

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 МаК 6М43С судна «Morgenstond2» за рахунок модернізації механізму газорозподілу

Виконав:

студент групи 61-ТЕМмаг-22з

_____ ***Ткаченко Ю.А.***

(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 Ткаченко Юрію Анатолійовичу

1. Тема роботи: «Підвищення ефективності експлуатації головного двигуна МаК 6М43С судна «Morgenstond2» за рахунок модернізації механізму газорозподілу».

Керівник роботи Грицук І.В.

Затверджено розпорядженням ПННІ НУК від 11.09.2023 року за № 49.

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

3. Вихідні данні по роботі: Двигун-прототип – головний двигун МаК 6М43С судна «Morgenstond2».

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

Вступ. 1. Загальна характеристика судна, його силової і енергетичної установки.

2. особливості робочих процесів механізму газорозподілу головного двигуна МАК 6М43С судна «Morgenstond 2». 3. Обґрунтування доцільності модернізації механізму газорозподілу головного суднового двигуна. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Загальні висновки по кваліфікаційній роботі.

5. Перелік презентаційних матеріалів.

1. План розташування обладнання у машинно-котельному відділенні судна. 2. Головний двигун МАК 6М43С. 3. Компонування деталей газорозподільного механізму у головці циліндра суднового двигуна МАК 6М43С. 4. Профілювання кулачкової шайби. 5. Результати проведених розрахунків

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)

Ткаченко Ю.А.

Керівник
роботи _____
(підпис)

Грицук І.В.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
--------------	----------

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

1.1 Загальна характеристика судна «Morgenstond 2»	7
1.2 Складові суднової енергетичної установки	11
1.3 Характеристики суднових систем і суднових пристроїв	20

РОЗДІЛ 2. ОСОБЛИВОСТІ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ МЕХАНІЗМУ ГАЗОРОЗПОДІЛУ ГОЛОВНОГО ДВИГУНА МАК 6М43С СУДНА «MORGENSTOND 2»	25
---	-----------

2.1 Основні поняття процесів газообміну чотиритактного ДВС	25
2.2 Основні газодинамічні, термодинамічні, конструктивні і режимні фактори	28
2.3 Умови роботи, навантаження і пошкодження	30
2.4 Основні несправності елементів газорозподільного механізму і способи їх усунення	36

РОЗДІЛ 3 ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ МОДЕРНІЗАЦІЇ МЕХАНІЗМУ ГАЗОРОЗПОДІЛУ ГОЛОВНОГО СУДНОВОГО ДВИГУНА	46
--	-----------

3.1 Удосконалення систем випуску і впуску	46
3.2 Розрахунок суднового дизеля	47
3.3 Профілювання кулачкових шайб газорозподільного механізму	59

					ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Ткаченко Ю.А.						
Перевірів		Грицук І.В.					3	96
Н. контр.		Грицук І.В.				61-ТЕМ _{маг} -23		
Затвердив		Нестеренко						

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	74
4.1 Охорона праці.....	74
4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях	82
ВИСНОВКИ.....	93
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	94
ДОДАТКИ	97
1. План розташування обладнання у машинно-котельному відділенні судна Ф А-1	
2. Головний двигун МАК 6М43С Ф-А1	
3. Компонування деталей газорозподільного механізму у головці циліндра судового двигуна МАК 6М43С Ф-А2	
4. Профілювання кулачкової шайби Ф-А1	
5. Результати проведених розрахунків Ф-А1Ф-А4	

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ				
					Арк				
					4				

ВСТУП

Двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ) складають основу енергетичних установок на морських і річкових судах. Цей тип двигуна завдяки високій економічності замінив на флоті парові поршневі машини. Процес широкого впровадження на транспортних судах ДВЗ почався після винаходу в 1892 році німецьким інженером Рудольфом Дизелем двигуна внутрішнього згоряння із запалюванням палива від стиснення. Такі ДВС прийнято називати по імені винахідника «дизелями».

Розвиток дизелебудування, застосування наддуву і перехід з дизельних палив на більш дешеві важкі сорти призвели до того, що до кінця 20 століття дизель зайняв лідируюче положення на морському транспорті. В даний час потужність малооборотних крейцкопфних дизелів досягла 70 МВт, а ККД досяг 50% і більше. В даний час чотиритактні дизельні середньооборотні двигуни внутрішнього згоряння є основними в складі енергетичних установок сучасних суден. Підвищення продуктивності праці пов'язано зі зростанням енергоозброєності застосовуваних технічних засобів, як наслідок, основне перспективне завдання двигунобудування полягає в підвищенні потужності, економічності, ефективності, надійності і поліпшення екологічних якостей енергетичних установок різного призначення, в тому числі в удосконаленні систем подачі повітря і газопуску. Як наслідок, вдосконалення газорозподільних механізмів і підвищення якості процесів газообміну чотиритактних двигунів внутрішнього згоряння, є актуальними.

Одним з найбільш перспективних шляхів скорочення витрати дизельного палива при одночасному збільшенні моторесурса двигунів, є удосконалення механізму газорозподілу, в першу чергу двигунів що застосовуються на флоті в якості головних. Найбільш типовими представниками даного, досить сучасного класу дизелів є двигуни фірми МаК

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		5

6М43С який використовується на багатьох суднах, побудованих протягом останніх десяти – п'ятнадцяти років.

Механізм газорозподілу є одним з найважливіших вузлів дизеля. Тому необхідно щоб складні завдання технічної експлуатації сучасних і перспективних дизелів майбутній інженер-механік міг вирішувати з розумінням.

Мета дипломного проекту: розробити комплекс заходів для підвищення ефективності експлуатації головного двигуна МаК 6М43С судна «Morgenstond2» за рахунок модернізації механізму газорозподілу

Задачі що вирішуються у дипломному проекті:

1. Аналіз стану проблеми подальшого розвитку сучасних суднових двигунів, і зокрема двигунів серії 6М43С, фірми МаК.
2. Проведення комплексного аналізу для вибору найбільш ефективних методів удосконалення механізму газорозподілу.
3. Розроблення технічних рішень та розрахункова перевірка їх ефективності, визначення шляхів втілення запропонованих рішень.
4. Оцінка запропонованих рекомендацій та технічних рішень, розробка заходів щодо техніки безпеки при виконанні робіт та екологічної безпеки судна.

Об'єкт дослідження - головний судновий двигун - дизель МаК 6М43С судна «Morgenstond2» в процесі модернізації механізму газорозподілу.

Апробація результатів дослідження – автор прийняв участь в Міжнародній науково-практичній конференції "Сучасні технології в автомобілебудуванні, транспорті та при підготовці фахівців", яка проводилася Харківським національним автомобільно-дорожнім університетом (м. Харків) 23-25 жовтня 2023 р. з доповіддю «Особливості реалізації задачі підвищення оперативної готовності енергетичної установки портового буксиру шляхом удосконалення його теплової підготовки» [20].

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ					Арк
										6
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СУДНА, ЙОГО СИЛОВОЇ ТА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ

1.1 Загальна характеристика судна «Morgenstond 2»

Судно «Morgenstond 2» - універсальне судно, що пристосовано для перевезення контейнерів (General cargo) [1-3]. Тип судна – одногвинтовий, двохпалубний з подвійними бортами, подвійним дном, з кормовим розташуванням машинного, насосного відділення, житлових і службових приміщень, з бульбовою формою носового краю й крейсерською кормою, зрізаною в надводній частині по типу транця, з надлишковим надводним бортом [1-3] (рис. 1.1). IMO Number – 9367073, MMSI – 244457000.



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд судна «Morgenstond 2»

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ					Арк
										7
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

Стальна рубка розміщується в кормі та вміщує житлові приміщення, розраховані на 9 членів екіпажу. Район плавання – необмежений [1-3].

Класифікація судна: Reg. 19 Finnish /Swedish 1A Lloyd's Register, RL 1A, LMC, UMC SMC, SOLAS II – 2, Ice Class 1A Tween-decker [1-3].

Колишні імена судна: MORGE (2018, Netherlands), CLIPPER AURORA (2015, Netherlands), BELUGA LEGISLATION (2013, Netherlands), KENT SUNSET (2012, Netherlands), KENT LEGISLATION (2009, Netherlands), NOORMAN (2008, Netherlands) [1-3].

Побудовано судно на суднобудівному заводі Okean Shipbuilding Yard - Nikolayev, Ukraine та здано в експлуатацію і передано власнику в липні 2007 року [1-3]. Загальний вигляд судна показаний на рис. 1.2.

Судно «Morgenstond 2» спеціально призначене для перевезення вантажів в контейнерах або в спеціальних ємностях. Конструкцією трюмів судна передбачена можливість перевезення стандартних 20 або 40 футових контейнерів. У трюмах мають місце спеціальні вертикальні направляючі, що 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 [1-3].

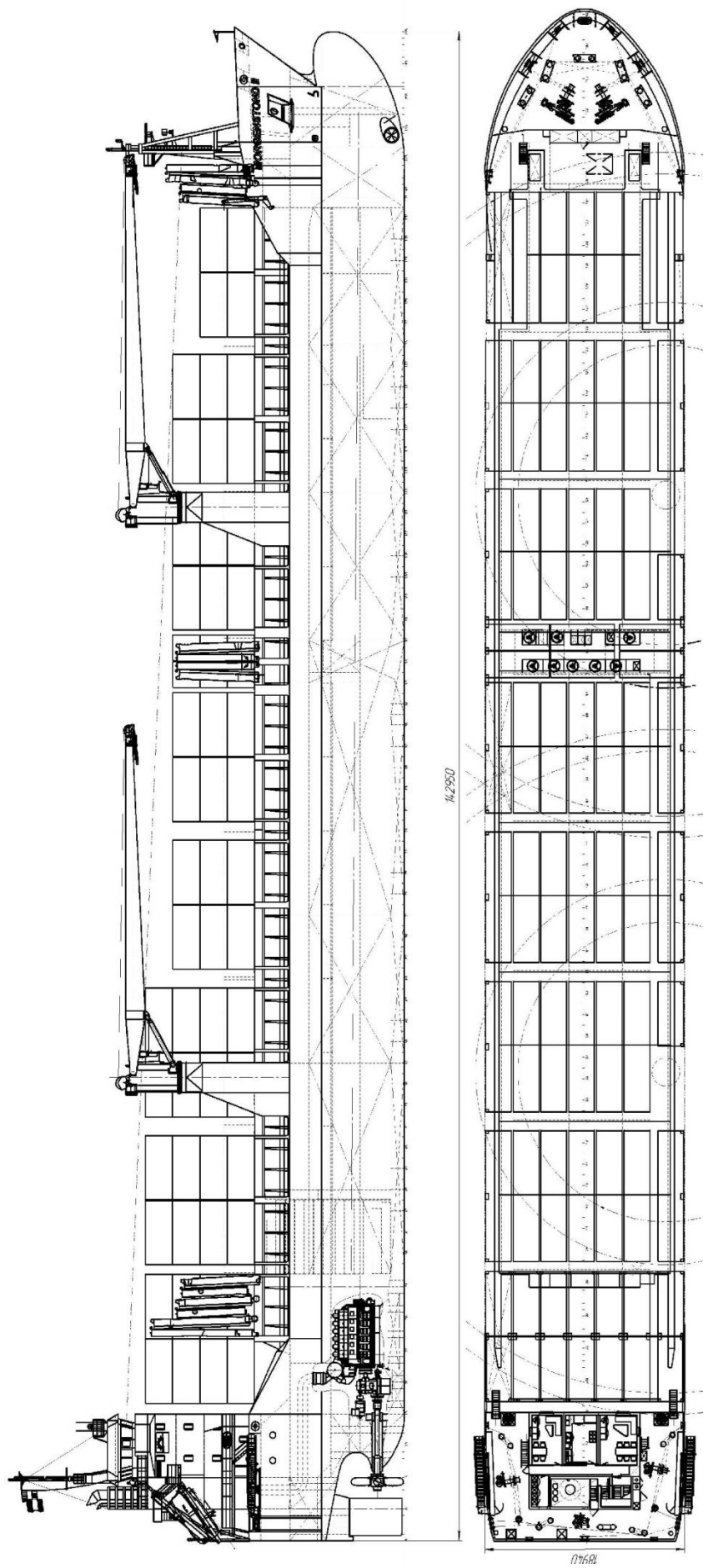
Основні характеристики і розміри судна «Morgenstond 2» [1-3]:

Довжина найбільша	142,950 м;
Довжина між перпендикулярами	134,965 м;
Ширина найбільша	18,94 м;
Висота	10,95 м;
Осадка експлуатаційна максимальна	7,9 м.
Автономність судна по запасам палива, води, масла та провізії	25 діб.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ					Арк
										8
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

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

Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата



IMO номер MMSI номер Назва судна Колішні імена	9367073 244457000 MORGENSTOND II JIUXING011 (2018, China) MORGENSTOND IE (2018, Netherlands) ORGENSTOND II C O (2018, Netherlands) MORGENSTOND II B (2018, Netherlands) MORGE (2018, Netherlands) CLIPPER AURORA (2015, Netherlands) BELUGA LEGISLATION (2013, Netherlands) KENT SUNSET (2012, Netherlands) KENT LEGISLATION (2009, Netherlands) NOORMAN (2008, Netherlands) General cargo vessel	Робочий стан Прапор Рік побудови Будівельник Клас (Class society) Порт приписки Власник Менеджер	Active Netherlands 2007 OKEAN SHIPBUILDING YARD – NIKOLAYEV, UKRAINE LLOYD'S SHIPPING REGISTER DELFZIJL DRENTSE SHIP CONSULT – DELFZIJL, NETHERLANDS DRENTSE SHIP CONSULT – DELFZIJL, NETHERLANDS	Основні технічні характеристики		Довжина найбільша Довжина між перпендикулярами Ширина Осадка в експлуатації Дедвейт судна Валовий вміст	14,2 95 m; 134,965 m; 18 94 m; 7,9 m; 12102 t; 8999 t	Основні характеристики СЕУ	Мак БМЧС Caterpillar 4590 кВт 3 x Mitsubishi S6A3 Mitsubishi Diesel Engine S6A3
				Довжина найбільша Тип двигуна Потужність двигуна Дизель – генератори Аварійне джерело електроенергії – дизель –генератор					
Тип судна									

Рисунок 1.2 – Загальний вигляд судна «Morgenstond 2»

Дальність плавання	10000 морських миль.
Тип судна	General cargo
Назва судна	Morgenstond2
Позивний сигнал судна	PHJP
Рік та місце побудови	2007 р, Damen Shipyards Okean, Ukraine
Прапор	Netherlands
Порт реєстра	Delfzijl
Дедвейт	12102 т
Валова місткість	8999 т
Вантажна ємність 1	6675 м ³
Вантажна ємність 2	10598 м ³
Місткість контейнерів:	684 TEU
	- розміщені в трюмі: 312 TEU
	stackload 100 ton/TEJ,
	135 ton/FEJ

- розташовані на палубі:	372 TEU
	stackload 50 ton/TEU,
	65 ton/FEU

Швидкість судна	14,5 / 14,3 вузлів
Класифікаційне товариство	Lloyd's shipping register
Судовласник і менеджер.....	Drenth ship consult - Delfzijl, Netherlands

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 [1-3]. Судно має форму відкритого люку (коробка повна, подвійна оболонка), що може конвертуватись в одноетажний DWAT. В районі машинного відділення та в кінцевих частинах застосовуються поперечна система набору. У поперечній системі набрані борта, палуби бака та юта, форпик, райони машинного відділення та ахтерпіку. Корпус має

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
										10
					Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ

округлену форму скули, транцеву корму, бульбовий ніс [1-3].

У всіх експлуатаційних випадках завантаження судна не буде спостерігатися диференту на ніс. Розрахунковий дедвейт судна у морській воді густиною $1,025 \text{ т/м}^3$ при осадці по літню вантажну марку (6,35 м) на рівний киль - 8999 т. Розрахунковий дедвейт судна у прісній воді густиною $1,000 \text{ т/м}^3$ при осадці 7,9 м на рівний киль - 12102 т [1-3]. Дедвейт включає вантаж, паливо, масло, прісну воду, екіпаж з багажем, продовольчі запаси, інвентар, запасні частини згідно норм Класифікаційного товариства [1-3].

Швидкість судна при повному завантаженні судна (осадка 7,9 м) та свіжопофарбованому, чистому корпусі, на рівноу кілі при вітрі до 3-х балів и хвилюванні моря до 2-х балів за шкалою Бофорта на глибокій воді при потужності головного двигуна 6000 кВт при 500 хв⁻¹ складає 13,4 - вузлів. Період хитавиці судна в усіх експлуатаційних випадках завантаження забезпечується в межах 11...20 секунд [1-3]. Для стримування бортової хитавиці передбачені скулові кілі. Для покращення маневрових якостей судна на малому ході в вузькостях, а також при швартовці до причалу на судні передбачається носовий підрулюючий пристрій STT1 "Eekels" на основі електродвигуна Leroy Somer, потужністю 730 кВт типу гвинт в трубі. Управління підрулюючим пристроєм здійснюється дистанційно з містка [1-3].

1.2 Складові суднової енергетичної установки

Загальний вигляд розташування механізмів у машинно-котельному відділенні судна показано на рис. 1.3. В ньому розташовані масляні сепаратори, головний двигун, дизель-генератори, інсепаратор, дільниця підготовки палива, повітряні компресори, центральний пост керування, охолоджувачі тощо [1-3].

На платформі в машинному відділенні передбачається встановлення *трьох дизель-генераторів Mitsubishi Marine Diesel Engine Model: S6A3*

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	на малому ході в вузькостях, а також при швартовці до причалу на судні передбачається носовий підрулюючий пристрій STT1 "Eekels" на основі електродвигуна Legoу Somer, потужністю 730 кВт типу гвинт в трубі. Управління підрулюючим пристроєм здійснюється дистанційно з містка [1-3]. 1.2 Складові суднової енергетичної установки Загальний вигляд розташування механізмів у машинно-котельному відділенні судна показано на рис. 1.3. В ньому розташовані масляні сепаратори, головний двигун, дизель-генератори, інсенератор, дільниця підготовки палива, повітряні компресори, центральний пост керування, охолоджувачі тощо [1-3]. На платформі в машинному відділенні передбачається встановлення <i>трьох дизель-генераторів Mitsubishi Marine Diesel Engine Model: S6A3</i>
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ 11

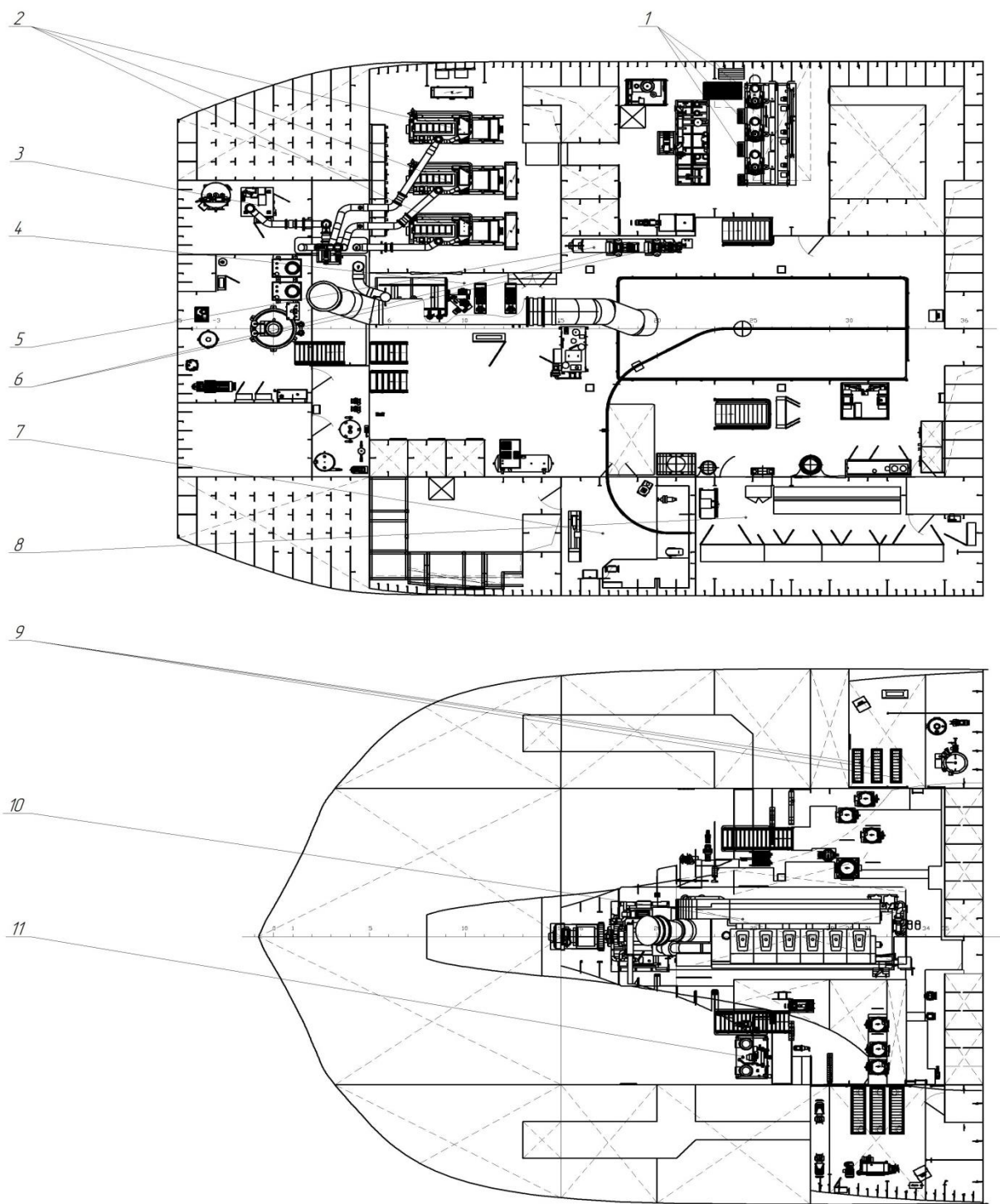


Рисунок 1.3 - Загальне розташування механізмів у машинно-котельному відділенні судна: 1 – масляні сепаратори; 2 – дизель-генератори; 3 – інсєнератор; 4 – дільниця підготовки палива; 5 – повітряні ресивери; 6 – повітряні компресори; 7 – суднова майстерня; 8 – центральний пост керування; 9 – масляні охолоджувачі; 10 – головний двигун; 11 – дільниця ремонту паливної апаратури

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

ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ

Арк

12



Рисунок 1.4 – Загальний вигляд дизель-генератора Mitsubishi Marine Diesel Engine Model S6A3a [1-3]

потужністю 405 кВт кожен при частоті обертання 1500 хв^{-1} . Зовнішній вигляд дизель-генератора S6A3 фірми Mitsubishi наведено на рис. 1.4 [1-3].

Загальна технічна характеристика дизель-генератора включає в себе [1]:

Тип двигуна	4-тактний, з водяним охолодженням, з турбонаддувом, з охолодженням водою (макс. 32 °C) дизельний двигун
-------------	--

Розташування циліндрів	рядне
Система згорання	безпосереднє впорскування

Кількість циліндрів 6

Кількість турбокомпресорів	1
----------------------------	---

Діаметр поршня / хід поршня	150 / 175
-----------------------------	-----------

Загальний об'єм	18,5 л
-----------------	--------

Тип палива Дизельне паливо

Ступінь стиску 14,5:1

Потужність стартермотора	24 В - 6 кВт
--------------------------	--------------

Система мащення

Примусове мащення шестеренчастим

насосом

Основні розміри двигуна (LxBxH)

2036,5 x 926,5 x 1370,5

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 LEROY SOMER LSAM Model: 49/1S2, що встановлені на амортизаторах на спільній рамі [1-3].

Пуск дизель-генераторів пневматичний, з головного 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 [1-3]. Дизель-генератори можуть працювати паралельно. Передбачається точна, ручна й автоматична синхронізація дизель-генераторів.

В якості аварійного джерела електроенергії встановлено аналогічний дизель - генератор Mitsubishi Marine Diesel Engine Model: S6A3 + LEROY SOMER LSAM Model: 49/1S2 потужністю 405 кВт / 1840 хв⁻¹, розташований в спеціальному приміщенні на шлюпкової палубі [1-3].

Головна енергетична установка розташовується в кормовій частині судна і складається з одного головного дизельного двигуна [1-3].

Головний двигун. У якості головного двигуна на судні встановлено чотиритактний двигун з газотурбінним наддувом, МаК 6М43С з максимальною потужністю 6000 кВт при частоті обертання колінчастого вала 500 хв⁻¹. Головний двигун жорстко встановлений на епоксидних клинах на фундаментну раму. Фундаментна рама металева зварна. Блок циліндрів і станина представляють монолітну відливку. Його пуск можливий лише із машинного відділення. Двигун має рядне, вертикальне розміщення циліндрів та пряме впорскування палива в циліндр. Поперечний переріз суднового двигуна наведено на рис. 1.5 [1-3].

Підп. і дата						
Інв. № дубл.						
Взам. інв. №						
Підп. і дата						
Інв. № подл.						
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ	Арк
						14

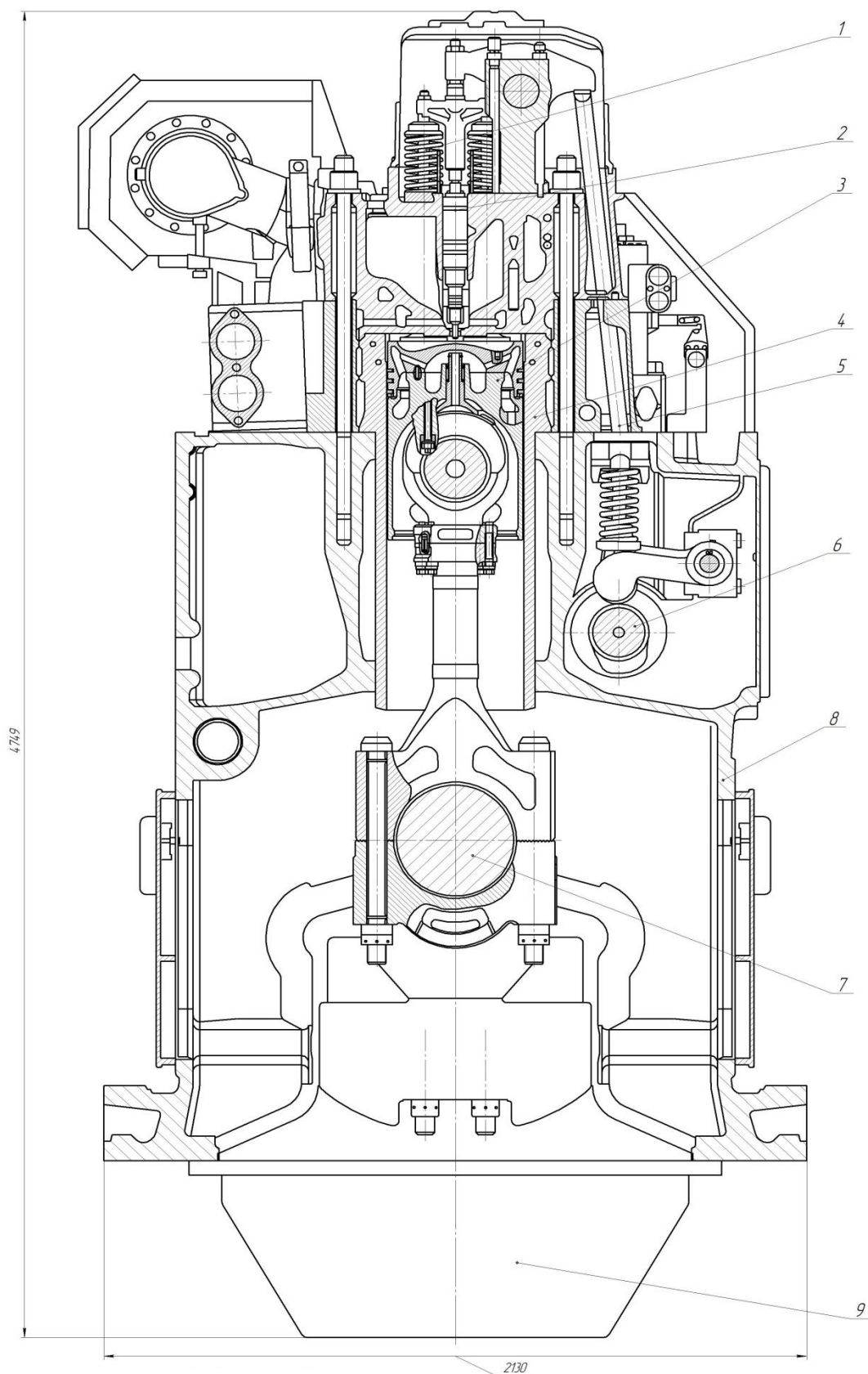


Рисунок 1.6 - Поперечний переріз головного двигуна: 1 – клапан; 2 – паливна форсунка; 3 – поршень; 4 – циліндр; 5 – штовхач коромисла; 6 – шатун; 7 – колінчастий вал; 8 – блок-картер; 9 – піддон картера

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

Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ

Арк

15

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

					ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ	Арк
						16
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

Питома витрата мастила.....0,8 г/(кВт·год.);

Турбокомпрессор один імпульсний типу АВВ TPL 71 C 33.

Особливості конструкції двигуна. Несучий блок-картер жорсткої конструкції виконаний із чавуну з кулястим графітом. Поперечні різьбові з'єднання між блок-картером і кришками підшипників (шпренгельні шпильки) забезпечують додаткову жорсткість [1-3]. Блок-картер не містить охолоджуючої води, тому корозійні ушкодження виключені. Циліндрова втулка оохолоджується тільки там, де це найбільш необхідно: у верхній частині навколо камери згоряння. Канал наддувочного повітря вбудований у блок-картер. Наддувочне повітря надходить по каналах блок-картера й сорочки водяного охолодження в кришці циліндра до впускних клапанів. При проведенні робіт на кришці циліндра відпадає необхідність у монтажі або демонтажі трубопроводу наддувочного повітря, отже, виключаються будь-які нещільності в з'єднанні трубопроводу або його руйнування[1-3].

Розподільний вал також вбудований у блок-картер [1-3]. Для зменшення тертя й зношування штовхачі клапанів і ПНВТ приводяться в дію проміжним важелем. Для зміни за часом відкриття клапанів або зсуву моменту упорскування палива ці важелі легко регулюються шляхом їх установки на валу з ексцентриком (або введенням елементів електронного управління) [1-3].

Маховик і привідна шестерня розподільного вала встановлені за допомогою конусної посадки на колінчастому валу методом гарячого запресовування. Шестірня кулачкового вала приводиться в дію проміжною шестірнею. Витримані точно міжосьові відстані забезпечують простоту монтажу без встановлення зазору між зубами. Усі шестірні керуючого привода загартовані [1-3].

У складеного поршня верхня частина сталева, а нижня чавунна з кулястим графітом, щоб забезпечити надійну передачу сил і тиску газів до 19,0 МПа і вище (максимальний тиск згоряння). Канавки у верхній частині поршня для двох ущільнювальних і одного маслоснімального кілець

Підп. і дата					
Інв. № дубл.					
Взам. інв. №					
Підп. і дата					
Інв. № подл.					
					Арк
ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ					17
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	

проходять індукційне загартовування. Робоча поверхня верхнього кільця покрита спеціальним шаром і має відшліфовану сферичну форму. Таке виконання канавок і кілець забезпечує тривалий термін служби й низьку витрату мастила [1-3].

Циліндрова втулка завдяки твердому буртику стійка до деформації, вона має калібровану вставку, що запобігає відкладання коксу на втулці, що також збільшує термін служби й забезпечує низьку витрату мастила на вигар [1-3]. Порожнини для розміщення керуючого привода на стороні муфти й демпфера крутильних коливань на стороні, протилежній муфті, утворені в блок-картері й, таким чином, зменшують число вузлів двигуна й працездатності при монтажі.

Оскільки інтеграція дає переваги при монтажі й технічному обслуговуванні, у процесі розробки двигуна М32С пошук вівся не тільки в напрямку спрощення або розширення вже реалізованих рішень, але й для здійснення нових ідей [1-3]. Подальше спрощення було досягнуто, зокрема, на кришці, що замикає порожнина зубчастої передачі, де масляний трубопровід був замінений на канавки в кришці, що дозволило виключити нещільності в масляних трубопроводах і їх руйнування. На панелі навішуються також насоси, які просто вставляються в них і затягуються кріпильними болтами. При цьому контролювати зазор між зубами не потрібно [1-3]. Двигуни М43С відрізняються простотою й зручністю при монтажі на судні. Усі робочі середовища: паливо, мастило й охолоджувальна вода - підводять із боку, де розміщається муфта, і їх трубопроводи легкодоступні. Паливні й масляні фільтри навішуються прямо на двигун [1-3].

ПНВТ "знають", у якій фазі чотиритактного циклу перебуває зараз їх циліндр. Тому логічно, щоб функцію подачі пускового повітря виконував ПНВТ відповідного циліндра. Це реалізоване геометрично й конструктивно. Вбудовування золотникового розподільника в насос означає відмову від розподільника пускового повітря й повітряних трубопроводів, а отже, зменшення обсягу монтажних робіт [1-3].

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
										18
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ					

Найбільш багатофункціональним вузлом двигуна М43С є кришка (голівка) циліндра [1-3]. Вона також виготовляється із чавуну з кулястим графітом і завдяки подвійному днищу має високу твердість, обумовлену формою. Камера згоряння й випускні клапани зазнають інтенсивного охолодження. Це профілактичний захід проти високотемпературної корозії. Два впускні й два випускні клапани кінетично зв'язані загальним коромислом, що полегшує установку зазору в приводі. Щоб уникнути зайвих витрат при монтажі трубопроводів, передбачене сполучене підведення масла води, що охолоджує, і повернення витоків палива. Прості штекерні з'єднання для підведення цих середовищ значно полегшують монтажні роботи [1-3].

Передбачені в достатній кількості радіальні входи для води в штекерні з'єднання, для її виходу й входу наддувочного повітря дозволяють демонтувати кришку циліндра не більш ніж за 30 хв. При монтажі кришка циліндра просто насаджується на сорочку водяного охолодження й центрується нею. Кришку затягують чотирма болтами за допомогою гідравлічного інструмента [1-3].

Двигун М43С призначений для експлуатації в тропічних умовах і роботи на важкому паливі, тому його піддають спеціальним тропічним випробуванням. При розробці трибологічної системи "циліндрова втулка - поршень - поршневе кільце" фірма МаК застосовує ізотопний вимір зношування за методом тонких плівок. Поблизу верхньої мертвої точки (ВМТ) верхнього поршневого кільця, тобто в місці, де виникає найбільше зношування, матеріал циліндрової втулки в машині за рахунок радіоактивного опромінення здобуває радіоактивність. За допомогою детектора на працюючому двигуні вимірюють і оцінюють рівень активності. Уже через 100 годин можна одержати достовірні дані з очікуваного зношування [1-3].

Валопровід та гребний гвинт. Валопровід й гвинт регульованого кроку складаються з маточини гребного гвинта с лопатями й механізмом зміни кроку, валопроводу, гідравлічного устаткування, дейдвудного пристрою з

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк	
										ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ	19
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата							

масляним змащенням [1-3].

Валопровід складається з: гребного валу (цільний фланець на кормовій кінцевій частині та фланцева напівмуфта на носовій кінцевій частині); труби підводу масла до механізму зміни кроку; гідро замка [1-3].

Пристрій для повороту валу встановлено на головному двигуні. Передбачено блокування, що запобігає можливості запуску ГД при включеному пристрої для повороту валу. Передбачається дейдвудний пристрій вварної конструкції, з кормовим та носовим підшипниками на масляному змащенні та ущільненнями радіального типу [1-3].

В якості рушія на судні встановлено один гребний гвинт регульованого кроку: тип маточини – VBS 740; діаметр гребного гвинта – 5000 мм; частота обертання – 230 хв⁻¹; обертання - проти годинникової стрілки; кількість лопатей – 4; тип лопатей – для праці в насадці; матеріал маточини й лопатей NiAl, бронза [1-3].

1.3 Характеристики суднових систем і суднових пристроїв

Суднові системи. Для забезпечення необхідних санітарно-гігієнічних комфортних умов для роботи та відпочинку особового складу судно обладнане такими системами: система прісної води; система стічної та господарсько-побутової води; система опалення; холодильна установка для провізії. Усі житлові приміщення, їдальня, кают-компанія, сан-блок та інші обладнані високошвидкісною системою кондиціонування повітря з індивідуальним регулюванням температури в кожному приміщенні [1-3].

Для забезпечення пожежної безпеки на судні передбачені системи [1-3]:

1) *Водяна пожежна система* яка забезпечує подачу води до пожежних гідрантів, до систем гасіння піною та зрошення, до ежектора системи осушення і зачистки баластних танків. Система обслуговується двома

Підп. і дата		Інв. № дубл.		Взам. інв. №		Підп. і дата		Інв. № подл.	
Зм Арк № докум. Підп. Дата ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ Арк 20									

пожежними електронасосами продуктивністю по 220 м³/год. при напорі 1 МПа, розташованими в машинно-котельному відділенні.

2) Система піногасіння є основним засобом гасіння пожеж на судах. Зазвичай на судні є дві станції піногасіння: основна - на кормі та аварійна - в надбудові бака. Між станціями вздовж судна прокладено магістральний трубопровід, від якого в кожний вантажний трюм відходить окремий трубопровід з повітряно-пінним стволом. Для гасіння пожежі на відкритих палубах судна обладнуються лафетними повітряно-пінними стволами, які встановлюють на палубі надбудов. Лафетні стволи дають струмінь піни довжиною понад 40 метрів.

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

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

Суднові пристрої. Рульовий пристрій. На судні передбачається підвісний руль (типа «Fish Tail»). Перо руля виконується зварною конструкцією, пустотіле. У верхньому й нижньому торці пера руля передбачається спускні пробки. З'єднання балера с пером руля конусне, зі шпонкою [1-3].

Для перекладання руля в румпельному приміщенні встановлюється рульова машина Роллс-Ройс FRYDENBÖ RV850-3. Рульовий механізм Rolls-Royce на FRYDENBÖ цього судна складається з двох гідравлічних поворотних

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ					Арк
										21
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

приводних лопатей змонтованих безпосередньо на балері руля, кожна з яких обслуговується двома насосними агрегатами, забезпечуючими необхідний тиск масла для роботи руля. Два насосні агрегати можуть працювати в парі або окремо. При спільній роботі насосних агрегатів забезпечується перекидання руля с 35° одного борта на 30° іншого борта протягом 28 сек. при повному передньому ході судна. Забезпечується максимальний кут перекидання руля - 2 x 70° при швидкості судна менш, ніж 8 вузлів. Передбачається дистанційне електричне управління рульовою машиною з рульової рубки. Пост в рульовій рубці компонується апаратурою авторульового. Електричні вказівники положення руля, розташовані в рульовій рубці та в румпельному приміщенні, а електричні обмежувачі повороту пера руля в системі управління рульової машини та механічні в конструкції пера рульової машини. Балер руля прямий, кований, має один упорно-опорний підшипник в рульовій машині й один опорний підшипник. Опорний підшипник має бронзову втулку. Робоча шийка балера має облицювання із нержавіючої сталі, стійкій до морської води [1-3].

Якірний пристрій. Судно забезпечується двома якірними пристроями і одним запасним якорем типу Холу масою 6000 кг кожен. За вимогою власника судно оснащується додатково кормовим якорем. Кожний якір має ланцюг з розпорами, який виготовлено зі сталі 3-ої категорії, калібром 42 мм, довжиною по 250 м кожен. Кожний з ланцюгів обладнаний ручним ланцюговим стопором (гвинтового типу) [1-3].

Для підйому і віддачі станових якорів на палубі бака встановлюються дві якірно-швартові електричні лебідки, що забезпечують швидкість підняття якоря з номінальної глибини стоянки 100 м після відриву його від ґрунту не менше 9 м/хв. Кожний з ланцюгів обладнаний ручним ланцюговим стопором (гвинтового типу). Якірні клюзові труби забезпечують само вивалювання якорів. Верхні клюзи труб оснащені відкидними палубними кришками [1-3].

Для забезпечення плавання в гирлах річок передбачається кормовий якір. Він оснащується якірною змичкою с контрфорсами типа U3 калібром

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	облицювання із нержавіючої сталі, стійкій до морської води [1-3].	
					Якірний пристрій. Судно забезпечується двома якірними пристроями і одним запасним якорем типу Холу масою 6000 кг кожен. За вимогою власника судно оснащується додатково кормовим якорем. Кожний якір має ланцюг з розпорами, який виготовлено зі сталі 3-ої категорії, калібром 42 мм, довжиною по 250 м кожний. Кожний з ланцюгів обладнаний ручним ланцюговим стопором (гвинтового типу) [1-3].	
					Для підйому і віддачі станових якорів на палубі бака встановлюються дві якірно-швартові електричні лебідки, що забезпечують швидкість підняття якоря з номінальної глибини стоянки 100 м після відриву його від ґрунту не менше 9 м/хв. Кожний з ланцюгів обладнаний ручним ланцюговим стопором (гвинтового типу). Якірні клюзові труби забезпечують само вивалювання якорів. Верхні клюзи труб оснащені відкидними палубними кришками [1-3].	
					Для забезпечення плавання в гирлах річок передбачається кормовий якір. Він оснащується якірною змичкою с контрфорсами типа U3 калібром	
					ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ	Арк
						22
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

30 мм та якірним канатом діаметром 39,5 мм й довжиною 100 м [1-3].

Швартовний та буксирний пристрої. На кормі встановлюються дві швартовно-буксирні лебідки фірми Natlара електричного типу з дистанційним і місцевим контролем мають тягове зусилля, що становить 80 кН у кожного. Лебідки автоматично підтягують судно до причалу, вибираючи слабіну тросу, або попускають занадто сильно натягнутий трос при зміні положення судна відносно причалу в процесі вантажних операцій, під час приливу або відливу. Також на судні передбачені швартові кнехти, швартовні троси (канати) [1-3].

Судно оснащено буксирними та швартовними кінцями. На шлюпочній палубі передбачені дві корзини з дерев'яними решітками для тросів, на палубі бака - одна корзина з дерев'яною решіткою для тросу. Буксирний кінець постійно зберігається на дерев'яному барабані на баку. Швартовні троси на кнехтах закріплені накладенням ряду шлагів у вигляді вісімки таким чином, щоб ходовий кінець троса знаходився зверху. Для пропуску швартовних тросів з судна на берег застосовуються універсальні клізи, які мають поворотну обойму і роульси. Такі клізи оберігають трос від перетирання. Для зберігання швартовних тросів використовують банкети та в'юшки [1-3].

Рятувальне та шлюпочне обладнання. Судно забезпечене індивідуальним рятувальним обладнанням у відповідності з СОЛАС та кодексу LSA: засобами індивідуального захисту шкірних покривів; морськими рятувальними жилетами; гідротермо костюмами; рятувальними кругами; судовими аптечками; страховочними жилетами [1-3].

Встановлена з лівого борту одна моторна рятувальна шлюпка вільного падіння місткістю 16 чоловік; одна чергова склопластикова шлюпка з навішаним двигуном місткістю 7 чоловік. Також на судні встановлюються один рятувальний пліт місткістю 20 чоловік, що спускається за допомогою кран-балки, два надувні рятувальні плоти, місткістю 10 чоловік кожен в пластмасових контейнерах та оснащений пристроєм гідростатичного звільнення та додаткові два надувних рятувальних плота місткістю 6 чоловік. Кожен рятувальний пліт розміщений в пластмасовому контейнері [1-3].

Підп. і дата					
Інв. № дубл.					
Взам. інв. №					
Підп. і дата					
Інв. № подл.					
					Арк
ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ					23
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	

Вантажні пристрої. Для виконання вантажних операцій на судні передбачаються 2 електрогідравлічні крани вантажопідйомністю 45 т кожний. Робота кранів забезпечується при температурі навколишнього повітря від +45°C до -20°C. Насосні станції системи гідравліки кранів і усі механізми розміщуються усередині корпусу, де можливе їх обслуговування. У гідросистемах передбачаються масло нагрівачі та масло охолоджувачі. Крани встановлюються по лівому борту судна. Для проведення допоміжних вантажних операцій на судні передбачається один електрогідравлічний вантажний кран вантажопідйомністю 8т і вильотом 12-2м. Кран також використовується при проведенні вантажних операцій з провізією та обслуговування люка в машинному відділенні. Також на палубі рубки 1-го ярусу встановлюється кран для операцій із рятувальною черговою шлюпкою та рятувальним плотом [1-3].

Носовий підрулюючий пристрій. Судно обладнане тунельним підрулюючим пристроєм типу «гвинт у трубі» STT1 "Eekels" на основі електродвигуна Leroy Somer, встановленим в носовій частині судна з метою поліпшення маневреності при швартових та подібних портових операціях та в умовах екстремальних навантажень [1-3].

Підрулюючий пристрій STT1 "Eekels" на основі електродвигуна Leroy Somer складається з: гребного гвинта регульованого кроку в поперечній трубі; матеріал гвинта - бронза; довжина тунелю - 1500 мм; діаметр гвинта – 1240 мм; діапазон потужності – 380-730 кВт; приблизна вага - 3000 кг; матеріал гребного вала - сталь; сталевий литий корпус; косо зубчасте конічне зчеплення; пружна з'єднувальна муфта; електродвигун з фазним ротором; щит запуску та керування у приміщенні підрулюючого пристрою; панель керування на містку; сумісність з іншими судовими системами, такими як ДП, управління судном або реєстратор даних рейсу VDR [1-3].

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
										24
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ					

РОЗДІЛ 2

ОСОБЛИВОСТІ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ МЕХАНІЗМУ ГАЗОРОЗПОДІЛУ ГОЛОВНОГО ДВИГУНА МАК 6М43С СУДНА «MORGENSTOND 2»

2.1 Основні поняття процесів газообміну чотиритактного ДВС

Тривалість процесів випуску і наповнення, їх послідовність в циклі двигуна определяє фазами газорозподілу. У чотиритактних двигунах випускний клапан відкривається з випередженням $30-75^\circ$ і закривається з запізненням $10-50^\circ$ [4]. Початок відкриття і закриття впускного клапана також зрушені щодо мертвих точок: попередження відкриття - $80^\circ-50^\circ$; запізнювання закриття - $35^\circ-50^\circ$. Велика частина процесів випуску і наповнення протікає окремо, але близько в.м.т. впускний і випускний клапани відкриті деякий час одночасно. Тривалість перекриття клапанів може становити $120-130^\circ$ п.к.в в залежності від швидкохідності двигуна, параметрів турбонаддува або особливостей системи подачі повітря.

Періоди газообміну розділяти явищами, що відбуваються в газоповітряних системах і циліндрі, величиною і напрямком швидкості у впускних або випускних клапанах і напрямком руху поршня.

На початку відкриття впускного клапана закінчення ОГ з циліндра відбувається з критичною швидкістю, близькою до місцевої швидкості звуку ($500-700$ м / с) в мінімальному перетині потоку, причиною чого є те, що тиск на початку випуску ($0,3-0,8$ МПа) значно вище тиску у впускному патрубку, і перепад тиску в впускному клапані менше критичного. В результаті швидкого зменшення кількості газів в циліндрі і їх розширення, тиск помітно знижується і при $p_r / p > \beta_{кр}$ швидкість течії знижується нижче критичної. Початковий період називається надкритических випуск [5]. В області підкритичній, незважаючи на зменшення швидкості, витікання потоку газів

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ				Арк
				25

триває, при цьому мають місце інерційні ефекти, що підвищують інтенсивність випуску.

Перший період процесу випуску характеризується як вільний випуск, закінчення якого відбувається, як правило, поблизу н.м.т. У цій фазі циліндр залишає велика частина відпрацьованих газів, близько 50...70% [5]. Період вільного випуску оказує великий вплив на використання кінетичної енергії випускних газів, особливо при імпульсній системі наддуву. Як правило, після н.м.т. перепад тиску і швидкість знижуються до значень, характерних для примусового випуску [5].

Примусовий випуск триває від н.м.т до в.м.т. Швидкість витікання газів і перепад тиску в випускному клапані визначаються в основному швидкістю руху поршня і відношенням площі поперечного перерізу клапанної щілини до площі поршня. Ця швидкість істотно залежить також від характеру нестационарного потоку газів у випускному трубопроводі. Середня швидкість в клапанній щілині становить 80...250 м / с.

Температура газів в циліндрі під час другої частини випуску, коли тиск змінюється незначно, залишається приблизно постійною.

У двигунах без наддуву при ранньому відкритті впускного клапана тиск в циліндрі може бути вище тиску у впускному трубопроводі, продукти згорання впливають одночасно через впускний клапан і відкривається впускний клапан, відбувається так званий заборос продуктів згорання у впускний трубопровід.

Тому в цих двигунах щоб уникнути надмірного закидання газів і погіршення наповнення циліндра кут перекриття клапанів виконують невеликим.

У двигунах з наддувом середній тиск у впускному трубопроводі як правило вище, ніж в випускному, - відношення тисків $p_k / p_p > 1$ - і вище тиску в циліндрі під час примусового випуску і наповнення. Свіжий заряд надходить в циліндр від початку відкриття впускного клапана, в результаті чого

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ				
					Арк				
					26				

підвищується тиск, витікання газів з циліндра триває до закриття випускного клапана, - відбувається продування циліндра. Повітря, що подається під час продувки в циліндр змішується з продуктами згоряння, і частина його потрапляє разом з ними в випускний трубопровід. Продування зменшує масу залишкових газів і знижує температурні напруги в днище головки циліндра і поршня, а також в випускних клапанах. Тому кут перекриття клапанів в двигунах з наддувом більше, ніж в двигунах без наддуву.

При часткових навантаженнях відношення тиску на впуску і випуску комбінованого двигуна може дорівнювати або менше одиниці. В цьому випадку можуть мати місце закид продуктів згоряння у впускний трубопровід, а також зворотня течія газів з випускного трубопроводу в циліндр на початку наповнення.

Від в.м.т до н.м.т здійснюється наповнення. Швидкість в клапанної щілини визначається швидкістю поршня і ставленням площі мінімального поперечного перерізу клапанної щілини до площі поршня. Середня за процес наповнення швидкість в мінімальному поперечному перерізі становить 80-200 м / с.

Після н.м.т. - при переміщенні поршня в напрямку до в.м.т на такті стиснення - тиск в циліндрі залишається деякий час менше тиску перед впускним клапаном, незважаючи на зменшення обсягу циліндра. Повітря продовжує надходити в циліндр через впускний клапан, і процес стиснення до закриття випускного клапана відбувається зі змінною масою робочого тіла. Якщо впускний клапан закривається після того як тиск в циліндрі зрівняється з тиском перед впускним клапаном, а потім повертається вище нього, виникає зворотна течія газів з циліндра у впускний трубопровід.

У розрахунку процесу газообміну стан робочого тіла в циліндрі приймають рівноважним. Роботу процесів газообміну в чотиритактному ДВЗ домовилися визначати для тактів випуску і наповнення і називати її роботи насосних ходів. Межі інтегрування приймають для процесу випуску та

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

ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ

Арк

27

наповнення. У чотиритактних двигунах без наддуву робота насосних ходів, еквівалентна площі відповідної частини індикаторної діаграми, негативна, причому $p_r > p_c > p_k$, що призводить до додаткових витрат енергії для проштовхування продуктів згоряння з циліндра. У двигунах з наддувом робота насосних ходів може бути позитивною або негативною в залежності від ставлення тисків у впускному і випускному трубопроводах p_k / p_r і величини втрат у впускному і випускному каналах і трубопроводах.

Як показники якості процесів газообміну застосовується наступні поняття: коефіцієнт наповнення, коефіцієнт залишкових газів, втрати роботи насосних ходів [4-8]

2.2 Основні газодинамічні, термодинамічні, конструктивні і режимні фактори

Фактори, що впливають на якість процесів газообміну можна розділяти на газодинамічні і конструктивні. Свіжий заряд при змішуванні з залишковими газами нагрівається, додатковий нагрів має місце внаслідок контакту з внутрішніми поверхнями циліндра, - днищем поршня, втулкою, клапанами. Це призводить до зниження щільності повітря, збільшення втрат на впуску і зменшення коефіцієнта наповнення η_n .

У двигуні з наддувом від приводного компресора відношення тиску $p_k / p_r > 1$, при газотурбінному наддуванні це соотношення в основному залежить від к.п.д турбокомпресора і може бути як менше, так і більше одиниці [4-8]. У більшості випадків збільшення відносини p_k / p_r призводить до поліпшення очищення і наповнення циліндра свіжим повітрям [4-8]. При $p_k / p_r < 1$ з ростом частоти обертання перепад тиску при впуску та випуску збільшується, що призводить до зростання втрат і зниження η_n . Зменшення відносини p_k / p_r супроводжується погіршенням якості згоряння в циліндрі за рахунок збільшення кількості ВГ, і отже зниженням економічності двигуна [4-8]. При

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

ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ

Арк

28

цьому необхідно враховувати наявність балансу потужностей турбіни і компресора, величину узагальненого показника ефективності системи газотурбінного наддуву [4-11]. В імпульсних системах наддуву значення p_r дещо менше, ніж в системах наддуву з постійним тиском перед турбінної.

Чим більше втрата тиску в впускній системі Δp_a тим менше тиск p_a на початку стиснення, нижче щільність свіжого заряду і коефіцієнт наповнення, відповідно зростають насосні втрати. Опір у впускній системі головним чином залежить від опору впускного клапана, а також від наявності поворотів і розгалужень в партубках [11], конструкції впускного колектора [12], аеродинамічних втрат в клапанних щілинах [8, 12], місцевих звужень і шорсткості поверхні каналів в головці циліндрів і впускному трубопроводі, охолоджувача повітря, очищувача тощо. Поліпшення гідравлічної характеристики органів газорозподілу значно підвищує наповнення двигуна при довгих впускних трубопроводах або при високих числах оборотів.

Зростання опору випускної системи при користуванні глушником, нейтралізатора, турбіни турбокомпресора і системи трубопроводів, зокрема сполучень патрубків з колекторами [4-9], може привести до збільшення витрат роботи на газообмін, кількості залишкових газів, відповідно до зменшення коефіцієнта надлишку повітря, коефіцієнта наповнення, і погіршення індикаторного к.к.д. [8-10].

Оптимізації при проектуванні підлягають [4-11]: довжина і об'єм колекторів і ресіверів, діаметр циліндрів, число клапанів, хід поршня і ставлення ходу поршня до діаметру, фази газорозподілу, кінематика клапанного приводу, діаметр клапанів, ступінь стиснення. Крім викладених в ряді двигунів має місце установка спеціально профільованих каналів (гвинтових і тангенціальних), додаткових заслінок, що відхиляють пластин, складні системи турбонаддува, високоефективні турбокомпресори. При цьому для досягнення ефективності процесу необхідно враховувати величину співвідношення між тиском повітря в ресивері p_k і протитиску на випуску p_r ,

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ					29

температуру повітря в ресивері T_k , циклову подачу палива, частоту обертання колінчастого вала, характер нестаціонарності течії [5], коливання тиску, хвильові явища в впускних і випускних органах [8].

З ростом навантаження і частоти обертання коефіцієнт η_n кілька зменшується [4-12]. Наслідок цього, при зміні частоти обертання в деяких двигунах застосовують регулювання фаз газорозподілу і / або управління довжиною впускних трубопроводів.

2.3 Умови роботи, навантаження і пошкодження

Основним і найбільш навантаженим елементом механізму газорозподілу є впускний і випускний клапани.

Клапани піддаються дії механічних і теплових навантажень [4-12].

Механічні навантаження визначаються дією сил тиску газів в циліндрі, і протилежним за напрямком сил впливу приводу газорозподілу, включаючи сюди також сили інерції мас приводу і клапана, сили пружності пружини. В період відкриття клапана його швидкість зростає від нуля до максимуму, сили інерції мас в цей час спрямовані в протилежну сторону і притискають ролик штовхача до кулачку. Потім швидкість клапана змінює свій знак, відповідно змінюється напрямок сил інерції - вони відривають ролик від кулачної шайби, але цьому перешкоджають клапанні пружини. При закритті клапана характер дії сил буде аналогічним. Відрив ролика штовхача від кулачка, супроводжуваний динамічними ударами в приводі клапана і клапана в сидло, призводить до пошкодження їх робочих поверхонь – викришування шару цементациї роликів, підвищені зноси кулачкові, розбивання ущільнювачів фасок клапанів і сідел, поломка пружин. Поломка пружин зазвичай носить втомний характер і викликається резонансними коливаннями, коли частота власних коливань пружин збігається з частотою вимушених коливань [4-12].

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
										30
					Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ

Теплові навантаження на клапани визначаються умовами їх роботи (рис. 2.1) в зоні високих температур газів. Найбільші температури мають випускні клапани. Щоб підняти працездатність клапанів двигунобудівники прагнуть не виходити за межі 500...520° С [4-12].

При перевищенні температур понад 650°С матеріал клапанів втрачає свої властивості міцності, одночасно створюються несприятливі умови для виникнення високотемпературної корозії [4-12].

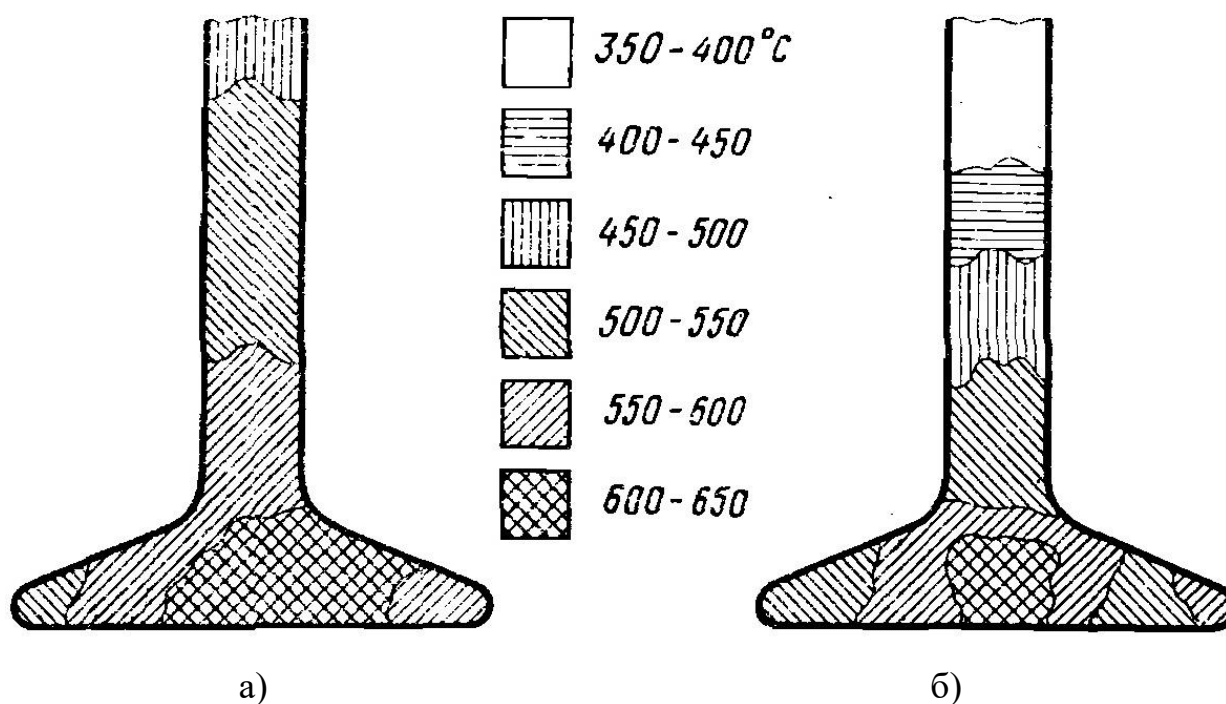


Рисунок 2.1 – Температурні поля випускних клапанів: а) штока клапана; б) штока і сідла [4-12]

Часто повторювані зміни температур від високих до низьких провокують виникнення в зонах переходу тарілки клапана в шток термо-втомні тріщини [4-10].

Поява на тілі клапана глибоко проникаючого окислення і окалиноутворення; кольори мінливості на штоку клапана свідчать про високотемпературне окислення в зв'язку з нагріванням штока в його направляючої втулці [4-10].

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ				
									Арк
									31

При перевищенні температур понад межі повзучості, тарілка клапана деформується і набуває форму чаші. При невеликих деформаціях порушується щільність посадки, а при більш серйозних не виключена поломка тарілки.

Втрата щільності клапанів відбувається по ряду причин, до числа яких відносяться [4-12]:

- ерозійне зношування посадкового конуса тарілки клапана і його сидла, відсутність обертання;
- відкладення коксу і золи на тарілці;
- порушення центрування осі клапана в направляючої;
- прогорання посадкової поверхні внаслідок високотемпературної корозії, викликаній наявністю в паливі ванадію і натрію;
- низькотемпературна корозія, викликана високим вмістом в паливі сірки і низькими температурами клапана (всмоктуючі клапани).

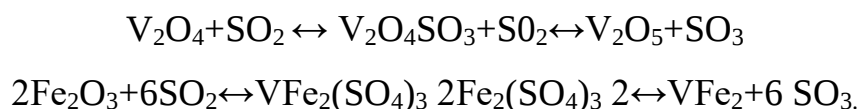
2.3.1 Особливості робочого процесу випускних клапанів

Особливої гостроти проблема робочого процесу випускних клапанів набула в останні роки в зв'язку з подальшим форсуванням робочого процесу, що супроводжується зростанням температур циклу і застосування в паливі домішок ванадію і натрію. Відомо роль тут відіграє буквально погіршення якості морських палив. У них, особливо у важких залишкових паливах, вміст ванадію, що представляє разом з натрієм найбільшу загрозу для клапанів, може досягати 300 ... 350 ppm (частинна мільйон). Світова практика показує, що в більшості випадків вміст ванадію знаходиться на рівні 100...150 ppm, але в залишкових паливах з венесуельської нафти воно доходить до 500...600 ppm. Сполуки ванадію у всіх листилатних паливах повинні бути відсутніми [4-12].

Вміст органічних сполук натрію рідко перевищує 30 ppm, але при попаданні в паливо морської води на кожен відсоток збільшення її змісту наявність сполук натрію збільшується на 100 ppm. При згорянні палива, як

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ	Арк
						32
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

відомо, утворюються CO_2 , H_2O , SO_2 и SO_3 . Неспалені елементи, такі як V, Na, Fe і Ni, при згорянні вуглеводнів легко утворюють оксиди або солі [4-12]. Притому, оксиди ванадію і заліза виступають в ролі дуже активних каталізаторів реакцій окиснення SO_2 :



В обох випадках каталітичний ефект досягається з утворенням, в ході реакції, проміжних сполук. При обводнюванні палива морською водою в нього потрапляють в великих кількостях сполуки натрію, серед яких основну роль грає хлорид натрію – NaCl , які, вступаючи в реакцію з сірчаною кислотою, утворюють сульфат натрію $\text{Na}_2 \text{SO}_4$ і соляну кислоту HCl в паровій фазі [4-12].

Виникаючи при згорянні важких палив оксиди ванадію і натрію, будучи надзвичайно агресивними, викликають високотемпературну корозію металу, головним чином металу тарілок вихлопних клапанів дизелів, що виражається у виникненні міжкристалічною корозією, з утворенням уражених ділянок. Щільність посадки клапана на сідло на цих ділянках втрачається, прорив газів сприяє місцевого перегріву, в результаті - прогорання клапана [4-12].

Подібні явища, зазвичай пов'язують з наявністю в паливі ванадію, тому часто їх визначають як ванадієву корозію. Однак, як показує практика, втрата щільності посадки клапана і прогорання можливі і без присутності в паливі ванадію [4-12].

Так, при роботі високообертових дизелів на високоякісному дистильованому паливі нерідко відбувається утворення на робочих фасках надзвичайно твердих відкладень сульфатів барію, кальцію, натрію. Кальцій і барій є основними складовими присадок мастильних масел і при окисненні останніх потрапляють до складу нагару. Сполучними є продукти неповного

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ					Арк
										33

згоряння палива, а також Ca, іноді Si. Рівний і гладкий шар відкладень забезпечує гарне ущільнення робочих поверхонь клапана і сідла до тих пір, поки між ними не виявляються тверді сторонні частинки металу або коксу, які при ударі клапана про сідло викликають появу тріщин в захисному шарі відкладень. Якщо тріщина розташовується поперек сідла, то в утворену борозенку починають прориватися гарячі газу. Прохід розширюється, відбувається місцевий перегрів, що супроводжується корозією і ерозією розм'якшеного шару стелітового наплавлення. Подальше руйнування клапана відбувається дуже швидко [4-12].

Важливою причиною і специфічною обставиною, що супроводжує виникнення високотемпературної корозії, є наявність в продуктах згоряння агресивних сполук, температура плавлення яких лежить нижче робочої температури клапанів. Оксиди ванадію V_2O_4 і V_2O_5 мають температури плавлення відповідно близько 2000 °C і 670...690 °C. Це означає, що вони залишають циліндр разом з випускними газами, температура яких становить 450...600 °C, перебуваючи в твердому стані. У суміші з сульфатом натрію, їх температури плавлення знижуються до значень 530...570 °C, а в пропорції, приблизно, 70 % Na_2SO_4 + 30% V_2O_5 температура плавлення суміші може досягти 300 °C (рис. 2.2) [4-12].

Поки оксиди знаходяться в твердому стані і температура тарілки клапана не перевищує 530 °C, є ймовірність, що значна частина їх буде віддалятися разом з випускними газами, не приносячи шкоди клапану. Коли ж температура клапана починає перевищувати температуру плавлення оксидів (піднімається вище 530 °C) то, опиняючись поблизу клапана, вони починають прилипати до нього. Стікаючи на робочу фаску, оксиди викликають її інтенсивну корозію і подальше прогорання [4-12].

2.3.2 Застосування нейтралізуючих присадок

Для покращення моторних властивостей масел та забезпечення їх

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ					Арк
										34

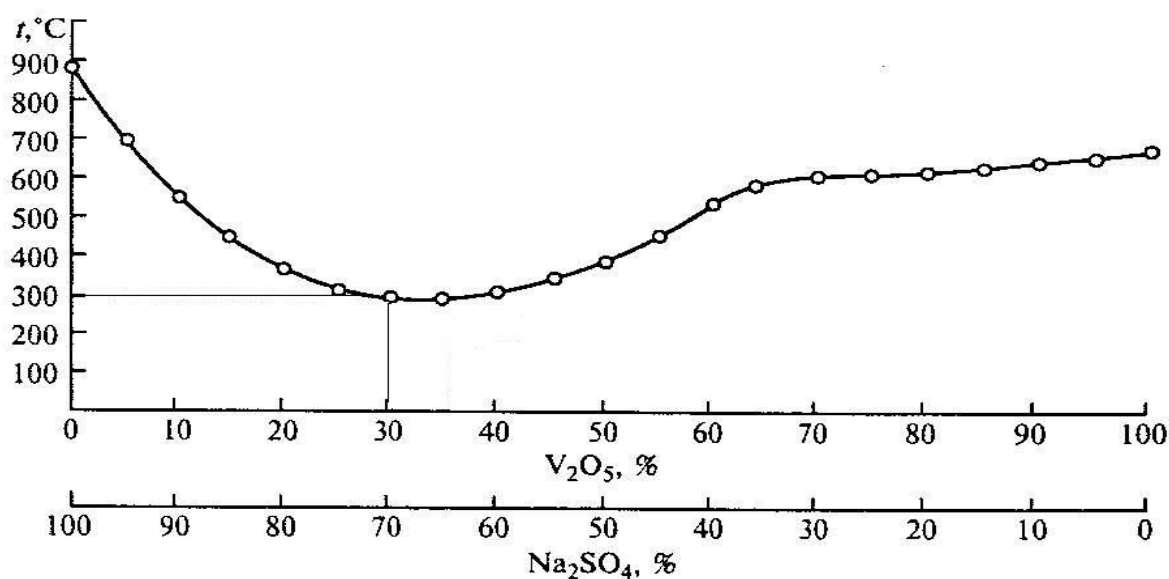


Рисунок 2.2 – Значення температур плавлення V₂O₅ і Na₂SO₄ [10-12]

ефективної роботи в сучасних двигунах в їх базову основу вводяться хімічні зав'язки які отримали назву – присадки (*additives*). Присадки представляють собою синтетичні хімічні з'єднання, які вводяться практично у всі товарні масла. Детергентно-десперсійні присадки слугують для запобігання або різкого зменшення виникнення в двигуні різного виду відкладень продуктів окиснення вуглеродів лаків, нагарів та шлаків, а також для боротьби з сірнисто-кислотою корозією. В зоні високих температур (циліндро-поршневої групи) [4-12].

VALVECARE спеціально розроблений для обробки і зменшення корозійних відкладень, що утворюються на сідлах випускних клапанів.

Характерні особливості [4-10]:

- підвищує температуру плавлення золи натрію-ванадію і зменшує високотемпературну корозію та протікання;
- підтримує в чистоті вихлопні клапани;
- знижує кількість зольних відкладень по всьому вихлопного тракту;
- збільшує термін служби вихлопних клапанів.

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата											
										Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	
										ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ					Арк
															35

собою синтетичні хімічні з'єднання, які вводяться практично у всі товарні масла. Детергентно-десперсійні присадки слугують для запобігання або різкого зменшення виникнення в двигуні різного виду відкладень продуктів окиснення вуглеродів лаків, нагарів та шлаків, а також для боротьби з сірнисто-кислотою корозією. В зоні високих температур (циліндро-поршневої групи) [4-12].

VALVECARE спеціально розроблений для обробки і зменшення корозійних відкладень, що утворюються на сідлах випускних клапанів.

Характерні особливості [4-10]:

- підвищує температуру плавлення золи натрію-ванадію і зменшує високотемпературну корозію та протікання;
- підтримує в чистоті вихлопні клапани;
- знижує кількість зольних відкладень по всьому вихлопного тракту;
- збільшує термін служби вихлопних клапанів.

VALVECARE спеціально створений для боротьби з проблемами прогорання і ерозії вихлопних клапанів, пов'язаними з натрієвих та ванадієві забрудненням важких залишкових палив поганої якості.

VALVECARE фізично видозмінює золю в паливі, викликаючи шлак і роблячи температуру плавлення золи вище звичайних робочих температур в двигуні. Модифіковані частки золи тверді, маленькі і нев'язкі і викидаються з вихлопними газами. Гнізда клапанів стають чистішими, т.б. знижується ймовірність ущільнення золи. Втрати від компресії і протікання зводяться до мінімуму, збільшується термін служби клапанів і сідел при звичайному технічному догляді і стають можливими більш тривалі інтервали між очищеннями турбонагнітачів. Забруднення вихлопного тракту і турбонагнітача контролюється, т. б. частки золи в потоці газу менш в'язкі. Догляд за вихлопним трактом спрощується, і будь-яка утворюється зола розпушується, легко віддаляючись звичайними методами, такими, як очищення щітками [4-12].

Інша перевага VALVECARE – зниження кислотності. Ванадій в паливі впливає на сірку як каталізатор, прискорюючи перетворення сірчистого ангідриду в три перекис сірки під час згорання. Потім три-перекис сірки вступає в реакцію з потоком газів в вихлопному тракті, підвищуючи точку роси для створення сірчаної кислоти. VALVECARE містить сукупність ванадієвих і натрієвих складових частин золи в твердому, нерозплавленому стані, стримуючи сольову корозію.

2.4 Основні несправності елементів газорозподільного механізму і способи їх усунення

У механізмі газорозподілу найуразливішим елементом є впускні і випускні клапани, які відчують високі механічні і теплові навантаження. Найбільшу небезпеку становлять теплові навантаження, що визначаються

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

ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ

Арк

36

умовами роботи клапанів в зоні високих температур омивають їх газів. Найбільші температури мають вихлопні клапани. Щоб підняти працездатність клапанів, двигунобудівники прагнуть не виходити за межі 500...520 ° С.

Причини пошкоджень [4-12]:

- При перевищенні температур понад 650 ° С матеріал клапанів втрачає свої властивості міцності, одночасно створюються несприятливі умови для виникнення високотемпературної корозії.

- Часто повторювані зміни температур від високих до низьких провокують виникнення термоусталостних тріщин в зонах переходу тарілки клапана в шток або в районі проточек під сухарики.

- Поява на тілі клапана глибоко проникає окислення і окалінообразование; кольори мінливості на штоку клапана свідчать про високотемпературному окисленні в зв'язку з нагріванням штока в його направляючої втулці.

- При перевищенні температур понад межі повзучості тарілка клапана деформується і набуває форму чаші. При невеликих деформаціях порушується щільність посадки, а при більш серйозних не виключена поломка тарілки.

- Поломкі тарілок (рис. 2.3) можливі також при порушенні фаз газорозподілу і ударі клапана по поршню. Більш серйозні пошкодження відбуваються при розносі двигуна, сухарики вискакують з тарілки клапана, клапан провалюється вниз і потрапляє під поршень. Клапаном пробивається вогневе днище кришки циліндра, вода проникає в камеру згоряння, відбувається гідравлічний удар в циліндрі, що супроводжується вигином шатуна і іншими ушкодженнями [4-12].

Втрата щільності клапанів відбувається по ряду причин, до числа яких відносяться: ерозійне зношування посадкового конуса тарілки клапана і його сидла, відсутність обертання; відкладення коксу і золи на тарілці; деформація клапана; порушення центрування осі клапана в направляючої; прогорання посадкової поверхні внаслідок високотемпературної корозії, викликаной

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
										37
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ					

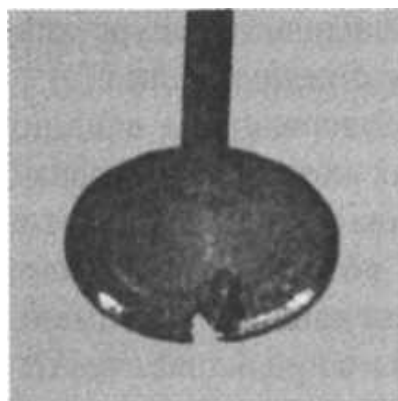
наявністю в паливі ванадію і натрію; низькотемпературна корозія, викликана високим вмістом в паливі сірки і низькими температурами клапана (впускні клапани). Низькотемпературної корозії в основному піддаються впускні клапани, що мають більш низьку температуру, і тому на них, особливо в зоні штоків, конденсуються пари води і сірчаної кислоти, що утворюється при згоранні сірчастого палива. Характерні ознаки: наявність виразкових зношувать (прогорянь) на штоках і робочих конусах сідел і клапанів, шорсткість і потемніння поверхонь [4-12].



а



б



в

Рисунок 2.3 – Можливі пошкодження клапанів двигунів внутрішнього згорання: обрив тарілки клапана під дією ударів (а); пітінг на робочому конусі (б); прогоряння клапанів (в)

Характерні несправності клапанів і їх сідел приведено в табл. 2.1.

Інв. № подл.	Підп. і дата				Інв. № дубл.	Підп. і дата								
	Взам. інв. №					Інв. № дубл.								
	Підп. і дата					Інв. № дубл.								
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	Рисунок 2.3 – Можливі пошкодження клапанів двигунів внутрішнього згорання: обрив тарілки клапана під дією ударів (а); піттинг на робочому конусі (б); прогорання клапанів (в) Характерні несправності клапанів і їх сідел приведено в табл. 2.1.									
					ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ									
					Арк									
					38									

Ресурс впускних і випускних клапанів має дорівнювати ресурсу дизеля до капітального ремонту.

Кулачкові вали дизелів виконують різні функції: управляють газорозподілом, подачею палива, розподілом пускового повітря. Конструкція розподільного вала залежить від його призначення і особливостей конструкції дизеля. Розподільні вали виготовляють цільними, складовими з приводами різних типів – шестернями або ланцюгами. Як матеріал використовують сталі, а робочу частину кулачних шайб піддають особливій обробці [4-12].

Характерні несправності розподільних валів і способи їх усунення приведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.1 – Характерні несправності клапанів і їх сідел

Несправності	Причини	Способи усунення	Примітки
Тріщини і ризики на фасці клапана	Низька якість наплавлення фаски; прихований дефект в матеріалі; температурні напруги; механічні ударні впливи	Видалити дрібні тріщини на фасці, притиранням або шліфуванням або проточкою і наплавленням; на неробочих поверхнях дрібні тріщини видалити вибіркою матеріалу близько тріщини до цільного металу	Клапани, що мають крізні тріщини, підлягають заміні. Після проточки клапана перевіряють глибину посадки і щільність прилягання клапана
Викривлення або місцеве порушення герметичності тарілки	Утворення на фасці свищів, т.б. часткове відставання нарозшого шару продуктів згоряння (плакіровка), що викликає пропуск газів і нерівномірність температури тарілки; корозійні	Для усунення свищів проточити і притерти клапан до сидла	Перевіряють прилягання клапана до сидла
Вироблення, наклеп на фасці і сидлі	Природне зношування; використання низько сірчистого палива; погана очистка повітря	Відшліфувати фаску клапана, притерти клапан до сидла	Ширину фаски бажано мати найменшою. Перевіряють щільність прилягання клапана до сидла

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
										39
					Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ

Продовження таблиці 2.1

Несправності	Причини	Способи усунення	Примітки
Збільшення зазору між клапаном і спрямовуючої втулкою	Недостатня кількість або низька якість мастильного матеріалу, низька якість ущільнення; природне зношування	Клапан перевірити на биття; втулку замінити або відновити хромуванням	Зазор між клапаном і втулкою встановлюють відповідно до рекомендацій дизелебудівному заводу
Ослаблення сідла в кришці або вставці	Установка сідла без відповідного натягу або низька якість завальцовки; груба обробка поверхні під посадку сідла, тріщини та інші дефекти в сідлі	Сідло завальцовувати, при виявленні тріщин замінити його	При виготовленні сідла необхідно строго дотримуватися рекомендацій дизелебудівному заводу
Пошкодження або корозія сідла, виконаного за одне ціле з кришкою	Дефекти матеріалу кришки; використання високо сірчистого палива; механічні пошкодження	Сідло розточити, а потім притерти клапан по сідла	Перевіряють щільність прилягання клапана до сідла
Знос фаски клапана і сідла, збільшення глибини посадки клапана	неодноразове проточення або шліфування клапана і сідла	Підняти опорну поверхню клапана шляхом вдавлення в центр тарілки конуса для збільшення обсягу зовнішньої частини тарілки; операцію проводити при температурі клапана близько 900 ° С	Перевіряють глибину посадки клапана і щільність його прилягання до сідла.

Таблиця 2.2 - Несправності розподільних валів і способи їх усунення

Несправності	Причини	Способи усунення	Примітки
Тріщини, викришування і відколи цементованої шару кулаків	Низька якість цементатії; механічні пошкодження; порушення центрування приводу газорозподілу; дефект металу	Обробити пошкоджене місце до цілісного металу; зробити плавні відполіровані переходи на робочій поверхні	Площа ураженої ділянки по ширині кулака не більше 10%; на вершині дефекти не допускаються. Стан кулаків перевіряють ультразвуковою дефектоскопією

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ					40

Продовження таблиці 2.2

Несправності	Причини	Способи усунення	Примітки
Знос вершини кулака	Тривала робота; низька якість цементації; зміст в змащувальному матеріалі механічних домішок; неправильна центровка невідповідність зазорів, заїдання приводу	Оробити кулаки до початкового профілю; відновити розміри кулаків плазмовою наплавкою або напиленням; знімні кулаки або кулачні шайби замінити	Необхідне повне прилягання ролика штовхача до кулака, робота без ударів, дотримання рекомендованих зазорів в приводі газорозподілу
Ризики на робочій поверхні кулака	Механічні пошкодження; наявність в змащувальному матеріалі забруднень	Зачистити і відполірувати ризики, щоб видалити виступи і гострі кромки	Повинен забезпечуватися контакт ролика по кулаку на всю ширину
Місцеві вироблення на робочій поверхні кулака	Нерівномірне цементування; порушення центрування приводу; попадання механічних домішок в мастильний матеріал	Відполірувати пошкоджене місце, домагаючись контакту по всій робочій площі кулака	Місцеві вироблення допустимі, якщо вони не надають впливу на режим роботи дизеля
Ослаблення і розгортання кулаків, посадки на вал	Низька якість посадки матеріалу, обробки поверхонь, невідповідність зазорів; заїдання приводу газорозподілу	Наростити метал (Плазмовим напиленням, гальванічним способом), а потім провести обробку	Неприпустимо продовжувати працювати з ослабленими деталями
Ослаблення болтового кріплення кулаків або фіксаторів	Низька якість кріплення матеріалу болтів; невідповідність діаметрів болтів або фіксаторів; збільшення діаметра отвору	Підібрати болти або фіксатори за розміром, розгорнути отвір під новий ремонтний розмір	Неприпустимий люфт у поєднанні
Погнутість тіла вала	Механічні пошкодження, несоосність підшипників, неправильна збірка окремих частин вала	Виявити і усунути причину; виправити погнутість домкратами на призмах, встановлених на плиту	Допуск биття визначає дизелебудівний завод, в будь-яких випадках він не більше 0,05 мм
Ексцентричність шийок щодо осі вала	Нерівномірне зношування внаслідок неправильної укладання вала	Розточити шийки під ремонтний розмір	Допуск співвісності не більше 0,01 мм на 1 м довжини

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

Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ

Арк

41

Продовження таблиці 2.2

Несправності	Причини	Способи усунення	Примітки
Ризики, забоїни на шийках	Механічні пошкодження	Пошкоджене місце зачистити, відшліфувати	На шийках у місцях забоїн не допускаються ризики і виступаючі кромки
Корозія робочих поверхонь кулаків або шийок	Зберігання без належної консервації; підвищена вологість, зміна температури; наявність в маслі великого кількості води	Робочі поверхні відшліфувати, при місцевих ураженнях провести місцеве шліфування	Допускаються корозійні ушкодження, що не порушують профілю кулаків. Шийки можна шліфувати на ремонтний розмір. При місцевій вибірці зменшення площі дотику не менше 10% по ширині
Знос шийок більше допустимого	Природне зношування, зміст в маслі великого кількості механічних домішок, сірки і води; порушення соосності вала і підшипників	Відшліфувати шийки під новий ремонтний розмір і замінити підшипники; відновити шийки вала	При відновленні зношеного шару необхідно забезпечити заданий параметр шорсткості

До основних практичних рекомендацій при експлуатації клапанних механізмів системи газорозподілу слід віднести наступне [4-12]:

1. Рекомендується по можливості уникати використання в двигунах палив з високим вмістом ванадію (бажано, щоб його зміст не перевищувало значень 100 ... 150ppm).

2. Слід уникати обводнення палива морською водою, при випадковому попаданні води - здійснювати активну сепарацію з промиванням палива гарячої прісною водою, яка подається в струмінь палива перед сепаратором. Вода, змішуючись з паливом, розчиняє знаходяться в ньому сполуки натрію і в ході сепарації видаляється разом з ними. Зменшення вмісту Na_2SO_4 суміші з V_2O_5 сприяє зростанню температури плавлення, перешкоджає прилипанню до тіла клапана, а значить - зменшує ймовірність розвитку корозії останнього.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ					42

3. Необхідно вживати заходів, спрямованих на зниження температури вихлопних клапанів (остання не повинна перевищувати 530 °С, бажаний рівень - не вище 450 °С). Багато в чому прийняття цих заходів є предметом турбот конструктора двигуна. Однак і судновий механік, вимушений користуватися паливом з високим вмістом ванадію, може частково виправити становище, знизивши температуру клапанів за рахунок зменшення навантаження двигуна.

Важливо відзначити, що застосування стелітового наплавлення, виготовлення тарілки або всього клапана з німонік, використання пристроїв ротокап (механізму провертання клапана) підвищують ресурс клапанів, але в цілому позначену тут проблему вони не вирішують.

4. При використанні палив з високим вмістом ванадію корисно вводити в них присадки, до складу яких входить Mg (Ameroid Mark-4, VecomFot-SA і ін.). При згорянні палива магній окислюється з утворенням MgO, температура плавлення якого становить 2800 °С. Продукти його взаємодії з оксидами ванадію вже мають температуру плавлення 800...900 °С, що значно перевищує температури клапанів і тим самим виключає небезпеку прилипання і осадження агресивних сполук на клапанах, лопатках турбін і утилізаційних котлах. В результаті сполуки ванадію в сухому вигляді йдуть з дизеля разом з продуктами згорання. Досвід показує, що ці присадки виявляються досить ефективними в боротьбі з високотемпературної корозією і продовженням ресурсу вихлопних клапанів.

На необхідне для двигуна обслуговування впливають робочі умови і якість використовуваного палива.

Через складності в прогнозі всіх можливих робочих умов, які можуть зустрітися при експлуатації двигуна, зазначені в розкладі, періоди слід використовувати тільки як орієнтовні (табл. 2.3). Однак їх ні в якому разі не можна перевищувати протягом гарантійного періоду.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ					43

Якщо виникають показання до більш раннього, ніж зазначено в розкладі, обслуговування, то розсудливий підхід до промислової експлуатації вимагає виконання такого обслуговування.

Крім цього, якщо при огляді або спостереженні з'ясовується, що деякі компоненти зношені або вийшли за межі зазначених допусків, то ці компоненти слід міняти негайно.

Графік періодичності технічного обслуговування газорозподільного механізму наведено в табл. 2.3 [4-7].

Компонування деталей газорозподільного механізму у головці циліндра судового двигуна показано на рис. 2.4.

Таблиця 2.3 – Періодичність ТО і Р газорозподільного механізму

Період проведення робіт, год	Назва деталей механізму	Роботи, які повинні бути проведені
50	Клапанний механізм	Перевірити клапанні зазори через 50 год роботи в нових двигунах і після капітального ремонту.
4000	Кулачковий вал	Перевірити робочі поверхні кулачків; Перевірити контактні поверхні кулачків і роликів штовхачів. Переконалися, що ролики обертаються. Провернути двигун за допомогою валоповоротного пристосування
Між ремонтами	Пускові клапани	Перевірити пускові клапани в голівці циліндрів. При необхідності замінити деталі.
16000	Привід кулачкового валу	Перевірити проміжні шестерні При необхідності замінити деталі.
Між ремонтами	Кулачковий вал	Перевірити підшипники При необхідності замінити.
24000	Головний пусковий клапан	Загальний ремонт головного пускового клапана Замінити зношені деталі
48000	Привід кулачкового валу	Замінити підшипник проміжної шестерні, та при необхідності замінити інші компоненти.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ					44

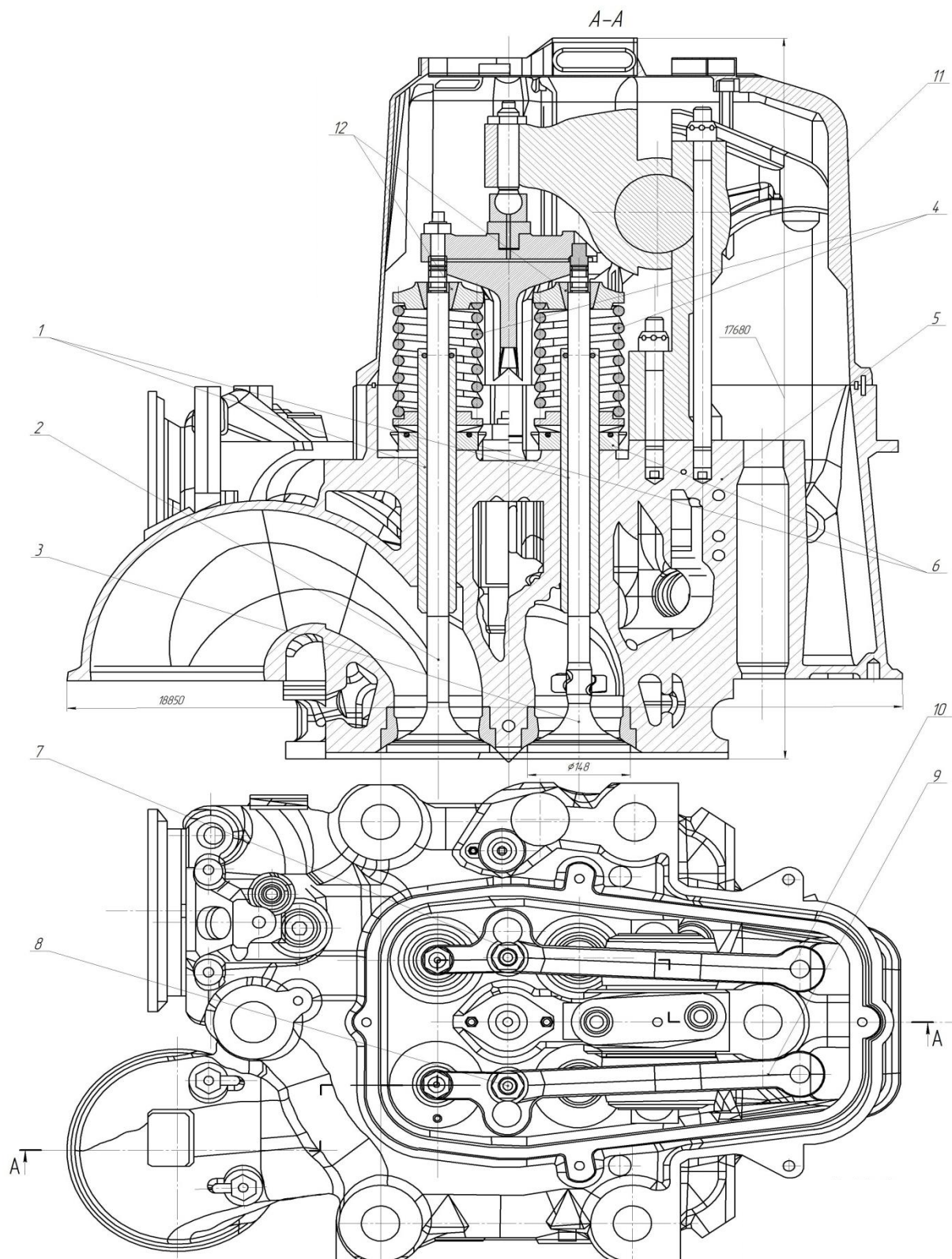


Рисунок 2.4 – Компонування деталей газорозподільного механізму у головці циліндра суднового двигуна Мак 8М43С: 1 – втулка клапана; 2 – впускний клапан; 3 – випускний клапан; 4 – пружина; 5 – корпус головки циліндрів; 6 – механізм повороту клапана; 7 – комплект випускного клапана; 8 – комплект впускного клапана; 9 – рокер впускного клапана; 10 – рокер випускного клапана; 11 – кришка головки циліндра; 12 – затискний конус

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

Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ

Арк

45

РОЗДІЛ 3

ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ МОДЕРНІЗАЦІЇ МЕХАНІЗМУ ГАЗОРОЗПОДІЛУ ГОЛОВНОГО СУДНОВОГО ДВИГУНА

Протікання газообміну визначає величину і якість робочого заряду, який має великий вплив на процес сумішоутворення, вибір і ефективність системи наддуву, теплову напруженість двигуна. Якість газообміну визначається не тільки цими показниками, але також і витратами потужності на здійснення процесу.

Оцінка системи газообміну може бути виконана за сукупністю параметрів і показників з урахуванням параметрів газів перед турбіною. Для вдосконалення процесу газообміну пропонуються методи, в основному на базі оптимізації параметрів газорозподілу, в тому числі конструктивних параметрів випускний і впускний систем (клапани, патрубки, колектор, ресивер), параметрів систем турбонаддува і воздухаснабження.

3.1 Удосконалення систем випуску і впуску

Оптимізація фаз газорозподілу. Для оптимізації фаз газорозподілу необхідно узгодити тривалість продувки, обґрунтувати моменти відкриття і закриття впускних і випускних клапанів [4-12]. З форсуванням двигунів по частоті обертання колінчастого вала спостерігається тенденція до збільшення кута випередження відкриття випускних клапанів і періоду випуску [6]. Однак оптимальні фази газорозподілу для двигуна, що працює по навантажувальній характеристиці, щодо мало залежать від режиму його роботи. Прагнення до досягнення оптимального рішення пред'являє жорсткі вимоги до турбокомпресора, який при високому ККД повинен мати високий ступінь підвищення тиску. У цих випадках доцільні системи зі змінними фазами газорозподілу [15]. Фірма АВВ вивчала вплив регульованих фаз

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ				Арк
				46

газорозподілу на характеристики дизеля з високим тиском наддуву і оцінила ефективність цього заходу [15-16].

На підвищення ефективності двигуна і якість газообміну зокрема спрямовані розроблені методи профілювання газорозподільних кулачків [4-9], забезпечують прийнятні динамічні якості і надійність механізму газорозподілу, в яких вводяться обмеження на швидкість переміщення штовхача і на кут тиску в сполученні кулачок-штовхач і т.і. [10-15].

Вибір параметрів клапанів. При збільшенні тиску наддуву проявляється тенденція збільшення перетину впускних каналів з метою поліпшення наповнення циліндра. Це досягається за рахунок збільшення числа, діаметра і ходу клапанів, але при обмеженнях, що накладаються конструкцією кришки і близькістю циліндричної стінки. Це особливо важливо для сучасних двигунів, до яких пред'являються підвищені вимоги по паливній економічності і надійності роботи механізмів газорозподілу [4-16].

За опублікованими рекомендаціями відношення суми діаметрів впускного і випускного клапанів до діаметру циліндра лежить в межах 0,56... 0,84; діаметр впускного клапана вибирається в межах 0,32...0,42 від діаметра циліндра, а діаметр випускного клапана 0,75...1,0 [4-16]. Оптимальні відносні площі горловин випускних клапанів для чотирьохклапанний кришки циліндра - 0,9, для двохклапанних - 0,87. Збільшення пропускної здатності випускних клапанів, зниження опір випускного каналів за рахунок ефективного профілювання може призводити до зменшення негативного тиску насосних ходів.

3.2 Розрахунок судового дизеля

3.2.1 Вибір і обґрунтування вихідних даних

Процеси, які здійснюються в робочому циліндрі, внаслідок складних взаємозв'язків між параметрами і фізичними явищами, а також через змінність об'єму циліндра дуже складні. Тому в розрахунках звичайно прибігають до

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	впускного і випускного клапанів до діаметру циліндра лежить в межах 0,56... 0,84; діаметр впускного клапана вибирається в межах 0,32...0,42 від діаметра циліндра, а діаметр випускного клапана 0,75...1,0 [4-16]. Оптимальні відносні площі горловин випускних клапанів для чотирьохклапанний кришки циліндра - 0,9, для двохклапанних - 0,87. Збільшення пропускної здатності випускних клапанів, зниження опір випускного каналів за рахунок ефективного профілювання може призводити до зменшення негативного тиску насосних ходів.	
3.2 Розрахунок суднового дизеля						
3.2.1 Вибір і обґрунтування вихідних даних						
Процеси, які здійснюються в робочому циліндрі, внаслідок складних взаємозв'язків між параметрами і фізичними явищами, а також через змінність об'єму циліндра дуже складні. Тому в розрахунках звичайно прибігають до						
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ	Арк
						47

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

Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ

Арк
48

ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ

Коефіцієнт залишкових газів γ_r . Величина коефіцієнта залишкових газів залежить від тактності і оборотності двигуна, типу системи газообміну і її

конструктивного виконання, розмірів циліндра, ступеня стиснення. Приймаємо $\gamma_T = 0,04$ [11].

Температура повітря в наддувочному колекторі T_K . Величина температури в наддувочному колекторі не повинна бути нижче за температуру точки роси, яка залежить від тиску наддувочного повітря, температури навколишнього середовища і відносної вологості навколишнього повітря. У першому наближенні можна прийняти $T_K = 315$ К [11].

Коефіцієнт наповнення циліндра $\eta_n = 0,90$.

Підігрів повітря об стінки циліндра $\Delta T_a = 5$ К [11].

Коефіцієнт зниження тиску при вході в циліндр $K_a = 0,96$.

Показник політропи стиснення. У першому наближенні $n_1 = 1,25$ [11].

Коефіцієнт використання теплоти в кінці згорання, точка “z”. Приймаємо $\xi_z = 0,95$.

Коефіцієнт використання теплоти в кінці процесу розширення, точка “b”. Приймаємо $\xi_b = 0,9$ [11].

Ступінь підвищення тиску в циліндрі λ . Приймаємо $\lambda = 1,12$ [11].

Максимальна температура при згоранні палива T_z . У першому наближенні $T_z = 1500$ К.

Температура в кінці розширення, $T_b = 1050$ К (попередня величина для розрахунку).

Показник політропи розширенні (у першому наближенні) $n_2 = 1,2$ [11].

Температура залишкових газів $T_T = 853$ К [11].

Механічний ККД двигуна, η_m . Приймаємо величину $\eta_m = 0,77$ [11].

Коефіцієнт тактності $z = 0,5$.

Для дизеля МаК 6М43С згідно:

Діаметр циліндра $D_{ц} = 0,43$ м.

Хід поршня $S = 0,6$ м.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ				
					Арк				
					49				

Ефективна потужність двигуна $N_e = 6000$ кВт.

Частота обертання $n = 500$ хв⁻¹.

Число циліндрів $i = 6$ [11].

Очікувана питома ефективна витрата палива $g_e = 0,178$ кг/(кВт·год).

Частка втраченого ходу $\psi_s = 0$ [11].

Коефіцієнти в рівняннях середньої ізохорної теплоємності чистого повітря і чистих продуктів згорання:

$$a'_v = 19,26 \text{ кДж/(кмоль} \cdot \text{K)};$$

$$a''_v = 20,47 \text{ кДж/(кмоль} \cdot \text{K)};$$

$$b' = 0,0025 \text{ кДж/(кмоль} \cdot \text{K}^2);$$

$$b'' = 0,0036 \text{ кДж/(кмоль} \cdot \text{K}^2).$$

Склад палива (приймається умовне паливо) [11]:

вуглець $C = 0,866$ кг;

водень $H = 0,13$ кг;

кисень $O = 0,004$ кг;

волога $W = 0$ кг і

сірка $S = 0$ кг.

Коефіцієнт округлення індикаторної діаграми $\phi_{\text{скр}} = 1$.

3.2.2 Розрахунок процесу наповнення

Необхідний тиск повітря в наддувочному колекторі, МПа [11]:

$$p_k = 0,872 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{g_e \cdot N_e \cdot \alpha \cdot T_K}{D_{\text{ц}}^2 \cdot S \cdot i \cdot n \cdot z \cdot \eta_n}.$$

$$p_k = 0,872 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{0,178 \cdot 6000 \cdot 2,5 \cdot 315}{0,43^2 \cdot 0,61 \cdot 6 \cdot 514 \cdot 0,5 \cdot 0,9} = 0,468 \text{ МПа.}$$

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взам. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	
Зм	Арк
№ докум.	Підп.
Дата	
ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ	
Арк	
50	

Тиск в кінці процесу наповнення, МПа:

$$p_a = K_a \cdot p_k = 0,96 \cdot 0,468 = 0,449 \text{ МПа.}$$

Температура в кінці процесу наповнення, К:

$$T_a = \frac{T_k + \Delta T_a + \gamma_r \cdot T_r}{1 + \gamma_r} = \frac{315 + 5 + 0,04 \cdot 853}{1 + 0,04} = 340 \text{ К.}$$

Коефіцієнт наповнення циліндра [11]:

$$\eta_h = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{p_a}{p_k} \cdot \frac{T_k}{T_a} \cdot \frac{1}{1 + \gamma_r} \cdot (1 - \psi_s).$$

$$\eta_h = \frac{12,5}{12,5 - 1} \cdot \frac{0,449}{0,468} \cdot \frac{315}{340} \cdot \frac{1}{1 + 0,04} \cdot (1 - 0) = 0,929.$$

3.2.3 Розрахунок процесу стиснення

Процес стиснення повітря в циліндрі ДВЗ здійснюється при русі поршня від нижньої мертвої точки (НМТ) до верхньої мертвої точки (ВМТ) [11].

Основне призначення процесу стиснення - підвищення температури заряду для забезпечення самозаймання упорскуємого палива (суміші) і ефективного його спалювання. Цей процес стиснення є політропним з показником ступеня стиснення n_1 , змінним на всьому протязі ходу поршня.

При розрахунку робочого процесу стиснення приймається, що він відбувається за політропою з умовним середнім показником $n_1 = \text{const}$, величина якого забезпечує отримання такої ж роботи на лінії стиснення, як і при дійсному показнику.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ					Арк
										51
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

Коефіцієнти в рівнянні середньої ізохорної теплоємності заряду на лінії стиснення розраховуємо за формулами [11]:

$$a_{vc} = \frac{\gamma_r \cdot a_v'' + [\alpha(1 + \gamma_r) - \gamma_r] a_v'}{\alpha(1 + \gamma_r)}, \text{ кДж/(кмоль} \cdot \text{К)};$$

$$b_c = \frac{\gamma_r \cdot b'' + [\alpha(1 + \gamma_r) - \gamma_r] b'}{\alpha(1 + \gamma_r)}, \text{ кДж/(кмоль} \cdot \text{К}^2);$$

Підставивши значення отримаємо:

$$a_{vc} = \frac{0,04 \cdot 20,47 + [2,5(1 + 0,04) - 0,04] \cdot 19,26}{2,5(1 + 0,04)} = 19,27 \text{ кДж/(кмоль} \cdot \text{К)};$$

$$b_c = \frac{0,04 \cdot 0,0036 + [2,5(1 + 0,04) - 0,04] \cdot 0,0025}{2,5(1 + 0,04)} = 0,0025 \text{ кДж/(кмоль} \cdot \text{К}^2).$$

Середній показник політропи стиснення, n_1 визначаємо методом послідовних наближень за формулою [11]:

$$n_1 = \frac{8,314}{a_{vc} + b_c \cdot T_a (1 + \varepsilon^{n_1 - 1})} + 1.$$

Перше наближення:

$$n_1(I) = \frac{8,314}{19,27 + 0,0025 \cdot 340 \cdot (1 + 12,5^{1,35 - 1})} + 1 = 1,38.$$

Знаходимо різницю значень показника політропи стиснення:

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ				
					Арк				
					52				

$$\Delta n_1 = \left| \frac{n_1 - n_1(I)}{n_1} \right| = \left| \frac{1,35 - 1,38}{1,35} \right| = 0,00146.$$

Оскільки різниця не перевищує $\pm 0,005$, то приймаємо $n_1 = 1,358$.

Тиск в кінці стиснення, МПа [11]:

$$p_c = p_a \cdot \varepsilon^{n_1} = 0,449 \cdot 12,5^{1,358} = 13,86 \text{ МПа}.$$

Температура в кінці стиснення, К:

$$T_c = T_a \cdot \varepsilon^{n_1-1} = 340 \cdot 12,5^{1,358-1} = 872 \text{ К}.$$

3.2.4 Розрахунок процесу згорання

Основним процесом, що відбувається в циліндрі двигуна, є горіння рідкого розпорошеного палива, що упорскується в циліндр дизеля.

Процес горіння представляє окислення складових частин палива з виділенням теплоти, яку необхідно корисно використовувати.

Теоретично необхідно, кількість повітря для згорання 1 кг палива L_0 , кмоль/кг [11]:

$$L_0 = \frac{1}{0,21} \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} + \frac{S}{32} - \frac{O}{32} \right),$$

$$L_0 = \frac{1}{0,21} \left(\frac{0,866}{12} + \frac{0,13}{4} + \frac{0}{32} - \frac{0,004}{32} \right) = 0,498 \text{ кмоль/кг}.$$

Дійсна кількість повітря, необхідна для згорання 1 кг палива L , кмоль/кг:

$$L = \alpha \cdot L_0 = 2,5 \cdot 0,498 = 1,25 \text{ кмоль/кг}.$$

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата						
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ					Арк
										53

$$\beta_0 = 1 + \frac{8H + O}{32L} = 1 + \frac{8 \cdot 0,13 + 0,004}{32 \cdot 1,25} = 1,02.$$
$$X_z = \frac{\xi_z}{\xi_b} = \frac{0,95}{0,90} = 1,05$$
$$\beta = \frac{\beta_0 + \gamma_r}{1 + \gamma_r} = \frac{1,02 + 0,04}{1 + 0,04} = 1,02.$$
$$\beta_z = 1 + \frac{\beta_0 - 1}{1 + \gamma_x} \cdot X_z = 1 + \frac{1,02 - 1}{1 + 0,04} \cdot 1,05 = 1,02.$$
$$k = \frac{8H + O}{32L_0} = \frac{8 \cdot 0,13 + 0,004}{32 \cdot 0,498} = 0,06.$$

Коефіцієнти в рівнянні середньої ізохорної теплоємності газів у точці z визначаються за рівняннями [11]:

$$a_{vz} = \frac{20,47 \left[(1+k) \xi_z + \gamma_r \right] + 19,26 \left[\alpha (1+\gamma_r) - (\xi_z + \gamma_r) \right]}{\alpha (1+\gamma_r) + k \xi_z}, \text{ кДж/(кмоль} \cdot \text{К)};$$

$$a_{vz} = \frac{20,47 \cdot \left[(1+0,06) \cdot 0,95 + 0,04 \right] + 19,26 \cdot \left[2,5 \cdot (1+0,04) - (0,95 + 0,04) \right]}{2,5 \cdot (1+0,04) + 0,06 \cdot 0,95} =$$

$$= 19,788 \text{ кДж/(кмоль} \cdot \text{К)};$$

$$b_z = \frac{0,0036 \left[(1+k) \xi_z + \gamma_r \right] + 0,0025 \left[\alpha (1+\gamma_r) - (\xi_z + \gamma_r) \right]}{\alpha (1+\gamma_r) + k \xi_z}, \text{ кДж/(кмоль} \cdot \text{К}^2 \text{)}.$$

$$b_z = \frac{0,0036 \cdot \left[(1+0,06) \cdot 0,95 + 0,04 \right] + 0,0025 \left[1,9 \cdot (1+0,04) - (0,95 + 0,04) \right]}{1,9 \cdot (1+0,04) + 0,06 \cdot 0,95} =$$

$$= 0,00298 \text{ кДж/(кмоль} \cdot \text{К}^2 \text{)}.$$

Коефіцієнти в рівнянні середньої ізохорної теплоємності газів у точці b [11]:

$$a_{vb} = \frac{20,47 \left[(1+k) + \gamma_r \right] + 19,26 \left[(\alpha - 1) \cdot (1 + \gamma_r) \right]}{\alpha (1 + \gamma_r) + k}, \text{ кДж/(кмоль} \cdot \text{К)};$$

$$b_b = \frac{0,0036 \left[(1+k) + \gamma_r \right] + 0,0025 \left[(\alpha - 1) \cdot (1 + \gamma_r) \right]}{\alpha (1 + \gamma_r) + k}, \text{ кДж/(кмоль} \cdot \text{К}^2 \text{)}.$$

Підставивши значення отримаємо:

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ				
					Арк				
					55				

$$a_{vb} = \frac{20,47 \cdot [(1+0,06)+0,04] + 19,26[(2,5-1) \cdot (1+0,04)]}{2,5 \cdot (1+0,06) + 0,0} =$$

$$= 19,788 \text{ кДж/(кмоль} \cdot \text{К)};$$

$$b_b = \frac{0,0036 \cdot [(1+0,06)+0,04] + 0,0025[(2,5-1) \cdot (1+0,04)]}{2,5 \cdot (1+0,04) + 0,06} =$$

$$= 0,002956 \text{ кДж/(кмоль} \cdot \text{К}^2).$$

Теплота згоряння палива, приведена до абсолютного нуля Q_i , кДж/кг :

$$Q_H = 418,7 \cdot [81 \cdot C + 300 \cdot H - 26 \cdot (O - S) - 6 \cdot (9 \cdot H + W)] =$$

$$= Q_i = 418,7 \cdot [81 \cdot 0,866 + 300 \cdot 0,13 - 26 \cdot (0,004 - 0) - 6 \cdot (9 \cdot 0,13 + 0)] =$$

$$= 42716,6 \text{ кДж/кг.}$$

Нижча теплота згоряння палива, приведена до абсолютного нуля Q'_i , кДж/кг [11]:

$$Q'_i = Q_H + \alpha L_0 (1 + \gamma_r) [\beta_z (a_{vc} + b_z + b_z T_0) - (a_{vc} + b_c T_0)] T_0.$$

$$Q'_H = 42716,6 + 1,9 \cdot 0,498 \cdot (1 + 0,06) \times$$

$$\times [1,0307 \cdot (19,881 + 0,00306 \cdot 290) - (19,296 + 0,0025 \cdot 290)] \cdot 290 =$$

$$= 43117,326 \text{ кДж/кг.}$$

Постійні в рівнянні згоряння:

Підп. і дата		Інв. № дубл.		Взам. інв. №		Підп. і дата		Інв. № подл.	
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ				Арк
									56

$$C = \frac{1}{\beta_z(1+\gamma_r)} \left[\frac{\xi_z Q'_H}{L} + [a_{vc} + b_c T_c + \gamma_r(a_{vb} + b_b T_c) + (1+\gamma_r)8,314 \cdot \lambda T_c] \right] =$$

$$= \frac{1}{1,0307 \cdot (1+0,06)} \left[\frac{0,85 \cdot 43117,326}{0,946} + [19,2786 + 0,0025 \cdot 872 + \right.$$

$$\left. + 0,06 \cdot (19,296 + 0,00253 \cdot 872) + (1+0,06) \cdot 8,314 \cdot 1,12 \cdot 872 \right] = 57058,80.$$

$$B = b_z = 0,003;$$

$$A = 8,314 + a_{vz} = 8,314 + 19,788 = 28,102.$$

У першому наближенні температуру T_z приймаємо виходячи з того, що при більшому значенні $T_z \geq 1800$ К відбувається дисоціація газів, що небажано [11].

Максимальна температура в циклі T_z визначається методом послідовних наближень за формулою, К [11]:

$$T_z = \frac{C}{A + B \cdot T_z}.$$

Перше наближення при $T_z = 1800$ К:

$$T_z(I) = \frac{57058,80}{28,102 + 0,003 \cdot 1800} = 1751,77 \text{ К.}$$

Друге наближення:

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм Арк № докум. Підп. Дата ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ Арк 57				

$$T_z (II) = \frac{57068,6}{28,195 + 0,003 \cdot 1751,77} = 1712,33 \text{ К.}$$

Третє наближення:

$$T_z (III) = \frac{57068,6}{28,195 + 0,003 \cdot 1712,33} = 1718,39 \text{ К.}$$

Максимальний тиск в циліндрі p_z , МПа :

$$p_z = \lambda \cdot p_c = 1,12 \cdot 13,86 = 15,52 \text{ МПа.}$$

3.2.5 Розрахунок процесу розширення

Основний робочий хід поршня двигуна здійснюється при розширенні продуктів згорання. На процес розширення впливають теплообмін газів, що розширюються, із стінками циліндра, можливість витоку газів через нещільність в результаті процесу дисоціації. Всі ці фактори обумовлюють зменшення показника політропи n_2 . У зв'язку з труднощами врахування всіх факторів супроводжуючих процес розширення, для визначення параметрів газів використовують політропу і умовний показник n_2 , що постійний на процесі розширення і дає таку ж роботу, як при дійсній політропі [11].

Ступінь попереднього розширення ρ :

$$\rho = \frac{\beta_z}{\lambda} \cdot \frac{T_z}{T_c} = \frac{1,0307}{1,12} \cdot \frac{1718,39}{872} = 1,81.$$

Ступінь подальшого розширення δ [11]:

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ				
					Арк				
					58				

$$\delta = \frac{\varepsilon}{\rho} = \frac{12,5}{1,81} = 6,9.$$

Температура газу в кінці розширення T_b , К [11]:

$$T_b = \frac{T_z}{\delta^{n_2-1}} = \frac{1718,39}{6,9^{1,27-1}} = 1020,1 \text{ К.}$$

Тиск в кінці процесу розширення p_b , МПа [11]:

$$p_b = \frac{p_z}{\delta^{n_2}} = \frac{15,52}{6,9^{1,27}} = 1,34 \text{ МПа.}$$

3.3 Профілювання кулачкових шайб газорозподільного механізму

Для зменшення впливу коливань елементів газорозподільного механізму і збільшення надійності їх елементів кулачки повинні мати безударний профіль. Виконанаємо розрахунок кулачків. В табл. 3.1 наведені вихідні дані для розрахунку [11].

Таблиця 3.1 - Вхідні данні для розрахунку системи газорозподілу

Параметр	Значення
Діаметр циліндру, м	0,43
Хід поршня, м	0,61
Кількість клапанів на циліндр, од	2,00
Частота обертання двигуна, хв ⁻¹	500,00
Діаметр шпинделя клапану, м	0,01
Середня швидкість потоку, м/с	20,00
Тиск наддування, МПа	0,37
Температура навколишнього повітря, К	293,00
Геометрична ступінь стискання	12,50
Кут закриття впускних клапанів, град після НМТ	28,00

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
										59
					Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ

Визначимо дійсний ступінь стиску з урахуванням втрат на органи газорозподілу за формулою [11]:

$$\varepsilon_0 = \varepsilon(1 - \Psi_a) + \Psi_a$$

де $\Psi_a = h_a / S$ - частка втраченого ходу на органи газообміну, після закриття яких починається стиск в циліндрі.

h_a - частка ходу поршня при якому органи газорозподілу залишаються відкритими.

$$h_a = r \left[(1 - \cos \varphi_1) + \frac{\lambda}{4} (1 - \cos 2\varphi_r) \right]$$

де φ_r - кут закриття впускних клапанів, град після НМТ

r - радіус кривошипа

$$r = S/2 = 0,61 / 2 = 0,31 \text{ м}$$

де λ - постійна кривошипно-шатунного механізму ($X = r/L_{\text{ш}}$)

$L_{\text{ш}}$ - довжина шатуна, для розглянутого двигуна $L_{\text{ш}} = 0,80 \text{ м}$.

$$\lambda = 0,31 / 0,80 = 0,3813$$

Тоді визначимо відстань яку пройде поршень перш ніж будуть перекриті усі газорозподільчі органи.

$$h_a = 0,31 \times \left[(1 - \cos 28,0) + \frac{0,3813}{4,0} \times (1 - \cos 2 \times 28,0) \right]$$

Доля втраченого ходу становитиме:

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ 60				Арк 60

$$\Psi_a = h_a / S = 0,05 / 0,61 = 0,0795$$

Дійсна ступінь стискання у розглянутому двигуни з врахуванням втрат ходу на газообмін становитиме:

$$\varepsilon_0 = 12,5 \times (1 - 0,0795) + 0,0795 = 11,585$$

3.3.1 Розрахунок прохідного перетину випускного клапана

Прохідні перетини впускних і випускних клапанів визначають гіравлічний опір Δp системи газорозподілу Δp . Зменшення Δp можна досягти збільшенням діаметра горловини d й ходу h_k шпінделя клапана (рис 3.1).

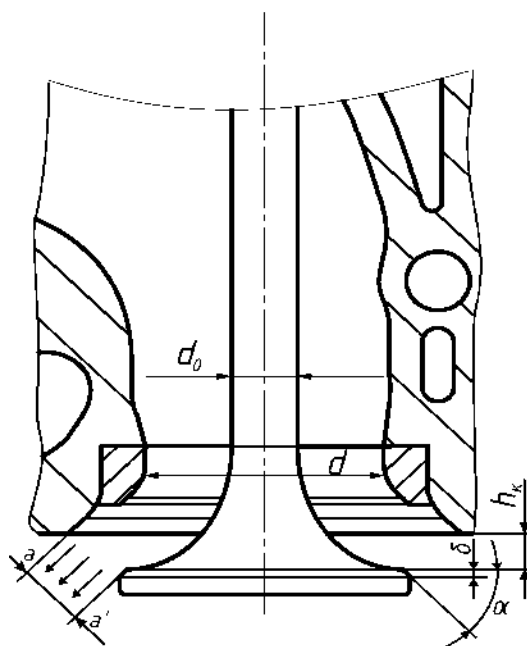


Рисунок 3.1 - Розрахункова схема для визначення основних параметрів випускного клапану чотирохтактного двигуна

Розрахункова площа прохідного перетину клапана визначається з рівняння неперервності газового потоку:

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ Арк 61				
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата					

де d_0 - діаметр шпинделя клапану (за чертежем)

Максимальний хід клапана визначаємо по формулі (з округленням до більшого цілого значення в мм)

$$h_{кл}^{max} = \frac{(d^2 - d_0^2)}{4d_{кл} \cos \alpha_{кл}}$$

де $\alpha_{кл}$ - кут нахилу ущільнювальної кромки клапана ($\alpha_{кл} = 30,0$);

$d_{кл}$ - діаметр тарілки клапана ($d_{кл} = (1,1 \dots 1,25) d_{горл}$);

$$d_{кл} = 1,2 \quad d_{горл} = 1,20 \times 0,2375 = 0,2850 \text{ м.}$$

$$h_{кл}^{max} = \frac{0,2375^2 - 0,0050^2}{4 \times 0,2850 \times \cos 30,0^\circ} = 0,0571 \text{ м}$$

Основою побудови діаграм відкриття й закриття клапанів служить кінематика привода клапана. Зміна ходу клапана у функції кута повороту колінчастого вала визначається профілем кулачної шайби.

Діаграма лінійного відкриття клапанів, обумовленого профілем кулачків газорозподільного привода.

3.3.2 Визначення фаз відкриття клапанів газорозподілу та побудова профілю кулачкової шайби

Для визначення параметрів кулачкового привода клапанів виконуємо розрахунок профілів відкриття клапанів та кулачкової шайби. Задамо фазі газорозподілу відповідно до прототипу (табл. 3.2).

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ					Арк
										63
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

Таблиця 3.2 - Фазі газорозподілу двигуна взятого у якості прототипу

Параметр	Значення
Відкриття випускних клапанів , град до НМТ	55,00
Закриття випускних клапанів, град після НМТ	220,00
Відкриття впускних клапанів, град до НМТ	230,00
Закриття впускних клапанів, град після НМТ	40,00

Відповідно до наведених значень кутів відкриття та закриття клапанів визначимо кутові проміжки у продовж яких вони залишаються відкритими.

$$\Delta\varphi_{\text{вип.}} = \varphi^{\text{в}}_{\text{вип.}} + \varphi^{\text{з}}_{\text{вип.}} = 55,0 + 220 = 275^{\circ}$$

$$\Delta\varphi_{\text{вип.}} = \varphi^{\text{в}}_{\text{вип.}} + \varphi^{\text{з}}_{\text{вип.}} = 230 + 40,0 = 270^{\circ}$$

Складемо графічну схему відкриття клапанів (рис. 3.2)

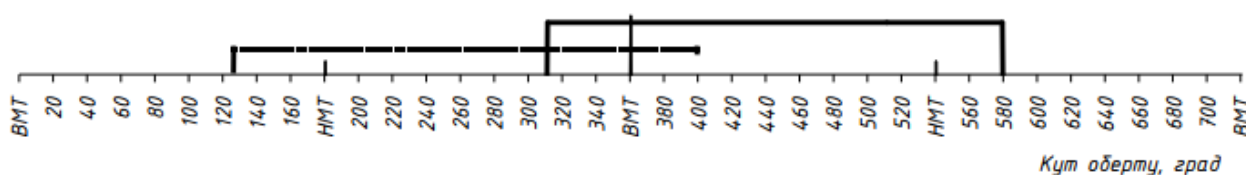


Рисунок 3.2 - Графічна схема відкриття клапанів: ----- випускний клапан; _____ впускний клапан

Визначимо кут, продовж якого відбувається відкриття. Для цього визначимо час який необхідно на відкриття клапану при заданому у значенні середньої швидкості відкриття, яка для суднових дизелів не повинна перевищувати 5 м/с, а максимальна швидкість 10 м/с.

Визначимо час за який колінчастий вал обертається на 1°

$$t_{1^{\circ}} = \frac{1}{6n} = \frac{1}{6 \times 500} = 0,000333 \text{ с.}$$

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

Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ	Арк
						64

Прийнявши середню швидкість $c = 0,10$ м/с, визначимо час необхідний на відкриття клапану:

$$t_{\text{від}} = \frac{h_{\text{кл}}^{\text{max}}}{v_{\text{ср}}} = \frac{0,0571}{4,00} = 0,014\text{с}$$

Теж саме у кутовому відрізку :

$$\varphi_{\text{від}} = \frac{t_{\text{від}}}{t_{10}} = \frac{0,014}{0,000333} = 42,836^\circ$$

Округлюємо отримане значення до більшого цілого парного значення, тобто, приймаємо $\Phi_{\text{від}} = 52,0^\circ$

Прийнявши, що за звичай, у приводі клапанів застосовують закон пропорційного зростання швидкості, побудуємо трикутник зміни швидкості на ділянці відкриття клапану (рис. 3.3). Прийнемо також, що закон зміни швидкості є симетричним.

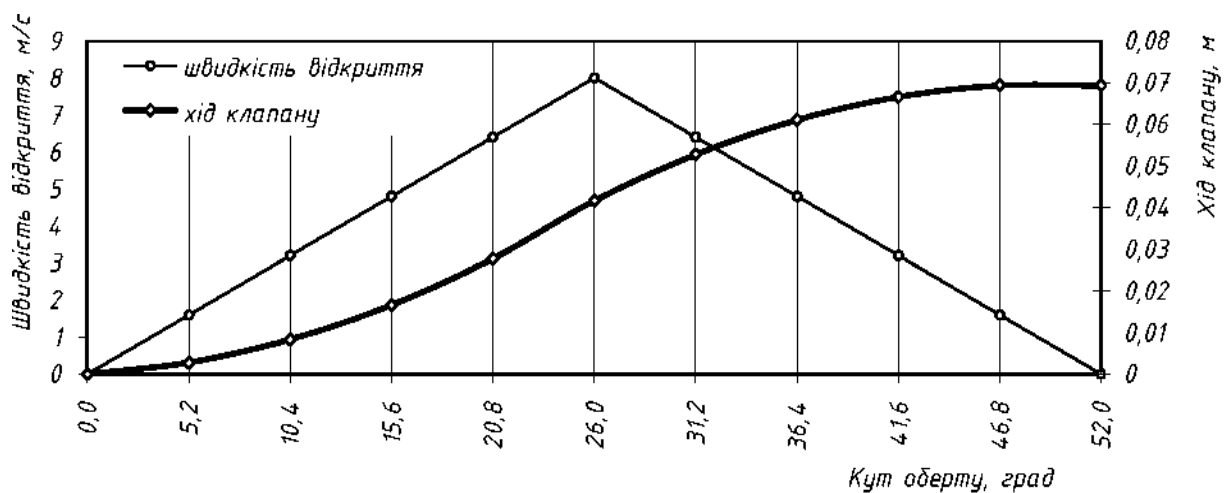
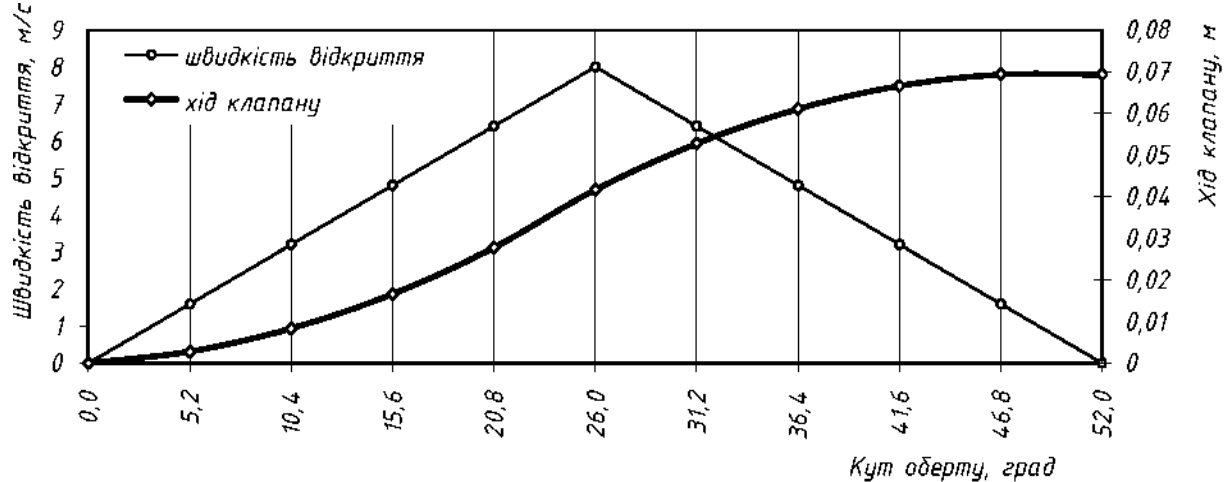


Рисунок 3.3 - Графічна схема відкриття клапанів

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

Прийнявши, що за звичай, у приводі клапанів застосовують закон пропорційного зростання швидкості, побудуємо трикутник зміни швидкостіна ділянці відкриття клапану (рис. 3.3). Прийmemo також, що закон зміни швидкості є симетричним.



Кут обертання, град	Швидкість відкриття, м/с	Хід клапану, м
0,0	0,0	0,00
5,2	1,6	0,005
10,4	3,2	0,01
15,6	4,8	0,02
20,8	6,4	0,03
26,0	8,0	0,045
31,2	6,4	0,055
36,4	4,8	0,06
41,6	3,2	0,065
46,8	1,6	0,07
52,0	0,0	0,07

Рисунок 3.3 - Графічна схема відкриття клапанів

					ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ		Арк		
							65		
Зм		Арк		№ докум.		Підп.		Дата	

Розіб'ємо діапазон підняття клапану на 10 рівних відрізків, та за графіком (рис. 3.3) визначимо значення швидкості у знайдених 11 точках. Занесемо отримані значення до табл. 3.3.

Таблиця 3.3 - Зміна швидкості на ділянці підймання клапану

Номер точки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Швидкість, c , м/с	0,00	1,60	3,20	4,80	6,40	8,00	6,40	4,80	3,20	1,60	0,00
Переміщення, h , см	0,00	0,23	0,69	1,37	2,28	3,43	4,34	5,03	5,48	5,71	5,71

Визначимо час відкриття клапану на кожній ділянці:

$$t_{1/10} = t_{eid} / 10 = 0,0143 / 10 = 0,0014 \text{ с.}$$

Визначимо положення клапану на кожній ділянці під час його відкриття:

Аналогічно знаходимо:

$$h_2 = 0,0023 \text{ м, або } 0,23 \text{ см}$$

$$h_3 = 0,0069 \text{ м, або } 0,69 \text{ см}$$

$$h_4 = 0,0137 \text{ м, або } 1,37 \text{ см}$$

$$h_5 = 0,0228 \text{ м, або } 2,28 \text{ см}$$

$$h_6 = 0,0343 \text{ м, або } 3,43 \text{ см}$$

$$h_7 = 0,0434, \text{ або } 4,34 \text{ см}$$

$$h_8 = 0,0503 \text{ м, або } 5,03 \text{ см}$$

$$h_9 = 0,0548 \text{ м, або } 5,48 \text{ см}$$

$$h_{10} = 0,0571 \text{ м, або } 5,71 \text{ см}$$

Прийнявши, що зазвичай у чотирьохтактних двигунів приймають симетричний профіль кулачка, побудуємо діаграму відкриття та закриття клапанів у розглянутому двигуні (рис. 3.4). Виконавши наведені вище розрахунки для кожної ділянки підняття або опускання клапану отримаємо результати наведені у табл. 3.4.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
										ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ
					Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	

Занесемо отриманні значення ходу клапану до табл. 3.3 та нанесемо отримані точки на графік (рис. 3.3). З'єднав нанесені точки між собою плавною лінією, отримаємо криву відкриття клапану.

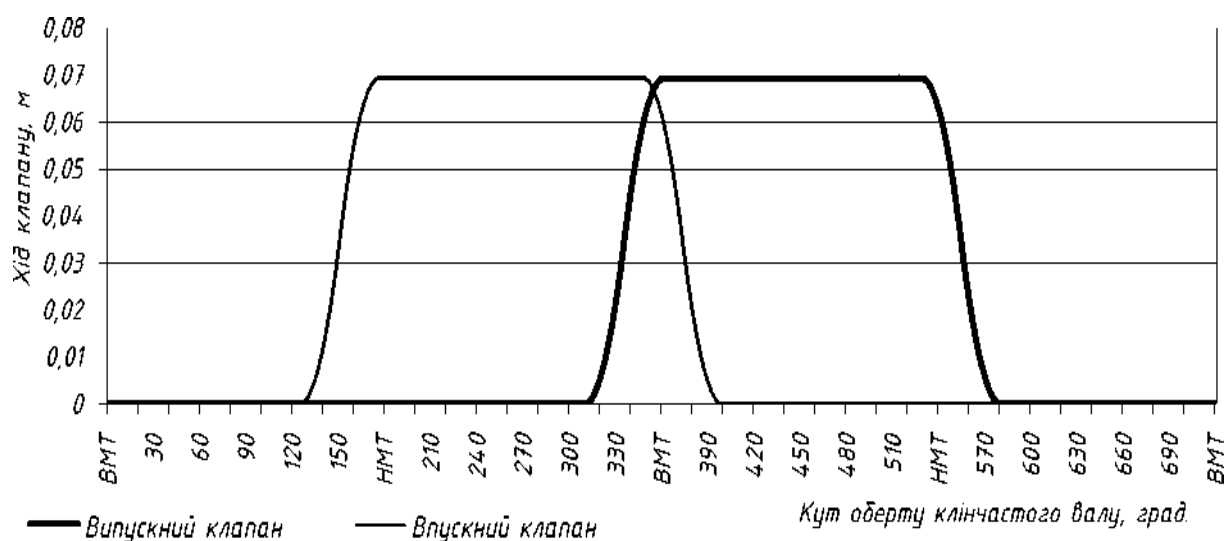


Рисунок 3.4 - Діаграма відкриття клапанів

Таблиця 3.4 - Результати розрахунку діаграми відкриття клапанів

Кут	Впуск	Випуск	Кут	Впуск	Випуск	Кут	Впуск	Випуск
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0	240	0,06933333	0	480	0	0,06933333
10	0	0	250	0,06933333	0	490	0	0,06933333
20	0	0	260	0,06933333	0	500	0	0,06933333
30	0	0	270	0,06933333	0	510	0	0,06933333
40	0	0	280	0,06933333	0	520	0	0,06933333
50	0	0	290	0,06933333	0	530	0	0,06923077
60	0	0	300	0,06933333	0	540	0	0,0625641
70	0	0	310	0,06933333	0	550	0	0,04564103
80	0	0	320	0,06933333	0,00564103	560	0	0,02153846
90	0	0	330	0,06933333	0,02153846	570	0	0,00564103
100	0	0	340	0,06933333	0,04564103	580	0	0
110	0	0	350	0,06902564	0,0625641	590	0	0
120	0	0	360	0,06133333	0,06923077	600	0	0

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

Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ				Арк
				67

Продовження табл. 3.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
130	0,00153846	0	370	0,04338462	0,06933333	610	0	0
140	0,01230769	0	380	0,01948718	0,06933333	620	0	0
150	0,03333333	0	390	0,00461538	0,06933333	630	0	0
160	0,05538462	0	400	0	0,06933333	640	0	0
170	0,06717949	0	410	0	0,06933333	650	0	0
180	0,06933333	0	420	0	0,06933333	660	0	0
190	0,06933333	0	430	0	0,06933333	670	0	0
200	0,06933333	0	440	0	0,06933333	680	0	0
210	0,06933333	0	450	0	0,06933333	690	0	0
220	0,06933333	0	460	0	0,06933333	700	0	0
230	0,06933333	0	470	0	0,06933333	710	0	0

Приймемо відповідно до прототипу, діаметр утворюючої поверхні кулачка розподільного валу $d_{yt} = 0,35$ м.

Додавши до цього значення величину ходу клапану (табл. 3.5), та представивши отримані данні у полярній системі координат (рис. 3.5), отримаємо профіль кулачкової шайби для приводу впускних клапанів при передавальному числі механізму приводу 1:1.

Таблиця 3.5 - Результаті розрахунку профілю кулачка впускного клапану

Кут	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Висот а	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	36,23	40,54	41,93	41,93	41,93	41,93	41,93
Кут	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270
Висот а	41,93	41,93	41,93	41,93	41,13	36,95	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
Кут	280	290	300	310	320	330	340	350	360	-	-	-	-	-
Висот а	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	-	-	-	-	-

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ					Арк
															68
					Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

Отриманий розрахунковим шляхом профіль кулачкової шайби в цілому відповідає профілю базового двигуна розглянутого в проекті.

Аналогічним чином при необхідності можна побудувати профіль випускного клапану двигуна.

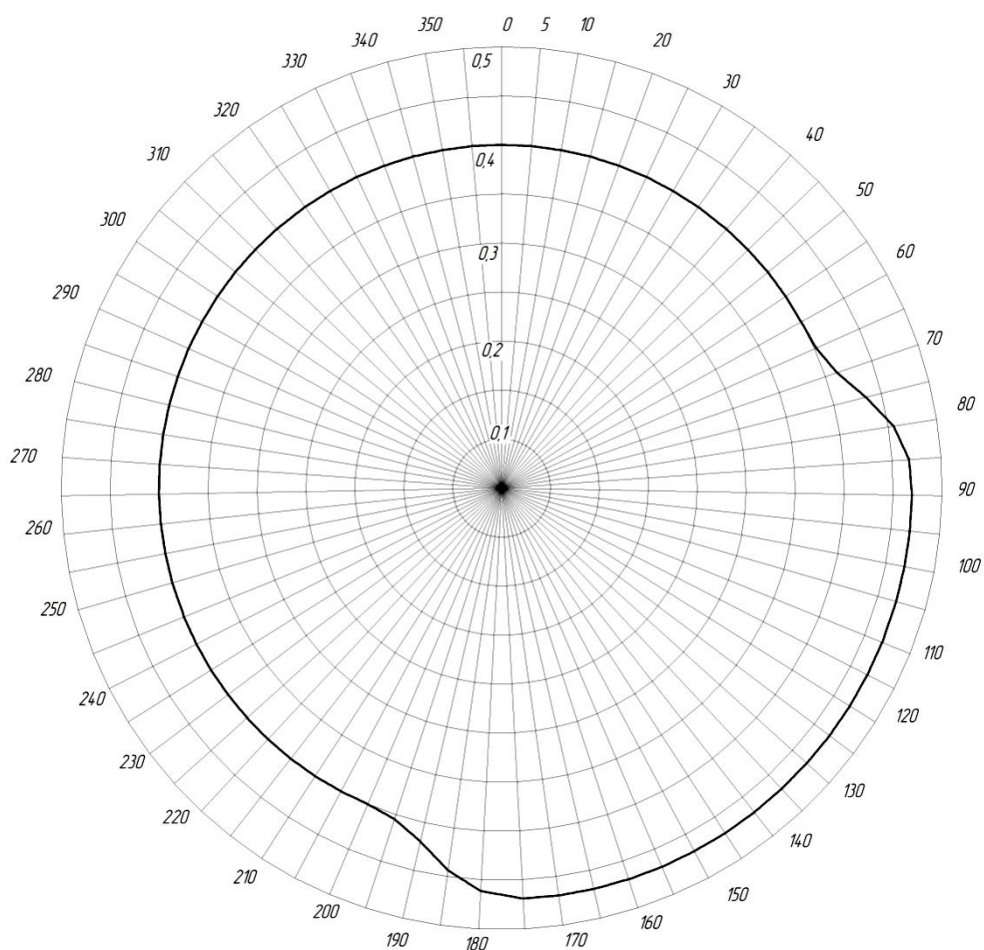


Рисунок 3.5 - Розрахунковий профіль кулачкової шайби випускного клапану

3.3.3 Розрахунок процесу газообміну

Визначимо втрату тиску при проходженні повітря під час продувки.

Втрата тиску у впускних клапанах може бути визначена за спрощеною методикою з рівняння Бернуллі:

$$\Delta p_{\text{вп}} = 10^{-5} \frac{\rho_s}{2} (1 + \xi) c_k^2$$

Інв. № подл.	Підп. і дата				Інв. № дубл.	Підп. і дата					
Інв. № подл.	Підп. і дата				Взам. інв. №	Рисунок 3.5 - Розрахунковий профіль кулачкової шайби випускного клапану					
Інв. № подл.	Підп. і дата				Взам. інв. №	3.3.3 Розрахунок процесу газообміну					
Інв. № подл.	Підп. і дата				Взам. інв. №	Визначимо втрату тиску при проходженні повітря під час продувки.					
Інв. № подл.	Підп. і дата				Взам. інв. №	Втрата тиску у випускних клапанах може бути визначена за спрощеною методикою з рівняння Бернуллі:					
Інв. № подл.	Підп. і дата				Взам. інв. №	$\Delta p_{\text{вп}} = 10^{-5} \frac{\rho_s}{2} (1 + \xi) c_k^2$					
Інв. № подл.	Підп. і дата				Взам. інв. №	ПІННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ					
Інв. № подл.	Підп. і дата				Взам. інв. №	Зм Арк № докум. Підп. Дата					

де ξ - коефіцієнт опору випускної системи й клапана, який для суднових дизелів може бути прийнятий рівним 0,03;

ρ_s - щільність повітря при параметрах у продувному ресивері, визначається по формулі:

$$\rho_s = \frac{1000 p_s}{R \times T_s}$$

де p_s - абсолютне значення тиску наддування ($p = 0,35$ МПа);

R - газова постійна ($R = 0,287$ кДж/(кгхК));

T_s - температура повітря у ресивері, К.

Температура повітря у впускному колекторі двигуна з наддувом залежить від температури на виході з компресора і залежить від ступеня підвищення тиску:

$$T_k = T_0 \left(\frac{p_k}{p_0} \right)^{\frac{n_k - 1}{n_k}}$$

де n_k - показник політропи стиснення в компресорі, що залежить від його типу і ступеня досконалості протікає в ньому процесу, $n_k = 1,4 \dots 2$.

$$T_k = 293,00 \left(\frac{0,368}{0,103} \right)^{\frac{1,6 - 1}{1,6}} = 472,33 \text{ К}$$

У двигуні з охолоджувачем після компресора температура у впускному трубопроводі визначається наступним чином:

$$T_s = T_k - \sigma_{ox} (T_k - T_{a2})$$

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

ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ

Арк

70

де T_{a2} - середня температура охолоджуючого агента в повітроохолоджувачі,
при використанні для охолодження забортної води $m_a = T_0 = 293\text{ K}$;
 T'_k - температура повітря перед охолоджувачем, яка приймається рівною
температурі на виході з компресора;
 σ_{ox} - ступінь охолодження (у водо-повітряних охолоджувачів приймають
 $\sigma_{ox} = 0,75 \dots 0,95$.)

$$T_s = 472,33 - 0,92 \times (472,33 - 293,00) = 307,35\text{ K}$$

вході у двигун:

$$\rho_s = \frac{1000,0 \times 0,350}{0,287 \times 307,35} = 3,97\text{ кг / м}^3$$

Втрата тиску у органах газорозподілу:

$$\Delta p_{\text{вт}} = 10^{-5} \times \frac{3,97}{2} \times (1 + 0,03) \times 20^2 = 0,0082\text{ МПа}$$

Тоді

$$p_a = p_s - \Delta p_{\text{вт}} = 0,35 - 0,0082 = 0,3418\text{ МПа}$$

де p_a - тиск повітря у робочому циліндрі

Коефіцієнт залишкових газів (γ_r), характеризує якість очищення
циліндра від продуктів згоряння і визначається як відношення числа молей
залишкових газів до числа молей свіжого заряду. Без урахування продувки і
дозарядки циліндра коефіцієнт залишкових газів визначається за допомогою
залежності:

$$\gamma_r = \frac{(T_s + \Delta T) \times p_r}{T_r \times (\epsilon p_a - p_r)}$$

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

ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ

Арк

71

де T_r - температура залишкових газів, $T_r = 650$ К.

ΔT - степінь підігріву заряду на впуску, для дизелів з високим наддувом

$\Delta T = -10 \dots 10$ К. Приймаємо $\Delta T = 6$ К.

ε - степінь стискання заряду, для розглянутого дизеля, $\varepsilon = 11,6$

P_r - тиск залишкових газів. Для двигунів з високим наддувом приймають:

$$p_r = (0,75 \dots 0,98)p_s$$

$$p_r = 0,92 \times 0,35 = 0,32 \text{ МПа}$$

$$\gamma_r = \frac{(307 + 6) \times 0,32}{650 \times (11,6 \times 0,3418 - 0,32)} = 0,0427$$

Температура в кінці процесу впуску (T_a) залежить від температури повітря після компресора T_s , підігріву заряду ΔT , температури T_r і коефіцієнта залишкових газів γ

$$T_a = \frac{T_s + \Delta T + \gamma_r T_r}{1 + \gamma_r}$$

$$T_a = \frac{307 + 6 + 0,0427 \times 650}{1 + 0,0427} = 327,12 \text{ К}$$

Коефіцієнт наповнення (n_v) є найважливішим показником якості процесів газообміну [11]:

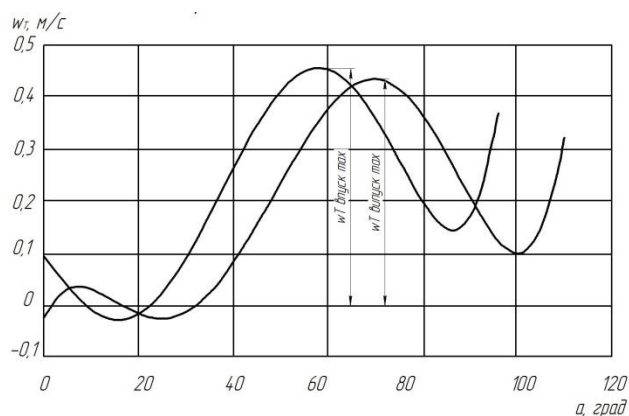
$$\eta_v = \frac{T_s}{(T_s + \Delta T) \times (\varepsilon - 1)} \left(\frac{\varepsilon p_a}{p_s} - \frac{p_r}{p_s} \right) = \frac{307,35}{(307 + 6) \times (11,6 - 1)} \times \left(\frac{11,6 \times 0,3418}{0,35} - \frac{0,32}{0,35} \right) = 0,96$$

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Зм Арк № докум. Підп. Дата ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ Арк 72				

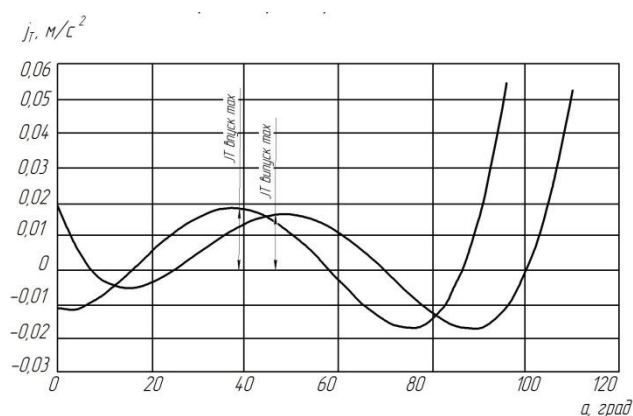
Результати отримані у результаті виконаного розрахунку в цілому відповідають реальним показникам розглянутого двигуна. Отриманий розрахунковим шляхом профіль кулачкової шайби в цілому відповідає профілю базового двигуна розглянутого в проекті [11].

Для проведення оцінки ступеня удосконаленості профіля кулачкової шайби з точки зору безударності, проведена графічна обробка отриманої зміни координати переміщення штовхача в процесі роботи [11].

За результатами розрахунків, які не враховують пружні деформації приводу клапанного механізму, побудовані діаграми підйому (переміщення), швидкості і прискорень штовхача при русі по безударному кулачку в залежності від кута повороту розподільного валу (рис. 3.6).



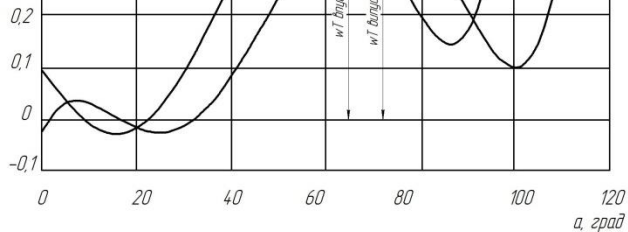
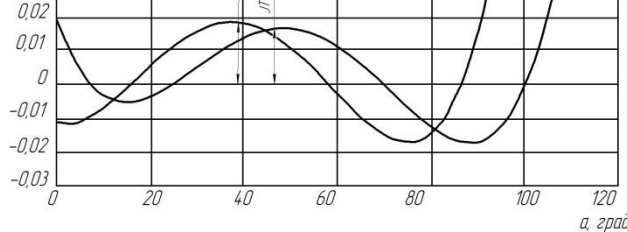
а)



б)

Рисунок 3.6 – Діаграми швидкості (а) і прискорення (б) руху штовхача в системі безударного кулачка

Висновок. Отримані значення швидкості і прискорення не перевищують допустимих значень і в повному обсязі задовольняють вимогам для безударних кулачків судових двигунів.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	 				
					а) б)				
					Рисунок 3.6 – Діаграми швидкості (а) і прискорення (б) руху штовхача в системі безударного кулачка				
					Висновок. Отримані значення швидкості і прискорення не перевищують допустимих значень і в повному обсязі задовольняють вимогам для безударних кулачків суднових двигунів.				

					ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ	Арк
						73
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці

Нормативно-правова та законодавча база охорони праці на судах.

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

До нормативно-технічної бази з охорони праці при роботі у МКВ судна відносяться наступні, спеціально розроблені, документи [18-19]:

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

Міжнародні документи:

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

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

Підп. і дата		1) Правила технічної експлуатації суднових енергоустановок; 2) Правила технічної експлуатації суднових електроустановок; 3) Правила устрою й безпечної експлуатації парових і водогрійних котлів та судин під тиском; 4) Правила пристрою й безпечної експлуатації суднових двигунів внутрішнього згоряння; 5) Правила техніки безпеки при експлуатації суднового тепломеханічного й електричного встаткування. Міжнародні документи: ІМО 2011 – міжнародний нормативно-правовий документ, який вступив в силу в 2011 році. Згідно з ІМО 2011 будуть посилені норми викидів в атмосферу, порівняно з 2000 роком. Марпол 2006 – міжнародна конвенція щодо запобігання забруднення морського середовища суднами.	Інв. № дубл.		Взам. інв. №		Підп. і дата		Інв. № подп.	
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ					Арк
										74

СОЛАС 74 – конвенція по охороні життя людини на морі. Основні цілі конвенції СОЛАС – визначення мінімальних стандартів по конструкції, обладнанню та плаванню судин, відповідаючи за їх безпеку.

Також до цього списку можна додати МКУБ (ISMcode), ПДНВ (STCW 95/98) та інструкції, що розробляються спеціально роботодавцем.

Аналіз небезпечних і шкідливих факторів у машинному відділенні. На людину в процесі його діяльності можуть впливати різні небезпечні й шкідливі фактори. Судно в комплексі з наявністю в ньому різного устаткування і механізмів являє собою об'єкт підвищеної небезпеки зі значною кількістю небезпечних і шкідливих факторів [18-19]. До числа цих факторів відносяться:

Таблиця 4.1 - Потенційні небезпеки й шкідливі фактори на судні

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

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ					75

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

Для дотримання умов мікроклімату передбачені системи вентиляції й опалення. Сприятливими для роботи є умови при відносній вологості в 40...60% і температурі 18...22 °С. У робочих умовах, однією з найважливіших умов є освітленість робочого місця, нормованим значенням освітленості вважається освітленість в 200 лк. Відповідно до вимог державних стандартів робоче місце повинне забезпечувати максимально можливу зручність проведення робіт у положенні сидячи й стоячи. Кут зору для охопту інформаційного поля повинен бути не більше 120°. Робоча зона повинна бути не менш 1 м. Завдяки математичному моделюванню, стає можливим істотно зменшити вплив небезпечних і шкідливих факторів на персонал при випробуваннях і наступній експлуатації валогенераторної установки суден, завдяки вибору оптимального режиму роботи.

					ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ	Арк
						76
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

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

					ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ	Арк
						77
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

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

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

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

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

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

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ					Арк
										78
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

4.1.1 Розрахунок приточно-витяжної вентиляції в машиннокотельному відділенні

Вибір виду вентиляції залежить від типу й призначення судна, району його плавання, а також від потужності суднової енергетичної установки. Тип вентиляції й кратність повітрообміну залежать від призначення приміщень, що обслуговуються вентиляцією, і визначаються часом перебування в них людей, а також рівнем загазованості й надлишкових тепловиділень [18-19].

Кратність повітрообміну n показує, скільки разів переміняється повітря в приміщенні за одну годину і визначається за рівнянням:

$$n = L/V, \quad (4.1)$$

де L — обсяг подаваного в приміщення або видаленого з нього повітря, м³/год;

V — об'єм робочого приміщення, $V = 19000$ м³.

Подача повітря розраховується за виразом:

$$L = Q_{\text{заг}} / (c \cdot \gamma \cdot \Delta T), \quad (4.2)$$

де $Q_{\text{заг}}$ — сумарні явні тепловиділення від обладнання, що знаходиться в машинному відділенні, Вт;

c — питома теплоємність повітря, Дж/(кг·К), $c = 1,01 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К);

γ — густина повітря, при 20 °С і нормальному атмосферному тиску $\gamma = 1,3$ кг/м³;

ΔT — допустима різниця повітря між зовнішнім повітрям та повітрям у машинному відділенні, $\Delta T_{\text{літо}} = 12^\circ\text{C}$, $\Delta T_{\text{зима}} = 27^\circ\text{C}$.

Кількість тепла, що потрапляє до машинного відділення від головного двигуна розраховуємо за виразом:

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ				
					Арк				
					79				

$$Q_T = K_T \cdot N_e \cdot B \cdot q_e, \quad (4.3)$$

де K_T – коефіцієнт, що враховує кількість тепла, що виділяється дизелем.

При водо-водяній системі охолодження $K_T = 0,02$. В залежності від моделей двигуна, необхідна кількість відведеного тепла може досягати до 5 % від тепла, що підводиться паливом;

N_e – ефективна потужність дизеля, кВт, $N_e = 10680$ кВт;

B – нижча теплота згоряння, $B = 42500$ кДж/кг;

g_e – питома витрата палива, кг/(кВт·год), $g_e = 0,164$ кг/(кВт·год).

Тоді:

$$Q_T = 0,02 \cdot 42500 \cdot 10680 \cdot 0,164 = 1488792 \text{ кДж/год.}$$

Кількість витяжного повітря з МО підраховується як різниця приточного повітря й повітря, споживане працюючими головними двигунами (якщо двигуни забирають повітря з МВ):

$$L'_e = L_b - L_d, \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.4)$$

Кількість повітря, споживаного двигунами:

$$L_d = 14,6 \cdot g_e \cdot \alpha \cdot N_e, \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.5)$$

де α – коефіцієнт надлишку повітря, $\alpha = 2,4$.

Тоді $L_d = 14,6 \cdot 0,164 \cdot 2,4 \cdot 10680 = 61373 \text{ м}^3/\text{год.}$

Підставляємо отримані значення в (4.2), проводимо розрахунок:

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата					
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ				
					Арк				
					80				

$$L_{\text{літо}} = Q_{\text{заг}} / (c \cdot \gamma \cdot \Delta T) = 1488792 / (1,01 \cdot 1,3 \cdot 12) \approx 94490,48 \text{ м}^3/\text{год.}$$

$$L_{\text{зима}} = Q_{\text{заг}} / (c \cdot \gamma \cdot \Delta T) = 1488792 / (1,01 \cdot 1,3 \cdot 27) \approx 41995,77 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Підставляємо отримані значення до (4.4), та проводимо розрахунок:

- для літа $L'_6 = 94490,48 - 61373 = 33117,48 \text{ м}^3/\text{год.}$
- для зими $L'_6 = 41995,77 - 61373 = -19377,23 \text{ м}^3/\text{год.}$

Згідно з (4.1) розрахункова кратність вентиляції машинного відділення становить для літа

$$n_{\text{літо}} = L_{\text{літо}} / V = 33117,48 / 6500 \approx 5,1 \text{ год}^{-1}.$$

На судні встановлено систему вентиляції машинного відділення, що забезпечує умови праці.

Цей розрахунок виконаний з метою визначення необхідної кількості циркулюючого повітря в машинному відділенні згідно загальних санітарно-гігієнічних умов даної кількості циркулюючого повітря вистачає для підтримки метеорологічних умов на оптимальному рівні а встановленої потужності вентиляторів марки SMC8 – 100 дозволяють підтримувати необхідні параметри в межах 40...60 % при наявності повітряного опалення, у літню пору нормалізується. Для підтримки необхідних параметрів повітря у МКВ на судні застосована система приливно-витяжної вентиляції та опалення.

Мікроклімат у машинному відділенні визначається наступними параметрами: вологість, температура, рухливість повітря, тиск повітря, теплота, що виділяється від нагрітого повітря, устаткування та механізмів [18].

Підвищена температура повітря в робочому приміщенні викликає швидку стомлюваність організму, перегрів. Це веде до зниження працездатності і може стати причиною травматизму. Низька температура викликати місцеве чи загальне охолодження організму. Для підтримки нормальної температури передбачається вентиляція з підігрівником і

Інв.№ подп.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк	
										ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ	81
					Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

охолоджувачем повітря. Для гарного самопочуття людей немаловажне значення має температура робочих поверхонь. Щоб уникнути їхнього впливу температура повинна бути не нижче температури повітря допустимого в приміщенні и не менше крапки роси [18-19].

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

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, електро побутових приладів і телерадіоапаратури визначається капітаном судна із призначенням відповідальних осіб за контроль їх безпечного стану й використання [18-19].

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

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
										82
					Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ

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 [18-19].

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 і D і їх комбінації); структуру й вражаючі фактори продуктів неповного згоряння горючої речовини (водяна пара, двоокис вуглецю, окис 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 [18-19].

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ					Арк
										83
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

Дії при боротьбі з пожежами. Основною метою боротьби з пожежами на судні є: порятунок пасажирів і екіпажу; локалізація пожежі (запобігання поширення небезпечних факторів пожежі судном, вибухів парів ЛЗР, балонів зі стисненим газом, небезпечних вантажів); гасіння пожежі всіма наявними засобами; способами збереження остійності й запасу плавучості.

Тактика боротьби з пожежами містить у собі: оголошення пожежної тривоги; при можливості, огляд аварійного району для уточнення місця, типу палаючої речовини, інтенсивності пожежі; визначення порядку виконання дій з порятунку пасажирів і екіпажу, локалізації й боротьби з пожежею, видаленню води, що накопичується при гасінні пожежі [18-19].

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

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

Для прискорення гасіння пожежі капітан може змінити організацію збору АП і направити першого готового пожежника до місця пожежі [18-19].

Способи, прийоми й засоби гасіння пожежі необхідно обирати виходячи з місця пожежі, його інтенсивності й розмірів, фізико-хімічних властивостей

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
					ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ					84
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

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 [18-19]:

- будь-який неправомірний акт насильства, затримки або грабіж, вчинені з особистими цілями екіпажем приватновласницького судна або приватновласницького літального апарата у відкритому морі проти іншого судна або проти осіб, або майна, що перебувають на його борту;
- проти якого-небудь судна, осіб або майна в місці поза юрисдикцією якої б те не було держави;
- будь-який акт добровільної участі у використанні якого-небудь судна, зроблений зі знанням обставин, у силу яких судно є піратським;
- будь-яке діяння, що є підбурюванням або свідомим сприянням здійсненню дій, що передбачаються в п. 1 і 2.

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

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ					Арк
										85
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

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 [18-19].

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) [18-19].

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 [18-19]:

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 [18-19].

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПІНІ НУК 131.61.23.18. ПЗ					Арк
										86
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

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 [18-19].

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) [18-19].

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 [18-19]:

а) входити до територіальних вод Сомалі з метою припинення актів піратства та збройного пограбування на морі, так само як це дозволяється

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

Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПІНІ НУК 131.61.23.18. ПЗ	Арк
						87

робити у відкритому морі щодо піратства у відповідності до норм міжнародного права;

б) використовувати в межах територіальних вод Сомалі усі необхідні заходи з метою припинення актів піратства та збройного пограбування, так само як це дозволяється робити у відкритому морі щодо піратства, у відповідності до норм міжнародного права [18-19].

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.

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 [18-19]:

– 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 наближенню плавзасобів піратів і проникненню абордажної команди на борт судна;

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взам. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	
ПІННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ	
Арк	
88	
Зм	Арк
№ докум.	Підп.
Дата	

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

– вживанню заходів до особистої безпеки членів екіпажа й пасажирів.

По значимості самої пріоритетної повинна бути останнє завдання, що одночасно наділяє капітана правами й відповідальністю при оцінці ступеня реального ризику застосування надзвичайних заходів відносно грабіжників, виходячи, як зі ступеня їхньої небезпеки, так і можливих наслідків застосування зброї. У цілому, не рекомендується озброєння членів екіпажа вогнепальною зброєю, це може викликати негативну реакцію, образи влади й населення портів 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 [18-19].

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

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		89

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

Здійснювати постійне візуальне й радарне спостереження за малими плавзасобами.

Триматися на відстані від фарватеру на якірній стоянці поблизу берега.

На якірній стоянці й у порту забезпечувати освітлення всієї палуби, що прилягають до бака і юта просторів з постійною присутністю на них членів екіпажа, підводячи можливих грабіжників до думки про готовність судна до дій по тривозі й неможливості таємного проникнення. При цьому засобу висвітлення перемикаються на різні яскравості, імітуючи зв'язок сигналами. Водний простір обшукується променями прожекторів, проводиться перевірка шлангів і pomp із відпрацьовуванням дій екіпажа [18-19].

Тримати в постійній готовності до забору води пожежні рукави й шланги [18-19].

Заборона торгівлі, контактів з місцевим населенням на борті судна. Прохід на борт судна тільки в одному контрольованому місці [18-19].

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

Підп. і дата					
Інв. № дубл.					
Взам. інв. №					
Підп. і дата					
Інв. № подл.					
					Арк
					90
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	

виявленні підозрілого об'єкта необхідно якнайшвидше пропеленгувати його з максимально точним визначенням курсу й направити на нього промені прожектора [18-19]. Наступним кроком повинне бути негайне оголошення загальної тривоги й виконання запланованих заходів всіма членами екіпажа. Відхід у відкрите море на граничній швидкості. Для осліплення й ослаблення просторової орієнтації необхідно направити убік нападаючі прожектори й всі засоби висвітлення. Передача сигналу небезпеки береговій владі й судам у регіоні. Використання сигнальних ракет по прямому призначенню й разом з водометними шлангами як оборонну зброю.

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

Порядок дій при вторгненні піратів. Відхід всім екіпажем у заздалегідь підготовлений притулок. Передача сигналу небезпеки по радіо, радіопошук можливої допомоги. Доцільно втриматися від актів героїзму в інтересах схоронності життя людей – пірати можуть бути озброєні або перебувати в стані порушення (сп'яніння).

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

Такі формалізовані й деталізовані повідомлення повинні бути терміново підготовлені й розіслані на адресу органів влади або правоохоронних органів

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ					Арк
										91

найближчої держави, посольства (консульства) держави прапора судна, судновласника й оператора (якщо це не одна й та сама особа).

Судноплавна компанія у свою чергу приймає всі міри для доведення інформації про те, що трапилося, до відомості адміністрацій держави прапора судна, а також Міжнародної Морської Організації, що веде й обробляє статистику піратських нападів для виробітку мір і рекомендацій на міжурядовому рівні [18-19].

Все вищевикладене дозволяє зробити наступні висновки:

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

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

Висновки. Таким чином, у даному розділі розглянуті шкідливі і небезпечні фактори, що діють у машинних приміщеннях судна, параметри мікроклімату у цих приміщеннях, дії екіпажу із запобігання вказаних факторів і дотримання діючих норм, а також проведено розрахунок системи приточно-втяжної вентиляції та безпека в надзвичайних ситуаціях.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ					92

ВИСНОВКИ

Було проаналізовано найбільш суттєві конструктивні особливості сучасного суднового двигуна моделі MaK 6M43C. На підставі проведеного аналізу розроблено ряд заходів щодо поліпшення умов роботи системи газорозподілу двигуна. Серед них: проаналізовані основні тенденції розвитку сучасних дизелів, що використовуються у якості головних; проаналізовані основні тенденції розвитку сучасних систем газорозподілу двигуна; розроблені технологічні рекомендації щодо оптимізації режимів роботи суднових двигунів; розроблено комплекс заходів щодо забезпечення безпеки персоналу при виконанні робіт по обслуговуванню та ремонту агрегатів головного двигуна.

Результаті розрахунку дозволяють сподіватися, що запропоновані технічні рішення є ефективними і ведуть до покращення показників двигуна. Так, зміна умов експлуатації, викликала запропоновану модернізацію системи газорозподілу і дозволить повноцінно використовувати судно при здійсненні вантажних перевезень.

Крім того, проведений розрахунок теплових процесів двигуна і виконано профілювання газорозподільної шайби в цілому відповідають реальним показникам розглянутого двигуна. Отриманий розрахунковим шляхом профіль кулачкової шайби в цілому відповідає профілю базового двигуна розглянутого в проекті.

Це дозволить зробити роботу суднового двигуна більш надійною, що в свою чергу призведе до скорочення витрат на обслуговування.

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

вантажних перевезень.

Крім того, проведений розрахунок теплових процесів двигуна і виконано профілювання газорозподільної шайби в цілому відповідають реальним показникам розглянутого двигуна. Отриманий розрахунковим шляхом профіль кулачкової шайби в цілому відповідає профілю базового двигуна розглянутого в проекті.

Це дозволить зробити роботу суднового двигуна більш надійною, що в свою чергу призведе до скорочення витрат на обслуговування.

Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ	Арк
						93

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. https://www.marinetraffic.com/ru/ais/details/ships/shipid:229623/mmsi:244457000/imo:9367073/vessel:MORGENSTOND_II.
2. Engine operating instructions. Type M43C. – 2005 - 1713 с.
3. <https://www.vesselfinder.com/ru/vessels/MORGENSTOND-II-IMO-9367073-MMSI-244457000>. 05.03.2018 – 5 с.
4. Луканін В.М. Двигун внутрішнього згорання. У 3 кн. Кн.2. Динаміка та конструювання / Луканін В.М., Алексєєв І.В., Шатров М.Г., та ін. Підручник для вузів. -2-е вид., перероб. та дод. -М.: Вища школа, 1995. -319с.
5. Столяров С.П. Розрахунок процесів газообміну в судових дизелях / Столяров С.П., Методичні вказівки. СПб. 1994.
6. Двигуни внутрішнього згорання. Пристрій та робота поршневих та комбінованих двигунів / Алексєєв В.П., Воронін В.Ф., Грехов Л.В. та ін. М.: Машинобудування, 1990. - 289 с.
7. Двигуни внутрішнього згорання: Теорія поршневих та комбінованих двигунів. Підручник для вузів за спеціальністю Двигуни внутрішнього згорання / Вирубов Д.М., Іващенко Н.А., Івін В.І. та ін.; За ред. Орліна А.С., Круглова М.Г. - М.: Машинобудування, 1983. - 372 с.
8. Самсонов В.І., Худов Н.М., Мірющенко А.А. Суднові двигуни внутрішнього згорання. М.: - Транспорт. - 1981.
9. Дизелі. Довідник Видання 3-тє перероблене та доповнене. За ред. В. А. Ваншейдта, Н. Н. Іванченко, Л. К. Коллерова - Л.: Машинобудування, Ленінградське відділення, 1977. - 479 с.
10. Возницький І.В. Сучасні судові середньооборотні двигуни. Санкт-Петербург: вид. ДМА ім. адм. С. О. Макарова. 2006. - 142 с.
11. Білоусов Є.В. Суднові двигуни внутрішнього згорання. Тепловий, кінематичний, динамічний та міцнісний розрахунок ДВС. Методичний посібник для виконання курсового проекту. Херсон: вид. ХДМІ– 2008. – 138 с.

Підп. і дата		7. Двигуни внутрішнього згоряння: Теорія поршневих та комбінованих двигунів. Підручник для втузів за спеціальністю Двигуни внутрішнього згоряння / Вирубов Д.М., Іващенко Н.А., Івін В.І. та ін.; За ред. Орліна А.С., Круглова М.Г. - М.: Машинобудування, 1983. - 372 с.					
Інв. № дубл.		8. Самсонов В.І., Худов Н.М., Мірющенко А.А. Суднові двигуни внутрішнього згоряння. М.: - Транспорт. - 1981.					
Взам. інв. №		9. Дизелі. Довідник Видання 3-тє перероблене та доповнене. За ред. В. А. Ваншейдта, Н. Н. Іванченко, Л. К. Коллерова - Л.: Машинобудування, Ленінградське відділення, 1977. - 479 с.					
Підп. і дата		10. Возницький І.В. Сучасні суднові середньооборотні двигуни. Санкт-Петербург: вид. ДМА ім. адм. С. О. Макарова. 2006. - 142 с.					
Інв. № подл.		11. 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.					
						ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			94

12. Woods W.A. Flow area of multiple poppet valves / Woods W.A., Brown P.G. // Proc. Instn. Mech. Engrs. Vol. 210, Part D, 1996, P 347-351.

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

14. Возницький І.В., Іванов Л.А. Запобігання аваріям судових двигунів внутрішнього згоряння. М.: Транспорт, 1971. - 190 с.

15. Razavi S.E. The effect of valve lift on in-cylinder flow, performance and emission in a turbocharged DI diesel engine / Razavi S.E. // The journal of engine research. Vol. 18, 2010, p 3-11

16. Оптимізація параметрів чотиритактних дизелів з наддувом регулюванням фаз газорозподілу // Поршневі та газотурбінні двигуни, Експрес - інформація, № 18, 1989

17. Горбов В.М. Оцінка енергоефективності морського судна: методичні рекомендації до виконання розділу випускної кваліфікаційної роботи / В.М. Горбов, В.С. Мітенкова, Є.В. Білоусов, В.П. Савчук Херсон: ХДМА, 2019 – 68с.

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

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

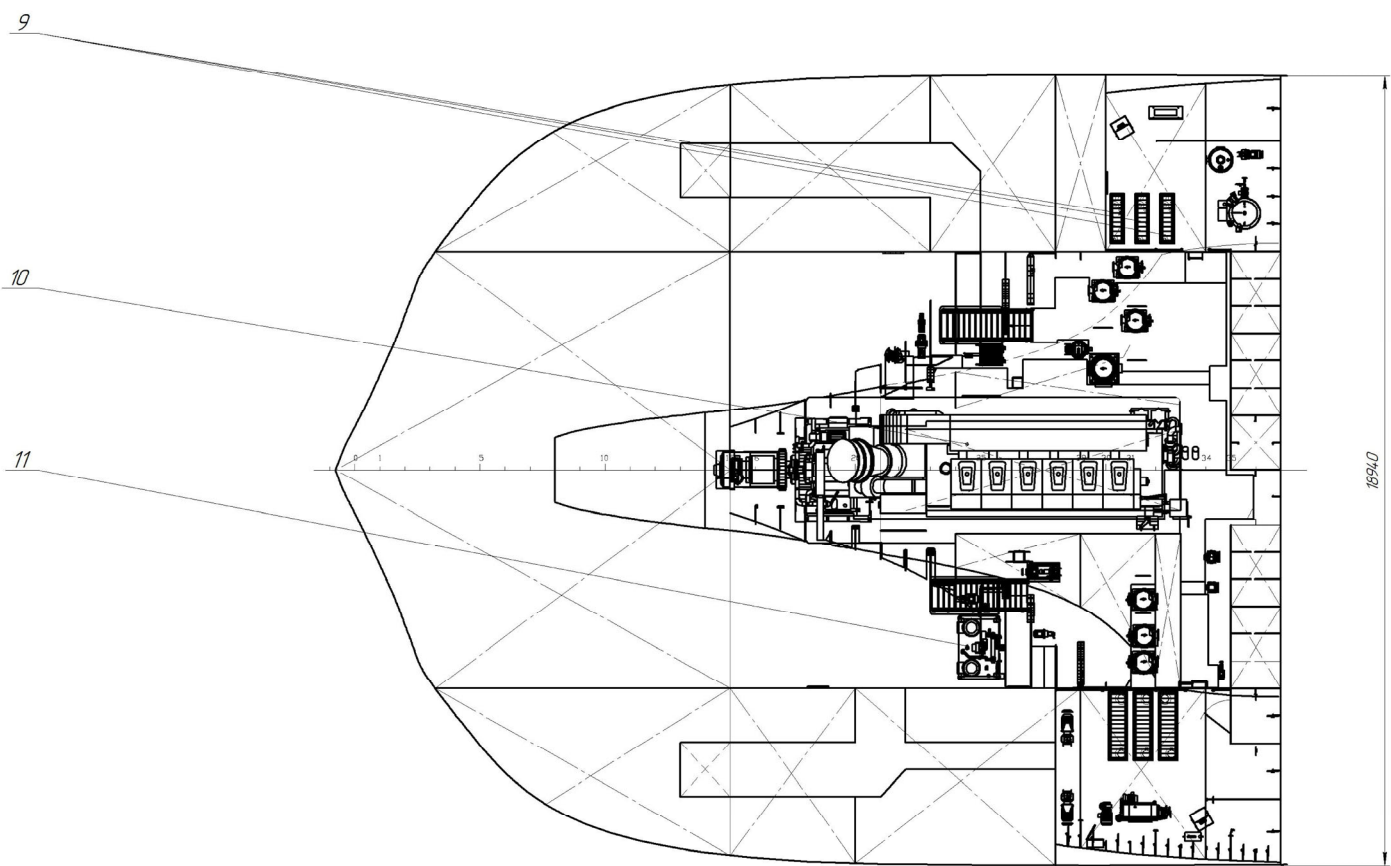
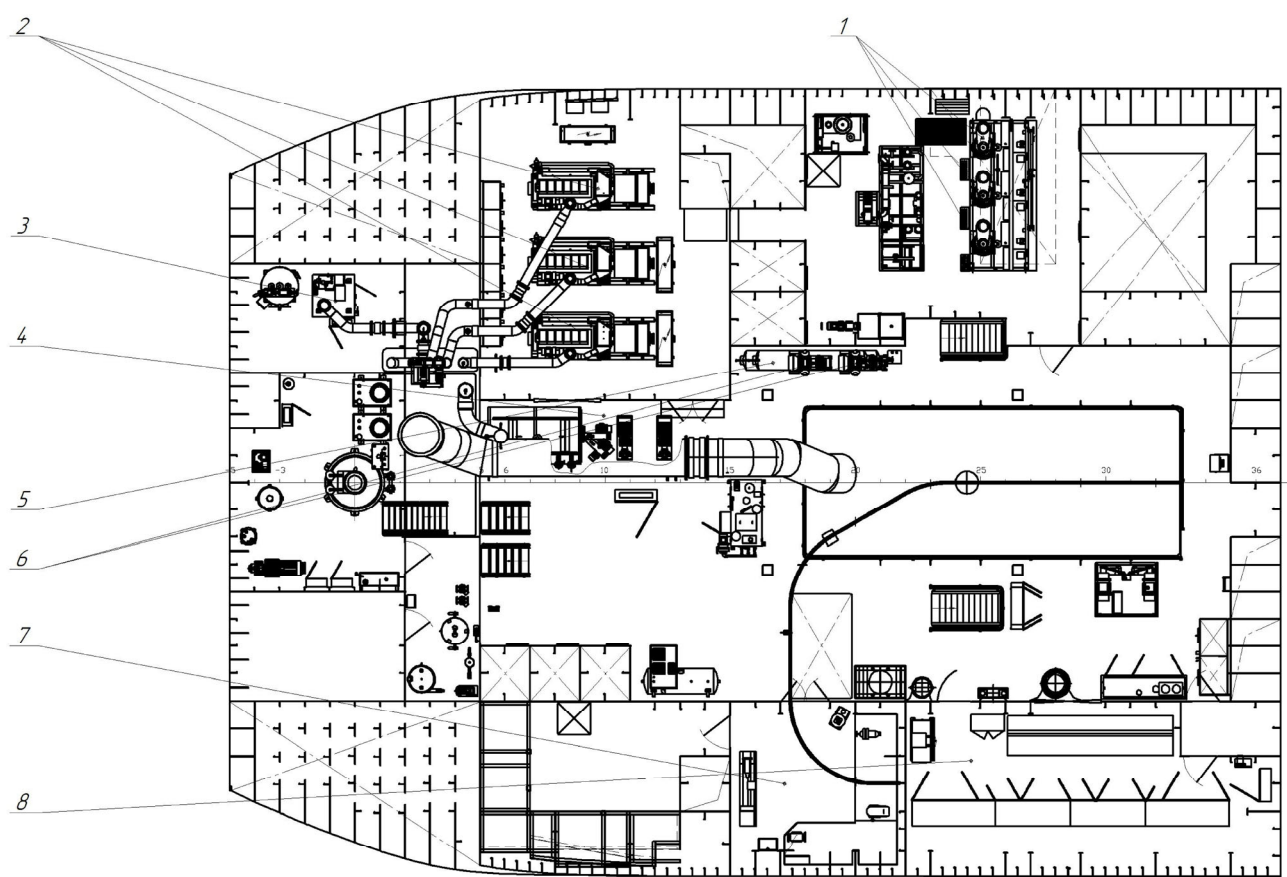
20. Грицук І.В., Романцов А.В., Ступаков Д.О., Ткаченко Ю.А., Ткачук Д.В. Особливості реалізації задачі підвищення оперативної готовності енергетичної установки портового буксиру шляхом удосконалення його теплової підготовки / Наукові праці Міжнародної науково-практичної конференції до Дня автомобіліста та дорожника "Сучасні технології в автомобілебудуванні, транспорті та при підготовці фахівців", 23-25 жовтня 2023 р., (Посвідчення УкрІНТЕІ № 572 від «19» груд-ня 2022 р.), Харків, ХНАДУ, 2023, 284 с., С. 110-115

Інв.№ подл.	Підп. і дата	Взам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
										95
					Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ

ДОДАТКИ

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

					ПННІ НУК 131.61.23.18. ПЗ	Арк
						96
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		



Поз	Найменування	Кіл	Примітка
1	Масляні сепаратори	3	
2	Дизель-генератори	3	
3	Інженератор	1	
4	Дільниця підготовки палива	1	
5	Повітряні ресивери	1	
6	Повітряні компресора	3	
7	Суднова майстерня	1	
8	Центральний пост керування	1	
9	Масляні охолоджувачі	3	
10	Головний двигун	1	
11	Дільниця ремонту паливної апаратури	1	

Знак

Арх

Розроб

Перев

Технік

Нікит

Затв

№ доку

Технік

Григор

Григор

Григор

Григор

Нестеренко

ПЗН

Лист

ПНН НУК 1316123.18.01

План розташування обладнання у машинно-котельному відділенні

Лист

Маса

Місцевість

Н

150

Архив

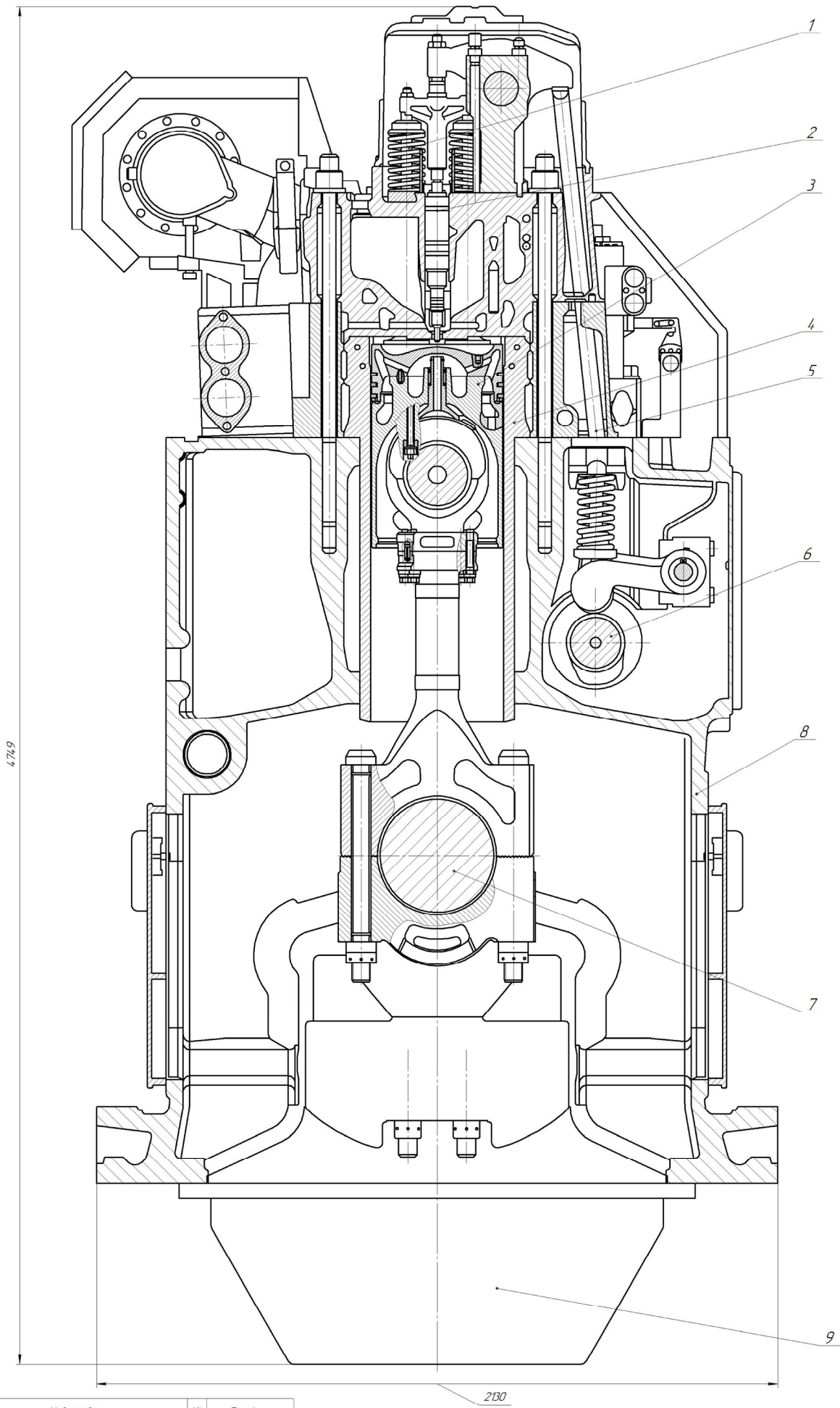
Архив

1

ХДМА, гр

Формат

A1



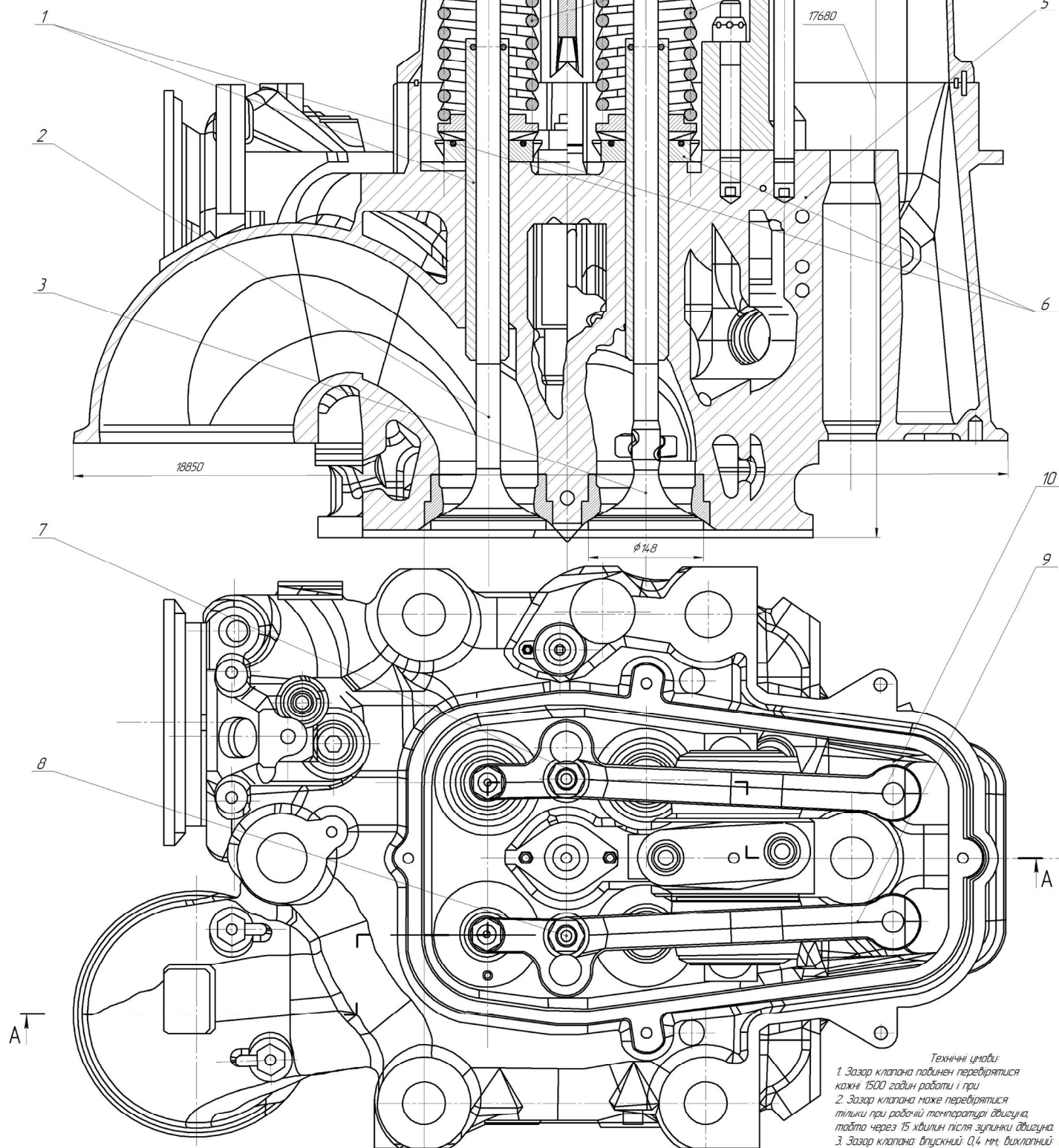
Поз.	Найменування	Кіл.	Примітка
1	Клапан	12	
2	Паливний фіржунки	6	
3	Поршень	6	
4	Циліндрова втулка	6	
5	Штовхач карамисла	12	
6	Розподільний вал	6	
7	Колінчастий вал	1	
8	Блок-картер	1	
9	Піддон картера	1	

Технічна характеристика:

Кількість циліндрів, од	6
Потужність двигуна	6000
Витрата палива при 500 хв ⁻¹ , г/кВт	178
Діаметр циліндра, мм	430
Хід поршня, мм	610
Витрата масла на наплення циліндрів, г/(кВт · год)	0,9-14

ПНН НСК 1316.123.18.02				Лит	Маса	Місткість
Головний двигун				Н		150
МАК 6М43С				Аксел	Аксел	Т
Поперечний переріз				ХДМА, гр		
Колетод				Формат А1		

Поз	Найменування	Кіл	Примітка
1	Втулка клапана	4	
2	Впускний клапан	2	
3	Випускний клапан	2	
4	Пружина	4	
5	Карпус головки циліндра	1	
6	Механізм павороту клапана	4	
7	Комплект впускного клапана	1	
8	Комплект випускного клапана	1	
9	Рокер впускного клапана	1	
10	Рокер випускного клапана	1	
11	Кришка головки циліндра	1	
12	Затисний конус	4	

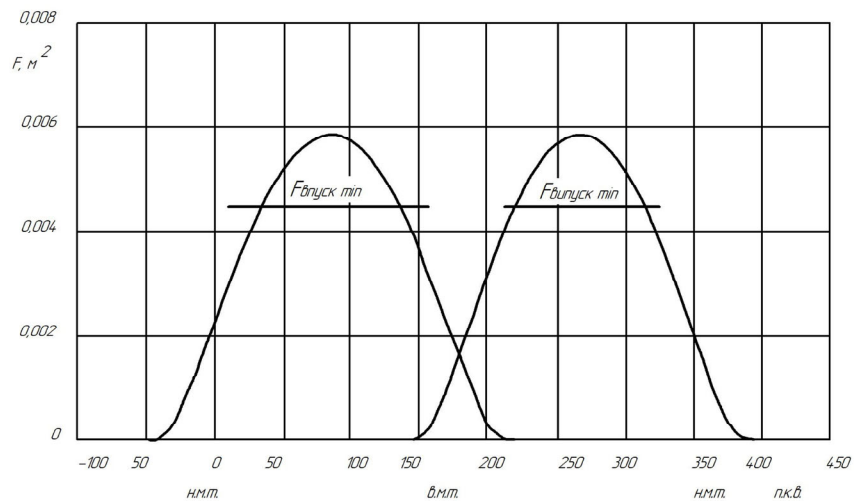


Технічні умови:

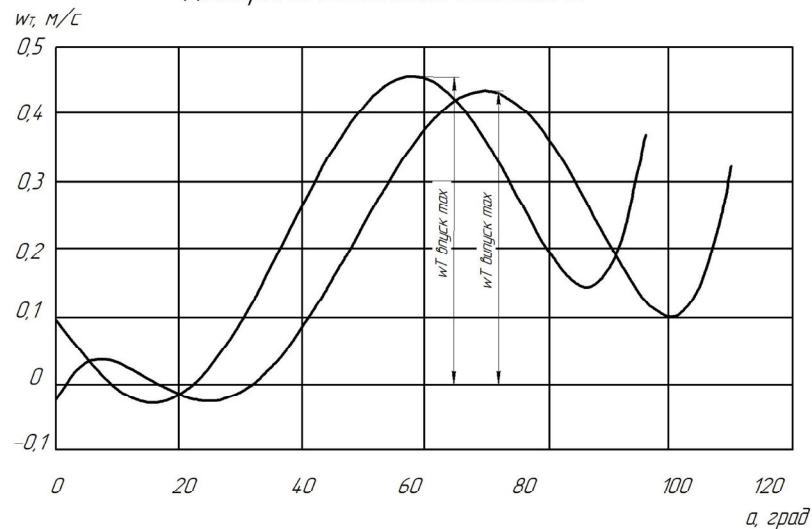
1. Зазор клапана повинен перевірятися кожні 1500 годин роботи і при
2. Зазор клапана може перевірятися тільки при роботі теплопарої двигуна, тобто через 15 хвилин після зупинки двигуна.
3. Зазор клапана: впускний: 0,4 мм, випускний: 1,1 мм

					ПННН НУК 1316123.18.03		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Изм.	Копирование ветолей		
Разработ.		Тихомиров ЮМ			защитного экрана на маче и		
Проект.		Гришкин ИВ			защиты штыря от повреждения		
Утвержд.		Гришкин ИВ			высотой 60кВ*43С		
Исполн.		Гришкин ИВ			Лист	Масштаб	Масштаб
					Н		150
					Лист	Листов	1
					ХДМА		

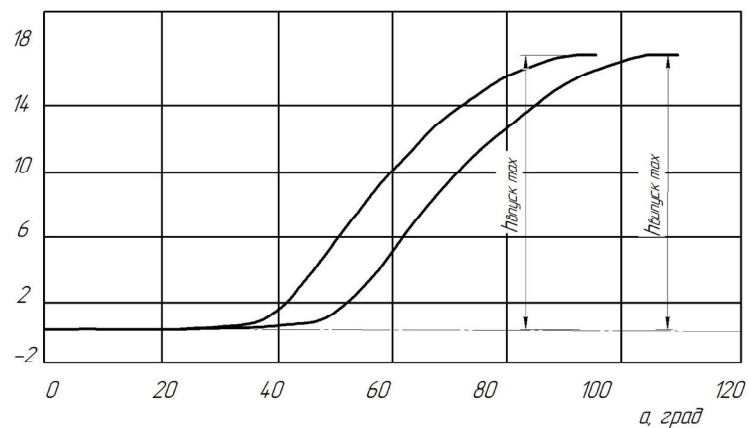
Діаграма повного часу-перерізу клапана при роботі з безударним кулачком



Діаграма швидкості штовхача



Діаграма переміщення (підйому) штовхача



Діаграма прискорення штовхача

