

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 ефективності експлуатації головного двигуна 6 NVD 48 A-2U судна «ELGA-1» за рахунок модернізації системи мащення

Виконав:

студент групи 61-ТЕМмаг-22з

_____ **Туріца В.М.**
(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 Туріці Василю Миколайовичу

1. Тема роботи: «Підвищення ефективності експлуатації головного двигуна 6 NVD 48 A-2U судна «ELGA-1» за рахунок модернізації системи мащення».

Керівник роботи Грицук І.В.

Затверджено розпорядженням ПННІ НУК від 11.09.2023 року за № 49.

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

3. Вихідні данні по роботі: Двигун-прототип – головний двигун 6 NVD 48 A-2U судна «ELGA-1».

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 мащення судових дизелів та вибір напряму підвищення ефективності двигуна судна прототипу в умовах експлуатації. 3. Обґрунтування доцільності модернізації елементів системи мащення головного двигуна. 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. Поперечний переріз головного судового двигуна 6 NVD 48 A-2U (6ЧРН 32/48). 3. Загальна схема системи мащення. 4. Кожухотрубний теплообмінник системи мащення. 5. Пластинчастий теплообмінник системи мащення

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)

Туріца В.М.

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	7
1.2 Основні розмірення судна	10
1.3 Морехідні якості судна	11
1.4 Суднові пристрої	11
1.5 Загальносуднові системи	13
1.6 Характеристика елементів суднової енергетичної установки	15
1.7 Особливості характеристик і конструкції головної енергетичної установки	18

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ КОНСТРУКЦІЙ СИСТЕМ МАЩЕННЯ СУДНОВИХ ДИЗЕЛІВ ТА ВИБІР НАПРЯМУ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДВИГУНА СУДНА ПРОТОТИПУ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ	29
2.1 Конструктивні особливості системи мащення суднових двигунів	29
2.2 Аналіз елементів конструкції систем мащення суднових дизелів	33
2.3 Висновки в частині аналізу конструкції елементів системи мащення двигуна 6NVD48 A2U	55
2.4 Загальна характеристика кожухотрубного теплообмінного апарату	55
2.5 Загальна будова і принцип роботи пластинчастого теплообмінника	59
2.6 Вибір напрямку модернізації двигуна 6NVD48 A2 – U	62
РОЗДІЛ 3. ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ МАЩЕННЯ ГОЛОВНОГО ДВИГУНА	65

					ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка			Літ.	Арк.	Аркуші	
Розробив		Туріца В.М.									
Перевірів		Грицук І.В.								3	135
								61-ТЕМ _{маг} -23			
Н. контр.		Грицук І.В.									
Затвердив		Нестеренко									

3.1 Обґрунтування і переваги встановлення пластинчастого теплообмінника перед кожухотрубним	65
3.2 Розрахунок дизеля 6NVD48 A2U	67
3.3 Процес впуску	72
3.4 Процес стискування	76
3.5 Процес згоряння	77
3.6 Процес розширення	80
3.7 Процес випуску	81
3.8 Індикаторні показники циклу	82
3.9 Ефективні показники двигуна	83
3.10 Уточнення вихідних параметрів дизеля за результатами розрахунку робочого процесу	85
3.11 Побудова індикаторної діаграми	86
3.12 Висновок про результати обґрунтування необхідності модернізації	89
3.13 Розрахунок системи мащення	90
3.14 Розрахунок запропонованого пластинчастого теплообмінника в системі мащення	94
3.15 Особливості технічного обслуговування пластинчастого теплообмінника	100
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	108
4.1 Охорона праці	108
4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях	121
ВИСНОВКИ	132
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	133
ДОДАТКИ	135

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
										4
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					

ВСТУП

Сучасне судно, незалежно від його призначення (перевезення вантажів по морях і океанах або у внутрішніх водних шляхах, вилов і переробка морепродуктів, здобич вуглеводнів або інших корисних копалини, проведення науково-дослідних робіт), є складною інженерною спорудою, призначеною для тривалої (автономної) роботи, у тому числі, в екстремальних гідрометеорологічних і льодових умовах.

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 судових 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 мащення, в першу чергу двигунів що застосовуються на флоті в якості головних. Чим і пояснюється вибір системи у якості прототипу у даному дипломному проекті.

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Розвиток суднового дизелеобудування 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 згорання. Одним з найбільш перспективних шляхів скорочення витрати дизельного палива при одночасному виконанні поставленої задачі збільшення моторесурса двигунів є удосконалення системи мащення, в першу чергу двигунів що застосовуються на флоті в якості головних. Чим і пояснюється вибір системи у якості прототипу у даному дипломному проекті.				
Інв.№	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ				Арк
				5

Мета дипломного проекту: розробити комплекс заходів для підвищення ефективності експлуатації головного двигуна 6 NVD 48 A-2U судна «ELGA-1» шляхом модернізації елементів системи мащення.

Задачі що вирішуються у дипломному проекті:

1. Аналіз стану проблеми розвитку сучасних суднових двигунів, і зокрема двигунів серії 6 NVD 48 A-2U.
2. Проведення комплексного аналізу для вибору найбільш ефективних методів удосконалення системи мащення.
3. Розроблення технічних рішень та розрахункова перевірка їх ефективності, визначення шляхів втілення запропонованих рішень.
4. Техніко-економічна 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 серії 6 NVD 48 A-2U судна «ELGA-1» в процесі модернізації елементів системи мащення.

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 «Підвищення ефективності експлуатації енергетичної установки судна «AIDAcosma» за рахунок використання газових палив в умовах портової інфраструктури» [24].

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
										6
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СУДНА І ЙОГО ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ

1.1 Загальні відомості про судно

1.1.1 Тип судна

Судно «ELGA-1» (IMO Number – 8848408, MMSI 273354910), що було взято у якості прототипу у дипломному проекті, пристосовано для перевезення твердих, навалювальних і тарно-штучних вантажів, в тому числі контейнерів і рідких вантажів в тарі. Включає в себе: універсальне судно для генеральних вантажів, обладнано вантажно-розвантажувальними засобами, судно для перевезення масових вантажів .

Район плавання – необмежений. Тип судна – двохгвинтове, однопалубне з подвійними бортами, подвійним дном, з баком і ютом, з кормовим розташуванням машинного, насосного відділення, житлових і службових приміщень, чотирма трюмами, з похилим форштевнем і транцево кормовим краєм [1] (рис. 1.1).

Стальна рубка розміщується в кормі та вміщує житлові приміщення, розраховані на 14 членів екіпажу.

Судно мали назви в різні роки свого існування: ELGA-1 (2013, Russian Federation), HGL3CN33L03MN2 (2012, Russian Federation), KARASOY (2011, Liberia), KARASOY (2009, Liberia), SOGRA (2008), VOLGA 4012 (1997) .

Власник судна: ВТБ ЛИЗИНГ - Moscow, Russian Federation. Менеджер судна: MARITIME CARGO SHIPPING - Moscow, Russian Federation.

Загальний вигляд судна наведено на рис. 1.1, а основні характеристики в табл. 1.1.

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата	<i>ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ</i>					Арк
										7
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд судна

Таблиця 1.1 - Основні характеристики судна «ELGA-1»

Класифікаційна ознака (характеристика)	Параметр
Тип судна	Вантажний контейнеровоз / General cargo vessel
Назва судна	ELGA-1
Рік та місце побудови	1991, Krasnoye Sormovo Shipyard - Nizhniy Novgorod, Russia
Прапор	Російська Федерація
Порт реєстра	Astrakhan
Менеджер та власник	Vtb Leasing - Moscow, Russian Federation Maritime Cargo Shipping - Moscow, Russia
Вантажопідйомність	4966 т
Маса	6277 т
Швидкість судна	10 вузлів

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ				
					Арк				
					8				

1.1.2 Призначення судна

Самохідне сталеве суховантажне судно змішаного району плавання призначено для перевезення генеральних, навалювальних, лісових і великогабаритних вантажів, а також небезпечних вантажів, перерахованих нижче.

Небезпечні вантажі класів 1, 2, 3, 4.1, 4.2, 5, 6.1, 8 і 9 дозволяються до перевезення на палубі в упаковці.

Небезпечні вантажі класів 1.4S, 2.2, і 8 (рідини і тверді) дозволяються до перевезення в трюмах в упаковці.

Небезпечні вантажі класів 4.1, 4.2, 5.1, 6.1 (тверді) і 9 дозволяються до перевезення в трюмах в упаковці - якщо для них не потрібно примусова вентиляція відповідно до Міжнародного Кодексу морського перевезення небезпечних вантажів (МК МПНВ).

Небезпечні вантажі класів 4.1, 4.2 (крім макухи), 5.1 та 9, дозволяються до перевезення в трюмах навалом.

У трюмах мають місце спеціальні вертикальні направляючі, призначені для завантаження та кріплення 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.

1.1.3 Правила та норми

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

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ	Арк
						9
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

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 судах № 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 судах про їх маневрові характеристики»; Міжнародний Регламент радіозв'язку за рішенням всесвітньої адміністративної радіо конференції (ВАРК-8711); Резолюція УМОА.468 «Кодекс щодо рівня шуму на судах».

1.2 Основні розмірення судна

Довжина найбільша	139,8 м;
Довжина між перпендикулярами	134,2 м;
Ширина найбільша	16,60 м;
Висота борту	6,7 м;
Осадка максимальна	4,4 м.

Автономність судна по запасам палива, води, масла та провізії складає 20 діб. Дальність плавання 5000 морських миль. У всіх експлуатаційних випадках завантаження судна не буде спостерігатися диференту на ніс. Дедвейт судна включає вантаж, паливо, масло, прісну воду, екіпаж з багажем, продовольчі запаси, інвентар, запасні частини згідно норм Класифікаційного товариства.

Судно має повністю зварну конструкцію з повздовжньою системою набору у середній частині в поєднанні з поперечними рамними зв'язками для подвійного дна, верхньої палуби, палубного стрингера комінгса люка та повздовжніх комінгсів люків. В районі машинного відділення та в кінцевих

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					10

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

1.4.2 Якірно–швартовний

Судно оснащено двома електронними брашпильними приставками для забезпечення якірно–швартовних операцій типу MW 350 EA/CU 137 U3 з тяговим зусиллям 343 кН кожний. Швидкість затягування якоря може змінюватися від 7 до 23 м/хв.

На судні встановлені двадцять дві електронні швартовно–буксирувальні лебідки типу MW 350 EA, які є повністю автоматизованими. Управління лебідками можливе з місцевих постів управління а також дистанційно з рульової рубки. Встановлені швартовно–буксирувальні лебідки створюють тягове зусилля 294 кН, і працюють з різними швидкостями, що складають від 9 до 18 м/хв.

1.4.3 Вантажні пристрої

Судно не призначене для самостійного розвантаження чи завантаження вантажних трюмів.

Вантажний устрій складається з:

– монорельсовий кран для навантаження та вивантаження основного обладнання MB – фірми DREGGEN типу L678 з вантажопідйомністю 20 т та вильотом стріли 5 м. Горизонтальне переміщення монорельсового крану складає 42 м. Максимальна швидкість підйому вантажу складає 40 м/хв. Потужність привідного електродвигуна лебідки складає 60 кВт.

– 2 крани, з лівого та правого борту, біля надбудови, для навантаження суднової провізії – фірми DREGGEN типу L679–DK40 з вантажопідйомністю 5 т та максимальним вильотом стріли 8,5 м (мінімальна відстань від вісі крану становить 2,5 м). Максимальна швидкість вертикального руху крюка крана складає 63 м/хв. Максимальне переміщення крюка крану у горизонтальній площині по радіусу 8,5 м складає 30 м. Потужність електродвигуна лебідки складає 34 кВт.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
										12

1.5 Загальносуднові системи

1.5.1 Система загально суднової вентиляції

Призначена для подачі свіжого повітря в жилі та робочі приміщення. До складу системи входять:

- центральна витяжна система відпрацьованого повітря фірми Carrier (Holland) типу RZR 19–315 – подачею 752 м³/год;
- центральна система подачі свіжого повітря до житлових та робочих приміщень фірми Carrier (Holland) типу RZR 19–355 – подачею 950 м³/год;
- повітряне кондиціювання рульової рубки фірми Carrier типу 39HQ 08.06 – 1501 м³/год;
- повітряне кондиціювання камбузу фірми Carrier типу 39HQ 04.04 – 169 м³/год;
- агрегат повітряного кондиціювання фірми FMW типу TX90PO4 у кількості 2 шт, подачею 380 м³/год кожний;
- агрегат повітряного кондиціювання майстерень фірми FMW типу TX70PO4 у кількості 2 шт, подачею 275 м³/год кожний.

1.5.2 Система питної води

На судні передбачена система питної води, передбачена для прийому, зберігання і подачі води до споживачів камбузного і медичних блоків, буфетним і водозабірним колонкам питної води. Для постачання камбузного і медичного блоків, буфетних гарячою водою на судні встановлений автоматизований електричний водонагрівач $V = 2 \text{ м}^3$. Система питної води автоматизована.

1.5.3 Система мийної води

На судні передбачена система мийної води. Вона призначена для прийому, зберігання і подачі прісної води до умивальників, душових, і пральнях. Мийна вода знезаражується за допомогою бактерицидних ламп.

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
										13
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

1.5.4 Баластна система

Для заповнення та відкачки баласту з форпіку і танків ізольованого баласту передбачена баластна система. Система забезпечує прийом баласту, та його відкачку через бортові відливні патрубки. Баластова система обслуговується двома баластними насосами фірми Desmi типу DSL 300–320C подачею 1200 м³/год при напорі 0,3 МПа, а також двома баластними ежекторами фірми Ellehammer марки 300–300–350/186–114 подачею 398 м³/год напором 0,17 МПа.

1.5.5 Система заборотної води

Водопровід заборотної води подає морську воду для промивки унітазів, пісуарів, охолодження водопідігрівачів. Її використовують для подачі води у пневмогідроцистерни системи водогасіння.

1.5.6 Система парового опалення

Система парового опалення передбачена у господарчих, санітарно– побутових та інших приміщеннях, що не обслуговуються системою кондиціонування повітря. Система виконана однопровідною, зі стальними і мідними радіаторами.

1.5.7 Осушувальна система

Для осушення МВ та сухих трюмів у випадках, передбачених конвенцією з попередження забруднення моря нафтою, передбачається два осушувально–баластні насоси фірми Desmi марки DSL 300–320C з подачею 120 м³/год, при напорі 0,3 МПа. і два баластно–осушувальний ежектори фірми Ellehammer марки 300–300–350/186–114 з подачею 398 м³/год, при напорі 0,17 МПа. Осушення платформ МВ здійснюється спуском води через шланги в стічні колодязі.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
										14
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

1.5.8 Система кондиціювання повітря

Усі житлові приміщення, їдальня, кают-компанія, медблок та ін. обладнані двопровідною високошвидкісною системою цілорічного кондиціювання повітря з індивідуальним регулюванням температури в кожному приміщенні.

У приміщеннях, які обслуговуються СКВ забезпечується температура не нижче 20 °С зимою і не вище 25 °С літом. Відносна вологість повітряного середовища в приміщеннях, що кондиціюються зимою і літом підтримується в нормі 40–60%. Робота системи кондиціювання повітря передбачена з 30 % рециркуляцією.

1.6 Характеристика елементів суднової енергетичної установки

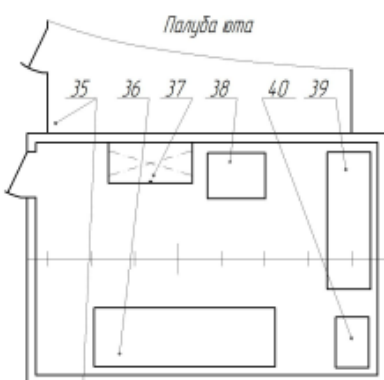
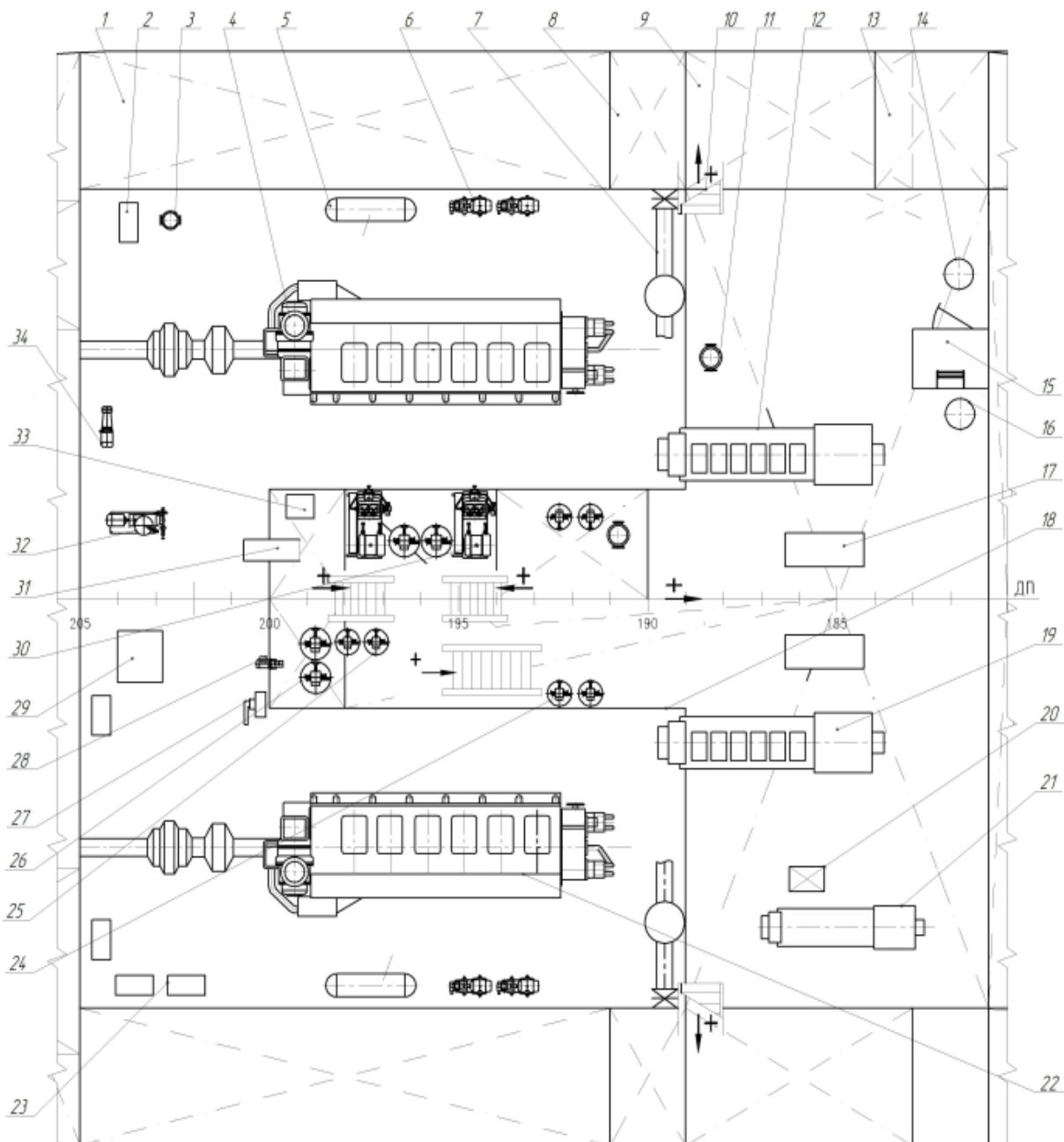
1.6.1 Основні вимоги до СЕУ

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 суднової енергетичної установки при великому моторесурсі характеризується: безвідмовністю двигуна та обслуговуючих його механізмів; тривалістю ефективної безперервної роботи з гарантованою відсутністю відмов і вимушеного ремонту; частотою виведення установки з експлуатації на профілактику та ремонт; ефективністю використання потужності головного двигуна; тривалістю експлуатаційного періоду; витратами на профілактику та ремонт. Головний двигун з точки зору надійності займає особливе положення, оскільки його безвідмовна робота має вирішальне значення для безпеки плавання. Тому будь-які заходи, що підвищують надійність двигуна, незалежно від витрат є виправданими.

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
										15
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

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

					ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ	Арк
						16
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		



Поз. Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
1	Цистерна палива	2	
2	Насос заборотної води	1	
3	Насос опалення котельні з урахуванням та відвідів	1	
4	Головний двигун (линій) (ГД)	1	
5	Окопидник ГД	6	
6	Насос попередньої прокачки мастила ГД	4	
7	Фільтр заборотної води	2	
8	Константний ящик	2	
9	Цистерна запасу палива	2	
10	Трап	5	
11	Резервний насос опалення ГД	2	
12	Дизель-генератор ліній (ДГ)	1	
13	Цистерна запасу мастила	2	
14	Помповий насос	1	
15	Вантажний насос	1	
16	Вантажний насос з мастином відділення	1	
17	Насос системи пожегасання	1	
18	Бачок-асимілювальний насос	2	
19	Підприємство	1	
20	Дизель-генератор (традицій)	1	
21	Цистерна протак палива	1	

Поз. Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
21	Електрокабелі дизель-генератор	1	
22	Головний двигун (традицій)	1	
23	Насос пристої води	1	
24	Бачок пускового підтримки ГД	4	
25	Вантажний насос для палива та газопроводів	2	
26	Бачок стисненого повітря ГД	2	
27	Насос ручної перекачки палива	1	
28	Насос перекачки палива	1	
29	Водозарядний котел	1	
30	Електрокабелі пускового підтримки	2	
31	Насос мастином відділення	1	
32	Сепаратор дизельного палива	1	
33	Ящик для вентилів	1	
34	Шланговий насос	1	
35	Шланговий насос	2	
36	Аварійний дизель-генератор (АДГ)	1	
37	Випарна цистерна АДГ	1	
38	Шланг акустичний датчик пуску АДГ	1	
39	Аварійний розподільний щит	1	
40	Трансформатор	1	

Рисунок 1.2 - Загальне розташування механізмів у котельно-машинному відділенні судна

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

ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ

Арк

17

котел; 30 – електрокомпресор пускового повітря; 31 – насос нафтовмісних вод; 32 – сепаратор дизельного палива; 33 – ящик для ветоші; 34 – шламовий насос; 35 – шахта машинного відділення; 36 – аварійний дизель-генератор (АДГ); 37 – витратна цистерна АДГ; 38 – шкаф акумуляторних батарей пуску АДГ; 39 – аварійний розподільчий шкаф; 40 – трансформатор.

1.7 Особливості характеристик і конструкції головної енергетичної установки

Енергетична установка розташовується в кормовій частині судна. Енергетична установка складається з:

- головною установки, що складається з двох дизельних двигунів, що працюють на два гвинти фіксованого кроку в поворотних насадках.
- допоміжної установки в складі двох основних дизель-генераторів, одного аварійного дизель-генератора.

В якості палива для головних двигунів, дизель-генераторів і аварійного дизель-генератора застосовується дизельне паливо з температурою спалаху більше 60 ° С і вмістом сірки не більше 1,5%. Для головних двигунів, дизель-генераторів і аварійних дизель-генератора установки застосовуються масла SAE 40.

Основні масогабаритні характеристики головного двигуна наведено у табл. 1.2.

Дизелі типу NVD знайшли широке застосування на судах флоту рибної промисловості, але значна їх кількість, понад 1500 штук, було встановлено на судах морського і річкового флоту. Найпоширеніші моделі судових дизельних двигунів: 8 NVD 36-1U, 6 NVD 48 A-2 і 8 NVD 48 A-2

Вони використовуються на промислових судах закордонної побудови в якості головних і допоміжних двигунів з різними схемами машинно-рухового комплексу (пряма або дизель-редукторна передача, без відбору і з відбором потужності, з ВНП і ВФШ).

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
										18
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

Таблиця 1.2 – Основні масо-габаритні характеристики головного двигуна

Фірма виробник	SKL
Марка	6 NVD 48 A-2U
Вага G, т	20
Довжина L, мм	2755
Висота H, мм	2950
Ширина B, мм	1340

У зв'язку з різноманіттям типорозмірів і модифікації дизелів цього типу, що випускались заводом важкого машинобудування імені К. Лібкнехта (*SKL MOTOR GMBH*) в м Магдебурзі (Німеччина), виникла необхідність систематизації та узагальнення їх характеристик і конструктивних особливостей.

Загальна характеристик дизелів типу NVD. Дизелі типу NVD чотиритактні, тронкових, простого дії, однорядні, вертикальні, реверсивні або нереверсивні, без наддуву або з газотурбінним наддувом. Буквено-цифрове позначення в марці означає: N - відношення ходу поршня до діаметру циліндра $S / D < 1,3$; V- чотиритактний; D - дизельний двигун; S - працює на важкому паливі; A - з наддувом; U - реверсивний; цифра перед "NVD" - число циліндрів; цифра після "NVD" - хід поршня; цифра після "ходу поршня" - модифікація дизеля.

Наприклад, марка дизеля 8 NVD 48 A-2U розшифровується: восьмициліндровий, з відношенням $S / D 1,3$, чотиритактний, дизельний, хід поршня $S = 480$ мм, з наддувом, модифікація "2", реверсивний. Позначення по ГОСТ 4393-82 8 ЧРН 32/48.

Протягом 30-річного випуску можливо простежити три етапи (покоління) конструктивного вдосконалення судових дизелів на основі досвіду і науково-технічних досягнень, а також поліпшення їх енерго-економічних показників.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
										19
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

До першого покоління відносяться дизелі основного типоразмерного ряду 17,5 / 24 (NVD 24), 24/36 (NVD36) і 32/48 (NVD 48). Дизелі першого покоління без наддуву ($P_e = 5,1 \dots 5,8$ МПа) з низькою середньою швидкістю поршня ($C_t = 4,4 \dots 6,0$ м / с). Показник форсування, що характеризує судновий дизель як щодо ступеня досконалості організації робочих процесів, так і по відношенню до ступеня його швидкохідності знаходиться на нижній межі 1,23 ... 1,5. В сучасних дизелях він досягає значень 9,0 і більше. Загальні конструктивні особливості цих дизелів: застосування суцільнолитих неохолоджуваних чавунних поршнів, бабітових підшипників з товстостінними вкладишами, втулок циліндра зі слабким охолодженням верхньої частини і свердліннями в нижній для підведення масла від окремої системи лубрикаторної циліндричної казки, застосування якої виправдовувалося низькою частотою обертання колінчастого вала 275 .. 360 об / хв.

Пізніше в дизелях розмірностей 24/36 і 32/48 вводиться газотурбінний наддув ($P_d = 1,3$ МПа, $P_e = 0,77$ МПа) і дещо збільшується частота обертання (300 ... 375 об / хв.). З'явилися дизелі NVD 36 А (U) і NVD 48 А (U), які можна віднести до другого покоління. Будь-які істотні конструктивні зміни дизелів не відбулося, за винятком зміни деяких геометричних характеристик паливної апаратури, обумовлені збільшенням циклової подачі палива і фаз газорозподілу з метою забезпечення продувки камери згоряння за рахунок збільшення кута перекриття клапанів.

Основні технічні дані двигуна:

- число циліндрів – 6;
- потужність двигуна, кВт – 738;
- частота обертання, хв⁻¹. – 335;
- питома витрата палива при 100% навантаження, г/(кВт×год) – 220;
- питома витрата палива при 70% навантаження, г/(кВт×год) – 190;
- діаметр циліндра D, мм – 320;

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
										20
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

– хід поршня S, мм	– 480;
– відношення ходу поршня до діаметру	– 1.5;
– середній ефективний тиск p_e , МПа	– 1,96;
– максимальний тиск згоряння, МПа	– 15,3;
– тиск наддуву, МПа	– 0,450;
– тиск стиснення, МПа	– 12,6;
– витрата циліндрового масла, г/(кВт×год)	– 1,3;
– витрата масла у стічно–циркуляційній системі, г/(кВт×год)	– 0,15;
– температура відхідних газів на вході в ТН, °С	– 350;
– температура відхідних газів на виході з ТН, °С	– 268.

Поперечний переріз головного двигуна SKL 6 NVD 48 A-2U наведено на рисунку 1.3

Фундаментна рама двигуна SKL 6 NVD 48 A-2U виконана з упорним підшипником у кормовій частині (рис. 1.4); являє собою сталю зварну конструкцію з повздовжньою балкою з литими стальними постелями для рамових підшипників. Рамові підшипники, тонкостінної конструкції, залиті білим металом. Для кріплення двигуна к фундаменту передбачаються довгі еластичні високоміцні болти з гідравлічною затяжкою. Рама виконується без ухилу при кріпленні на епоксидних клинах. Масляний піддон двигуна виконаний зі сталюї основи та приварюється до фундаментної рами.

Станина двигуна SKL 6 NVD 48 A-2U виконана по типу зварної конструкції. На стороні вихлопу розміщені запобіжні клапани на кожному циліндрі, на стороні розподілу – оглядові люки. Направляючі повзуни крейцкопфа приварені. Станина з'єднана з фундаментною рамою болтами. Станина, фундаментна рама та блоки циліндрів з'єднанні анкерними зв'язками.

Блок циліндрів виконаний з чавуну. Зі сторони розподілу блок циліндрів має кришки, для нагляду поршневих кілець, яка має отвори для входу продувного повітря зі сторони продувного колектору. Блок циліндрів має

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
										21
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

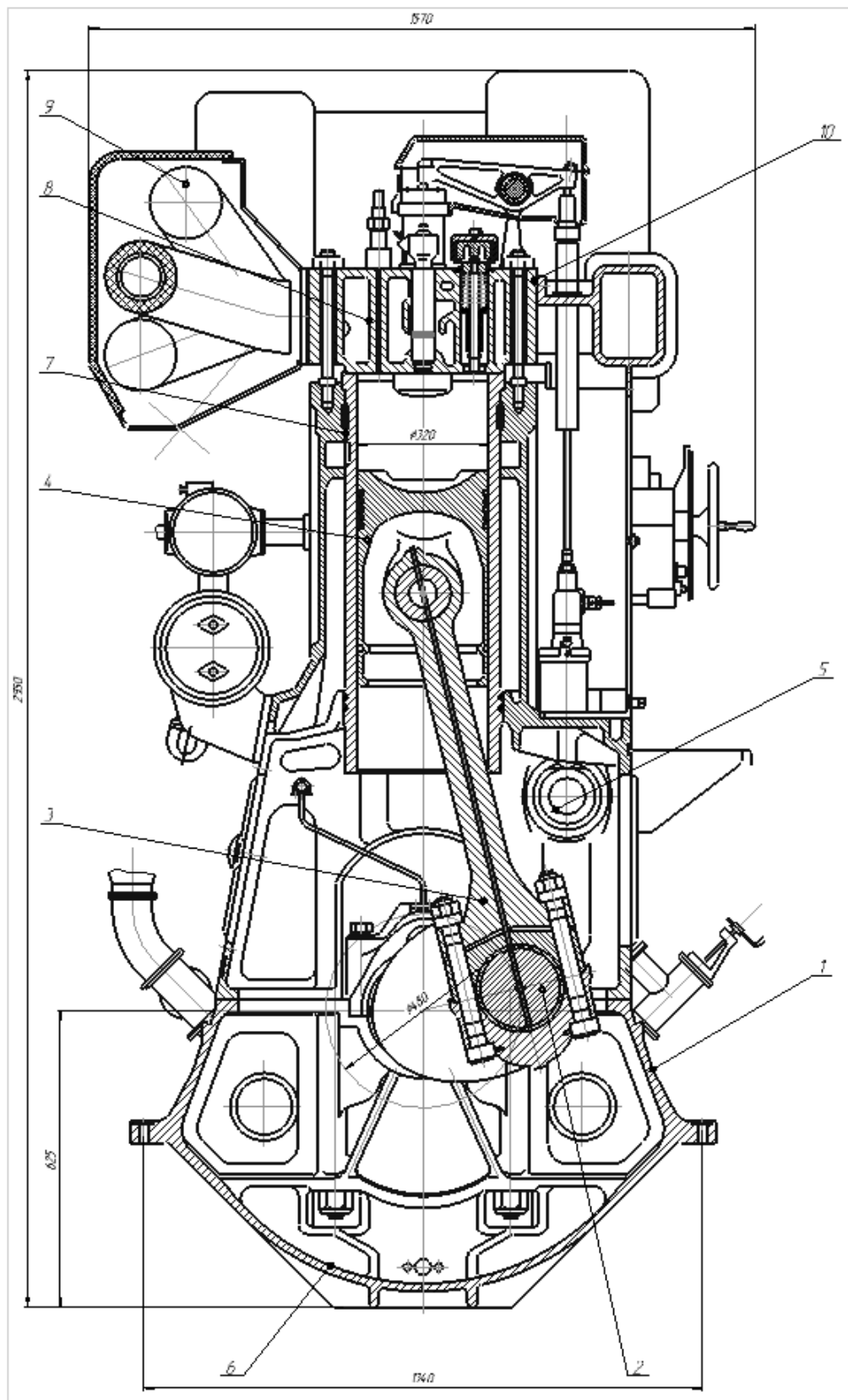


Рисунок 1.3 – Поперечний переріз головного двигуна 6 NVD 48 A-2U:

1 – картер; 2- колінчатий вал; 3 – шатун; 4 – поршень; 5 – розподільний вал; 6 – піддон картера; 7 – втулка циліндра; 8 – вихідний патрубок циліндра; 9 – вихлопний колектор; 10 – кришка циліндрів

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



Рисунок 1.4 – Фундаментна рама

труби для підводу масла на охолодження поршня. На блоці кріпляться: повітряний ресивер, турбонагнітач, охолоджувач повітря і кронштейни для площадок. У нижній частині блока розміщений сальник штока поршня, який призначений для ущільнення: зі сторони картера, запобігає потрапляння масла у підпоршневу порожнину; зі сторони під поршневої порожнини, запобігаючи потраплянню повітря, газів, відпрацьованого циліндрового масла у картер.

Циліндрова втулка двигуна SKL 6 NVD 48 A-2U (рис. 1.5) виконана з чавунної відливки і встановлюється на блоці за допомогою фланця.

У верхній частині маютьсся свердлення, куди встановлюються трубки з ізоляцією або без. Розміщення охолоджувальних каналів, найменування або відсутності ізоляції трубок служать цілям підтримання температури втулки, при якій відсутня сірчиста корозія та одночасно не вище температури, при якій порушується режим змазки робочої поверхні.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ Арк 23				
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата					



Рисунок 1.5 – Циліндрова втулка двигуна SKL 6 NVD 48 A-2U

Поршень складається з головки та юбки (рис. 1.6). Юбка поршня – чавунне лиття з бронзовим бандажем. Головка поршня виконана з високопробної сталі та має чотири кільцеві канавки, які покриті хромовим покриттям з двох сторін канавки. Верхнє поршневе кільце CPR типу (контролюють підтримку тиску), три інші кільця мають косі замки. Верхнє поршневе кільце ширше, ніж інші.



Рисунок 1.6 – Поршень головного двигуна SKL 6NVD48 A2-U

покриттям з двох сторін канавки. Верхнє поршневе кільце CPR типу (контролюють підтримку тиску), три інші кільця мають косі замки. Верхнє поршневе кільце ширше, ніж інші.

Рисунок 1.6 – Поршень головного двигуна SKL 6NVD48 A2-U

Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
----	-----	----------	-------	------

ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ

Арк

24

Циліндрова кришка двигуна (рис. 1.7) – масивна, стальна, єдина конструкція з просвердленими охолоджувальними каналами. У кришці встановлено вихлопний клапан, запобіжний та індикаторний кран. Кришка кріпиться до станини шпильками, гайки кріплення затягуються гідравлікою.



Рисунок 1.7 – Циліндрова кришка

Шатун двигуна SKL 6 NVD 48 A-2U виконується кованим або литим, зі сталі і з'єднує крейцкопф та колінчастий вал за допомогою підшипників. Підшипники з'єднуються болтами, гайками яких затягуються гідравлікою. Крейцкопфний підшипник – тонкостінний, вкладиші покриті білим металом. Основне навантаження бере на себе нижній вкладиш.

Мотилевий підшипник – тонкостінний, вкладиші покриті білим металом. Змащення підшипників здійснюється через отвори у крейцкопфі і у шатуні. У цілях економії висоти, шатун виконують відносно коротким.

Шток поршня – кований стальний з обшліфованою та термічно обробленою поверхнею, для надання йому твердості і зносостійкості, що дозволяє збільшити питомий тиск ущільнюючих кілець сальника і довговічності при стиранні. Шток з'єднаний з крейцкопфом чотирма шпильками. Шток має центральний отвір, у якому знаходиться труба для

Інв. № подл.	Підп. і дата				Арк	
	Взам. інв. №					
	Інв. № дубл.					
	Підп. і дата					
<i>Шатун двигуна SKL 6 NVD 48 A-2U</i> виконується кованим або литим, зі сталі і з'єднує крейцкопф та колінчастий вал за допомогою підшипників. Підшипники з'єднуються болтами, гайками яких затягуються гідравлікою. Крейцкопфний підшипник – тонкостінний, вкладиші покриті білим металом. Основне навантаження бере на себе нижній вкладиш. Мотилевий підшипник – тонкостінний, вкладиші покриті білим металом. Змащення підшипників здійснюється через отвори у крейцкопфі і у шатуні. У цілях економії висоти, шатун виконують відносно коротким. <i>Шток поршня</i> – кований сталевий з обшліфованою та термічно обробленою поверхнею, для надання йому твердості і зносостійкості, що дозволяє збільшити питомий тиск ущільнюючих кілець сальника і довговічності при стиранні. Шток з'єднаний з крейцкопфом чотирма шпильками. Шток має центральний отвір, у якому знаходиться труба для						
					ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ	25
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

підводу масла на охолодження поршня.

Колінчастий вал (рис. 1.8), напівсбірного типу, складається з кованих або литих сталевих колін. На задньому кінці колінчастого вала є упорний гребінь, для упорного підшипника. Кормовий фланець з'єднується з маховиком та проміжним валом за допомогою призонних болтами. У носовій частині двигуна під'єднується демпфер подовжніх коливань та фланець для відбору потужності на допоміжні механізми та на можливий валогенератор.



Рисунок 1.8 – Колінчастий вал головного двигуна SKL 6NVD48 A2-U

Упорний підшипник знаходиться у задній частині двигуна і складається з упорного гребня, основи підшипника та упорних подушок з білого металу. Упорний вал складова частина колінчастого валу і змащується від системи циркуляційного мащення.

Передача обертання (валоповоротний пристрій). Обертове колесо зв'язане з упорним валом і обертає шестерню кінцевого вала передачі, який встановлений на фундаментній рамі. Передача обертається електричним двигуном, в якому присутній гальмівний пристрій. Блокування головного двигуна при пуску здійснюється, коли передача знаходиться у зачепленні. Введення та виведення з зачеплення здійснюється в ручну режимі, при аксіальному русі шестерні.

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

Демпфер повздовжніх коливань складається з поршня і збірного корпусу, розміщеного спереду рамового підшипника. Поршень демпфера виконаний у вигляді інтегрального гребня на рамовій шийці, а корпус розташовано на основі підшипника.

Система наддувочного повітря. Повітря входить у турбонагнітач з машинного відділу через фільтр–глушник. Потім через наддувочну трубу, охолоджувач, ресивер, та через отвори у втулці циліндрів надходить до них під час фази газообміну. Для двигуна SKL 6 NVD 48 A-2U у якості турбонагнітачів використовуються два агрегати фірми ABB марки PDH 50 V

Охолоджувач наддувочного повітря марки SAC247F виробництва фірми ABB, масло–блочного типу, для кожного турбонагнітача призначений охолоджувач. У ньому повітря охолоджується забортною водою тиском 0,2...0,25 МПа або прісною водою тиском 0,45 МПа.

Конструкція повітроохолоджувача виконана таким чином, що різниця між температурами наддувочного повітря і вхідної забортної води може досягати 12 °С.

Двигун має *допоміжні повітродувки*, повітря від яких входить у двигун, не проходячи через охолоджувач наддувочного повітря. Між охолоджувачем і ресивером встановлюються незворотні клапани, які автоматично закриваються при непрацюючій повітродувці. Повітродувки починають працювати перед пуском двигуна для досягнення ефективного тиску необхідного для нормальної початкової роботи машини.

Впускні і випускні клапани. Циліндрова кришка має одну форсунку, два впускні клапана і два випускних клапана і індикаторний кран. Відкриття клапанів здійснюється за рахунок високого тиску бустера, а закриття пружиною. При зупинці двигуна паливо автоматично циркулює через клапан, золотник автоматично скидає паливо при несправностях клапанів.

Труби високого тиску мають спеціальні з'єднання і рукава для витримування високого тиску.

Механічний повітророзподільник, встановлюється на двигунах , має

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк	
										ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ	27
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата							

один соленоїдний клапан на кожний циліндр, який контролюється ССУЗ контрольною системою дизеля. Повільний поворот перед пуском запрограмований у програмі базової контрольної системи.

Двигун обладнаний індикаторним краном, на який може встановлюватися датчики системи діагностування РМІ.

1.7.1 Допоміжна енергетична установка

У якості джерела електричної енергії на контейнеровозі «ELGA-1» встановлені три дизель-генератора. У якості первинних двигунів дизель-генераторів використані двигуни з дизельгенераторів 3 х ДГР2А 160/750 потужністю 150 кВт, а в якості генераторів трьохфазного електричного струму – генератори Siemens.

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.

Крім того, на судні, на палубі, встановлюється аварійний дизель-генератор АДГФ 100/1500, потужністю 100 кВт. Охолодження АДГ - повітряне.

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ Арк 28				
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата					

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ КОНСТРУКЦІЙ СИСТЕМ МАЩЕННЯ СУДНОВИХ ДИЗЕЛІВ ТА ВИБІР НАПРЯМУ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДВИГУНА СУДНА ПРОТОТИПУ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

2.1 Конструктивні особливості системи мащення суднових двигунів

Система мащення призначена для прийому, перекачування, зберігання, підготовки і подачі масла до місць змащування деталей головних і допоміжних машин і механізмів, охолодження поршнів двигунів, а так само для видачі масла на борт або інші судна. Циркуляційні масляні системи діляться на напірну, гравітаційну і напірно - гравітаційну.

Найбільш широке застосування в СЕУ з СОД мають мінеральні масла. Вживають два сорти масел: з малою в'язкістю для циркуляційного змащення підшипників і охолодження поршнів.

Крім того, для змащення турбонаддувочного агрегату необхідно використовувати масло з дуже низькою в'язкістю.

Всі головні і допоміжні двигуни мають самотійну примусово-циркуляційних систем мастила, призначену для надійної подачі масла до поверхонь, що труться під час пуску, роботи і зупинки механізму.

Суднові дизельні установки з СОД мають комплексну систему змащення, яка включає в себе кілька незалежних підсистем, що забезпечують маслом окремі вузли двигуна і агрегати: напірну циркуляційну для змащення вузлів тертя ГД і охолодження його поршнів; для змащення циліндрів;

Оскільки вимоги до якості масла для кожної із зазначених підсистем різні, то в них використовуємо масла різних марок. Принцип дії і будови масляної системи показаний на рис. 2.1.

Інв. № подп.	Підп. і дата				Інв. № дубл.	Підп. і дата								
	Взам. інв. №					Підп. і дата								
	Взам. інв. №					Підп. і дата								
	Взам. інв. №					Підп. і дата								
	Взам. інв. №					Підп. і дата								
Бживають два сорти масел: з малою в'язкістю для циркуляційного змащення підшипників і охолодження поршнів. Крім того, для змащення турбонаддувочного агрегату необхідно використовувати масло з дуже низькою в'язкістю. Всі головні і допоміжні двигуни мають самостійну примусово-циркуляційних систем мастила, призначену для надійної подачі масла до поверхонь, що труться під час пуску, роботи і зупинки механізму. Суднові дизельні установки з СОД мають комплексну систему змащення, яка включає в себе кілька незалежних підсистем, що забезпечують маслом окремі вузли двигуна і агрегати: напірну циркуляційну для змащення вузлів тертя ГД і охолодження його поршнів; для змащення циліндрів; Оскільки вимоги до якості масла для кожної із зазначених підсистем різні, то в них використовуємо масла різних марок. Принцип дії і будови масляної системи показаний на рис. 2.1.														
Зм					Арк									
№ докум.					Підп.									
Дата					Підп.									
					ПІННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк				
										29				

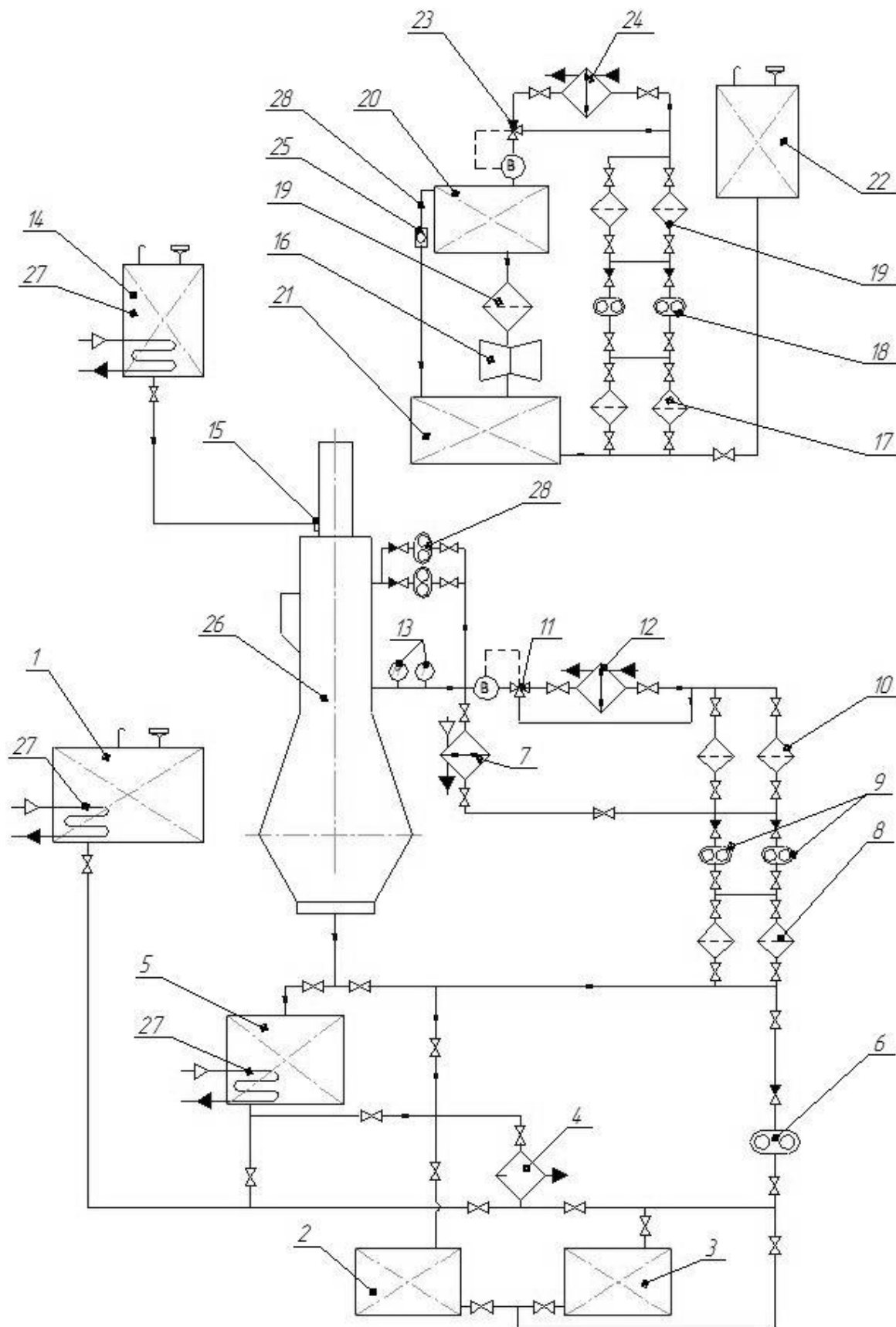


Рисунок 2.1 – Функціональна схема системи мащення

Позначення до рисунку 2.1 приведенні нижче:

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

ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ

Арк

30

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

З СЦЦ масло через фільтр грубого очищення (поз. 8) забирається головним масляним насосом (поз. 9) і подається через фільтр тонкого

очищення (поз. 10) до маслоохолоджувачі (поз. 12), де воно охолоджується забортної водою. Для регулювання температури (в'язкості) масла використовується термостат (поз. 11), який забезпечує необхідні пропорції змішування переохолодженого масла, що йде через маслоохладитель, і не охолодженого масла, що йде по байпасному трубопроводу.

Підготовлене таким чином (очищене і має необхідну в'язкість) масло надходить знову в ГД, причому для більш надійної змащення крейцкопфний механізму малооборотних дизеля тиск масла додатково підвищується за допомогою додаткового насоса (поз. 28). Для більш тонкого очищення моторного масла від домішок і води служить відцентровий сепаратор (поз. 4), який здійснює не повне очищення масла, забираючи його з СЦЦ і після очищення знову зливаючи в неї.

У разі необхідності сепаратор може подавати очищене масло в цистерну відсепарованої масла (поз. 2). У всіх цистернах циліндрового і моторного масел, що мають підвищену в'язкість при кімнатній температурі, передбачені парові підігрівачі (поз. 27) для зниження в'язкості масла при його перекачування. Турбокомпресор дизеля (поз. 16) має автономну гравітаційно-напірну систему змащення, що складається з СЦЦ турбінного масла (поз. 21), ФГС (поз. 17), циркуляційного масляного насоса (основний і резервний) - (поз. 18), ФТО (поз. 19), маслоохладителя (поз. 24) і гравітаційної олійною цистерни (поз. 20). Для регулювання температури (в'язкості) турбінного масла використовується термостат (поз. 23), який забезпечує необхідні пропорції змішування переохолодженого масла, що йде через маслоохладитель, і не охолодженого масла, що йде по байпасному трубопроводу. З гравітаційної цистерни турбінне масло самопливом під постійним натиском надходить через контрольний ФТО (поз. 19) до підшипників нагнітального агрегату.

Ємність цистерни повинна бути достатньою для забезпечення роботи турбонагнетателя в період його вільного вибігу при аварій відключенні циркуляційних насосів. Для надійного забезпечення рівня масла в гравітаційної цистерні встановлюється переливної трубопровід (поз. 28), через

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата						
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
										32

який постійно зливаються надлишки масла, контрольовані за допомогою індикатора (поз. 25). Визначення параметрів основного устаткування для комплектації масляної системи. Подача головного масляного насоса моторного масла .

Визначення необхідної кількості масла в системі змащення. $G_{\text{цм}} = W_{\text{гм}} / z = 125/8 = 15,6 \text{ м}^3 \text{ де: } z = 5 \dots 10$ - кратність циркуляції, приймаємо 8. Ємність сточно-циркуляційної цистерни. $V_{\text{сцц}} = 1,45 G_{\text{цм}} = 1,45 \cdot 15,6 = 22,62 \text{ м}^3 \text{ де: } 1,45$ - емпіричний коефіцієнт. Продуктивність сепаратора масла. $WC = G_{\text{цм}} / \tau C = 15,6 / 8 = 1,95 \text{ м}^3 / \text{год де: } \tau C = 8 \dots 12 \text{ год.}$ - час сепарації. За продуктивністю з типоразмерного ряду можливо встановлення сепаратора очищення масла марки MARX-204 продуктивністю $2,5 \text{ м}^3 / \text{год.}$

2.2 Аналіз елементі конструкції систем мащення суднових дизелів

Система мащення дизеля автономно-замкнута, циркуляційна, під тиском, з «мокрим» картером, забезпечує подачу масла до відповідальних тертьових деталей в необхідній кількості як для зменшення тертя, так і для відводу, що утворюється в результаті роботи тертя тепла.

Головними елементами системи змащення є: масляний насос 5 (рисунки 2.2, 2.3), масляний фільтр-охолоджувач або фільтр 14 і радіатор 13, центрифуга 3, маслопроводи, піддон 22 з прийомним фільтром 1 і магнітами, контрольні прилади (манометр і термометр), маслозакачувальний насос 4 (МЗН-2). На автоматизованих дизелях встановлюють бачок 21 для доливу масла.

Циркуляція масла в дизелі здійснюється за допомогою масляного насоса. Масляний насос, відсмоктуючи масло з піддона, в якому встановлений приймальний фільтр 1 з магнітами, подає його під тиском до масляного фільтру-охолоджувача чи фільтру 14 через радіатор 13 і частково до центрифуги. Очищене в центрифугі масло зливається в піддон дизеля.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
										33
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

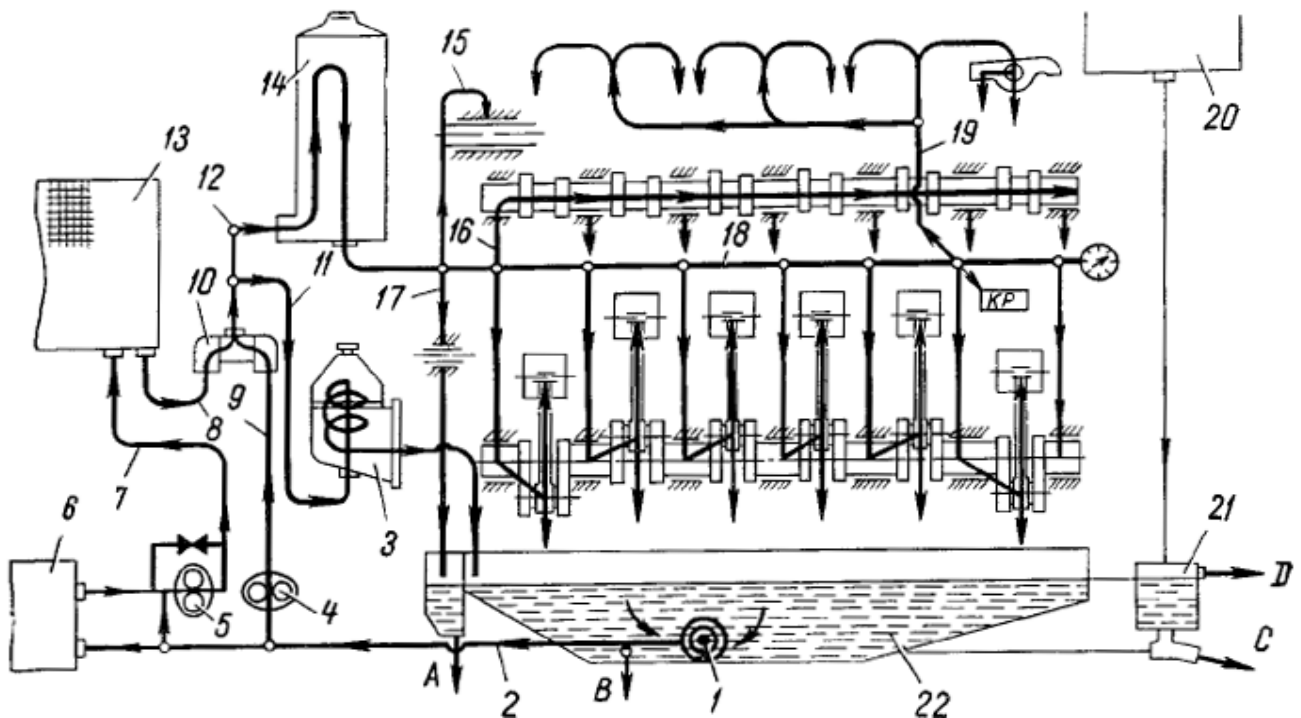


Рисунок 2.2 Схема системи змащення дизеля з водоповітряною системою охолодження:

1 – приймальний фільтр; 2 – маслопровід до масляного насосу;
 3 – центрифуга; 4 – маслозакачувальний насос МЗН-2; 5 – масляний насос;
 6 – бачок підігрів масла і води (для дизель-генераторів ДГА-48м і ДГА-72М);
 7 – маслопровід до радіатора; 8 – маслопровід до фільтру;
 9 – маслопровід від насоса МЗН-2 до роз'єднуючого клапану;
 10 – роз'єднуючий клапан; 11 – маслопровід до центрифуги; 12 – місце установки датчика термометра; 13 – масляний радіатор; 14 – масляний фільтр;
 15 – маслопровід до приводу паливного насоса; 16 – підведення масла до розподільного валу; 17 – маслопровід до приводу водяного насоса;
 18 – головна масляна магістраль; 19 – маслопровід до коромисла клапанів;
 20 – масляний бак (для дизель-генераторів ДГА-48м і ДГА-72М); 21 – бачок автоматичного доліву масла для автоматизованих дизелів; 22 – піддон

А – злив масла з коробки шестерень; В, С – злив масла з піддону;
 D – злив надлишку масла; КР – комбіноване реле

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

ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ

Арк

34

З масляного фільтра-охолоджувача (або фільтра масла) масло по маслопровод (головна магістраль 18) підводиться з боку паливного насоса через отвори в блоці до всіх корінних підшипників колінчастого валу.

Від перших шести корінних підшипників колінчастого валу (якщо рахувати від коробки шестерень) масло з косим отворів, що з'єднує корінні шийки з шатуни, поступає в відповідні шатунні підшипники колінчастого валу і через отвори в стержнях шатунів подається до підшипників верхніх головок шатунів [1].

Отвір у блоці до першого корінного підшипника колінчастого валу з'єднаний з отвором, що підводить масло до першої опори (упорно-опорний підшипник) розподільного валу. З першої опори масло надходить у внутрішній поздовжній канал розподільного валу, звідки виходить через отвори до решти опор.

Від головної магістралі масла по маслопровод 19 подається до отворів у кронштейнах коромисел. З отворів в кронштейні і осях коромисел масло надходить до підшипників коромисел, звідки по отворах в коромислах – на сферичні шарніри штанг штовхачів і потім, стікаючи вниз, масла змазує тертьові поверхні штовхачів, а на судовому дизелі і на створених на його базі дизелях, крім того, торець штока і направляти втулку клапана.

Від головної магістралі масла по маслопроводу 15 подається для змащування підшипників приводу паливного насоса. На цьому маслопровод встановлений трійник, від якого по маслопроводу 17 масло надходить до коробки шестерень для змащення розбризкуванням шестерень розподілу приводу зарядного генератора, повітророзподільника і приводу масляного насоса.

На кінці головної магістралі встановлений приймач дистанційного манометра масла (покажчик манометра встановлений на щиті контрольних приладів), а на автоматизованих дизелях встановлений і приймач датчика комбінованого реле (КР).

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					35

Відпрацьоване масло з підшипників коромисел і деталей газорозподілу стікає в піддон через отвори в головці циліндрів і в блоці.

Відпрацьоване масло, що виходить з зазорів підшипників колінчастого й розподільного валів, стікає в піддон, змащуючи стінки гільз циліндрів.

Система змащення мультиплікатора об'єднана з системою змащення дизеля. Від основної магістралі частина масла надходить по трубопроводу до розподільника, змонтованого на підставки мультиплікатора, і потім до штуцера мультиплікатора. З мультиплікатора масла самопливом зливається в піддон дизеля по маслопровод 23 (рисунок 2.9). Тиск масла перед мультиплікатором має перебувати в межах 0,04...0,098 Мн/м².

Для регулювання тиску масла, що подається до штуцерів мультиплікатора, на розподільнику встановлений регулювальний гвинт.

На дизелі та на створених на його базі дизелях підшипники ковзання турбонагнітача змащуються маслом під тиском, що надходять з олійної магістралі дизеля. Відпрацьоване масло з турбонагнітача зливається самопливом через маслопровод 24 (рисунок 2.3) в піддон дизеля (рисунок 2.4)

Зовнішня поверхня радіатора омивається проточною водою, завдяки чому і досягається його охолодження. Під внутрішню порожнину склянки 6 встановлені два фільтруючі сітки грубого очищення, через які послідовно проходить масло. Ущільнення сіток у нижній і верхній частинах здійснюється повстяними прокладками 5 і 11 за рахунок сили стискання пружини 3. Для перевірки рівня масла в піддоні на блоці встановлений масло-показник з двома граничними рисками. Для зливу масла з піддону і коробки шестерень є отвори, закриті різьбовими пробками. Для заливки масла вручну в систему змащення дизеля на кришці люка блоку циліндрів, виконана за одне ціле з корпусом масляної центрифуги, передбачена горловина, що закривається кришкою. Температура масла контролюється термометром, встановленим на щиті контрольних приладів. Приймач термометра розміщений на нагнітальному трубопроводі перед фільтром-охолоджувачем або фільтром масла.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ				
Арк				
36				

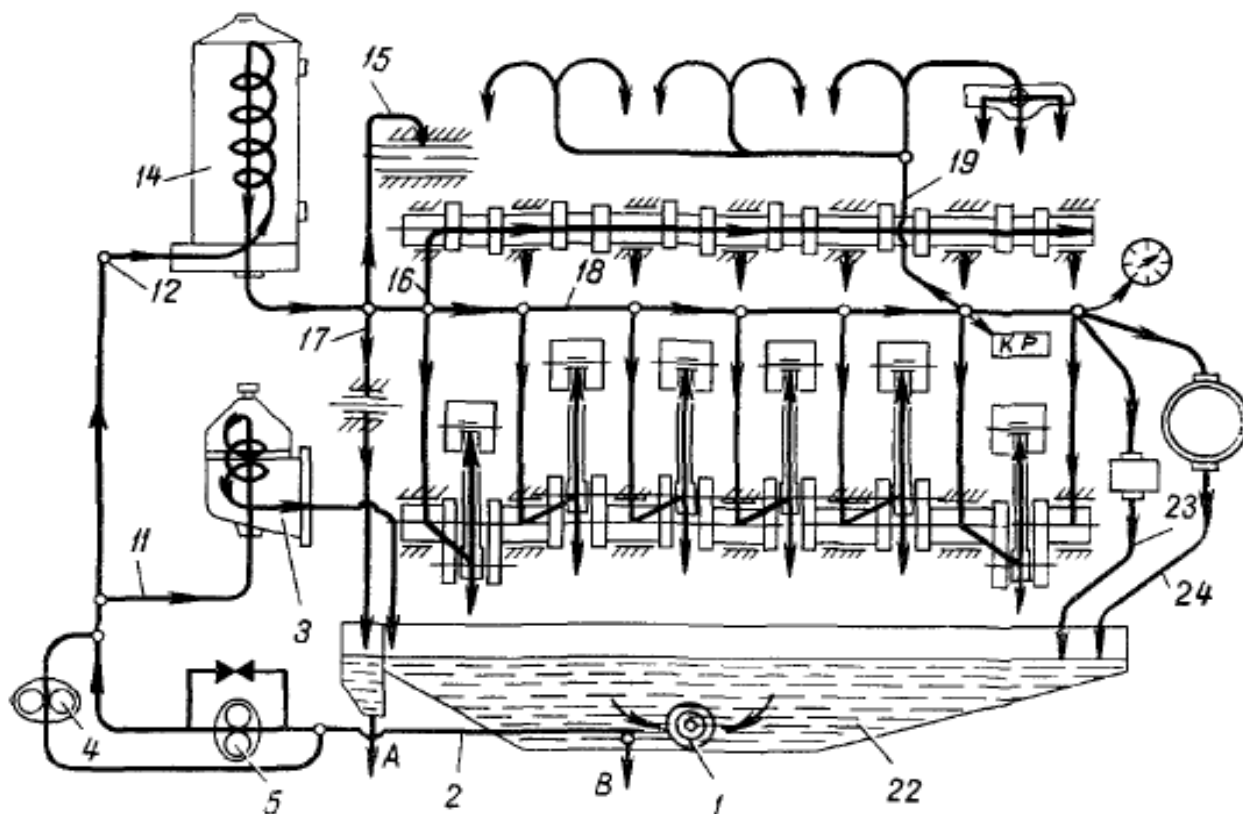


Рисунок 2.3 - Схема системи змащення дизеля з водо-водяною системою охолодження:

1 – приймальний фільтр; 2 – маслопровід до масляного насосу; 3 – центрифуга; 4 – маслозакачувальний насос МЗН-2; 5 – масляний насос; 11 – маслопровід до центрифуги; 12 – місце установки датчика термометра; 14 – масляний фільтр-охолоджувач; 15 – маслопровід до приводу паливного насоса; 16 – підведення масла до розподільного валу; 17 – маслопровід до приводу водяного насоса; 18 – головна масляна магістраль; 19 – маслопровід до коромисла клапанів; 22 – піддон; 23 – маслопровід від мультиплікатора; 24 – маслопровід від турбонагнітача на підшипниках ковзання

А – злив масла з коробки шестерень; В, С – злив масла з піддону ; D – злив надлишку масла; КР – комбіноване реле

На суднових агрегатах для зручності зливу масла з піддону замість зливного патрубку в піддон дизеля укрупнений перехідний штуцер, на який надітий дюритовий шланг.

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

ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ

Арк

37

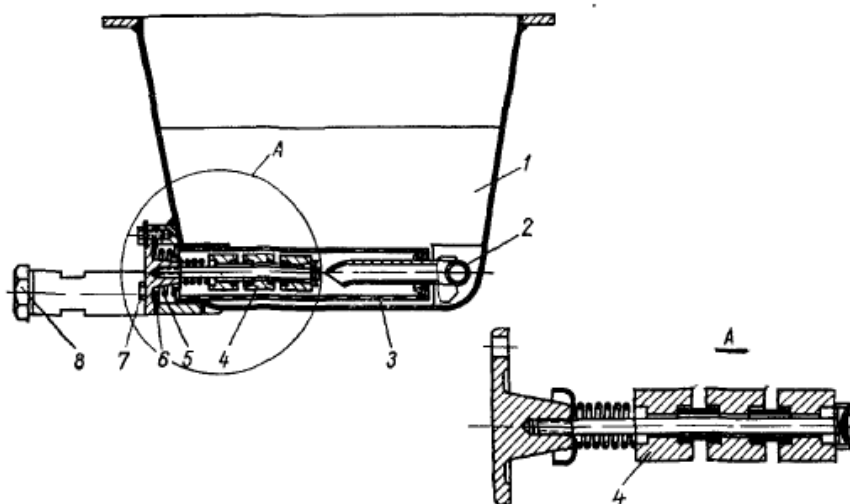


Рисунок 2.4 - Піддон дизеля:

1 – піддон; 2 – всмоктувальна трубка; 3 – приймальний фільтр;
4 – магніт у зборці; 5 – пружина; 6 – прокладка; 7 – болт; 8 – пробка

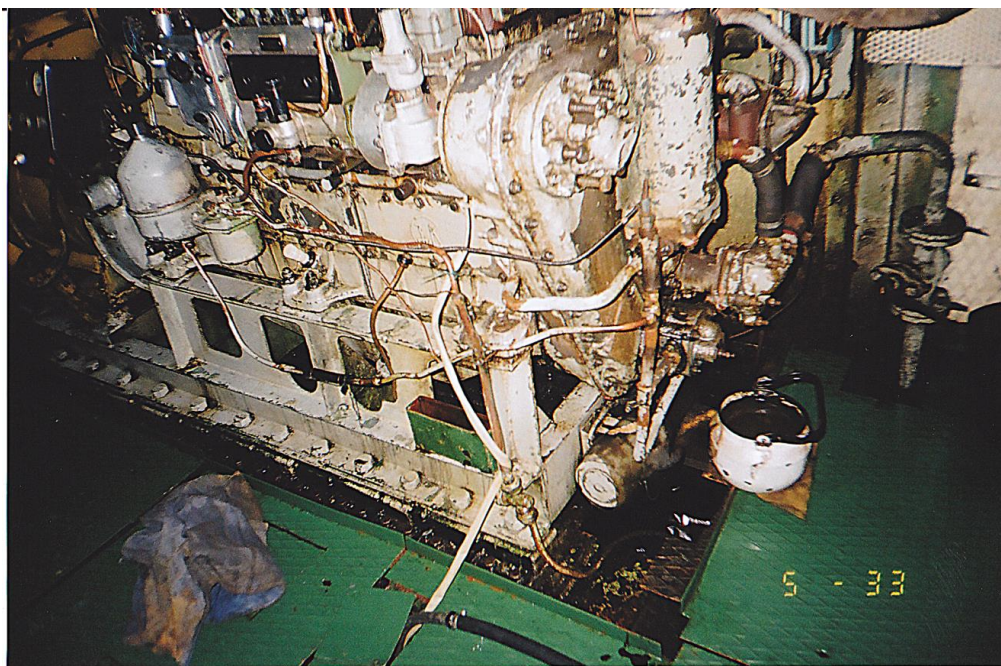


Рисунок 2.5 - Зображення двигуна 6NVD48 A2U з боку системи мащення

Дюритовий шланг може бути також встановлений на судновому дизелі і на інших дизелях.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ				
Арк				
38				

При роботі або транспортуванні агрегату шланг закріплюється в скобах на рамі агрегату. Після зливу масла необхідно насухо витерти шланг, перевірити, чи немає течі і укласти шланг в скоби.

При зливі масла з агрегатів необхідно вивернути пробку 2 (рисунок 2.6), що знаходиться у верхній частині бачка підігріву масла.

Масляний насос (рисунок 2.7) шестерного типу, з парою шестерень, виготовлених зі сталі.

Ведуча шестерня 9 насаджена на вал на шпонки; ведома шестерня 6 з запресованої втулкою вільно обертається на осі 7. Валик 11 насоса обертається на двох опорах. Однією опорою служить втулка корпусу, а інша – втулка фланця 12. На торці валика є два кулачка, що входять в пази диска приводу.

Корпус 8 насоса литий; в нього запресовані втулка валика і вісь 7 ведомої шестерні. Торець корпусу насоса закрито Фланцем 12, прикріпленим до корпусу чотирма шпильками. Між корпусом і фланцем розташована ущільнююча прокладка.

У передній частині корпусу, з боку нагнітання, встановлений редуційний клапан, який відрегульований на тиск $0,88 \text{ Мн/м}^2$ і опломбовано. При підвищенні тиску в системі вище зазначений редуційний клапан відчиняється, поєднуючи нагнітальну порожнину із всмоктуючою.

Насос прикріплений до передній кришки дизеля шістьма шпильками.

Після певного часу праці двигуна, насос починає не справлятися та тиск у системи змащення падає. Також насос може перегріватись.

В результаті чого може підвищитись температура масла у системі змащення двигуна 6NVD48 .

Також цей насос не справляється з втратами тиску масла у системі змащення двигуна 6NVD48 A2U, на центрифугі та інших втрат тиску масла, що приводить до погіршення якості змащення тертьових деталей двигуна 6NVD48.

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						39

Масляна центрифуга (рисунок 2.8) складається з корпусу, відлитого за одне ціле з кришкою люка, і ротора, що складається з корпусу 2 і кришки 7. Ротор встановлений на підшипниках ковзання (втулки 3 і 6) і на упорному шарикопідшипнику 13.

У нижню частину корпусу ротора ввернути два сопла 1 с каліброваними отворами, які з'єднані за допомогою двох запресованих в корпус ротора масло-забірних трубок 4 з внутрішньою порожниною ротора.

Підведений до центрифуги масло під тиском поступає до осі 14 ротора, потім через отвори потрапляє у внутрішню порожнину ротора. При заповненні ротора масло через масло-забірні трубки надходить до сопла. У результаті реакції струменя масла, яка витікає з сопел, ротор обертається з великою швидкістю. При цьому зважені в маслі частинки з щільністю, що перевищує щільність масла, під дією відцентрових сил осідають на внутрішніх стінках обертового ротора, утворюючи порівняно щільний осад. Що впливає з ротора через сопла чисте масло зливається в піддон дизеля.

Масляна центрифуга має властивість понижувати тиск у системі змащення у зв'язку з тим, що вона підключена до системи змащення паралельно масляній системи двигуна, тобто масло розділяється на дві частини, одна частина іде по масло провіднику до фільтру-охолоджувачу, а інша до центрифуги. Більш того масло саме розкручує ротор центрифуги. Ці чинники і дають ефект зниження тиску у системі змащення.

Також центрифуга відфільтровує не тільки бруд та механічні часточки які скопилися у маслі під час роботи двигуна, але і фізичні присадки які добавляють у масло для покращення його властивостей. У більшості сьогоденішніх масел присадки складають приблизно 30%. В результаті чого знижується якість масла та якість змазки в цілому

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ				
					Арк				
					41				

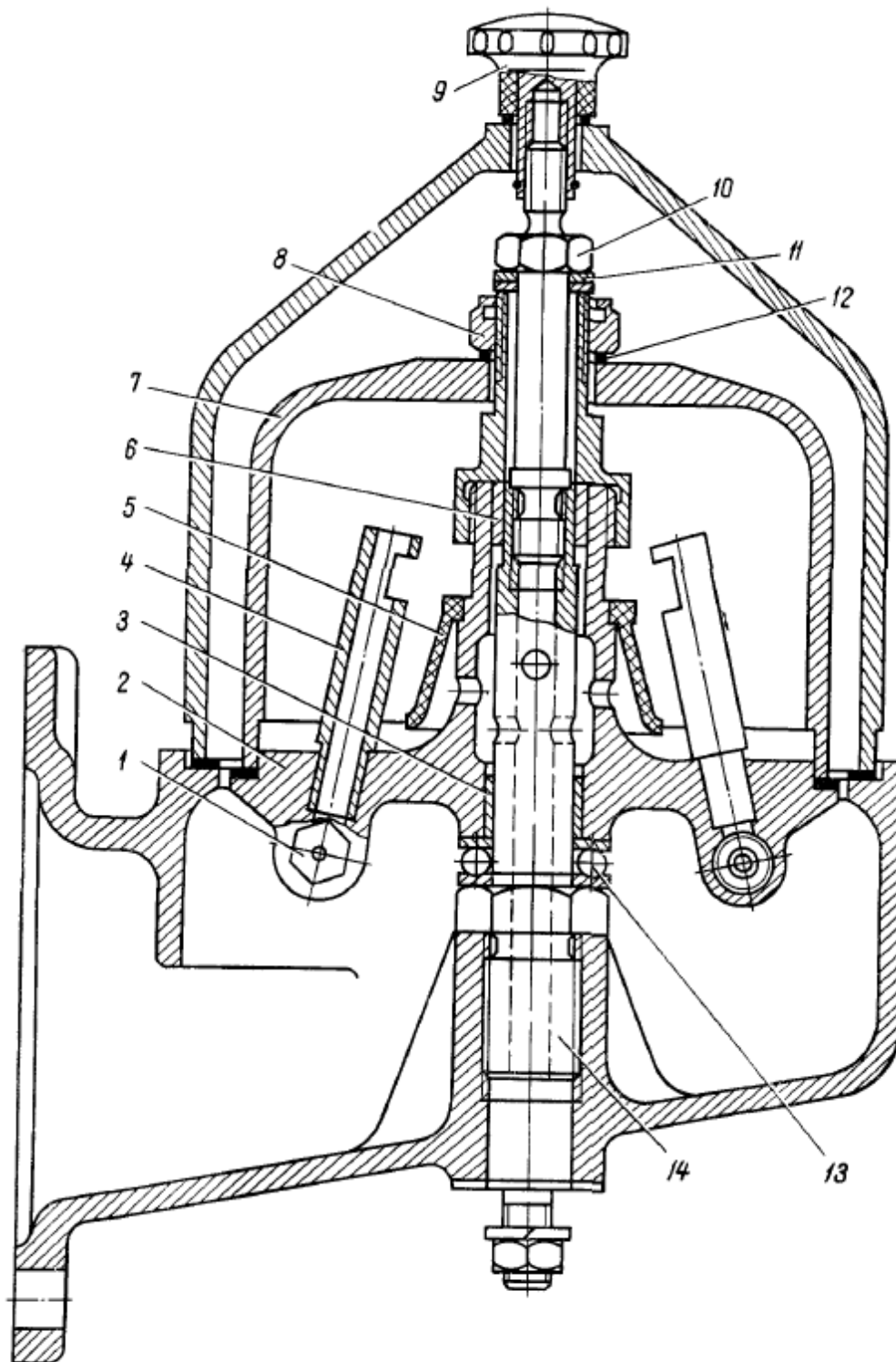


Рисунок 2.8 - Масляна центрифуга:

1 – сопло; 2 – корпус ротора; 3,6 – втулки; 4 – масло-забірна труба;
 5 – відражач; 7 – кришка ротора; 8,9 – гайки; 10 – болт ротора;
 11 – плаваюча шайба; 12 – прокладка; 13 – упорний шарикопідшипник;
 14 – вісь

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

ПІНІ НУК 131.61.23.20. ПЗ

Арк

42

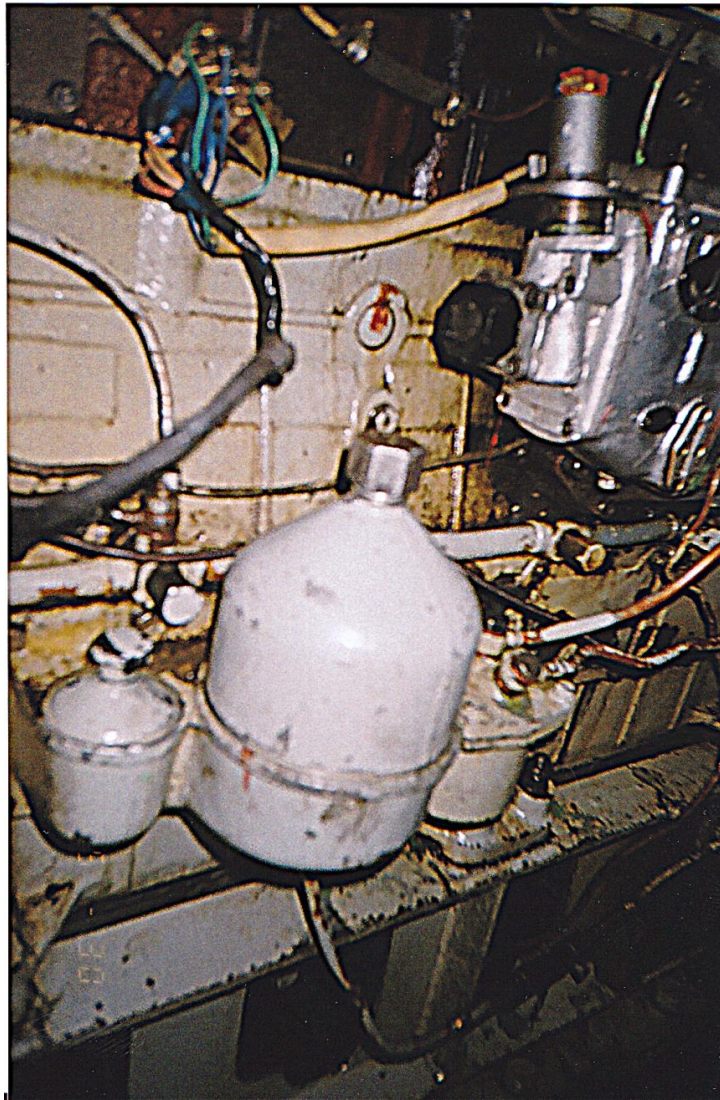


Рисунок 2.9 - Зображення масляної центрифуги

Фільтр-охолоджувач і фільтр масла. На дизелях з водо-водяною системою охолодження встановлюють фільтр-охолоджувач масла (рисунок 2.10). Для охолодження масла служить радіатор 8, що представляє собою циліндр із внутрішньою чотирьох-західною трапецеїдальною різьбою.

Зовнішня поверхня радіатора омивається проточною водою, завдяки чому відбувається його охолодження. У внутрішню порожнину стакану 6 встановлені дві фільтруючі стінки грубої очистки, через які послідовно проходить масло. Ущільнення сіток в нижній та верхній частинах виконується войлочними прокладками 5 та 11 за рахунок сили натиску пружини 3.

На дизелях з подвійною системою охолодження замість фільтра-охолоджувача масла встановлений масляний фільтр грубого очищення, а для

Інв.№ подп.	Підп. і дата				Інв. № дубл.	Підп. і дата							
	Взам. інв.№												
	Підп. і дата												
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ								
					Арк								
					43								

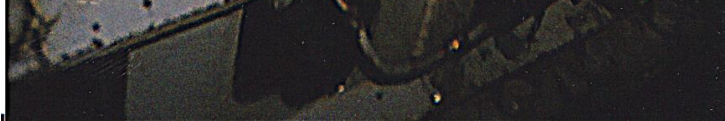


Рисунок 2.9 - Зображення масляної центрифуги

Фільтр-охолоджувач і фільтр масла. На дизелях з водо-водяною системою охолодження встановлюють фільтр-охолоджувач масла (рисунок 2.10). Для охолодження масла служить радіатор 8, що представляє собою циліндр із внутрішньою чотирьох-західною трапецеїдальною різьбою.

Зовнішня поверхня радіатора омивається проточною водою, завдяки чому відбувається його охолодження. У внутрішню порожнину стакану 6 встановлені дві фільтруючі стінки грубої очистки, через які послідовно проходить масло. Ущільнення сіток в нижній та верхній частинах виконується войлочними прокладками 5 та 11 за рахунок сили натиску пружини 3.

На дизелях з подвійною системою охолодження замість фільтра-охолоджувача масла встановлений масляний фільтр грубого очищення, а для

охолодження масла служить масляний радіатор. При цьому масляний насос 5 (рисунок 2.10) подає масло до масляного радіатора 13, а потім до масляного фільтру 14. Фільтр грубого очищення, на відміну від фільтра-охолоджувача, не має радіатора, а корпус виконаний зварним.

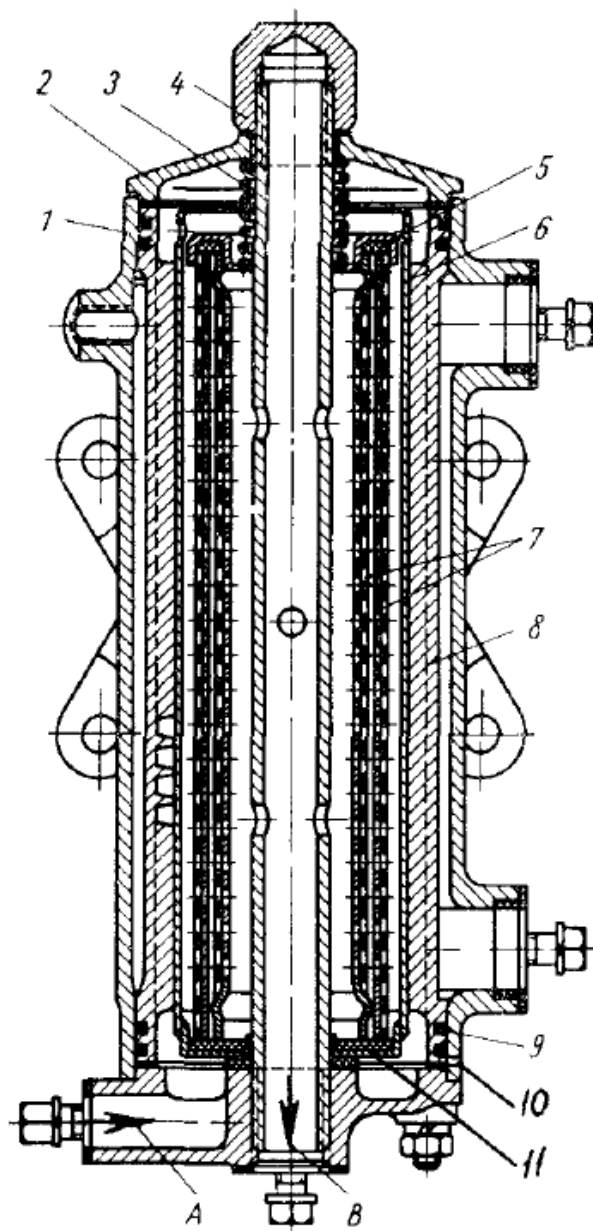


Рисунок 2.10 - Фільтр-охолоджувач масла:

1 – корпус фільтра-охолоджувача; 2 – кришка; 3 – пружина;
4 – гайка-колпачок; 5,11 – прокладки; 6 – стакан; 7 – фільтруючі сетки;
8 – радіатор; 9 – ущільнююче кільце; 10 – контрольний отвір;

А – підвід мала; В – відвід масла

Інв. № подл.	Підп. і дата				Взам. інв. №	Інв. № дубл.				Підп. і дата											
Підп. і дата					Підп. і дата					Підп. і дата					Підп. і дата					Арк	
																				44	
№ докум.					№ докум.					№ докум.					№ докум.					Арк	
Підп.					Підп.					Підп.					Підп.					44	
Дата					Дата					Дата					Дата					44	

Рисунок 2.10 - Фільтр-охолоджувач масла:

1 – корпус фільтра-охолоджувача; 2 – кришка; 3 – пружина;
4 – гайка-колпачок; 5,11 – прокладки; 6 – стакан; 7 – фільтруючі сетки;
8 – радіатор; 9 – ущільнююче кільце; 10 – контрольний отвір;
А – підвід мала; В – відвід масла

					ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ	Арк
						44
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

У зв'язку з конструктивною особливістю комбінованих фільтрів-охолоджувачів вони не справляються із своїми задачами, а саме фільтрація та охолодження масла.

В результаті чого, при наробітку вкладишів кривошипно-шатунного механізму, підвищується температура масла у системі змащення що приводить до пониження тиску масла, втраті властивості масла та підвищенню температури деталей двигуна що змащуються.

Погана фільтруюча спосібність фільтру приводить до погіршення масла та частої його заміни.

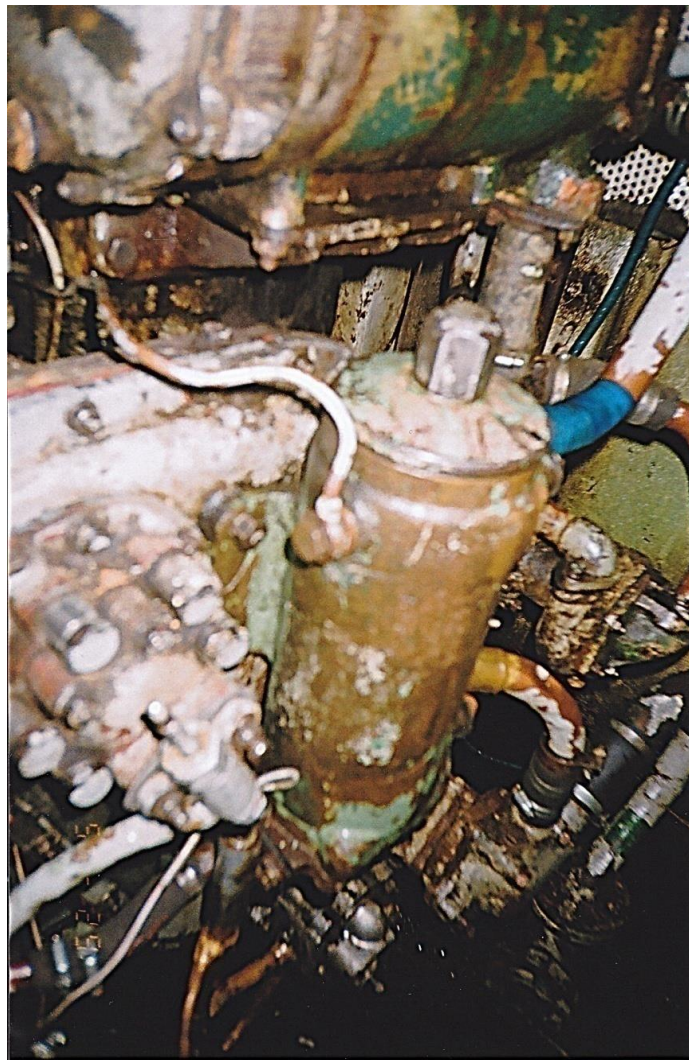


Рисунок 2.11 - Зображення масляного фільтра-охолоджувача

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

Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ 45

Маслозакачувальний насос МЗН-2 (рисунок 2.12) служить для прокачування маслом системи змазки дизеля перед пуском і в процесі пуску для зменшення зносу сполучених деталей.

Маслозакачувальний насос складається з електродвигуна і шестерного масляного насоса 1, які з'єднані між собою шліцьовою жорсткою муфтою.

Щоб уникнути попадання масла в порожнину електродвигуна на приводному валіку насоса встановлений саморухомий сальник. Для зливу просачівшогося масла в нижній частині корпусу маслозакачувального насоса передбачено відкрите зливний отвір діаметром 4 мм.

Насос забезпечує продуктивність, що дорівнює $0,6 \text{ м}^3/\text{год.}$ і створює тиск $0,88 \text{ Мн/м}^2$. Режим праці насоса короткочасний.

Електродвигун насоса МЗН-2 працює від акумуляторних стартерних батарей напругою 24 В і вмикається (вимикається) одночасно з включенням (відключенням) повітря-підігрівача (свічок) при натисканні (звільненні) кнопки «Підігрів», «Прокачування» або «Свічки» або автоматично. Насос МЗН-2 прикріплений до спеціального кронштейна хомутами 3 за допомогою болтів 4 і включений у систему змащення дизеля паралельно основному масляного насоса.

Такий же маслозакачувальний насос використовується для гідроприводу сервомотору дистанційного керування реверс-редуктор РРП-70.

При старті двигуна маслозакачувальний насос МЗН-2 дає недостатній тиск у системі змащення що приводить до недостатнього змащення тертьових поверхонь двигуна.

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

ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ

Арк

46

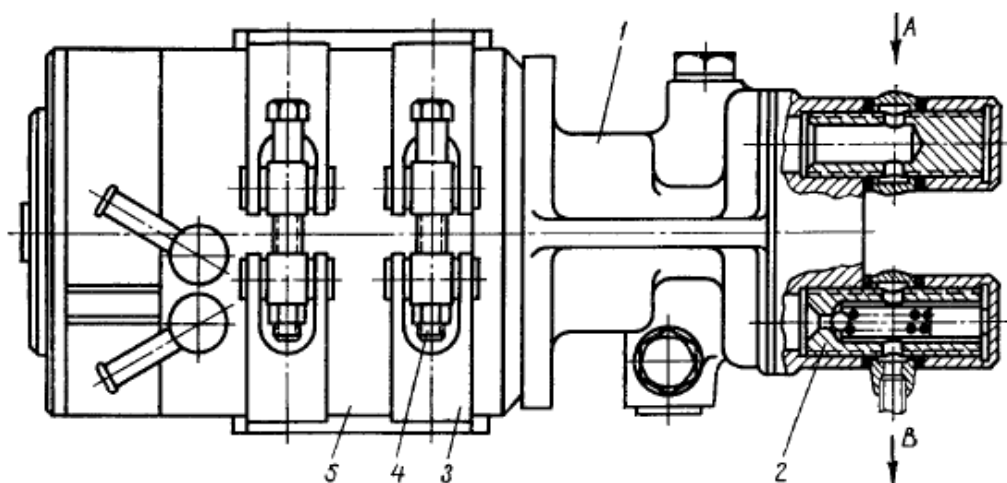


Рисунок 2.12 Маслозакачувальний насос МЗН-2:

1 – насос; 2 – зворотній клапан; 3 – хомут; 4 – стягуючий болт;
5 – кронштейн

А – підвід мала; В – відвід масла



Рисунок 2.13 - Зображення маслозакачувального насосу МЗН-2

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ				
Арк				
47				

Роз'єднувальний клапан. Для скорочення часу прокачування системи змащення перед пуском і в процесі пуску дизелів з водоповітряної системою охолодження застосовується роз'єднувальний клапан (рисунок 2.14), що відключає масляний радіатор.

При прокачуванні масло переміщує кульку 5 в корпусі клапана в бік патрубку 1. При цьому кулька 5 перекриває отвір підвода масла від радіатора і масло надходить в масляний фільтр грубого очищення і в центрифугу.

При роботі основного масляного насоса масло переміщує кульку від патрубку 1 до патрубку 4, при цьому кулька перекриває шлях масла до насоса МЗН-2.

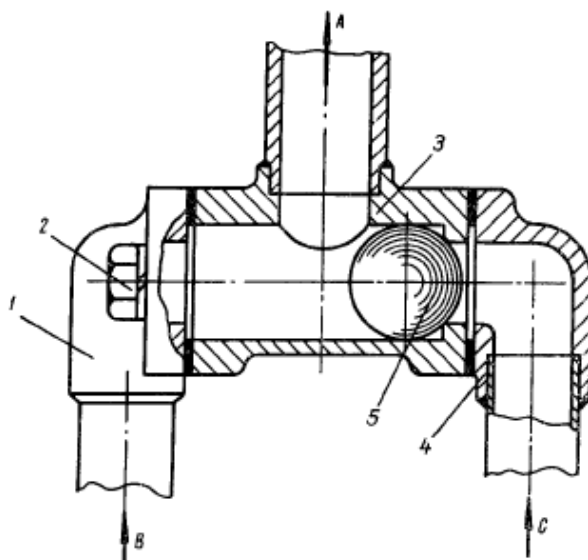


Рисунок 2.14 - Роз'єднувальний клапан:

1,4 – патрубки; 2 – болт; 3 – корпус; 5 – шарик

А – маслопровід до фільтру; В – маслопровід від масляного радіатора; С – маслопровід від маслозакачувального насоса МЗН-2

Масляний радіатор (рисунок 2.15) трубчастий, сталевий, зварний конструкції, тракторного типу, складається з верхнього 5 і нижнього 9 збірок, овальних трубок 8 і двох трубчастих стійок 2 і 7.

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ				
Арк				
48				

Бачок доливу масла (рисунок 2.16) служит для автоматичного доливу масла в піддон дизеля з тим, щоб у ньому підтримувався постійний рівень. Бачок встановлений на агрегатної рами дизеля і з'єднаний з нижньою порожниною піддона дизеля за допомогою дюрітової трубки з хомутами.

Постійний рівень масла в піддоні дизеля підтримується поплавцем 2 за допомогою голчастого запірнього клапана 3.

Якщо з якої-небудь причини голчастий клапан 3 не буде щільно закривати отвір для доливу масла, то надмірна кількість масла буде зливатися через контрольну трубку 11 в спеціальний резервуар, встановлений в машинному приміщенні нижче піддона.

Щоб злити відпрацьоване масло з піддона дизеля, необхідно вивернути пробку 10 з бачка доливу. При цьому доступ свіжого масла з бачка в піддон автоматично перекривається спеціальним клапаном 8.

У зв'язку з малим перерізом втулки 4 доливного клапана в бачку доливу початкове заповнення маслом піддона дизеля варто робити через горловину заливу масла, розміщеному на корпусі центрифуги. Бачок встановлюють тільки на стаціонарних автоматизованих дизель-генераторах.

Підігрівачі масла. Електричний підігрів масла застосований на деяких дизелях для забезпечення можливості екстреного прийому навантаження, а також для полегшення пуску дизеля.

Масло підігрівається електropідігрівачами 1 (рисунок 2.17), встановленим внизу на піддоні. Прилади електронагрівальні автоматично підтримує температуру масла в межах + 40...+5°C. На дизелях встановлюються електropідігрівачі типу ET-90, на інших – ET-32.

Управління електропідігрівачем(вмикання та вимикання) здійснює температурне реле, встановлене у піддоні, під чинником контактору типу КМ-50 чи проміжкового реле РКС.

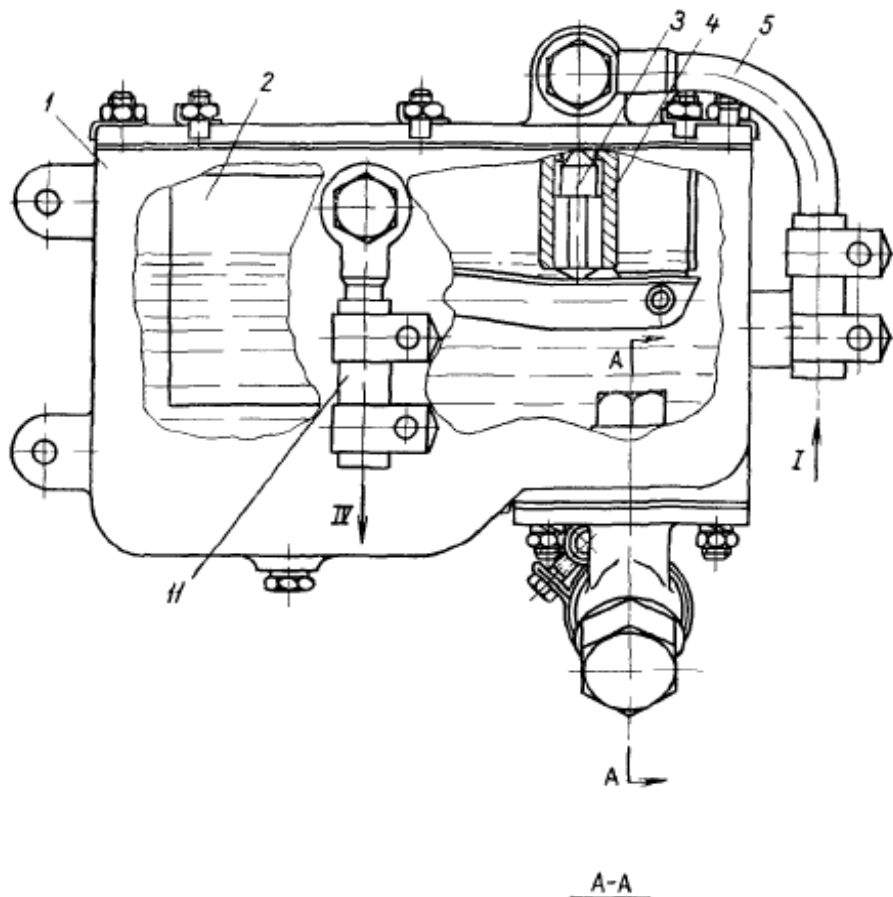


Рисунок 2.16 - Бачок доливу масла:

1 – бачок; 2 – поплавок з ричагом; 3 – запірний клапан; 4 – втулка клапану; 5 – трубка; 6 – пробка; 7 – пружина клапану; 8 – клапан; 9 – корпус; 10 – пробка; 11 – контрольна трубка

I – підвід масла у бачок; II – слив масла з піддона; III – долив масла у піддон; IV – слив масла при підвищенні рівню зверх максимального

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ				
Арк				
51				

Система електропідігріву масла розрахована на працю від сеті перемінного току напругою 220В. Також можуть використовуватись електропідігрівачі з напругою 127В. електропідігрівачі вмикають до сеті напругою 220В, при цьому вони з'єднані попарно-паралельно, а пари з'єднані послідовно.

Деякі двигуни не мають підігрівачів масла, наприклад як у судна прототипу «Кілія» тому що на у деяких системах змащення двигунів 6NVD48 A2U масло підтримується у необхідній температурі завдяки температурі картеру.

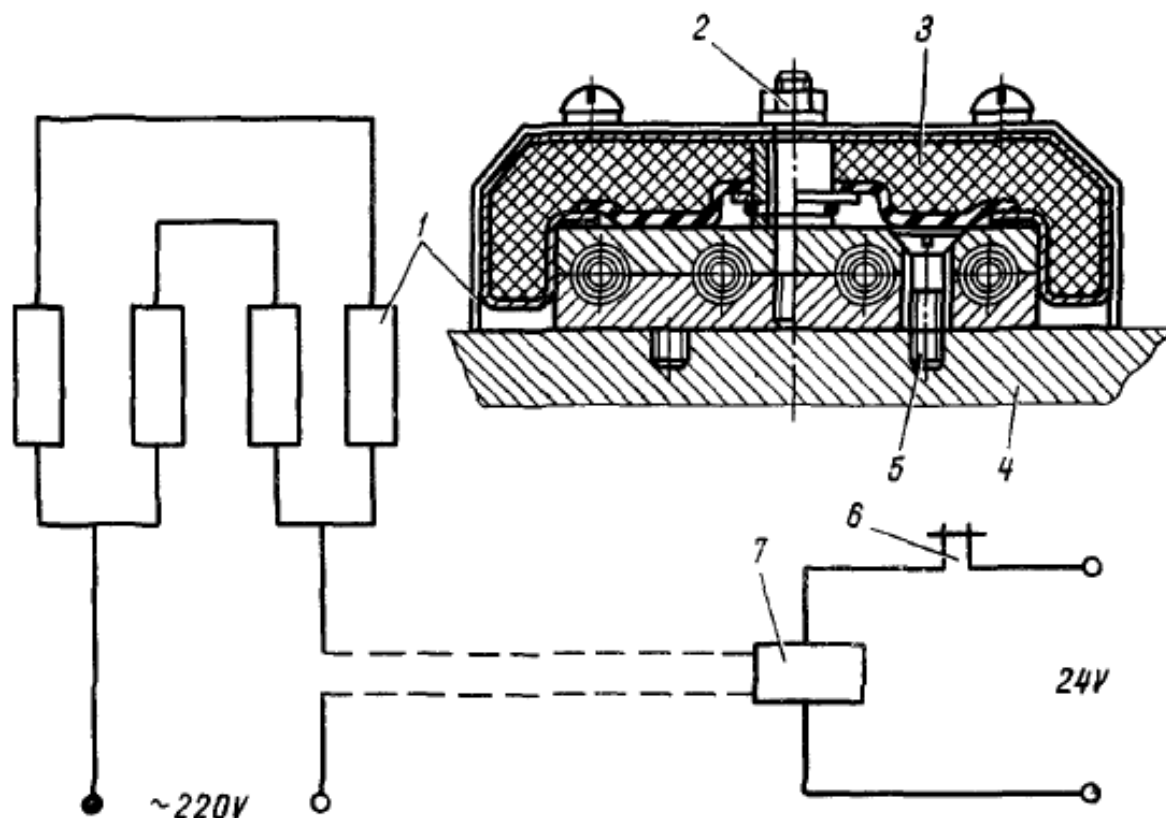


Рисунок 2.17 - Схема електричного підігріву масла:

1 – електропідігрівач; 2 – гайка; 3 – теплоізоляція; 4 – стінка піддона або блоку; 5 – вінт; 6 – датчик реле; 7 – проміжкове реле

Бачок підігріву води та масла. На дизель-генераторах масло підігрівається у баку підігріву води та масла (рисунок 2.18).

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

Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
----	-----	----------	-------	------

Управління підігріву виконується по температурі масла за допомогою комбінованого реле, датчик 1 (рисунок 2.24) який встановлено у бачку підігріву води та масла.

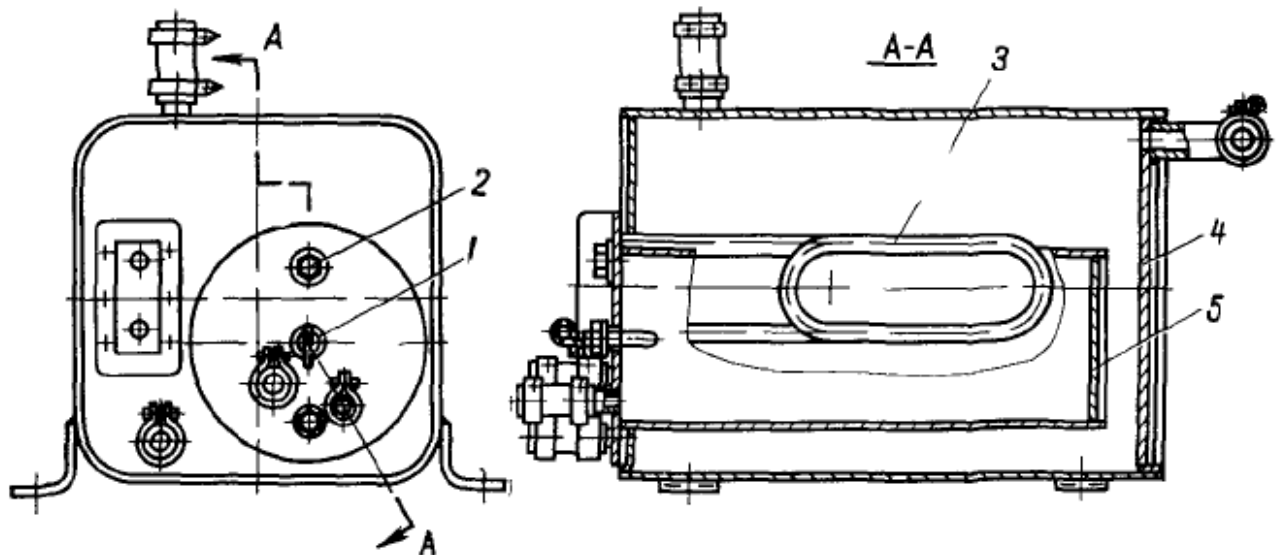


Рисунок 2.18 - Бачок підігріву води та масла:

1 – датчик температури масла; 2 – пробка; 3 – електropідігрівач;
4 – водяний бачок; 5 – масляний бачок

Бачок з'єднаний трубопроводами, з дюритовими муфтами, з піддоном дизеля і з маслозакачувальним насосом. У верхній частині бачка знаходиться отвір, який зачиняється пробкою 2, для з'єднання полость бачка з атмосферою при зливі або заливі масла у змащувальну систему.

Масло необхідно заливати у піддон до тих пір, доки воно не з'явиться в отворі бачку, після чого зачинити отвір пробкою 2.

Монтаж бачка повинен виконуватися відповідно до вказівок габаритно-встановлювального креслення.

Заміна масла в системі змащення дизеля, ванні реверс-редуктора та турбонагнітача повинна проводитись кожні 300 годин. Але бувають специфічні чинники експлуатації дизелів, коли вони протягом довгого періоду часу напрацьовують незначну кількість годин. В таких випадках, незалежно

					1 – датчик температури масла; 2 – пробка; 3 – електропідігрівач; 4 – водяний бачок; 5 – масляний бачок
					Бачок з'єднаний трубопроводами, з дюритовими муфтами, з піддоном дизеля і з маслозакачувальним насосом. У верхній частині бачка знаходиться отвір, який зачиняється пробкою 2, для з'єднання полость бачка з атмосферою при зливі або заливі масла у змащувальну систему.
					Масло необхідно заливати у піддон до тих пір, доки воно не з'явиться в отворі бачку, після чого зачинити отвір пробкою 2.
					Монтаж бачка повинен виконуватися відповідно до вказівок габаритно-встановлювального креслення.
					Заміна масла в системі змащення дизеля, ванні реверс-редуктора та турбонагнітача повинна проводитись кожні 300 годин. Але бувають специфічні чинники експлуатації дизелів, коли вони протягом довгого періоду часу напрацьовують незначну кількість годин. В таких випадках, незалежно
Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата	

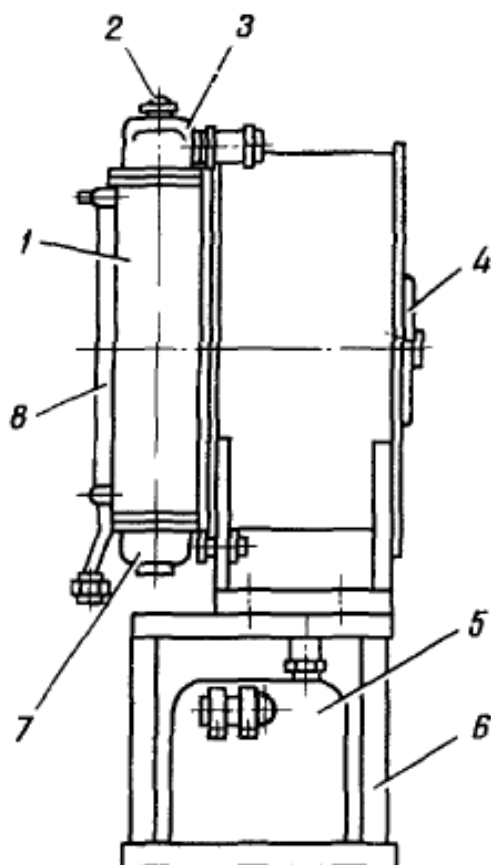


Рисунок 2.19 - Електромотор вентилятору, радіатор та бачок підігріву води та масла:

1 – водяний радіатор; 2 – кришка радіатору; 3 – верхній збірник;
4 – електромотор; 5 – бачок підігріву води та масла; 6 – підставка;
7 – нижній збірник; 8 – масляний радіатор

від кількості напрацьованих годин (але не менш ніж 10год.) заміну масла у системі змащення дизеля необхідно виконувати через кожні три місяці, а у реверс-редукторі через шість місяців.

На автоматизованих дизелях схема управління електропідігрівом монтується у щитах управління та живеться від акумуляторних стартерних батарей напругою 24 В.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ				
Арк				
54				

2.3 Висновки в частині аналізу конструкції елементів системи мащення двигуна 6NVD48 A2U

Проведений аналіз дозволяє стверджувати, що в конструкції двигуна 6NVD48 A2U мають місце:

1. Недостатність мащення деталей двигуна
2. Підвищення температури масла у системі мащення
3. Погіршення якості масла
4. Недостатній тиск у системі мащення
5. Недостатня фільтрація масла у системі мащення

Загальна схема системи мащення СЕУ показана на рис. 2.20.

2.4 Загальна характеристика кожухотрубного теплообмінного апарату

До теплообмінних апаратів всуваються загальні вимоги, характерні для всіх суднових пристроїв: висока надійність протягом заданого терміну, простота обслуговування і ремонту, прийнятні масогабаритні характеристики і вартість.

Конструктивне виконання ТО залежить від їх цільового призначення, параметрів робочих середовищ і теплового навантаження. На суднах побудованих в 20 столітті суднових основну масу ТО представляють собою кожухотрубні конструкції з круглими прямими, ТТ-образними і змієвиковими трубами. При різницях температури робочих середовищ $\Delta t < 60^{\circ}\text{C}$ застосовують ТО з прямими трубками і, двома одинарними або подвійними трубними дошками, які встановлюють в циліндричний корпус, званий кожухом (див. рис. 2.21).

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата						
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
										55

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

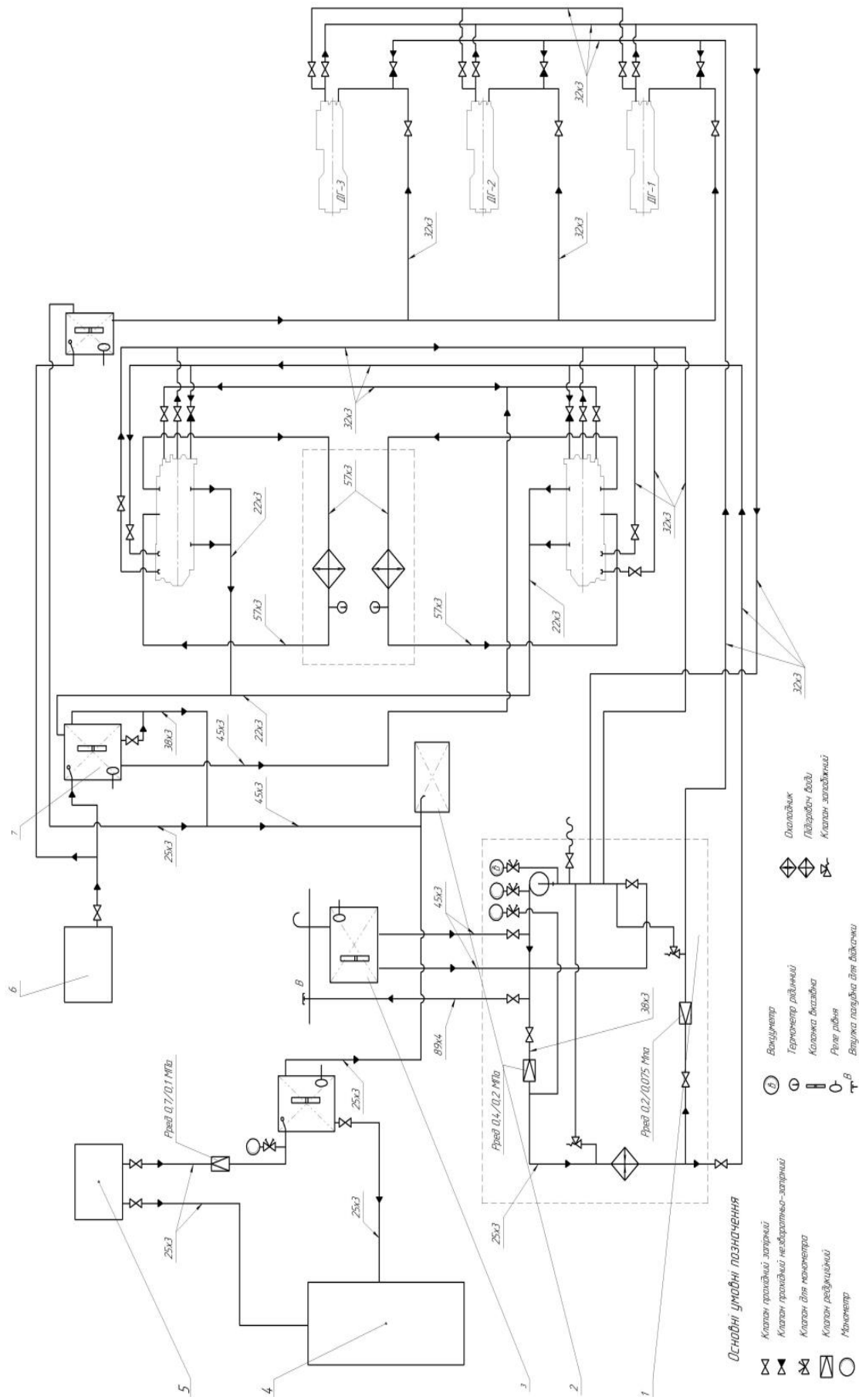


Рисунок 2.20 – Загальна схема системи мащення: 1 – блок прогріву дизелів; 2 – цистерна збору побаланових вод; 3 – цистерна збору прісної води; 4 – блок сепарації палива і мастила; 5 – блок теплового ящика; 6 – блок насосів живлення споживачів; 7 – розширювальна цистерна ГД

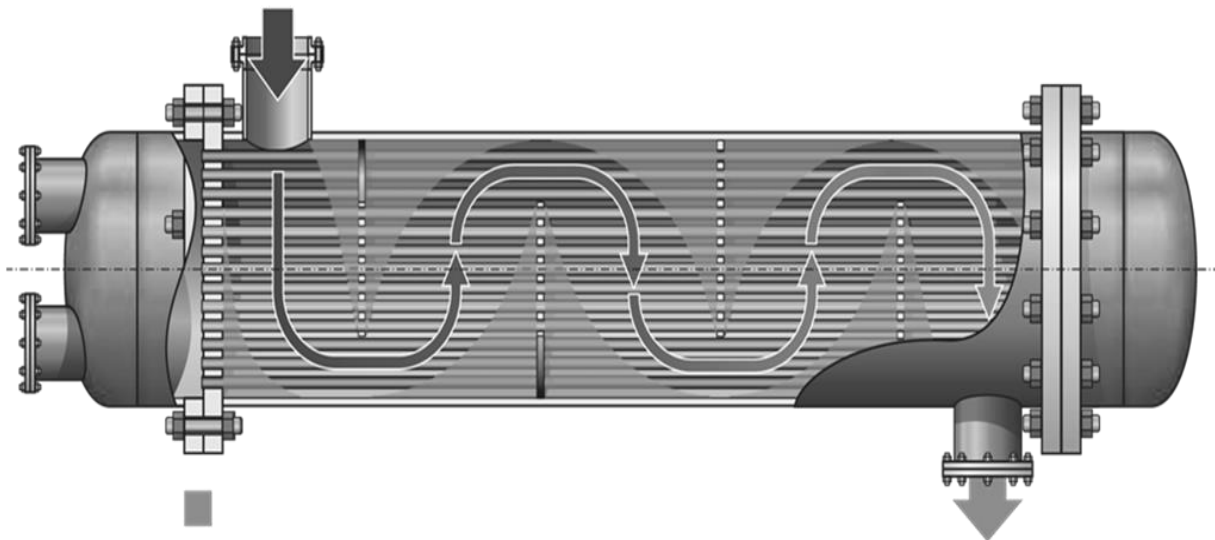


Рисунок 2.21- Схема роботи кожухотрубного теплообмінного апарату

Виходячи з назви, теплообмінник - це пристрій, що створюється з метою передати тепло від одного середовища до іншого. Теплоносієм в даному випадку виступає конструкція, описана вище. Робота кожухотрубного теплообмінника полягає в тому, що холодна і гаряча робочі середовища рухаються по різних кожухах, і теплообмін відбувається в просторі між ними.

Кожух являє собою трубу, яку зварюють з декількох листів, виготовлених зі сталі. Як правило, основна відмінність між кожухами полягає в поєднанні трубної дошки і кришок. Від тиску робочого середовища і діаметра кожуха залежить товщина його стінки, але в будь-якому випадку вона повинна бути не менше 4 мм. До зовнішній стороні кожуха прикріплюються опори агрегату. Пучок труб закріплюється в кожусі за допомогою трубних дощок (решіток) завдяки розвальцьовуванню. Конструкція кожухотрубних теплообмінників може бути жорсткою, нежорсткій і полужесткой. Також вони можуть бути горизонтальними, вертикальними і похилими.

Загальний вигляд кожухотрубного теплообмінника системи мащення показаний на рис. 2.22.

У кожухотрубних теплообмінниках прохідний перетин міжтрубному простору в 2-3 рази більше прохідного перетину всередині труб. Тому при

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ				
									Арк
									57

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

Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

Технічні характеристики
 Продуктивність охолодження 600 кг/год
 Число труб теплообмінника 125 шт.
 Загальна поверхня теплообмінника 24 м²
 Витрата води 100 м³ / год
 Габаритні розміри теплообмінника 2850 x 430 x 1050мм

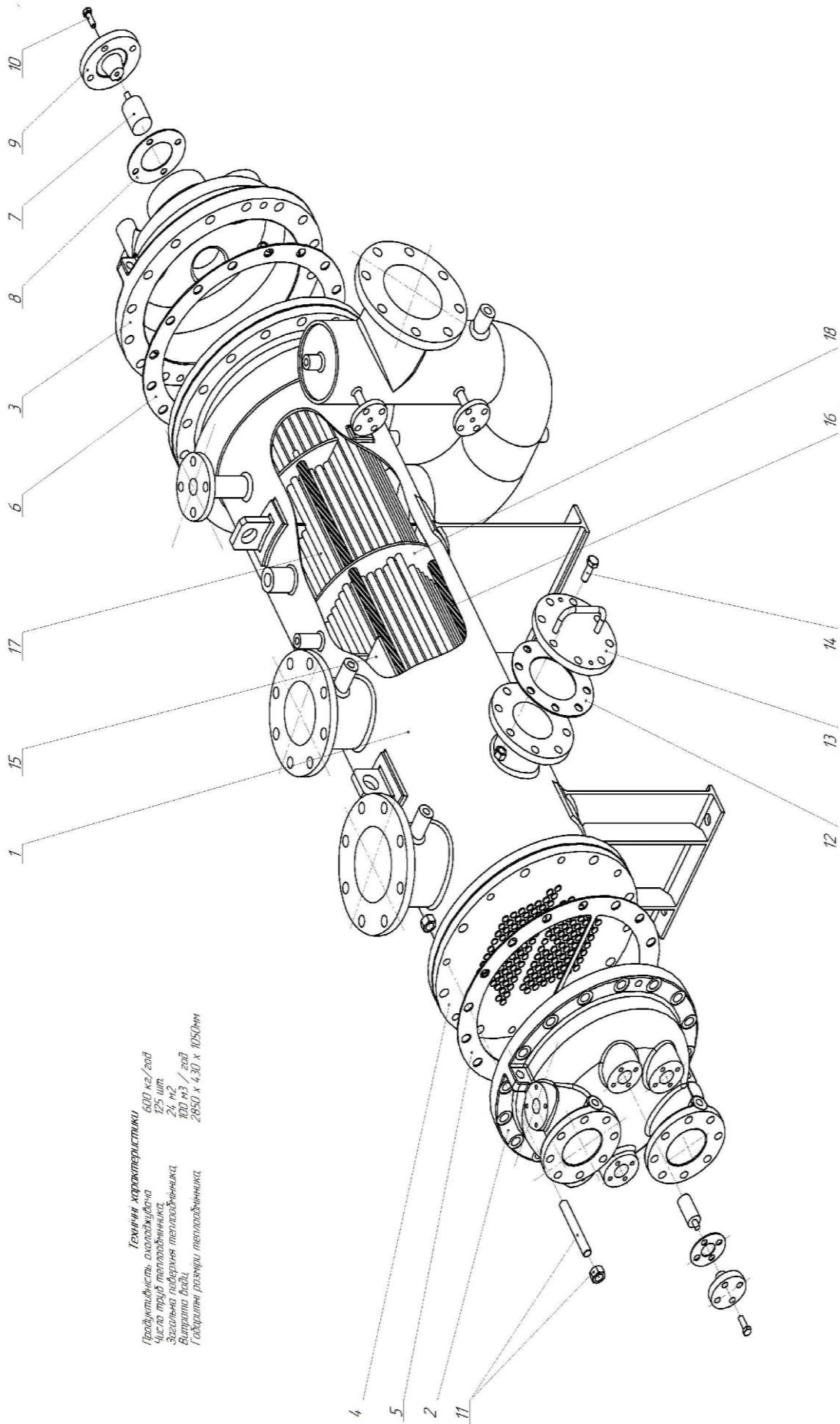


Рисунок 2.22 - Кожухотрубний теплообмінник системи мащення суднового двигуна

рівних витратах теплоносіїв з однаковим фазовим станом коефіцієнти тепловіддачі на поверхні міжтрубному простору невисокі, що знижує загальний коефіцієнт теплопередачі в апараті. Пристрій перегородок в міжтрубному просторі кожухотрубчасті теплообмінника сприяє збільшенню швидкості теплоносія і підвищенню ефективності теплообміну.

Трубні дошки (решітки) служать для закріплення в них пучка труб за допомогою розвальцьовування, разбортовки, заварки, запаювання або сальникових кріплень. Трубні дошки приварюють до кожуха затискають болтами між фланцями кожуха і кришки або з'єднують болтами тільки з фланцем вільної камери матеріалом дощок служить зазвичай листовая сталь товщиною не менше 20 мм.

2.5 Загальна будова і принцип роботи пластинчастого теплообмінника

Конструктивно агрегат докорінно відрізняється від свого кожухотрубного попередника.

Площа поверхні обміну теплової енергії в останнього нарощувалася за рахунок збільшення довжини змійовика, звідси і великі габарити апарату.

У новому теплообміннику це досягається шляхом збільшення кількості пластин однакової площі.

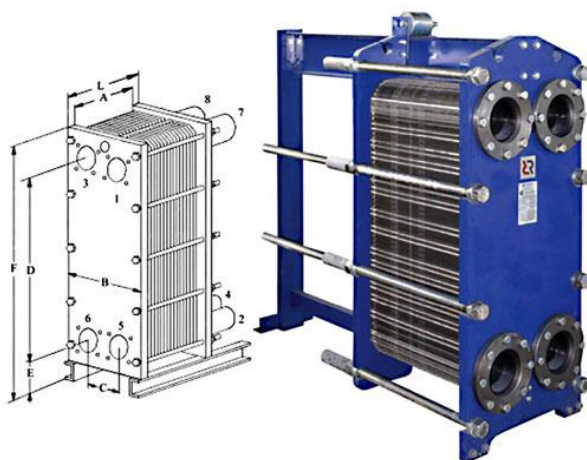


Рисунок 2.23 – Пластинчатий теплообмінник

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ				
					Арк				59

Маючи таку ж потужність, він за розмірами втричі менше кожухотрубного, при цьому здатний забезпечити великий витрата нагрівається середовища, наприклад, води для потреб ГВП.

Звідси і виникло друге назва агрегату – швидкісний. Нижче на схемі показано пристрій пластинчастого теплообмінника.

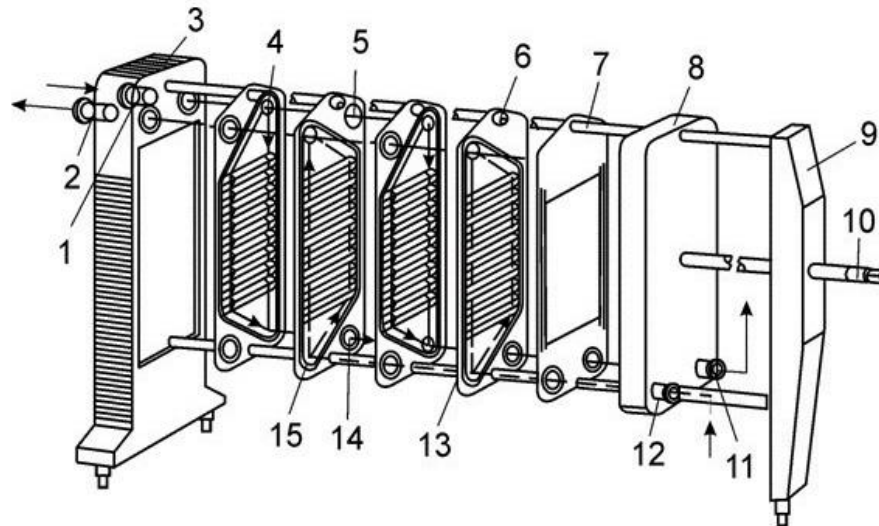


Рисунок 2.24 – Складові пластинчатого теплообмінника:

1, 11 – подаючий і зворотний патрубки для підключення гріючої середовища (теплоносія); 2, 12 – вхідний і вихідний патрубки нагрівається середовища; 3 - передня нерухома плита; 4, 14 – отвори для потоку теплоносія; 5 – мала ущільнювальна прокладка у вигляді кільця; 6 – робоча теплообмінна пластина; 7 – верхня напрямна; 8 – задня рухома плита; 9 – задня опора; 10 – шпилька; 13 – велика прокладка по контуру пластини; 15 – нижня напрямна.

На схемі представлений пластинчастий теплообмінник для опалення найпростішої конструкції з патрубками, розташованими по різні сторони агрегату.

Між двома плитами, встановленими на двох направляючих, затиснуте певне число пластин з гумовим ущільненням між ними.

На кожній пластині з метою збільшення поверхні обміну виконано рельєфне гофрування, як зображено на рис. 2.25.

Підп. і дата		середовища (теплоносія); 2, 12 – вхідний і вихідний патрубки нагрівається середовища; 3 - передня нерухома плита; 4, 14 – отвори для потоку теплоносія; 5 – мала ущільнювальна прокладка у вигляді кільця; 6 – робоча теплообмінна пластина; 7 – верхня напрямна; 8 – задня рухома плита; 9 – задня опора; 10 – шпилька; 13 – велика прокладка по контуру пластини; 15 – нижня напрямна. На схемі представлений пластинчастий теплообмінник для опалення найпростішої конструкції з патрубками, розташованими по різні сторони агрегату. Між двома плитами, встановленими на двох направляючих, затиснуте певне число пластин з гумовим ущільненням між ними. На кожній пластині з метою збільшення поверхні обміну виконано рельєфне гофрування, як зображено на рис. 2.25.	Інв. № дубл.	
Взам. інв. №			Інв. №	
Підп. і дата			Інв. №	
Інв. № подп.			Інв. №	
Інв. №			Інв. №	
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ

Арк 60

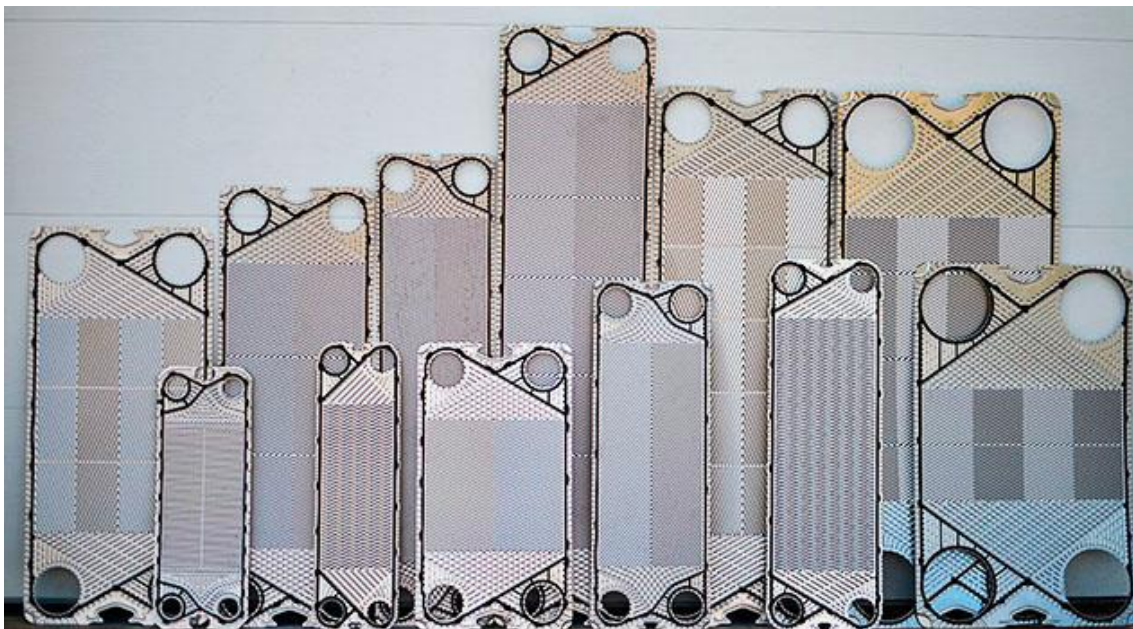


Рисунок 2.25 – Пластины теплообмінника

Приєднувальні патрубки також можуть знаходитися і з одного боку апарату, на передній плиті, що не впливає на принцип роботи пластинчастого теплообмінника.

Він полягає в тому, що простір між кожними наступними пластинами по черзі заповнюється то теплоносієм, то нагрівається середовищем. Черговість заповнення забезпечується формою прокладок, в одній секції вони відкривають шлях потоку теплоносія, в іншій – поглинача тепла.

Під час роботи в кожній секції, крім першої та останньої, відбувається інтенсивний обмін теплом через пластины відразу з двох сторін.

Обидві середовища протікають через свої секції назустріч один одному, нагріває подається зверху і виходить через нижній патрубок, а нагрівається – навпаки. Як це працює, відображає функціональна схема пластинчастого теплообмінника.

В якості гріючого середовища, що протікає крізь пластинчастий теплообмінник для ГВП, може виступати вода температурою 95 або 115 °С, або пар, нагрітий до 180 °С. Це залежить від типу котельного обладнання. Кількість і розмір пластин підбирається таким чином, щоб на виході отримати воду з максимальною температурою не більше 70 °С.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
										61
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

2.5.1 Технічні характеристики

Пластини і прокладки можуть виготовлятися з різних матеріалів, їх вибір залежить від призначення агрегату, адже сфера застосування подібних теплообмінників досить широка. Ми ж розглядаємо системи опалення та ГВП, де вони виступають у якості теплосилового обладнання.

Для цієї сфери пластини робляться з неіржавіючої сталі, а прокладки з гуми EPDM NBR або. У першому випадку теплообмінник з нержавіючої сталі може працювати з водою, нагрітою до максимальної температури 110 °С, у другому – до 170 °С.

Дані теплообмінники використовуються і для різних технологічних процесів, коли крізь них протікають кислоти, луги, мастила та інші середовища. Тоді пластини виготовляються з титану, нікелю і різних сплавів, а прокладки – з фторкаучуку, азбесту та інших матеріалів.

Розрахунок і підбір теплообмінника здійснюється за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення за такими параметрами:

- необхідна температура нагрівання рідини;
- початкова температура теплоносія;
- необхідний витрата нагрівається середовища;
- витрата теплоносія.

Треба сказати, що переваги пластинчастих теплообмінників полягають не тільки в скромних розмірах і здатності забезпечити великий витрата. Справа в тому, що діапазон підбираються площ обміну і витрат у розглянутих агрегатів надзвичайно широкий. Найменші з них мають площу поверхні менше 1 м² і розраховані на перебіг 0.2 м³ рідини за 1 годину, а найбільші – 200 м² при витраті понад 360 м³/ч. Нижче в таблиці представлені технічні характеристики, які показує експлуатація пластинчастих теплообмінників .

2.6 Вибір напрямку модернізації двигуна 6NVD48 A2 – U

Після того як був проведений аналіз системи мащення було

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата						
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
										62

- необхідна температура нагрівання рідини;
- початкова температура теплоносія;
- необхідний витрата нагрівається середовища;
- витрата теплоносія.

Треба сказати, що переваги пластинчастих теплообмінників полягають не тільки в скромних розмірах і здатності забезпечити великий витрата. Справа в тому, що діапазон підбираються площ обміну і витрат у розглянутих агрегатів надзвичайно широкий. Найменші з них мають площу поверхні менше 1 м² і розраховані на перебіг 0.2 м³ рідини за 1 годину, а найбільші – 200 м² при витраті понад 360 м³/ч. Нижче в таблиці представлені технічні характеристики, які показує експлуатація пластинчастих теплообмінників .

2.6 Вибір напрямку модернізації двигуна 6NVD48 A2 – U

Після того як був проведений аналіз системи мащення було

запропановано замінити кожухотрубний теплообмінник на пластинчатий теплообмінник, які за технічними характеристиками є схожими.

Усі порівняльні характеристики показані у таблиці 2.1

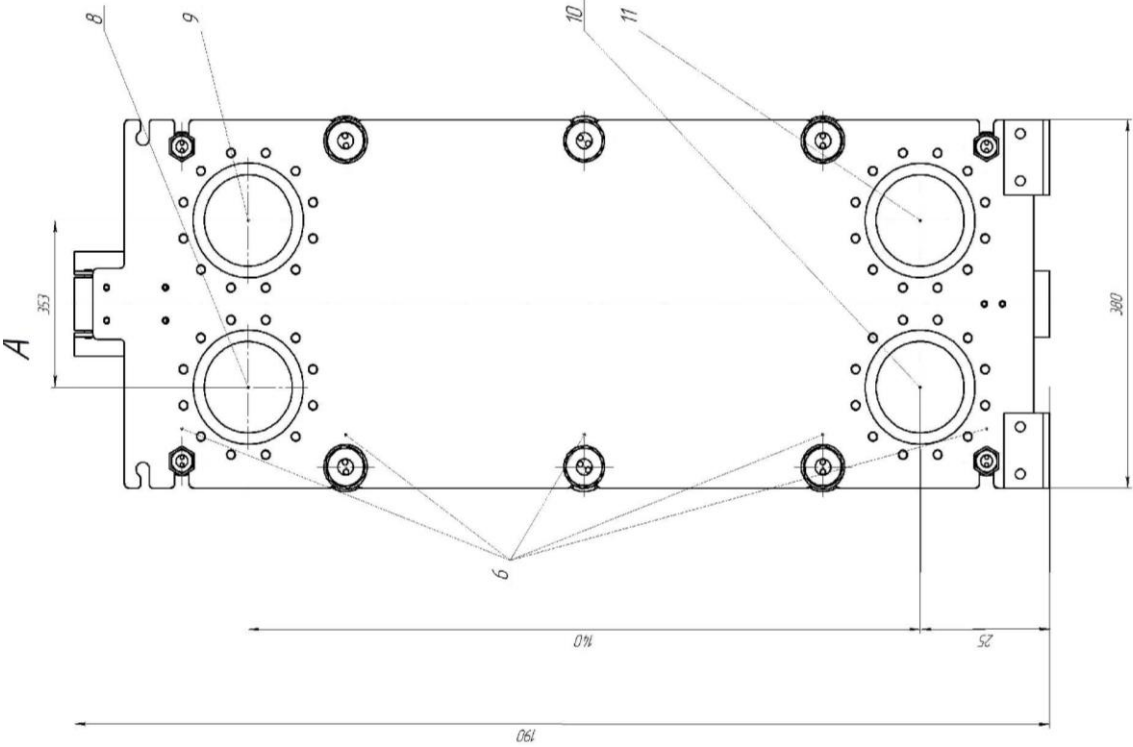
На підставі наведених даних було прийнято рішення замінити кожухотрубний теплообмінник DongHwa на пластинчастий SWEP. Загальний вигляд теплообмінника показаний на рис. 2.26.

Таблиця 2.1 Порівняльні технічні характеристики однакових по потужності кожухотрубних (КТО) і пластинчастих (ПТО) теплообмінників

Характеристика	КТО	ПТО
Різниця (можлива) температур “гарячої” і охолоджувальної води	Не менш 5-10 °С	1-2
З’єднання при складанні	Зварювання, вальцювання	Роз’ємні
Доступність для внутрішнього огляду і чищення	Нерозбірний, важкодоступний, проста заміна частин неможлива	Розбірний. Легко доступний огляд, та обслуговування.
Матеріал	Латунь або мідь	Нержавіюча сталь або титан
Ущільнення	Нерозбірний. Проста заміна неможлива	Ущільнення можна міняти на нові. Жорстко зафіксовані в каналах пластини. Відсутність підтікання води після механічного чищення і складання
Виявлення течі	Неможливо виявити без розбирання	Негайно після виникнення, без розбирання
Чутливість до вібрації	Чутливий	Не чутливий
Вага в зборі (умовно)	10 - 15	1
Ресурс роботи до капремонту	5 - 10 років	15-20 років
Габарити (умовно)	5-6	1
Вартість (умовно)	0,75 - 1,0, в залежності від призначення	1
Зміна теплової потужності (у разі необхідності)	Ні	Так, за допомогою додавання додаткових пластин
Схильність до корозії при температурі понад 60 °С	Так	Ні
Спеціальний фундамент	Так	Ні

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ				
					Арк 63				

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



Технічні характеристики СМЕР

Максимальна робоча температура: 100
 Максимальна температура кипіння: 120
 Максимальна температура нагрівання: 150
 Максимальна температура охолодження: 200
 Максимальна температура нагрівання: 250
 Максимальна температура охолодження: 300
 Максимальна температура нагрівання: 350
 Максимальна температура охолодження: 400
 Максимальна температура нагрівання: 450
 Максимальна температура охолодження: 500
 Максимальна температура нагрівання: 550
 Максимальна температура охолодження: 600
 Максимальна температура нагрівання: 650
 Максимальна температура охолодження: 700
 Максимальна температура нагрівання: 750
 Максимальна температура охолодження: 800
 Максимальна температура нагрівання: 850
 Максимальна температура охолодження: 900
 Максимальна температура нагрівання: 950
 Максимальна температура охолодження: 1000

Рисунок 2.26 - Пластинчастий теплообмінник системи мащення суднового двигуна

РОЗДІЛ 3

ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦЬЛЬНОСТІ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ МАЩЕННЯ СУДНОВОГО ДВИГУНА

З метою перевірки висунутих у даному дипломному проєкті припущень, виконаємо необхідні розрахунки двигуна і його систем стосовно до нових умов організації робочого процесу.

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 (ЦНДДІ). Скористаємося даною моделлю, реалізованої у вигляді програми розрахунку з використанням персонального комп'ютера.

Для порівняння розрахункових результатів з вихідними даними, при виконанні проєкту нами був проведений тепловий розрахунок для базового двигуна на режимі потужності 100% від номіналу.

3.1 Обґрунтування і переваги встановлення пластинчастого теплообмінника перед кожухотрубним

1. Коефіцієнт теплопередачі в пластинчастих теплообмінниках в 3-4 рази більше, ніж в кожухотрубних, завдяки спеціальному гофрованого профілю проточної частини пластини, що забезпечує високу ступінь турбулізації потоків теплоносіїв.

2. Площа теплопередаючої поверхні теплообмінників в 3-4 рази менше, ніж кожухотрубних. Внаслідок цього пластинчасті теплообмінники мають малу металоємність, компактні, їх можна встановити в умовах обмеженого простору.

3. Висока ремонтпридатність:

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ				Арк
				65

На відміну від кожухотрубних вони легко розбираються і швидко чистяться. При цьому не потрібно демонтаж підвідних трубопроводів;

У пластинчастому теплообміннику можна легко і швидко замінити пластину або прокладку, а також збільшити поверхню теплообміну, якщо з часом зросла теплове навантаження.

Пластинчасті теплообмінники набираються з окремих пластин, поверхня нагріву яких, як правило, не перевищує 2 м². Ця обставина в поєднанні з оптимально обраним типом пластини дозволяє точно, без зайвого запасу, вибрати теплопередаючої поверхню теплообмінника.

4. Пакет пластин проглядатися наскрізь, що дозволяє проводити реальну механічну очистку поверхні теплообміну.

5. Термін експлуатації першої виходящої з ладу одиниці ущільнювальної прокладки досягає 10 років. Термін роботи теплообмінних пластин 15-20 років. Вартість заміни ущільнень від вартості ПТО коливається в межах 15-25%, що економічніше аналогічного процесу заміни латунної трубної групи в КТТО, складовою 80-90% від вартості апарату.

6. Вартість монтажу ПТО становить 2-4% від вартості обладнання відповідно. Що нижче на порядок, ніж у кожухотрубчасті теплообмінника.

7. Гнучкість: в разі необхідності площа поверхні теплообміну може бути змінена за допомогою додаванням або зменшенням пластин при необхідності.

8. Стійкість до вібрацій: пластинчасті теплообмінники високоустойчиві до наведеної двохплоскостной вібрації, яка може викликати пошкодження трубчастого апарату. Це дуже важливо в умовах роботи теплообмінника у машинобудівному відділенні.

9. Складна форма поверхні теплообміну забезпечує турбулентний рух середовищ в каналах, що знижує темп відкладення забруднень на стінках каналів; конструкція апарату сприяє самоочищенню каналів від відкладень;

10. Матеріал поверхні теплообміну - нержавіюча сталь або титан

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
										66

11. Ймовірність виникнення перетоків між робочими середовищами низька, довговічність і надійність обмежені корозійну стійкість деталей апарату, а корозійна стійкість нержавіючої сталі дуже висока;

12. Очищення поверхні теплообміну може бути механічною (водою або паром високого тиску) з частковим розбиранням теплообмінника, і хімічної (циркуляцією миючого розчину в теплообміннику).

3.2 Розрахунок дизеля 6NVD48 A2U

Тепловий розрахунок головного двигуна проводимо з метою розрахунку робочих параметрів двигуна після проведення удосконалення. Це надасть можливості виявити вплив показників робочого процесу на основні параметри роботи суднового дизеля.

3.2.1 Вихідні дані для теплового розрахунку

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 = 1,5.

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

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					67

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 $i = 6$.

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 $((dp/d\phi)_{\max})$.

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

Зі збільшенням частоти обертання колінчатого вала суднових 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 335 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 суднових дизелів форма камери згоряння залежить від обраного типу сумішоутворення.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ Арк 68				
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата					

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 3.1.

Таблиця 3.1 – Основні геометричні параметри двигуна

Параметр	Значення
Діаметр циліндра двигуна, мм	320
Хід поршня, мм	480
Число циліндрів, шт.	6
Частота обертання, хв-1	335
Геометричний ступінь стиску	15
Ефективна потужність, кВт	738

3.2.2 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 суднових дизелів пов'язані з пристосованням їх для роботи 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 дистилатних фракцій з високим вмістом сірки й інших шкідливих компонентів.

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата						
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
										69

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:

$$L_o = \frac{1}{0.208} \cdot \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} + \frac{S}{32} - \frac{O}{32} \right) = \frac{1}{0.21} \cdot \left(\frac{0,87}{12} + \frac{0,121}{4} + \frac{0,003}{32} - \frac{0,006}{32} \right) = 0.482 \text{ кмоль / кг}$$

$$l_o = \frac{1}{0,23} \left(\frac{8}{3} C + 8H + S - O \right) = \frac{1}{0,230} \left(\frac{8}{3} 0,87 + 8 \times 0,121 + 0,003 - 0,006 \right) = 13,9 \text{ кг/кг.}$$

Коефіцієнт надлишку повітря (α). Для кращого згоряння палива, кількість повітря що поступає у камеру згоряння, значно перевищує

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

ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ

Арк

70

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:

$$M_1 = \alpha L_0 = 2,38 \times 0,482 = 0,87 \text{ кмоль}$$

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:

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

$$M_{H_2O} = \frac{H}{2} = \frac{0,121}{2} = 0,055;$$

$$M_{O_2} = 0,21(\alpha - 1)L_0 = 0,21(2,380 - 1)0,494 = 0,081;$$

$$M_{N_2} = 0,79 \cdot \alpha \cdot L_0 = 0,79 \cdot 2,380 \cdot 0,494 = 0,687;$$

$$M_2 = \sum_{i=1}^n M = 0,073 + 0,055 + 0,000094 + 0,081 + 0,687 = 0,9 \text{ кмоль/кг.}$$

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ				Арк
				71

3.3 Процес впуску

Температура й тиск навколишнього середовища (T_0 , p_0). Тиск і температуру навколишнього середовища (атмосферного повітря) приймаємо відповідно $p_0 = 0,1$ 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:

$$p_k = 1,4 \times p_0 = 2,800 \times 0,1 = 0,28 \text{ МПа}$$

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 $n_k = 1,6$

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

Ступінь охолодження повітря в повітроохолоджувачі (σ_{ox}). Для водоповітряних охолоджувачів, $\sigma_{ox} = 0,7 \dots 0,90$, прийmemo $\sigma_{ox} = 0,7$

У двигуні з охолоджувачем після компресора температура у впускному ресивері:

$$T_k = T'_k - \sigma_{ox} (T'_k - T'_a) = 538,8 - 0,7(423,72 - 288,0) = 332,22 \text{ К},$$

де T'_a - середня температура охолоджувальної води у повітроохолоджувачі, (при використанні для охолодження забортної води $T'_a = T_0 = 288$ К);

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						72

T'_k - 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: $p_r = (0,75...0,98)p_k$. Враховуючи це приймаємо:

$$p_r = 0,950 \times p_k = 0,950 \times 0,28 = 0,12 \text{ МПа}$$

Температура залишкових газів (T_r) для дизелів – 700...900 К. Слід урахувати, що збільшення α , і ε приводить до зниження T_r , а підвищення частоти обертання дизеля збільшує температуру залишкових газів.

Прийmemo $T_r = 800,0 \text{ К}$

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

Для дизелів з наддуванням $\Delta T = -5...10 \text{ К}$. 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 $\Delta T = 10 \text{ К}$

Тиск наприкінці процесу впуску, (p_a) МПа. Наявність опорів у впускному тракті призводить до зниження тиску p_a , що подається в циліндри, заряду на величину Δp_a .

Для знаходження втрат тиску визначимо щільність заряду в циліндрі:

$$\rho_k = \frac{p_k \cdot 10^6}{R_g \cdot T_k} = \frac{0,113 \cdot 10^6}{287 \cdot 292,4} = 1,35 \text{ кг/м}^3,$$

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
										73

де $R_g = 287$ кДж/(кг х К) газова постійна повітря.

Коефіцієнт опору ($c = \beta^2 + \zeta_{вп}$) враховуючий падіння швидкості свіжого заряду після входу його в циліндр і гідравлічні опори впускної системи двигуна, змінюється в межах 2,5...4,0. β - коефіцієнт загасання швидкості руху заряду, $\zeta_{вп}$ - коефіцієнт опору впускної системи в найбільш вузькому її перетині. Основний вплив на величину c виявляє частота обертання колінчатого вала. При збільшенні n коефіцієнт збільшується. Для розрахунку, враховуючи особливості конструкції базового двигуна, прийmemo $c = 3,0$.

Середня швидкість повітря ($\omega_{вп}$) в прохідних перетинах впускних органів дизелів та лежить у межах $\omega_{вп} = 20 \dots 70$ м/с. Ця швидкість залежить від перетину органів газообміну та частоти обертання колінчатого вала. При зменшенні перетину впускних органів й збільшенні n середня швидкість $\omega_{вп}$ збільшується. Для розрахунку, враховуючи результати аналізу особливостей конструкції базового двигуна, прийmemo $\omega_{вп} = 50$ м/с

Втрати тиску за рахунок опору впускної системи можна визначити з рівняння Бернуллі. Приймавши нульову швидкість заряду на вході у впускну систему й зневажаючи зміною щільності заряду в процесі його руху, одержимо:

$$\Delta p_a = c \frac{\omega_{вп}^2}{2} \rho_k \cdot 10^{-6} = 3,00 \frac{50,0^2}{2} 4,0,12 \cdot 10^6 = 0,0196 \text{ МПа.}$$

Тоді

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

Коефіцієнт залишкових газів (γ_r). Даний показник характеризує якість очищення циліндра від продуктів згоряння й визначається як відношення числа молей залишкових газів до числа молей свіжого заряду. Без урахування

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата						
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
										74

продувки й дозарядки циліндра коефіцієнт залишкових газів для суднових дизельних двигунів визначається за допомогою залежності:

$$\gamma_r = \frac{(T_k + \Delta T) \cdot p_r}{T_r (\varepsilon_0 \cdot p_a - p_r)} = \frac{(313,1 + 6) \cdot 0,341}{774,0(14,00 \cdot 0,341 - 0,342)} = 0,01 \text{ МПа}.$$

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 .

$$T_a = \frac{T_k + \Delta T + \gamma_r \cdot T_r}{1 + \gamma_r} = \frac{313,1 + 6,0 + 0,031 \cdot 774,0}{1 + 0,031} = 347,74 \text{ К}.$$

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;

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:

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
										75

$$\eta_v = \frac{T_k}{(T_k + \Delta T)(\epsilon_0 - 1)} \left(\frac{\epsilon_0 p_a}{p_k} - \frac{p_r}{p_k} \right) =$$

$$= \frac{313,1}{(313,1 + 6)(14,00 - 1)} \left(\frac{14,00 \cdot 0,341}{0,361} - \frac{0,342}{0,361} \right) = 0,91.$$

3.4 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;

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: $n_1 = 1,35$.

Тиск наприкінці процесу стиску (p_c):

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	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	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 розрахунок: $n_1 = 1,35$.					
					Тиск наприкінці процесу стиску (p_c):					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
										76

$$p_c = p_a \cdot \varepsilon_0^{\eta_1} = 0,3409 \cdot 15,00^{1,35} = 9,75 \text{ МПа.}$$

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

Температура наприкінці процесу стиску, (T_c):

$$T_c = T_a \cdot \varepsilon_0^{\eta_1 - 1} = 347,74 \cdot 15,00^{1,35 - 1} = 897,19 \text{ К.}$$

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

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

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

$$t_c = T_c - 273,15 = 897,19 - 273,15 = 624,19.$$

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

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

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

$$= 22,21 \text{ кДж/(кмоль} \cdot \text{К)}.$$

3.5 Процес згоряння

Рівняння згоряння для дизелів має вигляд:

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
										77
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

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

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

Коефіцієнт молекулярної зміни свіжої суміші (μ):

$$\mu = \frac{M_2 + \gamma \cdot M_1}{M_1 + \gamma \cdot M_1} = \frac{0,9 + 0,01 \cdot 0,87}{0,87 + 0,01 \cdot 0,87} = 1,03.$$

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

Коефіцієнт ефективного тепловикористання (ξ_z) являє собою параметр який урахує втрати теплоти в процесі згорання. Величина змінюється на номінальному режимі для дизелів у наступних межах $\xi_z = 0,7 \dots 0,95$. 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 $t_g = 1000 \dots 2800$ °C можна приблизно оцінити за допомогою апроксимуючих рівнянь для продуктів згорання дизельного двигуна

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

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ				
					Арк				
					78				

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:

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

$$\frac{-31,6888 + \sqrt{31,6888^2 + 4 \cdot 0,002093 \cdot 53983,64}}{2 \cdot 0,002093} = 2027,00 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Тому що $t_z = T_z - 273,15$,

$$T_z = 1463,274 + 273,150 = 2300 \text{ K}.$$

Максимальна температура згорання для дизельних двигунів – $T_z = 1700 \dots 2300 \text{ K}$. Отримане значення відповідає даному діапазону.

Теоретичний тиск наприкінці згорання в судових дизельних ДВЗ (p_z).

Підп. і дата		Вирішуючи квадратне рівняння, знаходимо температуру t_z в точці z:				
		$t_z = \frac{-B + \sqrt{B^2 + 4A \cdot C}}{2A} =$				
Інв. № дубл.		$\frac{-31,6888 + \sqrt{31,6888^2 + 4 \cdot 0,002093 \cdot 53983,64}}{2 \cdot 0,002093} = 2027,00 \text{ } ^\circ\text{C}.$				
Взам. інв. №		Тому що $t_z = T_z - 273,15$,				
		$T_z = 1463,274 + 273,150 = 2300 \text{ K}.$				
Підп. і дата		Максимальна температура згоряння для дизельних двигунів – $T_z =$ 1700...2300 K. Отримане значення відповідає даному діапазону.				
Інв. № подл.		Теоретичний тиск наприкінці згоряння в суднових дизельних ДВЗ (p_z).				
					ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ	Арк
						79
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

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 – 1,8...2,5.

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: $\lambda = 2$.

Тоді:

$$p_z = p_c \cdot \lambda = 9,75 \cdot 2 = 19,51 \text{ МПа.}$$

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

Розрахункове значення нижче максимально допустимого.

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

$$\rho = \frac{\mu}{\lambda} \cdot \frac{T_z}{T_c} = \frac{1,03}{2} \cdot \frac{2300}{897,19} = 1,32.$$

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

3.6 Процес розширення

Показник політропи розширення (n_2). Розрахунок параметрів процесу розширення ведеться з умовно постійним (усередненим) показником n_2 . Для

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ				
					Арк				
					80				

дизелів $n_2 = 1,18 \dots 1,28$. Варто пам'ятати, що показник політропи залежить від режиму роботи двигуна, розмірів циліндра, способу охолодження й ряду інших факторів. У всіх випадках, коли збільшується тривалість догорання палива, знижуються відносний теплообмін і витоки газів, n_2 зменшується. Виходячи з вищесказаного прийнемо: $n_2 = 1,25$.

Тиск наприкінці розширення (p_v), МПа.

Для дизельного двигуна, щоб знайти тиск p_v спочатку необхідно визначити ступінь наступного розширення δ . Її знаходять із формули:

$$\delta = \frac{\varepsilon_0}{\rho} = \frac{15,00}{1,32} = 11,36.$$

Тоді

$$p_v = \frac{p_z}{\delta^{n_2}} = \frac{19,51}{11,36^{1,25}} = 0,93 \text{ МПа.}$$

Тиск наприкінці розширення для суднових дизелів $p_v = 1,1 \dots 1,4$ МПа

Температура наприкінці розширення (T_v), К для дизельного ДВЗ:

$$T_v = \frac{T_z}{\delta^{n_2-1}} = \frac{2300}{11,36^{1,25-1}} = 1252,7 \text{ К.}$$

Для дизелів $T_v = 1100 \dots 1300$ К

3.7 Процес випуску

При розрахунку процесу випуску були орієнтовно прийняті значення тиску p_r і температури T_r газів наприкінці випуску. Точність вибору цих

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм Арк № докум. Підп. Дата ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ 81				

$$T_r = \frac{T_b}{\sqrt[3]{\frac{p_b}{p_r}}} = \frac{1252,7}{\sqrt[3]{\frac{0,93}{0,25}}} = 631,91 \text{ K.}$$
$$\Delta = \frac{631,91 - 774,0}{(774/100)} = -0,35\%$$
$$p'_i = \frac{p_c}{\varepsilon_0 - 1} \left[\frac{\lambda \rho}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon_0^{n_1 - 1}} \right) + \lambda(\rho - 1) \right] =$$

$$\frac{9,75}{15,00-1} \left[\frac{2 \cdot 1,779}{1,180-1} \left(1 - \frac{1}{7,87^{1,25-1}} \right) - \frac{1}{1,35-1} \times \right. \\ \left. \times \left(1 - \frac{1}{15,00^{1,25-1}} \right) + 2(1,779-1) \right] = 2,58 \text{ МПа.}$$

					ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ	Арк
						82
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

діаграми ф. 3 урахуванням прийнятого коефіцієнта ϕ дійсний середній індикаторний тиск циклу дорівнює:

$$p_i = \phi \cdot p'_i = 0,94 \cdot 2,58 = 2,42 \text{ МПа.}$$

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

$$\eta_i = \frac{p_i \cdot l_0 \cdot \alpha}{\rho_k \cdot H_u \cdot \eta_v} = \frac{2,42 \cdot 13,9 \cdot 2,38}{4,012 \cdot 42500 \cdot 0,91} = 0,54.$$

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

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

$$g_i = \frac{3600}{H_u \cdot \eta_i} = \frac{3600}{42,50 \cdot 0,54} = 156,13,$$

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.

3.9 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 131.61.23.20. ПЗ				
									Арк
									83

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 $A_p = 0,105$; $B_p = 0,0138$.

Знайдемо *тиск механічних втрат*:

$$p_m = 0,105 + 0,0138 \cdot 9,130 = 0,18 \text{ МПа.}$$

Визначимо *середній ефективний тиск* p_e :

$$p_e = p_i - p_m = 2,42 - 0,18 = 2,24 \text{ МПа.}$$

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

$$\eta_m = \frac{p_e}{p_i} = \frac{2,24}{2,42} = 0,93.$$

Ефективний ККД (η_e):

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ				
					Арк				
					84				

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m = 0,54 \cdot 0,93 = 0,5.$$

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

$$g_e = \frac{g_i}{\eta_m} = \frac{156,13}{0,93} = 168,59.$$

3.10 Уточнення вихідних параметрів дизеля за результатами розрахунку робочого процесу

Уточнюємо основні параметри і показники двигуна:

- літраж двигуна:

$$V_{лц} = \frac{\pi D^2 S}{4 \times 10^6} = \frac{3,142 \times 320,0^2 \times 480}{4 \times 10^6} = 38,6 \text{ л}$$

- повний об'єм двигуна:

$$V_{л} = V_{лц} i = 276,0 \times 6 = 231,62 \text{ л}$$

- ефективна потужність одного циліндра:

$$N_{e_{ц}} = \frac{p_e V_{лц} n}{30 \tau} = \frac{2,24 \times 231,62 \times 335,0}{30 \times 4} = 241,7 \text{ кВт}$$

- повну потужність:

$$N_e = N_{e_{ц}} i = 241,7 \times 6 = 1450,35 \text{ кВт}$$

- обертовий момент:

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ				
					Арк				
					85				

$$M_e = \frac{3 \times 10^4 \times N_e}{\pi n} = \frac{3 \times 10^4 \times 1450,35}{3,142 \times 335} = 41342,81 \text{ Н} \times \text{м}$$

- годинна витрата палива:

$$G_T = N_e \times g_e \times 10^{-3} = 244,51 \text{ кг} / \text{год}$$

- середня швидкість поршня, м/с:

$$V_{\text{п.ср.}} = \frac{S n}{30000} = \frac{480 \times 335}{30000} = 5,36 \text{ м} / \text{с}$$

Перевіримо похибку прийнятого раніше допущення середньої швидкості поршня:

$$\Delta = \frac{5,36 - 9,5}{(9,5/100)} = -0,43\%$$

Дана похибка цілком припустима для попередніх розрахунків.

3.11 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. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
										86
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

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

– об'єм камери стиску:

$$V_c = \frac{V_h}{\varepsilon - 1} = 12,76 \text{ л.}$$

– об'єм циліндра на початку стиску:

$$V_a = V_c + V_s = 41,36 \text{ л.}$$

– об'єм циліндра наприкінці видимого згоряння:

$$V_{z'} = \rho \cdot V_c = 3,64 \text{ л,}$$

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 відповідну кількість ділянок (рис. 3.1). Проміжне значення тисків визначимо за формулами:

– 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	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
										87
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

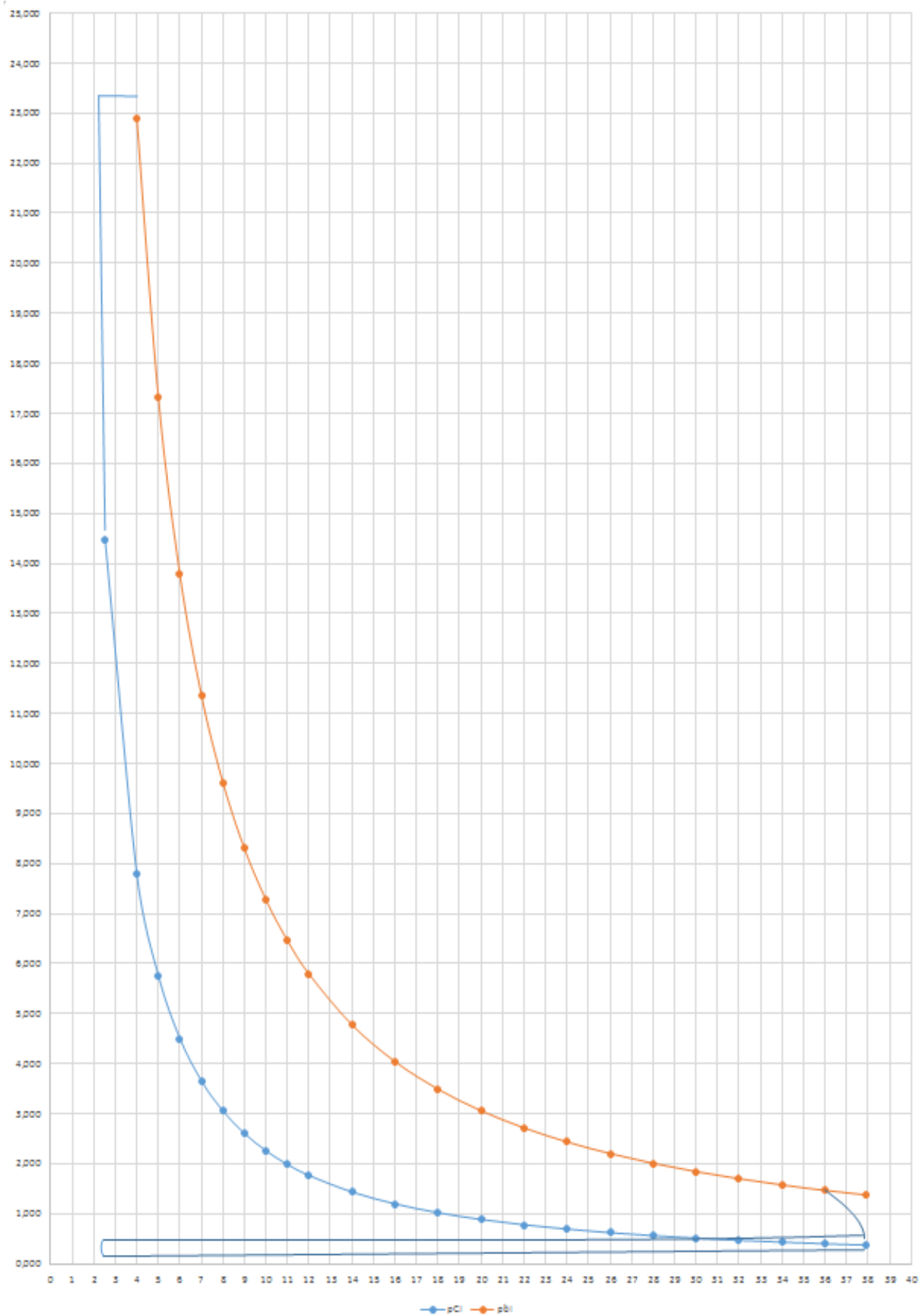


Рисунок 3.1 – Індикаторна діаграма робочого процесу в pV -координатах

Таблиця 3.4 - Результати теплового розрахунку

Параметр	Значення
Температура робочого тіла, К	
Температура повітря після ТКР, T_k	332,22
Температура наприкінці процесу впуску, T_a	347,74
Температура залишкових газів, T_r	800,0
Температура наприкінці стиску, T_c	897,19
Температура (максимальна) згоряння, T_z	2300К
Температура наприкінці розширення, T_b	1252,7
Питома витрата рідкого палива (g_e), г/(кВт·год)	168,59
Ефективна повна потужність, кВт	1450,35
Годинна витрата палива, кг/год	244,51

3.13 Розрахунок системи мащення

Масляна система призначена для прийому, зберігання і подачі масла споживачам. Масляні системи дизельних установок у багатьох випадках складаються з наступних, по суті, незалежних систем:

- мастильної й охолодження тертьових деталей головних допоміжних двигунів;
- мастильної редукторних передач;
- гідравлічної реверс-редукторів, гідродинамічних і об'ємних;
- гідравлічних передач;
- олійною органів управління і автоматичного регулювання.

При проектуванні масляної системи необхідно враховувати витрату масла у всіх перерахованих системах.

Продуктивність нагнітального масляного насоса

$$Q_{nm} = K_m \cdot \frac{Q_m \cdot 10^{-3}}{C_m \cdot \rho_m \cdot (t_{2m} - t_{1m})}, \text{ м}^3 / \text{с}, \quad (3.1)$$

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
										90
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

Обсяг стічної цистерни відпрацьованого мастила

$$V_{cm}^M = 0,6 \cdot \sum V_{mc} \cdot n, m^3 \quad (3.5)$$

де $n = 1.0$ – кількість змін мастила за період автономного плавання.

Обсяг витратної цистерни

$$V_p^M = 1.3 \cdot V_{mc}, m^3 \quad (3.6)$$

$$V_p^M = 1,3 \cdot 1,71 = 2,22, m^3$$

Обсяг запасної цистерни

$$V_3^M = 1,1 \cdot \frac{G_M}{\rho_M}, m^3 \quad (3.7)$$

$$V_3^M = 1,1 \cdot \frac{7}{0,9} = 8,55, m^3$$

$$G_M = 0,05 \cdot G_m \quad (3.8)$$

де $G_M = 0,05$

$G_m = 140$ запас палива, t .

$$G_M = 0,05 \cdot 140 = 7t$$

Поверхня охолодження масляного холодильника

$$F_{MX} = \frac{Q_M}{3,6 \cdot K \cdot \Delta t_{cp}} \quad (3.9)$$

де $K = 400$ – коефіцієнт теплопередачі від мастила до стінок трубок холодильника, $Вт/(m^2 \cdot ^\circ C)$;

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
										92

$$\Delta t_{cp} = \frac{t_{1,м} + t_{2,м}}{2} - \frac{t_{1,з} + t_{2,з}}{2} = \frac{75 + 55}{2} - \frac{27 + 40}{2} = 31,5^{\circ}C$$

$$F_{мх} = \frac{896952}{3,6 \cdot 400 \cdot 31,5} = 19,8 м^2$$

де температура заборотної води перед холодильником. Приймається в залежності від басейну плавання (Таблиця 3.2),

Таблиця 3.2 – Температура заборотної води

Район плавання	Температура
Карибський басейн	31
Мексиканська затока	29
Без обмеження басейну	24
Судна змішаного плавання	27

Продуктивність насоса заборотної води для прокачування масляного холодильника

$$Q_{нз} = K_3 \cdot \frac{Q_m \cdot 10^{-3}}{C_{\theta} \cdot \rho_{\theta} \cdot (t_{23} - t_{13})}, м^3 / с \quad (3.10)$$

де $K_3 = 1.5$ – коефіцієнт запасу подачі води;

$C_{в} = 4.19$ – теплоємність прісної річкової води, $кДж/(кг \cdot ^{\circ}C)$;

$C_{в} = 3.98$ – теплоємність морської води, $кДж/(кг \cdot ^{\circ}C)$;

$\rho_{в} = 1.02$ – щільність морської води, $т/м^3$;

$\rho_{в} = 1.0$ – щільність річкової води, $т/м^3$.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ				
					Арк				
					93				

Продуктивність насоса для прісної заборотної води

$$Q_{нз} = 1,5 \cdot \frac{896952 \cdot 10^{-3}}{4,19 \cdot 1,02 \cdot (40 - 27)} = 24,24, м^3 / з$$

Продуктивність насоса для морської заборотної води

$$Q_{нз} = 1,5 \cdot \frac{896952 \cdot 10^{-3}}{3,98 \cdot 1,02 \cdot (40 - 27)} = 25,5, м^3 / з$$

Продуктивність масляного сепаратора

$$Q_{мс} = \frac{m \cdot \sum V_{мс}}{t_c} \quad (3.11)$$

де $m = 3$ – кратність очищення мастила;
 $t_c = 10$ – час роботи сепаратора у добу , *час*

$$Q_{мс} = \frac{3 \cdot 1,71 \cdot 2}{10} = 1,026 м^3 / з$$

3.14 Розрахунок запропонованого пластинчатого теплообмінника в системі мащення

Вихідні дані для виконання розрахунку:

- Початкова температура «гарячого» масла $t_{гм1} = 72^\circ\text{C}$;
- Кінцева температура «гарячого» масла $t_{гм2} = 52^\circ\text{C}$;
- Питома теплоємність «гарячого» масла $c_{гм} = 1,700 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$;
- Густина «гарячого» масла $\rho_{гм} = 969,4 \text{ кг}/\text{м}^3$;
- Об'ємна витрата «гарячого» масла $L_{гв} = 339 \text{ м}^3/\text{год}$;

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ				Арк 94

- Початкова температура охолоджуючої води $t_{\text{хв1}} = 28^\circ\text{C}$;
- Кінцева температура «холодної» охолоджуючої води $t_{\text{хв2}} = 41^\circ\text{C}$;
- Питома теплоємність охолоджуючої води $c_{\text{хв}} = 4,174 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$;
- Густина охолоджуючої води $\rho_{\text{хв}} = 1030 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Переведемо масову витрату гарячої масла в об'ємну

$$G_{\text{ГМ}} = L \cdot \rho_{\text{ГМ}} / 3600 \quad (3.12)$$

$$339 \text{ м}^3 / \text{год} \cdot 969,4 \text{ кг}/\text{м}^3 / 3600 = 92,28 \text{ кг}/\text{сек}$$

Визначаємо теплове навантаження теплообмінника:

$$Q = G_{\text{ГМ}} \cdot c_{\text{ГМ}} (t_{\text{ГМ2}} - t_{\text{ГМ1}}) \quad (3.13)$$

$$Q = 92,28 \frac{\text{кг}}{\text{сек}} \cdot 1,700 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (72 - 52)^\circ\text{C} \cdot 10^3 = 3137520 \text{ Вт}$$

де Q – кількість теплоти, що віддається від «гарячого» масла до «холодної» води;

Максимальну витрату охолоджуючої води, що проходить по каналах між пластин теплообмінника, можна визначити з рівняння:

$$Q = G_{\text{ГМ}} \cdot c_{\text{ГМ}} \cdot (t_{\text{ГМ2}} - t_{\text{ГМ1}}) = G_{\text{ХВ}} \cdot c_{\text{ХВ}} \cdot (t_{\text{ХВ2}} - t_{\text{ХВ1}}) \cdot \eta \quad (3.14)$$

$G_{\text{ХВ}}$ – об'ємна витрата охолоджуючої води;

$$G_{\text{ХВ}} = \frac{Q}{c_{\text{ХВ}} \cdot (t_{\text{ХВ2}} - t_{\text{ХВ1}}) \cdot \eta} \quad (3.15)$$

$$G_{\text{ХВ}} = \frac{3137520}{1,700 \cdot (41 - 28) \cdot 0,93 \cdot 10^3} = 15,2 \text{ кг}/\text{сек}$$

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ				
					Арк				
					95				

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

При розрахунку пластинчатого теплообмінника оптимальна швидкість теплоносіїв в каналах приймається $\omega_{opt} = 0,4$ м/с.

За оптимальною швидкістю знаходимо необхідну кількість каналів охолоджуючої води $m_{хв}$:

$$m_{хв} = \frac{G_{ГМ}}{\omega_{отв} \cdot f_k \cdot \rho_{ГМ}} \quad (3.16)$$

де $f_k = 0,00243$ м² – площа живого перерізу одного міжпластинчастого каналу теплообмінника, що розглядається.

$$m_{ГМ} = \frac{92,28}{0,4 \cdot 0,00243 \cdot 969,4} = 98,17 \quad (3.17)$$

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

Загальний живий переріз каналів в пакеті по ходу «гарячого» масла і охолоджуючої води:

$$f_{ГМ} = f_{хв} = f_{хв} \cdot m_{ГМ} \quad (3.18)$$

$$f_{ГМ} = f_{хв} = 0,00243 \cdot 98,17 = 0,238$$

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

$$\omega_{ГМ} = \frac{G_{ГМ}}{f_{ГМ} \cdot \rho_{ГМ}} = \frac{92,28}{0,238 \cdot 969,4} = 0,398 \text{ м/с} \quad (3.19)$$

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
										96
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

$$\omega_{\text{XB}} = \frac{G_{\text{XB}}}{f_{\text{XB}} \cdot \rho_{\text{XB}}} = \frac{152}{0,238 \cdot 1030} = 0,621 \text{ м/с} \quad (3.20)$$

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

$$a_1 = 1,16 \cdot A \cdot \left(23000 + 283 \cdot \overline{t_{\text{ГМ}}} - 0,63 \cdot \overline{t_{\text{ГМ}}}^2 \right) \cdot \omega_{\text{ГМ}}^{0,73} \quad (3.21)$$

$$a_1 = 1,16 \cdot 0,9 \cdot (23000 + 283 \cdot 62 - 0,63 \cdot 62^2) \cdot 0,398^{0,73} = 20314$$

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

$$\overline{t_{\text{св}}} = (72 + 52)/2 = 37 \text{ °C} \text{ – середня температура «гарячої» масла}$$

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

$$a_2 = 1,16 \cdot A \cdot \left(23000 + 283 \cdot \overline{t_{\text{XB}}} - 0,63 \cdot \overline{t_{\text{XB}}}^2 \right) \cdot \omega_{\text{XB}}^{0,73} \quad (3.22)$$

$$a_2 = 1,16 \cdot 0,9 \cdot (23000 + 283 \cdot 34,5 - 0,63 \cdot 34,5^2) \cdot 0,361^{0,73} = 15886,05$$

де $\overline{t_{\text{XB}}} = (41+28)/2 = 34,5 \text{ °C}$ – середня температура «охолоджуючої води».

Коефіцієнт теплопередачі складатиме:

$$k = \frac{\beta}{\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} + \frac{\delta_{\text{сн}}}{\lambda_{\text{сн}}}} = \frac{0,81}{\frac{1}{20314} + \frac{1}{15886,05} + \frac{0,0006}{18,2}} = 5785,02 \quad (3.23)$$

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

ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ

Арк	97
-----	----

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

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

$\lambda_{cm} = 18,2$ Вт/(м·°С) – коефіцієнт теплопровідності пластини.

Необхідна поверхня теплопередачі визначається з виразу, м²:

$$F_{mp} = \frac{Q}{k \cdot \Delta t}, \quad (3.24)$$

де Δt – середньологаріфмічний температурний напір, °С:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\mu}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\mu}}} \quad (3.25)$$

$$\Delta t_{\mu} = t_{\Gamma M2} - t_{XB1} = 52 - 28 = 24$$

$$\Delta t_{\delta} = t_{\Gamma M1} - t_{XB2} = 72 - 40 = 32$$

$$\Delta t_{\delta} = \frac{32 - 24}{\ln \frac{32}{24}} = 28,8 \quad (3.26)$$

$$F_{\Gamma P} = \frac{3137520}{5785 \cdot 28,8} = 18,8 \text{ м}^2 \quad (3.27)$$

Кількість ходів в теплообміннику X :

$$X = \frac{F_{\Gamma P} + f_{\text{пл}}}{2 \cdot m \cdot f_{\text{пл}}} \quad (3.28)$$

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ				
					Арк				
					98				

$$Q_{\text{ПВ}}^{\text{ГД}} = Q_{\text{ПВ}}^{\text{заг}} - 3 \cdot Q_{\text{ПВ}}^{\text{ГД}} = 1124 \text{ кВт} - 2 \cdot 134.5 = 885,7 \text{ кВт} \quad (3.31)$$

Отже розрахунок показав, що пластинчастий охолодник фірми SWEP з поверхнею теплообміну 30,7 м² з огляду на 10 % запас по площі теплообміну, повністю відповідає теплотехнічним вимогам системи в якій він працює.

3.15 Особливості технічного обслуговування пластинчатого теплообмінника

Перелік можливих несправностей теплообмінника. Продуктивність пластинчастого теплообмінника SWEP і його корозійна стійкість безпосередньо залежать від чистоти пластин. Забруднення, які осідають на пластини в процесі експлуатації, знижують теплопередаючі характеристики і збільшують гідравлічний опір (падіння тиску).

Експлуатація теплообмінника в заповненому стані без циркуляції робочих середовищ понад 24 годин не допускається, в іншому випадку необхідно забезпечити циркуляцію робочих середовищ або злити їх. При бездіяльності теплообмінника терміном до 24 годин, якщо робоче середовище з циркуляційного контуру штатної системи не зливається, температура робочого середовища в контурі повинна бути не нижче 5 °С.

При виведенні з експлуатації теплообмінника на термін більш ніж 6 міс., необхідно злити з нього робочі середовища та промити весь апарат. Після промивання теплообмінника слід послабити пакет пластин за допомогою стяжних шпильок.

Ступінь стиснення (розмір стяжки) пакета пластин повинна бути більше максимального на 10%. Після цього накрити теплообмінник щільною водонепроникної тканиною.

Перелік можливих несправностей теплообмінника і способи їх усунення наведені в таблиці 3.5.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	Експлуатація теплообмінника в заповненому стані без циркуляції робочих середовищ понад 24 годин не допускається, в іншому випадку необхідно забезпечити циркуляцію робочих середовищ або злити їх. При бездіяльності теплообмінника терміном до 24 годин, якщо робоче середовище з циркуляційного контуру штатної системи не зливається, температура робочого середовища в контурі повинна бути не нижче 5 °С.				
Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	При виведенні з експлуатації теплообмінника на термін більш ніж 6 міс., необхідно злити з нього робочі середовища та промити весь апарат. Після промивання теплообмінника слід послабити пакет пластин за допомогою стяжних шпильок.				
Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	Ступінь стиснення (розмір стяжки) пакета пластин повинна бути більше максимального на 10%. Після цього накрити теплообмінник щільною водонепроникної тканиною.				
Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	Перелік можливих несправностей теплообмінника і способи їх усунення наведені в таблиці 3.5.				

					ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ	Арк
						100
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 3.5 – Основні несправності теплообмінника і способи їх усунення

Ознака несправності	Характеристики несправності	Можлива причина несправності	Спосіб усунення несправності
Невідповідність фактичних параметрів теплообмінника розрахунковим	Зниження теплової продуктивності і (або) збільшення гідравлічного опору	Фактичні умови експлуатації теплообмінника не відповідають розрахунковим	Привести фактичні умови експлуатації у відповідність з розрахунковими
		Забруднення або засмічення теплообмінника	Розібрати теплообмінник і провести очищення пластин
Невидимі протікання	Змішування середовищ, що беруть участь в теплообміні	Наявність отворів в одній або декількох пластинах внаслідок корозії або втомного	Розібрати теплообмінник, ретельно перевірити кожну пластину методом капілярної

Перелік робіт для різних видів технічного обслуговування при експлуатації теплообмінника приведений в таблиці 3.6.

Очищення теплообмінника

Очищення внутрішніх порожнин теплообмінника від забруднень необхідно проводити за допомогою миючих засобів, не пошкоджуючи при цьому пластини або прокладки.

Заміна пластин

У разі виявлення дефектів пластин, що не підлягають ремонту, допускається демонтаж дефектної пластини з чотирма кутовими отворами без вставки запасний пластини за умови, що сусідня пластина з чотирма кутовими отворами теж демонтується.

Після того як прибираються дві пластини, теплопередаюча поверхня теплообмінника скорочується в порівнянні з початковою, а перепад тиску збільшується. Допускається збільшувати теплопередаючу поверхню

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
										101
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

теплообмінника шляхом додавання пластин, за умови достатності довжини напрямних.

Таблиця 3.6 – Перелік робіт для різних видів технічного обслуговування

Перелік робіт		Періодичність
Контроль параметрів теплообмінника		Під час експлуатації
Пластини теплообмінні		
Візуальний контроль (внутрішній огляд): - стан пластин; - відсутність слідів корозії; - відсутність механічних пошкоджень і забруднень. При необхідності застосувати контроль методом капілярної дефектоскопії.		У разі несправностей по п. 1-3 таблиці 4.1
Контроль параметрів теплообмінника		Під час експлуатації
Вузли кріплення теплообмінника до фундаментної рами		
Візуальний контроль (зовнішній огляд): - надійність сполучення опор теплообмінника з несучими елементами фундаментної рами; - повнота затягування кріпильних з'єднань; - надійність стопоріння кріпильних з'єднань; - відсутність забруднень і слідів корозії		Контроль технічного стану вузлів перед пуском в експлуатацію, щомісяця, при необхідності
Фланцеві роз'єми портів підведення і відведення робочого середовища		
Візуальний контроль (зовнішній огляд): - щільність роз'ємного з'єднання (відсутність слідів підтікання); - повнота затягування кріпильних з'єднань; - надійність стопоріння кріпильних деталей; - відсутність забруднень і слідів корозії		Контроль технічного стану вузлів перед пуском в експлуатацію, щомісяця, при необхідності

Інв. № дубл.	Підп. і дата					
Взам. інв. №	Підп. і дата					
Інв. № подл.	Підп. і дата					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ	
						Арк
						102

Перелік рекомендованих миючих засобів наведено в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Перелік рекомендованих миючих засобів

Найменування миючого засобу і нормативний документ	Призначення миючого засобу
Розчинник «MOBISOL 77 B»	Для видалення масел і жирів.
Розчинник «CASTROL SOLVEX CASTROL ICW 1130»	Для видалення масел і жирів.
Їдкий натр (NaOH)	Для видалення органічних і жирових забруднень. Максимальна концентрація 1,5%. Максимальна температура 85 °С.
Азотна кислота (HNO ₃)	Для видалення накипу і твердих відкладень. Максимальна концентрація 1,5%. Максимальна температура 65 °С. Не допускати контакту з вуглецевою сталлю (плити, незахищені вставками порти плит і напрямні).
Ортофосфорна кислота (H ₃ PO ₄)	Для видалення накипу і твердих відкладень. Сприяє відновленню пасивуючої плівки на нержавіючій сталі. Максимальна концентрація 2,5%. Максимальна температура 65 °С. Не допускати контакту з вуглецевою сталлю.
СК 110А ТУ 245830-33912561	Для видалення залізоокисних, вапняних, карбонатних і інших відкладень неорганічного походження.

Чистка теплообмінника без розбирання (ЧБР) на місці експлуатації

Необхідною умовою для безрозбірного очищення є розчинність відкладень, що утворилися на пластинах, і стійкість матеріалів, що стикаються з миючим розчином до його агресивного впливу.

Для безрозбірного очищення необхідно використовувати систему циркуляції миючого розчину всередині теплообмінника.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
										103
					Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ

Кількість циркулюючого миючого розчину має бути еквівалентно звичайній кількості рідини, що бере участь в теплообміні.

Очищення можна виконувати і без циркуляції, шляхом заливання в теплообмінник миючого розчину.

Процедуру очищення повторювати до тих пір, поки всі забруднення не будуть видалені.

Для ефективного очищення необхідно постійно додавати в циркуляційну систему свіжий миючий розчин, а після очищення теплообмінник ретельно промити чистою водою.

Механічне очищення теплообмінника. Знизити тиск теплообмінника до нуля і охолодити його до температури нижче 40 °С.

Швидкість зниження тиску не повинна перевищувати 0,3 МПа / хв, а швидкість зміни температури не повинна перевищувати 10 °С / хв.

Послабити і демонтувати різьбові стяжки. Відсунути притискну плиту. Ослаблення різьбових стяжок необхідно проводити по діагоналі.

Замаркувати фарбою (перманентним маркером) теплопередаючі пластини одним порядковим номером (1, 2, 3...), починаючи від передньої плити теплообмінника. Маркування пластин ударним способом не допускається.

Демонтувати з теплопередаючих пластин прокладки з механічною самофіксацією. Прокладки, закріплені на пластинах за допомогою клею не демонтувати і оберігати від пошкоджень.

Після розбирання теплообмінника кожна пластина очищається окремо. Для цього можна використовувати, наприклад, обладнання для очищення водою під високим тиском, забезпечене нерухомою або обертовою щіткою.

При використанні обладнання для мийки водою під високим тиском, необхідно виключити можливість потрапляння на поверхню пластини піску або інших абразивів.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
										104
					Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ

У тих випадках, коли на пластинах утворився товстий шар відкладень або накипу, пластини необхідно демонтувати з рами, зняти прокладки і занурити у ванну з миючим розчином, зазначеним в таблиці 3.7.

Після розчинення відкладень, пластини промити чистою водою, просушити місця установки прокладок (в разі використання прокладок, що кріпляться на пластинах за допомогою клею) і встановити нові прокладки.

В кінці очищення пластини промити чистою водою. Поверхня пластини вважається чистою, якщо:

- відсутні сліди забруднень, відкладень і корозії;
- при проведенні по поверхні пластини білою серветкою на ній не залишається слідів забруднення.

За участю в теплообміні нафтопродуктів, всі поверхні, що контактують з ними, повинні бути знежирені.

Заміна прокладок

Перед видаленням старих прокладок потрібно запам'ятати і замаркувати їх положення щодо профілю пластини. Перша пластина після нерухомої плити, яка не бере участі у теплообміні, повинна мати прокладку в ущільнюючих канавках по обидва боки.

Така прокладка може вирізатися з двох звичайних прокладок. Перед установкою в процесі заміни потрібно порівняти форму нової і старої прокладки.

Заміна клейових прокладок:

1. Видалити з пластини приклеєні старі прокладки;
2. Пластини і ущільнювальні канавки очистити від пилу, залишків клею, забруднень, протерти серветкою, змоченою в ацетоні технічному ГОСТ 2768 і сушити до повного випаровування ацетону;
3. Гумові прокладки перед установкою в ущільнювальні канавки пластини протерти серветкою, змоченою у воді ГОСТ Р 51232 і просушити;
4. Ущільнювальні канавки на пластині змащуються тонким шаром клею 3M Scotch-Weld 10, прокладка встановлюється в ущільнювальну канавку

Інв. № дубл.	Інв. №	Взам. інв. №	Підп. і дата	Інв. № подп.	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ	Арк
						105
Підп. і дата	Інв. № дубл.	Інв. №	Взам. інв. №	Підп. і дата	Інв. № подп.	

пластини. Установка прокладок починається з обох кінців пластини і триває уздовж прямої частини пластин. Після установки прокладок в ущільнювальні канавки, пластини необхідно стиснути, уклавши їх одна на іншу з поворотом на 180°.

5. Для запобігання пошкодженню, операцію з установки прокладок необхідно виконувати на чистій, рівній поверхні, звільненої від сторонніх предметів;

6. Установити пластини з прокладками в раму і стягнути за допомогою стяжних шпильок до мінімального значення, зазначеного в паспорті (формулярі) на теплообмінник, плюс 0,2 мм на кожну пластину;

7. Теплообмінник з встановленим пакетом пластин просушити при температурі 20 °С протягом 48 годин. При температурі 40 °С час сушки скорочується до 24 годин;

8. Після закінчення сушки теплообмінника, обтиснути пакет пластин.

Заміна безклеювих прокладок:

1. Безклеюві прокладки мають спеціальні фіксатори, які замикаються на пластині;

2. Видалити з пластин старі прокладки;

3. Перед установкою нових прокладок переконатися в тому, що в прокладкових канавках немає залишків старої гуми, особливо в місцях для фіксаторів;

4. Пластини і ущільнювальні канавки очистити від забруднень і протерти серветкою, змоченою в ацетоні технічному ГОСТ 2768 і сушити до повного випаровування ацетону;

5. Гумові прокладки перед установкою в ущільнювальні канавки пластини протерти серветкою, змоченою у воді і просушити;

6. Нові прокладки встановлюються без використання будь-яких інструментів.

Демонтаж теплообмінника

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата						
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
										106

1. Послідовно відключити спочатку гарячий контур, потім холодний контур теплообмінника. Переконатися в тому, що в контурах теплообмінника відсутній тиск і температура стінки не менше мінус 10 °С і не більше 40 °С.

2. Злити рідину з теплообмінника відповідно до інструкції по обслуговуванню системи, в якій передбачена експлуатація теплообмінника і провести демонтаж теплообмінника в наступній послідовності.

3. Відвернути з'єднувальні муфти або болти кріплення відповідних фланців і від'єднати трубопроводи робочих середовищ від портів теплообмінника.

4. Відвернути деталі кріплення теплообмінника від фундаментної рами і демонтувати теплообмінник.

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

Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ	Арк
						107

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці

В дипломній роботі проведено аналіз небезпечних та шкідливих факторів при роботі на балкері, розробка заходів з охорони праці при роботі в замкнених та важкодосягаємих відсіках і приміщеннях, а також проведено розрахунок приточно – витяжної вентиляції.

4.1.1 Нормативно-правова та законодавча база охорони праці на судах

СОЛАС – 74 (Конвенція про охорону людського життя на морі) – документ, який становить збірник правових норм, що регулюють охорону людського життя на морі. Він є наслідком доопрацювання ряду попередніх редакцій конвенції, перша з яких була підписана в 1914 р. Основна частина СОЛАС – 74 – зведення правил, що регламентують технічні характеристики, обладнання засобами врятування і зв'язку суден, які виконують міжнародні рейси, і правил, що забезпечують безпеку мореплавства. Конвенція нормує основні технічні характеристики, які визначають безпечне плавання: непотоплюваність, яке забезпечується розділенням корпусу на відсіки, граничною довжиною відсіків, їх проникливістю; остійність суден; міцність механічної установки, в особливості підтримка або поновлення її роботи в разі виходу з ладу одного з допоміжних механізмів відповідального призначення; надійність кермового приводу, наявність незалежних головного і допоміжного приводів; можливість забезпечення електричним устаткуванням роботи всіх пристроїв і систем при нормальних експлуатаційних умовах, а також роботи пристроїв і систем, які забезпечують безпеку в момент різних

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	<i>ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ</i>					Арк
										108
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

аварійних становищ; конструкції протипожежного захисту і засоби виявлення та гасіння пожеж; розміщення і склад рятувальних засобів; забезпечення суден радіотелеграфними і радіотелефонними станціями, враховуючи оснащення радіоапаратурою рятувальних засобів.

Вимоги до цих характеристик вміщені також у правилах класифікаційних компаній, тим більше вони деталізують вимоги СОЛАС – 74 і можуть бути більш жорсткими. Розділ СОЛАС – 74, який торкається безпеки мореплавства, визначає порядок передачі капітанами суден інформації про небезпеки: криги, шторми, залишене судно, і т. д. Конвенція вміщує вказівки про організацію національних метеорологічних служб і служб льодової розвідки, правила плавання в кригах, і також вимоги до обладнання суден навігаційними приладами та засобами навігаційного захисту.

СОЛАС – 74 регламентує правила безпечного перевезення зерна, забезпечення остійності суден, що завантажуються ним, та способи оцінки моментів крену, які зв'язані можливістю переміщення цього вантажу, і також способи запобігання їх за допомогою переборок та інших пристроїв. Конвенція вміщує класифікацію небезпечних вантажів, правила їх манкіровки та упаковки, і також документального оформлення; регламентує об'єми вибухових речовин, які допущені до перевезення на пасажирських судах. Стосовно ядерних суден СОЛАС – 74 вміщує вимоги, які забезпечують радіаційну безпеку на них, і правила контролю та огляду таких суден.

Міжнародна конвенція про дипломування моряків (ПДНВ - 78) встановлює стандарти з професійної підготовки і дипломування практично всіх спеціалістів, які несуть морську службу. Правила підготовки і дипломування моряків базуються також на вимогах, викладених в ряді конвенцій Міжнародної організації праці.

ПДНВ – 78 вміщує обов'язкові і рекомендовані статті для двох категорій суден: далекого і прибережного плавання. Райони прибережного плавання визначаються кожною державою самостійно, до того ж для суден, які плавають у цих районах, допущені деякі послаблення у видачі особистому складу

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
										109

кваліфікаційних дипломів.

Згідно конвенції дипломи капітанів, осіб командного або рядового складу видають кандидатам, які відповідають вимогам у відношенні стажу роботи, віку, стану здоров'я, підготовки, кваліфікації і витримують іспити. Конвенція вміщує перелік обов'язкових мінімальних вимог для дипломування капітана і старшого помічника капітана, і також програми екзаменаційних вимог, які стосуються кандидатів на отримання диплома капітана або старшого помічника. Згідно цих вимог, вони повинні добре знати правила маневрування і управління судном, вимоги до остійності судна, протипожежної безпеки, і також основи міжнародного морського права, методи забезпечення безпеки і охорони морського середовища.

Конвенція вміщує мінімальні вимоги стосовно рядового складу екіпажу, який несе ходову і навігаційну вахту. Визначає порядок організації вахти, підготовки судна до рейсу і використання навігаційного обладнання, правила поведінки вахтового помічника капітана, заходи його відповідальності за безпеку плавання і взаємовідношення з капітаном у випадку знаходження того на містку.

Міжнародний кодекс управління безпечною експлуатацією суден і попередження забруднень (МКУБ -The International Safety Management Code - ISM Code) був ухвалений Асамблеєю ІМО у листопаді 1993 р. (рез. А.741 (18)), 24 травня 1994 р. введений у СОЛАС в якості IX розділу – «Управління безпечною експлуатацією суден» (набрала чинності 1 липня 1998 р.).

Мета Кодексу – забезпечення безпеки на морі, попередження травматизму і загибелі працюючих на суднах людей, запобігання ушкодженню навколишнього середовища та майну. З 1 липня 2002 р. ці вимоги набрали чинності для всіх суден і морських пересувних бурових установок (ПБУ). Починаючи з цієї дати, всі компанії, які керують суднами, повинні мати Документ про відповідність (Document of Compliance - DOC), і Свідоцтво про управління безпекою (Safety Management Certificate - SMC).

Кодекс викладений в загальних поняттях, з метою широкого

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ	Арк
						110
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

До МКУБ належать такі міжнародні документи конвенції ІМО: СОЛАС – 74, МАРПОЛ – 73/78, ПДНВ – 78/95; резолюції ІМО: А.739 (18), А.740 (18), А.741 (18), А.742 (18), А.787 (19), А.788 (19), А.789 (19); конвенція № 147 1976 р. Міжнародної організації праці (МОП).

4.1.2 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів, що мають місце при експлуатації, ремонті та технічному обслуговуванні системи мащення

Відповідно до стандарту "Небезпечні і шкідливі виробничі фактори. Класифікація" всі виробничі фактори на суднах по природі дії підрозділяються на чотири групи: фізичні, хімічні, біологічні і психофізіологічні.

У стандарті наведено перелік підгруп кожної групи, що забезпечує єдиний підхід до викладу вимог і норм по окремих видах небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Особливо небезпечним ділянкою праці є машинно-котельне відділення, де можливі наступні небезпечні та шкідливі фактори:

Небезпечні:

- машини, що рухаються, механізми, частини обладнання;
- небезпека враження електричним струмом;
- небезпека виникнення пожежі

Шкідливі:

- підвищений рівень шуму;
- підвищена запиленість і загазованість;
- підвищений рівень вібрації;

В подальшому розглянемо найбільш суттєві фактори, здатних створити труднощі у виробничій діяльності та заходи щодо їх зниження чи усунення.

4.1.2.1 Небезпечні фактори

Машини, що рухаються, механізми, частини обладнання

Небезпека цього фактора полягає у травматизмі вахтового персоналу у зв'язку зі здійсненням різних рухів машинами і механізмами, обладнанням, що

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	<i>Небезпечні:</i> - машини, що рухаються, механізми, частини обладнання; - небезпека враження електричним струмом; - небезпека виникнення пожежі <i>Шкідливі:</i> - підвищений рівень шуму; - підвищена запиленість і загазованість; - підвищений рівень вібрації; В подальшому розглянемо найбільш суттєві фактори, здатних створити труднощі у виробничій діяльності та заходи щодо їх зниження чи усунення. 4.1.2.1 Небезпечні фактори <i>Машини, що рухаються, механізми, частини обладнання</i> Небезпека цього фактора полягає у травматизмі вахтового персоналу у зв'язку зі здійсненням різних рухів машинами і механізмами, обладнанням, що					
						Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
						ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ				
					Арк					
					112					

знаходиться в машинному відділенні судна, рухомі частини яких викликають підвищену небезпеку для вахтового персоналу, ГОСТ 24166-80, (маховик ГД та проміжний вал, привідний вал циркуляційного насоса утилізаційного котла та ін.)

Небезпека враження електричним струмом

Для підвищення безпеки праці на морських суднах важливо, щоб кожен член екіпажу, незалежно від його спеціальності, добре орієнтувався в питаннях електробезпеки. За допомогою аналізу травматизму на флоті можна визначити наступні основні причини нещасних випадків від дії електричного струму: дотик або наближення на небезпечну відстань до неізольованих частин електроустаткування, які знаходяться під дією струму; появи струму на металевих частинах електроустаткування (на корпусах електромашин, верстатах і ін.) в результаті пробою ізоляції, пошкодження заземлюючих вимикаючих пристроїв; помилкове включення мережі, з проводячими струм частинами з якими працювали люди; виникнення крокової напруги на суднових поверхнях в зоні розтікання струму; зниження опору ізоляції струму провідних частин ГОСТ 12.1.038-82, своєчасно не виявлене внаслідок незадовільного контролю технічного стану; низька трудова дисципліна і порушення правил техніки безпеки [10].

Небезпека виникнення пожежі

Пожежі в МКВ можуть виникнути при порушенні правил збереження ГСМ, несправностях газоходу, скупченні палива та масла, під настилом, вибухах, несправностях електроустаткування. При підготовці матеріалів і речовин до зберігання та транспортуванню необхідно попередньо ознайомитись з їх фізико-хімічними властивостями, виявити можливість їх зміни з терміном часу при контакті з іншими речовинами, нагріванні або інших зовнішніх факторів. Для речовин, які мають низьку температуру плавлення (300 °С і нижчу), необхідно також визначати температуру спалаху і межі спалаху парів в повітрі нормативний акт НАПБ Б 01.010-2007.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ				Арк
				113

4.1.2.2 Шкідливі фактори

Підвищений рівень шуму

Вплив шуму може виявлятися у вигляді порушення функції серцево-судинної системи, наприклад, широкосмуговий шум рівнем вище 90 дБА, в якому переважають високі частоти, здатний спровокувати розвиток артеріальної гіпертензії, крім того, широкосмуговий шум є причиною значних змін в периферичному кровообігу.

Шум – це один їх найсильніших стресових агентів. Вплив шуму позначається на функціях ендокринної і імунної систем організму, зокрема це може виявлятися у вигляді трьох головних біологічних ефектів:

- зниження імунітету до інфекційних хвороб;
- зниження імунітету, направлено проти розвитку пухлинних процесів;
- поява сприятливих умов для виникнення і розвитку алергічних і аутоімунних процесів.

Джерелами шуму та вібрації на судах є:

- корпус судна;
- головні двигуни;
- дизель-генератори;
- суднові рушії;
- радіонавігаційне обладнання;
- системи вентиляції та кондиціонування повітря;
- рефрижераторні установки.

Нормативні і вимоги до шуму регулюються ГОСТ 31274-2004.

Підвищена запиленість і загазованість.

Забруднення повітряного середовища запобігається герметизацією всіх технологічних процесів, що супроводжуються виділенням шкідливих газів і пилу.

Якщо повної герметизації досягти неможливо, передбачається комплекс спеціальних заходів. Наприклад, у МКВ опресування форсунок і допоміжних

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата	Джерелами шуму та вібрації на суднах є:					
					— корпус судна;					
					— головні двигуни;					
Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата	— дизель-генератори;					
					— суднові рушії;					
					— радіонавігаційне обладнання;					
Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата	— системи вентиляції та кондиціювання повітря;					
					— рефрижераторні установки.					
					Нормативні і вимоги до шуму регулюються ГОСТ 31274-2004.					
Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата	<i>Підвищена запиленість і загазованість.</i>					
					Забруднення повітряного середовища запобігається герметизацією всіх технологічних процесів, що супроводжуються виділенням шкідливих газів і пилу.					
					Якщо повної герметизації досягти неможливо, передбачається комплекс спеціальних заходів. Наприклад, у МКВ опресування форсунок і допоміжних					
					ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
										114
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

дизелів роблять у герметичних спеціальних шафах. З основних забруднень, що можуть бути наявними у МВ - вуглеводні сірчаний і сірчистий ангідрид, СО і СО₂. Тривалий вплив запиленості і загазованості, які перевищують ГДК, може призвести до професійних захворювань, а значне перевищення – до гострих отруєнь. Нормативний документ, який регламентує параметри загазованості ДСТУ 2456-95 та згідно ГОСТ 12.0.004-90

Підвищений рівень вібрації

Головним джерелом вібрації у МКВ є двигуни, валопроводи і допоміжні механізми. Вібрацію викликають також хвилювання моря, та удари льоду об корпус судна. Вібрація може викликати порушення нормальної діяльності органів координації, механічні ушкодження, навіть розрив внутрішніх органів. Безпосередній контакт людини з віброуючими поверхнями на суднах створює особливо несприятливі умови.

Основним законодавчим документом є такий, що встановлює граничні величини вібрації в МКВ. Санітарні норми вібрації на морських, річкових суднах ДСТ 1103-73. Вплив вібрації визначається фізичним параметрами і тривалістю вібрації, частотним спектром.

Гранично припустимі значення вібрації в МКВ встановлюються відповідно до граничних спектрів рівнів середньоквадратичних значень віброшвидкості, або відповідних їм віброприскорень.

4.1.3 Загальні положення та заходи безпеки при технічному обслуговуванні системи мащення

Небезпечні фактори

Машини, що рухаються, механізми, частини обладнання

У проекті судна передбачаються наступні міри безпеки: установка огорожень, установка запобіжних захисних засобів, призначених для автоматичного відключення агрегатів і машин, блокувальні пристрої, що виключають можливість проникнення людини в небезпечну зону, пристрої що сигналізують, що дають інформацію про роботу обладнання, а також про

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						
					суднах ДСТ 1103-73. Вплив вібрації визначається фізичним параметрами і тривалістю вібрації, частотним спектром.					
					Гранично припустимі значення вібрації в МКВ встановлюються відповідно до граничних спектрів рівнів середньоквадратичних значень віброшвидкості, або відповідних їм віброприскорень.					
					4.1.3 Загальні положення та заходи безпеки при технічному обслуговуванні системи мащення					
					Небезпечні фактори					
					<i>Машини, що рухаються, механізми, частини обладнання</i>					
					У проекті судна передбачаються наступні міри безпеки: установка огорожень, установка запобіжних захисних засобів, призначених для автоматичного відключення агрегатів і машин, блокувальні пристрої, що виключають можливість проникнення людини в небезпечну зону, пристрої що сигналізують, що дають інформацію про роботу обладнання, а також про					
										Арк
					ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					115
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

небезпечні і шкідливі фактори, що при цьому виникають, системи дистанційного керування, яким притаманне здійснення контролю і регулювання роботи обладнання здійснюється з ділянок, віддалених від небезпечної зони за ГОСТ 24166-80 .

Підвищена запиленість і загазованість

З основних забруднень, що можуть бути присутні у МВ – вуглеводні, сірчаний і сірчистий ангідрид, у концентрації вище, ПДК діють на організм людини. Нормативний документ ,який регламентує параметри загазованості ДСТУ 2456 - 92 та згідно ГОСТ 12.0.004 - 90. Захист – вентиляція, а також газо-пилоуловлюючі засоби індивідуального захисту й устаткування.

Небезпека враження електричним струмом

Дія електричного струму на людину має різнобічний характер. Характеристика дії електричного струму на організм людини залежно від його виду та величини наведена у табл.4.1.

Небезпека виникнення пожежі

Важливим кроком у напрямку забезпечення пожежної безпеки суден був розроблений фахівцями УкрНДІПБ МНС України нормативний акт НАПБ Б 01.010-2007 Правила пожежної безпеки для суден, затверджений наказом МНС України від 29.03.2007 за № 191 та зареєстрований в Міністерстві юстиції України 16.04.2007 за № 373/13640.

Міжнародний кодекс з систем пожежної безпеки (ІМО, MSC 98 (73); Особлива потреба в таких Правилах визначена в процесі досліджень, які передбачали підбір, вивчення та аналіз чинних нормативних документів суднобудівної галузі, що регламентують вимоги пожежної безпеки. Забезпечення недоступності частин, що знаходяться під напругою для випадкового дотику, усунення небезпеки враження при появі напруги на корпусах, кожухах; захисне заземлення, занулення, захисне відключення; використання низької напруги; вживання подвійної ізоляції регламентується ГОСТ 12.1.030–81 [10] та ГОСТ 12.1.030–82 [10].

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						116

Таблиця 4.1 – Характеристика дії електричного струму на організм людини залежно від його виду та величини

Сила струму, мА	Змінний струм частотою 50 Гц	Постійний струм
0,6...1,5	Початок відчуття: слабке свербіння, пощипування шкіри.	Не відчувається.
2...4	Відчуття поширюється на зап'ястях, злегка зводить м'язи.	Не відчувається.
5...7	Больові відчуття посилюються у всій кисті, судороги, слабкий біль у руці до передпліччя.	Початок відчуття: слабке нагрівання шкіри.
8...10	Сильний біль, судороги у руці, руки важко відірвати від електродів.	Нагрівання посилюється.
10...15	Нестерпний біль у всій руці. Руки не можна відірвати від електродів	Нагрівання посилюється ще більше.
20...25	Сильний біль. Руки миттєво паралізуються, відірвати їх від електродів неможливо, ускладняється дихання	Шкіра сильно нагрівається, відчувається внутрішнє нагрівання, незначне скорочення м'язів рук.
50...60	Параліч органів дихання. порушується робота серця.	Сильне нагрівання. Руки не можна відірвати від електродів
80...100	Параліч органів дихання при тривалості 3 с і більше – фібриляція серця	Параліч органів дихання при тривалості 3 с і більше – фібриляція серця
300	Параліч органів дихання при тривалості менше 3 с – фібриляція серця	Параліч органів дихання при тривалості менше 3 с – фібриляція серця

Головною метою боротьби з пожежею є – швидке взяття її під контроль та гасіння, яке можливе лише в тому випадку, коли вогнегасящий засіб

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
										117
					Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ

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

На судах встановлюють дев'ять основних систем пожежогасіння: водопожежна; спринклерна; водорозпилююча; водяних завіс; водяного зрошення; піногасіння; вуглекислотна; система інертних газів; порошкова

В перших п'яти випадках, використовуються рідкі вогнегасящі речовини, в наступних трьох використовуються газообразні речовини, а в останній тверді.

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.

Шкідливі фактори

Підвищений рівень шуму

Для зниження шуму застосовують кожухи, глушники, звукоізоляцію, пружні ущільнювачі. Обслуговуючий персонал МКВ забезпечується засобами індивідуального захисту. Для зниження вібрації машини встановлюють на амортизатори, застосовують звукобійні матеріали. Обслуговуючий персонал забезпечується ковдрами, антивібраційними рукавицями. Джерелами, теплових випромінювань є нагріті поверхні машин, механізмів, устаткування, трубопроводів, радіостанції. Інтенсивність теплового випромінювання, що допускається, 350...500 Вт/м. Навколо працюючих механізмів у МКВ виникають шкідливі теплові, електромагнітні й інші випромінювання. Джерелами шкідливих випромінювань є: нагріті поверхні машин і трубопроводів, радіостанція, радіолокаційні станції. Для захисту персоналу застосовують герметизацію та теплоізоляцію механізмів, машин, паропроводів та газопроводів.

Рівні шуму в МВ сучасних судів знаходяться в межах 105 - 117 дБ. (ДСН 3.3.6.037 - 99.Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку).

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ	Арк
						118
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

Існують тимчасові і перехідні норми, згідно яких для захисту від дії шуму варто обмежувати час перебування в зонах дії шуму і застосовувати індивідуальні засоби захисту. Вушні вкладиші послабляють рівень шуму на 20 дБ, навушники - на 30 дБ, спільне застосування - на 35 дБ. Кодексом передбачається обов'язкове застосування попереджувальних написів у входів до приміщення, для яких рівень шуму перевищує 85 дБ.

Підвищений рівень вібрації

Систематичний вплив вібрацій машино котельному відділенні (ГД, ДГ, валопроводу і т.д.) може бути причиною вібраційної хвороби. Відповідно до ДСТ 12.1012-78 норми по обмеженню загальних вібрацій (підлоги, сидінь і т.п.) встановлюють величину логарифмічного рівня коливальної швидкості в основних діапазонах із середньгеометричними значеннями: 2, 4, 8, 16, 32 Гц, а норма по обмеженню локальної вібрації в октавних смугах частот із середньгеометричними значеннями: 16, 32, 63, 125, 250, 500, 1000 Гц (гігієнічні норми встановлені для тривалості робочої зміни 8 годин). Власні частоти більшості внутрішніх органів людини 6...9 Гц, голови 25...30 Гц. Машинне устаткування судна належить до нового покоління, тому рівень шумів та вібрацій не перевищує допустимих норм. Проте не варто нехтувати елементарними правилами захисту.

Захист – відстройка від режимів резонансу (збільшення жорсткості системи); вибродемпфірування (пружинні віброізолятори).

4.1.4 Розрахунок приточно - витяжної вентиляції в машинно-котельному відділенні

Розрахунок необхідної кількості зовнішнього повітря, що подається в приміщення системою загально-обмінної вентиляції необхідна для підтримки.

Метеорологічних умов на оптимальному рівні, припускаючи, що у виробничому приміщенні є надлишок явного тепла. При цьому необхідно користуватися наступною формулою:

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

ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ

Арк
119

$$V_T = V_0 + \frac{Q_{\text{я}} - 0,29 \times V_0 \times (t_0 - t_n)}{0,29 \times (t_{\text{yx}} - t_n)}, \quad (4.1)$$

де V_T – об'єм зовнішнього повітря, що подається в приміщення при розрахунку по надлишку явного тепла, м³/год;

V_0 - об'єм повітря, що видаляється з робочої зони приміщення місцевими повітродувками на технологічні потреби, м³/год;

$Q_{\text{я}}$ – надлишок явного тепла, ккал/м³×год;

t_0 – температура повітря, що видаляється з робочої зони приміщення °С ($t_0 = t_{\text{норм}}$);

t – температура зовнішнього повітря, що подається в приміщення, °С;

t_{yx} – температура повітря, що видаляється із приміщення за межами робочої зони, °С.

У літку:

$$V_T = 12000 + \frac{0,07 \times 10^6 - 0,29 \times 12000 \times (32 - 26)}{0,29 \times (34 - 28)} = 12000 + 7977 = 19977 \text{ м}^3 / \text{год} \quad (4.2)$$

У зимку:

$$V_T = 12000 + \frac{0,07 \times 10^6 - 0,29 \times 12000 \times (18 - 15)}{0,29 \times (16 + 8)} = 12000 + 4965 = 16965 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Визначимо коефіцієнт повітрообміну $K_{\text{ц}}$:

У літку:

$$K_{\text{ц}} = \frac{V_T}{V_{\text{оп}}} = \frac{19977}{3800} = 5,25 \text{ год}^{-1} \quad (4.3)$$

У зимку:

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ				
					Арк				
					120				

$$K_{\text{ц}} = \frac{V_T}{V_{\text{орп}}} = \frac{16965}{3800} = 4,4 \text{ год}^{-1},$$

де $V_{\text{орп}}$ – об'єм машинного відділення

$$V_{\text{орп}} = 3800 \text{ м}^3$$

На основі проведеного розрахунку можна зробити висновок, що згідно загальних санітарно-гігієнічних умов до повітря робочого середовища розрахованої кількості обертаємого повітря вистачає для підтримки метеорологічних умов на оптимальному рівні, а також встановленої потужності вентиляторів достатньо для підтримання дозволених вимог.

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

Інв. № подп.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	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.					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	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					
					ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
										121

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.

Зберігання легкозаймистих рідин (ЛЗР), обтиральних матеріалів і інших легкозаймистих матеріалів постачання проводиться в спеціальних приміщеннях і місцях під контролем відповідальних осіб.

Обтиральний матеріал після використання й інше технічне й побутове сміття необхідно збирати в спеціальних місткостях й здавати на берегові збирачі. Знищення сміття в інсинераторах проводиться з дозволу відповідальної особи й відома вахтової служби із заповненням необхідних документів про операцію.

Суднові роботи, пов'язані з відкритим вогнем (зварюванням і різанням металів), проводяться тільки з письмового дозволу капітана судна під контролем старшого механіка й вахтової служби.

Системи й засоби гасіння пожежі, виявлення пожежі й сигналізації про пожежу завжди повинні бути в робочому стані. Вахтова й дозорна служба судна зобов'язані контролювати справність зазначених систем.

Кожний член екіпажу, а командний склад особливо, зобов'язано знати: правила використання протипожежних систем і засобів, наявних на судні; характеристики вогнегасних речовин і обмеження їх застосування, токсичність вогнегасників; основи хімічних процесів горіння (ланцюгову реакцію горіння); умови виникнення й підтримки пожежі (пожежний трикутник і тетраедр, роль кисню й теплоти в руйнуванні пожежного трикутника й тетраедра); причини виникнення й шляхи поширення пожежі судном; типи горючих речовин; небезпечні фактори пожежі (полум'я, теплота, гази й дим); основні класи пожеж (А, В, С и D і їх комбінації); структуру й вражаючі фактори продуктів неповного згоряння горючої речовини (водяна пара, двоокис вуглецю, окис

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
										122

вуглецю й інші); правила використання ізолюючих засобів захисту органів дихання й шкіри, наявних на судні; конструкцію систем вентиляції приміщень, місця вимикання вентиляторів, перекриття вентиляційних закриттів.

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 небезпеки 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.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
<i>ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ</i>				Арк 123

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 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 «піратнебезпечних» районів відноситься також Малаккська

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
										124

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 лоцмана, коли судно знижує швидкість. Найбільш уразливими є тихохідні навантажені судна з 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].

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
										125

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 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

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

ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ

Арк	126
-----	-----

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 «Аталанта» та у січні 2009 року операції багатонаціональних 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.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
ПІНІ НУК 131.61.23.20. ПЗ				Арк 127

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 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 слезоточивого 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.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ				Арк
				128

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 відпрацьовуванням дій екіпажа.

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.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
										129

- 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 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.

[illegible]

ВИСНОВКИ

В процесі підготовки та написання магістерського дипломного проекту було проаналізовано найбільш суттєві конструктивні особливості сучасного суднового двигуна моделі SKL 6NVD48 A2 – U судна «ELGA-1». На підставі проведеного аналізу розроблено ряд заходів щодо поліпшення умов роботи системи мащення розглянутого двигуна, а саме: проаналізовано основні тенденції розвитку сучасних дизелів, що використовуються у якості головних; проаналізовано основні тенденції розвитку сучасних систем мащення двигуна; розроблені технологічні рекомендації щодо демонтажу і монтажу модернізованих теплообмінників в суднових умовах; розроблено комплекс заходів щодо забезпечення безпеки персоналу при виконанні робіт по обслуговуванню та ремонту елементів системи мащення головного двигуна.

Результати розрахунку дозволяють сподіватися, що запропоновані технічні рішення є ефективними і ведуть до покращення показників двигуна. Так, запропонована модернізація системи мащення, що викликана заміною теплообмінних апаратів, дозволить повноцінно використовувати судно при здійсненні вантажних перевезень.

Крім того, проведений розрахунок показав, що необхідна площа поверхні теплообміну модернізованого теплообмінника дорівнює $30,7 \text{ м}^2$. З огляду на 10% запас за площею теплообміну запропоновано встановлення 2 теплообмінників SKL 6NVD48 A2 – U. Площа поверхні теплообміну кожного з теплообмінних апаратів дорівнює $18,8 \text{ м}^2$. Це дозволить зробити роботу суднового двигуна більш надійною, що в свою чергу приведе до скорочення витрат на обслуговування.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
										132
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. <https://www.balticshipping.com/vessel/imo/8848408>.
2. <http://neva-diesel.com/dizeli-tipa-nvd.-tehnicheskie-harak>
3. <https://shiptradehouse.com/volga1961019611/>
4. Артемов Г.А., Горбов В.М. Суднові енергетичні установки: Навчальний посібник. - Миколаїв: УДМТУ, 2002. - 356 с.
5. Реєстр судноплавства України. Правила класифікації та побудови морських суден. Київ, 2002.
6. Мишинський Е.Л.. Суднові поршневі двигуни зовнішнього згоряння. 1976
7. Кацман Ф.М. Експлуатація комплексного пропульсивного морського судна. - М.: Транспорт, 1987. - 223 с.
8. Крилов Є.І. Ремонт дизелів морських суден: Довідник - М.: Транспорт. - 1997. - 302 с.
9. Камкі С.В., Возницький І.В. Шмельов В.П. Експлуатація судових дизелів: Підручник для вузів. М: Транспорт, 1990. 344 с.
10. Овсянніков М.К., Петухов В.А. Дизелі у пропульсивному комплексі морських суден: Довідник. - Л.: Суднобудування, 1987. - 256 с.
11. Б.М.Іванов, М.О.Колегаєв, Ю.І. Касілов, О.І.Іванов. Основи охорони праці на морському транспорті. Підручник для студентів вищих навчальних закладів. - Одеса: КОМПАС, 2003.-416с.
12. 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.
13. 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.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	9. Камкі С.Б., Бозницький Т.В. Шмелєв В.П. Експлуатація суднових дизелів: Підручник для вузів. М: Транспорт, 1990. 344 с.					
					10. Овсянніков М.К., Петухов В.А. Дизелі у пропульсивному комплексі морських суден: Довідник. - Л.: Суднобудування, 1987. - 256 с.					
					11. Б.М.Іванов, М.О.Колегаєв, Ю.І. Касілов, О.І.Іванов. Основи охорони праці на морському транспорті. Підручник для студентів вищих навчальних закладів. - Одеса: КОМПАС, 2003.-416с.					
					12. 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.					
Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	13. 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.					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ					Арк
										133

14. 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.

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

16. Горбов, В.М. Основні двигуни сучасних транспортних судів: навч. посібник / В. М. Горбов, Ю. А. Шаповалов, І. А. Ратуганяк. - Миколаїв: УДМТУ, 1999. - 74 с.

17. Emission control technologies for ocean going vessels (OGVs) / H. Hefazi, H. R. Ranai. - California State University, 2008. - 71 p.

18. Іванов Б.М., Колегаєв М.О., Касілов Ю.І., Іванов О.І. Основи охорони праці на морському транспорті. Підручник для студентів вищих навчальних закладів.- Одеса: КОМПАС,2003.-416с.

19. Кахте І.О. та ін. Охорона праці на морському транспорті. - М.: Транспорт, 1975. - 263 с.

20. www.bunkerindex.com

21. www.portnews.ru

22. www.tbu.com.ua

23. Кане А.Б. Суднові двигуни внутрішнього згоряння. С-Пб.: Суднобудування, 1993. – 288 с.

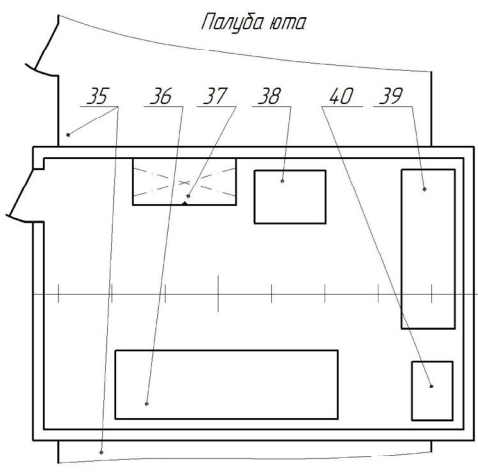
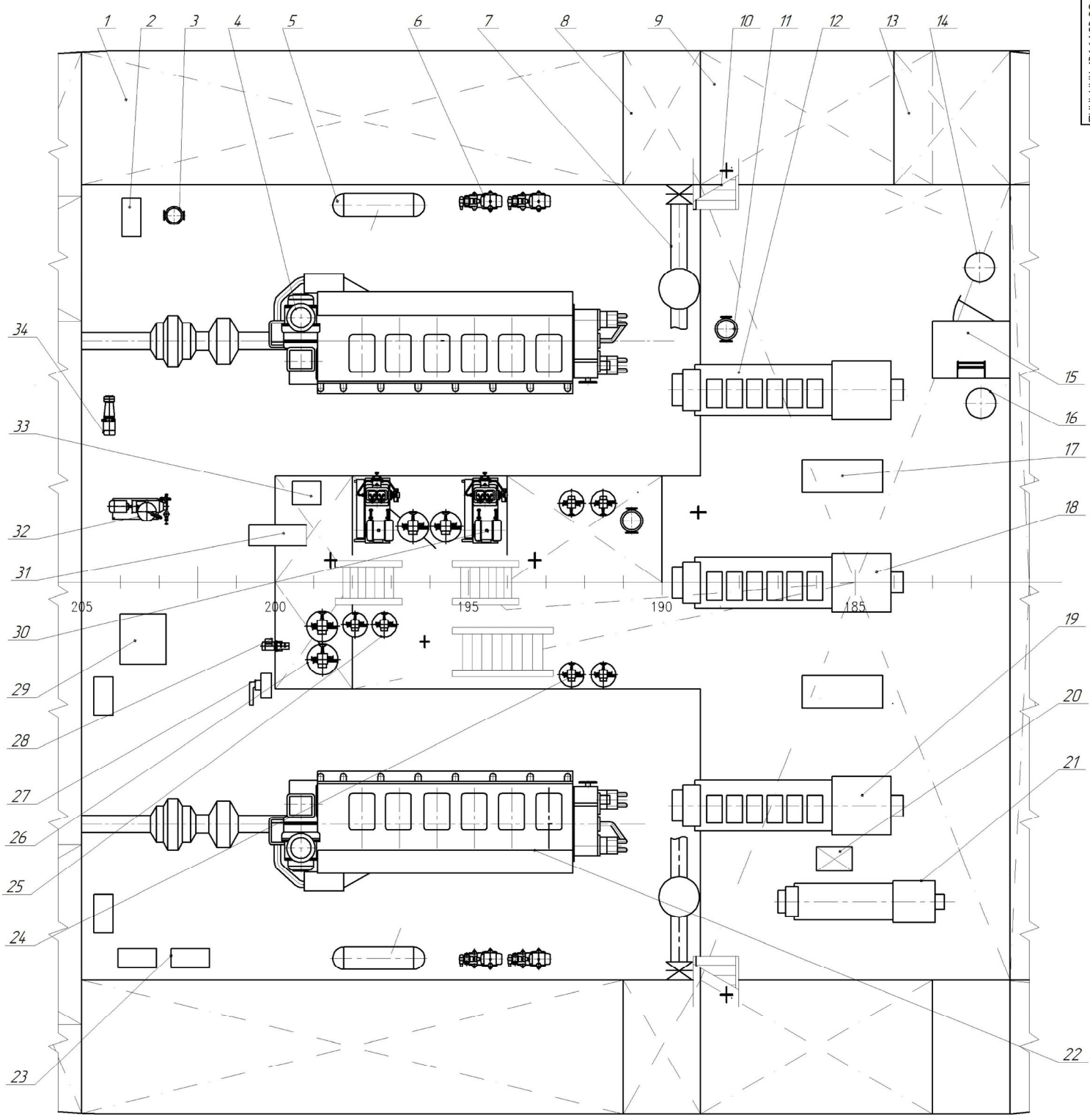
24. Підвищення ефективності експлуатації енергетичної установки судна «AIDACOSMA» за рахунок використання газових палив в умовах портової інфраструктури / Грицук І.В., Туріца В.М., Шпирко А.Ю., Шпаков Р.І., Федоров Д.В. - Наукові праці Міжнародної науково-практичної конференції "Сучасні технології в автомобілебудуванні, транспорті та при підготовці фахівців", 23-25 жовтня 2023 р., (Посвідчення УкрІНТЕІ № 572 від «19» грудня 2022 р.), Харків, ХНАДУ, 2023, 284 с., С. 110-115

Інв.№ док.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата	20. www.bunkerindex.com 21. www.portnews.ru 22. www.tbu.com.ua 23. Кане А.Б. Суднові двигуни внутрішнього згоряння. С-Пб.: Суднобудування, 1993. – 288 с. 24. Підвищення ефективності експлуатації енергетичної установки судна «AIDACOSMA» за рахунок використання газових палив в умовах портової інфраструктури / Грицук І.В., Туріца В.М., Шпирко А.Ю., Шпаков Р.І., Федоров Д.В. - Наукові праці Міжнародної науково-практичної конференції "Сучасні технології в автомобілебудуванні, транспорті та при підготовці фахівців", 23-25 жовтня 2023 р., (Посвідчення УкрІНТЕІ № 572 від «19» грудня 2022 р.), Харків, ХНАДУ, 2023, 284 с., С. 110-115
Інв.№ док.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ
Інв.№ док.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата	
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	

ДОДАТКИ

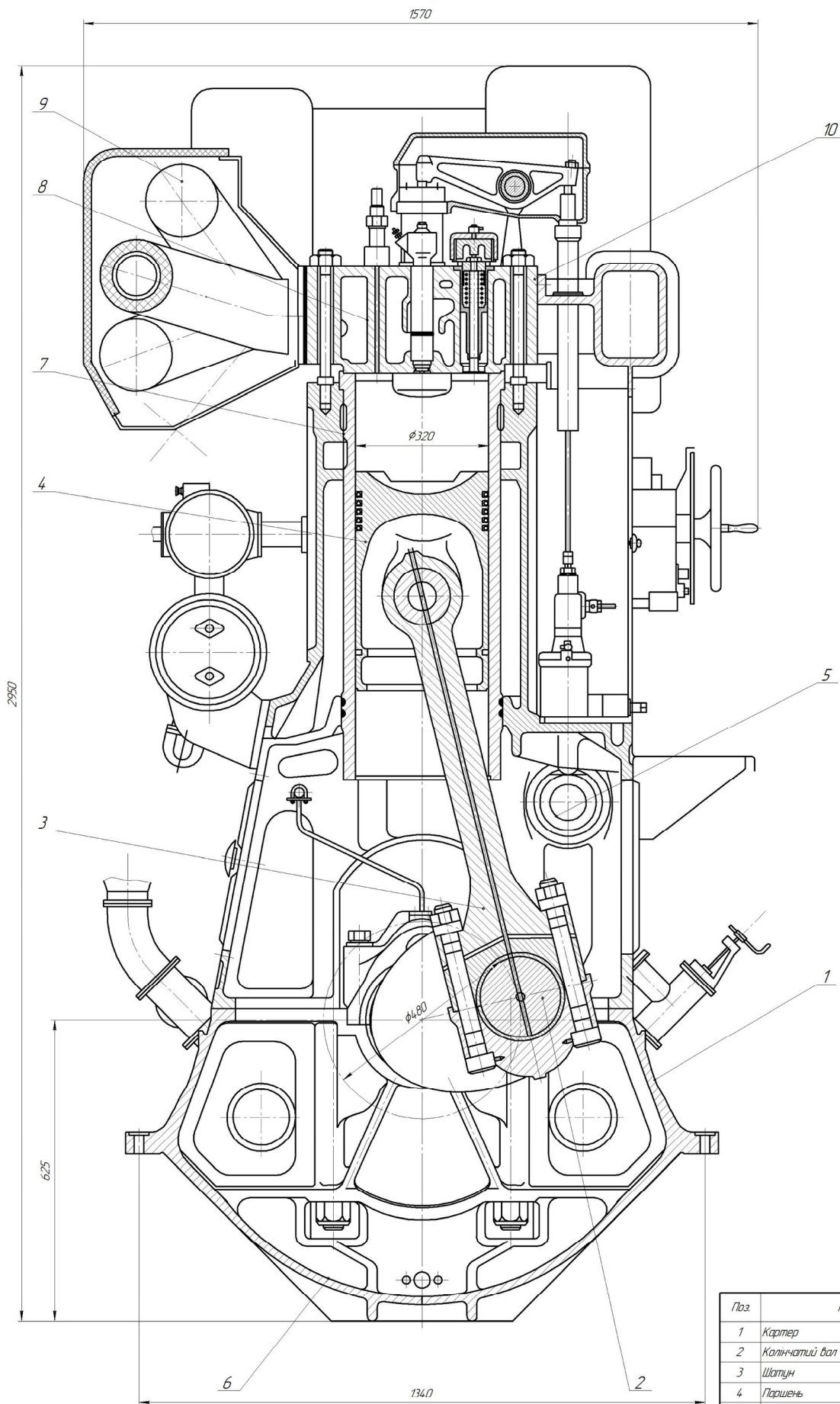
Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата

					ПННІ НУК 131.61.23.20. ПЗ	Арк
						135
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		



Поз. Позначка	Найменування	Кіл.	Примітка
1	Цистерна палива	2	
2	Насос заборотної води	1	
3	Насос охолодження компресорів, уприскивального та деаератора	1	
4	Головний двигун (лівий) (ГД)	1	
5	Охолодник ГД	6	
6	Насос попередньої прокачки мастилом ГД	4	
7	Фільтр заборотної води	2	
8	Кінгстонний ящик	2	
9	Цистерна запасу палива	2	
10	Трап	5	
11	Резервний насос охолодження ГД	2	
12	Дизель-генератор (ДГ)	1	
13	Цистерна запасу мастила	2	
14	Пожарний насос	1	
15	Шахта аварійного виходу з машинного відділення	1	
16	Насос системи пожежогашіння	1	
17	Баластно-осушувальний насос	2	
18	Дизель-генератор	1	
19	Дизель-генератор	1	
20	Цистерна протічки палива	1	

Поз. Позначка	Найменування	Кіл.	Примітка
21	Стояноковий дизель-генератор	1	
22	Головний двигун (правий)	1	
23	Насос прісної води	1	
24	Балон пускового повітря ГД	4	
25	Балон стисненого повітря для тифона та господарств	2	
26	Балон стисненого повітря ГД	2	
27	Насос ручної перекачки палива	1	
28	Насос перекачки палива	1	
29	Водогрійний котел	1	
30	Електронасос пускового повітря	2	
31	Насос нафтовмісних вод	1	
32	Сепаратор дизельного палива	1	
33	Ящик для ветоші	1	
34	Шланговий насос	1	
35	Шахта машинного відділення	2	
36	Аварійний дизель-генератор (АДГ)	1	
37	Витратна цистерна АДГ	1	
38	Шафа акумуляторних батарей пуску АДГ	1	
39	Аварійний розподільчий щит	1	
40	Трансформатор	1	

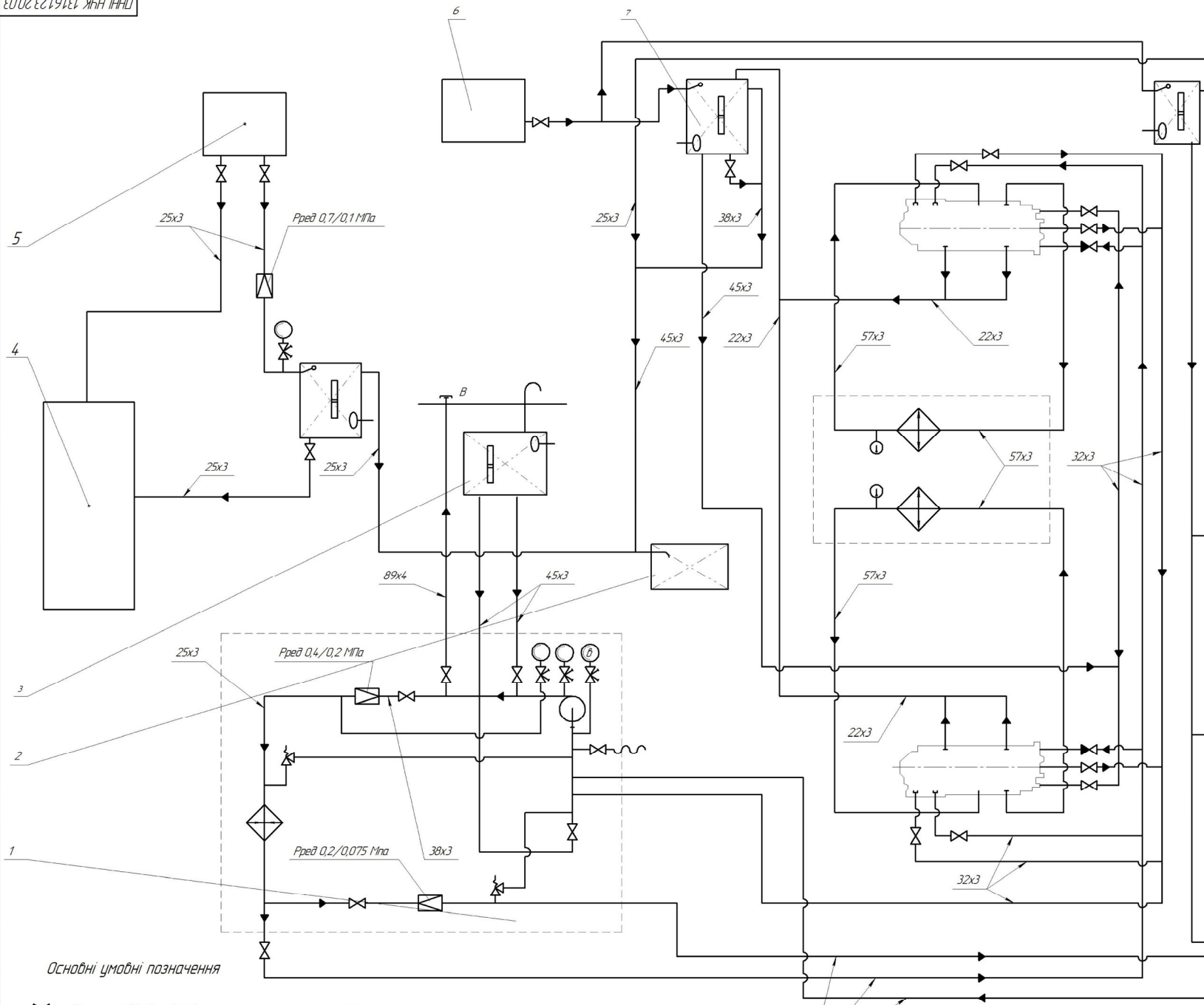


Характеристика головного двигуна

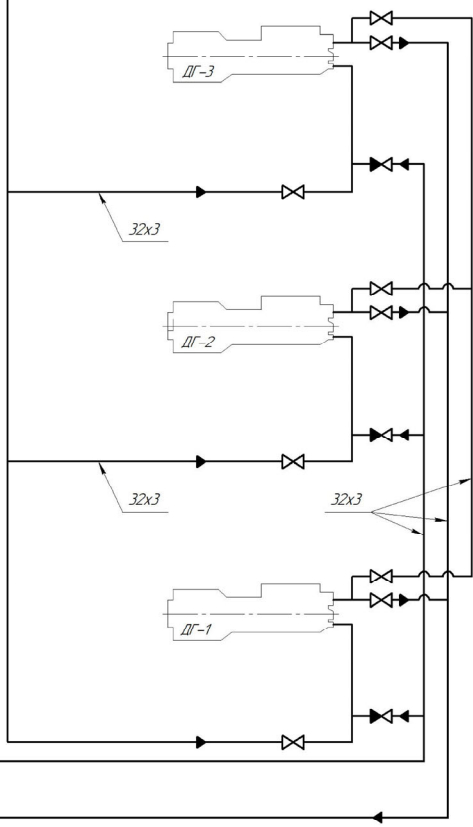
Максимальна трибала потужність, кВт	738
Частота обертання, хв ⁻¹	335
Число циліндрів, шт	6
Діаметр циліндра, мм	320
Хід поршня, мм	480
Питома витрата палива, г/(кВт · год), (навантаження 100%)	220±14

Поз.	Найменування	Кіл.	Примітка
1	Картер	1	
2	Колінчастий вал	1	
3	Шатун	6	
4	Поршень	6	
5	Розподільний вал	1	
6	Піддон картера	1	
7	Втулка циліндра	6	
8	Вихлопний патрубкок циліндра	6	
9	Вихлопний колектор	1	
10	Кришка циліндрів	6	

				ПНН НУК 1316123.20.02			
				Поперечний переріз головного суднових двигуна 6NVD 48A 2U (64PH 32/48)			
Діа.	Док.	№ докум.	Підпис	Дата	Листів	Маса	Насипов
Рисунки	Техніч. ВМ	Гришук ІВ				10000	
Листів	Гришук ІВ						1
Наступні	Гришук ІВ						
Замовити	Наступні						



Позиція	Найменування	Кількість	Примітка
1	Блок прогріву дизелів	1	
2	Цистерна збору повонодних вод	1	
3	Цистерна збору прісної води	1	
4	Блок сепарації полива та настила	1	
5	Блок теплового ящика	1	
6	Блок насосів живлення споживачів	1	
7	Розширювальна цистерна ГД	1	



Основні умовні позначення

- Клапан прохідний запірний
- Клапан прохідний незворотний-запірний
- Клапан для манометра
- Клапан редукційний
- Манометр

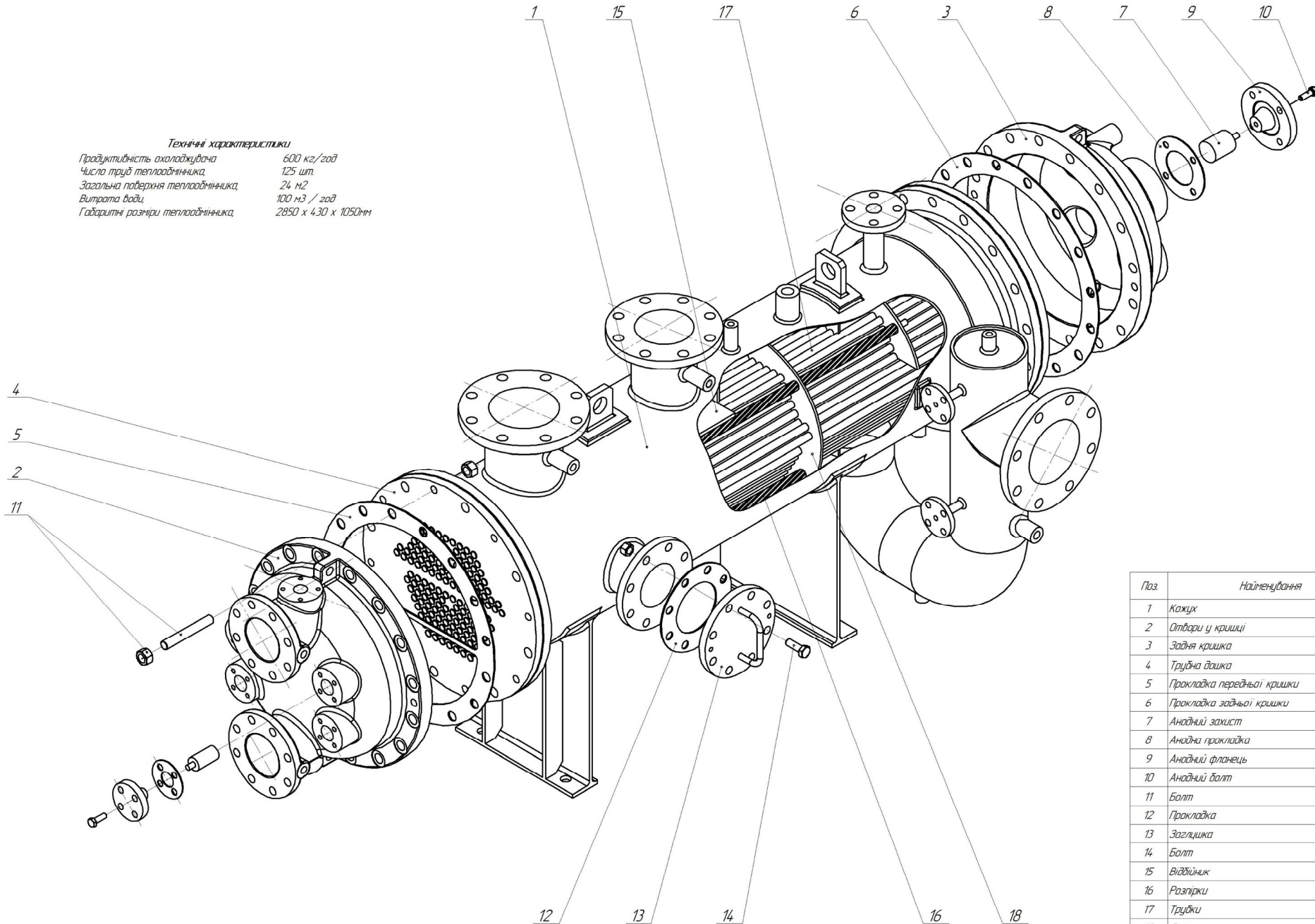
- Вакууметр
- Термометр рідинний
- Колонка оксидна
- Реле рівня
- Втулка паливна для відкачки

- Охолоджувач
- Підігрівач води
- Клапан запобіжний

ПНН НУК 131.6123.20.03					
Загальна схема системи нагрівання					
Лист	Рисунка	Масштаб			
1					
Лист 1					

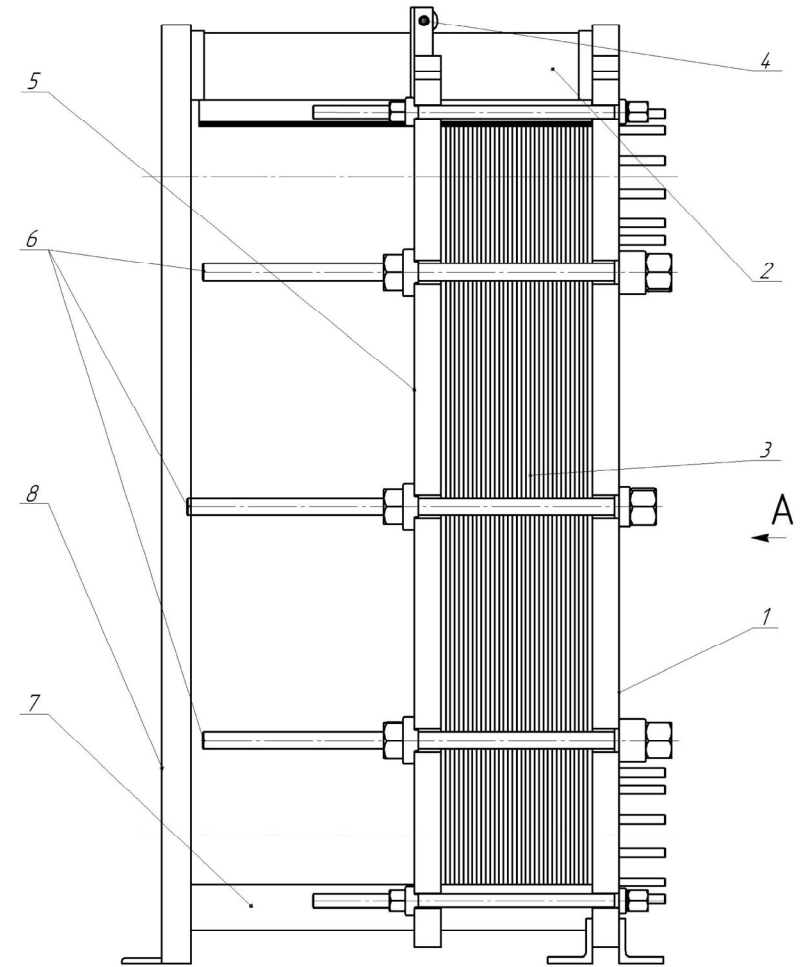
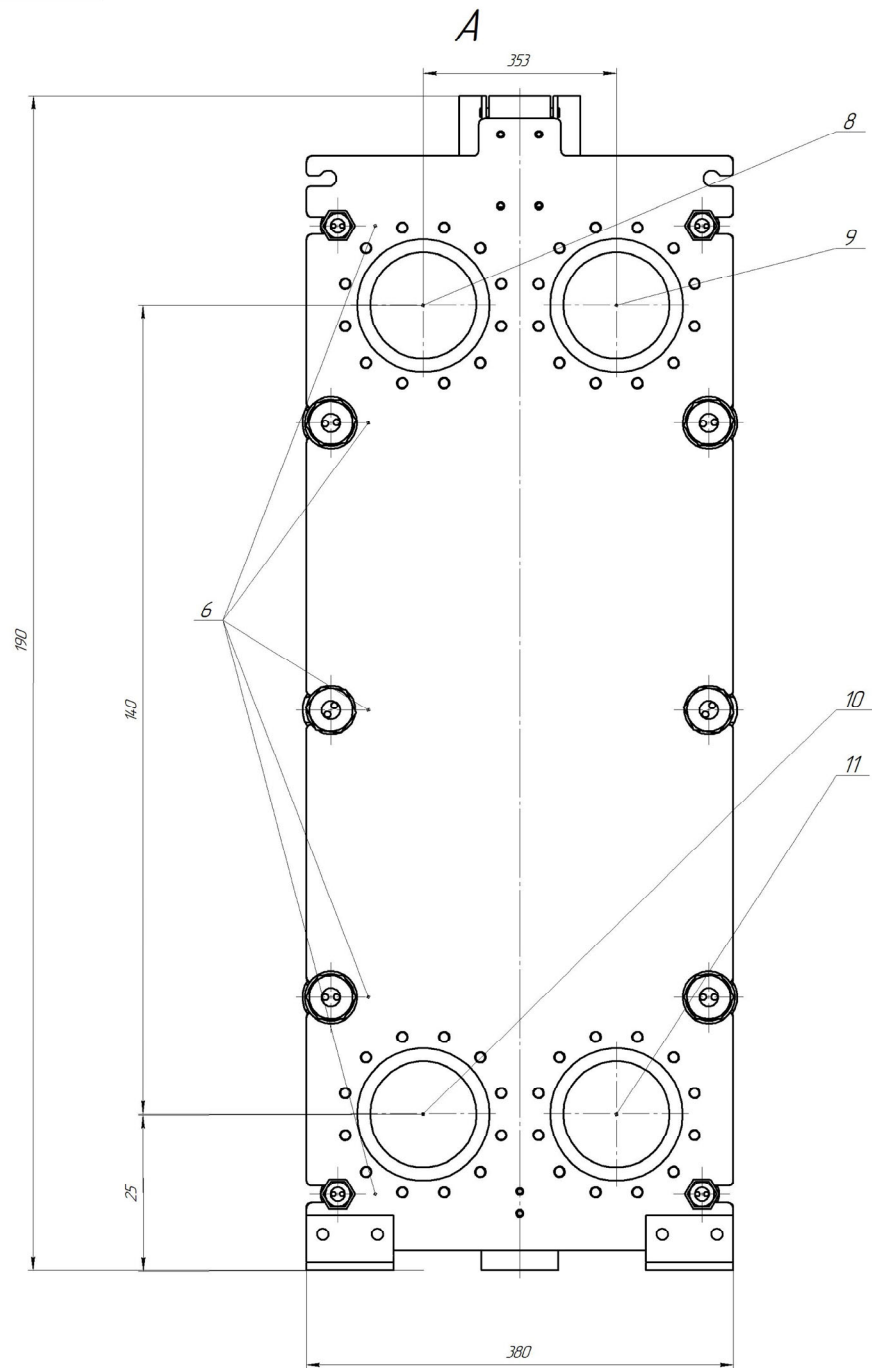
Технічні характеристики

Продуктивність охолоджувача	600 кг/год
Число труб теплообмінника	125 шт.
Загальна поверхня теплообмінника	24 м2
Витрата води	100 м3 / год
Габаритні розміри теплообмінника	2850 x 430 x 1050мм



Поз	Найменування	Кіл	Примітка
1	Кожух	1	
2	Отвори у крищі	16	
3	Задня кришка	1	
4	Трубіна дошка	2	
5	Прокладка передньої кришки	1	
6	Прокладка задньої кришки	1	
7	Анодний захист	1	
8	Анодна прокладка	1	
9	Анодний фланець	6	
10	Анодний болт	1	
11	Болт	8	
12	Прокладка	1	
13	Заглушка	1	
14	Болт	8	
15	Відбійник	1	
16	Разпірки	6	
17	Трубки	150	
18	Дефлектор	4	

ПНН НУЖ 1316123.20.04					
Кожухотрубний теплообмінник системи мащення					
Лист	Всего	№ Визнач	Лист	Всего	Лист
Разраб	Грица В.М.				
Проект	Грица В.М.				
Констр	Грица В.М.				
Начальн	Грица В.М.				
Утв.	Наставник				



Технічні характеристики SWEP

Максимальна робоча температура	+100
Максимальна глибина теплообігріву	3,2 м²
Витрата вади	73м²/год
Максимальний робочий тиск	3,2 МПа
Матеріал прокладок	EPDM
Матеріал пластин	AISI 316-0,5mm
Діаметр гвинтів	110°
Кількість ходів	Одноходовий
Кількість пластин	160

№	Найменування	К-ть	Примітка
1	Нерухама плита	1	
2	Несуча консоль	1	
3	Пластили	-	
4	Рольовий пристрій	1	
5	Рухама плита	1	
6	Стяжна шпилька	10	
7	Направляюча консоль	1	
8	Вхід «гарячої» води (від Г.О.)	1	
9	Вихід «холодної» охолоджуючої води	1	
10	Вхід «гарячої» води (після охолодження)	1	
11	Вихід «холодної» охолоджуючої води	1	

					ПННН НУК 1316123.20.05			
Адрес	№ дома	Пол	Адрес		Площадь (м ²)	Акт	Монтаж	Назначение
Родод	Улицы 87А				Н			
Родод	Улицы 12							
Точность	Улицы 12							
Населенный пункт	Улицы 12					Адрес	Адрес	Т
Населенный пункт	Населенный пункт							