

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

Кафедра «Енергетичне машинобудування»

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри


«__» _____ 2024 р.

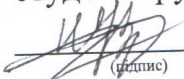
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

на тему: Розробка технології складання системи мащення з удосконаленням конструкції масляного насоса для 4-тактного газового двигуна з наддувом потужністю 700кВт. Прототип 8ГЧН 19/23.

Виконав:

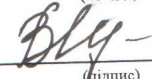
студент групи 63-ТЕМмаг-23

 **Шкрабак Є.В.**
(підпис)

Керівник роботи:

доцент кафедри ЕМ, к.т.н., доцент

(посада, науковий ступінь, вчене звання)

 **Нестеренко В.В.**
(підпис)

Первомайськ - 2024 р.

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

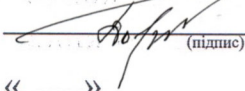
Кафедра «Енергетичне машинобудування»

Спеціальність 131 – «Прикладна механіка»

Освітня програма «Технології енергетичного машинобудування»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми

 (підпис)

« ____ » _____ 2024 р.

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

Студенту Шкрабаку Євгенію Володимировичу

1. Тема роботи: «Розробка технології складання системи мащення з удосконаленням конструкції масляного насоса для 4-тактного газового двигуна з наддувом потужністю 700кВт. Прототип 8ГЧН 19/23.».

Керівник роботи Нестеренко В.В.

Затверджено розпорядженням ПННІ НУК від 09.09.2024 року за № 50.

2. Термін подання студентом роботи до розгляду на кафедрі 25.11.2024 року.

3. Вихідні данні по роботі: Двигун-прототип Прототип 8ГЧН 19/23 потужністю 800 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 8ГЧН19/23 (СК). 2. Насос системи мащення (СК). 3. Вал ведений насосу системи мащення (РК). 4. Зубчасте колесо насосу системи мащення (РК). 5. Схема системи мащення (СХ) 6. Технологічний процес складання масляного баку.

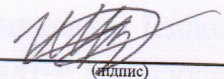
6. Консультанти роботи

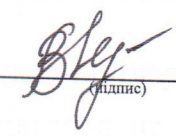
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання «09» вересня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітки
1	Вступ.	16.09.2024	
2	Загальний розділ.	23.09.2024	
3	Конструкторський розділ.	07.10.2024	
4	Науковий розділ.	28.10.2024	
5	Охорона праці та навколишнього середовища.	18.11.2024	
6	Загальні висновки по кваліфікаційній роботі.	25.11.2024	
7	Оформлення кваліфікаційної роботи	09.12.2024	

Студент  Шкрабак Є.В.
(підпис)

Керівник роботи  Нестеренко В.В.
(підпис)

АНОТАЦІЯ

Темою даної кваліфікаційної роботи була: «Розробка системи мащення з удосконаленням конструкції масляного насоса для 4-тактного газового двигуна з наддувом потужністю $P_e=700\text{кВт}$. Прототип 8ГЧН 19/23». За прототип було обрано газовий двигун 8ГЧН 19/23 з частотою обертання колінчастого валу $n=1000\text{ хв}^{-1}$.

Розраховано робочий процес газового двигуна, тепловий баланс, побудовано індикаторні діаграми та діаграми сил, що діють в КШМ.

Проведений аналіз існуючих систем мащення та конструкцій масляних насосів. Обрано систему мащення з «сухим» картером та шестеренний масляний насос.

Розроблено технологічний процес складання масляного бака.

Зроблено огляд техніки безпеки та протипожежного захисту при експлуатації двигуна. Запропоновані заходи, щодо зниження рівня шуму та вібрації при роботі двигуна, а також заходи зниження токсичності відпрацьованих газів та захисту навколишнього середовища.

Графічна частина роботи виконана на 5-ти аркушах формату А1:

1. Загальний вигляд двигуна – складальне креслення.
2. Масляний насос – складальне креслення.
3. Ведений вал масляного насоса – робоче креслення.
4. Шестерня масляного насоса – робоче креслення.
5. Схема системи мащення.

Ключові слова: газовий двигун, робочий цикл, паливна система, форсунка, токсичні викиди, вібрація, шум, індикатора діаграма, робочий цикл двигуна.

ABSTRACT

The topic of this qualification work was: "Development of a lubrication system with improvement of the oil pump design for a 4-stroke gas engine with supercharged power $P_e = 700$ kW. Prototype 8GCHN 19/23 ». The prototype was a gas engine 8GCHN 19/23 with a crankshaft speed $n = 1000$ min⁻¹.

The working process of the gas engine, heat balance, indicator diagrams and diagrams of forces operating in KShM are calculated.

The analysis of existing lubrication systems and designs of oil pumps is carried out. A lubrication system with a "dry" crankcase and a gear oil pump are selected.

A technological process for assembling an oil tank was developed.

A review of safety and fire protection during engine operation. Measures to reduce the level of noise and vibration during engine operation, as well as measures to reduce the toxicity of exhaust gases and protect the environment.

The graphic part of the work is made on 5 sheets of A1 format:

1. General view of the engine - assembly drawing.
2. Oil pump - assembly drawing.
3. The driven shaft of the oil pump - the working drawing.
4. Gear of the oil pump - the working drawing.
5. Scheme of the lubrication system.

Key words: gas engine, duty cycle, fuel system, injector, toxic emissions, vibration, noise, indicator diagram, duty cycle of the engine.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	
1.1 Опис конструкції базового двигуна	6
РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ	
2.1 Вимоги до проектованого двигуна	9
2.2 Розрахунок робочого циклу газового двигуна з наддувом	10
2.3 Розрахунок теплового балансу газового двигуна	20
2.4 Розрахунок індикаторної діаграми	25
2.5 Динамічний розрахунок двигуна	29
2.6 Аналіз ефективних показників проектованого двигуна та двигуна-прототипу	34
2.7. Висновок по розділу 2	34
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	
3.1 Призначення, опис та аналіз існуючих систем мащення	35
3.2 Опис основних елементів системи мащення	40
3.3 Розрахунок системи мащення	47
3.4 Аналіз технологічності монтажу масляного бака	
3.5 Розробка технологічного процесу складання масляного бака	51
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	
4.1 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів в машинному відділенні при експлуатації двигуна	52

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ									
Зм.	Арк..	№ документа	Підпис	Дата										
Розробив		Шкрабак К.В..			Пояснювальна записка				Літера		Лист		Листів	
Перевірив		Нестеренко В.В							н		3		64	
									63-ТЕМмаг					
Н. контр		Нестеренко В.В												
Затвердив		Нестеренко В.В												

4.2 Техніка безпеки при експлуатації двигуна	54
4.3 Охорона навколишнього середовища	59
ВИСНОВКИ	61
ЛІТЕРАТУРА	63

ДОДАТКИ:

- Додаток 1 Специфікація двигуна 8ГЧН19/23
- Додаток 2 Поперечний переріз двигуна 8ГЧН19/23
- Додаток 3 Специфікація системи мащення
- Додаток 4 Схема системи мащення
- Додаток 5 Специфікація насоса системи мащення
- Додаток 6 Насос системи мащення
- Додаток 7 Вал ведений
- Додаток 8 Зубчасте колесо
- Додаток 9 Схема сил, що діють в КШМ
- Додаток 10 Технологічний процес складання масляного баку

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

ВСТУП

Основними напрямками розвитку двигунобудування на сучасному етапі його розвитку є :

- підвищення економічності, надійності і моторесурсу;
- зменшення металоємності і вартості двигуна;
- пристосування двигунів для роботи на альтернативних видах палива, в першу чергу на різних видах газового палива;
- зменшення шуму та вібрації двигуна.

Успішне вирішення цих проблем, в основному, визначається принциповим підходом до проектування двигунів з врахуванням їх типу, призначення і особливостей експлуатації.

Для газових двигунів, що працюють на різних видах газового палива, найбільш прийнятним шляхом покращення їх техніко-економічних та масо-габаритних показників є підвищення частоти обертання колінчастого валу. В порівнянні з дизельними двигунами газові двигуни мають набагато нижчий середній ефективний тиск та максимальний тиск згоряння. Причиною цього є поява детонаційного згоряння в циліндрах двигуна при високому тиску газоповітряної суміші, низькій якості газового палива, перегріві деталей камери згоряння, підвищеній витраті масла, яке попадає в камеру згоряння.

Темою даної кваліфікаційної роботи є: «Розробка технології складання системи мащення з удосконаленням конструкції масляного насоса для 4-тактного газового двигуна з наддувом потужністю 700кВт. Прототип 8ГЧН 19/23».

Мета: змінення виду палива та проектування системи мащення 4-тактного газового двигуна з розробкою конструкції масляного насосу.

Вище зазначені аспекти дослідження буде висвітлено в доповіді на науково-практичному форумі «Енергозбереження як енергетична безпека України», який відбудеться 19 грудня 2024 року у Первомайському науко-навчальному інституті НУК імені адмірала Макарова.

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
						5
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції базового двигуна

Двигун 8ГЧН19/23 призначений для установки разом з генератором на стаціонарних електростанціях в якості основного або резервного джерела живлення електроенергії змінного струму різних споживачів в режимі паралельної роботи з промисловою енергосистемою.

Фундаментна рама лита чавунна. В поперечних перегородках рами розташовані корінні підшипники колінчастого вала.

Блок циліндрів литий чавунний, симетричний щодо поздовжньої осі. Одна з бічних порожнин блоку служить ресивером наддувочного повітря, в іншій порожнини розташовані розподільний вал, штовхачі і штанги приводу клапанів. Блок циліндрів з'єднаний з фундаментної рамою шпильками і болтами, ущільнення здійснено гумовою прокладкою. У передньому відсіку блоку циліндрів розміщений шестерний привід агрегатів і розподільного вала. Втулка циліндрів лита чавунна, з присадкою хрому і нікелю, ущільнюється у верхній частині притиранням бурту до блоку циліндрів, в нижній частині - гумовими кільцями.

Кришка циліндра лита чавунна, індивідуальна на кожен циліндр. У кришці розміщені свічка запалювання, впускний, випускний і пусковий клапани. На кришці розташовані коромисла, пружини приводу клапанів і індикаторний кран.

Колінчастий вал сталевий, виготовлений методом згинання з висадкою, шийки вала загартовані ТВЧ. На передньому кінці вала закріплено шестерня приводу агрегатів.

Поршень литий чавунний, з присадкою хрому і нікелю, охолодження поршня збовтуванням. Палець поршня плаваючого типу, пустотілий, сталевий, цементований і загартований. Поршневі кільця чавунні хромовані. Шатун сталевий штампований, стрижень шатуна двотаврового перетину. У верхній голівці шатуна запресована бронзова втулка, в нижній рознімної голівці розміщені шатунні

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
						6
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вкладиші.

Розподільний вал розташовано в бічній частині блоку циліндрів, сталевий, впускні і випускні кулачки виконані заодно з валом, цементувати і загартовані.

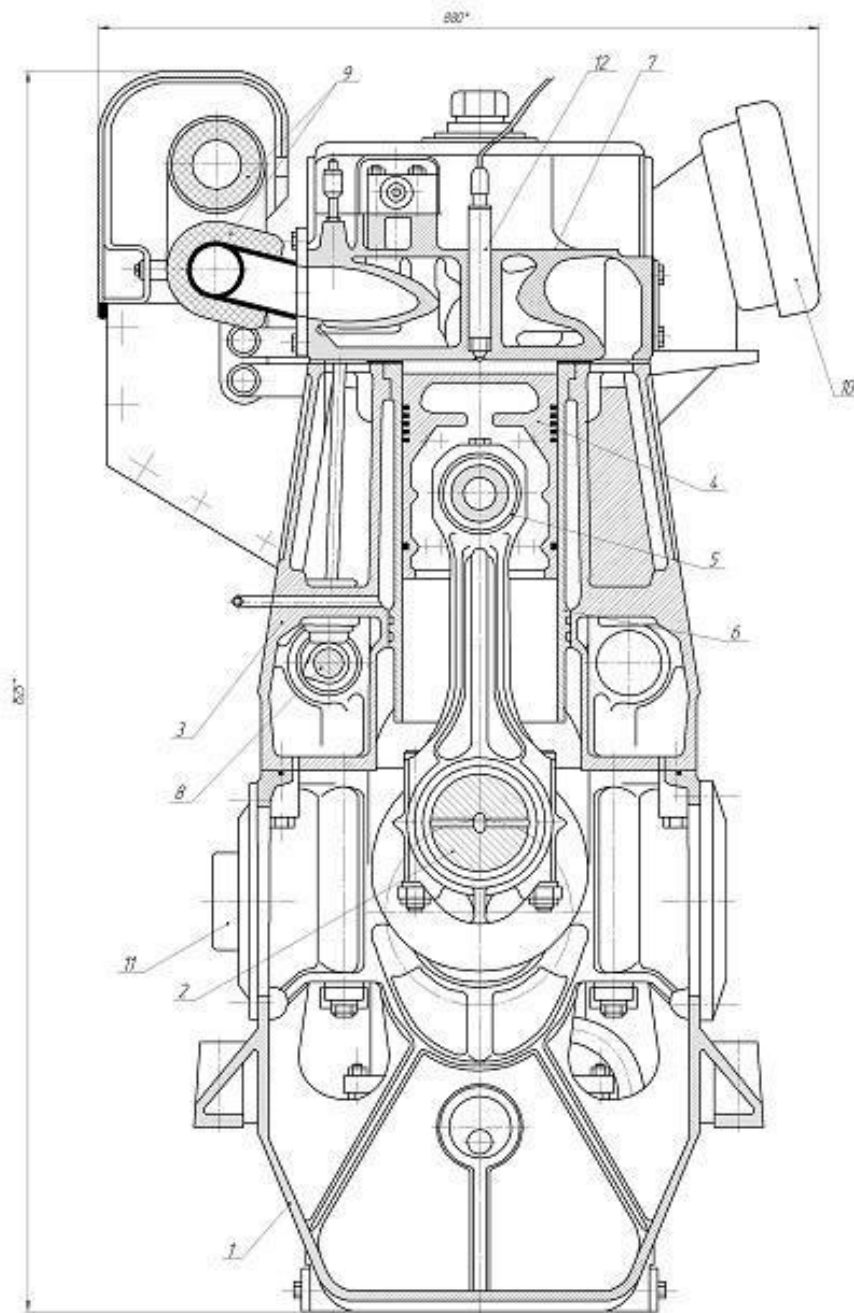


Рисунок 2.1 Двигун 8ГЧН 19/23

Привід розподільчого вала здійснюється від колінчастого вала через систему шестерень. Паливна система газового двигуна із зовнішнім сумішоутворенням

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

складається з блоку газової апаратури (регулятора тиску газу, регулятора співвідношення газ/повітря, фільтру газу і так далі), а також камери змішувача. Дана система забезпечує подачу газу під низьким тиском.

Система мащення дизеля циркуляційна під тиском з «мокрим» картером. Очищення масла проводиться в повно поточному фільтрі тонкого очищення, що встановлюється поза двигуном, і в реактивній центрифугі. Масло охолоджується водою в охолоджувачі масла. Автоматичне регулювання температури масла виконується терморегулятором.

Система охолодження двоконтурна: внутрішній контур - прісна вода. Втулки циліндрів, кришки циліндрів і турбокомпресор охолоджуються прісною водою. Прісна вода охолоджується в водо-водяному охолоджувачі забортної водою при автоматичному регулюванні температури прісної води терморегулятором. Забортною водою також охолоджуються наддувочне повітря і масло.

Пуск двигуна проводиться стиснутим повітрям. Наддув двигуна здійснюється турбокомпресором. Управління двигуном проводиться системою ДАУ або з місцевого поста управління, розташованого безпосередньо на двигуні.

Технічна характеристика двигуна-прототипу 8ГЧН19/23

Ефективна потужність $P_e = 800 \text{ кВт}$

Частота обертання колінчастого вала $n = 1000 \text{ хв}^{-1}$

Діаметр поршня $d = 190 \text{ мм}$

Хід поршня $S = 230 \text{ мм}$

Кількість циліндрів $i = 8$

Ступінь стиску $\varepsilon = 10$

Середній ефективний тиск $P_{me} = 1,88 \text{ МПа}$

Тиск наддува $P_B = 260 \text{ кПа}$

Ефективний ККД $\eta_e = 0,43$

Годинна витрата палива $B_T = 173,4 \text{ м}^3/\text{год}$

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
						8
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

2.1 Вимоги до проєктованого двигуна

Метою проєктування, що виконується в роботі, є перехід двигуна з використання природного газу на скраплений газ та змінення типу системи мащення. Такі зміни дозволяють прогнозувати зменшення ефективної потужності проєктованого двигуна. Тому виконуємо розрахунки двигуна 8ГЧН19/23 потужністю $P_e=700\text{кВт}$.

Для розрахунку робочого процесу двигуна обираємо наступні величини

Тиск наддуву	$P_b =$	245кПа
Тиск навколишнього середовища	$P_a =$	101,3кПа
Температура навколишнього середовища	$T_a =$	293К
Показник політропи стиску для відцентрового насосу	$n_k =$	1,6
Підігрів свіжого заряду	$\Delta T =$	5 К
Тиск залишкових газів	$P_r =$	120кПа
Температура залишкових газів	$T_r =$	750К
Ступінь підвищення тиску	$\lambda =$	3
Середнє значення показника політропи:		
- стиску	$n_1 =$	1,32
- розширення	$n_2 =$	1,26
Коефіцієнт використання теплоти в точці "Z"	$\xi_Z =$	0,82
Коефіцієнт повноти індикаторної діаграми	$\xi =$	0,94

Температура T_a та тиск P_a навколишнього середовища приймаємо для нормальних умов.

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
						9
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Розрахунок робочого циклу газового двигуна з наддувом

2.2.1 Умова завдання:

Ефективна потужність	$P_e = 700$ кВт
Частота обертання колінчастого валу.	$n = 1000$ хв ⁻¹
Діаметр циліндра	$d = 190$ мм
Хід поршня	$S = 230$ мм
Ступінь стиску	$\varepsilon = 10$
Коефіцієнт надлишку повітря	$\alpha = 1,3$
Число циліндрів	$i = 8$
Коефіцієнт тактності	$Z = 4$

2.2.2 Вихідні дані теплового розрахунку.

Тиск наддуву	$P_b = 245$ кПа
Тиск навколишнього середовища	$P_a = 101$ кПа
Температура навколишнього середовища	$T_a = 293$ К
Показник політропи стиску для відцентрового насосу	$n_k = 1,6$
Підігрів свіжого заряду	$\Delta T = 5$ К
Тиск залишкових газів	$P_r = 120$ кПа
Температура залишкових газів	$T_r = 750$ К
Ступінь підвищення тиску	$\lambda = 3$
Середнє значення показника політропи:	
стиску	$n_1 = 1,32$
розширення	$n_2 = 1,26$
Коефіцієнт використання теплоти в точці "Z"	$\xi_z = 0,82$
Коефіцієнт повноти індикаторної діаграми	$\xi = 0,94$
Нижча теплота згорання газу	$Q_H = 33450$ кДж/м ³

Зріджений газ

Склад:	в%	В об'ємних долях
метан	CH ₄ = 96,4	RCH ₄ = 0,964
етан	C ₂ H ₆ = 0,5	RC ₂ H ₆ = 0,005
пропан	C ₃ H ₈ = 0,1	RC ₃ H ₈ = 0,001
бутан	C ₄ H ₁₀ = 3	RC ₄ H ₁₀ = 0,03
пентан	C ₅ H ₁₂ = 0	RC ₅ H ₁₂ = 0
вуглекислота	CO ₂ = 0	RCO ₂ = 0
оксид вуглецю	CO = 0	RCO = 0
азот	N ₂ = 0	RN ₂ = 0
кисень	O ₂ = 0	RO ₂ = 0
водень	H ₂ = 0	RH ₂ = 0

2.2.3 Параметри робочого тіла.

Теоретично необхідна кількість повітря для згоряння 1 кмоль газу.

$$L_0 = \frac{1}{0.21} \times [0.5(CO + H_2) + \sum (n + 0.25m) C_n H_m - O_2] =, \text{ кмоль/кмоль}$$

$$L_0 = 10,21667 \text{ кмоль/кмоль}$$

Загальна кількість продуктів свіжого заряду.

$$M_1 = 1 + \alpha \times L_0, \text{ кмоль/кмоль}$$

$$M_1 = 14,2817 \text{ кмоль/кмоль}$$

Кількість окремих компонентів продуктів згоряння.

$$\text{Кількість } CO_2: M_{CO_2} = CO + \sum (n C_n H_m + CO_2), \text{ кмоль}$$

$$M_{CO_2} = 1,097 \text{ кмоль}$$

$$\text{Кількість } H_2O: M_{H_2O} = H_2 + \sum (0.5m C_n H_m) =, \text{ кмоль}$$

$$M_{H_2O} = 2,097 \text{ кмоль}$$

$$\text{Кількість } O_2: M_{O_2} = 0.21 \times (\alpha - 1) \times L_0, \text{ кмоль}$$

$$M_{O_2} = 0,64365 \text{ кмоль}$$

$$\text{Кількість } N_2: M_{N_2} = 0.79 \times \alpha \times L_0 + N_2, \text{ кмоль}$$

$$M_{N_2} = 10,4925 \text{ кмоль}$$

Загальна кількість продуктів згоряння.

$$M_2 = M_{CO_2} + M_{H_2O} + M_{O_2} + M_{N_2}, \text{ кмоль/кг} \quad 14,3302 \text{ кмоль}$$

Змінення об'єму при згорянні 1 кмоль газу.

$$\Delta M = M_2 - M_1 =, \text{ кмоль}$$

$$\Delta M = 0,0485 \text{ кмоль}$$

Теоретичний коефіцієнт молекулярної зміни.

$$\beta_0 = \frac{M_2}{M_1}$$

$$\beta_0 = 1,003396$$

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

2.2.4 Параметри процесу наповнення.

Температура повітря після нагнітача.

$$T_{\epsilon} = T_a \times \left(\frac{P_{\epsilon}}{P_a} \right)^{\frac{n_{\kappa}-1}{n_{\kappa}}}, K$$

$$T_B = 408,04 \text{ K}$$

Температура повітря після охолоджувача.

$$T_{\text{int}} = T_B - (10 - 50^{\circ})$$

$$\text{число з інтервалу} = 50$$

$$\Delta T_{\text{int}} = 358,04 \text{ K}$$

Температура газоповітряної суміші.

$$T_{\text{см}} = \frac{T_r + \alpha \times L_0 \times T_{\text{int}}}{1 + \alpha \times L_0}, K$$

$$T_{\text{см}} = 355,38 \text{ K}$$

де $T_r = 320,00 \text{ K}$ - температура поступаючого газу.

Коефіцієнт залишкових газів.

$$\gamma_r = \frac{T_{\text{см}} + \Delta T}{T_r} \times \frac{P_r}{\epsilon \times P_d - P_r}$$

де $P_d = P_{\epsilon} \times 0.95$ тиск в кінці впуску.

$$P_d = 232,75 \text{ кПа}$$

$$\gamma_r = 0,03$$

Коефіцієнт наповнення.

$$\Phi_c = \frac{\epsilon}{\epsilon - 1} \times \frac{P_d}{P_{\epsilon}} \times \frac{T_{\text{см}}}{T_{\text{см}} + \Delta T + \gamma_r T_r} =$$

$$\Phi_c = 0,99$$

Температура газоповітряної суміші на початку стиску.

$$T_d = \frac{T_{\text{см}} + \Delta T + \gamma_r \times T_r}{1 + \gamma_r} =, K$$

$$T_d = 370,29 \text{ K}$$

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
						12
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2.5 Параметри процесу стиску.

Тиск в кінці стиску.

$$P_c = P_d \times \varepsilon^{n_1} =, \kappa \text{Па}$$

$$P_c = 4862,84 \text{ кПа}$$

Температура в кінці стиску.

$$T_c = T_d \times \varepsilon^{n_1-1} =, K$$

$$T_c = 773,65 \text{ К} \quad t_c = 500,65 \text{ C}$$

2.1.6 Параметри процесу згоряння.

Дійсний коефіцієнт молекулярної зміни.

$$\beta = \frac{\beta_0 + \gamma_r}{1 + \gamma_r}$$

$$\beta = 1,00$$

Максимальна температура циклу знаходиться з рівняння балансу:

$$\frac{\xi \cdot 224 \cdot Q_H}{(1 + \gamma_r)(1 + \alpha \cdot L_0)} = \beta \cdot m C p m_z \cdot t_z - (m C v m_m + 8.314 \times \lambda) \times t_c$$

склад продуктів згоряння в об'ємних долях:

$$R_{CO_2} = \frac{MCO_2}{M_2}$$

$$R_{CO_2} = 0,08$$

$$R_{H_2O} = \frac{MH_2O}{M_2}$$

$$R_{H_2O} = 0,15$$

$$R_{O_2} = \frac{MO_2}{M_2}$$

$$R_{O_2} = 0,04$$

$$R_{N_2} = \frac{MN_2}{M_2}$$

$$R_{N_2} = 0,73$$

		.			ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Мольна теплоємність продуктів згоряння:

$$mCv_M = R_{O_2} \cdot mCv_{O_2} + R_{N_2} \cdot mCv_{N_2} + R_{H_2O} \cdot mCv_{H_2O} + R_{CO_2} \cdot mCv_{CO_2}$$

$$\text{для } O_2: mCv_{O_2} = 23,664 + 159,1 \times 10^{-5} x_{t_z}$$

$$\text{для } N_2: mCv_{N_2} = 22,374 + 134 \times 10^{-5} x_{t_z}$$

$$\text{для } CO_2: mCv_{CO_2} = 41,3405 + 242,8 \times 10^{-5} x_{t_z}$$

$$\text{для } H_2O: mCv_{H_2O} = 26,67 + 443,8 \times 10^{-5} x_{t_z}$$

Після підстановки одержимо рівняння.

$$mCv_M = a + b \times 10^{-5} x_{t_z}$$

де:

$$a = 24,51$$

$$b = 188,79$$

теплоємність газового палива.

$$mCv_{гп} = R_{CH_4} \cdot mCv_{CH_4} + R_{C_2H_6} \cdot mCv_{C_2H_6} + R_{C_3H_8} \cdot mCv_{C_3H_8} + R_{C_4H_{10}} \cdot mCv_{C_4H_{10}} + R_{C_5H_{12}} \cdot mCv_{C_5H_{12}} + R_{CO_2} \cdot mCv_{CO_2} + R_{N_2} \cdot mCv_{N_2}$$

$$mCv_{ch_4} = 26,314 + 2600 \times 10^{-5} x_{t_c}$$

$$mCv_{c_2h_6} = 41,246 + 7964 \times 10^{-5} x_{t_c}$$

$$mCv_{c_3h_8} = 60,043 + 11382 \times 10^{-5} x_{t_c}$$

$$mCv_{c_4h_{10}} = 67 + 11920 \times 10^{-5} x_{t_c}$$

$$mCv_{c_5h_{12}} = 118,06 + 14096 \times 10^{-5} x_{t_c}$$

$$mCv_{N_2} = 20,637 + 255,4 \times 10^{-5} x_{t_c}$$

$$mCv_{CO_2} = 27,545 + 1386 \times 10^{-5} x_{t_c}$$

Після підстановки одержимо рівняння.

$$mCv_{гп} = a + b \times 10^{-5} x_{t_c}$$

де:

$$a = 27,64$$

$$b = 2915,20$$

$$mCv_{гп} = 42,24$$

мольна теплоємність газоповітряної суміші при постійному об'ємі.

$$mCv_{cm} = \frac{mCv_{zn} + mCv_{нов} \cdot \alpha \cdot L_0 + mCv_M \cdot \gamma_r (1 + \alpha \cdot L_0)}{(1 + \alpha \cdot L_0) \cdot (1 + \gamma_r)}$$

Після підстановки одержимо рівняння.

$$mCv_{cm} = a + b \times 10^{-5} x_{t_z}$$

де:

$$a = 24,68$$

$$b = 4,81$$

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

де $mC_{V_{\text{пов}}} = 22,709 + 129,8 \times 10^{-5} t_c$ - мольна теплоємність повітря.

$$a = 22,71$$

$$b = 129,98$$

середня мольна теплоємність газоповітряної суміші при постійному тиску.

$$mC_{vm_{cm}} = a_{cm} + \frac{b_{cm}}{2} \cdot 10^{-5} t_c$$

Після підстановки одержимо рівняння.

$$mC_{vm_{cm}} = a + b \times 10^{-5} t_c$$

де:

$$a = 24,68$$

$$b = 2,40$$

мольна теплоємність продуктів згоряння при постійному тиску в точці "Z"

$$mC_{pz} = 8.314 + 19.86 + \frac{1.68}{\alpha} + \left(42.738 + \frac{18436}{\alpha} \right) \cdot 10^{-5} \times t_z$$

Після підстановки одержимо рівняння.

$$mC_{pz} = a + b \times 10^{-5} t_z$$

де:

$$a = 29,47$$

$$b = 569,20$$

середня мольна теплоємність продуктів згоряння при постійному тиску в точці "Z".

$$mC_{pm_z} = a + \frac{b}{2} \cdot 10^{-5} \times t_z$$

$$a = 29,47$$

$$b = 284,60$$

Максимальна температура процесу згоряння.

Після підстановки одержимо квадратне рівняння.

$$A \cdot 10^{-5} \times T_z^2 + B \times T_z - C = 0$$

де:

$$A = 285,54$$

$$B = 29,56$$

$$C = 72909,26$$

Звідки:

$$t_z = \frac{-B + \sqrt{B^2 + 4 \times A \times 10^{-5} \times C}}{2 \times A \times 10^{-5}} = , ^\circ C$$

$$t_z = 2057,35 \text{ } ^\circ C$$

$$T_z = 2330,35 \text{ K}$$

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
						15
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Максимальний тиск згоряння.

$$P_{\max} = \beta \times P_c \times T_z / T_c, \text{кПа}$$

$$P_{\max} = 14696,05 \text{ кПа}$$

Ступінь підвищення тиску

$$\lambda = P_{\max} / P_c$$

$$\lambda = 3,02$$

$$\Delta\lambda = 0,74 \%$$

$\Delta\lambda$ повинна бути в межах 10%

Ступінь попереднього розширення.

$$\rho = \frac{\beta \times T_z}{\lambda \times T_c}$$

$$\rho = 1,00$$

2.1.7 Параметри процесу розширення.

Ступінь подальшого розширення.

$$\delta = \frac{\varepsilon}{\rho}$$

$$\delta = 10,00$$

Тиск в кінці розширення.

$$P_{\varepsilon} = \frac{P_{\max}}{\delta^{n_2}} =, \text{кПа}$$

$$P_{\varepsilon} = 807,61 \text{ кПа}$$

Температура в кінці розширення.

$$T_{\varepsilon} = \frac{T_z}{\delta^{n_2-1}}$$

$$T_{\varepsilon} = 1280,62 \text{ К}$$

Середня температура випускних газів.

$$T_{\text{ср.г.}} = \frac{T_{\varepsilon}}{K'} \left[1 + (K'' - 1) \frac{P_{\text{г.}}}{P_{\varepsilon}} \right]$$

$$T_{\text{ср.г.}} = 962,3026 \text{ К}$$

де $K'=1,4$; $K''=1,35$ - емпіричні коефіцієнти.

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
						16
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Температура залишкових газів.

$$T_r = \frac{T_B}{\sqrt{\frac{P_B}{P_r}}}$$

$$T_r = 678,29 \text{ K}$$

$$\text{Перевірка: } \frac{|T_r^3 - T_r|}{T_r^3} \times 100 \%$$

$$\Delta T_r = 9,56 \%$$

2.1.8 Індикаторні показники робочого тіла.

Середній теоретичний індикаторний тиск.

$$P_{mi} = \frac{\xi \cdot P_c}{\varepsilon - 1} \times \left[\lambda \times (\rho - 1) + \frac{\lambda \times \rho}{n_2 - 1} \times \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \times \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) \right] =, \text{кПа}$$

$$P_{mi} = 1831,798 \text{ кПа}$$

Індикаторний ККД.

$$\eta_i = 1.985 \frac{(1 + \alpha \cdot L_0) \Gamma_{cm} \times P_{mi}}{Q_H \times P_d \times \Phi_c \times 22.4} 4.186$$

$$\eta_i = 0,45$$

Питома індикаторна витрата газу.

$$g_i = \frac{3600}{Q_H \times \eta_i} =, \text{м}^3 / \text{кВт год}$$

$$g_i = 0,240 \text{ м}^3 / \text{кВт год}$$

2.1.9 Ефективні показники робочого циклу.

Середній тиск механічних втрат.

$$P_M = 0.088 + 0.0118 \times V_{П.СР} \text{ кПа}$$

Середня швидкість поршня.

$$V_{П.СР} = \frac{S_{ПР} \times n}{30} =, \text{м/с}$$

$$S_{ПР} = 0,23 \text{ м Хід поршня по прототипу.}$$

$$V_{П.СР} = 7,66667 \text{ м/с}$$

$$P_M = 178,467 \text{ кПа}$$

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
						17
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Середній ефективний тиск.

$$P_{me} = P_{mi} - P_m, \text{кПа}$$

$$P_{me} = 1\,653,33 \text{ кПа}$$

Механічний К.К.Д.

$$\eta_M = \frac{P_{me}}{P_{mi}}$$

$$\eta_M = 0,90$$

Ефективний К.К.Д.

$$\eta_e = \eta_i \times \eta_M$$

$$\eta_e = 0,40$$

Питома ефективна витрата газу.

$$g_e = \frac{g_i}{\eta_m} =, \text{М}^3 / \text{кВт} \cdot \text{год}.$$

$$g_e = 0,266 \text{ м}^3 / \text{кВт} \cdot \text{год}$$

Годинна витрата газу.

$$B = B_e \times P_e =, \text{М}^3 / \text{год}$$

$$B_e = 186,03 \text{ м}^3 / \text{год}$$

2.1.10 Основні розміри циліндра і двигуна.

Літраж двигуна.

$$V_{st} = 30 \times Z \times \frac{P_e \times 10^3}{P_{me} \times n} =, \text{Л}$$

Z=4 - Коефіцієнт тактності.

$$V_{st} = 50,807 \text{ Л}$$

Робочій об'єм циліндра.

$$V_s = \frac{V_{st}}{i}, \text{Л}$$

$$V_s = 6,351 \text{ Л}$$

Діаметр циліндра.

$$d = 100 \times \sqrt{\frac{4 \times V_s}{\pi \times m}} =, \text{мм}$$

$$m = \frac{S_{PP}}{d_{PP}}$$

$$d_{PP} = 0,19 \text{ м}$$

		.			ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
						18
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

m= 1,21
d= 188,36 мм

Хід поршня.
 $S = m \times d =, мм$

S= 228,02 мм

2.1.11 Уточненні розміри циліндра і двигуна.

Діаметр циліндра.
d= 190 мм

Хід поршня.
S= 230 мм

Літраж двигуна.
 $V_{st} = \frac{\pi \times d^2 \times S \times i}{4 \times 10^6} =, л$

$V_{st} = 52,14 л$

Робочій об'єм поршня.
 $V_s = \frac{V_{st}}{i}$

$V_s = 6,52 л$

Ефективна потужність двигуна.
 $P_{ep} = \frac{P_{me} \times V_{st} \times n}{30 \times Z \times 10^3} =, кВт$

$P_{ep} = 718,41 кВт$

Отримана величина P_{ep} відрізняється від заданої на:

$$\Delta P_e = \frac{P_{ep} - P_e}{P_{eep}} \times 100\%$$

$$P_{eep} = \frac{P_{ep} + P_e}{2}$$

$P_{eep} = 709,21 кВт$

$\Delta P_e = 2,60 \%$

Так як значення $\Delta < 5\%$ розрахунок виконаний вірно.

		.			ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
						20
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3 Розрахунок теплового балансу газового двигуна.

Умова завдання:

ефективна потужність:	$P_e =$	718,4	кВт
частота обертання колінвалу:	$n =$	1000	хв ⁻¹
діаметр циліндру:	$d =$	190	мм
хід поршня:	$S =$	230	мм
число циліндрів:	$i =$	8	
коефіцієнт тактності:	$Z =$	4	
нижча теплота згорання газу:	$Q_H =$	33450	кДж/кг
годинна витрата газу:	$B_r =$	186	м ³ /год
Індикаторний к.к.д.:	$h_i =$	0,4	
ефективний к.к.д.:	$h_e =$	0,4	
кількість свіжого заряду	$M_l =$	14,282	кмоль/кг
загальна кількість продуктів згорання	$M_r =$	14,330	кмоль/кг
температура випускних газів	$T_r =$	682,9	К
температура на початку стиску	$T_d =$	370,3	К

мольна теплоємність продуктів згорання

при постійному об'ємі:

$$mC^v = 28,912004 \text{ кДж/кмоль К}$$

мольна теплоємність свіжого заряду

при постійному об'ємі:

$$mC^v = 24,789285 \text{ кДж/кмоль К}$$

середній індикаторний тиск:

$$P_{mi} = 1831,7982 \text{ кПа}$$

Рівняння теплового балансу.

Загальна кількість теплоти, введеної в двигун з паливом

$$Q_{\Pi} = Q_e + Q_B + Q_r + Q_M + Q_{н.в.}$$

де Q_e - теплота, еквівалентна ефективній роботі;
 Q_B - теплота, яка відводиться охолоджувальною рідиною;
 Q_r - теплота, яка виноситься випускними газами;
 Q_M - теплота, яка відводиться маслом;
 $Q_{н.в.}$ - невраховані теплові втрати.

Теплота, яка підводиться в циліндр двигуна з паливом:

$$Q_{\Pi} = B \cdot Q_H / 3.6$$

$$Q_{\Pi} = 1728504,34 \text{ Дж/с}$$

у відсотковому відношенні q_{Π} приймаємо за 100%

Теплота, еквівалентна ефективній роботі двигуна:

$$Q_e = 1000 \cdot P_e$$

$$Q_e = 718411,67 \text{ Дж/с}$$

у відсотковому відношенні

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

$$q = Q_e / Q_n \cdot 100 \%$$

$$q = 41,56 \%$$

Перевірка: $Q'_e = Q_n \cdot \eta_e$

$$Q'_e = 700000 \text{ Дж/с}$$

Вираховуємо похибку

$$\Delta = (Q_e - Q'_e) / Q_e \cdot 100\%$$

$$\Delta = 0,863 \%$$

похибка не перевищує 1%

Теплота, яка відводиться охолоджувальною рідиною:

$$Q_e = Q_w + Q_{T.П.} + Q_{в.н.}$$

де Q_w - теплота, яка відводиться робочим тілом в стінки циліндра;

$Q_{T.П.}$ - теплота, еквівалентна роботі на тертя поршня по гільзі циліндра;

$Q_{в.н.}$ - теплота, еквівалентна роботі на привід водяного насосу.

Теплообмін між робочим тілом і стінками циліндра.

$$Q_w = (-W_{нап.} + W_{СТ.} + W_{Г.Р.} + W_{вип.}) \cdot Q_n$$

де $W_{нап.}$, $W_{ст.}$, $W_{г.р.}$, $W_{вип.}$ - відповідно відносні втрати палива на ділянках наповнення, стиску, горіння-розширення та випуску газів із циліндра.

З експериментальних даних:

$$W_{нап.} = 0 \quad W_{г.р.} = 0,09-0,16 \quad 0,15$$

$$W_{ст.} = 0 \quad W_{вип.} = 0,01-0,05 \quad 0,05$$

$$Q_w = 345700,867 \text{ Дж/с}$$

Теплота, еквівалентна роботі на тертя поршня по гільзі циліндра.

Середній тиск механічних втрат в механізмах двигуна.

$$P_{мд} = (a + v \cdot C_m) \cdot 10^3$$

де $a=0,088$ $v=0,0118$ - коефіцієнти для визначення середнього

тиску механічних втрат

$$C_m = S \cdot n / 30 \text{ середня швидкість поршня}$$

$$C_m = 7,67 \text{ м/с}$$

$$P_{мд} = 178,47 \text{ кПа}$$

Середній тиск тертя поршня:

$$P_{ср.т.} = 0,6 \cdot P_{мд}$$

$$P_{ср.т.} = 107,08 \text{ кПа}$$

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
						22
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Потужність тертя поршня:

$$P_n = P_{CPT} \cdot V_s \cdot n \cdot i / (30 \cdot Z)$$

де V_s - Робочій об'єм циліндру.

$$V_s = \pi d^2 \cdot S / 4$$

$$V_s = 0,007 \text{ м}^3$$

$$P_n = 46,529 \text{ кВт}$$

Теплота, еквівалентна роботі тертя поршня:

$$Q_{T.П.} = 1000 \cdot P_{П.}$$

$$Q_{T.П.} = 46528,7942 \text{ Дж/с}$$

Теплота, еквівалентна роботі на привід водяного насосу:

Визначаємо витрату води як суму теплоти:

$$Q_B = Q_W + Q_{T.П.}$$

$$Q'_B = 392229,661 \text{ Дж/с}$$

тоді витрата охолоджуючої рідини:

$$V_B = \frac{Q'_B \cdot 10^{-3} \cdot K}{\rho_e \cdot C_{те} \cdot \Delta T_e}$$

$$K=1,2-1,5 \text{ коефіцієнт запасу.} \quad K=1,5$$

$$\rho_e = 1000 \text{ кг/м}^3 \text{ середня щільність води.}$$

$$C_{те}=4,19 \text{ кДж/кг} - \text{середня теплоємність води.}$$

$$\Delta T_e = 6-10 - \text{температурний перепад води в холодильнику.}$$

$$\Delta T_e = 10 \text{ К}$$

$$V_B = 0,014 \text{ м}^3/\text{с}$$

Потужність, яка використовується на привід водяного насосу.

$$P_{в.н.} = V_e \cdot \Delta P_e / \eta_{в.н.}$$

де $\Delta P_e = 98 \text{ кПа}$ - гідравлічний опір системи охолодження.

$$\eta_{в.н.} = 0,8 - 0,9 \text{ к.к.д. водяного насосу.}$$

$$\eta_{в.н.} = 0,85$$

$$P_{в.н.} = 1,619 \text{ кВт}$$

$$\text{Тоді} \quad Q_{в.н.} = 1618,918 \text{ Дж/с}$$

Загальна теплота, яка відводиться охолоджувальною рідиною.

$$Q_e = Q_W + Q_{T.П.} + Q_{в.н.}$$

$$Q_B = 393848,579 \text{ Дж/с}$$

що складає у відсотковому відношенні:

$$q_e = Q_e / Q_{П.} \cdot 100\%$$

$$q_B = 22,79 \%$$

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
						23
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Теплота, яка виноситься випускними газами:

$$Q_{\Gamma} = \frac{B_r}{3.6 \times 224} \left[M_2 \cdot (mC_p'')_{T_0}^{T_{cpz}} \cdot T_{cpz} - M_1 \cdot (mC_p')_{T_0}^{T_d} \cdot T_d \right]$$

$mC_p'' = 8,314 + mC_p'$ Ізобарна теплоємність продуктів згорання

$mC_p' = 8,314 + mC_p'$ Ізобарна теплоємність свіжого заряду.

$$mC_p'' = 37,2260043 \text{ кДж/кмоль К}$$

$$mC_p' = 33,1032849 \text{ кДж/кмоль К}$$

$$Q_{\Gamma} = 436563,229 \text{ Дж/с}$$

Що складає у відсотковому відношенні:

$$q_{\Gamma} = Q_{\Gamma} / Q_{\Pi} \cdot 100\%$$

$$q_{\Gamma} = 25,26 \%$$

Теплота, яка відводиться маслом і витрачається на привід масляного насосу:

Теплота, яка відводиться маслом, від гарячих деталей двигуна.

$$Q_{MD} = (Q_w + Q_{MD}) - Q_s$$

$$Q_{MD} = \Delta_{MD} \cdot Q_{\Pi} \quad \text{теплота, еквівалентна роботі на подолання опору в механізмах двигуна.}$$

де $\Delta_{MD} = (P_{MD} / P_{mi}) \eta_i$ доля втрат в механізмах двигуна.

$$\Delta_{MD} = 0,04371442$$

$$Q_{MD} = 75560,5672 \text{ Дж/с}$$

$$Q_{M1} = 27412,8551 \text{ Дж/с}$$

Теплота, еквівалентна роботі на привід насоса системи мащення.
Витрата циркуляційного масла.

$$V_M = \frac{\kappa \cdot Q_{M1}}{\rho_M \cdot C_{tm} \cdot \Delta}$$

K=1,2-1,5 - Коефіцієнт запасу K= 1,2

$$\rho_M = 900 \text{ кг/м}^3 \quad \text{щільність масла}$$

$C_{tm} = 2,094 \text{ кДж/кг}$ - середня теплоємність масла.

$\Delta T_M = 6-15 \text{ К}$ Температурний перепад масла в охолоджувачі двигуна

$$\Delta T_M = 10 \text{ К}$$

$$V_M = 0,00175 \text{ м}^3/\text{с}$$

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

потужність, яка використовується на привід масляного насоса:

$$P_{M.H.} = \frac{V_M \cdot P_0}{\eta \cdot 10^3}$$

де $P_0 = (0,3 - 0,4)10^6$ - робочий тиск масла в системі.

$$P_0 = 300000 \quad \text{Па}$$

$\eta_M = 0,8 - 0,9$ механічний к.к.д. масляного насоса.

$$\eta_M = 0,9$$

$$P_{M.H.} = 0,582 \text{ кВт}$$

тоді $Q_{H2} = 1000 \cdot P_{MH}$

$$Q_{M2} = 581,83 \text{ Дж/с}$$

Загальна кількість теплоти складає:

$$Q_M = Q_{M1} + Q_{M2}$$

$$Q_M = 27994,6837 \text{ Дж/с}$$

у відсотковому відношенні

$$q_M = Q_M / Q_{II} \cdot 100\%$$

$$q_M = 1,62 \%$$

Невраховані теплові втрати

$$Q_{H.B.} = Q_{II} - (Q_e + Q_g + Q_r + Q_M)$$

$$Q_{H.B.} = 151686,173 \text{ Дж/с}$$

що складає у відсотковому відношенні:

$$q_{H.B.} = Q_{H.B.} / Q_{II} \cdot 100\%$$

$$q_{H.B.} = 8,78 \%$$

Всі отримані дані зведені в таблицю

Таблиця 2

Зведена таблиця теплового балансу.

Складові теплового балансу	Дж/сек	%
теплота, еквівалентна ефективній роботі	718411,67	41,56
теплота, яка відводиться охолоджувальною рідиною	393848,58	22,79
теплота, яка виноситься випускними газами	436563,23	25,26
теплота, яка відводиться маслом	27994,684	1,62
невраховані теплові втрати	151686,17	8,78
Загальна кількість теплоти, введеної в двигун з паливом	1728504,3	100

2.4 Розрахунок індикаторної діаграми.

Розрахунок теоретичної індикаторної діаграми.

Вихідні дані

$P_{mi} =$	1,832 МПа	Середній індикаторний тиск.
$P_d =$	0,2328 МПа	Тиск в кінці впуску.
$n_1 =$	1,320	Показник політропи стиску.
$\varepsilon_c =$	10	Ступінь стиску.
$P_{max} =$	14,696 МПа	Максимальний тиск в циліндрі.
$n_2 =$	1,260	Показник політропи розширення.
$\rho =$	1	Ступінь попереднього розширення.
$m_p =$	0,070 МПа/мм	Масштаб по осі тиску.
$\xi =$	0,940	

Таблиця 3

Результати розрахунку.

V / V_c	$P_{CT}, \text{МПа}$	$P_{CT}, \text{мм}$	$P_{роз}, \text{МПа}$	$P_{роз}, \text{мм}$
1	4,862837	69	14,696	210
1,25	3,622167	52	11,094	158
1,50	2,847405	41	8,817	126
1,75	2,323162	33	7,261	104
2	1,947736	28	6,136	88
3	1,140485	16	3,681525	53
4	0,780136	11	2,562153	37
5	0,581098	8	1,934187	28
6	0,456804	7	1,537199	22
7	0,372701	5	1,265835	18
8	0,312472	4	1,069811	15
9	0,267479	4	0,922264	13
10	0,23275	3	0,807608	12

$P_{mid} = 1,997 \text{ Мпа}$

Об'єм камери згорання

$$V_c = \frac{V_s}{\varepsilon - 1}, \text{ мм}$$

$V_s = [AB] = 270 \text{ мм}$

$V_c = 30 \text{ мм}$

Приведений робочий об'єм

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
						26
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Похибка середнього індикаторного тиску.

$$\Delta P_{mi} = \frac{|P_{mi} - P_{mi}^D|}{P_{mi\text{ ср}}} \times 100\%$$

$$P_{mi\text{ ср}} = \frac{P_{mi} + P_{mi}^D}{2}, \text{ МПа}$$

$$P_{mi\text{ ср}} = 1,91 \text{ МПа}$$

$$\Delta P_{mi} = 4,83\%$$

Похибка не перевищує 5%

Визначаємо поправку Брікса.

$$OO = \frac{r \times \lambda_L}{2}$$

$$OO = 14,38 \text{ мм}$$

Визначаємо масштаб переміщення.

$$M_s = \frac{S}{[AB]}$$

$$MS = 0,85 \text{ мм/мм}$$

Визначаємо поправку Брікса в масштабі переміщення.

$$OO_1 = \frac{OO}{M_s}$$

$$OO1 = 16,88 \text{ мм}$$

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
						27
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Побудова дійсної індикаторної діаграми.

$C', \text{ДоВМТ}$

точка подачі іскри.

$f, \text{ДоВМТ}$

Визначається кутом випередження запалювання

точка початку згорання, визначається кутом затримки згорання:

$\Delta\phi_2, \text{ПісляВМТ}$

$b', \text{ПісляВМТ}$

кут після ВМТ, де тиск максимальний

$r', \text{ДоВМТ}$

точка відкриття випускного клапану

$r'', \text{ПісляВМТ}$

точка відкриття впускного клапану

$d', \text{ДоВМТ}$

точка закриття випускного клапану

c''

точка закриття впускного клапану

точка тиску газів в ВМТ в кінці такту стиску

$Z_d \quad \lambda_L =$

точка максимального тиску газів

Вихідні дані.

	0,25	Кривошипно-шатунне відношення.
$[AB]=$	270 мм	Відстань від ВМТ до НМТ на діаграмі.
	5° ПКВ	Кут затримки згорання.
$P_r=$	0,120 МПа	Тиск залишкових газів.
$m_p=$	0,070 МПа/мм	Масштаб тиску.
$S=$	230 мм	Хід поршня.
$P_c=$	4,863 МПа	Тиск в кінці стиску.
$P_{max}=$	14,696 МПа	Максимальний тиск.

Таблиця 4 Визначення точок дійсної індикаторної діаграми.

Позначка точки $\varphi^0, \text{ПКВ}$	Положення точки відносно ВМТ, $\varphi^0, \text{ПКВ}$	Постійна $X=(1-\cos\varphi)+\frac{\lambda_L}{4}\times(1-\cos 2\varphi)$	Відстань від ВМТ до точки $X \times \frac{[AB]}{2}, \text{мм}$
$C', \text{ДоВМТ}$	10	0,019	2,6
$f, \text{ДоВМТ}$	5	0,005	0,6
$\Delta\phi_2, \text{ПісляВМТ}$	10	0,019	2,6
$b', \text{ПісляВМТ}$	130	1,716	231,7
$r', \text{ДоВМТ}$	10	0,019	2,6
$r'', \text{ПісляВМТ}$	33	0,198	26,8
$d', \text{ДоВМТ}$	150	1,897	256,1

Ордината точки г

$$\frac{P_r}{m_p}, \text{ мм} \quad 1,7 \quad \text{мм}$$

Тиск газів в ВМТ.

$$P_c'' = (1.15 - 1.25) \times P_c$$

1,2 Число з інтервалу.

$$P_c'' = (1.15 - 1.25) \times P_c$$

$$P_c'' = 5,84 \text{ МПа}$$

$$P_c'' = 83 \text{ мм}$$

Максимальний тиск згорання.

для газових ДВЗ: $P_{zd} = 0.85 P_{\max}$

$$P_{zd} = 12,49 \text{ МПа}$$

$$P_{zd} = 178 \text{ мм}$$

		.			ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

2.5 Динамічний розрахунок двигуна

Для виконання розрахунків на міцність деталей двигуна, що рухаються необхідно знати величини сил, які діють на КШМ. Для знаходження сил, що діють на деталі КШМ і виконується динамічний розрахунок двигуна.

Вихідні дані:

$d=$	0,19	м - діаметр циліндра
$s=$	0,23	м - хід поршня
$\lambda_L=$	0,00	- кривошипно-шатунне відношення
$n=$	1000	хв^{-1} - частота обертання
$m_s=$	69,00	кг - маса деталей, що рухаються зворотно-поступально
$m_F=$	2,50	кН/мм - масштаб сил
$m_p=$	0,05	МПа/мм масштаб тиску.

Кутова швидкість

$$\varpi = \frac{\pi \times n}{30}$$

$$\omega = 104,7 \quad \text{с}^{-1}$$

Площа днища поршня

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4}$$

$$A = 0,028 \quad \text{м}^2$$

Сила тиску газу

$$F_z = P_u \times \frac{\pi d^2}{4}, H$$

Сила інерції мас, що рухаються зворотно-поступально.

$$F_u = -m_s r \omega^2 (\cos \varphi + \lambda_L \cos 2\varphi), H$$

Сумарна сила (дійсна).

$$F_d = F_z \pm F_u, H$$

Нормальна сила.

$$F_n = F_d \times \text{tg} \beta, H$$

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Радіальна сила.

$$F_r = F_d \frac{\cos(\varphi + \beta)}{\cos\beta}, H$$

Дотична сила.

$$F_\kappa = F_d \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\cos\beta}, H$$

Сила інерції мас, що рухаються обертально.

$$F_{i\ o\ b} = -m_R r \omega^2, H$$

$$F_{i\ o\ b} = -58,0 \quad \text{кН}$$

$$F_{i\ o\ b} = -23,2 \quad \text{мм}$$

Маса деталей, що рухаються обертально

$$m_R = 46,000 \quad \text{кг}$$

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
						31
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4

Результати динамічного розрахунку.

φ^o	Vf	F _Г	F _и	F _d	FN	Fr	Fk	F _Г	F _и	F _d	FN	Fr	Fk
ПКВ	МЗ	кН	кН	кН	кН	кН	кН	мм	мм	мм	мм	мм	мм
0	0,0002	0,427	-39,440	-39,013	0,000	-39,013	0,000	0,43	-39,44	-39,01	0,00	-39,01	0,00
10	0,0002	0,427	-38,464	-38,038	-1,763	-37,152	-8,350	0,43	-38,46	-38,04	-1,76	-37,15	-8,35
20	0,0002	0,427	-35,614	-35,187	-3,176	-31,957	-15,078	0,43	-35,61	-35,19	-3,18	-31,96	-15,08
30	0,0003	0,427	-31,105	-30,678	-3,975	-24,494	-18,931	0,43	-31,10	-30,68	-3,97	-24,49	-18,93
40	0,0004	0,427	-25,274	-24,848	-4,044	-16,241	-19,301	0,43	-25,27	-24,85	-4,04	-16,24	-19,30
50	0,0005	0,427	-18,546	-18,119	-3,426	-8,735	-16,323	0,43	-18,55	-18,12	-3,43	-8,74	-16,32
60	0,0006	0,427	-11,384	-10,957	-2,285	-3,214	-10,797	0,43	-11,38	-10,96	-2,29	-3,21	-10,80
70	0,0007	0,427	-4,253	-3,826	-0,848	-0,373	-3,936	0,43	-4,25	-3,83	-0,85	-0,37	-3,94
80	0,0008	0,427	2,432	2,859	0,655	-0,274	2,951	0,43	2,43	2,86	0,65	-0,27	2,95
90	0,0009	0,427	8,336	8,763	2,028	-2,438	8,763	0,43	8,34	8,76	2,03	-2,44	8,76
100	0,0011	0,427	13,234	13,661	3,129	-6,053	12,804	0,43	13,23	13,66	3,13	-6,05	12,80
110	0,0012	0,427	17,024	17,450	3,867	-10,236	14,845	0,43	17,02	17,45	3,87	-10,24	14,84
120	0,0013	0,427	19,720	20,147	4,201	-14,236	15,044	0,43	19,72	20,15	4,20	-14,24	15,04
130	0,0013	0,427	21,441	21,867	4,135	-17,570	13,803	0,43	21,44	21,87	4,13	-17,57	13,80
140	0,0014	0,427	22,379	22,806	3,712	-20,034	11,604	0,43	22,38	22,81	3,71	-20,03	11,60
150	0,0015	0,427	22,769	23,195	3,005	-21,656	8,881	0,43	22,77	23,20	3,01	-21,66	8,88
160	0,0015	0,427	22,842	23,269	2,100	-22,598	5,946	0,43	22,84	23,27	2,10	-22,60	5,95
170	0,0015	0,427	22,798	23,225	1,077	-23,060	2,967	0,43	22,80	23,22	1,08	-23,06	2,97
180	0,0015	0,427	22,768	23,195	0,000	-23,195	0,000	0,43	22,77	23,19	0,00	-23,19	0,00
190	0,0015	0,437	22,798	23,235	-1,077	-23,070	-2,969	0,44	22,80	23,24	-1,08	-23,07	-2,97
200	0,0015	0,470	22,842	23,312	-2,104	-22,640	-5,957	0,47	22,84	23,31	-2,10	-22,64	-5,96
210	0,0015	0,527	22,769	23,296	-3,018	-21,750	-8,920	0,53	22,77	23,30	-3,02	-21,75	-8,92
220	0,0014	0,614	22,379	22,993	-3,742	-20,198	-11,699	0,61	22,38	22,99	-3,74	-20,20	-11,70
230	0,0013	0,736	21,441	22,176	-4,193	-17,818	-13,998	0,74	21,44	22,18	-4,19	-17,82	-14,00
240	0,0013	0,905	19,720	20,625	-4,301	-14,574	-15,401	0,90	19,72	20,62	-4,30	-14,57	-15,40

Продовження таблиці 4

250	0,0012	1,137	17,024	18,161	-4,025	-10,652	-15,449	1,14	17,02	18,16	-4,02	-10,65	-15,45
260	0,0011	1,456	13,234	14,690	-3,365	-6,510	-13,769	1,46	13,23	14,69	-3,37	-6,51	-13,77
270	0,0009	1,900	8,336	10,236	-2,369	-2,847	-10,236	1,90	8,34	10,24	-2,37	-2,85	-10,24
280	0,0008	2,527	2,432	4,959	-1,136	-0,475	-5,120	2,53	2,43	4,96	-1,14	-0,48	-5,12
290	0,0007	3,434	-4,253	-0,819	0,181	-0,080	0,842	3,43	-4,25	-0,82	0,18	-0,08	0,84
300	0,0006	4,774	-11,384	-6,610	1,379	-1,939	6,513	4,77	-11,38	-6,61	1,38	-1,94	6,51
310	0,0005	6,798	-18,546	-11,748	2,221	-5,663	10,583	6,80	-18,55	-11,75	2,22	-5,66	10,58
320	0,0004	9,890	-25,274	-15,385	2,504	-10,056	11,950	9,89	-25,27	-15,38	2,50	-10,06	11,95
330	0,0003	14,521	-31,105	-16,584	2,149	-13,241	10,234	14,52	-31,10	-16,58	2,15	-13,24	10,23
340	0,0002	20,835	-35,614	-14,779	1,334	-13,422	6,333	20,83	-35,61	-14,78	1,33	-13,42	6,33
350	0,0002	27,415	-38,464	-11,049	0,512	-10,792	2,426	27,42	-38,46	-11,05	0,51	-10,79	2,43
360	0,0002	68,022	-39,440	28,582	0,000	28,582	0,000	68,02	-39,44	28,58	0,00	28,58	0,00
370	0,0002	97,018	-38,464	58,554	2,714	57,190	12,854	97,02	-38,46	58,55	2,71	57,19	12,85
380	0,0002	66,315	-35,614	30,702	2,771	27,884	13,156	66,32	-35,61	30,70	2,77	27,88	13,16
390	0,0003	46,928	-31,105	15,823	2,050	12,633	9,765	46,93	-31,10	15,82	2,05	12,63	9,76
400	0,0004	32,707	-25,274	7,433	1,210	4,858	5,773	32,71	-25,27	7,43	1,21	4,86	5,77
410	0,0005	23,214	-18,546	4,668	0,883	2,251	4,206	23,21	-18,55	4,67	0,88	2,25	4,21
420	0,0006	16,999	-11,384	5,615	1,171	1,647	5,532	17,00	-11,38	5,61	1,17	1,65	5,53
430	0,0007	12,884	-4,253	8,632	1,913	0,841	8,879	12,88	-4,25	8,63	1,91	0,84	8,88
440	0,0008	10,101	2,432	12,533	2,871	-1,201	12,938	10,10	2,43	12,53	2,87	-1,20	12,94
450	0,0009	8,174	8,336	16,509	3,822	-4,593	16,509	8,17	8,34	16,51	3,82	-4,59	16,51
460	0,0011	6,811	13,234	20,045	4,592	-8,882	18,788	6,81	13,23	20,05	4,59	-8,88	18,79
470	0,0012	5,831	17,024	22,855	5,065	-13,406	19,442	5,83	17,02	22,85	5,07	-13,41	19,44
480	0,0013	5,119	19,720	24,839	5,180	-17,552	18,548	5,12	19,72	24,84	5,18	-17,55	18,55
490	0,0013	4,600	21,441	26,041	4,924	-20,923	16,437	4,60	21,44	26,04	4,92	-20,92	16,44
500	0,0014	4,224	22,379	26,604	4,330	-23,370	13,537	4,22	22,38	26,60	4,33	-23,37	13,54
510	0,0015	3,960	22,769	26,728	3,463	-24,955	10,234	3,96	22,77	26,73	3,46	-24,95	10,23
520	0,0015	3,784	22,842	26,626	2,403	-25,859	6,804	3,78	22,84	26,63	2,40	-25,86	6,80
530	0,0015	3,683	22,798	26,482	1,228	-26,294	3,383	3,68	22,80	26,48	1,23	-26,29	3,38

Ізм.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ

Лист

33

Продовження таблиці 4

540	0,0015	2,215	22,768	24,983	0,000	-24,983	0,000	2,21	22,77	24,98	0,00	-24,98	0,00
550	0,0015	0,396	22,798	23,194	-1,075	-23,029	-2,963	0,40	22,80	23,19	-1,08	-23,03	-2,96
560	0,0015	0,396	22,842	23,238	-2,097	-22,568	-5,938	0,40	22,84	23,24	-2,10	-22,57	-5,94
570	0,0015	0,396	22,769	23,164	-3,001	-21,627	-8,870	0,40	22,77	23,16	-3,00	-21,63	-8,87
580	0,0014	0,396	22,379	22,775	-3,707	-20,007	-11,588	0,40	22,38	22,77	-3,71	-20,01	-11,59
590	0,0013	0,396	21,441	21,836	-4,129	-17,545	-13,783	0,40	21,44	21,84	-4,13	-17,54	-13,78
600	0,0013	0,396	19,720	20,115	-4,195	-14,214	-15,021	0,40	19,72	20,12	-4,19	-14,21	-15,02
610	0,0012	0,396	17,024	17,419	-3,861	-10,217	-14,818	0,40	17,02	17,42	-3,86	-10,22	-14,82
620	0,0011	0,396	13,234	13,630	-3,122	-6,040	-12,775	0,40	13,23	13,63	-3,12	-6,04	-12,78
630	0,0009	0,396	8,336	8,731	-2,021	-2,429	-8,731	0,40	8,34	8,73	-2,02	-2,43	-8,73
640	0,0008	0,396	2,432	2,828	-0,648	-0,271	-2,919	0,40	2,43	2,83	-0,65	-0,27	-2,92
650	0,0007	0,396	-4,253	-3,857	0,855	-0,376	3,968	0,40	-4,25	-3,86	0,85	-0,38	3,97
660	0,0006	0,396	-11,384	-10,988	2,292	-3,224	10,827	0,40	-11,38	-10,99	2,29	-3,22	10,83
670	0,0005	0,396	-18,546	-18,150	3,432	-8,750	16,351	0,40	-18,55	-18,15	3,43	-8,75	16,35
680	0,0004	0,396	-25,274	-24,879	4,049	-16,262	19,325	0,40	-25,27	-24,88	4,05	-16,26	19,32
690	0,0003	0,396	-31,105	-30,709	3,979	-24,518	18,951	0,40	-31,10	-30,71	3,98	-24,52	18,95
700	0,0002	0,396	-35,614	-35,218	3,178	-31,985	15,092	0,40	-35,61	-35,22	3,18	-31,99	15,09
710	0,0002	0,396	-38,464	-38,069	1,765	-37,182	8,357	0,40	-38,46	-38,07	1,76	-37,18	8,36
720	0,0002	0,396	-39,440	-39,044	0,000	-39,044	0,000	0,40	-39,44	-39,04	0,00	-39,04	0,00

ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ

Лист

34

2.6. Аналіз ефективних показників проектного двигуна та двигуна-прототипу.

При оцінюванні ефективних показників на основі теплового розрахунку двигуна середній ефективний тиск визначався в залежності від середнього індикаторного тиску.

Таблиця 2.2

Ефективні показники двигуна-прототипу та проектного двигуна.

№ п/п	Назва параметру	Позначення	Розмірність	Чисельні значення		Порівняння, у %
				Двигун-прототип	Проектований двигун	
1	Ефективна потужність	P_e	кВт	800	718,4	-10,2
2	Середній ефективний тиск	p_{me}	кПа	1880	1653	-12,1
3	Ефективний ККД	η_e	-	0,43	0,4	-7,0
4	Механічний ККД	η_m	-	0,838	0,9	7,4
5	Годинна витрата	B_e	м ³	173,4	186,03	7,3
	палива		год			
6	Діаметр циліндру	D	мм	190	190	0,0
7	Хід поршня	S	мм	230	230	0,0

За результатами розрахунків проектного двигуна необхідно зробити наступні висновки. Отримана ефективна потужність більша за проектовану на 2,6%. Збільшення годинної витрати палива можна пояснити зменшенням його енергетичної цінності. Збільшення механічного ККД пов'язано зі змінням умов навантаження. Конструктивні розміри двигуни не змінені.

2.7 Висновок по розділу 2

В конструкторському розділі кваліфікаційної роботи було проведено розрахунок робочого процесу дизельного двигуна 8ГЧН 18/24 та теплового балансу. Розраховано сили, що діють на деталі КШМ, та зображені на графіках.

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Призначення, опис та аналіз існуючих систем мащення

Для змащування різних вузлів двигуна служать спеціальні системи трубопроводів і каналів в деталях, по яких масло подається до поверхонь, що труться під тиском. Системи мащення під тиском підрозділяють на циркуляційні та лубрикаторні. В даній роботі ми розглянемо циркуляційні системи мастила.

В циркуляційної системі масло після змащення поверхонь, що труться, повертається в масляну цистерну, звідки забирається масляним насосом і після очищення і охолодження знову подається до пар тертя – масло циркулює в замкненій системі,

В залежності від того, де розміщується основний запас масла, циркуляційні системи поділяють на системи з так званими «мокрим» і «сухим» картерами. Систему з мокрим картером (рис.3.1) застосовують у двигунах малої та середньої потужностей. Основний ємністю масла в цій системі є нижня частина картера 5, з якого масло по трубопроводу 1 забирається навішеним на двигун шестерним насосом 3 і подається до фільтрів, де очищається від механічних домішок. Близько 10% масла надходить до фільтру тонкого очищення 4 (більшої кількості масла фільтр пропустити не може). Тут воно ретельно очищається, а потім стікає в картер. Майже 90% масла в залежності від положення крана 5 проходить через один з фільтрів грубої очистки 6 і далі-до масляного холодильника 7, де воно охолоджується, Охоложене й очищене масло з холодильника надходить у головну магістраль двигуна 11, звідти відгалуженням 13 до рамового підшипників колінчастого вала 12, а по відгалуженню 9 до підшипників розподільного валу 10. За свердління в щоках і шийках колінчастого вала масло підводиться до шатунних підшипників і далі по свердління з шатунах до головних підшипників.

При постійній продуктивності насоса 3 тиск в його магістралі залежить від температури, частоти обертання двигуна і величини зазорів між деталями, що

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

труться. Тому тиск в системі мащення міг би змінюватися в значних межах. Для підтримки постійного тиску в нагнітальному магістралі встановлюють редукційний клапан 14. Це звичайний клапан, що притискується, до сідла пружиною, затягування якої строго визначена. але може, бути і зменшена. вручну. При роботі двигуна частина масла перепускає в картер через редукційний клапан, минаючи вузли мащення. При підвищенні тиску в магістралі через клапан перепускається більше масла, при зниженні - менше.

Після змащення всіх поверхонь, що труться знову забруднене і нагріте масло стікає в картер.

Для прокачування системи маслом перед пуском двигуна передбачений ручний поршневий насос масло підкачуючий насос 2.

У холодну пору року, коли в'язкість масла велика а створюється великий тиск в системі мастила, для запобігання масляного холодильника від розриву при спуску двигуна паралельно холодильника монтують обвідний трубопровід з перепускним клапаном 8. через який, минаючи холодильник проходить масло.

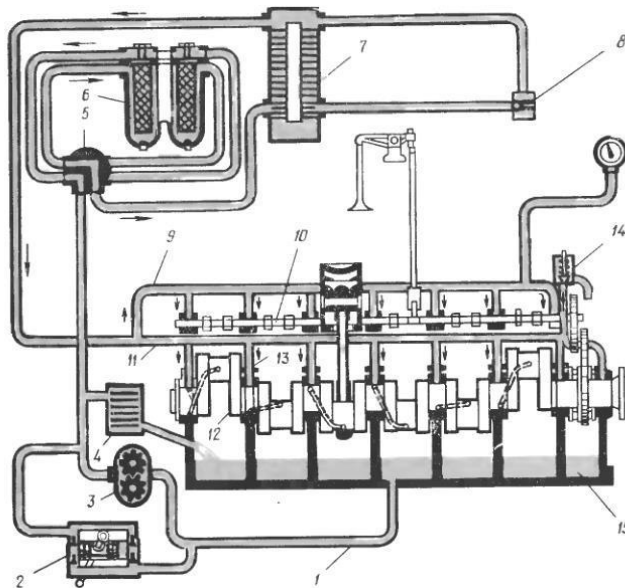


Рисунок 3.1 Схема циркуляційної системи мащення з «мокрим» картером

В процесі роботи двигуна з такою системою мащення відбувається інтенсивне забруднення масла продуктами неповного згорання палива, які

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

потрапляють в картер зі стінок циліндрів. Крім того, масло піддається впливу відпрацьованих газів, що проникають в картер через нещільності поршневих кілець. Це є основним недоліком системи з так званим «мокрим» картером, так як дані умови призводять до швидкої втрати маслом своїх якостей і необхідності частої його заміни.

В системі з «сухим» картером масло, що сходить в піддон, віддаляється з нього самопливом або відкачується особливим насосом в окрему цистерну, встановлену поза двигуном. На рис. 3.2 показана принципова схема системи мащення з «сухим» картером двигуна великої потужності.

Масло, що сходить з кільцевих зазорів підшипників і поршнів, збирається в картері 2 двигуна, звідки самопливом потрапляє в циркуляційну цистерну 1. З неї гаряче масло засмоктується автономним шестеренні або гвинтовим насосом 11 через здвоєні фільтри 9 в масляний холодильник 8. З холодильника, який охолоджується водою, масло надходить до різних вузлів мастила двигуна і на охолодження поршнів. Змастивши деталі, що труться, та нагріті деталі масло стікає в картер.

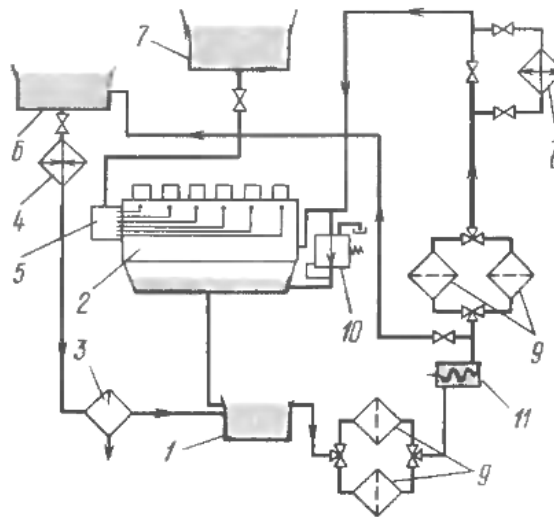


Рисунок 3.2 Схема циркуляційної системи мащення з «сухим» картером

Постійний тиск масла в системі забезпечується редукційним клапаном 10. Масло очищується у фільтрах 9, а так само масло направляється до сепаратора 3. У

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

сепараторі масло остаточно очищається і звідти подається в циркуляційну систему. При такій системі змащення, коли масло збірна цистерна 1 розташована поза картера, масло не відчуває впливу від гарячих відпрацьованих газів і менше забруднюється продуктами згоряння палива. Тому в даний час всі головні двигуни, як правило, виконують з сухим картером.

Масляні насоси. Масляні насоси сучасних двигунів виконують в більшості випадків шестеренного типу. Лише в окремих конструкціях знаходять застосування коловратні і гвинтові (черв'ячні) насоси, а для систем не циркуляційного мастила – лубрикатори. Шестеренний насос, схема якого показана на рис. 3, являє собою дві зчеплені шестерні, з яких одна приводиться в обертання валиком, а інша вільно обертається на осі. Обидві шестерні охоплені кожухом, в якому вони обертаються з малими зазорами як в радіальному, так і в торцевому напрямку. Масло захоплюється зубцями і переганяється з порожнини 3 впускання в порожнину 2 нагнітання, як показано стрілками на кресленні. При вході зубів в зчеплення в западині виходить деякий замкнутий об'єм, в якому масло сильно стискається, що призводить до нерівномірної роботи насоса. Щоб уникнути цього в торцевій стінці кожуха виконують поглиблення 1, через яке стисливі масло перетікає в порожнину нагнітання. Можливі й інші методи розвантаження западин, наприклад застосування шестерень з косим зубом.

Відкачуючі секції 4 забирають масло відповідно з заднього і переднього маслоприймачів і скидають його в середній піддон. В цей піддон опущено сітчастий фільтр - маслоприймач 3, через який масло засмоктується нагнітаючої секцією 5. Провідні шестерні всіх секцій приводяться в обертання валиком 1. У корпусі насоса встановлено редуційний клапан 2, навантажений пружиною, затягування якої можна змінювати і таким чином регулювати тиск в системі мастила. Редуційний клапан перепускає частина олії з нагнітальної порожнини назад в піддон.

Розташування масляного насоса і спосіб його приводу залежать від типу двигуна.

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
						38
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

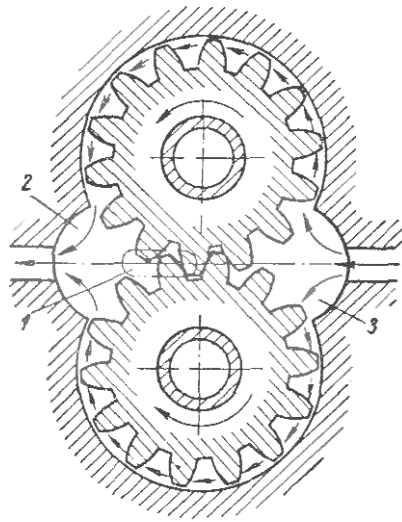


Рисунок 3.3 Масляний шестеренний насос

Для стаціонарних і суднових двигунів найчастіше застосовують розташування насоса зовні на торці двигуна з приводом або безпосередньо від кінця колінчастого вала

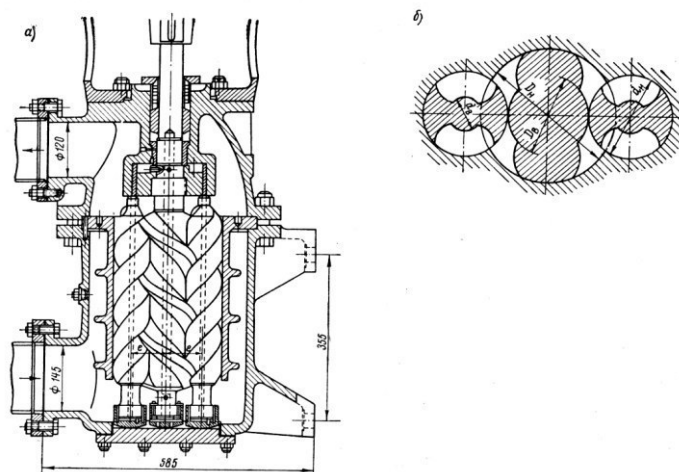


Рисунок 3.4 Гвинтовий масляний насос

а) поздовжній переріз, б) поперечний переріз.

Гвинтові насоси використовуються в основному в мало обертових суднових двигунах. Вони мають автономний привід і складаються з одного ведучого сталевого центрального черв'яка і від одного до чотирьох (зазвичай два) чавунних ведених черв'яка, розташованих збоку. Кожен черв'як має підп'ятник , сприймає осьові зусилля, а ведучий черв'як, крім того - розвантажувальний поршень. Гвинтові насоси мають електропривод, не реверсують і працюють майже безшумно, але більш дорогі і складні у технологічному плані.

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

3.2 Опис основних елементів системи мащення

В проектованому двигуна планується встановити систему мащення з «сухим» картером. Вона має значні переваги в порівнянні з системою з «мокрим» картером. Дані переваги описані в пункті 3.1 даної дипломної роботи.

В якості масляного насоса використовується шестеренний масляний насос, який відповідає вимогам та відрізняється надійністю, технологічністю та відносною дешевизною. Система мащення у двигунів циркуляційна під тиском з «сухим» картером. Масло в систему подає шестеренчастий насос. Охолоджується масло проточною водою в пластинчастому охолоджувачі. Очищення масла проводиться в повнопоточному фільтрі тонкого очищення. Фільтр – двосекційний з сітчастими змінними елементами, тонке очищення масла здійснюється відцентровим фільтром, який працює під дією тиску в системі мащення. Система обладнана терморегулятором, який підтримує температуру масла в строго встановленому інтервалі. Під час роботи двигуна система забезпечує безперебійне надходження масла до всіх деталей і вузлів, що зазнають вплив сил тертя.

У систему мащення входять: прийомний фільтр 9, двосекційний масляний насос 3 і 7, фільтр масла повнопоточний 8, пластинчастий охолоджувач масла 5, відцентровий масляний фільтр 1, бак масла 2, система трубопроводів.

Масло з фундаментної рами через прийомний фільтр 9 засмоктується секцією насоса, що відкачує, 7 і надходить по трубі в відцентровий масляний фільтр 1 і потім в бак 2. При підвищенні рівня в баці масло по переливній трубі зливається в фундаментну раму двигуна.

З бака очищене масло забирається нагнітаючою секцією насоса 3 і подається в головну масляну магістраль 10, пройшовши попередньо охолоджувач масла 5, регулятор температури масла 4 і фільтр масла повно поточний 8.

В залежності від температури масла чутливий елемент регулятора регулює потік масла, направляючи його або через охолоджувач масла, або повз нього.

З головної магістралі 10 по трубах масло надходить до рамових

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
						40
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підшипників, звідти по каналах в шийках і щоках колінчастого вала до шатунним підшипників і по каналах в шатунах до головних підшипників і на охолодження поршнів.

З підшипників і поршнів масло стікає в картер двигуна розбризкуючи обертovими частинами шатунно-поршневої групи і, потрапляючи на втулки циліндра, змащує їх.

Тиск масла в системі мащення регулюється і підтримується редукційним клапаном, вмонтованим в нагнітальну секцію насоса 3.

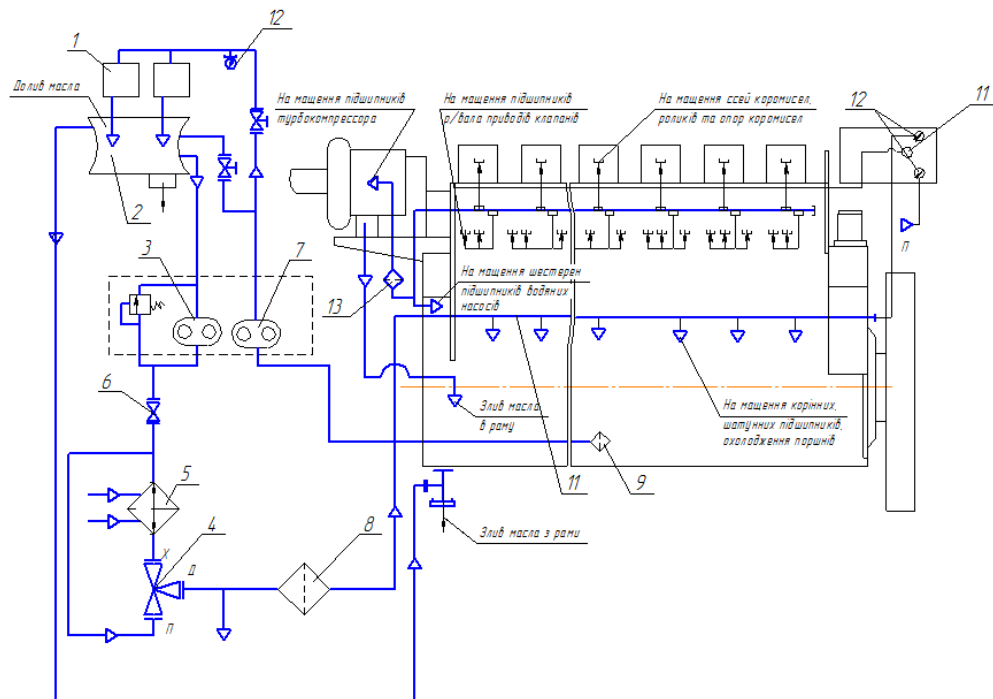


Рисунок 3.5. Схема системи мащення

1 – відцентровий масляний фільтр; 2 – бак масла; 3 – масляний насос; 4 – регулятор температури; 5 – охолоджувач масла; 6 – зворотній клапан; 7 – масляний насос; 8 – фільтр масла повно поточний; 9 – прийомний фільтр; 10 – головна магістраль; 11 – термометр; 12 – манометр; 13 – фільтр масла ТК.

Насос масляний. Насос масляний двосекційний, шестерний, встановлений на передній кришці фундаментної рами , наводиться в обертання від шестірні колінчастого вала. Та, що відкачує, і нагнітаюча секції насоса змонтовані в одному чавунному корпусі 15 (рис.3.6), в якому розташовані робочі шестерні насоса. До корпусу шпильками кріпляться кришки 1 і 2.

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Взаємне положення корпусу і кришок фіксується штифтами 13. На провідному валу 3 насаджені провідні шестерні 5 і 6 нагнітаючої та секції, що відкачує, і приводна шестірня 9 насоса.

Всі шестерні на ведучому валу встановлені на шпонках. Від осьового переміщення робочі шестерні утримуються перегородкою в корпусі насоса і кришками.

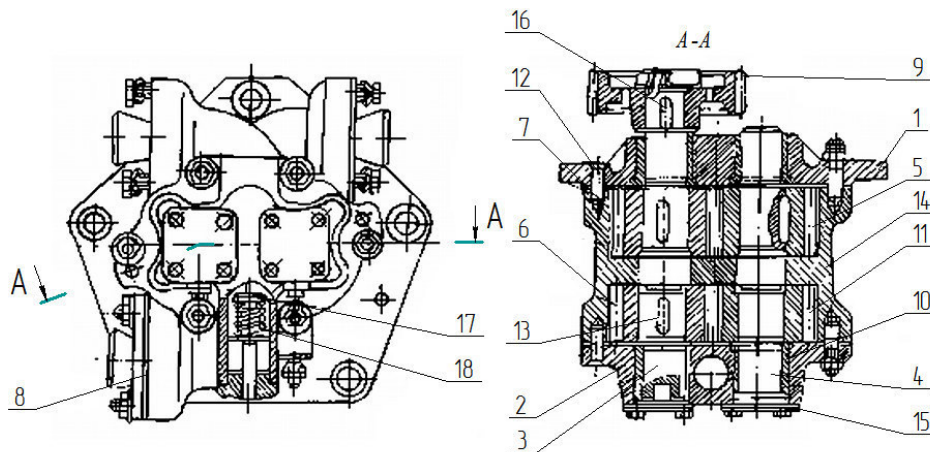


Рисунок 3.6 Насос масляний

1 - кришка задня; 2 - кришка передня; 3 - вал ведучий; 4 - вал ведений; 5,6,9,11 - шестерня; 7,8,15 - прокладка; 10 - втулка; 12 - штифт; 13,16 - шпонка; 14 - корпус насоса; 17 - клапан; 18 - пружина.

Приводна шестерня закріплена гайкою, яка від мимовільного відгвинчування стопориться шайбою. На ведений вал 4 насаджені ведені шестерні 5 і 11 (шестерня 5 на шпонці, а шестерня 11-вільно). У кришці запресовані бронзові втулки 10, які є підшипниками ведучого і веденого валів.

Масло, яке просочилося в зазори підшипників передньої кришки відводиться по дренажним трубкам в картер двигуна. Для підтримки необхідного тиску в нагнітальному магістралі, в кришці 2 встановлено редукційний клапан, який притискається до гнізда пружиною. Затягування пружини регулюється гвинтом угвинченим в штуцер. Після регулювання клапана гвинт стопорити контргайкою. Коли тиск в насосі підвищується, масло з порожнини нагнітання перепускає у всмоктувальну порожнину масляного насоса.

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Фільтр відцентрової очистки масла (центрифуга). Центрифуга призначена для безперервної очистки масла (відбирає важкі частинки) при роботі двигуна. Центрифуга - реактивного типу, працює від тиску масла в системі змащення двигуна.

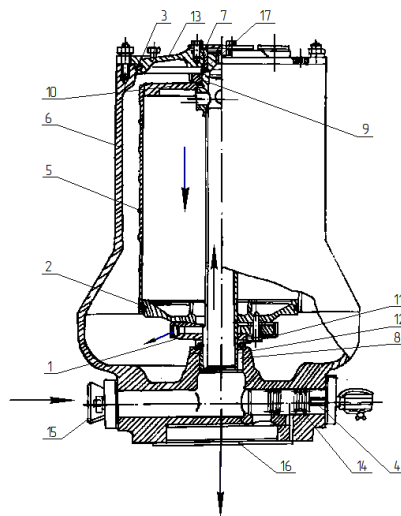


Рисунок 3.7 Фільтр відцентрової очистки масла

1-сопловой апарат; 2,3- кільце ущільнювача; 4- гвинт регулювальний; 5- ротор центрифуги; 6- корпус; 7,8- втулка бронзова; 9- штуцер; 10- кришка ротора; 11- підшипник опорний; 12- труба центральна; 13- кришка; 14- клапан редукційний в зборі; 15- підведення масла; 16- відвід масла; 17- гайка.

Процес відцентрової очистки полягає в безперервному видаленні з масла механічних домішок, що містяться в ньому. Тверді частинки, що знаходяться в маслі під тиском відцентрових сил відкидаються до внутрішніх стінок ротора який обертається з великою частотою, де і накопичуються у вигляді щільного осаду, який періодично очищають. Робочим органом центрифуги є порожнистий ротор 5 (рис. 3.7) який вільно обертається у втулках (підшипниках ковзання) 7, 8 і опорному підшипнику 11.

При включенні в роботу центрифуги масло від масляного насоса під тиском підводиться до ротора через канал 15 в корпусі 6 і по центральній трубі 12 направляється в верхню частину ротора до штуцера 9 з чотирма свердління отворів, проходячи через які відбувається заповнення і поповнення порожнини ротора. Після заповнення ротора масло з великою швидкістю витікає через три

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

щілини соплового апарату 1, які розташовані на однаковій відстані від осі обертання і спрямовані в протилежні сторони, утворюючи при цьому пару реактивних сил. Під дією реактивного крутного моменту, створюваного цими силами, ротор обертається з великою частотою, під дією відцентрових сил відбувається очищення масла. Чисте масло, що випливає з ротора через соплової апарат зливається в бак масла. Процес цей безперервний протягом усього часу роботи двигуна. З метою запобігання центрифуги від поломки при підвищенні тиску масла вище допустимого, в корпус центрифуги вмонтований редукційний клапан 14.

При підвищенні тиску масла на вході в центрифугу більше допустимого, спрацьовує клапан, внаслідок чого відкривається зливний отвір і масло зливається в бак повз центрифуги.

Ротор центрифуги необхідно періодично очищати від накопичених відкладень в строки, зазначені в інструкції з технічного обслуговування.

Фільтр масла повнопоточний. Фільтр тонкого очищення масла повнопоточний служить для затримання механічних частинок і осадження на фільтруючих елементах смолистих речовин, що утворюються в маслі при роботі двигуна. Фільтр включений послідовно на нагнітальному трубопроводі і очищає весь потік масла, що йде в двигун. Фільтр (рис.3.8) має чотири фільтруючих елемента, які розміщені в корпусі 1. Герметичність фільтруючих елементів досягається гумовими кільцями 11, 12 і пружинами 7. У корпусі встановлено чотири перепускних клапана 5, які спрацьовують при перепаді тиску і починають перепускати масло. На днище корпусу є пробка для зливу масла з фільтру.

Охолоджувач масла. Охолоджувач масла (рис. 3.9) призначений для охолодження циркуляційного масла в системі змащення двигунів і складається з циліндричного корпусу 1, трубчастого охолоджуючого елемента 2 і двох кришок 3 і 4. Охолоджувач трубчастий, одноходовий або двоходовий по воді, в якому охолоджуюча рідина (вода) рухається всередині трубок, а охолоджувана (масло) – між трубок.

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

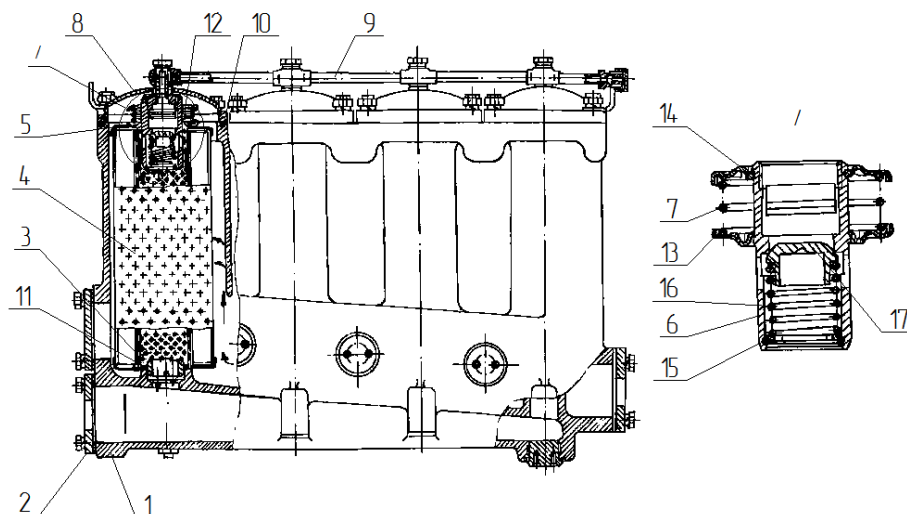


Рисунок 3.8 Фільтр масла повнопоточний

1 - корпус, 2 - фланець; 3 - центральна труба; 4 - елемент фільтруючий; 5 - клапан перепускний; 6 - корпус; 7 - пружина; 13 - шайба; 14,15 – кільце стопорне; 16 - пружина клапана; 17 - клапан; 8 - кришка; 9 - труба; 10 - кільце ущільнювача; 11,12 - кільце.

До циліндричної зовнішньої поверхні корпусу 1 приварені фланці для підведення і відведення масла. В двоходовий охолоджувачі на кришці 3 з зовнішнього боку є фланці для підведення і відведення охолоджуючої рідини, а з внутрішньої сторони – ребро, розділяє потік рідини на два потоки. В одноходовой – охолоджуюча рідина підводиться в кришку 3 і відводиться через кришку 4. Охолоджуючий елемент 2 складається з двох трубних дощок 5 і 6, охолоджуючих трубок 7 і поперечних перегородок 8. Охолоджуючі трубки 7 закріплені в отворах трубних дощок 5 і 6 методом розвальцьовування. Для зменшення перетікання масла, що проходить по периферії, встановлені заповнювачі.

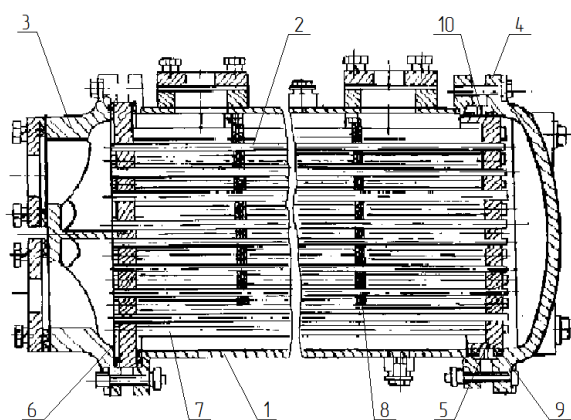


Рисунок 3.9 Охолоджувач масла

1 - корпус, 2- секція охолодження; 3,4- кришка; 5,6- трубна дошка; 7- охолоджуючі труби; 8- перегородка; 9- кільце сальника; 10- кільце проміжне.

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

При установці охолоджуючої секції 2 в корпус 1 одна трубна дошка 6 жорстко затискається між кришкою 3 і фланцем корпусу 1, друга трубна дошка 5 - плаваюча, що дозволяє компенсувати подовження трубок 7 при нагріванні охолоджувальної секції. Плаваюча дошка 5 ущільнюється за допомогою проміжного сталевих кільця 9 і двох гумових кілець 10. В кришках 3 і 4 і корпусі 1 є пробки для зливу води, масла і випуску повітря. До фланця підведення масла на охолоджувачі кріпиться регулятор температури типу РТП.

Вибір марки мастила.

Для даного двигуна в якості мастила ми обираємо марку МІ4Г₂ЦС. Воно складається з сумішей дистилятного і залишкового компонентів, що виробляються з сірчастих або малосірчастих нафт та композиції ефективних присадок. Призначене для змащування головних і допоміжних тронкових дизелів судів морського транспортного, промислового і річкового флотів. Масло МІ4Г₂ЦС широко застосовують в тепловозних дизелях, стаціонарних дизель- та газогенераторах. Масла марки МІ4Г₂ЦС отримали допуск до застосування у зарубіжних двигунобудівників. Масло МІ4Г₂ЦС по в'язкості відповідає SAE 30, по експлуатаційним характеристикам API відповідає класу CC.

Фізичні параметри масла МІ4 Г₂ЦС :

1. Кінематична в'язкість при 100°C - 14,11 мм²/с
2. Масова доля механічних домішок — 0.01%
3. Індекс в'язкості - не менше 92
4. Масова доля води - сліди.
5. Температура спалаху - не нижче 241 °C
6. Температура застигання - -10°C
7. Густина при 20°C – не більше 900г/см³

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
						46
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3 Розрахунок системи мащення

Витрата циркуляційного масла

$$V_M = \frac{kQ_M}{\rho_M C_{mM} \Delta T} = 0,00187 \text{ м}^3/\text{с},$$

де: $k = 1,2$ – коефіцієнт запасу масла;

$\rho_M = 900 \text{ кг/м}^3$ – густина масла;

$C_{mM} = 2,094 \text{ кДж/кг}$ – середня теплоємність масла;

$\Delta T = 10 \text{ К}$ – температурний перепад масла в охолоджувачі;

$Q_M = 29,95 \text{ кДж/с}$ – теплота, яка відводиться маслом.

Для стабільності тиску масла у системі двигуна циркуляційні витрати масла звичайно збільшують у два рази:

$$V_M^! = 2V_M = 0,00374 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Розрахункова продуктивність масляного насоса

$$V_P = \frac{V_M^!}{\eta_H} = 0,0047 \text{ м}^3/\text{с},$$

де: $\eta_H = 0,8$ – коефіцієнт подачі насоса.

Визначаємо площу фільтруючої поверхні фільтру грубого очищення

$$F_{\Phi GO} = \frac{V_P}{V_M k_{жс}} = 0,21 \text{ м}^2,$$

де: $k_{жс} = 0,3$ – коефіцієнт живого перетину.

Визначаємо площу поверхні фільтру тонкого очищення

$$F_{\Phi TO} = \frac{3600 \cdot V_P}{q_\Phi} = 10,8 \text{ м}^2.$$

Розрахунок кожухотрубного охолоджувача

Температура масла на вході $t_1^! = 70^\circ\text{C}$;

Температура масла на виході $t_1^{\#} = 60^\circ\text{C}$;

Температура охолоджуючої води на вході $t_2^! = 32^\circ\text{C}$;

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
						47
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Температура охолоджуючої води на виході $t_2''=37^{\circ}\text{C}$;

Розхід масла $V_M = 16,95 \text{ м}^3/\text{год}$;

Густина масла ρ_M – не більше 900 г/см^3 .

Середній температурний напір

$$\Delta t_{cp} = \frac{(t_1' - t_2'') + (t_1'' + t_2')}{2} = 30,5^{\circ}\text{C}.$$

Коефіцієнт теплопередачі від масла до води

$$K_M = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_{тен}} + \frac{1}{\alpha_2}} = 803 \text{ Вт/}(\text{м}^2 \cdot \text{K}),$$

$\alpha_1 = 1200 \text{ Вт/}(\text{м}^2 \cdot \text{K})$ – коефіцієнт передачі тепла від масла до стінок;

$\alpha_2 = 3400 \text{ Вт/}(\text{м}^2 \cdot \text{K})$ – коефіцієнт передачі тепла від води до стінок;

$\lambda_{тен} = 17 \text{ Вт/}(\text{м}^2 \cdot \text{K})$ – коефіцієнт теплопровідності стінок;

$\delta = 2 \text{ мм}$ – товщина стінки охолоджувача.

Поверхня охолодження

$$F_M = \frac{Q_M}{K_M (t_{M,cp} - t_{B,cp})} = 1,223 \text{ м}^2.$$

Середня температура масла $t_{M,cp} = (t_1' + t_1'')/2 = 65^{\circ}\text{C}$.

Середня температура води $t_{B,cp} = (t_2' + t_2'')/2 = 34,5^{\circ}\text{C}$.

Проектувальний розрахунок вала масляного насоса

Приймаємо матеріал вала Сталь 45 ГОСТ 1020-88.

Механічні властивості:

$\sigma_B = 610 \text{ МПа}$ – границя тимчасового зміцнення;

$\sigma_T = 360 \text{ МПа}$ – границя текучості;

$\text{HB} = 490 \text{ HB}$ – твердість поверхні.

Визначаємо крутний момент:

$$M = \frac{P \cdot 10^3}{\omega} = 9,94 \text{ Нм}$$

де: $P = 1,56 \text{ кВт}$ – потужність на валу, ω – кутова швидкість

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

$$\omega = \frac{\pi n}{30} = 157 \text{ с}^{-1},$$

де: $n = 1499 \text{ хв}^{-1}$ – частота обертання вала насоса.

Умова міцності при крученні вала

$$\tau_{\max} = \frac{M_K}{W_p} \leq [\tau_K],$$

де: W_p – полярний момент опору

$$W_p = \frac{\pi d^3}{16}.$$

Щоб визначити мінімально допустимий діаметр вала необхідно:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M}{[\tau_K] \pi}} = 17,2 \text{ мм},$$

де: $[\tau_K] = 10 \dots 25 \text{ МПа}$ – допустимі напруження на кручення вала, приймаємо $[\tau_K] = 10 \text{ МПа}$.

На основі виконаного розрахунку та виходячи з конструктивних умов розрахунку вала приймаємо $d = 45 \text{ мм}$ в небезпечному перерізі.

3.4 Аналіз технологічності монтажу масляного бака

Складання двигуна є заключним етапом у виробництві двигуна і представляє собою великий комплекс слюсарних, складальних і контрольних робіт. Від якості складальних робіт залежить надійність двигуна.

Тип виробництва визначають в залежності від розміру завдання та трудомісткості складання масляного баку відповідно таблиці 3.1.

Приблизна трудомісткість складання лежить в межах 250-2500 хв, а середньомісячний випуск 10 комплектів, то тип виробництва – серійний.

Основні технологічні признаки серійного виробництва:

- складання двигуна по технологічному процесу, який розбитий на окремі операції;

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
						49
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- середня кваліфікація робітників;
- середній рівень спеціалізації;
- використання універсального та спеціального обладнання та інструменту.

Таблиця 3.1.

Залежність типу виробництва від об'єму

Об'єм випуску					
Одиничне		Серійне		Масове	
Трудомісткість складання, хв	Середньо-місячний випуск, шт.	Трудомісткість складання, хв.	Середньо-місячний випуск, шт	Трудомісткість складання, хв.	Середньо-місячний випуск, шт
2500	До 1	2500	5	2500	-
250-2500	1-3	250-2500	9-60	250-2500	500
25-250	3-5	25-250	31-530	25-250	1500
25-25	5-8	25-25	50-600	25-25	3000
0,25-25	10	0,25-25	81-800	0,25-25	4500

Раціональна організація робочих місць має великий вплив на підвищення продуктивності праці, не вимагаючи від підприємства значних матеріальних витрат.

Планування робочого місця повинне передбачити правильне розміщення предметів і засобів праці з урахуванням раціонального використання виробничої площі, зручності експлуатації і безпеки роботи. Для розробки технологічного процесу монтажу масляного бака обрано наступне обладнання та інструмент:

Верстати для виконання слюсарно-складальних робіт.

Для продувки і промивки деталей використаємо стиснуте повітря із заводської системи і ванна із дизельним паливом.

На ділянці встановлено стелажі для зберігання комплектуючих та пристосувань.

Для зберігання інструментів, креслень, технологічних процесів на ділянці встановлено інструментальні ящики. Також ділянку укомплектовано вимірювальними пристроями, так як контрольні операції будуть виконувати робітники ділянки

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

3.5 Розробка технологічного процесу складання масляного бака

Визначення технічної норми часу.

Розрахунок штучного часу в умовах серійного виробництва вираховується згідно формули

$$T_{шт} = \sum T_{оп} (1 + \frac{a_{обс} + a_{оп}}{100}), хв$$

де $T_{оп}$ - оперативний час на операцію , хв.;

$a_{обс}$ - відсоток часу від оперативного на обслуговування робочого місця;

Приймаємо 4%;

$a_{оп}$ - відсоток часу від оперативного на особисті потреби.

Приймаємо 3%;

Визначимо штучний час на кожну окрему операцію загального складання двигуна .

005 Підготовча

$$T_{005} = 21,2 \cdot (1 + (4+3)/100) = 22,68 \text{ хв.}$$

010 Складальна

$$T_{010} = 9,9 \cdot (1 + (4+3)/100) = 10,59 \text{ хв.}$$

015 Випробувальна

$$T_{015} = 158,4 \cdot (1 + (4+3)/100) = 169,48 \text{ хв.}$$

020Контрольна

$$T_{020} = 30,2 \cdot (1 + (4+3)/100) = 32,31 \text{ хв.}$$

Визначаємо загальний штучний час на складання.

$$T_{шт} = T_{005} + T_{010} + T_{015} + T_{020}, \text{ хв.}$$

$$T_{шт} = 22,68 + 10,59 + 169,48 + 32,31 = 235,06 \text{ хв.}$$

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
						51
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів, що впливають на персонал при обслуговуванні двигуна

Охорона праці – система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. Охорона праці включає техніку безпеки і виробничу санітарію.

Техніка безпеки – система організаційних заходів і технічних засобів, що запобігають дії на працюючих небезпечних виробничих чинників.

Небезпечний виробничий чинник – чинник, дію якого на працюючого в певних умовах приводить до травми або до іншого раптового різкого погіршення його здоров'я. До небезпечних виробничих чинників відносяться, наприклад, машини і механізми, що рухаються; рухомі частини виробничого устаткування; вироби, що пересуваються; заготівки; матеріали, конструкції, що руйнуються; гострі кромки; шорсткість на поверхнях заготівок інструментів і устаткування; підвищена напруга в електричних ланцюгах, замикання яких на землю може відбутися через тіло людини; підвищений рівень статичної електрики; розташування робочого місця на значній висоті щодо землі (пола); підвищена або знижена температура поверхні устаткування, матеріалів і т.д.

Виробнича санітарія – система організаційних заходів і технічних засобів, що запобігають або зменшують вплив на працюючих шкідливих виробничих чинників.

Шкідливий виробничий чинник – чинник, дію якого на працюючого в певних умовах приводить до захворювання або зниження працездатності.

До шкідливих виробничих чинників на машинобудівних заводах відносяться; підвищена запыленість і загазованість повітря в робочій зоні;

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
						52
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підвищена або знижена температура; відносна вологість; рухливість; барометричний тиск і ступінь іонізації повітря в цій зоні; підвищений рівень шуму, вібрацій на робочому місці, підвищений рівень теплових, ультрафіолетових, електромагнітних і електростатичних полів, іонізуючих випромінювань в робочій зоні; відсутність і недолік природного світла; недостатня освітленість робочого місця системами штучного освітлення і т.п. Повний перелік небезпечних і шкідливих виробничих чинників даний в ГОСТ 12.0.003–74* (СТ СЕВ 790–77).

Безпека праці – стан умов праці, при яких відсутні небезпечні і шкідливі чинники.

Небезпечна зона – простір, в якому можливо дія на працюючого небезпечного або шкідливого виробничого чинника.

При проектуванні двигуна в останній час дуже велику увагу приділяють зниженню шкідливої дії двигуна на людей і навколишнє середовище. Джерелами викидів шкідливих речовин в двигуні є відпрацьовані і картерні гази, а також пари палива. Найбільше шкідливих речовин виділяється з відпрацьованими газами(CO , CH , NO). При роботі газового двигуна у складі ВГ помітна незначна концентрація CO , CO_2 та C_nH_m . Виняток становлять режими малих навантажень, коли зниження швидкості згоряння збіднілої суміші приводить до неповного згоряння і збільшення викиду неспаленого метану. До недоліків застосування природного газу як палива для двигунів треба віднести також досить високий викид NO_x на максимальних навантаженнях. Крім того небезпеку для людини створюють нагріті деталі двигуна, а також деталі, що рухаються і обертаються.

Основними напрямками по зниженню шкідливого впливу двигуна є:

- використання нейтралізаторів шкідливих речовин;
- використання газоподібного палива;
- використання закритих систем вентиляції картера;
- ізоляція і екранування нагрітих деталей;
- закриття об'ємів, де рухаються і обертаються деталі, спеціальними кожухами.

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
						53
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Техніка безпеки при експлуатації двигуна

Заходи з техніки безпеки на території стаціонарної електростанції можливо розділити на організаційні та технічні. До організаційних заходів відносяться інструктаж з техніки безпеки безпосередньо на робочому місці, обладнання електростанції плакатами та інструкціями. Безпосередню відповідальність за дотриманням техніки безпеки на території стаціонарної електростанції несе бригадир і майстер складального цеху. Майстер проводить 1 раз на квартал інструктаж з техніки безпеки.

До технічних заходів з техніки безпеки відносяться :

- періодична перевірка обладнання стаціонарної електростанції;
- інструмент і пристосування якими користуються при роботі на електростанції повинні бути справні, не зношені і відповідають вимогам техніки безпеки;
- на території стаціонарної електростанції повинна знаходитись аптечка укомплектована згідно вимог;

Заходи з протипожежного захисту на дільниці складання змішувача газу з повітрям також можливо розділити на організаційні та технічні. Організаційні заходи : навчання робітників дільниці правилам пожежної безпеки, проведення лекцій, бесід, друкування необхідних інструкцій, обладнання дільниці плакатами.

З технічних заходів на дільниці потрібні :

- обладнати електростанцію протипожежним щитом, який укомплектувати згідно вимог;
- укомплектувати електростанцію ящиком з піском для тушіння ізоляції дротів, які знаходяться під напругою ;
- пролите масло потрібно негайно прибрати. Для цього бути ящик для використаного ганчір'я;
- для місцевого освітлення потрібно використовувати тільки електричну лампочку під напругою 6-36 V, яка захищена металевією сіткою;

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
						54
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- обладнати планом евакуації робітників у випадку пожежі.

Для правильної технічної експлуатації і для забезпечення безпеки при експлуатації двигуна і допоміжних механізмів необхідно виконувати наступні основні вимоги:

- двигун і всі допоміжні механізми і пристрої установки повинні експлуатуватися в строгій відповідності з діючими правилами технічної експлуатації і інструкціями;
- не дозволяється знімати огорожі з рухомих частин (маховиків, муфт, редукторів і т. д.) працюючих механізмів;
- необхідно надійно закріплювати в своїх місцях запасні частини, пристосування і інвентар;
- дотримувати необхідні заходи обережності при перевірці на дотик ступеня нагрівання рухомих частин механізмів;
- не дозволяється чистити і обтирати рухомі частини працюючих механізмів, а також виробляти на них роботу, яка може привести до нещасних випадків;
- при перебірці двигуна не можна розміщувати болти, гайки, інструмент і т.п. на деталях механізму руху;
- пуск двигуна необхідно здійснювати в строгій відповідності із заводською інструкцією;
- слід періодично перевіряти (по інструкції) всі запобіжні клапани, стежити за справністю запобіжних пристроїв, встановлених на картерах двигунів для запобігання небезпечному вибуху в них пари масла;
- при зупинці двигуна повинні бути вжиті відповідні заходи, що не допускають його пуск до закінчення огляду.

Заходи для зниження рівня шуму та вібрації проектного двигуна.

Двигуни внутрішнього згоряння є одним з джерел шуму, що негативно впливає на людей Шум - це комплекс звуків що змінюються за частотою та рівнем. Як відомо, звук має хвильову природу в будь - якому середовищі і сприймається органами слуху людини в результаті дії на них звукових хвиль. Двигуни

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
						55
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

випромінюють хвилі в основному з частотою від 20 до 8000 Гц.

Основними характеристиками звуку є тиск і сила звуку. Тиск звуку являє собою різницю між митним значенням тиску хвилі і барометричним тиском. Тиск і сила звуку змінюються в широких межах, тому для вимірювання шуму використовують логарифмічну шкалу і логарифмічні одиниці - децибели (дБ). Рівнем шуму називають дванадцяти кратний логарифм відношення тиску звуку до його порогового значення, або десятикратний логарифм відношення сили звуку до її порогового значення. Шум двигунів внутрішнього згоряння має двояке походження. З одного боку, це шум механічного походження, що виникає внаслідок ударів в рухомих з'єднаннях кривошипно-шатунного та газорозподільного механізмів і паливної апаратури, а також різкої зміни дії газових сил на деталі двигуна при виконанні робочого циклу. З іншого боку, це шуми газодінамічного (гідравлічного) походження, що є наслідком збурень, які виникають в процесі руху газоподібних і рідких середовищ в агрегатах двигуна і при згорянні паливо повітряної суміші.

Рівень шуму двигунів внутрішнього згоряння на номінальному режимі сягає 110 ... 120дБ. Він у значній мірі залежить від таких експлуатаційних факторів, як навантаження та частота обертання. Із зменшенням навантаження рівень шуму дизелів зменшується - на 1..3дБ. Зменшення частоти обертання зменшує рівень шуму на 10... 15дБ.

При експлуатації двигуна рівні звукового тиску згідно ГОСТ 12.1.003 - 83 не повинні перевищувати значення, які приведені в таблиці 4.1.

Санітарні норми шуму.

Таблиця 4.1

b, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
α_o , Дб	103	96	91	88	85	83	81	80

Рівні зовнішнього шуму проектного двигуна приблизно визначаються по формулі:

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
						56
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L = \left[54 + 10 \lg(n_H \times P_e^{0,55}) + 30 \lg\left(\frac{n}{n_H}\right) \right];$$

$$L = \left[54 + 10 \lg(1000 \times 800,79^{0,55}) + 30 \lg\left(\frac{1000}{1000}\right) \right] = 95,5 \text{ дБ}$$

де n_H - номінальна частота обертання колінчастого валу, хв^{-1} ;

$n = 1000 \text{ хв}^{-1}$ - робоча частота обертання колінчастого валу;

$P_e = 800,79 \text{ кВт}$ - номінальна потужність.

Для зменшення рівня шуму двигуна застосовують його капотування, використовують різні конструктивні засоби, обладнують двигуни глушниками.

Капотування двигунів спеціальними звуко поглинаючими прокладками значно зменшує вплив шуму двигуна.

До конструктивних засобів, що направлені на зменшення шуму двигуна, відносяться: зменшення зазорів в рухомих з'єднаннях, застосування дезаксіального КШМ, кулачка розподільного валу з безударним профілем, використання шумо поглинаючих накладок, збільшення товщини стінок циліндра в тій частині, де має місце різка зміна тиску газів, застосування конструкції камер згоряння, що забезпечують плавний ріст тиску газів.

Для зниження шуму впуску застосовують спеціальні конструкції повітроочисників, в яких використовуються шумоізолюючі прокладки, резонансні розширюючі камери глушіння, м'які гофровані шланги. Це дозволяє зменшити рівень шуму на 30...35 дБ.

Для глушіння шуму випуску застосовують глушники різних конструкцій. Конструкцію глушника та його розміри вибирають і розраховують для конкретної моделі двигуна. Для іншої моделі цей глушник не буде забезпечувати необхідного зниження шуму. Найбільш розповсюджені глушники, в яких використовуються до глушіння розширювальні резонансні камери, спеціальні перфоровані труби, сітки, звуко поглинаючі матеріали.

Заходи по зниженню рівня вібрації проектного двигуна.

Вібрація виникає через динамічну невідновженість мас кривошипно-

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
						57
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

шатунного механізму ДВЗ. Локальна вібрація викликає спазми судин і погіршує кровообіг.

Загальна вібрація з частотою 0,7 Гц викликає морську хворобу, з частотою 4-30 Гц може викликати ушкодження плечового пояса, більшості внутрішніх органів через резонансні явища.

При експлуатації двигуна рівень вібрації згідно ГОСТ 12.1.012-90 не повинен перевищувати значення, які приведені в таблиці 4.2.

Санітарні норми вібрації

Таблиця 4.2

Напрямок нормування вібрації	Середньоквадратична віброшвидкість (чисельник, м/с·10 ⁻²), логарифмічний рівень віброшвидкості (знаменник, дБ)						
	1	2	4	8	15	31,5	63
вертикаль	20/132	7,1/123	2,5/114	1,3/108	1,1/107	1,1/107	1,1/107
горизонталь	-	3,5/117	1,3/108	0,63/102	0,56/101	0,56/101	0,56/101

Рівень вібрації приблизно визначається з формули:

$$L_v = \left\{ 44 + 10 \lg \left[\frac{n_H \times P_e^{0,55} \times \left(1 + \frac{P_e}{M} \right)}{1 + \left(\frac{f}{1500} \right) \times \frac{M}{P_e}} \right] + 30 \lg \left(\frac{n}{n_H} \right) \right\}, \text{дБ},$$

де $M = 15500$ кг – маса двигуна;

$n = 8,33 \text{ с}^{-1}$ – частота обертання колінчастого валу.

$$L_v = \left\{ 44 + 10 \lg \left[\frac{1000 \times 800,79^{0,55} \times \left(1 + \frac{800,79}{15500} \right)}{1 + \left(\frac{8,33}{1500} \right)^3 \times \frac{15500}{800,791}} \right] + 30 \lg \left(\frac{1000}{1000} \right) \right\} = 85,62 \text{ дБ}$$

Для зниження рівня вібрацій виконують такі конструктивні та технологічні заходи:

- врівноваженням та балансуванням частин, що обертаються, для забезпечення плавної роботи двигуна;

Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

- усуненням дефектів розгойданості окремих частин;
- використанням динамічних гасників вібрацій;
- пружною підвіскою та амортизацією (включанням проміжних засобів).

Основні міри боротьби з вібрацією:

- покращення конструкцій двигунів та технологічних процесів;
- відбудова від режиму резонансу (змінення маси або жорсткості системи);
- віброізоляція за допомогою пристрою амортизаторів, тобто введення в систему пружного віброгасника.

4.3 Охорона навколишнього середовища

Двигуни внутрішнього згоряння, які працюють на вуглеводних типах пального являється значним джерелом забруднення навколишнього середовища. Джерелом забруднення на стаціонарних електростанціях являються відпрацьовані гази двигуна внутрішнього згорання і скиди палива, масла.

Завдання зберегти навколишнє середовище складається у неперевищенні допустимого рівня забруднення шляхом створення системи, працюючої по замкнутому циклу, яка дозволяє утилізувати загальну масу відходів, а також очисткою і зниженням токсичності викидів які потрапляють у біосферу.

Очистка відпрацьованих газів від шкідливих речовин полягає у застосуванні фільтрів та нейтралізаторів, які відповідно, утримують та нейтралізують шкідливі речовини.

Існує декілька способів нейтралізації відпрацьованих газів у випускній системі двигуна:

– Окислення відпрацьованих газів шляхом подачі до них додаткового повітря в термічних реакторах. Термічні реактори встановлюють на багатьох японських і американських двигунах. Термічний реактор є теплоізованим об'ємом із спеціальною організацією перебігу газів, що відходять, встановлюваний у випускній системі двигуна і здійснюючий термічне доокислення токсичних

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
						59
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

компонентів за рахунок власного тепла газів, що відходять. Термічна нейтралізація не залежить від виду спалюваного палива. Підвищити температуру відпрацьованих газів в реакторі можна, зменшивши тепловтрати застосуванням проставок-екранів, теплоізоляцією корпусу реактора, використанням тепла реакції окислення, а також короткочасним зменшенням кута випередження запалення. Реактори особливо ефективні на режимах багатопаливної суміші при великих навантаженнях, не виходять з ладу з часом, проте не дають повного окислення CO і CH і не відновлюють NOx, тому застосовуються як додаткові пристрої перед каталітичним нейтралізатором.

– Поглинання токсичних компонентів рідиною в рідинних нейтралізаторах. Цей спосіб не набув широкого поширення через малу ефективність і необхідність часткої заміни рідини.

– Застосування каталітичних нейтралізаторів і фільтрів сажі - в даний час найактуальніший.

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
						60
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Метою виконання даної кваліфікаційної роботи було проектування системи мащення 4-тактного газового двигуна з розробкою конструкції масляного насосу. За прототип був обраний газовий двигун 8ГЧН 19/23 потужністю 800кВт при 1000 хв⁻¹.

Під час виконання роботи було розраховано робочий процес газового двигуна, тепловий баланс, визначено сили, що діють в КШМ.

При конструюванні системи мащення було проведено аналіз існуючих систем мащення та конструкцій масляних насосів. Серед можливих варіантів було обрано систему мащення з «сухим» картером та шестеренний масляний насос. Система мащення з «сухим» картером була обрана через те, що при такій системі змащення, коли маслосбірна цистерна розташована поза картера, масло не відчуває вплив від дії гарячих відпрацьованих газів і менше забруднюється продуктами згоряння палива. Шестеренний масляний насос було обрано нами через те, що він простий в конструкції та експлуатації, а також відносно дешевий.

Також було проведено розрахунок системи мащення, в якому визначено площі фільтруючих поверхонь фільтрів тонкого та грубого очищення, а також циркуляційну подачу масла та площу поверхні теплообміну кожухотрубного теплообмінника.

При розрахунку масляного насоса визначено його циркуляційну подачу, конструктивні особливості зубчастих коліс та потужність, яка використовується на його привід. Також розраховано вал насоса на кручення та визначено його мінімально допустимий діаметр.

Також виконано аналіз технологічності монтажу масляного бака, визначено норми часу на виконання окремих операцій та розроблено технологічний процес монтажу масляного бака.

Велику увагу в даному дипломному проекті приділено охороні навколишнього довкілля та охороні праці. В ході виконання даного розділу

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
						61
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дипломної роботи був проведений аналіз небезпечних та шкідливих факторів, які виникають при роботі двигуна.

Також було зроблено огляд техніки безпеки та протипожежного захисту при експлуатації двигуна. Розраховано рівень шуму, який складає 95,5 дБ та рівень вібрації двигуна, який складає 85,62 дБ. Було запропоновано заходи, щодо зниження рівня шуму та вібрації при роботі двигуна. Рекомендовані заходи для зниження токсичності відпрацьованих газів та захисту навколишнього середовища.

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
						62
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЛІТЕРАТУРА

1. Нестеренко В.В., Лисих А.Ю. Теоретичні передумови застосування альтернативних палив як екологічно безпечних енергоресурсів. //Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення (випуск 80): матеріали Міжнародної наукової інтернет - конференції, (м. Тернопіль, Україна – м. Ополе, Польща. 19-20 вересня 2023р. – С. 214-216.

2. O. Cherednichenko, M. Tkach, B. Timoshevskiy, V. Havrysh, S. Dotsenko. Improving the efficiency of a gas-fueled ship power plant using a Waste Heat Recovery metal hydride system. Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie № 59 (131) – 30.09.2019. – С. 9 – 15.

3. I. Shvets, O. Hrabovenko, S. Dotsenko, V. Nesterenko. «Results of the Experimental Research of the Medium Speed Diesel Engine Work on Soybean Oil». // 24rd International Scientific Conference on Transport Means 2020: – Kaunas, Trakai, Lithuania, 2020. – Pages 671-675.

4. Нестеренко В.В. Фідровська Н.М., Писарцов О.С. Визначення впливу геометричних параметрів канатних блоків на довговічність канату.: - Підйомно-транспортна техніка, Вип. 1(62), 2020, - с. 19-28

5. Фідровська Н.М., Ломакін А.О., Хурсенко С.О., Нестеренко В.В. Напружений стан дротинок канату в процесі згинання на блоці.: - Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, Вип. 92, т.1, 2021, - с.184-187

6. Методичні вказівки до виконання розрахунку робочого процесу, теплового балансу, теоретичної та дійсної індикаторної діаграми газового двигуна з дисципліни «Теорія ДВЗ» // Доценко С.М., Бельський Ф.В., Григоренко В.О.- Первомайськ ПП, 2010.

7. І.О. Григурко, М.Ф. Брендуля, С.М. Доценко Технологія обробки типових деталей (курсове проектування) «Новий світ – 2000», Львів, 2006. – 576с.

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
						63
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

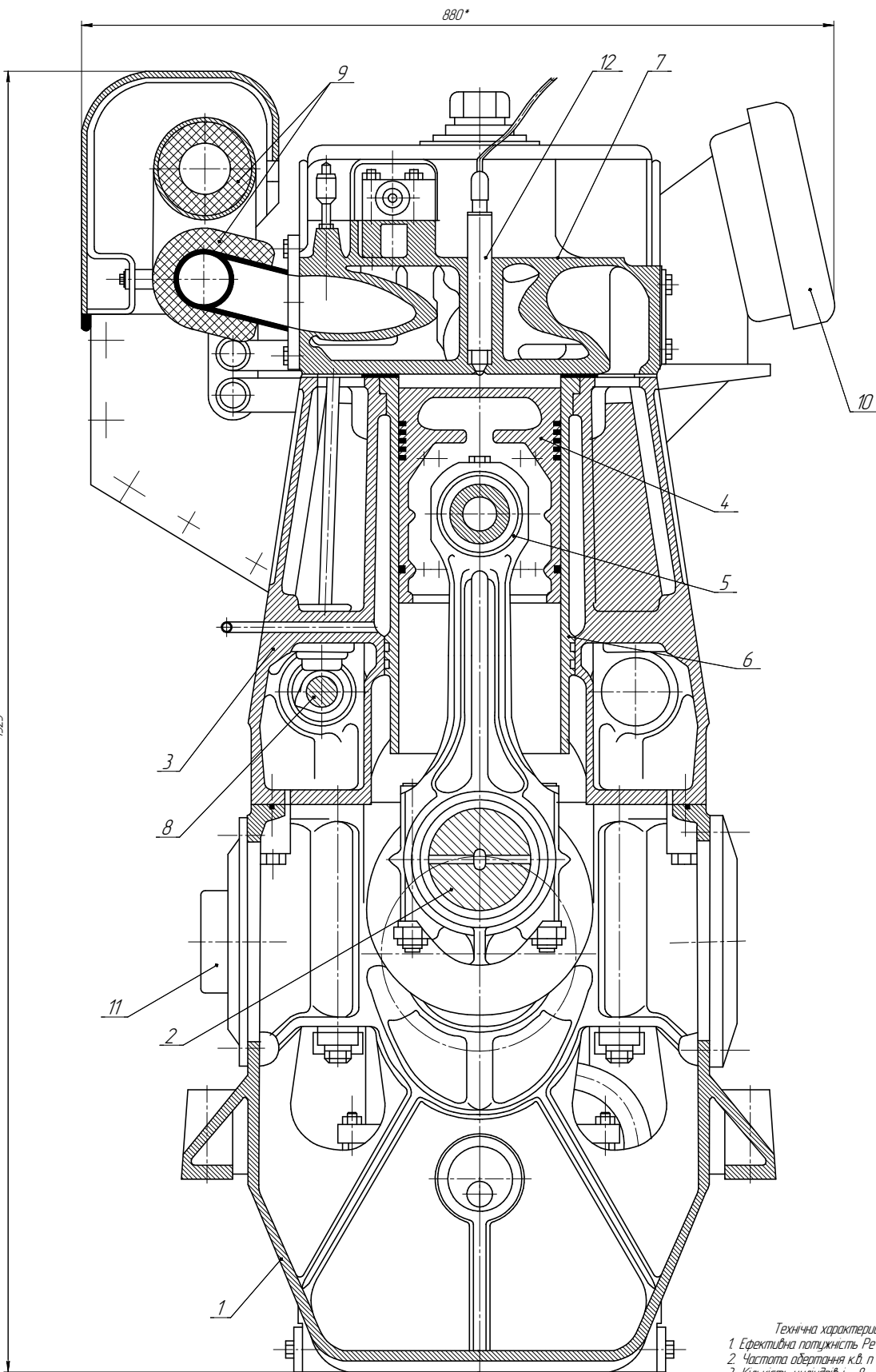
8. Григурко І. О., Анастасенко С. М., Доценко С. М. Проектування технологічних процесів в судновому машинобудуванні (Практикум). «Новий світ – 2000», Львів, 2017. – 348с.

9. С.М. Доценко **О.І. Грабовенко, І.А. Швець, А.Ю. Лисих** [Експериментальні дослідження екологічних параметрів дизельного двигуна при роботі на соєвій олії](#). Збірник наукових праць НУК – Миколаїв: НУК, 2023. – № 2 - 3 (491- 492). – С. 49 – 56.

10. S. Dotsenko, V. Nesterenko, A. Lysykh, O. Hrabovenko, I. Shvets Mathematical modelling of emissions of toxic components of a medium speed diesel engine when operating on soybean oil. 27rd International Scientific Conference on Transport Means 2023 04.10. - 06.10.2023: – Palanqa, Lithuania, 2023. – Pages.

					ПННІ НУК 131.63.24.24 ПЗ	Лист
						64
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перв. примен.	Справ. №	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
		A1			ПННІ НУК 131.63.24.24.00.00 СК	Документація				
					СКладальне креслення					
					СКладальні одиниці					
					1	ПННІ НУК 131.63.24.24.01.00	Фундаментна рама	1		
					2	ПННІ НУК 131.63.24.24.02.00	Колінчастий вал	1		
					3	ПННІ НУК 131.63.24.24.03.00	Блок циліндрів	1		
					4	ПННІ НУК 131.63.24.24.04.00	Поршень	8		
					5	ПННІ НУК 131.63.24.24.05.00	Шатун	8		
					6	ПННІ НУК 131.63.24.24.06.00	Втулка робочого циліндра	8		
					7	ПННІ НУК 131.63.24.24.07.00	Кришка робочого циліндра	8		
					8	ПННІ НУК 131.63.24.24.08.00	Розподільчий вал	1		
					9	ПННІ НУК 131.63.24.24.09.00	Випускний колектор	1		
					10	ПННІ НУК 131.63.24.24.10.00	Щит приладів	1		
					11	ПННІ НУК 131.63.24.24.11.00	Запобіжник від вибуху			
							картерних газів	2		
					12	ПННІ НУК 131.63.24.24.12.00	Свічка запалювання	8		
					Підп. і дата	Взам. инв. №	Инв. № дрілл.	Підп. і дата	ПННІ НУК 131.63.24.24.00 СК	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						
Инв. № подл.	Разраб.	Шкрабак Е.В.			Двигун 8ГЧН 19/23	Лит.	Лист	Листов		
	Пров.	Нестеренко В.В.						1		
	Н.контр.	Нестеренко В.В.				63-ТЕМмаг-23				
	Утв.	Нестеренко В.В.								



Технічна характеристика

1. Ефективна потужність $P_e = 718,4 \text{ кВт}$
2. Частота обертання к.д. $n = 1000 \text{ хв}^{-1}$
3. Кількість циліндрів $i = 8$
4. Ступінь стиску $\epsilon = 10$
5. Діаметр циліндрів $D = 190 \text{ мм}$
6. Хід поршня $S = 230 \text{ мм}$
7. Година витрата палива $G_{\text{год}} = 186,03 \text{ м}^3/\text{кВт} \cdot \text{год}$

Технічні вимоги

1. Використовувати мастило М14ГЦЦС ГОСТ 123337-84 або SAE-30
 2. Використовувати паливо – природний газ ГОСТ 5542-87
 3. Охолоджуюча рідина: чиста прісна вода
 4. Різниця висоти камери згоряння між циліндрами – 0,5мм
- *Зразок для довідок

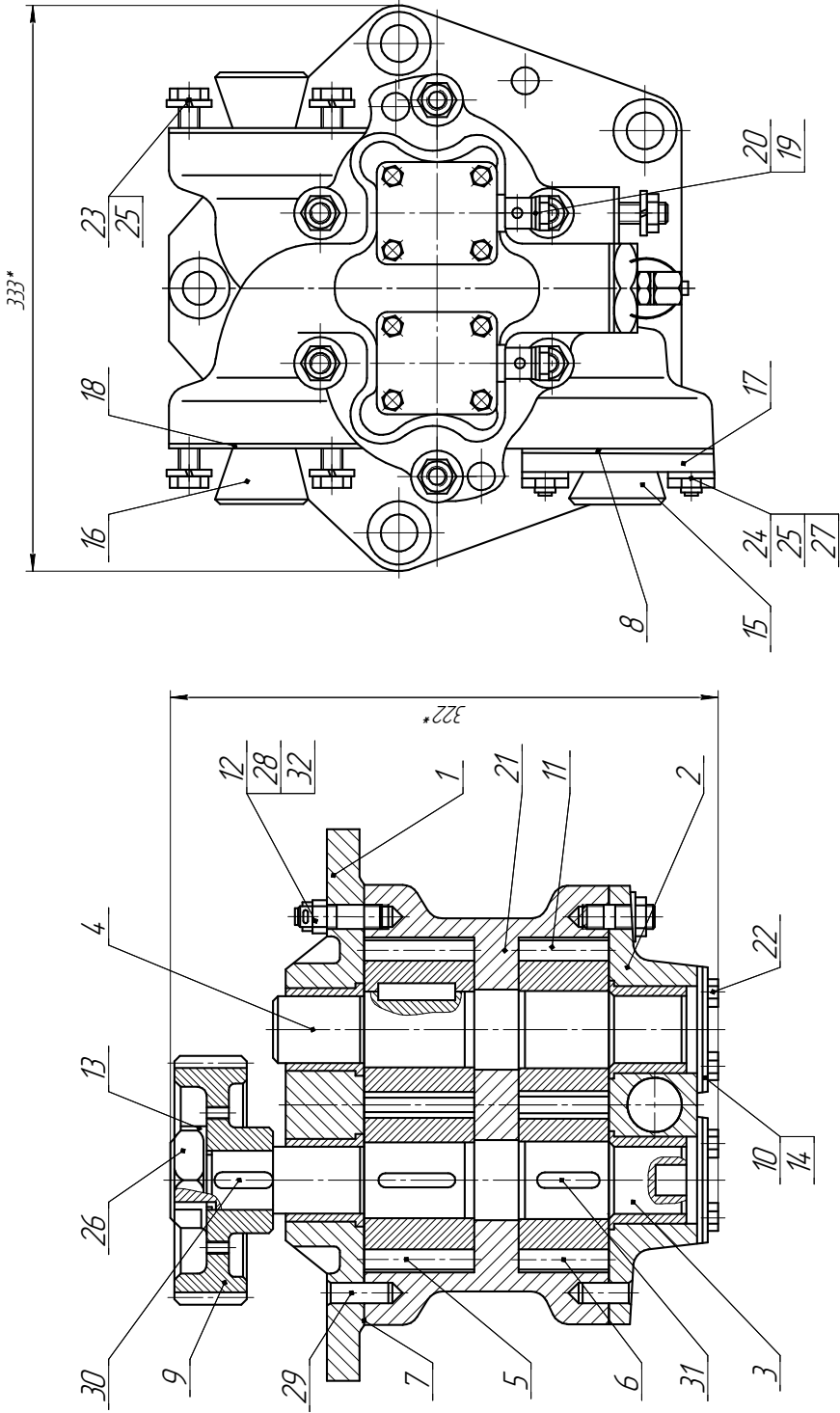
[illegible]

Перв. примен.	Справ. №	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание						
				1		Фільтр центробіжної очистки мастила								
				2		Бак масла								
				3		Масляний насос								
				4		Регулятор температури								
				5		Охолоджувач масла								
				6		Зворотній клапан								
				7		Масляний насос								
				8		Фільтр масла повнопоточний								
				9		Прийомний фільтр								
				10		Головна магістраль								
				11		Термометр								
				12		Манометр								
				13		Фільтр масла ТК								
		Підп. і дата	Взам. инв. №	Инв. № дѣл.	Подп. и дата									
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ПННІ НУК 131.63.24.24 СХ	Лит.	Лист	Листов					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Система мащення	63-ТЕМмаг-23			1					

Перв. примен.	Справ. №	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Подп. и дата	Инв. № д/опл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.		Документація			
						Складальне креслення			
						Складальні одиниці			
					1	Кришка задня	1		
					2	Кришка передня	1		
						Деталі			
					3	Вал ведучий	1		
					4	Вал ведомий	1		
					5	Шестерня	2		
					6	Шестерня	1		
					7	Прокладка	2		
					8	Прокладка	2		
					9	Шестерня	1		
					10	Кришка	2		
					11	Шестерня	1		
					12	Шпилька	6		
					13	Шайба стопорна	1		
					14	Прокладка квадратна	2		
15	Пробка	2							
16	Пробка	1							
17	Фланец прямоугольний	1							
18	Прокладка	4							
					ПННІ НУК 131.63.24.24.00 СК				
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Насос масляний	Лит.	Лист	Листов
	Разраб.	Шкрабак Е.В.					0	1	2
	Пров.	Нестеренко В.В.							
	Н.контр.	Нестеренко В.В.							
	Утв.	Нестеренко В.В.					63-ТЕМмаг-23		

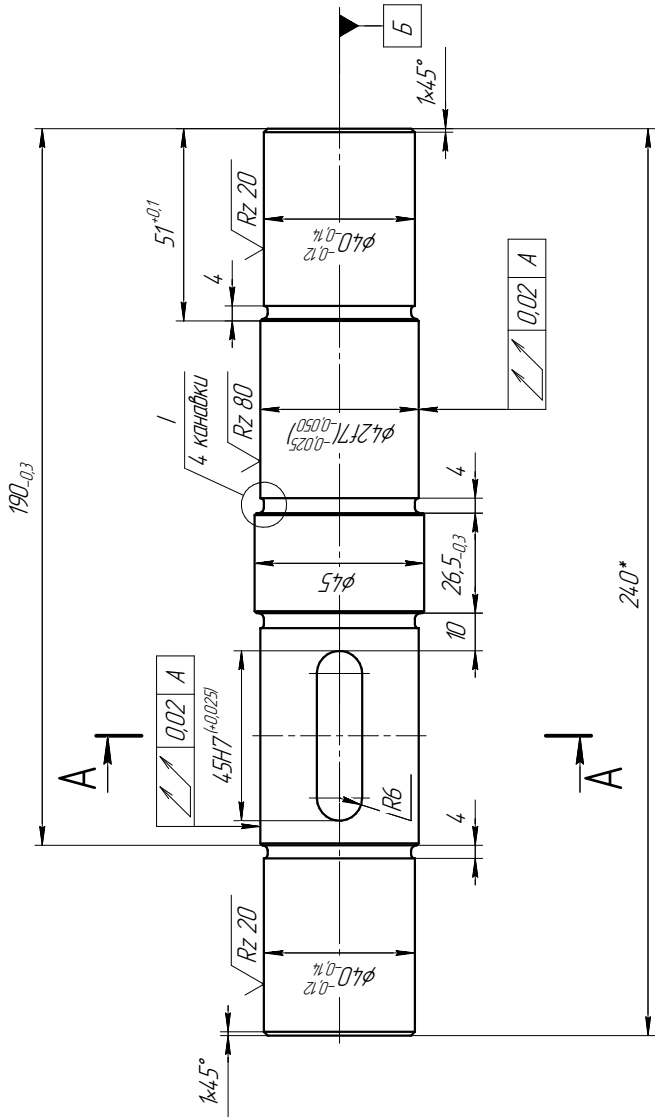
Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		19		Прокладка	2	
		20		Ниппель	2	
		21		Корпус насоса	1	
				Стандартні вироби		
				Болти по ГОСТ 7808-70		
		22		M8-8d×16.66.45	8	
		23		M12-8d×35.66.45	4	
		24		Шпилька M12-8d×30.60.45		
				ГОСТ 22034-76	14	
		25		Шайба 12.65Г		
				ГОСТ 6402-70	18	
		26		Гайка M36×3-7H.8.45		
				ГОСТ 5929-70	1	
		27		Гайка M12-7H.8.45		
				ГОСТ 2524-70	14	
		28		Гайка M12-7H.8.45		
				ГОСТ 5932-73	6	
		29		Штифт 12тв×36		
				ГОСТ 3128-70	4	
				Шпонки по ГОСТ 23360-78		
		30		12×8×32	1	
		31		12×8×45	3	
		32		Шплинт 3,2×25		
				ГОСТ 397-79	6	
Инв. № подл.	Подп. и дата					Лист
						2
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

ПНН НУЖ 13163.24.24.00.00 СК

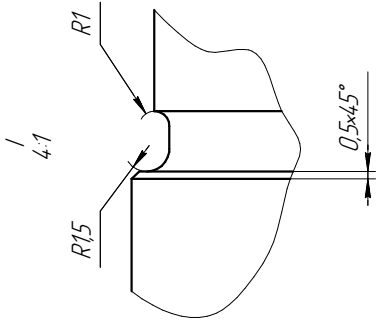
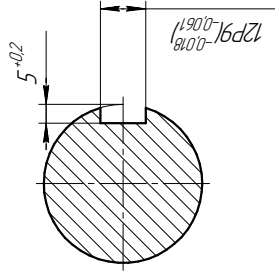


1. Перед складанням деталі насоса промити в дизельному паливі та обдати стиснутим повітрям
2. Обертання ведучого вала повинно бути легким, без затримок та заїдання
3. *Розміри для довідок

ПНН НУЖ 13163.24.24.00.00 СК									
Мат. лист		№ докум.	Підп.	Лист	Маса		Масштаб		
Розроб.		Шкала: 1:1			56		12		
Лист		Резерв: 1/1			Лист		1		
Нормат.		Норматив: 1/1			Лист		63-161102-23		
Чит.		Читателю: 1/1			Лист		63-161102-23		



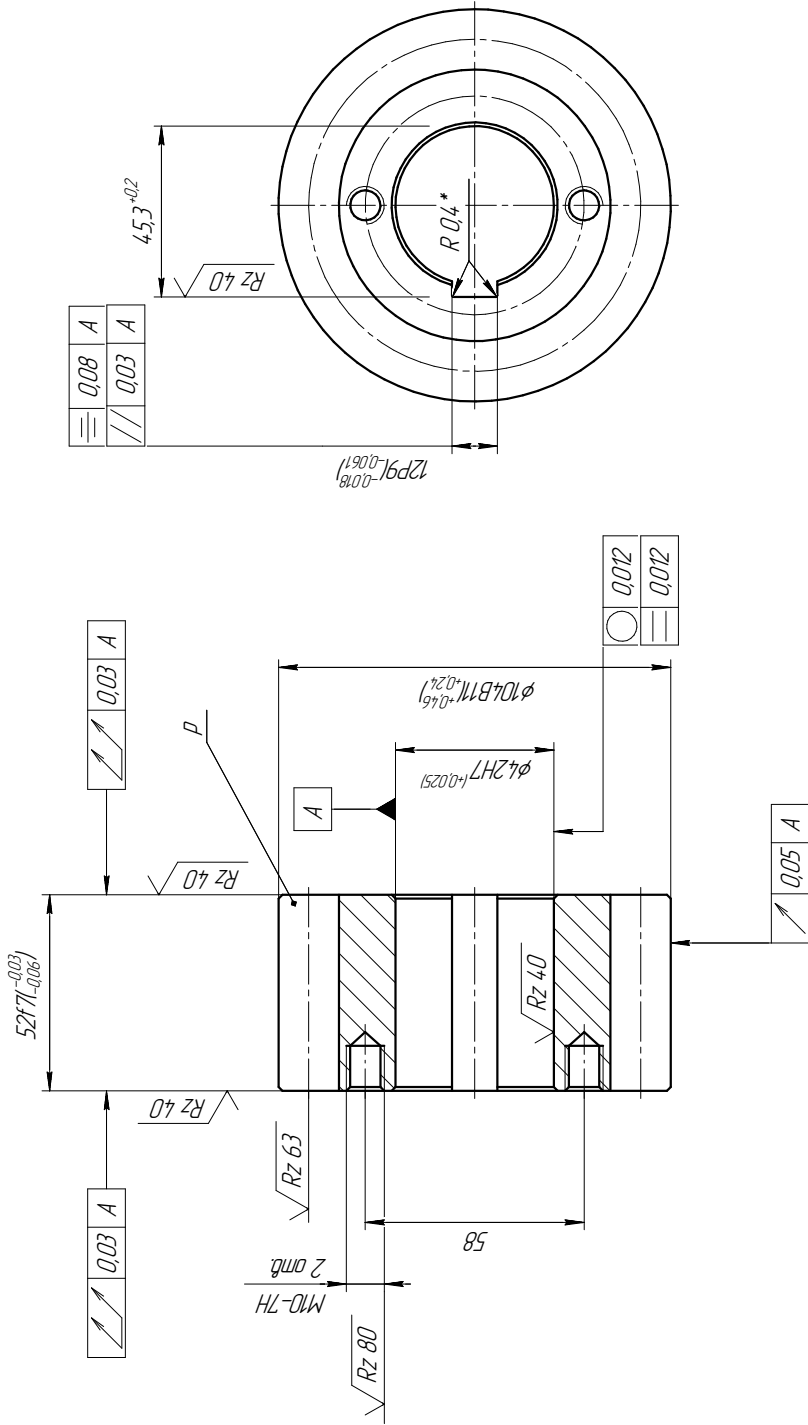
A-A



- Неказані граничні відхилення H14, H16, ±IT14/2
- Обов'язність та конусність ф40 в межах половини поля допуска
- HRC 20.25
- *Розмір для довідок

ПНН НУК 1316324.24.00.17 РК		Вал		Масса		Лист	
		введеній		2,5		11	
Сталь 40 ГОСТ 1050-88		63-ТЕМмаг-23		Лист		1	
Копія		Формат А2		Лист		1	

Модуль	m	8
Число зубців	z	10
Вихідний контур	-	ГОСТ 13755-79
Ступінь точності	-	8-8-7-7
Допуск на радіальне біття збідженого вінця	Fr	0,056
Дільний діаметр	d	80
Діаметр початкового кола	dw	88
Плямю контакту в зачепленні по висоті	%	не менше 60
Плямю контакту в зачепленні по довжині	%	не менше 55



- 1 229.277 НВ
- 2 Небезпечні граничні відхилення Н14, н14, #IT14/2
3. Плямю контакту в зачепленні забезпечити з робочої сторони Р зубців шестерні
4. *Розмір для довідок

ПНН НЧК 13163.24.24.0006 РК		Лист		Маса		Листів	
Шестерня		Лист		188		11	
Сталь 40Х		Лист		ГОСТ 4543-71		Листів	
63-ТЕМмаг-23		Лист		1		Листів	

[illegible]

[illegible]

к/м	цех	Діл.	РМ	опер.	Поз.	Найменування	Позначення	ОВП	ОВ	ОН	КН	Н витр.
Я												
01						<u>Стандартні вироби</u>						
02												
03					9	Болт М8-8dх20.66.45	ГОСТ 7808-70		шт.	8	8	
04					14	Шпилька М8-8dх30.66.45	ГОСТ 22032-76		шт.	4	4	
05					13	Гайка М12-7Н.8.45	ГОСТ 2524-70		шт.	4	4	
06					15	Шпилька М10-8dх30.66.45	ГОСТ 22032-76		шт.	10	10	
07												
08						<u>Матеріали</u>						
09												
10				005		Бензин-розчинник ГОСТ 3134-78			л			5
11				005		Тканина ГОСТ 111680-96			м²			1
12				005		Дизельне паливо ГОСТ 305-88			л			5
13				005		Масло ГОСТ 37905-89			л			
14												
15												
16												
17												
18												
19												
КК	Комплектовочна Карта											

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Складання масляного бака			
--------------------------	--	--	--

[illegible]

к/м	Найменування деталі, ск. одиниці або матеріалу	Код, позначення	ОВП	ОВ	ОН	КВ	Н контр.
-----	--	-----------------	-----	----	----	----	----------

P	

01	015. Випродувальна
----	--------------------

02	
02	

0 03	1. Перевіряємо масляний бак поз.1 на герметичність за допомогою стенду.
------	---

Т 04	Стенд ГОСТ 17892-92
------	---------------------

05	
----	--

0 06 2.	Встановлюємо масляний бак 1 на його робоче місце встановлюємо трубопроводи і патрубки, та заливаємо
---------	---

07	масло. В місяцях зварювання не допускається підтікання масла.
----	---

Т 08	Телефер ГОСТ 15846-89
------	-----------------------

60

0 10	3. Після заливля масла перетарувати вказівну колонку поз. 2.
------	--

11	
----	--

12	
----	--

0 13	4. Перевіряємо пробку поз. 12, фланці поз. 7,8,11 на герметичність та на підтікання.
------	--

14	
----	--

15	
----	--

16	
----	--

17	
----	--

18	
----	--

19	
----	--

ОК	Операційна Карта
----	------------------

[illegible]

