

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

Кафедра «Енергетичне машинобудування»

«Допущений до захисту»
Завідувач кафедри

_____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

на тему: Підвищення надійності експлуатації суднового двигуна L 58/64 фірми MAN B&W судна "Navi Baltic" шляхом удосконалення системи подачі палива

Виконав:

студент групи 61-ТЕМмаг-22з

_____ ***Ступаков Д.О.***

(підпис)

Керівник роботи:

професор кафедри ЕМ, д.т.н., професор

(посада, науковий ступень, вчене звання)

_____ ***Грицук І.В.***

(підпис)

Первомайськ - 2023 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова
Первомайський навчально-науковий інститут

Факультет - Інженерно-економічний

Кафедра «Енергетичне машинобудування»

Спеціальність 131 – «Прикладна механіка»

Освітня програма «Технології енергетичного машинобудування»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми

(підпис)

« ____ » _____ 2023 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

Студенту Ступакову Денису Олеговичу

1. Тема роботи: «Підвищення надійності експлуатації суднового двигуна L 58/64 фірми MAN B&W судна "Navi Baltic" шляхом удосконалення системи подачі палива».

Керівник роботи Грицук І.В.

Затверджено розпорядженням ПННІ НУК від 11.09.2023 року за № 49.

2. Термін подання студентом роботи до розгляду на кафедрі 20.11.2023 року.

3. Вихідні данні по роботі: Двигун-прототип – головний двигун L 58/64 фірми MAN B&W судна "Navi Baltic".

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів).

Вступ. 1. Загальна характеристика судна і його енергетичної установки. 2. Аналіз сучасних тенденцій розвитку конструкцій систем паливоподачі суднових дизелів та вибір напрямку подальшого забезпечення надійності двигуна енергетичної установки в умовах експлуатації. 3. Обґрунтування доцільності удосконалення системи паливоподачі головного двигуна з метою забезпечення надійності експлуатації судна "Navi Baltic". 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Загальні висновки по кваліфікаційній роботі.

5. Перелік презентаційних матеріалів.

1. Загальне розташування механізмів у машинно-котельному відділенні судна. 2. Головний судновий двигун 8L 58/64. 3. В'язкісно-температурна характеристика палив. 4. Система паливоподачі суднового двигуна 8L 58/64 фірми MAN B&W. 5. Пластинчастий теплообмінник

6. Консультанти роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання «11»вересня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ. Підготовка та проробка літературних джерел	18.09.2023	
2	Написання першого розділу	02.10.2023	
3	Написання другого розділу	16.10.2023	
4	Виконання розрахунків та написання третього розділу	30.10.2023	
5	Підготовка і написання розділу охорони праці і безпеки в надзвичайних ситуаціях	06.11.2023	
6	Загальні висновки по кваліфікаційній роботі. Оформлення кваліфікаційної роботи	13.11.2023	

Студент _____
(підпис)

Ступаков Д.О.

Керівник
роботи _____
(підпис)

Грицук І.В.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
--------------	----------

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СУДНА І ЙОГО ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ	7
--	----------

1.1 Загальні відомості про судно «Navi Baltic»	7
1.2 Основні розмірення судна	11
1.3 Морехідні якості судна	11
1.4 Суднові системи і суднові пристрої	12
1.5 Характеристика основних елементів суднової енергетичної установки	16
1.6 Аналіз параметрів суднової енергетичної установки судна	22

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ КОНСТРУКЦІЙ СИСТЕМ ПАЛИВОПОДАЧІ СУДНОВИХ ДИЗЕЛІВ ТА ВИБІР НАПРЯМУ ПОДАЛЬШОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ДВИГУНА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ	30
---	-----------

2.1 Аналіз систем паливоподачі суднових дизелів	30
2.2 Аналіз регламентуючих вимог і положень для використання палив на суднових двигунах	40
2.3 Вплив низькосірчаних палив на технічний стан суднових двигунів внутрішнього згоряння	55
2.4 Експлуатація суднових дизельних двигунів на важких і дистилятних паливах	60
2.5 Вибір напрямку модернізації двигуна	74

					ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Ступаков Д.О.						
Перевірів		Грицук І.В.					3	111
Н. контр.		Грицук І.В.				61-ТЕМ _{маг} -23		
Затвердив		Нестеренко						

РОЗДІЛ 3. ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ	
УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПАЛИВОПОДАЧІ ГОЛОВНОГО	
ДВИГУНА З МЕТОЮ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ	
ЕКСПЛУАТАЦІЇ СУДНА "NAVI BALTIC"	75
3.1 Розрахунок дизеля MAN B&W Diesel 8L 58/64	79
3.2 Розрахунок пластинчатого теплообмінника системи	
паливоподачі	104
3.3 Висновок про результати модернізації	109
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ	
СИТУАЦІЯХ	111
4.1 Охорона праці	111
4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях	118
ВИСНОВКИ	129
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	130
ДОДАТКИ	132

- Загальне розташування механізмів у машинно-котельному відділенні судна
- Головний судовий двигун 8L 58/64
- В'язкістно-температурна характеристика палив
- Система паливоподачі судового двигуна 8L 58/64 фірми MAN B&W
- Пластинчастий теплообмінник

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ				
					Арк				
					4				

ВСТУП

В основні тенденції розвитку світового транспортного флоту передбачають створення нових видів транспортних енергосилових установок, що забезпечують істотне скорочення витрати палива й енергії. Особливо гостро постає проблема ощадливої витрати палива нафтового походження, що зв'язано з обмеженістю запасів вихідної сировини – нафти, підвищенням вартості її видобутку і транспортування, а також ростом споживання нафти для хімічної промисловості. Розвиток суднового дизелебудування йде по шляху інтенсифікації досліджень і практичної реалізації заходів по підвищенню середнього ефективного тиску. Найважливіша проблема – створення головних суднових і допоміжних дизельних агрегатів як інтелектуальних двигунів (на основі комп'ютерного управління). У сучасних поршневих двигунах знайшло широке використання «елементів адаптації». Це дозволило значно поліпшити експлуатаційні якості, підвищити надійність, знайти величезні резерви по підвищенню технічного рівня поршневих двигунів внутрішнього згоряння.

Одним з найбільш перспективних шляхів скорочення витрати дизельного палива при одночасному виконанні поставленої задачі збільшення моторесурса двигунів, є удосконалення системи впорскування палива, в першу чергу двигунів що застосовуються на флоті в якості головних. Найбільш типовими представниками даного, досить сучасного класу дизелів є двигуни фірми MAN B&W серії 8L 58/64 який використовується на багатьох судах, збудованих протягом останніх десяти років, наприклад на контейнеровозі «Navi Baltic», взятому у якості прототипу у випускній роботі. За умови нормального повітропостачання енергетичні й економічні показники дизеля, надійність, стабільність роботи на маневрах й інших експлуатаційних якостях практично повністю визначаються досконалістю процесу паливопостачання. Останній у свою чергу залежить від того, наскільки глибоко пророблена конструкція елементів паливоупорскувальних апаратів і доведені (на

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	<i>ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ</i>	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		5

заводському стенді) процеси, що визначають якість наповнення ПНВТ, розпилювання палива форсункою. Тому необхідно насамперед ознайомитися з типовими новими конструктивними рішеннями ПА, щоб складні завдання технічної експлуатації сучасних і перспективних дизелів майбутній інженер-механік міг вирішувати з розумінням саме експлуатаційного значення рішень, закладених у конструкцію її елементів.

Мета дипломного проекту: розробити комплекс заходів для забезпечення надійності експлуатації судна "Navi Baltic" шляхом удосконалення системи паливоподачі суднового двигуна L 58/64 фірми MAN B&W.

Задачі що вирішуються у дипломному проекті:

1. Аналіз стану проблеми подальшого розвитку сучасних судових двигунів, і зокрема двигунів серії 8L 58/64 фірми MAN B&W.
2. Проведення комплексного аналізу для вибору найбільш ефективних методів удосконалення системи живлення.
3. Розроблення технічних рішень та розрахункова перевірка їх ефективності, визначення шляхів втілення запропонованих рішень.
4. Оцінка запропонованих рекомендацій та технічних рішень, розробка заходів щодо техніки безпеки при виконанні робіт та екологічної безпеки судна.

Об'єкт дослідження - головний судовий двигун - дизель Caterpillar-MAK 12M43C судна «AIDAperla» в процесі модернізації системи подачі газового палива.

Апробація результатів дослідження – автор прийняв участь в Міжнародній науково-практичній конференції "Сучасні технології в автомобілебудуванні, транспорті та при підготовці фахівців", яка проводилася Харківським національним автомобільно-дорожнім університетом (м. Харків) 23-25 жовтня 2023 р. з доповіддю «Особливості реалізації задачі підвищення оперативної готовності енергетичної установки портового буксиру шляхом удосконалення його теплової підготовки» [22].

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	3. Розроблення технічних рішень та розрахункова перевірка їх ефективності, визначення шляхів втілення запропонованих рішень.					
					4. Оцінка запропонованих рекомендацій та технічних рішень, розробка заходів щодо техніки безпеки при виконанні робіт та екологічної безпеки судна.					
					Об’єкт дослідження - головний судновий двигун - дизель Caterpillar-МАК 12М43С судна «AIDAperla» в процесі модернізації системи подачі газового палива.					
					Апробація результатів дослідження – автор прийняв участь в Міжнародній науково-практичній конференції "Сучасні технології в автомобілебудуванні, транспорті та при підготовці фахівців", яка проводилася Харківським національним автомобільно-дорожнім університетом (м. Харків) 23-25 жовтня 2023 р. з доповіддю «Особливості реалізації задачі підвищення оперативної готовності енергетичної установки портового буксиру шляхом удосконалення його теплової підготовки» [22].					
					ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						6

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СУДНА І ЙОГО ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ

1.1 Загальні відомості про судно «Navi Baltic»

Судно - контейнеровоз «Navi Baltic» - IMO Number – 9386718, MMSI - 255805884, пристосовано саме для перевезення контейнерів в спеціалізованих порожнинах (ячейках - Cellular containership) в необмеженому районі плавання.

Класове товариство - GERMANISCHER LLOYD. Класифікація: Морський Регістр Судноплавства, GL + 100 A5 E Контейнеровоз NAV-O, IW, BWM-F, SOLAS II-2, reg.19 + MC E AUT.

Власник: Thien & Heyenga. Побудоване на суднобудівному заводі J.J. Sietas KG Schiffswerft GmbH & Co - Hamburg, Germany та здано в експлуатацію власнику в липні 2009 року.

Тип судна – одногвинтове, двохпалубне з подвійними бортами, подвійним дном, з кормовим розташуванням машинного, насосного відділення, житлових і службових приміщень, з бульбовою формою носового краю й крейсерською кормою, зрізаною в надводній частині по типу транця, з надлишковим надводним бортом [1, 19 - 21] (рис. 1.1). Стальна рубка розміщується в кормі та вміщує житлові приміщення, розраховані на 12 членів екіпажу. Загальний вигляд судна наведено на рис. 1.1 і 1.2, а основні характеристики в табл. 1.1.

За час експлуатації судно було відомо як: NAVIA (2018, Portugal), NAVI (2018, Portugal), NAVI H H 0 (2018, Portugal), NAVI BALTIC F (2018, Portugal), NAVI HEAY0 (2018, Portugal), NAVI H (2018, Portugal), NAVI H H6 (2017, Portugal), NAVI H H (2017, Portugal), NAVI BALTIC (2017, Cyprus)

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					Арк
										7
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд судна «Navi Baltic»

Таблиця 1.1 - Основні характеристики судна «Navi Baltic»

Класифікаційна ознака (характеристика)	Параметр
Тип судна	Container ship
Назва судна	Navi Baltic
Позивний сигнал судна	5BTT2
Рік та місце побудови	2009 р, J.J. Sietas KG Schiffswerft GmbH & Co - Hamburg, Germany
Прапор	Portugal
Порт реєстра	Limassol
Менеджер та власник	Amisco - Tallinn, Estonia
Дедвейт	17894 т
Валова місткість	17488 т
Місткість контейнерів	1296 TEU
Місткість рефрижераторних контейнерів	390 TEU
Швидкість судна (Avg/Max)	13,0 / 21,0 вузлів

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					Арк
										8
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата

Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ

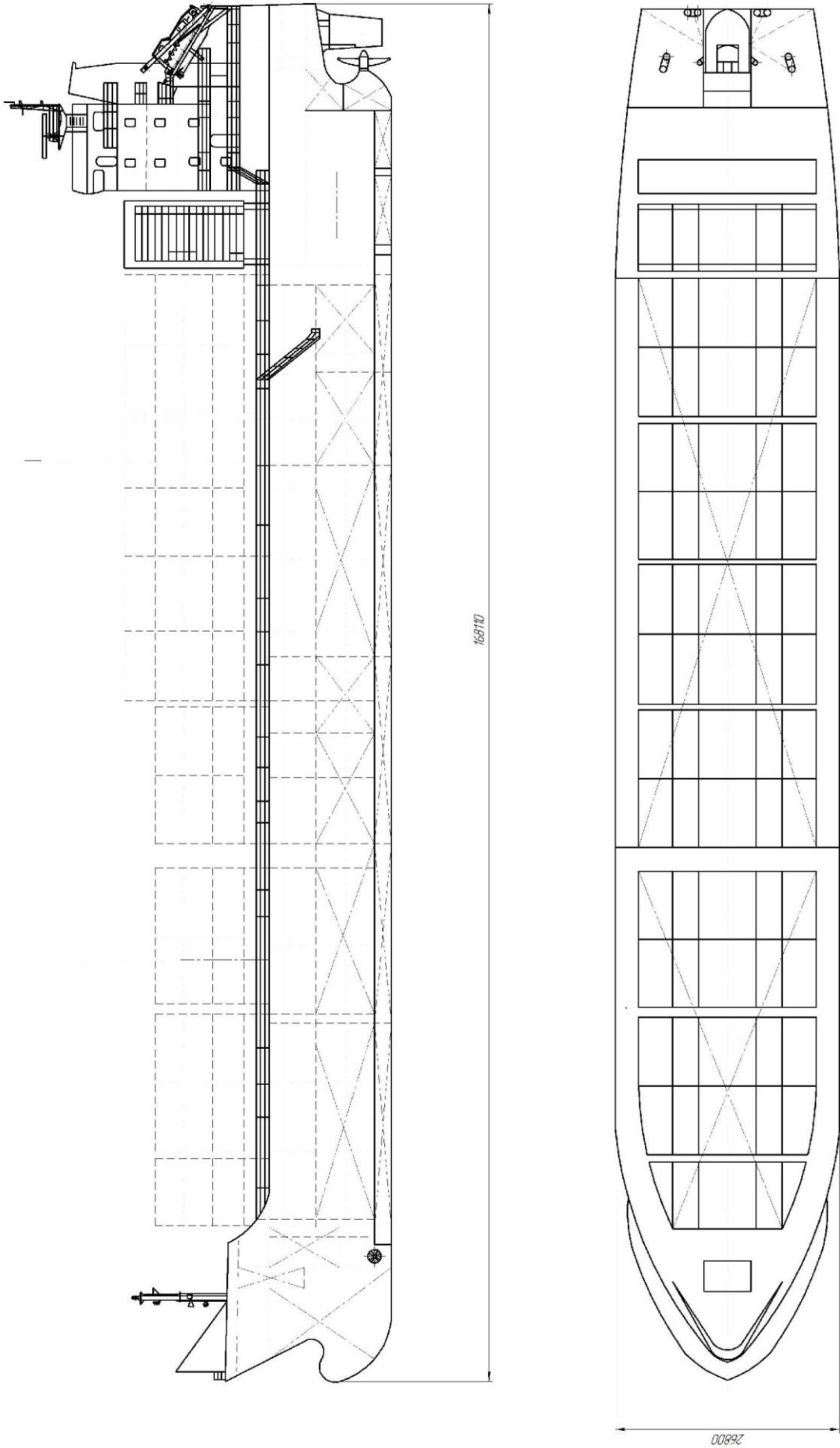


Рисунок 1.2 - Загальний вигляд контейнеровозу «Navi Baltic»

Судно «Navi Baltic» спеціальне, воно призначено для перевезення вантажів в контейнерах. У трюмах розташовані спеціальні вертикальні направляючі, призначені для завантаження та кріплення контейнерів. Конструкція трюмів контейнеровоза передбачена для перевезення стандартних 20 або 40 футових контейнерів. Для більш повного використання вантажопідйомності судна частину контейнерів завантажують на палубу контейнеровоза. Контейнери між собою скріплюються за допомогою твістлоків та спеціальних поздовжніх кріплень. На судні передбачені спеціальні розетки для підключення рефрижераторних контейнерів.

Судно побудоване у відповідності до наступних норм та Конвенцій: Правила та інструкції Lloyd's Register of Shipping; Міжнародна Конвенція по попередженню забруднення моря з суден МАРПОЛ з Додатками 1, 4, 5; Міжнародна Конвенція з охорони людського життя на морі СОЛАС-74; Міжнародні правила попередження зіткнень суден в морі (МППСС-72); Міжнародна Конвенція про вантажну марку морських суден 1966 р.; Міжнародна Конвенція з обміру суден 1969 р.; Правила Берегової охорони США для іноземних суден, які діють в судноплавних водах США; Міжнародний стандарт USO 6954-1984 «Вказівки щодо загальної оцінки вібрації на торговельних судах»; Міжнародний стандарт UCO 8468-90 (схема судових містків і пов'язаного з ним обладнання); МОП Конвенція про приміщення екіпажу на суднах № 92 1949 р. (МОП - 92) з доповненням № 133 1970 р. (МОП-133) з Женевськими доповненнями 1991 р.; Рекомендації щодо лоцманських трапів та підйомників Європейської Морської Асоціації лоцманів; Резолюція УМО А-751 від 04.11.93 р. «Проміжний стандарт маневрових якостей суден та представлення на суднах про їх маневрові характеристики»; Міжнародний Регламент радіозв'язку за рішенням всесвітньої адміністративної радіо конференції (ВАРК-8711); Резолюція УМОА.468 «Кодекс щодо рівня шуму на суднах».

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата

Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ	Арк
						10

Інв. № подп.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата

потужності головного двигуна 11200 кВт складає 13,0 / 21,0 вузлів. Період хитавиці судна в усіх експлуатаційних випадках завантаження забезпечується в межах 11...20 секунд. Для стримування бортової хитавиці передбачені скулові килі. Для покращення маневрових якостей судна на малому ході в вузькостях, а також при швартовці до причалу на судні передбачається носовий підрулюючий пристрій STT1 "Schottel", потужністю 380 кВт типу гвинт в трубі. Управління підрулюючим пристроєм здійснюється дистанційно з містка.

1.4 Суднові системи і суднові пристрої

1.4.1 Суднові системи

Для забезпечення необхідних санітарно-гігієнічних комфортних умов для роботи та відпочинку особового складу судно обладнане такими системами: система прісної води; система стічної та господарсько-побутової води; система опалення; холодильна установка для провізії. Усі житлові приміщення, їдальня, кают-компанія, санітарний блок тощо обладнані високошвидкісною системою кондиціювання повітря з індивідуальним регулюванням температури в кожному приміщенні.

Для забезпечення пожежної безпеки на судні передбачені такі системи:

1) *Водяна пожежна система* яка забезпечує подачу води до пожежних гідрантів, до систем гасіння піною та зрошення, до ежектора системи осушення і зачистки баластних танків. Система обслуговується двома пожежними електронасосами продуктивністю по 220 м³/год. при напорі 1 МПа, розташованими в машинно-котельному відділенні.

2) *Система піногасіння* є основним засобом гасіння пожеж на судах. Зазвичай на судні є дві станції піногасіння: основна - на кормі та аварійна - в надбудові бака. Між станціями вздовж судна прокладено магістральний трубопровід, від якого в кожний вантажний трюм відходить окремий трубопровід з повітряно-пінним стволом. Для гасіння пожежі на

Інв. № подп.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	води; системи опалення; холодильна установка для провізії. Усі житлові приміщення, їдальня, кают-компанія, санітарний блок тощо обладнані високошвидкісною системою кондиціонування повітря з індивідуальним регулюванням температури в кожному приміщенні.
Для забезпечення пожежної безпеки на судні передбачені такі системи:					
1) <i>Водяна пожежна система</i> яка забезпечує подачу води до пожежних гідрантів, до систем гасіння піною та зрошення, до ежектора системи осушення і зачистки баластних танків. Система обслуговується двома пожежними електронасосами продуктивністю по 220 м ³ /год. при напорі 1 МПа, розташованими в машинно-котельному відділенні.					
2) <i>Система піногасіння</i> є основним засобом гасіння пожеж на судах. Зазвичай на судні є дві станції піногасіння: основна - на кормі та аварійна - в надбудові бака. Між станціями вздовж судна прокладено магістральний трубопровід, від якого в кожний вантажний трюм відходить окремий трубопровід з повітряно-пінним стволом. Для гасіння пожежі на					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	

ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ

Арк12

відкритих палубах судна обладнуються лафетними повітряно-пінними стволами, які встановлюють на палубі надбудов. Лафетні стволи дають струмінь піни довжиною понад 40 метрів.

3) Система вуглекислотного гасіння передбачає гасіння пожежі в машинному відділенні, малярних приміщеннях, а також в приміщеннях аварійного дизель-генератора. Складається з батарей балонів вуглекислоти та трубопроводів.

4) Система зрошення призначена для охолодження купола вантажних трюмів, переборки вантажного насосного, електромоторного відділення, переборки поста керування вантажними операціями, а також носову перегородку кормової надбудови. Крім того, вона призначена для охолодження виступаючих частин вантажних трюмів, а також для всіх приміщень, розташованих над верхньою палубою в районі вантажної зони.

Рульовий пристрій. На судні передбачається підвісний руль (типа «Fish Tail»). Перо руля виконується зварною конструкцією, пустотіле. У верхньому й нижньому торці пера руля передбачається спускні пробки. З'єднання балера з пером руля конусне, зі шпонкою.

1.4.2 Суднові пристрої

Для перекладання руля в румпельному приміщенні встановлюється рульова машина Роллс-Ройс FRYDENBÖ RV850-3. Рульовий механізм Rolls-Royce на FRYDENBÖ цього судна складається з двох гідравлічних поворотних приводних лопатей змонтованих безпосередньо на балері руля, кожна з яких обслуговується двома насосними агрегатами, забезпечуючими необхідний тиск масла для роботи руля. Два насосні агрегати можуть працювати в парі або окремо. При спільній роботі насосних агрегатів забезпечується перекладання руля с 35° одного борта на 30° іншого борта протягом 28 сек. при повному передньому ході судна. Забезпечується максимальний кут перекладання руля - 2 x 70° при швидкості судна менш, ніж 8 вузлів. Передбачається дистанційне електричне управління рульовою машиною з

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	и нижньому торці пера руля передбачається спускні прооки. З'єднання балера с пером руля конусне, зі шпонкою.				
1.4.2 Суднові пристрої									
Для перекладання руля в румпельному приміщенні встановлюється рульова машина Роллс-Ройс FRYDENBÖ RV850-3. Рульовий механізм Rolls-Royce на FRYDENBÖ цього судна складається з двох гідравлічних поворотних приводних лопатей змонтованих безпосередньо на балері руля, кожна з яких обслуговується двома насосними агрегатами, забезпечуючими необхідний тиск масла для роботи руля. Два насосні агрегати можуть працювати в парі або окремо. При спільній роботі насосних агрегатів забезпечується перекладання руля с 35° одного борта на 30° іншого борта протягом 28 сек. при повному передньому ході судна. Забезпечується максимальний кут перекладання руля - 2 x 70° при швидкості судна менш, ніж 8 вузлів. Передбачається дистанційне електричне управління рульовою машиною з									
					ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ				Арк
									Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата					13

рульової рубки. Пост в рульовій рубці компонується апаратурою авторульового. Електричні вказівники положення руля, розташовані в рульовій рубці та в румпельному приміщенні, а електричні обмежувачі повороту пера руля в системі управління рульової машини та механічні в конструкції пера рульової машини. Балер руля прямий, кований, має один упорно-опорний підшипник в рульовій машині й один опорний підшипник. Опорний підшипник має бронзову втулку. Робоча шийка балера має облицювання із нержавіючої сталі, стійкій до морської води.

Якірний пристрій. Судно забезпечується двома становими і одним запасним якорем типу Холу масою 6000 кг кожен. За вимогою власника судно оснащується додатково кормовим якорем. Кожний якір має ланцюг з розпорами, який виготовлено зі сталі 3-ої категорії, калібром 42 мм, довжиною по 250 м кожен. Кожний з ланцюгів обладнаний ручним ланцюговим стопором (гвинтового типу).

Для підйому і віддачі станових якорів на палубі бака встановлюються дві якірно-швартові електричні лебідки, що забезпечують швидкість підняття якоря з номінальної глибини стоянки 100 м після відриву його від ґрунту не менше 9 м/хв. Кожний з ланцюгів обладнаний ручним ланцюговим стопором (гвинтового типу). Якірні клюзові труби забезпечують само вивалювання якорів. Верхні клюзи труб оснащені відкидними палубними кришками.

Для забезпечення плавання в гирлах річок передбачається кормовий якір. Він оснащується якірною змичкою с контрфорсами типа U3 калібром 30 мм та якірним канатом діаметром 39,5 мм й довжиною 100 м.

Швартовний та буксирний пристрої. На кормі встановлюються дві швартовно-буксирні лебідки фірми Natlара електричного типу з дистанційним і місцевим контролем мають тягове зусилля, що становить 80 кН у кожного. Лебідки автоматично підтягують судно до причалу, вибираючи слабіну тросу, або попускають занадто сильно натягнутий трос при зміні положення судна відносно причалу в процесі вантажних операцій, під час приливу або відливу. Також на судні передбачені швартові кнехти, швартовні троси (канати).

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					Арк
										14

Судно оснащено буксирними та швартовими кінцями. На шлюпочній палубі передбачені дві корзини з дерев'яними решітками для тросів, на палубі бака - одна корзина з дерев'яною решіткою для тросу. Буксирний кінець постійно зберігається на дерев'яному барабані на баку. Швартовні троси на кнехтах закріплені накладенням ряду шлагів у вигляді вісімки таким чином, щоб ходовий кінець троса знаходився зверху. Для пропуску швартових тросів з судна на берег застосовуються універсальні клізи, які мають поворотну обойму і роульси. Такі клізи оберігають трос від перетирання. Для зберігання швартовних тросів використовують банкети та в'юшки.

Рятувальне та шлюпочне обладнання. Судно забезпечене індивідуальним рятувальним обладнанням у відповідності з СОЛАС та кодексу LSA: засобами індивідуального захисту шкірних покривів; морськими рятувальними жилетами; гідротермо костюмами; рятувальними кругами; судновими аптечками; страховочними жилетами.

Встановлена з лівого борту одна моторна рятувальна шлюпка вільного падіння місткістю 16 чоловік; одна чергова склопластикова шлюпка з навішаним двигуном місткістю 7 чоловік. Також на судні встановлюються один рятувальний пліт місткістю 20 чоловік, що спускається за допомогою кран-балки, два надувні рятувальні плоти, місткістю 10 чоловік кожен в пластмасових контейнерах та оснащений пристроєм гідростатичного звільнення та додаткові два надувних рятувальних плота місткістю 6 чоловік. Кожен рятувальний пліт розміщений в пластмасовому контейнері.

Вантажні пристрої. Для виконання вантажних операцій на судні передбачаються 2 електрогідравлічні крани вантажопідйомністю 45 т кожний. Робота кранів забезпечується при температурі навколишнього повітря від +45°C до -20°C. Насосні станції системи гідравліки кранів і усі механізми розміщуються усередині корпусу, де можливе їх обслуговування. У гідросистемах передбачаються масло нагрівачі та масло охолоджувачі. Крани встановлюються по лівому борту судна. Для проведення допоміжних вантажних операцій на судні передбачається один електрогідравлічний

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					Арк
										15
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

вантажний кран вантажопідйомністю 8т і вильотом 12-2м. Кран також використовується при проведенні вантажних операцій з провізією та обслуговування люка в машинному відділенні. Також на палубі рубки 1-го ярусу встановлюється кран для операцій із рятувальною черговою шлюпкою та рятувальним плотом.

Носовий підрулюючий пристрій. Судно обладнане тунельним підрулюючим пристроєм типу «гвинт у трубі» STT1 "Schottel", встановленим в носовій частині судна з метою поліпшення маневреності при швартових та подібних портових операціях та в умовах екстремальних навантажень.

Підрулюючий пристрій STT1 "Schottel" складається з: гребного гвинта фіксованого кроку в поперечній трубі; матеріал гвинта - бронза; довжина тунелю - 1500 мм; діаметр гвинта - 1240 мм; діапазон потужності – 380-480 кВт; приблизна вага - 3000 кг; матеріал гребного вала - сталь; сталевий литий корпус; косозубчасте конічне зчеплення; пружна з'єднувальна муфта; електродвигун з фазним ротором; щит запуску та керування у приміщенні підрулюючого пристрою; панель керування на містку; сумісність з іншими судовими системами, такими як ДП, управління судном або реєстратор даних рейсу VDR.

1.5 Характеристика основних елементів судової енергетичної установки

1.5.1 Основні вимоги до СЕУ

Суднова енергетична установка повинна забезпечити безпеку плавання, надійність роботи у всіх можливих умовах експлуатації, у тому числі при тривалому диференті 5° і крені 15°, бортовій і кільовій хитавиці судна з амплітудою до 10°. Механізми і пристрої повинні бути, по можливості, прості та зручні в експлуатації, обслуговуванні, ремонті і повинні задовольняти вимогам Правил Регістра по конструктивним і експлуатаційним властивостям. Висока надійність в роботі судової енергетичної установки при великому

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата					
					ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ				Арк
									16

Інв. № подп.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата

Інв. № подп.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата

Інв. № подп.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата

Інв. № подп.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата

Інв. № подп.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата

Двигун можливо економічно та ефективно експлуатувати на важкому паливі в'язкістю до 700 мм²/сек (сст) при 50 °С [7000 сек. по Редвуду І при 100°F]. Він розрахований на роботу на найгіршому паливі, включаючи специфікацію СІМАС Н/К 55.

Основні характеристики головного двигуна:

Виробник.....MAN B&W Diesel;
 Тип.....8L 58/64;
 Кількість циліндрів.....8;
 Діаметр циліндра.....580 мм;
 Робочій об'єм одного циліндру.....169 дм³;
 Хід поршня.....640 мм;
 Середня швидкість поршня.....9,1 м/с;
 Максимальна потужність.....11200 кВт;
 Питома витрата палива.....174 гр/(кВт·год).

Головний принцип конструкції двигуна MAN B&W Diesel 8L 58/64 - надійність та простота. Сімейство двигунів L40/54, L/V48/60, L58/64 призначене для використання в якості головних судових двигунів, які охоплюють діапазон потужностей від 3360 до 19000 кВт та працюють на важкому паливі з в'язкістю до 700 сСт.

Двигун проектували з таким розрахунками, щоб на базі наявних технологій можна було перейти до наступного форсування за середнім ефективним тиском й підвищенню циліндрових і агрегатних потужностей без зміни розмірів підшипників, товщини стінок, діаметрів валів, шестерень і так далі, які розраховані таким чином, що при подальшому збільшенні потужності двигун залишається, надійним в експлуатації.

Принцип "простота конструкції" чіткіше проявляється в скороченні числа вузлів. Завдяки високій функціональній інтеграції в окремі вузли відпадає необхідність (у порівнянні із традиційними двигунами) приблизно в 40 % деталей, зокрема частин трубопроводів. Тим самим усувається близько

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата						
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					Арк
										18

40 % з'єднань із властивими їм можливими погрішностями й відповідними працезатратами при монтажі й обслуговуванні.

1.5.3 Конструкція та технічні особливості головного двигуна

Остов двигуна являє собою моноблок, що поєднує станину та блок циліндрів. Від розтягуючих навантажень і деформацій він звільнений завдяки наявності анкерних зв'язків та довгих шпильок кріплення кришок циліндрів. Останні кріпляться гайками під потужною проміжною полицею остова. Перевага довгих шпильок полягає в тому, що при знятті кришки шпильки можуть бути опущені вниз і кришка демонтується шляхом бокового зміщення, тим самим забезпечуючи економію в монтажній висоті, над двигуном. Добра опірність деформації остова досягається комбінацією анкерних зв'язків та поперечних болтів в зоні розташування кришок рамових підшипників.

Кришки підшипників можуть бути опущені шляхом віддачі гайок анкерних зв'язків. Можливість підтягування або відпускання гайок зв'язків може використовуватися при регулюванні лінії валу. Втулки циліндрів встановлюються на високі рубашки, які знаходяться зверху блоку. Охолодження втулок відбувається тільки в зоні рубашок, нижня їх частина не охолоджується. Наявність індивідуальних рубашок та товсті стінки втулок забезпечують мінімум деформації дзеркала робочого циліндра, дозволяючи зменшити зазори між поршнем і циліндром. Товстостінна конструкція виключає вібрації втулки і її кавітаційне руйнування. Найбільш інтенсивне охолодження здійснюється у верхній частині втулки в зоні встановлюваного на неї вогневого кільця. Змащення циліндрів здійснюється від лубрикаторів по свердліннях, їх вихід на робочу поверхню знаходиться, приблизно, в зоні, розташованій між 1 і 2 компресійними кільцями при положенні поршня у нижній мертвій точці. Окреме змащення циліндрів диктується прагненням зменшити знос циліндро-поршневої групи, який провокується згорянням в ній важких палив. Шатун має роз'єм у верхній частині стержня, що зменшує монтажну висоту двигуна, а головне, дозволяє виймати поршень не

Інв. № подп.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
можже використовуватися при регулюванні лінії валу. Втулки циліндрів встановлюються на високі рубашки, які знаходяться зверху блоку. Охолодження втулок відбувається тільки в зоні рубашок, нижня їх частина не охолоджується. Наявність індивідуальних рубашок та товсті стінки втулок забезпечують мінімум деформації дзеркала робочого циліндра, дозволяючи зменшити зазори між поршнем і циліндром. Товстостінна конструкція виключає вібрації втулки і її кавітаційне руйнування. Найбільш інтенсивне охолодження здійснюється у верхній частині втулки в зоні встановлюваного на неї вогневого кільця. Змащення циліндрів здійснюється від лубрикаторів по свердліннях, їх вихід на робочу поверхню знаходиться, приблизно, в зоні, розташований між 1 і 2 компресійними кільцями при положенні поршня у нижній мертвій точці. Окреме змащення циліндрів диктується прагненням зменшити знос циліндро-поршневої групи, який провокується згорянням в ній важких палив. Шатун має роз'єм у верхній частині стержня, що зменшує монтажну висоту двигуна, а головне, дозволяє виймати поршень не				
Інв. № подп.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ				Арк 19

розбираючи нижню головку шатуна і тим самим, виключаючи можливість пошкодження підшипників внаслідок їх подальшої неправильної зборки, що на жаль трапляється досить часто. Кришка циліндра виконана з подвійним дном - тонке вогневе дно для зниження температурних напружень і вище розташоване товсте для зниження механічних навантажень під дією високого тиску газів. Вихлопні та впускні клапани двигуна MAN B&W Diesel 8L 58/64 розташовуються в охолоджуваних корпусах. Вихлопні клапани для їх провертання забезпечені пропелерами.

Головка поршня з кованої сталі, юбка кована алюмінієва. Охолодження головки здійснюється маслом, поступаючи по стержню шатуна у верхню головку, а звідти через підпружинений грибок в охолоджуваний простір поршня. Ступінчастий поршень в поєднанні з вогневим поясом втулки сприяє запобіганню накопичення продуктів згоряння і нагарів в зоні головки, зменшенню зносу і зниженню витрати масла.

Паливовприскувача апаратура подібна до тієї яка використовується на інших двигунах L28/32. Відмінності полягають у тому, що внесені зміни в профіль регулюючих кромek плунжерної пари. Регулювання подачі здійснюється також як по початку подачі, так і по кінцю, але завдяки збільшенню нахилу верхньої кромки і зменшенню нахилу нижньої кількість палива, що впорскується в основному змінюється за рахунок більш різкої зміни кута випередження. Головне ж полягає в тому, що при зменшенні подачі від повної активний хід плунжера переміщається в зону більш крутого профілю паливного кулачка. Це призводить до інтенсифікації подачі палива, що приводить до зростання швидкості подачі і тиску впорскування. Результат - двигун переходить на більш високий тиск згоряння і, як наслідок, на більш економічну роботу. В розпилювачі форсунки істотно зменшена камера под конусом голки (перед сопловими отворами), наявність якої негативно відбивалося на розпилюванні в початковій стадії та підтіканню палива в кінці. Після ліквідації камери димність вихлопу на навантаженні в 10% зменшилася на 10%, а на холостому ході зменшення склало 18%.

					ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ	Арк
Інв. № подп.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата		
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

З метою зменшення утворення сажі па вихлопі, що особливо важливо при зміні навантаження, була інтесифікована подача палива, збільшено максимальний тиск впорскування з 130000 до 160000 кПа. Але, на жаль, при цьому збільшуються максимальні температури циклу та зростає NO_x . Зниження NO_x було досягнуто зменшенням кута випередження - перенесенням згоряння на лінію розширення. В той же час, цей шлях призводить до зниження P_z , підвищує витрату палива та збільшує вміст твердих частинок (сажі) у вихлопних газах. Мабуть, конструктори взяли компромісне рішення, при якому витрата палива не тільки не збільшилася, а була знижена на 7 г/кВт. год.

Вдосконалення турбонаддуву йшло шляхом заміни газотурбінного компресору NA/S на новий аксіальний газотурбінний компресор серії TCA, який більш продуктивний і з збільшеним ступенем тиску, а також високим ккд (ефективністю) у всьому робочому діапазоні. Важливо також, що у цього газотурбінного компресора зона помпажа віддалена від робочих режимів та забезпечується найкраща продувка циліндрів. Тиск наддуву на повному навантаженні становить 260 кПа, питома витрата повітря забезпечується на рівні 8,9 кг/кВт.год, що для 4-х тактних двигунів цього класу представляється достатньо значним. Таким чином, увесь комплекс розроблених фірмою МАН-Бурмейстр і Вайн (MAN B&W) конструкторських рішень спрямований на реалізацію концепції: надійність та простота.

Проведені фірмою MAN B&W дослідницькі роботи в області емісії свідчать, що граничне значення ІМО з емісії NO_x одержують конструктивними змінами у двигуні. На двигуні MAN 8L 58/64 такі показники були отримані внаслідок: високого ступеня стиску; інтенсифікації впорскування палива; спрямованого процесу впорскування; оптимізованого управління фазами газорозподілу; високого максимального тиску робочого циклу.

Дизель 8L 58/64 забезпечує надійну роботу, як на дизельному, так і на важкому паливі з виконанням вимог ІМО з екології. Однак, уже зараз очевидно, що ці вимоги будуть посилюватися.

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						21

Таким чином, двигун MAN 8L 58/64 фірми MAN B&W має низьку витрату палива й мастила, відрізняється високою експлуатаційною надійністю, невеликою трудомісткістю при технічному обслуговуванні, незначними працезатратами при монтажі, відповідає сучасним вимогам за екологічними показниками.

1.5.4 Валопровід та гребний гвинт

Валопровід містить: гребний вал, проміжний вал, дейдвудний пристрій, опорний підшипник, системи змащування і охолодження, стопорний пристрій.

Гребний і проміжний вали виготовлені з вуглецевої сталі з межею міцності 480 МПа. Гребний вал – без фланцевий, з насадженою на нього фланцевою напівмуфтою. З'єднання гребного валу з гребним гвинтом і з напівмуфтою кіничне безшпонкове.

Вали з'єднуються між собою за допомогою фланців і болтів, що щільно підігнані, а з головним двигуном за допомогою фланців і шпильок, що щільно підігнані. Виймання гребного валу для огляду та ремонту передбачається як всередину судна, так і в корму. Передбачений також стопорний пристрій для запобігання повертанню валопроводу при буксируванні судна зі швидкістю до 10 вузлів. Дейдвудний пристрій зварної конструкції, одноопорний, з кормовим підшипником на масляному мастилi і ущільненням "Нептун" (МКП), виготовленим за ліцензією фірми "Довер Джапан" - (Японія). Втулка дейдвуда підшипника - чавунна, залита бабітом.

В якості рушія встановлено один чотирьохлопатеви́й гребний гвинт фіксованого кроку діаметром близько 4900 мм. Цільнолитий гребний гвинт і обтічник виготовляються з високоміцної бронзи. Запасний гвинт та гребний вал в комплект постачання не входять.

1.6 Аналіз параметрів суднової енергетичної установки судна

Загальний вигляд розташування механізмів у машинок отельному відділенні показано на рис. 1.3. В нього входять двигун головний; муфта пружна;

Інв.№ подп.	Підп. і дата		Інв. № дубл.		Підп. і дата	
Інв.№ подп.	Підп. і дата		Взам. інв.№		Інв. № дубл.	
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ	
					Арк	
					22	

редуктор ГД; котел комбінований; труба дейвудна; гвинт змінного кроку; перо руля; машина рульова; відділення румпельне; танк запасу палива АДГ; аварійний дизель-генератор; глушник-іскрогасник; газохід ДГ; газохід ДГ і котла тощо.

1.6.1 Дизель-генератори суднової електростанції

На платформі в машинокотельному відділенні встановлюються три дизель – генератори Caterpillar C32 TIER 4/ІМО ІІІ потужністю 1040 кВт кожен при частоті обертання 1800 хв^{-1} , зовнішній вигляд дизель-генератора наведено на рис. 1.4 а.

Кожен з дизель-генераторів може бути "працюючим" або "резервним". "Резервний" дизель-генератор автоматично підтримується у прогрітому стані та готовності до пуску. Кожен дизель-генератор складається з дизельного двигуна та безщіткового генератора змінного струму, що встановлені на амортизаторах на спільній рамі.

Пуск дизель-генераторів пневматичний, з місцевого поста або автоматичний від системи керування електростанцією. Охолодження приводних двигунів - за допомогою ящиків охолоджувачів.

На кожен дизельний двигун навішуються масляні насоси, насоси та підігрівачі охолоджуючої води. Дизель-генератори можуть працювати паралельно. Передбачається точна, ручна й автоматична синхронізація дизель-генераторів.

В якості аварійного джерела електроенергії встановлено дизель - генератор Caterpillar C7.1 потужністю 220 кВт, розташований в спеціальному приміщенні на шлюпковій палубі.

Зовнішній вигляд дизель-генератора наведено на рис. 1.4 б.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ				
					Арк				
					23				

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата

Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

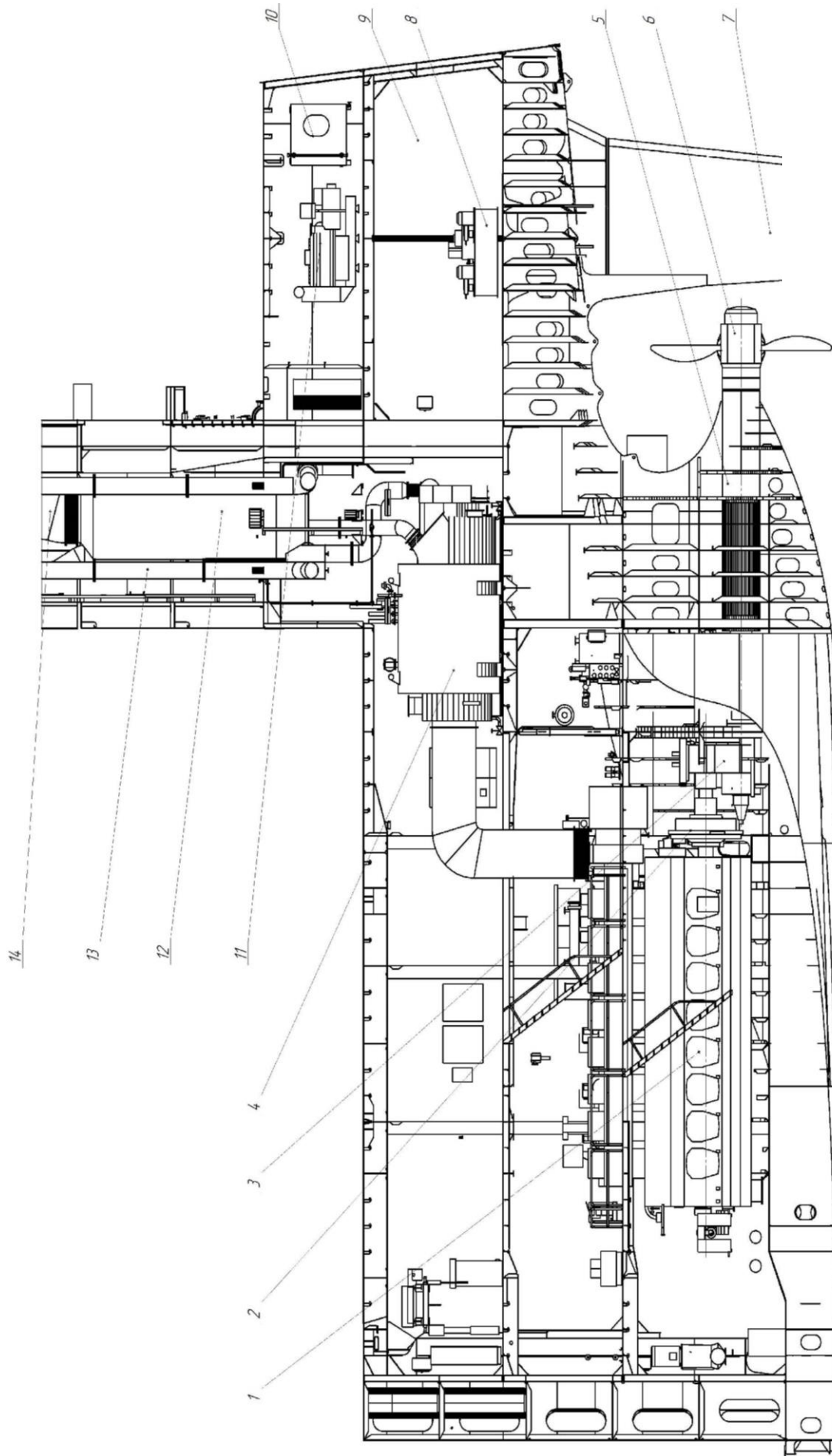


Рисунок 1.3 – Загальне розташування механізмів у машинокотельному відділенні судна: 1 – двигун головний; 2 – муфта пружна; 3 - редуктор ГД; 4 – котел комбінований; 5 – труба дейвудна; 6 – гвинт змінного кроку; 7 – перо руля; 8 – машина рульова; 9 - відділення румпельне; 10 – танк запасу палива АДГ; 11 – аварійний дизель-генератор; 12 – глушник-іскрогасник; 13 – газохід ДГ; 14 – газохід ДГ і котла



а)



б)

Рисунок 1.4 – Зовнішній вигляд дизель-генератора Caterpillar C32 TIER 4/IMO III (а) і аварійного дизель-генератора Caterpillar C7.1 (б)

1.6.2 Конструктивні особливості суднового двигуна MAN B & W марки L 58/64

Чотиритактні дизелі фірми MAN B & W тронкові, з газотурбінним наддувом, їх будують в рядному або V-подібному виконанні. Конструктивні особливості суднового двигуна фірми MAN B & W марки L 58/64 показані на рис. 1.5.

У багатьох сучасних тронкових дизелях анкерні зв'язки з'єднують лише блок циліндрів і картер, а рамні підшипники приєднуються до картера за допомогою спеціальних шпильок. В цьому випадку колінчастий вал підвісний і разом з рамними підшипниками може бути демонтований з опусканням в масляний піддон.

Остов двигуна утворюється литим чавунним блок-картером підвищеної жорсткості, в нижній частині якого розміщені рамові підшипники колінчастого вала, а у верхній частині - втулки циліндрів. Верхня частина втулок циліндрів знаходиться в окремих для кожного циліндра литих сорочках, нижній бортик яких центрується розточуванням блок-картера. У зоні опорного бурту втулки циліндрів піддаються лазерному загартуванню. Двигун має дві групи анкерних зв'язків. Зв'язки проходять через кришки рамових підшипників і блок-картер. Гайки зв'язків розташовуються на верхній

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ Арк 25				
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата					

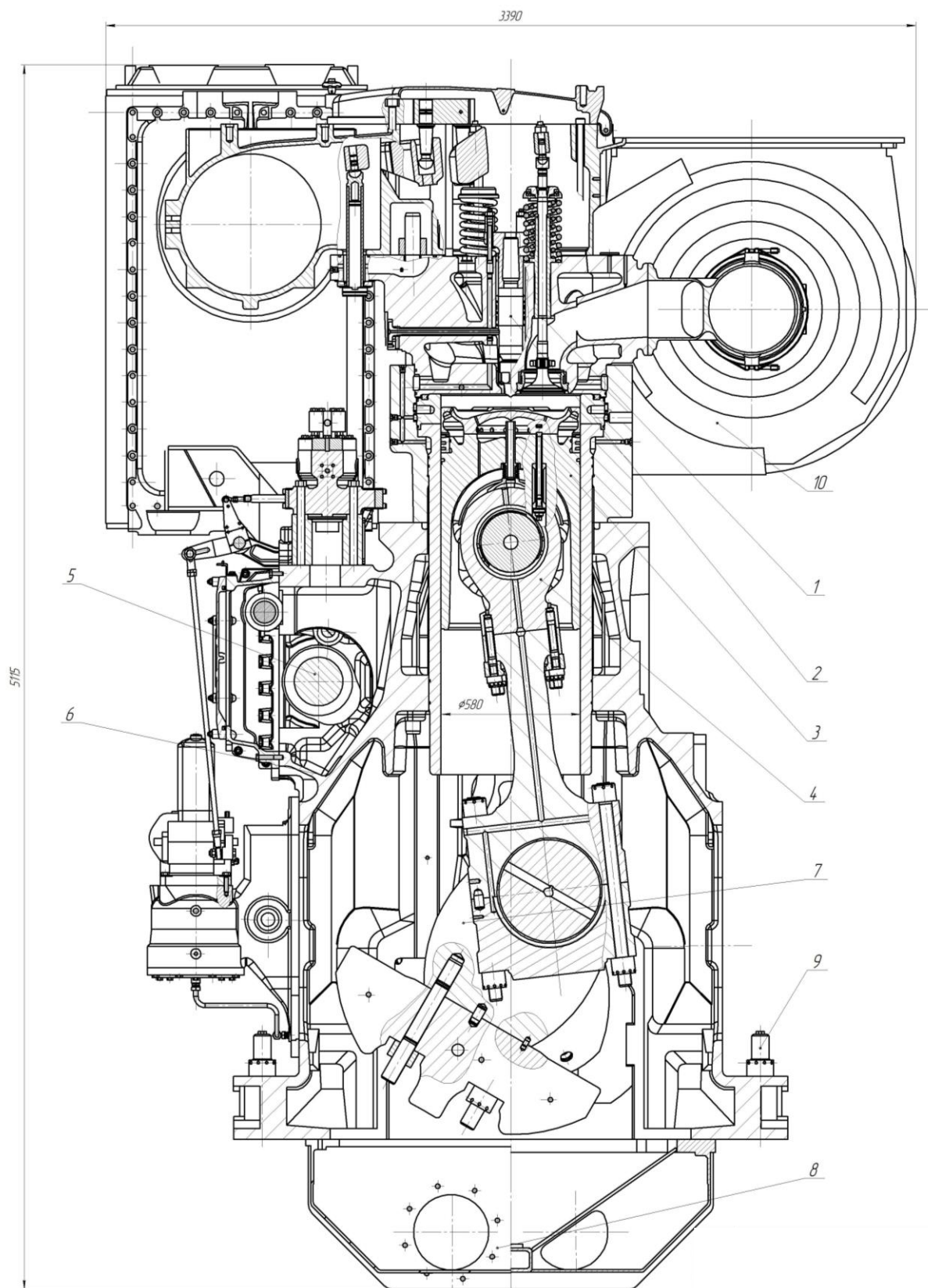


Рисунок 1.5 - Поперечний переріз дизеля L 58/64: 1 – випускний клапан;
 2 – форсунка; 3 – поршень; 4 – шатун; 5 – розподільний вал; 6 – станина;
 7 – колінчастий вал; 8 – картер; 9 – анкерний болт; 10 – газова турбіна

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата

Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ

торцевій поверхні блок-картера. Вісім анкерних зв'язків для кожного циліндра з'єднують між собою кришки циліндра, сорочку і верхню частину блок-картера.

У кришці циліндра розміщено по два впускних і випускних клапанів і форсунка. Охолоджуюча вода до зарубашечного простору підводиться з колектора, звідки вона перетікає на охолодження кришки циліндра і відводиться в колектор. Дизель L58 / 64 тронкового типу: поршень з'єднується з шатуном за допомогою пальця. Колінчастий вал підвісного типу, тобто він кріпиться до блок-картера шпильками, що проходять через нижні кришки рамових підшипників. На щоках колінчастого вала укріплені противаги, що врівноважують сили інерції.

Розподільчий вал приводиться до руху від колінчастого валу з частотою обертання в два рази меншою, ніж частота обертання колінчастого вала. Шайби, що розміщені на розподільному валу, надають руху штовхачам ПНВТ, а також штовхачам впускних і випускних клапанів.

Система наддуву - ізобарна. При відкритті випускних клапанів газу з робочого циліндра через патрубок надходять до випускного колектору і далі до газотурбонагнітача. Повітря, стиснене в компресорі, подається до продувального колектору. Розширюючий патрубок виконує роль ежектора, в якому відбувається зниження швидкості відпрацьованих газів і збільшення тиску у вихлопному колекторі. Випускний колектор покритий теплоізоляційним кожухом.

Розглянемо особливості конструктивних рішень основних вузлів дизеля L 58/64. Колінчастий вал демонтується при опусканні в масляний піддон. При підвісному колінчастому валі фундаментна рама замінюється легким піддоном, який не несе силового навантаження, в результаті чого зменшується загальна маса двигуна. Застосування підвісних колінчастих валів знайшло широке поширення в судових двигунах. Рамові і мотильові шийки колінчастого вала мають тришарові вкладиші. Кришки рамових підшипників кріпляться до блок-картера не тільки анкерними зв'язками, але і поперечними

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					Арк
										27
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

болтами. Для оптимального розподілу температури за висотою, втулка циліндра охолоджується тільки у верхній частині. Рівномірному розподілу температури по колу сприяють глухі свердління, заповнені охолоджувальною водою. Максимальна температура верхньої зони втулки циліндра на номінальному режимі не перевищує 285 °С, а в зоні першого поршневого кільця при положенні поршня у ВМТ всього 180 °С. В результаті забезпечується стійка масляна плівка. Крім цього усунена і небезпека так званої "микроу" корозії через зниження температури поверхні втулки циліндра нижче точки роси, коли створюються сприятливі умови для утворення сірчаної кислоти через вміст сірки в паливі. Як показали дослідження, навіть при 25% навантаженні двигуна температура поверхні втулки циліндра знаходиться на рівні 140 °С.

Кришка циліндра виконана з подвійним днищем. Масивна верхня частина кришки забезпечує її механічну міцність. Нижнє тонке днище добре охолоджується водою і має порівняно низьку температуру на вогневій поверхні: максимальна температура перемички між випускними клапанами не перевищує 260 °С. Міцність тонкого вогневого днища забезпечується жорсткою опорою на проміжне днище кришки циліндра.

Сідло випускного клапана має спеціальні порожнини для охолодження, що сприяє зниженню його температури. Вимірювання показали, що температура посадкового паска випускного клапана у всьому діапазоні навантажень двигуна змінюється в межах від 360 до 400 °С, а максимальна температура в центрі тарілки вище цієї температури всього на 100 °С, тобто значно нижче температури, характерної для високотемпературної корозії.

На стрижні *випускного клапана* змонтована крилатка, яка під дією потоку відпрацьованих газів забезпечує обертання клапана. Закриття клапана здійснюють пружини. Впускні клапани повертаються механічним пристроєм "Ротокап".

Поршень складається з кованого алюмінієвого тронка і кованої

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					Арк
										28

тонкостінної головки з високоякісної сталі. Форма днища поршня обрана такою, щоб унеможливити потрапляння струменя палива з розпилювача форсунки на поверхню днища. Довговічність канавок під поршневыми, кільцями забезпечена індукційним загартуванням на глибину, достатню для повторної машинної обробки, а великий ресурс роботи компресійних кілець забезпечується плазмовим покриттям першого кільця і хромуванням другого і третього кілець.

Охолодження головки поршня здійснюється методом збовтування моторної оливи. Переріз підвідних і відвідних каналів для моторної оливи підібраний так, щоб порожнина охолодження заповнювалася тільки частково. Масло з верхньої головки шатуна поступає в трубку, звідки воно потрапляє в центральну порожнину. На нижчому кінці трубки розміщена фасонна тарілка, яка пружиною приймається до головц шатуна. З порожнини за каналами моторна олива перетікає в периферійну порожнину, з якої за спеціальними каналами йде на злив. У шатун моторна олива потрапляє з сверлень в колінчастому валі, до якого воно підводиться в районі рамових підшипників.

Стрижень шатуна складається з двох частин, з'єднаних шпильками поблизу верхньої головки. Така конструкція дозволяє виробляти монтажні роботи по виїмці поршня без розбирання головного і мотильового підшипників. У дизелі L 58/64 паливопровід високого тиску підходить до форсунки з свердління в кришці, що істотно зменшує довжину паливопроводу, внаслідок чого зменшується його вплив на процес впорскування палива. Паливний насос золотникового типу, нагнітальна кромка плунжера якого має складний профіль, що забезпечує зміну кута початку впорскування палива відповідно до навантаження двигуна.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ				
					Арк				
					29				

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ КОНСТРУКЦІЙ СИСТЕМ ПАЛИВОПОДАЧІ СУДНОВИХ ДИЗЕЛІВ ТА ВИБІР НАПРЯМУ ПОДАЛЬШОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ДВИГУНА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

2.1 Аналіз систем паливоподачі суднових дизелів

Паливна система призначена для прийому, зберігання, очищення і своєчасної подачі палива в циліндри двигуна. До складу паливної системи входять: паливні цистерни, паливоперекачуючі і паливопідкачуючі насоси низького тиску, фільтри грубого і тонкого очищення, підігрівачі палива, паливні сепаратори, підігрівачі сепараторів, паливний насос високого тиску, паливні форсунки і паливні трубопроводи. На рис. 2.1 показана принципова схема паливної системи суднового дизеля.

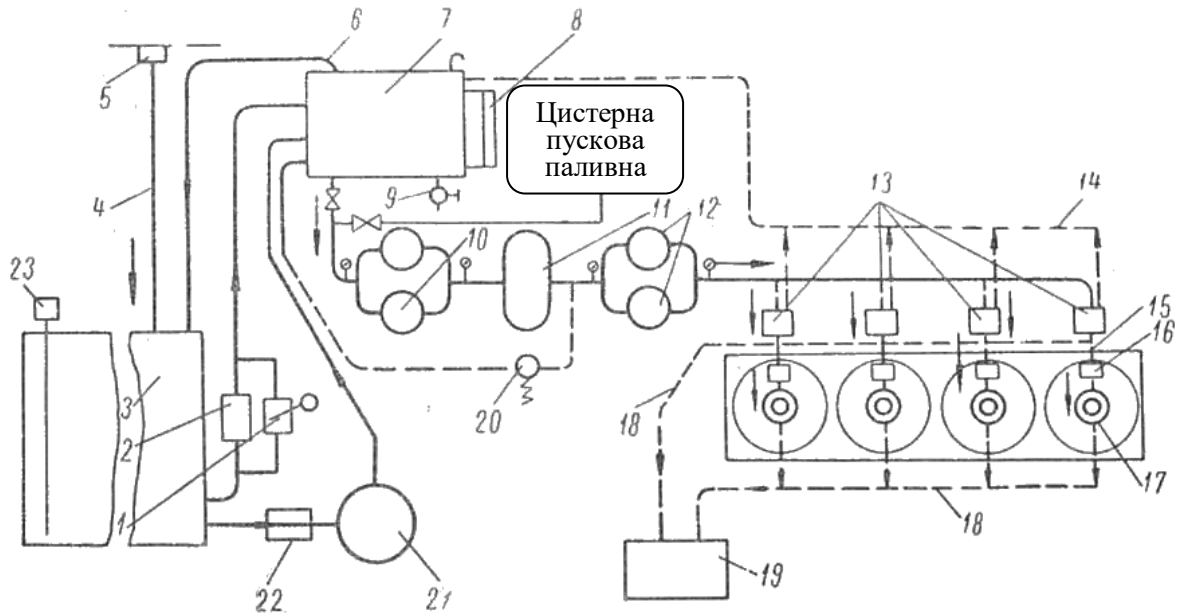


Рисунок 2.1 – Принципова схема паливної системи суднового дизеля.

Паливо із запасної цистерни 3 основним паливоперекачуючим насосом 2 подається до видаткової цистерни 7. Видаткова цистерна розташовується вище

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ				
									Арк
									30

двигуна для забезпечення підпору, вона обладнана переливної трубою 6, показчиком рівня 8 і зливним краном 9. Паливо з видаткової цистерни, пройшовши спарений фільтр грубої очистки 10, паливопідкачуючим насосом 11 подається через спарений фільтр тонкого очищення 12 до паливних насосів високого тиску 13, а останні нагнітають через трубопроводи високого тиску 15 і щілинні фільтри 16 паливо до форсунок 17. Рециркуляційний трубопровід 14 забезпечує відведення зайвого палива (відсічки палива насосів високого тиску), а трубопровід 18 відведення палива, що просочилося через нещільності форсунок і насосів, в стічну цистерну 19. Запобіжний клапан 20 здійснює перепуск зайвого палива у видаткову цистерну. При сильному забрудненні водою і механічними домішками через сепаратор 21 пропускається паливо, попередньо нагріте в підігрівачі 22. Прийом палива здійснюється через палубні втулки 5 правого і лівого бортів і трубопровід 4. Резервний ручний насос - 1. При роботі двигуна на важкому паливі встановлюється ще цистерна пускового (легкого) палива для запуску і маневрів головного двигуна. Для видалення відстою з запасної цистерни використовується ручний зачистний насос 23.

Цистерни основного запасу палива зазвичай розташовують в міждонному просторі, їх ємність повинна забезпечувати запас палива для заданої автономності плавання. Витратні цистерни встановлюють попарно, причому одна з них може бути відстійною. Всі паливні цистерни обладнують вентиляційними трубами, дистанційними показчиками рівня, необхідною арматурою, горловинами для огляду і ремонту. При роботі двигуна на важкому паливі всі цистерни мають паровий обігрів.

Паливоперекачуючі насоси служать для прийому палива через борти; в разі необхідності видачі палива на інше судно здійснюють перекачування. Паливоперекачуючі насоси виконують шестеренчастого, гвинтового і відцентрового типів. Паливоперекачуючі насоси служать для забезпечення надлишкового тиску палива, що подається до всмоктуючої порожнини насосів високого тиску. За конструкцією ці насоси бувають: плунжерні, шестеренні і

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					31

коловоротні. Паливоперекачуючі насоси приводяться в дію від колінчастого і розподільного вала.

У процесі транспортування і зберігання відбувається забруднення і обводнення палива, тому його фільтрація є необхідною умовою для забезпечення надійної роботи паливної апаратури і зменшення зносу її в процесах тертя. Паливні фільтри поділяються на фільтри грубого очищення, які встановлюють перед паливopідкачуючими насосами, фільтри тонкого очищення, що встановлюються перед насосом високого тиску, і щілинні фільтри, що встановлюються безпосередньо біля чи вмонтовані в форсунку. За допомогою фільтрів досягається висока ефективність очищення палива, просте обслуговування і легкість заміни фільтруючих елементів. Зазвичай фільтри виконують спареними, що забезпечує чистку або заміну одного з елементів фільтрів при роботі іншого. Фільтруюча поверхню грубих фільтрів складається з металевих сіток або набору металевих пластин зі щілинами. Для фільтрів тонкого очищення є фільтрувальні металеві пластини зі зменшеними зазорами, а також паперові, повстяні, фетрові і капронові змінні вставки.

Тонке очищення палива досягається за допомогою спеціальних фільтрів і сепараторів. Застосовуючи сепаратори, з палива можна видалити воду і механічні частинки розміром до 3-10 мкм. Працюють сепаратори на принципі відцентрової сили. В процесі сепарування паливо розпорошується на дрібні частки при цьому відбувається видалення води і домішок. Для кращого сепарування в'язкі палива попередньо підігрівають.

Крім цього, паливна система суднової енергетичної установки призначена для подачі палива в циліндри головних і допоміжних двигунів. Однак поряд з основним призначенням паливна система повинна забезпечувати: прийом і зберігання палива; очищення палива від води і механічних домішок; безперервну подачу палива до двигунів; охолодження форсунок (при використанні для цієї мети палива).

Відповідно до цих завдань паливну систему умовно можна розділити на ділянки: прийому, зберігання і перекачування палива; сепарації палива; подачі

Інв. № подп.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	
Тонке очищення палива досягається за допомогою спеціальних фільтрів і сепараторів. Застосовуючи сепаратори, з палива можна видалити воду і механічні частинки розміром до 3-10 мкм. Працюють сепаратори на принципі відцентрової сили. В процесі сепарування паливо розпорошується на дрібні частки при цьому відбувається видалення води і домішок. Для кращого сепарування в'язкі палива попередньо підігрівають. Крім цього, паливна система суднової енергетичної установки призначена для подачі палива в циліндри головних і допоміжних двигунів. Однак поряд з основним призначенням паливна система повинна забезпечувати: прийом і зберігання палива; очищення палива від води і механічних домішок; безперервну подачу палива до двигунів; охолодження форсунок (при використанні для цієї мети палива). Відповідно до цих завдань паливну систему умовно можна розділити на ділянки: прийому, зберігання і перекачування палива; сепарації палива; подачі	Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

палива до головних і допоміжних двигунів; охолодження форсунок. Комплектація кожної ділянки пристроями, механізмами, трубопроводами залежить від роду палива, що використовується в двигунах. У зв'язку з цим паливні системи поділяють на системи дизельного і важкого палива. Устаткування паливних систем здійснюється в суворій відповідності з Правилами Регістра.

Система дизельного палива (рис. 2.2) використовується для обслуговування в основному високооборотних і среднеоборотних двигунів.

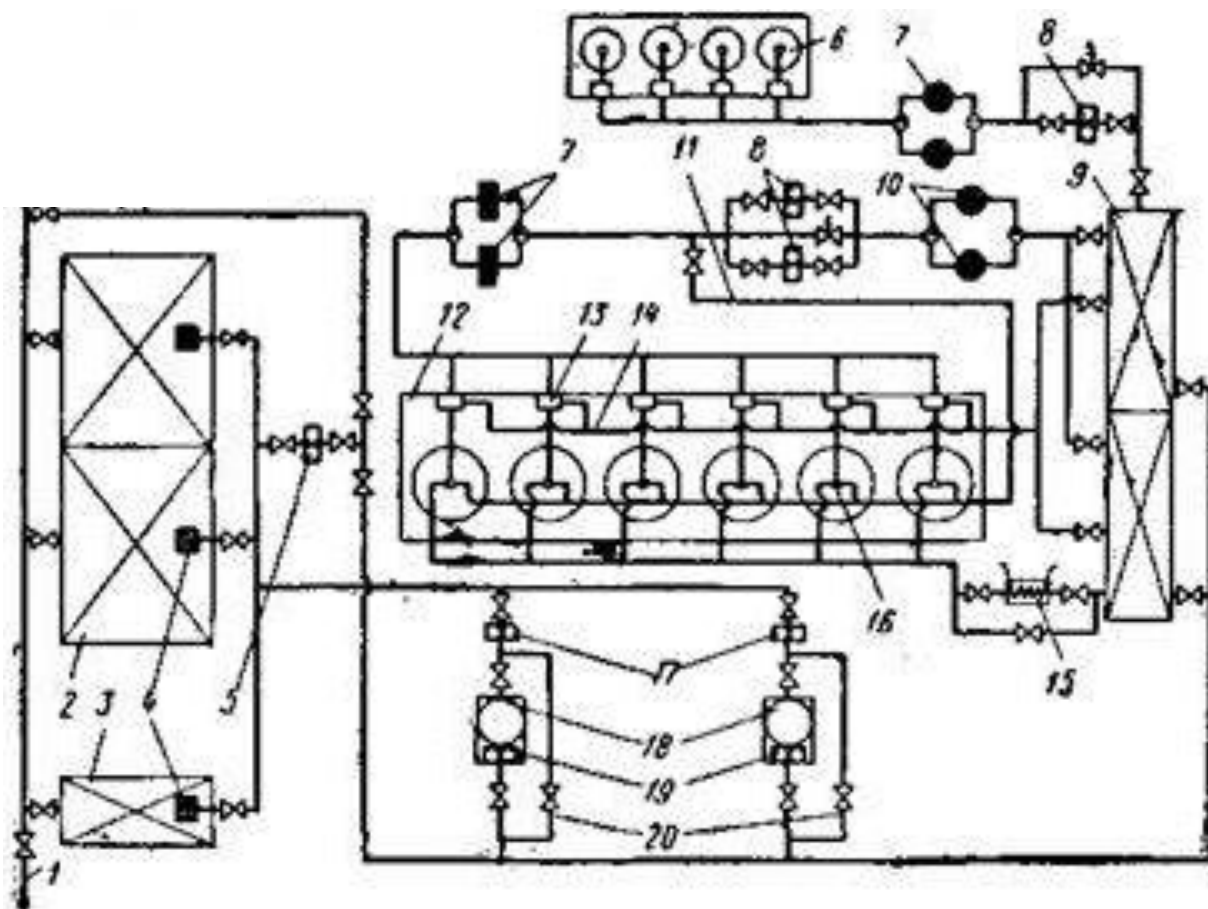


Рисунок 2.2 – Система подачі легкого палива

Участок прийому, зберігання і перекачування служить для подачі палива з берега в судові цистерни, тривалого зберігання в них палива, перекачування палива з одних ємностей в інші, а також для видачі палива на берег. В цю ділянку входять цистерни основного 2 і аварійного 3 запасу, фільтри 4, паливоперекачуючі насоси 5, трубопроводи та арматура.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ

Арк

33

Приймання палива з берега здійснюють через палубний приймальний трубопровід 1, що дозволяє приєднувати шланги з будь-якого борту. На пасажирських суднах передбачають спеціальні приймальні станції, відокремлені від інших приміщень. Трубопровід прийому палива повинен бути доведений до днища цистерни з мінімальним зазором.

Для зберігання палива на суднах використовують міждонний простір, бортові цистерни і диптанки. Дизельне паливо завдяки високій якості не втрачає своїх властивостей і не створює особливих труднощів при зберіганні. Низька температура застигання дозволяє йому зберігати плинність при зниженні температури, що забезпечує хороші умови перекачування без підігріву палива в цистернах.

Трубопроводи, по яких паливо забирається з цистерни, забезпечені фільтруючими сітками і запірними клапанами. Клапани встановлюють на цистернах, а для міждонних ємностей на приймальному трубопроводі - вище цистерн.

Паливо з однієї запасної цистерни в іншу і в витратні цистерни перекачує паливоперекачуючий насос 5. Правила Регістру передбачають встановлення двох таких насосів, один з яких резервний. В якості резервного допускається використання будь-якого іншого придатного для цього насоса, в тому числі насоса сепаратора. В цьому випадку передбачений обвідний трубопровід 20. Паливні трубопроводи прокладають з урахуванням забезпечення протипожежної безпеки. Клапани трубопроводів встановлюють в легкодоступних освітлених місцях.

Участок сепарації забезпечує подачу палива із запасних цистерн до сепараторів, сепарацію палива і заповнення витратних цистерн.

При дотриманні правил транспортування і зберігання дизельне паливо забруднюється мало і для його очищення від механічних домішок і води достатньо використовувати сепарацію і фільтрацію, повністю відмовившись від відстоювання. Тому в даній системі паливо з цистерн запасу направляється

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					Арк
										34
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

безпосередньо в сепаратор 18, для чого зазвичай використовують навішений на нього насос 17.

Нізка густина дизельних палив не вимагає їх підігріву перед сепараторами.

Правіла Регістру передбачають встановлення не менше двох сепараторов. За конструкцією вони можуть бути як власноочисними, так і ні. Сепаратори включають паралельно. Сумарна продуктивність їх повинна забезпечувати сепарацію добової витрати палива за 8-10 год. Паливо в витратні цистерни 9 подає нагнітальний насос 19 сепаратора.

Паливо з витратних цистерн 9 до двигуна 12 може подаватися самопливом або за допомогою підкачуючого насоса 8. Перший спосіб простий і надійний. Однак використання підкачуючого насоса краще. Завдяки тому, що його продуктивність в 2-3 рази більше годинної витрати палива, поліпшується наповнення паливних насосів 13 високого тиску, створюється циркуляція через них палива, що забезпечує видалення бульбашок повітря і парів. Крім того, паливопідкачиваючий насос дозволяє подавати паливо під тиском на охолодження форсунок з системи головного двигуна. Надмірна відсічка палива після паливних насосів повертається в видаткову цистерну по трубопроводу 14.

В установках з одним головним двигуном поряд з основним насосом, що підкачує, який може бути навішеним на двигун або мати автономний привід, передбачається резервний насос. Його роль може виконувати будь-який придатний для цієї мети насос.

До дизеля має подаватися паливо, очищене від води і механічних домішок. При використанні сепараторів для очищення палива перед паливними насосами досить встановити фільтри грубої очистки 10. У разі подачі палива в витратні цистерни без попередньої сепарації перед паливними насосами повинні бути встановлені фільтри грубого 10 і тонкого 7 очищення, конструкція яких повинна допускати очистку без зупинки двигуна.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		35

Паливо на допоміжні двигуни 6 подається з витратних цистерн головних двигунів через автономні системи, що мають свої підкачувальні насоси 8 і фільтри 7.

У системах легкого палива для охолодження форсунок 16 слід брати дизельне паливо (трубопровід 11) з системи подачі його до двигуна. При цьому в якості циркуляційного можна використовувати паливопідкачуючий насос, що спрощує систему. Після охолодження форсунок паливо повертається в витаткову цистерну. На зворотному трубопроводі може бути передбачений холодильник 15 для охолодження палива.

Система важкого палива в суднових установках з мало- і середньо оборотними двигунами показана на рис. 2.3.

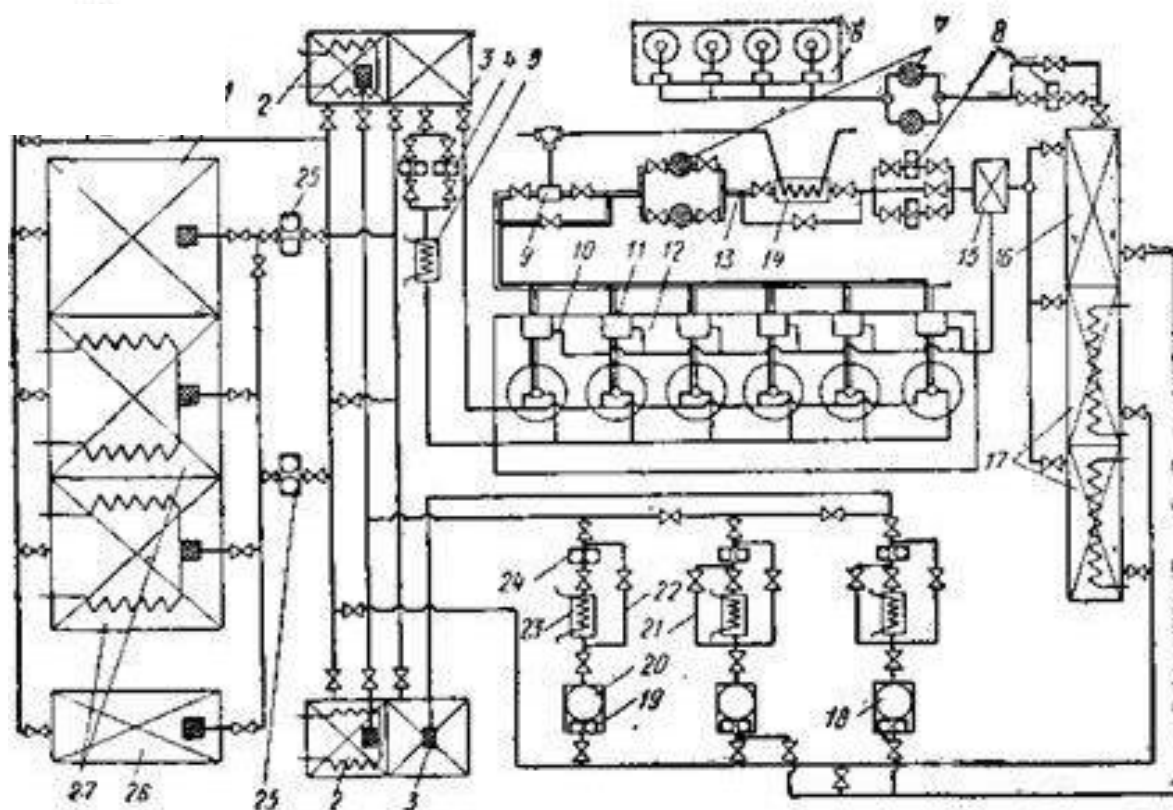


Рисунок 2.3 – Система подачі важкого палива

При роботі двигуна на важкому паливі в паливній системі використовують додаткові елементи для підігріву і очищення палива. Крім того, установку, що працює на важкому паливі, обладнують системою легкого

Інв.№ подл.	Підп. і дата				Арк
	Інв. № дубл.				
	Взам. інв.№				
	Підп. і дата				
Зм					36
Арк					
№ докум.					ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ
Підп.					
Дата					

Рисунок 2.3 – Система подачі важкого палива

При роботі двигуна на важкому паливі в паливній системі використовують додаткові елементи для підігріву і очищення палива. Крім того, установку, що працює на важкому паливі, обладнують системою легкого

Сепаратори служать для очищення палива від води і механічних домішок. Система сепарації включає прийомні насоси 24 сепараторів, підігрівачі палива 23, сепаратори 18 і 20, нагнітальні насоси 19, спрямовують сепароване паливо в витратні цистерни 17 важкого палива або цистерну 16 дизельного палива.

37

Паливо до сепараторів може подаватися або автономним насосом або насосом, навішеним на сепаратор. У першому випадку насос можна розташувати досить низько і близько до відстійної цистерни, що підвищує надійність всасування.

Перед надходженням в сепаратор паливо проходить через паровий підігрівач. Зазвичай кожен сепаратор має свій підігрівач, але завдяки високій надійності останніх допускається використання одного підігрівача для двох сепараторів. При використанні сепараторів, що власноочищуються, під час розвантаження барабана, щоб уникнути перегріву палива в підігрівачі передбачається рециркуляційний трубопровід 22.

Для сепарації важкого палива використовують самоочисні сепаратори, для легкого - як власноочисні, так і не власноочисні. Власноочищуються сепаратори переважно завдяки зниженню трудомісткості обслуговування, взаємозамінності і можливості автоматизованого управління роботою.

Кількість сепараторів вибирають з урахуванням забезпечення сепарації добової витрати палива за 8-10 годин. Однак в будь-якому випадку сепараторів важкого палива повинно бути не менше двох. Для легкого палива в цій системі можна використовувати один сепаратор 18.

Сепаратори можна підключати паралельно або послідовно. Паралельне включення краще. У будь-якому випадку підключення повинно забезпечити заміну з ладу сепаратора 18 дизельного палива, що вийшов з ладу, сепаратором 20 важкого палива і навпаки. Сепаратор легкого палива і резервуючий його сепаратор важкого палива повинні мати трубопровід обводу підігрівача 21, так як при сепарації дизельного палива його перед сепаратором не підігрівають.

Правила Регістру допускають застосування замість сепараторів спеціальних фільтрів, що відокремлюють механічні домішки і воду з такою ж ефективністю, як сепаратори. Кількість таких фільтрів для кожного сорту палива повинна бути не менше двох.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					38

Передбачений трубопровід, що забезпечує в аварійному випадку подачу палива паливоперекачуючими насосами безпосередньо у витратні цистерни.

Участок подачі палива до головних двигунів 12 включає видаткові цистерни 16 і 17, паливопідкачуючі насоси 8, підігрівачі 14, фільтри 7 і регулятор 9 в'язкості палива. Передбачено трубопровід повернення 10 відсічного палива зі спеціальною циркуляційною цистерною 15.

Паливо до двигуна подають підкачувальні насоси, кількість яких має бути не менше двох. Обидва насоса можуть мати автономний привід або один з них навішується на двигун, а другий з автономним приводом виконує роль резервного. Вище зазначалося, що продуктивність паливопідкачуючого насоса перевищує годинну витрату палива на двигун.

Підігрів палива перед подачею до паливних насосів повинен забезпечувати отримання заданої в'язкості палива. У більшості випадків встановлюють один паровий підігрівач. Резервування підігрівача звичайно не потрібно завдяки надійності його конструкції. На час використання в двигуні легкого палива передбачений обвід підігрівача.

У відповідності до Правил Регістру в системі встановлюють взаємозамінні фільтри, після яких паливо проходить через віскозиметр.

Віскозиметри на суднах використовують як вказуючого, так і регулюючого типу. Останні більше поширені завдяки експлуатаційним перевагам. Вплив віскозиметра на паровий клапан викликає зміну подачі пари в паливопідігрівачі, тим самим регулюється густина палива. На маневрах віскозиметр відключають, і паливо прямовується по обвідному трубопроводу.

Підтримання відрегульованого значення густини досягають прокладкою поблизу газового трубопровода паропроводу-супутника 13 під загальною тепловою ізоляцією.

Прі використанні середньо в'язкого моторного палива для підтримки його температури буває достатньо однієї теплоізоляції.

Надлишок палива після паливних насосів 11 повертається в спеціальну циркуляційну цистерну невеликої ємності, що сполучається з атмосферою.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					Арк
										39
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

Створення циркуляції палива в системі сприяє швидкому його прогріванню перед переходом на важке паливо і забезпечує видалення парогазових бульбашок, що утворюються в процесі підігріву і подачі палива до двигуна. Повернення палива в циркуляційну, а не в видаткову цистерну запобігає перегріванню палива у видатковій цистерні.

Прі переключенні двигуна з одного сорту палива на інший циркуляційна цистерна виконує роль змішувальної ємності, чим забезпечується плавна зміна густини палива, що надходить у двигун на перехідному режимі.

Для подачі легкого палива в двигун використовують ту ж систему, лише перемикають витратні цистерни, і паливо прямує в обвід підігрівача і віскозіметра.

Система подачі палива на допоміжні двигуни 6 не відрізняється від аналогічної системи в установках, що працюють на легкому паливі. Паливо для роботи допоміжних двигунів береться з видаткової цистерни 16 дизельного палива головного двигуна.

Система охолодження форсунок дизельним паливом складається з двох циркуляційних насосів 4, охолоджувача 5, трубопроводів та арматури. Дизельне паливо на охолодження береться з видаткової або зі спеціальної циркуляційної цистерни 3. Після охолодження форсунок нагріте паливо повертається в ті ж цистерни. Після циркуляційних насосів холодильника паливо подається на охолодження форсунок з необхідною температурою.

2.2 Аналіз регламентуючих вимог і положень для використання палив на суднових двигунах

Основним міжнародним регулюючим механізмом для керування викидами судна є Додаток VI, постанова про запобігання забруднення повітря із судів Конвенції MARPOL. Тому що несприятливий вплив викидів SO_x із суден багато років було відомий, заходи були прийняті відповідно до MARPOL, щоб відрегулювати зміст сірки в паливі. Це призвело до

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ				Арк
				40

поступового зниження вмісту сірки в залишкових паливах від 6 % в 1970-х роках максимум до 3,5 % у поточних інструкціях Додатка VI MARPOL, як визначено стандартом ISO для морського палива.

У цей час фактичні середні рівні сірки перебувають у діапазоні від 2-х до 3,5 відсоткам. У відповідь на бажання деяких країн скоротити викиди SO_x від суден у їхніх прибережних водах, Додаток VI дозволяє засновувати зони керування емісією SO_x (SECA). ІМО згодом замінив позначення SECA на ECA (Emission Control Area), тому що це має на увазі керування більшою кількістю компонентів емісії, а не тільки пов'язані із з'єднаннями сірки. Дотепер зони ECA були встановлені, які покривають усе Балтійське море, більшу частину Північного моря й Ла-Манш, і ще кілька областей були запропоновані для розгляду. З січня 2015 року всі судна в районі контролю викидів (ECA) Балтійського моря, Північного моря, Ла-Манш і водах в межах 200 морських миль від берегової лінії США і Канади, повинні використовувати паливо з вмістом сірки не більше 0,1 %.

Деякі прибережні райони, країни й області, такі як Каліфорнія і ЄС, містять ще більш жорсткі вимоги по контролю емісії від судна в прибережних районах і в порту. Вони впроваджують нові інструкції поза стандартом ІМО, тому що ці райони відчують, що емісія шкідливих речовин із суден впливає на здоров'я й екологію. У деяких портах є також мета зупинити всі викиди суден у доці, вимагаючи використання берегового живлення, у той час як судно знаходиться поруч (звичайно називаний «cold ironing», або «заміна морського живлення»).

Незважаючи на це, ІМО – усе ще найефективніший форум для звертання до забруднення повітря від суден на глобальній основі. Оскільки частина цього процесу, який країни тепер представляють ІМО, просить їхні прибережні води оголосити зонами Emission Control Area (ECA). США й Канада представили пропозицію, щоб установити прибережні води обох країн на відстані до 200 морських миль, за винятком Арктики, як ECA. Така дія

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						41

може спонукати інші країни і ЄС представити зони уздовж них прибережних районів і окраїнних морів до ІМО для прийняття їх зонами ЕСА.

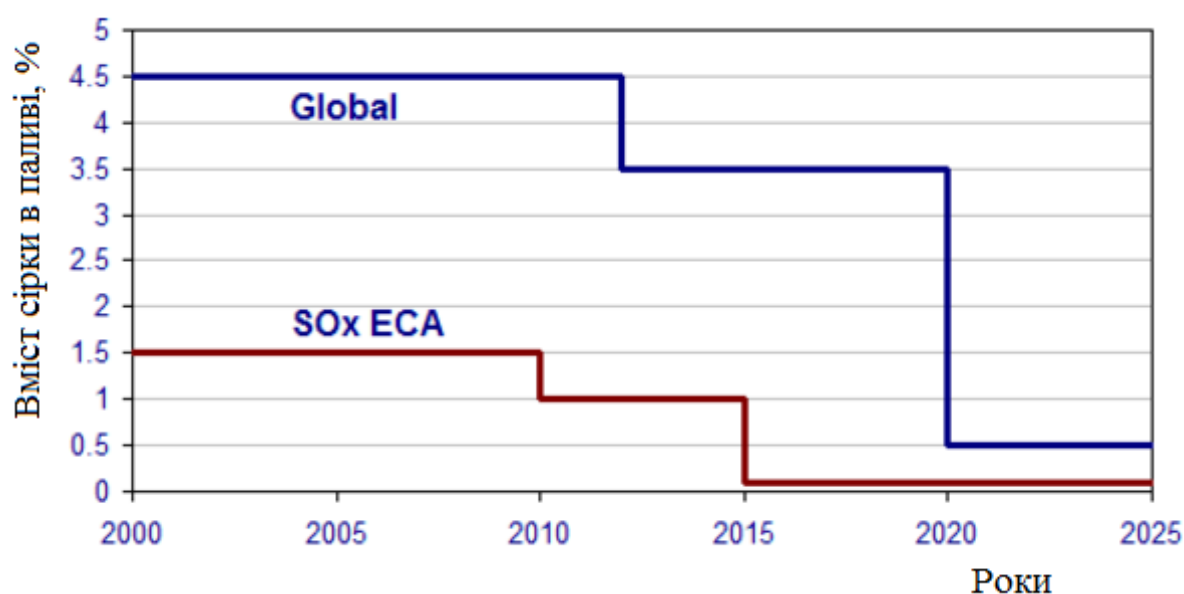


Рисунок 2.4 – Розвиток зміни вимог до вмісту сірки в паливі в часі

2.2.1 Обмеження емісії шкідливих речовин ІМО

2.2.1.1 Обмеження вмісту сірки згідно додатку VI MARPOL. Додаток VI MARPOL, Інструкція із запобігання забруднення повітря із суден, містить міжнародні інструкції, які глобально управляють шкідливими викидами із суден. 19 травня 2005 вона набула чинності. Вона представляє глобальне прийняття, що шкідливі викиди суден повинні бути в майбутньому будуть зменшені прогресивним способом, оскільки можливості здійснювати це так само розвиваються. Як наслідок, 58-й сесія Marine Environment Protection Committee (MEPC) ІМО у жовтні 2008 г прийняла переглянутий Додаток VI MARPOL - Резолюція MEPC.176 (58). З 1 липня 2010 вона була введена в дію. Прийняті зміни включають прогресивне скорочення викидів SOx із суден, прогресивні скорочення викидів NOx судновими двигунами й переглянуті критерії по областях контролю за емісією (ECAs).

Щодо переходу на інший вид палива, дозволений вміст сірки палива в non-ECAs для, що перебувають в експлуатації судах, повинне бути зменшене

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					Арк
										42
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

Інв. № подп.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата

- до 2018 г, щоб визначити, чи може доступність нафтового палива забезпечити обмеження по змісту сірки на 0,5 % до 2020. А якщо ні, то передбачена можливість того, щоб затримати дату набрання чинності обмеженнями до 1 січня 2025.

Ці області тепер визначаються як зони контролю емісії (ECAs). Додаток III зміненого Додатка VI MARPOL перераховує критерії й процедури для позначення зон контролю емісії. Існуючі SECAs тепер визначаються як ECAs. Для судна, що працює в ЕСА застосовуються наступні обмеження по вмісту сірки:

- позначенням ЕСА для їхніх прибережних вод. Ключові вимоги запропонованих США/Канади ЕСА наступні:

- | | | | | | | |
|----|-----|----------|-------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ | Арк |
| | | | | | | 43 |
| Зм | Арк | № докум. | Підп. | Дата | | |

- 0,1 % сірки на й після 1 січня 2015;
- обмеження емісії NO_x: починаючи з 1 січня 2016, у всіх нових суден повинен бути рівень емісія NO_x відповідно до Рівня III вимог постанови 13 Додатка VI.

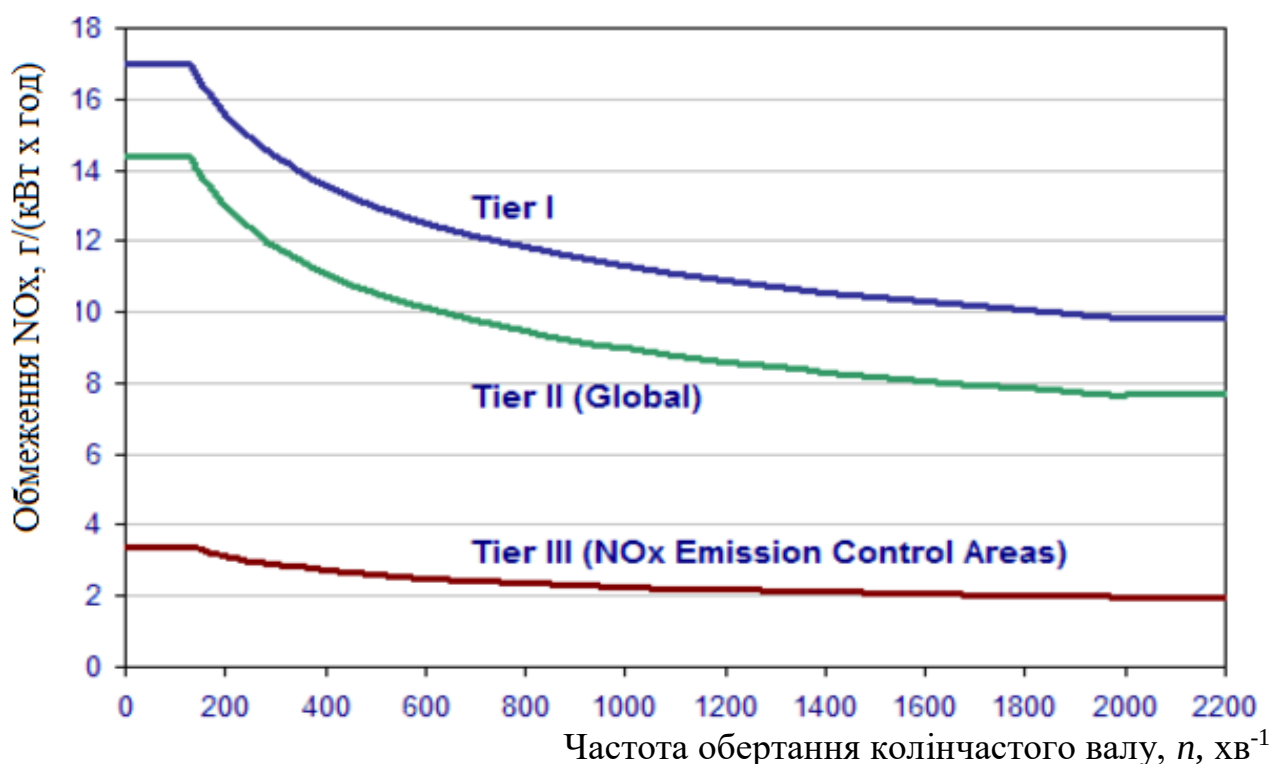


Рисунок 2.5 – Розвиток зміни вимог до обмеження NO_x в залежності від частоти обертання колінчастого валу

Очікується, що судна, які працюють в ЕСА, можуть мати можливість використовувати малосірчане важке паливо, припускаючи, що важке паливо зі змістом сірки нижче 1 % доступно, аж до впровадження 2015 року обмеження на вміст сірки до 0,1 %.

Постанова 14 вимагає, щоб постачальники будь-якого палива в ЕСА, здійснювали документування вмісту сірки відповідно до Постанови 18.

Таке паливо повинне бути відділене від палива з високим змістом сірки. Судна повинні мати на борту письмову процедуру, що вказує, як перемикання палива повинне бути виконане, при цьому забезпечуючи достатню кількість часу для паливної системи на виробіток невідповідного палива.

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ				
Арк				
44				

Дата, час і місце перемикання, вхід і залишення ЕСА плюс обсяг малосірчаного палива в кожній цистерні в такий час повинні бути зареєстровано. Для більш низьких обмежень сірки, що вступили в силу з 1 січня 2015, у цей час доступне тільки паливо типу MGO, яке може мати необхідний низький вміст сірки. У всіх суден, які рухаються транзитом через ЕСА, повинна бути можливість працювати на MGO протягом усього часу, коли судно перебуває в ЕСА.

Системи очищення випускних газів – альтернативні способи задоволення вимог ЕСА, видаляючи шкідливі речовини безпосередньо з газів, що дозволяє використовувати основні сорти палив.

2.2.1.3 Документи, що використовуються при бункеруванні та відбору проб. Постанова 18, зміни МЕРС.176 (58) з датою набрання чинності від 1 липня 2010, містить останні вимоги щодо придатності палива і його якості.

У ньому викладені вимоги до компаній відповідно до MARPOL Додатку VI, які повинні зробити розумні кроки, щоб сприяти доступності палива, яке відповідає Додатку. Так само представлені кроки в зонах керування емісією SO_x, які можуть бути зроблені контролюючими органами й заходами, і які можуть бути прийняті судном, якщо необхідні сорти палива не будуть доступні. Параграф 3 переглянутої Постанови 18 дає певні вимоги по якості й змісту нафтового палива. Відповідно до параграфів 5 і 6 кожне судно повинне одержати й зберігати на борті протягом трьох років накладну бункера від постачальника палива, що містить деталі палива, що поставляється. Форма накладної повинна відповідати зразку, наданим у Додатку V Переглянутого Додатка VI МАРПОЛ.

Відповідно до параграфів 8.1 і 8.2 переглянутої постанови 18 кожна накладна повинна супроводжуватися репрезентативною вибіркою поставленого палива. Зразок повинен бути герметично закритий і підписаний представником постачальника й капітаном або керівником бункеруванням на

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					45

завершенні бункерування. Вони повинні зберігатися на судні строком *не менше ніж 12 місяців*.

Якщо зразок потрібно надати для проведення аналізів, він повинен бути зроблений відповідно до процедури перевірки, сформульованої в Додатку VI переглянутого Додатка VI MARPOL. Аналіз повинен перевірити вміст сірки палива, що поставляється. Зразки повинні залишитися ізольованими, поки не будуть відкриті в лабораторії, яка повинна перевірити й підтвердити кількість печаток проти типової мітки на записі проби. Докладна вибірка й процедура перевірки повинні супроводжуватися лабораторією, як описано в Додатку VI.

2.2.2 Інші регіональні, національні та місцеві постанови

Крім інструкцій, випущених ІМО, області, країни й штат Каліфорнія встановили вимоги до складу палива й обмеження до емісії шкідливих речовин або перебувають у заключному процесі прийняття їх.

2.2.2.1 Інструкції, щодо перебування в портах Європейського Союзу.

ЄС прийняв інструкції, що стосуються вмісту сірки в паливі, використовуваного в його портах. У відповідності зі Статтею 4b Директиви ради 1999/32/ЄС ЕС від 26 квітня 1999, що стосується скорочення вмісту сірки певних рідких видів палива, що й виправляє Директиву 93/12/ЕЕС, як виправлено, застосовані наступні обмеження по вмісту сірки:

- межа вмісту сірки: 0,1 % для морських палив;
- дата набрання чинності: з 1 січня 2010;
- застосовується до всіх типів морського палива, використовуваного суднами в місці стоянки в портах ЄС, якщо затверджена технологія зменшення емісії не використовується, або берегове живлення доступне.

Також застосовується до основних і допоміжних котлів.

Наступні пропозиції від асоціації власників судна щодо їхньої нездатності зустріти дату набрання чинності 1 січня 2010 через

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ				
Арк				
46				

неприступність достатніх частин для модифікації існуючих двигунів, недостатньо навчений персонал, щоб зробити модифікації й прийняття в увагу міркувань безпеки, пов'язаних з переходом на інший вид палива для незмінених двигунів, 21 грудня 2009 Комісія ЄС, випустили рекомендацію країнам-членам ЄС.

Рекомендація призиває, щоб при впровадженні вимог, держави-члени враховували наявність докладних доказів початкових кроків судами, щоб досягти безпечної відповідності Директиві. Держави-члени можуть розглянути існування «затвердженого плану модифікації», оцінюючи штрафи за невідповідні норми емісії із судна.

Комісія також має намір вжити заходів, щоб дозволити перевізникам стиснутого природнього газу (СПГ) використовувати суміші палива, що приводить до емісії двоокису сірки, що дорівнює або нижче, ніж необхідно згідно з Директивою.

Незважаючи на рекомендацію, залишилося до кожної держави-члена ЄС/ЄЕС вирішувати, чи і як вони розв'язали питання на відповідь на Рекомендацію ЄС.

Каліфорнійські Інструкції Ради по Авіаційних ресурсах California Air Resources Board (CARB), під його повноваженнями відрегулювати емісію в державі, здійснив інструкції у двох фазах, що мають відношення до меж змісту сірки й типам палива, яке може використовуватися в Каліфорнійських водах, у такий спосіб:

– дата набрання чинності фазою I: 1 липня 2009

– фаза I Дозволені Межі Сірки й Типи палива: Морське дизельне паливо (ISO 8217, Клас DMB) з межею сірки на 0,5 %, Морського Газойля (ISO 8217, Клас DMA) з межею сірки на 1,5 %. Зверніть увагу на те, що використання важкого палива не дозволене, навіть якщо малосірчане паливо, щоб скоротити викиди макрочасток.

– дата набрання чинності фазою II: 1 січня 2012

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					Арк 47	
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата							

– фаза II: дозволені межі сірки й типи палива: MDO (ISO 8217, клас DMB) або MGO (ISO 8217, клас DMA) з межею сірки на 0,1 %.

– гранична межа: усі каліфорнійські води в 24 морських милях Каліфорнійського побережжя (прибережна границя, як визначено в регулюванні).

– застосовується до всіх типів морського палива, використовуваного суднами. Застосовується до допоміжних котлів, але не до головної котельної енергетичної установки

Навіть при тому, що Каліфорнійські інструкції дозволяють використання MDO, навіть згідно з інструкціями Фази II, звичайно MDO у цей час не доступний з таким низьким змістом сірки, таким чином, суду будуть ефективно використовувати MGO тільки під час Фази II.

2.2.2.2 Американські інструкції ЕРА. Для нових американських суден американське ЕРА здійснило національні інструкції емісії дизельного двигуна, що застосовуються до всіх областей країни.

Ці інструкції ввійшли в силу за кілька років на основі розміру й використання двигуна (наприклад, комерційне ж або використання в рекреаційних цілях). Є три категорії двигунів на основі об'єму циліндрів.

До категорії 1 відносять двигуни з об'ємом менше ніж 5 літрів на циліндр, категорія 2 двигунів, літровий об'єм становить між 5 і менше ніж 30 літрів і категорія 3 двигунів циліндровий об'єм 30 літрів.

Згідно з інструкціями ЕРА, категорія 1 і 2 двигуна поетапно здійснили в межах в 4 рівнях. Уся нова категорія 1 і 2 двигуна повинна тепер відповідати, принаймні, рівню 2 відповідних на американських судах. Рівень ЕРА 2 межі подібний, щоб Розділити II меж на рівні Додатка VI для NO_x, але також і відрегулювати вуглеводні (НС), тверді домішки в атмосфері (РМ) і вугарний газ (СО). Кожний двигун, що зазнає інструкціям, повинен бути наданий випущеним сертифікатом ЕРА, наданим виробником, що вказують його, відповідає необхідним стандартам і типу палива, для якого це сертифікується.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						48

Це – очікувані двигуни, які можуть виконати ці інструкції тільки за допомогою використання MGO, якщо система очищення вихлопного газу не використовується. Так як палива із низьким вмістом сірки, MGO буде використовуватися в цих двигунах. Побічний ефектом є те, що викиди SOx будуть також скорочені, навіть при тому, що не безпосередньо звернений в інструкціях.

Ці інструкції застосовуються до всіх двигунів, побудованих після дати набрання чинності для певного обсягу двигуна, які встановлені на американських флагманських кораблях, незалежно від того, чи є вони в американських водах чи ні, оскільки незаконно мати будь-яке встаткування, або зв'язки на борт цього дозволяє операторові з'єднувати паливо із двигуном, для якого не сертифікується двигун. Рівень ЕРА 3 межі для Категорії 1 двигун здійснюється по періоду часу 2009 - 2014 залежно від зсуву двигуна.

Для Категорії 2 Рівня двигунів 3 інструкції набувають чинності 1 січня 2013 для двигунів менше ніж 15 літрів/циліндри, і 1 січня 2014 для двигуна до 30 літрів/циліндрів.

Нова Категорія 3 двигуна в цей час потрібні ЕРА зустріти Рівень обмежень 1, які ідентичні рівню обмежень МАРПОЛ І. ЕРА установило Рівень обмежень 2 і Рівень 3 для категорії 3 двигуна, які обмежують емісію NOx, подібну МАРПОЛ, але також обмежать емісію НС і СО. Вимоги Рівня 2 повинні бути зустрінутий усіма новими двигунами, що були побудовано починаючи з 2011 і Рівнем обмежень 3 з 2016 р.

ЕРА завершує зміни до програми дизельного палива, яка буде допускати виробництво й продаж сірчистого палива на 0,1 % для використання в Категорії 3 морських суден. Крім того, нові вимоги до палива будуть звичайно забороняти виробництво й продаж морського нафтового палива вище вмісту сірки 0,1 % для використання в більшості американських вод, якщо судно не буде використовувати альтернативні пристрої, процедури або методи дотримання, які досягають еквівалентних скорочень викидів.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					Арк
										49
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

2.2.3 Морські палива

2.2.3.1 Паливні стандарти. Є всесвітньо визнані стандарти, які визначають характеристики нафтового палива й що вони можуть містити так, щоб вони могли використовуватися на борту суден. Найбільше широко використовуваний стандарт - ISO 8217 з останнім випуском, випущеним в 2010 р.

Інші стандарти існують, такі як випущені європейською Міжнародною Радою по двигунах внутрішнього згоряння (CIMAC), британський стандарт BS6843-1:1996 і американське суспільство стандартів по випробуванню матеріалів ASTM D-975.

Часто тип палива, яке може поставлятися судну, обмежене паливом, яке зустрічає певне позначення в одному зі стандартів, звичайно ISO 8217. Звичайно використовувані типи HFO – IFO180 і IFO380, де число вказує максимальну в'язкість у сантистоксах (сСт) при 50 °С. Саме високов'язке паливо згідно ISO 8217 - HFO 700, але навіть при тому, що багатьом судам проектували паливні системи, щоб працювати при цій в'язкості, воно рідко фактично використовується.

У стандарті ISO, у кожному класі в'язкості палива, є підкатегорії, такі як RME 180, RMF 180 і RMH 380, RMC 380, і т.д. У палива з більш низькою останньою буквою є більш низька густина і менше домішок (і звичайно більша вартість).

Вміст сірки в паливах IFO180 і 380 у цей час обмежується 3,5 відсотками відповідно до додатка VI з МАРПОЛ і це обмеження буде прогресивно зменшуватися протягом довгого часу.

У дійсності в більшій частини палива, доступного сьогодні, є більш низький вміст сірки. У деяких областях світу важке паливо зі змістом сірки менше ніж 1,5 відсотків доступно. Це паливо згадується як малосірчане важке паливо (LSHFO). Для деякого LSHFO низький вміст сірки відбувається природно, тому що вихідна сира нафта має низький вміст сірки. В інших

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ				
Арк				
50				

випадках паливо пройшло через технологічні процеси, щоб досягти необхідного рівня сірки.

Морські позначення дистилятного палива згідно ISO 8217 - DMX, DMA, DMВ і DMC. Паливо DMX – паливо типу газойлю з низькою температурою спалаху (мінімум 43 °С). Воно використовується тільки в спеціальних заявках; на судах. У всього іншого морського дистилятного палива, з міркувань безпеки, є мінімальна точка спалаху 60 °С. Паливо сорту DMC також широко не використовується, оскільки воно подібне сорту DMВ, але з більш високою густиною й більшою кількістю домішок і таким чином, має малий попит. Паливо MDO означає паливо, яке відповідає стандарту DMВ, і паливо MGO означає паливо, яке відповідає стандарту DMA.

Стандарт Американського суспільства по випробуванню матеріалів ASTM D-975 впливає на дистилятне паливо, доступне в Північній Америці, тому що більша частина дистилятного палива споживається автомобільними й стаціонарними двигунами, і паливо, продане на той ринок, підготовлене у відповідності стандарту ASTM. Те ж паливо, продане на морському ринку, відповідає найближчому стандарту ISO.

Найбільш використовуваним паливом, яке відповідає ASTM і використовуване на судах, є дизельне паливо № 2, яке подібно класу DMA ISO 8217. У цей час є три стандарти, що регламентують вміст сірки в дизельному паливі № 2: S15, S500 і S5000, де число вказує вміст сірки в частинах на мільйон.

У відсотках вміст сірки становить 0,0015 % (також відомий як ultra low sulfur diesel (ULSD)), 0,05 % ((low sulfur diesel) і 0,5 % (regular diesel) відповідно.

2.2.3.2 Вміст сірки і діапазони в'язкості. Нові обмеження на вміст сірки впливають на типи палива, яке може використовуватися на судах, і в такий спосіб корисно встановити значення максимум/мінімум і типові

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						51

Так як автомобільні двигуни використовують тільки паливо ULSD, двигуни й елементи паливної системи можуть бути розроблені на основі їх характеристик. Ситуація відрізняється для суднових двигунів, тому що вони, як правило, розробляються, щоб звичайно експлуатуватися на більш високов'язкому паливі з більш високою маслянистістю. Це означає, що періодична робота таких двигунів на паливі ULSD має потенційну небезпеку пошкодження. Проектування паливних систем і двигунів, щоб експлуатувати й на морських паливах і на ULSD є викликом для виробників двигуна й судновим механікам і може зменшити витрату палива й підвищити ефективність двигунів у майбутньому.

2.2.5 Вимоги якості палива для ГД і АДГ. Виробники дизельних двигунів встановлюють діапазон в'язкості палив, при яких можна експлуатувати двигун.

Вони включають мінімальну й максимальну в'язкість, які застосовуються до палива в ПНВТ. Для важкого палива з високою в'язкістю необхідна в'язкість досягається нагріванням палива. Для дистилятного палива при температурі навколишнього середовища звичайно є в'язкість у зазначених межах. Низькосірчані палива мають тенденцію мати в'язкість поруч або в нижніх межах дозволеної в'язкості, і основне питання стає, не чи мають вони менше значення в'язкості, ніж установлене для ПНВТ.

Типові мінімальні рівні в'язкості для різних типів двигуна згадані нижче. З виробниками двигунів потрібно консультуватися по обмеженнях, застосовуваних до будь-якого певного двигуна, оскільки мінімальні межі в'язкості дійсно варіюються між виробниками двигунів і типами двигуна від того ж виробника:

– дизельні МОД (крейцкопфні, з частотою обертання менше ніж 400 хв^{-1}): 2 сСт – типова мінімальна паливна в'язкість;

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата

Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ	Арк
						53

– дизельні СОД (тронкові з номінальною частотою обертання 400 хв-1 менше ніж до 1400 хв⁻¹): 1,8 до 3,0 сСт мінімальна в'язкість залежно від виробника й типу;

– дизельні ВОД (тронкові із частотою обертання 1400 хв-1 і вище): 1.4 до 1,5 сСт мінімальна в'язкість, для двигунів, що розроблені для використання палива DMX (1,4 сСт min), а також палива DMA (1,5 сСт min)/

Важливо відзначити, що ці мінімальні в'язкості – значення в ТНВД при фактичній температурі палива а не номінальної в'язкості при стандартних умовах при 40 °С.

Тому, що в низькосірчаних паливах значення в'язкості близько до дозволених мінімумів, температурою палива потрібно управляти. Якщо, наприклад, паливо DMA з в'язкістю на більш низькому рівні дозволеного діапазону 2 сСт при 40 °С використовується у МОД, температура палива у двигуні повинна бути збережена нижче 40 °С у кожному разі.

Є багато обставин, коли паливо може легко бути вище цієї температури, наприклад під час і відразу після перемикавання від використання HFO, під час теплої погоди й від нагрівання, яке відбувається під час рециркуляції палива через прогрітий двигун і назад до змішувальної цистерни. У минулому це не було проблемою з кількох причин. Судна звичайно використовували важке паливо від «пірса до пірса» і тільки іноді переходили на морське дизельне паливо (MDO) протягом коротких проміжків часу. Крім того, звичайно у доступного MDO була в'язкість при 40 °С (стандартна умова), яка була достатньо вище 2 сСт по типовому діапазону температур, що існують у ПНВД, і в'язкість залишилася вище 2 сСт, навіть коли температура перевищила 40 °С.

У майбутньому, коли судна працюють в ECAs під майбутніми дуже низькими вимогами по змісту сірки, можуть потенційно бути дні роботи на паливах DMA. Звичайно сорти палива DMA поставляють з в'язкістю близько до мінімального значення 2 сСт впри 40°C, і в такий спосіб будь-яке підвищення температури палива вище 40 °С приведе значного пониження в'язкості у двигуні з потенційно несприятливим впливом.

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					54

2.3 Вплив низькосірчаних палив на технічний стан судових двигунів внутрішнього згоряння

Потенційний вплив низької в'язкості низькосірчаного палива на дизельних СДВЗ. Використання низькосірчаного високов'язкого палива може потенційно привести до декількох несприятливим впливам на дизельні двигуни, як обговорено нижче.

Низька в'язкість. Потенційні ефекти палива із занадто низькою в'язкістю або через придбання невідповідного палива або через занадто високу температуру палива наступні.

1. Зменшена ефективність змащення. Більш низька в'язкість зменшить товщину плівки між плунжером паливного насоса й корпусом і в паливних форсунках, що приводять до надмірного зношування й можливого заклинювання і відмови паливного насоса. Спеціальні насоси упорскування палива можуть бути доступними, які більш підходять для цього типу палива, такі як покриті насоси карбідом вольфраму, або система змащення паливного насоса може бути встановлена. Будь-які нові типи установленого встаткування для вприскування палива, щоб розв'язати проблеми змащення, повинен сертифікувати виробник двигунів, що підтвердить відповідність двигуна стандартам емісії й можуть зажадати періодичної атестації двигунів.

2. Втрата здатності подачі й перекачування палива насосом через його низьку в'язкість що просочується навколо роторів, перешкоджаючи тому, щоб судно розвинуло повну потужність.

3. Витік палива через втулку паливного насоса й плунжер і впускні й випускні клапани на МОД. Цей витік може привести до більш високої позиції індикації положення паливної рейки й може зажадати коректування регулятора для тривалої роботи на паливі низької в'язкості.

4. Існуюча система очищення може не підійти для палив з низькою в'язкістю й низькою питомою вагою. Очищення MGO не завжди потрібно, але іноді рекомендується. Зробити так може зажадати, щоб установка окремого

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата
такі як покритті насосів карбідом вольфраму, або система змащення паливного насоса може бути встановлена. Будь-які нові типи встановленого встаткування для впорскування палива, щоб розв'язати проблеми змащення, повинен сертифікувати виробник двигунів, що підтвердить відповідність двигуна стандартам емісії й можуть зажадати періодичної атестації двигунів. 2. <i>Втрата здатності подачі й перекачування палива насосом через його низьку в'язкість що просочується навколо роторів, перешкоджаючи тому, щоб судно розвинуло повну потужність.</i> 3. <i>Витік палива через втулку паливного насоса й плунжер і впускні й випускні клапани на МОД.</i> Цей витік може привести до більш високої позиції індикації положення паливної рейки й може зажадати коректування регулятора для тривалої роботи на паливі низької в'язкості. 4. <i>Існуюча система очищення може не підійти для палив з низькою в'язкістю й низькою питомою вагою.</i> Очищення MGO не завжди потрібно, але іноді рекомендується. Зробити так може зажадати, щоб установка окремого				
Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ				Арк
				55

сепаратора MGO і окремої трубопровідної системи забезпечувала паливну сегрегацію.

5. При роботі на низьков'язких MGO, один із способів зберегти в'язкість вище мінімального значення 2 сСт (або незалежно від того, що зазначений мінімум виробником двигунів) у ПНВТ базується на тому, щоб *установити паливний кулер*, який збереже температуру палива нижче 40 °С. Це необхідно застосовувати для роботи в літніх і тропічних умовах починаючи з температури навколишнього середовища в МВ, і паливні цистерни можуть бути вище цієї температури. Паливний кулер, який використовує центральну систему охолодження прісної води (FW) може не відповідати, оскільки охолоджувальна вода звичайно має температуру заданої величини 36 °С до 38 °С і може не забезпечити достатнє охолодження, якщо паливо повинне бути збережене нижче 40 °С. У цьому випадку додавання більш холодної речовини до кулеру може знизити температуру палива на приблизно до 20...25 °С і буде ефективним при підвищенні в'язкості вище необхідного мінімуму.

Є кілька розташувань, де кулер може бути встановлений у системі паливопідготовки. У першому випадку можлива установка кулера в зливній магістралі від двигуна до змішувального танка, щоб відібрати тепло, додане до палива під час рециркуляції через двигун. Цей спосіб є ефективним, якщо вихідне паливо має правильну температуру, і тільки необхідно зменшити нагрівання палива, від повернутого палива до змішувального бака. Цей спосіб дозволяє паливу, що поставляється до двигуна поступово знижуватися в температурі, тому що охолоджене паливо змішане з більш теплим паливом у змішувальному баку спочатку. Розташування кулера альтернативного палива на паливопроводі до двигуна. При цьому способі безпосередньо управляють температурою палива, яке подається до двигуна, і це більш ефективно при остиганні палива нижче 40 °С, тому що немає ніякого тепла від джерела палива й насоси зворотної подачі встановлені після кулера. Температурою палива з кулера можна управляти, якщо середні значення коректування потоку охолодного середовища (температурним датчиком на лінії виводу палива)

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					Арк
										56
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

надані. У такий спосіб температура палива може поступово приноситися до бажаної температури під час переходу на інший вид палива. Різкого зниження температури палива потрібно уникнути. Кулери дизельного палива для котлів подібні в концепції як і для дизельних двигунів. Див. ілюстрацію нижче для типової холодильної установки з кулером на паливопроводі подачі до ГД.

Низький вміст сірки. Потенційні ефекти палива з дуже низьким вмістом сірки наступні:

1. Загальне лужне число (Base Number) мастила не відповідає кислотності палива. Це особливо стосується МОД, у яких є система циліндрового змащення. Через більш високі рівні кислоти, сформованої на циліндровій втулці при використанні традиційного важкого палива із вмістом сірки 2 % або вище, судна з МОД звичайно працюють із циліндровими маслами з BN близько 70. Однак цей BN невідповідний для низькосірчаних палив зі вмістом сірки менше ніж 1,5 % і, зокрема для ULSD зі вмістом сірки 15 ppm. Для розширеної роботи з низькосірчаним паливом і 70 BN циліндрових масел існує небезпека твердих відкладань кальцію, що формуються на гільзах циліндра. Причина цього полягає в тому, що лужні з'єднання, такі як солі кальцію використовуються, щоб нейтралізувати сірчану кислоту, сформовану на циліндровій втулці при використанні високосірчаного палива й, якщо буде перевищення кількості лугу, у порівнянні з кількістю нейтралізованої кислоти, то відбудуться відкладання лужних з'єднань. Тверді відкладання можуть привести до полірування ЦВ, відкладанню лаків і раптовому серйозному зношуванню ЦВ. Для короткострокової роботи на низькосірчаному паливі (від кількох днів до одного тижня) тривала робота з BN 70 циліндрових масел загальноприйнята виробниками двигунів, якщо темпи змащення циліндрового масла збережені на мінімальних рівнях. Для довгострокової роботи на низькосірчаному паливі необхідно перейти на масла зі зниженими BN 40 або 50 од. Довгострокова робота на паливах з дуже низьким вмістом сірки вимагає ретельного підбору циліндрового масла, включаючи склад й миючі властивості до фактичних умов експлуатації

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ

Арк

57

двигуна. З виробниками двигунів потрібно консультиватися, якщо цей тип роботи запланований.

Якщо двигун переводиться на роботу на циліндровому маслі з низьким BN і потім працює на високосірчаному паливі, ризик існує формування надмірної кількості кислоти й швидкого зношування гільзи циліндра. Для тронкових ДВЗ також важливо ретельно вибрати правильне мастило, якщо робота й з HFO і з ULSD бажана. У випадку дійсно розширеної роботи на подвійному паливі система дренажу/поповнення або установка двигунів, що використовують один тип палива й інша установка з іншим застосовуваним типом палива можуть бути необхідними.

2. Більш складне очищення низькосірчаного палива, включаючи процес зменшення вмісту сірки, може привести до погіршення властивостей запалення й характеристик згоряння. Це особливо впливає на середньо- і високообертових дизельних двигунів, які більш чутливі до цієї якості. Дослідження повинні в стадії реалізації зрозуміти це явище краще.

Знижена змащувальна здатність: у низькосірчаних палив, особливо палива ULSD, може бути низька змащувальна здатність. Причина цього полягає в тому, що сірка в хімічній комбінації з іншими компонентами нафтового палива має змащувальний ефект. Відсутність змащувальних властивостей може привести до заклинювання й задирів ПНВТ, що викликані низькою в'язкістю. Стандарт ISO 12156-1 пропонує метод випробувань змащувальних властивостей палив, і можна вимагати виконати цей тест постачальниками палива. Якщо результати випробувань показали зовнішні звичайно використовувані межі, тобто 460...520 мкм, від постачальників палива можна вимагати додати противозносну присадку. Увага повинна бути приділена, впливу присадки на емісію двигуна.

Низька питома вага. У низькосірчаних і низьков'язких палив як правило менша густина у порівнянні з важким паливом. Це приведе до меншої кількості енергії на обсяг палива й у такий спосіб зажадає, щоб більша кількість палива поставлялася двигуну, щоб підтримати еквівалентну

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	Знижена змащувальна здатність: у низькосірчаних палив, особливо палива ULSD, може бути низька змащувальна здатність. Причина цього полягає в тому, що сірка в хімічній комбінації з іншими компонентами нафтового палива має змащувальний ефект. Відсутність змащувальних властивостей може привести до заклинювання й задирів ПНВТ, що викликані низькою в'язкістю. Стандарт ISO 12156-1 пропонує метод випробувань змащувальних властивостей палив, і можна вимагати виконати цей тест постачальниками палива. Якщо результати випробувань показали зовнішні звичайно використовувані межі, тобто 460...520 мкм, від постачальників палива можна вимагати додати противозносну присадку. Увага повинна бути приділена, впливу присадки на емісію двигуна. <i>Низька питома вага.</i> У низькосірчаних і низьков'язких палив як правило менша густина у порівнянні з важким паливом. Це приведе до меншої кількості енергії на обсяг палива й у такий спосіб зажадає, щоб більша кількість палива поставлялася двигуну, щоб підтримати еквівалентну	
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ	Арк
						58

потужність. Це може бути проблемою для 4-тактних ДВЗ, де відмінність у кількості подаваного палива двигуну, може бути порядком 6...15 %, також розглянувши збільшений витік у паливних насосах. Регулятори двигуна й автоматизація повинні вміти коректуватися до змін у позиції паливної рейки й настроюваннях регулятора. Ця ситуація погіршена на більш старих двигунах зі зношеними ПНВТ.

Несумісність палива. Змішування двох типів палива може привести до ризику несумісності між цими двома паливом, особливо змішуючи важке паливо й низькосірчане дистилатне. Якщо несумісність дійсно відбувається, вона може привести до засмічення паливних фільтрів і сепараторів і заклинюванню ПНВТ, усе з яких можуть привести до втрати потужності або навіть зупинку енергетичної установки, ставлячи судно під загрозу. Проблеми сумісності можуть бути викликані відмінностями в резервах стабільності паливних сумішей. Паливо НФО, як правило, має високі ароматичні рівні й містить асфальтени. Якщо рівень стабільності НФО низький, можуть бути труднощі при змішуванні із більшою кількістю парафінових, низькосірчаних палив, і як наслідок асфальтени можуть прискорити утворення через змішування важкий відстій, викликавши засмічення.

На судах доступні набори для тестування, які можуть використовуватися коли проводиться бункерування НФО і низькосірчане паливо.

Низькосірчане важке паливо. Там, де вміст сірки повинний бути від 1 до 1,5 %, низькосірчане важке паливо (LSHFO) може бути недоступним у деяких областях. У минулому вони звичайно виготовлялися нафти з низьким вмістом сірки, але для нафтопереробних заводів можливо встановити модулі для зменшення вмісту сірки, щоб досягти низького вмісту сірки. Ці модулі дорогі, і цей метод може не набути широкого використання. Якщо LSHFO створюється модулем для зменшення вмісту сірки, вміст ароматичних вуглеводнів може бути зменшено, що може привести до більш низьких резервів стабільності й понизити стабільність палива.

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						59

Наслідками цього є збільшення несумісності палив при змішуванні з НФО під час перемикавання палив. Процес по зниженню вмісту сірки може також привести до додаткових якісних проблем, таким як погіршення самозапалювання й труднощі зі згорянням і збільшення кількості каталітичних присадок. Крім того, коли LSHFO приймають на борт для використання в ЕСА, що вимагає Додаток VI МАРПОЛ, воно повинне зберігатися й проходити очищення окремо від постійно використововуваного НФО.

Це може зажадати змін трубопроводу до перекачування палива й системі очищення.

2.4 Експлуатація суднових дизельних двигунів на важких і дистилятних паливах

Із тих пір, як ера дорогого палива почалася в 70-х роках, судна були звичайно призначені, щоб використовувати насамперед більш дешеве важке паливо (MDO), використовуваним іноді для допоміжних двигунів меншого розміру й при тривалих зупинках. Поняття «unifuel», де все основне машинне встаткування працює на НФО, було широко прийняте, як ціни на паливо збільшилися в останні роки.

Однак вимоги до зменшення сірки й емісії макрочасток, що тепер входять у силу, зажадають використання дистилятних палив.

Як обговорено в попередній секції, енергетичні установки, розроблені для роботи на важкому паливі, не можуть бути прийняті для тривалого використання на морському газойлі (MGO). Важливо перевірити придатність кожного компонента в паливній системі й паливному пристрої кожного двигуна й котла на діапазон застосовуваних палив. Також важливо підготувати перемикавання палив і процедури, що стосуються цього діапазону палив. Без цих дій є реальна небезпека ушкодження допоміжних механізмів, двигунів і котлів і їх компонентів, відсутності необхідної потужності, що є

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ

Арк

60

доступної й можливою втратою руху або генерування енергії в критичні часи під час маневрування судна, поміщаючи судно в середовище небезпеки.

Приведемо деякі ключові пункти, які потрібно розглянути й звернутися в процедурі переходу на інший вид палива. Затверджена система очищення відпрацьованих газів дозволена деякими інструкціями як альтернатива використанню переданих під мандат типів палива.

Проблеми, що звичайно відбуваються, які виникають у перемиканні до роботи на морському газойлі (MGO), висунуті на перший план, включаючи рекомендації й вимоги ABS.

Для нових проектів увага повинна бути приділена злиттю електронного керування подачею палива й паливних пристроїв прямого упорскування палива, що дозволяють двигуни спалити велику різноманітність палива більш ефективно, привівши до більшої потужності, більш чистої емісії й збільшеної економії палива.

Потрібно також відзначити, що увага повинна бути приділена дотриманню Додатка VI МАРПОЛ, так як будь яка зміна впливає на процес згоряння. Будь-які нові встановлені компоненти повинні були бути перевірені, щоб продемонструвати їхню придатність як припустимі альтернативні компоненти NO_x або настроювання тієї певної групи двигуна або сімейства дизелів. Виробник двигунів повинен підтвердити, що модифікація була покрита конфігураціями, використовуваними під час тестування викидів двигуна. Інакше додаткове тестування може вимагатися.

2.4.1 Пропозиції ABS для переходу на інший вид палива

Як керівництво власникам і операторам суден ABS випустив дві Примітки дотримання переходу на інший вид палива, один для двигунів і один для котлів. У Примітках запропоновано, щоб усі власники, судна яких призначені, щоб працювати в областях, де необхідно використовувати низькосірчане паливо, виконали наступні заходи.

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ	Арк
						61
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

1. Підготуйте оцінку й аналіз ступені ризику включаючи консультацію з виробниками, яка обрисовує загалом проблеми й ризики, пов'язані з роботою судна на низькосірчаному паливі.

Цей аналіз повинен охопити усю паливну систему і її компоненти, двигуни, котли й системи керування. Використовуючи тільки двигун або пораду виробника котла щодо їхнього встаткування може не бути достатнім, оскільки в інших компонентів у системі можуть бути проблеми, які повинні бути вирішені. Може бути бажане проконсультуватися з фахівцями в цій області. Перевірте на будь-яке обслуговування або вимоги по техобслуговуванню, які рекомендуються при використанні MGO. Копія звіту повинна зберігатися на борту для довідки будь-якою зацікавленою стороною.

2. Підготуйте докладну процедуру переходу на інший вид палива (або керівництво) після консультацій з виробниками двигунів/машинного встаткування й помістіть його на борту.

Включайте будь-які необхідні перевірки або графіки ТО. Особливе навчання команди в процедурах. Оскільки це є проблемою безпеки, копія цієї процедури повинна бути збережена на борту, і її доступність може бути перевірена під час аудитів ISM.

3. Консультуйтеся з постачальниками палива, щоб вибрати й одержати належний MGO на борт (з в'язкістю в або вище мінімуму, що підходить для машинного встаткування на борт).

4. Ущільнення системи, прокладки, фланці й інші деталі повинні ретельно зберігатися, тому що паливний витік може відбутися через низьку в'язкість MGO.

5. Системні очисники, фільтри й сітки повинні обслуговуватися.

6. Системи керування включаючи попередження, передавачі, індикатори, і т.д., повинні бути перевірені й запущені в роботу.

7. Навчання команди (початковий і періодичний) повинні бути проведені. У процес їх навчання потрібно ввести систему оцінок.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					Арк
										62

8. Циліндрове змащення повинне бути ретельно перевірено, щоб перевірити на високе споживання, викликане відкладанням лаків на поверхні циліндрових втулок.

9. Будь-який перехід на інший вид палива повинен бути закінчений перед входом у порти або вузкості, щоб запобігти ризикам для судна у випадку неправильного функціонування під час переходу на інший вид палива.

Для власників, що бажають документальний доказ, вони працюють відповідно до нових інструкцій, ABS підготовлено випустити сертифікати Заяви факту (SOF). Вони зажадають огляду Сервіора ABS, і ABS перевірить, що судно виділило резервуари для зберігання низькосірчаного палива, паливні трубопровідні системи, що підходять для його використання, які підтримують сегрегацію від іншого палива, і має операційні процедури і для його використання.

2.4.2 Вимоги ABS, застосовні до переходу на інший вид палива

В ABS є певні вимоги, які застосовуються до процесу переходу на інший вид палива й будь-яким модифікаціям, зробленим до компонентів двигуна й паливу.

1. Якщо оцінка конструкції, виконана для роботи на MGO, ідентифікує які-небудь модифікації судна і його машинного встаткування, то звіт повинен бути представлений разом із планами модифікації й даними в застосовний Технічний Офіс ABS.

2. Оцінка конструкції повинна ідентифікувати сценарії потенційної небезпеки, пов'язані з аспектами запропонованих модифікацій. Проблемами, які розглянуть, є процес переходу на інший вид палива, властивості палива й обробка, сумісність палив, запуск двигуна й інші відповідні проблеми. Аналіз повинен покрити перехід на інший вид палива до й від HFO і MGO, проблеми, які виникають при маневруваннях, реверсуваннях, тривалих простоях і пусках

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
										63
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					

двигунів у порту. Потенційні погрози включають, але не обмежені, втратою руху, відключення живлення, відмовами запуску двигунів і пожежі й вибухи.

3. Будь-які зміни в конструкції повинні відповідати рекомендаціям оригінального виробника, коли це можливо. Компетентне підприємство крім виробника може використовуватися для модифікацій конструкції за умови, що підприємство визнане оригінальним виробником і/або готове почати повну відповідальність за змінений дизайн.

Будь-які модифікації до існуючих установок включаючи трубопровідні системи, системи керування, устаткування й деталі піддаються аналізу ABS і схваленню для оцінки конструкції й огляду. Будь-які нові паливні насоси необхідно сертифікувати ABS. Усі модифікації повинні бути виконані відповідно до затверджених креслень і деталями для прийняття Інспекторами Регістру.

2.4.3 Керівництво для процедур переходу на інший вид палива

Проблеми, пов'язані з переходом на інший вид палива, унікальні для кожного судна і його умови, таким чином, немає ніяких універсальних процедур, які можуть бути застосовані до всіх або навіть більшості судів. Однак є певні загальні принципи й процедури, які застосовуються до більшості судів і розуміючи, що вони будуть корисні в розроблюванні способу переходу на інший вид палива для будь-якого певного судна. Це настійно рекомендоване, це добре продумало паливну процедуру або керівництво бути розвиненим компетентними й досвідченими людьми для будь-якого судна, яке рухається транзитом у водах, які вимагають використання малосірчаного палива так, щоб перехід на інший вид палива міг бути виконаний безпечно без ризику для команди, судна або середовища. Це є вимогою Додатка VI МАРПОЛ, Постанови 14 (6) для суден, що входять і що залишають ЕСА.

Машинна команда повинна бути добре навчена в тому, як використовувати процедуру й знаючи про будь-які проблеми безпеки, які можуть виникнути і як відповісти на них. Будь-які нові члени екіпажу, що

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
										64
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					

приєднуються до судна, повинні бути навчені до їхньої участі в процесі переходу на інший вид палива. Належне впровадження переходу на інший вид палива й надійна робота енергетичної установки протягом часу перемикання й у той час як робота на низькосірчаному паливі дуже важлива, тому що вимога, щоб впливати на низькосірчані палива звичайно застосовне до портів і прибережним вод, де є найбільший ризик для судна й середовища від втрати або зменшення потужності пропульсивного комплексу судна.

Те, де перехід на інший вид палива потрібно для роботи в прибережних водах, таких як у Каліфорнії, краще виконувати це, перш ніж судно ввійде в переповнені й обмежені канали й області порту або де є більш високий ризик посадки на мілину або зіткнення.

Де робота на паливах із низьким вмістом сірки потрібна тільки після швартування судна в порту, як у цей час у ЄС, тоді, перехід на інший вид палива може безпечно бути виконаний у порту під час або на якірній стоянці.

Наступні важливі кроки й проблеми, які потрібно розглянути в підготовці процедури переходу на інший вид палива.

1. Виконати оцінку паливної системи на борті судна компетентними людьми й визначити, що необхідно зробити, щоб працювати безпечно й ефективно на низькосірчаному паливі.

2. Розглянути умови зберігання палива, відстійний резервуар і розташування видаткової цистерни. Це дасть можливість визначити, чи може перехід на інший вид палива бути зроблений, роздільно або змішуванням палив. Поділ палива є кращим методом, оскільки це дозволяє набагато більш швидко перемикавання, і там менш потенційне для проблем сумісності. Сегрегація може бути виконана на судах, у яких є окреме зберігання палива, відстійні резервуари й видаткові цистерни. У більшості суден, побудованих після 1998 р., через нові вимоги SOLAS, є подвійні видаткові цистерни й більше ніж два резервуари для зберігання, таким чином, можливість для сегрегації існує. У багатьох випадках друга видаткова цистерна - цистерна дизельного палива й не цистерна важкого палива.

Підп. і дата	Інв. № дубл.	Взам. інв. №	Підп. і дата	Інв. № подп.	Зм Арк № докум. Підп. Дата
1. Виконати оцінку паливної системи на борті судна компетентними людьми й визначити, що необхідно зробити, щоб працювати безпечно й ефективно на низькосірчаному паливі. 2. Розглянути умови зберігання палива, відстійний резервуар і розташування видаткової цистерни. Це дасть можливість визначити, чи може перехід на інший вид палива бути зроблений, роздільно або змішуванням палив. Поділ палива є кращим методом, оскільки це дозволяє набагато більш швидко перемикання, і там менш потенційне для проблем сумісності. Сегрегація може бути виконана на судах, у яких є окреме зберігання палива, відстійні резервуари й видаткові цистерни. У більшості суден, побудованих після 1998 р., через нові вимоги SOLAS, є подвійні видаткові цистерни й більше ніж два резервуари для зберігання, таким чином, можливість для сегрегації існує. У багатьох випадках друга видаткова цистерна - цистерна дизельного палива й не цистерна важкого палива.					ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ Арк 65

Це працює добре у випадку застосування низькосірчаного палива MDO або MGO, але не у випадку застосування низькосірчаного палива - LSHFO. Однак, оскільки припустимі межі сірки прогресивно зменшуються, стає більш імовірно, що низькосірчане паливо буде MGO та факт, що переважно друга видаткова цистерна для дизельного палива. Це вигідно, щоб також мати окремі відстійні резервуари, щоб повністю підтримати паливну сегрегацію в кожному разі, якщо LSHFO використовується. Наявність окремих паливних систем значно спрощує процес перемикання й знижує ризик і зусилля команди, оскільки перемикання зроблене, змінивши положення клапану або клапанів, які поставляють паливо насосам подачі палива для двигуна або котла.

Процес перевірки перемикання також набагато більш простий з окремою системою, оскільки час для перемикання клапана може бути легко зареєстровано, і час, щоб скинути паливну систему з новим паливом вимагає максимум декількох годин.

3. Судно, у якого немає можливості розташування цистерни, яка дозволяє сегрегацію палива поза резервуарами для зберігання, повинне буде розробити способи для паливного змішування. Один спосіб зробити це повинне зменшити рівень у відстійному резервуарі приблизно до 20 відсотків перш, ніж заповнитися альтернативним паливом. Із цією домовленістю, до декількох днів роботи може бути необхідний перш, ніж увійти в ЕСА, щоб зменшити рівень сірки в паливній суміші до необхідного рівня. Це може привести до високого споживання дорогого низькосірчаного палива, таким чином, міркування повинне бути зроблене до установки окремої паливної системи на будь-якому судні, яке регулярно робить рейси в районах, де потрібно низькосірчане паливо.

4. До початку переходу на інший вид палива звичайно рекомендується зменшити потужність судна до рівня, позначеного в процедурі переходу на інший вид палива. Як правило, це - рівень потужності від 30 до 70 % MCR, залежно від специфічних особливостей енергетичної установки.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					66

5. Запобігання теплового удару в паливній системі є одним із критичних елементів, які розглянуть у процедурі переходу на інший вид палива. Виробники двигунів звичайно пропонують експлуатацію на максимальному дозволеному рівні зміни температури в паливних системах, таких як звичайно використовуваний рівень 2°C/хв. Як приклад того, як визначити час для переходу на інший вид палива, якщо судно використовує HFO, що нагріте до температури приблизно 150 °C до насосів уприскування палива, і перемикається на MGO при температурі 40°C, – різниця температур 110 °C. При цих умовах і допустимому рівні зменшення температури палива в 2 °C/хв, процес переходу на інший вид палива повинен відбуватися мінімум 55 хвилин, щоб відбуватися безпечно. Використовують час переходу дещо більше, ніж мінімальний час, щоб запобігти короткостроковим швидким змінам температури під час процесу, який може не складатися із плавної зміни температури. Є кілька труднощів, які можуть відбутися при керуванні рівнем зміни температури, щоб розширити час, як бажаний.

а) Багато суден виконують перехід на інший вид палива, вручну змінюючи положення 3-хходового клапана. Це негайно змінює джерело палива і якщо перехід на інший вид палива зроблений на потужних рівнях, паливна зміна виконана за відносно короткий період часу, оскільки паливо циркулює дуже швидко через змішувальний бак. Швидка зміна від HFO до MGO може привести до перегріву MGO породження швидкої втрати в'язкості й можливої появи повітряної пробки в паливній системі.

Занадто швидка зміна від негарячого MGO до HFO може привести до надмірного охолодження HFO і надмірної в'язкості в паливних форсунках, знову викликавши втрату потужності й можливу зупинку дизеля. Якщо єдиний багатоходовий клапан наданий, рекомендується виконати перехід на інший вид палива із двигуном на рівнях низької потужності, таким чином, зміна палива відбудеться поступово, щоб залишитися в температурному темпі меж зміни.

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ				
					Арк				
					67				

При бажанні, щоб зробити перехід на інший вид палива на більш високих рівнях потужності, систему переходу на інший вид палива, імовірно, прийде змінити, включаючи можливу установку автоматизованої паливної системи перемикавання, яка змінює паливо синхронізованим і відрегульованим способом. Такі автоматизовані системи тепер пропонуються деякими виробниками двигунів і постачальниками встаткування паливної системи.

б) Підігрівники палива й супутники повинні бути виключені або включені керованим способом під час процесу переходу на інший вид палива. У більшості суден є система керування в'язкості, яка управляє теплопостачанням до паливних попередніх нагрівачів, розташованих у системі подачі палива. Ця система скорегує теплопостачання до попередніх нагрівачів, коли в'язкість палива змінюється під час перемикавання. Однак, коли перехід на низьков'язке паливо закінчений, потреби теплопостачання, які будуть виключені й усі парові супутники, повинні також бути виключені під час перемикавання, при переході на низьков'язкі сорти палив.

с) Перемикаючись від гарячого HFO до MGO, компоненти двигуна й паливо в змішувальному баку збережуть тепло під час процесу перемикавання й оскільки усе ще з'єднання гарячого палива стає більш чистим MGO є реальна небезпека «заповітрявання», що відбувається в бустерних насосах, що змушують двигун зупинитися. Температура палива повинна бути перевірена під час цього процесу, та надано достатню кількість часу, щоб охолонути перед роботою чистого MGO. У цьому випадку паливні кулери можуть бути актуальними до використання.

6. Сумісність паливних сумішей - проблема, як обговорено в секції на Морському Паливі.

Під час процесу переходу на інший вид палива паливні фільтри, сита й змішувальні цистерни повинні бути ретельно перевірені на докази засмічення й надмірного формування відстою. Це - одна причина, що перехід на інший вид палива найкраще зроблений загодя у відкритих водах, вільних від небезпек.

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк	
										ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ	68
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата							

7. Якщо паливний теплообмінник установлений, включіть його й акуратно відкрийте клапани теплообмінника, контролюючи температуру палива, щоб запобігти надмірному рівню охолодження. Змінюючись від охолодженого MGO до гарячого HFO, кулер може звичайно обходитися й відключатися на початку процесу.

8. Очисники повинні бути перерегульовано, щоб задовольнити вимогам нового палива. Упевніться, що трубопроводи на лінії усмоктування й нагнітання з'єднані до відповідних до цистерн. Працюючи на MGO, окремий сепаратор може бути в дії.

9. Якщо встановлені охолоджувані паливні форсунки, їх охолодження можливо, повинне бути виключене або включене під час переходу на інший вид палива. Після перемикаання на MGO може бути необхідне відключення охолодження паливних форсунок, щоб запобігти переохолодженню палива, якщо двигуном будуть управляти протягом тривалих періодів часу на MGO. Якщо охолодження було виключено, то воно повинне бути включене знову, перемикаючись на гаряче паливо HFO. Консультуйтеся з виробником двигунів щодо цього пункту.

10. Контролюйте температуру двигуна і його компонентів, щоб перевірити, що вони зберігаються при нормальних робочих температурах. Відрегулюйте або перезавантажите встаткування керування двигуном, таке як клапани регулювання, температурні датчики, контролер в'язкості, і т.д., у міру необхідності, щоб урахувати новий тип палива, де це не зроблене автоматично. Оскільки досвід отриманий з переходом на інший вид палива, там буде краще розуміти якої потреби бути скоректованим і перевіреном під час процесу перемикаання й під час тривалої роботи з MGO.

Процедури переходу на інший вид палива повинні бути скоректовані, щоб мати можливість діагностувати проблеми.

11. Один раз головна енергетична й генераторна установки стабілізовані на новому паливі, і все компоненти при нормальних робочих температурах, рухова установка повинна могли бути завантажено до звичайної потужності.

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					69

12. Якщо тривала робота (більше 5...7 днів) на паливі зі значними відмінностями у вмісті сірки запланована, виробники двигунів, як правило, рекомендують, щоб тип циліндрового масла, використовуваний у дизелях малого ходу, був змінений на належний для вмісту сірки використовуваного палива.

Питання проектування судна, відповідно до вимог ECAs. Відповідаючи вимогам для тривалої роботи на паливах з низьким вмістом сірки, у низьков'язкого палива існує два основних чинники, що впливають на конструкцію паливної системи крім впливу на двигуни й котли. Перший враховує необхідну місткість дистилятного палива, і інший враховує конструкцію трубопроводів й устаткування, щоб мати можливість виділяти й працювати із двома дуже відмінними типами палива з різною в'язкістю, густиною й температурами обробки. Нові судна можуть бути спеціально розроблені, щоб включити необхідні особливості. Однак багато нових вимог емісії застосовуються до всіх суден і таким чином судна, що існують, зможуть зажадати модифікації також.

Намічені маршрути рейсів визначають їхню тривалість в ЕСА, і деяка зміна в плануванні маршруту судна може бути виправдано, щоб обмежити тривалість транзиту в ЕСА.

Через розмір ECAs (особливо запропоновані для США й Канади), незалежно від планування рейсу, передбачається тривала робота на дистилятних паливах включаючи час перемикання палива, час у морі в ЕСА, час маневрування в порту й час стоянки на пірсі. Сума дистилятного палива повинна бути така, щоб пройти транзитом ЕСА, і роботу в порту (не використовуючи берегове живлення) повинна бути оцінена й у порівнянні з корисною ємністю резервуарів для зберігання дистилятного палива, видаткових цистерн і продуктивності очисника.

Більшість суден тепер розроблено, щоб використовувати MDO у якості дистилятного палива. Оскільки вимога, щоб використовувати низькосірчане паливо із вмістом сірки 0,1 % набирає чинності, це може в цей час тільки бути

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ	Арк
							70
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			

зустрінуте за допомогою MGO. Більшість власників судів не прагне мати три типа палива на судні, тому як тільки є потреба переходу на MGO, вони будуть використовувати тільки MGO у цистернах дистильного палива. Це означає назавжди, коли HFO не використовується, судно повинне бути підготовлено використовувати MGO.

Є чи в існуючих суден достатній запас дистильного палива, залежить від того, куди судно робить рейс. Наприклад, для зони на відстані 24 морських миль від Каліфорнійського узбережжя й вимоги ЄС для використання низькосірчаного палива в порту, або навіть досягти багатьох портів ЕСА у Північному морі/Ла-Манш, у багатьох суден може бути відповідна ємність цистерн дистильного палива. Це повинне бути перевірене на будь-яких судах, що планують увійти в одну із цих областей.

Для того, щоб перевезти транзитом до портів ЕСА у Балтійському морі з Атлантичного океану, судно повинно працювати й у Північному морі/Ла-Манші ЕСА і в Балтійському морі ЕСА, і для того, щоб перевезти транзитом через запропоновані США/Канаду ЕСА, імовірно, що необхідний обсяг дистильного палива перевищить існуючу місткість цистерн. Це може бути проілюстровано, розглянувши типову трансатлантичну подорож кругового рейсу в Х'юстон, Техас. Судно спочатку зіштовхнеться з ЕСА від американського Східного узбережжя. На самому прямому великому маршруті кола вхід міг бути до півночі від Мису Хаттерас. Від точки приводнення судно повинне було б перевезти транзитом південь уздовж американського Східного узбережжя навколо краю Флориди й через Мексиканську затоку в Х'юстон і назад знову для подібної зворотної поїздки. Ця подорож становить приблизно 1 750 морських миль в одному напрямку й у цілому більш ніж 3 500 морських миль залежно від того, де ЕСА починається або закінчується. Протягом усього часу в ЕСА судно повинне використовувати низькосірчане паливо. Плавання нагору й униз уздовж американського Східного й Західного узбережжя могли так само бути порядком 750...1 000 морських миль у кожному напрямку. Подорожі до Балтійських портів мають подібну відстань в зонах ЕСА.

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
ПІНІ НУК 131.61.23.17. ПЗ				
Арк				
71				

Проектувальники й власники нових суден повинні ретельно оцінити призначення судна, щоб врахувати відстані, які будуть переміщені в зонах ЕСА і прогнозувати, що додаткові зони ЕСА будуть прийнято у майбутньому. Тому набагато більша ємність для зберігання дистилятного палива, ніж була традиційною в минулому, повинна бути включена у будь-яке нове судно, розроблене для можливої торгівлі в областях ЕСА. Окрема паливна трубопровідна система бункерування й передачі повинна бути надана для дистилятного палива.

Для існуючих суден з недостатнім обсягом дистилятного палива і як додаткова можливість для нових суден, паливні баки HFO можуть бути переключені на дистилятне паливо або розроблені для подвійного використання, або HFO або дистилятне паливо. Особливо, плануючи заповнити бак MGO, що раніше був заповнений HFO, повинні існувати гарантії, щоб забезпечувати MGO від забруднення HFO (такого як окрема подача палива/окремі трубопроводи заповнення для HFO або MGO). Після звільнення цистерни від HFO, яка буде використана для MGO, повне очищення бака й будь-якого трубопроводу, використовуваного з обома паливом, повинна бути виконана перш, ніж зберігати MGO у цистерні.

Другою областю, порушеною роботою на низькосірчаному паливі, є конструкція паливної системи. Оскільки необхідно документальне підтвердження, що відповідне паливо використовується протягом проміжку часу, яким судно робить рейс в SECA, краще мати низькосірчане паливо, яке зберігається в окремих цистернах на судні. Зберігання цієї сегрегації прямо до насосів подачі палива до двигунів або пальників бойлера допускає найшвидший перехід на інший вид палива й найпростіше визначення часу, коли паливний перемикач був закінчений (поза ЕСА). Це також дозволяє кращу демонстрацію, паливо було не забруднене й буде мати необхідний рівень сірки з тих пір, як тільки цей рівень сірки буде необхідний.

Для використання LSHFO конструкція окремої системи HFO є досить відомою і була застосована на багатьох судах. Вона передбачає загальне

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						72

бункерування HFO, передачу й систему очищення, але має окреме зберігання LSHFO, відстійні резервуари й видаткові цистерни. У видаткової цистерни LSHFO є окрема труба подачі до багатоходового клапана в системі подачі палива до двигуна або котла.

Для двохпаливної роботи з дистилатним паливом у якості другого палива наступні рекомендації для проектування паливних систем, як повинні вважатися, роблять перемикання простіше й забезпечує більше впевненості щодо того, коли перемикач був закінчений.

1. Необхідно передбачити окреме заповнення й труби для дистилатного палива.

2. Необхідно передбачити окремі труби для перекачування й насос для дистилатного палива.

3. Необхідно передбачити окремий відстійний резервуар (додатковий, якщо MGO використовують у якості дистилатного палива), і видаткову цистерну для дистилатного палива. Оскільки тривалі періоди роботи на продукті перегонки розглядають, щоб установити дві видаткові цистерни, таким чином, є можливість змінити видаткові цистерни у випадку, якщо одна з них стає забрудненою.

4. Необхідно передбачити окрему систему очищення, включаючи окремий сепаратор, для дистилатного палива, яке може приймати паливо від відстійного резервуара (або резервуар для зберігання, якщо інша відстійна цистерна не застосовується), і від видаткової цистерни й повернення до видаткової цистерни.

5. Необхідно передбачити паливний кулер (що переважно охолоджує до температури 20 °C до 25 °C), таким чином, судно може експлуатуватись на низьков'язких паливах в умовах теплої погоди й кращому керуванні температурою палива до двигуна або котла.

6. Необхідно встановити автоматизований паливний багатоходовий клапан або систему, яка може передбачити синхронізоване перемикання палива від одного типу до іншого так, щоб уникнути температурного шоку під

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПІННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ Арк 73					
						Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

час перемикання. Це стосується до дизельного двигуна й до систем подачі котлового палива.

7. Після консультацій з виробниками котла необхідно передбачити необхідне устаткування й засоби керування, щоб безпечно використовувати малов'язке паливо.

2.5 Вибір напрямку модернізації двигуна

На основі виконаного аналізу конструкції систем паливоподачі судових дизелів і регламентуючих вимог та положень для використання палив на судових двигунах для забезпечення надійності двигуна енергетичної установки в умовах експлуатації Нами пропонується провести модернізацію паливної системи встановленням водо-паливного теплообмінника. місце встановлення – безпосередньо перед віскозиметром, що надасть можливості контролювати в'язкість палива і уникнути теплового удару в процесі роботи системи паливоподачі судового дизеля при переході з важкого палива на легке.

Інв. № подп.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	Арк
					74

РОЗДІЛ 3

**ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ
ПАЛИВОПОДАЧІ ГОЛОВНОГО ДВИГУНА З МЕТОЮ
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СУДНА
"NAVI BALTIC"**

З метою перевірки висунутих у даному дипломному проекті припущень, зробимо тепловий розрахунок двигуна стосовно до нових умов організації робочого процесу.

Діапазон в'язкості палива для двотактних двигунів MAN B & W на вході в двигун представлено на рис. 3.1. Нижня межа в'язкості палива 2 сСт. Цифри 3...5 показують типові в'язкості і температури відносини для суднових палив з дуже низькою в'язкістю і середньої в'язкості (рис. 3.1 і 3.2). Для сортів з низькою в'язкістю, слід дотримуватися обережності, щоб не нагрівати паливо занадто сильно і тим самим значно знизити в'язкість.

Зовнішні паливні системи (системи підготовки та перекачування палив) мають різну спроможність для нагрівання палива і, таким чином, в'язкість палива, коли воно досягає двигуна. Сьогодні зовнішні паливні системи на борту часто призначені, щоб забезпечувати оптимальну роботу на важких паливах, а це означає, що температура підтримується достатньо високою. При роботі на малов'язких паливах, температура паливної системи повинні бути якомога нижчою, щоб забезпечити відповідну в'язкість при вході в двигун.

Низьков'язкі палива впливають на роботу паливного насоса трьома способами:

1. Розподіл гідродинамічної масляної плівки, яка може призвести до задирань.
2. Недостатній тиск упорскування, що призводить до труднощів при пуску та експлуатації при низькому навантаженні.

Підп. і дата	Інв. № дубл.	Взам. інв.№	Підп. і дата	Інв.№ подп.					
Зовнішні паливні системи (системи підготовки та перекачування палив) мають різну спроможність для нагрівання палива і, таким чином, в'язкість палива, коли воно досягає двигуна. Сьогодні зовнішні паливні системи на борту часто призначені, щоб забезпечувати оптимальну роботу на важких паливах, а це означає, що температура підтримується достатньо високою. При роботі на малов'язких паливах, температура паливної системи повинні бути якомога нижчою, щоб забезпечити відповідну в'язкість при вході в двигун. Низьков'язкі палива впливають на роботу паливного насоса трьома способами: 1. Розподіл гідродинамічної масляної плівки, яка може призвести до задирань. 2. Недостатній тиск упорскування, що призводить до труднощів при пуску та експлуатації при низькому навантаженні.									
					ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ				
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата					
					Арк				
					75				

В'язкісно-температурні характеристики палив

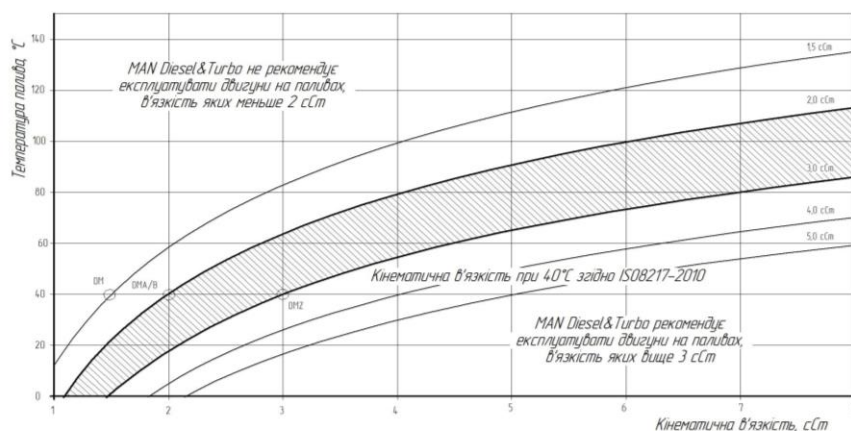
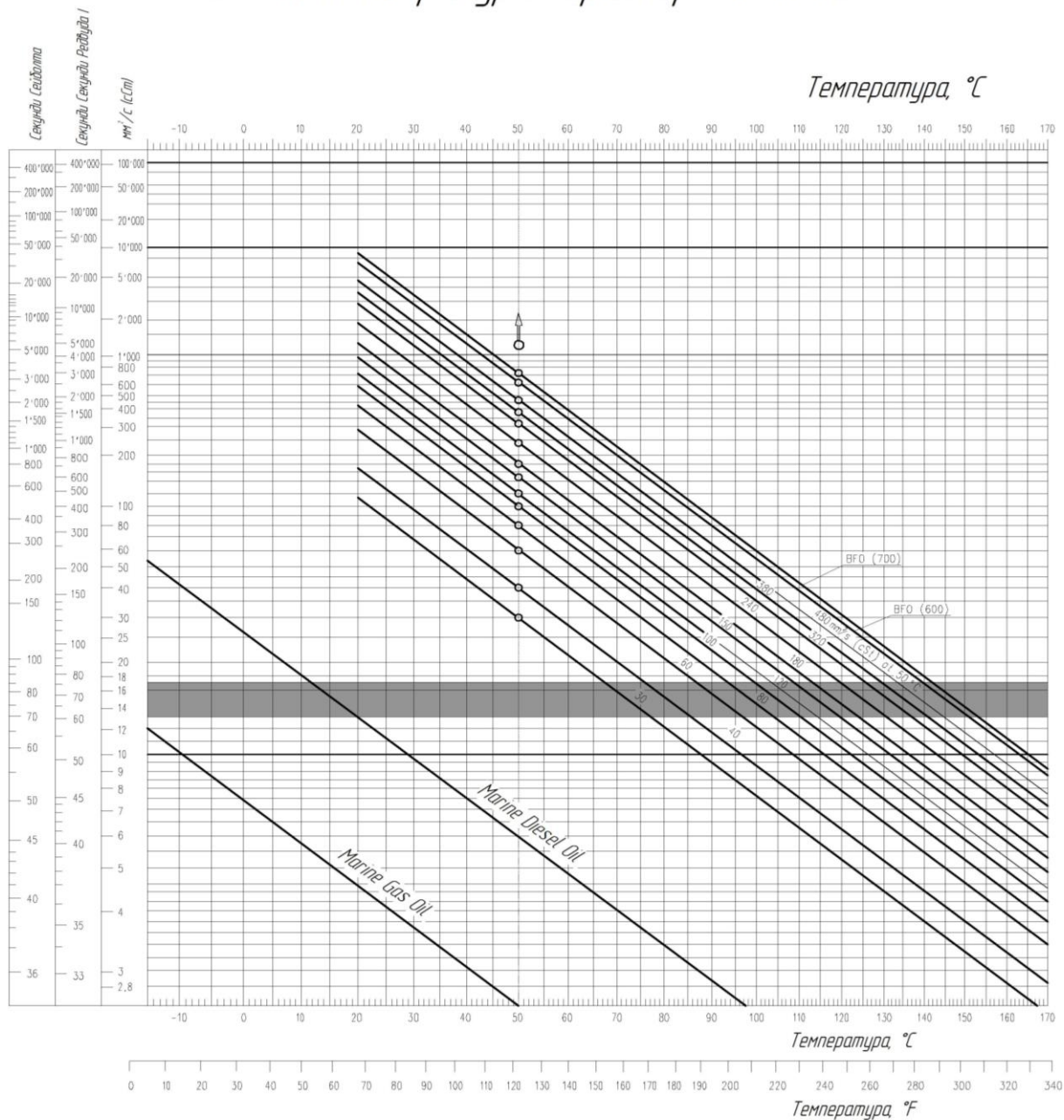


Рисунок 3.1 – В'язкісно-температурна характеристика дистилатних палив

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ

Арк

76

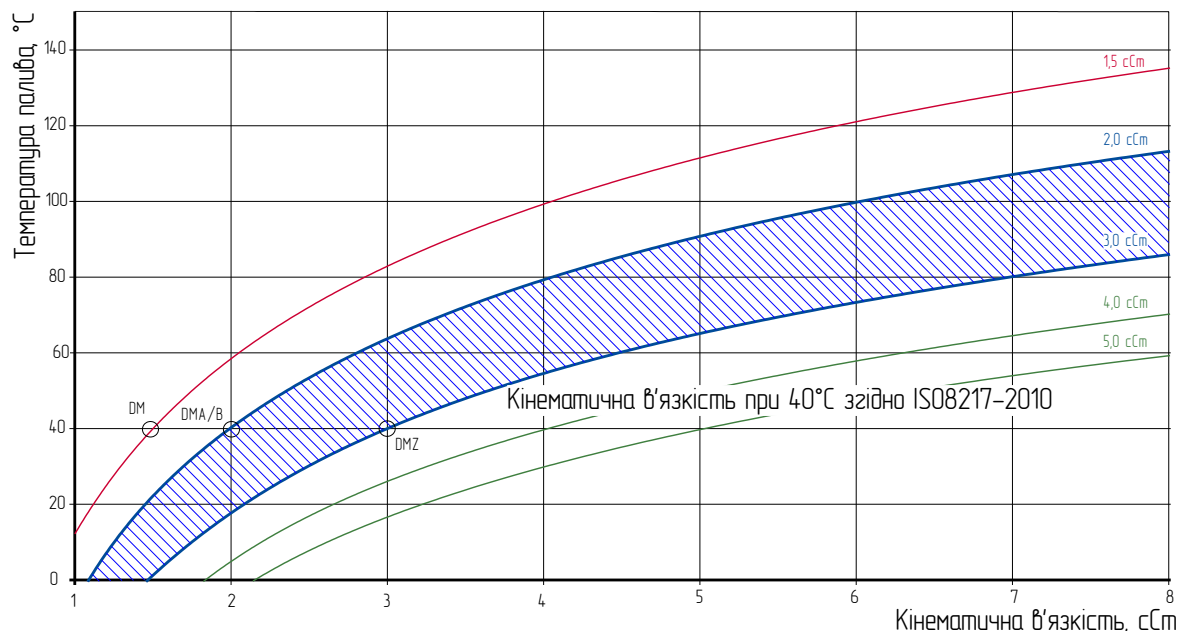


Рисунок 3.2 – В'язкісно-температурна характеристика дистилатних палив при 40 °С.

3. Недостатня величина індексу палива, що обмежує прискорення.

Багато факторів впливають на допуск в'язкості при пуску і роботі при низькому навантаженні:

- стан двигуна і якість технічного обслуговування;
- знос ПНВТ;
- регулювання двигуна (в основному індекс припуску);
- фактична температура палива в паливній системі.

Хоча можна досягти, але важко оптимізувати всі ці чинники одночасно. Це ускладнює експлуатацію на паливах, що мають в'язкість в найнижчій частині діапазону. Щоб безпечно експлуатувати з деяким запасом та підтримки необхідну в'язкість на вході в двигун, установка охолоджувачів буде необхідною в тих паливних систем, які їх не мають.

Для дистилатних палив із дуже низькою в'язкістю, звичайного охолоджувача може бути не достатньо, щоб охолодити паливо досить внаслідок охолодження наявної на борту води. В такому випадку, установка «чіллерів» може бути необхідна. Це рішення, однак, не широко використовується.

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата	
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ
					Арк
					77

В'язкість палива впливає не тільки на ПНВТ. Більшість насосів у зовнішній системі (насоси подачі, циркуляційних насосів, насоси перекачування і живильні насоси сепараторів) також повинні працювати з паливами, в'язкість яких вище 2 сСт, щоб нормально функціонувати.

Нами пропонується провести модернізацію паливної системи встановленням водо-паливного теплообмінника (рис. 3.3). Місце встановлення – безпосередньо перед віскозиметром, що надасть можливості контролювати в'язкість палива і уникнути теплового удару.

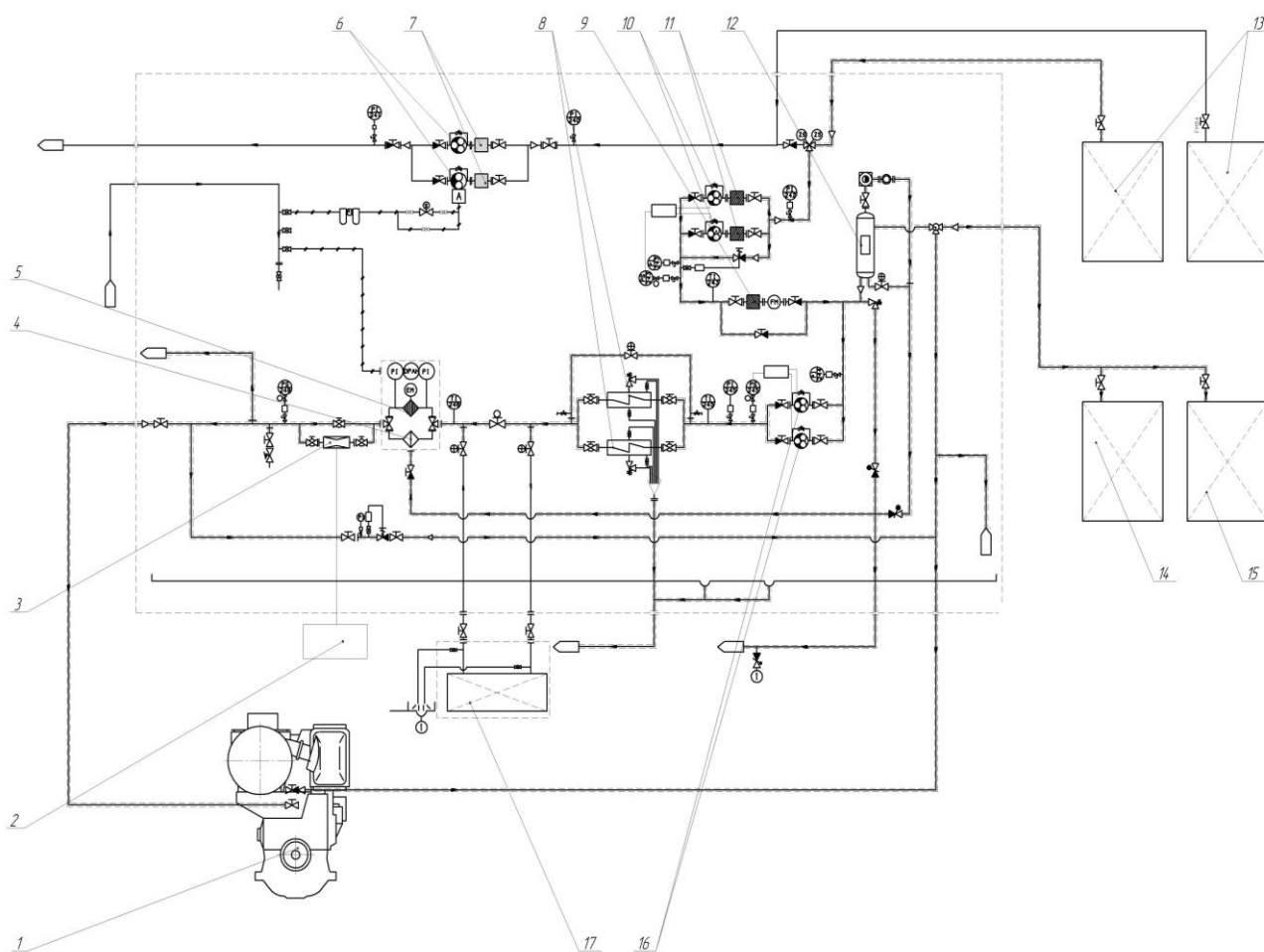


Рисунок 3.3 – Паливна система головного двигуна 6S50MC-C (модернізована): 1 – ГД; 2 – блок керування віскозиметром; 3 – віскозиметр; 4 – фільтр байпасний; 5 – фільтр автоматичний; 6 – паливний насос аварійного ДГ; 7, 9, 11 – паливні фільтри; 8 – підігрівники важкого палива; 10 – паливний насос; 12 – деаератор; 13 – витратна цистерна важкого палива; 14 – витратна цистерна дизельного палива; 15 – витратна цистерна малосірчаного важкого палива; 16 – насос паливний циркуляційний; 17 – охолодник важкого палива

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						78

Згідно приведеної схеми паливо надходить від витратної цистерни дизельного палива 13 через фільтри 11 та живильними насосами 10 подається до циркуляційних насосів 16. Так як ця лінія подачі палива обладнана паровими супутниками, то температура палива на шляху до ГД 1 буде підвищуватись. Далі паливо пройде через байпасний трубопровід (в обхід підігрівачів палива 8) до охолодника дизельного палива 17, проходить через автоматичний фільтр 5 та через віскозиметр 3 до ГД.

Для розрахунку основних параметрів робочого процесу скористаємося методом Гринівецького-Мазінга. Для побудови розгорнутих діаграм робочого процесу використовуємо метод визначення енергетичного балансу в робочому циліндрі двигуна, який був розроблений у Центральному науково-дослідному дизельному інституті (ЦНДІ). Скористаємося даною моделлю, реалізованої у вигляді програми розрахунку з використанням персонального комп'ютера.

Вхідні данні для розрахунку наведено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Основні геометричні параметри двигуна

Параметр	Значення
Діаметр циліндра двигуна, мм	580
Хід поршня, мм	640
Число циліндрів, шт.	8
Частота обертання, хв-1	428
Геометричний ступінь стиску	14
Ефективна потужність, кВт	11200

3.1 Розрахунок дизеля MAN B&W Diesel 8L 58/64

3.1.1 Вихідні дані для розрахунку

Тепловий розрахунок головного двигуна проводимо з метою розрахунку робочих параметрів двигуна після проведення удосконалення. Це надасть

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					Арк
										79

можливості виявити вплив показників робочого процесу на основні параметри роботи суднового дизеля.

Відношення ходу поршня до діаметра циліндра (S/D). Зі зменшенням S/D зменшуються габарити двигуна, знижуються механічні втрати й швидкість зношування деталей, поліпшуються умови для розміщення клапанів і збільшення їх розмірів. Однак, збільшуються габарити двигуна по довжині, підвищуються навантаження на деталі КШМ від тиску газів і сил інерції, зменшується висота камери згоряння й погіршується її форма.

Для надсучасних тронкових суднових середньо- й високооборотних дизелів значення S/D становлять – 2,16...4,8.

Враховуючи конструктивні особливості прототипу приймемо співвідношення S/D таке ж, як і для базового двигуна. У подальших розрахунках будемо приймати $S/D = 1,10$.

Число й розташування циліндрів. При збереженні постійної потужності дизеля, зі збільшенням числа циліндрів їх діаметр зменшується та поліпшується врівноваженість і рівномірність ходу двигуна.

При надмірному зменшенні діаметра циліндра виникають труднощі пов'язані з організацією якісного сумішоутворення й згоряння палива. Зі збільшенням діаметра циліндра зменшуються втрати тепла в охолоджуюче середовище, що приводить до збільшення індикаторного ККД і підвищенню теплонапруженості деталей двигуна. При збільшенні числа циліндрів довжина двигуна збільшується, а висота й ширина зменшуються.

Найбільше поширення для суднових дизелів рядне розташування циліндрів у вертикальній положенні. Таке розташування зручне при обслуговуванні двигуна, а також спрощує конструкцію блока-картера. У розрахунках збережемо характерне для прототипу число циліндрів $i = 8$.

Сукупна дія зазначених факторів обумовлює підвищення індикаторного ККД (η_i) при одночасному збільшенні так званої «жорсткості» згоряння, максимального тиску при згорянні (p_z) і швидкості наростання тиску $((dp/d\varphi)_{\max})$.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					Арк
										80

Індикаторні показники з ростом n поліпшуються доти, поки надійно працює паливна апаратура, і коефіцієнт наповнення залишається досить високим.

Зі збільшенням частоти обертання колінчатого вала судових двигунів зростають інерційні навантаження, збільшуються розміри й маса деталей кривошипно-шатунного механізму, втрати на тертя, знижуються надійність і довговічність двигуна.

У подальших розрахунках приймемо частоту обертання виходячи з особливостей завдання, тобто 428 хв^{-1} .

Спосіб сумішоутворення й форми камери згоряння. Камера згоряння повинна забезпечувати високий ступінь очищення від відпрацьованих газів, і наповнення циліндрів свіжим зарядом. Зменшення відносини поверхні камери згоряння $F_{\text{КС}}$ до її об'єму $V_{\text{КС}}$, знижує теплові втрати в систему охолодження.

Для судових дизелів форма камери згоряння залежить від обраного типу сумішоутворення.

При об'ємно-плівковім сумішоутворенні, характерному для прототипу, забезпечується досить висока економічність при значному зменшенні навантажень на деталі КШМ, застосовуються напіврозділені форми камери згоряння, розташовані в головці поршня.

Для розрахунку робочого процесу визначимо основні геометричні параметри дизеля яки наведено у таблиці 2.2.

3.1.2 Вибір і обґрунтування вихідних даних для теплового розрахунку робочого процесу

Склад та властивості горючої суміші й продуктів згорання.

Горюча суміш утворюється у наслідок перемішування парів палива та атмосферного повітря поданих у камеру згоряння дизеля. Для розрахунку властивостей горючої суміші визначимо склад її основних складових.

Вид і марка застосовуваного палива. Основні конструктивні відмінності паливної апаратури судових дизелів пов'язані з пристосованням їх для роботи

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	При об'ємно-шпівковому сумішоутворенні, характерному для прототипу, забезпечується досить висока економічність при значному зменшенні навантажень на деталі КШМ, застосовуються напіврозділені форми камери згоряння, розташовані в головці поршня.					
					Для розрахунку робочого процесу визначимо основні геометричні параметри дизеля яки наведено у таблиці 2.2.					
					3.1.2 Вибір і обґрунтування вихідних даних для теплового розрахунку робочого процесу					
					<i>Склад та властивості горючої суміші й продуктів згорання.</i>					
					Горюча суміш утворюється у наслідок перемішування парів палива та атмосферного повітря поданих у камеру згоряння дизеля. Для розрахунку властивостей горючої суміші визначимо склад її основних складових.					
Вид і марка застосовуваного палива. Основні конструктивні відмінності паливної апаратури суднових дизелів пов'язані з пристосованням їх для роботи										
					ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					Арк
										81
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

на в'язких IFO, TFO (Intermediate Fuel Oil, Thin Fueloil) і високов'язких сортах палив HFO, RFO (Heavy Fuel Oil, Residual Fuel Oil). Такі палива для зниження їх в'язкості до 10...14 сСт підігрівають до 100...140°C.

Більшість морських палив являє собою суміш залишкового палива й дистильованих фракцій з високим вмістом сірки й інших шкідливих компонентів.

У зв'язку з цим паливна апаратура суднових дизелів повинна бути стійка до впливу хімічної корозії.

Найчастіше для суднових дизелів на флоті використовують сорти палива IFO-180 і IFO-380 (табл. 3.2). Вони відповідають вимогам стандарту ISO 3217:1987 і відповідають класам RME 25 і RMG 35.

Таблиця 3.2 – Основні характеристики палива що використовується

Параметр	Масова частка
Елементарний склад (по масі) палива:	
<i>C</i> – вуглець	0,87
<i>H</i> – водень	0,121
<i>O</i> – кисень	0,006
<i>S</i> – сірка	0,003
Середня молекулярна маса, кг/моль	220
Нижча теплота згоряння, кДж/кг (МДж)	42500 (42,5)

Склад атмосферного повітря характеризується наявністю у ньому 79% азоту (N_2) та 20,8% кисню (O_2) по масі. Кількість інших складових дуже мала тому може не враховуватися.

Теоретично необхідна кількість атмосферного повітря для повного згоряння 1 кг палива визначається за формулами:

$$L_o = \frac{1}{0.208} \cdot \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} + \frac{S}{32} - \frac{O}{32} \right) = \frac{1}{0.21} \cdot \left(\frac{0,87}{12} + \frac{0,121}{4} + \frac{0,003}{32} - \frac{0,006}{32} \right) = 0.4935 \text{ кмоль / кг}$$

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					82

$$l_0 = \frac{1}{0,23} \left(\frac{8}{3} C + 8H + S - O \right) = \frac{1}{0,230} \left(\frac{8}{3} 0,87 + 8 \times 0,121 + 0,003 - 0,006 \right) = 14,33 \text{ кг/кг.}$$

Коефіцієнт надлишку повітря (α). Для кращого згоряння палива, кількість повітря що поступає у камеру згоряння, значно перевищує стехіометричне відношення. Для сучасних дизелів з наддуванням та охолодженням повітря коефіцієнт надлишку повітря на номінальному режимі лежить у межах $\alpha = 2,25 \dots 4,0$, для розрахунків приймемо значення характерне для прототипу $\alpha = 2,38$.

Кількість свіжого заряду, (M_1), для дизеля визначається по формулі:

$$M_1 = \alpha L_0 = 2,38 \times 0,494 = 1,17 \text{ кмоль}$$

Кількість продуктів згоряння (M_2),

Для повного згорання ($\alpha > 1$)

$$M_2 = \sum_{i=1}^n M$$

Кількість компонентів продуктів згоряння, (кмоль) для дизелів розраховується по формулах:

$$M_{CO_2} = \frac{C}{12} = \frac{0,87}{12} = 0,073;$$

$$M_{H_2O} = \frac{H}{2} = \frac{0,121}{2} = 0,061;$$

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ				
					Арк				
					83				

$$M_{O_2} = 0,21(\alpha - 1)L_0 = 0,21(2,380 - 1)0,494 = 0,1430;$$

$$M_{N_2} = 0,79 \cdot \alpha \cdot L_0 = 0,79 \cdot 2,380 \cdot 0,494 = 0,928;$$

$$M_2 = \sum_{i=1}^n M = 0,073 + 0,061 + 0,000094 + 0,1430 + 0,9280 = 1,2041 \text{ кмоль/кг.}$$

3.1.3 Процесс впуску

Температура й тиск навколишнього середовища (T_0 , p_0). Тиск і температуру навколишнього середовища (атмосферного повітря) приймаємо відповідно $p_0 = 0,103$ МПа й $T_0 = 288$ К.

Температура й тиск на вході у двигун. У двигунів з наддуванням параметри навколишнього середовища приймають рівними до параметрів повітря на виході з компресора, а при наявності проміжного охолодження повітря - тиску й температурі повітря за охолоджувачем.

Відповідно до прототипу, у двигуні, застосовується наддування й проміжне охолодження повітря. Прийmemo величину наддування згідно із прототипом:

$$p_K = 1,4 \times p_o = 3,500 \times 0,103 = 0,361 \text{ МПа}$$

Показник політропи стиску в компресорі (n_k), що залежить від його типу й ступеня досконалості процесу, що протікає в ньому, $n_k = 1,4 \dots 2$. Прийmemo значення показника політропи характерне для більшості сучасних турбокомпресорів $n_k = 2$

Температура повітря у двигуна з наддуванням на виході з компресора залежить від ступеня підвищення тиску:

Ступінь охолодження повітря в повітроохолоджувачі ($\sigma_{\text{ох}}$). Для водоповітряних охолоджувачів, $\sigma_{\text{ох}} = 0,7 \dots 0,90$, прийнемо $\sigma_{\text{ох}} = 0,9$

У двигуні з охолоджувачем після компресора температура у

Підп. і дата		Відповідно до прототипу, у двигуні, застосовується наддування й проміжне охолодження повітря. Прийmemo величину наддування згідно із прототипом:					
Інв. № дубл.		$p_{\kappa} = 1,4 \times p_o = 3,500 \times 0,103 = 0,361 \text{ МПа}$					
Взам. інв. №		Показник політропи стиску в компресорі (n_{κ}), що залежить від його типу й ступеня досконалості процесу, що протікає в ньому, $n_{\kappa} = 1,4 \dots 2$. Прийmemo значення показника політропи характерне для більшості сучасних турбокомпресорів $n_{\kappa} = 2$					
Підп. і дата		Температура повітря у двигуна з наддуванням на виході з компресора залежить від ступеня підвищення тиску:					
Інв. № подл.		Ступінь охолодження повітря в повітроохолоджувачі ($\sigma_{\text{ох}}$). Для водоповітряних охолоджувачів, $\sigma_{\text{ох}} = 0,7 \dots 0,90$, прийmemo $\sigma_{\text{ох}} = 0,9$					
		У двигуні з охолоджувачем після компресора температура у					
						ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ	Арк
							84
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			

впускному ресивері:

$$T_{\kappa} = T'_{\kappa} - \sigma_{ox}(T'_{\kappa} - T'_a) = 538,8 - 0,9(538,8 - 288,0) = 313,1 \text{ K},$$

де T'_a - середня температура охолоджувальної води у повітроохолоджувачі, (при використанні для охолодження заборотної води $T'_a = T_0 = 288 \text{ K}$);

T'_{κ} - температура повітря перед охолоджувачем, що приймається рівній температурі на виході з компресора.

Тиск залишкових газів (p_r), МПа, Тиск залишкових газів у циліндрі двигуна p_r залежить від числа, розмірів і розташування клапанів, опору впускного й випускного трубопроводів, фаз газорозподілу, ступені наддування, швидкохідності двигуна й інших факторів. Для двигунів з високим наддуванням приймають: $p_r = (0,75...0,98)p_{\kappa}$. Враховуючи це приймаємо:

$$p_r = 0,950 \times p_{\kappa} = 0,950 \times 0,361 = 0,342 \text{ МПа}$$

Температура залишкових газів (T_r) для дизелів - 700.900 К. Слід ураховувати, що збільшення α , і ε приводить до зниження T_r , а підвищення частоти обертання дизеля збільшує температуру залишкових газів.

Прийmemo $T_r = 774,0 \text{ K}$

Ступінь підігріву (охолодження) заряду у впускному тракті (ЛТ).

Для дизелів з наддуванням $\Delta T = -5...10 \text{ K}$. Необхідно враховувати, що при збільшенні діаметра циліндра D , частоти обертання колінчастого вала n , і ступені стиску ε величина T_r зменшується. Якщо впускний і випускний трубопроводи розміщені поруч або впускний трубопровід обладнаний підігрівом, то величину ΔT слід приймати ближче до верхньої межі. Враховуючи особливості конструкції впускного тракту двигуна-прототипу, прийmemo значення $\Delta T = -6 \text{ K}$

Тиск наприкінці процесу впуску, (p_a) МПа. Наявність опорів у

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ				
Арк				
85				

$$p_a = p_k - \Delta p_a = 0,361 - 0,0196 = 0,3409 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт залишкових газів (γ_r). Даний показник характеризує якість очищення циліндра від продуктів згоряння й визначається як відношення числа молей залишкових газів до числа молів свіжого заряду. Без урахування продувки й дозарядки циліндра коефіцієнт залишкових газів для судових дизельних двигунів визначається за допомогою залежності:

$$\gamma_r = \frac{(T_k + \Delta T) \cdot p_r}{T_r (\varepsilon_0 \cdot p_a - p_r)} = \frac{(313,1 + 6) \cdot 0,341}{774,0 (14,00 \cdot 0,341 - 0,342)} = 0,031 \text{ МПа.}$$

Отриманий коефіцієнт залишкових газів характерний для базового двигуна: дизеля даного типу ($\gamma_r = 0,025 \dots 0,06$).

Температура наприкінці процесу впуску (T_a) залежить від температури повітря після компресора T_k , підігріву заряду ΔT , температури T_r і коефіцієнта залишкових газів γ .

$$T_a = \frac{T_k + \Delta T + \gamma_r \cdot T_r}{1 + \gamma_r} = \frac{313,1 + 6,0 + 0,031 \cdot 774,0}{1 + 0,031} = 321,0 \text{ К.}$$

Температура кінця впуску для дизелів з наддуванням $T_a = 320 \dots 450 \text{ К.}$

Коефіцієнт наповнення (η_v) є найважливішим показником якості процесів газообміну при впуску, визначається відношенням дійсної кількості свіжого заряду, що надійшов у циліндр, до тієї кількості заряду, що могло б поміститися в циліндрі при тиску й температурі середовища, з якої надходить заряд:

$$\eta_v = M_d / M_0,$$

де M_d – дійсне число молів свіжого заряду в циліндрі;

Інв. № подл.	Підп. і дата				Інв. № дубл.	Взам. інв. №	Підп. і дата	Інв. № подл.	
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ				Арк
									87

M_0 - число молів свіжого заряду, що могло б поміститися в циліндрі при p_k і T_k .

Без врахування продувки й дозарядки циліндра для суднових дизельних двигунів коефіцієнт наповнення дорівнює:

$$\eta_v = \frac{T_k}{(T_k + \Delta T)(\varepsilon_0 - 1)} \left(\frac{\varepsilon_0 p_a}{p_k} - \frac{p_r}{p_k} \right) =$$

$$= \frac{313,1}{(313,1 + 6)(14,00 - 1)} \left(\frac{14,00 \cdot 0,341}{0,361} - \frac{0,342}{0,361} \right) = 0,964.$$

3.1.4 Процес стискування

У реальному двигуні теплоємність заряду в циліндрі змінюється залежно від температури, тому що, відбувається теплообмін зі стінками циліндра. Так само на характер протікання процесу впливають витік газів через нещільності клапанів і поршневих кілець, дозарядка циліндра до закриття впускного клапана, випару палива, згоряння палива наприкінці стиску. У зв'язку із цим точний термодинамічний опис процесу стиску в реальному двигуні утруднено. На практиці вважають, що процес стиску відбувається по політропі з показником n_1 величина якого забезпечує одержання такої ж роботи в процесі стиску, як і при змінному показнику у дійсному процесі.

Показник політропи стиску (n_1). Розрахунок параметрів процесу стиску ведеться по умовному середньому за процес стиску показнику політропи n що змінюється в межах $n_1 = 1,32 \dots 1,40$.

При виборі величини n_1 необхідно враховувати наступне:

- зі збільшенням частоти обертання колінчатого валу n_1 збільшується;
- при підвищенні середньої температури процесу стиску n_1 зменшується;
- зі зменшенням інтенсивності охолодження двигуна n_1 збільшується;
- зі зменшенням відносини поверхні охолодження до об'єму циліндра n_1

збільшується;

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ				
					Арк				
					88				

Враховуючи результати аналізу конструкції прототипу приймаємо значення політропи, що характерне для дизелів з нерозділеними камерами згорання $n_1 = 1,32 \dots 1,42$ і приймаємо в розрахунку: $n_1 = 1,360$.

Тиск наприкінці процесу стиску (p_c):

$$p_c = p_a \cdot \epsilon_0^{n_1} = 0,341 \cdot 14,00^{1,36} = 12,343 \text{ МПа.}$$

Для розглянутого у проекті класу сучасних СОД з високим наддуванням $p_c = 8 \dots 16$ МПа. Отримане значення відповідає даному діапазону.

Температура наприкінці процесу стиску, (T_c):

$$T_c = T_a \cdot \epsilon_0^{n_1-1} = 321,0 \cdot 14,00^{1,36-1} = 829,99 \text{ К.}$$

Для розглянутому в проекті класу дизелів, здатних працювати на важких паливах, $T_c = 650 \dots 1250$ К, отримане значення відповідає даному діапазону.

Середня мольна ізохорна теплоємність свіжого заряду (c'_v).

Для обчислення молярної теплоємності знайдемо відносну температуру заряду до кінця стиску:

$$t_c = T_c - 273,15 = 829,99 - 273,15 = 556,8 \text{ К.}$$

Для спрощення розрахунків, середню молярну теплоємність горючої суміші приймають рівною теплоємності повітря. Для обчислення c'_v використовується емпірична залежність:

$$c'_v = 20,088 + 3,7544 \cdot 10^{-3} t_c - 5,657 \cdot 10^{-7} t_c^2 =$$

$$20,088 + 3,7544 \cdot 10^{-3} \cdot 556,8 - 5,657 \cdot 10^{-7} \cdot 556,8 =$$

$$= 22,004 \text{ кДж/(кмоль} \cdot \text{К).}$$

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ				
89				

3.1.5 Процес згоряння

Рівняння згоряння для дизелів має вигляд:

$$\frac{\xi_z \cdot H_u}{M_1(1 + \gamma_r)} + (\mu \cdot c'_v + 8,314\lambda)t_c = \mu(c''_v + 8,314)t_z.$$

Для рішення цього рівняння задаємось або розрахуємо деякі параметри що характеризують процес згорання у дизелі.

Коефіцієнт молекулярної зміни свіжої суміші (μ):

$$\mu = \frac{M_2 + \gamma \cdot M_1}{M_1 + \gamma \cdot M_2} = \frac{1,204 + 0,031 \cdot 1,175}{1,175 + 0,031 \cdot 1,204} = 1,023.$$

Для дизелів $\mu = 1,03...1,06$. Отримане значення відповідає даному діапазону.

Коефіцієнт ефективного тепловикористання (ξ_z) являє собою параметр який ураховує втрати теплоти в процесі згорання. Величина змінюється на номінальному режимі для дизелів у наступних межах $\xi_z = 0,7...0,95$. При виборі даних для розрахунків варто враховувати зв'язок зазначених величин з режимом роботи двигуна. При підвищенні частоти обертання колінчатого вала дизеля значення ξ_z зростає з поліпшенням сумішоутворення й згорання палива.

Для двигунів ξ_z підвищується при збільшенні n до тих параметрів, поки зростання втрат теплоти за рахунок збільшення фази догорання палива не перевищить зменшення теплообміну за рахунок скорочення часу контакту гарячих газів зі стінками циліндра. Для розрахунку приймемо: $\xi_z = 0,900$.

Середня мольної теплоємності продуктів згорання c''_v в діапазоні температур $t_g = 1000...2800$ °С можна приблизно оцінити за допомогою апроксимуючих рівнянь для продуктів згорання дизельного двигуна

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ				
Арк				
90				

$$c_v'' = 27,0211 + 0,02039t_z - 2,234\alpha,$$

Підставивши у рівняння згорання для дизелів відповідні значення параметрів, а замість c_v'' його рівняння отримаємо:

$$\frac{0,91 \cdot 42500}{0,989(1 + 0,024)} + (1,027 \cdot 21,73 + 8,314 \cdot 1,4) \cdot 470,331 =$$

$$= (1,027(27,0211 + 0,002039t_z - 2,234 \cdot 2) + 8,314)t_z.$$

Рівняння згорання після підстановки вищенаведених величин перетворюється у квадратне, відносно t_z вигляду:

$$A \cdot t_z^2 + B \cdot t_z - C = 0.$$

$$0,002093t_z^2 + 31,68875t_z - 53983,64 = 0.$$

Вирішуючи квадратне рівняння, знаходимо температуру t_z в точці z:

$$t_z = \frac{-B + \sqrt{B^2 + 4A \cdot C}}{2A} =$$

$$\frac{-31,6888 + \sqrt{31,6888^2 + 4 \cdot 0,002093 \cdot 53983,64}}{2 \cdot 0,002093} = 1538,58 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Тому що $t_z = T_z - 273,15$,

$$T_z = 1463,274 + 273,150 = 1736,424 \text{ K}.$$

Інв. № подп.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	$0,002093t_z^2 + 31,68875t_z - 53983,64 = 0.$
					Вирішуючи квадратне рівняння, знаходимо температуру t_z в точці z:
					$t_z = \frac{-B + \sqrt{B^2 + 4A \cdot C}}{2A} =$
					$\frac{-31,6888 + \sqrt{31,6888^2 + 4 \cdot 0,002093 \cdot 53983,64}}{2 \cdot 0,002093} = 1538,58 \text{ } ^\circ\text{C}.$
					Тому що $t_z = T_z - 273,15$,
					$T_z = 1463,274 + 273,150 = 1736,424 \text{ K}.$

Максимальна температура згоряння для дизельних двигунів – $T_z = 1700...2300$ К. Отримане значення відповідає даному діапазону.

Теоретичний тиск наприкінці згоряння в суднових дизельних ДВЗ (p_z).

Ступінь підвищення тиску (λ). При розрахунку згоряння в дизелі крім значення ξ_z необхідно задатися ступенем підвищення тиску λ . Значення λ залежить головним чином від типу сумішоутворення й форми камери згоряння й змінюється в дизелях з безпосереднім упорскуванням й об'ємним сумішоутворенням – 1,1...1,6.

При виборі λ варто пам'ятати, що при збільшенні ступеня підвищення тиску збільшується жорсткість роботи двигуна, ростуть навантаження деталей кривошипно-шатунного механізму, збільшуються втрати на тертя, зростає зношування двигуна. Для розрахунку задамо ступінь підвищення тиску характерну для прототипу: $\lambda = 1,2$.

Тоді:

$$p_z = p_c \cdot \lambda = 12,34 \cdot 1,2 = 14,81 \text{ МПа.}$$

Для дизельних двигунів p_z обмежується виходячи з міцності матеріалів елементів КШМ й у зв'язку зі зростанням механічних втрат у двигуні.

Максимально припустимим прийнято вважати значення $p_z = 16$ МПа.

Розрахункове значення нижче максимально допустимого.

Ступінь попереднього розширення (ρ) у суднових дизельних двигунів з комбінованим підведенням теплоти:

$$\rho = \frac{\mu}{\lambda} \cdot \frac{T_z}{T_c} = \frac{1,027}{1,2} \cdot \frac{1736,424}{829,992} = 1,7791.$$

Для дизелів $\rho = 1,2...1,7$. Отримане значення характерно для даного типу двигуна.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ				
					Арк				
					92				

Інв. № подп.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата

3.1.7 Процес випуску

При розрахунку процесу випуску були орієнтовно прийняті значення тиску p_r і температури T_r газів наприкінці випуску. Точність вибору цих величин можна перевірити, обчисливши температуру залишкових газів за допомогою формули:

$$T_r = \frac{T_b}{\sqrt[3]{\frac{p_b}{p_r}}} = \frac{1197,8}{\sqrt[3]{\frac{1,298}{0,34}}} = 768,2 \text{ К.}$$

Вихначемо похибку прийнятого допущення:

$$\Delta = \frac{768,2 - 774,0}{(774/100)} = -0,75\%$$

Дана похибка може бути прийнята при попередньому розрахунку циклу двигуна.

3.1.8 Індикаторні показники циклу

Середній індикаторний тиск (p_i), МПа,

Для дизелів:

$$p'_i = \frac{p_c}{\varepsilon_0 - 1} \left[\frac{\lambda \rho}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon_0^{n_1 - 1}} \right) + \lambda(\rho - 1) \right] =$$

$$\frac{12,343}{14,00 - 1} \left[\frac{1,2 \cdot 1,779}{1,180 - 1} \left(1 - \frac{1}{7,87^{1,18 - 1}} \right) - \frac{1}{1,36 - 1} \times \right. \\ \left. \times \left(1 - \frac{1}{14,00^{1,36 - 1}} \right) + 1,2(1,779 - 1) \right] = 2,763 \text{ МПа.}$$

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ Арк 94
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	

Дійсний середній індикаторний тиск циклу трохі менше теоретичного внаслідок відмінності дійсної індикаторної діаграми від теоретичної. Зазначена відмінність ураховується коефіцієнтом повноти індикаторної діаграми ϕ . З урахуванням прийнятого коефіцієнта ϕ дійсний середній індикаторний тиск циклу дорівнює:

$$p_i = \phi \cdot p'_i = 0,915 \cdot 2,763 = 2,528 \text{ МПа.}$$

Індикаторний ККД для суднових двигунів, що працюють на рідкому нафтовому паливі (η_i)

$$\eta_i = \frac{p_i \cdot l_0 \cdot \alpha}{\rho_k \cdot H_u \cdot \eta_v} = \frac{2,528 \cdot 14,27 \cdot 2,38}{4,012 \cdot 42500 \cdot 0,964} = 0,529.$$

Для дизелів на номінальному режимі $\eta_i = 0,42 \dots 0,55$

Питома індикаторна витрата рідкого палива (g_i), г/(кВт·год.):

$$g_i = \frac{3600}{H_u \cdot \eta_i} = \frac{3600}{42,50 \cdot 0,529} = 160,10,$$

де H_u підставляємо в МДж/кг.

Межі зміни питомої витрати палива g_i на номінальному режимі для середньообертових дизелів $g_i = 150 \dots 170$ г/(кВт·год.).

Отримане значення відповідає даному діапазону.

3.1.9 Ефективні показники двигуна

Середній ефективний тиск робочого циклу (p_e) визначається як різниця середнього індикаторного тиску циклу p_i середнього тиску механічних втрат p_m :

$$p_e = p_i - p_m.$$

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ				
Арк				
95				

Середній тиск механічних втрат представляє собою потужність, затрачувану на подолання тертя в КШМ, привод допоміжних механізмів, здійснення впуску й випуску, віднесену до одиниці робочого об'єму циліндра. Для визначення величини p_m використовується емпірична формула, що має загальний вид:

$$p_m = A_p + B_p \cdot V_{n.c.p.}, \text{ МПа,}$$

де $V_{n.c.p.}$ – середня швидкість поршня, м/с;
 A_p, B_p – коефіцієнти.

Залежно від конструктивних особливостей двигунів коефіцієнти A_p і B_p приймають різні значення. Для середньообертових дизелів з нерозділеною камерою згоряння $A_p = 0,105$; $B_p = 0,0120$.

Знайдемо *тиск механічних втрат*:

$$p_m = 0,105 + 0,012 \cdot 9,130 = 0,215 \text{ МПа.}$$

Визначимо *середній ефективний тиск* p_e :

$$p_e = p_i - p_m = 2,528 - 0,215 = 2,314 \text{ МПа.}$$

Механічний ККД (η_m). Механічний ККД двигуна визначається як відношення середнього ефективного тиску до середнього індикаторного:

$$\eta_m = \frac{p_e}{p_i} = \frac{2,314}{2,53} = 0,915.$$

Ефективний ККД (η_e):

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ

96

Арк

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m = 0,529 \cdot 0,915 = 0,484.$$

Питома витрата рідкого палива (g_e), г/(кВт·год.):

$$g_e = \frac{g_i}{\eta_m} = \frac{160,104}{0,915} = 174,95.$$

3.1.10 Уточнення вихідних параметрів дизеля за результатами розрахунку робочого процесу

Уточнюємо основні параметри і показники двигуна:

- літраж двигуна:

$$V_{лц} = \frac{\pi D^2 S}{4 \times 10^6} = \frac{3,142 \times 580,0^2 \times 640}{4 \times 10^6} = 169,6 \text{ дм}^3$$

- повний об'єм двигуна:

$$V_l = V_{лц} i = 169,6 \times 8 = 11158,52 \text{ кВт}$$

- ефективна потужність одного циліндра:

$$N_{e_{ц}} = \frac{p_e V_l n}{30 \tau} = \frac{2,314 \times 169,6 \times 428,0}{30 \times 4} = 1394,815 \text{ кВт}$$

- повну потужність:

$$N_e = N_{e_{ц}} i = 1394,815 \times 8 = 11158,52 \text{ кВт}$$

- обертовий момент:

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ

Арк

97

$$M_e = \frac{3 \times 10^4 \times N_e}{\pi n} = \frac{3 \times 10^4 \times 11158,52}{3,142 \times 428} = 249089 \text{ Н} \times \text{м}$$

- годинна витрата палива:

$$G_T = N_e \times g_e \times 10^{-3} = 1952,2 \text{ кг / год}$$

- середня швидкість поршня, м/с:

$$V_{п.ср.} = \frac{S n}{30000} = \frac{640 \times 428}{30000} = 9,13 \text{ м / с}$$

Перевіримо похибку прийнятого раніше допущення середньої швидкості поршня:

$$\Delta = \frac{9,1 - 9,13}{(9,13 / 100)} = -0,33\%$$

Дана похибка цілком припустима для попередніх розрахунків.

3.1.11 Побудова індикаторної діаграми

Для наочного уявлення про протікання робочого циклу в циліндрі двигуна, що розраховується, побудуємо індикаторну діаграму. Для цього скористаємося аналітичним методом. Обчислення й побудова ключових і проміжних точок циклу будемо робити в комп'ютерному форматі Excel.

Діаграму розрахункового циклу дизельного двигуна будують у такий спосіб. Залежно від необхідних розмірів діаграми приймають масштаб тисків m мм/МПа, і вибирають довжину відрізка, що відповідає робочому об'єму циліндра V_s . Об'єми циліндра в характерних точках індикаторної діаграми або

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ				
					Арк				
					98				

відрізки діаграми, що відповідають цим об'ємам, обчислюють залежно від робочого об'єму циліндра V_s з наступних співвідношень:

– об'єм камери стиску:

$$V_c = \frac{V_h}{\varepsilon - 1} = 169,64 / (14,00 - 1) = 13,05 \text{ л.}$$

– об'єм циліндра на початку стиску:

$$V_a = V_c + V_s = 13,05 + 169,6 = 182,7 \text{ л.}$$

– об'єм циліндра наприкінці видимого згоряння:

$$V_z' = \rho \cdot V_c = 1,787 \cdot 13,05 = 23,32 \text{ л,}$$

де ρ – ступінь попереднього розширення.

Після чого розрахункові значення наносять на вісь абсцис.

За віссю ординат – у відповідному масштабі тисків відкладемо координати характерних точок циклу: $a, c, c', c'', z, z', b, b', b''$.

Дані для побудови політропи стиску й розширення знайдемо аналітичним способом. Для цього весь робочий об'єм поділимо на частині й визначимо проміжне значення об'ємів V_i . Для забезпечення точності побудови візьмемо відносно невеликі проміжки між V_i розбивши весь об'єм на 40 ділянок. Проміжне значення тисків визначимо по формулах:

– на лінії стиску:

$$p_{ci} = p_a \left(\frac{V_a}{V_i} \right)^{n_1};$$

– на лінії розширення:

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПІНІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					Арк
										99
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

$$p_{bi} = p_b \left(\frac{V_a}{V_i} \right)^{n_2}.$$

Розрахунки проміжних значень тисків і температур представимо у табл. 3.3. Для скорочення табличних даних представимо отримані значення із кроком розбивки всього об'єму на 40 ділянок.

Таблиця 3.3 – Дані для побудови індикаторної діаграми

Номер точки	Геометричні данні		Лінія стиску	Лінія розшир.
	ε	V_i	p_{ci}	p_{bi}
1	2	3	4	5
0	1,00	182,68	0,341	1,3
1	1,02	178,46	0,352	1,33
2	1,05	174,23	0,364	1,37
3	1,07	170,01	0,376	1,41
4	1,10	165,78	0,389	1,46
5	1,13	161,56	0,403	1,50
6	1,16	157,33	0,418	1,55
7	1,19	153,11	0,434	1,6
8	1,23	148,88	0,451	1,65
9	1,26	144,66	0,469	1,71
10	1,30	140,43	0,488	1,77
11	1,34	136,21	0,509	1,84
12	1,39	131,98	0,532	1,91
13	1,43	127,76	0,556	1,98
14	1,48	123,53	0,582	2,06
15	1,53	119,31	0,610	2,15
16	1,59	115,08	0,641	2,25
17	1,65	110,86	0,675	2,35
18	1,72	106,63	0,712	2,46
19	1,79	102,41	0,752	2,58
20	1,87	98,18	0,797	2,71
21	1,95	93,96	0,846	2,86
22	2,04	89,73	0,901	3,02
23	2,15	85,51	0,963	3,20

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
										100
					Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ

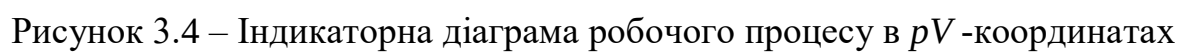
1	2	3	4	5
24	2,26	81,28	1,032	3,39
25	2,38	77,05	1,111	3,62
26	2,52	72,83	1,200	3,87
27	2,68	68,60	1,303	4,15
28	2,86	64,38	1,422	4,48
29	3,06	60,15	1,561	4,86
30	3,29	55,93	1,725	5,30
31	3,57	51,70	1,922	5,82
32	3,89	47,48	2,162	6,45
33	4,27	43,25	2,459	7,21
34	4,75	39,03	2,834	8,16
35	5,33	34,80	3,322	9,36
36	6,09	30,58	3,976	10,94
37	7,09	26,35	4,892	13,09
38	8,48	22,13	6,247	14,81
39	10,57	17,90	8,418	14,81
40	14,00	13,68	12,343	14,81

Розрахункову індикаторну діаграму рекомендується скруглити, тому що в реальному двигуні за рахунок випередження samozapalювання робоча суміш запалюється до приходу поршня у ВМТ і підвищує тиск наприкінці процесу стиску. Процес видимого згоряння відбувається при об'ємі, що постійно збільшується. Відкриття випускного клапана до приходу поршня у ВМТ знижує тиск наприкінці розширення, а також має місце процес випуску й наповнення робочого циліндра. Положення точки c' залежить від кута початку впорскування палива c'' , а положення точки c орієнтовно визначається за формулою:

$$p_{c'} = (1,15 \dots 1,25) p_c = 1,067 \cdot 12,34 = 13,17 \text{ МПа.}$$

Положення крапки z' залежить від ступеня попереднього розширення. Положення крапки b визначає кут випередження випуску, крапку b' звичайно розташовують між крапками b і a .

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					Арк
										101
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						



Зводимо результати розрахунку (рис. 3.4. і 3.5) у табл. 3.4.

Після виконання теплового розрахунку суднового двигуна прототипу виконуємо розрахунок додаткового теплообмінника в системі паливоподачі.

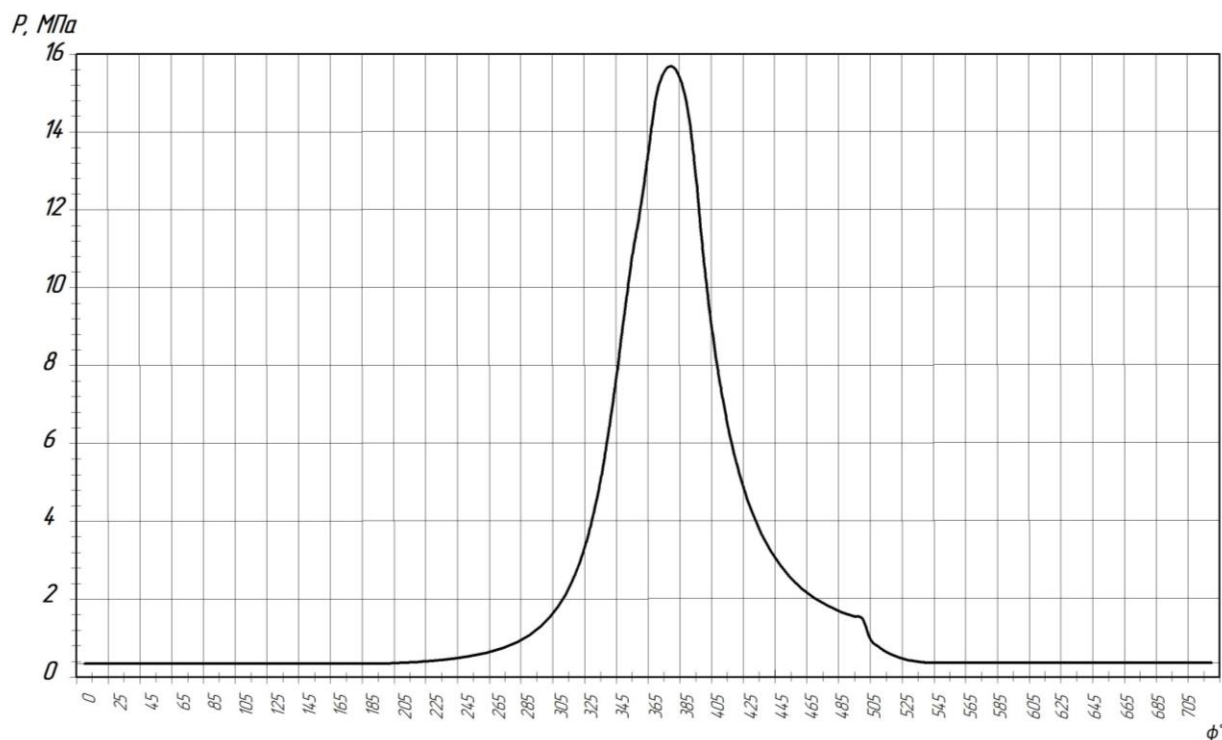


Рисунок 3.5 – Розгорнута індикаторна діаграма за кутом повороту колінчастого валу для дослідного двигуна

Таблиця 3.4 - Результати теплового розрахунку

Параметр	Значення
	Базовий двигун
Температура робочого тіла, К	
Температура повітря перед (у ресивері) ТКР, T_k	313,1
Температура наприкінці процесу впуску, T_a	321
Температура залишкових газів, T_r	766,0
Температура наприкінці стиску, T_c	829,99
Температура (максимальна) згоряння, T_z	1 745,247
Температура наприкінці розширення, T_b	1 192,768
Питома витрата рідкого палива (g_e), г/(кВт·год)	174,52
Ефективна повна потужність, кВт	11186,29
Годинна витрата палива, кг/год	1952,2

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата						
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					Арк
										103

3.2 Розрахунок пластинчатого теплообмінника системи паливоподачі

Теплообмінник працює за схемою, наведеною на рис. 3.6.

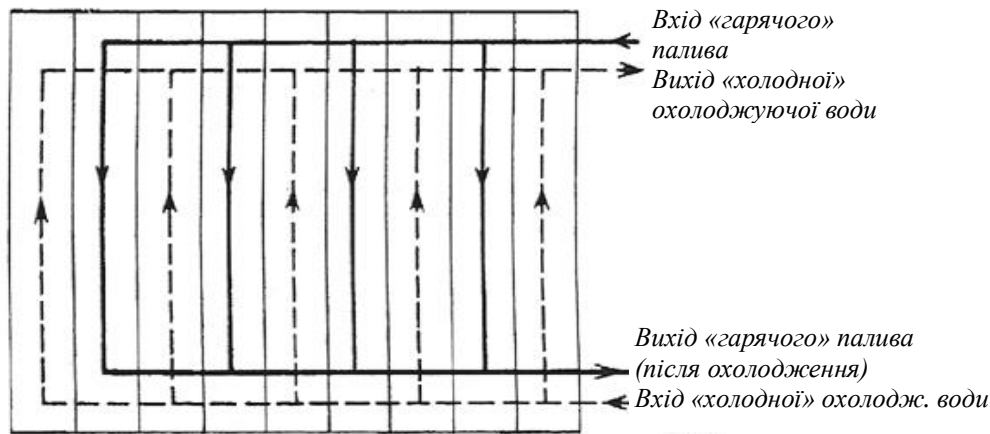


Рисунок 3.6 – Схема роботи одноходового пластинчатого теплообмінника

Вихідні дані для виконання розрахунку будуть у відповідності до [2]:

- Початкова температура «гарячого» палива $t_{ГВ1} = 60^{\circ}\text{C}$;
- Кінцева температура «гарячого» палива $t_{ГВ2} = 40^{\circ}\text{C}$;
- Питома теплоємність «гарячого» палива $c_{ГВ} = 1,88 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$;
- Густина «гарячого» палива $\rho_{ГВ} = 991 \text{ кг}/\text{м}^3$;
- Об'ємна витрата «гарячого» палива $L_{ГВ} = 1,97 \text{ м}^3/\text{год}$;
- Початкова температура «холодної» охолоджуючої води $t_{ХВ1} = 32^{\circ}\text{C}$;
- Кінцева температура «холодної» охолоджуючої води $t_{ХВ2} = 37^{\circ}\text{C}$;
- Питома теплоємність «холодної» води $c_{ХВ} = 4,174 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$;
- Густина «холодної» води $\rho_{ХВ} = 994 \text{ кг}/\text{м}^3$;
- Об'ємна витрата «холодної» води $L_{ХВ} = 100 \text{ м}^3/\text{год}$.

Знаходимо масову витрату гарячого теплоносія в об'ємну

$$G_{ГВ} = L \cdot \rho_{ГВ} / 3600 \quad (3.1)$$

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ				
					Арк				104

$$G_{ГВ} = 1,97 \cdot 991 / 3600 = 0,54 \text{ кг/сек}$$

Визначаємо теплове навантаження пластинчастого теплообмінника:

$$Q = G_{ГВ} \cdot c_{ГВ}(t_{ГВ2} - t_{ГВ1}) \quad (3.2)$$

$$Q = 0,54 \cdot 1,88 \cdot (60 - 40) \cdot 10^3 = 20304 \text{ Вт}$$

де Q – кількість теплоти, що віддається в гарячому контурі;

Максимальну витрату «холодної» води, що проходить за каналами між пластинами теплообмінника, визначаємо з рівняння:

$$Q = G_{ХВ} \cdot c_{ХВ}(t_{ХВ2} - t_{ХВ1}) = Q = G_{ХВ} \cdot c_{ХВ}(t_{ХВ2} - t_{ХВ1}) \eta \quad (3.3)$$

де $G_{ХВ}$ – об’ємна витрата «холодної» охолоджуючої води;

$$G_{ХВ} = Q / c_{ХВ}(t_{ХВ2} - t_{ХВ1}) \eta$$

де $\eta = 0,93$ – коефіцієнт, що враховує теплові втрати.

$$G_{ХВ} = 20304 / 4,174 \cdot (37 - 32) \cdot 0,93 \cdot 10^3 = 1,046 \text{ кг / сек}$$

При виконанні розрахунку пластинчастого теплообмінника приймаємо початкову оптимальну швидкість теплоносіїв в каналах $w_{opt} = 0,4 \text{ м/с}$.

За значеннями оптимальної швидкості знаходимо необхідну кількість каналів «холодної» охолоджуючої води $m_{ХВ}$:

$$m_{ХВ} = G_{ГВ} / w_{opt} \cdot f_k \cdot \rho_{ГВ} \quad (3.4)$$

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата					
					ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ				
					Арк				
					105				

де $f_k = 0,00243 \text{ м}^2$ – площа живого перерізу одного міжпластинчастого каналу теплообмінника, що розглядається.

$$m_{XB} = 0,54 / 0,4 \cdot 0,00243 \cdot 991 = 0,563 \text{ кг / сек}$$

Компонування розглядаємого теплообмінника (охолодника) симетричне, тобто $m_{XB} = m_{GB} = m$.

Загальний живий переріз каналів в пакеті по ходу «гарячої» води і «холодної» охолоджуючої води:

$$f_{GB} = f_{XB} = f_{XB} \cdot m_{GB} \quad (3.5)$$

$$f_{GB} = f_{XB} = 0,00243 \cdot 0,563 = 0,0013$$

Знаходимо фактичні швидкості «гарячої» і «холодної» охолоджуючої води:

$$\omega_{GB} = G_{GB} / f_{GB} \cdot \rho_{GB} = 0,54 / 0,0013 \cdot 991 = 0,42 \text{ м/с}$$

$$\omega_{XB} = G_{XB} / f_{XB} \cdot \rho_{XB} = 1,046 / 0,0013 \cdot 994 = 0,809 \text{ м/с}$$

Коефіцієнт тепловіддачі α_1 від «гарячої» води до стінки пластини визначається за формулою, Вт/(м²·°C):

$$\alpha_1 = 1,16 \cdot A \cdot (23000 + 283 \cdot \bar{t}_{26} - 0,63 \cdot \bar{t}_{26}^2) \cdot \omega_{GB}^{0,73} \quad (3.6)$$

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					Арк
										106
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

$$\alpha_1 = 1,16 \cdot 0,9 \cdot (23000 + 283 \cdot 50 - 0,63 \cdot 2500) \cdot 0,42^{0,73} = 19715,9$$

де $A = 0,9$ – коефіцієнт, залежний від типу пластин, для типу обраних пластин;

$$\bar{t}_{\text{св}} = (60 + 40)/2 = 50 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ – середня температура «гарячої» води.}$$

Коефіцієнт тепловіддачі α_2 від стінки пластини до «холодної» води визначається за формулою, Вт/(м²·°C):

$$\alpha_2 = 1,16 \cdot A \cdot (23000 + 283 \cdot \bar{t}_{\text{хв}} - 0,63 \cdot \bar{t}_{\text{хв}}^2) \cdot \omega_{\text{хв}}^{0,73} \quad (3.7)$$

$$\alpha_2 = 1,16 \cdot 0,9 \cdot (23000 + 283 \cdot 34,5 - 0,63 \cdot 34,5^2) \cdot 1,93^{0,73} = 54144,03$$

де $\bar{t}_{\text{хв}} = (32+37)/2 = 34,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ – середня температура «холодної» води.

Коефіцієнт теплопередачі складатиме:

$$k = \beta / (1 / \alpha_1) + (1 / \alpha_2) + (\delta_{\text{сп}} / \lambda_{\text{сп}}) =$$

$$0,81 / (1 / 19715,9) + (1 / 54166,03) + (0,0006 / 18,2) = 7928,19 \quad (3.8)$$

де $\beta = 0,81$ – коефіцієнт, що враховує зменшення коефіцієнта теплопередачі через термічний опір забруднень на пластині;

$\delta_{\text{сп}} = 0,0006 \text{ м}$ – товщина пластини;

$\lambda_{\text{сп}} = 18,2 \text{ Вт/(м} \cdot ^{\circ}\text{C)}$ – коефіцієнт теплопровідності пластини.

Необхідна поверхня теплопередачі визначається з виразу, м²:

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					Арк
										107
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

$$F_{mp} = Q / k \cdot \Delta t, \quad (3.9)$$

де Δt – середньологаріфмічний температурний напір, °C:

$$\Delta t = (\Delta t_6 - \Delta t_m) / \ln (\Delta t_6 / \Delta t_m) \quad (3.10)$$

де $\Delta t_m = t_{ГВ2} - t_{ГВ1} = 40 - 32 = 8$

$$\Delta t_6 = t_{ГВ1} - t_{ХВ2} = 60 - 37 = 23$$

$$\Delta t = (23 - 8) / \ln (23 / 8) = 14,2$$

$$F_{тр} = 20304 / (7928,19 \cdot 14,2) = 0,18 \text{ м}^2$$

Число ходів заокруглюється до цілої величини, в нашому випадку $X=1$.

У одноходових теплообмінниках чотири штуцери для підведення і відведення гріючого середовища, що охолоджується або нагрівається, розташовуються на одній нерухомій плиті.

Дійсна поверхня теплообміну, м^2 :

$$F = (2,25 \cdot m \cdot X - 1) \cdot f_{пл} \quad (3.12)$$

$$F = (2,25 \cdot 0,563 \cdot 1 - 1) \cdot 1,2 = 0,32 \text{ м}^2$$

Фактична площа теплообміну для одного теплообмінного апарату, м^2 :

$$F_{то} = 0,18 / 2 = 0,09 \text{ м}^2 \quad (3.13)$$

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата						
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					Арк
										108

Отримані результати зведемо в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 - Технічна характеристика штатного пластинчастого теплообмінника

Параметр	Значення
1	2
Робоче середовище	вода
Максимальна робоча температура, °C	+150
Максимальна площа теплообміну, м ²	0,32
Витрата гарячого теплоносія, м ³ / год	2
Максимальний робочий тиск, МПа	3,0
Матеріал прокладок	EPDM
Матеріал пластин	AISI 316 – 0.5 mm
Діаметр патрубків	32''
Кількість ходів	одноходовий
Кількість пластин	34

В розрахункових дослідженнях досліджувались теплообмінники фірм «Alfa Laval», «Sondex», «Ecoflex». Для дослідження з теплообмінників кожної марки були обрані по два пластинчастих теплообмінника з найменшими втратами тиску по гріючому і нагріваючому середовищах і найменшою вартістю.

3.3 Висновок про результати модернізації

З проведеного аналізу встановлено, що теплообмінники «Alfa Laval» мають найменші втрати тиску, але кілька більш високу вартість, ніж теплообмінники інших типів. Теплообмінники «Sondex» мають також невеликі втрати тиску, проте їх вартість значно вище теплообмінників «Alfa

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					109

Laval». Теплообмінники «Ecoflex» стоять в середньому в 2 рази дорожче теплообмінників інших типів.

Оптимальним варіантом для розрахункових умов є модернізований теплообмінник «Danfoss», в якому втрати тиску незначно перевищують мінімальні, при цьому вартість його модернізації шляхом встановлення додаткових пластин – мінімальна. Таким чином можна вважати мету дослідження виконаною.

Розрахунок показав, що необхідна площа поверхні теплообміну дорівнює $0,32\text{м}^2$. З огляду на 10% запас по площі теплообміну запропоновано встановлення 1 теплообмінника фірми Danfos.

Розрахунок пластинчастих теплообмінників повністю відповідає теплотехнічним вимогам системи в якій вони будуть працювати в залежності від регіону плавання судна.

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ				
					Арк				
					110				

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці

4.1.1 Нормативно-правова та законодавча база охорони праці на суднах. Закон України «Про охорону праці», визначає основні положення по реалізації конституційного права громадян на охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, що регулює, за участю відповідних органів, відношення між керівниками підприємства, чи організації уповноважених органів і робітником з питань безпеки і гігієни праці, середовища виробництва і встановлює єдиний порядок з охорони праці на Україні.

До нормативно-технічної бази з охорони праці при роботі у МКВ судна відносяться наступні, спеціально розроблені, документи [11 - 14]:

- 1) Правила технічної експлуатації суднових енергоустановок;
- 2) Правила технічної експлуатації суднових електроустановок;
- 3) Правила устрою й безпечної експлуатації парових і водогрійних котлів та судин під тиском;
- 4) Правила пристрою й безпечної експлуатації суднових двигунів внутрішнього згоряння;
- 5) Правила техніки безпеки при експлуатації суднового тепломеханічного й електричного встаткування.

Міжнародні документи:

ІМО 2011 – міжнародний нормативно-правовий документ, який вступив в силу в 2011 році. Згідно з ІМО 2011 будуть посилені норми викидів в атмосферу, порівняно з 2000 роком.

Марпол 2006 – міжнародна конвенція щодо запобігання забруднення морського середовища суднами.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
										111
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					

СОЛАС – конвенція по охороні життя людини на морі. Основні цілі конвенції СОЛАС – визначення мінімальних стандартів по конструкції, обладнанню та плаванню судин, відповідаючи за їх безпеку.

Також до цього списку можна додати ті інструкції, що розробляються спеціально роботодавцем.

4.1.2 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів у машинному відділенні. На людину в процесі його діяльності можуть впливати різні небезпечні й шкідливі фактори. Судно в комплексі з наявністю в ньому різного устаткування і механізмів являє собою об'єкт підвищеної небезпеки зі значною кількістю небезпечних і шкідливих факторів [11 - 14]. До числа цих факторів відносяться:

Дані фактори створюють: устаткування й засоби за допомогою, яких людина обробляє об'єкт, сам об'єкт, а також умови праці. Основними джерелами небезпечних і шкідливих факторів при експлуатації валогенераторної установки на судах СТМ є електричні машини й системи автоматичного керування. Розглянемо дані фактори докладніше.

Одним з таких факторів є живлення 380 В трифазним змінним струмом для електродвигунів і 220 В однофазним змінним струмом для системи автоматизації. Електричні машини є джерелом вібрації. Вібрація негативно позначається на людях, що перебувають у приміщенні, і працюючі в зоні підвищеної вібрації люди можуть занедужати віброхворобою. По нормативних документах, рівень шуму повинен бути залежним від октавної смуги в межах 92...108 дБ, устаткування повинне безвідмовно працювати при вібраціях із частотою 3...50 Гц і амплітудою в 1 мм. Шкідливим фактором є також рівень шуму, що нормує документом для рівня шуму є ГОСТ 12.1.003-83.

Для дотримання умов мікроклімату передбачені системи вентиляції й опалення. Сприятливими для роботи є умови при відносній вологості в 40...60% і температурі 18...22 °С. У робочих умовах, однією з найважливіших

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						112

Таблиця 4.1 - Потенційні небезпеки й шкідливі фактори на судні

Види потенційно можливих небезпечних і шкідливих виробничих факторів	
1.	Фізичні виробничі фактори:
1.1.	Шкідливі:
-	шум;
-	вібрація;
-	наявність електромагнітних полів;
-	підвищена загазованість;
-	підвищене виділення тепла;
-	підвищена вологість.
1.2.	Небезпечні:
-	небезпека вибуху;
-	небезпека виникнення пожежі;
-	небезпека ураження електрострумом;
-	відкрито рухаються й обертаються частини машин.
2.	Хімічні виробничі фактори:
2.1.	Шкідливі:
-	подразнюючі речовини: кислоти, луги, розчинники, кислі гази.
2.2.	Небезпечні:
-	канцерогенні речовини: сполуки алюмінію, бензин, гас, 3,4-бенз(а)пирен (міститься у вихлопних газах двигунів).
3.	Біологічні виробничі фактори:
3.1.	Небезпечні:
-	бактерії.

умов є освітленість робочого місця, нормованим значенням освітленості вважається освітленість в 200 лк. Відповідно до вимог ГОСТ 12.2.032-78, ГОСТ 12.2.033-78 робоче місце повинне забезпечувати максимально можливу зручність проведення робіт у положенні сидючи й стоячи. Кут зору для охопту інформаційного поля повинен бути не більше 120°. Робоча зона повинна бути не менш 1 м. Завдяки математичному моделюванню, стає можливим істотно зменшити вплив небезпечних і шкідливих факторів на персонал при випробуваннях і наступній експлуатації валогенераторної установки суден, завдяки вибору оптимального режиму роботи.

Підвищена запиленість і загазованість. З основних забруднень, що можуть бути присутні у МВ – вуглеводні, сірчаний і сірчистий ангідрид, у

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПІНІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					Арк
										113
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

концентрації вище, ПДК діють на організм людини. По ГОСТ 12.1.005-76 установлені ПДК шкідливих речовин у повітрі робочої зони.

Захист – вентиляція, а також газо-пилоуловлюючі засоби індивідуального захисту й устаткування.

Температура повітря, вологість, швидкість повітря. Підвищена температура повітря в робочому приміщенні викликає швидку стомлюваність організму, перегрів. Це веде до зниження працездатності і може стати причиною травматизму. Низька температура може викликати місцеве чи загальне охолодження організму. Для підтримки нормальної температури передбачається вентиляція з підігрівником і охолоджувачем повітря. Для підтримки гарного самопочуття людей немаловажне значення має температура поверхонь, огорожуючих приміщень. Щоб їхнього відпрівання вона повинна бути не нижче температури повітря в приміщенні більш ніж 6°C і не менше крапки роси.

Освітленість. У МВ судна застосовується штучне освітлення. Нерівномірність освітлення робочих місць підвищує стомлюваність органів зору від частоті переадаптації зору – при перекладі погляду з більш освітленої поверхні на менш освітлену. Наявність тіней на робочих поверхнях, а також близькості, відбитої від робочих поверхонь устаткування. Створюють несприятливі умови для роботи органів зору. Найкращий розподіл світла на робочих місцях створює загальне освітлення. При аварійному висвітленні освітленість робочих поверхонь повинна бути не менш 25 % установлених для робочого освітлення норм, а на сходінках трапа і проходах – не менш 5 лк. Норми освітленості регламентуються діючими нормами штучного освітлення на судах морського флоту ГОСТ 2506-81. У МВ загальне освітлення на палубі згідно цих норм повинне бути не менш 20 лк, на шкалах приладів – 75 лк, на сходінках трапа – 20 лк.

Запобігання пожежі на судні. Головною метою боротьби з пожежею є – швидке взяття її під контроль та гасіння, яке можливе лише в тому випадку,

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					Арк
										114
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

коли вогнегасний засіб доставлений до пожежі швидко й в достатній кількості. Це можливо забезпечити за допомогою стаціонарних систем пожежогасіння.

Вуглекислий газ - широко розповсюджений засіб пожежогасіння на судах. Ліквідація пожеж у суднових приміщеннях вуглекислим газом здійснюється методом об'ємного гасіння. Для підвищення ефективності гасіння рекомендується герметизація приміщенні, у яких застосовується вуглекислота.

Будучи в 1,5 рази важчим за повітря, вуглекислий газ може проникати в місця, важко доступні для інших засобів пожежогасіння під плити машинних і котельних відділень, в обмежені простори вантажних трюмів, танків, паливних цистерн, спеціальних суднових комор, і т.д.

На судах вуглекислота зберігається в сталевих балонах місткістю 30...40 л, у яких вона перебуває в рідкому стані. Для суднових систем вуглекислотного пожежогасіння, що працюють при тиску порядку 12,5 МПа, прийнято використовувати стандартні балони місткістю 40 л, що містять по 25 кг вуглекислоти. Балони розміщують групами по 8...16 шт. у вертикальному положенні головками нагору. Вони повинні бути надійно закріплені в місцях, розташованих удалині від житлових і службових приміщень, тому що вуглекислота ставиться до задущлиивих газів і при високій концентрації в повітрі (22 % і вище) небезпечна для життя.

При виході з балонів і раптовому розширенні вуглекислота випаровується, перетворюючись у газ. При цьому обсяг її збільшується більш ніж в 500 разів. Частина вуглекислоти в результаті переохолодження переходить у твердий стан – сніжні пластівці, які, потрапляючи у вогнище горіння, миттєво перетворюються в газ. Вуглекислий газ, опускаючись до вогнища пожежі й обволікаючи палаючі речовини й предмети, витісняє повітря й знижує в такий спосіб зміст кисню в зоні горіння. У зв'язку із цим горіння припиняється. Ефективність пожежогасіння досягається при досить високій концентрації вуглекислоти в атмосфері приміщення (22...23%).

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
<i>ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ</i>				Арк 115

4.1.3 Розрахунок штучного освітлення в машинному відділенні

Завданням даного розрахунку є визначення кількості ламп типу ПВЛП для освітлення робочого місця в машинному відділенні (платформа паливних сепараторів).

Для розрахунку загального рівномірного освітлення при горизонтальній робочій поверхні основним є метод світлового потоку (коефіцієнта використання), який враховує світловий потік, що відображується від стелі та стін.

Світловий потік групи ламп Φ_l , Лм, світильника з люмінесцентними лампами розраховують за формулою:

$$\sum \Phi_l = \frac{E_{\min} \times S \times K_z \times Z}{N \times \eta},$$

де $E_{\min} = 150$ лк - нормована мінімальна освітленість,;

Освітлювана площа приміщення

$$S = A \times B = 2,2 \times 4 = 8,8 \text{ м}^2$$

де $Z = 1,1$ коефіцієнт мінімальної освітленості;

$K_z = 1,2$ - коефіцієнт запасу;

Число світильників:

$$N = \frac{S}{L^2}$$

Відстань від стелі до робочої поверхні

$$H_0 = H - h_p = 3,2 - 1,65 = 1,55 \text{ м}$$

Підп. і дата						
Інв. № дубл.						
Взам. інв. №						
Підп. і дата						
Інв. № подл.						
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ	Арк
						116

де $H = 3,2 \text{ м}$ - висота приміщення;
 $h_p = 1,65 \text{ м}$ - висота робочої поверхні

Відстань від стелі до світильника

$$h_c = 0,2 \times H_O = 0,2 \times 1,55 = 0,31 \text{ м}$$

Висота підвішування світильника над освітлюваною поверхнею

$$h = H_O - h_c = 1,55 - 0,31 = 1,24 \text{ м}$$

Для досягнення найбільшої рівномірності освітлення приймаємо відношення

$$L / h = 1,5$$

Тоді відстань між центром світильників

$$L = 1,5 \times h = 1,5 \times 1,24 = 1,86 \text{ м}$$

Число світильників:

$$N = \frac{S}{L^2} = \frac{2,2 \times 4}{1,86^2} = 2,6$$

Приймаємо 3 світильника.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ				Арк
				117

$$i = \frac{AB}{h(A+B)} = \frac{4 \times 2,2}{1,24(4+2,2)} = 1,1$$

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

4.2.1 Боротьба з пожежами на суднах

Сучасне судно насичене горючими матеріалами, електроустаткуванням. Виконання вимог пожежної безпеки (попередження пожеж) на судні, знання й уміння боротися з пожежею є обов'язковими для всього екіпажу.

Капітан судна відповідає за створення атмосфери співробітництва, необхідної для забезпечення пожежної безпеки його судна.

На судні повинна бути розроблена «Програма попередження пожежі на судні», що містить наступні розділи: заняття й неофіційні співбесіди; періодичні перевірки; технічне обслуговування й ремонт; оцінка дій і заохочення.

Місця для паління на судні визначаються капітаном, обладнаються відповідним чином. Слід враховувати й те, що в портах можуть діяти місцеві правила, що регламентують паління й протипожежні заходи, про що члени екіпажу повинні бути попереджені завчасно.

Використання штатних і переносних електронагрівальних приладів, електропобутових приладів і телерадіоапаратури визначається капітаном судна із призначенням відповідальних осіб за контроль їх безпечного стану й використання.

Виконання всіх видів робіт, використання механізмів і електроінструментів проводиться з дозволу відповідальних осіб і з відома вахтової служби. Електроінструменти після завершення робіт прибираються до місць їх постійного зберігання.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					118

Інв. № подп.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата

Дії при боротьбі з пожежами. Основною метою боротьби з пожежами на судні є: порятунок пасажирів і екіпажу; локалізація пожежі (запобігання

поширення небезпечних факторів пожежі судном, вибухів парів ЛЗР, балонів зі стисненим газом, небезпечних вантажів); гасіння пожежі всіма наявними засобами; способами збереження остійності й запасу плавучості.

Тактика боротьби з пожежами містить у собі: оголошення пожежної тривоги; при можливості, огляд аварійного району для уточнення місця, типу палаючої речовини, інтенсивності пожежі; визначення порядку виконання дій з порятунку пасажирів і екіпажу, локалізації й боротьби з пожежею, видаленню води, що накопичується при гасінні пожежі.

Огляд аварійного району проводиться розвідниками тільки в тих випадках, коли необхідно провести пошук потерпілих у цьому районі й у випадках, коли зволікання із запровадженням у дію стаціонарних і переносних засобів гасіння пожежі не вплине на хід розвитку пожежі (наприклад, при задимленні приміщення й повільному росту температури повітря в приміщенні). Порядок проведення огляду визначає командир АП за вказівкою капітана судна. Спорядження розвідників (використання ізолюючих засобів захисту органів дихання й шкіри, страхувальних пристосувань, аварійного інструмента й засобів для евакуації потерпілих) визначається командиром АП виходячи з конкретної обстановки.

Фактор часу при пожежі відіграє вирішальну роль. Після виявлення загоряння необхідно негайно вжити заходів з його гасіння. Неправильна оцінка безпеки пожежі, зволікання з гасінням пожежі на судні, як правило, приводить до розвитку пожежі, до матеріального збитку й загибелі людей.

Для прискорення гасіння пожежі капітан може змінити організацію збору АП і направити першого готового пожежника до місця пожежі.

Способи, прийоми й засоби гасіння пожежі необхідно обирати виходячи з місця пожежі, його інтенсивності й розмірів, фізико-хімічних властивостей палаючих матеріалів, що є в наявності засобів гасіння пожежі, кількості екіпажу, з метою загасити пожежу в мінімальний час.

У випадку нападу піратів використовуються рекомендації, викладені в Римській Конвенції "По боротьбі з піратством, тероризмом і іншими

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ПІНІ НУК 131.61.23.17. ПЗ

Арк

120

протиправними актами на морі, а також поправки до конвенції SOLAS і новий кодекс по охороні суден і портових споруджень пов'язаних із застосуванням насильства, становить основу міжнародного права. Насильство і погроза застосування сили в міжнародних відносинах заборонені відповідно до Уставу ООН. Однак є й інші прояви актів насильства. Серед них перше місце займає піратство. У відповідності зі ст. 101 Конвенції ООН по морському праву 1982 р. піратством є кожне з перерахованих нижче дій:

– будь-який неправомірний акт насильства, затримки або грабіж, вчинені з особистими цілями екіпажем приватновласницького судна або приватновласницького літального апарата у відкритому морі проти іншого судна або проти осіб, або майна, що перебувають на його борту;

– проти якого-небудь судна, осіб або майна в місці поза юрисдикцією якої б те не було держави;

– будь-який акт добровільної участі у використанні якого-небудь судна, зроблений зі знанням обставин, у силу яких судно є піратським;

– будь-яке діяння, що є підбурюванням або свідомим сприянням здійсненню дій, що передбачаються в п. 1 і 2.

Найнебезпечнішими з погляду потенційної можливості нападів піратів традиційно вважаються води Південно-Східної Азії. У першу чергу варто виділити район до північно-заходу від індонезійських островів Анамбас у Південно-Китайському морі, де судна досить часто стають жертвами нападів піратів. Практично вся акваторія Південно-Китайського моря, особливо у берегів Індонезії, Філіппін і В'єтнаму у цьому відношенні є неблагополучною. До числа надзвичайно «піратонебезпечних» районів відноситься також Малаккська та Сінгапурська протоки, зокрема, вузькість Філіп Ченнел. Піратські напади тут здійснюються, як правило, на швидкохідних моторних човнах, що заходять із сторони корми судна.

Самий зручний момент для піратів - прийом або здача лощмана, коли судно знижує швидкість. Найбільш уразливими є тихохідні навантажені судна з

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПІНІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					Арк
										121
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

низьким надводним бортом. Хоча траплялися напади й на контейнеровози, що йдуть зі швидкістю більше 20 вузлів.

Можливі випадки, коли під час стоянки судна в порту пірати проникають на судно, ховаються, а потім після виходу в море забезпечують доступ на борт своїм спільникам, що доганяють судно на швидкохідних катерах.

Іншим «піратонебезпечним» районом Світового океану є води в узбережжя Західної Африки. Погроза піратства в цьому регіоні збільшується політичною нестабільністю й частими військовими конфліктами. Напади на судна відбуваються, як правило, у портах, на якірних стоянках або поблизу берега, коли судно йде малим ходом. По статистиці найбільше часто судна зазнавали нападів у портах Лагос і Харкоурт (Нігерія), Монровія (Ліберія), Фрітаун (Сієрра Леоне), Конакрі (Гвінея) і Доула (Камерун).

Хоча перераховані райони є найнебезпечнішими, час від часу відбувається підвищення активності піратів й в інших районах Світового океану. До них, зокрема, відносяться води у берегів Східної Африки, Шрі-Ланки, Індії й Бангладеш, де економічна й політична нестабільність сприяють росту числа розбійних нападів на торговельні судна.

Базові правові основи боротьби з морським піратством були закладені такими міжнародними нормативними документами:

1. Женевська конвенція про територіальне море та прилеглу зону від 1958 року. У статтях 14-20 Конвенції визначається обов'язок кожної держави боротися проти піратства. Визначення піратства й піратського судна, відповідальність за захоплення суден є основними елементами конвенційних положень, які реалізуються Міжнародною морською організацією [11 - 14].

2. Конвенція ООН з морського права 1982 року. Статті 100...107, що безпосередньо регламентують питання боротьби з піратством, фактично повторюють статті 14-20 Женевської конвенції про територіальне море та прилеглу зону від 1958 року. Інші положення Конвенції ООН 1982 року також встановлюють правову основу для прийняття й введення до законодавства

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПІНІ НУК 131.61.23.17. ПЗ				
					Арк				
					122				

загальноприйнятих норм і стандартів, що забезпечують безпеку судноплавства [11 - 14].

3. Конвенція ООН про боротьбу з незаконними актами, спрямованими проти безпеки морського судноплавства 1988 року, що регламентує боротьбу з незаконними актами поза територіальним морем, які не підпадають під визначення піратства.

4. Міжнародна конвенція з охорони людського життя на морі 1974 року (Конвенція СОЛАС-74).

5. Міжнародний кодекс з охорони суден і портових засобів (Кодекс ОСПС).

6. Низка резолюцій Міжнародної морської організації (ММО) і рекомендацій Міжнародного морського бюро. До 2008 року ООН та її спеціалізована установа ММО ухвалили значну кількість резолюцій та рекомендацій, які мали попередити захоплення суден. При цьому фактично всі резолюції підтверджували виключну компетенцію Сомалі щодо затримання піратів в своїх територіальних водах. Але кількість захоплень в районі Африканського Рогу з року в рік збільшувалася. Резолюція Ради безпеки ООН №1816 від 2 червня 2008 року вперше встановила, що держави, які співробітничать з Перехідним урядом Сомалі та у відношенні яких уряд Сомалі завчасно направив повідомлення Генеральному секретарю ООН можуть:

а) входити до територіальних вод Сомалі з метою припинення актів піратства та збройного пограбування на морі, так само як це дозволяється робити у відкритому морі щодо піратства у відповідності до норм міжнародного права;

б) використовувати в межах територіальних вод Сомалі усі необхідні заходи з метою припинення актів піратства та збройного пограбування, так само як це дозволяється робити у відкритому морі щодо піратства, у відповідності до норм міжнародного права [11 - 14].

Зазначена резолюція стала основною нормативною підставою для започаткування 8 грудня 2008 року антипіратської операції ВМС Європейського Союзу під назвою «Атланта» та у січні 2009 року операції багатонаціональних

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПІНІ НУК 131.61.23.17. ПЗ	Арк
						123
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

військово-морських під назвою Combined Task Force - 151 (CTF-151), яке складається з кораблів більш ніж 30 країн та ініційоване США. Оскільки для нашої держави проблема морського піратства має особливу актуальність, державні органи України вивчали питання залучення кораблів ВМС України до операції Євросоюзу.

4.2.2 Способи запобігання піратських нападів

Найпростішим способом запобігання нападу на судно є посилення мір пильності й обережності, демонстрації яких при спостереженні за судном-об'єктом нападу буде досить, щоб остудити войовничий запал піратів і змусити їх задуматися про доцільність нальоту. Для цього необхідно при вході в піратонебезпечний район увести в дію заздалегідь розроблене й затверджене положення із чітко розписаними діями екіпажа по:

- виявленню й ідентифікації на максимальному видаленні від судна підозрілих осіб, плавзасобів з наступним візуальним супроводом таких, використанню засобів висвітлення й оповіщення, як то: сигнальних ракет, звукових сигналів, даючи тим самим зрозуміти очевидність факту виявлення й прийняття необхідних превентивних мір, готовності судна до оборони;

- перешкоджання наближення плавзасобів піратів і проникненню абордажної команди на борт судна;

- у випадку, коли висадження на борт судна все-таки відбулися, мінімізації можливості викрадення чого-небудь із судна шляхом позбавлення доступу до судових складів і особистих речей екіпажа;

- вживанню заходів до особистої безпеки членів екіпажа й пасажирів.

По значимості самої пріоритетної повинна бути останнє завдання, що одночасно наділяє капітана правами й відповідальністю при оцінці ступеня реального ризику застосування надзвичайних заходів відносно грабіжників, виходячи, як зі ступеня їхньої небезпеки, так і можливих наслідків застосування зброї. У цілому, не рекомендується озброєння членів екіпажа вогнепальною зброєю, це може викликати негативну реакцію, образи влади й населення портів

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					Арк
										124

заходу з урахуванням національних традицій країни. Наявність зброї на борті може бути допущено тільки з дозволу адміністрації прапора. Крім того, на його наявність повинне бути офіційний дозвіл влади – як прапора судна, так і порту заходу. Необхідно пам'ятати, що застосування зброї екіпажем для захисту варто уникати, тому що це може викликати непотрібні жертви. Навіть скептики в оцінці ефективності застосування сигнальних ракет і води, інших «мирних» засобів визнають, що наказ на підготовку їх «до бою» подіє на команду збадьорююче з одного боку, а з іншого боку – послужить гарним попередженням нападаючим й змусить їх задуматися про свої шанси побачивши рішучість, готовність екіпажа до бою – як правило, пірати віддають перевагу легкому видобутку.

На сьогоднішній день уже є широкий вибір у пропонованих як частками, так і іншими охоронними фірмами засобів виявлення, відлякування грабіжників, серед яких можливо й доступно придбання приладів нічного бачення з інфрачервоними променями й оповіщення, ємностей з розпиленням сльозоточивого газу, колючого дроту із сигналізацією. Все це надасть діючу допомогу морякам у забезпеченні охорони й оборони суден у піратонебезпечних районах Світового Океану.

Запобіжні заходи на судні, у порту, на якірній стоянці. Уникати якірних стоянок, що ставлять судно в уразливе положення.

Здійснювати постійне візуальне й радарне спостереження за малими плавзасобами.

Триматися на відстані від фарватеру на якірній стоянці поблизу берега.

На якірній стоянці й у порту забезпечувати освітлення всієї палуби, що прилягають до бака і юта просторів з постійною присутністю на них членів екіпажа, підводячи можливих грабіжників до думки про готовність судна до дій по тривозі й неможливості таємного проникнення. При цьому засобу висвітлення перемикаються на різні яскравості, імітуючи зв'язок сигналами. Водний простір обшукується променями прожекторів, проводиться перевірка шлангів і помп із відпрацюванням дій екіпажа.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					125

Тримати в постійній готовності до забору води пожежні рукави й шланги.

Заборона торгівлі, контактів з місцевим населенням на борті судна. Прохід на борт судна тільки в одному контрольованому місці.

Порядок дій при виявленні піратів. Негайне оповіщення всіх задіяних на вахті членів екіпажа й, наскільки можливо, неухильне виконання запропонованих планом безпеки дій і заходів.

Можливе виявлення піратів радаром, сигнали якого й можуть бути попередженням при проходженні небезпечної зони ще до візуального виявлення. Найчастіше різниця між піратським і звичайним рибацьким судном виражається в нормальному висвітленні останнього. Для піратського судна також є характерним рух галсами, із частими змінами курсу. У регіоні Південно-Східної Азії пірати на початковій фазі практикують паралельне курсу об'єкта нападу рух на видаленні 4...5 кабельтових з метою маскуванню, або впливають за кормою потенційної жертви, ведучи візуальне спостереження за системою охорони й оборони. Ухваливши рішення щодо нападі, пірати збільшують швидкість ходу до граничної. Тому при радарному виявленні підозрілого об'єкта необхідно якнайшвидше пропеленгувати його з максимально точним визначенням курсу й направити на нього промені прожектора.

Наступним кроком повинне бути негайне оголошення загальної тривоги й виконання запланованих заходів всіма членами екіпажа.

Відхід у відкрите море на граничній швидкості.

Для осліплення й ослаблення просторової орієнтації необхідно направити убік нападаючі прожектори й всі засоби висвітлення.

Передача сигналу небезпеки береговій владі й судам у регіоні.

Використання сигнальних ракет по прямому призначенню й разом з водометними шлангами як оборонну зброю.

При наближенні нападаючих і використанні ними абордажних гаків необхідно почати максимум зусиль, щоб відрізати прикріплені до них кінці.

Порядок дій при вторгненні піратів. Відхід всім екіпажем у заздалегідь підготовлений притулок (цитадель).

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					Арк
										126
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

Передача сигналу небезпеки по радіо, радіопошук можливої допомоги.

Доцільно втриматися від актів героїзму в інтересах схоронності життя людей – пірати можуть бути озброєні або перебувати в стані порушення (сп'яніння).

Порядок дій після нападу й відходу піратів із судна. Капітан судна, що підлягало нападу, в терміновому порядку письмово інформує органи влади держави, у водах або порту якого відбувся напад, навіть у випадку, якщо воно не мало успіху. При нападі в міжнародних водах – інформуються органи найближчого в географічному відношенні держави. Після термінового й формалізованого повідомлення капітан готує детальний рапорт із найдокладнішим описом кількості, зовнішності, національності що нападали, використовуваних ними плавзасобів, часу, місця нападу із вказівкою координат, національної приналежності, далекості від берега. Варто вказати також характер реакції місцевих органів влади на сигнал судна про напад.

Такі формалізовані й деталізовані повідомлення повинні бути терміново підготовлені й розіслані на адресу органів влади або правоохоронних органів найближчої держави, посольства (консульства) держави прапора судна, судовласника й оператора (якщо це не одна й та сама особа).

Судноплавна компанія у свою чергу приймає всі міри для доведення інформації про те, що трапилося, до відомості адміністрацій держави прапора судна, а також Міжнародної Морської Організації, що веде й обробляє статистику піратських нападів для виробітку мір і рекомендацій на міжурядовому рівні.

Все вищевикладене дозволяє зробити наступні висновки:

– піратство як один з видів злочинів на море продовжує залишатися в наші дні серйозною перешкодою для міжнародної торгівлі й мореплавання;

– самим небезпечним, з погляду можливого піратського нападу на судно, залишається регіон Південно-Східної Азії. У порівнянні з 2001 р., загальне число зареєстрованих у світі нападів на судна зросло з 335 до 370 (на 10,45%). В 136 випадках пірати були збройні ножами, в 68 випадках – вогнепальною зброєю й в

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
ПІНІ НУК 131.61.23.17. ПЗ				
Арк				
127				

49 випадках – іншими видами зброї. Нападу переважно піддавалися судна, що коштують на якорі. Відзначено значний ріст числа викрадень судів, з 16 до 25 випадків. В основному, це буксири, баржі й рибальські судна, що працюють у водах Індонезії й Малакської протоки;

– піратські напади (особливо це стосується регіону Південної Америки) ретельно плануються й організовуються. Найчастіше пірати знають про вантаж, що перебуває на судні, що говорить про їхнє зрощування з мафіозними структурами.

Висновок. Таким чином, у даному розділі розглянуті шкідливі і небезпечні фактори, що діють у машинних приміщеннях судна, параметри мікроклімату у цих приміщеннях, дії екіпажу із запобігання вказаних факторів і дотримання діючих норм, а також проведено розрахунок системи штучного освітлення.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					Арк
										128

ВИСНОВКИ

У ході підготовки та написання випускної роботи було проаналізовані найбільш суттєві конструктивні особливості сучасного суднового двигуна моделі 8L 58/64 фірми MAN B&W Diesel. На підставі поведеного аналізу розроблено ряд заходів щодо удосконалення умов роботи паливної системи розглянутого двигуна, а саме: проаналізовано основні тенденції розвитку сучасних дизелів, що використовуються у якості головних; проаналізовано основні тенденції розвитку сучасних систем паливоподачі та впорскування палива у камеру згорання двигуна; розроблено комплекс заходів щодо забезпечення безпеки персоналу при виконанні робіт по обслуговуванню та ремонту агрегатів паливної системи головного двигуна.

Результати розрахунку дозволяють сподіватися, що запропоновані технічні рішення є ефективними і ведуть до покращення показників двигуна. Метою дипломної роботи є підвищення ефективності експлуатації головного двигуна MAN B&W 8L 58/64 контейнеровозу «Navi Balt» шляхом модернізації системи живлення в частині оптимізації параметрів паливоподачі при встановленні додаткового теплообмінника в систему подачі важкого палива.

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата	двигуна MAN B&W 8L 58/64 контейнеровозу «NAVI Balt» шляхом модернізації системи живлення в частині оптимізації параметрів паливоподачі при встановленні додаткового теплообмінника в систему подачі важкого палива.
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ
					Арк
					129

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. <https://www.balticshipping.com/vessel/imo/9386718>
2. L 58/64 Technical Documentation Engine Working Instructions. MAN B&W Diesel AG. – 2003 - 551 с.
3. Сервісний лист фірми MAN B&W Diesel - Service Letter SL2017-641/JNN – 1 с.
4. Двигуни внутрішнього згоряння. Пристрій та робота поршневих та комбінованих двигунів / Алексєєв В.П., Воронін В.Ф., Грехов Л.В. та ін. М.: Машинобудування, 1990. - 289 с.
5. Двигуни внутрішнього згоряння: Теорія поршневих та комбінованих двигунів. Підручник для втузів за спеціальністю Двигуни внутрішнього згоряння / Вирубов Д.М., Іващенко Н.А., Івін В.І. та ін.; За ред. Орліна А.С., Круглова М.Г. - 4-те вид- М.: Машинобудування, 1983. - 372 с.
6. Самсонов В.І., Худов Н.М., Мірющенко А.А. Суднові двигуни внутрішнього згоряння. М.: - Транспорт. - 1981.
7. Дизелі. Довідник Видання 3-тє перероблене та доповнене. За ред. В. А. Ваншейдта, Н. Н. Іванченко, Л. К. Коллерова - Л.: Машинобудування, Ленінградське відділення, 1977. - 479 с.
8. Возницький І.В. Сучасні суднові середньооборотні двигуни. Санкт-Петербург: вид. ДМА ім. адм. С. О. Макарова. 2006. - 142 с.
9. Гаврилов В.С., Камкін С.В., Шмельов В.П. Технічна експлуатація судових дизельних установок. Навчальний посібник для вишів. Вид. 3-тє, перераб. та дод. М.: Транспорт, 1985. - 288 с.
10. Білоусов Є.В. Суднові двигуни внутрішнього згоряння. Тепловий, кінематичний, динамічний та міцнісний розрахунок ДВС. Методичний посібник для виконання курсового проекту. Херсон: вид. ХДМІ– 2008. – 138 с.
11. Возницький І.В., Іванов Л.А. Запобігання аваріям судових двигунів внутрішнього згоряння. М.: Транспорт, 1971. - 190 с.

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
										130
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					

12. Гаврилов В.С., Камкін С.В., Шмельов В.П. Технічна експлуатація суднових дизельних установок. Навчальний посібник для вишів. Вид. 3-тє, перероб. та дод. М.: Транспорт, 1985. - 288 с.

13. Кахте І.О., Ковтур Р.І., Новіков Г.М. Охорона праці морському транспорті. - М.: Транспорт, 1975. - 263 с.

14. Юдицький Ф.П. Захист довкілля під час експлуатації судів.- Л.: Суднобудування, 1978. – 85 з.

15. Belousov, E., Marchenko, A., Rybalchenko, M., Tuluchenko, G. et al., “Digital Profiles of Work Processes of a Marine Engine for Calculated Indicator Diagrams in Operating Modes Other than Maximum Continuous Rating,” SAE Technical Paper 2023-01-5008, 2023, doi:10.4271/2023-01-5008.

16. Фомін Ю.Я. Паливна апаратура дизелів: Довідник/Ю.Я. Фомін, Г.В. Ніконов, В.Г. Іванівський. - М.: Машинобудування, 1982. - 168 с.

17. Теорія двигунів внутрішнього згоряння/П.Х. Дяченко, О.К. Костін, Б.П. Пугачов та ін Л Машинобудування, 1974. – 551 с.

18. Карпов Л.М. Надійність та якість суднових дизелів. Л Суднобудування, 1975. – 231 с.

19. <https://www.marinetraffic.com/ru/ais/details/ships/255805884>

20. <http://www.shipspotting.com/gallery/photo.php?lid=2367425>

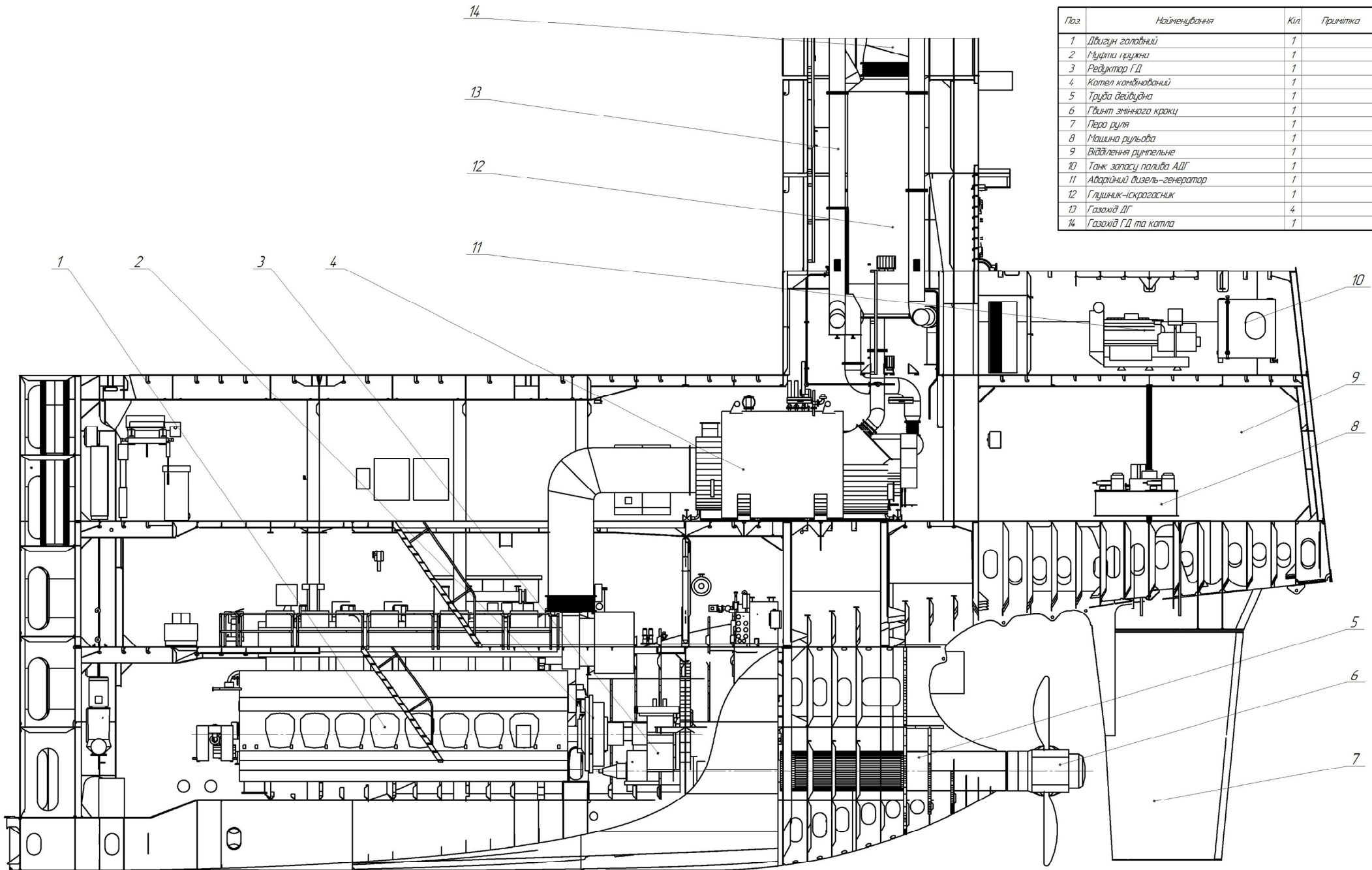
21. https://www.fleetmon.com/vessels/navi-baltic_9386718_67368/?language=ru

22. Грицук І.В., Романцов А.В., Ступаков Д.О., Ткаченко Ю.А., Ткачук Д.В. Особливості реалізації задачі підвищення оперативної готовності енергетичної установки портового буксиру шляхом удосконалення його теплової підготовки / Наукові праці Міжнародної науково-практичної конференції до Дня автомобіліста та дорожника "Сучасні технології в автомобілебудуванні, транспорті та при підготовці фахівців", 23-25 жовтня 2023 р., (Посвідчення УкрІНТЕІ № 572 від «19» груд-ня 2022 р.), Харків, ХНАДУ, 2023, 284 с., С. 110-115

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата						
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.17. ПЗ					Арк
										131

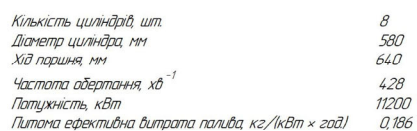
ДОДАТКИ

[illegible]



Поз.	Найменування	Кіл.	Примітка
1	Двигун головний	1	
2	Мідфити пружни	1	
3	Редуктор ГД	1	
4	Котел командований	1	
5	Труба дейдвудна	1	
6	Гвинт змінного кроку	1	
7	Перо руля	1	
8	Машина рулява	1	
9	Відділення румпельне	1	
10	Танк запасу палива АДГ	1	
11	Аварійний дизель-генератор	1	
12	Глушник-іскрогасник	1	
13	Газохід ДГ	4	
14	Газохід ГД та котла	1	

ПНН НУК 1316123.17.01				Загальне розташування механізмів у машинно-котельному відділенні судна		
Зм. Арх.	№ Визн.	Підп.	Дат.	Лист	Розр.	Наклад
Розроб.	Лінійний ШД			Н		Б/М
Перев.	Глушник ІВ					
Лінійн.	Глушник ІВ					
Начальн.	Глушник ІВ					
Зам.	Немає					
				ХДМА, гр.		
				Формат А1		

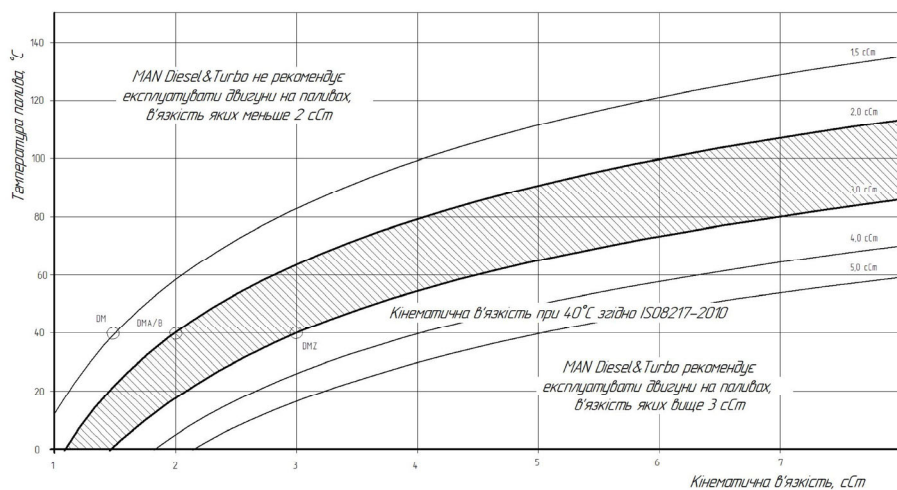
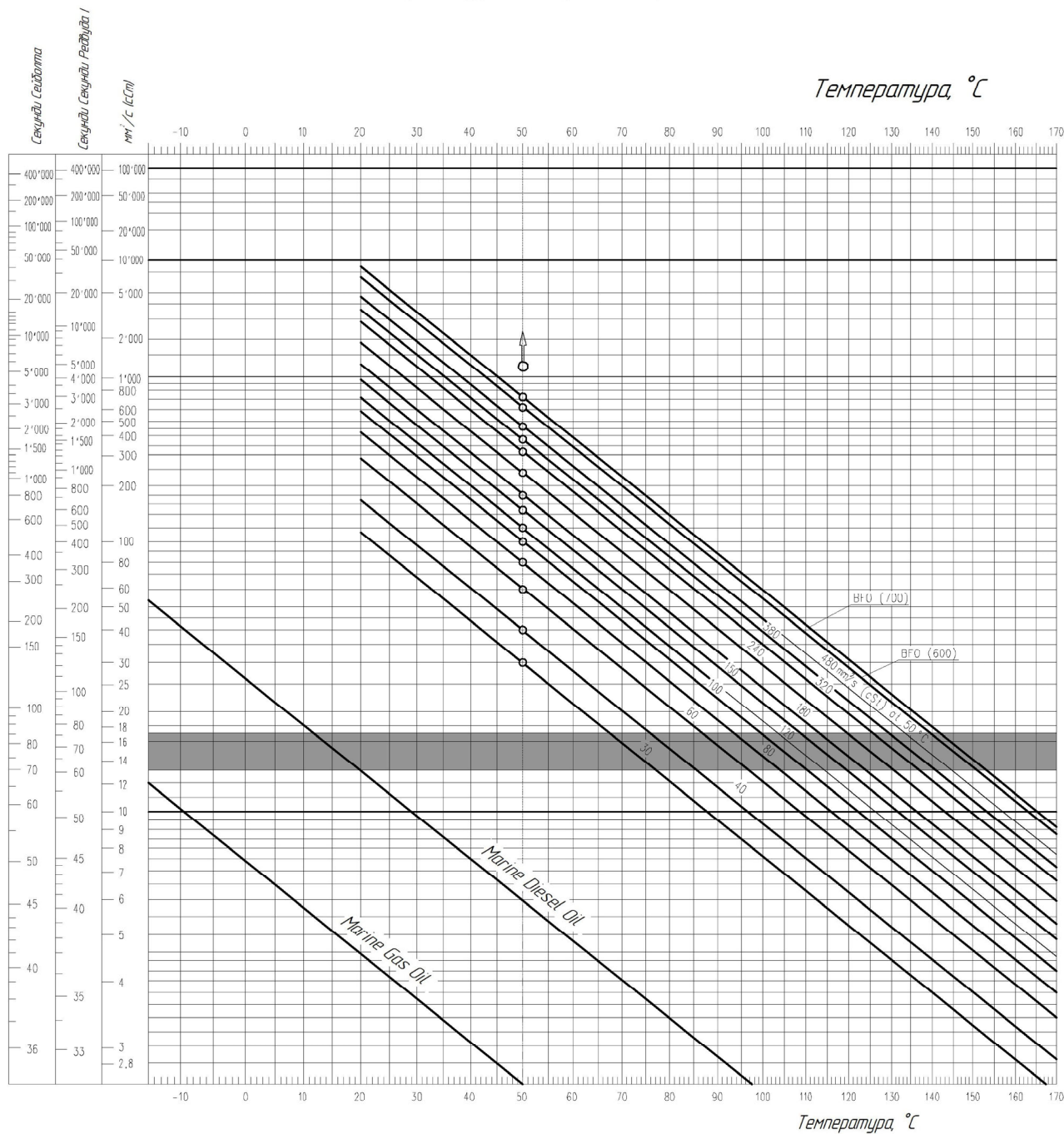


Поз.	Найменування	Кіл	Примітка
1	Випускний клапан	8	
2	Фарсунка	8	
3	Парашень	8	
4	Шатун	8	
5	Розподільний вал	1	
6	Станина	1	
7	Колінчастий вал	1	
8	Картер	1	
9	Анкерний болт	10	
10	Газова турбіна	1	

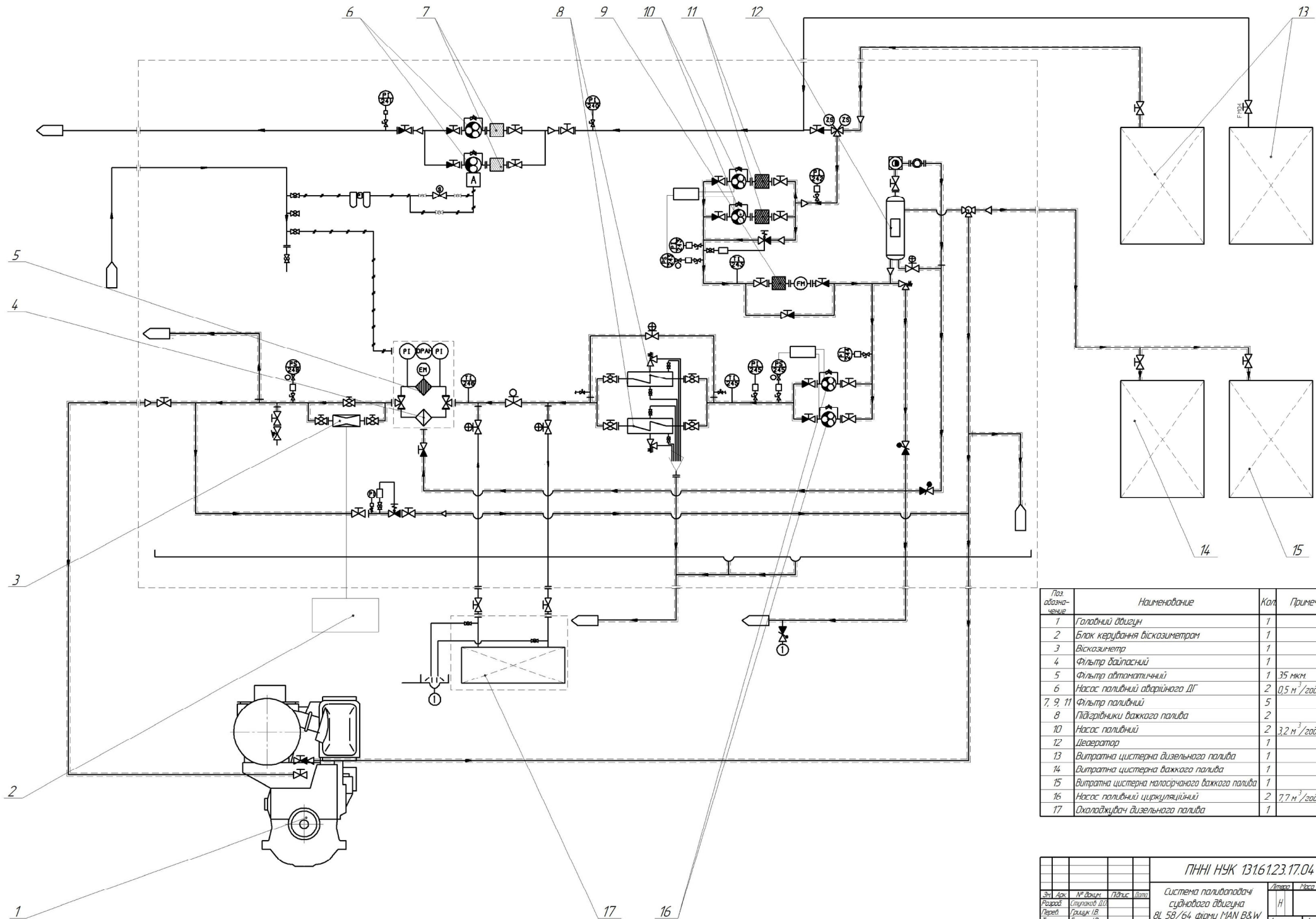
					ПННН НУК 13.16.123.17.02							
Зн	Апр	№ дощук	Підп	Діст	Головний судновий двигун 8L 58/64			Літ	Маса	Навант		
Розроб	Головний ІР							Н				
Діст	Головний ІР							Адреси			Адреси Т	
Головн	Головний ІР											
Номінал	Головний ІР				ХІДМА зр							
Заст	Настоящий											

В'язкісно-температурні характеристики палив

ПНН НУК 1316.123.17.03

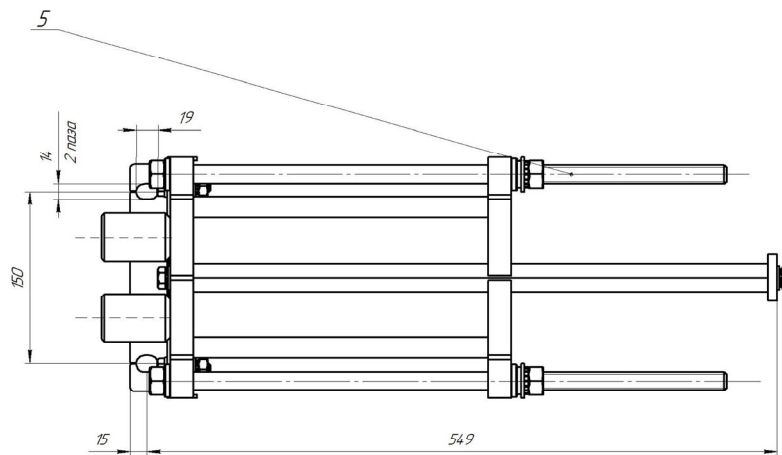
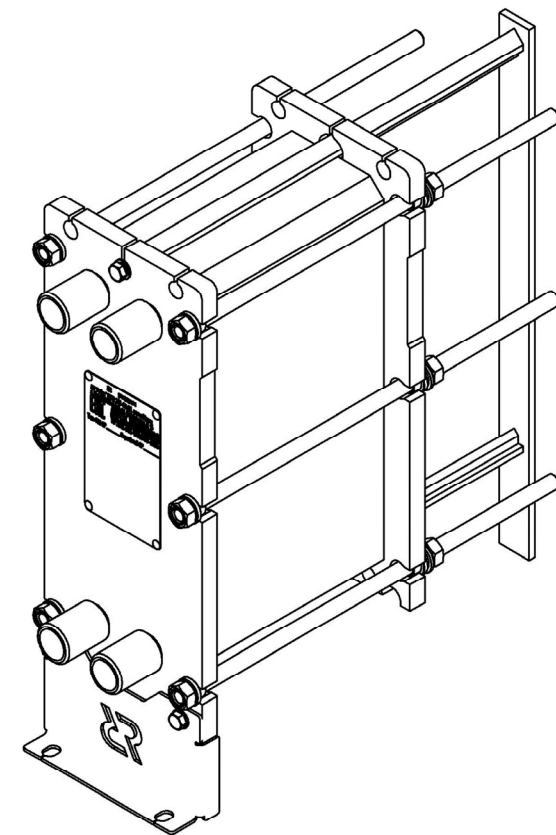
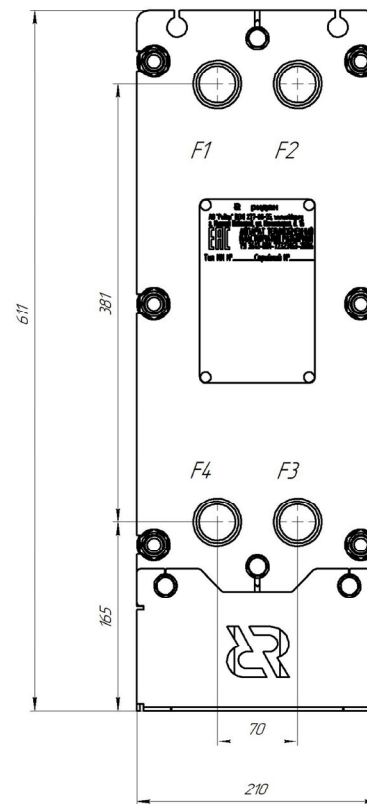
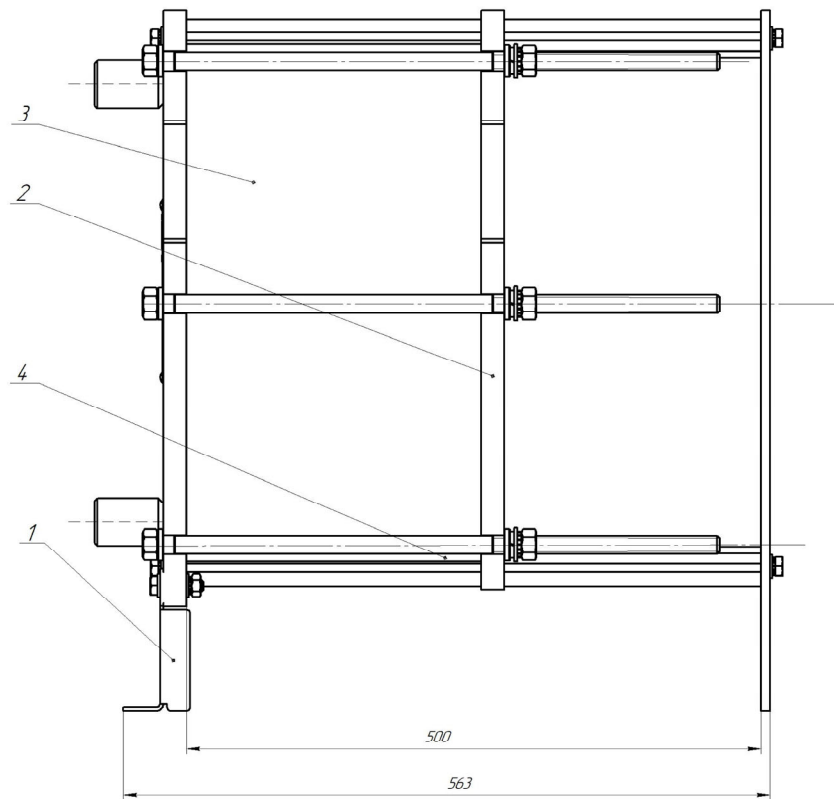


ПНН НУК 1316.123.17.03			
Знак	Док.	№ докум.	Підп.
Розроб.	Листовий	ДЛ	
Перев.	Гришук	ІВ	
Техніч.	Гришук	ІВ	
Нормат.	Гришук	ІВ	
Затв.	Нестеренко		
В'язкісно-температурна характеристика палив			
Листовий	Маса	Масштаб	
Н		Д/М	
Архив	Архив	1	



Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
1	Главный двигатель	1	
2	Блок управления вискозиметром	1	
3	Вискозиметр	1	
4	Фильтр байпасный	1	
5	Фильтр автоматический	1	35 мкм
6	Насос топливный аварийного ДГ	2	0,5 м ³ /год, 0,5 МПа
7, 9, 11	Фильтр топливный	5	
8	Подогреватели важкого топлива	2	
10	Насос топливный	2	3,2 м ³ /год, 0,4 МПа
12	Делегатор	1	
13	Витратна цистерна дизельного топлива	1	
14	Витратна цистерна важкого топлива	1	
15	Витратна цистерна малосрачаного важкого топлива	1	
16	Насос топливный циркуляционный	2	7,7 м ³ /год, 0,6 МПа
17	Охладитель дизельного топлива	1	

ПНН НУК 1316123.17.04					
Система топливоподачі суднового двигуна 8L 58/64 фірми MAN B&W					
Зм. Арх.	№ Визн.	Підпис	Дата	Листів	Всього
Розроб	Ілюстрації ШД				
Перев	Гришук ІВ				
Техніч	Гришук ІВ				
Начальн	Гришук ІВ				
Зам.	Нестеренко				
Копія				Формат А1	



Технічні характеристики

Робоче середовище

Максимальна робоча температура

Максимальна площа теплообміну

Витрата теплоносія

Максимальний робочий тиск

Матеріал прокладок

Матеріал пластин

Діаметр патрубків

Кількість ходів

Кількість пластин

горяче паливо / вода

+150

 $2M^2$ $2 \text{ м}^2/\text{год}$

3,0 МПа

EPDM

AISI 316-0.5M

32

одноходовий

34

Технічні умови

Призначення портів, наявність і виконання фланцевих з'єднань, відповідно розрахунку теплообмінника

Поз.	Наменування	Кіл.	Примітка
1	Нерухомий корпус	1	
2	Рухома частина корпусу	1	
3	Пластина/ущільнення	10-20	
4	Напряганий стрижень	1	☐ 80x80
5	Болт	6	M16

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--