

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

Відділення «Двигуни та автомобілі»

Циклова комісія «Обслуговування автомобілів та виробництва двигунів»

Допущений до захисту
Голова циклової комісії
_____ Василь МАНЗЮК
« ____ » _____ 2025 р.

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи (дипломного проекту)
фаховий молодший бакалавр
(освітньо-кваліфікаційний ступінь)

на тему: Проект 4 тактного дизельного двигуна та ділянки складання втулки
робочого циліндра з розробкою її конструкції

Виконав: здобувач освіти 4 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

_____	Костянтин ПІДГОРОДЕЦЬКИЙ
(підпис)	(ім'я, ПРИЗВИЩЕ)
Керівник _____	Федір БЕЛЬСЬКИЙ
(підпис)	(ім'я, ПРИЗВИЩЕ)
Консультант з економічного розділу	
_____	Ірина КАПАЦИНА
(підпис)	(ім'я, ПРИЗВИЩЕ)
Нормоконтролер	
_____	Ігор КОВАЛЕНКО
(підпис)	(ім'я, ПРИЗВИЩЕ)
Рецензент _____	Павло МАЛЮТИН
(підпис)	(ім'я, ПРИЗВИЩЕ)

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 виробництва двигунів»

Освітньо-кваліфікаційний ступінь: 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 виробництва двигунів»

Василь МАНЗЮК

“ ” 2025 року

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

Костянтину ПІДГОРОДЕЦЬКОМУ
(ім'я,ПРИЗВИЩЕ)

1.Тема проєкту: Проєкт 4 тактного дизельного двигуна та дільниці складання втулки робочого циліндра з розробкою її конструкції

керівник проєкту: Бельський Ф.В.

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 $P_e = 605$ кВт,

Частота обертання колінчастого валу $n = 600$ хв⁻¹, ступень стиску $E = 13$

Розробити технологічний процес складання: втулки робочого циліндра

Річне завдання 720 шт. Режим роботи: I зміна

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 Повздовжній розріз двигуна 6ЧН 25/34 ф. А1

Аркуш 2 Робоче креслення втулки робочого циліндра ф.А1

6. Консультанти розділів проєкту

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

7. Дата видачі завдання: 21.04.2025 р.

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	13.05.2025 р.	
5	Аркуш 1	19.05.2025 р.	
6	Аркуш 2	26.05.2025 р.	
7	Перевірка проєкту на плагіат	02.06.2025 р.	
8	Оформлення проєкту	11.06.2025 р.	

Здобувач освіти

Керівник проєкту

(підпис)

(підпис)

Костянтин ПІДГОРОДЕЦЬКИЙ
(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Федір БЕЛЬСЬКИЙ
(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

ЗМІСТ

1. Конструкторський розділ	4
1.1 Розрахунок робочого процесу двигуна	4
1.2 Розрахунок індикаторної діаграми	14
1.3 Аналіз ефективних показників проектованого двигуна і прототипу	21
1.4 Динамічний розрахунок двигуна	22
1.5 Розробка конструкції втулки робочого циліндру	28
1.5.1 Призначення, описування та обґрунтування втулки	28
1.5.2 Розрахунок втулки робочого циліндру	29
1.5.3 Пропозиції по удосконаленню втулки робочого циліндру	32
2. Технологічний розділ	33
2.1 Вибір обладнання, пристроїв та інструменту	33
2.2 Визначення технічної норми часу	33
3. Організаційно – економічний розділ	35
3.1 Визначення потрібної кількості працюючих і площі ділянки	35
4. Організація охорони праці та протипожежний захист	38
4.1 Техніка безпеки та протипожежний захист на ділянці складання	38
4.2 Розрахунок освітлення на ділянці складання	40
Література	42

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.23 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка		
Розроб.		Підгородецький					
Перевір.		Бельський Ф.В					
Н. Контр.		Коваленко І.М.					
Затверд.		Манзюк В.М.			Гр. 431-ВД-21		
					Літ.	Арк.	Аркушів
						2	42

ДОДАТКИ

Додаток А Складальне креслення двигуна 6ЧН 25/34

Додаток Б Специфікація складального креслення двигуна 6ЧН25/34

Додаток В Робоче креслення втулки двигуна

Додаток Г Технологічний процес складання втулки з блоком

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.23 ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

1.1 Розрахунок робочого процесу двигуна

1.1.1 Умова завдання:

Ефективна потужність	$P_e = 605 \text{ кВт}$
Частота обертання колінчастого валу	$n = 600 \text{ хв}^{-1}$
Ступінь стиску	$\varepsilon = 13$

1.1.2 Вихідні дані теплового розрахунку:

Тиск наддуву	$P_{\theta} = 0,235 \text{ МПа}$	[1]
Число циліндрів	$i = 6$	[1]
Коефіцієнт надлишку повітря	$\alpha = 1,9$	[2]
Тиск навколишнього середовища	$P_a = 0,101 \text{ МПа}$	[2]
Температура навколишнього середовища	$T_a = 293 \text{ К}$	[2]
Підігрів свіжого заряду	$\Delta T = 20 \text{ К}$	[2]
Тиск залишкових газів	$P_r = 0,211 \text{ МПа}$	[2]
Температура залишкових газів	$T_r = 800 \text{ К}$	[2]
Ступінь підвищення тиску	$\lambda = 1,4$	[2]
Коефіцієнт використання теплоти в точці "Z"	$\xi_z = 0,8$	[2]
Коефіцієнт повноти індикаторної діаграми	$\xi = 0,95$	[2]

Паливо:

Дизельне пальне Л-0.2-40 ДСТУ – 3868 - 99

Середній елементарний склад палива

$$C=0,86 \quad H=0,13 \quad O=0,01 \quad [2]$$

Найнижча теплота згоряння палива

$$Q_H = 42500 \text{ кДж/кг} \quad [2]$$

1.1.3 Параметри робочого тіла.

Теоретично необхідна кількість повітря для згоряння 1кг палива

$$L_0 = \frac{1}{0,21} \times \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O}{32} \right) = \frac{1}{0,21} \times \left(\frac{0,86}{12} + \frac{0,13}{4} - \frac{0,01}{32} \right) = 0,495 \text{ кмоль/кг} \quad (1.1)$$

$$l_0 = 28,95 \times L_0 = 28,95 \times 0,495 = 14,33 \text{ кг} \quad (1.2)$$

Кількість свіжого заряду

$$M_1 = \alpha \times L_0, \text{ кмоль/кг} \quad (1.3)$$

$$M_1 = 1,9 \times 0,495 = 0,9405 \text{ кмоль/кг}$$

Кількість окремих компонентів продуктів згорання.

$$\text{Кількість } CO_2: \quad M_{CO_2} = \frac{C}{12} = \frac{0,86}{12} = 0,072 \text{ кмоль/кг} \quad (1.4)$$

$$\text{Кількість } H_2O: \quad M_{H_2O} = \frac{H}{2} = \frac{0,13}{2} = 0,065 \text{ кмоль/кг} \quad (1.5)$$

$$\text{Кількість } O_2: \quad M_{O_2} = 0,21 \times (\alpha - 1) \times L_0 = 0,21 \times (1,9 - 1) \times 0,495 = 0,094 \text{ кмоль/кг} \quad (1.6)$$

$$\text{Кількість } N_2: \quad M_{N_2} = 0,79 \times \alpha \times L_0 = 0,79 \times 1,9 \times 0,495 = 0,743 \text{ кмоль/кг} \quad (1.7)$$

Загальна кількість продуктів згорання

$$M_2 = M_{CO_2} + M_{H_2O} + M_{O_2} + M_{N_2} = 0,072 + 0,065 + 0,094 + 0,743 = 0,973 \text{ кмоль/кг} \quad (1.8)$$

1.1.4 Параметри процесу газообміну.

Температура повітря після нагнітача.

$$T_B = T_a \times \left(\frac{P_B}{P_a} \right)^{\frac{n_k - 1}{n_k}} = 293 \times \left(\frac{0,235}{0,101} \right)^{\frac{1,5 - 1}{1,5}} = 389,544 \text{ К} \quad (1.9)$$

де $n_k = 1,5$ показник політропи стиску повітря в нагнітачі

Тиск в кінці впуску.

$$P_d = (0,9 \div 0,95) \times P_B, \text{ МПа} \quad (1.10)$$

Приймаємо число з інтервалу 0,92

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.23 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

$$P_d = 0,92 \times 0,235 = 0,216 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт залишкових газів

$$\gamma_r = \frac{T_B - \Delta T_1 + \Delta T}{T_r} \times \frac{P_r}{\varepsilon \times P_d - P_r} \quad (1.11)$$

де $\Delta T_1 = (30 - 70^\circ) \text{ К}$ ступінь охолодження повітря
приймаємо $\Delta T_1 = 50 \text{ К}$

$$\gamma_r = \frac{389,544 - 50 + 20}{800} \times \frac{0,211}{13 \times 0,2162 - 0,211} = 0,036$$

Температура в кінці впуску

$$T_d = \frac{T_B - \Delta T_1 + \Delta T + \gamma_r \times T_r}{1 + \gamma_r}, \text{ К} \quad (1.12)$$

$$T_d = \frac{389,544 - 50 + 20 + 0,036 \times 800}{1 + 0,036} = 375,046 \text{ К}$$

Коефіцієнт наповнення

$$\Phi_c = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \times \frac{P_d}{P_B} \times \frac{T_B - \Delta T_1}{T_d (1 + \gamma_r)}, \quad (1.13)$$

$$\Phi_c = \frac{13}{13 - 1} \times \frac{0,216}{0,235} \times \frac{389,544 - 50}{375,046 \times (1 + 0,036)} = 0,87$$

Густина заряду на впуску.

$$\rho_B = \frac{P_B \times 10^6}{R_{II} \times (T_B - \Delta T_1)}, \text{ кг/м}^3 \quad (1.14)$$

де $R_{II} = 287 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \times \text{К}}$ - універсальна газова стала для повітря

$$\rho_B = \frac{0,235 \times 10^6}{287 \times (389,544 - 50)} = 2,411 \text{ кг/м}^3$$

1.1.5 Параметри процесу стиску.

Показник політропи стиску.

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.23 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Вибираємо значення з номограми [2] $n_1 = 1,39$

Тиск в кінці стиску.

$$P_c = P_d \times \varepsilon^{n_1-1}, \text{МПа} \quad (1.15)$$

$$P_c = 0,216 \times 13^{1,39-1} = 7,642 \text{МПа}$$

Температура в кінці стиску.

$$T_c = T_d \times \varepsilon^{n_1-1}, \text{К} \quad (1.16)$$

$$T_c = 3756046 \times 13^{1,39-1} = 1019,82 \text{К}$$

Середня мольна теплоємність повітря.

$$mCv' = 19,88 + 0,002638 \times T_c, \frac{\text{кДж}}{\text{кмоль} \times \text{К}} \quad (1.17)$$

$$mCv' = 19,88 + 0,002638 \times 1019,82 = 22,57 \frac{\text{кДж}}{\text{кмоль} \times \text{К}} \quad (1.18)$$

1.1.6 Параметри процесу згоряння.

Теоретичний коефіцієнт молекулярної зміни.

$$\beta_0 = \frac{M_2}{M_1}, \quad (1.19)$$

$$\beta_0 = \frac{0,973}{0,9405} = 1,034$$

Дійсний коефіцієнт молекулярної зміни.

$$\beta = \frac{\beta_0 + \gamma_r}{1 + \gamma_r} \quad (1.20)$$

$$\beta = \frac{1,034 + 0,036}{1 + 0,036} = 1,033$$

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

$$\text{Для } O_2: mCv''O_2 = 23,3 + 0,00155 \times T_z \quad (1.21)$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.23 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\text{Для } N_2: \quad mCv''N_2 = 21,554 + 0,001457 \times T_z \quad (1.22)$$

$$\text{Для } CO_2: \quad mCv''CO_2 = 38,609 + 0,003349 \times T_z \quad (1.23)$$

$$\text{Для } H_2O: \quad mCv''H_2O = 25,459 + 0,004438 \times T_z \quad (1.24)$$

Середня мольна теплоємність продуктів згоряння при сталому об'ємі.

$$mCv'' = \frac{1}{M_2} \times \left[M_{CO_2} \times (mCv''CO_2) + M_{H_2O} \times (mCv''H_2O) + \right. \\ \left. + M_{O_2} \times (mCv''O_2) + M_{N_2} \times (mCv''N_2) \right], \quad \frac{\text{кДж}}{\text{кмоль} \times K} \quad (1.25)$$

Після підстановки одержимо рівняння.

$$mCv'' = a + v \times T_z, \quad \frac{\text{кДж}}{\text{кмоль} \times K} \quad (1.26)$$

де $a = 23,238$

$v = 0,001$

Середня мольна теплоємність продуктів згоряння при сталому тиску.

$$mC''p = mCv'' + 8,134, \quad \frac{\text{кДж}}{\text{кмоль} \times K} \quad (1.27)$$

Після підстановки одержимо рівняння.

$$mC''p = a + v \times T_z, \quad \frac{\text{кДж}}{\text{кмоль} \times K} \quad (1.28)$$

де $a = 31,372$

$v = 0,001$

Максимальний тиск згоряння

$$P_{\max} = \lambda \times P_c, \text{ МПа} \quad (1.29)$$

$$P_{\max} = 1,4 \times 7,642 = 10,7 \text{ МПа}$$

Максимальна температура процесу згоряння.

$$\frac{\xi_{\text{я}} \times Q_H}{M_1 \times (1 + \gamma_r)} + (mC'v + 8,134 \times \lambda) \times T_c = \beta(mC''p) \times T_z \quad (1.30)$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.23 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після підстановки отримаємо квадратне рівняння.

$$A \times T_z^2 + B \times T_z - C = 0 \quad (1.31)$$

де $A = 0,001$

$B = 32,425$

$C = 69509,5$

Звідки:

$$T_z = \frac{-B + \sqrt{B^2 + 4 \times A \times C}}{2 \times A}, K \quad (1.32)$$

$$T_z = \frac{-32,425 + \sqrt{32,425^2 + 4 \times 0,001 \times 69509,5}}{2 \times 0,001} = 1929,54 K$$

Ступінь попереднього розширення.

$$\rho = \frac{\beta \times T_z}{\lambda \times T_c}, \quad (1.33)$$

$$\rho = \frac{1,033 \times 1929,54}{1,4 \times 1019,82} = 1,396$$

1.1.7 Параметри процесу розширення.

Ступінь наступного розширення.

$$\delta = \frac{\varepsilon}{\rho}, \quad (1.34)$$

$$\delta = \frac{13}{1,396} = 9,306$$

Середній показник політропи розширення.

Вибираємо значення з номограми [2] $n_2 = 1,24$

Тиск в кінці розширення.

$$P_B = \frac{P_{\max}}{\delta^{n_2-1}}, \text{ МПа} \quad (1.35)$$

$$P_B = \frac{10,7}{9,306^{1,24-1}} = 0,673 \text{ МПа}$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.23 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Температура в кінці розширення.

$$T_B = \frac{T_Z}{\delta^{n_2-1}}, K \quad (1.36)$$

$$T_B = \frac{1929,54}{9,306^{1,24-1}} = 1129,64 K$$

1.1.8 Індикаторні показники робочого тіла.

Середній теоретичний індикаторний тиск.

$$P'_{mi} = \frac{P_C}{\varepsilon - 1} \times \left[\lambda \times (\rho - 1) + \frac{\lambda \times \rho}{n_2 - 1} \times \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2-1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \times \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1-1}} \right) \right], MPa \quad (1.37)$$

$$P'_{mi} = \frac{7,642}{13-1} \times \left[1,4 \times (1,396 - 1) + \frac{1,4 \times 1,396}{1,24 - 1} \times \left(1 - \frac{1}{9,306^{1,24-1}} \right) - \frac{1}{1,39 - 1} \times \left(1 - \frac{1}{13^{1,39-1}} \right) \right] = 1,472 MPa$$

Дійсний середній індикаторний тиск.

$$P_{mi} = \xi \times P'_{mi}, MPa \quad (1.38)$$

$$P_{mi} = 0,95 \times 1,472 = 1,398 MPa$$

Індикаторний ККД

$$\eta_i = \frac{P_{mi} \times l_0 \times \alpha}{Q_H \times \rho_B \times \Phi_C \times 10^{-3}} \quad (1.39)$$

$$\eta_i = \frac{1,398 \times 14,33 \times 1,9}{42500 \times 2,411 \times 0,87 \times 10^{-3}} = 0,426$$

Питома індикаторна витрата палива.

$$e_i = \frac{3600}{Q_H \times \eta_i}, \frac{KJ}{KWh \times \%} \quad (1.40)$$

$$e_i = \frac{3600}{42500 \times 0,426} = 0,198 \frac{KJ}{KWh \times \%}$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.23 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

1.1.9 Ефективні показники робочого циклу.

Середній тиск механічних втрат.

$$P_M = 0,089 + 0,0118 \times V_{П.СР}, МПа \quad (1.41)$$

Середня швидкість поршня.

$$V_{П.СР.} = \frac{S_{ПР.} \times n}{30}, \text{ м/с} \quad (1.42)$$

де $S_{ПР} = 0,34\text{м}$ - хід поршня двигуна прототипу з умови завдання

$$V_{П.СР.} = \frac{0,34 \times 600}{30} = 6,8 \text{ м/с}$$

$$P_M = 0,089 + 0,0118 \times 6,8 = 0,169 \text{ МПа}$$

Середній ефективний тиск.

$$P_{me} = P_{mi} - P_m, \text{ МПа} \quad (1.43)$$

$$P_{me} = 1,398 - 0,169 = 1,229 \text{ МПа}$$

Механічний ККД.

$$\eta_M = \frac{P_{me}}{P_{mi}}, \quad (1.44)$$

$$\eta_M = \frac{1,229}{1,398} = 0,879$$

Ефективний ККД.

$$\eta_e = \eta_i \times \eta_M, \quad (1.45)$$

$$\eta_e = 0,426 \times 0,879 = 0,375$$

Питома ефективна витрата палива.

$$b_e = \frac{3600}{Q_H \times \eta_e}, \text{ кг/кВт} \times \text{год} \quad (1.46)$$

$$b_e = \frac{3600}{42500 \times 0,375} = 0,225 \text{ кг/кВт} \times \text{год}$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.23 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Годинна витрата палива.

$$B = \rho_e \times P_e, \text{кг/год} \quad (1.47)$$

$$B = 0,225 \times 605 = 136,12 \text{кг/год}$$

1.1.10 Основні розміри циліндра і двигуна.

Літраж двигуна.

$$V_{St} = 30 \times Z \times \frac{P_e}{P_{me} \times n}, \text{л} \quad (1.48)$$

де $Z = 4$ – коефіцієнт тактності двигуна

$$V_{St} = 30 \times 4 \times \frac{605}{1,229 \times 600} = 98,45 \text{л}$$

Робочий об'єм циліндра

$$V_s = \frac{V_{St}}{i}, \text{л} \quad (1.49)$$

$$V_s = \frac{98,45}{6} = 16,4 \text{л}$$

Діаметр циліндра.

$$d = 100 \times \sqrt{\frac{4 \times V_s}{\pi \times m}}, \text{мм} \quad (1.50)$$

$$m = \frac{S_{пп}}{d_{пп}}, \quad (1.51)$$

$d_{пп} = 0,25 \text{м}$ – діаметр циліндра двигуна прототипу з умови завдання

$$m = \frac{0,34}{0,25} = 1,36$$

$$d = 100 \times \sqrt{\frac{4 \times 16,4}{3,14 \times 1,36}} = 247,896 \text{мм}$$

Хід поршня.

$$S = m \times d, \text{мм} \quad (1.52)$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.23 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S = 1,36 \times 247,896 = 337,139 \text{ мм}$$

1.1.11 Уточненні розміри циліндра і двигуна.

Діаметр циліндра.

$$d = 250 \text{ мм}$$

Хід поршня.

$$S = 340 \text{ мм}$$

Літраж двигуна.

$$V_{st} = \frac{\pi \times d^2 \times S \times i}{4 \times 10^6}, \text{ л} \quad (1.53)$$

$$V_{st} = \frac{3,14 \times 0,25^2 \times 0,34 \times 6}{4 \times 10^6} = 100,088 \text{ л}$$

Ефективна потужність двигуна.

$$P_{ep} = \frac{P_{me} \times V_{st} \times n}{30 \times Z}, \text{ кВт} \quad (1.54)$$

$$P_{ep} = \frac{1,229 \times 100,088 \times 600}{30 \times 4} = 615 \text{ кВт}$$

Отримана величина P_{ep} відрізняється від заданої на:

$$\Delta P_e = \frac{P_{ep} - P_e}{P_{eep}} \times 100\%, \quad \% \quad (1.55)$$

$$P_{eep} = \frac{P_{ep} + P_e}{2}, \text{ кВт} \quad (1.56)$$

$$P_{eep} = \frac{615 + 605}{2} = 610 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_e = \frac{615 - 605}{610} \times 100\% = 1,6\%$$

Похибка не перевищує 5%, значить розрахунок виконав верно.

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.23 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Розрахунок індикаторної діаграми

1.2.1 Розрахунок теоретичної індикаторної діаграми.

Вихідні дані:

$P_{mi} = 1,399$ МПа	- середній індикаторний тиск.
$P_d = 0,216$ МПа	- тиск в кінці впуску.
$n_1 = 1,390$ МПа	- показник політропи стиску.
$\varepsilon_c = 13$	- ступінь стиску.
$P_{\max} = 10,7$ МПа	- максимальний тиск в циліндрі.
$n_2 = 1,240$	- показник політропи розширення.
$\rho = 1,396$	- ступінь попереднього розширення.
$m_p = 0,050$ МПа/мм	- масштаб по осі тиску.

Розрахунок лінії стиску виконуємо по формулі:

$$P_{cm} = \frac{P_d \times \varepsilon^{n_1}}{(V/V_c)^{n_1}}, \text{ МПа} \quad (1.57)$$

Розрахунок лінії розширення виконуємо по формулі:

$$P_{\delta i \zeta} = \frac{P_{\max} \times \rho^{n_2}}{(V/V_c)^{n_2}}, \text{ МПа} \quad (1.58)$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 1.1

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.23 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 Результати розрахунку.

V/V_c	$P_{CT},$ МПа	$P_{CT},$ мм	$P_{роз},$ МПа	$P_{роз},$ мм
1,000	7,635	152,7		
1,250	5,599	112		
1,396	4,802	96,04	10,7	214
1,5	4,345	86,92	9,787	195,8
1,75	3,507	70,15	8,084	161,7
2	2,913	58,27	6,851	137
3	1,658	33,16	4,143	82,88
4	1,111	22,23	2,900	58,01
5	0,815	16,3	2,199	43,99
6	0,632	12,65	1,754	35,09
7	0,510	10,21	1,449	28,98
8	0,424	8,483	1,228	24,56
9	0,360	7,202	1,061	21,22
10	0,311	6,221	0,931	18,62
11	0,272	5,449	0,827	16,55
12	0,241	4,828	0,742	14,86
13	0,216	4,32	0,672	13,45

$$P_{mi}^D = \frac{F}{[AB]} \cdot m_p = \frac{5648}{240} \cdot 0,050 = 1,412 \text{ МПа} \quad (1.59)$$

де $F = 5648 \text{ мм}^2$ - площа індикаторної діаграми

$[AB] = 240 \text{ мм}$ відстань від ВМТ до НМТ на діаграмі.

Об'єм камери згоряння

$$V_c = \frac{V_s}{\varepsilon - 1}, \text{ мм} \quad (1.60)$$

$V_s = [AB] = 240 \text{ мм}$ - приведений робочий об'єм

$$V_c = \frac{240}{13 - 1} = 20 \text{ мм}$$

Похибка середнього індикаторного тиску.

$$\Delta P_{mi} = \frac{|P_{mi} - P_{mi}^D|}{P_{міср}} \times 100\% \quad (1.61)$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.23 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{micp} = \frac{P_{mi} + P_{mi}^{\prime\prime}}{2}, МПа \quad (1.62)$$

$$P_{micp} = \frac{1,399 + 1,412}{2} = 1,405 МПа$$

$$\Delta P_{mi} = \frac{|1,399 - 1,412|}{1,405} \times 100\% = 0,943\%$$

Похибка не перевищує 5%

1.2.2 Побудова дійсної індикаторної діаграми

Характерні точки на діаграмі:

C' , до ВМТ	-	точка подачі палива форсункою (подача іскри). Визначається кутом випередження впорску палива (випередження запалювання).
f , до ВМТ	-	точка початку згорання, визначається кутом затримки згорання: $\Delta\varphi_1$, ПКВ
$\Delta\varphi_2$, після ВМТ	-	кут після ВМТ, де тиск максимальний
b' , після ВМТ	-	точка відкриття випускного клапану
r' , до ВМТ	-	точка відкриття впускного клапану
r'' , після ВМТ	-	точка закриття випускного клапану
d' , до ВМТ	-	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.
$[AB] = 240 \text{ мм}$	-	відстань від ВМТ до НМТ на діаграмі.
$\Delta\varphi_1 = 10^\circ$ ПКВ	-	кут затримки згорання.

$P_r = 0,211$ МПа - тиск залишкових газів.

$m_p = 0,050$ МПа/мм - масштаб тиску.

$S = 340$ мм - хід поршня.

$P_c = 7,642$ МПа - тиск в кінці стиску.

$P_{\max} = 10,7$ МПа - максимальний тиск.

Таблиця 1.2 Визначення точок дійсної індикаторної діаграми.

Позначка Точки φ° , ПКВ	Положення точки відносно ВМТ, φ° , ПКВ	Постійна $X = (1 - \cos \varphi) + \frac{\lambda_L}{4} \times (1 - \cos 2\varphi)$	Відстань від ВМТ до точки $X \times \frac{[AB]}{2}$, мм
C' , до ВМТ	15	0,042	5,094
f , до ВМТ	5	0,005	0,571
$\Delta\varphi_2$, після ВМТ	10	0,019	2,275
b' , після ВМТ	130	1,716	205,937
r' , до ВМТ	30	0,165	19,826
r'' , після ВМТ	50	0,431	51,668
d' , до ВМТ	150	1,897	227,673

Ордината точки г:

$$\frac{P_r}{m_p} = \frac{0,211}{0,050} = 4,220 \text{ мм} \quad (1.63)$$

Тиск газів в ВМТ.

$$P_c'' = (1,15 - 1,25) \times P_c, \text{ МПа} \quad (1.64)$$

Приймаємо 1,25 - число з інтервалу.

$$P_c'' = 1,25 \times 7,642 = 9,553 \text{ МПа}$$

$$P_c'' = \frac{9,553}{0,050} = 191,050 \text{ мм}$$

Максимальний тиск згорання.

Для дизелів: $P_{zd} = P_{\max} = 10,7 \text{ МПа}$

Поправка Брікса.

$$OO' = \frac{R \times \lambda_L}{2}, \text{ мм} \quad (1.65)$$

$$R = \frac{S}{2} = \frac{340}{2} = 170 \text{ мм} \quad (1.66)$$

$$OO' = \frac{170 \times 0,25}{2} = 21,25 \text{ мм}$$

Масштаб переміщення.

$$M_s = \frac{S}{[AB]} = \frac{340}{240} = 1,416 \quad (1.67)$$

Поправка Брікса в масштабі переміщення

$$OO = \frac{OO'}{M_s}, \text{ мм} \quad (1.68)$$

$$OO = \frac{21,26}{1,416} = 15 \text{ мм}$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.23 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Аналіз ефективних показників проектного двигуна й прототипу

Таблиця 1.3 Порівняльна таблиця ефективних показників двигунів

Назва	Позначення	Проектований двигун	Двигун-прототип
Ефективна потужність, кВт	P_e	615	535
Частота обертання колінчастого валу, хв^{-1}	n	600	600
Максимальний тиск згоряння, МПа	$P_{\max}$	10,7	9,5
Тиск наддуву, МПа	P_e	0,235	0,2
Діаметр, мм	d	250	250
Хід поршня, мм	S	340	340
Число циліндрів	i	6	6
Ступень стиску	ε	13	12
Питома ефективна витрата палива, $\frac{\text{кг}}{\text{кВт} \times \text{год}}$	ϕ_e	0,225	0,226

Розрахований мною двигун має більшу потужність, ніж двигун - прототип, за рахунок тиску наддуву. Також спроектований двигун має більший максимальний тиск згоряння за рахунок збільшення тиску наддуву та ступені стиску. Діаметр та хід поршня такі ж самі як і у двигуна - прототипу. Питома ефективна витрата палива має незначне зниження за рахунок підвищення ступені стиску.

1.4 Динамічний розрахунок двигуна

На деталі КШМ діють:

Сили тиску газу

$$F_z = P_y \times \frac{\pi d^2}{4}, H \quad (1.69)$$

Сили інерції мас, що рухаються зворотно-поступально.

$$F_u = -m_s r \omega^2 (\cos \varphi + \lambda_L \cos 2\varphi), H \quad (1.70)$$

Сумарна сила (дійсна).

$$F_d = F_z \pm F_u, H \quad (1.71)$$

Нормальна сила.

$$F_n = F_d \times \operatorname{tg} \beta, H \quad (1.72)$$

Радіальна сила.

$$F_r = F_d \frac{\cos(\varphi + \beta)}{\cos \beta}, H \quad (1.73)$$

Дотична сила.

$$F_k = F_d \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\cos \beta}, H \quad (1.74)$$

Вихідні дані:

- $d = 0,25\text{м}$ - діаметр поршня
- $n = 600 \text{ хв}^{-1}$ - частота обертання КВ
- $h_{\max} = 214\text{мм}$ - ордината прийнята для $P_{\max}$
- $P_{\max} = 10700 \text{ кПа}$ - максимальний тиск циклу
- $\lambda_L = 0,25$ - кривошипно-шатунне відношення
- $m_p = 50,0 \text{ кПа/мм}$ - масштаб індикаторної діаграми
- $m_s = 80,0\text{кг}$ - маса деталей, що рухаються зворотно-поступально

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.23 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- $r = 0,170\text{м}$ - радіус кривошипа
 $\Delta\varphi_2^0 = 10,000^\circ$ - кут максимального тиску
 $\omega = 62,80\text{ с}^{-1}$ - кутова швидкість
 $m_F = 2,453\text{ кН/мм}$ - масштаб сил
 $A = 0,049\text{ м}^2$ - площа поршня

Таблиця 1.4 Результати динамічного розрахунку

φ°	F_{Γ}	F_{Π}	F_d	F_N	F_r	F_k	F_{Γ}	F_{Π}	F_d	F_N	F_r	F_k
ПКВ	кН	кН	кН	кН	кН	кН	мм	мм	мм	мм	мм	мм
0,0	10,54	-67,0	-56,4	0,0	-56,4	0,0	5,2	-33,5	-28,2	0,0	-28,2	0,0
10,0	10,54	-65,4	-54,8	-2,3	-53,6	-11,8	5,2	-32,7	-27,4	-1,2	-26,8	-5,9
20,0	10,54	-60,6	-50,1	-4,3	-45,6	-21,2	5,2	-30,3	-25,0	-2,1	-22,8	-10,5
30,0	10,54	-53,1	-42,6	-5,3	-34,2	-25,9	5,2	-26,5	-21,3	-2,6	-17,1	-12,9
40,0	10,54	-43,4	-32,8	-5,3	-21,7	-25,2	5,2	-21,7	-16,4	-2,6	-10,8	-12,6
50,0	10,54	-32,1	-21,6	-4,2	-10,6	-19,2	5,2	-16,0	-10,8	-2,1	-5,3	-9,6
60,0	10,54	-20,1	-9,5	-2,1	-2,9	-9,3	5,2	-10,0	-4,7	-1,0	-1,4	-4,6
70,0	10,54	-8,0	-2,4	-0,6	-0,2	-2,5	5,2	-4,0	-1,2	-0,2	-0,1	1,2
80,0	10,54	3,2	13,8	3,5	-1,0	14,2	5,2	1,6	6,9	1,7	-0,5	7,1
90,0	10,54	13,4	23,9	6,1	-6,1	23,9	5,2	6,7	11,9	3,09	-3,09	11,9
100,0	10,54	21,9	32,4	8,2	-13,7	30,5	5,2	10,9	16,2	4,1	-6,8	15,2
110,0	10,54	28,6	39,1	9,4	-22,2	33,5	5,2	14,3	19,5	4,7	-11,1	16,7
120,0	10,54	33,5	44,0	9,7	-30,5	33,3	5,2	16,7	22,0	4,8	-15,2	16,6
130,0	10,54	36,8	47,3	9,2	-37,5	30,3	5,2	18,4	23,6	4,6	-18,7	15,1
140,0	10,54	38,7	49,3	8,0	-42,9	25,5	5,2	19,3	24,6	4,0	-21,4	12,7
150,0	10,54	39,7	50,2	6,3	-46,7	19,6	5,2	19,8	25,1	3,1	-23,3	9,8
160,0	10,54	40,12	50,6	4,3	-49,1	13,2	5,2	20,0	25,3	2,17	-24,5	6,6
170,0	10,54	40,2	50,7	2,2	-50,3	6,6	5,2	20,1	25,3	1,1	-25,1	3,3
180,0	10,54	40,2	50,7	0,0	-50,7	0,0	5,2	20,1	25,3	0,0	-25,3	0,0
190,0	10,54	40,2	50,7	-2,2	-50,3	-6,6	5,2	20,1	25,3	-1,1	-25,1	-3,3
200,0	10,7	40,1	50,9	-4,3	-49,3	-13,3	5,3	20,0	25,4	-2,1	-24,6	-6,6
210,0	11,2	39,7	51,0	-6,4	-47,4	-19,9	5,6	19,8	25,5	-3,2	-23,7	-9,9
220,0	11,7	38,7	50,5	-8,2	-44,0	-26,2	5,8	19,3	25,3	-4,1	-22,0	-13,0
230,0	12,7	36,8	49,5	-9,6	-39,2	-31,7	6,3	18,4	24,7	-4,8	-19,6	-15,8
240,0	13,9	33,5	47,5	-10,5	-32,8	-35,8	6,9	16,7	23,7	-5,2	-16,4	-17,9
250,0	15,9	28,6	44,5	-10,7	-25,3	-38,2	7,9	14,3	22,3	-5,3	-12,6	-19,1

Продовження таблиці 1.4

φ°	F _Г	F _И	F _д	F _N	Fr	F _к	F _Г	F _И	F _д	F _N	Fr	F _к
ПКВ	КН	КН	КН	КН	КН	КН	ММ	ММ	ММ	ММ	ММ	ММ
260,0	18,1	21,9	40,0	-10,1	-16,9	-37,6	9,0	10,9	20,0	-5,0	-8,4	-18,8
270,0	21,5	13,4	34,9	-9,0	-9,0	-34,9	10,7	6,7	17,4	-4,5	-4,5	-17,4
280,0	26,7	3,2	30,0	-7,6	-2,2	-30,8	13,4	1,6	15,0	-3,8	-1,1	-15,4
290,0	33,6	-8,0	25,5	-6,1	2,9	-26,1	16,8	-4,0	12,7	-3,0	1,4	-13,0
300,0	45,1	-20,1	25,0	-5,5	7,7	-24,4	22,5	-10,0	12,5	-2,7	3,8	-12,2
310,0	63,2	-32,1	31,1	-6,0	15,3	-27,7	31,6	-16,0	15,5	-3,0	7,6	-13,8
320,0	93,2	-43,4	49,8	-8,1	32,9	-38,2	46,6	-21,7	24,9	-4,0	16,4	-19,1
330,0	142,7	-53,1	89,6	-11,2	71,9	-54,5	71,3	-26,5	44,8	-5,6	35,9	-27,2
340,0	222,7	-60,6	162,1	-13,9	147,5	-68,5	111,3	-30,3	81,0	-6,9	73,7	-34,2
350,0	345,4	-65,4	279,9	-12,1	273,6	-60,5	172,7	-32,7	139,9	-6,0	136,8	-30,3
360,0	469,7	-67,0	402,7	0,0	402,7	0,0	234,8	-33,5	201,3	0,0	201,3	0,0
368,0	524,9	-65,4	459,5	19,9	449,1	99,4	262,4	-32,7	229,7	9,9	224,5	49,7
380,0	490,6	-60,6	429,9	36,8	391,4	181,7	245,3	-30,3	214,9	18,4	195,7	90,8
390,0	336,3	-53,1	282,9	35,6	227,2	172,3	168,0	-26,5	141,4	17,8	113,6	86,1
400,0	227,4	-43,4	183,9	29,9	121,6	141,2	113,7	-21,7	91,9	14,9	60,8	70,6
410,0	162,4	-32,1	130,2	25,4	64,2	116,1	81,1	-16,0	65,1	12,7	32,1	58,0
420,01	120,2	-20,1	100,0	22,1	30,8	97,7	60,1	-10,0	50,0	1110	15,4	48,8
430,0	93,2	-8,0	85,1	20,5	9,7	87,0	46,6	-4,0	42,5	10,2	4,8	43,5
440,0	74,8	3,2	78,1	19,8	-5,9	80,3	37,4	1,6	39,0	9,9	-2,9	40,1
450,0	62,5	13,4	75,9	19,6	-19,6	75,9	31,2	6,7	37,9	9,8	-9,8	37,9
460,0	53,7	21,9	75,6	19,2	-32,0	71,1	26,8	10,9	37,8	9,6	-16,0	35,5
470,0	47,3	28,6	75,9	18,3	-43,2	65,1	23,6	14,3	37,9	9,2	-21,6	32,5
480,0	42,6	33,5	76,2	16,9	-52,7	57,5	21,3	16,7	38,1	8,4	-26,3	28,7
490,0	39,2	36,8	76,0	14,8	-60,2	48,7	19,6	18,4	38,0	7,4	-30,1	24,3
500,0	36,7	38,7	75,5	12,3	-65,7	39,1	18,3	19,3	37,7	6,1	-32,8	19,5
510,0	35,0	39,7	74,8	9,4	-69,5	29,2	17,5	19,8	37,4	4,7	-34,7	14,6
520,0	33,6	40,1	73,7	6,3	-71,4	19,2	16,8	20,0	36,8	3,1	-35,7	9,6
530,0	27,7	40,2	67,9	2,9	-67,4	8,8	13,8	20,1	33,9	1,4	-33,7	4,4
540,0	22,3	40,2	62,5	0,0	-62,5	0,0	11,1	20,1	31,2	0,0	-31,2	0,0
550,0	15,7	40,2	55,9	-2,4	-55,4	-7,3	7,8	20,1	27,9	-1,2	-27,7	-3,6
560,0	10,7	40,1	50,9	-4,3	-49,3	-13,3	5,3	20,0	25,4	-2,1	-24,6	-6,6
570,0	10,5	39,7	50,2	-6,3	-46,7	-19,6	5,2	19,8	25,1	-3,1	-23,3	-9,8
580,0	10,5	38,7	49,3	-8,0	-42,9	-25,5	5,2	19,3	24,6	-4,0	-21,4	-12,7
590,0	10,5	36,8	47,3	-9,2	-37,5	-30,3	5,2	18,4	23,6	-4,6	-18,7	-15,1

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.23 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 1.4

φ°	F _Г	F _И	F _д	F _N	F _Г	F _к	F _Г	F _И	F _д	F _N	F _Г	F _к
ПКВ	КН	КН	КН	КН	КН	КН	ММ	ММ	ММ	ММ	ММ	ММ
600,0	10,5	33,5	44,1	-8,8	-30,5	-33,3	5,2	16,8	22,0	-4,9	-15,3	-15,6
610,0	10,5	28,6	39,1	-9,4	-22,2	-33,5	5,2	14,3	19,5	-4,7	-11,1	-16,7
620,0	10,5	21,9	32,4	-8,2	-13,7	-30,5	5,2	10,9	16,2	-4,1	-6,8	-15,2
630,0	10,5	13,4	23,9	-6,1	-6,1	-23,9	5,2	6,7	11,9	-3,1	-3,1	-11,9
640,0	10,5	3,2	13,8	-3,5	-1,1	-14,2	5,2	1,6	6,9	-1,7	-0,5	-7,1
650,0	10,5	-8,0	-2,4	-0,5	0,2	-2,5	5,2	-4,0	1,2	-0,2	0,1	-1,2
660,0	10,5	-20,1	-9,5	2,1	-2,9	9,3	5,2	-10,1	-4,8	1,1	-1,4	4,6
670,0	10,5	-32,1	-21,6	4,2	-10,6	19,2	5,2	-16,0	-10,8	2,1	-5,3	9,6
680,0	10,5	-43,4	-32,8	5,3	-21,7	25,2	5,2	-21,7	-16,4	2,6	-10,8	12,6
690,0	10,5	-53,2	-42,6	5,3	-34,2	25,9	5,2	-26,5	-21,3	2,6	-17,1	12,9
700,0	10,5	-60,6	-50,1	4,3	-45,6	21,1	5,2	-30,3	-25,0	2,1	-22,8	10,5
710,0	10,5	-65,4	-54,8	2,3	-53,6	11,8	5,2	-32,7	-27,4	1,2	-26,8	5,9
720,0	10,5	-67,0	-56,4	0,0	-56,4	0,0	5,2	-33,5	-28,2	0,0	-28,2	0,0

1.5 Розробка конструкції втулки робочого циліндру

1.5.1. Призначення, описування та обґрунтування втулки

Так як ресурс двигуна в основному визначається станом циліндрово-поршневої групи, то причина й характер зносу деталей, що входять до складу ЦПГ (а це, в першу чергу, втулка циліндрів, поршневі кільця), представляють найбільший інтерес. Втулки циліндрів 4-х-тактних ДВЗ у відповідності з рисунком 1 зношуються в першу чергу у верхній частині, знос в нижній частині незначний. Збільшений знос циліндрової втулки в верхній частині викликаний наступними причинами: високим питомим тиском між першою парою ущільнюючих кілець та стінками циліндру при положенні поршня в ВМТ в кінці такту стиснення та на початку такту розширення; високою температурою в камері згоряння; несприятливими умовами змащування у верхній частині втулки; корозійним впливом продуктів згоряння палива на стінках циліндрів.

Незадовільні умови змащування, підвищений тиск призводять до напівсухого тертя, що викликає пластичну деформацію, яка супроводжується наклепом металу та подальшим його руйнуванням.

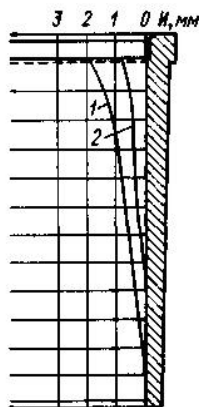


Рис. 1

Рисунок 1 Залежність зносу втулки циліндрів від її висоти

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.23 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

1.5.2 Розрахунок втулки робочого циліндру

1.5.2.1 Умови роботи втулки робочого циліндру

Під час роботи ДВЗ втулки піддаються значним механічним та тепловим навантаженням, а також зношенню. На них діють напруження від сил газів, бокового тиску поршня і температурні напруження.

1.5.2.2 Вимоги до матеріалу гільзи:

- непроникність для газів і води;
- необхідні міцнісні властивості;
- висока противність зношенню;
- стійкість проти електрохімічної корозії;
- стійкість проти кавітаційного руйнування.

1.5.2.3 Вибір марки матеріалу.

Вибираємо чавун СЧ 25 ГОСТ 1412-85

1.5.2.4 Механічні властивості матеріалу

- границя міцності: $\sigma_A = 250 \text{ МПа}$
- границя текучесті: $\sigma_0 = 150 \text{ МПа}$

1.5.2.5 Розрахунок гільзи на міцність

Вихідні дані:

- діаметр циліндру: $d = 250 \text{ мм}$
- частота обертання: $n = 600 \text{ хв}^{-1}$
- максимальний тиск згоряння в циліндрі: $P_{MAX} = 10,7 \text{ МПа}$

Розрахункова товщина стінки гільзи:

$$B_{ГР} = \frac{d}{2} \cdot \left(\sqrt{\frac{\sigma_z + 0.4 \cdot P_{MAX}}{\sigma_z - 1.3 \cdot P_{MAX}}} - 1 \right) = \frac{250}{2} \cdot \left(\sqrt{\frac{50 + 0.4 \cdot 10,7}{50 - 1.3 \cdot 10,7}} - 1 \right) = 28,30 \text{ мм} \quad (1.75)$$

$$A_{\bar{A}D} = 28,30 \text{ мм}$$

Допустимі напруження розтягання:

$[\sigma_z]=50-80$ МПа – для чавуна;

$[\sigma_z]=80-100$ МПа – для сталі.

$[\sigma_z]=50$ МПа

Товщина стінки гільзи:

$B_r > B_{rp}$

Приймаємо:

$B_r = 30$ мм

Напруження розтягання в гільзі від дії максимального тиску газів:

$$\sigma_p = \frac{P_{MAX} \cdot d}{2 \cdot B_{rp}} = \frac{10,7 \cdot 250}{2 \cdot 30} = 44,58 \text{ МПа} \quad (1.76)$$

$\sigma_p = 44,58$ МПа

$[\sigma_p]=90$ МПа – для чавуну;

$[\sigma_p]=120$ МПа – для сталі.

Температурне напруження в гільзі:

$$\sigma_t = \frac{E \cdot \alpha_y \cdot \Delta T}{2 \cdot (1 - \mu)} = \frac{100000 \cdot 0,000011 \cdot 100}{2 \cdot (1 - 0,23)} = 71,42 \text{ МПа} \quad (1.77)$$

$\sigma_t = 71,42$ МПа

де E - Модуль пружності:

$E=100000$ МПа – для чавуну;

$E=220000$ МПа – для сталі.

Приймаємо $E=100000$ МПа

$\Delta T=100-150=100$ К – температурний перепад між зовнішньою і внутрішньою стінками гільзи;

$\alpha_y=0,000011$ 1/К – коефіцієнт лінійного розширення;

μ - коефіцієнт Пуассона:

$\mu=0,23-0,27$ – для чавуну;

$\mu=0,25-0,33$ – для сталі.

Приймаємо $\mu=0,23$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.23 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Сумарні напруження в гільзі:

а) на зовнішній поверхні:

$$\sigma'_{\Sigma} = \sigma_p + \sigma_t < [\sigma_{\Sigma}] = 44,58 + 71,42 < [\sigma_{\Sigma}] = 100-180 \text{ МПа} \quad (1.78)$$

$$\sigma'_{\Sigma} = 116,012 \text{ МПа}$$

б) на внутрішній поверхні:

$$\sigma''_{\Sigma} = \sigma_p - \sigma_t < [\sigma_{\Sigma}] = 44,58 - 71,42 < [\sigma_{\Sigma}] = 100-180 \text{ МПа} \quad (1.79)$$

$$\sigma''_{\Sigma} = -26,845 \text{ МПа}$$

$[\sigma_{\Sigma}] = 100-180 \text{ МПа}$ – для чавуну;

$[\sigma_{\Sigma}] = 200-250 \text{ МПа}$ – для сталі.

Розрахунок упорного бурта

Напруження згинання упорного бурта

$$\sigma_H = \frac{F_3 \cdot m}{\frac{\pi \cdot d_1 \cdot h^2}{6}} = \frac{0,787 \cdot 0,003}{\frac{3,14 \cdot 0,314 \cdot 0,015^2}{6}} = 63,89 \text{ МПа} \quad (1.80)$$

$$\sigma_{\epsilon} = 63,89 \text{ МПа} \leq [\sigma_{\epsilon}] = 70 \text{ МПа}$$

де $m = 0,003 \text{ м}$

$h = 0,015 \text{ м}$

$$F_3 = (1,5 \div 2) \cdot F_r^{\text{MAX}} = 1,5 \cdot 0,525 = 0,787 \text{ МН} \quad (1.81)$$

де $F_3 = 0,787 \text{ МН}$ – сила затяжки шпильок кришки циліндрів.

$$\begin{aligned} F_r^{\text{MAX}} &= P_{\text{MAX}} \cdot A = 10,7 \cdot 0,049 = 0,525 \text{ МН} \\ F_r^{\text{MAX}} &= 0,525 \text{ МН} \end{aligned} \quad (1.82)$$

Площа поверхні втулки

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,250^2}{4} = 0,049 \text{ м}^2 \quad (1.83)$$

$$A = 0,049 \text{ м}^2$$

де $d_1 = 0,314 \text{ м}$ – діаметр центрального пояса.

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.23 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

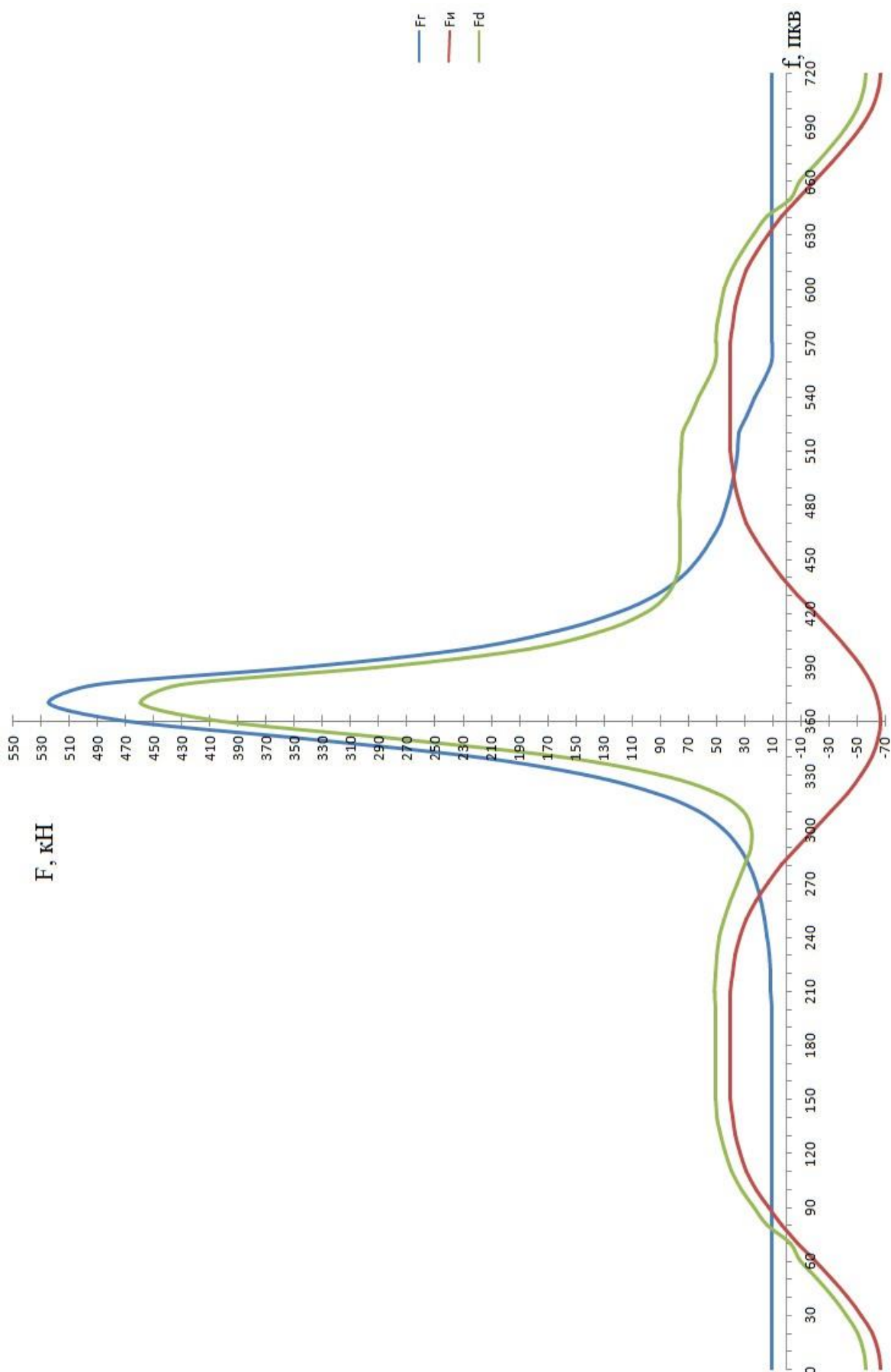
1.5.3. Пропозиції по удосконаленню втулки робочого циліндру

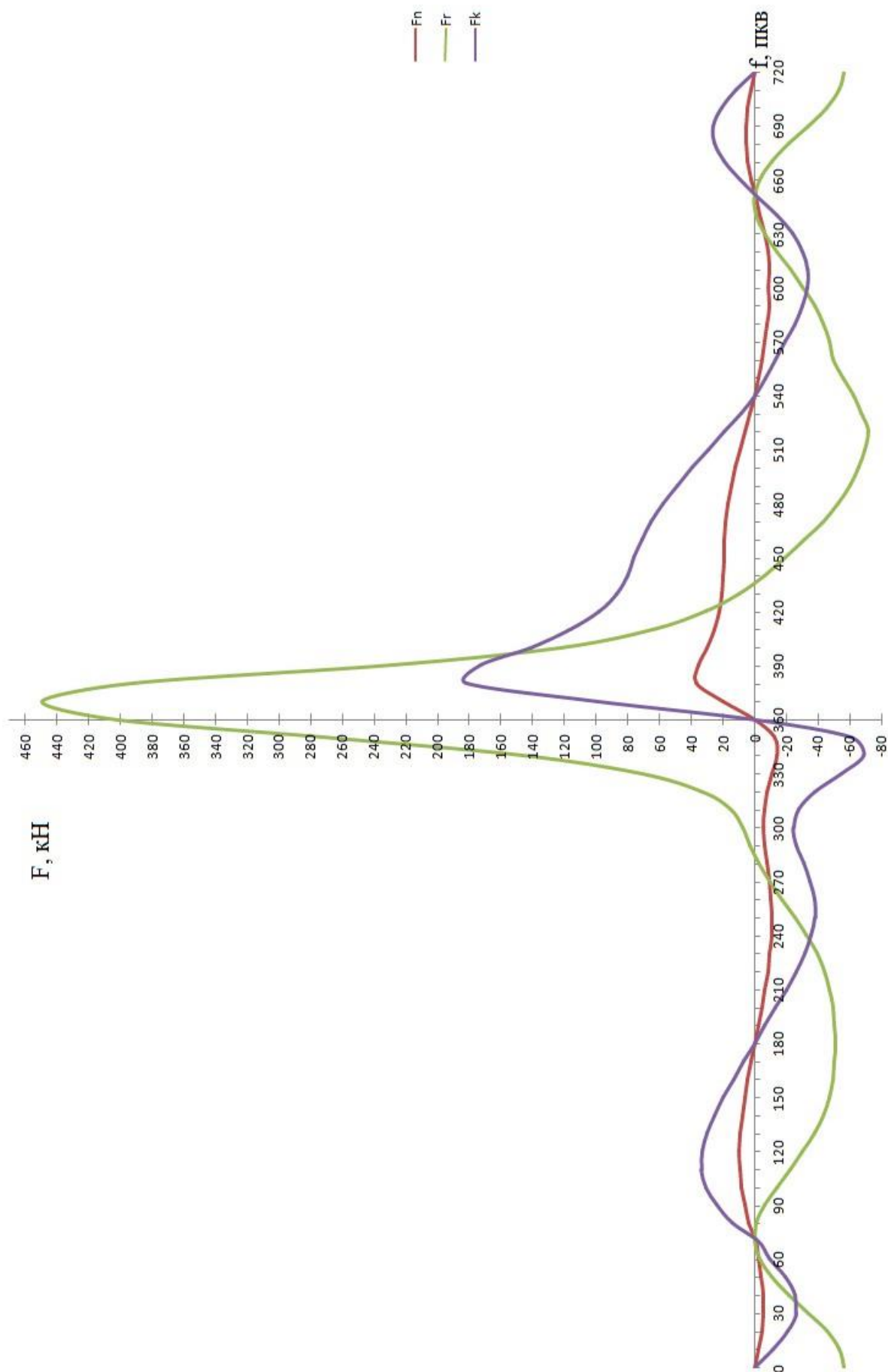
Одним з факторів, які визначають стійкість матеріалу проти зносу є його твердість.

З урахуванням пропонованих до використання компресійних кілець, вироблених зі сталі, ми повинні підвищити твердість втулки робочого циліндру. Пропоную використати процес азотування, який широко застосовується на підприємстві, та заазотувати верхню частину втулки в зоні роботи верхніх компресійних кілець. Це підвищить твердість робочої поверхні втулки до $HV = 600-700$.

Таке комплексне рішення, на мою думку, зменшить знос пари кільце-втулка, особливо в верхній її частині, що приведе до вирівнювання кривої зносу втулки, та збільшить моторесурс деталей ЦПГ до заміни.

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.23 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32





Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ВСП ПФК НУК 133.431.25.23 ПЗ

Арк.

27

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір обладнання, пристроїв та інструменту.

Рациональна 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 втулки робочого циліндру з блоком обране наступне обладнання та інструмент.

В першу чергу на ділянці повинен бути стенд для виконання запресування втулки робочого циліндру у блок та пристрій для проведення гідро випробування після запресування . Для продувки деталей використаємо стиснуте повітря із заводської системи. Участок складання необхідно укомплектувати вантажопідіймальним пристроєм з урахуванням ваги вузла.

Для зберігання інструментів, креслень, технологічних процесів на ділянці встановлюють інструментальні ящики. Також потрібно ділянку укомплектувати комплектом вимірювальних пристроїв, так як контрольні операції будуть виконувати робітники ділянки.

2.2 Визначення технічної норми часу.

Розрахунок штучного часу в умовах серійного виробництва вираховується згідно формули

$$T_{шт} = \sum T_{он} \left(1 + \frac{a_{обс} + a_{он}}{100}\right), хв \quad (2.1)$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.23 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

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
втулки робочого циліндру з блоком.

005 Підготовча

$$T_{005} = 14(1 + \frac{4+3}{100}) = 15 \text{ хв.};$$

010 Складальна

$$T_{010} = 37(1 + \frac{4+3}{100}) = 40 \text{ хв.};$$

015 Випробувальна

$$T_{015} = 28(1 + \frac{4+3}{100}) = 30 \text{ хв.};$$

020 Контрольна

$$T_{020} = 9(1 + \frac{4+3}{100}) = 10 \text{ хв.};$$

Визначаємо загальний штучний час на складання.

$$T_{шт} = T_{005} + T_{010} + T_{015} + T_{020} = 15+40+30+10= 95 \text{ хв.} \quad (2.2)$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.23 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ОРГАНІЗАЦІЙНО – ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Визначення потрібної кількості працюючих і площі ділянки.

3.1.1 Необхідну кількість робочих місць визначаємо згідно [7] за формулою:

$$C_{pi} = \frac{N \cdot t_{шт}}{60\Phi_{ЕФ}} \quad (3.1)$$

де $N = 720$ шт. – річна програма випуску, шт. згідно завдання

$t_{005} = 15$ хв – штучний час на 005 операцію;

$t_{010} = 40$ хв – штучний час на 010 операцію;

$t_{015} = 30$ хв – штучний час на 015 операцію;

$t_{020} = 10$ хв – штучний час на 020 операцію;

$\Phi_{ЕФ}$ – ефективний фонд робочого часу

$$\Phi_{ЕФ} = (365 - B - C) \cdot D \cdot 3 \cdot (1 - a/100), \text{ год.} \quad (3.2)$$

де 365 – календарні дні у 2025 році;

$B = 104$ – вихідні дні у 2025 році;

$C = 0$ – святкові дні у 2025 році;

$D = 8$ – тривалість зміни в годинах згідно [7];

$3 = 1$ – кількість змін роботи на добу, згідно завдання;

$a = 3\%$ - відсоток втрат часу на регламентовані перерви.

$$\Phi_{ЕФ} = (365 - 104 - 0) \cdot 8 \cdot 1 \cdot (1 - 3/100) = 2025,36 \text{ год.}$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.23 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_{P005} = \frac{720 \cdot 15}{1940 \cdot 60} = 0,09$$

$$C_{P010} = \frac{720 \cdot 40}{1940 \cdot 60} = 0,25$$

$$C_{P015} = \frac{720 \cdot 30}{1940 \cdot 60} = 0,19$$

$$C_{P020} = \frac{720 \cdot 10}{1940 \cdot 60} = 0,06$$

Для виконання операцій 005, 010, 015, 020, потрібно одне робоче місто

Визначаємо коефіцієнт завантаження робочого місця згідно [7] за формулою:

$$K_z = \frac{\sum C_{pi}}{\sum C_{npi}}, \quad (3.3)$$

де $\sum C_{pi}$ - сума розрахункової кількості робочих місць згідно формули (3.1)

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

$$K_1 = \frac{0,09 + 0,25 + 0,19 + 0,06}{1} = 0,59$$

3.1.2 Чисельність основних виробничих робітників визначаємо згідно [7] за формулою:

$$\chi_{oi} = \frac{N \sum t_{шт}}{60 \Phi_{ЕФ} K_B}, \text{чол} \quad (3.4)$$

де $K_B = 1$ - коефіцієнт виконання норм вироботки

$$\chi_{oi} = \frac{720(15 + 40 + 30 + 10)}{60 \cdot 1940 \cdot 1} = 0,59 \text{чол.}$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.23 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На операції 005, 010, 015, 020 приймаємо одного робітника – слюсаря механоскладальних робіт 4 розряду. Керівників, службовців і допоміжних робітників на дільниці немає.

Всі проведені розрахунки зводимо у таблицю 3.1

Таблиця 3.1 Зведена відомість працюючих на дільниці складання кришки

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

3.1.3 Виробничу площу для виконання складальних робіт визначимо згідно [7] за формулою:

$$A_{\text{ВИР.}} = R \cdot K_{\text{П}}, \text{ м}^2 \quad (3.5)$$

де $R = 1$ – чисельність робочих місць.

$K_{\text{П}} = 10 - 14 \text{ м}^2$ – питома площа на одне робоче місце;

Приймаємо $K_{\text{П}} = 1$

$$A_{\text{ВИР}} = 1 \cdot 15 = 15 \text{ м}^2$$

Загальну площу дільниці визначимо згідно [7] за формулою:

$$A_3 = A_{\text{ВИР}} + A_{\text{СК}} + A_{\text{ММ.}}, \text{ м}^2 \quad (3.6)$$

де $A_{\text{СК}} = 5 \text{ м}^2$ - площа складу продукції;

$A_{\text{ММ}}$ - площа місця майстра, м^2 , приймаємо 0 м^2 ;

$$A_3 = 15 + 5 = 20\text{м}^2$$

Об'єм будови ділянки визначаємо по формулі:

$$V_B = A_3 \cdot h, \text{ м}^3 \quad (3.7)$$

де $h = 6\text{м}$ - висота будови складального цеху ТДВ «Дизельмаш - КГУ»

$$V_B = 20 \cdot 6 = 120\text{м}^3$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.23 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

4 ОРГАНІЗАЦІЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ПРОТИПОЖЕЖНИЙ ЗАХИСТ

Охорона праці – це система законів і норм, спрямованих на забезпечення безпеки праці і відповідних їм соціально – економічних, організаційних, технічних і санітарно – гігієнічних заходів.

Задачі охорони праці – звести до мінімуму можливі поранення і захворювання працюючих, з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці. Реальні виробничі умови характеризуються, як правило, наявністю деяких небезпечних і шкідливих

4.1 Техніка безпеки та протипожежний захист на дільниці складання

4.1.1 Техніка безпеки на дільниці складання

а) Загальні відомості

- Роботи по підготовці деталей дизеля для подальшого їх складання повинні проводитись особами які досягли 18-ти років пройшовши медичну комісію, інструктаж по охороні праці і техніки безпеки, вивчивши конструкцію і роботу дизеля.

- Робітник повинен дотримуватись правил внутрішнього розпорядку.

- Кількість в повітрі парів і пилу не повинна перевищувати допустимої концентрації.

- Під час роботи слюсар-складальник зобов'язаний користуватись спецодягом, спецвзуттям, навушниками.

- Дотримуватись правил особистої гігієни. Не використовувати для миття рук керосин, бензин і шкідливі речовини.

- Робоче місце, побутові приміщення зберігати в чистоті.

б) Вимоги техніки безпеки перед роботою

- Робітник зобов'язаний надіти спецодяг, взуття, під час обкатки дизеля надіти навушники проти шуму.

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.23 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

- Організувати робоче місце так, щоб все необхідне було під руками.
- Переконатись в тому, що робоче місце добре освітлене.
- Отримавши інструмент із складу переконатись у його справності.
- Приймати зміну в тому випадку, якщо стенд і двигун витерті і немає розливу масла і палива.
- Вологість, температура, вібрації і шум не повинні перевищувати санітарні норми.
- г) Вимоги техніки безпеки по закінченню роботи
- Привести в порядок робоче місце, інструмент, скласти його в комору.
- Доповісти майстру про всі несправності і неполадки.
- Зняти робочий одяг і прибрати його в шафу.

4.1.2 Протипожежний захист на дільниці складання

- Технологічне обладнання за нормальних режимів роботи повинно бути пожежобезпечним, а на випадок небезпечних несправностей та аварій необхідно передбачати захисні заходи, що обмежують масштаб та наслідки пожежі.
- У вибухопожежонебезпечних та пожежонебезпечних приміщеннях (дільницях, майстернях, цехах тощо) та на устаткуванні, що становить небезпеку вибуху або займання, необхідно вивішувати знаки, які забороняють користування відкритим вогнем.
- Технологічне устаткування, апарати і трубопроводи, в яких утворюються речовини, що виділяються пожежовибухонебезпечні пари, гази та пил, повинні бути герметичними
- Не допускається виконувати виробничі операції на обладнанні, установках, верстатах з несправностями, які можуть спричинитися до

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.23 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

займань та пожеж, а також коли відключені контрольно-вимірювальні прилади, за якими визначаються технологічні параметри (температура, тиск, концентрації парів, газів).

4.2 Розрахунок освітлення на ділянці складання

Кількість світильників визначається за формулою:

$$N = \frac{E \cdot A \cdot K_3 \cdot Z}{\Phi_{\text{л}} \cdot U \cdot n}, \text{шт} \quad (4.1)$$

де $E = 200 \text{лк}$ - необхідна освітленість горизонтальної площини, відповідно до галузевих норм проектування штучного освітлення основних цехів промислових підприємств ВСН 196-83;
 $A = 20 \text{ м}^2$ - площа підлоги ділянки складання;
 $K_3 = 1,3$ - коефіцієнт запасу при малому виділенні пилу;
 $\Phi_{\text{л}} = 1995 \text{ лм}$ - світловий потік однієї лампи, приймаємо за таблицю 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 таблицю 5 [8] залежно від індексу приміщення та коефіцієнтів відбивання світла.

Визначаємо індекс приміщення за формулою:

$$i = \frac{L \cdot B}{h \cdot (L + B)}, \quad (4.2)$$

де $L = 5 \text{м}$ – довжина ділянки складання;

$B = 4 \text{м}$ – ширина ділянки складання;

h – висота підвішування світильника над робочим місцем, м;

$$h = H - h_p - h_c \quad (4.3)$$

$H = 6 \text{м}$ – висота приміщення;

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.23 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

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

$h_c = 2\text{м}$ – відстань від стелі до світильника.

$$h = 6 - 0,8 - 2 = 3,2\text{м}$$

$$i = \frac{5 \cdot 4}{3,2 \cdot (5 + 4)} = 0,62$$

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].

$$N = \frac{200 \cdot 1,3 \cdot 20 \cdot 1,1}{1995 \cdot 0,29 \cdot 2} = 5,9_{шт.}$$

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

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.23 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЛІТЕРАТУРА

1. Дизели 6ЧН25/34. Инструкция по эксплуатации. – М.: Энергоэкспорт.- 105с.
2. Діденко О.В., Доценко С.М. Методичні вказівки до виконання розрахунку робочого процесу дизельного двигуна з дисципліни «Теорія двигунів внутрішнього згоряння» Первомайськ: ППІ – 40 с.
3. Орлин А.С., Круглов М.Г. Конструирование и расчет на прочность поршневых и комбинированных двигателей. – М.: Машиностроение, 1984.- 382 с.
4. Коваленко І.М., Василюк О.О. Методичні вказівки до виконання розрахунків основних деталей ДВЗ з дисципліни «Конструкція та динаміка ДВЗ». – Первомайськ: ППІ – 72 с.
5. Натальчишина В.П., Брендюля М.Ф., Гиль О.О. Вимоги до оформлення курсових та дипломних проектів і робіт. Методичні вказівки для студентів інституту та коледжу. – Первомайськ: ППІ – 47с.
6. Керб П.П. „Основи охорони праці: Навч. посібник. - К.: КНЕУ, 2005 – 205с.
7. Н.В.Сологуб. Економіка, організація і планування виробництва ДВЗ. Методичні вказівки до виконання курсової роботи. – Первомайськ: КППІ – 27с.
8. Бельська М.В. Дипломне проектування. Методичні вказівки до виконання розділу дипломного проекту «Організація охорони праці та протипожежний захист» для студентів спеціальності 5.05050306 – «Виробництво двигунів» - Первомайськ, 2013 – 20с.
9. Федоренко В.А., Шонин А.И. Справочник по машиностроительному черчению. Л: Машиностроение, 1981.

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.23 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42