

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 газового двигуна та ділянки складання кришки
робочого циліндра з розробкою конструкції випускного клапана

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

_____	Антон ЯНКОВСЬКИЙ
(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**

Антону ЯНКОВСЬКОМУ

(ім'я,ПРИЗВИЩЕ)

1.Тема проєкту: Проєкт 4 тактного газового двигуна та ділянки складання кришки робочого циліндра з розробкою конструкції випускного клапана

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 $P_e = 600$ кВт,

Частота обертання колінчастого валу $n = 750$ хв⁻¹, ступень стиску $E = 10,5$

Розробити технологічний процес складання: кришки робочого циліндра

Річне завдання 995 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
- 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 6ГЧН 25/34 ф. А1

Аркуш 2 Складальне креслення випускного клапана 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	11.06.2025 р.	

Здобувач освіти

Керівник проєкту

(підпис)

(підпис)

Антон ЯНКОВСЬКИЙ

(ім'я, ПРИЗВИЩЕ)

Федір БЕЛЬСЬКИЙ

(ім'я, ПРИЗВИЩЕ)

ЗМІСТ

1. Конструкторський розділ	4
1.1 Розрахунок робочого процесу двигуна	4
1.2 Розрахунок індикаторної діаграми	17
1.3 Аналіз ефективних показників проектного двигуна і прототипу	24
1.4 Динамічний розрахунок двигуна	25
1.5 Розробка конструкції випускного клапану	28
1.5.1 Призначення, описування та обґрунтування випускного клапану	28
1.5.2 Вибір матеріалу, визначення розмірів і розрахунок випускного клапану	32
1.5.3 Пропозиції по удосконаленню випускного клапану	39
2. Технологічний розділ	40
2.1 Вибір обладнання, пристроїв та інструменту	40
2.2 Визначення технічної норми часу	41
3. Організаційно – економічний розділ	43
3.1 Визначення потрібної кількості працюючих і площі ділянки	43
4. Організація охорони праці та протипожежний захист	47
4.1 Техніка безпеки та протипожежний захист на ділянці складання	47
4.2 Розрахунок освітлення на ділянці складання	49
Література	51

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.29 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Янковський А.			Пояснювальна записка			Літ.		Арк.	Аркушів
Перевір.		Бельський Ф.								2	51
Н. Контр.		Коваленко І.М.			Гр. 431- ВД-21						
Затверд.		Манзюк В.М.									

ДОДАТКИ

Додаток А Повздовжний розріз газового двигуна 6ГЧН 25/34

Додаток Б Специфікація складального креслення двигуна 6ГЧН25/34

Додаток В Складальне креслення випускного клапана

Додаток Г Специфікація складального креслення випускного клапану

Додаток Д Технологічний процес складання кришки робочого циліндру

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.29 ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

1.1 Розрахунок робочого процесу двигуна

1.1.1 Умова завдання:

Ефективна потужність	$P_e = 600 \text{ кВт}$
Частота обертання колінчастого валу	$n = 750 \text{ хв}^{-1}$
Ступінь стиску	$\epsilon = 10,5$
Коефіцієнт тактності	$Z = 4$

1.1.2 Вихідні дані теплового розрахунку.

Коефіцієнт надлишку повітря	$\alpha = 1,75$	[1]
Тиск наддуву	$P_B = 190 \text{ кПа}$	[1]
Тиск навколишнього середовища	$P_a = 100 \text{ кПа}$	[2]
Температура навколишнього середовища	$T_a = 293 \text{ К}$	[2]
Показник політропи стиску для відцентрового насосу	$n_k = 1,6$	[2]
Підігрів свіжого заряду	$\Delta T = 10 \text{ К}$	[2]
Тиск залишкових газів	$P_r = 183 \text{ кПа}$	[2]
Температура залишкових газів	$T_r = 750 \text{ К}$	[1]
Ступінь підвищення тиску	$\lambda = 2,15$	[2]
Середнє значення показника політропи:		
стиску	$n_1 = 1,34$	[2]
розширення	$n_2 = 1,23$	[2]
Коефіцієнт використання теплоти в точці "Z"	$\xi_z = 0,8$	[2]
Коефіцієнт повноти індикаторної діаграми	$\xi = 0,96$	[2]
Нижча теплота згорання газу	$Q_H = 33500 \text{ кДж/м}^3$	[2]

Природний газ:

Склад:	в%		в об'ємних долях	
Метан	CH ₄ =	95	R _{CH₄} =	0,95
Етан	C ₂ H ₆ =	2	R _{C₂H₆} =	0,02
Пропан	C ₃ H ₈ =	2	R _{C₃H₈} =	0,02
Бутан	C ₄ H ₁₀ =	1	R _{C₄H₁₀} =	0,01
Пентан	C ₅ H ₁₂ =	0	R _{C₅H₁₂} =	0
Вуглекислота	CO ₂ =	0	R _{CO₂} =	0
Оксид вуглецю	CO=	0	R _{CO} =	0
Азот	N ₂ =	0	R _{N₂} =	0
Кисень	O ₂ =	0	R _{O₂} =	0
Водень	H ₂ =	0	R _{H₂} =	0

1.1.3 Параметри робочого тіла.

Теоретично необхідна кількість повітря для згорання 1 кмоль газу.

$$L_0 = \frac{1}{0,21} \times [0,5(CO + H_2) + \Sigma(n + 0,25m)C_nH_m - O_2] = \text{кмоль} / \text{кмоль} \quad (1.1)$$

$$L_0 = \frac{1}{0,21} \times \left[0,5(0 + 0) + (1 + 0,25 \cdot 4) \cdot 0,95 + (2 + 0,25 \cdot 6) \cdot 0,02 + \right. \\ \left. + (3 + 0,25 \cdot 8) \cdot 0,02 + (4 + 0,25 \cdot 10) \cdot 0,01 - 0 \right] = 10,17 \text{ кмоль} / \text{кмоль}$$

Загальна кількість продуктів свіжого заряду.

$$M_1 = 1 + \alpha \times L_0, \text{ кмоль} / \text{кмоль} \quad (1.2)$$

$$M_1 = 1 + 1,75 \times 10,17 = 18,79 \text{ кмоль} / \text{кмоль}$$

Кількість окремих компонентів продуктів згорання.

$$\text{Кількість } CO_2: \quad M_{CO_2} = CO + \Sigma(nC_nH_m) + CO_2, \text{ кмоль} \quad (1.3)$$

$$M_{CO_2} = 0 + ((0,95) + (2 \cdot 0,02) + (3 \cdot 0,02) + (4 \cdot 0,01)) + 0 = 1,09 \text{ кмоль}$$

$$\text{Кількість } H_2O: \quad M_{H_2O} = H_2 + \Sigma(0,5mC_nH_m), \text{ кмоль} \quad (1.4)$$

$$M_{H_2O} = 0 + ((0,5 \cdot 4 \cdot 0,95) + (0,5 \cdot 6 \cdot 0,02) + (0,5 \cdot 8 \cdot 0,02) + (0,5 \cdot 10 \cdot 0,01)) = 2,09 \text{ кмоль}$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.29 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\text{Кількість } O_2: \quad M_{O_2} = 0,21 \times (\alpha - 1) \times L_0, \text{ кмоль} \quad (1.5)$$

$$M_{O_2} = 0,21 \times (1,75 - 1) \times 10,17 = 1,6013 \text{ кмоль}$$

$$\text{Кількість } N_2: \quad M_{N_2} = 0,79 \times \alpha \times L_0 + N_2, \text{ кмоль} \quad (1.6)$$

$$M_{N_2} = 0,79 \times 1,75 \times 10,17 + 0 = 14,055 \text{ кмоль}$$

Загальна кількість продуктів згорання

$$M_2 = M_{CO_2} + M_{H_2O} + M_{O_2} + M_{N_2} = 1,09 + 2,09 + 1,601 + 14,055 = 18,837 \text{ кг / кмоль} \quad (1.7)$$

Змінення об'єму при згорянні 1 кмоль газу.

$$\Delta M = M_2 - M_1, \text{ кмоль} \quad (1.8)$$

$$\Delta M = 18,837 - 18,79 = 0,045 \text{ кмоль}$$

Теоретичний коефіцієнт молекулярної зміни.

$$\beta_0 = \frac{M_2}{M_1}, \quad (1.9)$$

$$\beta_0 = \frac{18,837}{18,79} = 1,0024$$

1.1.4 Параметри процесу наповнення

Температура повітря після нагнітача.

$$T_B = T_a \times \left(\frac{P_B}{P_a} \right)^{\frac{n_k - 1}{n_k}}, K \quad (1.10)$$

$$T_B = 293 \times \left(\frac{190}{100} \right)^{\frac{1,6 - 1}{1,6}} = 372,7 K$$

Температура повітря після охолоджувача.

$$T_{\text{int}} = T_B - (10 - 70^0) \quad (1.11)$$

Приймаємо число з інтервалу = 60

$$T_{\text{int}} = 372,7 - 60 = 312,7 K$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.29 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Температура газоповітряної суміші.

$$T_{\tilde{n}i} = \frac{T_{\tilde{a}} + \alpha \times L_0 \times T_{int}, K}{1 + \alpha \times L_0} \quad (1.12)$$

$$T_{\tilde{n}i} = \frac{310 + 1,75 \times 10,17 \times 312,7}{1 + 1,75 \times 10,17} = 319,6 K$$

де $T_r = 310 K$ - температура газу що поступає.

Коефіцієнт залишкових газів.

$$\gamma_r = \frac{T_{\tilde{n}i} + \Delta T}{T_r} \times \frac{P_r}{\varepsilon \times P_d - P_r}, \quad (1.13)$$

де $P_d = 0,95 \times P_B$ тиск в кінці впуску. (1.14)

$$P_d = 0,95 \times 190 = 180,5 \text{ кПа}$$

$$\gamma_r = \frac{319,6 + 10}{310} \times \frac{183}{10,5 \times 180,5 - 183} = 0,047$$

Коефіцієнт наповнення.

$$\hat{O}_{\tilde{N}} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \times \frac{P_d}{P_B} \times \frac{T_{CM}}{T_{CM} + \Delta T + \gamma_r T_r}, \quad (1.15)$$

$$\hat{O}_{\tilde{N}} = \frac{10,5}{10,5 - 1} \times \frac{180,5}{190} \times \frac{319,6}{319,6 + 10 + 0,047 \cdot 750} = 0,92$$

Температура газоповітряної суміші на початку стиску.

$$T_d = \frac{T_{\tilde{n}i} + \Delta T + \gamma_r \times T_r}{1 + \gamma_r}, K \quad (1.16)$$

$$T_d = \frac{319,6 + 10 + 0,047 \times 750}{1 + 0,047} = 348,5 K$$

1.1.5 Параметри процесу стиску.

Тиск в кінці стиску.

$$P_c = P_d \times \varepsilon^{\eta_1}, \text{кПа} \quad (1.17)$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.29 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_c = 180,5 \times 10,5^{1,34} = 4215,7 \text{ кПа}$$

Температура в кінці стиску.

$$T_c = T_d \times \varepsilon^{\eta-1}, K \quad (1.18)$$

$$T_c = 348,5 \times 10,5^{1,34-1} = 775,1 K$$

1.1.6 Параметри процесу згоряння

Дійсний коефіцієнт молекулярної зміни.

$$\beta = \frac{\beta_0 + \gamma_r}{1 + \gamma_r}, \quad (1.19)$$

$$\beta = \frac{1,0024 + 0,047}{1 + 0,047} = 1,0023$$

Максимальна температура циклу знаходиться з рівняння балансу:

$$\frac{\xi \cdot 22,4 \cdot Q_H}{(1 + \gamma_r)(1 + \alpha \cdot L_0)} = \beta_z \cdot m C v_m t_z - (m C v m_{ni}) t_c, \quad (1.20)$$

Склад продуктів згорання в об'ємних долях:

$$R_{CO_2} = \frac{MCO_2}{M_2}, \quad (1.21)$$

$$R_{CO_2} = \frac{1,09}{18,837} = 0,0579$$

$$R_{H_2O} = \frac{MH_2O}{M_2}, \quad (1.22)$$

$$R_{H_2O} = \frac{2,09}{18,837} = 0,111$$

$$R_{O_2} = \frac{MO_2}{M_2}, \quad (1.23)$$

$$R_{O_2} = \frac{1,6013}{18,837} = 0,0850$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.29 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{N_2} = \frac{MN_2}{M_2}, \quad (1.24)$$

$$R_{N_2} = \frac{14,055}{18,837} = 0,7462$$

Мольна теплоємність продуктів згорання:

$$mCv_m = R_{O_2} \cdot mCv_{O_2} + R_{N_2} \cdot mCv_{N_2} + R_{H_2O} \cdot mCv_{H_2O} + R_{CO_2} \cdot mCv_{CO_2}, \quad (1.25)$$

$$\text{для } O_2 : mCv_{O_2} = 23,664 + 159,1 \times 10^{-5} \times t_z, \quad (1.26)$$

$$\text{для } N_2 : mCv_{N_2} = 22,374 + 134 \times 10^{-5} \times t_z, \quad (1.27)$$

$$\text{для } CO_2 : mCv_{CO_2} = 41,34 + 242,8 \times 10^{-5} \times t_z, \quad (1.28)$$

$$\text{для } H_2O : mCv_{H_2O} = 26,67 + 443,8 \times 10^{-5} \times t_z, \quad (1.29)$$

Після підстановки одержимо рівняння

$$mCv_m = a + b \times 10^{-5} \times t_z \quad (1.30)$$

$$a = 23,664 \cdot R_{O_2} + 22,374 \cdot R_{N_2} + 41,3405 \cdot R_{CO_2} + 26,67 \cdot R_{H_2O} \quad (1.31)$$

$$b = 159,1 \cdot R_{O_2} + 134 \cdot R_{N_2} + 242,8 \cdot R_{CO_2} + 443,8 \cdot R_{H_2O} \quad (1.32)$$

де $a = 22,29$

$b = 598,73$

теплоємність газового палива.

$$mCv_{\bar{A}} = R_{CH_4} \cdot mCv_{CH_4} + R_{C_2H_6} \cdot mCv_{C_2H_6} + R_{C_3H_8} \cdot mCv_{C_3H_8} + R_{C_4H_{10}} \cdot mCv_{C_4H_{10}} + R_{C_5H_{12}} \cdot mCv_{C_5H_{12}} + R_{CO_2} \cdot mCv_{CO_2} + R_{N_2} \cdot mCv_{N_2} \quad (1.33)$$

$$mCv_{CH_4} = 26,314 + 2600 \times 10^{-5} \times t_c, \quad (1.34)$$

$$mCv_{C_2H_6} = 41,004 + 7964 \times 10^{-5} \times t_c, \quad (1.35)$$

$$mCv_{C_3H_8} = 60,04 + 11382 \times 10^{-5} \times t_c, \quad (1.36)$$

$$mCv_{C_4H_{10}} = 67,128 + 11920 \times 10^{-5} \times t_c, \quad (1.37)$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.29 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$mCv_{C_5H_{12}} = 118,06 + 14096 \times 10^{-5} \times t_c, \quad (1.38)$$

$$mCv_{CO_2} = 27,545 + 1386 \times 10^{-5} \times t_c, \quad (1.39)$$

$$mCv_{N_2} = 20,637 + 255 \times 10^{-5} \times t_c, \quad (1.40)$$

Після підстановки одержимо рівняння.

$$mCv_{\bar{A}\bar{I}} = a + b \times 10^{-5} \times t_z, \quad (1.41)$$

де $a = 12,99$

$b = 5501,79$

Мольна теплоємність газово-повітряної суміші при постійному об'ємі.

$$mCv_{\bar{n}\bar{i}} = \frac{mCv_{\bar{A}\bar{I}} + mCv_{\bar{n}\bar{a}} \cdot \alpha \cdot L_0 + mCv_{\bar{i}\bar{a}} \cdot \gamma_r (1 + \alpha \cdot L_0)}{(1 + \alpha \cdot L_0) \cdot (1 + \gamma_r)}, \quad (1.42)$$

Після підстановки одержимо рівняння.

$$mCv_{\bar{n}\bar{i}} = a_1 + b_1 \times 10^{-5} \times t_z, \quad (1.43)$$

де $a_1 = 20,09$

$b_1 = 495,96$

$$mCv_{\bar{n}\bar{a}} = 22,7 + 129,8 \times 10^{-5} \times t_c - \text{мольна теплоємність повітря.} \quad (1.44)$$

Середня мольна теплоємність газоповітряної суміші при постійному тиску.

$$mCvm_{\bar{n}\bar{i}} = a_2 + \frac{b_2}{2} \cdot 10^{-5} \dot{O}, \quad (1.45)$$

Після підстановки одержимо рівняння.

$$mCvm_{\bar{n}\bar{i}} = a_2 + b_2 \times 10^{-5} \times T \quad (1.46)$$

де $a_2 = a_1$

$$b_2 = \frac{b_1}{2} \quad (1.47)$$

$a_2 = 20,09$

$$b_2 = \frac{495,96}{2} = 247,98$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.29 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Мольна теплоємність продуктів згорання при постійному тиску в точці “Z”.

$$mCp_z = 8,314 + 19,86 + \frac{1,68}{\alpha} + \left(427,38 + \frac{184,36}{\alpha} \right) \cdot 10^{-5} T_z, \quad (1.48)$$

Після підстановки одержимо рівняння.

$$mCv_{\tilde{n}i} = a_3 + b_3 \times 10^{-5} \times T_z. \quad (1.49)$$

$$\text{де } a_3 = 29,134$$

$$b_3 = 532,729$$

Середня мольна теплоємність продуктів згорання при постійному тиску в точці “Z”.

$$mCp_{m_z} = a_4 + \frac{b_4}{2} \cdot 10^{-5} T_z, \quad (1.50)$$

$$\text{де } a_4 = a_3 \quad (1.51)$$

$$b_4 = \frac{b_3}{2} \quad (1.52)$$

$$a_4 = 29,134$$

$$b_4 = \frac{532,729}{2} = 266,364$$

Максимальна температура процесу згорання.

Після підстановки одержимо квадратне рівняння.

$$A \cdot 10^{-5} \times t_z^2 + B \times t_z - c = 0, \quad (1.53)$$

$$\text{де } A = 266,974$$

$$B = 29,201$$

$$C = 50007,38$$

Звідки:

$$t_z = \frac{-B + \sqrt{B^2 + 4 \times A \times 10^{-5} \times c}}{2 \times A \times 10^{-5}}, {}^0C \quad (1.54)$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.29 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

$$t_z = \frac{-24,3051 + \sqrt{24,3051^2 + 4 \times 183,173 \times 10^{-5} \times 50007,38}}{2 \times 266,974 \times 10^{-5}} = 1505,4^\circ C \quad (1.55)$$

$$T_z = t_z + 273 = 1505,4 + 273 = 1778,4 K$$

Максимальний тиск згорання.

$$P_{max} = \beta \times P_c \times T_z / T_c, \text{кПа} \quad (1.56)$$

$$P_{max} = 1,0023 \times 4215,7 \times 1778,4 / 775,1 = 9694,1 \text{кПа}$$

Ступінь підвищення тиску

$$\lambda = P_{max} / P_c, \quad (1.57)$$

$$\lambda = 9694,1 / 4215,7 = 2,30$$

$$\Delta\lambda = \left((2,30 - 2,15) / 2,30 \right) \cdot 100\% = 6,95 \%$$

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

Ступінь попереднього розширення.

$$\rho = \frac{\beta \times T_z}{\lambda \times T_c}, \quad (1.58)$$

$$\rho = \frac{1,0023 \times 1778,4}{2,3 \times 775,1} = 1$$

1.1.6 Параметри процесу розширення.

Ступінь подальшого розширення.

$$\delta = \frac{\varepsilon}{\rho}, \quad (1.59)$$

$$\delta = \frac{10,5}{1} = 10,5$$

Тиск в кінці розширення.

$$P_B = \frac{P_{max}}{\delta^{n_2}}, \text{кПа} \quad (1.60)$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.29 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

$$P_B = \frac{9694,1}{10,5^{1,23}} = 537,6 \text{ кПа}$$

Температура в кінці розширення.

$$T_{\hat{a}} = \frac{T_Z}{\delta^{n_2-1}}, \quad (1.61)$$

$$T_{\hat{a}} = \frac{1778,4}{10,5^{1,23-1}} = 1035,5 \text{ К}$$

Середня температура випускних газів.

$$T_{\hat{n}\hat{a}\hat{a}} = \frac{T_B}{K'} \left[1 + (K'' - 1) \frac{P_r}{P_B} \right] \quad (1.62)$$

$$T_{\hat{n}\hat{a}\hat{a}} = \frac{1035,5}{1,4} \left[1 + (1,35 - 1) \frac{183}{190} \right] = 827,8 \text{ К}$$

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

Температура залишкових газів.

$$T_r = \frac{T_B}{\sqrt[3]{\frac{P_B}{P_r}}}, \quad (1.63)$$

$$T_r = \frac{1035,5}{\sqrt[3]{\frac{190}{183}}} = 723 \text{ К}$$

Перевірка:
$$\frac{|T_r^3 - T_r|}{T_r^3} \times 100\%, \quad (1.64)$$

$$\frac{|750^3 - 723|}{750^3} \times 100\% = 3,6\%$$

1.1.7 Індикаторні показники робочого циклу.

Середній теоретичний індикаторний тиск.

$$P'_{mi} = \frac{\xi \cdot P_C}{\varepsilon - 1} \times \left[\lambda \times (\rho - 1) + \frac{\lambda \times \rho}{n_2 - 1} \times \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2-1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \times \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1-1}} \right) \right], \text{ кПа} \quad (1.65)$$

$$P'_{mi} = \frac{0,96 \cdot 4215,7}{10,5 - 1} \times \left[2,3 \times (1 - 1) + \frac{2,3 \times 1}{1,23 - 1} \times \left(1 - \frac{1}{10^{1,23-1}} \right) - \frac{1}{1,34 - 1} \times \left(1 - \frac{1}{10,5^{1,34-1}} \right) \right] =$$

$$= 1089,51 \text{ кПа}$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.29 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Індикаторний ККД.

$$\eta_i = 0,37 \frac{(1 + \alpha \cdot L_0) T_{\tilde{n}i} \times P_{mi}}{Q_H \times P_d \times \hat{O}_{\tilde{n}}}, \quad (1.66)$$

$$\eta_i = 0,37 \frac{(1 + 1,75 \cdot 10,17) \cdot 319,6 \times 1089,51}{33500 \times 180,5 \times 0,92} = 0,44$$

Питома індикаторна витрата газу.

$$g_i = \frac{3600}{Q_H \times \eta_i}, \text{ м}^3 / \text{кВт} \cdot \text{год} \quad (1.67)$$

$$g_i = \frac{3600}{33500 \times 0,44} = 0,25 \text{ м}^3 / \text{кВт} \cdot \text{год}$$

1.1.8 Ефективні показники робочого циклу.

Середній тиск механічних втрат.

$$P_M = (0,05 + 0,0155 \times V_{П.СР}) \cdot 10^3 \text{ кПа} \quad (1.68)$$

Середня швидкість поршня.

$$V_{П.СР} = \frac{S_{ПР} \times n}{30}, \text{ м/с} \quad (1.69)$$

де $S_{ПР} = 0,34 \text{ м}$ - хід поршня двигуна по прототипу.

$$V_{П.СР} = \frac{0,34 \times 750}{30} = 8,5 \text{ м/с}$$

$$P_M = (0,05 + 0,0155 \times 8,5) \cdot 1000 = 131,8 \text{ кПа}$$

Середній ефективний тиск.

$$P_{me} = P_{mi} - P_m, \text{ кПа} \quad (1.70)$$

$$P_{me} = 1089,51 - 131,8 = 957,7 \text{ кПа}$$

Механічний К.К.Д.

$$\eta_M = \frac{P_{me}}{P_{mi}}, \quad (1.71)$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.29 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\eta_M = \frac{957,7}{1089,51} = 0,88$$

Ефективний К.К.Д.

$$\eta_e = \eta_i \times \eta_M, \quad (1.72)$$

$$\eta_e = 0,44 \times 0,88 = 0,384$$

Питома ефективна витрата газу.

$$e_e = \frac{g_i}{\eta_M}, \text{ м}^3 / \text{кВт} \cdot \text{год} \quad (1.73)$$

$$e_e = \frac{0,25}{0,88} = 0,28 \text{ м}^3 / \text{кВт} \cdot \text{год}$$

Годинна ефективна витрата газу.

$$B = e_e \times P_e, \text{ м}^3 / \text{год} \quad (1.74)$$

$$B = 0,28 \times 600 = 168,1 \text{ м}^3 / \text{год}$$

1.1.9 Основні розміри циліндра і двигуна.

Літраж двигуна.

$$V_{st} = 30 \times Z \times \frac{P_e \times 10^3}{P_{me} \times n}, \text{ л} \quad (1.75)$$

де $Z=4$ – коефіцієнт тактності двигуна

$$V_{st} = 30 \times 4 \times \frac{600 \times 10^3}{957,7 \times 750} = 100,24 \text{ л}$$

Робочий об'єм циліндра.

$$V_s = \frac{V_{st}}{i}, \text{ л} \quad (1.76)$$

$$V_s = \frac{100,24}{6} = 16,71 \text{ л}$$

Діаметр циліндра.

$$d = 100 \times \sqrt[3]{\frac{4 \times V_s}{\pi \times m}}, \text{ мм} \quad (1.77)$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.29 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

$$m = \frac{S_{пп}}{d_{пп}}, \quad (1.78)$$

де $d_{пп} = 0,250\text{м}$ – діаметр циліндра двигуна прототипу

$$m = \frac{0,340}{0,250} = 1,36$$

$$d = 100 \times \sqrt[3]{\frac{4 \times 16,71}{3,14 \times 1,36}} = 250,1\text{мм}$$

Хід поршня.

$$S = m \times d, \text{мм} \quad (1.79)$$

$$S = 1,36 \times 250,1 = 340,2\text{мм}$$

1.1.10 Уточнені розміри циліндра і двигуна.

Діаметр циліндра.

$$d = 250\text{мм}$$

Хід поршня.

$$S = 340\text{мм}$$

Літраж двигуна.

$$V_{st} = \frac{\pi \times d^2 \times S \times i}{4 \times 10^6}, \text{л} \quad (1.80)$$

$$V_{st} = \frac{3,14 \times 250^2 \times 340 \times 6}{4 \times 10^6} = 100,09\text{л}$$

Робочий об'єм циліндра.

$$V_s = \frac{V_{st}}{i}, \text{л} \quad (1.81)$$

$$V_s = \frac{100,09}{6} = 16,68\text{л}$$

Ефективна потужність двигуна.

$$P_{ep} = \frac{P_{me} \times V_{st} \times n}{30 \times Z \times 10^3}, \text{кВт} \quad (1.82)$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.29 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{ep} = \frac{957,7 \times 100,09 \times 750}{30 \times 4 \times 10^3} = 599,1 \text{кВт}$$

Отримана величина відрізняється від заданої на:

$$\Delta P_e = \frac{P_{ep} - P_e}{P_{exp}} \times 100\%, \quad (1.83)$$

$$P_{exp} = \frac{P_{ep} + P_e}{2}, \quad (1.84)$$

$$P_{exp} = \frac{599,1 + 600}{2} = 599,5 \text{кВт}$$

$$\Delta P_e = \frac{599,1 - 600}{599,5} \times 100\% = 0,1\%$$

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

1.2 Розрахунок індикаторної діаграми

1.2.1 Розрахунок теоретичної індикаторної діаграми.

Вихідні дані:

$P_{mi} = 1,09$ МПа - середній індикаторний тиск.

$P_d = 0,18$ МПа - тиск в кінці впуску.

$n_1 = 1,34$ МПа - показник політропи стиску.

$\varepsilon_c = 10,5$ - ступінь стиску.

$P_{max} = 9,69$ МПа - максимальний тиск в циліндрі.

$n_2 = 1,23$ - показник політропи розширення.

$\rho = 1,0$ - ступінь попереднього розширення.

$m_p = 0,050$ МПа/мм - масштаб по осі тиску.

Розрахунок лінії стиску виконуємо по формулі:

$$P_{cm} = \frac{P_d \times \varepsilon^{n_1}}{(V/V_c)^{n_1}}, \text{ МПа} \quad (1.85)$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.29 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Розрахунок лінії розширення виконуємо по формулі:

$$P_{\delta i \zeta} = \frac{P_{\max} \times \rho^{n_2}}{(V/V_c)^{n_2}}, \text{ МПа} \quad (1.86)$$

Результати розрахунків по формулам (1.85) і (1.86) приведені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 Координати для побудови кривих стиску і розширення

V/V _c	p _{ст} ,МПа	p _{ст} ,мм	p _{роз} ,МПа	p _{роз} ,мм
1	4,22	84,4	9,69	193,8
1,25	3,12	62,4	7,32	146,3
1,5	2,44	48,8	5,81	116,3
2,0	1,66	33,1	4,05	80,9
2,5	1,22	24,5	3,05	61,1
3,0	0,96	19,2	2,43	48,5
4,0	0,65	13,0	1,69	33,8
5,0	0,48	9,6	1,28	25,5
6,0	0,4	8,0	1,08	20,0
7,0	0,31	6,1	0,83	16,7
8,0	0,27	5,0	0,72	13,1
9,0	0,22	4,3	0,61	12,2
10,0	0,16	3,9	0,55	11,1
10,5	0,18	3,5	0,50	10

Дійсний індикаторний тиск

$$P_{mi}^A = \frac{F}{[AB]} \cdot m_p = \frac{5225}{237,5} \cdot 0.050 = 1.1 \text{ МПа} \quad (1.87)$$

де: F = 5225 мм² - площа індикаторної діаграми

Об'єм камери згоряння

$$V_c = \frac{V_s}{\varepsilon - 1}, \text{мм} \quad (1.88)$$

де $V_s = [AB] = 237,5 \text{мм}$ - приведений робочий об'єм

$$V_c = \frac{237,5}{10,5 - 1} = 25 \text{мм}$$

Похибка середнього індикаторного тиску.

$$\Delta P_{mi} = \frac{|P_{mi} - P_{mi}^D|}{P_{micp}} \times 100\% \quad (1.89)$$

$$P_{micp} = \frac{P_{mi} + P_{mi}^D}{2}, \text{МПа} \quad (1.90)$$

$$P_{micp} = \frac{1,09 + 1,1}{2} = 1,095 \text{МПа}$$

$$\Delta P_{mi} = \frac{|1,09 - 1,1|}{1,095} \times 100\% = 0,9\%$$

Похибка не перевищує 5%

Дійсну індикаторну діаграму будуюмо із врахуванням її характерних точок:

де c' – точка початку подачі іскри (палива форсункою), яка визначається випередженням запалювання (випередженням впорскування палива).

f - точка початку згоряння, яка визначається кутом затримки згоряння

$\Delta\varphi_1 = 10^\circ \text{ПКВ}$.

$\Delta\varphi_2 = 10^\circ \text{ПКВ}$ - кут після ВМТ, де тиск газів максимальний.

b - точка початку відкриття випускного клапана.

g' - точка початку відкриття впускного клапану.

g'' - точка закриття випускного клапана.

d - точка закриття впускного клапану.

c'' - точка тиску газів в ВМТ в кінці такту стиску.

z_d - точка максимального тиску газів.

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.29 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

1.2.1 Вихідні дані для побудови дійсної індикаторної діаграми

1. Кривошипно-шатунне відношення $\lambda = R/L = 0,17/0,69 = 0,246$ (1.91)
2. Відстань від ВМТ до НМТ на діаграмі $AB = 237,5$ мм
3. Кут затримки згоряння $\Delta\varphi_1 = 10^\circ$ ПКВ
4. Тиск залишкових газів $P_r = 0,183$ МПа
5. Масштаб тиску $m_p = 0,05$ МПа/мм
6. Хід поршня $S = 0,34$ м
7. Тиск в кінці стиску $P_c = 4,22$ МПа
8. Максимальний тиск $P_{\max} = 9,69$ МПа

Розрахунок координат характерних точок індикаторної діаграми приведений в таблиці 1.3

Таблиця 1.3 Координати характерних точок індикаторної діаграми

φ , ПКВ	Положення точки відносно ВМТ, φ ПКВ	Постійна $X = (1 - \cos\varphi) + 0,25 \cdot \lambda \cdot (1 - \cos 2\varphi)$	Відстань від ВМТ до точки $X \cdot (AB)/2$, мм
c, до ВМТ	30	0,1647	18,5
f, до ВМТ	20	0,0747	8,4
b, після ВМТ	130	1,7147	192,9
r', до ВМТ	20	0,0747	8,4
r'', після ВМТ	30	0,1647	18,5
d, до ВМТ	150	1,7147	192,9

Ордината точки r'' : $P_r/m_p = 0,183/0,05 = 3,66$ мм (1.92)

Тиск газів у ВМТ:

$$P_c' = 1,2 \cdot P_c = 1,2 \cdot 4,22 = 5,06 \text{ МПа}; \quad (1.93)$$

$$P_c'/m_p = 5,06/0,05 = 112 \text{ мм}. \quad (1.94)$$

Максимальний тиск згоряння

$$P_{zd} = 0,85 \cdot P_{\max} = 0,85 \cdot 9,69 = 8,24 \text{ МПа} \quad (1.95)$$

$$P_{zd}/m_p = 8,24/0,05 = 164,8 \text{ мм.} \quad (1.96)$$

Поправка Брікса $OO_1 = R \cdot \lambda_l/2 = 170 \cdot 0,246/2 = 20,91 \text{ мм}$ (1.97)

Масштаб переміщення $m_s = S/AB = 340/237,5 = 1,43 \text{ мм/мм}$ (1.98)

Поправка Брікса в масштабі переміщення

$$OO_1 = OO_1/m_s = 20,91/1,43 = 14,6 \text{ мм.} \quad (1.99)$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.29 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Аналіз ефективних показників проектного двигуна й прототипу

Таблиця 1.4 Порівняльна таблиця ефективних показників двигунів

Назва	Позначення	Проектований двигун	Двигун-прототип
Ефективна потужність, кВт	P_e	599	525
Частота обертання колінчастого валу, хв^{-1}	n	750	600
Максимальний тиск згоряння, МПа	$P_{\max}$	8,24	8
Тиск наддуву, МПа	P_{ϵ}	0,190	0,180
Діаметр, мм	d	250	250
Хід поршня, мм	S	340	340
Число циліндрів	i	6	6
Ступень стиску	ϵ	10,5	10
Питома ефективна витрата палива, $\frac{\text{м}^3}{\text{кВт} \times \text{год}}$	ϵ_e	0,28	0,32

Розрахований мною двигун має більшу потужність, ніж двигун - прототип, за рахунок збільшення обертів двигуна, ступені стиску та 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

$$F_z = P_u \times \frac{\pi d^2}{4}, H \quad (1.100)$$

Сили інерції мас, що рухаються зворотно-поступально.

$$F_u = -m_s r \omega^2 (\cos \varphi + \lambda_L \cos 2\varphi), H \quad (1.101)$$

Сумарна сила (дійсна).

$$F_d = F_z \pm F_u, H \quad (1.102)$$

Нормальна сила.

$$F_n = F_d \times \operatorname{tg} \beta, H \quad (1.103)$$

Радіальна сила.

$$F_r = F_d \frac{\cos(\varphi + \beta)}{\cos \beta}, H \quad (1.104)$$

Дотична сила.

$$F_K = F_d \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\cos \beta}, H \quad (1.105)$$

Вихідні дані:

- $d = 0,25\text{м}$ - діаметр поршня
- $n = 750 \text{ хв}^{-1}$ - частота обертання КВ
- $h_{\max} = 164,8 \text{ мм}$ - ордината прийнята для $P_{\max}$
- $P_{\max} = 8240 \text{ кПа}$ - максимальний тиск циклу
- $\lambda_L = 0,246$ - кривошипно-шатунне відношення
- $m_p = 50,0 \text{ кПа/мм}$ - масштаб індикаторної діаграми
- $m_s = 79,5 \text{ кг}$ - маса деталей, що рухаються зворотно-поступально

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.29 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$r = 0,170\text{м}$ - радіус кривошипа

$\Delta\varphi_2^0 = 10,000^\circ$ - кут максимального тиску

$\omega = 78,5 \text{ с}^{-1}$ - кутова швидкість

$m_F = 2,45 \text{ кН/мм}$ - 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_{Γ}	F_k	F_{Γ}	F_{Π}	F_d	F_N	F_{Γ}	F_k
ПКВ	кН	кН	кН	кН	кН	кН	мм	мм	мм	мм	мм	мм
0,0	8,5	-103,7	-95,2	0,0	-95,2	0,0	3,5	-42,3	-38,8	0,0	-38,8	0,0
10,0	8,5	-101,2	-92,6	-3,9	-90,5	-19,9	3,5	-41,3	-37,8	-1,6	-36,9	-8,1
20,0	8,5	-93,9	-85,3	-7,2	-77,7	-35,9	3,5	-38,3	-34,8	-2,9	-31,7	-14,6
30,0	8,5	-82,3	-73,7	-9,1	-59,3	-44,8	3,5	-33,6	-30,1	-3,7	-24,2	-18,2
40,0	8,5	-67,4	-58,8	-9,4	-38,9	-44,9	3,5	-27,5	-23,9	-3,8	-15,9	-18,3
50,0	8,5	-49,9	-41,4	-7,9	-20,5	-36,8	3,5	-20,4	-16,8	-3,2	-8,3	-15,0
60,0	8,5	-31,3	22,8	-4,9	-7,0	-22,2	3,5	-12,8	-9,3	-2,0	-2,8	-9,0
70,0	8,5	-12,8	-4,2	-0,9	-0,4	-4,2	3,5	-5,2	-1,7	-0,4	-0,2	-1,7
80,0	8,5	4,7	13,3	3,3	-0,9	13,7	3,5	1,9	5,4	1,3	-0,3	5,6
90,0	8,5	20,4	29,0	7,3	-7,3	29,0	3,5	8,3	11,8	3,0	-3,0	11,8
100,0	8,5	33,7	42,3	10,5	-17,7	39,8	3,5	13,7	17,2	4,3	-7,2	16,2
110,0	8,5	44,1	52,7	12,5	-29,8	45,2	3,5	18,0	21,5	5,1	-12,1	18,4
120,0	8,5	51,8	60,4	13,1	-41,6	45,7	3,5	21,1	24,6	5,3	-17,0	18,6
130,0	8,5	57,0	65,6	12,6	-51,8	42,2	3,5	23,3	26,8	5,1	-21,1	17,2
140,0	8,5	60,2	68,8	11,0	-59,8	35,7	3,5	24,5	28,0	4,5	-24,4	14,6
150,0	8,5	61,8	70,4	8,7	-65,3	27,6	3,5	25,2	28,7	3,5	-26,6	11,2
160,0	8,5	62,5	71,1	6,0	-68,9	18,6	3,5	25,5	29,0	2,4	-28,1	7,6
170,0	8,5	62,7	71,3	3,0	-70,7	9,3	3,5	25,6	29,1	1,2	-28,8	3,8
180,0	8,5	62,7	71,3	0,0	-71,3	0,0	3,5	25,6	29,1	0,0	-29,1	0,0
190,0	8,5	62,7	71,3	-3,0	-70,7	-9,3	3,5	25,6	29,1	-1,2	-28,8	-3,8
200,0	8,5	62,5	71,1	-6,0	-68,9	-18,6	3,5	25,5	29,0	-2,4	-28,1	-7,6
210,0	8,5	61,8	70,4	-8,7	-65,3	-27,6	3,5	25,2	28,7	-3,5	-26,7	-11,2
220,0	9,8	60,2	70,0	-11,2	-60,8	-36,4	4,0	24,5	28,5	-4,5	-24,8	-14,8
230,0	11,0	57,0	68,1	-13,0	-53,8	-43,7	4,5	23,3	27,8	-5,3	-21,9	-17,8
240,0	12,2	51,8	64,1	-13,9	-44,1	-48,5	5,0	21,1	26,1	-5,7	-18,0	-19,8
250,0	12,2	44,1	56,4	-13,4	-31,9	-48,4	5,0	18,0	23,0	-5,4	-13,0	-19,7

Продовження таблиці 1.4

φ°	Fr	Fi	Fd	FN	Fr	Fk	Fr	Fi	Fd	FN	Fr	Fk
ПКВ	КН	КН	КН	КН	КН	КН	ММ	ММ	ММ	ММ	ММ	ММ
260,0	14,7	33,7	48,4	-12,0	-20,3	-45,5	6,0	13,7	19,7	-4,9	-8,2	-18,6
270,0	17,1	20,4	37,6	-9,5	-9,5	-37,6	7,0	8,3	15,4	-3,9	-3,9	-15,4
280,0	19,6	4,7	24,4	-6,0	-1,7	-25,1	8,0	1,9	9,9	-2,4	-0,7	-10,2
290,0	26,9	-12,7	14,1	-3,7	1,6	-14,4	11,0	-5,2	5,7	-1,3	0,6	-5,9
300,0	36,7	-31,3	5,3	-1,1	1,6	-5,2	15,0	-12,8	2,2	-0,4	0,6	-2,1
310,0	49,0	-49,9	-0,9	0,2	-0,4	-0,8	20,0	-20,3	-0,3	0,0	-0,1	0,3
320,0	61,3	-67,4	6,0	0,9	-3,9	4,6	25,0	-27,4	-2,4	0,3	-1,6	1,8
330,0	98,1	-82,3	15,7	-1,9	12,6	-9,5	40,0	-33,6	6,4	-0,7	5,1	-3,9
340,0	152,0	-93,9	58,1	-4,9	52,9	-24,4	62,0	-38,3	23,7	-2,0	21,6	-9,9
350,0	220,7	-101,2	119,5	-5,1	116,8	-25,7	90,1	-41,3	48,7	-2,0	47,6	-10,5
360,0	274,7	-103,7	170,9	0,0	170,9	0,0	112,1	-42,3	69,7	0,0	69,7	0,0
370,0	404,7	-101,2	303,5	12,9	296,6	65,4	165,2	-41,3	123,8	5,2	121,0	26,7
380,0	306,6	-93,9	212,6	17,9	193,7	89,6	125,1	-38,3	86,8	7,3	79,0	36,5
390,0	233,0	-82,3	150,6	18,6	121,1	91,5	95,1	-33,6	61,4	7,6	49,4	37,3
400,0	171,7	-67,3	104,3	16,7	69,2	79,8	70,0	-27,4	42,5	6,8	28,2	32,6
410,0	127,5	-49,9	77,5	14,8	38,4	69,0	52,0	-20,3	31,6	6,0	15,7	28,1
420,0	93,2	-31,3	61,8	13,4	19,2	60,2	38,0	-12,8	25,2	5,5	7,8	24,6
430,0	68,6	-12,7	55,8	13,2	6,6	57,0	28,0	-5,2	22,8	5,4	2,7	23,2
440,0	53,9	4,7	58,7	14,6	-4,2	60,4	22,0	1,9	23,9	5,9	-1,7	24,6
450,0	44,1	20,4	64,6	16,4	-16,4	64,6	18,0	8,3	26,3	6,6	-6,6	26,3
460,0	36,7	33,7	70,5	17,6	-29,5	66,3	15,0	13,7	28,8	7,1	-12,0	27,0
470,0	31,8	44,1	76,0	18,0	-43,0	65,3	13,0	18,0	31,0	7,2	-17,5	26,6
480,0	29,4	51,8	81,3	17,7	-56,0	61,5	12,0	21,1	33,1	7,2	-22,8	25,1
490,0	26,9	57,0	84,0	16,1	-66,4	54,0	11,0	23,3	34,3	6,5	-27,1	22,0
500,0	24,5	60,2	84,7	13,5	-73,7	44,0	10,0	24,5	34,5	5,5	-30,0	17,9
510,0	24,5	61,8	86,4	10,7	-80,1	33,9	10,0	25,2	35,2	4,3	-32,7	13,8
520,0	19,6	62,5	82,1	6,9	-79,6	21,5	8,0	25,5	33,5	2,8	-32,4	8,8
530,0	17,1	62,7	79,9	3,4	-79,3	10,5	7,0	25,6	32,6	1,4	-32,3	4,2
540,0	14,7	62,7	77,5	0,0	-77,5	0,0	6,0	25,6	31,6	0,0	-31,6	0,0
550,0	12,2	62,7	75,0	-3,2	-74,4	-9,8	5,0	25,6	30,6	-1,3	-30,3	-4,0
560,0	9,8	62,5	72,3	-6,1	-70,1	-19,0	4,0	25,5	29,5	-2,4	-28,6	-7,7
570,0	8,5	61,8	70,4	-8,7	-65,3	-27,6	3,5	25,2	28,7	-3,5	-26,6	-11,2
580,0	8,5	60,2	68,8	-11,0	-59,8	-35,7	3,5	24,5	28,0	-4,4	-24,4	-14,6
590,0	8,5	57,0	65,6	-12,6	-51,8	-42,2	3,5	23,3	26,8	-5,1	-21,1	-17,2

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.29 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 1.4

ϕ°	F _Г	F _и	F _д	F _N	F _р	F _к	F _Г	F _и	F _д	F _N	F _р	F _к
ПКВ	кН	кН	кН	кН	кН	кН	мм	мм	мм	мм	мм	мм
600,0	8,5	51,8	60,4	-13,1	-41,6	-45,7	3,5	21,1	24,6	-5,3	-17,0	-18,6
610,0	8,5	44,1	52,7	-12,5	-29,8	-45,2	3,5	18,0	21,5	-5,1	-12,1	-18,4
620,0	8,5	33,7	42,3	-10,5	-17,7	-39,8	3,5	13,7	17,2	-4,3	-7,2	-16,2
630,0	8,5	20,4	29,0	-7,3	-7,3	-29,0	3,5	8,3	11,8	-3,0	-3,0	-11,8
640,0	8,5	4,7	13,3	-3,3	-0,9	-13,7	3,5	1,9	5,4	-1,3	-0,3	-5,6
650,0	8,5	-12,7	-4,2	0,9	-0,4	4,2	3,5	-5,2	-1,7	0,4	-0,2	1,7
660,0	8,5	-31,3	-22,8	4,9	-7,0	22,2	3,5	-12,8	-9,3	2,0	-2,8	9,0
670,0	8,5	-49,9	-41,3	7,9	-20,5	36,8	3,5	-20,3	-16,8	3,2	-8,3	15,0
680,0	8,5	-67,4	-58,8	9,4	-38,9	44,9	3,5	-27,4	-23,9	3,8	-15,9	18,3
690,0	8,5	-82,3	-73,7	9,1	-59,3	44,8	3,5	-33,6	-30,1	3,7	-24,2	18,2
700,0	8,5	-93,9	-85,3	7,2	-77,7	35,9	3,5	-38,3	-34,8	2,9	-31,7	14,6
710,0	8,5	-101,2	-92,6	3,9	-90,6	19,9	3,5	-41,3	-37,8	1,6	-36,9	8,1
720,0	8,5	-103,7	-95,1	0,0	-95,1	0,0	3,5	-42,3	-38,8	0,0	-38,8	0,0

1.5 Розробка конструкції випускного клапану

1.5.1 Призначення, описування та обґрунтування випускного клапану.

В сучасних двигунах внутрішнього згорання застосовують керовані клапани як впускні, так і випускні.

Найбільш тяжким періодом роботи для клапану є початкова стадія випуску. Протягом цього періоду газу витікають з циліндру з критичною швидкістю, яка зазвичай перевищує 600 м/с при температурі 900-1000°C та вище. При цьому вся поверхня головки і частина поверхні стрижня клапану нагрівається. Тепло відводиться лише через направляючу втулку, а опорна поверхня не приймає участі у віддачі тепла. Через обмежений відвід тепла температура головки випускного клапану двигунів із займанням від стискання сягає 700-800°C, а в карбюраторних двигунах – ще більш високих значень. В таких важких температурних умовах клапан підвергається дії сил тиску газів, сил пружин і сил інерції двигунів механізму передачі.

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.29 ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			28

Найчастіші дефекти клапанів – зависання, вигорання фаски, які викликають перегрівання головки циліндру та клапану і його короблення, обривання стрижня клапану. Основними причинами цих дефектів є: перевантаження дизеля; за коксування зазору між сідлом та клапаном, перекіс клапану (при наявності ударного навантаження); потрапляння між

фаскою та сідлом клапану крупинок нагару, кусочків металу від поршнів та поршневих кілець, що перешкоджають щільній посадці клапану; знос фаски та сідла, короблення останнього.

Коли клапан закритий, тепло відводиться через опорну фаску головки і через стрижень клапану. Для покращення відводу тепла зазор між направляючою втулкою і стрижнем виконують мінімально допустимим для роботи без заїдань. З тою ж метою направляючу втулку доцільно приблизити до головки клапану, але при надмірно низькому розташуванні втулки погіршиться процес очищення циліндру від продуктів згоряння.

Умови роботи клапанів, особливо випускних, дуже важкі, тому вибору матеріалу і технології виготовлення клапанів приділяється велика увага. Матеріал для клапанів повинен характеризуватися хорошими механічними якостями при високій температурі, відсутністю короблення і тріщин при повторних нагріваннях, а також стійкістю проти корозії та зносу. Впускні клапани двигунів в залежності від напруженості робочого процесу та швидкохідності виготовляють з вуглецевих сталей марок 40 і 45 або з легованих марок 40Х, 45Х, 40ХН, 50ХН. Для випускних клапанів, крім вказаних матеріалів, застосовують жаростійкі сталі: хромокремністі, хромокремнієвомолібденові (Х8С, Х10СМ).

Аустенітні сталі Х14Н14В і Х14Н14ВС відповідають найкращім чином умовам роботи випускних клапанів форсованих швидкохідних двигунів.

Для отримання твердої і стійкої проти газової корозії поверхні застосовують наплавлення стелітами – сплавами з хрому, кобальту, вольфраму, нікелю, молібдену та кремнію, що містять в невеликій кількості

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.29 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

марганець, мідь та інші компоненти. Стеліти мають високу твердість (HRC 57-67), зносо- і корозійну стійкість.

Добре сплавляючись зі сталями, маючи близькі до сталей механічні властивості і низьку теплопровідність, стелітовий шар працює як одне ціле з основною деталлю, захищаючи її при цьому від потоку тепла.

В деяких випадках головку клапану виготовляють окремо з легованої сталі і накручують (в попередньо обробленому вигляді) на стрижень з подальшим зварюванням місця у кінця стрижня. В цьому випадку конструкція виходить більш простою та дешевою.

1.5.2 Вибір матеріалу, визначення розмірів і розрахунок випускного клапану

1.5.2.1 Площа прохідного перетину горловини

$$f_r = \frac{A \cdot g_m}{i \cdot g_r}, m^2 \quad (1.106)$$

$$f_r = \frac{0,049 \cdot 8,5}{1 \cdot 60} = 0,005 m^2$$

Де А – площа поршня, м²

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, m^2 \quad (1.107)$$

$$A = \frac{3,14 \cdot 0,25^2}{4} = 0,049 m^2$$

d – діаметр циліндра, м;

g_m - середня швидкість поршня, м/с;

$$g_m = \frac{s \cdot n}{30}, m/c \quad (1.108)$$

$$g_m = \frac{0,34 \cdot 750}{30} = 8,5 m/c$$

i – кількість випускних клапанів в одному циліндрі;

g_r - швидкість газів горловині випускного клапана

$$g_r = 50-90 m/c$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.29 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Приймаємо $\vartheta_r = 60$ м/с

1.5.2.2 Діаметр горловини клапана

$$d_r = \sqrt{\frac{4 \cdot f_r}{\pi}}, \text{ м} \quad (1.109)$$

$$d_r = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,005}{3,14}} = 0,081 \text{ м}$$

Для одного клапана в кришці d_r не повинен перевищувати $(0,4 - 0,54)d$,
для двох клапанів – $(0,25 - 0,42)d$.

$$0,42 \cdot 0,25 = 0,105 \text{ м}$$

1.6.2.3 Максимальна висота підйому клапана

$$h_{\text{кл. max}} = \frac{d_r}{4 \cos \alpha}, \text{ м} \quad (1.110)$$

$$h_{\text{кл. max}} = \frac{0,081}{4 \cdot \cos 45} = 0,023 \text{ м}$$

де $\alpha = 30-45^\circ$ кут нахилу фаски клапана

Приймаємо $\alpha = 45^\circ$

1.5.2.4 Діаметр стержня клапана:

для тихохідних ДВЗ:

$$d_{\text{ст}} = (0,15 - 0,25) \cdot d_r, \text{ м} \quad (1.111)$$

для швидкохідних ДВЗ:

$$d_{\text{ст}} = (0,25 - 0,3) \cdot d_r, \text{ м} \quad (1.112)$$

$$d_{\text{н\o}} = 0,25 \cdot 0,081 = 0,02 \text{ м}$$

1.5.2.5 Зовнішній діаметр головки клапана

$$d_H = (1,1 - 1,16) \cdot d_r, \text{ м} \quad (1.113)$$

$$d_H = 1,15 \cdot 0,081 = 0,093 \text{ м}$$

1.5.2.6 Товщина головки клапана

$$\delta = (0,15 - 0,18) \cdot d_r, \text{ м} \quad (1.114)$$

$$\delta = 0,18 \cdot 0,081 = 0,014 \text{ м}$$

1.5.2.7 Довжина клапана

$$l = (2,5 - 3,5) \cdot d_r, м \quad (1.115)$$

$$l = 3 \cdot 0,081 = 0,243 м$$

1.5.2.8 Радіус переходу від головки клапана до стержня

$$r = (0,25 - 0,3) \cdot d_r, м \quad (1.116)$$

$$r = 0,27 \cdot 0,081 = 0,022 м$$

1.5.2.9 Вибір марки матеріалу пружин

Для високонавантажених пружин вибираємо дрiт з

Сталь 50ХФА ГОСТ 14959-79

Механічні властивості

1. $\sigma_B = 1278$ МПа – границя міцності;

2. $\sigma_T = 1079$ МПа – границя текучості;

1.5.2.10 Розрахунок на міцність

Вихідні дані:

число пружин $i = 2$

середній діаметр пружин

зовнішня $D_3 = 53$ мм;

внутрішня $D_B = 42$ мм;

діаметр дроту пружини

зовнішня $d_3 = 4,5$ мм;

внутрішня $d_B = 3$ мм;

число робочих витків пружини

зовнішня $n_3 = 8$;

внутрішня $n_B = 5$;

Мінімальне зусилля пружин

$$F_{31} = \frac{G \cdot d_3^4 \cdot f_{31}}{8D_3^3 \cdot n_3 \cdot K_2}, Н \quad (1.117)$$

$$F_{31} = \frac{80000 \cdot 4,5^4 \cdot 20}{8 \cdot 53^3 \cdot 8 \cdot 1,039_2} = 66,2 Н$$

Де $G = 8 \cdot 10^4$ МПа – модуль здвигу;

f_{31} - мінімальний (попередній) прогин пружини, мм;

$f_{31} = 20$ мм (приймається конструктивно в межах 15-25 мм)

K_2 - поправочний коефіцієнт;

$$K_2 = 1 + \frac{1}{2C} - \frac{1}{2C^2} \quad (1.118)$$

$$K_2 = 1 + \frac{1}{2 \cdot 11,78} - \frac{1}{2 \cdot 11,78^2} = 1,039$$

C – індекс пружини;

$$C = \frac{D_3}{d_3} \quad (1.119)$$

$$C = \frac{53}{4,5} = 11,78$$

внутрішня пружина

$$F_{B1} = \frac{G \cdot d_B^4 \cdot f_{B1}}{8D_B^3 \cdot n_B \cdot K_2}, H \quad (1.120)$$

$$F_{B1} = \frac{80000 \cdot 3^4 \cdot 20}{8 \cdot 42^3 \cdot 5 \cdot 1,039} = 42,4H$$

K_2 – поправочний коефіцієнт;

$$K_2 = 1 + \frac{1}{2C} - \frac{1}{2C^2} \quad (1.121)$$

$$K_2 = 1 + \frac{1}{2 \cdot 14} - \frac{1}{2 \cdot 14^2} = 1,031$$

C – індекс пружини;

$$C = \frac{D_3}{d_3} \quad (1.122)$$

$$C = \frac{42}{3} = 14$$

1.5.2.11 Вибір марки матеріалу випускного клапана

Головки випускних клапанів потребують використання спеціальних хромових жаростійких або хромованадієвих сталей.

Вибираємо Сталь Х14Н14ВС ГОСТ 4543-82

Стержень клапану 40Х ГОСТ 4543-82

$\sigma_B = 1079$ МПа – границя міцності;

$\sigma_T = 932$ МПа – границя текучості;

1.5.2.12 Розрахунок на міцність головки клапану

Головку клапана розглядають як плоский диск, вільно спертий по контуру і навантажений рівномірно розподіленим тиском.

$$\sigma_H = \frac{r_3^2}{\delta^2} \cdot P_{\max}, \text{МПа} \quad (1.123)$$

$$\sigma_H = \frac{0,0465^2}{0,014^2} \cdot 8,24 = 90,64 \text{МПа}$$

де r_3 - зовнішній радіус головки, м;

δ - товщина головки клапана, м;

$P_{\max}$ - максимальний тиск згоряння, МПа;

$$\sigma_H \leq [\sigma_H]$$

$[\sigma_H] = 130$ МПа – для легованих сталей

1.6.2.13 Розрахунок стержня клапана

Стержень клапана розглядають як короткий стержень, що підлягає стиску силою, що діє паралельно осі стержня.

Сила, що діє на клапан в момент відкриття

$$F_k = F_r + F_{n_{\min}} + F_{i_{\text{шт}}}, \text{МН} \quad (1.124)$$

$$F_k = 0,002 + 0,0001 + 0,0006 = 0,0027 \text{МН}$$

де F_r - сила тиску газів на головку клапана в момент відкриття

$$F_r = \frac{\pi d_H^2}{4} (P_b - 0,1), \text{МН} \quad (1.125)$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.29 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

$$F_r = \frac{3,14 \cdot 0,081^2}{4} (0,536 - 0,1) = 0,002 \text{ МН}$$

$P_b = 0,536$ МПа – тиск газів в циліндрі на початку випуску в МПа (визначається по індикаторній діаграмі (точка b));

$F_{n\min}$ - мінімальна сила пружин, МН

$$F_{n\min} = (F_{31} + F_{B1}) \cdot 10^{-6}, \text{ МН} \quad (1.126)$$

$$F_{n\min} = (66,2 + 42,44) \cdot 10^{-6} = 0,0001, \text{ МН}$$

F_{iiA} - сила інерції деталей механізму газорозподілу, приведена до осі клапана, в точці «А» (моменту відкриття клапана):

$$F_{iiA} = m_k \cdot a_A \cdot 10^{-6}, \text{ МН} \quad (1.127)$$

$$F_{iiA} = 5 \cdot 118,6 \cdot 10^{-6} = 0,0006 \text{ МН}$$

a_A - прискорення клапан в точці «А»

- маса клапанного механізму по прототипу

$$a_A = w_K^2 \cdot (r_1 - r_0) \cdot \cos 0, \text{ м/с}^2 \quad (1.128)$$

$$a_A = 39,25^2 \cdot (0,116 - 0,039) \cdot \cos 0 = 118,6 \text{ м/с}^2$$

де $W_K = \frac{\pi \cdot n_K}{30}, \text{ с}^{-1} \quad (1.129)$

$$W_K = \frac{3,14 \cdot 375}{30} = 39,25 \text{ с}^{-1}$$

n_K - частота обертання розподільчого вала для чотирьохтактних ДВЗ

$$n_K = \frac{n}{2}, \text{ хв}^{-1} \quad (1.130)$$

$$n_K = \frac{750}{2} = 375 \text{ хв}^{-1}$$

Радіус початкового кулачка

$$r_0 = (1,2 - 2,0) \cdot h_k, \text{ м} \quad (1.131)$$

$$r_0 = 1,7 \cdot 0,023 = 0,039 \text{ м}$$

Радіус закруглення при вершині кулачка

Для випуклого кулака

$$r_2 \geq 3 \text{ мм}$$

Приймаємо $r_2 = 3 \text{ мм}$

Радіус спряження

$$r_1 = \frac{r_0^2 + b^2 - r_2^2 - 2r_0 \cdot b \cdot \cos \frac{\varphi_T}{2}}{2(r_0 + r_2 - b \cdot \cos \frac{\varphi_T}{2})}, \text{ м} \quad (1.132)$$

$$r_1 = \frac{0,039^2 + 0,059^2 - 0,003^2 - 2 \cdot 0,039 \cdot 0,059 \cdot \cos \frac{130}{2}}{2(0,039 + 0,003 - 0,059 \cdot \cos \frac{130}{2})} = 0,116 \text{ м} \quad (1.133)$$

де $b = r_0 + h_k - r_2, \text{ м} \quad (1.134)$

$$b = 0,039 + 0,023 - 0,003 = 0,059 \text{ м}$$

$$\varphi_T = \frac{\theta}{2} = 130 - \text{теоретичний кут дії кулачка} \quad (1.135)$$

$\theta = 260^\circ$ - тривалість відкриття випускного клапана згідно індикаторної діаграми

Напруження стиску в стержні клапана

$$\sigma_{CT} = \frac{F_k}{A_{CT}}, \text{ МПа} \quad (1.136)$$

$$\sigma_{CT} = \frac{0,0027}{0,0003} = 9 \text{ МПа}$$

де A_{CT} - найменша площа січення стержня клапана, м^2

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \text{ м}^2 \quad (1.137)$$

$$A = \frac{3,14 \cdot 0,02^2}{4} = 0,0003 \text{ м}^2$$

$$\sigma_{CT} \leq [\sigma_{CT}]$$

$[\sigma_{CT}] = 140 \text{ МПа}$ - для легованих сталей.

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.29 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

1.5.3 Пропозиції по удосконаленню випускного клапану

З ціллю отримання більш дешевої конструкції у дипломному проекті я пропоную використовувати збірну конструкцію випускного клапану: головка та стрижень якого виготовляються з різних матеріалів.

Головка клапану з жаростійкий або хромованадієвої сталі Х14Н14ВС ГОСТ 4543-82, а стрижень клапану зі сталі 40Х ГОСТ4543-82. Деталі клапана після попередньої обробки перед кінцевою механічною обробкою з'єднують з допомогою зварювання методом тертя.

Це рішення призведе до зменшення вартості клапана та двигуна.

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.29 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

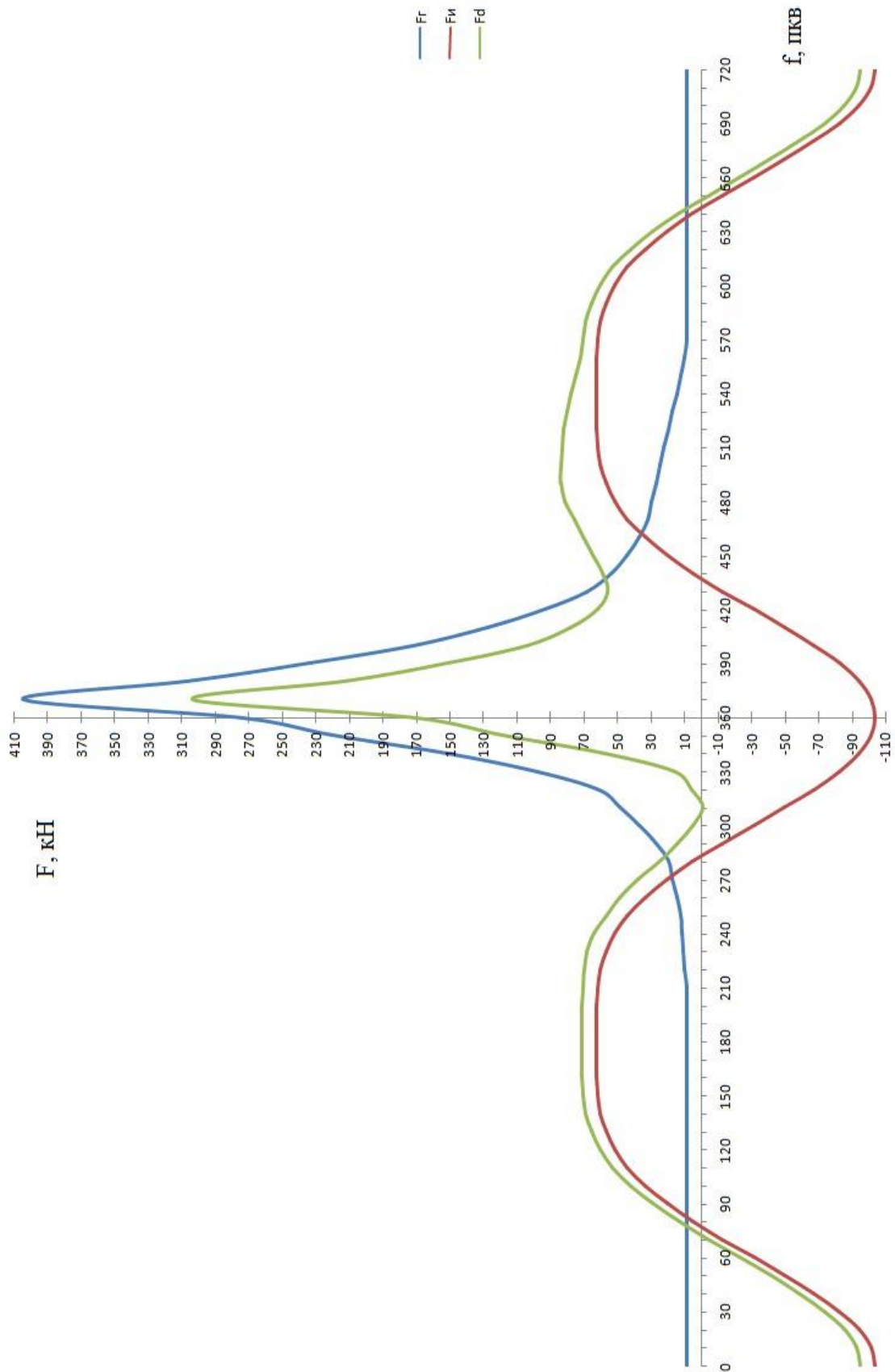


Рисунок 1.3 Графіки сил динаміки

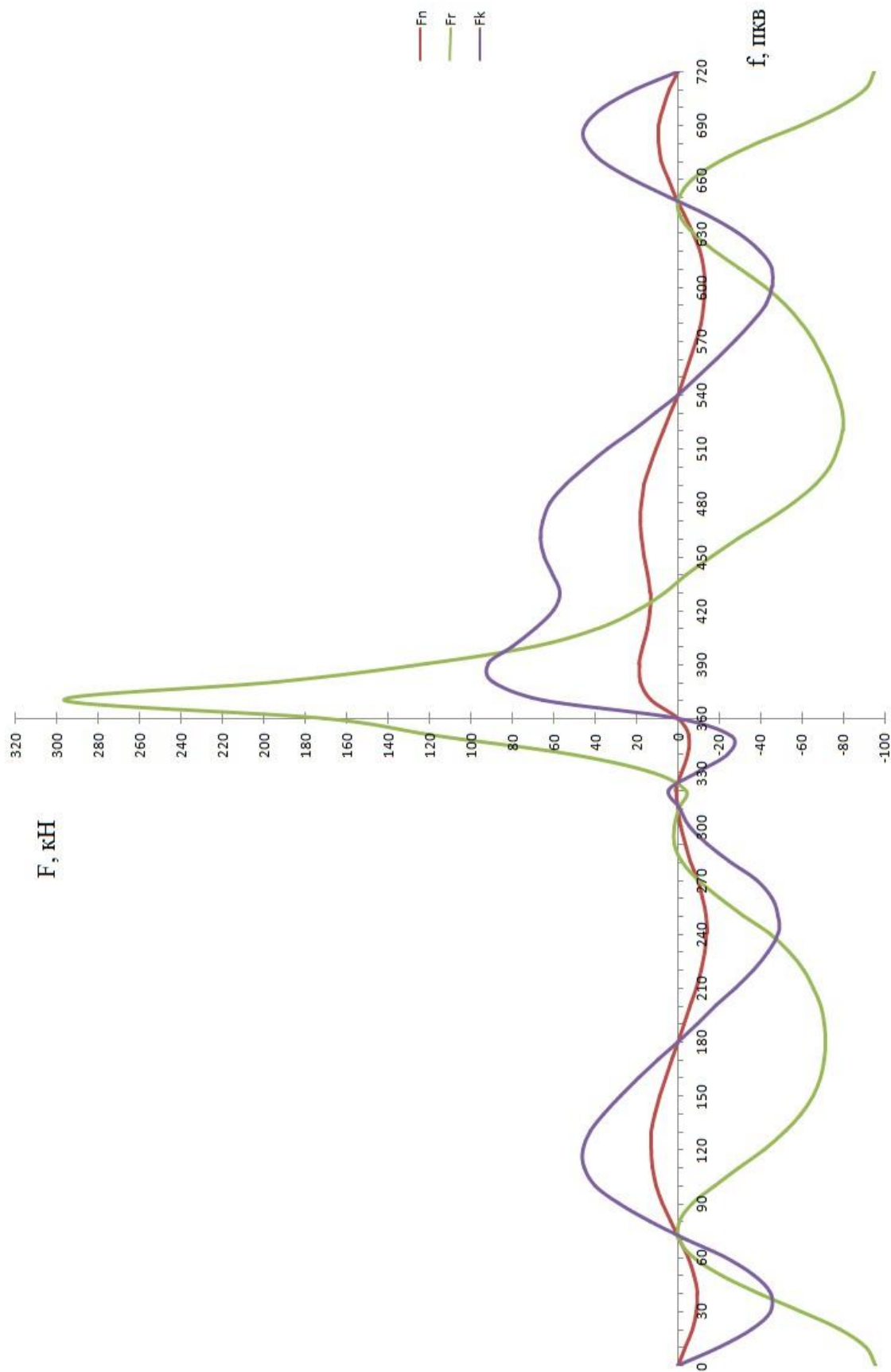


Рисунок 1.4 Графіки сил динаміки

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ВСП ПФК НУК 133.431.25.29 ПЗ

Арк.

30

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 кришки робочого циліндру з сідлами та клапанами обране наступне обладнання та інструмент.

В першу чергу на дільниці повинен бути стандартний та спеціальний інструмент для виконання слюсарно-складальних робіт. Промивати деталі будимо у миючій ванні. Для продувки деталей використовуємо стиснуте повітря із заводської системи. Запресування сідел та втулок направляючих клапанів будемо виконувати за допомогою рідкого азоту. Для проведення гідро випробувань внутрішньої порожнини кришки та вогневого днища на дільниці установлені два спеціальних стенда . Переміщення деталей на дільниці складання виконується з допомогою консольного поворотного крана.

Для виконання притиральних операцій на дільниці потрібно встановити притиральний верстат.

На дільниці встановлені стелажі для зберігання комплектуючих та пристосувань. Для зберігання інструментів, креслень, технологічних процесів на дільниці встановлюють інструментальні ящики. Також потрібно дільницю укомплектувати комплектом вимірювальних пристроїв, тому що контрольні операції будуть виконувати робітники дільниці.

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.29 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Визначення технічної норми часу.

Розрахунок штучного часу в умовах серійного виробництва вираховується згідно формули

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

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%);

Визначимо штучний час на кожну окрему операцію складання штовхача гідравлічного:

005 Підготовча

$$T_{005} = 10 \left(1 + \frac{4+3}{100}\right) = 11 \text{ хв.}$$

010 Складальна.

$$T_{010} = 20 \left(1 + \frac{4+3}{100}\right) = 22 \text{ хв.}$$

015 Випробувальна

$$T_{015} = 30 \left(1 + \frac{4+3}{100}\right) = 32 \text{ хв.}$$

020 Складальна

$$T_{020} = 30 \left(1 + \frac{4+3}{100}\right) = 32 \text{ хв.}$$

025 Контрольна

$$T_{025} = 10 \left(1 + \frac{4+3}{100}\right) = 11 \text{ хв.}$$

Визначаємо загальний штучний час на складання.

$$T_{\text{шт}} = T_{005} + T_{010} + T_{015} + T_{020} + T_{025} = 11 + 22 + 32 + 32 + 11 = 108 \text{ хв}, \quad (2.2)$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.29 ПЗ	Арк.
						42
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 $N = 995$ шт. – річна програма випуску, шт. згідно завдання

$t_{005} = 11$ хв – штучний час на 005 операцію;

$t_{010} = 22$ хв – штучний час на 010 операцію;

$t_{015} = 32$ хв – штучний час на 015 операцію;

$t_{020} = 32$ хв – штучний час на 020 операцію;

$t_{025} = 11$ хв – штучний час на 025 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 133.431.25.29 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_{P005} = \frac{995 \cdot 11}{2025,36 \cdot 60} = 0,09$$

$$C_{P010} = \frac{995 \cdot 22}{2025,36 \cdot 60} = 0,18$$

$$C_{P015} = \frac{995 \cdot 32}{2025,36 \cdot 60} = 0,26$$

$$C_{P020} = \frac{995 \cdot 32}{2025,36 \cdot 60} = 0,26$$

$$C_{P025} = \frac{995 \cdot 11}{2025,36 \cdot 60} = 0,09$$

Для виконання операцій 005, 010, 015, 020, 025 потрібно одне робоче місто

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

$$K_3 = \frac{\sum C_{pi}}{\sum C_{npi}}, \quad (3.3)$$

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

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

$$K_1 = \frac{0,09+0,18+0,26+0,26+0,09}{1} = 0,88$$

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

$$C_{01} = \frac{995(11+22+32+32+11)}{60 \cdot 2025,36 \cdot 1} = 0,88 \text{чол.}$$

На операції 005, 010, 015, 020, 025 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 $K_{\text{П}} = 1$

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

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

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

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.29 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

$$A_3 = 14 + 10 = 24\text{м}^2$$

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»

$$V_B = 24 \cdot 6 = 144\text{м}^3$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.29 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

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 133.431.25.29 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

- 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 133.431.25.29 ПЗ	Арк.
						48
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;
 $A = 24 \text{ м}^2$ - 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 $L = 6 \text{м}$ – 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;

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.29 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

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

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

$$h = 6 - 0,8 - 2 = 3,2\text{м}$$

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

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 133.431.25.29 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

ЛІТЕРАТУРА

1. Газовые двигатели 6ГЧН25/34. Инструкция по эксплуатации. – М.: Энергоэкспорт.- 105с.
2. Доценко С.М., Бельський Ф.В., Григоренко В.О. Методичні вказівки до виконання розрахунку робочого процесу газового двигуна з дисципліни «Теорія двигунів внутрішнього згоряння». – Первомайськ: ППІ – 36 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 133.431.25.29 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

