

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 дільниці складання
коромисла з розробкою його 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

_____	Максим МІНЯЙЛИК
(підпис)	(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)
Керівник _____	Федір БЕЛЬСЬКИЙ
(підпис)	(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)
Консультант з економічного розділу	
_____	Ірина КАПАЦИНА
(підпис)	(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)
Нормоконтролер	
_____	Ігор КОВАЛЕНКО
(підпис)	(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)
Рецензент _____	Павло МАЛЮТІН
(підпис)	(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

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**

Максиму МІНЯЙЛИКУ

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

1. Тема проєкту: Проєкт 4 тактного дизельного двигуна та дільниці складання коромисла з розробкою його 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 $P_e = 608$ кВт,

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

Розробити технологічний процес складання: коромисла

Річне завдання 6070 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 динаміки 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 6ЧН 25/34 ф. А1

Аркуш 2 Складальне та робочі креслення коромисла ф.А1

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: 21.04.2025 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	13.06.2025 р.	

Здобувач освіти

Керівник проєкту

(підпис)

Максим МІНЯЙЛИК
(ім'я, ПРИЗВИЩЕ)

(підпис)

Федір БЕЛЬСЬКИЙ
(ім'я, ПРИЗВИЩЕ)

ЗМІСТ

1 Конструкторський розділ	4
1.1 Розрахунок робочого процесу двигуна	4
1.2 Розрахунок індикаторної діаграми	14
1.3 Аналіз ефективних показників проектного двигуна і прототипу	21
1.4 Динамічний розрахунок двигуна	22
1.5 Розробка конструкції коромисла	28
1.5.1 Призначення, описування та обґрунтування проектного вузла	28
1.5.2 Розрахунок на міцність вісі коромисла	28
1.5.3 Пропозиції по удосконаленню коромисла	31
2 Технологічний розділ	32
2.1 Вибір обладнання, пристроїв та інструменту	32
2.2 Визначення технічної норми часу	32
3 Організаційно - економічний розділ	34
3.1 Визначення потрібної кількості працюючих і площі ділянки	34
4 Організація охорони праці та протипожежний захист	37
4.1 Техніка безпеки та протипожежний захист на ділянці складання	37
4.2 Розрахунок освітлення на ділянці складання	38
Література	41

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.19 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Міняйлик М.			Пояснювальна записка		Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Бельський Ф.В						2	41
Н. Контр.		Коваленко І.М.							
Затверд.		Манзюк В.М..							
					Гр.431-ВД-21				

ДОДАТКИ

Додаток А Складальне креслення дизеля 6ЧН 25/34

Додаток Б Специфікація складального креслення дизеля 6ЧН25/34

Додаток В Складальне креслення коромисла

Додаток Г Специфікація складального креслення коромисла

Додаток Д Технологічний процес складання коромисла

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.19 ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

1.1 Розрахунок робочого процесу двигуна

1.1.1 Умова завдання:

Ефективна потужність	$P_e = 608 \text{ кВт}$
Частота обертання колінчастого валу	$n = 600 \text{ хв}^{-1}$
Ступінь стиску	$\varepsilon = 13$

1.1.2 Вихідні дані теплового розрахунку:

Тиск наддуву	$P_{\phi} = 0,235 \text{ МПа}$	[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

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.19 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

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

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

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 133.431.25.19 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 133.431.25.19 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 133.431.25.19 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.

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

Після підстановки одержимо рівняння.

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

де $a = 23,238$

$v = 0,001$

Середня мольна теплоємність продуктів згоряння при сталому тиску.

$$mC''p = mCv'' + 8.134, \frac{\kappa Дж}{\text{кмоль} \times K} \quad (1.27)$$

Після підстановки одержимо рівняння.

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

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 133.431.25.19 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 133.431.25.19 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 133.431.25.19 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 133.431.25.19 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Годинна витрата палива.

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

$$B = 0,225 \times 600 = 135,436 \text{кВт/год}$$

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

$$V_{St} = 30 \times 4 \times \frac{615}{1,229 \times 600} = 97,581 \text{л}$$

Робочий об'єм циліндра

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

$$V_s = \frac{97,581}{6} = 16,263 \text{л}$$

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

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

$$d = 100 \times \sqrt{\frac{4 \times 16,263}{3,14 \times 1,36}} = 247,896 \text{мм}$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.19 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Хід поршня.

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

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

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:

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

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

$$P_{eep} = \frac{615 + 608}{2} = 611,5 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_e = \frac{615 - 608}{611,5} \times 100\% = 1,14\%$$

Похибка не перевищує 5%, значить розрахунок виконав вірно.

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.19 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 133.431.25.19 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 133.431.25.19 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

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

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

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

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.

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.19 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$P_r = 0,211$ 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 133.431.25.19 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, $\frac{\text{кг}}{\text{кВт} \times \text{год}}$	ν_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

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

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

- $r = 0,170\text{м}$ - 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 133.431.25.19 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 коромисла

1.5.1 Призначення, описування та обґрунтування проектного вузла

Коромисла клапанів виготовлені з вуглецевої сталі. На кожний циліндр є два коромисла. Обидва слугують для відкривання клапанів. Коромисла встановлені на загальній вісі, що прикріплена до шпильок кріплення кришки циліндрів або у спеціальному корпусі.

Коромисло передає зусилля від штовхальника через штангу на клапан. Коромисло має однакові плечі, але можуть бути і різноплечіми.

Коромисло двигуна прототипа представляє собою двоплечий важіль. На одному плечі важеля є потовщення, де за допомогою вісі кріпиться ролик, що натискає на клапан. На другому плечі є отвір з різьбою, в який укручений регулювальний гвинт із сферичною виїмкою для верхнього наконечника штанги. На регулювальному гвинті є контргайка. Регулювальний гвинт необхідний для регулювання зазору між клапаном та роликом коромисла.

1.5.2 Розрахунок на міцність вісі коромисла

- Розрахунок осі коромисла на зріз у момент відкриття клапану випускного

$$\tau_{cp} = \frac{F}{2 \frac{\pi d_o^2}{4}} \leq [\tau_{cp}] \quad (1.75)$$

де $d_o = 12$ мм - діаметр осі коромисла

$F = F_{пр.нар} + F_{пр.вн} + F_{газ.} = 460 + 245 + 5283 = 5988$ н сила що діє на вісь коромисла у момент відкриття випускних клапанів

$F_{пр.нар} = 460$ н – сила що передається на вісь від зовнішньої пружини (з креслення пружини)

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.19 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

$F_{пр.вн} = 245H$ - сила що передається на вісь від внутрішньої пружини (з креслення пружини)

$F_{газ} = 5283H$ сила що передається на вісь від сили випускних газів у момент відкриття випускного клапана

$$F_{газ} = S_{кл} \cdot P_B (H) \quad (1.76)$$

$$F_{газ} = 7850 \cdot 0,673 = 5283H$$

де $P_B = 0,673 MPa$ тиск у момент відкриття клапана (з індикаторної діаграми)

$S_{кл}$ – площа клапана

$$S_{кл} = \frac{\pi d^2}{4} (мм^2) \quad (1.77)$$

$$S_{кл} = \frac{3,14 \cdot 100^2}{4} = 7850 мм^2$$

де $d = 100 мм$ – діаметр тарелки клапана (данні беремо з креслення клапана)

$[\tau_{cp}] = 102 MPa$ - допустимі напруження на зріз для сталі 40

$[\tau_{cp}] = (0,25 - 0,35) G_T = 0,3 \cdot 340 = 102 MPa$

де $G_T = 340 MPa$ - межа текучості для сталі 40

$$\tau_{cp} = \frac{5988}{2 \frac{3,14 \cdot 12^2}{4}} = 26,48 \leq [102]$$

- Розрахунок осі коромисла на зріз у момент повного відкриття клапану випускного

$$\tau_{cp} = \frac{F}{2 \frac{\pi d_o^2}{4}} \leq [\tau_{cp}] \quad (1.78)$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.19 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

де $d_o = 12$ мм - діаметр осі коромисла

$F = F_{пр.нар} + F_{пр.вн} + F_{газ} = 721 + 510 + 1695,6 = 2926,6$ Н - сила що діє на вісь коромисла у момент повного відкриття випускного клапану

$F_{пр.нар} = 721$ Н - сила що передається на вісь від зовнішньої пружини (з креслення пружини)

$F_{пр.вн} = 510$ Н - сила що передається на вісь від внутрішньої пружини (з креслення пружини)

$F_{газ} = 1695,6$ Н - сила що передається на вісь від сили випускних газів у момент повного відкриття випускного клапана

$$F_{газ} = S_{кл} \cdot P_B \text{ (Н)} \quad (1.79)$$

$$F_{газ} = 7850 \cdot 0,216 = 1695,6 \text{ Н}$$

де $P_d = 0,216$ МПа - тиск на клапана у момент повного відкриття (з індикаторної діаграми)

$$\tau_{ср} = \frac{2926,6}{\frac{3,14 \cdot 12^2}{4}} = 12,94 \leq [102]$$

- Розрахунок вісі коромисла на зім'яло

$$G_{см} = \frac{F}{A_{см}} \leq [G_{см}] \quad (1.80)$$

$$G_{см} = \frac{5988}{120} = 49,5 \leq [G_{см}]$$

де $[G_{см}] = 100 \div 120$ МПа допустимі напруження на зім'яло для сталі

$A_{см}$ - умовна площа зім'яла

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.19 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$A_{cm} = d_o \cdot \delta \text{ (мм}^2\text{)} \quad (1.81)$$

де $d_o = 12$ мм - діаметр осі коромисла

$\delta = 10$ мм – товщина ролика коромисла

$$A_{cm} = 12 \cdot 10 = 120 \text{ мм}^2$$

1.5.3. Пропозиції по удосконаленню коромисла

У дипломному проекті я пропоную провести зміни у конструкції коромисла з метою покращення надійності кріплення вісі у корпусі коромисла. У двигуна прототипу вісь кріпилася від осьового переміщення за допомогою нанесення кернування у трьох точках через 120 градусів. Цей метод кріплення не дуже добий з урахуванням відсутності обробки коромисла у місцях кернування, впливу людського фактору (потреба в хорошому зорі), що може сказатися на якості кернування і привести до виходу вісі з корпусу, що і трапилося неодноразово у різних місцях експлуатації. Тому я у дипломному проекті я пропоную провести конструктивні зміни в осі коромисла та способу його кріплення. Вісь я пропоную виготовлювати з упорним буртом з одної сторони та внутрішньою різьбою з другої. Фіксацію від осьового переміщення виконувати за допомогою бурта з одної сторони та різьбового з'єднання з другої. Для ліквідування само відкручування болта ввести у конструкцію шайбу гровер. Це рішення незначно змінить технологію виготовлення основної деталі корпусу коромисла та практично не змінить технології виготовлення таких деталей як ролик, опора а також не змінить заготовки основної деталі – коромисла.

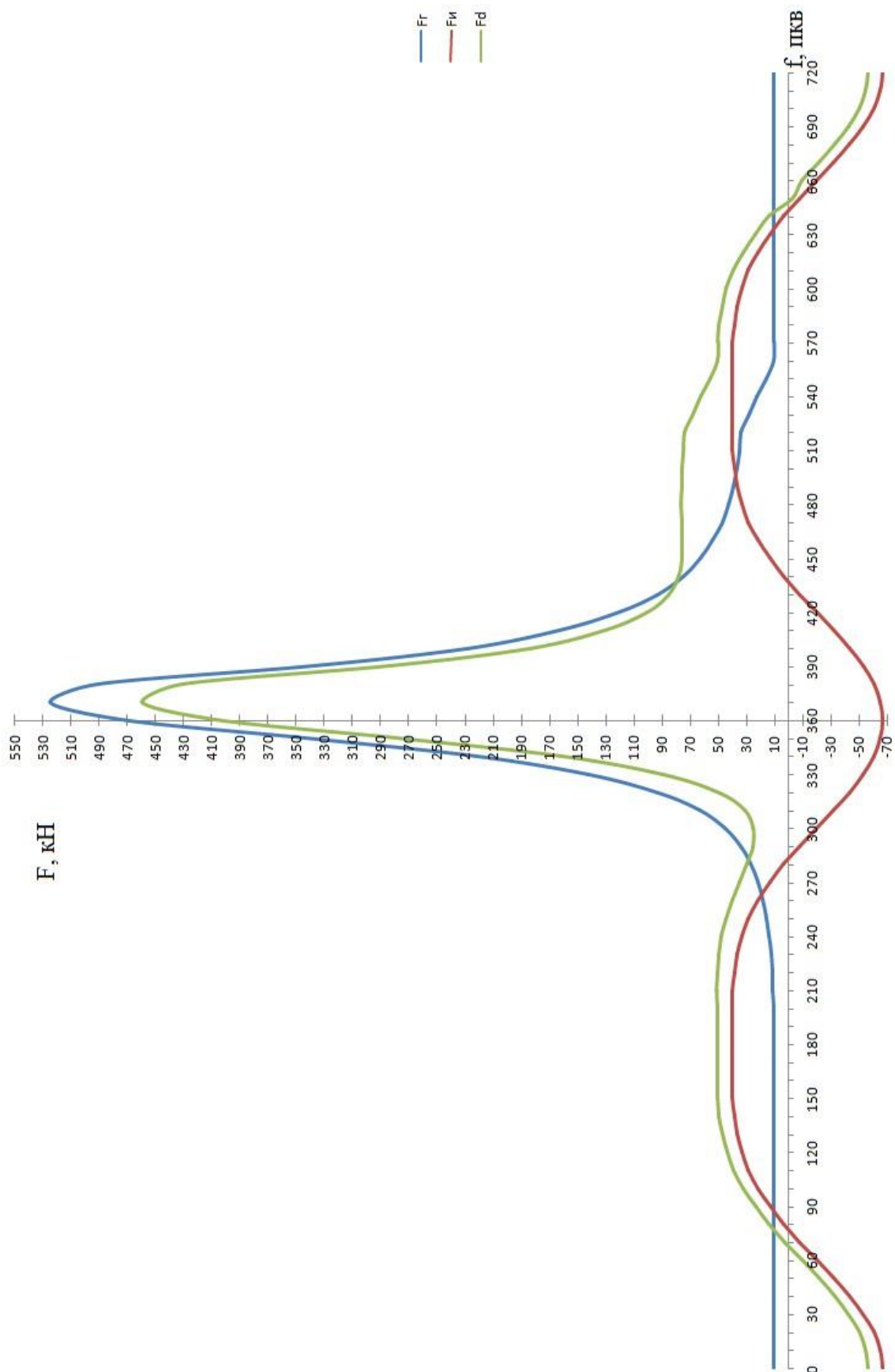


Рисунок 1 Графіки сили газів, інерції та дійсної сили

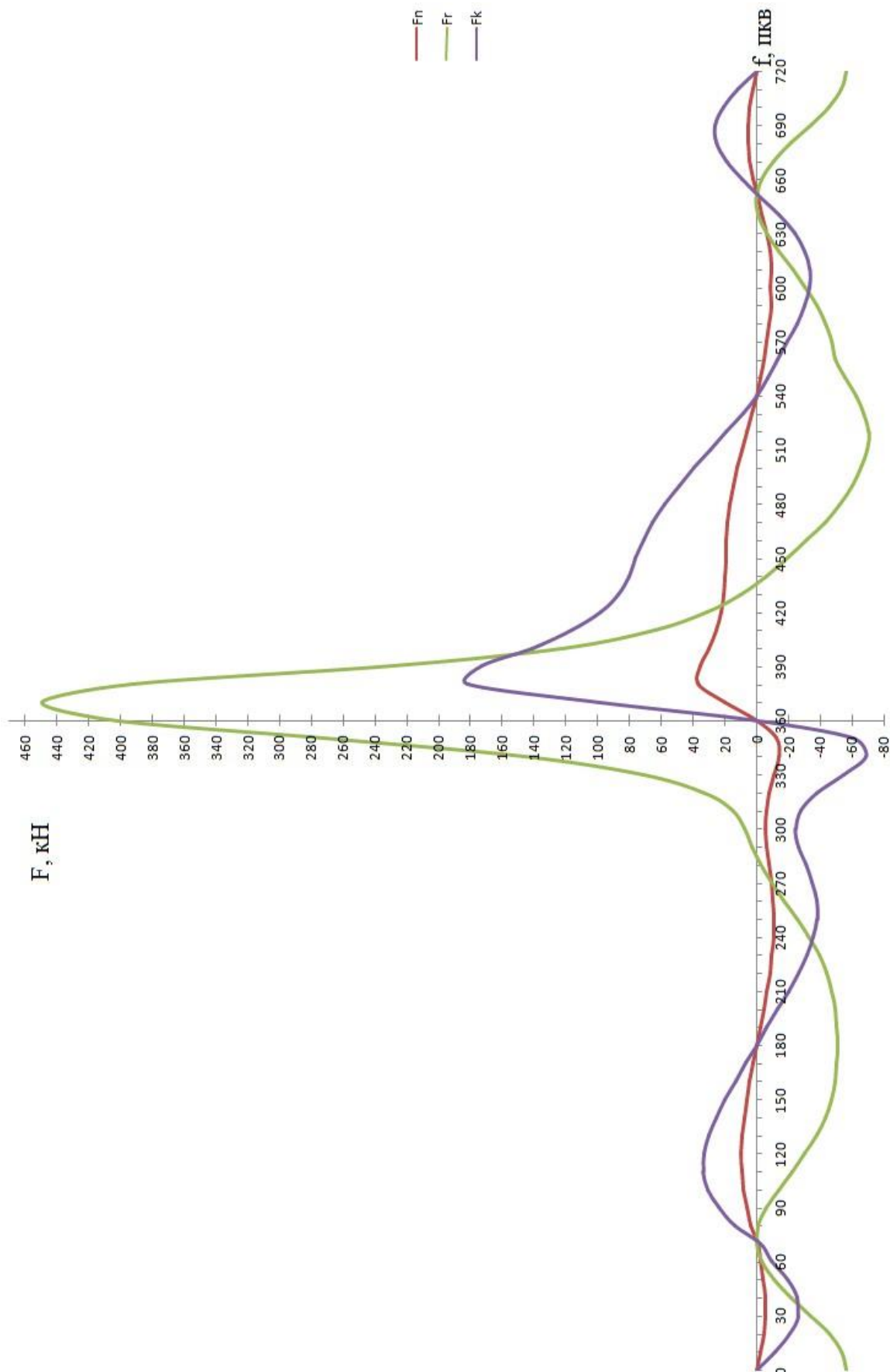


Рисунок 2 Графіки нормальної, дотичної та радіальної сили

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ВСП ПФК НУК 133.431.25.19 ПЗ

Арк.

27

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір обладнання, пристроїв 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 коромисла обране наступне обладнання та інструмент.

В першу чергу на дільниці повинен бути стандартний та спеціальний інструмент для виконання слюсарно-складальних робіт. Для продувки деталей використаємо стиснуте повітря із заводської системи. Запресування осі у корпус будемо виконувати за допомогою рідкого азоту.

На дільниці встановлені стелажі для зберігання комплектуючих та пристосувань. Для зберігання інструментів, креслень, технологічних процесів на дільниці встановлюють інструментальні ящики.

2.4 Визначення технічної норми часу.

Розрахунок штучного часу в умовах серійного виробництва вираховується згідно формули:

$$T_{um} = \sum T_{on} (1 + \frac{a_{обс} + a_{оп}}{100}), хв \quad (2.1)$$

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%);

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.19 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо штучний час на кожну окрему операцію складання коромисла:

005 Підготовча

$$T_{005} = 5,6(1 + \frac{4+3}{100}) = 6 \text{ хв.}$$

010 Складальна

$$T_{010} = 11,2(1 + \frac{4+3}{100}) = 12 \text{ хв.}$$

Визначасмо загальний штучний час на складання.

$$T_{\text{шт}} = T_{005} + T_{010} \text{ ,хв,} \quad (2.2)$$

$$T_{\text{шт}} = 6 + 12 = 18 \text{ хв,}$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.19 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ОРГАНІЗАЦІЙНО – ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Визначення потрібної кількості працюючих і площі ділянки.

Необхідну кількість робочих місць визначаємо:

$$C_{PI} = \frac{N \cdot T_{um}}{60\Phi_{E\Phi}} \quad (3.1)$$

де $N = 6070$ шт. – річна програма випуску, шт.;

$T_{005} = 6$ хв – штучний час на 005 операцію;

$T_{010} = 12$ хв – штучний час на 010 операцію;

$\Phi_{E\Phi}$ – ефективний фонд часу роботи робочого місця протягом року

$$\Phi_{E\Phi} = (365 - B - C) \cdot D \cdot 3(1 - a/100), \text{ годин} \quad (3.2)$$

де 365 – календарні дні у 2025 році;

$B = 104$ – вихідні дні у 2025 році;

$C = 0$ – святкові дні у 2023 році;

$D = 8$ – тривалість зміни в годинах;

$3 = 1$ – кількість змін роботи на добу;

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

$$\Phi_{E\Phi} = (365 - 104 - 0) \cdot 8 \cdot 1 (1 - 3/100) = 2025,36 \text{ годин}$$

$$C_{P005} = \frac{6070 \cdot 6}{2025,36 \cdot 60} = 0,3 \text{ робочих місць.}$$

$$C_{P010} = \frac{6070 \cdot 12}{2025,36 \cdot 60} = 0,6 \text{ робочих місць.}$$

Для виконання операцій 005, 010 потрібно одне робоче місто.

Визначаємо коефіцієнт завантаження робочого місця:

$$K_1 = \frac{0,3 + 0,6}{1} = 0,9$$

Розрахунок чисельності основних виробничих працівників:

$$R_{O1} = \frac{N \cdot \Sigma T_{um}}{60 \Phi_{E\Phi} K_B} \quad (3.3)$$

де $K_B = 1$ – коефіцієнт виконання норми

$$R_{O1} = \frac{6070(6+12)}{60 \cdot 2025,36 \cdot 1} = 0,9 \text{ чоловік}$$

На операції 005, 010 приймаємо одного робітника. Керівників, службовців і допоміжних робітників на дільниці немає.

Таблиця 3.1 Зведена відомість працюючих на дільниці складання коромисла

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

Виробничу площу для виконання складальних робіт визначимо по формулі:

$$A_{\text{вир.}} = R \cdot K_{\Pi}, \text{ м}^2 \quad (3.4)$$

де $R = 1$ – чисельність робочих місць

$K_{\Pi} = 10 \div 14 \text{ м}^2$ – питома площа на одне робоче місце

Приймаємо $K_{\Pi} = 14 \text{ м}^2$

$$A_{\text{Вир}} = 1 \cdot 14 = 14 \text{ м}^2$$

Загальна площа ділянки:

$$A_3 = A_{\text{Вир}} + A_{\text{СК}}, \text{ м}^2 \quad (3.5)$$

де $A_{\text{СК}} = 10 \text{ м}^2$ – площа складу продукції;

$$A_3 = 14 + 10 = 24 \text{ м}^2$$

Об'єм будови ділянки визначаємо по формулі:

$$V_{\text{Б}} = A_3 \cdot h, \text{ м}^3 \quad (3.6)$$

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

$$V_{\text{Б}} = 24 \cdot 6 = 144 \text{ м}^3$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.19 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ОРГАНІЗАЦІЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ПРОТИПОЖЕЖНИЙ ЗАХИСТ

4.1 Техніка безпеки та протипожежний захист на дільниці складання

4.1.1 Техніка безпеки на дільниці складання коромисла

а) Загальні відомості

- роботи по підготовці деталей 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.

- 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.

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.19 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

- приймати зміну в тому випадку, якщо робоче місце 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 у комору.

- доповісти майстру про всі несправності і неполадки.

- зняти робочий одяг і прибрати його в шафу.

4.1.2 Протипожежний захист на ділянці 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 (ділянках, 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, газу та пилю, повинні бути герметичними

- не допускається виконувати виробничі операції на обладнанні, установках, верстатах з несправностями, які можуть спричинитися до 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:

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.19 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

де $E = 200 \text{лк}$ - необхідна освітленість горизонтальної площини, відповідно до галузевих норм проектування штучного освітлення основних цехів промислових підприємств ВСН 196-83;
 $A = 24 \text{ м}^2$ - площа підлоги ділянки складання;
 $K_3 = 1,3$ - коефіцієнт запасу при малому виділенні пилу;
 $\Phi_{\lambda} = 1995 \text{ лм}$ - 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:

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

де $L = 6 \text{м}$ – 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;

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

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

$$h = 6 - 0,8 - 2 = 3,2 \text{м}$$

$$i = \frac{6 \cdot 4}{3,2 \cdot (6 + 4)} = 0,62$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.19 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

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].

$$N = \frac{200 \cdot 1,3 \cdot 24 \cdot 1,1}{1995 \cdot 0,29 \cdot 2} = 5,9_{шт.}$$

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

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.19 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЛІТЕРАТУРА

1. Дизели 6ЧН25/34. Инструкция по эксплуатации. – М.: Энергоэкспорт.- 105с.
2. Доценко С.М., Діденко О.В. Методичні вказівки до виконання практичної роботи розрахунок робочого процесу дизельного двигуна з дисципліни «Теорія двигунів внутрішнього згоряння» Первомайськ: ППІ НУК, 2012. – 40 с.
3. Орлин А.С., Круглов М.Г. Конструирование и расчет на прочность поршневых и комбинированных двигателей. – М.: Машиностроение, 1984.- 382 с.
4. Ваншейдт В.А. Судовые установки с ДВС.- Л.: Судостроение, 1979. - 379 с.
5. Тимченко І.І. Автомобільні двигуни. - Харків: Основа, 1995. - 480 с.
6. Возницкий И.В. Судовые дизельные установки. М.: Транспорт, 1989 . -412 с.
7. Ховах М.С., Маслов Г.С. Автомобильные двигатели. М.: Машиностроение, 1971.- 384 с.
8. 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.
9. Керб П.П. „Основы охраны труда: Навч. посібник. - К.: КНЕУ, 2005 – 205с.
10. Н.В.Сологуб. Економіка, організація і планування виробництва ДВЗ. Методичні вказівки до виконання курсової роботи. – Первомайськ: КППІ – 27с.
11. Федоренко В.А., Шонин А.И. Справочник по машиностроительному черчению. Л: Машиностроение, 1981.

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.19 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41