

ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ
"ПЕРВОМАЙСЬКИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ
Національного університету кораблебудування
імені адмірала Макарова"

Відділення «Двигуни та автомобілі»

Циклова комісія «Обслуговування автомобілів та виробництво двигунів»

Допущений до захисту

Голова циклової комісії

_____ Василь МАНЗЮК

« ____ » _____ 2025 р.

Пояснювальна записка

До кваліфікаційної роботи (дипломний проєкт)

фаховий молодший бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний ступень)

на тему: Проєкт 4-тактного дизельного двигуна та дільниці складання ШПГ з
розробкою конструкції шатуна

Виконав: здобувач освіти IV курсу, групи 431-ВД-21

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 133 Галузеве

машинобудування

Освітньо-професійна програма:

Виробництво, сервісне обслуговування та

експлуатація двигунів внутрішнього

згоряння

(підпис)

Євгеній ТРУФАН
(прізвище та ініціали)

Керівник _____
(підпис)

Ігор КОВАЛЕНКО
(прізвище та ініціали)

Консультант з економічного розділу

(підпис)

Ірина КАПАЦИНА
(прізвище та ініціали)

Нормоконтролер

(підпис)

Ігор КОВАЛЕНКО
(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Федір БЕЛЬСЬКИЙ
(прізвище та ініціали)

Дата захисту _____

Оцінка за захист _____

Первомайськ – 2025 року

Відокремлений структурний підрозділ
«ПЕРВОМАЙСЬКИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ
Національного університету кораблебудування
імені адмірала Макарова»

Відділення: «Двигуни та автомобілі»

Циклова комісія: «Обслуговування автомобілів та виробництво двигунів»

Освітньо-кваліфікаційний ступень: фаховий молодший бакалавр

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 133 Галузеве машинобудування

Освітньо-професійна програма: «Виробництво, сервісне обслуговування та експлуатація двигунів внутрішнього згоряння»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова циклової комісії «Обслуговування
автомобілів та виробництво двигунів»

Василь МАНЗЮК

“ ” 2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ) ЗДОБУВАЧЕВІ ОСВІТИ

Євгенію ТРУФАНУ

(ім'я, ПРИЗВИЩЕ)

1. Тема проєкту Проект 4 тактного дизельного двигуна та ділянки складання ШПГ з розробкою конструкції шатуна

Керівник проєкту Ігор КОВАЛЕНКО

затверджені наказом вищого навчального закладу від “06” березня 2025 р. № 44-у

2. Строк подання здобувачем проєкту 13.06.2025 р.

3. Вихідні дані до проєкту: Потужність $P_e = 544$ кВт,

Частота обертання колінчастого валу $n = 500$ хв⁻¹, ступень стиску $E = 12,6$

Розробити технологічний процес складання ШПГ

Річне завдання 650 шт.

Режим роботи однозмінний

4. Зміст розрахунково – пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

- 1.1 Розрахунок робочого процесу двигуна
- 1.2 Розрахунок індикаторної діаграми
- 1.3 Аналіз ефективних показників проєктованого двигуна й прототипу
- 1.4 Розрахунок сил що діють у КШМ двигуна
- 1.5 Розробка конструкції деталі, вузла, системи
 - 1.5.1 Призначення, описування та обґрунтування проєктованої системи вузла, деталі
 - 1.5.2 Вибір матеріалу, визначення розмірів і розрахунок на міцність деталі, вузла
 - 1.5.3 Пропозиції по удосконаленню проєктованої системи, конструкції, вузла, деталі

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

- 2.1 Вибір обладнання, пристроїв, інструменту
- 2.2 Визначення технічної норми часу

3. ОРГАНІЗАЦІЙНО – ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Визначення потрібної кількості працівників і площі ділянки

4. ОРГАНІЗАЦІЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ПРОТИПОЖЕЖНИЙ ЗАХИСТ

4.1 Техніка безпеки та протипожежний захист на ділянці складання

4.2 Розрахунок освітлення на ділянці складання

ЛІТЕРАТУРА

ДОДАТКИ

1. Технологічний процес складання проєктованого вузла

2. Специфікації складальних креслень

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Аркуш 1 Поперечний розріз двигуна А1 СК

Аркуш 2 ШПГ А1 СК

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Ім'я, ПРИЗВИЩЕ та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Організаційно-економічний	Ірина КАПАЦИНА – викладач відділення «Економіки та права»		

7. Дата видачі завдання 21.04.2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів проєкту	Примітка
1	Розділ 1	28.04.2025 р.	
2	Розділ 2	05.05.2025 р.	
3	Розділ 3	09.05.2025 р.	
4	Розділ 4	15.05.2025 р.	
5	Аркуш 1	21.05.2025 р.	
6	Аркуш 2	28.05.2025 р.	
7	Перевірка проєкту на плагіат	04.05.2025 р.	
8	Оформлення проєкту	11.06.2025 р.	

Здобувач освіти

Керівник проєкту

(підпис) Євгеній ТРУФАН
(ім'я, ПРИЗВИЩЕ)

(підпис) Ігор КОВАЛЕНКО
(ім'я, ПРИЗВИЩЕ)

З М І С Т

1 Конструкторський розділ	4
1.1 Розрахунок робочого процесу двигуна	4
1.2 Розрахунок індикаторної діаграми	11
1.3 Аналіз ефективних показників проектованого двигуна і прототипу	14
1.4 Динамічний розрахунок двигуна	15
1.5 Розробка конструкції шатуна	21
1.5.1 Призначення, умови роботи шатуна	21
1.5.2 Розрахунок шатуна	23
1.5.3 Пропозиції по удосконаленню шатуна	32
2 Технологічний розділ	33
2.1 Вибір обладнання ,пристосування і інструменту	33
2.2 Визначення технічної норми часу	34
3 Організаційно-економічний розділ	35
3.1 Визначення потрібної кількості працівників і площі ділянки	35
4 Організація охорони праці та протипожежний захист	39
4.1 Техніка безпеки та протипожежний захист на ділянці складання	39
4.2 Розрахунок освітлення на ділянці складання	40
Література	43
ДОДАТКИ	
Додаток А Креслення “ Дизель 8ЧН 25/34“	
Додаток Б Специфікація “ Дизель 8ЧН 25/34“	

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.26 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Труфан Є.А.			Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Коваленко І.М					2	43
Н. Контр.		Коваленко І.М						
Затверд.		Манзюк В.М.				431-ВД-21		

Додаток В Креслення “ Шатунно-поршнева група”

Додаток Г Специфікація “ Шатунно-поршнева група “

Додаток Д Технологічний процес складання ШПГ

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.26 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

1 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

1.1 Розрахунок робочого процесу двигуна

Розрахунки виконані за допомогою програми Microsoft Excel

Умова завдання

Ефективна потужність	$P_e =$	544 кВт
Частота обертання колінчастого валу.	$n =$	500 хв ⁻¹
Ступінь стиску	$\varepsilon =$	12,6

Вихідні дані теплового розрахунку.

Число циліндрів	$i =$	8	
Тиск наддуву	$P_b =$	0,154 МПа	
Коефіцієнт надлишку повітря	$\alpha =$	1,79	[1]
Тиск навколишнього середовища	$P_a =$	0,101 МПа	[1]
Температура навколишнього середовища	$T_a =$	293 К	[1]
Підігрів свіжого заряду	$\Delta T =$	9 К	[1]
Тиск залишкових газів	$P_r =$	0,145 МПа	[1]
Температура залишкових газів	$T_r =$	846 К	[1]
Ступінь підвищення тиску	$\lambda =$	1,71	[1]
Коефіцієнт використання теплоти в точці "Z"	$\xi_z =$	0,88	[1]
Коефіцієнт повноти індикаторної діаграми	$\xi =$	0,93	[1]

Паливо

Дизельне пальне Л - 0.2 - 40 ДСТУ 3868-99

Середній елементарний склад палива

Вуглець C=0,86; Водень H=0,13; Кисень O=0,01

Найнижча теплота згорання палива

$Q_H = 42500$ кДж/кг

Параметри робочого тіла.

Теоретично необхідна кількість повітря для згорання 1кг. палива

$$L_0 = \frac{1}{0,21} \times \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O}{32} \right) = \frac{1}{0,21} \times \left(\frac{0,86}{12} + \frac{0,13}{4} - \frac{0,01}{32} \right) = 0,495 \text{ кмоль/кг}$$

$$l_0 = 28,95 \times L_0 = 28,95 \times 0,495 = 14,33 \text{ кг}$$

Кількість свіжого заряду

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

$$M_1 = 0,88605 \text{ кмоль/кг}$$

Кількість окремих компонентів продуктів згорання

$$\text{Кількість CO}_2: M_{CO_2} = \frac{C}{12}, \text{ кмоль/кг} \quad 0,072 \text{ кмоль/кг}$$

$$\text{Кількість H}_2\text{O}: M_{H_2O} = \frac{H}{2}, \text{ кмоль/кг} \quad 0,065 \text{ кмоль/кг}$$

$$\text{Кількість O}_2: M_{O_2} = 0,21 \times (\alpha - 1) \times L_0, \text{ кмоль/кг} \quad 0,082 \text{ кмоль/кг}$$

$$\text{Кількість N}_2: M_{N_2} = 0,79 \times \alpha \times L_0, \text{ кмоль/кг} \quad 0,7 \text{ кмоль/кг}$$

Загальна кількість продуктів згоряння

$$M_2 = M_{CO_2} + M_{H_2O} + M_{O_2} + M_{N_2}, \text{ кмоль/кг} \quad 0,919 \text{ кмоль/кг}$$

Параметри процесу газообміну

Температура повітря після нагнітача

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

де $n_k = 1,62$ показник політропи стиску повітря в нагнітачі

$$T_{\theta} = 345,649 \text{ K}$$

Тиск в кінці впуску

$$P_d = (0,9 - 0,95) \times P_{\theta} \text{ МПа}$$

число з інтервалу 0,92

$$P_d = 0,14168 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт залишкових газів

$$\gamma_r = \frac{T_{\theta} - \Delta T_1 + \Delta T}{T_r} \times \frac{P_r}{\varepsilon \times P_d - P_r}$$

де $\Delta T_1 = (30 - 50^{\circ})$ ступінь охолодження повітря

$$\Delta T_1 = 45 \text{ K}$$

$$\gamma_r = 0,03236$$

Температура в кінці впуску

$$T_d = \frac{T_{\theta} - \Delta T_1 + \Delta T + \gamma_r \times T_r}{1 + \gamma_r}, K$$

$$T_d = 326,46 \text{ K}$$

Коефіцієнт наповнення

$$\Phi_c = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \times \frac{P_d}{P_{\theta}} \times \frac{T_{\theta} - \Delta T_1}{T_d (1 + \gamma_r)}$$

$$\Phi_c = 0,89146$$

Густина заряду на впуску

$$\rho_{\theta} = \frac{P_{\theta} \times 10^6}{R_{\pi} \times (T_{\theta} - \Delta T_1)}, \text{ кг/м}^3$$

де $R_{\pi} = 287 \text{ Дж/кг} \times \text{K}$ - універсальна газова постійна для повітря

$$\rho_{\theta} = 1,78476 \text{ кг/м}^3$$

Параметри процесу стиску

Вибираємо значення

$$n_1 = 1,366$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.26 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Тиск в кінці стиску

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

$$P_c = 4,51247 \text{ МПа}$$

Температура в кінці стиску

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

$$T_c = 825,212 \text{ К}$$

Середня мольна теплоємність повітря

$$mCv' = 1988 + 0,002638 \times T_c, \frac{\text{КДж}}{\text{Кмоль} \times \text{К}}$$

$$mCv' = 22,057 \text{ КДж/Кмоль} \times \text{К}$$

Параметри процесу згоряння

Теоретичний коефіцієнт молекулярної зміни

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

$$\beta_0 = 1,03692$$

Дійсний коефіцієнт молекулярної зміни

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

$$\beta = 1,03577$$

Емпіричні формули середніх мольних теплоємностей окремих газів при сталому об'ємі

$$\text{для } O_2: mCv''_{O_2} = 23,3 + 0,00155 \times T_z$$

$$\text{для } N_2: mCv''_{N_2} = 21,554 + 0,001457 \times T_z$$

$$\text{для } CO_2: mCv''_{CO_2} = 38,609 + 0,003349 \times T_z$$

$$\text{для } H_2O: mCv''_{H_2O} = 25,459 + 0,004438 \times T_z$$

Середня мольна теплоємність продуктів згоряння при сталому об'ємі

$$mCv'' = \frac{1}{M_2} \left[M_{CO_2} \times (mCv''_{CO_2}) + M_{H_2O} \times (mCv''_{H_2O}) + M_{O_2} \times (mCv''_{O_2}) + M_{N_2} \times (mCv''_{N_2}) \right] \times \frac{\text{КДж}}{\text{Кмоль} \times \text{К}}$$

Після підстановки одержимо рівняння

$$mCv'' = a + b \times T_z, \frac{\text{КДж}}{\text{Кмоль} \times \text{К}}$$

де:

$$a = 23,3167$$

$$b = 0,00182$$

Середня мольна теплоємність продуктів згоряння при сталому тиску

$$mC''p = mC''v + 8.134, \frac{\text{КДж}}{\text{Кмоль}} \times K$$

Після підстановки одержимо рівняння

$$mC''p = a + v \times T_z, \frac{\text{КДж}}{\text{Кмоль}} \times K$$

де:

$$a = 31,4507$$

$$v = 0,00182$$

Максимальний тиск згоряння

$$P_{\max} = \lambda \times P_c, \text{МПа}$$

$$P_{\max} = 7,71633 \text{ МПа}$$

Максимальна температура процесу згоряння

$$\frac{\xi_z \times Q_H}{M_1 \times (1 + \gamma_r)} + (mC''v + 8.134 \times \lambda) \times T_c = \beta(mC''p) \times T_z$$

Після підстановки одержимо квадратне рівняння

$$A \times T_z^2 + B \times T_z - c = 0$$

де:

$$A = 0,00189$$

$$B = 32,5756$$

$$C = 70566,4$$

Звідки:

$$T_z = \frac{-B + \sqrt{B^2 + 4 \times A \times C}}{2 \times A}, K$$

$$T_z = 1946,52 \text{ К}$$

Ступінь попереднього розширення

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

$$\rho = 1,429$$

Параметри процесу розширення

Ступінь наступного розширення

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

$$\delta = 8,81883$$

Середній показник політропи розширення

Вибираємо значення

$$n_2 = 1,262$$

Тиск в кінці розширення

$$P_6 = \frac{P_{\max}}{\delta^{n_2}}, \text{ МПа}$$

$$P_6 = 0,49465 \text{ МПа}$$

Температура в кінці розширення

$$T_6 = \frac{T_Z}{\delta^{n_2-1}}, \text{ К}$$

$$T_6 = 1100,43 \text{ К}$$

Індикаторні показники робочого тіла

Середній теоретичний індикаторний тиск

$$P'_{mi} = \frac{P_C}{\varepsilon - 1} \times \left[\lambda \times (\rho - 1) + \frac{\lambda \times \rho}{n_2 - 1} \times \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2-1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \times \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1-1}} \right) \right], \text{ МПа}$$

$$P'_{mi} = 1,21961 \text{ МПа}$$

Дійсний середній індикаторний тиск

$$P_{mi} = \xi \times P'_{mi}, \text{ МПа}$$

$$P_{mi} = 1,13423 \text{ МПа}$$

Індикаторний ККД

$$\eta_i = \frac{P_{mi} \times l_0 \times \alpha}{Q_H \times \rho_g \times \Phi_c \times 10^{-3}}$$

$$\eta_i = 0,43026$$

Питома індикаторна витрата палива

$$g_i = \frac{3600}{Q_H \times \eta_i}, \text{ кг/квт.год.}$$

$$g_i = 0,19687 \text{ кг/квт.год.}$$

Ефективні показники робочого циклу

Середній тиск механічних втрат

$$P_M = 0,089 + 0,0118 \times V_{\text{П.СР}} \text{ МПа}$$

де середня швидкість поршня

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

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.26 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$S_{\text{ПР}} = 0,34$ м Хід поршня по прототипу

$$V_{\text{П.СР}} = 5,6667 \text{ м/с}$$

$$P_{\text{М}} = 0,1559 \text{ МПа}$$

Середній ефективний тиск

$$P_{\text{те}} = P_{\text{mi}} - P_{\text{м}}, \text{МПа}$$

$$P_{\text{те}} = 0,97837 \text{ МПа}$$

Механічний К.К.Д.

$$\eta_{\text{М}} = \frac{P_{\text{те}}}{P_{\text{mi}}}$$

$$\eta_{\text{М}} = 0,86258$$

Ефективний К.К.Д.

$$\eta_{\text{е}} = \eta_{\text{i}} \times \eta_{\text{М}}$$

$$\eta_{\text{е}} = 0,37114$$

Питома ефективна витрата палива

$$v_{\text{е}} = \frac{3600}{Q_{\text{H}} \times \eta_{\text{е}}}, \text{кг/квт. год.}$$

$$v_{\text{е}} = 0,22823 \text{ кг/квт год}$$

Годинна витрата палива

$$B = v_{\text{е}} \times P_{\text{е}}, \text{кг/год}$$

$$B = 124,159 \text{ кг/год}$$

Основні розміри циліндра і двигуна

Літраж двигуна

$$V_{\text{st}} = 30 \times Z \times \frac{P_{\text{е}}}{P_{\text{те}} \times n}, \text{Л}$$

де $Z=4$ - Коефіцієнт тактності

$$V_{\text{st}} = 133,447 \text{ Л}$$

Робочій об'єм циліндра

$$V_{\text{s}} = \frac{V_{\text{st}}}{i}, \text{Л}$$

$$V_{\text{s}} = 16,6809 \text{ Л}$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.26 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Діаметр циліндра

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

$$m = \frac{S_{\text{пр}}}{d_{\text{пр}}}$$

де $d_{\text{пр}} = 0,25$ м Діаметр поршня прототипу

$$m = 1,36$$

$$d = 249,998 \text{ мм}$$

Хід поршня

$$S = m \times d =, мм$$

$$S = 339,997 \text{ мм}$$

Уточненні розміри циліндра і двигуна

Діаметр циліндра

$$d = 250 \text{ мм}$$

Хід поршня

$$S = 340 \text{ мм}$$

Літраж двигуна

$$V_{St} = \frac{\pi \times d^2 \times S \times i}{4 \times 10^6} =, л$$

$$V_s = 133,45 \text{ л}$$

Ефективна потужність двигуна

$$P_{ep} = \frac{P_{me} \times V_{St} \times n}{30 \times Z} =, кВт$$

$$P_{ep} = 544,013 \text{ кВт}$$

Отримана величина P_{ep} відрізняється від заданої на:

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

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

$$P_{eep} = 544,006 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_e = 0,00232 \%$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.26 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

1.2 Розрахунок індикаторної діаграми

Розрахунки виконані за допомогою програми Microsoft Excel

Розрахунок теоретичної індикаторної діаграми

Вихідні дані

$P_{mi} =$	1,134 МПа	Середній індикаторний тиск
$P_d =$	0,1417 МПа	Тиск в кінці впуску
$n_1 =$	1,366	Показник політропи стиску
$\varepsilon_c =$	12,600	Ступінь стиску
$P_{max} =$	7,7163 МПа	Максимальний тиск в циліндрі
$n_2 =$	1,262	Показник політропи розширення
$\rho =$	1,4288	Ступінь попереднього розширення

Таблиця 1.1 Результати розрахунку

V/V_c	$P_{CT}, \text{МПа}$	$P_{роз}, \text{МПа}$	$P_{cp}, \text{МПа}$
1	4,512474002		3,2039
1,250	3,3268685		
1,429	2,771659447	7,716330544	
1,5	2,593427149	7,256758974	
1,75	2,100993643	5,973871137	
2	1,750683904	5,047426611	3,2967
3	1,006160072	3,025818293	2,0197
4	0,679204828	2,104602871	1,4254
5	0,50075084	1,588070294	1,0873
6	0,390355322	1,261661904	0,8713
7	0,316235623	1,038618708	0,7224
8	0,263507991	0,877546835	0,614
9	0,224346576	0,756337826	0,532
10	0,194274014	0,662170559	0,4679
11	0,170558083	0,587127333	0,4166
12	0,151444369	0,526069514	0,3746
12,6	0,14168	0,494654814	0,353
$P_{mi}^A =$			1,125

Похибка середнього індикаторного тиску

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

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

$$P_{mi \text{ ср}} = 1,12962 \text{ МПа}$$

$$\Delta P_{mi} = 0,81739 \%$$

Похибка не перевищує 5%

Побудова дійсної індикаторної діаграми

$C', \text{ДоВМТ}$	точка подачі палива форсункою (подачі іскри) Визначається кутом випередження впорску палива (випередження запалювання)
$f, \text{ДоВМТ}$	точка початку згорання, визначається кутом затримки згорання: $\Delta\varphi_1 = ^\circ \text{ПКВ}$
$\Delta\varphi_2, \text{ПісляВМТ}$	кут після ВМТ, де тиск максимальний
$b', \text{ПісляВМТ}$	точка відкриття випускного клапану
$r', \text{ДоВМТ}$	точка відкриття впускного клапану
$r'', \text{ПісляВМТ}$	точка закриття випускного клапану
$d', \text{ДоВМТ}$	точка закриття впускного клапану
c''	точка тиску газів в ВМТ в кінці такту стиску
Z_d	точка максимального тиску газів

Вихідні дані.

$\lambda_L =$	0,250	Кривошипно-шатунне відношення
$[AB] =$	205,000 мм	Відстань від ВМТ до НМТ на діаграмі
$\Delta\varphi_1 =$	10,000 $^\circ \text{ПКВ}$	Кут затримки згорання
$P_r =$	0,145 МПа	Тиск залишкових газів
$S =$	340,000 мм	Хід поршня
$P_c =$	4,512 МПа	Тиск в кінці стиску
$P_{\max} =$	7,716 МПа	Максимальний тиск

Таблиця 1.2 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 $X \times \frac{[AB]}{2}, \text{мм}$
$C', \text{ДоВМТ}$	14	0,037	3,795
$f, \text{ДоВМТ}$	4	0,003	0,312
$\Delta\varphi_2, \text{ПісляВМТ}$	10	0,019	1,944
$b', \text{ПісляВМТ}$	130	1,716	175,904
$r', \text{ДоВМТ}$	70	0,768	78,757
$r'', \text{ПісляВМТ}$	50	0,431	44,133
$d', \text{ДоВМТ}$	150	1,897	194,471

Тиск газів в ВМТ.

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

1,23 Число з інтервалу

$$P_c'' = 5,550 \text{ МПа}$$

Максимальний тиск згорання

для дизелів: $P_{zd} = P_{\max}$

1.3 Аналіз ефективних показників проектного двигуна і прототипу

Таблиця 1.3 Параметри двигунів

Найменування параметру	Позначення	Прототип 8ЧН25/34-4	Двигун, що проекується
Ефективна потужність	P_e , кВт	533	544
Частота обертання колінчатого валу	n , хв. ⁻¹	500	500
Ступінь стиску	ϵ	12,5	12,6
Середній ефективний тиск	P_{me} , кПа	962	978
Питома ефективна витрата пального	B_e , кг/кВтгод	0,222	0,228
Діаметр циліндра	d , мм	250	250
Хід поршня	S , мм	340	340
Літраж двигуна	V_{st} , л	133,5	133,5
Тиск наддуву	P_b , кПа	140	154

Потужність проектного двигуна більша потужності прототипу за рахунок збільшення тиску наддуву, що в свою чергу привело до підвищення середнього ефективного тиску.

Літраж двигуна та частота обертання колінчастого валу залишилися без змін. Збільшилась в порівнянні з прототипом питома ефективна витрата пального за рахунок менш оптимального вибору вихідних даних розрахунку робочого процесу.

1.4 Динамічний розрахунок двигуна

Розрахунки виконані за допомогою програми Microsoft Excel

На деталі КШМ діють

Сили тиску газу

$$F_z = (P_y - P_a) \times \frac{\pi \times d^2}{4}, H$$

Сили інерції мас, що рухаються зворотно-поступально

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

сумарна сила (дійсна)

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

Нормальна сила

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

Радіальна сила

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

Дотична сила

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

Вихідні дані

A	=	0,049 м ²	Площа поршня
λ	=	0,250	Кривошипно-шатунне відношення
m_s	=	77,7 кг	Маса деталей, що рухаються зворотно-поступально
r	=	0,170 м	Радіус кривошипа
ω	=	52,33 с ⁻¹	Кутова швидкість
P_d	=	141,7 кПа	Тиск в кінці впуску
P_a	=	101 кПа	Атмосферний тиск
p_1	=	1,366	Показник політропи стиску
p_2	=	1,262	Показник політропи розширення
$P_{\max}$	=	7716,331 кПа	Теоретичний тиск згорання
P_{zd}	=	7716,331 кПа	Дійсний тиск згорання
$P_{c''}$	=	5550,343 кПа	Дійсний тиск в кінці стиску
P_r	=	145 кПа	Тиск залишкових газів
P_b	=	495 кПа	Тиск в кінці розширення
d	=	0,25 м	Діаметр циліндра

$S = 0,34 \text{ м}$
 $\varepsilon = 12,6$
 $n = 500 \text{ хв}^{-1}$

Хід поршня
 Ступінь стиску
 Частота обертання

$$V_s = \frac{\pi \times d^2}{4} \times S, \text{ м}^3$$

робочий об'єм

$$V_s = 0,016681 \text{ м}^3$$

$$V_c = \frac{V_s}{\varepsilon - 1}, \text{ м}^3$$

об'єм камери стиску

$$V_c = 0,001438 \text{ м}^3$$

$$V_a = V_s + V_{c, \text{м}^3}$$

повний об'єм

$$V_a = 0,018119 \text{ м}^3$$

Об'єм над поршнем в залежності від кута повороту кривошипа

$$V_f = A \times r \times \left[(1 - \cos \varphi) + \frac{\lambda_L}{4} \times (1 - \cos 2\varphi) \right] + V_c, \text{ м}^3$$

Таблиця 1.4 Результати динамічного розрахунку

j^0	V_f	F_{Γ}	F_i	F_d	F_N	F_r	F_k
ПКВ	M^3	КН	КН	КН	КН	КН	КН
0	0,00144	2,00	-45,22	-43,22	0,00	-43,22	0,00
10	0,0016	2,00	-44,13	-42,13	-1,83	-41,17	-9,12
20	0,00206	2,00	-40,92	-38,93	-3,34	-35,44	-16,45
30	0,00282	2,00	-35,85	-33,86	-4,27	-27,19	-20,62
40	0,00382	2,00	-29,28	-27,29	-4,44	-18,05	-20,94
50	0,00503	2,00	-21,68	-19,69	-3,84	-9,71	-17,55
60	0,00639	2,00	-13,57	-11,57	-2,57	-3,56	-11,30
70	0,00785	2,00	-5,44	-3,45	-0,83	-0,40	-3,53
80	0,00934	2,00	2,22	4,21	1,07	-0,32	4,33
90	0,01082	2,00	9,04	11,04	2,85	-2,85	11,04
100	0,01224	2,00	14,78	16,78	4,26	-7,11	15,78
110	0,01355	2,00	19,30	21,30	5,15	-12,12	18,25
120	0,01473	2,00	22,61	24,61	5,46	-17,03	18,58
130	0,01575	2,00	24,82	26,82	5,23	-21,25	17,18
140	0,0166	2,00	26,14	28,14	4,58	-24,50	14,58
150	0,01726	2,00	26,81	28,80	3,63	-26,76	11,26
160	0,01774	2,00	27,07	29,06	2,49	-28,16	7,60
170	0,01802	2,00	27,13	29,12	1,27	-28,90	3,81
180	0,01812	2,00	27,13	29,13	0,00	-29,13	0,00
190	0,01802	2,05	27,13	29,17	-1,27	-28,95	-3,82
200	0,01774	2,20	27,07	29,27	-2,51	-28,36	-7,65
210	0,01726	2,47	26,81	29,28	-3,69	-27,20	-11,44
220	0,0166	2,88	26,14	29,02	-4,73	-25,27	-15,04
230	0,01575	3,46	24,82	28,29	-5,52	-22,41	-18,12
240	0,01473	4,27	22,61	26,88	-5,96	-18,60	-20,30
250	0,01355	5,38	19,30	24,68	-5,97	-14,05	-21,15
260	0,01224	6,93	14,78	21,71	-5,51	-9,20	-20,42
270	0,01082	9,10	9,04	18,14	-4,68	-4,68	-18,14
280	0,00934	12,23	2,22	14,44	-3,67	-1,11	-14,86
290	0,00785	16,85	-5,44	11,40	-2,76	1,31	-11,66
300	0,00639	23,91	-13,57	10,34	-2,29	3,18	-10,10
310	0,00503	35,08	-21,68	13,40	-2,61	6,61	-11,94
320	0,00382	53,33	-29,28	24,05	-3,92	15,90	-18,46
330	0,00282	83,45	-35,85	47,59	-6,00	38,22	-28,99
340	0,00206	130,27	-40,92	89,35	-7,67	81,34	-37,77
350	0,0016	187,03	-44,13	142,90	-6,21	139,65	-30,93
360	0,00144	267,36	-45,22	222,14	0,00	222,14	0,00
370	0,0016	373,63	-44,13	329,50	14,32	322,01	71,32
380	0,00206	235,13	-40,92	194,21	16,67	176,80	82,09
390	0,00282	157,15	-35,85	121,30	15,28	97,41	73,89
400	0,00382	105,37	-29,28	76,09	12,39	50,32	58,40
410	0,00503	73,02	-21,68	51,34	10,02	25,33	45,77
420	0,00639	52,68	-13,57	39,12	8,67	12,05	38,21

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.26 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 1.4

j^0	V_f	F_{Γ}	F_i	F_d	F_N	F_r	F_k
ПКВ	M^3	КН	КН	КН	КН	КН	КН
430	0,00785	39,53	-5,44	34,08	8,24	3,92	34,84
440	0,00934	30,74	2,22	32,96	8,37	-2,52	33,91
450	0,01082	24,69	9,04	33,74	8,71	-8,71	33,74
460	0,01224	20,43	14,78	35,21	8,94	-14,92	33,12
470	0,01355	17,36	19,30	36,67	8,86	-20,87	31,42
480	0,01473	15,13	22,61	37,74	8,37	-26,12	28,50
490	0,01575	13,50	24,82	38,33	7,48	-30,37	24,55
500	0,0166	12,32	26,14	38,47	6,26	-33,49	19,93
510	0,01726	11,49	26,81	38,30	4,83	-35,58	14,97
520	0,01774	10,94	27,07	38,00	3,26	-36,83	9,93
530	0,01802	10,62	27,13	37,75	1,64	-37,46	4,94
540	0,01812	10,65	27,13	37,79	0,00	-37,79	0,00
550	0,01802	2,16	27,13	29,29	-1,27	-29,06	-3,83
560	0,01774	2,16	27,07	29,23	-2,51	-28,32	-7,64
570	0,01726	2,16	26,81	28,97	-3,65	-26,91	-11,32
580	0,0166	2,16	26,14	28,30	-4,61	-24,64	-14,66
590	0,01575	2,16	24,82	26,98	-5,27	-21,38	-17,29
600	0,01473	2,16	22,61	24,77	-5,49	-17,14	-18,70
610	0,01355	2,16	19,30	21,46	-5,19	-12,21	-18,39
620	0,01224	2,16	14,78	16,94	-4,30	-7,18	-15,93
630	0,01082	2,16	9,04	11,20	-2,89	-2,89	-11,20
640	0,00934	2,16	2,22	4,38	-1,11	-0,33	-4,50
650	0,00785	2,16	-5,44	-3,29	0,79	-0,38	3,36
660	0,00639	2,16	-13,57	-11,41	2,53	-3,51	11,14
670	0,00503	2,16	-21,68	-19,52	3,81	-9,63	17,41
680	0,00382	2,16	-29,28	-27,12	4,42	-17,94	20,82
690	0,00282	2,16	-35,85	-33,69	4,24	-27,06	20,52
700	0,00206	2,16	-40,92	-38,76	3,33	-35,29	16,38
710	0,0016	2,16	-44,13	-41,97	1,82	-41,01	9,08
720	0,00144	2,16	-45,22	-43,06	0,00	-43,06	0,00

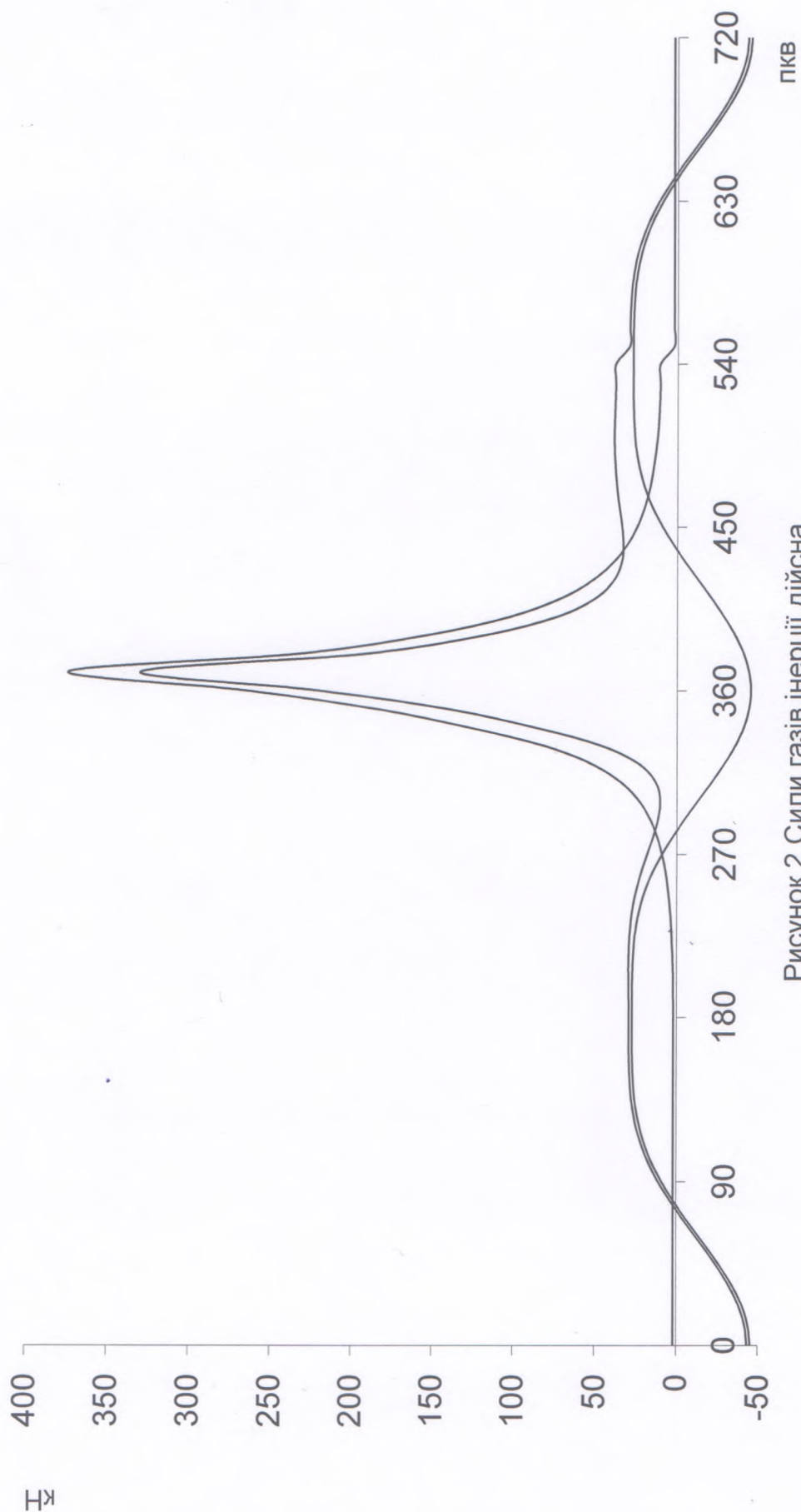


Рисунок 2 Сили газів, інерції, дійсна

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ВСП ПФК НУК 133.431.25.26 ПЗ

Арк.

19

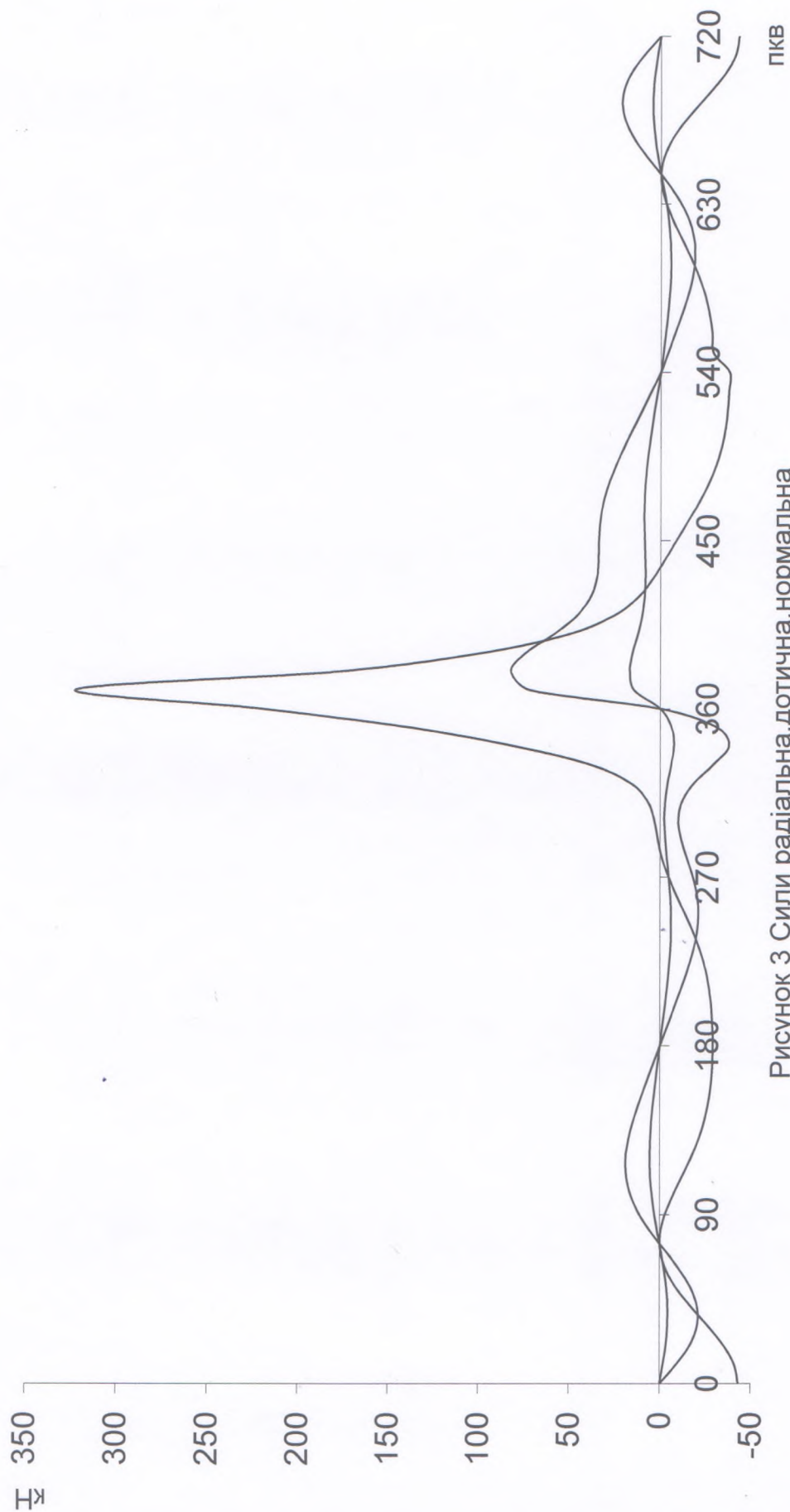


Рисунок 3 Сили радіальна, дотична, нормальна

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ВСП ПФК НУК 133.431.25.26 ПЗ

Арк.

20

1.5 Розробка конструкції шатуна

1.5.1 Призначення, умови роботи шатуна

Шатунна група служить для перетворення прямолінійного зворотно-поступального руху поршня в обертальний рух колінчатого вала і передачі йому сили від тиску газів на поршень.

Шатунна група складається з верхньої головки шатуна з поршневим підшипником, стрижня (тіла) шатуна і нижньої головки шатуна з кривошипним підшипником і шатунними болтами. У тронкових дизелях верхня головка шатуна з'єднується з поршневим пальцем. Нижня головка з'єднується з кривошипною (шатунною) шийкою колінчатого вала.

Умови роботи шатунної групи наступні. Нижня частина верхньої головки і верхня частина нижньої головки шатуна піддаються стиску дійсною силою $F_d(P)$, а стрижень стиску і поздовжньому вигину.

Незначний вигин у площині хитання шатуна не може істотно вплинути на роботу дизеля, а вигин у площині осі вала приводить до порушення роботи шатунних підшипників. У ВОД стрижень шатуна додатково піддається поперечному вигину в площині його хитання під дією сили інерції маси шатуна.

Шатунні болти навантажені статичною силою їхнього затяга P_6 і моментом, що скручує, M , що виникає за рахунок тертя витків різьблення болта і гайки.

У чотиритактних дизелях при зміні знака дійсної сили верхня частина верхньої головки шатуна піддається стиску, розриву і вигину, стрижень шатуна – розриву, нижня частина голівки – стиску і вигину, а шатунні болти додатково навантажуються зусиллями, що розривають, (силами інерції) і випробують ударні навантаження внаслідок перекладки зазорів у шатунних підшипниках (такий же навантажений стан елементів шатунної групи виникає при заїданні поршня). Додаткові напруження виникають у верхній

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.26 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

головці шатуна при запресовці втулки поршневого підшипника і внаслідок різних теплових деформацій матеріалів голівки і втулки.

Шатунні підшипники працюють на стирання при великих питомих тисках, що досягають 20-30 МПа і більше. Поршневий підшипник працює в зоні високих температур. Перекладка зазорів у підшипниках чотиритактного дизеля викликає в них ударні навантаження і стуки. Кінетична енергія удару різко зростає при збільшенні зазору в підшипнику, еліптичності шийки і частоти обертання вала.

До конструкції елементів шатунної групи висувають наступні вимоги:

- висока жорсткість і міцність головок шатуна і його стрижня при можливо меншій масі (для зменшення сил інерції);
- габарити нижньої головки (у тронкових дизелях) повинні дозволяти демонтаж шатуна разом з поршнем через циліндр;
- висока міцність втоми, піддатливість (пружність) і рівнозначна міцність шатунних болтів.

При збільшенні жорсткості підшипника поліпшуються умови утворення масляного клина (підшипник зберігає циліндричну форму), рівномірно розподіляються питомі тиски по поверхні антифрикційного сплаву і зменшується навантаження шатунних болтів при перекладці зазорів у підшипниках (у чотиритактних дизелях).

Матеріал стрижня шатуна – вуглецеві сталі чи леговані сталі.

Верхня головка шатуна має різну конструкцію в залежності типу і тактності дизеля.

У тронкових дизелях поршнева головка звичайно нероз'ємна, її відковують заодно зі стрижнем шатуна. У головку запресовують і часто фіксують від провертання й осьового зрушення гвинтами втулку поршневого підшипника. У чотиритактних дизелях для забезпечення необхідної жорсткості і міцності верхню частину головки часто підсилюють чи підкріплюють ребром жорсткості.

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.26 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

1.5.2 Розрахунок шатуна

Розрахунки виконані за допомогою програми Microsoft Excel

Визначення основних розмірів шатуна

Діаметр циліндра

$$d = 0,25 \text{ м}$$

Зовнішній діаметр поршневого пальця

$$d_n = (0,3 - 0,45)d = 0,11 \text{ м}$$

$$0,42$$

Внутрішній діаметр верхньої головки

$$d_{br} = (1,1 - 1,25)d_n = 0,13 \text{ м}$$

$$1,25$$

Зовнішній діаметр верхньої головки

$$d_{nr} = (1,3 - 1,7)d_n = 0,16 \text{ м}$$

$$1,5$$

Довжина втулки верхньої головки шатуна

а) плаваючого типу

$$L_{ш} = (0,33 - 0,45)d = 0,08 \text{ м}$$

$$0,33$$

б) жорстко закріпленого

$$L_{ш} = (0,28 - 0,32)d = 0 \text{ м}$$

$$0$$

Діаметр шатунної шийки

$$d_{шш} = (0,56 - 0,75)d = 0,18 \text{ м}$$

$$0,72$$

Товщина стінки вкладишу нижньої головки

$$t_B = (0,03 - 0,05)d_{шш} = 0,01 \text{ м}$$

$$0,05$$

Відстань між шатунними болтами

$$L_6 = (1,3 - 1,75)d_{шш} = 0,31 \text{ м}$$

$$1,73$$

Довжина нижньої головки

$$L_K = (0,45 - 0,95)d_{шш} = 0,17 \text{ м}$$

$$0,95$$

Довжина шатуна

$$L = \frac{r}{\lambda_L} = 0,68 \text{ м}$$

Розміри двутаврового перерізу стержня шатуна

-висота полки

$$h = (1,2 - 1,4)h_{\min} = 0,11 \text{ м}$$

$$h_{\min} = (0,5 - 0,55) d_{\text{гр}} = 0,09 \text{ м}$$

-ширина полки

$$b = (0,55 - 0,75) h = 0,07 \text{ м}$$

$$\begin{aligned} \text{середня товщина полки (приймається конструктивно)} C &= 0,0075 \text{ м} \\ \text{товщина верхньої стінки (приймається конструктивно)} a &= 0,01 \text{ м} \end{aligned}$$

При цьому $a > c$

Умови роботи шатуна.

Шатуни зазнають знакоперемінних газових і інерційних сил.

Крім напружень стиску в стержні шатуна виникають напруження згинання і розтягання

Вимоги до матеріалу шатуна.

висока міцність

малі відносні удовження

високий опір удару

висока межа втоми

мінімальна маса при необхідній міцності і надійності.

Вибір марки матеріалу.

Вибираємо сталь 40ХН ГОСТ 4543-81

Механічні властивості матеріалу.

$$\sigma_s = 981 \text{ МПа} \quad \sigma_m = 784 \text{ МПа}$$

Розрахунок на міцність.

Вихідні данні

$$\text{діаметр циліндра} \quad d = 0,25 \text{ м}$$

$$\text{хід поршня} \quad S = 0,34 \text{ м}$$

$$\text{частота обертання} \quad n = 500 \text{ хв}^{-1}$$

$$\text{кривошипно-шатунне відношення} \quad \lambda_L = 0,25$$

$$\text{максимальний тиск в циліндрі} \quad P_{\max} = 7,72 \text{ МПа}$$

$$\text{маса поршневої групи} \quad m_{\text{п}} = 52,7 \text{ кг}$$

$$\text{маса шатуна} \quad m_{\text{ш}} = 68 \text{ кг}$$

Розрахунок стержня шатуна.

сила, що стискає стержень шатуна.

A- площа поршня

$$F_{cm} = P_{\max} \cdot A - m_s \cdot r \cdot \omega^2 \cdot (1 + \lambda_L) \cdot 10^6 =$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = 0,049 \text{ м}^2$$

$$F_{ct} = 0,33440791 \text{ МН}$$

$$m_s = 75,9 \text{ кг}, \text{ маса деталей зворотно-поступального руху}$$

сила що розтягує стержень шатуна.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ВСП ПФК НУК 133.431.25.26 ПЗ

Арк.

24

$$F_p = -m_s \cdot r \cdot \omega^2 \cdot (1 + \lambda_L) \cdot 10^{-6} =$$

$$F_p = -0,04417306 \text{ МН}$$

$$r = \frac{S}{2} \text{ радіус кривошипа}$$

$$r = 0,17 \text{ м}$$

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} \text{ кутова швидкість}$$

$$\omega = 52,3333333 \text{ с}^{-1}$$

площа середнього перерізу стержня шатуна.

$$A_{cp} = b \cdot h - (b - a) \cdot (h - 2 \cdot c) - \frac{\pi \cdot d_m^2}{4}$$

$$d_m = 0,009 \text{ діаметр масляного каналу в стержні шатуна; м}$$

$$A_{cp} = 0,00201 \text{ м}^2$$

момент інерції середнього перерізу стержня шатуна.

$$I_x = \frac{b \cdot h^3 - (b - a) \cdot (h - 2 \cdot c)^3}{12}$$

$$I_x = 3,813 \text{E-}06 \text{ м}^4$$

$$I_y = \frac{h \cdot b^3 - (h - 2 \cdot c) \cdot (b - a)^3}{12}$$

$$I_y = 1,6273 \text{E-}06 \text{ м}^4$$

коефіцієнти.

$$K_x = 1 + 0,0005 \cdot \left(\frac{L^2}{I_x} \right) \cdot A_{cp}$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.26 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_x = 1,12190738$$

$$K_y = 1 + 0,0005 \cdot \left(\frac{l_1^2}{4I_y} \right) \cdot A_{cp}$$

$$K_y = 1,04102101$$

$$l_1 = L - \frac{d_{az} + (d_{ши} + 2t_e)}{2}$$

$$l_1 = 0,515375 \text{ м}$$

максимальні напруження від стискаючої сили в площині коливання шатуна.

$$\sigma_{x \max} = \frac{K_x \cdot F_{cm}}{A_{cp}} < [\sigma_{x \max}]$$

$$\sigma_{x \max} = 186,606556 \text{ МПа}$$

максимальні напруження від стискаючої сили в площині, перпендикулярній площині коливання шатуна.

$$\sigma_{y \max} = \frac{K_y \cdot F_{cm}}{A_{cp}} < [\sigma_{y \max}]$$

$$\sigma_{y \max} = 173,152748 \text{ МПа}$$

$$[\sigma_{x \max}] = [\sigma_{y \max}] = 400 \text{ МПа}$$

мінімальне напруження від розтягаючої сили

$$\sigma_{p \min} = -\frac{F_p}{A_{cp}} < [\sigma_{p \min}]$$

$$\sigma_{p \min} = 21,9710526 \text{ МПа}$$

$$[\sigma_{p \min}] = 200 - 400 \text{ МПа}$$

середні напруження і амплітуди циклів

$$\sigma_{mx}^* = \frac{\sigma_{x \max} + \sigma_{p \min}}{2}$$

$$\sigma_{mx} = 104,288804 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{my} = \frac{\sigma_{y \max} + \sigma_{p \min}}{2}$$

$$\sigma_{my} = 97,5619001 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{ax} = \frac{\sigma_{x \max} - \sigma_{p \min}}{2}$$

$$\sigma_{ax} = 82,3177519 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{ay} = \frac{\sigma_{y \max} - \sigma_{p \min}}{2}$$

$$\sigma_{ay} = 75,5908475 \text{ МПа}$$

запас міцності по межі втоми.

$$n_{ox} = \frac{\sigma_{-1p}}{\frac{\sigma_{ax}}{E_{\sigma} \cdot \beta} + \varphi_{\sigma p} \cdot \sigma_{mx}} \gamma [n_{ox}] = 1,5$$

$$n_{ox} = 2,66699557$$

$$n_{oy} = \frac{\sigma_{-1p}}{\frac{\sigma_{ay}}{E_{\sigma} \cdot \beta} + \varphi_{\sigma p} \cdot \sigma_{my}} \gamma [n_{oy}] = 1,5$$

$$n_{oy} = 2,88952322$$

$$\sigma_{-1p} = 0,28 \cdot \sigma_s, \quad \text{межа втоми при змінному навантаженні МПа}$$

$$\sigma_{-1p} = 274,68 \text{ МПа}$$

$$E_{\sigma} = 0,55 \text{ коефіцієнт, що залежить від довжини шатуна}$$

$$\beta - \text{коефіцієнт якості поверхні}$$

$$\beta = 1,1 - 2 \text{ обдубка дробом}$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$\beta = 1,2 - 2,5$ цементация

$\beta = 0,5 - 0,76$ без обробки

$\beta = 1,2 - 3$ азотування

$$\beta = 2$$

φ — коефіцієнт приведення циклу

$\varphi_{\sigma p} = 0,2$ вуглицеві сталі

$\varphi_{\sigma p} = 0,27$ леговані сталі

$$\varphi_{\sigma p} = 0,27$$

запас міцності по межі текучості

$$n_{TX} = \frac{\sigma_T}{\sigma_{ax} + \sigma_{mx}} > [n_{TX}] = 1,5$$

$$n_{TX} = 4,20135292$$

$$n_{TY} = \frac{\sigma_T}{\sigma_y + \sigma_{yx}} > [n_{TX}] = 1,5$$

$$n_{TY} = 4,52779416$$

Розрахунок верхньої головки шатуна.

максимальна розтягуюча сила інерції в ВМТ.

$$F_{inz} = -(m_n + m_{sz}) \cdot r \cdot \omega^2 \cdot (1 + \lambda_t) \cdot 10^6 \quad \text{МН}$$

$$m_{sz} = (0,06 - 0,09) \cdot m_{ш} \quad \text{кг}$$

$$m_{sz} = 0,09 \quad 6,12 \quad \text{кг}$$

$$F_{inz} = 0,03423267 \quad \text{МН}$$

максимальні напруження розтягання.

$$\sigma_{\max} = \frac{F_{inz}}{2 \cdot h_c \cdot l_{ш}}$$

$$\sigma_{\max} = 15,8072926 \text{ МПа}$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.26 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

$$h_c = \frac{d_{нз} - d_{вз}}{2}$$

$$h_c = 0,013125 \text{ м}$$

мінімальне напруження циклу.

$$\sigma_{\min} = 0$$

середнє напруження і амплітуда циклу

$$\sigma_{m0} = \sigma_{a0} = \frac{\sigma_{\max}}{2}$$

$$\sigma_{m0} = 7,90364632 \text{ МПа}$$

запас міцності по межі втоми

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1p}}{\frac{K_\sigma \cdot \sigma_{a0}}{\varepsilon_\sigma \cdot \beta} + \varphi_{sp} \cdot \sigma_{m0}} > [n_\sigma] = 2,5$$

$$K_\sigma = 1,3 \text{ коефіцієнт переходу геометричної форми}$$

$$n_\sigma = 23,9379695$$

запас міцності по межі текучості

$$n_{m\sigma} = \frac{\sigma_T}{2 \cdot \sigma_{m0}} > [n_{m\sigma}] = 2,5$$

$$n_{m\sigma} = 49,597361$$

перевірка на жорсткість верхньої головки шатуна

$$\delta_{гол} = \frac{F_{ин} \cdot d_{cp}^3 \cdot (\varphi_3 - 90^\circ)^2}{10^6 \cdot E \cdot I} < \frac{S_1}{2}$$

$$d_{\phi} = \frac{d_{нз} + d_{вз}}{2}$$

$$E = 2E+05 \text{ МПа}$$

$$\delta_{гол} = 5,2599E-05 \text{ м}$$

$$d_{cp} = 0,144375 \text{ м}$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.26 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

φ_3 кут переходу від головки шатуна до стержня

$$I = 0,01 \cdot L_{ш} \cdot (d_{нз} - d_{сз})^3 \quad \varphi_3 = 130^\circ$$

$$I = 1,4923E-08 \quad \text{м}^4$$

$$S_i = 0,0005 \cdot d_{нз} \quad \text{зазор між пальцем і втулкою верхньої головки шатуна}$$

$$S_i = 0,00007875 \quad \text{м}$$

Розрахунок нижньої головки шатуна.

максимальна сила інерції на початку впуску в ВМТ.

$$F_{инкр} = -r \cdot \omega^2 \cdot [m_s \cdot (1 + \lambda_L) + (m_{шк} - m_{кр})] \cdot 10^6$$

$$F_{инкр} = 0,05747038 \quad \text{МН}$$

$$m_{шк} = (0,7 - 0,8) m_{ш} \quad \text{маса шатуна віднесена до осі шатунної шийки}$$

$$m_{шк} = 47,6 \quad \text{кг}$$

$$m_{кр} = (0,2 - 0,28) m_{ш} \quad \text{маса кришки нижньої головки шатуна}$$

$$m_{кр} = 19,04 \quad \text{кг}$$

При позрахунку нижньої кривошипної головки з косим роз'ємом

$$F_{ин} = F_{инкр} \cdot \cos \alpha$$

$$\alpha = 0^\circ$$

$$F_{ин} = 0,05747038 \quad \text{МН}$$

момент опору розрахункового перерізу

$$W_K = \frac{L_k \cdot (0,5 \cdot L_B - r_p)^2}{6}$$

$$r_p = \frac{d_p}{2}$$

$$r_p = 0,099 \quad \text{м; радіус постілі під шатунні вкладиші}$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.26 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_p = d_{\text{ши}} + 2 \cdot t_e$$

$$d_p = 0,198 \text{ м}$$

$$W_K = 9,1624\text{E-}05 \text{ м}^4$$

момент інерції розрахункового перерізу вкладиша

$$I_e = \frac{L_K \cdot t_e^3}{12}$$

$$I_e = 1,0388\text{E-}08 \text{ м}^4$$

момент інерції розрахункового перерізу кришки

$$I_{kp} = \frac{L_K \cdot (0,5 \cdot L_B - r_p)^3}{12}$$

$$I_{kp} = 2,5976\text{E-}06 \text{ м}^4$$

напруження згинання кришки

$$\sigma_u = F_{\text{ин.кр}} \cdot \left[\frac{0,023 \cdot L_B}{\left(1 + \frac{I_e}{I_{kp}}\right) \cdot W_K} + \frac{0,4}{A_1} \right] < [\sigma_u]$$

$$[\sigma_u] = 800 \text{ МПа}$$

$$\sigma_u = 6,52069047 \text{ МПа}$$

$$A_1 = L_K \cdot 0,5 \cdot (L_B - d_{\text{ши}})$$

$$A_1 = 0,0112347 \text{ м}^2$$

перевірка на жорсткість нижньої головки шатуна

$$\delta_{kp} = \frac{0,024 \cdot F_{\text{ин.кр}} \cdot L_B^3}{E(I_{kp} + I_B)} < \frac{S_2}{2}$$

$$\delta_{kp} = 7,6049\text{E-}05 \text{ м}$$

$S_2 = 0,0001 \text{ м}$; допустимий зазор

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.26 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

1.5.3 Пропозиції по удосконаленню шатуна

В дипломному проекті пропонується замінити спосіб подачі масла з нижньої кривошипної головки до поршневого пальця і охолодження поршня. Пропонується виконувати сквозний прямий отвір в стержні шатуна від верхньої головки до нижньої кривошипної головки. Відбір масла виконувати як і в попередньому варіанті, а подачу масла до отвору в стержні шатуна проводити по обвідному каналу в кривошипній головці.

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.26 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір обладнання, пристосування та інструменту

Раціональна організація робочих місць виявляє 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 складання шатунно - поршневої обране слідує обладнання та інструмент.

В першу чергу на дільниці повинні бути верстати для виконання слюсарно-складальних робіт. Для продувки деталей використаємо стиснуте повітря із заводської системи. Поршневі кільця будемо установлювати спеціальним пристосуванням.

Для з'єднання поршневого пальця з поршнем пропонується використовувати рідкий азот для охолодження поршневого пальця. Використання рідкого азоту потребує визначених навичок роботи з ним. Для зберігання азоту на дільниці визначене місце з обмеженим доступом робітників.

На дільниці встановлені ваги і стелажі для зберігання комплектуючих та пристосувань. Для зберігання інструментів, креслень, техпроцесів на дільниці установлюють інструментальні ящики. Також потрібно дільницю укомплектувати комплектом вимірювальних пристроїв, так як контрольні операції будуть виконувати робітники дільниці.

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.26 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

2.2 Визначення технічної норми часу

Розрахунок штучного часу в умовах серійного виробництва вираховується згідно формули

$$T_{шт} = a T_{оп} \left(1 + \frac{a_{обс} + a_{оп}}{100} \right), \text{хв}$$

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

$a_{обс}$ - відсоток часу від оперативного на обслуговування робочого місця в % (4%);

$a_{оп}$ - відсоток часу від оперативного на особисті потреби (3%);

Визначимо штучний час на кожну окрему операцію складання шатуно-поршневої групи.

05 Підготовча.

$$T_{005} = 34' \left(1 + \frac{4+3}{100} \right) = 36 \text{ хвилин.}$$

010 Складальна. Складання поршня.

$$T_{010} = 71' \left(1 + \frac{4+3}{100} \right) = 76 \text{ хвилин.}$$

015 Складальна. Складання поршня з шатуном.

$$T_{015} = 62 \left(1 + \frac{4+3}{100} \right) = 66 \text{ хвилин.}$$

Визначаємо загальний штучний час на складання.

$$T_{шт} = T_{005} + T_{010} + T_{015} = 36 + 76 + 66 = 178 \text{ хвилин.}$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.26 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ОРГАНІЗАЦІЙНО – ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Визначення потрібної кількості обладнання, працюючих і площі дільниці.

Ефективний фонд робочого часу визначається за формулою:

$$\Phi_{\text{еф}} = (365 - B - C) \times D \times 3 \times \left(1 - \frac{a}{100}\right), \text{ год.}$$

де B – вихідні дні;

C – святкові дні;

D – тривалість зміни в годинах;

3 – кількість змін на добу;

a – відсоток втрат часу на регламентовані перерви.

$$\Phi_{\text{еф}} = (365 - 104 - 0) \times 8 \times 1 \times \left(1 - \frac{3}{100}\right) = 2025,36 \text{ год.}$$

Для дільниці складання необхідна кількість робочих місць визначається за формулою:

$$C_{pi} = \frac{N' \cdot t_{um.i}}{60' \cdot \Phi_{\text{еф}}},$$

де N – річна програма випуску, шт. ;

$t_{шт i}$ – штучний час на операцію, хв.;

$\Phi_{\text{еф}}$ – фонд часу роботи робочого місця протягом року, год.

Необхідна кількість робочих місць (розрахункова $C_{p.i.}$ і прийнята $C_{пр.}$) визначається по кожній операції.

$$C_{p005} = \frac{650' \cdot 36}{60' \cdot 2025,36} = 0,193 \text{ роб.м.}$$

$$C_{p010} = \frac{650' \cdot 76}{60' \cdot 2025,36} = 0,407 \text{ роб.м.}$$

$$C_{p015} = \frac{650' \cdot 66}{60' \cdot 2025,36} = 0,353 \text{ роб.м.}$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.26 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За результатами розрахунків, приймаємо 1 робоче місце.

Коефіцієнт завантаження робочих місць на ділянці складання визначається за формулою:

$$K_3 = \frac{\sum C_{pi}}{\sum C_{npi}},$$

де $\sum C_{pi}$ – сума розрахункової кількості робочих місць

$\sum C_{npi}$ – сума прийнятої кількості робочих місць

$$K_3 = \frac{0,193 + 0,407 + 0,353}{1} = 0,953$$

Визначення необхідної кількості працюючих на ділянці

Чисельність основних виробничих робітників визначається по кожній операції за формулою:

$$Q_{oi} = \frac{N' \cdot t_{um.i}}{60' \cdot \Phi_{ef} \cdot K_{вн}}, \text{ чол.}$$

де $K_{вн}$ – коефіцієнт виконання норм виробітку ($K_{вн} = 1$).

$$Q_{005} = \frac{650' \cdot 36}{60' \cdot 2025,36' \cdot 1} = 0,193 \text{ чол.}$$

$$Q_{010} = \frac{650' \cdot 76}{60' \cdot 2025,36' \cdot 1} = 0,407 \text{ чол.}$$

$$Q_{015} = \frac{650' \cdot 66}{60' \cdot 2025,36' \cdot 1} = 0,353 \text{ чол.}$$

За результатами розрахунків приймаємо одного основного робітника – слюсаря механоскладальних робіт 4 розряду.

Оскільки за розрахунками на ділянці один основний робітник, розрахунок чисельності допоміжних робітників і керівників проводити недоцільно.

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.26 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проведені розрахунки зводимо в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 Зведена відомість працюючих на ділянці

Категорія працюючих	Кількість	По змінам		В % від чисельності основних робітників	В % від загальної кількості працюючих
		1	2		
Основні робітники, чол.	1	1	-	100	100
Допоміжні робітники, чол.	-	-	-	-	-
Керівники, чол.	-	-	-	-	-
Всього	1	1	-	-	100

Розрахунок площі ділянки.

Виробнича площа для виконання складальних робіт визначається за формулою:

$$A_{\text{вир.}} = \text{Ч}_3 \times K_{\text{п}}, \text{ м}^2$$

де Ч_3 – загальна чисельність робітників, працюючих на ділянці, чол. ;

$K_{\text{п}}$ – питома площа на одного робітника, м^2 (для вузлового складання

$K_{\text{п}} = 6 \dots 25 \text{ м}^2$; для загального складання $K_{\text{п}} = 10 \dots 30 \text{ м}^2$).

$$A_{\text{вир.}} = 1 \times 24 = 24 \text{ м}^2$$

Загальна площа ділянки визначається за формулою:

$$A_3 = A_{\text{вир.}} + A_{\text{мм}} + A_{\text{сп}}, \text{ м}^2$$

де $A_{\text{мм}}$ – площа місця майстра, м^2 (можна прийняти 6 м^2 , якщо за розрахунками керівники відсутні, приймаємо 0 м^2);

$A_{\text{сп}}$ – площа складу продукції, м^2 (можна прийняти 6 м^2).

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.26 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

$$A_3 = 24 + 6 = 30 \text{ м}^2$$

Об'єм будови діляниці визначаємо за формулою:

$$V = A_{\text{заг}} \times h, \text{ м}^3$$

де h – висота будови, м (можна прийняти 8,0 м).

$$V = 30 \times 8,0 = 240 \text{ м}^3$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.26 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

4 ОРГАНІЗАЦІЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ПРОТИПОЖЕЖНИЙ ЗАХИСТ

4.1 Техніка безпеки та протипожежний захист на дільниці складання

Заходи з техніки безпеки на дільниці складання ШПГ можна розділити на організаційні та технічні. До організаційних заходів відносяться інструктаж з техніки безпеки безпосередньо на робочому місці, обладнання дільниці плакатами та інструкціями.

Безпосередню відповідальність за дотриманням техніки безпеки на дільниці загального складання 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 дільниці складання. В даному випадку на дільниці знаходиться консольний кран, який перевіряється 1 раз в квартал. Також раз в квартал перевіряються стропи, якими користуються на дільниці.;
- для роботи з рідким азотом на дільниці обладнана спеціальна ванна, а з рідким азотом зберігаються в спеціально відведеному місці;
- інструмент і пристосування якими користуються на дільниці повинні бути справні, не зношені і відповідають вимогам техніки безпеки;
- на дільниці складання повинна знаходитись аптечка укомплектована згідно вимог;
- дільниці повинна бути обладнана стелажми для зберігання деталей, настилами для верстатів.

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.26 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Заходи з протипожежного захисту на дільниці складання ШПГ 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 дільницю протипожежним щитом, який укомплектувати згідно вимог;
- укомплектувати дільницю ящиком з піском для тушіння ізоляції дротів, які знаходяться під напругою ;
- пролите масло потрібно негайно прибрати. Для цього на дільниці повинен бути ящик для використаного ганчір'я;
- для місцевого освітлення потрібно використовувати тільки електричну лампочку під напругою 6-36 V, яка захищена металевією сіткою;
- обладнати планом евакуації робітників у випадку пожежі.

4.2 Розрахунок освітлення на дільниці складання

Кількість світильників визначається за формулою:

$$N = \frac{E' A' K_3' Z}{\Phi_n' U' n}, \text{шт}$$

де $E = 200 \text{лк}$ - необхідна освітленість горизонтальної площини, відповідно до галузевих норм проектування штучного освітлення основних цехів промислових підприємств ВСН 196-83;

$A = 30 \text{ м}^2$ - площа підлоги дільниці складання;

$K_3 = 1,3$ - коефіцієнт запасу при малому виділенні пилу;

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.26 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

$\Phi_{\text{л}} = 1995 \text{ лм}$ - світловий потік однієї лампи, приймаємо за таблицею

4 [8] для ламп ЛДЦ 40 – 4;

$n = 2$ - кількість ламп в одному світильнику;

$Z = 1,1$ коефіцієнт нерівномірності освітлення;

U – коефіцієнт використання освітлювальної установки вибираємо за таблицею 5 [8] залежно від індексу приміщення та коефіцієнтів відбивання світла.

Визначаємо індекс приміщення за формулою:

$$i = \frac{L' B}{h' (L + B)},$$

де $L = 6\text{м}$ – довжина ділянки складання;

$B = 5\text{м}$ – ширина ділянки складання;

h – висота підвішування світильника над робочим місцем, м;

$$h = H - h_p - h_c$$

$H = 8\text{м}$ – висота приміщення;

$h_p = 0,8\text{м}$ – висота робочої поверхні;

$h_c = 4\text{м}$ – відстань від стелі до світильника.

$$h = 8 - 0,8 - 4 = 3,2\text{м}$$

$$i = \frac{6' 5}{3,2' (6 + 5)} = 0,85$$

Коефіцієнти відбивання стелі – 70%, стін – 30%, підлоги – 10% приймаємо згідно [8]

Виходячи із значень коефіцієнтів та індексу приміщення $U = 0,29$ згідно таблиці 5 [8].

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.26 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

$$N = \frac{200' \cdot 1,3' \cdot 30' \cdot 1,1}{1995' \cdot 0,29' \cdot 2} = 7,4_{шт.}$$

Згідно розрахунку приймаємо на ділянці складання вісім світильників з лампами ЛДЦ 40 – 4.

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.26 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЛІТЕРАТУРА

1. Колчин А.И., Демидов В.П. Расчеты автомобильных и тракторных двигателей. – М: Высшая школа, 1978.- 400 с.
2. Доценко С.М., Діденко О.В. Методичні вказівки до практичної роботи «Розрахунок робочого процесу дизельного двигуна» з дисципліни «Теорія двигунів внутрішнього згоряння»Первомайськ ППІ 2012-40 с.
3. Методичні вказівки до практичної роботи «Розрахунок та побудова індикаторної діаграми». Склад викладач Доценко С.М.: - Первомайськ ППТК, 2000.-24 с.
4. Коваленко І.М Конструкція та динаміка ДВЗ. методичні вказівки до виконання динамічного розрахунку кривошипно-шатунного механізму.- Первомайськ, 2013-43с.
5. Методичні вказівки до практичної роботи «Розрахунок теплового балансу дизельного двигуна». Склад викладач Доценко С.М. – Первомайськ ППТК, 1999.-28 с.
6. Коваленко І.М. Конструкція та динаміка ДВЗ. Методичні вказівки до виконання розрахунків основних деталей двигунів внутрішнього згоряння.- Первомайськ, 2010- 57 с.
7. Бельський Ф.В. Методичні вказівки до виконання технологічного розділу дипломного проекту з спеціальності 5.0505306 «Виробництво двигунів»- Первомайськ. 2012 – 15 с.
8. Русак О.Н. Справочная книга по охране труда в машиностроении- Л. Машиностроение, 1989.- 268 с.
9. Натальчишина В.П., Брендуля М.Ф., Гиль О.О. Вимоги до оформлення курсових та дипломних проектів і робіт. методичні вказівки для студентів інститут та коледжу. – Первомайськ: ППІ 2007.-47 с.

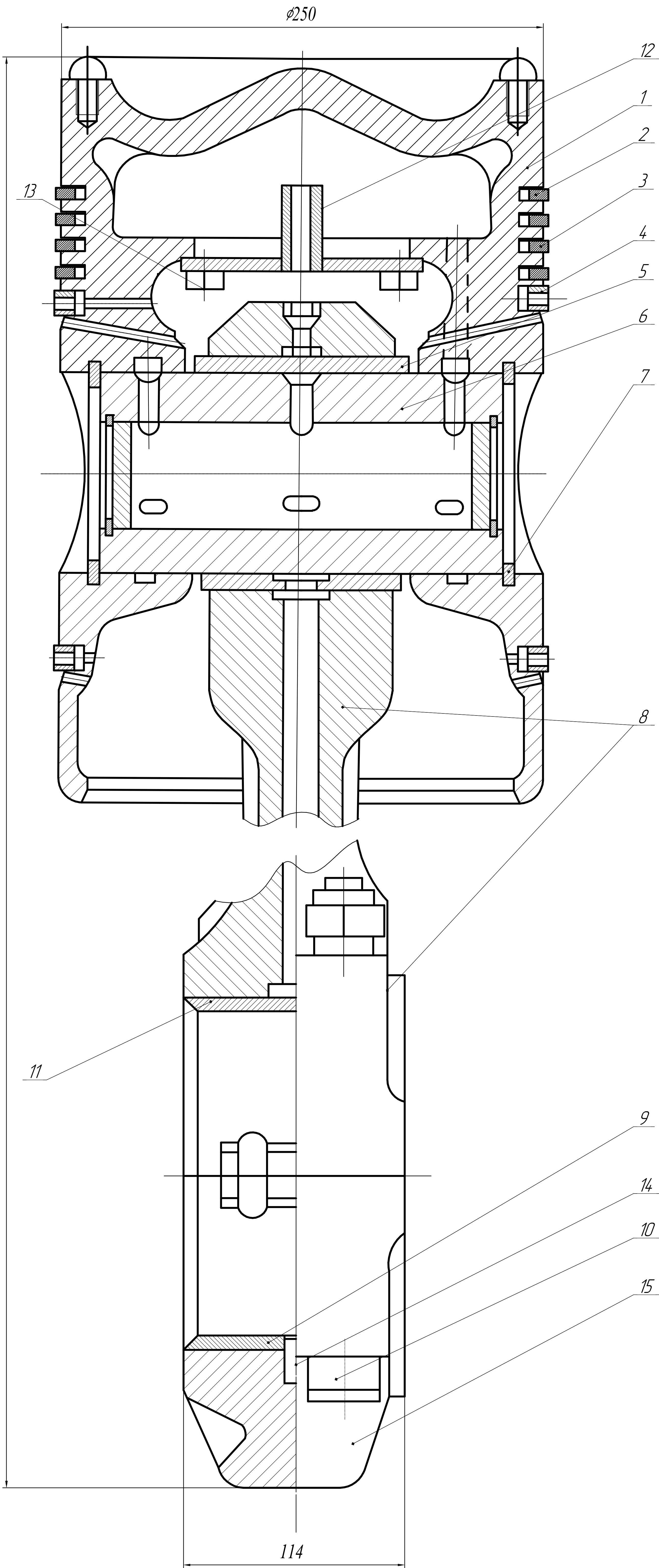
					ВСП ПФК НУК 133.431.25.26 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Формат		Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			133.431.25.26.00.00.00 СК	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	133.431.25.26.01.00.00 СК	Блок-картер	1	
		2	133.431.25.26.02.00.00 СК	Фундаментна рама	1	
		3	133.431.25.26.03.00.00 СК	Колінчастий вал	1	
		4	133.431.25.26.04.00.00 СК	Кришка циліндру	8	
A1		5	133.431.25.26.05.00.00 СК	Поршень	8	
		6	133.431.25.26.06.00.00 СК	Шатун	8	
		7	133.431.25.26.07.00.00 СК	Розподільний вал	1	
		8	133.431.25.26.08.00.00 СК	Форсунка	8	
		9	133.431.25.26.09.00.00 СК	Пусковий клапан	8	
		10	133.431.25.26.10.00.00 СК	Паливний насос	8	
				високого тиску		
		11	133.431.25.26.11.00.00 СК	Випускний колектор	1	
		12	133.431.25.26.12.00.00 СК	Впускний колектор	1	

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.26		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Дизель 8ЧН25/34		
Розроб.		Труфан					
Перевір.		Коваленко					
Н. Контр.		Коваленко					
Затверд.		Манзюк			431-ВД		

Лист № 1007	Лист № 1007	Лист № 1007	Лист № 1007	Лист № 1007	Лист № 1007
Лист № 1007	Лист № 1007	Лист № 1007	Лист № 1007	Лист № 1007	Лист № 1007
Лист № 1007	Лист № 1007	Лист № 1007	Лист № 1007	Лист № 1007	Лист № 1007
Лист № 1007	Лист № 1007	Лист № 1007	Лист № 1007	Лист № 1007	Лист № 1007
Лист № 1007	Лист № 1007	Лист № 1007	Лист № 1007	Лист № 1007	Лист № 1007
Лист № 1007	Лист № 1007	Лист № 1007	Лист № 1007	Лист № 1007	Лист № 1007

1007



1. Перед складанням деталі промити, отвори та порожнини продути стислим повітрям.
2. Поршневі кільця встановлювати в канавки та знімати за допомогою спеціального пристосування.
3. Поршневі кільця змащені маслом повинні вільно прокручуватись в канавці навколо осі поршня.
4. Замки розташовувати через 90° відносно один одного по гвинтовій лінії.
5. Різниця складених поршнів призначених для встановлення в один двигун не повинно перевищувати 0,5 кг.
6. Перед встановленням палець охолодити в рідкому азоті.
7. Після встановлення другого стопорного кільця перевірити наявність зазору між пальцем і кільцем. Сумарний зазор повинен бути не менше 0,4 мм.
8. * Розміри для довідок.

133.431.25.26.05.00.00 СК					
Лист	Лист	№ док.	Лист	Лист	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист

133.431.25.26.05.00.00 СК

Формат		Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			133.431.25.26.05.00.00 СК	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		8	133.431.25.26.05.01.00 СК	Стержень шатуна	1	
		12	133.431.25.26.05.02.00 СК	Діафрагма	1	
				<u>Деталі</u>		
		1	133.431.25.26.05.00.01	Поршень	1	
		2	133.431.25.26.05.00.02	Компресійне кільце	1	
		3	133.431.25.26.05.00.03	Компресійне кільце	3	
		4	133.431.25.26.05.00.04	Маслознімне кільце	2	
		5	133.431.25.26.05.00.05	Втулка головки шатуна	1	
		6	133.431.25.26.05.00.06	Поршневий палець	1	
		7	133.431.25.26.05.00.07	Стопорне кільце	2	
		9	133.431.25.26.05.00.08	Нижній вкладень	1	
		10	133.431.25.26.05.00.09	Шатунний болт	4	
		11	133.431.25.26.05.00.10	Верхній вкладень	1	
		15	133.431.25.26.05.00.11	Нижня кришка шатуна	1	

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.26			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Шатунно-поршнева група			
Розроб.		Труфан						
Перевір.		Коваленко						
Н. Контр.		Коваленко						
Затверд.		Манзюк			431-ВД			

Дубл.				
Зам.				
Ориг.				

<i>ВСП ПФК НУК</i>	<i>133.431.25.26.05.00.00 СК</i>		
<i>Шатунно-поршнева група</i>			

Затверджую

Підпис

Прізвище

Дата

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ
на технологічний процес складання

Розробив *Труфан*

Перевірів *Коваленко*

Н.контр *Коваленко*

ТЛ	
----	--

[illegible]

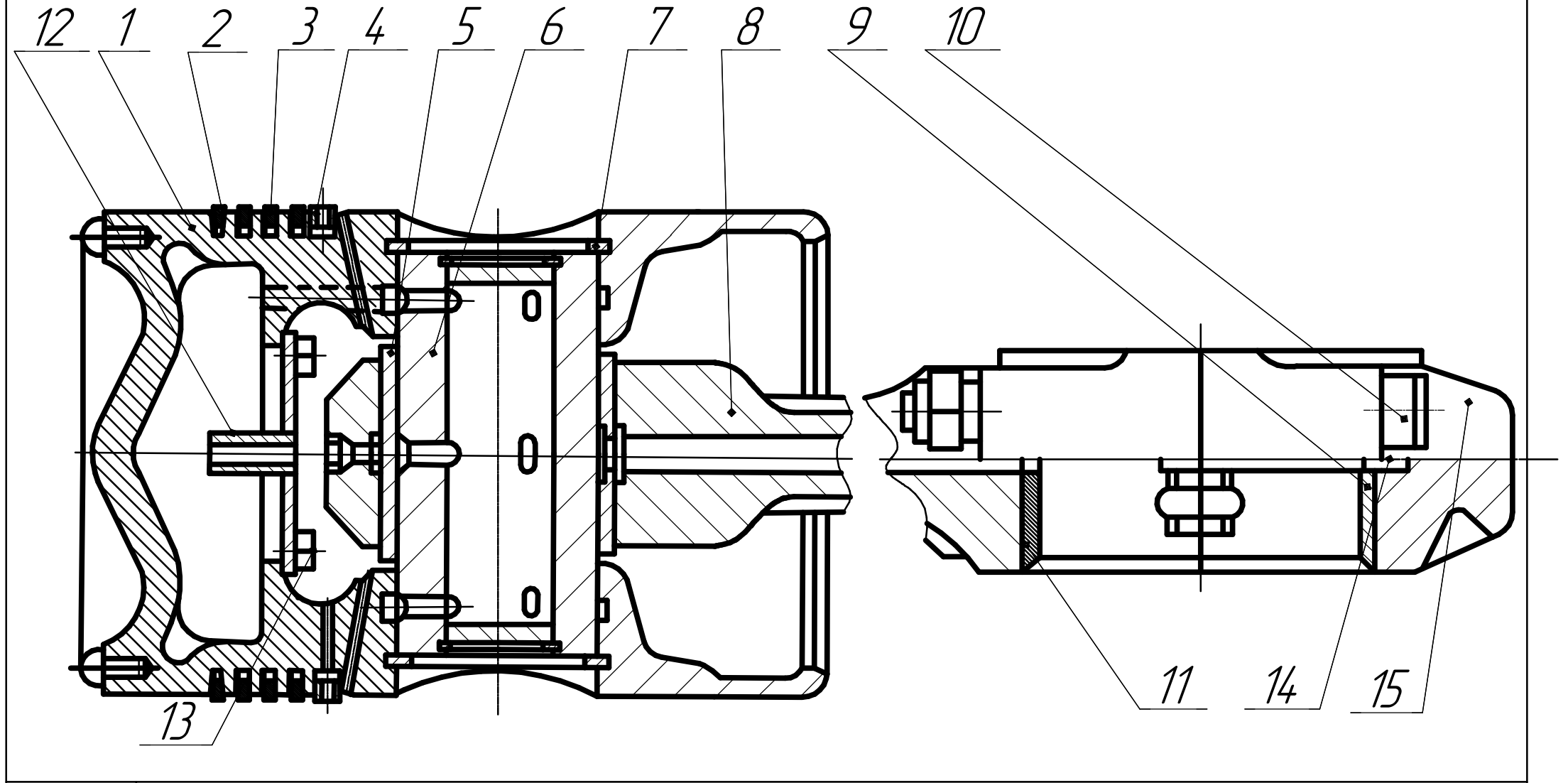
Дубл.																			
Зам.																			
Ориг.																			

Розроб.	Труфан																		
Перев.	Коваленко																		
Н контр.	Коваленко																		

ВСП ПФК НУК

133.431.25.26.05.00.00 СК

Шатунно-поршнева група



[illegible]

форма 1а

[illegible]

Дубл.			
Зам.			
Ориг.			

Розроб.	Труфан		
Перев.	Коваленко		
Н контр.	Коваленко		

ВСП ПФК НУК

133.431.25.26.05.00.00 CK

Шатунно-поршнева група

Код, найменування		Позначення документа					МВ
A 01	015 Складальна(складання поршня з шатуном)	ІТБ 1376-08					
Б 02		Код, найменування обладнання				Т _о	Т _о
		Верстак АМ-0494					
к/м	Найменування деталі, ск. одиниці або матеріалу	Код, позначення	ОВП	ОВ	ОН	КВ	Н внутр.
Р							
О 03	Встановити поршень на настил і встановити одне стопорне кільце в добишку поршня.						
Т 04	СЛ-установочні кліщі, ПР-консольний кран Q=0,5т						
05							
О 06	Встановити верхню головку шатуна між добишками поршня, охолодити палець в рідкому азоті (за спеціальним технологічним процесом) і з'єднати поршень з шатуном						
07	встановивши палець в добишки та верхню головку шатуна.						
Т 08	ПР-консольний кран Q=0,5т, пристосування для встановлення поршневого пальця						
09							
О 10	Встановити 2 стопорне кільце. Перевірити зазор між пальцем і кільцем який повинен бути 0,4мм.						
Т 11	СЛ-кліщі установки кілець, набір шулів 0-1 ГОСТ2936-78						
12							
13							
14							
15							
16							