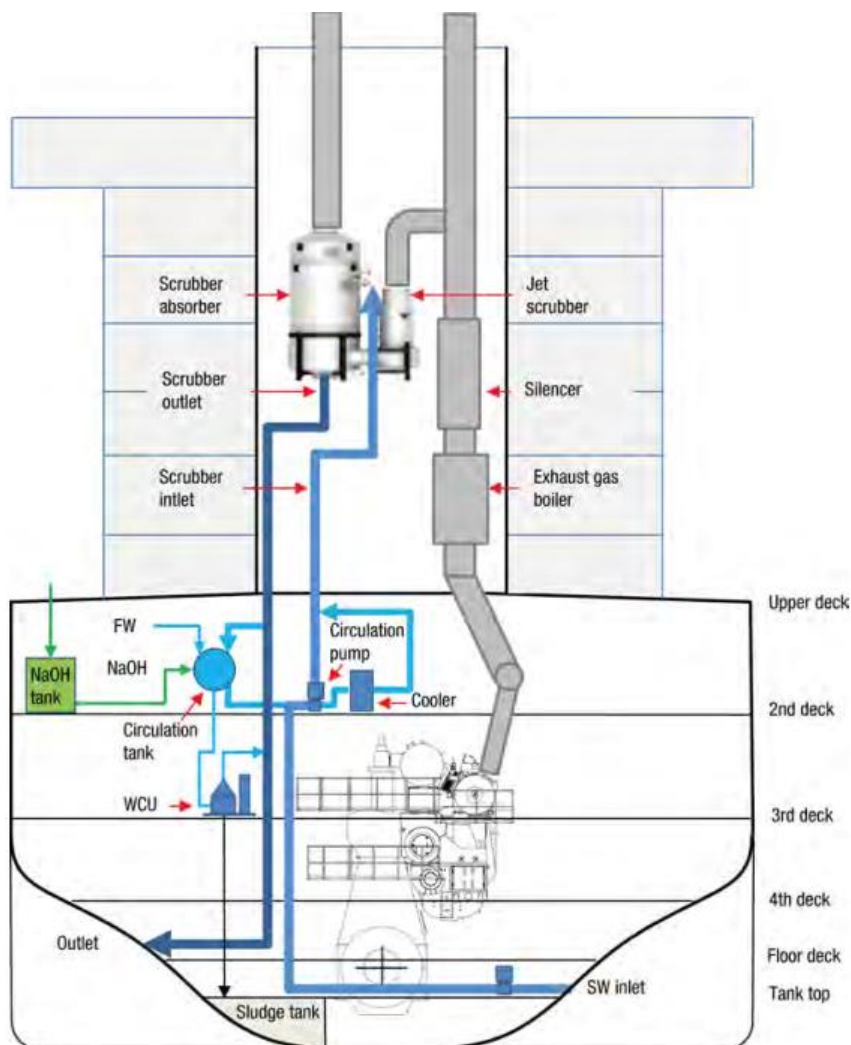


Рисунок 4.11 – Компонування машинного відділення з гібридної скрубберною системою SO_x

Споживання гідроксиду натрію при роботі закритої скрубберної системи залежить від вмісту сірки в паливі, потужності двигуна, питомої витрати палива у двигуні та концентрації розчину реагенту. Подача гідроксиду натрію автоматично регулюється на основі цих параметрів.

Розрахувати споживання гідроксиду натрію можна використовуючи дані представлені на рисунку 4.12. На ньому наведено споживання 50 % розчину гідроксиду натрію в залежності від потужності двигуна та вмісту сірки у паливі.

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

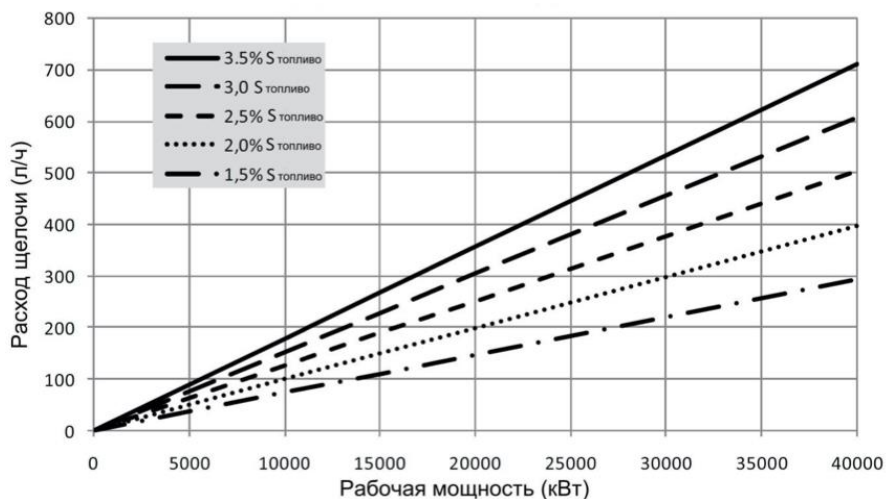


Рис. 4.12 – Споживання 50 % розчину гідроксиду натрію при роботі закритої скруберної системи

По іншому витрату 50 % розчину гідроксиду натрію в системі можна оцінювати як 5 л/МВт на кожен відсоток сірки в паливі. При використанні розчину гідроксиду натрію меншої концентрації споживання його буде пропорційно вище, до 50% розчину.

Для танкера Eagle Vancouver споживання 50 % розчину гідроксиду натрію при використанні палива з вмістом сірки 3,5% буде становити 540 л/год.

Ємність цистерни запасу лужного реагенту на борту судна визначається з урахуванням наступних параметрів: автономність судна, район плавання, експлуатаційний профіль судна, витрата лужного реагенту. Оцінити об'єм такої цистерни можна використовуючи графік на рисунку 4.13. На ньому представлена залежність необхідного об'єму 50 % розчину гідроксиду натрію в залежності від споживання палива за рейс судна та вмісту сірки у паливі. Д

ля танкера Eagle Vancouver об'єм цистерни запасу 50 % розчину гідроксиду натрію при використанні палива з вмістом сірки 3,5% на визначеній рейсовій лінії буде становити 250 м³.

Всі двотактні двигуни в програмі суднових двигунів MAN Diesel & Turbo сумісні з системами очищення вихлопних газів, що найчастіше застосовуються, такими як скрубери SO_x.

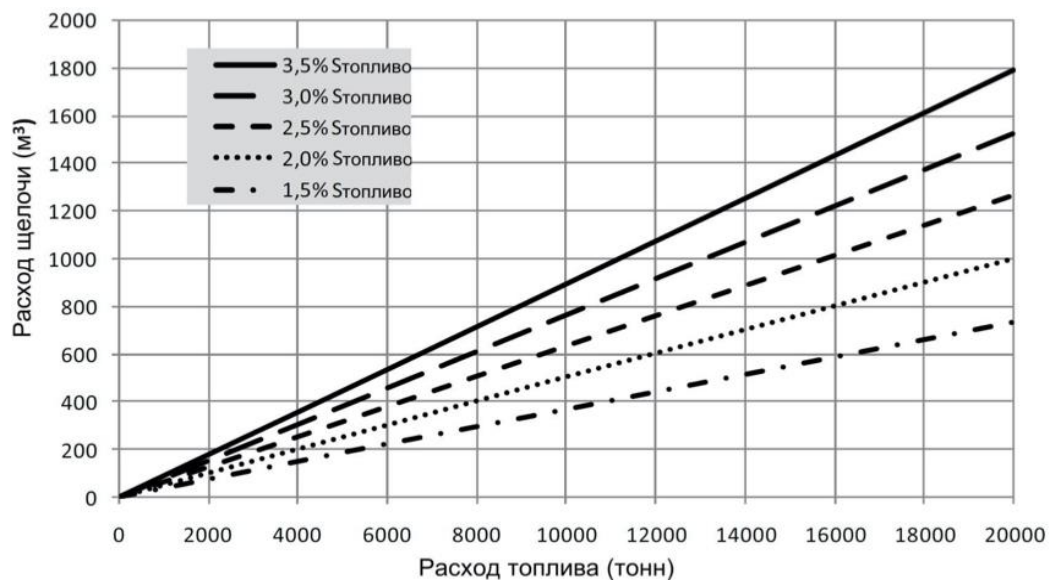


Рис. 4.13 – Об'єм цистерни запасу 50 % розчину гідроксиду натрію в залежності від витрати палива та вмісту сірки у паливі

Однак установка скрубера SO_x збільшує протитиск, тим самим впливаючи на продуктивність двигуна і, отже, на питому витрату палива (SFOC). Відповідно, MAN Diesel & Turbo вказала деякі вимоги до встановлення скрубера SO_x , які включають максимально допустимий протитиск.

Як для проектів суден, так і для проектів модернізації MAN Diesel & Turbo наполегливо рекомендує, щоб установка скрубера не збільшувала протитиск двигуна більш ніж на 30 мбар за умов повного потоку відхідних газів.

4.7. Системи для вантажних і баластних операцій танкера

Для виконання свого функціонального призначення танкер має цілий комплекс спеціальних систем. До них відносяться:

- вантажна система;
- система підігріву вантажу;
- система миття танків;
- система інертних газів;
- газовідвідна система;
- система водяного баласту.

На танкері Eagle Vancouver застосована вантажна система лінійного типу (див. рис. 4.14). Для завантаження або вивантаження на судні встановлено три основних вантажних насоса відцентрованого типу (див. рис. 4.15) та один аварійний.

Для завантаження та вивантаження рідкого вантажу застосовують один і той же вантажний трубопровід. Цей трубопровід має бути виконаний таким чином, щоб рух вантажу в ньому здійснювався зі швидкістю не більше 2...2,5 м/с, а продуктивність насосів та діаметр трубопроводів забезпечував вивантаження вантажу за час, що не перевищує 10 год.

Прийом вантажу з берега та подача його до трюмів здійснюються береговими насосними станціями закритим способом за допомогою гнучких шлангів, які кріплять до приймальних патрубків за допомогою швидкороз'ємних з'єднань. Видача вантажу з судна виконується вантажними насосами, а остаточне зачистка танків – зачисними насосами. Зачисні насоси включають після того, як рівень рідини в танках знизиться до 800...1000 мм від днища.

При проведенні вантажних і баластових операцій на танкері слід виконувати вимоги до остійності судна.

Система водяного балласту танкера Eagle Vancouver

Танкер Eagle Vancouver обладнане баластною системою яка необхідна для забезпечення остійності судна при плаванні без вантажу, при частковому завантаженні, а також для створення корпусу судна розрахункової осадки та диферентів, для вирівнювання крену. На танкері у якості баласту використовується забортна вода.

З 8 вересня 2017 року, згідно з міжнародною конвенцією щодо контролю суднових баластних вод, яка прийнята ІМО, усі судна повинні керувати своїми баластними водами таким чином, щоб водні організми та патогени були видалені або знешкоджені до того, як баластна вода буде випущена у новому місці. Це запобігає поширенню інвазивних видів, а також потенційно шкідливих патогенів.

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

Є два стандарти за якими можна управляти баластними водами (D-1 і D-2).

За стандартом D-1 судна повинні замінювати баластну воду у відкритому морі, подалі від прибережних районів. Найкраще це повинно відбуватися щонайменше на відстані 200 морських миль від берега та при глибині води не менше 200 метрів. Завдяки цьому виживає менше організмів.

За стандартом D-2 визначається максимальна кількість життєздатних мікроорганізмів, які допускаються у баластній воді до викиду.

Різниця між стандартами полягає у тому, що D-1 обумовлює обмін баластної води з одної на іншу, а D-2 визначає максимальну кількість життєздатних організмів у баластній воді, яку можна скидати.

З дати набуття чинності конвенції щодо контролю суднових баластних вод всі судна повинні відповідати принаймні стандарту D-1, а всі нові судна – стандарту D-2. Зрештою, всі судна повинні будуть переобладнані і відповідати стандарту D-2. Це означає необхідність встановлення додаткового спеціального обладнання для очищення баластної води.

На танкері Eagle Vancouver встановлена система управління баластними водами (BWMS) яка розроблена компанією Wärtsilä (див. рис. 4.17). Система складається з двох основних елементів, це самоочисний фільтр з чарунками діаметром 40 мкм та реактор з ультрафіолетовою технологією випромінювання (MPUV) для знезараження.



Рис. 4.17 – Система управління баластними водами танкера Eagle Vancouver

Під час баластування судна баластна вода надходить у систему BWMS з баластного насоса, проходить через фільтр та потрапляє у реактор MPUV для

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

обробки, а потім спрямовується у баластний танк. При проходженні фільтру, великі неорганічні частинки, більшість зоопланктону та фітопланктону видаляються, що забезпечує більш ефективну роботу дезінфектора MPUV. УФ-випромінювання реактора MPUV з довжиною хвилі 200...280 нм забезпечує знезараження залишкового планктону, бактерій і вірусів у баластній воді завдяки пошкодженню клітин мікроорганізмів. Схема роботи системи при прийнятті баласту на судно представлена на рисунку 4.18.

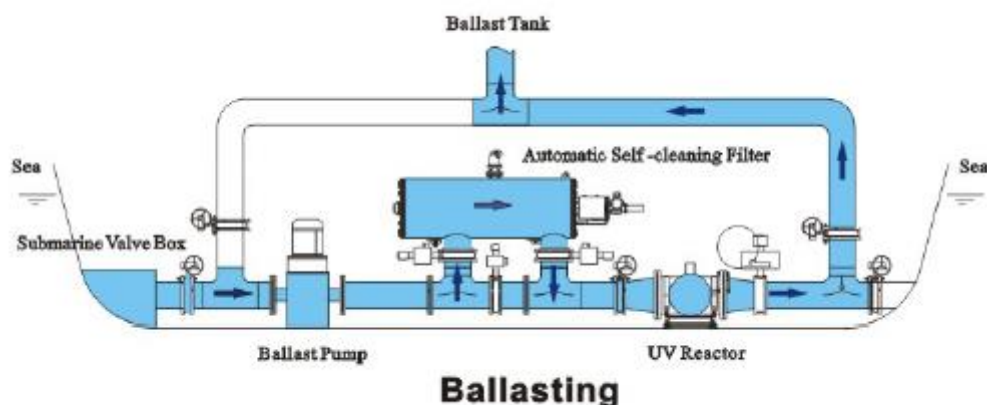


Рис. 4.18 – Схема роботи системи BWMS при прийнятті баласту на судно

При викачуванні баласту, баластна вода баластним насосом подається в реактор MPUV, минаючи фільтр, для здійснення вторинної дезінфекційної обробки перед скиданням. Схема роботи системи при викачуванні баласту з судна представлена на рисунку 4.19.

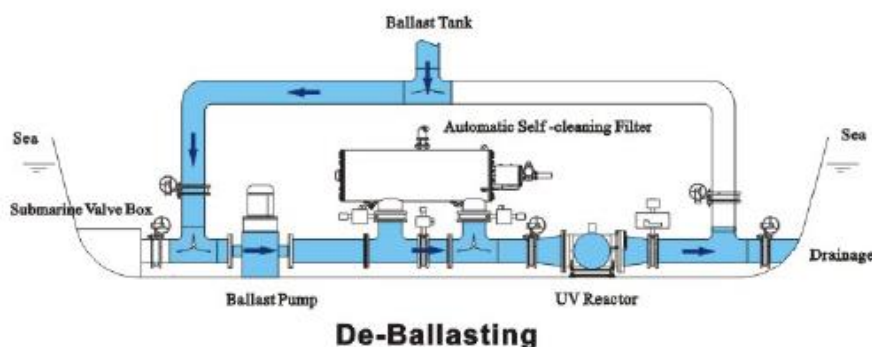


Рис. 4.19 – Схема роботи системи BWMS при викачуванні баласту з судна

Система BWMS автоматизована, вона реагує на якість води, що надходить, та регулює інтенсивність роботи MPUV, щоб досягти вимог якості води при

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

скиданні з мінімальними витратами енергії. Дана система підходить для всіх типів суден (танкери, балкери, вантажні судна, пасажирські судна та інші судна спеціального призначення).

Система підігріву вантажу танкера Eagle Vancouver

Танкер Eagle Vancouver, оскільки він перевозить в'язкі нафтопродукти, обладнано системою підігріву вантажу. Підігрів нафтопродуктів здійснюється для зниження їх в'язкості, що полегшує їх перекачування. Система підігріву конструктивно виконана зі змійовиків із сталевих труб, по якими пропускають насичену пару. Змійовики укладаються по всій площині днища танка на висоті близько 10 см від дна (див. рис. 4.20). Клапани для керування системою підігріву вантажу виведені на палубу. У якості теплоносія використовується насичена пара тиском до 0,7 МПа яка надходить від допоміжних котлів.



Рис. 4.20 – Змійовики системи підігріву вантажу

Система інертних газів танкера Eagle Vancouver

Система інертних газів – використовується на танкерах для витіснення з вантажних та відстійних танків вибухонебезпечних газоповітряних сумішей та підтримки в них атмосфери з низьким вмістом кисню, за якого виключено

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

виникнення вибуху та пожежі. На танкері Eagle Vancouver встановлено автономний генератор інертного газу компанії Alfa Laval (див. рис. 4.21).

Система Smit Combustion – це система низького тиску, що працює на основі спалювання палива, для виробництва інертного газу. Використовуючи унікальну систему Ultramizing[®], вона виробляє інертний газ без сажі з вмістом кисню 2–4 %, навіть за умов нижчих від стехіометричних. Для економії палива вона оснащена автоматичним модулем паливної ефективності Alfa Laval (AFEM). Згідно нормативних вимог вантажні танки повинні бути заповнені інертним газом, коли в них знаходиться вантаж нафти або нафтопродукти, брудний баласт, коли вони порожні, але не дегазовані. Вміст кисню в атмосфері танка не повинен перевищувати 8% за обсягом із позитивним тиском газу не менше 100 мм водяного стовпа. Якщо судно було дегазоване, то перед завантаженням танки повинні бути заповнені інертним газом. У процесі миття сировою нафтою заповнення інертним газом танків є обов'язковим.



Рис. 4.21 – Система інертних газів Alfa Laval

Інертний газ завантажується в танки судна двома шляхами:

- через відведення труб головної інертної системи до кожного танка;
- приєднанням інертної системи до вантажних ліній.

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

					КР.135.6211мз.02. ПЗ. 05			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка заходів для забезпечення надійної експлуатації обладнання СЕУ	Літ.	Аркуш	Аркушів
Студент	Іщенко Є. Г.							
Керівник	Коробко В.В.							

Розділ 5. Розробка системи заходів для забезпечення надійної експлуатації обладнання СЕУ.

5.1. Система моніторингу стану енергетичної установки фірми Kongsberg K-Chief

Сучасні суднові енергетичні установки мають бути економічними, надійними та екологічними, щоб забезпечити мінімізацію витрат на експлуатацію, обслуговування та ремонт. Сучасна автоматизація дозволяє зменшити експлуатаційні витрати, покращить роботу механізмів і зменшить ймовірність людських помилок і, отже, нещасних випадків.

Зараз декілька фірм пропонують рішення по автоматизації та контролю за обладнанням СЕУ, які можна пристосувати до індивідуальних вимог. Як правило ці рішення мають модульну структуру, що дозволяє конфігурувати такі системи під індивідуальні вимоги, охоплюючи весь діапазон застосувань від систем сигналізації низької складності до високо інтегрованих систем контролю та моніторингу.

На модернізованому танкері Eagle Vancouver для забезпечення надійної експлуатації обладнання СЕУ та судна застосовуємо інтегровану морську систему керування K-Chief700 фірми Kongsberg.

Ця система є універсальною для всіх типів торговельних суден та дозволяє контролювати багато параметрів роботи обладнання сучасної СЕУ та систем судна.

Інтегрована морська система керування Kongsberg K-Chief700 — це розподілена система моніторингу та керування, створена для морських застосувань. Гнучка унікальна архітектура системи дозволяє використовувати її для широкого спектру завдань у керуванні суднами.

Розподілена система Kongsberg Maritime K-Chief700 заснована на програмному забезпеченні AIM-2000. Архітектура системи заснована на станціях оператора та технологічних станціях, з'єднаних локальною мережею передачі даних.

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

Технологічна станція – це логічна назва для блоків обробки та введення-виведення. Вона може бути розміщена всередині польової станції або шафі стороннього виробника. Кожна технологічна станція має певну роль і налаштовується відповідно до експлуатаційних вимог конкретної технологічної зони. Завдяки цій гнучкій архітектурі система K-Chief 700 масштабується. Це означає, що нові технологічні станції можуть бути підключені до мережі для керування додатковими технологічними зонами або розширення функціональності.

K-Chief 700 забезпечує наступні основні функції:

- моніторинг аварій;
- система виклику чергування;
- управління живленням;
- управління допоміжним обладнанням;
- управління вантажем;
- управління баластом.

На додаток до основних функцій управління у K-Chief 700 може бути інтегрована система моніторингу продуктивності судна. Система залежить від типу судна та його використання.

Підсистема Watch Call – це розширена система сигналізації для суден. Вона контролює вантаж, машинне обладнання та навігаційні сигнали. Завдяки цій системі можна залишити пост керування двигуном без обслуговуючого персоналу під час нормальної роботи. Спеціальні панелі сигналізації можуть бути розташовані в різних місцях по всьому судну, вони відображають сигнали тривоги та інформацію про стан тривоги. Система є розширенням системи Event, що об'єднана з функцією виклику офіцера.

Підсистема Watch Call складається з кількох автономних настінних інформаційних панелей та пультів. Вони встановлені у вибраних місцях на судні. Ці пульти подають сигналізацію вахтовому та черговому персоналу. Ця система відповідає вимогам класифікаційних товариств щодо роботи машинного відділення без постійного нагляду.

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

Підсистема Power Management забезпечує функції моніторингу, управління та безпеки для систем генерації електроенергії.

Зображення процесу управління електроживленням візуалізує всю електростанцію, генератори та споживачів. За допомогою цього зображення ви можете контролювати електромережу та керувати генераторами, розподільними щитами та вимикачами. Основні споживачі електроенергії також показані у графічному представленні електромережі. Однак вони управляються з інших програм.

Типове зображення процесу керування електроживленням показано на рисунку 5.1.

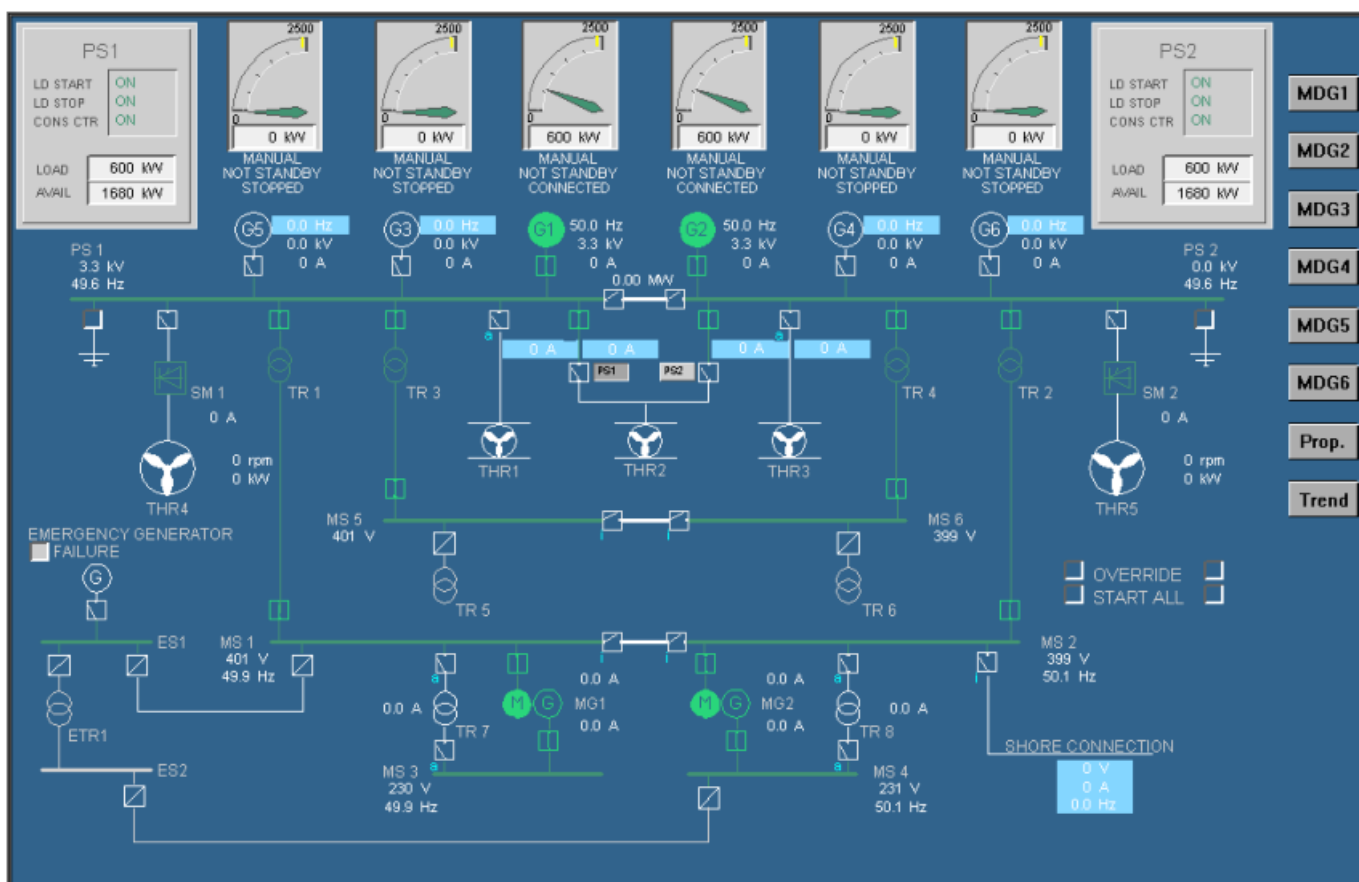


Рисунок 5.1 – Процес керування живленням у K-Chief 700

Підсистема Power Management включає такі основні функції:

- управління генератором (для дизельних, турбінних генераторів та валогенераторів);
- управління розподільчим щитом;
- управління вимикачем.

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

Типове відображення роботи генераторної установки показано на рисунку 5.2. Це зображення процесу поділено на кілька областей, що описують різні підсистеми генераторної установки. Точна конфігурація залежатиме від типу двигуна та електрогенератора.

Можуть бути показані вихідна потужність електрогенератора разом із вимірюваннями температури повітря, підшипників та обмотки.

Можуть бути показані температура та відхилення вихлопних газів двигуна генератора разом із температурами вкладиша та підшипників та вимірюваннями тиску в картері.

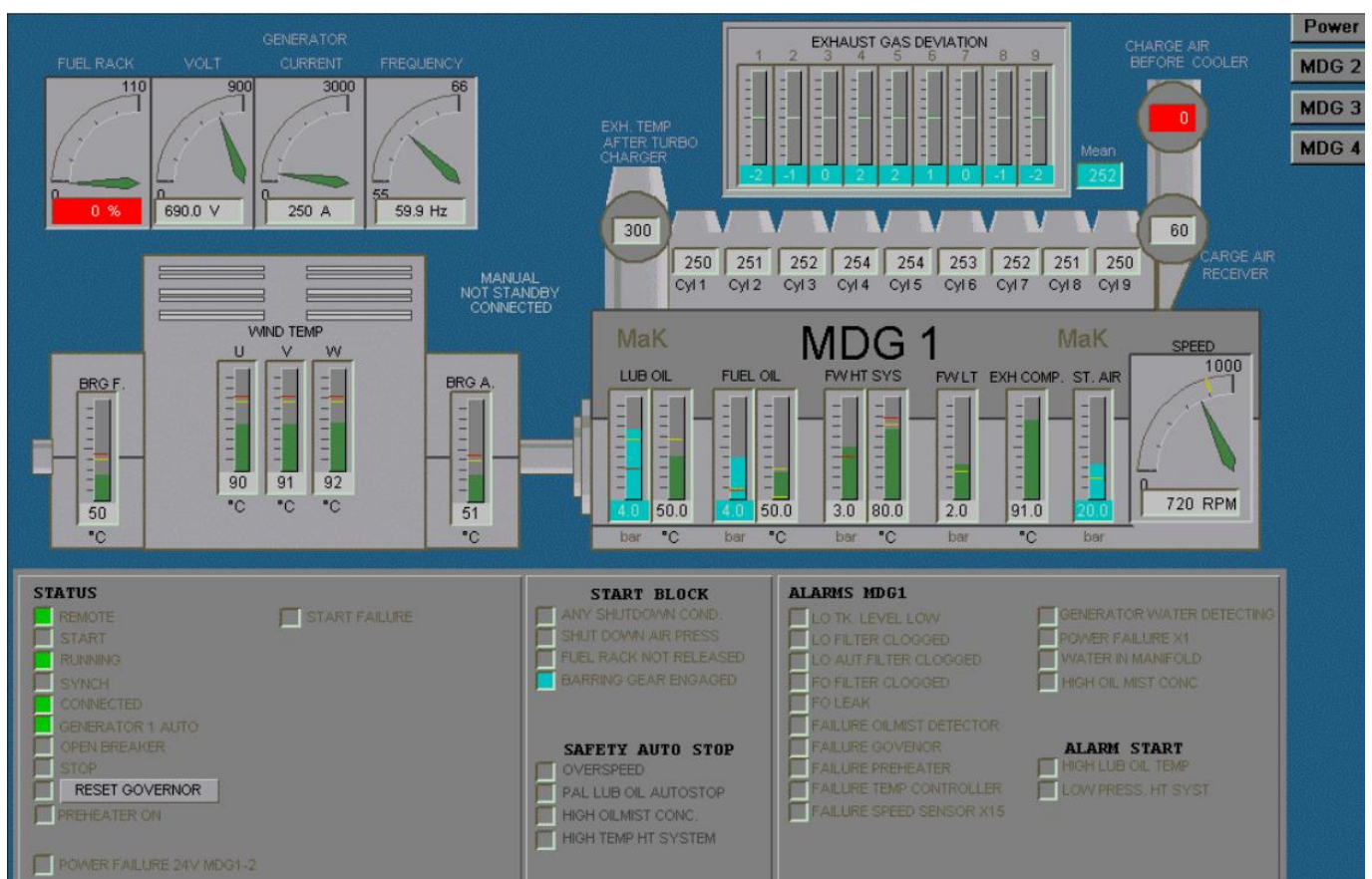


Рисунок 5.2 – Відображення роботи генераторної установки

Підсистема Propulsion Control забезпечує функції моніторингу, керування та безпеки для підрулюючого пристрою та головної пропульсивної системи судна.

Тому операторські станції K-Chief 700 зазвичай використовуються для отримання докладної інформації про стан підрулюючого пристрою та моніторингу аварійних сигналів. Також операторські станції K-Chief 700 оснащені режимом технічного обслуговування.

Цей режим, який дозволяє індивідуально керувати кожним компонентом у пропульсивній системі вручну, переважно використовується під час технічного обслуговування під час пошуку несправностей.

Зображення Propulsion Process, яке по суті є зображенням «Інформація про місток», візуалізує підрулюючі пристрої і головну пропульсивну систему. На рисунку 5.3 показано як можна контролювати стан підрулюючих пристроїв і головних пропульсивних установок. На моніторі зазвичай також показані основні електричні генератори та інформація про завантаження та осідання судна.

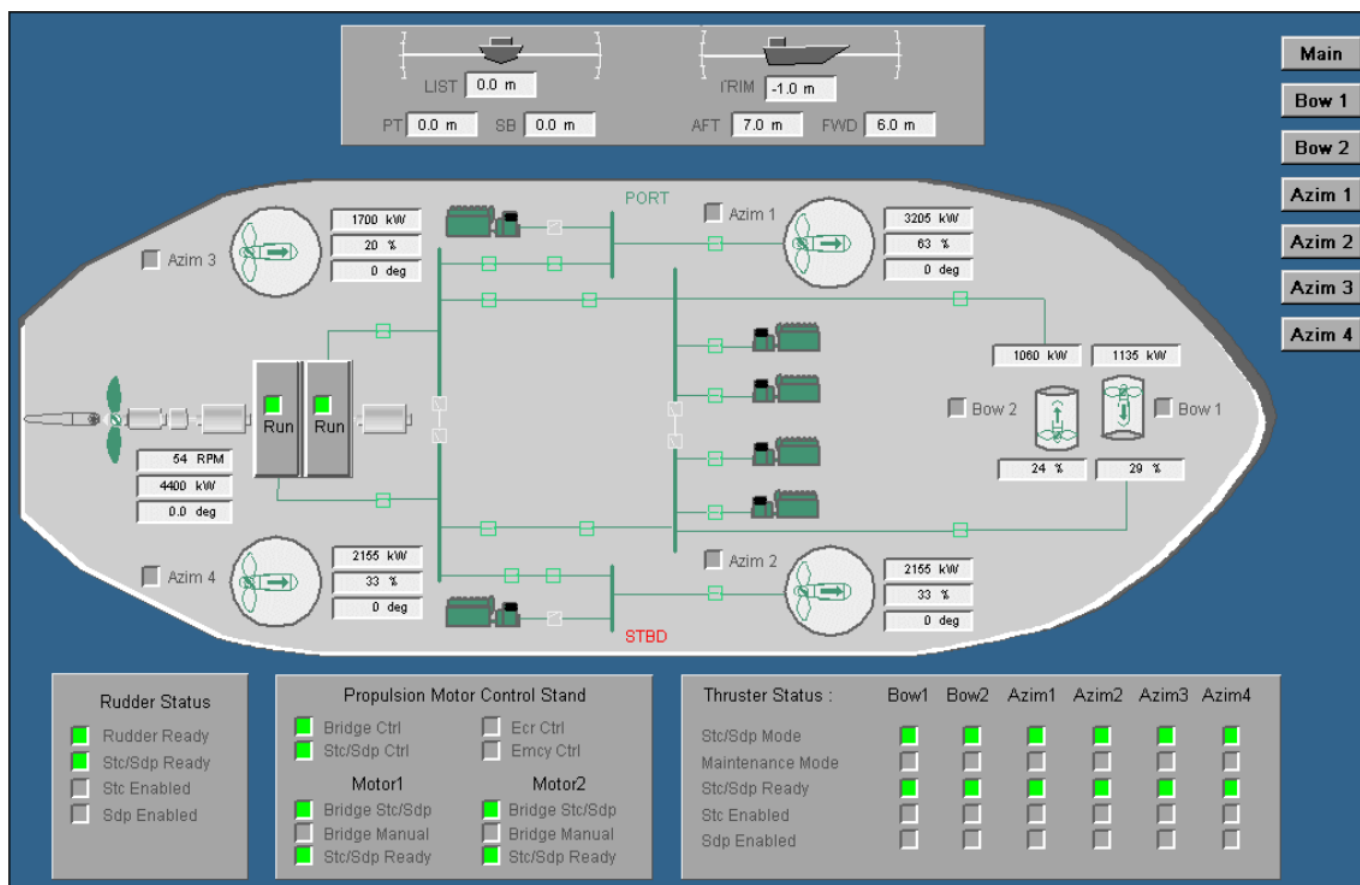


Рисунок 5.3 – Відображення інформації про пропульсивну систему

Підсистема Propulsion Control включає наступні основні функції:

- послідовність запуску/зупинки двигуна;
- управління допоміжним обладнанням;
- управління азимутом;
- керування швидкістю (об/хв);
- режим обслуговування;
- безпека;
- моніторинг аварійних сигналів.

Підсистема оцінки надмірності та критичності (RCA) – це інтегрований онлайн-інструмент моніторингу несправностей та оцінки критичності, який відстежує та підтверджує, що ресурси, необхідні для певного режиму оперативного управління, доступні.

Зображення процесу системи RCA надає можливості управління режимом роботи і візуалізує стан задіяного устаткування. Ця візуалізація досягається за допомогою символів технологічних одиниць (PU), які представляють механізми (такі як підруючі пристрої, генератори з силовими шинами і головні двигуни) разом з символами, які представляють різні допоміжні системи, пов'язані з кожним PU. З цього зображення ви можете вибирати режими керування судном та контролювати стан задіяного обладнання за допомогою індикаторів стану.

5.2. Контроль крутного моменту на валопроводі та його заземлення

Система вимірювання крутного моменту, що передається валом, дозволяє визначити потужність на валу. Це важлива інформація яка використовується системою контролю за ефективністю головного двигуна. Дані щодо фактичних рівнів потужності необхідні для:

- оцінки ефективності руху судна;
- оцінки питомої витрати палива двигуном;
- планування операційної ефективності;
- моніторингу роботи двигуна;
- оцінки стану гвинта;

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

- оцінки стану корпусу судна;
- контролю змін у стані судна.

Загальний вигляд встановленої на валу танкера системи представлено на рисунку 5.4.

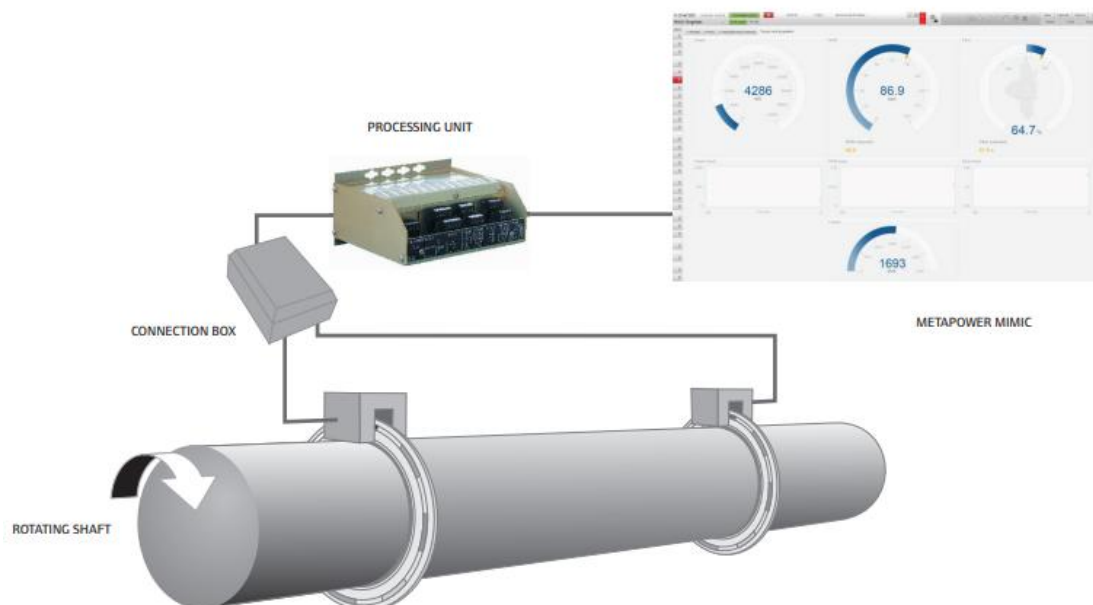


Рисунок 5.4 – Загальний вигляд встановленої на валу танкера системи контролю крутного моменту

Вимірювач крутного моменту на валу точно вимірює крутний момент, що передається валом, це дозволяє визначати фактичну потужність, яку двигун подає на гвинт. Датчик вимірювання крутного моменту представлено на рисунку 5.5



Рисунок 5.4 – Датчик вимірювання крутного моменту

Різниця в електричному потенціалі між корпусом і гребним валом виникає внаслідок застосування різних матеріалів, а також через занурення гвинта у

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

морську воду. Поява електричного потенціалу може викликати іскрову ерозію металу на валу, корінних підшипниках і шийках колінчастого валу двигуна.

Для зменшення електричного потенціалу між валом і корпусом та запобігання виникнення іскровій ерозії застосовують заземлення валової лінії.

Застосований пристрій заземлення лінії валу повинен не допускати виникнення різниці електричних потенціалів вище 50 мВ постійного струму. Обладнання для моніторингу між валом і корпусом з мВ-метром і вихідним сигналом на систему сигналізації повинно бути встановлено так, щоб можна було контролювати потенціал і, таким чином, правильну роботу пристрою заземлення валової лінії.

Заземлювальний пристрій складається з двох сріблястих контактних кілець, двох пристроїв для утримування щіток, включаючи з'єднувальні кабелі, і контрольного обладнання з мВ-метром і вихідним сигналом для тривоги (див. рис. 5.6). Накладні кільця виготовляються з суцільного срібла або опорні кільця з гуми з срібним шаром по всьому. Очікуваний термін служби срібного шару на контактних кільцях повинен бути не менше 5 років. Загальний опір від валу до корпусу не повинен перевищувати 0,001 Ом.

Підключення заземлювача до корпусу повинно здійснюватися кабелем перетином не менше 45 мм². Довжина кабелю до корпусу повинна бути якомога коротшою. Обладнання моніторингу повинно мати сигнал 4...20 мА для тривоги та мВ-метр із перемикачем для зміни діапазону. Первинний діапазон мВ-метра від 0 до 50 мВ, постійний і вторинний діапазон мВ-метра від 0 до 300 мВ постійного струму.

Коли пристрій заземлення валу працює правильно, електричний потенціал зазвичай буде в межах 10...50 мВ постійного струму залежно від розміру гвинта та обертів. Уставка сигналізації повинна бути 80 мВ для високої тривоги

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

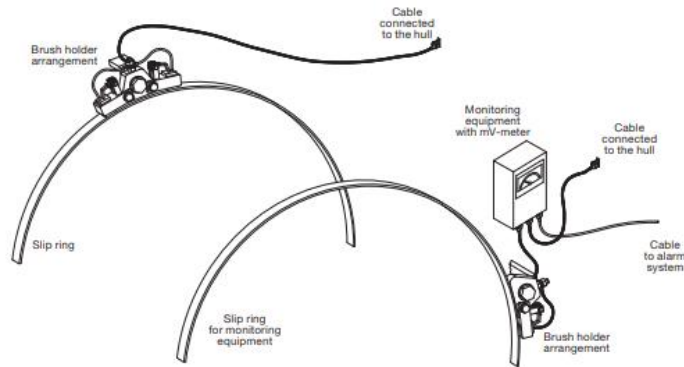


Рисунок 5.6 – Заземлювальний пристрій

Контактні кільця пристрою заземлення валу необхідно встановлювати на передньому проміжному валу якомога ближче до двигуна (див. рис. 5.7). Коли передбачено встановлення валогенератора, де ротор генератора є частиною проміжного валу, пристрій заземлення лінії валу повинен бути встановлений між генератором і двигуном.

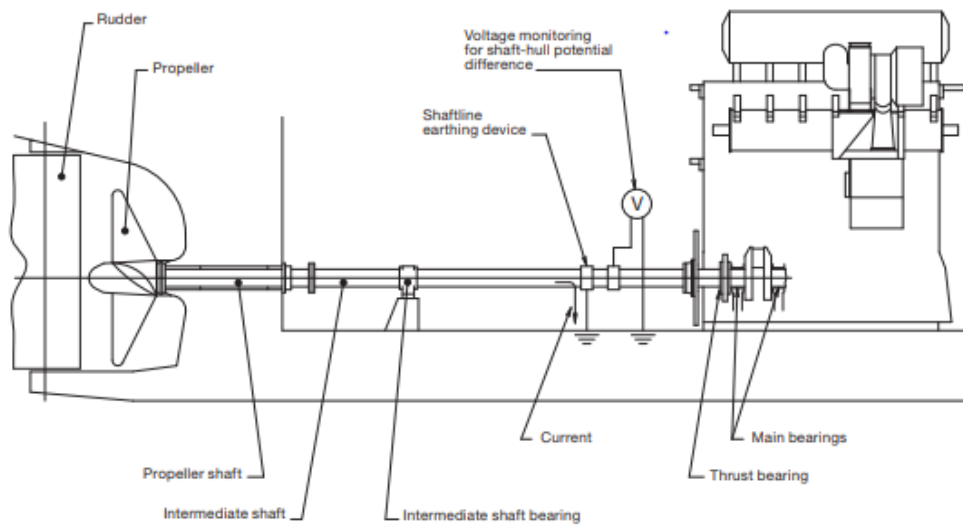


Рисунок 5.7 – Схема встановлення пристрою заземлення валової лінії

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

					КР.135.6211мз.02.ПЗ.06			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розміщення енергетичного обладнання в машинному відділенні	Літ.	Аркуш	Аркушів
Студент	Іщенко Є. Г.							
Керівник	Коробко В.В.							

Розділ 6. Розміщення енергетичного обладнання в машинному відділенні

6.1. Основні принципи компоновання устаткування енергетичної установки в машинному відділенні

Розташування обладнання СЕУ на судні повинно задовольняти вимогам відповідних класифікаційних товариств, правилам техніки безпеки, протипожежної безпеки, санітарно-гігієнічним нормам, тощо.

Головні і допоміжні механізми, а також та системи, що забезпечують рух і безпеку судна повинні зберігати працездатність при наступних умовах:

- тривалий крен 15° ;
- тривалий диферент 5° ;
- кильова качка $\pm 7,5^{\circ}$;
- бортова качка $\pm 22,5^{\circ}$ з періодом 7...9 с;
- спільний вплив бортової і кильової качки.

Загальні вимоги до компоновання розміщення обладнання СЕУ судна зводяться до того, що устаткування повинно встановлюватися у місцях, де воно буде найбільш ефективно виконувати свої функції, де їх обслуговування буде зручним, легкодоступним та можливим при мінімальній кількості обслуговуючого персоналу та витрат часу. Обладнання, роботу якого необхідно постійно контролювати, як правило установлюють поблизу постів керування.

Обладнання, що задіяне у одній системі або зв'язане між собою функціональним призначенням, розташовують поблизу друг друга в одному районі машинного відділення. Допоміжне устаткування, що обслуговує головні механізми, встановлюють поблизу від них з боку підведення до них робочого тіла, та поблизу від інших агрегатів, зв'язаних між собою загальним робочим тілом.

Застосування блокового принципу розташування обладнання СЕУ дозволяє зменшити витрати на будівництво суден, за рахунок створення уніфікованих функціональних і зональних блоків.

Основні вимоги до компоновання розташування обладнання СЕУ наступні:

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

1. Допоміжне устаткування головних механізмів повинне розміщуватися поблизу них. Це дозволяє скоротити довжину трубопроводів, кабельних трас, зменшити кількість перетинань трубопроводів. При цьому необхідно виконувати вимоги щодо наявності проходів між обладнанням і майданчиків для їхнього обслуговування та демонтажу з метою ремонту тощо.

2. Допускається розміщувати обладнання, яке взаємозв'язане між собою, як по горизонталі, так і по вертикалі.

3. Механізми, які генерують значний рівень шуму та вібрацію необхідно встановлювати у тих частинах судна, де набір має підвищену жорсткість або виконувати підкріплення у цих місцях. Таке обладнання необхідно встановлювати на амортизатори та екранувати його від місць, де тривалий час можуть знаходитися члени екіпажу судна.

4. Прокладання трубопроводів, кабелів та інших комунікацій, як правило, повинно виконуватись у взаємно перпендикулярних площинах: паралельно діаметральної площини судна, перпендикулярно до неї та основної площини. При розміщенні комунікацій необхідно передбачати достатні простори для монтажу, обслуговування, ремонту та боротьби за живучість.

Обладнання, апарати й механізми СЕУ необхідно встановлювати і надійно закріплювати фундаментах, які бажано розташовувати над набором корпусу – стрингерами, флорами, шпангоутами, щоб забезпечити їх надійне кріплення. Якщо це необхідно здійснюють підкріплення набору.

Малогабаритне та неважке обладнання і устаткування допускається кріпити на платформах, настилі другого дна, на зовнішній обшивці корпусу судна, водонепроникних переділах, конструкціях тунелю водопроводу, а також на стінках масляних і паливних цистерн якщо воно виконується до ребер жорсткості чи на кронштейнах.

На морських судах розміщення устаткування СЕУ виконується багатоярусним. Це дозволяє скоротити довжину машинного відділення та збільшити місце для вантажних трюмів.

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

Головний двигун та валопровід розміщуються в нижній частині трюму машинного відділення, як можна ближче до корми судна. Під головний двигун виконується фундамент, який зв'язаний з днищовим набором корпусу судна. В одновальних установках повздовжня вісь головного двигуна знаходиться в діаметральній площині судна. Валопровід в одновальних установках, як правило, правого обертання.

Допоміжні котли переважно розміщують на платформах. Утилізаційний парогенератор або водогрійний утилізаційний котел розміщують у верхній частині димоходів головного двигуна і допоміжних дизель-генераторів. Поблизу котлів доцільно розміщати обладнання що забезпечує їх функціонування. Кожен котел повинен обслуговуватися двома живильними насосами з незалежним механічним приводом. Паропроводи повинні прокладатися у верхній частині машинно-котельного відділення в місцях, що доступні для спостереження за ними й обслуговування. Забороняється прокладання паропроводів під настилами машинного відділення та поблизу паливних цистерн.

Обладнання суднової електростанції розміщують у трюмі або на першій платформі машинного відділення. Обладнання аварійної суднової електростанції розміщується в окремому приміщенні, яке повинно бути розташовано вище лінії аварійно граничного занурення судна. Це приміщення повинно мати самостійний вихід на верхню палубу. Акумуляторні батареї також розміщують вище нижньої палуби у окремому приміщенні, що мають відповідну систему вентиляції.

Електричні машини, при розміщенні їх вала горизонтально, намагаються розташовувати так, щоб вал був паралельно діаметральній площині судна.

Компресори для стиснення повітря розміщують у районах машинного відділення, де повітря, яке всмоктується, буде мінімально забруднене парами рідин.

Сепаратори, фільтри, насоси і підігрівники паливних систем необхідно розміщувати в спеціальних приміщеннях, що мають примусову витяжну вентиляцію.

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

При розміщенні насосів враховують необхідність забезпечити надійне усмоктування в несприятливих умовах значення яких обумовлені нормативними документами.

Донна арматура для приймання заборотної води (кінгстони) повинна встановлюватися на спеціальних ящиках виконаних у корпусі судна. Отвори для надходження заборотної води повинні бути захищені ґратами.

Допускається, при великій висоті приміщення, розташовувати настили та площадки для обслуговування обладнання і агрегатів у кілька ярусів.

Ширина проходів між обладнанням повинна бути не менш 0,6 м при висоті проходів у світлі не менш 1,85...1,9 м.

У районі розміщення великих механізмів повинні бути передбачені площадки для розміщення демонтуємих деталей та вузлів для проведення ремонтних робіт.

Для можливості монтажу і демонтажу елементів головного двигуна, механізмів та устаткування в машинному відділенні передбачають встановлення мостових кранів, монорейок з телями і тельферами.

Машинне відділення повинне мати припливну і витяжну вентиляцію. Повітря повинне подаватися на робочі місця через поворотні повітророзподільники і повітророзподільники-жалюзі. Для роботи вентиляції в холодну пору року її у припливній частині обладнають підігрівачами для нагрівання повітря що надходить.

Витяжна вентиляція повинна забезпечувати видалення повітря з нижніх частин приміщень, тунелів валопроводу, з-під настилів машинного відділення та місць, де можливе скупчення пари та газів.

Згідно з вимогами нормативних документів у машинному відділенні повинно бути не менш двох виходів. Виходи повинні бути розташовані на різних бортах, по можливості зі зсувом один відносно другого по довжині судна.

Трапи до виходів розташовуються по довжині судна, як найближче до діаметральної площини судна. Ширина трапа повинна бути не менш 0,6 м, а

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

довжина одного маршу трапа – до 6 м, нахил трапа не більше 60°. Трапи допоміжного призначення й аварійні можуть бути вертикальними.

6.2. Проектування розташування обладнання СЕУ

Танкер Eagle Vancouver, енергетична установка якого модернізується, має кормове розташування машинно-котельного відділення.

На танкері Eagle Vancouver головний двигун максимально зміщений до кормової переділки, це дозволяє ефективно використати простір у машинному відділенні, а також скоротити довжину валопроводу.

Три дизель-генератора розташовані на першій платформі в кормовій частині машинно-котельного відділення. Це забезпечує мінімальну довжину їхніх газоходів і зручний доступ до них.

Допоміжні котли установлені на другій платформі в кормовій частині, а утилізаційний котел у шахті машинно-котельного відділення, яка також призначена для прокладання труб димоходів, вентиляції, тощо.

ГРЩ і щит керування електроенергетичною установкою розташовані на першій платформі в приміщенні ЦПК.

Компресори, що обслуговують систему стиснутого повітря, розташовані на третій платформі по лівому борту.

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

Розміщення допоміжного обладнання і устаткування в машинно-котельному відділенні виконано за принципом групування по їх функціональному призначенню з урахуванням забезпечення зручностей обслуговування та ремонту, скорочення довжини трубопроводів і газоходів.

Блоки масляних і паливних цистерн розташовані в машинно-котельному відділенні, під нижньою палубою в районі носової переділки МКВ і в другому

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

дні. Цистерни, що обігріваються, відокремлені від цистерн, що не обігріваються кофердами.

Основною проблемою при модернізації судна є розміщення в обмежених просторах нового обладнання та додаткових систем які необхідні для виконання вимог ІМО щодо зменшення шкідливих викидів у навколишнє середовище при експлуатації судна.

Обладнання систем, які додатково встановлюються на судні, має значні розміри, і для його розміщення треба визначити місця, де таке розміщення можливе.

На судні при модернізації встановлюється новий двигун MAN B&W 7G80ME-C10.5 з системою селективного каталітичного відновлення під високим тиском яка поставляється виробником двигуна. Двигун з такою системою представлений на рисунку 6.1.

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

Розміщення скрубберної системи потребує багато місця, тому її ми розміщуємо, як прийнято у більшості проектів, у надбудові в кормовій частині судна як показано на рисунку 6.2. Як ми бачимо на цьому рисунку значна більшість кормової частини судна зайнято скрубберною системою.

Компонування обладнання у машинно-котельному відділенні танкера виконано на кресленні МР.135.6211мз.02.06.



Рисунок 6.2 – Розміщення скрубберної системи на танкері

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

					МР.135.6211мз.02.ПЗ.07						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Студент		Іщенко Є. Г.			Технологічна розробка монтажу утилізаційного котла			Літ.		Аркуш	Аркушів
Керівник		Коробко В.В.									
Заф.каф.		Личко Б.М.									

7. Технологічна розробка монтажу утилізаційного котла

7.1. Конструктивна характеристика утилізаційного котла

На танкері в якості утилізаційного котла застосовано комбінований котел Aalborg OC-TCi фірми Alfa Laval. Цей котел має вертикальну конструкцію та складається з двох частин: утилізаційної димотрубною і паливної водотрубною. Він має наступні характеристики:

- тиск насиченої пари – 9 бар;
- паропроодуктивність при роботі на відхідних газах ДВЗ – до 5,0 т/год.
- паропроодуктивність при роботі паливної секції – 6,5 т/год;

Котел на паливній секції має моноблочний форсуночний пристрій із системою управління й захисту. Також він обладнаний іскрогасником за паливною частиною котла, солеміром живильної води, приладом виявлення вмісту нафти в живильній воді.

Котлоагрегат встановлюється на чотири опори, з них три рухомі та одна нерухома. Для забезпечення теплового розширення корпусу, рухомі опори мають овальні отвори. Даний котел кріпиться до фундаменту за допомогою перехідних частин, тобто другої половини фундаменту, на якій закріплено котел.

7.2. Обґрунтування прийнятого методу монтажу утилізаційного котла

Котел поступає на судно максимально зібраним, монтаж проводиться агрегатним методом. Цей метод дозволяє виконувати установку повністю зібраного в цеху котла без необхідності додаткових збиральних операцій на судні. Наразі судові котли невеликих розмірів кріплять за допомогою перехідних частин фундаменту, перехідних фундаментних рам та монтажних плит. Це дає можливість здійснити на судні агрегатний монтаж, що знижує трудомісткість кріплення парогенератора на судні.

Використання монтажних плит найменш технологічно. Їх підганяють по місцю між опорами та судовим фундаментом. В цьому випадку парогенератор неодноразово переміщують для розмітки та свердління отворів у фундаменті.

Цей метод монтажу слід використовувати як виняток.

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

Кріплення котла за допомогою перехідної фундаментної рами є більш технологічним. Вона забезпечує геометричну незмінність котлоагрегату при транспортуванні та переміщенні домкратами на судні. Перехідну фундаментну раму кріплять до фундаменту болтами або за допомогою електрозварювання перехідних частин. При цьому методі монтажу маса котлоагрегату збільшується на масу перехідної частини та потрібна додаткова висота приміщення для розміщення перехідної фундаментної рами.

Метод перехідних частин фундаменту передбачає замість монтажних плит використання зварної перехідної частини, яка має технологічний припуск, який видаляють на судні газовим різакон, для чого застосовують спеціальний копірувальний пристрій. З'єднання перехідних частин з котельними опорами здійснюється в процесі зборки котлоагрегату в цеху.

Оскільки метод з використанням перехідних частин фундаменту найбільш технологічний, то його застосовуємо для монтажу утилізаційного котла.

7.3. Інструмент, пристосування, обладнання та прибори

Для здійснення монтажу утилізаційного котла використовують:

- пристосування – домкрат гідравлічний для підняття механізму над фундаментом при базуванні, прилади для завантаження котла на судно, кісті, змазка, шабер, дрантя, дерев'яні прокладки, кран, рулетка, талрепи тощо;
- обладнання – пневматична шліфувальна машина, кран, газові різакон, електрозварювальний апарат;
- інструменти – ключ з регульованим обертаючим моментом для перевірки кріплення котла до перехідної частини фундаменту, пневматичний шабер, гайкові ключі, струни, щупи;
- прибори – струна з натяжним приладом, рулетка, шланговий рівень.

Приклади застосованого обладнання.

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

У процесі виконання судномонтажних робіт застосовуються гідравлічні домкрати вантажопідйомністю до 100 кН. Приклад конструкції такого домкрату представлено на рисунку 7.

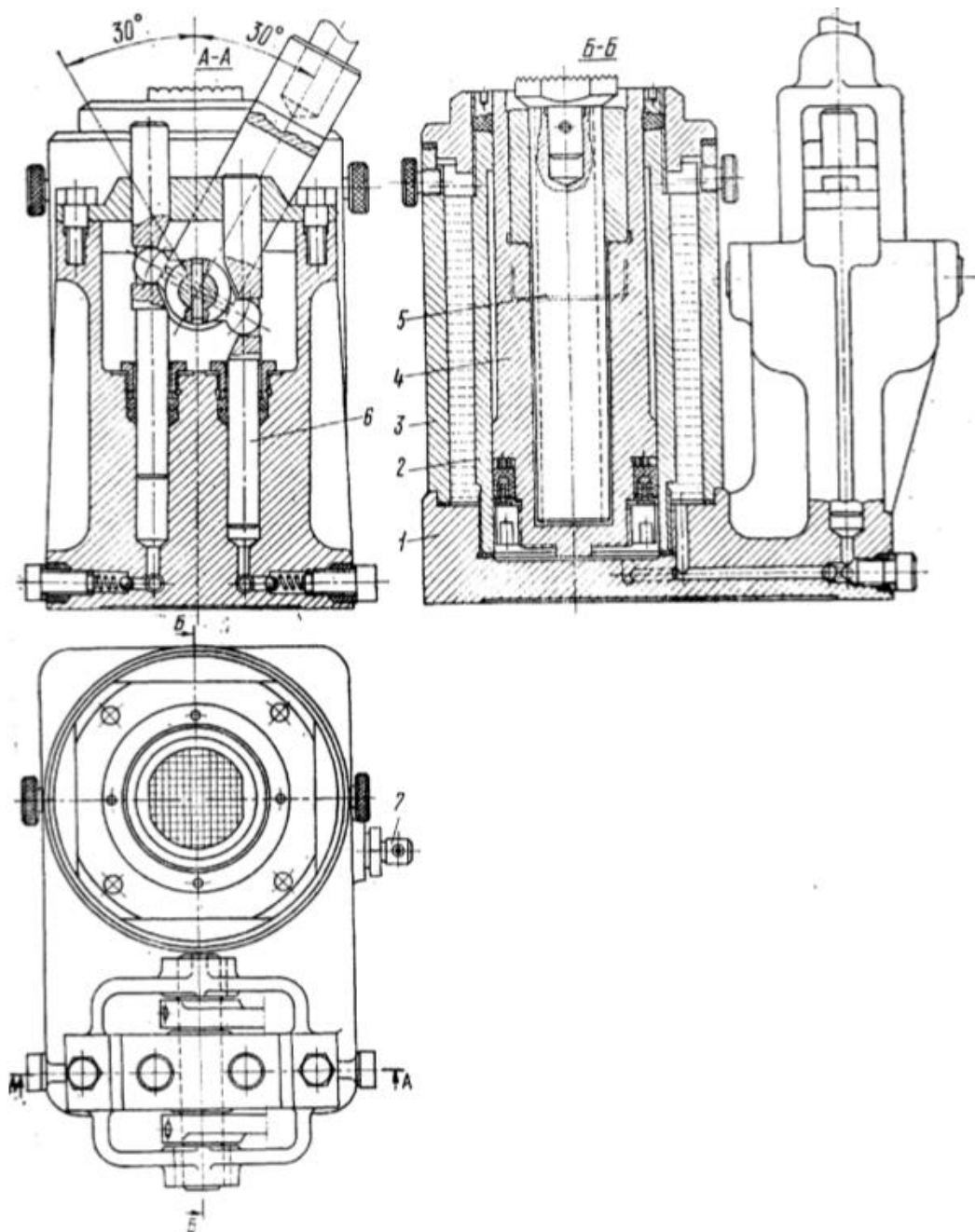


Рисунок 7.1 – Домкрат гідравлічний вантажопідйомністю до 100 кН

Домкрат має наступну конструкцію. На підставці 1 закріплено циліндр 2 і корпус резервуара 3. У циліндрі розміщено поршень 4 з гвинтом 5, за допомогою якого домкрат установлюється на необхідну висоту до початку роботи. Підйом поршня здійснюється під тиском масла, що нагнітається в порожнину циліндра, з порожнини резервуара ручним плунжерним насосом 6, змонтованим в

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

підставці домкрата. За один подвійний хід плунжерного насоса поршень піднімається на 1,8 мм. Опускання поршня здійснюється при відкритті голчастого клапана 7, що перепускає масло з циліндра в резервуар.

Технічні характеристики домкрата наступні:

- вантажопідйомність, кН – 100;
- максимальний підйом гвинта, мм – 245;
- висота підйому за один подвійний хід рукоятки, мм – 1,8;
- зусилля на рукоятці, Н – 130;
- обсяг робочої рідини, см³ – 600;
- габаритні розміри, мм – 170×265×255;
- вага, кг – 38,2.

Пневматична турбінка ТПМ-1 застосовується для зняття невеликих припусків поверхонь деталей у важкодоступних місцях, припасування прокладок при монтажі механізмів тощо. Конструкція пневматичної турбіни ТПМ-1 представлена на рисунку 7.2.

Корпус турбіни виготовлений з дюралюмінієвого сплаву і поділяється на дві частини, з'єднання між ними різьбове. З торцевої частини корпусу монтується пусковий пристрій, що складається з клапана 11, фільтра 10, соплового диска 9, шпинделя 3 і закріпленого на ньому гвинта 7 ротора 8. Шпиндель 3 обертається в двох опорних шарикопідшипниках 4. На шпиндель нагвинчується конусна гайка 1, що, стискаючи цангу 2, закріплює робочий інструмент (шарошки, абразивні круги і т.п.). Випускні отвори для повітря, що відробило, знаходяться в середній частині корпусу.

Ці отвори прикриваються кільцем – глушником 6 коритоподібної форми для відведення повітря у визначеному напрямку і запобігання перекривання отворів рукою працюючого в процесі роботи. Для збільшення ККД турбіни отвори в диску розташовані під оптимальним кутом до площини диска. Шпиндель турбіни починає обертатися після натискання пускової кнопки важелем 5. У цей час повітря з повітропроводу надходить через фільтр до соплового диска, звідкіля далі по отворах на лопатці ротора. Лопатки ротора

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

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

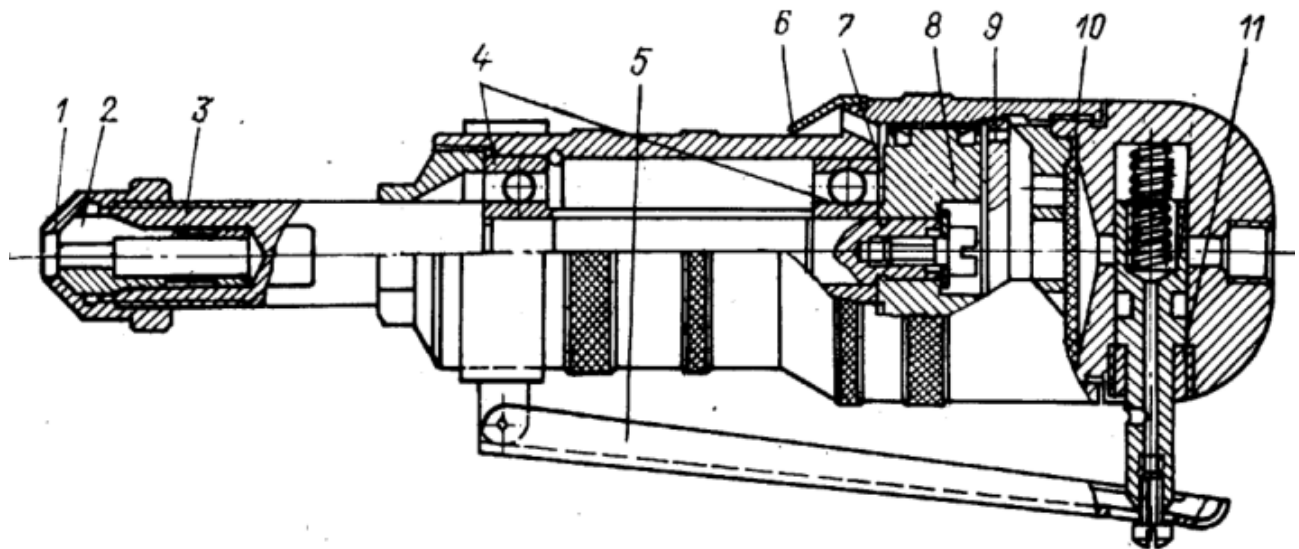


Рисунок 7.2 – Пневматична малогабаритна турбінка ТПМ-1

Технічні характеристики турбіни:

- кількість лопаток ротора – 28;
- тиск робочого повітря, МПа – 0,3...0,5;
- частота обертання ротора (шпинделя), хв.⁻¹ – 50000...60000;
- габарити, мм – 173×45×350.

7.4. Технічні вимоги до монтажу утилізаційного котла

Вимоги до котельних фундаментів

При монтажу котла з використанням перехідних частин обробку фундаменту не виконують. На фундаменті повинні бути нанесені осьові риски. До завантаження котла виконують перевірку положення фундаменту. Перевірка положення фундаменту передбачає:

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

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

Вимоги до завантаження механізмів на судно

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

Механізми, що надходять на монтаж, не повинні мати зовнішніх ушкоджень. Зовнішні приєднання механізмів повинні бути закупорені й упаковані відповідно до нормативних документів.

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

Завантаження механізмів виконують на підготовлені і пофарбовані фундаменти.

Вимоги до вузлів кріплення механізмів

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

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

7.5. Техніка безпеки при монтажі утилізаційного котла

Весь персонал, що буде виконувати монтажні роботи, перед їх початком повинен пройти інструктаж з техніки безпеки.

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

Перед початком монтажних робіт, шахти, горловини, люки і вирізи в палубі і корпусі треба відгородити або закрити тимчасовими кришками.

При роботі необхідно користатися тільки справними інструментами й пристосуваннями.

Робота з пневматичним інструментом дозволяється тільки в захисних окулярах при надійному закріпленні деталі. При свердлильних роботах необхідно користатися спеціальними захисними окулярами. Не можна працювати наждаковими кругами без захисту обличчя.

Для освітлення робочого місця в приміщеннях на суднах треба використовувати переносні електричні лампи які мають напругу не вище 12 В. Забороняється застосовувати на судах переносний ручний електроінструмент робоча напруга якого більше 36 В. Усі металеві частини електроустановок, що звичайно не знаходяться під напругою, повинні бути надійно заземлені.

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

Забороняється переносити і піднімати грузи вагою, що перевищує 50 кг для чоловіків і 20 кг для жінок.

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

При консервації і фарбуванні повинна бути припливна-витяжна вентиляція.

7.6. Операційна карта монтажу утилізаційного котла

Операційна карта монтажу утилізаційного котла представлена у таблиці 7.1.

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

Таблиця 7.1. Операційна карта монтажу утилізаційного котла

№	Зміст операції	Інструмент та пристосування	Робоча сила	
			Склад бригади	Норма часу
I. Підготовка суднового фундаменту				
05	Перевірка положення фундаменту	Струна, рулетка L = 10м	1/5, 1/3	0,2
010	Очистити фундамент від окалини та іржі	Пневматична шліфувальна машинка, лінійка	1/2	0,6
015	Законсервувати фундамент під котлоагрегат	Змазка, кисть ручна	1/2	0,1
II. Завантаження котлоагрегату				
020	Встановити завантажувальні пристосування	Завантажувальні пристосування, талі, траверси	1/3	0,75
025	Зняти деталі, арматуру, встановити дерев'яні бруски	Гайкові ключі	1/3	0,75
030	Розконсервувати опорні поверхні фундаменту та перехідних частин	Шабер, дрантя	1/3	0,1
035	Завантаження та переміщення котлоагрегату	Кран, дерев'яні кліті	1/5	2,35
040	Зняти навантажувальні пристосування та здати їх на зберігання	Гайкові ключі	1/4	0,75
045	Установити деталі і арматуру, які зняті при завантаженні	Гайкові ключі	1/3	0,75
III. Базування котлоагрегату				
050	Встановити розпірні домкрати	Розпірні домкрати	1/3	0,6
055	Встановити котел відповідно з координатами креслення	Шланговий рівень, струна, рулетка стальна, домкрати, талрепи	1/5, 1/3	2,16
060	Перевірити крен та диферент котла	Струна, шланговий рівень	1/4, 1/3	0,75

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

Продовження таблиці 7.1

№	Зміст операції	Інструмент та пристосування	Робоча сила	
			Склад бригади	Норма часу
IV. Кріплення котла на судновому фундаменті				
065	Виконати розмітку для обрізання припуску перехідної частини	Лінійка, щуп, рулетка	1/4	1,6
070	Підрізати припуск перехідної частини фундаменту	Копіювальний пристрій, газовий різак	1/3	1,5
075	Зачистити кромки перехідної частини фундаменту	Пневматична наждачна машина	1/2	0,3
080	Опустити котел на величину завищення	Домкрати віджимні, пристосування	1/3	0.5
085	Заміряти зазори між фундаментом та перехідною частиною	Набір щупів	1/3	0,75
090	Зробити електроприхватку, видалити тимчасові прокладки	Електрозварювальний апарат	1/4	1,8
095	Приварити перехідну частину до фундаменту	Електрозварювальний апарат	1/4	1,1
100	Видалити розпірні домкрати та прокладки	Домкрати, гайкові ключі	1/3	0,55
105	Перевірити теплові зазори в рухомих опорах та прилягання опор котла до опорних поверхонь	Набір щупів, гайкові ключі	1/3	0,6
V. Технічний контроль				
100	Перевірити якість монтажу		1/5	0,15
115	Здати монтаж представнику Класифікаційного товариства		1/5	0,15
120	Фарбувати зварні шви		1/3	0,1

ВИСНОВОК

Метою даної роботи було вдосконалення енергетичної установки танкера Eagle Vancouver, у тому числі приведення її до відповідності вимогам ІМО.

Для цього було підібрано та запропоновано для встановлення головний двигун MAN B&W 7G80ME-C10.5 з системою селективного каталітичного відновлення під високим тиском. Потужність двигуна становить 32970 кВт при частоті обертання 72 об/хв. Він має меншу витрату палива та його конструкція оптимізована під вимоги ІМО Tier 2, Tier 3.

Розроблена теплова схема СЕУ з утилізацією скидної теплоти. Необхідність судна в насиченій парі та тепловій енергії забезпечується одним комбінованим паровим котлом Aalborg ОС-ТСі продуктивністю 5/6,5 т/год та двома паровими котлами Aalborg D продуктивністю 25 т/год кожний.

Елементи допоміжної установки не зазнали змін у головних параметрах. Електроенергетична установка має у своєму складі три дизель-генератора HiMSEN 9H21/32 електричною потужністю по 1881 кВт, що виготовляються фірмою Hyundai Heavy Industries Co., Ltd. і одного аварійного дизель-генератора Mitsubishi S12A2-MPTA електричною потужністю 761 кВт.

Необхідність судна в прісній воді забезпечують дві опріснювальні установки вакуумного типу Alfa Laval JWP-26-C80 одна з яких знаходиться у резерві. Вони працюють з використанням тепла охолоджувальної води головного двигуна.

У розділі "Визначення основних параметрів систем СЕУ" проведено розрахунок ємностей та підбір обладнання паливної системи. Розташування обладнання в МВ танкера виконано згідно вимог класифікаційних товариств з дотриманням норм та правил. Для задоволення вимог ІМО на танкері застосована скруберна система, що дозволить використовувати дешеві важкі палива з великим вмістом сірки.

Для забезпечення надійної експлуатації обладнання СЕУ та судна на танкері застосована інтегрована морська система керування K-Chief700 фірми Kongsberg.

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

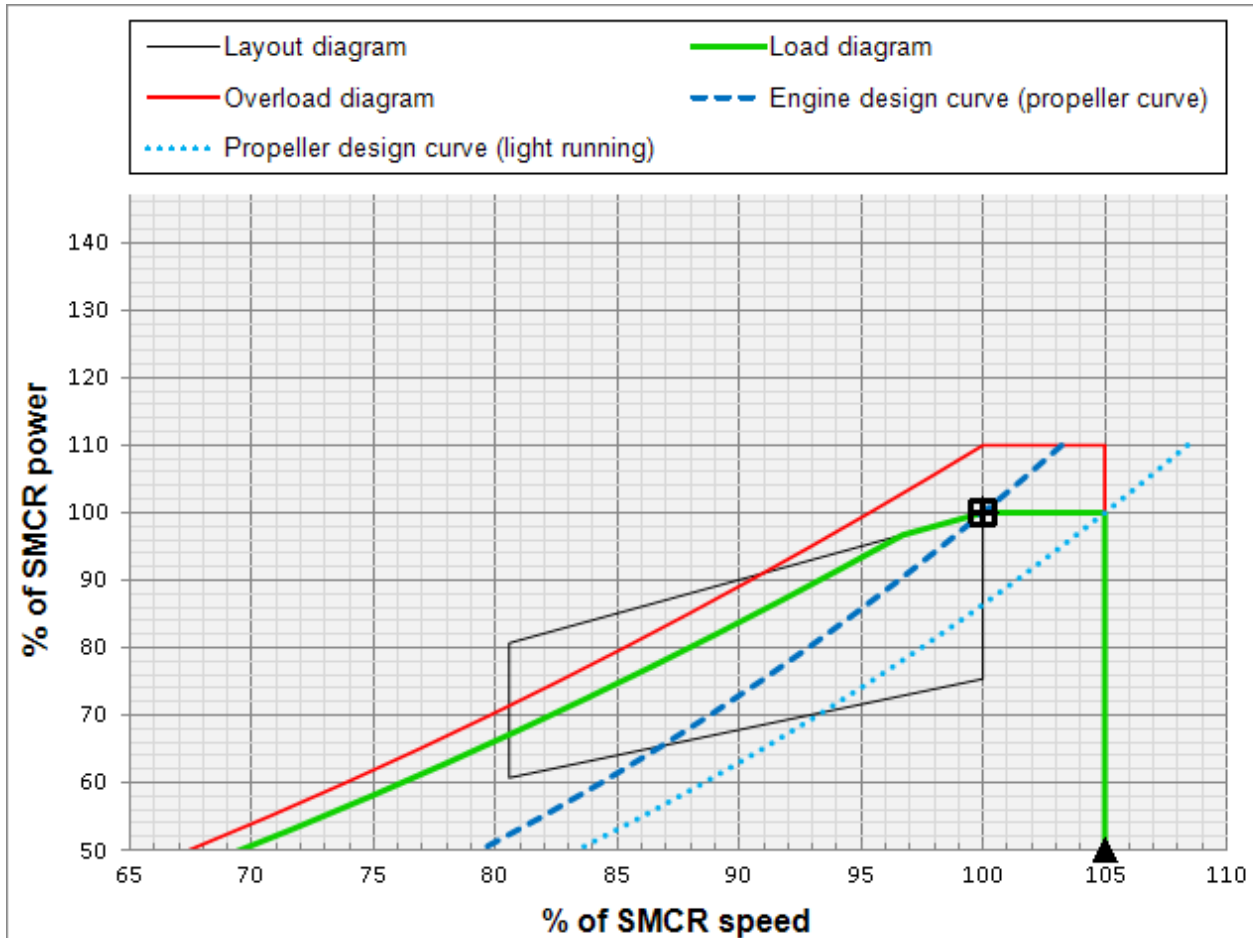
1. Alfa Laval. Aalborg D. High performance modular boiler plant. MDD00230EN 1507.
2. Alfa Laval. Aalborg OC-TCi. Oil-fired modular, Turbo Clean intelligent composite boiler. MDD00233EN 1508.
3. Alfa Laval. Desalt JWP-26-C Series. Titanium plate type fresh water generator. EMD00099EN 0701.
4. Alfa Laval. Alfa Laval S 928–S 988. Cleaning systems for heavy fuel oils (as well as lighter fuel oils and lubricating oils). 200007254-4-EN-GB.
5. Consolidated Text Of The 1974 Solas Convention. 2020.
6. HiMSEN Engine IMO Tier II Programme 2012. A01-081-12 JAN. 2012.
7. <https://marine.man-es.com>
8. ISM-Code International Safety Management Code (Resolution A.741(18)). Versie 6. http://puc.overheid.nl/doc/PUC_2410_14.
9. MAN Energy Solutions. Project guide G80ME-C10.5. Document No 7020-0272-10ppr. October 2024. Revision 1.0.
10. Significant Ships of 2012. Printed in Wales by Pensord Press, Tram Road, Pontllfraith, Blackwood, Gwent NP12 2YA. – 114 с.
11. Understanding exhaust gas treatment systems. Guidance for shipowners and operators. June 2012.
12. Артемов Г.А., Горбов В.М. Суднові енергетичні установки: Навчальний посібник. – Миколаїв: УДМТУ, 2002. – 356 с.
13. Ваншейдт В.А. Судовые двигатели внутреннего сгорания. – Л.: Судостроение, 1977. – 392 с.
14. Г.А. Артемов, В.П. Волошин, А.Я.Шквар, В.П.Шостак: Учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Судостроение, 1990. – 376 с.
15. Горбов В.М. Енциклопедія суднової енергетики: підручник/ В.М.Горбов. – Миколаїв: НУК, 2010. – 624 с

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

16. Горбов В.М., Слаутіна Т.Г., Січкарюк О.В. Методичні вказівки до вивчення дисципліни «Суднові енергетичні установки» для студентів заочної форми навчання. – Миколаїв НУК, 2004. – 52 с.
17. Завиша В.В., Денин Б.Г. Судовые вспомогательные механизмы. – 1974. – с.392.
18. Овсянников М.К., Петухов В.А. Судовые дизельные установки: Справочник. – Л.: Судостроение, 1986. – 424 с.
19. Ривкин С.Л., Александров А.А. Термодинамические свойства воды и водяного пара. – М.: Энергия, 1975. – 78 с.
20. Хряпченков А.С. Судовые вспомогательные и утилизирующие котлы: Учебное пособие.-2-е изд.-Л.: Судостроение, 1988. – 296с.
21. MAN Energy Solutions. Propulsion trends in tankers. 5510-0031-03ppr Oct 2021.
22. Understanding exhaust gas treatment systems. Guidance for shipowners and operators. June 2012.

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

ДОДАТОК



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

Point		Power kW	Speed r/min	MEP bar
+	SMCR: Specified Maximum Continuous Rating (100.0% of NMCR)	32,970	72.0	21.0
□	NCR: Normal Continuous Rating (100.00% of SMCR)	32,970	72.0	21.0
	Maximum over load (110% of SMCR)	36,267	-	-
▲	Maximum speed limit (105% of SMCR)	-	75.6	-
○	L1, NMCR: Nominal Maximum Continuous Rating	32,970	72.0	21.0

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

Specified Main Engine and Other Parameters

					KP.135.6211M3.02.Π3	Архив
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

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	High sulphur
Sulphur in fuel (Tier II)	max 3.5% sulphur
Sulphur in fuel (Tier III)	max 3.5% sulphur
NOx emission compliance	Tier II / Tier III

Turbocharger specifications	
Turbocharger efficiency	High efficiency
Exhaust gas bypass	Without EGB ^{*)}
Number of turbochargers and make/type	2 x MAN TCA77-24
Turbocharger lubricating	Common (system oil)
Exhaust gas scrubber for high sulphur	Standard
Exhaust back pressure (Tier II)	60 mbar
Exhaust back pressure (Tier III)	60 mbar

*) This engine can be equipped with Economizer Energy Control (EEC) for increasing exhaust gas temperatures. This requires ordering an EGB valve, because it is not standard on this engine.

Fuel Consumption and Gas Figures

	Tier II		Tier III	
	SMCR	NCR	SMCR	NCR
SFOC	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh
ISO	166.0	166.0	166.5	166.5
Tropical	167.7	167.7	168.2	168.2
Specified	164.0	164.0	164.5	164.5

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

	Tier II		Tier III	
	SMCR	NCR	SMCR	NCR
Exhaust gas amount	kg/s	kg/s	kg/s	kg/s
ISO	68.8	68.8	68.1	68.1
Tropical	63.7	63.7	63.1	63.1
Specified	71.5	71.5	70.8	70.8

	Tier II		Tier III	
	SMCR	NCR	SMCR	NCR
Exhaust gas temperature	°C	°C	°C	°C
ISO	245	245	255	255
Tropical	278	278	288	288
Specified	220	220	230	230

	Tier II		Tier III	
	SMCR	NCR	SMCR	NCR
Turbocharger air consumption	kg/s	kg/s	kg/s	kg/s
ISO	67.2	67.2	66.6	66.6
Tropical	62.2	62.2	61.5	61.5
Specified	70.0	70.0	69.3	69.3

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

					KP.135.6211M3.02.ПЗ	Архив
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Expected lubricating oil consumption

Fuel sulphur	Cylinder oil consumption	Lubricating oil consumption
2.1%-3.5%	typically 0.63-1.05 g/kWh*	from negligible to 0.1 g/kWh

*) Using 100 BN cylinder oil.

Capacities of Pumps and Coolers

Pump	Flow capacity m³/h	Pump head bar
Fuel oil circulation	16.9	6.0
Fuel oil supply	9.1	4.0
Jacket cooling water	210	3.0
Lubricating oil	640	4.5
Central fresh water	740	2.5
Sea water for central cooling	950	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	Central water flow m³/h
Total flow capacity for scavenge air-coolers(s)	460

Capacities of auxiliary heat exchangers			Central water flow	Heat dissipation
		m³/h	m³/h	kW
Central cooler	Sea water flow	950	740	19,540
Jacket water cooler	Jacket water flow	210	280	3,970
Lubricating oil cooler	Oil flow	640	280	2,490

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”.

					КР.135.6211МЗ.02.ПЗ	Архив
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Capacities of Auxiliary Systems

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

Cylinder oil system	
Storage tanks, 2 x 90 days ^{*)}	2 x 76 m ³
Service tanks, 2 x 1 day ^{*)}	2 x 0.8 m ³

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

Fuel oil system	
Distillate marine fuel service tank, 12 h	76.6 m ³
Residual marine fuel settling tanks, 2 x 12 h	2 x 71.8 m ³
Residual marine fuel service tank, 12 h/95 °C	73 m ³
Residual marine fuel separator, 98 °C	7,580 l/h
Distillate marine fuel oil circulation cooler	80 kW
Fuel oil pre-heater	257 kW

Lubricating oil system	
Storage tanks, 2 x 90 days	2 x 6.3 m ³
Separator, 90 °C	4,480 l/h
Recommended lubricating oil bottom tank ^{*)}	39 m ³

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

Miscellaneous	
Jacket water expansion tank ^{*)}	10 %
Recommended engine room ventilation flow ^{**)}	119 m ³ /s
Motor rating, auxiliary blowers ^{***)}	2 x 155 kW

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

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

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

HP SCR system	
<i>For pressure drop calculations</i>	
Design exhaust receiver density	2.14 kg/m ³
Design exhaust mass flow	71.5 kg/s
<i>For installation guidance</i>	
Number of connections	1
SCR connection flange	DN1200

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

Starting air system, 30 bar ^{*)}	
Receiver volume (12 starts)	2 x 14.0 m ³
Compressors (total)	840 m ³ /h

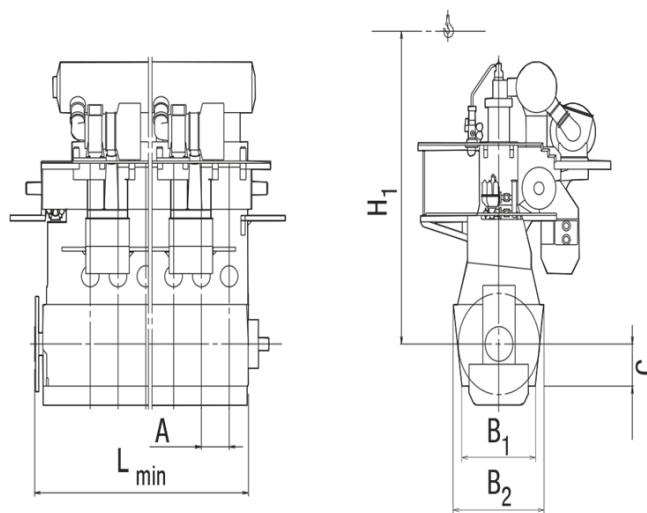
*) Starting air system capacities do not include air consumption for ventilation of double wall pipe or Tier III air consumers. An assessment is to be performed to determine whether the above needs to be increased.

Various drain tanks	
Stuffing box drain tank	0.30 m ³
Scavenge air drain tank	1.10 m ³

					КР.135.6211МЗ.02.ПЗ	Архив
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Engine Dimensions, Masses and Overhaul Heights

Dimensions	
A: Cylinder distance	1,400 mm
B1: Width of bedplate at foot flange	n.a. mm
B2: Width of bedplate at top flange	5,252 mm
C: Distance from foot to crankshaft	n.a. mm
L min: Minimum length of engine	n.a. mm
Overhaul heights	
H1: Normal lifting procedure	15,750 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	1,002 t
Added engine dry mass for HPSCR	10 t
Mass of water and oil in engine	11.5 t

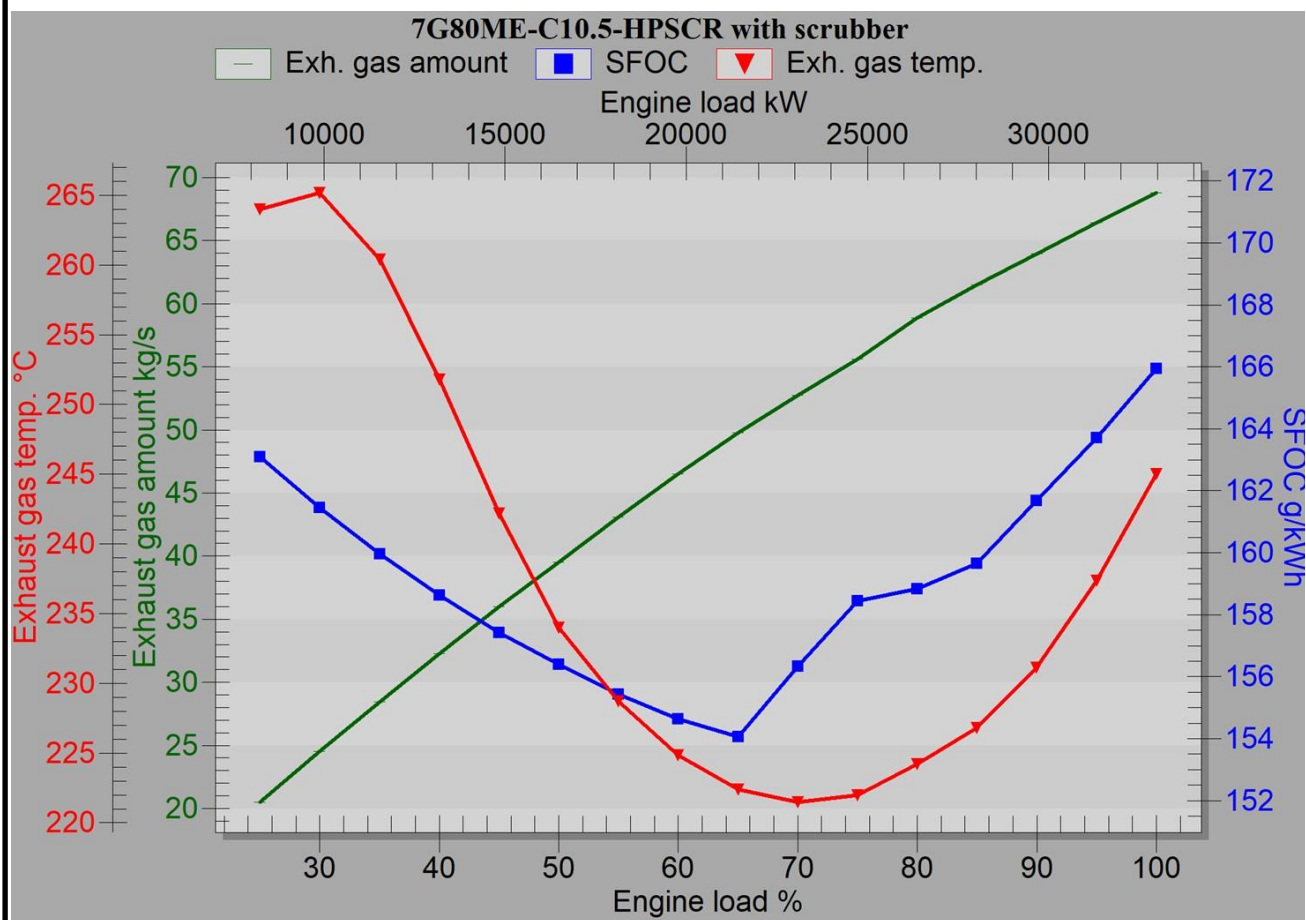


The real engine length at crankshaft centreline level may be larger than the minimum length of the engine, as it depends on the vibration conditions of the main engine and shaft system, i.e. on whether a vibration damper and/or moment compensator needs to be installed. Only HPSCR related components, that are mounted on the engine, are included in the above added mass.

Indicated values are for guidance only and are not binding.

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

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



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

Load % SMCR	Power kW	Speed r/min	SFOC g/kWh	Exh. gas kg/s	Exh. gas ^{*)} °C	Steam ^{**))} kg/h
100	32,970	72.0	166.0	68.8	245	6,120
95	31,322	70.8	163.7	66.4	237	5,370
90	29,673	69.5	161.7	64.0	231	4,750
85	28,025	68.2	159.7	61.5	227	4,290
80	26,376	66.8	158.8	58.9	224	3,960
75	24,728	65.4	158.5	55.6	222	3,640
70	23,079	63.9	156.3	52.8	222	3,460
65	21,431	62.4	154.1	49.8	222	3,360
60	19,782	60.7	154.6	46.5	225	3,330
55	18,134	59.0	155.4	43.1	229	3,340
50	16,485	57.1	156.4	39.5	234	3,390
45	14,837	55.2	157.4	36.0	242	3,530
40	13,188	53.1	158.6	32.3	252	3,640
35	11,540	50.7	160.0	28.5	260	3,610
30	9,891	48.2	161.5	24.5	265	3,340
25	8,243	45.4	163.1	20.5	264	2,810

					КР.135.6211МЗ.02.ПЗ	Архив
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

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

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

Load % SMCR	Power kW	Speed r/min	SFOC g/kWh	Exh. gas kg/s	Exh. gas ^{*)} °C	Steam ^{**)} kg/h
100	32,970	72.0	167.7	63.7	278	8,160
95	31,322	70.8	165.4	61.5	270	7,410
90	29,673	69.5	163.4	59.3	263	6,760
85	28,025	68.2	161.3	57.0	259	6,250
80	26,376	66.8	160.5	54.5	256	5,860
75	24,728	65.4	160.1	51.5	254	5,450
70	23,079	63.9	158.0	48.9	253	5,200
65	21,431	62.4	155.7	46.1	254	5,020
60	19,782	60.7	156.3	43.1	257	4,900
55	18,134	59.0	157.1	39.9	261	4,820
50	16,485	57.1	158.1	36.6	267	4,760
45	14,837	55.2	159.1	33.3	275	4,800
40	13,188	53.1	160.3	29.9	286	4,800
35	11,540	50.7	161.7	26.4	295	4,650
30	9,891	48.2	163.2	22.7	300	4,250
25	8,243	45.4	164.8	19.0	299	3,590

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	32,970	72.0	164.0	71.5	220	4,220
95	31,322	70.8	161.8	69.1	212	3,530
90	29,673	69.5	159.7	66.6	206	2,970
85	28,025	68.2	157.7	64.0	202	2,570
80	26,376	66.8	156.9	61.2	200	2,300
75	24,728	65.4	156.6	57.8	198	2,050
70	23,079	63.9	154.5	54.9	197	1,930
65	21,431	62.4	152.2	51.8	198	1,900
60	19,782	60.7	152.8	48.4	200	1,940
55	18,134	59.0	153.6	44.8	204	2,030
50	16,485	57.1	154.5	41.1	209	2,160
45	14,837	55.2	155.5	37.4	217	2,380
40	13,188	53.1	156.7	33.6	226	2,590
35	11,540	50.7	158.1	29.6	234	2,660
30	9,891	48.2	159.5	25.5	239	2,500
25	8,243	45.4	161.1	21.4	237	2,080

Comments / details:

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

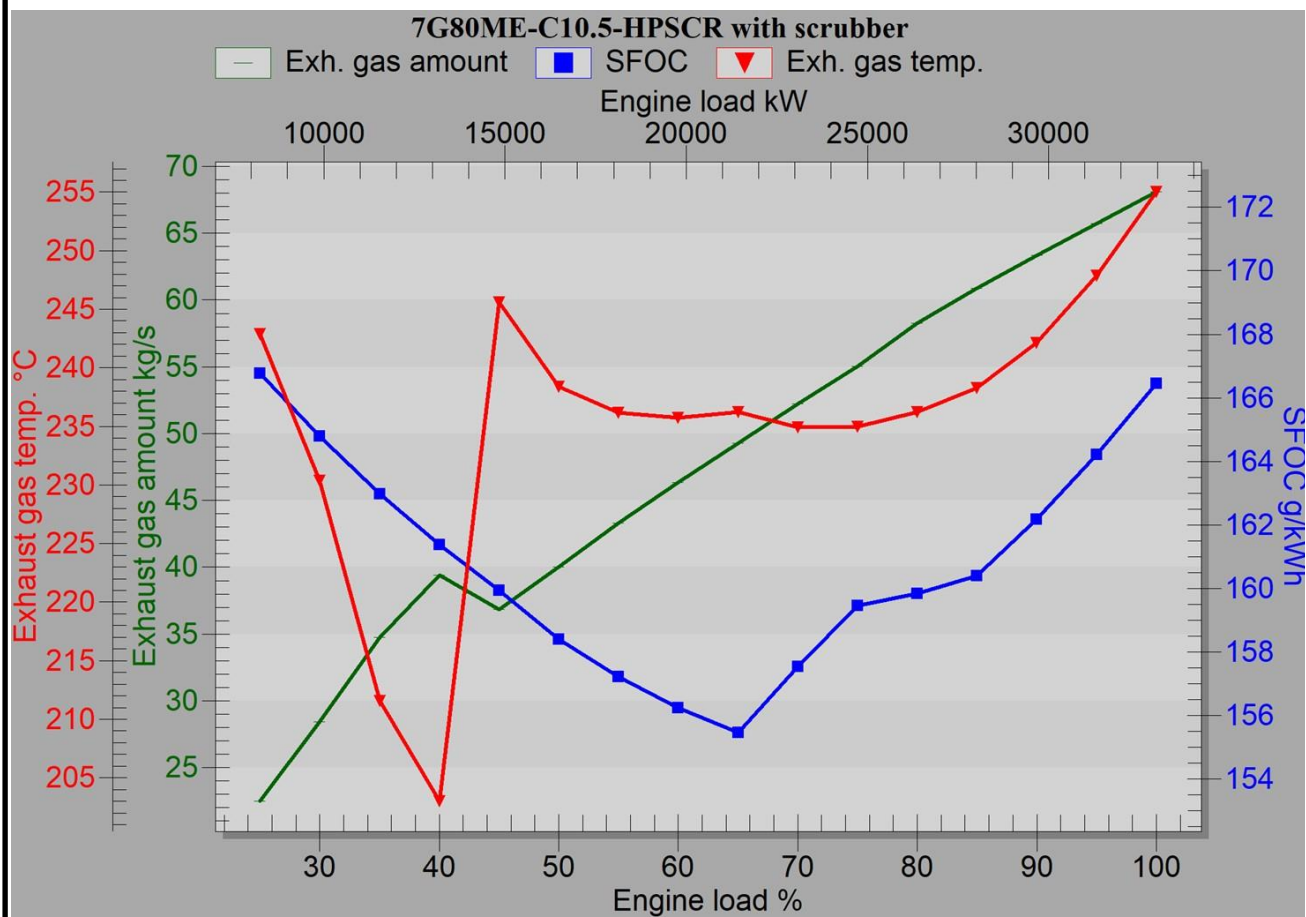
Loads below 50% are associated with larger tolerances.

*) 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.

					КР.135.6211МЗ.02.ПЗ	Архив
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

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*) °C	Steam**) kg/h
100	32,970	72.0	166.5	68.1	255	6,850
95	31,322	70.8	164.2	65.7	248	6,130
90	29,673	69.5	162.2	63.3	242	5,530
85	28,025	68.2	160.4	60.9	238	5,090
80	26,376	66.8	159.8	58.3	236	4,770
75	24,728	65.4	159.5	55.0	235	4,480
70	23,079	63.9	157.5	52.2	235	4,300
65	21,431	62.4	155.5	49.3	236	4,180
60	19,782	60.7	156.2	46.3	236	3,960
55	18,134	59.0	157.2	43.3	236	3,770
50	16,485	57.1	158.4	40.0	238	3,650
45	14,837	55.2	159.9	36.9	246	3,760
40	13,188	53.1	161.4	39.4	203	1,770
35	11,540	50.7	163.0	34.7	212	1,990
30	9,891	48.2	164.8	28.4	230	2,420
25	8,243	45.4	166.8	22.5	243	2,370

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	32,970	72.0	168.2	63.1	288	8,770
95	31,322	70.8	165.9	60.9	281	8,070
90	29,673	69.5	163.9	58.7	274	7,460
85	28,025	68.2	162.1	56.4	270	6,970
80	26,376	66.8	161.5	54.0	268	6,600
75	24,728	65.4	161.1	51.0	267	6,230
70	23,079	63.9	159.2	48.4	267	5,970
65	21,431	62.4	157.1	45.6	268	5,780
60	19,782	60.7	157.9	42.6	271	5,640
55	18,134	59.0	158.9	39.5	276	5,540
50	16,485	57.1	160.1	36.2	282	5,450
45	14,837	55.2	161.6	33.3	290	5,480
40	13,188	53.1	163.1	35.4	251	3,910
35	11,540	50.7	164.7	31.3	260	3,900
30	9,891	48.2	166.5	25.6	279	3,970
25	8,243	45.4	168.5	20.3	291	3,590

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	32,970	72.0	164.5	70.8	230	5,000
95	31,322	70.8	162.3	68.4	223	4,330
90	29,673	69.5	160.2	65.9	217	3,790
85	28,025	68.2	158.5	63.3	214	3,410
80	26,376	66.8	157.9	60.6	212	3,150
75	24,728	65.4	157.6	57.6	208	2,750
70	23,079	63.9	155.7	55.2	203	2,340
65	21,431	62.4	153.6	52.5	200	2,050
60	19,782	60.7	154.4	49.5	199	1,870
55	18,134	59.0	155.4	46.2	199	1,790
50	16,485	57.1	156.5	42.7	201	1,790
45	14,837	55.2	158.0	39.3	208	2,030
40	13,188	53.1	159.5	42.0	165	0
35	11,540	50.7	161.1	37.0	173	0
30	9,891	48.2	162.9	30.3	192	860
25	8,243	45.4	164.8	24.0	205	1,140

Comments / details

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

Loads below 50% are associated with larger tolerances. Due to risk of ABS formation in Tier III mode, MAN-ES recommends that a bypass for the exhaust boiler is installed.

*) Mixed exhaust gas temperature after turbocharger.

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

					КР.135.6211МЗ.02.ПЗ	Архив
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Tables of Capacities - Tier II

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

Loads below 50% are associated with larger tolerances.

1	2	3	4	5	6	7
8						

ISO ambient conditions (ambient air: 25.0 °C, scavenge air coolant: 25.0 °C)							
100	67.2	4.60	37	12,820	3,560	2,230	1.0
95	65.0	4.38	36	11,870	3,430	2,140	0.7
90	62.6	4.16	35	10,950	3,290	2,050	0.4
85	60.2	3.94	34	10,030	3,160	1,960	0.0
80	57.7	3.77	33	9,230	3,030	1,880	0.0
75	54.5	3.60	32	8,360	2,900	1,800	0.0
70	51.8	3.36	31	7,450	2,770	1,710	0.0
65	48.8	3.13	30	6,550	2,630	1,630	0.0
60	45.6	2.89	30	5,660	2,500	1,560	0.0
55	42.3	2.66	29	4,790	2,370	1,480	0.0
50	38.8	2.43	28	3,960	2,240	1,400	0.0
45	35.3	2.23	27	3,240	2,110	1,320	0.0
40	31.7	2.04	26	2,580	1,970	1,250	0.0
35	28.0	1.87	33	1,980	1,840	1,170	0.0
30	24.1	1.70	32	1,440	1,710	1,080	0.0
25	20.2	1.54	32	980	1,580	990	0.0

Tropical ambient conditions (ambient air: 45.0 °C, scavenge air coolant: 36.0 °C)							
100	62.2	4.38	48	12,720	3,590	2,260	122.6
95	60.1	4.17	47	11,800	3,460	2,160	119.2
90	57.9	3.96	46	10,880	3,330	2,070	114.8
85	55.7	3.75	45	9,980	3,190	1,980	109.7
80	53.4	3.59	44	9,190	3,060	1,900	104.7
75	50.4	3.43	43	8,340	2,930	1,810	98.3
70	47.9	3.20	42	7,430	2,790	1,730	91.3
65	45.2	2.98	41	6,550	2,660	1,650	83.9
60	42.2	2.75	41	5,670	2,530	1,570	76.0
55	39.1	2.53	40	4,810	2,390	1,490	67.7
50	35.9	2.31	39	3,990	2,260	1,420	59.1
45	32.7	2.12	38	3,270	2,130	1,340	51.2
40	29.3	1.94	37	2,620	1,990	1,260	43.1
35	25.9	1.78	44	2,020	1,860	1,180	35.1
30	22.3	1.62	43	1,480	1,730	1,090	27.0
25	18.6	1.47	43	1,020	1,590	1,010	19.3

Specified ambient conditions (ambient air: 10.0 °C, scavenge air coolant: 10.0 °C)							
100	70.0	4.69	22	12,840	3,510	2,210	9.7
95	67.7	4.46	21	11,900	3,380	2,110	9.7
90	65.2	4.24	20	10,980	3,250	2,030	9.4
85	62.7	4.02	19	10,070	3,120	1,940	8.9
80	60.1	3.84	18	9,270	2,990	1,860	8.5
75	56.8	3.67	17	8,400	2,860	1,770	8.0
70	53.9	3.43	16	7,490	2,730	1,690	7.2
65	50.9	3.18	15	6,590	2,600	1,620	6.3
60	47.5	2.95	15	5,700	2,470	1,540	5.4
55	44.0	2.71	14	4,840	2,340	1,460	4.5
50	40.4	2.48	13	4,000	2,210	1,380	3.5
45	36.8	2.27	12	3,290	2,080	1,310	2.6
40	33.0	2.08	11	2,620	1,950	1,230	1.8
35	29.1	1.90	18	2,020	1,820	1,150	1.0
30	25.1	1.73	17	1,480	1,690	1,070	0.2
25	21.0	1.57	17	1,010	1,560	980	0.0

					КР.135.6211МЗ.02.ПЗ	Архив
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Tables of Capacities - Tier III

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

Loads below 50% are associated with larger tolerances.

1	2	3	4	5	6	7
8						

ISO ambient conditions (ambient air: 25.0 °C, scavenge air coolant: 25.0 °C)							
100	66.6	4.62	37	12,730	3,570	2,240	1.0
95	64.3	4.40	36	11,800	3,440	2,150	0.7
90	62.0	4.18	35	10,880	3,300	2,060	0.4
85	59.6	3.96	34	9,960	3,170	1,970	0.0
80	57.1	3.78	33	9,160	3,040	1,880	0.0
75	53.9	3.60	32	8,280	2,910	1,800	0.0
70	51.2	3.36	31	7,370	2,770	1,720	0.0
65	48.3	3.12	30	6,470	2,640	1,640	0.0
60	45.5	2.89	30	5,620	2,510	1,560	0.0
55	42.5	2.65	29	4,800	2,380	1,480	0.0
50	39.3	2.42	28	3,980	2,240	1,400	0.0
45	36.2	2.22	27	3,300	2,110	1,330	0.0
40	38.8	2.04	26	3,160	1,980	1,250	0.0
35	34.2	1.87	33	2,420	1,850	1,170	0.0
30	28.0	1.70	32	1,670	1,710	1,090	0.0
25	22.1	1.54	32	1,080	1,580	1,000	0.0

Tropical ambient conditions (ambient air: 45.0 °C, scavenge air coolant: 36.0 °C)							
100	61.5	4.40	48	12,640	3,610	2,260	121.7
95	59.5	4.19	47	11,720	3,470	2,170	118.3
90	57.3	3.98	46	10,820	3,340	2,080	114.0
85	55.1	3.77	45	9,910	3,200	1,990	108.8
80	52.8	3.60	44	9,120	3,070	1,900	103.8
75	49.9	3.43	43	8,250	2,940	1,820	97.3
70	47.4	3.20	42	7,350	2,800	1,740	90.3
65	44.7	2.97	41	6,470	2,670	1,660	83.0
60	41.8	2.75	41	5,590	2,540	1,580	75.0
55	38.7	2.53	40	4,740	2,400	1,500	66.8
50	35.5	2.30	39	3,920	2,270	1,420	58.3
45	32.7	2.11	38	3,250	2,130	1,340	50.9
40	34.8	1.94	37	3,110	2,000	1,260	51.3
35	30.7	1.78	44	2,400	1,870	1,180	41.7
30	25.1	1.62	43	1,670	1,730	1,100	30.5
25	19.9	1.47	43	1,090	1,600	1,010	20.6

Specified ambient conditions (ambient air: 10.0 °C, scavenge air coolant: 10.0 °C)							
100	69.3	4.71	22	12,760	3,530	2,210	9.7
95	67.0	4.48	21	11,830	3,390	2,120	9.6
90	64.6	4.26	20	10,910	3,260	2,030	9.4
85	62.1	4.03	19	10,000	3,130	1,950	8.9
80	59.5	3.85	18	9,200	3,000	1,860	8.5
75	56.5	3.67	17	8,370	2,870	1,780	7.9
70	54.2	3.42	16	7,530	2,740	1,700	7.2
65	51.6	3.18	15	6,680	2,610	1,620	6.4
60	48.6	2.94	15	5,820	2,480	1,540	5.5
55	45.4	2.70	14	4,970	2,350	1,460	4.6
50	42.0	2.47	13	4,140	2,220	1,390	3.6
45	38.7	2.26	12	3,430	2,090	1,310	2.7
40	41.4	2.08	11	3,290	1,960	1,230	2.3
35	36.5	1.90	18	2,530	1,820	1,160	1.2
30	29.8	1.73	17	1,760	1,690	1,070	0.2
25	23.6	1.57	17	1,140	1,560	990	0.0

					КР.135.6211МЗ.02.ПЗ		Архив
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата			

SCR Estimated Urea Consumption - Tier III

Fuel Oil

Load %SMCR	ISO l/h	Tropical l/h	Specified l/h
100	460	400	470
95	460	400	480
90	470	400	480
85	470	400	480
80	460	400	480
75	460	400	470
70	450	390	460
65	440	370	450
60	420	360	430
55	400	340	410
50	380	310	390
45	360	290	370
40	340	270	340
35	310	210	310
30	280	180	280
25	240	150	250

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

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

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

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