

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

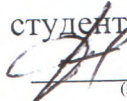
Кафедра «Енергетичне машинобудування»

«Допущений до захисту»
Завідувач кафедри

«__» _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему: Технічна експлуатація, обслуговування та ремонт підшипників колінчастого валу суднового малообертового двигуна MITSUBISHI 6UEC50LSII

Виконав:
студент групи 44-ЕМ-23з
 Дубовий Є.Л.
(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 Дубовому Євгену Леонідовичу

1. Тема роботи: «Технічна експлуатація, обслуговування та ремонт підшипників колінчастого валу суднового малообертового двигуна MITSUBISHI 6UEC50LSII»

Керівник роботи Галинкін Ю.М.

Затверджено розпорядженням ПННІ НУК від 10.02.2025 року за № 25.

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

3. Вихідні данні по роботі: Судновий двигун 6ДКРН 50/195 потужністю 7280 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. Загальний вигляд судна "HELVETIA" 2. Розміщення обладнання у машинному відділенні. 3. Поперечний переріз двигуна 6ДКРН 50/195. 4. Огляд підшипників колінчастого валу.

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


(підпис)

Дубовий Є.Л.

Керівник
роботи


(підпис)

Галинкін Ю.М.

Анотація

Представлена дипломна робота містить у собі 65 сторінок, 34 рисунки. При підготовці проекту було використано 12 джерел інформації.

У роботі розроблений комплекс заходів направлений на покращення умов технічної експлуатація, обслуговування та ремонту підшипників колінчастого валу суднового малообертового двигуна. Також розглянуті питання охорони праці та техніки безпеки при виконанні робіт.

Ключові слова:

ДВИГУН ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ, КОЛІНЧАТИЙ ВАЛ, ПІДШИПНИК, РЕМОНТ, ОБСЛУГОВУВАННЯ

Abstract

The presented degree project contains 65 pages, 34 drawing. By preparation 13 sources of the information have been used.

The thesis develops a set of measures aimed at improving the conditions of technical operation, maintenance and repair of crankshaft bearings of a low-speed marine engine. Issues of labor protection and safety during work are also considered.

Keywords:

INTERNAL COMBUSTION ENGINE, CRANKSHAFT, BEARING, REPAIR, MAINTENANCE

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СУДНА ТА ЙОГО СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ.....	5
1.1 Призначення і конструктивний тип судна.....	5
1.2 Опис енергетичної установки	7
1.2 Склад енергетичної установки.....	7
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК РОБОЧОГО ЦИКЛУ ДВИГУНА	29
2.1 Методика розрахунку робочого циклу двигуна.....	29
2.2 Обґрунтування вибору основних параметрів робочого циклу двигуна	30
3.3 Розрахунок робочого циклу	32
РОЗДІЛ 3. ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТ ПІДШИПНИКІВ КОЛІНЧАСТОГО ВАЛУ.....	38
3.1 Загальний огляд колінчатого валу, упорного підшипника і валоповеротного механізму	38
3.2 Перевірка та 905-2 регулювання зазору в рамових підшипниках	41
3.3 Перевірка зазору в 905-4 упорному підшипнику.....	50
3.4 Перевірка 905-7.1 демпфера поздовжніх коливань	52
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	58
4.1 Охорона праці при експлуатації, демонтажі та обслуговуванні колінчастого валу та його підшипників.....	58
4.2 Безпека навколишнього середовища при експлуатації, демонтажі та обслуговуванні колінчастого валу та його підшипників	60
ВИСНОВКИ.....	63
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	64

					ПННІ НУК 14.2.41.25.03.ПЗ			
Вим..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Дубовий Е.Л.			Технічна експлуатація, обслуговування та ремонт підшипників колінчастого валу суднового малообертового двигуна MITSUBISHI 6UEC50LSII	Лит.	Лист	Листів
Перевір.		Галинкін Ю.М.					3	80
Н. Контр.		Галинкін Ю.М.				44-ЕМ-23з		
Затв		Нестеренко В.В.						

ВСТУП

Тенденції сучасного суднобудування характеризуються використанням двигунів, що мають високий ступінь форсування робочого процесу і відносно невеликий розрив між робочими і максимально допустимими рівнями теплової та механічної напруженості. З одного боку це дозволяє організувати високоефективний робочий процес, з іншого боку ускладнюються умови роботи окремих деталей двигуна через збільшення теплових та механічних навантажень. Що, в свою чергу, викликає необхідність підвищення вимог до рівня технічної експлуатації, організації ремонту на судах і кваліфікації обслуговуючого персоналу. Тому очевидна необхідність вивчення досвіду експлуатації двигунів, ознайомлення з їх характерними поломками і дефектами.

Колінчастий вал передає енергію палива, що згоріло в циліндрах, до судових механізмів і агрегатів, є однією з найважливіших та напруженіших деталей двигуна, без забезпечення його надійної роботи неможлива експлуатація всього двигуна. Надійність роботи колінчастого валу напряму залежить від надійності роботи його підшипників, стану покриття та якості змащування.

Ціль даної роботи – розробити комплекс заходів з обслуговування та ремонту підшипників колінчастого валу судового малообертового двигуна MITSUBISHI 6UEC50LSII.

Задачі, розв'язувані в роботі полягають у наступному:

- проаналізувати особливості конструкції й експлуатації двигуна фірми MITSUBISHI 6UEC50LSII;
- проаналізувати комплекс заходів з обслуговування та ремонту підшипників колінчастого валу;
- розробити ряд заходів з охорони праці при виконанні ремонтних робіт.

					ПННІ НУК 142.41.25.03.ПЗ	Аркуш
						4
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СУДНА ТА ЙОГО СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ

1.1 Призначення і конструктивний тип судна

Судно HELVETIA (IMO number 9614696) , взятий у якості прототипу у даній кваліфікаційній роботі, призначений для перевезення вантажів, заздалегідь упакованих в спеціальні великовантажні ящики – контейнери. Ходить під прапором Ліберії. Порт приписки – Monrovia [1].

Побудовано судно в Flensburger Schiffbau-Gesellschaft mbH & Co. KG, належить компанії Briese Schifffahrts GmbH & Co. Позивний судна – A8CP8.

Таблиця 1.1 – Головні розміри судна

Параметр	Значення
Довжина найбільша, м	153,20
Довжина між перпендикулярами, м	145,75
Ширина найбільша, м	23,60
Висота до головної палуби, м	13,50
Осадка, м	9,75
Дедвейт, т	20144
Валова місткість, т	13066
Кількість 20 фунт. контейнерів, шт	1302
Швидкість судна, вуз	16,6



[Click to see Full Screen](#)

Рисунок 1.1 – Загальний вигляд контейнеровозу «HELVETIA»

					ПННІ НУК 142.41.25.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		6

1.2 Опис енергетичної установки

В якості головного на судні встановлений двотактний дизель з газотурбінним наддуванням (з постійним тиском газів перед турбіною) 6ДКРН 50/195 (MITSUBISHI 6UEC50LSII) з діаметром циліндра 500 і ходом поршня 1950 мм [2].

Двигуни серії UEC50LSII характеризуються високим співвідношення ходу поршня до діаметра циліндрів і високим ступенем стискування. Ці характеристики разом з оптимізованою камерою згоряння дозволяють мати високі експлуатаційні показники при роботі на режимах часткових навантажень і високу ефективність.

Використовуваний двигун має потужність $N_e = 7280$ кВт при частоті обертання колінчатого валу $n_{\text{кв}} = 115$ хв⁻¹.

Суднова електроенергетична установка в складі:

– три допоміжних автоматизованих дизель-генераторів: два YANMAR 6N18 потужністю 660 кВт кожний та один Cummings NTA 855-G3 потужністю 334 кВт.

1.2 Склад енергетичної установки

Дизельний двигун 6UEC50LSII (рис. 1.2) є двотактним, шестициліндровим, реверсивним однорядним двигуном внутрішнього згоряння з вертикальним розташуванням циліндрів [3, 4].

Фундаментна рама (рис. 1.3) має спрощену коробчасту конструкцію, виконана як суцільнозварна сталева конструкція і закріплюється до фундаменту корпусу судна за допомогою болтів та сталевих клинів [2]. Поперечні опори виготовлені зі сталевого лиття та містять отвори для проходження анкерних зв'язків.

					ПННІ НУК 142.41.25.03.ПЗ	Аркуш
						7
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

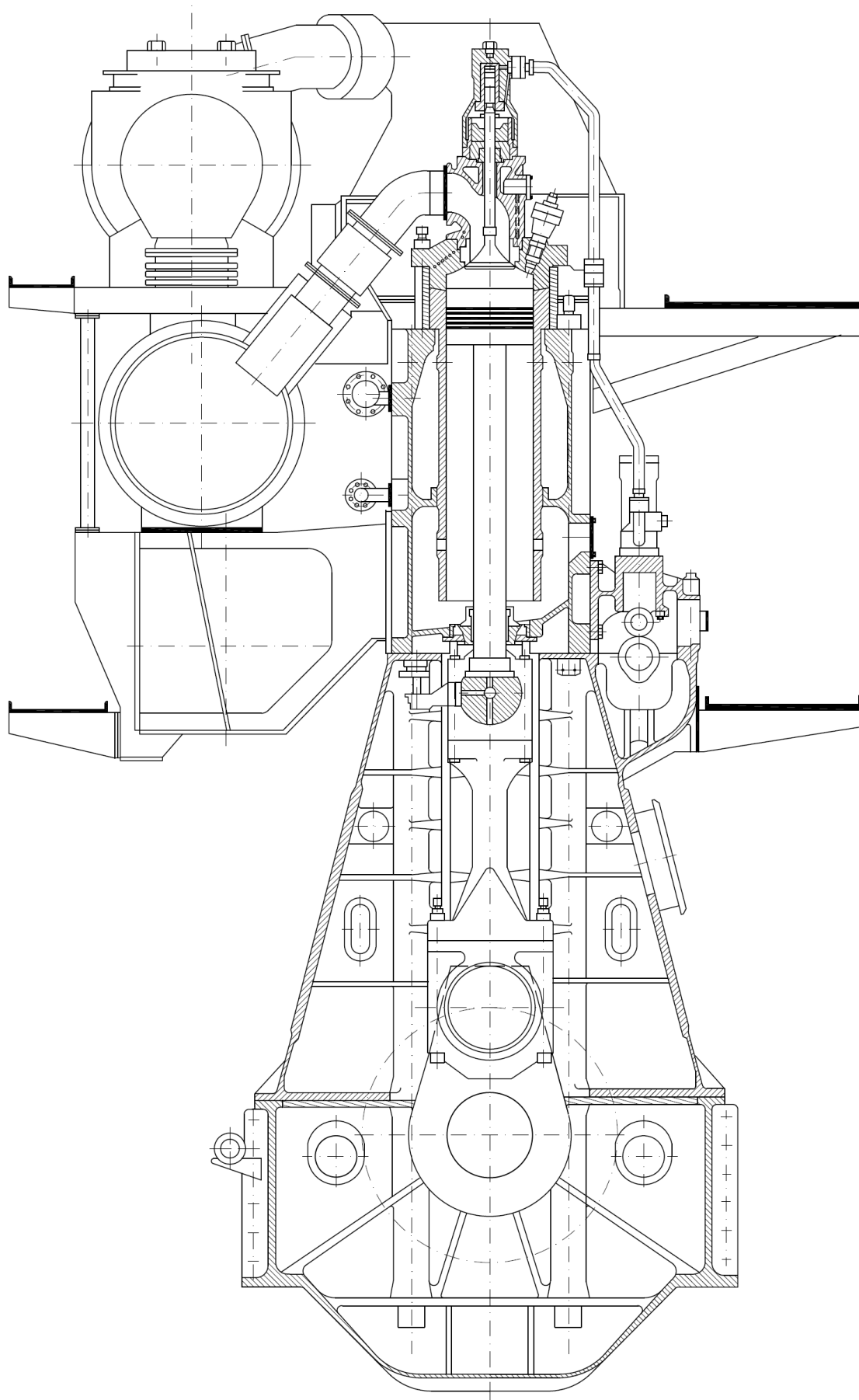


Рисунок 1.2 – Поперечний розріз двигуна MITSUBISHI 6UEC50LSII

					ПНН НУК 142.41.25.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		8

Тонкостінні сталеві вкладиші рамових підшипників покриті шаром білого металу (бабіту). У кормовій частині піддона фундаментної рами передбачений отвір, закритий сіткою, який використовується для зливу мастила з картера в циркуляційну масляну цистерну, розташовану під двигуном у подвійному дні корпусу судна. У кормовій частині двигуна знаходиться відсік приводів, у якому вбудований упорний підшипник.

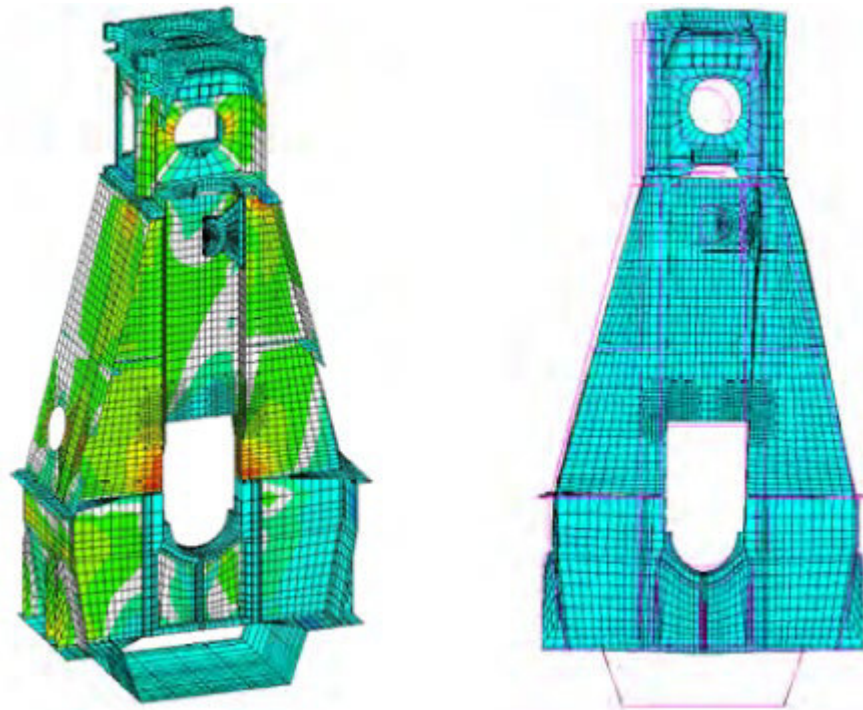


Рисунок 1.3 – Фундаментна рама та блок циліндрів

Станина являє собою суцільнозварну сталеву конструкцію, обладнану входними дверима в кожен відсік циліндрів та відсік приводів із боку управління. Відсік приводів також оснащений дверима з протилежного боку. Для запобігання аварійним ситуаціям у верхній частині станини, з боку газовихлопу, встановлено шість запобіжних клапанів картера, а ще один розташований на носовому торці. Кожен циліндр має чотири сталеві напрямні крейцкопфа, які приварені до конструкції станини.

Втулка циліндра (рис. 1.4) виготовлена методом суцільного лиття з модифікованого чавуну. У її нижній частині розташовано тридцять продувних вікон, що забезпечують ефективний газообмін. Як і в попередніх

моделях двигунів цієї серії, у верхній частині втулки передбачено масивний бурт із каналами для циркуляції охолоджувальної води між зарубашковим простором і кришкою циліндра. Для забезпечення змащення внутрішньої поверхні втулки у верхній її частині розташовані два ряди отворів для подачі циліндрового мастила. Кожен отвір, зі сторони дзеркала втулки, має роздавальні канавки, що сприяють рівномірному розподілу мастильного матеріалу.

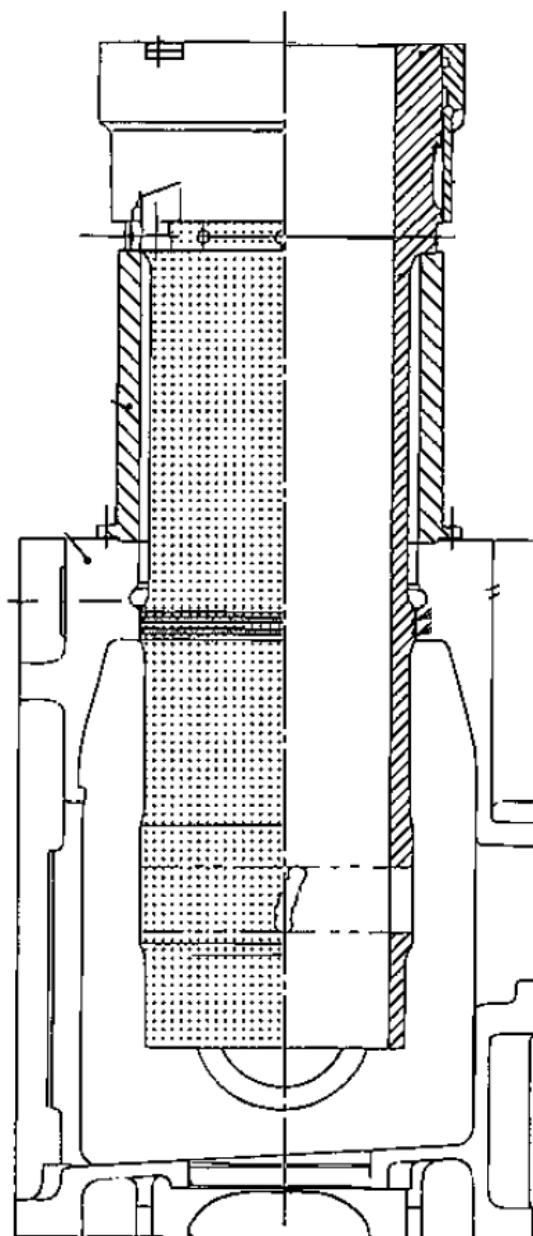


Рисунок 1.4 – Втулка циліндра

Кришка циліндра (рис. 1.5) виготовлена методом лиття зі сталі та має ковпачкову конструкцію зі свердліннями для проходу охолоджувальної води. У її конструкції передбачено дві форсунки, вихлопний клапан, індикаторний кран та запобіжний клапан. Кріплення кришки до блоку циліндра здійснюється за допомогою гідравлічного кільця та шістнадцяти шпильок, які проходять через порожнисту сорочку охолодження у верхній частині втулки.

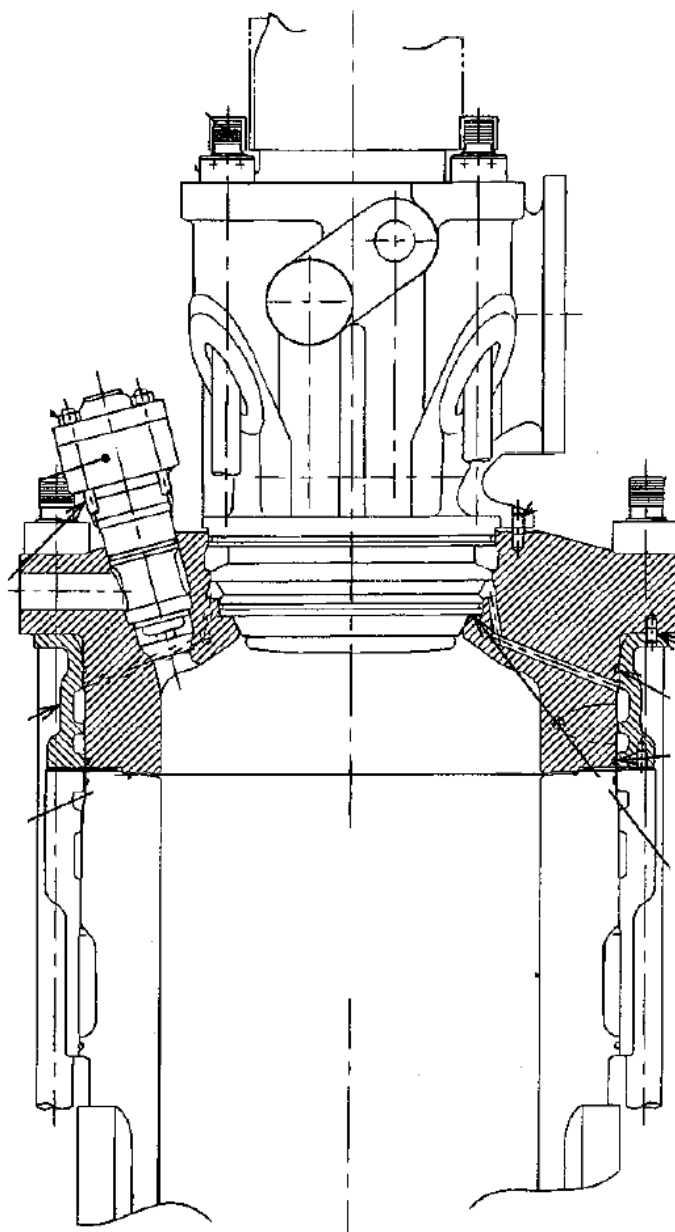


Рисунок 1.5 – Кришка циліндра

Випускний клапан виконує функцію виведення продуктів згоряння палива з циліндра двигуна, забезпечуючи ефективну роботу системи газообміну. Його встановлюють у центрі кришки циліндра за допомогою чотирьох комплектів шпилькових болтів та гайок, що гарантує надійність кріплення та герметичність з'єднання.

Блок випускного клапана (рис. 1.6) має складну конструкцію, що включає кілька важливих елементів. Основним компонентом є шток клапана, виготовлений із спеціальної теплостійкої сталі, яка витримує високі температури й навантаження. Для забезпечення плавного та контрольованого руху штока використовується направляюча, яка мінімізує зношування та запобігає перекосам.

Крім того, блок містить циліндр, що виконує роль приводу для випускного клапана, а також поршень, який забезпечує зворотно-поступальний рух клапана. Важливими складовими є циліндр повітряної пружини, який створює необхідний тиск для роботи механізму, та поршень пневматичного демпфера, що амортизує коливання та знижує динамічні навантаження, забезпечуючи стабільність роботи клапана.

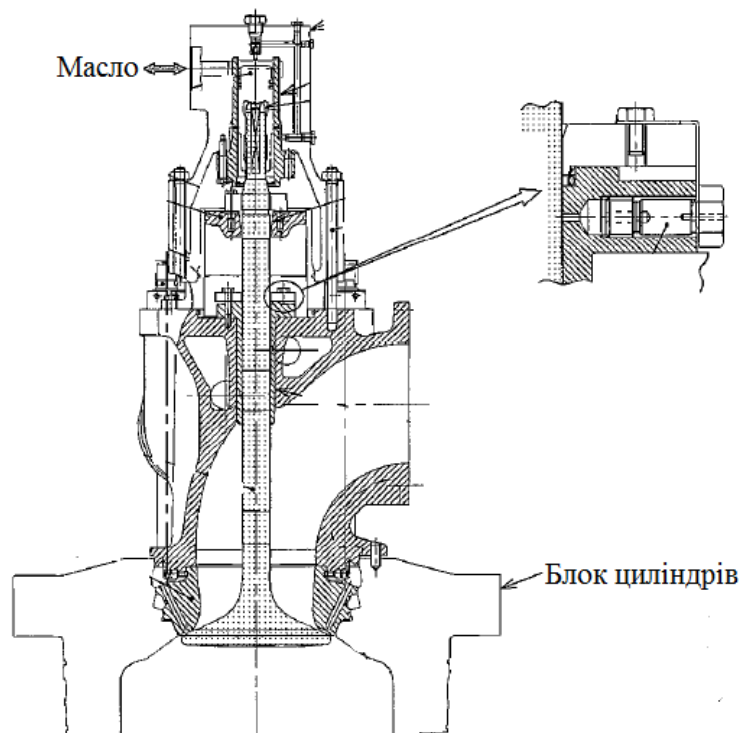


Рисунок 1.6 – Блок випускного клапана

Кріплення випускного клапана, виготовленого зі спеціальної сталі, розташоване на його нижньому торці, що забезпечує надійне з'єднання з іншими компонентами двигуна. У верхній частині поршня передбачена діагональна виїмка, яка дозволяє здійснювати обертання випускного клапана за допомогою масляного приводу, забезпечуючи плавну та контрольовану роботу механізму.

Стійка клапана виконує важливу функцію тепловідведення, оскільки містить водяний канал, через який циркулює охолоджувальна рідина. Вода підводиться через кришку циліндра, забезпечуючи ефективне охолодження клапана, а потім відводиться через зовнішній контур направляючої штока клапана, що сприяє зниженню температури робочих поверхонь і продовженню терміну служби деталей.

Пусковий повітряний клапан (рис. 1.7) встановлений на верхній поверхні кришки циліндра і відіграє ключову роль у запуску двигуна. Він відкривається при надходженні відповідної команди, дозволяючи стиснутому повітрю проникати в циліндр для забезпечення початкового руху поршня.

У момент старту двигуна активується автоматичний пусковий повітрязабірник, що забезпечує подачу повітря з повітряного резервуара. Стиснене повітря спрямовується до клапана пуску повітря, а потім проходить через прохід "А" в кришці циліндра, забезпечуючи необхідний тиск для запуску поршня та приведення двигуна в робочий стан.

З іншого боку, пускове повітря, яке надходить до пускового клапана, спрямовується у пусковий повітряний клапан і виконує функцію його відкриття та закриття. Це повітря використовується для регулювання робочого стану клапана, забезпечуючи точну і своєчасну подачу потоку.

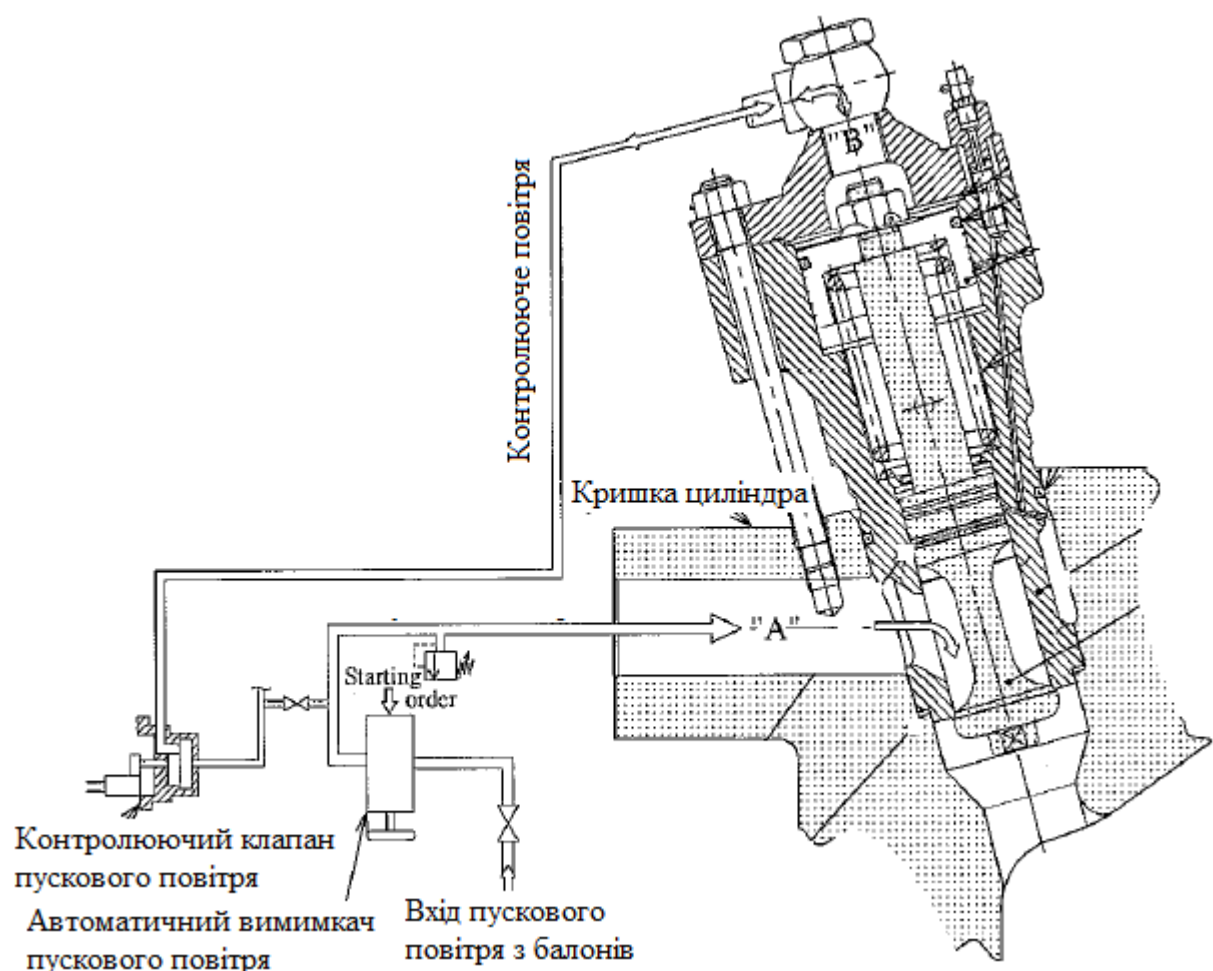


Рисунок 1.7 – Пусковий повітряний клапан

Керуюче повітря, яке постачається від пускового контрольного клапана, потрапляє у верхню камеру "В" регулюючого поршня. Під дією тиску повітря, що сприймається верхньою поверхнею поршня та штоком клапана, створюється зусилля, яке долає опір пружини, що утримує клапан у закритому стані. Як результат, клапан відкривається, і через канал "А" відбувається подача повітря у циліндр. Потік повітря проходить між корпусом клапана та його стрижнем, забезпечуючи необхідний тиск для запуску двигуна.

При переміщенні керуючого повітря у верхній проміжок поршня механізм працює у зворотному порядку: пружина повертає поршень і стрижень клапана у вихідне положення, викликаючи закриття клапана. Відведення керуючого повітря здійснюється через клапан контролю

пускового повітря, що функціонує за заданим часом, забезпечуючи точність і контроль роботи системи.

Запобіжний клапан циліндра (рис. 1.8) розташований на верхній частині кришки циліндра та виконує важливу функцію захисту двигуна від надмірного тиску. У разі, якщо тиск газу в циліндрі досягає критичного рівня та перевищує встановлену межу, клапан автоматично відкривається, випускаючи газ високого тиску з циліндра. Це дозволяє уникнути аварійних ситуацій і забезпечити безпечну експлуатацію двигуна, запобігаючи пошкодженню його внутрішніх компонентів.

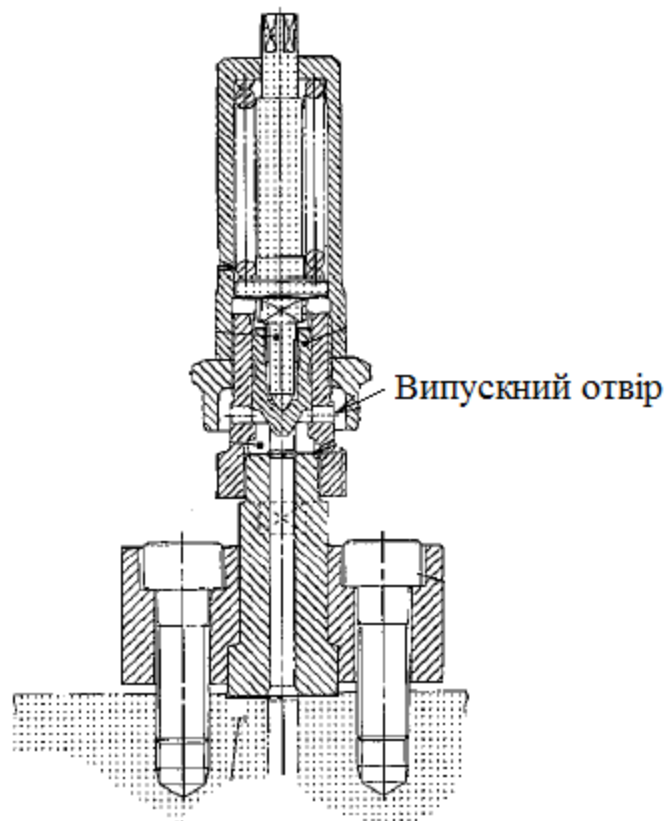


Рисунок 1.8 – Запобіжний клапан циліндру

Захисний клапан циліндра має у своїй нижній частині спеціальне кріплення, яке містить сталевий клапан, а також додатковий клапан для випуску надлишкового тиску. Над цими елементами розташовані шпindel і пружина, які забезпечують стабільну роботу механізму. У разі перевищення

допустимого рівня тиску клапан автоматично піднімається, дозволяючи газу виходити через отвори газовідвідного каналу у напрямку клапана та далі в атмосферу.

Якщо під час роботи двигуна спрацьовує запобіжний клапан циліндра, це може свідчити про кілька можливих проблем: надмірне підвищення тиску в циліндрі, механічне пошкодження запобіжного клапана або неправильне налаштування граничного значення тиску. Для запобігання таким ситуаціям клапан має конструкцію, що дозволяє точно регулювати тиск продувки. Це здійснюється шляхом коригування сили пружини, що впливає на клапан, забезпечуючи його спрацьовування при заданих параметрах.

Індикаторний клапан (рис. 1.9) розташований на кришці циліндра і виконує важливу функцію вимірювання змін тиску в циліндрі під час роботи двигуна. Цей клапан з'єднаний з потоком газів, що відводяться, і дозволяє отримувати дані про тиск у реальному часі. Для проведення вимірювань індикаторний клапан відкривається, після чого фіксується значення тиску, що дозволяє контролювати робочі параметри двигуна та вчасно виявляти можливі відхилення від норми.

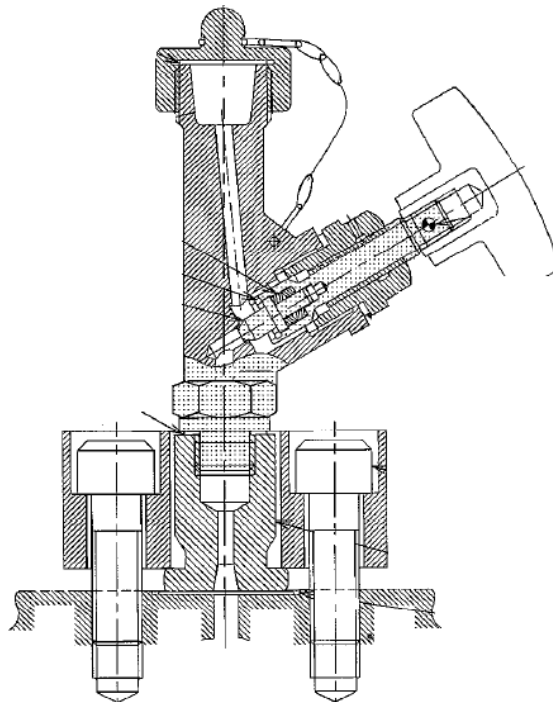


Рисунок 1.9 – Індикаторний клапан

Корпус клапана виготовлений зі спеціальної сталі та оснащений різьбленням на вихідному отворі для газу, що дозволяє підключати індикатор. Центральний елемент механізму – шпindelь клапана – розташований у середині газопроводу, в прорізі корпусу випускного клапана. Для підвищення зносостійкості контактні поверхні шпинделя та корпусу клапана посилюються шляхом зварювання кришки, що забезпечує їхню міцність і герметичність.

Під час роботи двигуна на внутрішніх поверхнях газового каналу кришки циліндра накопичуються сажа та масляні відкладення. Щоб отримати точний показник індикаторного тиску, перед підключенням індикатора до клапана необхідно попередньо злегка відкрити індикаторний клапан. Це дозволяє продуту канал і видалити частинки нагару та забруднень. Операція продування повинна виконуватися один-два рази за цикл згоряння в кожному циліндрі, що допомагає уникнути похибок у вимірах і підтримувати стабільну роботу системи.

Клапан очищення є двотулковим механізмом, який виготовляється зі сталеві пластини. Його конструкція включає кілька основних компонентів: пластину клапана, що виконує функцію перекриття каналу, упор, який утримує механізм у необхідному положенні, вал, що забезпечує передачу зусиль, і противагу, яка компенсує навантаження на систему (рис. 1.10). Така конструкція дозволяє ефективно контролювати процес очищення і підтримувати працездатність клапана в умовах високих температур і навантажень.

Клапан очищення (клапанна плита) функціонує в автоматичному режимі, відкриваючись і закриваючись залежно від різниці тиску повітря між першою та другою камерами. Його робота забезпечує ефективне відведення стиснутого та охолодженого повітря під час роботи двигуна.

У процесі функціонування двигуна стиснене повітря, що виходить з першої камери повітряного каналу, проходить через цей клапан, який перешкоджає зворотному потоку у другу камеру. Це гарантує стабільну циркуляцію повітряного потоку, підвищує ефективність роботи двигуна та знижує ризик перегріву.

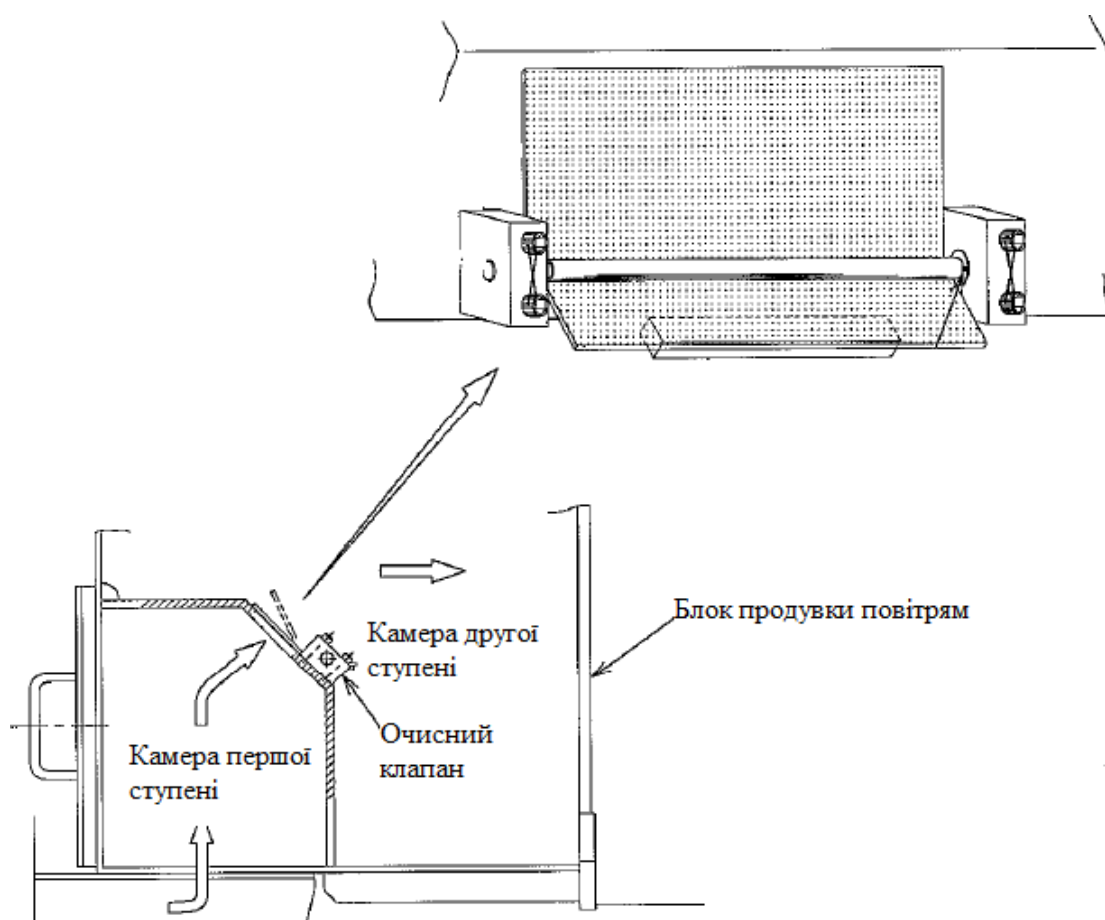


Рисунок 1.10 – Очисний клапан

Поршень (рис. 1.11) має комбіновану конструкцію: його головка виготовлена зі сталі, що забезпечує високу міцність і термостійкість, а укорочена спідниця виконана з чавуну, що сприяє зниженню тертя та збільшенню ресурсу роботи.

У конструкції поршня передбачені чотири компресійні кільця, які забезпечують герметичність робочої камери та запобігають прориву газів. На

спідниці розташовані два красномідних притирочних паски, що покращують взаємодію поршня з циліндром і зменшують зношування деталей.

Охолодження поршня здійснюється за допомогою циркуляції масла, яке подається та відводиться через систему свердлін у поперечині крейцкопфа і сталевій трубці, розташованій усередині штока. Завдяки використанню хром-молібденової сталі поршень має високу зносостійкість і здатний витримувати значні термічні та механічні навантаження.

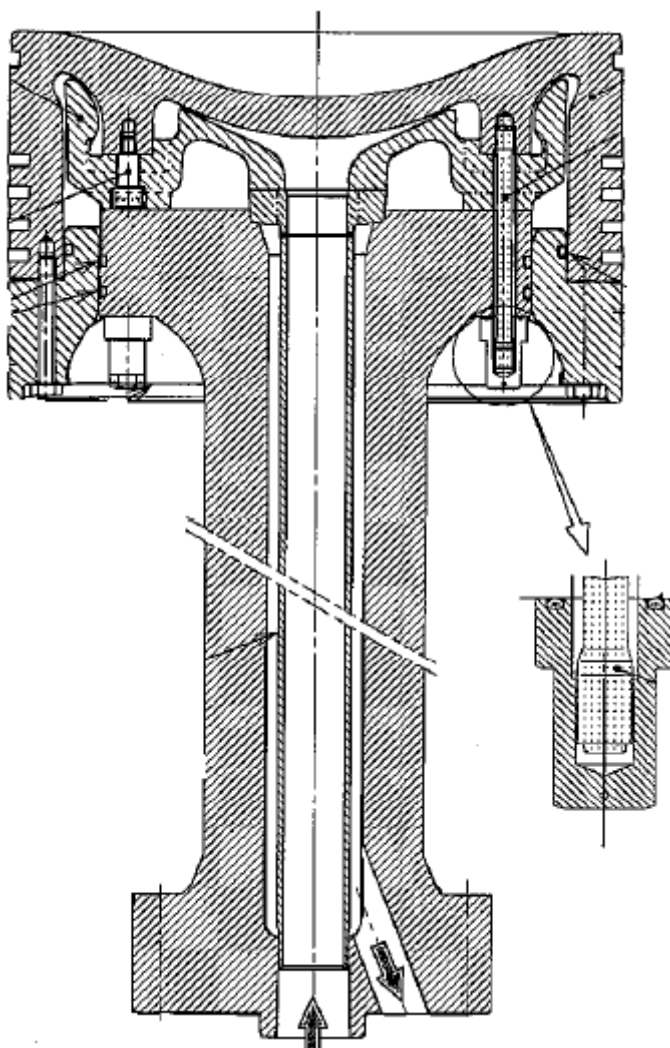


Рисунок 1.11 – Поршень

Колінчастий вал (рис. 1.12) є сталевую напівскладальною конструкцією, що поєднує міцність і довговічність. Його кривошипи виготовлені методом лиття, а рамові шийки надійно запресовані для забезпечення жорсткості конструкції.

На передньому (носовому) кінці валу встановлений демпфер осьових коливань, що зменшує вібрації та навантаження під час роботи двигуна. Тут же закріплена однорядна зірочка, яка приводить у дію допоміжні вали, обладнані урівноважуючими балансирами для зниження динамічних навантажень.

На задньому (кормовому) кінці колінчастого валу розташована дворядна зірочка, яка передає обертання на розподільний вал, забезпечуючи узгоджену роботу механізму газорозподілу.

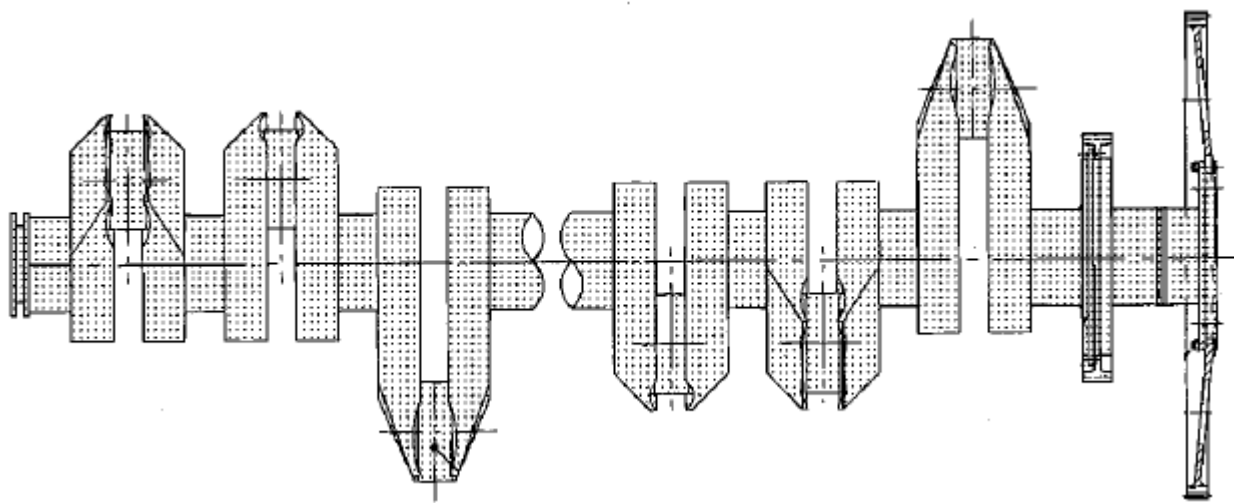


Рисунок 1.12 – Колінчатий вал

Шатун (рис. 1.13) виготовляється методом лиття зі сталі, після чого піддається куванню та механічній обробці, що підвищує його міцність і зносостійкість. Верхня головка виконана безвильчатого типу, а верхня і нижня головки конструктивно є невід'ємними, що забезпечує високу надійність з'єднання.

Вкладиші головного та мотильового підшипників мають тонкостінні сталеві підкладки, які покриті білим металом для зменшення тертя та покращення зносостійкості. Усередині шатуна виконані свердління, що утворюють канали для циркуляції мастила, яке подається від головного

підшипника до мотильового підшипника, забезпечуючи його змащення та охолодження.

Крейцкопф є двосторонньою конструкцією, оснащеною чотирма повзунами, що залиті білим металом для зменшення тертя та покращення довговічності деталей.

Поперечина, виготовлена методом кування зі сталі, містить просвердлені канали для проходу масла, що забезпечує змащення та охолодження механізму. До поперечини за допомогою різьбового з'єднання кріпляться:

- підп'ятник штока поршня,
- коліно телескопічного підведення мастила,
- зливна труба для відведення масла, яке використовується для охолодження поршня.

Ця конструкція забезпечує ефективну роботу вузла, рівномірний розподіл навантажень і довговічність елементів двигуна.

Розподільний вал приводиться в рух дворядним чотиридюймовим ланцюгом (рис. 1.14), що забезпечує надійність і точність передавання обертового моменту. Для компенсації моментів від сил інерції другого порядку використовуються дві проміжні зірочки, які розміщують балансирами аналогічно тим, що встановлені на носовій частині двигуна. Це дозволяє зменшити вібрації та покращити рівноважність роботи двигуна.

Від розподільного валу здійснюється привід валика лубрикатора, який відповідає за подачу мастила до циліндрів, а також регулятора частоти обертання, що забезпечує стабільність роботи двигуна.

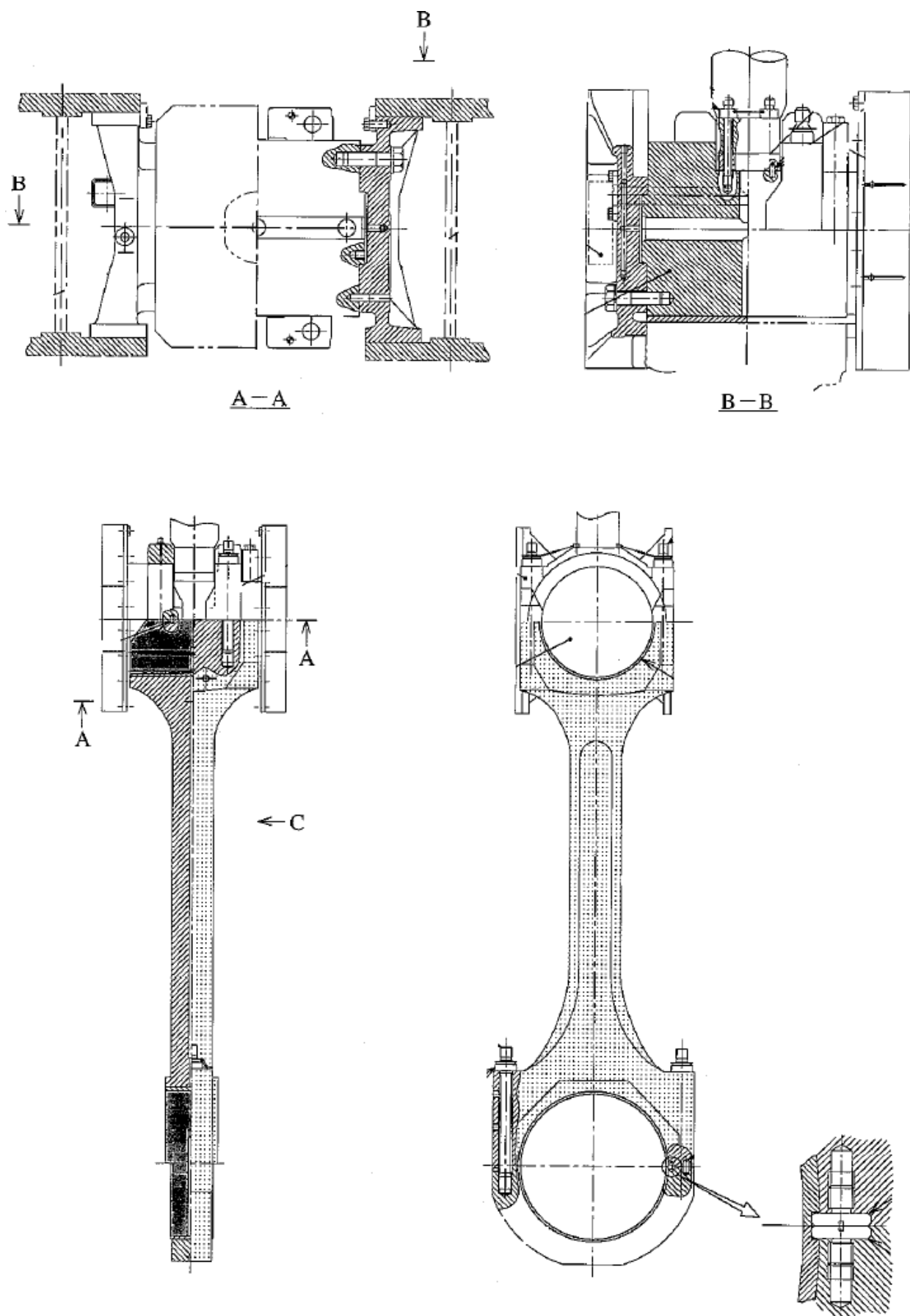


Рисунок 1.13 – Шатун

					ПННІ НУК 142.41.25.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		22

На кормовому торці розподільного валу закріплений валик повітророзподільника, що відіграє важливу роль у подачі стисненого повітря до пускової системи.

Кулаки паливного та газорозподілу, а також сполучні фланці окремих секцій розподільного валу встановлені методом гарячопресової посадки (рис. 1.15). Це забезпечує їхню міцність, жорсткість та стійкість до зношування під дією високих навантажень.

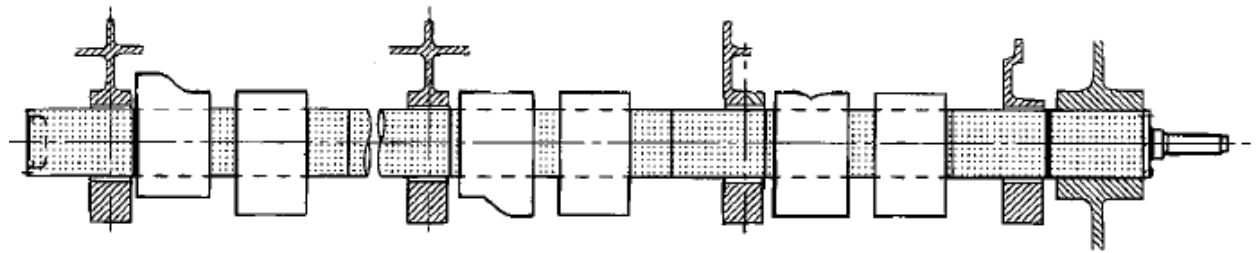


Рисунок 1.15 – Розподільний вал

Двигун оснащений загальноприйнятою системою пуску, яка включає:

- головний пусковий клапан, що відповідає за подачу стисненого повітря до системи.
- пускові клапани циліндрів, які відкривають подачу повітря безпосередньо в циліндри для запуску двигуна.

Золотниковий повітророзподільник, що керує процесом розподілу повітря між циліндрами під час запуску.

При необхідності зміни напрямку обертання двигуна (реверсу) коригуються лише положення повітророзподільника та штовхачів паливних насосів високого тиску (ПНВТ). Це здійснюється за допомогою електромеханічних або гідравлічних актуаторів, встановлених на кожному насосі, що дозволяє швидко адаптувати двигун до зміни режиму роботи [3].

Блок циліндрів зібраний у єдиний моноблок із кількох окремих литих чавунних секцій, які скріплюються між собою призонними болтами. Така конструкція забезпечує високу міцність, жорсткість і довговічність двигуна.

Кожен блок оснащений запресованою з'єднаною циліндровою втулкою, яка складається з двох частин, з'єднаних роз'ємним з'єднанням вище верхнього рівня блоку циліндра. Обидві частини втулки виготовляються з модифікованого чавуну, що надає їм підвищену зносостійкість і термічну стабільність.

У верхньому бурті нижньої частини втулки виконані отвори для восьми штуцерів, які забезпечують подачу мастила до циліндра. Верхня частина втулки зовні закрита пустотілою чавунною сорочкою охолодження, що дозволяє ефективно відводити надлишкове тепло під час роботи двигуна.

Для забезпечення якісного охолодження у втулці в районі камери згоряння просвердлені косі канали для циркуляції охолоджувальної води.

Ущільнення втулки здійснюється в кількох критичних зонах:

У нижній частині застосовуються чотири гумові кільця, що забезпечують герметичність і перешкоджають витіканню охолоджувальної рідини.

У верхній частині, в районі сорочки охолодження, встановлено два гумові ущільнювальні кільця (по одному зверху і знизу сорочки).

Посадочне місце між втулкою і блоком ущільнюється методом притирання поверхонь без використання прокладок, а герметизація між втулкою і кришкою здійснюється м'яким залізним ущільнювальним кільцем.

Перепуск охолоджувальної води між блоком і сорочкою охолодження здійснюється за допомогою чотирьох перепускних патрубків, аналогічно відведення води з сорочки в кришку циліндрів.

Двигун цього типу, якщо його резонансна частота аксіальної вібрації потрапляє в діапазон експлуатації, може бути додатково обладнаний аксіальним демпфером вібрації (рис. 1.16). Це пристрій, який знижує рівень вібраційних навантажень, запобігає передчасному зносу деталей і покращує експлуатаційну надійність двигуна.

					ПННІ НУК 142.41.25.03.ПЗ	Аркуш
						24
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

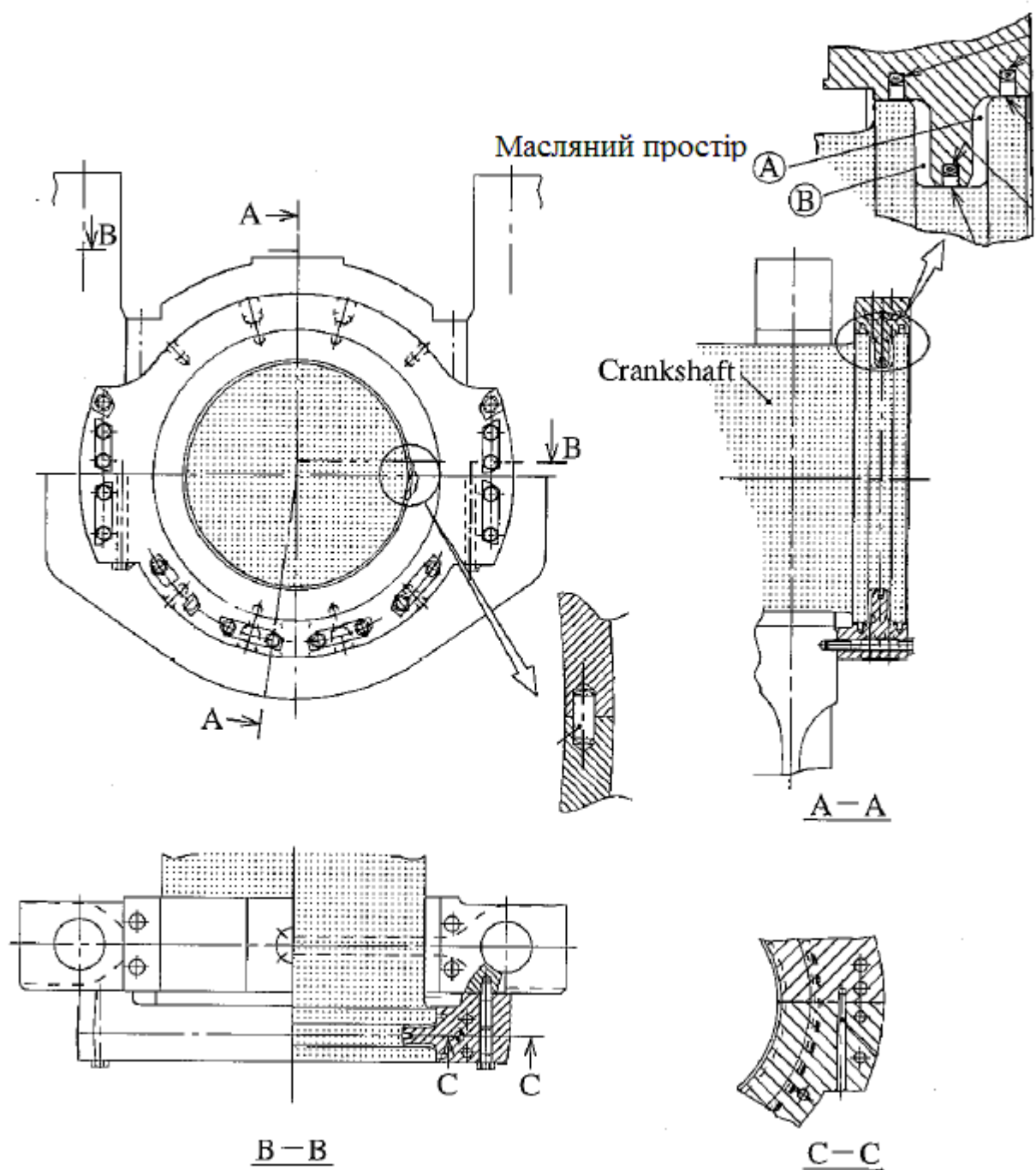


Рисунок 1.16 – Демпфер крутильних коливань

Осьовий демпфер вібрації встановлений на вільному кінці колінчастого валу в двигуні, а масляному просторі утвореному корпусами. Незважаючи на те, що колінчастий вал вібрує в осьовому напрямі, коли осьові коливання з'являються через з'єднання з крутильною вібрацією та іншими, рух вібрації

ослаблюється маслом, заповненим в масляних просторах осьового демпфера, і він зменшує осьову амплітуду колінчастого валу.

Паливна система, включає бункерні цистерни, з яких паливо перекачується насосами в проміжну цистерну, звідки через сепаратори воно може подаватися у відповідні витратні цистерни ("добові цистерни").

Для забезпечення найбільш задовільного очищення важкого палива сепаратори обладнані підігрівачами де паливо може підігріватися до температури 95-98 °С.

З конкретної витратної цистерни паливо подається до одного з двох електричних підкачуючих насосів, який подає паливо під тиском (по можливості через витратомір) до сторони низького тиску паливної системи.

Після цього паливо надходить до одного з двох електричних циркуляційних насосів, а від нього через підігрівач, регулювальник в'язкості, фільтр і до паливних насосів.

Відсічне паливо від форсунок і насосів через трубу поворотного палива перепускається назад до сторони всмоктування циркуляційного насоса. Для підтримки постійного тиску в головній магістралі на вході паливних насосів, продуктивність і подача циркуляційного насоса перевищує кількість палива, що витрачається двигуном.

Окрім цього, встановлюється підпружинений байпасний клапан який функціонує як перепускний між входом до ПНВТ і поверненням палива і, таким чином, підтримує постійний тиск в приймальному паливному трубопроводі.

Для того, щоб підтримувати рівномірний потік підігрітого палива через паливні насоси, корпуси і форсунки на всіх навантаженнях (включаючи зупинений двигун), на виході форсунок встановлюється золотник і циркуляційний отвір.

					ПННІ НУК 142.41.25.03.ПЗ	Аркуш
						26
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Завдяки "вбудованій" циркуляції підігрітого палива може підтримуватися робоча температура паливних насосів і форсунок навіть тоді, коли двигун зупинений.

Паливна система розрахована на роботу двигуна, як на дизельному, так і на важкому паливі. З цистерни основного запасу паливо перекачується насосом в решту цистерн, звідки через сепараторів у витратні цистерни.

Система змащення повинна забезпечувати живлення маслом всі тертьові частини дизеля з метою зменшення втрат на тертя й зношування, а також для часткового відводу з маслом теплоти, що виділяється при терті.

Система циркуляційної змазки, об'єднана з масляною системою охолодження поршнів, обслуговується насосом з приводом від електродвигуна. Масло для кривошипно-шатунного механізму, упорного підшипника, приводного відсіку і розподільних валів паливних насосів і випускних клапанів після редуційного клапана поступає під тиском 0,18 МПа. по трубопроводу. З піддону масло через патрубок зливається в стічну цистерну. Рекомендовані температури масла: на вході 40...45 °С і на виході 46...52 °С.

Змащення втулок здійснюється від лубрикаторів по одному на циліндр з приводом від розподільного валу паливних насосів.

Мастило підшипників газотурбонагнітачів забезпечується самостійною циркуляційною системою.

Для змащення циліндрів на дизелі встановлено шість лубрикаторів. Система змащення головного руху, упорного підшипника, приводного відсіку циркуляційна, під тиском.

Система змащення приводів паливних насосів і випускних клапанів і гідравлічних демпферів штовхачів випускних клапанів автономна, під тиском.

Змащення важелів і шпинделів випускних клапанів здійснюється від автономної централізованої системи змащення.

					ПННІ НУК 142.41.25.03.ПЗ	Аркуш
						27
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Система змащення підшипників газотурбонагнівачів (ГТН) гравітаційна.

Система охолодження замкнута, двоконтурна, з приводом насосів заборотної і прісної води від електродвигунів. На всіх режимах роботи двигуна за допомогою терморегулятора температуру прісної води рекомендується підтримувати на вході 70 °С і на виході 85 °С. Вода підводиться до циліндрів під тиском 0,25 МПа по трубопроводу і відводиться через корпуси випускних клапанів по трубопроводах. Від магістралі прісної води здійснюється і охолодження корпусів турбін нагнітачів.

Поршні охолоджуються маслом від циркуляційної системи мастила з підведенням по трубопроводу за допомогою телескопічного пристрою і відведенням через контрольні колонки по трубопроводу в стічну цистерну.

Система пускового повітря складається з елементів системи управління і системи пускового повітря.

Система управління електричного/пневматичного типу. Вона спроектована для:

- управління з місцевого поста двигуна;
- дистанційного керування з ЦПУ.

Система складається з трьох підсистем:

- системи регулювання;
- системи реверсування;
- системи захисту.

За допомогою системи регулювання можна запускати і зупиняти двигун і управляти їм. Функції Пуску і Зупинки проводяться пневматично.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНОК РОБОЧОГО ЦИКЛУ ДВИГУНА

2.1 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 142.41.25.03.ПЗ	Аркуш
						29
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.

2.2 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

					ПННІ НУК 142.41.25.03.ПЗ	Аркуш
						30
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

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 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 $D=0,20$ м.

Хід поршня S . Згідно даних двигуна - прототипу $S=0,24$ м.

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

					ПННІ НУК 142.41.25.03.ПЗ	Аркуш
						31
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

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

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

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

					ПННІ НУК 142.41.25.03.ПЗ	Аркуш
						33
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

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

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

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

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

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

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

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

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

					ПННІ НУК 142.41.25.03.ПЗ	Аркуш
						34
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

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 приймемо:

$$n_2 = 1,28$$

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

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

					ПННІ НУК 142.41.25.03.ПЗ	Аркуш
						35
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

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

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,

$$N_e = 13,1 \times D_c^2 \times S_c \times z \times P_e \times n \times i = 13,1 \times 0,20^2 \times 0,24 \times 0,5 \times 2,56 \times 900 \times 6 = 1169$$

Порівняння заданої та отриманої потужності двигуна

					ПННІ НУК 142.41.25.03.ПЗ	Аркуш
						36
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$\Delta N = \frac{N_e - N'_e}{N_e} \times 100\% = \frac{1169 - 1200}{1200} \times 100 = 2,58\%$$

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

					ПННІ НУК 142.41.25.03.ПЗ	Аркуш
						37
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3

ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТ ПІДШИПНИКІВ КОЛІНЧАСТОГО ВАЛУ

3.1 Загальний огляд колінчатого валу, упорного підшипника і валоповоротного механізму

3.1.1 Колінчатий вал

Колінчатий вал полускладний, тобто обидві частини з'єднані або насадкою в гарячому стані, або зварюванням.

Для 4-8 циліндрових двигунів колінчатий вал – цілий.

- Для 9-12 циліндрових двигунів колінчатий вал виготовлений з двох частин.

Рамні підшипники змащуються з головного маслопроводу, через відповідні канали до окремих підшипників, тоді як масло для змазування шатунних підшипників подається з крейцкопфів по отворах у шатунах.

У кормовій частині колінчатого вала встановлений маховик і упорний диск упорного підшипника.

- для 4-8 циліндрових двигунів у кормовому кінці встановлена також зірка цепного приводу розподільного вала.

- для 9-12 циліндрових двигунів зірка встановлена в центральній частині двигуна між двома циліндрами.

В носовому кінці колінчатого вала можуть бути встановлені додатковий маховик, демпфер крутильних коливань і зірка цепного приводу компенсатора моментів другого порядку.

3.1.2 Демпфер поздовжніх коливань

					ПННІ НУК 142.41.25.03.ПЗ	Аркуш
						38
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Для компенсації значущих поздовжніх коливань і результируючих несприятливих сил і коливань двигун оборудується демпфером поздовжніх коливань на носовому кінці колінчатого вала.

Демпфер складається з «поршня» і корпусу роз'ємного щитового типу, розташованого перед носовим рамним підшипником. «Поршень» виконаний у вигляді цільного диска на шийці носового рамного підшипника, а корпус встановлений на опорі рамного підшипника.

Через змінний привід і планетарну передачу електродвигун приводить горизонтальний вал, що має шестерню, яку можна переміщати в осьовому напрямку за допомогою ручного маховичка з тим, щоб привести в зачеплення з маховиком двигуна.

Валоповоротний механізм обладнаний пристроєм блокування, у вигляді важеля, який повинен бути піднятий перед введенням шестерні валоповоротного механізму в зачеплення з маховиком.

Щоразу після підйому цього важеля з положення, виведеного із закріплення, приводиться в дію блокуючий клапан, встановлений в системі пускового повітря двигуна. Блокування попереджає подачу повітря в двигун, поки валоповоротний механізм знаходиться в зачепленні.

Коли важіль блокування знаходиться в нижньому положенні, попереджається закріплення шестерні валоповоротного механізму і маховика.

Під час будь-якого демонтажу рухомих деталей двигуна валоповоротний механізм повинен бути в зачепленні, щоб запобігти повороту двигуна зовнішніми силами, які можуть викликати травми персоналу та поломки механізмів.

Валоповоротний механізм повинен бути виведений із зачеплення під час випробувань пускових клапанів під тиском, так як протікання в клапані може викликати провертання в двигуні та пошкодження валоповоротного механізму.

Перевірка разкепів колінчатого валу

При перевірці прогину колінчастого валу судно має бути наплаву (тобто не в сухому доці).

Так як на центрування впливає температура двигуна, а також умови завантаження, виміри прогину для порівняння повинні проводитися при майже тих же температурах і завантаженні судна.

1. Встановіть індикатор на кривошип паралельно шийці колінчатого вала, як показано на рисунку. Правильне місце встановлення позначено керном на щоках кривошипу.

2. «Закриття» коліна (стиснення індикатора) сприймається як негативне.

3. Встановіть стрілку індикатора на нуль на стороні В1 або В2 біля НМТ. Провертаючи, зніміть показання, наприклад, коли коліно проходить такі положення:

В2 – майже в самому низу;

Е – сторона випуску;

Т – верх;

С – сторона розподільчого валу)

В1 – майже внизу;

$$1/2 (В2+В1) = В.$$

4. Коли знімаються розкепи колінвала для трьох кормових циліндрів, валоповоротний механізм слід при кожній зупинці повернути трохи назад, щоб зняти тангенціальний тиск на зуби маховика. В іншому випадку цей тиск може спотворювати показання.

Якщо розкепи колінчастого валу наближаються до гранично допустимих, необхідно встановити новий нижній вкладиш відповідно до лінії колінчастого валу по індикатору.

					ПННІ НУК 142.41.25.03.ПЗ	Аркуш
						40
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

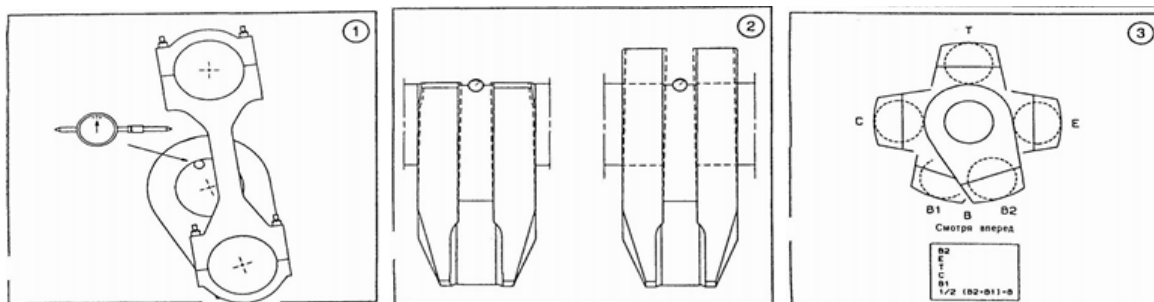


Рисунок 3.1 – Положення колінчастого валу

3.2 Перевірка та регулювання зазору в рамових підшипниках

3.2.1 Огляд підшипників

1. Коли занадто велика різниця у вимірах прогину (розкепу), перевірте окремі підшипники.

2. Перевірте зазор стрічковим щупом К'яег між верхнім вкладишем і шийкою. Не вставляйте щуп надто далеко, щоб зменшити ризик появи рисок.

Якщо зазор помітно збільшений, це може бути показником ослаблення анкерних в'язів або зносу нижнього вкладиша.

Після виміру зніміть підшипник для подальшого огляду.

3. Після зняття кришки підшипника та верхньої вкладки, огляньте підшипник і шийку.

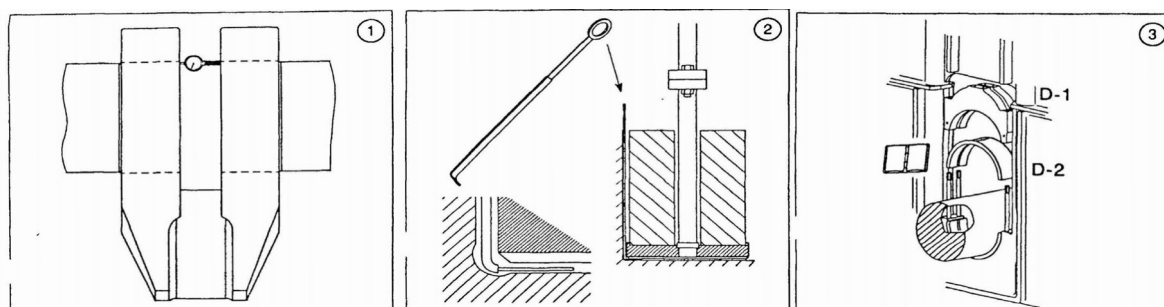


Рисунок 3.2 – Схема огляду підшипникі колінчастого валу

1. Огляд рамних підшипників поділяється на три частини:

Рамні підшипники (відзначені буквою А), кінцевий підшипник упорного валу (відзначений буквою В), кінцевий демпфер поздовжніх коливань (відзначений буквою С).

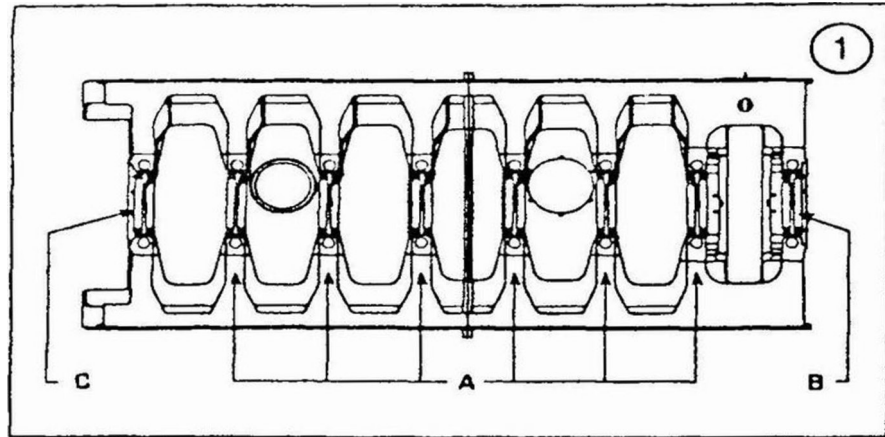


Рисунок 3.3 – Типи рамних підшипників

3.2.2 Огляд рамних підшипників (відмочених літерою А).

1. Від'єднайте трубу масла від магістралі.
2. Поверніть коліно так, щоб його точки розташовувалися у бік випуску двигуна.

Перевірте зазор перед демонтажем та запишіть для подальшого використання.

Встановіть гідродомкрати, відпустіть та зніміть гайки.

3. Підвісьте талі, одну всередині двигуна, іншу зовні.

4. Встановіть напрямний шків із підйомним тросом та пристосуванням на стінці картера.

Встановіть підйомний пристрій на кришці підшипника.

Зніміть кришку підшипника та верхній вкладиш, по черзі використовуючи талі.

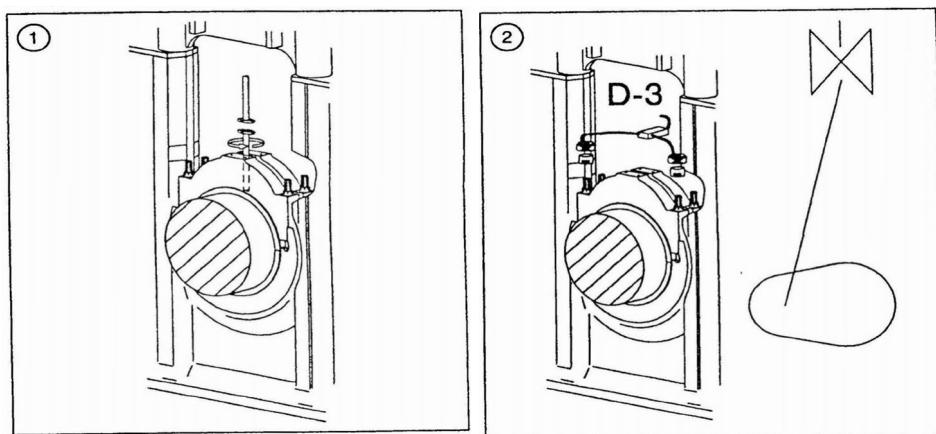


Рисунок 3.4 – Розбирання рамного підшипника

5. Якщо колінчастий вал провертається при знятій кришці підшипника, використовуйте два стопори, які запобігають викочуванню нижнього вкладиша.

(Заміряйте зазор у сусідньому підшипнику).

Двигун можна також провертати без встановленої нижнього вкладишу.

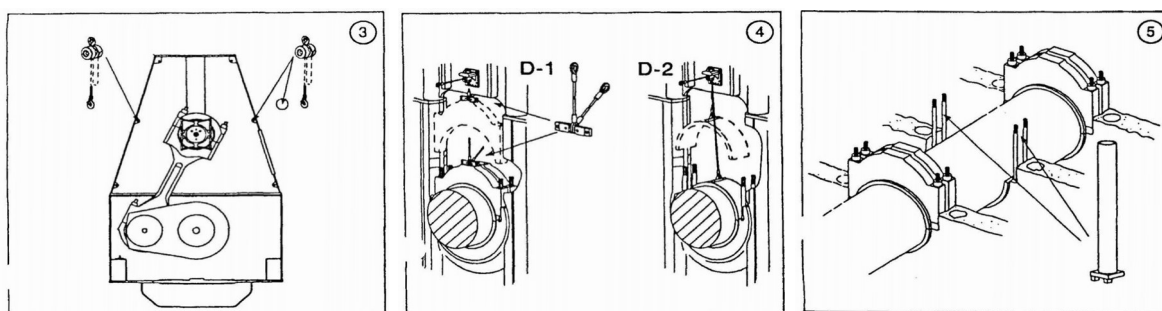


Рисунок 3.5 – Встановлення опорних талей

6. Зніміть гвинти з поперечки (вони загвинчуються тільки для їх безпечного збереження) і вкрутіть їх у різьбові отвори гідродомкратів (для затягування шпильок рамних підшипників).

Замініть штуцери гідродомкратів на кутові штуцерні з'єднання.

7. Встановіть поперечку в фундаментну раму кінцями на поперечні балки та встановіть гідродомкрати під щоки кривошипу, як показано.

8. Під'єднайте гідравлічні домкрати до насоса високого тиску і піднімайте тиск, доки колінчастий вал не підніметься відповідно до зазору в сусідньому підшипнику. Запишіть тиск для подальшого використання.

Якщо потрібно підняти вище (розмір максимальний 0,5 мм), ослабте кришки сусідніх рамних підшипників.

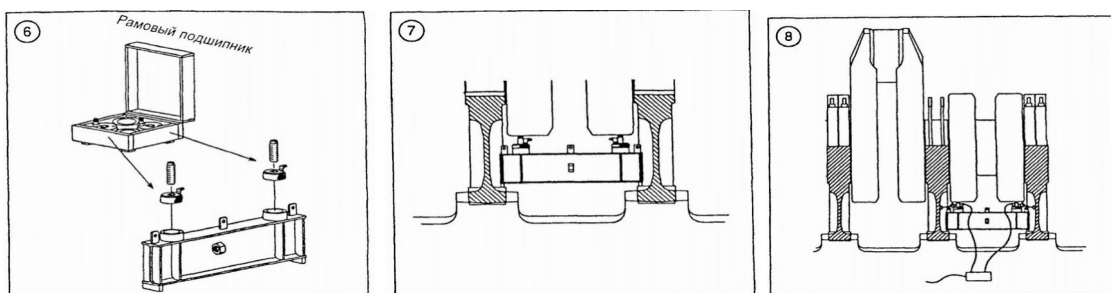


Рисунок 3.6 – Зняття болтів та підєзнання гідродомкратів

9. Перевірте після підйому, щоб зазор між шийкою і підшипником, а також між підшипником і ліжком рамного підшипника був однаковий на обох сторонах, щоб бути впевненим, що колінчастий вал піднятий строго вертикально. Якщо це не так, відрегулюйте положення домкрата, щоб колінчастий вал правильно підіймався.

Якщо переміщення домкратів недостатньо для забезпечення вертикального підйому, розмістіть 5-тонний домкрат між боковою стінкою та коліном і підкоригуйте таким чином підйом. Щоб уникнути підсмоктування повітря, переконайтеся, що циліндр насоса звернений вниз.

10. Прикріпіть два канати до верхньої частини вкладиша, одну для виймання, іншу для відведення, якщо вкладиш застрягне в ліжку рамного підшипника. Канат розмістіть, як показано.

11. Викочуйте нижній вкладиш вгору, поки вона не ляже поверх шийки рамного підшипника.

Виведіть нижній вкладиш з двигуна тим же способом, що і верхній, тобто, із застосуванням підйомного пристрою.

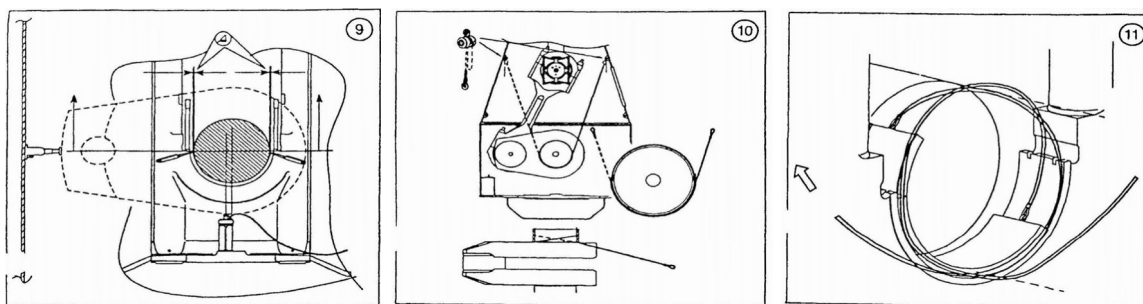


Рисунок 3.7 – Демонтаж нижнього вкладиша

12. Перед встановленням на місце:

- перевірте кромки на наявність пошкоджень та задирок, особливо на вкладиші та ліжку підшипника (за необхідності, зачистіть за допомогою прямолінійного шабера та/або спеціального полірувального інструменту);
- переконайтеся, що всі деталі чисті, використовуйте неворсисту тканину для очищення між шийкою та ліжком рамного підшипника;
- встановіть два спеціальні канати;
- змастіть шийку підшипника, постіль рамного підшипника та зовнішню поверхню вкладиша.
- переконайтеся, що маркування спрямоване вперед;
- перевірте, щоб вкладка не застрягла в канатах.

13. Перед викочуванням нижнього вкладишу підшипника перевірте, щоб він міг вільно рухатися між шийками та фундаментною рамою в обидві сторони.

Для запобігання провертанню вкладиша при демонтажі підйомного пристрою використовуйте спеціальні канати, щоб утримати вкладиш.

14. Натягніть канати та використовуйте їх, щоб підтримувати та закотити вкладиш на місце.

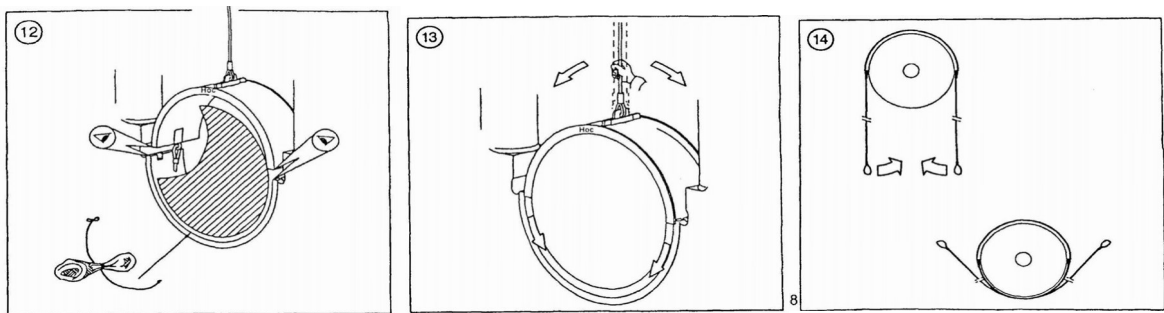


Рисунок 3.8 – Монтаж нижнього вкладишу

15. Перевірте, чи вкладиш підшипника поставлений з однаковими відстанями з обох сторін.

Щоб забезпечити однакові відстані по обидва боки, використовуйте для регулювання стопори вкладишів рамних підшипників.

16. Після перебирання або підгонки нового підшипника вийміть або вставте потрібну кількість прокладок для отримання зазору, вказаного на аркуші даних.

Після збирання підшипника перевірте цей зазор щупом "Кјаер".

17. Встановіть кришку підшипника та затягніть гайки за допомогою гідродомкратів.

Це робиться у три стадії:

- перша: затягніть гайки двох носових шпильок до 400 бар.
- друга: затягніть дві кормові гайки до 900 бар.
- третя: перетягніть гайки двох носових шпильок до 900 бар.

Встановіть трубу підведення масла.

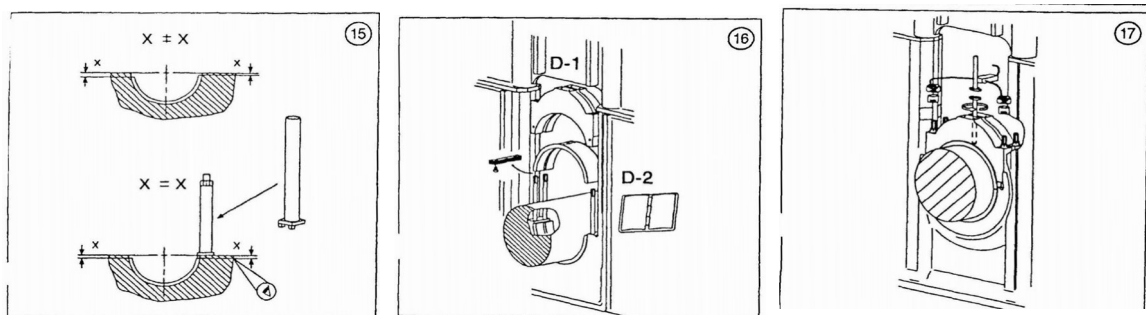


Рисунок 3.9 – Перевірка зазорів та монтаж верхнього вкладиша

3.2.2 Огляд рамного підшипника кінцевого з демпфером поздовжніх коливань (С)

1С. Від'єднайте трубу мастила від магістралі.

Поверніть коліно валу так, щоб його точки були звернені у бік випуску двигуна.

2С. Встановіть «стакани» та гідравлічні домкрати на шпильки. За допомогою гідравлічних домкратів послабте гайки шпильок рамних підшипників.

3С. Встановіть напрямний шків із підйомним канатом та пристроями на стінку картера.

Встановіть підйомний пристрій на кришку носового підшипника. Встановіть таль. Встановіть захисні ковпачки на шпильки сусіднього підшипника.

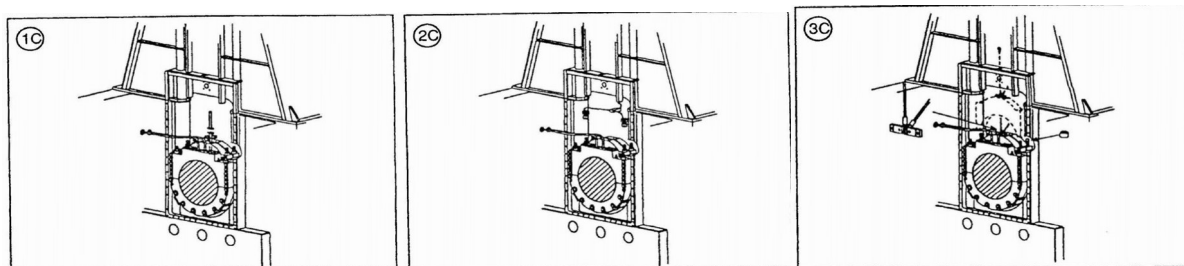


Рисунок 3.10 – Підготовка до демонтажу

4С. Підніміть кришку підшипника без шпильок та опустіть її на сусідні шпильки.

Зніміть кришку, використовуючи по чергово талі.

У жодному разі не знімайте пристрої для підйому колінчастого валу до встановлення нижнього вкладиша рамного підшипника на місце (тільки підшипник А).

Підніміть колінчастий вал і вийміть вкладки підшипників, як показано.

Зазор між демпфером поздовжніх коливань та шийкою може бути визначальним фактором для уточнення висоти підйому колінчастого валу.

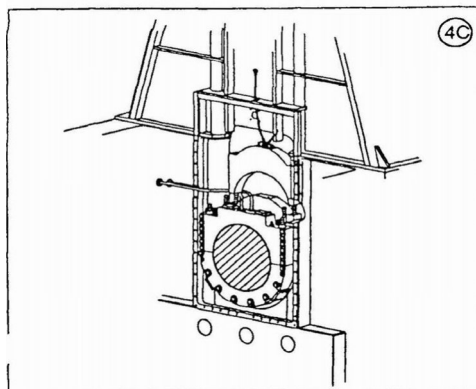


Рисунок 3.11 – Демонтаж верхньої кришки підшипника

3.2.3 Огляд рамового підшипника (В) наприкінці упорного валу

1В. Зніміть кришку з кормового кінця картера. Від'єднайте трубу мастила від магістралі.

Встановіть «стакани» та гідравлічні домкрати на шпильки. За допомогою гідравлічних домкратів відпустіть гайки шпильок рамних підшипників. Поверніть коліно вала так, щоб його щоби були звернені у бік випуску двигуна.

2В. Встановіть поперечку у відсік ланцюгового приводу та захисні ковпачки на шпильки кормового підшипника.

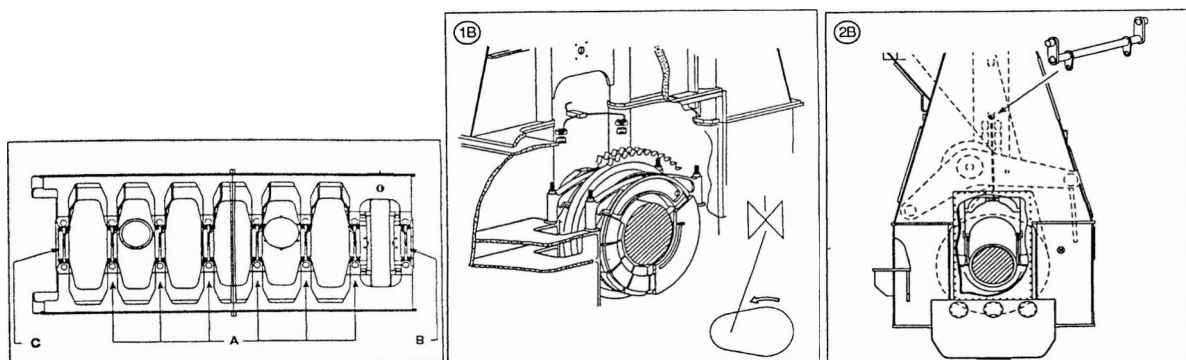


Рисунок 3.12 – Демонтаж кришки кормового кінця картеру

3В. Підвісьте таль наприкінці картера над гребенем і зніміть кришку з гребеня.

Встановіть підйомні пристрої з двома канатами на кришку підшипника і, по черзі користуючись таями, зніміть кришку з двигуна.

Повторіть цю операцію для кришки підшипника.

4В. Переверніть двигун так, щоб встановити різьбовий отвір зірочки ланцюга у ВМТ.

Встановіть поперечку для підйому кінця упорного валу так, щоб опори лягли на стопори підшипника.

Вкрутіть шпильку для виймання в зірочку.

5В. Наверніть гідродомкрат (для болтів крейцкопфа) на шпильку для виймання і перевірте, щоб гідродомкрат упирався в поперечку по всій поверхні, інакше положення поперечки/шпильки виймання слід відкоригувати.

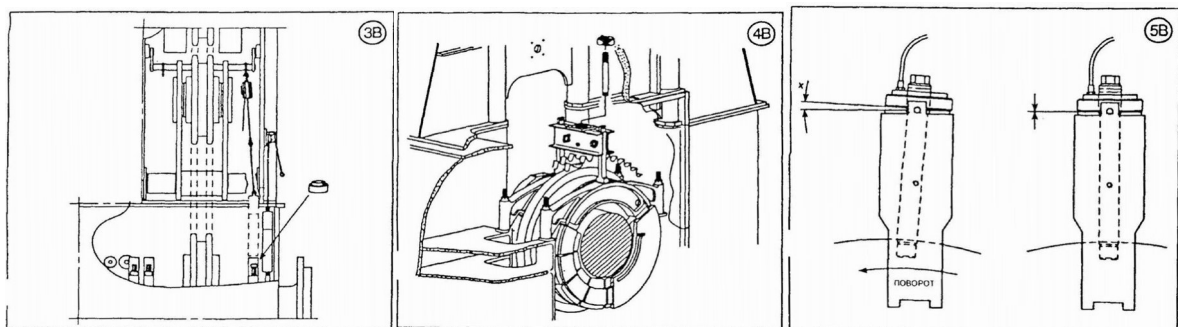


Рисунок 3.13 – Позіціонування приводної зірки

6В. Встановіть мікрометричний індикатор так, щоб можна було виміряти підйом упорного валу.

Підніміть упорний вал на 0,5 мм. або величину зазору, заміряного в сусідньому підшипнику.

Вийміть вкладиш підшипника.

Змонтуйте у зворотному порядку, звертаючи увагу на пораду про очищення.

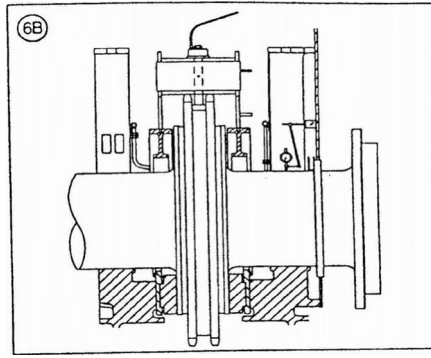


Рисунок 3.14 – Встановлення індикатору

3.3 Перевірка зазору в упорному підшипнику

3.3.1 Перевірка зазору в упорному підшипнику

Зазор в упорному підшипнику вимірюється під час стендових випробувань двигуна і записується в «аркуш регулювання» який знаходиться в комплекті технічної документації двигуна.

Для нового двигуна проміжок становить 0,5-1,0 мм, для двигуна в експлуатації він не повинен перевищувати 2,0 мм.

Зношування упорного підшипника контролюється наступним чином:

1. Зніміть трубу мастила над стопором переднього сегмента.
2. Зніміть захисний кожух з носового боку гребеня.
3. Встановіть гідравлічні домкрати та відпустіть гайки стопора.
Зніміть гідравлічні домкрати та гайки.
4. Зніміть стопор (затискну скобу) з передніх упорних сегментів.
5. У верхньому упорному сегменті є канавка зносу глибиною 1 мм.

Щуп повинен вставлятися в цю канавку на боці упорного гребеня.

Якщо щуп 0,5 мм не може проходити в канавку, підшипник має бути розібраний.

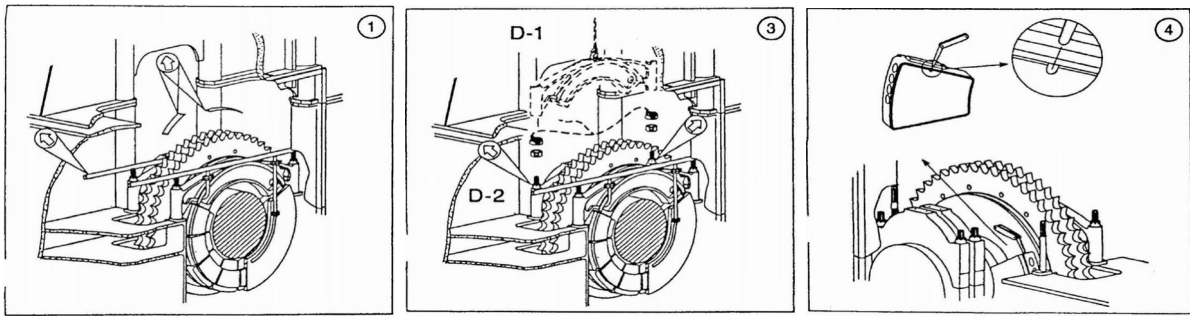


Рисунок 3.15 – Перевірка зазорів упорного підшипника

3.3.2 Заміна сегментів упорного підшипника

1. Зніміть труби мастила збоку натяжного пристрою та трубу мастила для упорних сегментів.

2. Відпустіть та зніміть гайки із сегментних стопорів за допомогою гідравлічного пристрою. Викрутіть шпильки.

3. Встановіть спеціальний підйомний пристрій у відсік ланцюгового приводу і підвісьте таль над стопором, який має бути знятий.

Видаліть стопори у відсіку ланцюгового приводу над упорними сегментами («вперед і назад»), які мають бути вийняті.

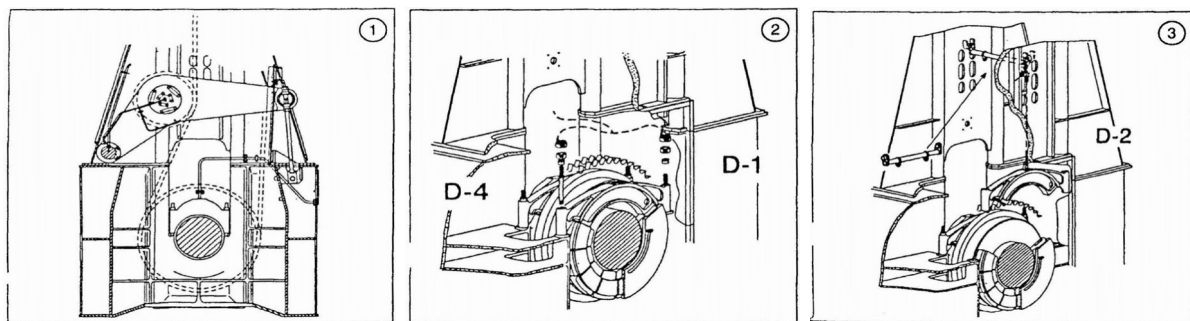


Рисунок 3.16 – Підготовка до розбирання упорного підшипника

4. Зніміть захисні кожухи упорних сегментів від зірочки.

5. Для викочування упорних сегментів установіть пристрої на зірочці.

6. Викочуйте сегменти прокручуванням двигуна і видаліть їх з відсіку ланцюгового приводу.

7. Монтаж проводиться у зворотному порядку.

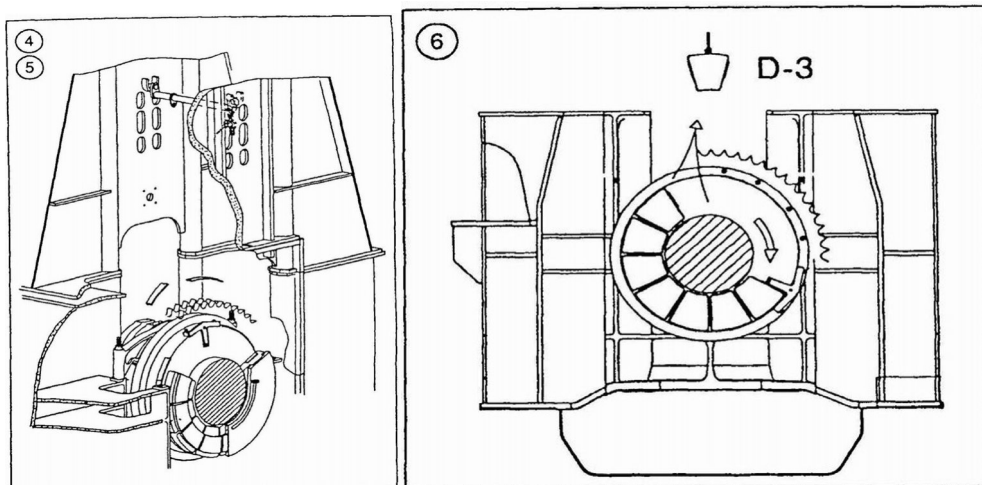


Рисунок 3.17 – Демонтаж сегментів упорного підшипника

3.4 Перевірка демпфера поздовжніх коливань

3.4.1 Механічна Перевірка демпфера поздовжніх коливань

1. Під час перевірки ефективності демпфера поздовжніх коливань в експлуатації (яка рекомендується кожні 8000 годин) слід встановити спеціальний вимірювальний пристрій на щиті з носового торця двигуна, щоб виміряти переміщення переднього кінця колінчастого валу.

Отриманий розмір повинен бути порівняний з початковими розмірами, отриманими під час ходових випробувань та з межами, що наведені на наступній сторінці.

2. Слід виконати такі операції:

Зупиніть двигун.

Викрутіть дві пробки з кришки на носовому торці двигуна.

3. Поверніть проставний вал у носовий торець колінчастого валу через отвір у кришці.

Вкрутіть вимірювальний важіль у малу кришку так, щоб він був перпендикулярний до проставного валу.

4. Прикріпіть олівець до важеля.

Зауважте, що відстань до кінця олівця не повинна перевищувати довжину важеля більш ніж на 5 - 10 мм, щоб не збільшувати отримані виміри.

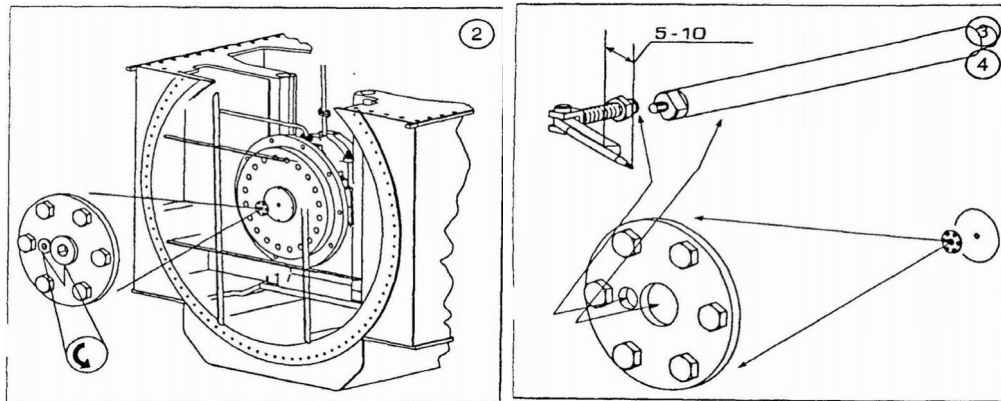


Рисунок 3.18 – Підготовка допоміжних пристроїв

5. Вимірювання має бути виконано при тій же частоті обертання, що і при ходових випробуваннях (переважно 90% та 100% максимальної тривалої потужності).

Запустіть двигун і тримайте важіль в контакті з валом.

Рулон паперу з твердою підставкою утримується рукою та легко рухається вниз щодо олівця.

Щоб забезпечити деяку силу інерції підставка повинна мати масу прибіл. 1-2 кг.

Записані на папері поздовжні переміщення мають бути виміряні штангенциркулем, як показано на рисунку. Якщо відстань між піками в мм менша за зазначені нижче величини, перебирання демпфера не потрібно.

Таблиця 3.1 – Межі відстані між піками (мм):

L_60MC					
Цил.	4	5	6	7	8
ММ	5.4	6.8	8.1	9.5	10.8
1					

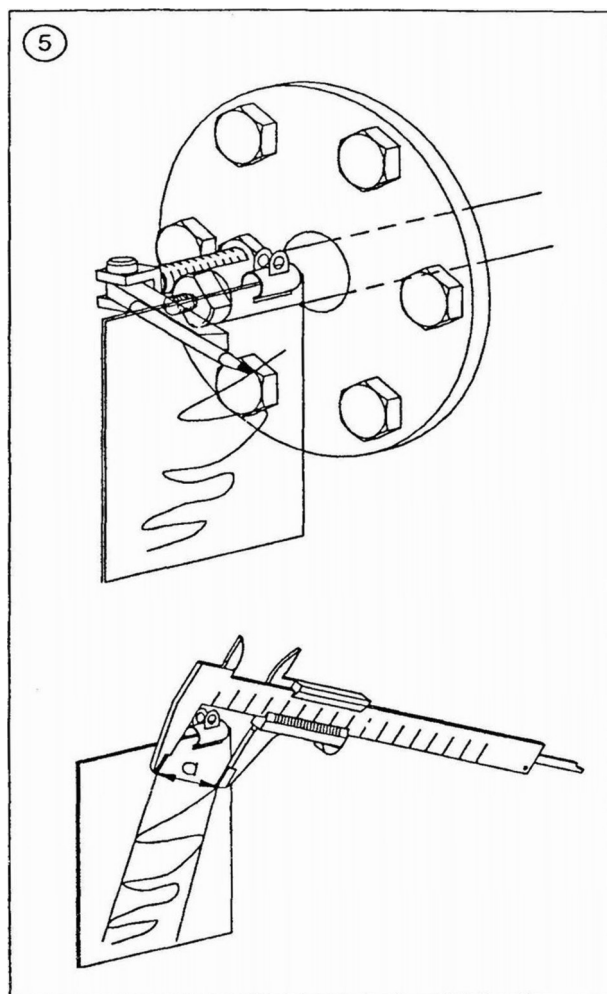


Рисунок 3.19 – Зняття характеристичної кривої демпфера поздовжніх коливань

3.4.2 Електронний контроль демпфери поздовжніх коливань

1. Для перевірки ефективності роботи демпфера поздовжніх коливань в експлуатації у нижній частині корпусу демпфера вбудований датчик проксиметра з кронштейном. Кабель від датчика з'єднаний з контрольним приладом-аналізатором, який встановлений на стороні випуску картера та носового торця двигуна.

2. Величину між піками на дисплеї аналізатора мм. слід порівняти з початковими величинами, отриманими під час ходових випробувань і з межами, наведеними нижче.

Якщо величина між піками менша від допустимих значень, показаних нижче, перебирання демпфера не потрібно.

					ПННІ НУК 142.41.25.03.ПЗ	Аркуш
						54
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Межі допустимих відстаней між піками:

L60MC					
Цил.	4	5	6	7	8
мм	1.08	1.35	1.62	1.89	2.16

3.4.3 Перебирання демпфера поздовжніх коливань

1. Перебирання демпфера поздовжніх коливань проводиться від циліндра №1 або носового торця двигуна.

2. Від'єднайте та зніміть масляні труби з носової кришки підшипника та корпусу демпфера поздовжніх коливань.

Відпустіть та зніміть болти та гайки з верхньої частини корпусу демпфера.

Знімати слід лише верхню частину корпусу, а нижня частина залишається у фундаментній рамі.

Встановіть підйомний пристрій на верхню частину.

3. За допомогою талі та троса відокремте та підніміть верхню частину корпусу демпфера у положення, в якому можна замінити масляні ущільнення та пружини.

Закріпіть верхню частину вкручуванням двох болтів у корпус демпфера.

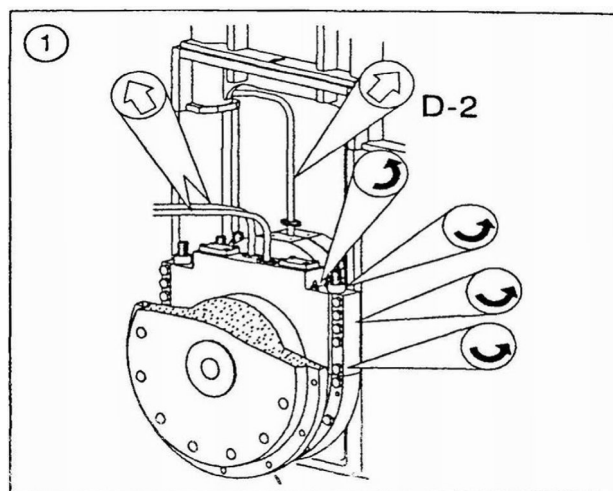


Рисунок 3.20 – Послідовність перебирання демпфера поздовжніх коливань

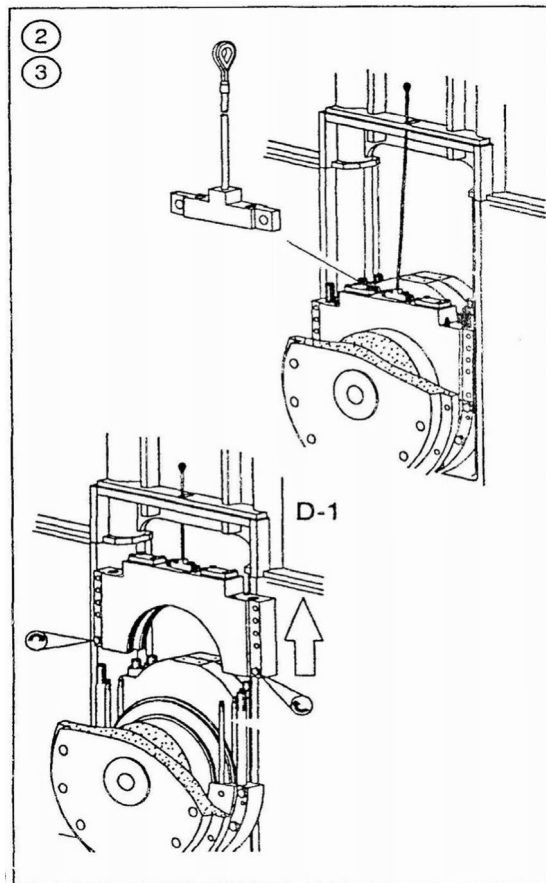


Рисунок 3.21 – Демонтаж демпфера поздовжніх коливань

4. Демонтуйте та зніміть пружини з тефлонових кілець. Зніміть та викиньте тефлонові кільця.

Під час встановлення нових тефлонових кілець спочатку вставте нижню частину кілець у нижній корпус. Потім запресуйте пружини, що розтягують, в канавку між половиною кільця і корпусом.

Нижня частина тефлонових кілець виступатиме над центральною лінією.

Встановіть усі верхні частини тефлонових кілець так, щоб був зазор у обох з'єднань малого і великого кілець відповідно.

Пружини, що розтягують, тепер можуть бути зчеплені на місці, забезпечуючи їх центральне розташування в канавках тефлонових кілець.

5. Викрутіть/звільніть верхню частину від корпусу демпфера. Майте на увазі, два напрямні штифти в нижній частині корпусу демпфера, які забезпечують розміщення верхньої частини.

6. Встановіть горизонтальні болти. Затягніть та застопоріть болти стопорним дротом.

Встановіть та затягніть гайки на вертикальні шпильки.

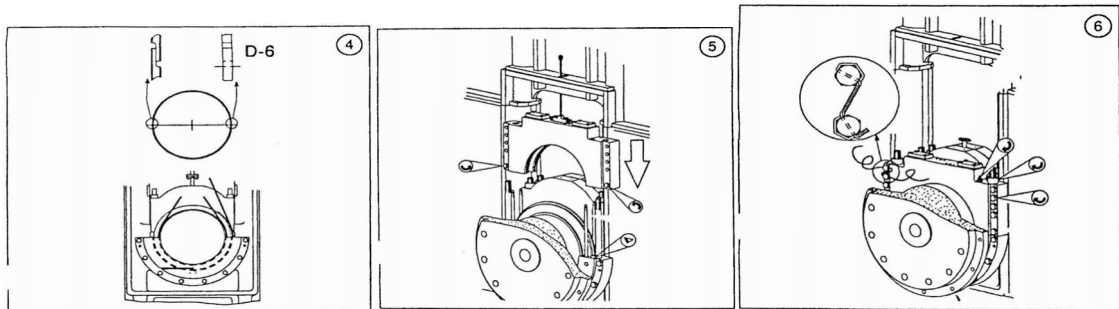


Рисунок 3.22 – Монтаж демпфера поздовжніх коливань

7. Знову під'єднайте масляні труби до рамного підшипника та корпусу демпфера. Зніміть таль та поперечку.

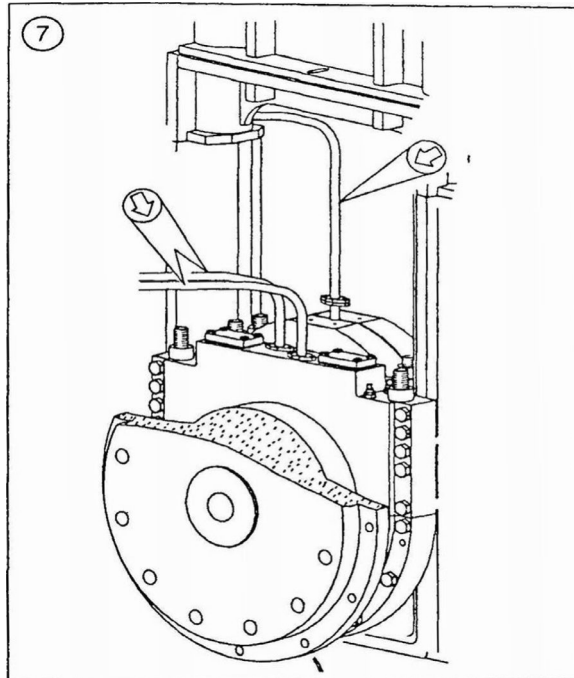


Рисунок 3.22 – Монтаж масляних труб демпфера поздовжніх коливань

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці при експлуатації, демонтажі та обслуговуванні колінчастого валу та його підшипників

Охорона праці під час демонтажу корінних підшипників і колінчатого валу суднового двигуна є важливим аспектом забезпечення безпеки працівників. Процес демонтажу включає роботу з важкими металевими конструкціями, використання спеціального інструменту та механізмів, що створює ризик отримання травм. Для безпечного виконання робіт необхідно дотримуватися певних заходів та вимог. Перед початком робіт проводиться інструктаж з техніки безпеки для всіх працівників, забезпечується наявність засобів індивідуального захисту, таких як каски, рукавиці, захисне взуття та окуляри. Важливо підготувати необхідні інструменти та перевірити їх технічний стан, переконатися у справності вантажопідіймальних механізмів, а також організувати достатнє освітлення робочої зони.

Під час демонтажу корінних підшипників та колінчатого валу можливі різні небезпеки, зокрема падіння важких деталей, травмування рук та пальців, удари та защемлення, а також виділення шкідливих речовин. Використання вантажопідіймальних пристроїв допомагає запобігти падінню важких деталей, тоді як робота в рукавицях та обережне поводження з деталями дозволяють уникнути травм рук. Необхідно уникати перебування під піднятим вантажем, а також працювати тільки за умови відповідного страхування. Щоб запобігти впливу шкідливих речовин, важливо забезпечити ефективну вентиляцію та уникати потрапляння масла і палива на шкіру.

Корінні підшипники виконують ключову функцію у роботі суднового двигуна, адже вони забезпечують обертання колінчатого валу з мінімальним тертям та запобігають його надмірному зносу. Вони складаються з вкладишів, які повинні бути рівномірно розподілені та відповідати встановленим технічним вимогам. Перед демонтажем необхідно перевірити їх стан, оскільки надмірний знос або пошкодження можуть свідчити про проблеми у мастильній системі. Використання спеціальних знімачів та дотримання обережності допомагає уникнути пошкодження посадкових місць підшипників.

Колінчатий вал є основним елементом кривошипно-шатунного механізму, і його демонтаж вимагає особливої точності. Важливо зафіксувати його у потрібному положенні перед зняттям, щоб уникнути деформацій або пошкоджень інших деталей. Важливо також звернути увагу на стан демпфера коливань – пристрою, що зменшує коливання валу під час роботи двигуна. Його знос або пошкодження можуть призвести до нерівномірної роботи двигуна та збільшення навантаження на підшипники.

Перед демонтажем двигун слід відключити, злити масло та охолоджувальну рідину. Підшипники знімаються за допомогою спеціальних пристроїв, щоб уникнути їх пошкодження. Колінчатий вал демонтується тільки із застосуванням вантажопідіймальної техніки. Після цього всі зняті деталі необхідно очистити та акуратно розмістити у визначеному місці, щоб уникнути пошкоджень або втрат. Використання засобів індивідуального захисту є обов'язковим, оскільки це допомагає мінімізувати ризики. Захисні рукавиці запобігають порізам, спецодяг захищає від контакту з маслом і брудом, спецвзуття допомагає уникнути травмування ніг, а захисні окуляри необхідні для запобігання потраплянню металевих частинок в очі.

Додатково слід дотримуватися вимог електробезпеки, що включає відключення всіх електроприладів перед початком робіт, перевірку відсутності відкритих електричних проводів у зоні демонтажу, а також

					ПННІ НУК 142.41.25.03.ПЗ	Аркуш
						59
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

використання тільки справного електрообладнання. У випадку травмування необхідно негайно зупинити роботу та надати першу допомогу, а в разі серйозного поранення викликати медичну допомогу. Також слід повідомити керівника про нещасний випадок.

Дотримання правил охорони праці при демонтажі корінних підшипників і колінчатого валу суднового двигуна дозволяє значно знизити ризик травматизму та забезпечити безпечні умови праці. Всі працівники повинні бути ознайомлені з правилами безпеки, мати необхідне спорядження та суворо дотримуватись інструкцій при виконанні робіт. Комплексний підхід до питань охорони праці, включаючи регулярні інструктажі, контроль за станом обладнання, дотримання норм електробезпеки та використання засобів захисту, є ключовим чинником зниження виробничого травматизму та забезпечення ефективності виконання ремонтних робіт на суднових двигунах. Суворе дотримання інструкцій, постійний контроль за дотриманням правил безпеки та відповідальність кожного працівника сприяють загальному підвищенню рівня безпеки під час виконання ремонтних робіт.

4.2 Безпека навколишнього середовища при експлуатації, демонтажі та обслуговуванні колінчастого валу та його підшипників

Збереження навколишнього середовища під час проведення судноремонтних робіт є одним із найважливіших завдань суднобудівної та судноремонтної галузі. Судноремонтні підприємства, виконуючи технічне обслуговування і ремонт суден, мають значний вплив на екосистему через використання хімічних речовин, викиди шкідливих газів, утворення відходів і забруднення водного середовища. Тому впровадження ефективних заходів охорони довкілля є необхідним для мінімізації негативного впливу.

					ПННІ НУК 142.41.25.03.ПЗ	Аркуш
						60
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Перед початком ремонтних робіт необхідно оцінити екологічні ризики та розробити заходи щодо їх зменшення. Насамперед слід контролювати скидання стічних вод, які можуть містити нафтопродукти, фарби, важкі метали та інші шкідливі речовини. Для цього використовуються спеціальні системи очищення, уловлювачі нафтопродуктів і фільтрувальні установки. Крім того, слід дотримуватися суворих норм при зберіганні та утилізації небезпечних відходів, щоб уникнути забруднення ґрунту та водних ресурсів.

Суттєвою проблемою є забруднення повітря внаслідок випаровування лакофарбових матеріалів, роботи зварювального обладнання, використання двигунів внутрішнього згоряння та інших технологічних процесів. Важливо застосовувати безпечні та екологічно чисті матеріали, забезпечувати ефективну вентиляцію та використовувати засоби фільтрації повітря. Крім того, для зменшення викидів парникових газів слід впроваджувати сучасні технології енергозбереження та альтернативні джерела енергії.

Особливу увагу слід приділяти поводженню з небезпечними відходами, такими як відпрацьовані мастильні матеріали, акумуляторні батареї, залишки фарб і розчинників. Всі ці матеріали повинні збиратися, транспортуватися та утилізуватися відповідно до екологічних стандартів. Ефективним рішенням є впровадження програм з повторного використання відходів, що дозволяє зменшити обсяг забруднення та підвищити екологічну ефективність підприємства.

Дотримання заходів з охорони навколишнього середовища при судноремонтних роботах сприяє зменшенню екологічного навантаження, забезпеченню сталого розвитку галузі та збереженню природних ресурсів. Важливою складовою цього процесу є екологічна освіта персоналу, розробка та впровадження сучасних методів екологічного контролю, а також посилений нагляд за виконанням екологічних норм і стандартів. Тільки комплексний підхід до охорони навколишнього середовища дозволить

забезпечити безпечне та екологічно відповідальне судноремонтне виробництво.

					ПННІ НУК 142.41.25.03.ПЗ	Аркуш
						62
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У ході підготовки та написання даного дипломного проекту було проаналізовано конструктивні особливості двотактного суднового мало обертового двигуна. В результаті проведеного аналізу було встановлено, що, завдяки створенню сучасної концепції фірмою виробником та використанню оригінальних технічних рішень, двигун є надійною високоефективною машиною, широко застосовуваною на судах різних типів.

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 навантаженню. Одними з найбільш навантажених є підшипники колінчатого валу, тому, в ході виконання роботи, значна увага приділена його ремонту та обслуговуванню.

Також 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 обслуговуванні підшипників колінчатого валу.

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 142.41.25.03.ПЗ	Аркуш
						64
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 142.41.25.03.ПЗ	Аркуш
						65
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		