

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

Кафедра «Енергетичне машинобудування»

«Допущений до захисту»
Завідувач кафедри

«__» _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему: Технічна експлуатація, обслуговування та ремонт
газорозподільного механізму суднового середньообертового
двигуна МАК М32

Виконав:
студент групи 41-ЕМ-21
Заболотній В.С.
(підпис)

Керівник роботи:
канд. техн. наук
(посада, науковий ступень, вчене звання)
Галинкін Ю.М.
(підпис)

Первомайськ - 2025 р.

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

Кафедра «Енергетичне машинобудування»
Спеціальність 142 – «Енергетичне машинобудування»
Освітня програма «Двигуни внутрішнього згоряння»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми

(підпис)

« ____ » _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

Студенту Заболотній Владислав Сергійович

1. Тема роботи: «Технічна експлуатація, обслуговування та ремонт газорозподільного механізму суднового середньообертового двигуна МАК М32».

Керівник роботи Галинкін Ю.М.

Затверджено розпорядженням ПННІ НУК від 10.02.2025 року за № 22.

2. Термін подання студентом роботи до розгляду на кафедру 12.05.2025 року.

3. Вихідні данні по роботі: Судновий двигун МАК М32 потужністю 3000 кВт.

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

Вступ. 1. Загальний розділ. 2. Конструкторський розділ. 3. Технологічний розділ.

4. Охорона праці та навколишнього середовища. Загальні висновки по кваліфікаційній роботі.

5. Перелік презентаційних матеріалів.

1. Двигун МАК 6М32 (поперечний переріз). 2. Демонтаж розподільного валу та шабрування гнізда клапану. 3. Машинне відділення судна. 4. Газорозподільний механізм двигуна МАК 6М32 .

6. Консультанти роботи

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

7. Дата видачі завдання «10» лютого 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ.	24.02.2025	
2	Загальний розділ.	10.03.2025	
3	Конструкторський розділ.	31.03.2025	
4	Охорона праці та навколишнього середовища.	14.04.2025	
5	Загальні висновки по кваліфікаційній роботі.	28.04.2025	
6	Оформлення кваліфікаційної роботи	12.05.2025	

Студент ЗВсез (підпис) Заболотній В.С.

Керівник роботи Гал (підпис) Галинкін Ю.М.

Анотація

Представлена кваліфікаційна робота містить у собі 68 сторінки, 27 рисунків. При підготовці проекту було використано 13 джерел інформації.

У роботі розроблений комплекс заходів щодо удосконалення проведення ремонтних та експлуатаційних робіт з обслуговування та ремонту газорозподільного механізму головного суднового двигуна. Також розглянуті питання охорони праці та техніки безпеки при виконанні зазначених робіт.

Ключові слова:

ДВИГУН ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ, КЛАПАН, ШТАНГА, ГАЗОРОЗПОДІЛЬНИЙ МЕХАНІЗМ, РОЗПОДІЛЬНИЙ ВАЛ, ШТОВХАЧ

Abstract

The presented degree project contains 68 pages, 27 drawing. By preparation 13 sources of the information have been used.

In this paper, the complex of measures to improve the repair and maintenance work on the maintenance and repair of gas distribution mechanism main marine engine. Also consider health and safety when performing work.

Keywords:

INTERNAL COMBUSTION ENGINES, VALVE, ROD, GAS DISTRIBUTION MECHANISM, PUSHER

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СУДНА ТА ЙОГО СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ.....	6
1.1 Призначення і конструктивний тип судна.....	6
1.2 Склад енергетичної установки.....	7
1.3 Опис конструкції головного двигуна.....	8
РОЗДІЛ 2. ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТ ГАЗОРОЗПОДІЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ	21
2.1 Газорозподільний механізм та його деталі.....	21
2.2 Пошкодження деталей газорозподільного механізму.....	23
2.3 Обслуговування та ремонту газорозподільного механізму.....	29
РОЗДІЛ 3. _Перевірочний розрахунок робочого циклу двигуна.....	51
3.1 Методика розрахунку робочого циклу двигуна.....	51
3.2 Обґрунтування вибору основних параметрів робочого циклу двигуна	52
3.3 Розрахунок робочого циклу	54
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	60
4.1 Шкідливі фактори в машинному відділенні.....	60
4.2 Техніка безпеки при ремонті газорозподільного механізму	63
ВИСНОВКИ.....	66
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	67

					ПННІ НУК 14.2.41.25.02.ПЗ			
Вим..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Заболотній В.С.			Технічне обслуговування та ремонт паливного насосу високого тиску суднового дизель-генератору МАК 6М20С	Лист.	Лист	Листів
Перевір.		Галинкін Ю.М.					3	68
						41-ЕМδак-21		
Н. Контр.		Галинкін Ю.М.						
Затв		Нестеренко В.В.						

ВСТУП

Середньообертові, чотиритактні двигуни, відомі під маркою МАК, раніше випускалися відомим німецьким концерном «Крупп-МАК GmbH», у 1997р акції групи «МАК - Motoren» придбала компанія «Caterpillar» і двигуни випускаються її підрозділом «Caterpillar-Motoren GmbH». Всі двигуни з турбонаддувом і можуть працювати як на дизельних сортах палива типу MDO, так і на важких з в'язкістю, до 700сСт. На судах застосовуються в якості головних, для приводу гребного гвинта через реверс-редуктори і для приводу генераторів судових електростанцій. З 1992 року фірма перейшла на довгоходові двигуни з $S/D - 1.1-1.5$.

Двигуни модельного ряду МАК M20, M32, M43 випускаються в 6...18 циліндровому виконанні і покривають діапазон потужностей від 1000 до 16200 кВт.

Судновий двигун МАК M32, я будь який судновий ДВЗ, є одною з найбільш складних теплових машин, він складається з ряду систем та механізмів. Невід'ємною складовою сучасних ДВЗ є механізм газорозподілу, який відкриває та закриває впускні та випускні органи згідно з прийнятими фазами газорозподілу. Він складається з впускних та випускних клапанів, та деталей, що передають рух до них від колінчастого вала – шестерень, розподільного вала, штовхачів, штанг, важелів.

Надійність роботи судового двигуна напряму залежить від надійності роботи деталей газорозподільного механізму, які піддаються значним механічним та тепловим навантаженням. Правильний та своєчасний ремонт та обслуговування елементів (періодично здійснювані перевірки стану, регулювання, заміна зношених деталей, включаючи і поточний ремонт) зазначеного механізму забезпечує надійну роботу двигуна у весь період експлуатації.

					ПННІ НУК 142.41.25.02.ПЗ	Аркуш
						4
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Ціль даної роботи – розробити комплекс заходів з обслуговування та ремонту деталей газорозподільного механізму двигуна фірми МАК М32, що використовується у якості головного на судні « MV Angela».

Задачі, розв'язувані в проекті полягають у наступному:

- проаналізувати особливості конструкції й експлуатації середньо обертового двигуна фірми МАК М32;
- проаналізувати комплекс заходів з обслуговування та ремонту деталей газорозподільного механізму
- розробити заходів з охорони праці при виконанні ремонтних робіт.

					ПННІ НУК 142.41.25.02.ПЗ	Аркуш
						5
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СУДНА ТА ЙОГО СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ

1.1 Призначення і конструктивний тип судна

Сухогруз «MAERSK FALMOUTH» (IMO 9266530), узятє в якості прототипу в даному дипломному проєкті, призначене для перевезення контейнерів. Можливе перевезення 862 двадцятифутових контейнерів. Тип судна - одногвинтової, двопалубний контейнеровоз з висотою надводного борту 2,609 м, з кормової надбудовою і кормовим розташуванням машинного відділення. Судно обладнане двома кранами вантажопідйомністю 45 тонн кожен [1]. Корпус судна містить 7 водонепроникних перегородок. Екіпаж 15 чоловік.

Судно ходить під прапором Кіпру, порт приписки - Лімасол. Належить судно компанії Safe Creation Shipping Co. Ltd, і знаходиться в управлінні компанії Marlow Navigation Co. Ltd. Позивний судна – 5BMN2.



(c) Roberto Smera - www.pbase.com/smera

Рисунок 1.1- Загальний вигляд судна

					ПННІ НУК 14.2.4.1.25.02.ПЗ	Аркуш
						6
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Класифікація:

корпус: 100 A5 з висотою надводного борту 2,609 м, контейнеровоз
IW SOLAS-II-2, Reg.19, Open-Top

- машини: MC AUT.
- характеристика судна:
- довжина габаритна 134,44 м
- зареєстровано довжина 125,08 м
- зареєстровано ширина 22,50 м
- теоретична висота борту 11,30 м
- осадка 8,700 м
- водотоннажність 9990
- вантажопідйомність 6006
- баластних вод 3936 м³
- паливо 920 м³
- побудовано в Гамбурзі в 2002 році компанією Place JJ Sietas KG Schiffswerft GmbH & Co.

1.2 Склад енергетичної установки

1.2.1 Головний двигун

На судні встановлено один головний двигун фірми Caterpillar Motoren GmbH & Co KG, модель MaK 6 M 32, випуску 2002 року. Це чотиритактний середньообертовий дев'ятициліндровий дизельний двигун, який розвиває потужність 3000 кВт при 600 хв.⁻¹. Діаметр циліндра 320 мм, хід поршня 480 мм. Головний двигун з'єднаний з валопроводом і гвинтом регульованого кроку за допомогою редуктора. Частота обертання гвинта 195 хв.⁻¹.

1.2.2 Допоміжні машини

					ПННІ НУК 142.41.25.02.ПЗ	Аркуш
						7
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Енергетична установка складається з валогенератора потужністю 1860 кВт, двох дизель-генераторів потужністю 1155 кВт і аварійно-портового генератора потужністю 290 кВт. Також до складу енергетичної установки входить два котла. Перший виготовлений фірмою PWT Prozess-Wärmeträgertechnik GmbH, рік випуску 2002, тип котла-тепловий нагрівач масла, рідинний, максимальний робочий тиск 0,1 МПа, поверхня нагріву 45,6 м². Другий котел також зроблений фірмою PWT Prozess-Wärmeträgertechnik GmbH, рік випуску 2002, тип котла-тепловий нагрівач нафти, нагрівається від вихлопних газів, максимальний робочий тиск 0,1 МПа, поверхня нагріву 177,0 м².

1.3 Опис конструкції головного двигуна

Двигуни сімейства МАК М32 створювалися в основному для використання на швидкісних контейнерних судах, ролкерах і поромках для механічного приводу гребних гвинтів і роботи в складі дизель-електричних установок. Поперечний переріз двигуна зображено на рис. 1.2.

За своїм конструктивним виконанням двигун подібний до тих, що раніше випускалися фірмою, двигун МАК М32 і створювався з використанням досвіду їх виробництва та експлуатації.

При розробці, основну увагу приділено впорскування палива, конфігурації камери згоряння і надуву. Фірма забезпечує співвідношення зазначених величин, щоб домогтися оптимальних результатів відносно витрати палива, емісії шкідливих речовин та температурного рівня. При цьому отриманий робочий процес з низькою витратою палива, аналогічний процесу з постійним тиском надуву; досягнутий незначний знос форсунок; збільшений термін служби поршнів і випускних клапанів завдяки їх низькому температурному рівню.

					ПННІ НУК 142.41.25.02.ПЗ	Аркуш
						8
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Камера згоряння виконана просторою (за оцінкою фірми), щоб процес розподілу паливоповітряної суміші вийшов оптимальним і ні циліндрична втулка, ні кришка циліндра, не зазнавали перегрівання під час експлуатації. Двигун характеризується високим ступенем стиснення і в результаті - низькою емісією азоту і оптимальним процесом спалахування навіть самих важко займистих сортів палива. Також для двигуна характерне плавне збільшення тиску газів і досягнуті завдяки цьому невеликі механічні навантаження, відносно низька витрата палива.

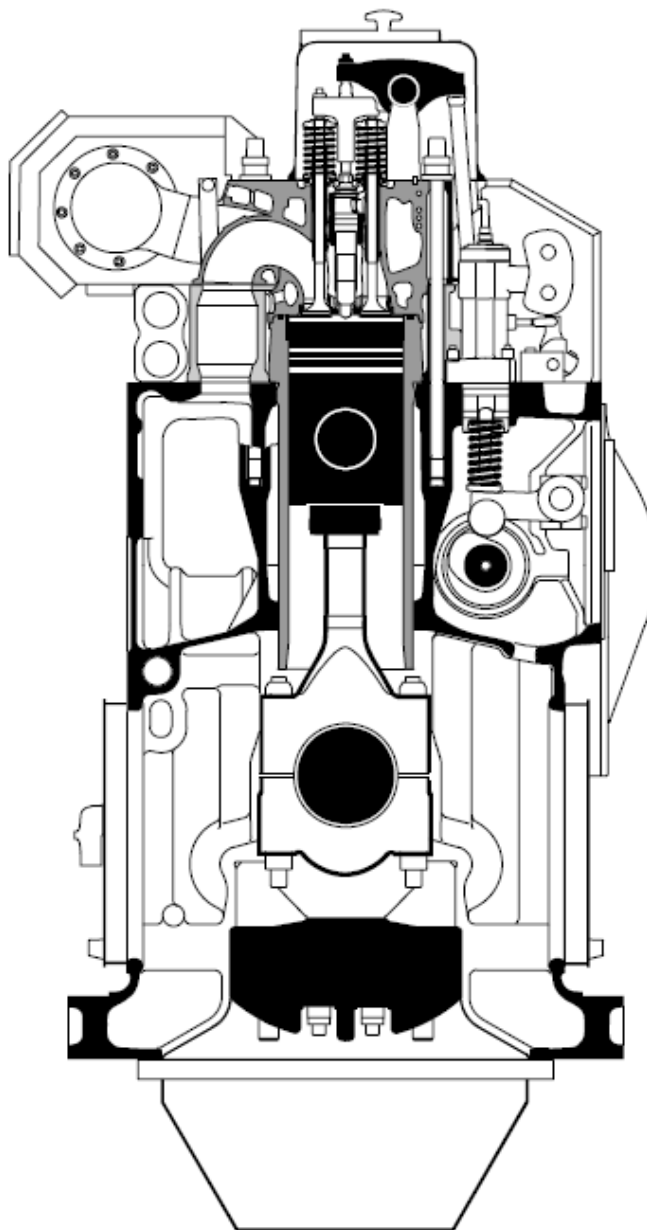


Рисунок 1.2 - Поперечний переріз двигуна

					ПННІ НУК 142.41.25.02.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		9

Відносно наддуву на двигуні М32 виконуються вимоги високого ККД турбокомпресора для забезпечення низької витрати палива, високого ступеня стиснення при достатньому надлишку повітря. Фірма МАК вважає, що цим обумовлені низькі температури вузлів і показники емісії оксиду азоту, незначне димоутворення і робота з мінімальним забрудненням. Імпульсний наддування забезпечує невелику схильність до забруднення і запобігає термічному перевантаженню на режимах часткового навантаження.

Найбільш багатофункціональним вузлом двигуна М32 є кришка (головка) циліндра. Вона також виготовляється з чавуну з кульковим графітом і завдяки подвійному днищу володіє високою жорсткістю, обумовленою формою. Камера згоряння і випускні клапани піддаються інтенсивному охолодженню. Це профілактичний захід проти високотемпературної корозії. Два впускних і два випускних клапана кінетично пов'язані спільним коромислом, що полегшує установку зазору в приводі. Щоб уникнути зайвих витрат при монтажі трубопроводів, передбачено суміщене підведення масла, охолоджувальної води і повернення витоків палива. Прості штекерні з'єднання для підведення вказаних рідин значно полегшують монтажні роботи. Це дозволяють демонтувати кришку циліндра не більше ніж за 30 хв. При монтажі кришка циліндра просто насаджується на сорочку водяного охолодження і центрується нею. Кришку затягують чотирма болтами за допомогою гідравлічного інструменту.

Остов двигуна являє собою монолітний, чавунний сухий блок-картер. На верхню площину блоку встановлюється висока сорочка, зверху на неї спирається кришка циліндра і між ними утворена ємність охолодження. З неї охолоджуюча вода переходить в кришку циліндру, а частина води (з кришки) відбирається на охолодження турбокомпресору. В останній модифікації турбокомпресор не охолоджується, що виключає можливість корозії його корпусу.

					ПННІ НУК 142.41.25.02.ПЗ	Аркуш
						10
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Блок-картер не містить охолоджуючої води, тому корозійні пошкодження виключені. Циліндрова втулка охолоджується тільки там, де це найбільш необхідно: у верхній частині навколо камери згоряння. Канал наддувочного повітря вбудований в блок-картер. Надувного повітря надходить по каналах блок-картера і сорочки водяного охолодження в кришці циліндра до впускних клапанів. При проведенні робіт на кришці циліндра відпадає необхідність в монтажі або демонтажі трубопроводу надувного повітря, отже, виключаються будь-які нещільності в з'єднанні трубопроводу або його руйнування.

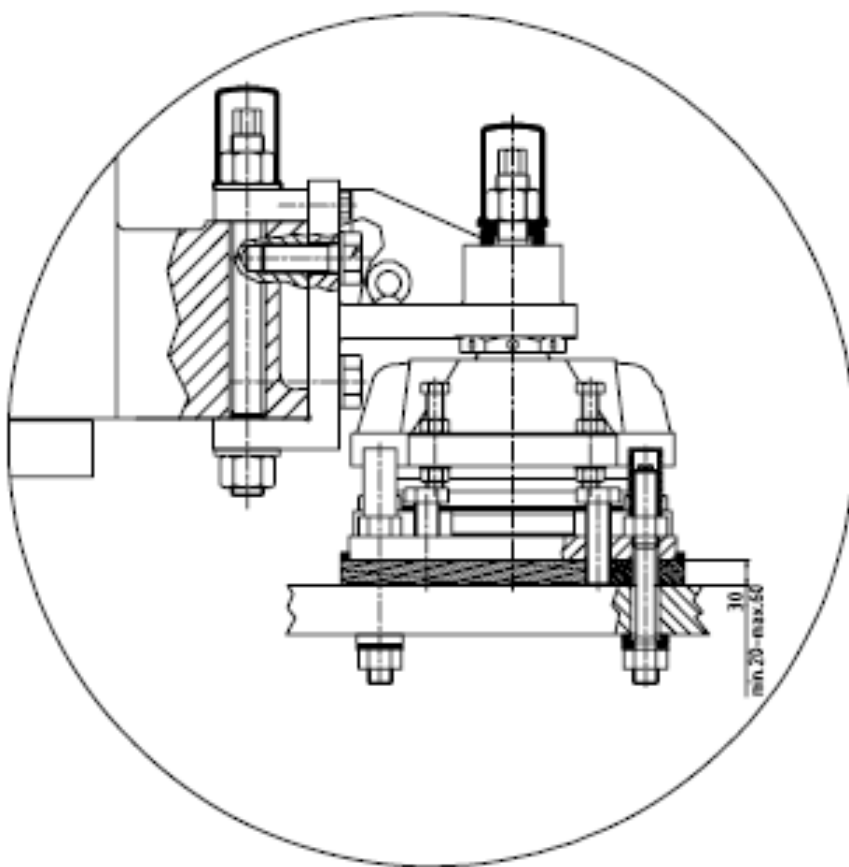


Рисунок 1.3 - Кріплення двигуна до суднового фундаменту

У втулку циліндра, до її верхньої частини, встановлюється антиполіровочне кільце, поверхня втулки азотована, термін служби - 60 тис. годин. Циліндрова втулка завдяки жорсткому буртику стійка до деформації,

вона забезпечена калібрувальною вставкою, що запобігає відкладенню коксу на втулці, що також збільшує термін служби і забезпечує низьку витрату масла.

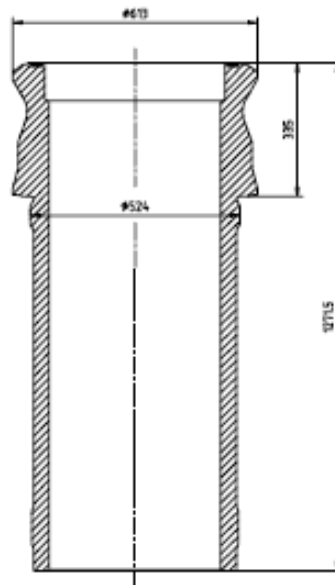


Рисунок 1.4 - Втулка циліндра

Колінчастий вал цільнокований, підвісний.

Розподільний вал складовий і складається із секцій по числу циліндрів, що істотно спрощує його демонтаж і заміну окремих секцій.

Для зменшення тертя и зносу штовхачі клапанів и ПНВТ вводяться в дію проміжним важелем. Для зміни часу відкриття клапанів або зміщення моменту упорскування палива ці важелі легко регулюються шляхом їх установки на валу з ексцентриком (або введенням елементів електронного управління).

Маховик і привід шестерні розподільного валу встановлений за допомогою конусної посадки на колінчастому валу методом гарячого пресування. Шестерня кулачкового вала приводиться в дію проміжною шестернею. Витримані точно міжосьові відстані забезпечують простоту монтажу без установки зазору між зубами. Всі шестерні керуючого приводу загартовані.

Поршень охолоджуваний, складовий - головка сталева, спідниця алюмінієва, щоб забезпечити надійну передачу сил і тиску газів до 190 бар і вище (максимальний тиск згоряння). У голівці поршня розташовуються два компресійних і одне маслозйомне кільця. Канавка першого кільця для підвищення зносостійкості зміцнена. Робоча поверхня верхнього кільця покрита спеціальним шаром і має відшліфовану сферичну форму. Таке виконання канавок і кілець забезпечує тривалий термін служби і низьку витрату масла. Термін служби кілець сягає 30 тисяч годин.

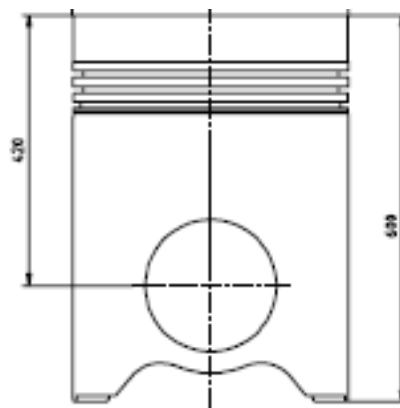


Рисунок 1.5 – Поршень

Шатун сталевий, круглого перетину, нижня головка з прямим роз'ємом. Вкладиші мотильових і рамних підшипників тонкостінні, двошарові або тришарові, застосовуються також підшипники карнавочного типу. З метою полегшення приробляння підшипників і шийок валу від задирів, які можуть виникати від можливих неспіввісностей при його укладанні, фірма вдається до електролітичного покриття вкладишів м'яким цинком або оловом, товщиною кілька тисячних міліметра. Термін служби підшипників - 30 тис. годин.

Оскільки інтеграція дає переваги при монтажі та технічному обслуговуванні, в процесі розробки двигуна М32 пошук вівся не тільки в напрямку спрощення або розширення вже реалізованих рішень, але і для

					ПННІ НУК 142.41.25.02.ПЗ	Аркуш
						13
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

здійснення нових ідей. Подальше спрощення було досягнуто, зокрема, на кришці, замикаючої порожнину 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.

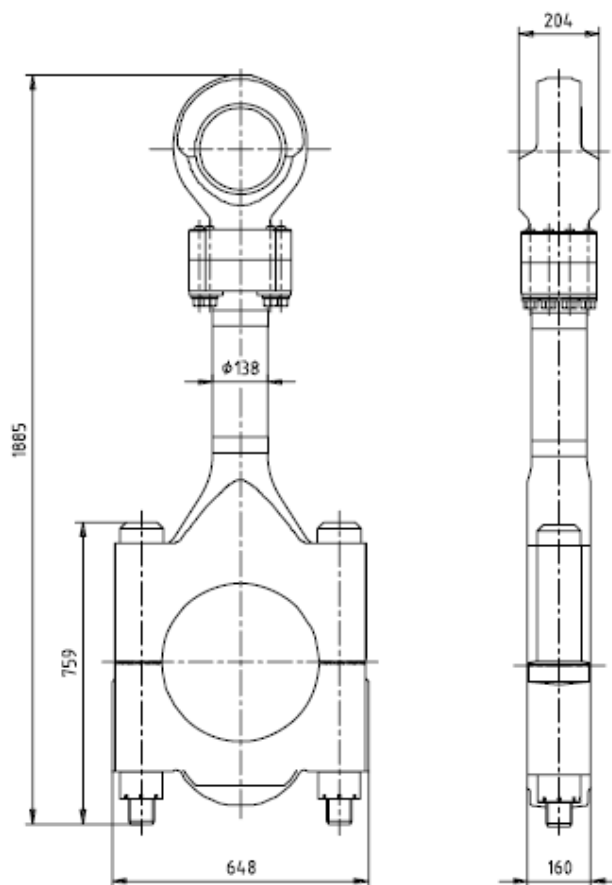


Рисунок 1.6 – Шатун

Двигуни М25 відрізняються простотою і зручністю при монтажі на судні. Всі робочі середовища: паливо, мастило і охолоджувальна вода - підводяться з боку, де розміщується муфта, і їх трубопроводи легкодоступні. Паливні та масляні фільтри навішуються прямо на двигун.

Паливна апаратура. Форсунки багатоотворові, охолоджувані маслом, що відбирають із загальної системи змащення. Термін служби

					ПННІ НУК 142.41.25.02.ПЗ	Аркуш
						14
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

розпорошувачів становить 8 тис. годин. ПНВТ золотникового типу «Бош» з регулюванням по кінцю подачі. Привід плунжера ПНВТ здійснюється через важіль з роликком (рис. 1.7), сидячим па осі з ексцентриком, поворот якої механічно пов'язаний з тягою управління подачею палива. Поворот ексцентрикової осі викликає поздовжнє переміщення важеля ролика щодо паливного кулачка. Переміщення на зустріч обертанню кулачка призводить до більш раннього початку подачі палива, переміщення в протилежну сторону - викликає більш пізній початок подачі.

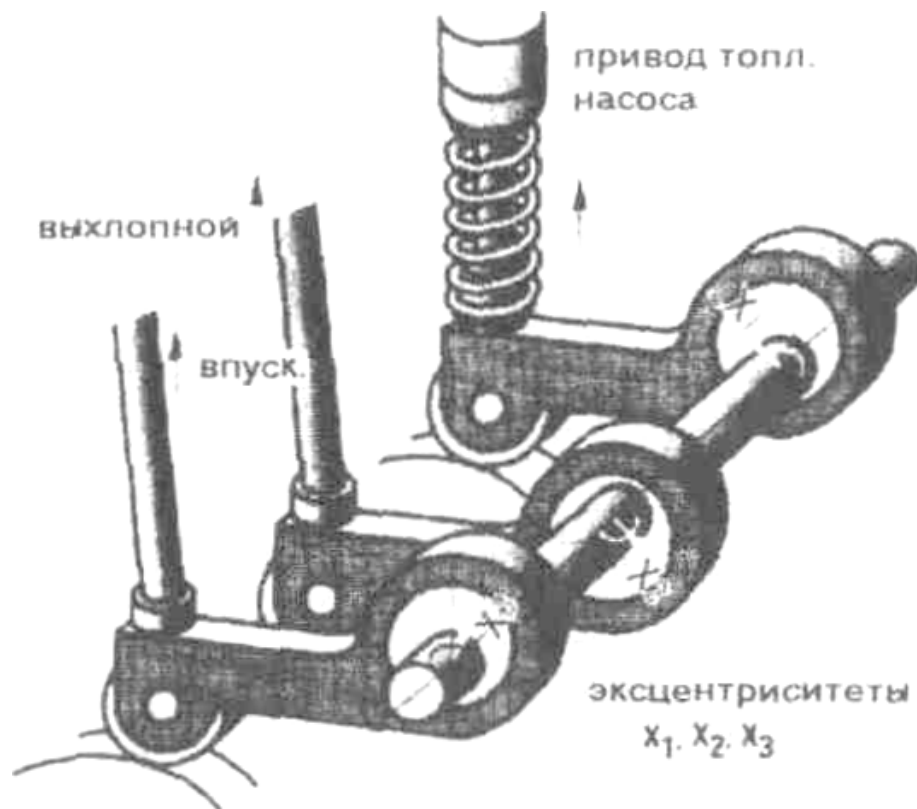


Рисунок 1.7 - Регульований привід плунжера ПНВТ і клапанів

Турбонаддув організований за імпульсною схемою, турбокомпресори мають неохолоджуваний корпус, в них застосовані підшипники ковзання з мастилом від загальної системи циркуляційного мастила. Монтаж двигуна на судновому фундаменті здійснюється з використанням патентованих антивібраторів, (рис. 1.3), що забезпечують демпфірування вібрації і структурного шуму, які виникають при роботі двигуна.

Емісія NO_x у вихлопних газах складає 12 г/кВт·г, що лежить нижче межі ІМО.

Вихлопна система видаляє з двигунів вихлопні гази поза машинне відділення, через трубопровід, в атмосферу. Хороша вихлопна система має мінімальний зворотній тиск. Накопичення вихлопних газів, як правило, шкідливо, так як призводить до зниження витрати повітря через двигун. Окрім того, допустимий тиск має тенденцію до підвищення температури вихлопних газів, що скорочують строк експлуатації скоротити випускного клапана і турбокомпресора.

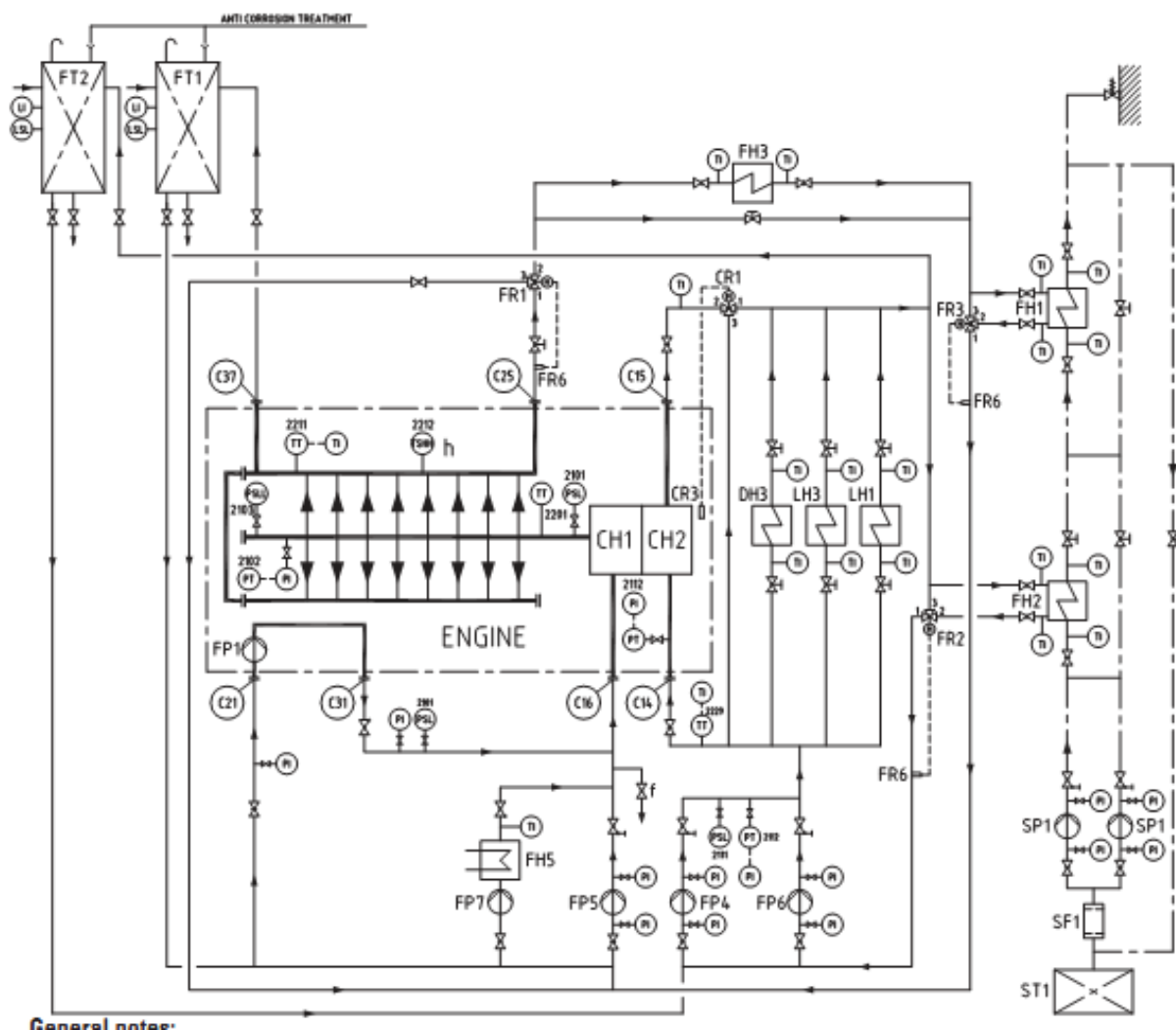


Рисунок 1.8 – Схема системи охолодження двигуна

Втрата тиску повинна бути зведена до мінімуму в цілях оптимізації витрати палива і теплового навантаження на двигун. Максимальна швидкість потоку 40 м / с. Максимальна втрата тиску 0,3 кПа.

Система охолодження

МаК двигуни як правило, використовують два замкнених контури для охолодження води. Висока температура (НТ) контуру охолодження використовується для охолодження наддувочного повітря і двигуна. Низька температура (ЛТ) контуру охолодження охолоджує повітря заряду і масло. Крім того, вода ЛТ контур охолодження може бути використана для охолодження додаткового обладнання, наприклад, генератора або коробки передач. Вода для охолодження двигуна повинна бути ретельно відібрана, лікувати і її якість повинна контролюватися.

При використанні необробленої охолоджувальної води можливе виникнення корозії, ерозії та кавітації на стінках системи охолодження.

Відкладення можуть погіршити теплообмін і в результаті перегріву компонентів для охолодження.

Профілактики за допомогою антикорозійних присадок має бути здійснена до першого введення в експлуатацію ще на заводі.

Паливна система дизельних двигунів МаК призначена для спалювання широкого спектру палив. Вона складається з первинного фільтру палива *DF2*, фільтру грубої очистки палива *DF3*, підігрівача дизельного палива *DH1*, електричного підігрівача для дизельного палива (сепаратор) *DH2*, паливно-масляного радіатора для роботи *MDO DH3*, живильного насоса дизельного палива *DP1*, резервного живильного насоса дизельного палива *DP2*, насоса для перекачування дизельного палива *DP3*, насоса для перекачування дизельного палива *DP5*, клапана регулювання тиску палива *DR2*, сепаратора дизельного палива *DS1*, бака дизельного палива *DT1*, бака дизельного палива *DT4*, індикаторного паливного фільтру *HF1*, паливного насоса *KP1*. Схема паливної системи зображена на рисунку 1.9.

					ПННІ НУК 142.41.25.02.ПЗ	Аркуш
						17
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



Масляна система двигуна закладається з датчика температури *FR6*, дуплексного масляного фільтра *LF1*, самоочисного масляного фільтра *LF2*, захисного фільтру *LF3*, фільтра *LF4*, охолоджувача мастила *LH1*, підігрівача мастила *LH2*, масляного насосу *LP1*, предлубрикаторного насосу *LP5*, насоса для перекачки (сепаратор) *LP9*, клапана, регулюючого температуру мастила *LR1*, клапана для регулювання тиску нафти *LR2*. Схема масляної системи зображена на рисунку 1.10. Масти́ла в двигуні виконує кілька основних функцій: перевезення бруду і частинок зносу в фільтрах, охолодження біляшовної частини, таких як поршневі кільця, гільзи циліндрів, клапани і головки блоку циліндрів, захист підшипників від ударів, змащування металевих поверхонь / зменшення зносу і тертя, нейтралізація агресивних продуктів згоряння, захист від корозії металевих поверхонь.

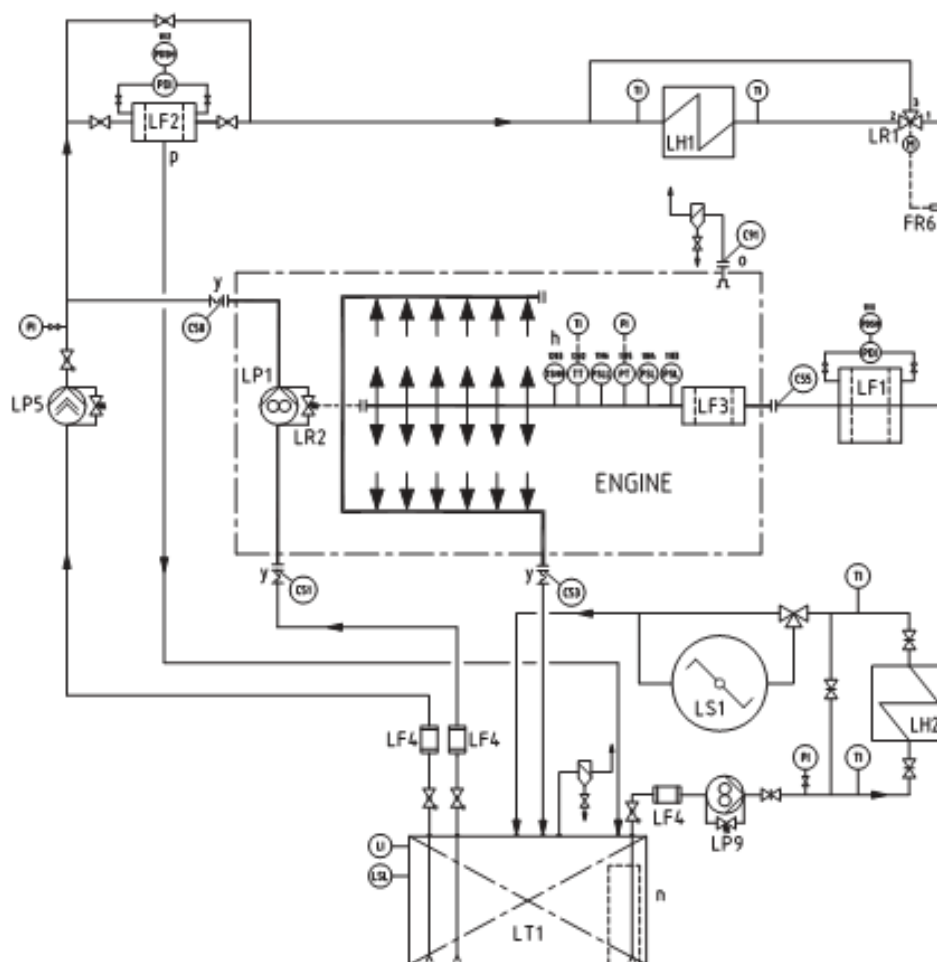


Рисунок 1.9 – Схема масляної системи двигуна

Захист навколишнього середовища в судноплавстві набуває все більшого значення. Міжнародна судноплавна організація ІМО визначила ряд правил (поряд зі стандартом 180), який з 1999 р діє у всьому світі (стосовно граничних значень емісії для оксидів азоту NO , і сірки SO).

Проведені фірмою МАК дослідні роботи в області визначення шкідливих викидів свідчать, що граничне значення ІМО по емісії NO , отримують конструктивними змінами в двигуні. На дизелі M25 такі показники були отримані внаслідок: великого відносини ходу поршня до діаметру циліндра; високого ступеня стиснення; інтенсивного упорскування палива; спрямованого процесу упорскування; оптимізованого управління фазами газорозподілу; сисокого максимального тиску робочого циклу.

Однак, вже зараз очевидно, що ці вимоги будуть посилюватися. Тому фірма МАК працює в напрямку подальшого зниження шкідливих викидів шляхом використання каталізаторів.

Таким чином, новий двигун М32 фірми Мак характеризується низькою витратою палива і масла, відрізняється високою експлуатаційною надійністю, невеликою трудомісткістю при технічному обслуговуванні, незначними та монтажі, відповідає сучасним вимогам за екологічними показниками.

					ПННІ НУК 142.41.25.02.ПЗ	Аркуш
						20
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТ ГАЗОРОЗПОДІЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ

2.1 Газорозподільний механізм та його деталі

У двигунах внутрішнього згоряння застосовують клапанний, золотниковий і комбінований газорозподіл. Газорозподільні органи повинні забезпечити якісне очищення циліндра від продуктів згоряння і наповнення циліндрів свіжим зарядом при безумовній надійності механізму в роботі. Досконалість очищення і наповнення циліндра залежить головним чином від площі прохідного перетину газорозподільних органів і тривалості їх відкриття. Збільшення прохідних перетинів зазвичай обмежена розмірами циліндра, а час відкриття газорозподільних органів залежить від частоти обертання валу. Умови роботи як клапанного, так і золотникового механізмів, які перебувають під впливом гарячих газів, навантажених значними динамічними зусиллями, є важкими. При цьому велике значення мають змазування, охолодження, а також вибір матеріалів найбільш навантажених елементів механізму газорозподілу.

Клапанний газорозподіл набув найбільшого поширення завдяки порівняно простому пристрою і надійній роботі. Клапани застосовують як впускні та випускні органи в чотиритактних двигунах всіх типів і в якості випускних органів в двотактних двигунах при клапанно-щільовій схемі газообміну. На рис. 2.1 представлена схема установки і приводу клапанів. В даний час частіше застосовують верхнє розташування клапанів (рис. 2.1, а-д) і рідше – нижнє (рис. 2.1, е) з огляду на гірше наповнення циліндра свіжим зарядом.

					ПННІ НУК 142.41.25.02.ПЗ	Аркуш
						21
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Верхнє (підвісне) розташування клапанів у головці циліндрів дозволяє застосовувати різноманітні варіанти компактних камер згоряння геометричної форми, сприятливе для протікання робочих процесів в циліндрі. Менша поверхня в камері зумовлює зменшення теплових втрат через стіни, а отже, збільшення індикаторного ККД. Верхнє розташування клапанів типове для всіх дизелів.

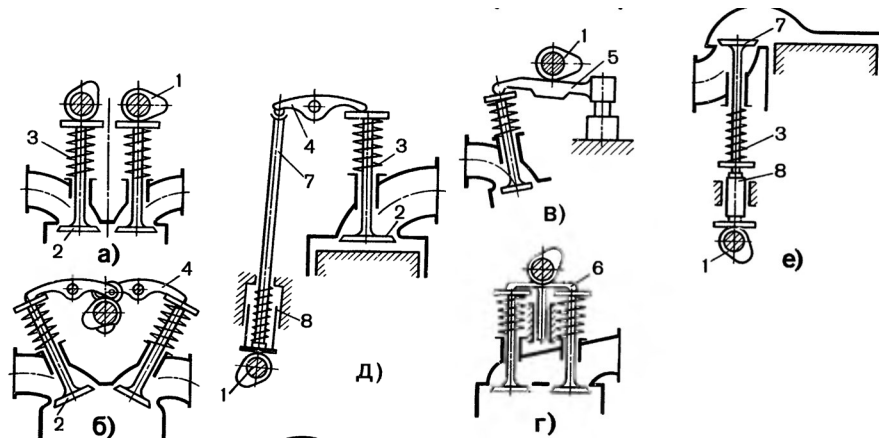


Рисунок 2.1 – Схеми установки і приводу клапанів:

а, б, в і г - верхнє розташування клапанів з приводом від розподільного вала, що встановлюється на головці циліндрів; д - верхнє розташування клапанів при нижній установці розподільного вала; е - нижнє розташування клапанів, ж - розподільний вал с'кулачками; 2 - клапан, 3 - пружина; 4 - коромисло; 5 - важіль, 6 - траверса; 7 - штанга; 8 - штовхач

На рис. 2.1, е показана схема з нижнім або бічним розташуванням клапанів. Клапани встановлюють зазвичай з одного боку циліндра в площині, паралельній осі колінчастого вала. Камера згоряння при бічному розташуванні клапанів має Г-подібну форму, частково зміщена щодо осі циліндра і менш компактна, що призводить до збільшення втрат і зниження ефективних показників двигуна. Тому таке розташування клапанів в даний час практично не застосовується. Однак при такій конструкції механізму газорозподілу спрощується конструкція головки циліндра і приводу клапанів, а також зменшується висота двигуна.

2.2 Пошкодження деталей газорозподільного механізму

Клапани є найбільш навантаженими вузлами в дизелі, на які діють динамічні і теплові навантаження.

При закритті клапанів виникають великі ударні навантаження на тарілках і сідлах. Вони викликають наклеп на ущільнюючих поверхнях втомну напругу на тарілках. Згодом це може призвести до появи тріщин, сколів тарілок у зонах концентрації напруги (рис. 2.2). Тому клапани необхідно періодично ретельно оглядати для виявлення зазначених тріщин і інших дефектів.

Дія динамічних навантажень посилюється високими температурами газів в камері згоряння, яка досягає 2000 °С. Від дотику до них клапани нагріваються.



Рисунок 2.2 – Відкладення нагару на клапані

Відомо, що при високих температурах (вище 570 °С) різко посилюється окислення заліза не тільки зовні, але і всередині через дифузії атомів кисню всередину кристалічної решітки, рис.2.3. Щоб сталь протидіяла цьому (володіла жаростійкістю - тобто стійкістю проти окислення при високих температурах), вводять легуючі елементи. Найбільшого поширення набув хром. На поверхні сплаву, що містить хром, утворюються щільні оксиди

					ПННІ НУК 142.41.25.02.ПЗ	Аркуш
						23
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Cr_2O_3 , що перешкоджають проникненню атомів кисню всередину. Складніша кристалічна решітка такого сплаву також перешкоджає дифузії атомів кисню. У сплаві, що працює при температурах близько 1100 °С, хрому має бути не менше 20%.

Ще більша небезпека високих температур пов'язана зі зниженням міцності металу. При температурах понад 600 °С його міцність знижується на порядок. Щоб сталь стала жарової міцності, тобто пручалася механічних навантажень при високих температурах застосовують метали з більш високою температурою плавлення.

Для забезпечення жароміцності (тобто жаростійкості і жароміцності) випускних клапанів застосовують наплавку тарілок відповідними матеріалами. Найбільш поширеним є сплав під назвою «сателіт» - на основі кобальту, що містить хром, вольфрам кремній і інші елементи. В останні роки тарілки випускних клапанів багатьох типів дизелів повністю виготовляють зі сплаву під назвою "Німонік". Це сімейство хромо-нікелевих сплавів. Типовим його представником є сплав марки ХН80Т, що містить 20% хрому, 75% нікелю, 3%, титана, 1% алюмінію, 0,1% вуглецю. Він не містить заліза і тому клапани не магнітні. За цією ознакою їх відрізняють від клапанів з наплавленням, що застосовуються для дизелів, що працюють на дизельному паливі.

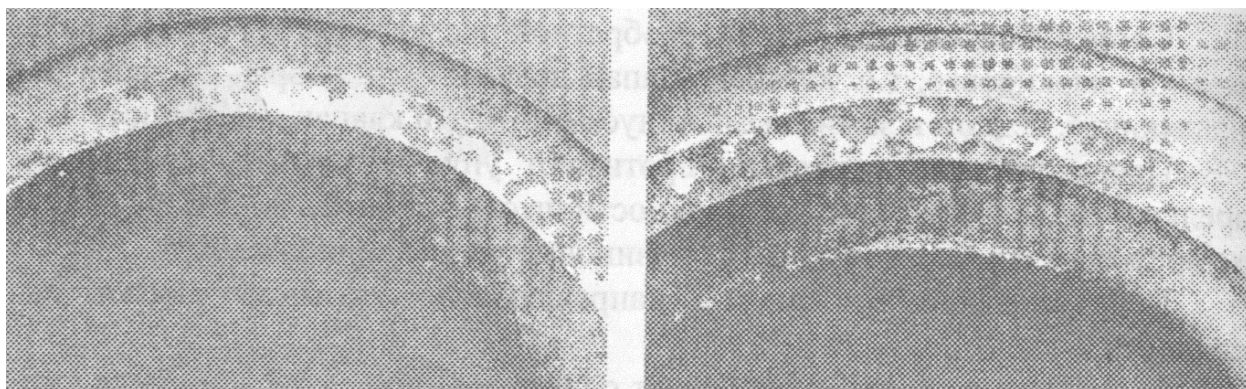


Рисунок 2.3 – Стан тарілки випускного клапана середньообертового двигуна

Але випускні клапани навіть з цього сплаву не зможуть довго працювати, якщо їх температура буде близькою до максимальних температур в камері згоряння або вище передбаченої заводом-виробником. Вони працюють тривалий час тільки тому, що їх температура значно нижче (рис 2.4).

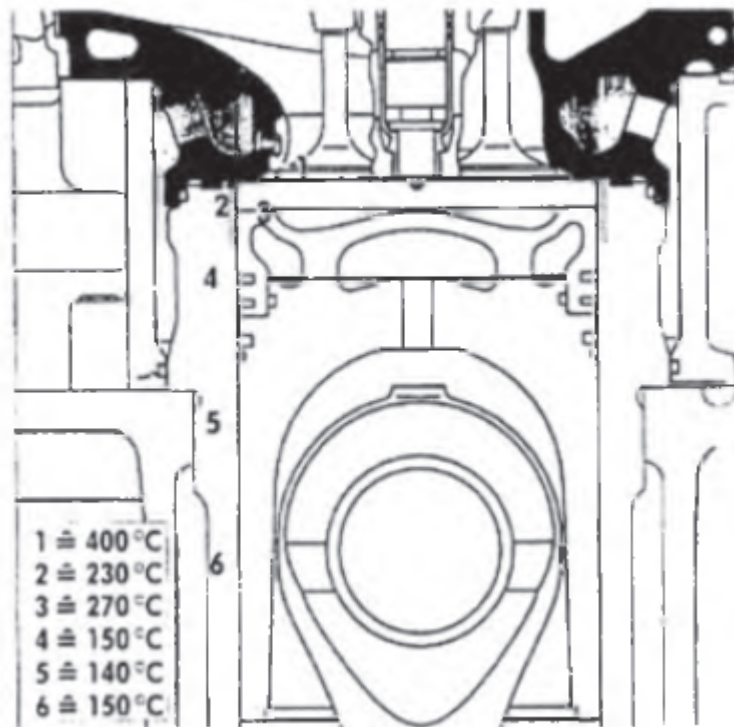


Рисунок 2.4 – Температурний режим камери згоряння двигуна МаК

Зниження температури забезпечується, насамперед, за рахунок передачі тепла від тарілки до охолоджуваного сидла в закритому положенні клапана. У меншій мірі тепло передається також від штока клапана направляючої. І, нарешті, тарілка охолоджується продувальним повітрям у відкритому положенні клапана. Ось чому важливо підтримувати чистоту ущільнювальної поверхні клапана. Продукти неповного згоряння, відкладаючись на ущільнюючих поверхнях тарілок і сидел клапанів, створюють додатковий термічний опір. Він погіршує передачу тепла від тарілок до сидла, тобто її охолодження. Пристрої для обертання клапанів і

застосовують, щоб підтримувати чистоту поверхонь ущільнювачів. Крім того, при попаданні на робочу поверхню твердих частинок нагару утворюються дрібні вибоїни, які з часом переходять в оспини, раковини. У цих місцях погіршується площа контакту ущільнюючих поверхонь, а значить теплопровідність між тарілкою і сідлом. Все це призводить до зростання температур тарілок клапанів, які поглиблюють знос ущільнюючих поверхонь. При підозрі наявності тріщин, для їх виявлення проводять кольорову дефектоскопію, результат якої наведено на рис. 2.5. При проведенні ремонту в заводських умовах використовують магнітну дефектоскопію, рис 2.6.

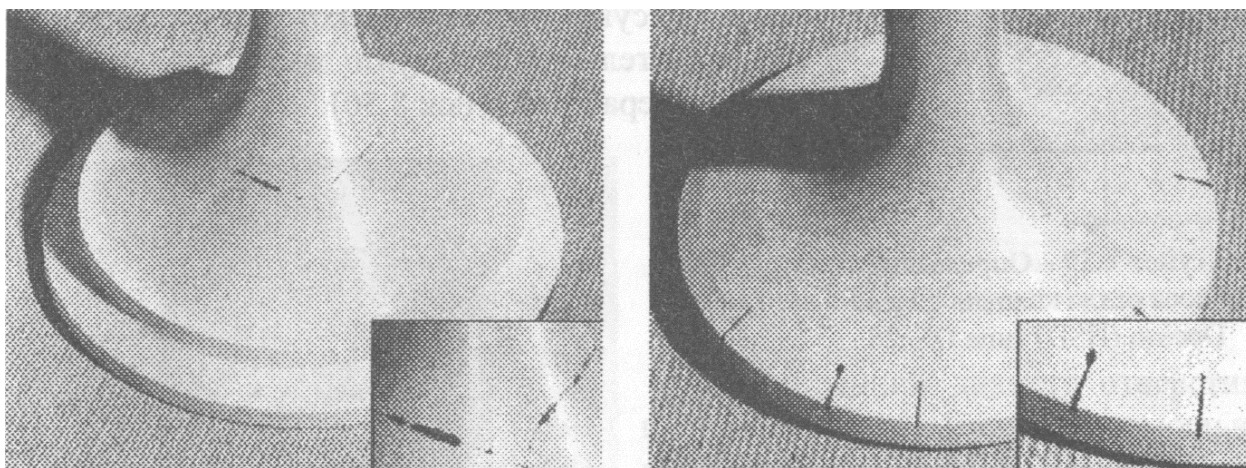


Рисунок 2.5 – Тріщини, виявлені кольоровою дефектоскопією

З плином часу щільність прилягання клапана до сідла втрачається, через що утворюються нещільності, починають прориватися гази з температурою до 2000 °С. Їх дію можна порівняти з полум'ям ацетиленового пальника. В результаті на ущільнюючій поверхні тарілки випалюються борозни (рис. 2.6), утворюються відколи або відбувається навіть обрив тарілки. Її уламки ушкоджують кришки циліндрів, поршні і руйнують турбокомпресори. Тому важливо своєчасно виявляти нещільності клапанів і періодично відновлювати їх поверхні ущільнювачів.

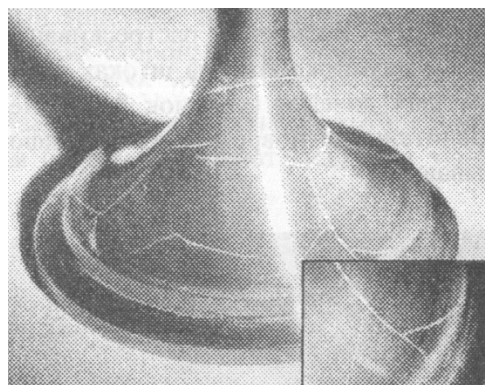


Рисунок 2.6 – Тріщини, виявлені кольоровою дефектоскопією

Прискоренню процесів зносу і вигорання клапанів сприяє вміст в важких залишках паливах ванадію, натрію і сірки, з'єднуючись з продуктами згоряння палива вони утворюють оксиди і солі. Будучи надзвичайно агресивними, вони за певних умов, викликають високотемпературну або низькотемпературну корозію клапанів.

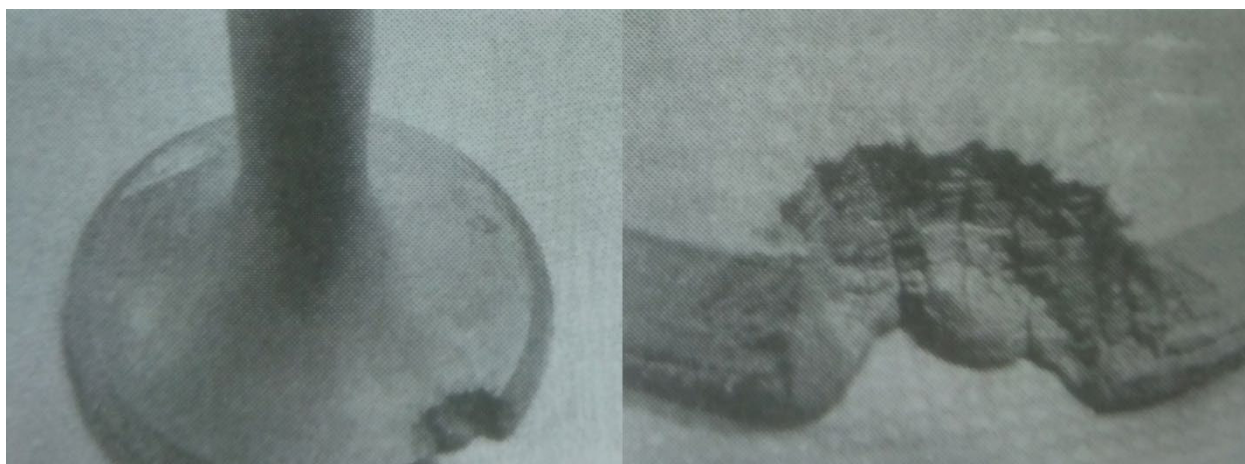


Рисунок 2.6 – Прогорання тарілки клапану

Високотемпературна корозія викликається наявністю в паливі ванадію і натрію. При згорянні палива утворюються оксиди ванадію, які мають температуру плавлення: $V_2O_4 = 1970\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V_2O_5 = 675-690\text{ }^{\circ}\text{C}$, тобто значно вище температури випускних газів: $450-600\text{ }^{\circ}\text{C}$. Тому вони залишають циліндр разом з випускними газами в твердому стані. Натрію в паливі трохи і в процесі згоряння утворюються сульфати натрію Na_2SO_4 температура

плавлення яких також висока. Але при обводнюванні палива морською водою або її попаданні в циліндри двигуна через свищі в трубках охолоджувача надувного повітря вміст натрію, а значить і утворюються сульфатів натрію різко зростає. Коли їх співвідношення до окислів ванадію V_2O_5 досягає 2:1, утворюються нові сполуки, температура плавлення яких знижується до 530 °С. Ця розплавлена суміш, володіючи підвищеною липкістю, прилипає до ущільнюючих поверхонь клапана. Будучи агресивною, вона сама по собі викликає їх інтенсивну корозію.

Крім того, відкладення, що утворюються на ущільнюючих поверхнях погіршують тепловідвід, що призводить до підвищення температури тарілки клапана і прогоряння.

Для зниження впливу високотемпературної корозії рекомендується

- не допускати попадання морської води в циліндри двигуна, контролювати щільність охолоджувача надувного;
- вживати заходів щодо зниження температури випускних газів шляхом підтримки справної роботи паливної апаратури, чистоти турбокомпресорів, охолоджувача надувного повітря;
- забезпечувати працездатність пристроїв для обертання клапанів.

Додатковим позитивним впливом присадок є зниження кислотності випускних газів. Ванадій в паливі надає каталітичний вплив на сірку, прискорюючи перетворення сірчистого ангідриду в трьохокис сірки під час згорання. Потім трьохокис сірки вступає в реакцію з потоком газів в вихлопному тракті, підвищуючи точку роси для освіти сірчаної кислоти. Присадка звертає сукупність ванадієвих і натрієвих сполук в твердий, нерозплавлений стан, стримуючи сольову корозію.

Зазначені заходи дозволили значно підвищити ресурси випускних клапанів. Раніше планові перебирання клапанів виконували через 6 тисяч годин роботи, і не кожен клапан відпрацьовував цей ресурс. В останні роки ці терміни значно підвищені - до 16 тисяч годин.

					ПННІ НУК 142.41.25.02.ПЗ	Аркуш
						28
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2.3 Обслуговування та ремонту газорозподільного механізму

2.3.1 Шток клапана впускного і випускного клапану

Демонтаж

- 1.1 Демонтувати головку циліндра.
- 1.2 Демонтувати коромисло і підняти перемичку клапана
- 1.3 Насадити затискач пружини клапана (W1) на тарілку (2).
- 1.4 Стиснути пружини клапана (3) і зняти половинки затискного конуса (4). Обережно зняти натяг з пружин клапана (3).
- 1.5 Прибрати з кришки циліндра затискні пристрої пружини клапана (рис. 2.8), тарілку (2), внутрішні і зовнішні пружини клапана (3), а також поворотний пристрій клапана.
- 1.6 Витягти шток клапана з головки циліндра.

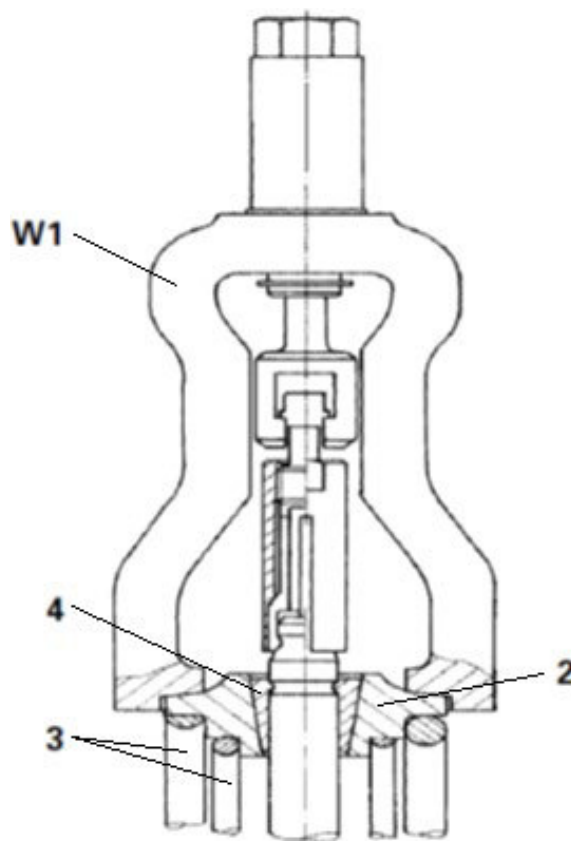


Рисунок 2.8 – Затискний пристрій пружини клапана

Штоки клапана зі значними слідами зносу в області затискачів, а також половинки затискного конуса, на яких утворилася заусеніца, повинні бути замінені новими.

Ремонт штоку та сідла клапана

Монтаж

2.1 Проконтролювати зазор направляючої клапана, оновити кільце круглого перетину.

2.2 Перед монтажем змастити маслом шток клапана і вставити вгвинчуванням шток клапана.

2.3 Монтаж здійснюється в зворотному демонтажу порядку.

2.4 Вставивши половинки затискного конуса, повільно зняти навантаження з пружин клапана, звертаючи при цьому увагу на правильність сидіння половинок затискного конуса.

Ремонт та перевірка штоку клапана випуску

Перед монтажем шліфувати нові, допрацьовані або такі що були у користуванні неушкоджені штоки клапана згідно послідовності проведення роб від 4.

Доопрацювання штоків клапана (згідно послідовності проведення робіт 3) може знадобитися:

- після закінчення тривалого часу експлуатації,
- при негативному аналізі стану, наприклад: пошкодження ущільнюючих поверхонь, глибокі риски, нерівномірні плями контактів штока клапана та сідла.

Контроль стану

1.1 Гнізда клапанів придатні для подальшого використання без доработки тоді, коли

- гнізда по всій поверхні металево чисті;
- немає ознак наскрізних коксових пробойів;

					ПННІ НУК 142.41.25.02.ПЗ	Аркуш
						30
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

– перевіркою за допомогою освітлюваної лупи (8-кратне збільшення), методом пульверизації (Met L'Check) або методом знежирення не було виявлено утворення тріщин на поверхні гнізда.

1.2 Клапани не придатні при

- пошкодженнях поверхні штока клапана (тріщини, прориви);
- знос матеріалу внаслідок корозії > 2% від діаметра тарілки (порівняно з новим клапаном)
- прогорання внаслідок високотемпературної корозії на нижньому боці тарілки клапана 1,5 мм (рис. 2.9);
- значне утворення шрамів нижньої сторони тарілки клапана (так званого утворення бруківки);
- шрами внаслідок корозії і механічних ушкоджень в області стрижня клапана, переходу стрижня і тарілки клапана;
- перевищенні граничного розміру доопрацювання.

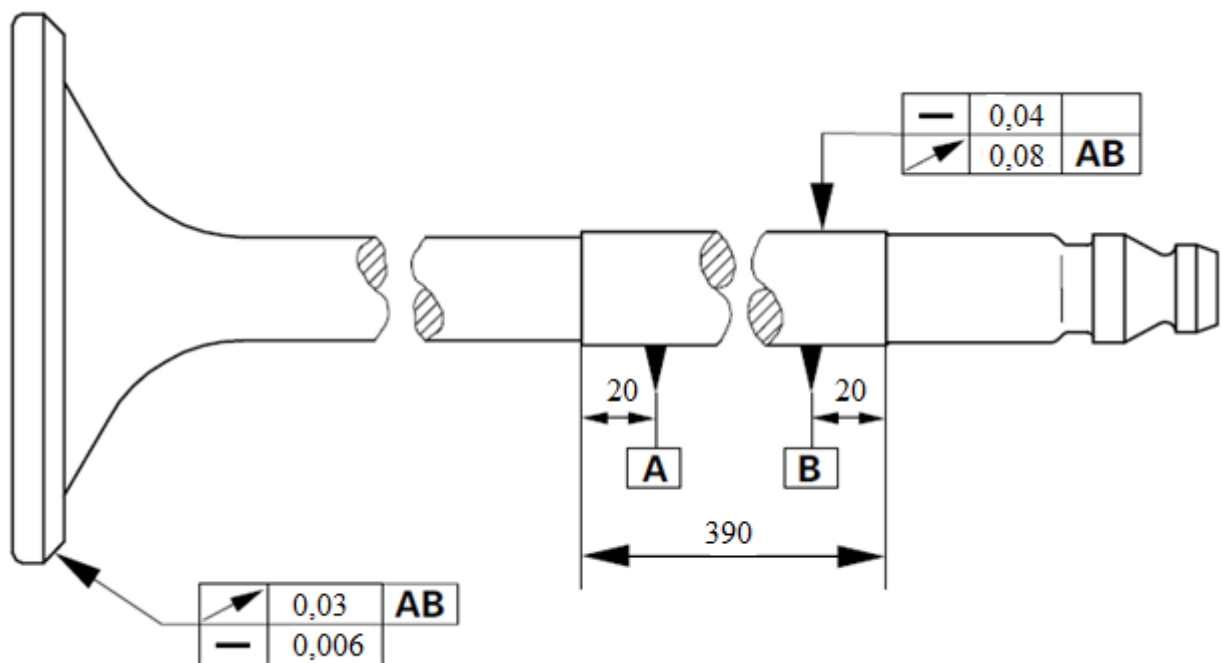


Рисунок 2.9 – Клапан

2. Чистка

Прочистити стрижень клапана, наприклад скляними гранулами. Не можна проводити чистку інструментами з гострими краями, а також труїти неорганічними кислотами (соляної кислотою, сірчаною кислотою, плавиковою кислотою і т.д.).

3. Ремонт (добробка ущільнюючих поверхонь)

Доопрацювання повинно проводитися виключно на прецизійному шліфувальному верстаті кваліфікованим фахівцем. Якщо такого верстата немає в розпорядженні, штоки клапанів слід передати для шліфування на станцію сервісного обслуговування МаК.

3.1 шліфувати ущільнювальну поверхню відповідно до заданого кута (рис. 2.10). Не обробляти наявний закруглений перехід.

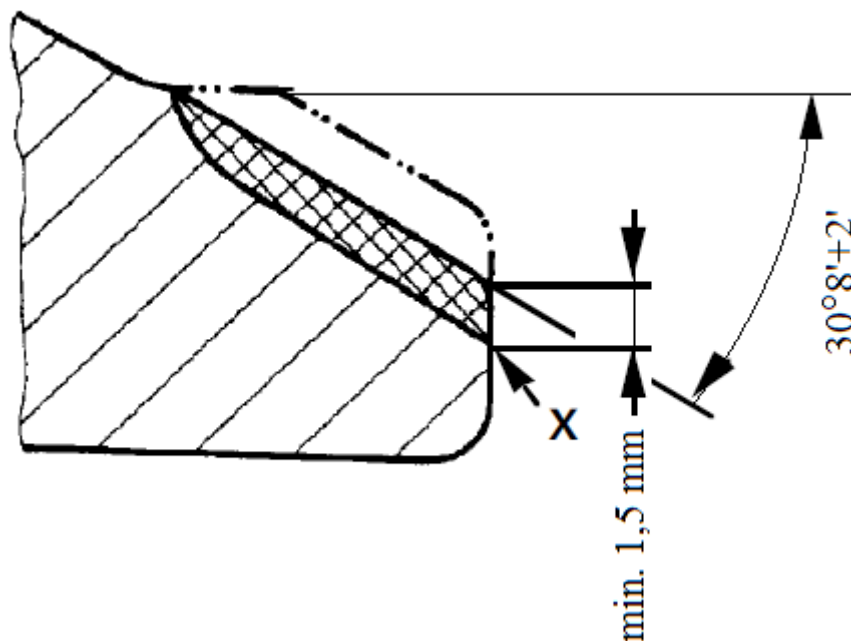


Рисунок 2.10 – Посадочна поверхня клапана

3.2 При шліфуванні дотримуватися відповідні вказівки виробника шліфувальних верстатів °.

3.3 Після шліфування встановити розмір між видимим краєм наплавлення твердого сплаву основного матеріалу "Х" і зовнішнім краєм поверхні сідла. При зниженні мінімального розміру замінити шток клапана.

3.4 Зовнішній край закруглити.

При доопрацьованому штоку клапана необхідно доопрацювати і кільце сідла клапана.

4. Обслуговування (Контроль плями контакту та підшліфовка)

4.1 На поверхню сідла нового або доопрацьованого штока клапана рівномірно нанести за допомогою шприца невеликі точки пастою Діамант Др 30/10 – 15 нм (рис. 2.11). Потім, для розведення і підвищення ріжучої здатності, окропити всю поверхню кільця сідла розчинником (Р25) до пасти Діамант.

4.2 Вставити в напряду змащений клапан. Зафіксувати пристосування (рис. 2.12) на тарілці клапана і, повертаючи вручну туди і сюди пристосування, шліфувати при помірному тиску шток і поверхню сідла. Частка несучої поверхні (рис. 2.12 а), видна за рахунок легкого подшліфовування, не повинна перевищувати 30 - 50% ширини сідла, починаючи з зовнішнього діаметра по колу.

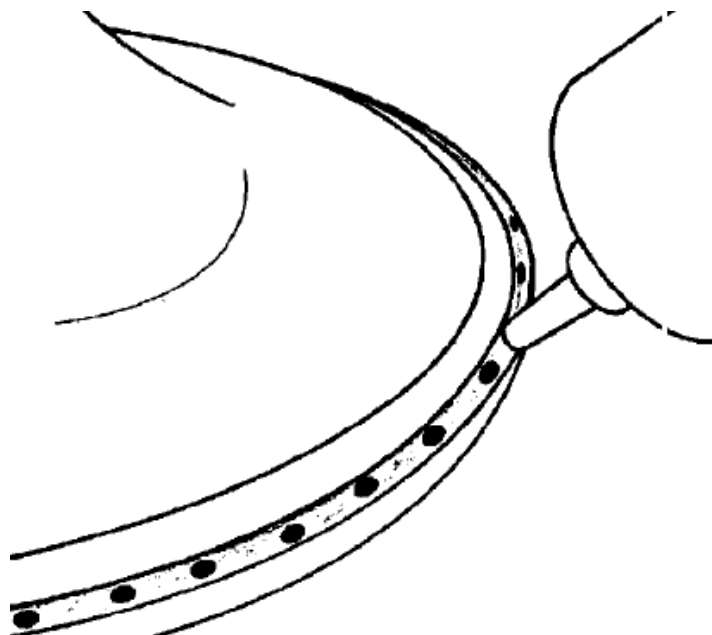


Рисунок 2.11 – Нанесення ущільнюючої пасти

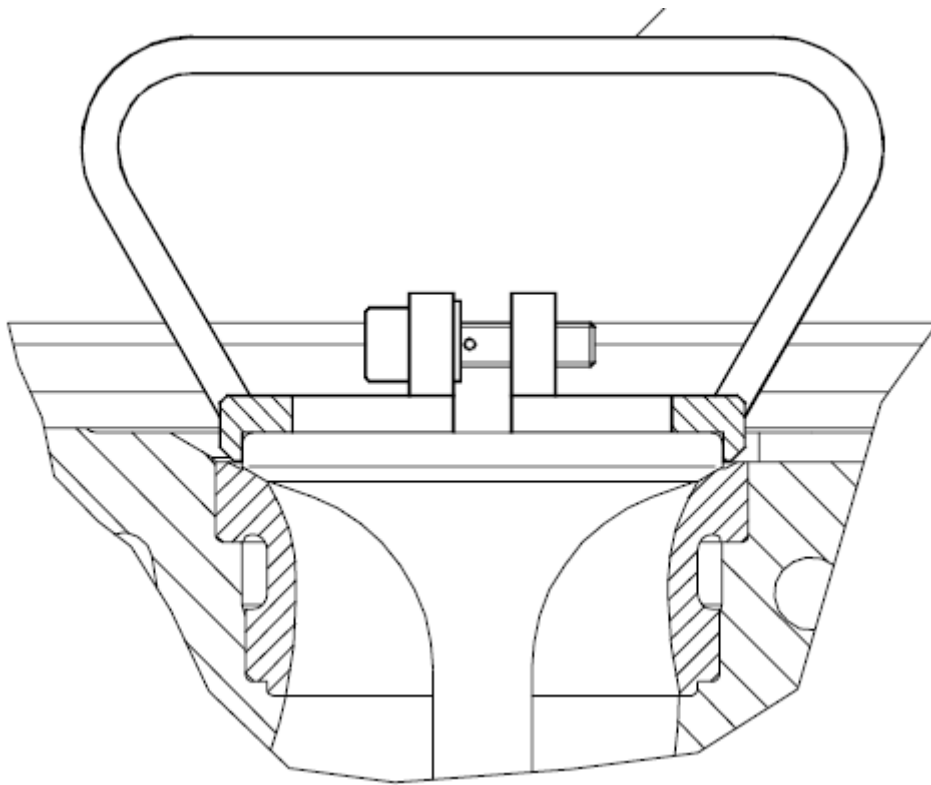


Рисунок 2.12 – Пристрій для шліфування клапана

4.3 При поганій плямі контакту клапан не підшліфовують, а проводять додаткову обробку обох поверхонь ущільнювачів.

4.4 Переконалися в тому, щоб шліфівані один під одного деталі (шток клапана і кільце сидіння) залишалися разом.

5. Кінцевий контроль

5.1 Перевірити дотримання граничних розмірів доопрацювання.

5.2 Ґрунтовно прочистити шток клапана та сідло і досліджувати поверхні за допомогою освітлюваної лупи (8-кратне збільшення) на тріщини в наплавленні твердого сплаву і в межуючій області.

Перед монтажем шліфувати нові, допрацьовані або такі які були у користуванні неушкоджені штоки клапана впускання згідно послідовності проведення робіт 4.

Доопрацювання штоків клапана (згідно послідовності проведення робіт 3) може знадобитися:

– після закінчення тривалого часу експлуатації,

– при негативному аналізі стану, наприклад: пошкодження ущільнюючих поверхонь, глибокі шрами, нерівномірні плями контактів штока клапана / сідла.

2.3.2 Ремонт та перевірка кільця гнізда клапана

Якщо на поверхні ущільнювача гнізда клапана/штока клапана з'являються нерівномірні плями контакту або глибокі шрами, доопрацюванню повинні піддаватися обидві поверхні ущільнювачів.

Шліфувати нові або допрацьовані гнізда клапана згідно послідовності проведення робіт 4.

Доопрацювання гнізд може знадобитися:

- після закінчення годин експлуатації;
- при негативному аналізі, наприклад пошкоджені поверхні гнізда, глибокими шрами, нерівномірних плям контактів гнізда / штока клапана (рис. 2.13).

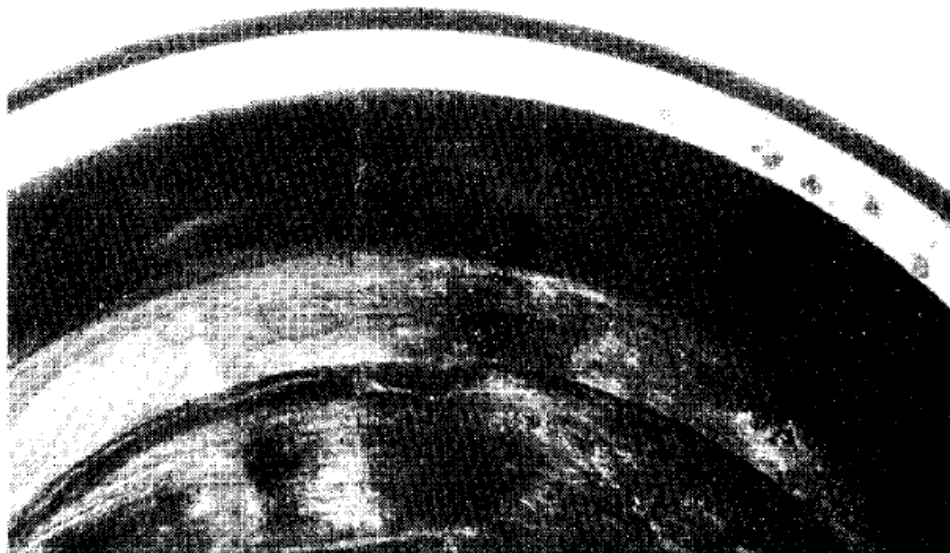


Рисунок 2.13 – Нерівномірність плями контакту

1.1 Гнізда клапанів придатні для подальшого використання без доопрацювання тоді, коли

- гнізда по всій поверхні металево чисті;
- немає ознак наскрізних коксових пробоїв або очевидного зносу;
- перевіркою за допомогою освітлюваної лупою (8-кратне збільшення), методу пульверизації (Met L'Check) або методу знежирення не було виявлено утворення тріщин на поверхні гнізда.

1.2 Не придатні для подальшого використання кільця гнізд клапанів тоді, коли

- є тріщини на поверхні гнізда;
- є пропали;
- перевищено граничний розмір доопрацювання.

2. Чистка

Очистити поверхні гнізд від відкладень.

3. Ремонт (доробка кілець гнізд клапанів)

Доопрацювання повинно проводитися виключно на прецизійному шліфувальному верстаті МаК (W1) кваліфікованим фахівцем.

Ще одна можливість доробки гнізд надається за допомогою пристосування для фрезерування гнізд клапанів МаК (рис. 2.14). Уникати непотрібного зняття матеріалу, обробляти тільки коксові пробої, що знаходяться в області несучої поверхні.

3.1 Відфрезерувати гніздо клапана

3.1.1 Ретельно почистити кільце гнізда клапана в області прилягання 3 центруючої шайби 4 для забезпечення абсолютно центрованої фіксації шипа направляючої 5. Видалити кільце круглого перетину з втулки напрямної.

3.1.2 Вставити центруючу шайбу 4 з шипом направляючої 5 і затягнути за допомогою хрестоподібної ручки 6.

Обережно поводитися з ріжучими головками 2, фрезерні ножі чутливі до ударів, крім того жорстке насадження може пошкодити поверхні гнізда клапана.

					ПННІ НУК 142.41.25.02.ПЗ	Аркуш
						36
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

3.1.3 Насадити ріжучу головку (рис. 2.14) на змащений шип направляючої, угвинчувати гвинт з накатною головкою 1 до тих пір, поки не відчується значний опір.

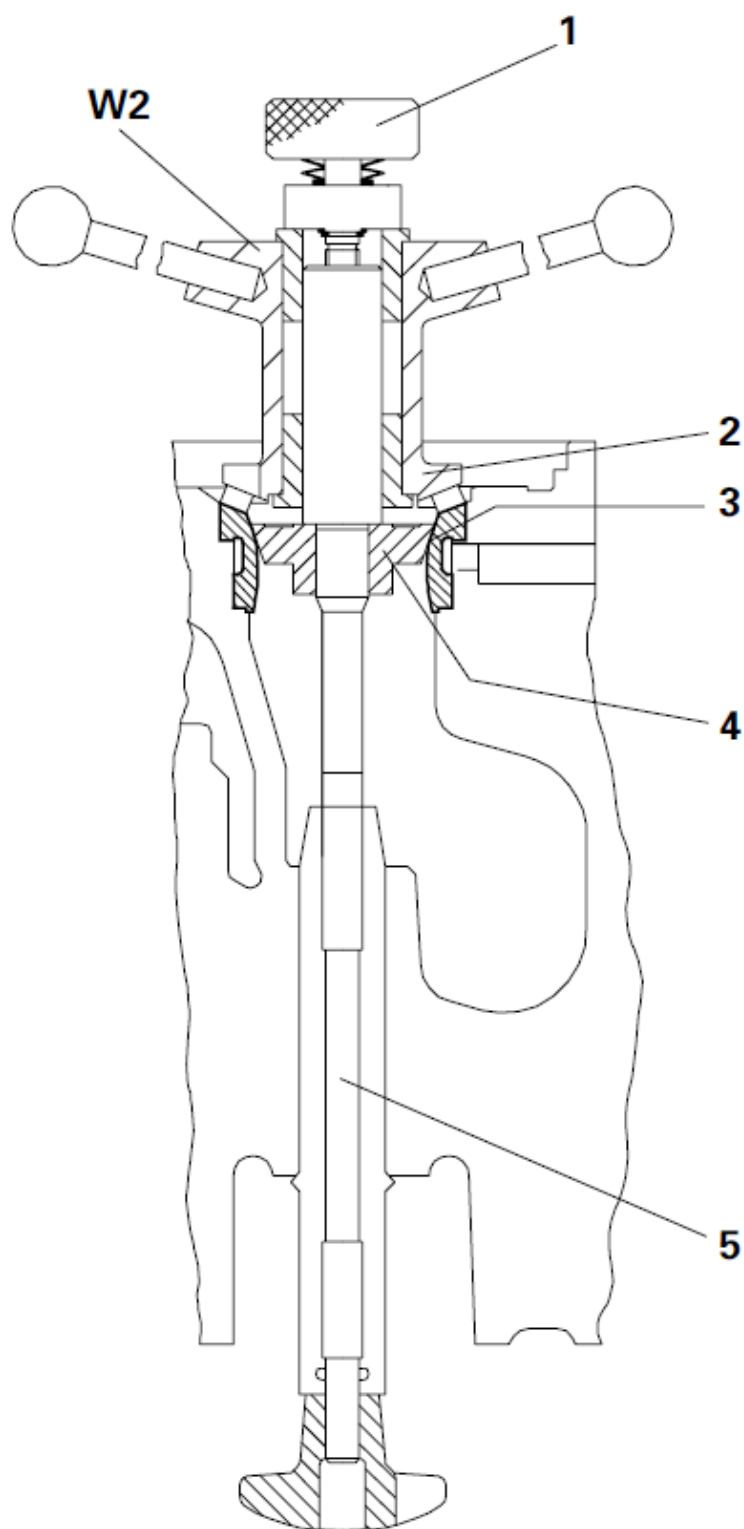


Рисунок 2.14 – Пристрій підрізки гнізда клапана

					ПННІ НУК 142.41.25.02.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		37

3.1.4 Рівномірно, повільно обертаючи гніздо клапана вправо, протягнути його якнайдалі і при цьому фрезувати в один прийом. Процес різання ножами повинен відчуватися. Тиск натиску по почуттю різання.

Небезпека дроблення при дуже малому тиску натискання і або занадто висока швидкість різання.

3.1.5 Перед завершенням процесу різання повільно розгорнути назад гвинт з накатною головкою, при цьому обертати головку різання.

3.1.6 Максимально допустимі розміри для доопрацювання:

Випускний клапан (рис 2.15):

Виступ "y" повинен зберігатися так, що він ще відчутний.

Впускний клапан (рис. 2.15):

Внаслідок доопрацювання розмір "z" не повинен бути нижче мінімального розміру 1 мм.

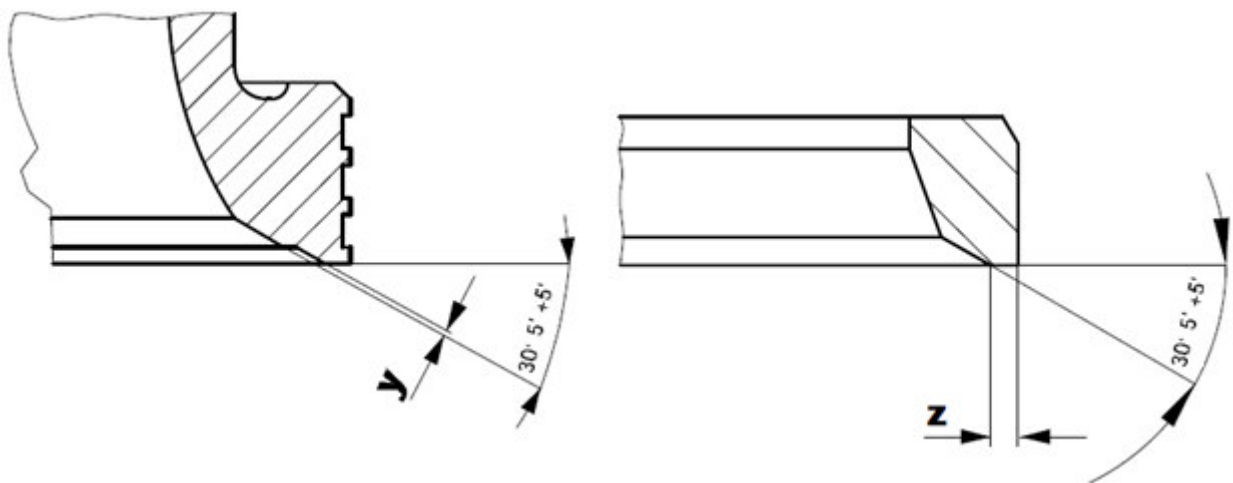


Рисунок 2.15 – Гніздо випускного та впускного клапанів

3.1.7 Якщо фрезерні ножі затупились, головку різання необхідно віддати Мак для ремонту.

3.1.8 Демонтувати пристосування фрезерування. Відколоти гострі краї за допомогою тонкої, просоченої мастильним гелем, лляної ганчір'я.

4. Контроль плям контакту та шліфівка

4.1 Нанести на поверхню гнізда нового або допрацьованого шпинделя клапана за допомогою шприца невеликі точки пасти Diamant Dp 30/10-15 мкм і рівномірно розподілити. Потім окропити всю поверхню гнізда розчинником Diaplastol.

4.2 Вставити змащений маслом стрижень клапана під втулку прямої. Закріпити пристосування (W 1) на тарілці клапана і злегка шліфувати вручну, повертаючи туди і сюди пристосування при стриманому тиску, шток і гніздо. Частка "а", видима при легкому процесі шліфування, не повинна перевищувати, починаючи з зовнішнього діаметра 30 - 50% ширини "в" по всій поверхні.

4.3 При поганій плямі контракту не шліфувати, а зробити ручне доопрацювання на обох ущільнюючих поверхнях.

4.4 Переконалися в тому, що шліфовані один під одного деталі (шток клапана і кільце гнізда) залишалися разом.

5. Кінцевий контроль

5.1 Перевірити дотримання граничних розмірів доопрацювання.

5.2 Ґрунтовно почистити шток та гніздо клапана і дослідити ущільнюючі поверхні за допомогою освітлюваної лупи (8-кратне збільшення) на тріщини в наплавленні твердого сплаву і в межуючі області.

2.3.3 Розподільний вал

Демонтаж

1.1 Відкрити декомпресійні клапани

1.2 Демонтувати кришку кулачкового вала з керуючої сторони і кришку на протилежній стороні зчеплення.

1.3 Демонтувати коромисло відповідного і всіх, що знаходяться праворуч від нього, циліндрів

					ПННІ НУК 142.41.25.02.ПЗ	Аркуш
						39
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

1.4 Підняти з кулачків балансир (рис. 2.16) відповідного приводу впускного та випускного клапанів і закріпити за допомогою фіксуючого гвинта (W2) для запобігання відкидання вниз.

1.5 Розвернути кулачковий вал до найвищого підйому кулачків (верхня мертва точка) і підняти балансир (рис. 2.16) відповідних приводів паливного насоса за допомогою фіксуючого гвинта (W2) з кулачків впрыску і закріпити.

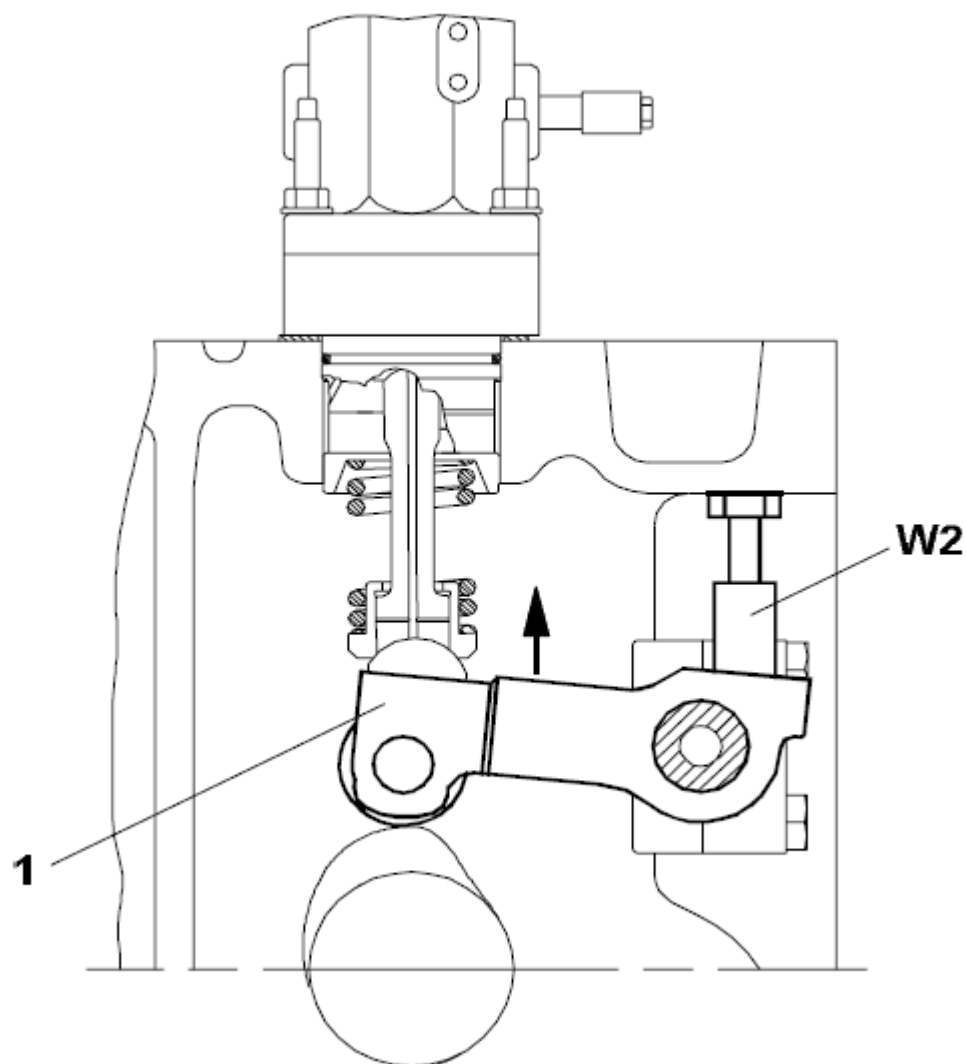


Рисунок 2.16 – Підйом ролика штовхача

1.6 Змонтувати пристосування для монтажу кулачкового вала (рис. 2.17) відповідно до таблиці 2.1. На корпусі циліндра і встановити гвинт з шестигранною головкою 21 на висоті фланця кулачкового вала (X).

Таблиця 2.1 – Розподіл пристосувань для демонтажу розподільного валу

Демонтаж секції розподільного валу циліндру №	Пристосування для монтажу кулачкового вала встановити на корпусі циліндру №
1	3,6
2	4,6
3	5,6
4	6
5	-
6	-

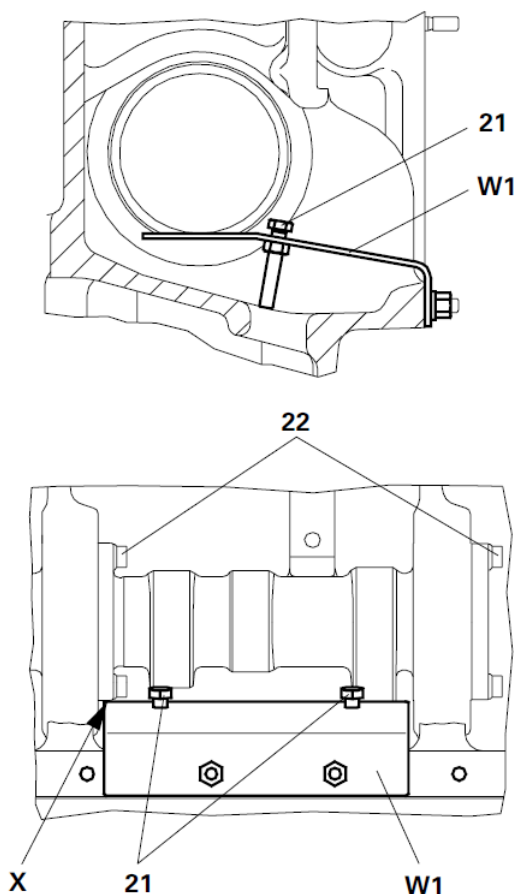


Рисунок 2.17 – Монтаж пристрою для демонтажу розподільного валу
(зверху) та демонтаж однієї секції (знизу)

1.7 Розподілити пристосування для монтажу кулачкового вала. Підняти ділительний елемент кулачкового вала, блок циліндра 6, на протилежному боці зчеплення через монтажний отвір з корпусу кривошипа циліндра.

1.8 Послабити фланцеві гвинти (22) секції, яка демонтується і сусіднього правого ділильного елемента кулачкового вала за допомогою викрутки (W 4) і подовжувача. Відповідним чином розгорнути недоступні гвинти.

1.9 Обережно і без застосування значних зусиль зрушити відгвинчений кулачковий вал за допомогою монтажного лома на один блок циліндра вправо.

1.10 Витягти ділильний елемент кулачкового вала з боку направо з вільного сусіднього корита кулачкового вала.

Монтаж

Фланець кулачкового вала (рис. 2.18) кожного ділильного елемента закріплений штифтом відповідно до приналежного до циліндра і позицією згідно послідовності запалювання (32) і забезпечений ідентифікаційним номером фланця (33).

2.1 Помістити ділильні елементи кулачкового вала позиції в протилежній демонтажу послідовності.

2.2 Змастити різьблення і поверхні прилягання гвинтів фланця пастою Molykote G-Rapid Plus і згвинтити один з одним від'єднаний ділильний елементи кулачкового вала.

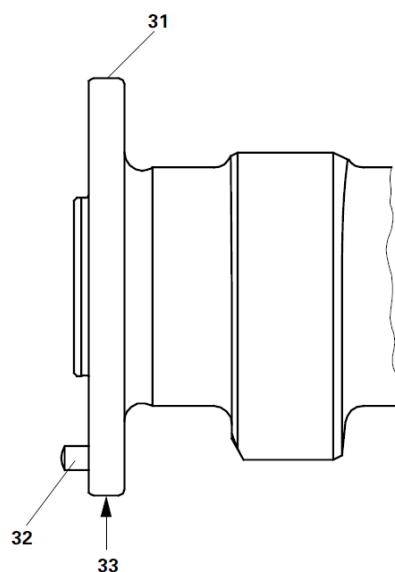


Рисунок 2.18 – Штифт ідентифікації секції розподільного вала

2.3 Рівномірно затягнути через хрест гвинти фланця з моментом обертання $100 \text{ нм} = 50^\circ$ кута повороту.

Демонтувати пристосування для монтажу кулачкового вала (W1).

2.4 Демонтувати фіксуючі гвинти (W2) високо стоячого балансиру приводу клапана і насоса.

2.5 Змонтувати коромисло і провести контроль клапанного зазору.

2.6 Провести контроль прохідності мастила.

2.3.4 Контроль та регулювання клапанного зазору

Клапанний зазор слід виміряти лише при робочій температурі двигуна, тобто після закінчення 15 хв. після відключення двигуна.

Клапанний зазор (рис. 2.19):

Впускного клапану: 0,6 мм

Випускного клапану: 0,8 мм

Перед кожним регулюванням клапанного зазору при проведенні періодичного контролю або внаслідок проведення робіт на вузлах приводу клапана проводити нову настройку позиції клапанної перемички по відношенню до його стержнів.

Етапи роботи:

1. Відрегулювати клапанну перемичку

1.1 Відкрити декомпресійні клапани.

1.2 Зняти кришку головки циліндра, не пошкодивши ущільнень.

1.3 Розгортати колінчастий вал до тих пір, поки поршень регульованого циліндра не буде звернутий в положення мертвої точки запалювання.

1.4 За допомогою відкидання назад коромисла (рис. 2.19) або перестановки регулювального гвинта клапана 2 відрегулювати досить великий зазор "б" між коромислом 1 і перемичкою клапана.

					ПННІ НУК 142.41.25.02.ПЗ	Аркуш
						43
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

1.5 Послабити контргайку (рис. 2.20) і вигвинчувати регулювальний гвинт 4 до тих пір, поки при відкиданні перемички клапана в напрямку обертання "а" не утворюється достатнього зазору.

1.6 Відкинути перемичку клапана в напрямку обертання "в" і вигвинчувати регулювальний гвинт (рис. 2.20) до тих пір, поки перемичка клапана не матиме контакт з обома клапанами. Затягнути контргайку 3.

Регулювальний гвинт 4 обертається назад так, що між перемичкою клапана і обома клапанами утворюється рівномірний зазор.

2. Відрегулювати клапанний зазор

2.1 Виміряти зазор за допомогою щупа. Розгорнути при цьому штангу вниз.

2.2 Коригування зазору "б".

2.2.1 Послабити контргайку.

2.2.2 Викручувати чотиригранник регулювального гвинта клапана 2 до тих пір, поки не буде встановлено запропонований зазор.

2.2.3 Знову затягнути контргайку для фіксації регулювального гвинта в його положенні.

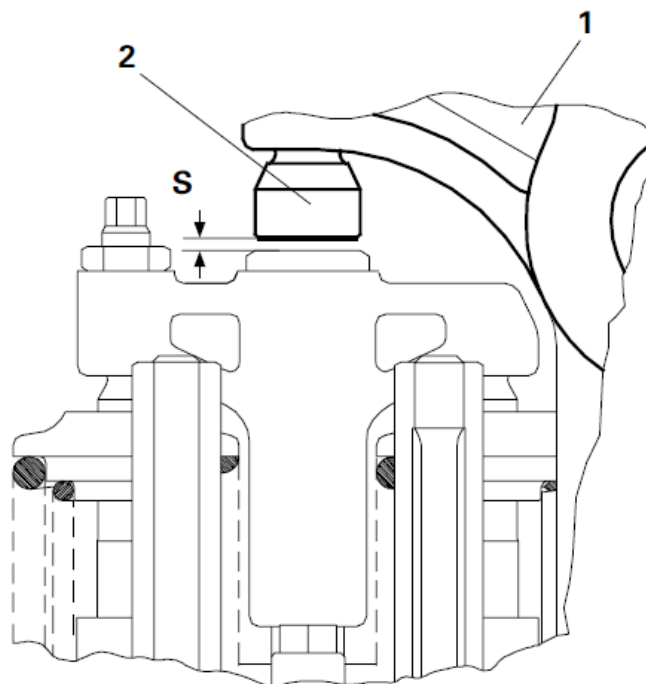


Рисунок 2.19 – Зазор між коромислом та траверсою клапана

					ПННІ НУК 142.41.25.02.ПЗ	Аркуш
						44
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

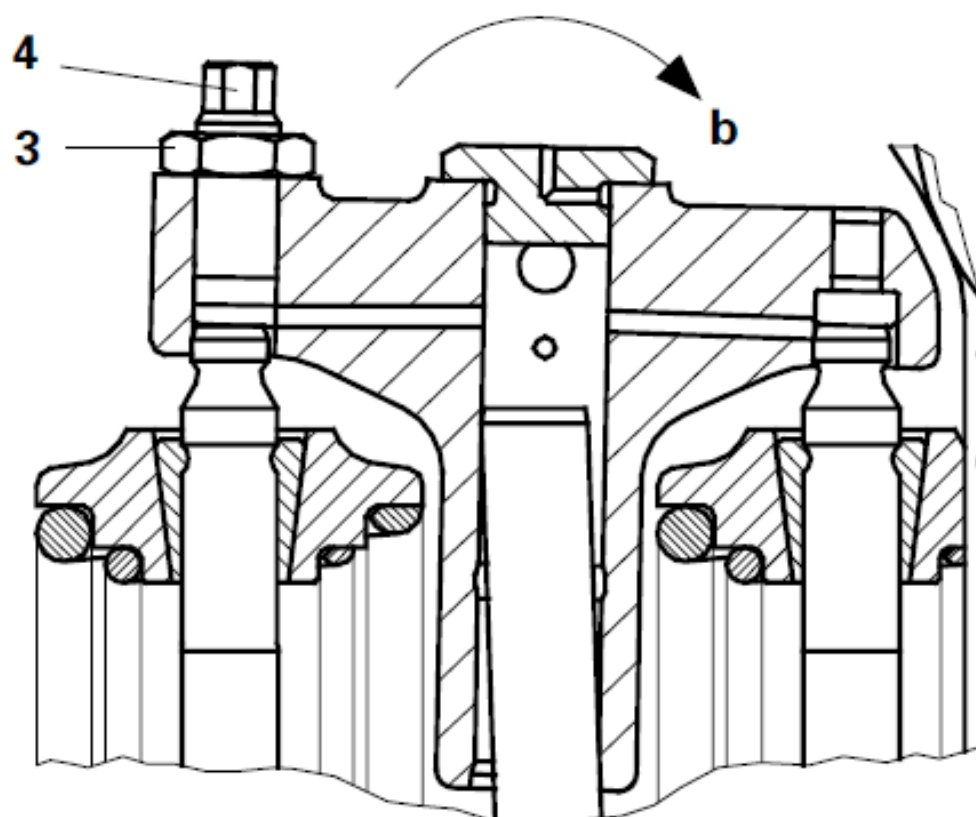
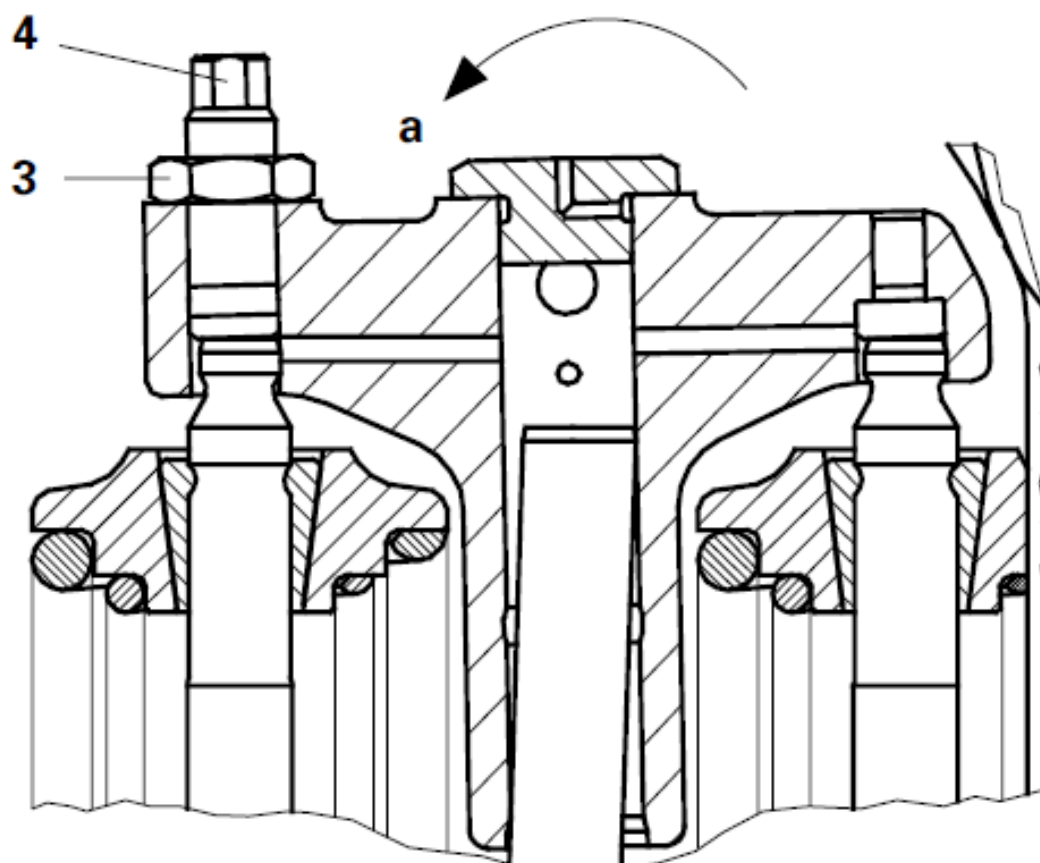


Рисунок 2.20 – Установка траверсы клапанів

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

ПННІ НУК 142.41.25.02.ПЗ

Аркуш

45

4.3.5 Обслуговування, монтаж та демонтаж і стійки коромисла

1. Демонтаж

1.1 Зняти кришку головки циліндра.

1.2 Розгорнути поршні в позицію в.м.т. (Точку запалювання). Клапани впуску-випуску закриті, з коромисла знято навантаження.

1.3 Відкрутити фіксуючі гайки (рис. 2.21).

1.4 Підняти стійку коромисла з коромислом впуску-випуску.

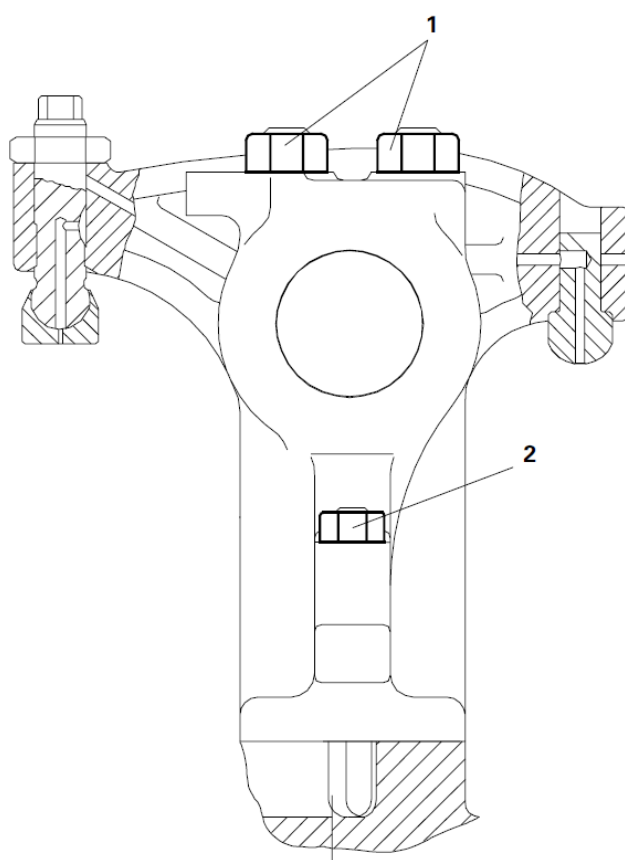


Рисунок 2.21 – Стійка коромисла

2. Монтаж

2.1 Очистити поверхню установки для стійки коромисла на голівці циліндра.

2.2 Продути стисненим повітрям отвір перепуску масла.

					ПННІ НУК 142.41.25.02.ПЗ	Аркуш
						46
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2.3 Через установчі штифти надіти стійку коромисла на головку циліндра і відрегулювати так, щоб регулюючі гвинти знаходилися посередині на клапанних перемичках.

2.4 Змастити різьблення і поверхню установки гайок пастою Molykote G-Rapid Plus і поступінчато затягнути гайки 1 з моментом обертання $M = 120$ Нм, а гайки (2) - з моментом обертання $M = 60$ Нм.

2.5 Відрегулювати клапанний зазор.

2.6 Перевірити прохідність масла.

2.7 Змонтувати кришку головки циліндра (перевірити ущільнення).

2.3.6 Обслуговування, демонтаж і монтаж коромисла клапанів

1. Демонтаж

1.1 Демонтувати стійку коромисла.

1.2 Видалити запобіжне кільце (рис. 2.22) і опорну шайбу 2 з коромисла впуску 3 і коромисла випуску 4 і стягнути коромисло з осі коромисла 5.

Інші операції по технагляду на коромислах впуску-випуску ідентичні.

2. Почистити всі деталі і провести контроль на наявність пошкоджень. Продути отвори для масла стисненим повітрям і перевірити їх на прохідність.

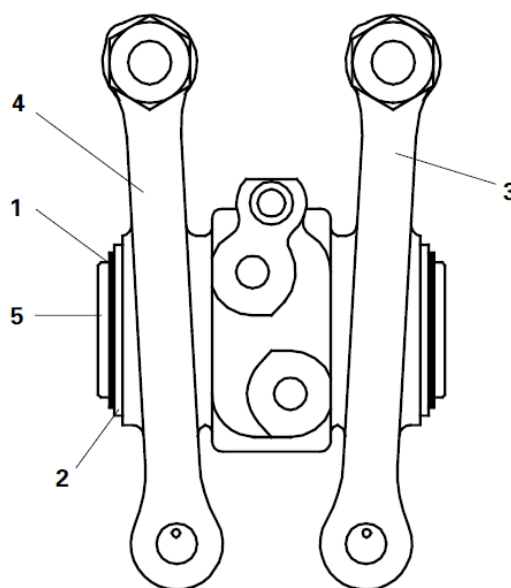


Рисунок 2.22 – Коромисла клапанів

					ПННІ НУК 142.41.25.02.ПЗ	Аркуш
						47
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

3. Перевірити поверхні установки сферичного болта (рис. 2.10) і регулювального гвинта 12 на знос і наявність пошкоджень. При необхідності замінити деталі. Охолодити сферичний болт рідким азотом до $-195\text{ }^{\circ}\text{C}$ і пересипати льодом. Звертати увагу на маркування (х) сферичного болта.

4. Виміряти втулку коромисла (рис. 2.23) і вісь коромисла, оновити втулки при досягненні граничного зазору $0,2\text{ мм}$ (допустимий зазор становить $0,015 - 0,14\text{ мм}$).

5. Замінити втулки підшипників.

5.1 Вибити втулку (рис. 2.23) з коромисла за допомогою відповідного латунного шипа.

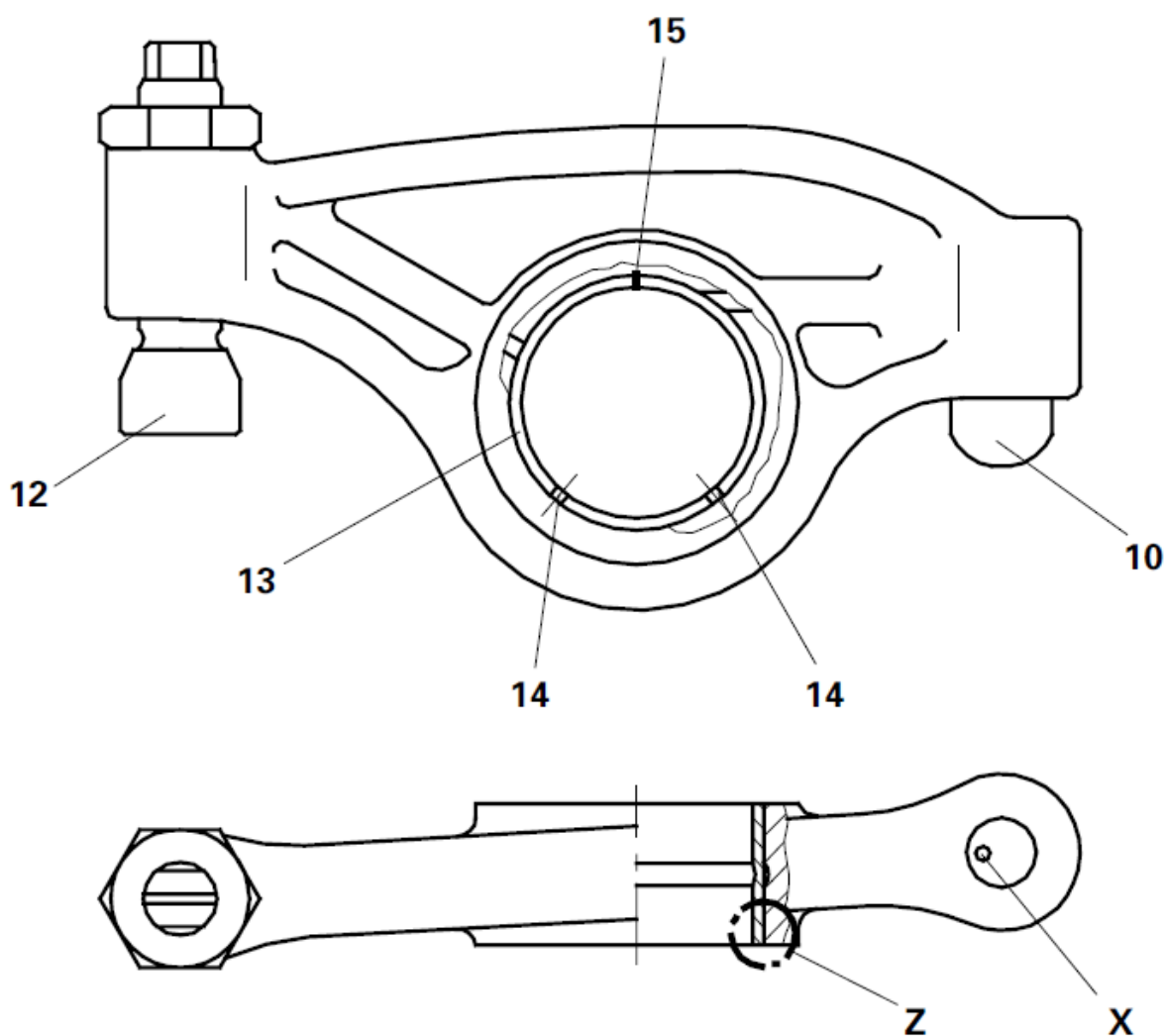


Рисунок 2.23 – Втулка коромисла

Вісь коромисла повинна бути без пошкоджень.

6.1 Змастити ходові поверхні втулок коромисла впуску, коромисла випуску 4 і вісь коромисла і обережно насунути коромисло на вісь. Переконатися у відсутності перекоосу коромисла.

6.2 Аксиально зафіксувати коромисло за допомогою опорної шайби (2) і запобіжного кільця (1).

6.3 Змонтувати стійку коромисла на голівці циліндра і провести контроль прохідності мастила.

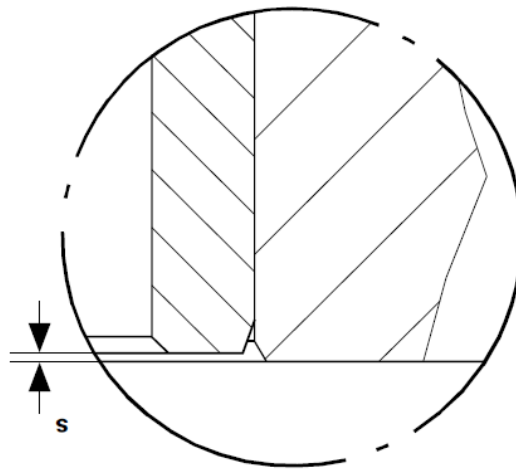


Рисунок 2.24 – Зазор втулки коромисла

2.3.7 Контроль та оцінка механізму обертання

Виміряти і записати число обертів клапана в залежності від числа обертів двигуна при введенні в експлуатацію нової або відремонтованої кришки циліндра, щоб дані подальших вимірювань порівнювати з цими.

Етапи роботи:

1. Спостерігати обертання клапана.
2. Механізм обертання клапана працює правильно, якщо спостерігається рівномірне обертання, залежне від числа обертів двигуна.
3. Змастити механізм обертання клапана декількома краплями суміші рідкого мастила з газойлем (співвідношення суміші 1:1), якщо

спостерігається значне уповільнення обертань в порівнянні з вимірювальними даними в новому стані.

3.1 Якщо при номінальному числі обертів двигуна число оборотів клапана сповільнилося до с, то механізм обертання клапана треба замінити.

Уповільнення обертання клапана може залежати і від того, що стрижень клапана туго рухається в направляючій клапана, тому його необхідно змазати вказаною вище сумішшю.

					ПННІ НУК 142.41.25.02.ПЗ	Аркуш
						50
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3

ПЕРЕВІРОЧНИЙ РОЗРАХУНОК РОБОЧОГО ЦИКЛУ ДВИГУНА

3.1 Методика розрахунку робочого циклу двигуна

Розрахунковий цикл поршневого двигуна внутрішнього згоряння значно відрізняється від ідеальних циклів. В розрахунковому циклі двигуна внутрішнього згоряння змінюється кількість робочого тіла, його склад і фізичні властивості. Внаслідок кінцевої швидкості згоряння та дисоціації продуктів згоряння прихована в паливі хімічна енергія виділяється не миттєво. В процесі розширення проходять догоряння палива та відновлення дисоційованих газів, з виділенням тепла. В розрахунковому циклі робоче тіло не можна приймати з постійними теплоємкостями, так як температура та склад газів в циліндрі значно змінюються. В розрахунковому циклі також присутні теплові та аеродинамічні втрати.

Крім розрахункового треба розглядати ще дійсний цикл, котрий здійснюється в працюючому двигуні і в теперешній час не може бути точно описаним через недосконалості розрахункових методик та складності процесів, що протікають в ньому. Чим більш досконала методика теплового розрахунку, тим більш ближче розрахунковий цикл до дійсного.

В даному дипломному проекті використовується класична методика теплового розрахунку, розроблена В. І. Гріневецьким і далі вдосконаленого Є. К. Мазінгом. Метод теплового розрахунку заснований на загально відомих положеннях термодинаміки та термохімії, достатньо повно охоплює сутність теплових явищ, що протікають в робочому циліндрі і представляє собою інженерне аналітичне дослідження. На його основі можливо:

- кількісно оцінити ці явища як при проектуванні так і при дослідженні побудованого двигуна;

					ПННІ НУК 142.41.25.02.ПЗ	Аркуш
						51
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- дати уяву про загальні параметри циклу та фактори, що впливають на процеси робочого циклу;
- визначити розрахункові значення параметрів стану робочого тіла в характерних точках розрахункового циклу, а також ефективні показники, що характеризують роботу двигуна в цілому.

В результаті розрахунку буде отримана температура в циліндрі двигуна після процесу стискування та температура згоряння робочих газів. Вказані температури визначають режим роботи впускного та випускного клапанів.

Метод забезпечує достатню задовільну для практики точність розрахунків, не дивлячись на те, що цикл, що проходить в двигуні описується найпростішими термодинамічними процесами і вводиться ряд опитних коефіцієнтів, які оцінюють реальні умови протікання робочих процесів в двигуні.

3.2 Обґрунтування вибору основних параметрів робочого циклу двигуна

Температура навколишнього повітря T_0 . Приймаємо $T_0 = 293 \text{ K}$.

Тиск навколишнього повітря P_0 . В усіх випадках варто приймати $P_0 = 0,1013 \text{ МПа}$.

Ступінь стиску ϵ . При призначенні ступеня стиску варто враховувати розміри циліндра, бистрохідність і спосіб сумішоутворення. Приймаємо по двигуну прототипу $\epsilon = 15$.

Коефіцієнт надлишку повітря α . Цей коефіцієнт також залежить від розмірів циліндра і способу сумішоутворення. Цей параметр при підвищенні зменшує питому витрату пального, водночас зменшуючи середній ефективний тиск та потужність. Відповідно його слід підбирати з кількох спроб розрахунку з урахуванням одночасного досягнення заданої потужності і найкращої можливої економічності. Вибір остаточного значення α

робиться з вибором оптимального значення P_k . З урахуванням переліченого встановлюємо $\alpha = 2,23$.

Коефіцієнт залишкових газів γ_r . Вплив на значення цього коефіцієнту завдають тип двигуна, особливості повітропостачання і газообміну. Приймаємо $\gamma_r = 0,025$.

Коефіцієнт використання теплоти в точці z (ξ_z), та в точці b (ξ_b). Ця величина змінюється в широких межах і залежить від ступеня досконалості двигуна. Найкраще ці величини призначати після аналізу теплового балансу двигунів, близьких до проектного. Приймаємо $\xi_z = 0,94$; $\xi_b = 0,97$.

Ступінь підвищення тиску при згорянні λ . Ступінь підвищення тиску λ залежить від бистрохідності двигуна, ступеня наддуву, організації процесів сумішоутворення та ряду інших факторів. Приймаємо $\lambda = 1,3$.

Підігрів заряду від стінок циліндру ΔT_a . Приймаємо $\Delta T_a = 15$ К.

Коефіцієнт округлення індикаторної діаграми ζ . Величину цього коефіцієнту вибирають на підставі дослідних даних, звертають увагу на тип двигуна та особливості системи газообміну. Приймаємо $\zeta = 0,99$.

Зменшення тиску у повітроохолоджувачі $\Delta P_{охл}$. Повітроохолоджувач являє собою опір на шляху повітря, тому у ньому відбувається зменшення тиску повітря. У числовому виразі $\Delta P_{охл} = 0,005$ МПа.

Хімічний склад палива. Розрахунок проводиться на паливо середнього складу [6]:

$C = 0,870$ - кількість вуглецю;

$H = 0,128$ кг - кількість водню;

$S = 0,001$ кг - кількість сірки

$O = 0,002$ кг - кількість кисню.

Нижча теплота згоряння палива Q_n . Приймаємо $Q_n = 42720$ кДж/кг.

Кількість циліндрів i . Згідно даних двигуна - прототипу $i=6$

Діаметр циліндру D . Згідно даних двигуна - прототипу $D=0,32$ м.

Хід поршня S . Згідно даних двигуна - прототипу $S=0,48$ м.

					ПННІ НУК 142.41.25.02.ПЗ	Аркуш
						53
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Коефіцієнт тактності z . Для чотирьохтактних двигунів $z=0,5$.

3.3 Розрахунок робочого циклу

Розрахунок процесу наповнення

Температура повітря за компресором, К

$$T_k = T_0 \times \left(1 + \frac{\frac{P_k}{P_0}^{0,286} - 1}{\eta_{k.ad}} \right) = 293 \times \left(1 + \frac{\frac{0,4}{0,1013}^{0,286} - 1}{0,81} \right) = 467,03$$

Температура повітря перед двигуном, К

$$T_s = T_k - \eta_o \times (T_k - T_0) = 467,03 - 0,8 \times (467,03 - 293) = 313,88$$

Температура заряду наприкінці процесу наповнення, К

$$T_a = \frac{T_s + \Delta T_a + \gamma_r \times T_r}{1 + \gamma_r} = \frac{313,88 + 15 + 0,02 \times 800}{1 + 0,02} = 340,37$$

Тиск повітря перед двигуном, МПа

$$P_s = P_k - \Delta P_{ox} = 0,4 - 0,005 = 0,395$$

Тиск заряду наприкінці процесу наповнення, МПа

$$P_a = \xi_a \times P_s = 0,97 \times 0,383 = 0,38$$

Коефіцієнт наповнення

$$\eta_n = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \times \frac{P_a}{P_s} \times \frac{T_s}{T_a} \times \frac{1}{1 + \gamma_r} \times (1 - \eta) = \frac{15}{15 - 1} \times \frac{0,38}{0,395} \times \frac{313,88}{340,37} \times \frac{1}{1 + 0,025} \times (1 - 0,025) = 0,935$$

Розрахунок процесу стиску

					ПННІ НУК 142.41.25.02.ПЗ	Аркуш
						54
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

У реальному двигуні теплоємність заряду в циліндрі змінюється залежно від температури, тому що, відбувається теплообмін зі стінками циліндра. Так само на характер протікання процесу впливають витік газів через нещільності клапанів і поршневих кілець, дозарядка циліндра до закриття впускного клапана, випар палива, згоряння палива наприкінці стиску. У зв'язку із цим точний термодинамічний опис процесу стиску в реальному двигуні ускладнено.

У розрахунку приймається, що процес стиску відбувається по політробі з показником n_l величина якого забезпечує одержання такої ж роботи в процесі стиску, як і при змінному показнику у дійсному процесі [7].

При виборі величини n_l , необхідно враховувати наступне: зі збільшенням частоти обертання колінчатого вала n_l збільшується; при підвищенні середньої температури процесу стиску n_l зменшується; зі зменшенням інтенсивності охолодження двигуна n_l збільшується; зі зменшенням відносини поверхні охолодження до об'єму циліндра n_l збільшується; для дизелів з нерозділеними камерами згоряння $n_l = 1,32 \dots 1,42$, приймаємо в розрахунку:

$$n_l = 1,363$$

Тиск в кінці процесу стиску, МПа

$$P_c = P_a \times \epsilon^{n_l} = 0,38 \times 15^{1,363} = 15,35$$

Температура в кінці процесу стиску, К

$$T_c = T_a \times \epsilon^{n_l - 1} = 340,37 \times 15^{1,363 - 1} = 909,05$$

Розрахунок процесу згоряння

Дійсна кількість повітря для згоряння, кмоль/кг

$$L = \frac{\alpha}{0,21} \times \frac{C}{12} + \frac{H}{4} + \frac{S}{32} - \frac{O}{32} = \frac{1,6}{0,21} \times \frac{0,870}{12} + \frac{0,128}{4} + \frac{0,002}{32} - \frac{0,004}{32} = 1,164$$

Хімічний коефіцієнт молекулярної зміни

					ПННІ НУК 142.41.25.02.ПЗ	Аркуш
						55
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$\beta_0 = 1 + \frac{8 \times H + O}{32 \times L} = 1 + \frac{8 \times 0,130 + 0,004}{32 \times 1,164} = 1,0276$$

Дійсний коефіцієнт молекулярної зміни

$$\beta = \frac{\beta_0 + \gamma_r}{1 + \gamma_r} = \frac{0,9049 + 0,025}{1 + 0,025} = 1,0269$$

Доля палива, що згоріла в точці z

$$x_z = \frac{\xi_z}{\xi_b} = \frac{0,94}{0,97} = 0,969$$

Коефіцієнт молекулярної зміни в точці z

$$\beta_z = 1 + \frac{\beta_0 - 1}{1 + \gamma_r} \times x_z = 1 + \frac{1,0276 - 1}{1 + 0,025} \times 0,969 = 1,026$$

Максимальна температура згоряння, К

$$\frac{\xi_z}{\alpha} \times \frac{Q_H}{L_0} + [c'_v + 8,314 \times \lambda + \gamma_r \times (c''_v + 8,314 \times \lambda)] \times T_c = \beta_z \times (1 + \gamma_r) \times c''_{pz} \times T_z$$

$$T_z = \frac{C}{A \times T_z + B}$$

$$A = \beta_z \times (1 + \gamma_r) \times b_z$$

$$B = \beta_z \times (1 + \gamma_r) \times (a_{vz} + 8,314)$$

$$C = \frac{\xi_z}{\alpha} \times \frac{Q_H}{L_0} + [(19,26 + 0,0025 \times T_c) + 8,314 \times \lambda + \gamma_r \times ((20,47 + 0,0036 \times T_c) + 8,314 \times \lambda)] \times T_c$$

Це рівняння розв'язується методом послідовних наближень, для чого у першому наближенні приймаємо $T_z = 1800$ К. Після вирішення декількох рівнянь отримуємо:

$$T_z = 1876$$

Максимальний тиск згоряння, МПа

					ПННІ НУК 14.2.4.1.25.02.ПЗ	Аркуш
						56
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$P_z = \lambda \times P_c = 1,3 \times 15,35 = 19,95$$

Розрахунок процесу розширення

Ступінь попереднього розширення

$$\rho = \frac{\beta_z}{\lambda} \times \frac{T_z}{T_c} = \frac{1,026}{1,3} \times \frac{1876}{909,05} = 1,629$$

Ступінь подальшого розширення

$$\delta = \frac{\varepsilon}{\rho} = \frac{15}{1,629} = 9,21$$

Розрахунок параметрів процесу розширення ведеться з умовно постійним показником політропи розширення n_2 . Для дизелів $n_2 = 1,18 \dots 1,3$. Варто пам'ятати, що показник політропи залежить від режиму роботи двигуна, розмірів циліндра, способу охолодження й ряду інших факторів. У всіх випадках, коли збільшується тривалість догорання палива, знижуються відносний теплообмін і витоки газів, n_2 зменшується. Виходячи з вищесказаного прийmemo:

$$n_2 = 1,28$$

Температура в кінці процесу розширення, К

$$T_b = T_z \times \frac{1}{\delta^{n_2-1}} = 1876 \times \frac{1}{9,21^{1,28-1}} = 100,70$$

Тиск в кінці процесу розширення, МПа

$$P_b = \frac{P_z}{\delta^{n_2}} = \frac{19,95}{9,21^{1,28-1}} = 1,16$$

Визначення індикаторних показників

Теоретичний середній індикаторний тиск, МПа

					ПННІ НУК 142.41.25.02.ПЗ	Аркуш
						57
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$P'_i = \frac{P_c}{\varepsilon - 1} \times \left[\lambda \times (\rho - 1) + \frac{\lambda \times \rho}{n_2 - 1} \times \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \times \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) \right] =$$

$$= \frac{16,731}{15 - 1} \times 1,3 \times (1,629 - 1) + \frac{1,3 \times 1,665}{1,363 - 1} \times 1 - \frac{1}{9,31^{1,363 - 1}} - \frac{1}{1,28 - 1} \times 1 - \frac{1}{15^{1,28 - 1}} = 2,83$$

Дійсний середній індикаторний тиск, МПа

$$P_i = P'_i \times \zeta \times (1 - \eta_n) = 2,83 \times 0,99 \times (1 - 0,08) = 2,82$$

Індикаторна питома витрата пального, кг/(кВт*год)

$$g_i = 433 \times \frac{P_s \times \eta_n}{\alpha \times L_0 \times T_s \times P_i} = 433 \times \frac{0,395 \times 0,935}{2,23 \times 0,495 \times 313,88 \times 2,82} = 0,164$$

Індикаторний ККД

$$\eta_i = \frac{3600}{g_i \times Q_n} = \frac{3600}{0,164 \times 42720} = 0,514$$

Визначення ефективних показників

Середній ефективний тиск, МПа

$$P_e = P_i \times \eta_m = 2,82 \times 0,91 = 2,56$$

Ефективний ККД двигуна

$$\eta_e = \eta_i \times \eta_m = 0,514 \times 0,91 = 0,468$$

Питома ефективна витрата пального, кг/(кВт*год)

$$g_e = \frac{g_i}{\eta_m} = \frac{0,164}{0,91} = 0,180$$

Ефективна потужність двигуна,

$$N_e = 13,1 \times D_c^2 \times S_c \times z \times P_e \times n \times i = 13,1 \times 0,32^2 \times 0,48 \times 0,5 \times 2,56 \times 600 \times 6 = 2969$$

Порівняння заданої та отриманої потужності двигуна

$$\Delta N = \frac{N_e - N'_e}{N_e} \times 100\% = \frac{2969 - 3000}{3000} \times 100 = 1,05\%$$

Точність розрахунку задовільна, різниця між заданою і отриманою в результаті розрахунку потужності не перевищує 0,5%.

					ПННІ НУК 142.41.25.02.ПЗ	Аркуш
						59
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Шкідливі фактори в машинному відділенні

Підвищений рівень вібрації та шуму. Систематичний вплив вібрацій машино котельному відділенні (ГД, ДГ, валопроводу і т.д.) може бути причиною вібраційної хвороби. Відповідно до ДСТ 121012-78 норми по обмеженню загальних вібрацій (підлоги, сидінь і т.п.) встановлюють величину логарифмічного рівня коливальної швидкості в основних діапазонах середньо геометричними значеннями: 2, 4, 8, 16, 32 Гц, а норма по обмеженню локальної вібрації в октавних смугах частот із середньо геометричними значеннями: 16, 32, 63, 125, 250, 500, 1000 Гц (гігієнічні норми встановлені для тривалості робочої зміни 8 годин.). Власні частоти більшості внутрішніх органів людини 6...9 Гц, голови 25...30 Гц.

Джерелом шуму на судні є головний двигун, дизель-генератори, допоміжні механізми, вентилятори та т.п. Для зниження шуму застосовують кожухи, глушники, звукоізоляцію, пружні ущільнювачі. Обслуговуючий персонал МВ забезпечується засобами індивідуального захисту. Для зниження вібрації машини встановлюють на амортизатори, застосовують звуковбирні матеріали. Обслуговуючий персонал забезпечується ковдрами, антивібраційними рукавицями. Джерелами теплових випромінювань є нагріті поверхні машин, механізмів, устаткування, трубопроводів, радіостанції. Інтенсивність теплового випромінювання, що допускається, 350...500 Вт/м . Навколо працюючих механізмів у МВ виникають шкідливі теплові, електромагнітні й інші випромінювання. Джерелами шкідливих випромінювань є: нагріті поверхні машин і трубопроводів, радіостанція,

					ПННІ НУК 142.41.25.02.ПЗ	Аркуш
						60
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

радіолокаційні станції. Для захисту персоналу застосовують герметизацію та теплоізоляцію механізмів, машин, паропроводів та газоходів.

Рівні шуму в МВ сучасних судів знаходяться в межах 105 - 117 дБ. Існують тимчасові і перехідні норми, згідно яких для захисту від дії шуму варто обмежувати час перебування в зонах дії шуму і застосовувати індивідуальні засоби захисту. Вушні вкладиші послабляють рівень шуму на 20 дБ, навушники - на 30 дБ, спільне застосування - на 35 дБ.

Кодексом передбачається обов'язкове застосування попереджувальних написів у входів до приміщення, для яких рівень шуму перевищує 85 дБ. На території з підвищеним рівнем шуму персонал має носити захисні навушники, які мають ізолювати вухо від негативного та небезпечного впливу шуму та вібрації. Для зниження шуму застосовують кожухи, глушники, звукоізоляцію, пружні ущільнювачі. Припустимий рівень широко-смугового шуму на робочих місцях регламентується ГОСТ 12.1.003-83.

Підвищений рівень електромагнітних випромінювань . Для захисту від впливу електромагнітних полів, створених антенами, генераторами, розподільними щитами, застосовують різні екрани, що відбивають чи поглинають електромагнітні випромінювання, використання засобів індивідуального захисту - комбінезони і халати з металізованої тканини. Рівні припустимого електромагнітного опромінення визначені ДСТ 121006-76 «Електромагнітні поля радіо частот». Загальні вимоги безпеки . Як уже було зазначено, судно належить до нового покоління, на усіх небезпечних зонах були передбачені відповідні етапи захисту від електромагнітних випромінювань.

Підвищена запиленість і загазованість. З основних забруднень, що можуть бути присутні у МВ - вуглеводні, сірчаний і сірчистий ангідрид, монооксид вуглецю і оксид азоту (IV) з концентрацією, що перевищує гранично допустиму концентрацію (ГДК) , спричиняють виражений вплив на організм людини. Деякі з них, такі як оксиди азоту впливають на

					ПННІ НУК 142.41.25.02.ПЗ	Аркуш
						61
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

центральну нервову та кровоносну систему, вступаючи в реакцію з гемоглобіном, викликають запаморочення, слабкість, нудоту. Діоксид азоту має подразнюючу дію, уражаючи органи дихання. Вуглекислий газ в концентрації більше 1 % викликає задишку, при концентрації 25 % – явище наркозу, що супроводжується пригніченням дихального центру та центральної нервової системи.

Захист від підвищеної запиленості і загазованості – вентиляція, а також газо та пиловловлюючі засоби індивідуального захисту й устаткування. Наявність шкідливих речовин в робочій зоні регламентується ДСТУ 12.1.005 –88. Нормативний документ, який регламентує параметри загазованості в приміщеннях є ДСТУ 2456 –94.

Температура повітря, вологість, швидкість повітря.

Серед шкідливих факторів, яким протидіє вентиляція можна виділити: температура, вологість та швидкість повітря і підвищена запиленість та загазованість робочої зони виробничих приміщень, які повинні оцінюватися відповідно до вимог санітарних правил і норм СанПіН 2.2.4.548-96 «Гігієнічні вимоги до мікроклімату виробничих приміщень»

Нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату для робочої зони виробничих приміщень, є ГОСТ 12.1.005-88 та ДСН 3.3.6.042-99. В основу принципів нормування цих параметрів покладено диференційну оцінку оптимальних та допустимих метеорологічних умов у залежності від категорії робіт, періоду року та виду робочих місць.

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

					ПННІ НУК 142.41.25.02.ПЗ	Аркуш
						62
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

охолоджувачем повітря. Для підтримки гарного самопочуття людей немаловажне значення має температура поверхонь огорожуваних приміщень. Вона повинна бути не нижче температури повітря в приміщенні більш ніж 6°C і не менше крапки роси. Нормування параметрів мікроклімату полягає у встановленні їх оптимальних або допустимих величин стосовно конкретних виробничих умов. Воно проводиться з урахуванням таких характеристик: ступеня важкості виконуваної роботи; пори року; кількості надлишкового тепла, що надходить у робочу зону від устаткування.

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

4.2 Техніка безпеки при ремонті газорозподільного механізму

Газорозподільний механізм є невід'ємною частиною двигуна внутрішнього згоряння, яка відповідає за своєчасне відкривання та закривання впускних і випускних клапанів. Від його справної роботи залежить ефективність і надійність усього двигуна. Ремонт ГРМ вимагає не лише професійних знань, а й суворого дотримання техніки безпеки, оскільки

під час виконання робіт існує ризик механічних пошкоджень, опіків, отруєнь і електротравм.

Перед початком ремонтних робіт слід провести повну підготовку робочого місця. Воно повинно бути чистим, сухим, добре освітленим та провітрюваним. Робітник зобов'язаний користуватись індивідуальними засобами захисту – спецодягом, захисними рукавичками, окулярами, а в деяких випадках і засобами захисту органів дихання. Інструменти та обладнання повинні бути справними та відповідати вимогам виробника. Наявність несправного або стороннього обладнання на робочому місці забороняється.

Перш ніж розпочати демонтаж або обслуговування ГРМ, необхідно вимкнути живлення двигуна, зокрема від'єднати акумуляторну батарею, щоб уникнути випадкового запуску двигуна. Двигун повинен бути охолодженим – температура деталей не повинна перевищувати безпечний рівень для дотику. Слід злити робочі рідини (масло, охолоджуючу рідину) в спеціальні ємності та забезпечити їх утилізацію згідно з екологічними вимогами.

Газорозподільний механізм має складну конструкцію, яка включає розподільний вал, клапани, пружини, штовхачі, а також ремінь або ланцюг приводу. Робота з цими деталями вимагає обережності та дотримання послідовності дій.

Особливої уваги потребує виставлення фаз газорозподілу. Помилка на цьому етапі може призвести до порушення роботи двигуна або його повного виходу з ладу. Для цього використовують мітки на шестернях розподільного і колінчастого валів. Їх треба точно сумістити згідно з технічною документацією.

При роботі з пружинами клапанів необхідно користуватися спеціальними інструментами-знімачами. Пружини перебувають під високим тиском і можуть раптово «вистрілити», що є небезпечним для очей і рук.

					ПННІ НУК 142.41.25.02.ПЗ	Аркуш
						64
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Тому важливо фіксувати пружини та уникати перебування перед їхньою віссю під час демонтажу.

Також слід звертати увагу на заміну приводу ГРМ – ременя або ланцюга. Їх зношення є критичним фактором, який може спричинити зупинку двигуна або зіткнення клапанів з поршнями. При заміні обов’язково перевіряють натяг, вирівнювання та стан роликів.

Під час ремонту категорично забороняється:

- працювати з увімкненим двигуном або в режимі запуску;
- використовувати несправні або невідповідні інструменти;
- застосовувати силу, що перевищує допустиму;
- залишати сторонні предмети в моторному відсіку;
- нехтувати засобами індивідуального захисту;
- проводити ремонт у закритому непровітрюваному приміщенні без витяжки.

Для підвищення безпеки доцільно застосовувати сучасні діагностичні прилади, які дозволяють виявити несправності без демонтажу окремих вузлів. Регулярне проходження навчання з охорони праці та ознайомлення з оновленими інструкціями – обов’язкове для всіх працівників автосервісу чи виробничого підприємства.

Ремонт газорозподільного механізму є складним і потенційно небезпечним процесом. Дотримання правил техніки безпеки дозволяє уникнути нещасних випадків, зберегти здоров’я працівника та забезпечити надійну роботу двигуна після ремонту. Безпека – це не лише вимога законодавства, а й прояв професіоналізму та поваги до своєї праці

ВИСНОВКИ

У ході підготовки та написання даного дипломного проекту було проаналізовано конструктивні особливості чотиритактного середньообертового двигуна МАК 6М32. В результаті проведеного аналізу було встановлено, що, завдяки створенню сучасної концепції фірмою виробником та використанню оригінальних технічних рішень, двигун широко застосовуватися на судах.

Проте, завжди актуальною для суднових двигунів внутрішнього згоряння лишатиметься проблема надійної роботи всіх механізмів та двигуна в цілому. Для вирішення цієї проблеми необхідно своєчасно та ефективно проводити технічне обслуговування та ремонт механізмів та систем, оскільки їх елементи піддаються значному термічному та механічному навантаженню. Одними з найбільш навантажених є деталі газорозподільного механізму, тому, в ході виконання роботи, значна увага приділена ремонту та обслуговуванню штоку впускного і випускного клапану, кільця гнізда клапана, розподільного валу, коромисла, стойки коромисла.

Для перевірки тиску та температури в циліндрі двигуна проведено розрахунок робочого циклу двигуна за методикою Грінівецького - Мазінга, встановлено, що вказані параметри не перевищують значень, наведених фірмою-виробником.

В окремому розділі розглянута нормативно-правова та законодавча база охорони праці на судах, проведено аналіз небезпечних та шкідливих факторів, які мають місце під час експлуатації, ремонту та технічного обслуговування деталей газорозподільного механізму. Пророблено питання техніки безпеки при ремонті деталей газорозподільного механізму.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. VesselFinder [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.vesselfinder.com/ru/vessels/details/9614696>
2. Mitsubishi Heavy Industries [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://power.mhi.com/products>
3. Pounder, C.C. Msrine diesel engines and gas turbines. – London, DousWoodyard, 2009. – 887 p.
4. Лукін, А.І. Конструкція суднових двигунів. [Текст]: Навчальний посібник / А.І. Лукін, Миколаїв, УДМТУ, 1999. – 62 с.
5. Методичні вказівки до виконання практичної роботи розрахунок робочого процесу дизельного двигуна з дисципліни «Теорія двигунів внутрішнього згоряння» // Доценко С.М., Діденко О.В - Первомайськ ППІ НУК, 2012. – 36с.
6. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни „Теорія двигунів внутрішнього згоряння” Доценко С.М. – Первомайськ ППІ НУК, 2014.
7. Гомонай, В.І. Етиловий спирт як екологічне паливо для двигунів внутрішнього згорання / Гомонай В.І., Богоста А.С., Лобко В.Ю., Тацькар А.Р. // Наук. вісник Ужгород. ун-ту (Сер. Хімія). – 2011, №1(25), С. 82-87.
8. Говорун А.Г., Корпач А.О., О.М. Захарченко. До використання спиртових сполук як палива для двигунів внутрішнього згоряння дорожніх транспортних засобів// Вісник північного наукового центру Транспортної академії України. “Автошляховик України”. – окремий випуск № 8, травень 2005, с.31-33.
9. Cung, K. D. Experimental study on engine and emissions performance of renewable diesel methanol dual fuel (RMDF) combustion [Text] / Khanh Duc Cung, Julian Wallace, Vickey Kalaskar, Edward Mike Smith III, Thomas Briggs, Daniel Christopher Bitsis Jr. // Fuel. – Volume 357, Part B, 1 February 2024, Page 129-664.

					ПННІ НУК 142.41.25.02.ПЗ	Аркуш
						67
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

10. Verhelst, S. Methanol as a fuel for internal combustion engines [Text] / Sebastian Verhelst, James WG Turner, Louis Sileghem, Jeroen Vancoillie // Progress in Energy and Combustion Science Volume 70, January 2019, Pages 43-88.

11. Dou, Z. Experimental study of the effect of engine parameters on ultrafine particle in diesel/methanol dual fuel engine / Zhancheng Dou, Chunde Yao, Hongyuan Wei, Bin Wang, Meijuan Liu, Chao Chen, Jian Gao, Junjie Shi // Fuel. – Volume 192, 2017, Pages 45-52/

12. Panda, K. HCCI combustion of methanol along with diesel through novel injection strategies and its potential over conventional dual fuel combustion / Kasinath Panda, A. Ramesh // Fuel. – Volume 324, Part C, 15 September 2022, Page 124766

					ПННІ НУК 142.41.25.02.ПЗ	Аркуш
						68
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		