

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

Відділення «Двигуни та автомобілі»

Циклова комісія «Обслуговування автомобілів та виробництво двигунів»

Допущений до захисту

Голова циклової комісії

_____ Василь МАНЗЮК

« ____ » _____ 2025 р.

Пояснювальна записка

До кваліфікаційної роботи (дипломний проєкт)

фаховий молодший бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний ступень)

на тему: Проєкт 4-тактного дизельного двигуна та ділянки складання
кришки робочого циліндра з розробкою конструкції ущільнення випускного
клапану

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

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 133 Галузеве

машинобудування

Освітньо-професійна програма:

Виробництво, сервісне обслуговування та

експлуатація двигунів внутрішнього

згоряння

_____ Владислав ОСАДЧУК
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ Ігор КОВАЛЕНКО
(підпис) (прізвище та ініціали)

Консультант з економічного розділу
_____ Ірина КАПАЦИНА
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтролер
_____ Ігор КОВАЛЕНКО
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент
_____ Павло МАЛЮТІН
(підпис) (прізвище та ініціали)

Дата захисту _____

Оцінка за захист _____

Первомайськ – 2025 року

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

Відділення: «Двигуни та автомобілі»

Циклова комісія: «Обслуговування автомобілів та виробництво двигунів»

Освітньо-кваліфікаційний ступень: фаховий молодший бакалавр

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 133 Галузеве машинобудування

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова циклової комісії «Обслуговування
автомобілів та виробництво двигунів»

Василь МАНЗЮК

“ ____ ” _____ 2025 року

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

Владиславу ОСАДЧУКУ

(ім'я, ПРИЗВИЩЕ)

1. Тема проєкту Проект 4 тактного дизельного двигуна та ділянки складання кришки
робочого циліндра з розробкою конструкції ущільнення випускного клапану

Керівник проєкту Ігор КОВАЛЕНКО

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

2. Строк подання здобувачем проєкту 13.06.2025 р.

3. Вихідні дані до проєкту: Потужність $P_e = 348$ кВт,

Частота обертання колінчастого валу $n = 500$ хв⁻¹, ступень стиску $E = 13$

Розробити технологічний процес складання кришки робочого циліндра

Річне завдання 456шт.

Режим роботи однозмінний

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

1. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

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

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

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

3. ОРГАНІЗАЦІЙНО – ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Визначення потрібної кількості працівників і площі ділянки

4. ОРГАНІЗАЦІЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ПРОТИПОЖЕЖНИЙ ЗАХИСТ

4.1 Техніка безпеки та протипожежний захист на ділянці складання

4.2 Розрахунок освітлення на ділянці складання

ЛІТЕРАТУРА

ДОДАТКИ

1. Технологічний процес складання проєктованого вузла

2. Специфікації складальних креслень

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

Аркуш 1 Поперечний розріз двигуна А1 СК

Аркуш 2 Кришка робочого циліндра А1 СК

6. Консультанти розділів проєкту

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

7. Дата видачі завдання 21.04.2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач освіти

Керівник проєкту

(підпис)

Владислав ОСАДЧУК
(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Ігор КОВАЛЕНКО
(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

З М І С Т

1 Конструкторський розділ	4
1.1 Розрахунок робочого процесу двигуна	4
1.2 Розрахунок індикаторної діаграми	11
1.3 Аналіз ефективних показників проектного двигуна і прототипу	14
1.4 Динамічний розрахунок двигуна	15
1.5 Розробка конструкції ущільнення випускного клапану	21
1.5.1 Призначення, умови роботи випускного клапану	21
1.5.2 Розрахунок випускного клапану	22
1.5.3 Пропозиції по удосконаленню проектного вузла	26
2 Технологічний розділ	27
2.1 Вибір обладнання ,пристосування і інструменту	27
2.2 Визначення технічної норми часу	28
3 Організаційно-економічний розділ	29
3.1 Визначення потрібної кількості працівників і площі ділянки	29
4 Організація охорони праці та протипожежний захист	33
4.1 Техніка безпеки та протипожежний захист на ділянці складання	33
4.2 Розрахунок освітлення на ділянці складання	34
Література	37
ДОДАТКИ	
Додаток А Креслення “ Дизель 6ЧН 25/34“	
Додаток Б Специфікація “ Дизель 6ЧН 25/34“	

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.20 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Осадчук В.М.			Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Коваленко І.М					2	37
Н. Контр.		Коваленко І.М						
Затверд.		Манзюк В.М.				431-ВД-21		

Додаток В Креслення “ Кришка робочого циліндру”

Додаток Г Специфікація “ Кришка робочого циліндру “

Додаток Д Технологічний процес складання кришки робочого
циліндру

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.20 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

1 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

1.1 Розрахунок робочого процесу двигуна

Розрахунки виконані за допомогою програми Microsoft Excel

Умова завдання

Ефективна потужність

$$P_e = 348 \text{ кВт}$$

Частота обертання колінчастого валу.

$$n = 500 \text{ хв}^{-1}$$

Ступінь стиску

$$\varepsilon = 13$$

Вихідні дані теплового розрахунку.

Число циліндрів

$$i = 6$$

Тиск наддуву

$$P_b = 0,125 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт надлишку повітря

$$\alpha = 1,85 \quad [1]$$

Тиск навколишнього середовища

$$P_a = 0,101 \text{ МПа} \quad [1]$$

Температура навколишнього середовища

$$T_a = 293 \text{ К} \quad [1]$$

Підігрів свіжого заряду

$$\Delta T = 12 \text{ К} \quad [1]$$

Тиск залишкових газів

$$P_r = 0,123 \text{ МПа} \quad [1]$$

Температура залишкових газів

$$T_r = 835 \text{ К} \quad [1]$$

Ступінь підвищення тиску

$$\lambda = 1,65 \quad [1]$$

Коефіцієнт використання теплоти в точці "Z"

$$\xi_z = 0,9 \quad [1]$$

Коефіцієнт повноти індикаторної діаграми

$$\xi = 0,921 \quad [1]$$

Паливо

Дизельне пальне Л - 0.2 - 40 ДСТУ 3868-99

Середній елементарний склад палива

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

Найнижча теплота згорання палива

$$Q_H = 42500 \text{ кДж/кг}$$

Параметри робочого тіла.

Теоретично необхідна кількість повітря для згорання 1кг. палива

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

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

Кількість свіжого заряду

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

$$M_1 = 0,91575 \text{ кмоль/кг}$$

Кількість окремих компонентів продуктів згорання

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

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

$$\text{Кількість O}_2: M_{O_2} = 0,21 \times (\alpha - 1) \times L_0, \text{ кмоль/кг} \quad 0,088 \text{ кмоль/кг}$$

$$\text{Кількість N}_2: M_{N_2} = 0,79 \times \alpha \times L_0, \text{ кмоль/кг} \quad 0,723 \text{ кмоль/кг}$$

Загальна кількість продуктів згоряння

$$M_2 = M_{CO_2} + M_{H_2O} + M_{O_2} + M_{N_2}, \text{ кмоль/кг} \quad 0,948 \text{ кмоль/кг}$$

Параметри процесу газообміну

Температура повітря після нагнітача

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

де $n_k = 1,654$ показник політропи стиску повітря в нагнітачі

$$T_{\theta} = 320,027 K$$

Тиск в кінці впуску

$$P_d = (0.9 - 0.95) \times P_{\theta} \text{ МПа}$$

число з інтервалу 0,945

$$P_d = 0,11813 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт залишкових газів

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

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

$$\Delta T_1 = 43 K$$

$$\gamma_r = 0,03014$$

Температура в кінці впуску

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

$$T_d = 305 K$$

Коефіцієнт наповнення

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

$$\Phi_c = 0,90265$$

Густина заряду на впуску

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

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

$$\rho_{\theta} = 1,57219 \text{ кг/м}^3$$

Параметри процесу стиску

Вибираємо значення

$$n_1 = 1,367$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.20 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тиск в кінці стиску

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

$$P_c = 3,93643 \text{ МПа}$$

Температура в кінці стиску

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

$$T_c = 781,84 \text{ К}$$

Середня мольна теплоємність повітря

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

$$mCv' = 21,942 \text{ КДж/Кмоль} \times \text{К}$$

Параметри процесу згоряння

Теоретичний коефіцієнт молекулярної зміни

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

$$\beta_0 = 1,03573$$

Дійсний коефіцієнт молекулярної зміни

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

$$\beta = 1,03468$$

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

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

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

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

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

Середня мольна теплоємність продуктів згоряння при сталому об'ємі

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

Після підстановки одержимо рівняння

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

де:

$$a = 23,273$$

$$b = 0,00181$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.20 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Середня мольна теплоємкість продуктів згоряння при сталому тиску

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

Після підстановки одержимо рівняння

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

де:

$$a = 31,407$$

$$v = 0,00181$$

Максимальний тиск згоряння

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

$$P_{\max} = 6,49511 \text{ МПа}$$

Максимальна температура процесу згоряння

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

Після підстановки одержимо квадратне рівняння

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

де:

$$A = 0,00188$$

$$B = 32,4962$$

$$C = 68195,7$$

Звідки:

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

$$T_z = 1891,95 \text{ К}$$

Ступінь попереднього розширення

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

$$\rho = 1,517$$

Параметри процесу розширення

Ступінь наступного розширення

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

$$\delta = 8,56698$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.20 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Середній показник політропи розширення

Вибираємо значення

$$n_2 = 1,268$$

Тиск в кінці розширення

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

$$P_6 = 0,42634 \text{ МПа}$$

Температура в кінці розширення

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

$$T_6 = 1063,93 \text{ К}$$

Індикаторні показники робочого тіла

Середній теоретичний індикаторний тиск

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

$$P'_{mi} = 1,07621 \text{ МПа}$$

Дійсний середній індикаторний тиск

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

$$P_{mi} = 0,99119 \text{ МПа}$$

Індикаторний ККД

$$\eta_i = \frac{P_{mi} \times l_0 \times \alpha}{Q_H \times \rho_6 \times \Phi_c \times 10^{-3}}$$

$$\eta_i = 0,43567$$

Питома індикаторна витрата палива

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

$$v_i = 0,19443 \text{ кг/квт.год.}$$

Ефективні показники робочого циклу

Середній тиск механічних втрат

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

де середня швидкість поршня

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

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ВСП ПФК НУК 133.431.25.20 ПЗ

Арк.

8

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

$$V_{\text{п.ср.}} = 5,6667 \text{ м/с}$$

$$P_{\text{м}} = 0,1559 \text{ МПа}$$

Середній ефективний тиск

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

$$P_{\text{ме}} = 0,83532 \text{ МПа}$$

Механічний К.К.Д.

$$\eta_{\text{м}} = \frac{P_{\text{ме}}}{P_{\text{mi}}}$$

$$\eta_{\text{м}} = 0,84275$$

Ефективний К.К.Д.

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

$$\eta_{\text{е}} = 0,36716$$

Питома ефективна витрата палива

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

$$v_{\text{е}} = 0,2307 \text{ кг/квт год}$$

Годинна витрата палива

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

$$B = 80,285 \text{ кг/год}$$

Основні розміри циліндра і двигуна

Літраж двигуна

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

де $Z=4$ - Коефіцієнт тактності

$$V_{\text{st}} = 99,9851 \text{ Л}$$

Робочій об'єм циліндра

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

$$V_{\text{s}} = 16,6642 \text{ Л}$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.20 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Діаметр циліндра

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

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

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

$$m = 1,36$$

$$d = 249,915 \text{ мм}$$

Хід поршня

$$S = m \times d =, \text{мм}$$

$$S = 339,884 \text{ мм}$$

Уточненні розміри циліндра і двигуна

Діаметр циліндра

$$d = 250 \text{ мм}$$

Хід поршня

$$S = 340 \text{ мм}$$

Літраж двигуна

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

$$V_s = 100,088 \text{ л}$$

Ефективна потужність двигуна

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

$$P_{ep} = 348,356 \text{ кВт}$$

Отримана величина P_{ep} відрізняється від заданої на:

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

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

$$P_{ep} = 348,178 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_e = 0,10236 \%$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ВСП ПФК НУК 133.431.25.20 ПЗ

Арк.

10

1.2 Розрахунок індикаторної діаграми

Розрахунки виконані за допомогою програми Microsoft Excel

Розрахунок теоретичної індикаторної діаграми

Вихідні дані

$P_{mi} =$	0,991 МПа	Середній індикаторний тиск
$P_d =$	0,1181 МПа	Тиск в кінці впуску
$n_1 =$	1,367	Показник політропи стиску
$\varepsilon_c =$	13,000	Ступінь стиску
$P_{max} =$	6,4951 МПа	Максимальний тиск в циліндрі
$n_2 =$	1,268	Показник політропи розширення
$\rho =$	1,5175	Ступінь попереднього розширення

Таблиця 1.1 Результати розрахунку

V/V_c	$P_{CT}, \text{МПа}$	$P_{роз}, \text{МПа}$	$P_{cp}, \text{МПа}$
1	3,936428651		2,5587
1,250	2,901525531		
1,517	2,225961454	6,495107274	
1,5	2,261442933	6,591085302	
1,75	1,831763376	5,420862644	
2	1,526140017	4,576512093	3,0504
3	0,876753744	2,736849385	1,8601
4	0,5916793	1,900328054	1,3086
5	0,436124403	1,432012086	0,9959
6	0,339914448	1,136435687	0,7965
7	0,275329891	0,934665762	0,6593
8	0,229392055	0,789082742	0,5597
9	0,1952778	0,679612169	0,4843
10	0,16908395	0,594621556	0,4255
11	0,148428939	0,526932183	0,3785
12	0,131783677	0,471887886	0,3401
13	0,118125	0,426344317	0,3082
$P_{mi}^A =$			0,984

Похибка середнього індикаторного тиску

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

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

$$P_{mi \text{ ср}} = 0,9876 \text{ МПа}$$

$$\Delta P_{mi} = 0,72814 \%$$

Похибка не перевищує 5%

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ВСП ПФК НУК 133.431.25.20 ПЗ

Арк.

11

Побудова дійсної індикаторної діаграми

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

Вихідні дані.

$\lambda_L =$	0,250	Кривошипно-шатунне відношення
$[AB]=$	210,000 мм	Відстань від ВМТ до НМТ на діаграмі
$\Delta\varphi_1 =$	10,000 $^\circ \text{ПКВ}$	Кут затримки згорання
$P_r=$	0,123 МПа	Тиск залишкових газів
$S=$	340,000 мм	Хід поршня
$P_c=$	3,936 МПа	Тиск в кінці стиску
$P_{\max}=$	6,495 МПа	Максимальний тиск

Таблиця 1.2 Визначення точок дійсної індикаторної діаграми

Позначка точки $\varphi^0, \text{ПКВ}$	Положення точки відносно ВМТ, $\varphi^0, \text{ПКВ}$	Постійна $X = (1 - \cos\varphi) + \frac{\lambda_L}{4} \times (1 - \cos 2\varphi)$	Відстань від ВМТ до точки $X \times \frac{[AB]}{2}, \text{мм}$
$C', \text{ДоВМТ}$	14	0,037	3,887
$f, \text{ДоВМТ}$	4	0,003	0,320
$\Delta\varphi_2, \text{ПісляВМТ}$	10	0,019	1,991
$b', \text{ПісляВМТ}$	130	1,716	180,195
$r', \text{ДоВМТ}$	70	0,768	80,678
$r'', \text{ПісляВМТ}$	50	0,431	45,209
$d', \text{ДоВМТ}$	150	1,897	199,214

Тиск газів в ВМТ.

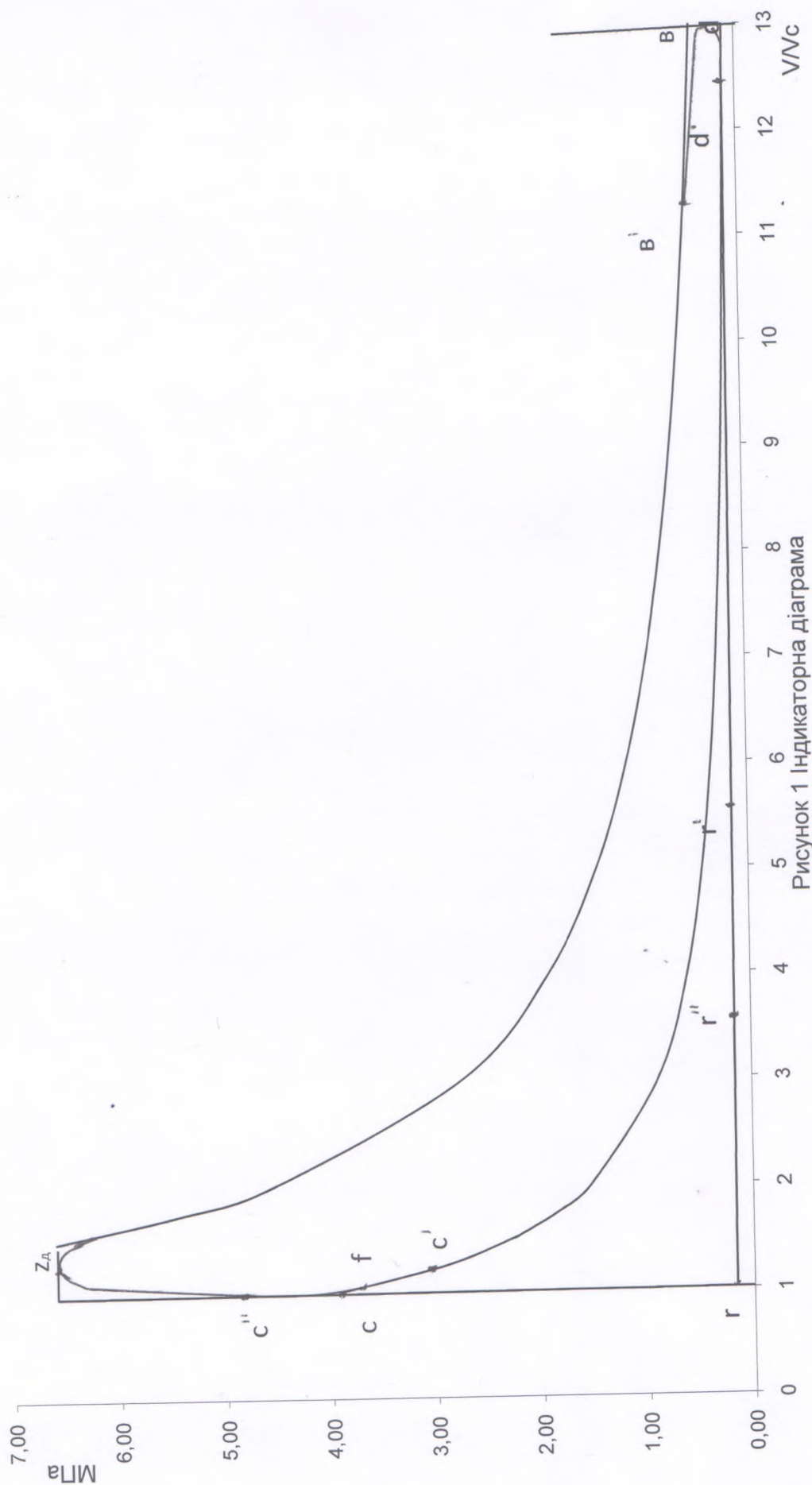
$$P_c'' = (1.15 - 1.25) \times P_c$$

1,23 Число з інтервалу

$$P_c'' = 4,842 \text{ МПа}$$

Максимальний тиск згорання

для дизелів: $P_{zd} = P_{\max}$



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ВСП ПФК НУК 133.431.25.20 ПЗ

Арк.

13

1.3 Аналіз ефективних показників проектного двигуна і прототипу

Таблиця 1.3 Параметри двигунів

Найменування параметру	Позначення	Прототип 6ЧН25/34	Двигун, що проекується
Ефективна потужність	P_e , кВт	345	348
Частота обертання колінчатого валу	n , хв. ⁻¹	500	500
Ступінь стиску	ϵ	12,5	13
Середній ефективний тиск	P_{me} , кПа	830	835
Питома ефективна витрата пального	B_e , кг/кВтгод	0,222	0,231
Діаметр циліндра	d , мм	250	250
Хід поршня	S , мм	340	340
Літраж двигуна	V_{st} , л	133,5	133,5
Тиск наддуву	P_b , кПа	120	125

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

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

1.4 Динамічний розрахунок двигуна

Розрахунки виконані за допомогою програми Microsoft Excel

На деталі КШМ діють

Сили тиску газу

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

Сили інерції мас, що рухаються зворотно-поступально

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

сумарна сила (дійсна)

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

Нормальна сила

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

Радіальна сила

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

Дотична сила

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

Вихідні дані

$A =$	0,049 м ²	Площа поршня
$\lambda_L =$	0,250	Кривошипно-шатунне відношення
$m_s =$	76,5 кг	Маса деталей, що рухаються зворотно-поступально
$r =$	0,170 м	Радіус кривошипа
$\omega =$	52,33 с ⁻¹	Кутова швидкість
$P_d =$	118,1 кПа	Тиск в кінці впуску
$P_a =$	101 кПа	Атмосферний тиск
$p_1 =$	1,367	Показник політропи стиску
$p_2 =$	1,268	Показник політропи розширення
$P_{\max} =$	6495,107 кПа	Теоретичний тиск згорання
$P_{zd} =$	6495,107 кПа	Дійсний тиск згорання
$P_{c''} =$	4841,807 кПа	Дійсний тиск в кінці стиску
$P_r =$	123 кПа	Тиск залишкових газів
$P_b =$	426 кПа	Тиск в кінці розширення
$d =$	0,25 м	Діаметр циліндра

$S = 0,34 \text{ м}$ Хід поршня
 $\varepsilon = 13$ Ступінь стиску
 $n = 500 \text{ хв}^{-1}$ Частота обертання

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

робочий об'єм

$$V_s = 0,016681 \text{ м}^3$$

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

об'єм камери стиску

$$V_c = 0,00139 \text{ м}^3$$

$$V_a = V_s + V_{c, \text{м}^3}$$

повний об'єм

$$V_a = 0,018071 \text{ м}^3$$

Об'єм над поршнем в залежності від кута повороту кривошипа

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

Таблиця 1.4 Результати динамічного розрахунку

j^0	V_f	F_{Γ}	F_i	F_d	F_N	F_r	F_k
ПКВ	M^3	КН	КН	КН	КН	КН	КН
0	0,00139	0,84	-44,52	-43,68	0,00	-43,68	0,00
10	0,00155	0,84	-43,44	-42,60	-1,85	-41,64	-9,22
20	0,00202	0,84	-40,29	-39,45	-3,39	-35,91	-16,67
30	0,00277	0,84	-35,30	-34,46	-4,34	-27,67	-20,99
40	0,00377	0,84	-28,83	-27,99	-4,56	-18,51	-21,48
50	0,00498	0,84	-21,35	-20,51	-4,00	-10,12	-18,28
60	0,00634	0,84	-13,36	-12,52	-2,78	-3,85	-12,23
70	0,0078	0,84	-5,36	-4,52	-1,09	-0,52	-4,62
80	0,00929	0,84	2,18	3,02	0,77	-0,23	3,11
90	0,01077	0,84	8,90	9,74	2,52	-2,52	9,74
100	0,01219	0,84	14,55	15,39	3,91	-6,52	14,48
110	0,0135	0,84	19,00	19,84	4,80	-11,29	17,01
120	0,01468	0,84	22,26	23,10	5,12	-15,99	17,44
130	0,0157	0,84	24,44	25,28	4,93	-20,03	16,20
140	0,01655	0,84	25,74	26,58	4,33	-23,14	13,77
150	0,01721	0,84	26,39	27,23	3,43	-25,30	10,65
160	0,01769	0,84	26,65	27,49	2,36	-26,64	7,18
170	0,01798	0,84	26,71	27,55	1,20	-27,34	3,60
180	0,01807	0,84	26,71	27,55	0,00	-27,55	0,00
190	0,01798	0,88	26,71	27,59	-1,20	-27,38	-3,61
200	0,01769	1,01	26,65	27,66	-2,37	-26,80	-7,23
210	0,01721	1,24	26,39	27,63	-3,48	-25,67	-10,80
220	0,01655	1,58	25,74	27,32	-4,45	-23,79	-14,15
230	0,0157	2,07	24,44	26,51	-5,17	-21,00	-16,98
240	0,01468	2,74	22,26	25,00	-5,54	-17,30	-18,88
250	0,0135	3,68	19,00	22,68	-5,48	-12,91	-19,44
260	0,01219	4,97	14,55	19,52	-4,96	-8,27	-18,37
270	0,01077	6,80	8,90	15,70	-4,05	-4,05	-15,70
280	0,00929	9,43	2,18	11,61	-2,95	-0,89	-11,95
290	0,0078	13,33	-5,36	7,97	-1,93	0,92	-8,14
300	0,00634	19,30	-13,36	5,94	-1,32	1,83	-5,80
310	0,00498	28,78	-21,35	7,44	-1,45	3,67	-6,63
320	0,00377	44,38	-28,83	15,55	-2,53	10,29	-11,94
330	0,00277	70,37	-35,30	35,07	-4,42	28,16	-21,36
340	0,00202	111,31	-40,29	71,01	-6,09	64,65	-30,02
350	0,00155	161,72	-43,44	118,28	-5,14	115,59	-25,60
360	0,00139	232,60	-44,52	188,07	0,00	188,07	0,00
370	0,00155	313,71	-43,44	270,27	11,74	264,12	58,50
380	0,00202	194,06	-40,29	153,77	13,20	139,98	64,99
390	0,00277	128,10	-35,30	92,80	11,69	74,52	56,52
400	0,00377	84,91	-28,83	56,08	9,13	37,09	43,04
410	0,00498	58,21	-21,35	36,86	7,19	18,19	32,86
420	0,00634	41,55	-13,36	28,19	6,25	8,68	27,54

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.20 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 1.4

j^0	V_f	F_{Γ}	F_i	F_d	F_N	F_r	F_k
ПКВ	M^3	КН	КН	КН	КН	КН	КН
430	0,0078	30,82	-5,36	25,46	6,15	2,93	26,03
440	0,00929	23,69	2,18	25,87	6,57	-1,98	26,62
450	0,01077	18,80	8,90	27,70	7,15	-7,15	27,70
460	0,01219	15,35	14,55	29,90	7,60	-12,67	28,13
470	0,0135	12,88	19,00	31,88	7,71	-18,15	27,33
480	0,01468	11,08	22,26	33,35	7,39	-23,08	25,18
490	0,0157	9,77	24,44	34,22	6,68	-27,11	21,92
500	0,01655	8,82	25,74	34,56	5,63	-30,09	17,91
510	0,01721	8,15	26,39	34,55	4,35	-32,10	13,50
520	0,01769	7,71	26,65	34,36	2,95	-33,29	8,98
530	0,01798	7,45	26,71	34,16	1,48	-33,90	4,47
540	0,01807	8,40	26,71	35,11	0,00	-35,11	0,00
550	0,01798	1,08	26,71	27,79	-1,21	-27,58	-3,64
560	0,01769	1,08	26,65	27,73	-2,38	-26,87	-7,25
570	0,01721	1,08	26,39	27,47	-3,46	-25,52	-10,74
580	0,01655	1,08	25,74	26,82	-4,37	-23,35	-13,89
590	0,0157	1,08	24,44	25,52	-4,98	-20,22	-16,35
600	0,01468	1,08	22,26	23,34	-5,18	-16,15	-17,63
610	0,0135	1,08	19,00	20,08	-4,85	-11,43	-17,21
620	0,01219	1,08	14,55	15,63	-3,97	-6,62	-14,70
630	0,01077	1,08	8,90	9,98	-2,58	-2,58	-9,98
640	0,00929	1,08	2,18	3,26	-0,83	-0,25	-3,36
650	0,0078	1,08	-5,36	-4,28	1,03	-0,49	4,38
660	0,00634	1,08	-13,36	-12,28	2,72	-3,78	11,99
670	0,00498	1,08	-21,35	-20,27	3,95	-10,00	18,07
680	0,00377	1,08	-28,83	-27,75	4,52	-18,35	21,30
690	0,00277	1,08	-35,30	-34,22	4,31	-27,48	20,84
700	0,00202	1,08	-40,29	-39,21	3,37	-35,70	16,57
710	0,00155	1,08	-43,44	-42,36	1,84	-41,40	9,17
720	0,00139	1,08	-44,52	-43,44	0,00	-43,44	0,00

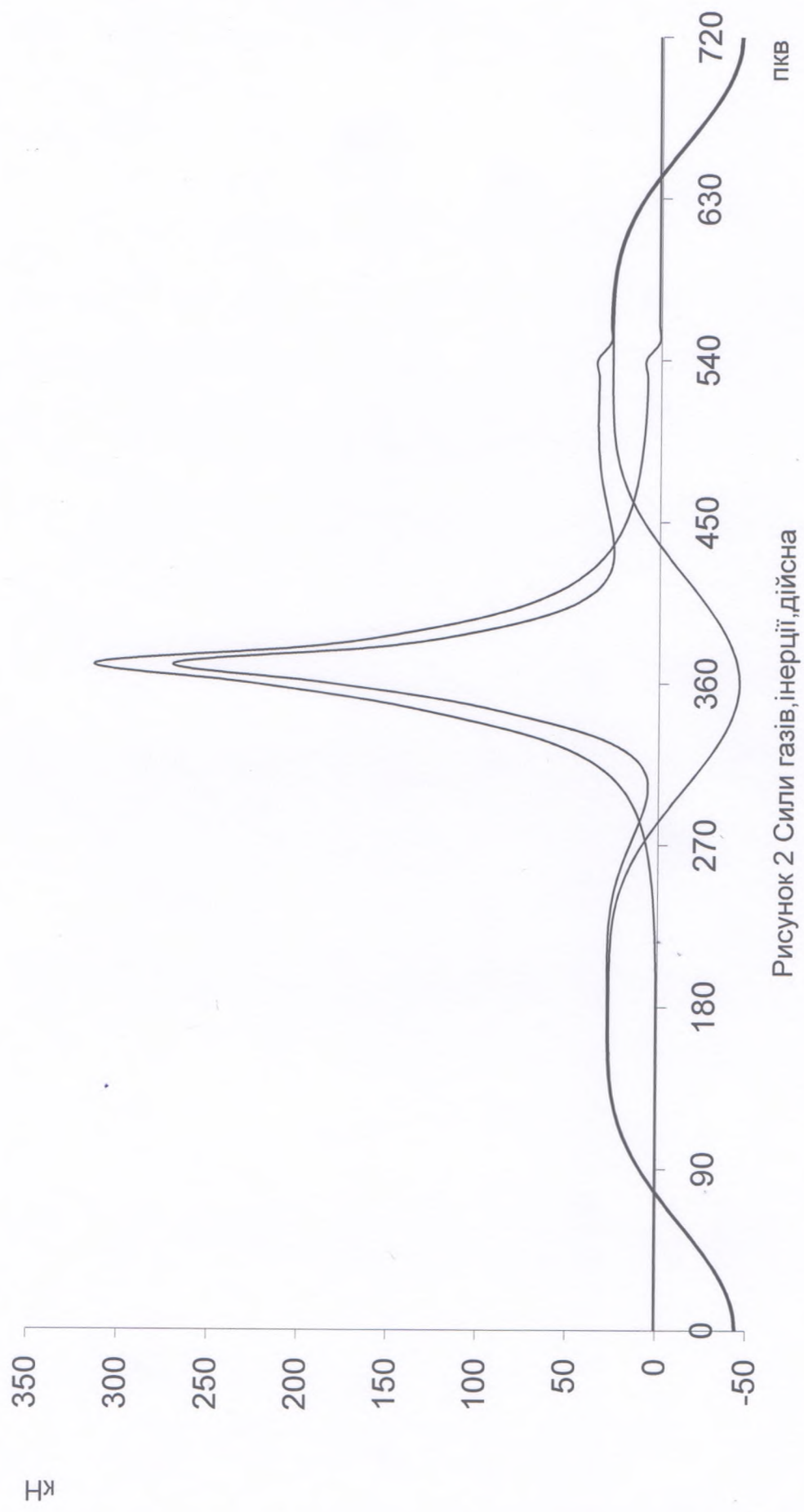


Рисунок 2 Сили газів інерції, дійсна

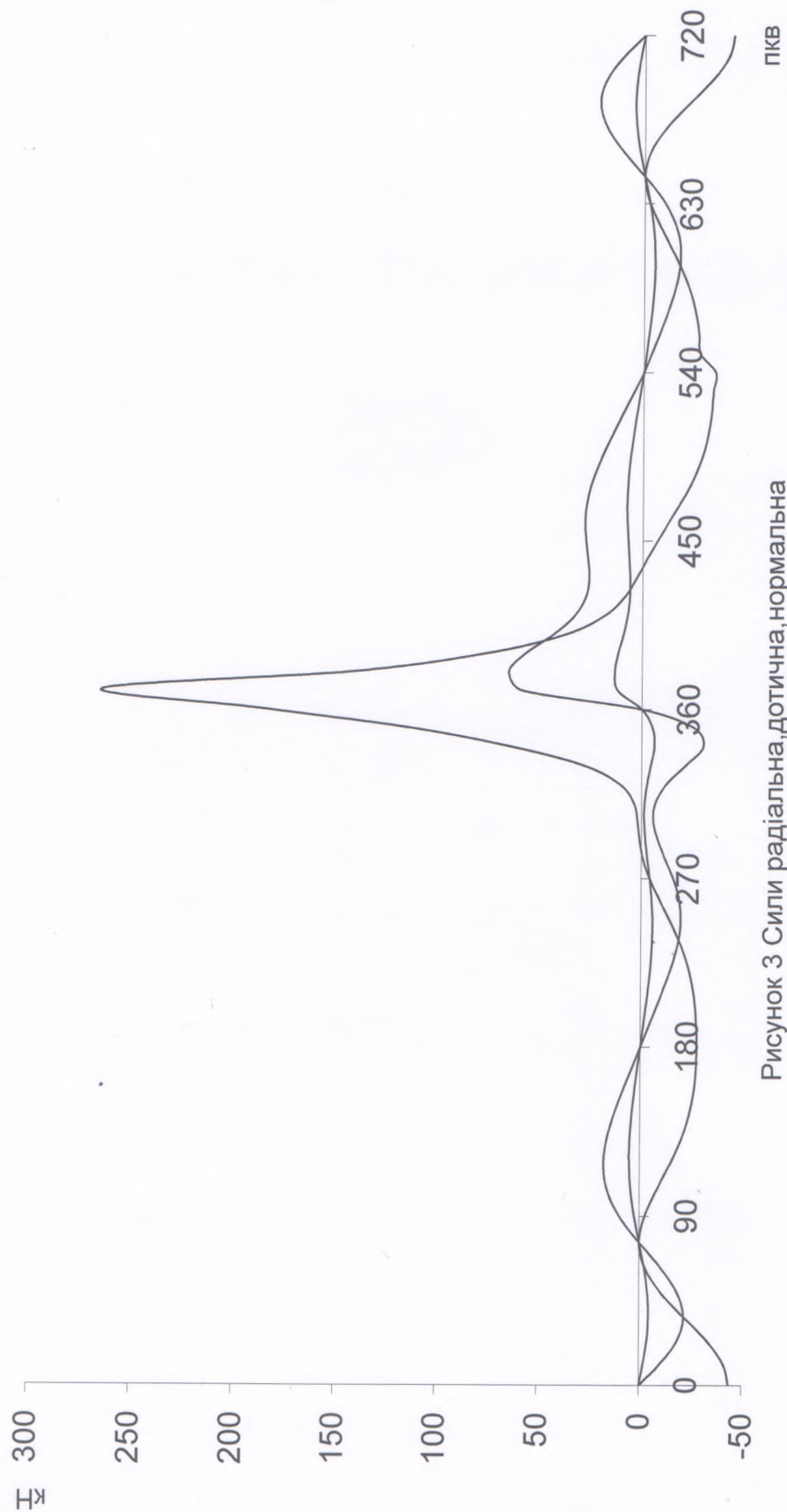


Рисунок 3 Сили радіальна, дотична, нормальна

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ВСП ПФК НУК 133.431.25.20 ПЗ

Арк.

20

1.5 Розробка конструкції ущільнення випускного клапану

1.5.1 Призначення, умови роботи випускного клапану

Механізм газорозподілу служить для керування процесами впуску повітря в циліндр і випуску газів, що відробили. Складається з впускних і випускних органів газорозподілу і їхніх приводів.

До конструкції деталей механізму газорозподілу пред'являються наступні основні вимоги: газорозподільні клапани повинні мати можливо великі прохідні перетини (для поліпшення очищення циліндра від газів і наповнення його повітрям), менші температури і масу (для зменшення сил інерції); матеріал клапанів повинний бути жаротривким, зносостійким, грузлим і не повинний гартуватися на повітрі (для запобігання утворення гартівних тріщин); клапанні пружини повинні бути досить пружними і мати високу міцність втоми; клапанні важелі, штанги і штовхальники – твердими, міцними при можливо меншій масі (для зменшення сил інерції).

Високі термічні навантаження газорозподільних клапанів обумовлені їхнім зіткненням з гарячими газами. Клапан сприймає теплоту через площину тарілки від газів у циліндрі (близько 80%) і через поверхню переходу від тарілки до штока від впускних газів (близько 15%). Теплота передається двома шляхами: від тарілки до сидла і далі в охолоджуючу воду; через шток до направляючої втулки і далі в охолоджуючу воду.

Температура тарілки впускного клапана може досягати 300-400 °С, а випускного – 600-800 °С. У впускних клапанів температура більш низька, тому що вони охолоджуються повітрям під час процесу наповнення; тарілка ж випускного клапана в період випуску омивається гарячими газами. Високі температури погіршують механічні властивості матеріалу, викликають ерозію, корозію, короблення і нещільне прилягання клапана до сидла, збільшується небезпека заїдання штока клапана в направляючій втулці, а іноді приводять до прогоряння тарілки.

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.20 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

1.5.2 Розрахунок випускного клапану

Площина прохідного перетину горловини клапана

Розрахунки виконані за допомогою програми Microsoft Excel

$$f_z = \frac{A \cdot V_m}{i \cdot V_z} = \frac{0,04906 \cdot 5,6667}{1 \cdot 45} = 0,006178 \text{ м}^2$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,25^2}{4} = 0,049063 \text{ м}^2$$

d = 0,25 м діаметр циліндра

Середня швидкість поршня

$$V_m = \frac{S \cdot n}{30} = \frac{0,34 \cdot 500}{30} = 5,6667 \text{ м/с}$$

S = 0,34 м хід поршня

n = 500 хв частота обертання

i = 1 кількість випускних клапанів

V_Г = 45 м/с швидкість газів в горловин (40-90 м/с)

Діаметр горловини клапана

$$d_z = \sqrt{\frac{4 \cdot f_z}{\pi}} = \sqrt{4 \cdot \frac{0,0062}{3,14}} = 0,088715 \text{ м}$$

Максимальна висота підйому клапана

$$h_{\text{кл. max}} = \frac{0,08872}{4 \cos 45} = 0,0314 \text{ м}$$

$\alpha = 45^\circ$ кут нахилу фаски клапана

Діаметр стержня клапана

$$d_{cm} = (0,15-0,25) \cdot d_z, \text{ м для МОД}$$

$$d_{cm} = (0,15-0,3) \cdot d_z, \text{ м для СОД}$$

$$d_{cm} = 0,203 \cdot 0,0887 = 0,018 \text{ м}$$

Зовнішній діаметр головки клапана

$$d_3 = (1-1,6) \cdot d_z = 1,09 \cdot 0,0887 = 0,096699 \text{ м}$$

Товщина головки клапана

$$\delta = (0,1-0,18) \quad d_s = 0,107 \quad 0,0887 = 0,009493 \text{ м}$$

Довжина клапана

$$l = (2,5-4,5) \quad d_s = 3,25 \quad 0,0887 = 0,288324 \text{ м}$$

Радіус переходу від головки клапана до стержня

$$r = (0,25-0,3) \quad d_s = 0,32 \quad 0,0887 = 0,028389 \text{ м}$$

Параметри та геометрія профіля кулачка

Висота кулачка

$$h_k = h_{kl, \max} = 0,03137 \text{ м}$$

Радіус початкової окружності кулачка

$$r_0 = (1,2-2,0) \quad h_k = 1,7 \quad 0,0314 = 0,053329 \text{ м}$$

Тривалість відкриття випускного клапана

$$\text{Для чотиретактних} \quad \theta = \alpha_3 + 180 + \alpha_4 = 50 + 180 + 50 = 280^\circ$$

$$\alpha_3 = 50^\circ \quad \text{кут випередження відкриття клапана}$$

$$\alpha_4 = 50^\circ \quad \text{кут запізнення закриття клапана}$$

$$\text{Для чотиритактних ДВЗ} \quad \alpha_3 = 35-60^\circ \quad \alpha_4 = 15-50^\circ$$

$$\theta = 280^\circ$$

Теоретичний кут дії кулачка

$$\text{Для чотиритактних ДВЗ} \quad \varphi_T = \theta/2 = 280/2 = 140^\circ$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.20 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Радіус закруглення при вершині кулачка

$$r_2 = 25 \text{ мм}$$

Радіус спряження

$$r_1 = \frac{r_0^2 + b^2 + r_2^2 - 2r_0b \cos \frac{\varphi_T}{2}}{2(r_0 - r_2 - b \cos \frac{\varphi_T}{2})} = 0,215 \text{ м}$$

$$b = r_0 + h_K - r_2 = 0,0533 + 0,0314 - 0,025 = 0,0597 \text{ м}$$

Прискорення клапана у момент відкриття

$$a = (r_1 - r_0) \omega_{PB}^2 \cos \varphi = (0,215 - 0,0533) 26,1667^2 = 110,69 \text{ м/с}^2$$

$\varphi = 0$ момент відкриття клапана

$$\omega_{PB} = \frac{\pi n_{PB}}{30} = \frac{3,14 \cdot 250}{30} = 26,167 \text{ с}^{-1}$$

$n_{PB} = 250$ хв - частота обертання розподільного валу

Розрахунок на міцність випускного клапана

Вибір марки матеріала

Сталь 40X10C2M ГОСТ 5632-72

$$\sigma_B = 1079 \text{ МПа} \quad \sigma_T = 932 \text{ МПа}$$

Розрахунок головки клапана

$$\sigma_{\Sigma} = \frac{r_{\Sigma}^2 P_{\max}}{\delta^2} = \frac{0,04835^2 \cdot 6,4951}{0,0095^2} = 168,5 \text{ МПа}$$

$P_{\max} = 6,4951 \text{ МПа}$ максимальний тиск згоряння

$$\sigma_{\Sigma} \leq [\sigma_{\Sigma}] = 250 \text{ МПа} \quad 168,5 < 250$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ВСП ПФК НУК 133.431.25.20 ПЗ

Арк.

24

Розрахунок стержня клапана

Сила, що діє на клапан в момент відкриття

$$F = F_{\Gamma} + F_{\Pi \min} + F_{in} = 0,0034 + 0,053 + 0,001218 = 0,0576 \text{ МН}$$

$$F_{\Gamma} = \frac{\pi d_z^2}{4} (P_B - 0,1) = \frac{3,14}{4} \frac{0,0967^2}{4} (0,56 - 0,1) = 0,0034 \text{ МН}$$

Сила, що діє на головку клапана в момент відкриття

$$P_B = 0,56 \text{ МПа} \quad \text{тиск газів в циліндрі на початку випуска}$$

$$F_{\Pi \min} = F_s + F_{BH} = 0,031 + 0,022 = 0,053 \text{ МН} \quad \text{мінімальна сила пружин}$$

$$F_{in} = m_{\kappa\lambda} a \cdot 10^{-6} = 11 \cdot 110,69 \cdot 10^{-6} = 0,00122 \text{ МН}$$

$$m_{\kappa\lambda} = 11 \text{ кг} \quad \text{-маса клапанного механізму}$$

Напруження стискання в стержні клапана

$$\sigma_{CT} = \frac{F}{A_{CT}} = \frac{0,05759}{0,00018} = 326,08 \text{ МПа}$$

$$A_{CT} = \frac{\pi d_{\min}^2}{4} = \frac{3,14}{4} \frac{0,015^2}{4} = 0,0002 \text{ м}^2 \quad \text{найменша площа перерізу стержня клапана}$$

$$d_{\min} = 0,015 \text{ м} \quad \text{-мінімальний діаметр стержня клапана}$$

$$\sigma_{CT} \leq [\sigma_{CT}] = 400 \text{ МПа} \quad 326,08 < 400$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.20 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

1.5.3 Пропозиції по удосконаленню проектового вузла

В дипломному проекті пропонується на направляючі втулки клапанів установити гумові самопіджимні манжети. Така конструкція, згідно досвіду експлуатації двигунів іншого типу (6ЧН18/20), знизить витрати масла на угар від базової величини 1,4 г/кВт год до орієнтовно 1,32 г/кВт год.

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.20 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір обладнання, пристосування та інструменту

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

Планування робочого місця повинне передбачити правильне розміщення предметів і засобів праці з урахуванням раціонального використання виробничої площі, зручності експлуатації і безпеки роботи. Для розробки технологічного процесу складання кришки циліндру обране слідуюче обладнання та інструмент.

В першу чергу на дільниці повинні бути верстати для виконання слюсарно-складальних робіт. Для продувки деталей використаємо стиснуте повітря із заводської системи. Притирання клапану буде проводиться ручним пристосуванням.

Для запресовки сидла клапана і направляючої втулки пропонується використовувати рідкий азот для їх охолодження. Використання рідкого азоту потребує визначених навичок роботи з ним. Для зберігання азоту на дільниці визначене місце з обмеженим доступом робітників.

На дільниці встановлений універсальний стенд для проведення гідровипробовувань вогневого днища і водяної порожнини, а також шафа для зберігання комплектуючих та пристосувань. Для зберігання інструментів, креслень, техпроцесів на дільниці установлюють інструментальні ящики. Також потрібно дільницю укомплектувати комплектом вимірювальних пристроїв, так як контрольні операції будуть виконувати робітники дільниці.

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.20 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

2.2 Визначення технічної норми часу

Розрахунок штучного часу в умовах серійного виробництва вираховується згідно формули

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

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

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

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

Визначимо штучний час на кожну окрему операцію складання кришки робочого циліндру.

05 Підготовча

$$T_{005} = 37' \left(1 + \frac{4+3}{100} \right) = 40 \text{ хвилин.}$$

010 Слюсарно-випробовувальна

$$T_{010} = 149' \left(1 + \frac{4+3}{100} \right) = 160 \text{ хвилин.}$$

015 Складальна

$$T_{015} = 49' \left(1 + \frac{4+3}{100} \right) = 52 \text{ хвилин.}$$

Визначаємо загальний штучний час на складання.

$$T_{шт} = T_{005} + T_{010} + T_{015} = 40 + 160 + 52 = 252 \text{ хвилин.}$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.20 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

3 ОРГАНІЗАЦІЙНО – ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Визначення потрібної кількості обладнання, працюючих і площі дільниці.

Ефективний фонд робочого часу визначається за формулою:

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

де B – вихідні дні;

C – святкові дні;

D – тривалість зміни в годинах;

3 – кількість змін на добу;

a – відсоток втрат часу на регламентовані перерви.

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

Для дільниці складання необхідна кількість робочих місць визначається за формулою:

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

де N – річна програма випуску, шт. ;

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

Φ_{еф} – фонд часу роботи робочого місця протягом року, год.

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

$$C_{p005} = \frac{456' 40}{60' \cdot 2025,36} = 0,150 \text{ роб.м.}$$

$$C_{p010} = \frac{456' 160}{60' \cdot 2025,36} = 0,600 \text{ роб.м.}$$

$$C_{p015} = \frac{456' 52}{60' \cdot 2025,36} = 0,195 \text{ роб.м.}$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.20 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За результатами розрахунків, приймаємо 1 робоче місце.

Коефіцієнт завантаження робочих місць на ділянці складання визначається за формулою:

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

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

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

$$K_3 = \frac{0,150 + 0,600 + 0,195}{1} = 0,945$$

Визначення необхідної кількості працюючих на ділянці

Чисельність основних виробничих робітників визначається по кожній операції за формулою:

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

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

$$Q_{005} = \frac{456' 40}{60' 2025,36' 1} = 0,150 \text{ чол.}$$

$$Q_{010} = \frac{456' 160}{60' 2025,36' 1} = 0,600 \text{ чол.}$$

$$Q_{015} = \frac{456' 52}{60' 2025,36' 1} = 0,195 \text{ чол.}$$

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

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

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.20 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проведені розрахунки зводимо в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 Зведена відомість працюючих на ділянці

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

Розрахунок площі ділянки.

Виробнича площа для виконання складальних робіт визначається за формулою:

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

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

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

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

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

Загальна площа ділянки визначається за формулою:

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

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

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

$$A_3 = 24 + 6 = 30 \text{ м}^2$$

Об'єм будови діляниці визначаємо за формулою:

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

де h – висота будови, м (можна прийняти 8,2 м).

$$V = 30 \times 8,2 = 246 \text{ м}^3$$

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.20 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

4 ОРГАНІЗАЦІЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ПРОТИПОЖЕЖНИЙ ЗАХИСТ

4.1 Техніка безпеки та протипожежний захист на дільниці складання

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

Безпосередню відповідальність за дотриманням техніки безпеки на дільниці загального складання несе бригадир і майстер складального цеху. Майстер проводить 1 раз на квартал інструктаж з техніки безпеки.

До технічних заходів з техніки безпеки відносяться :

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

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.20 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Заходи з протипожежного захисту на дільниці складання кришки циліндру також можливо розділити на організаційні та технічні.

Організаційні заходи : навчання робітників дільниці правилам пожежної безпеки, проведення лекцій, бесід, друкування необхідних інструкцій, обладнання дільниці плакатами.

З технічних заходів на дільниці потрібні :

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

4.2 Розрахунок освітлення на дільниці складання

Кількість світильників визначається за формулою:

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

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

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

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

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.20 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

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

4 [8] для ламп ЛДЦ 40 – 4;

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

$Z = 1,1$ коефіцієнт нерівномірності освітлення;

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

Визначаємо індекс приміщення за формулою:

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

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

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

h – висота підвішування світильника над робочим місцем, м;

$$h = H - h_p - h_c$$

$H = 8,2\text{м}$ – висота приміщення;

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

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

$$h = 8,2 - 0,8 - 4 = 3,4\text{м}$$

$$i = \frac{6' 5}{3,4' (6 + 5)} = 0,8$$

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

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

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.20 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.20 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЛІТЕРАТУРА

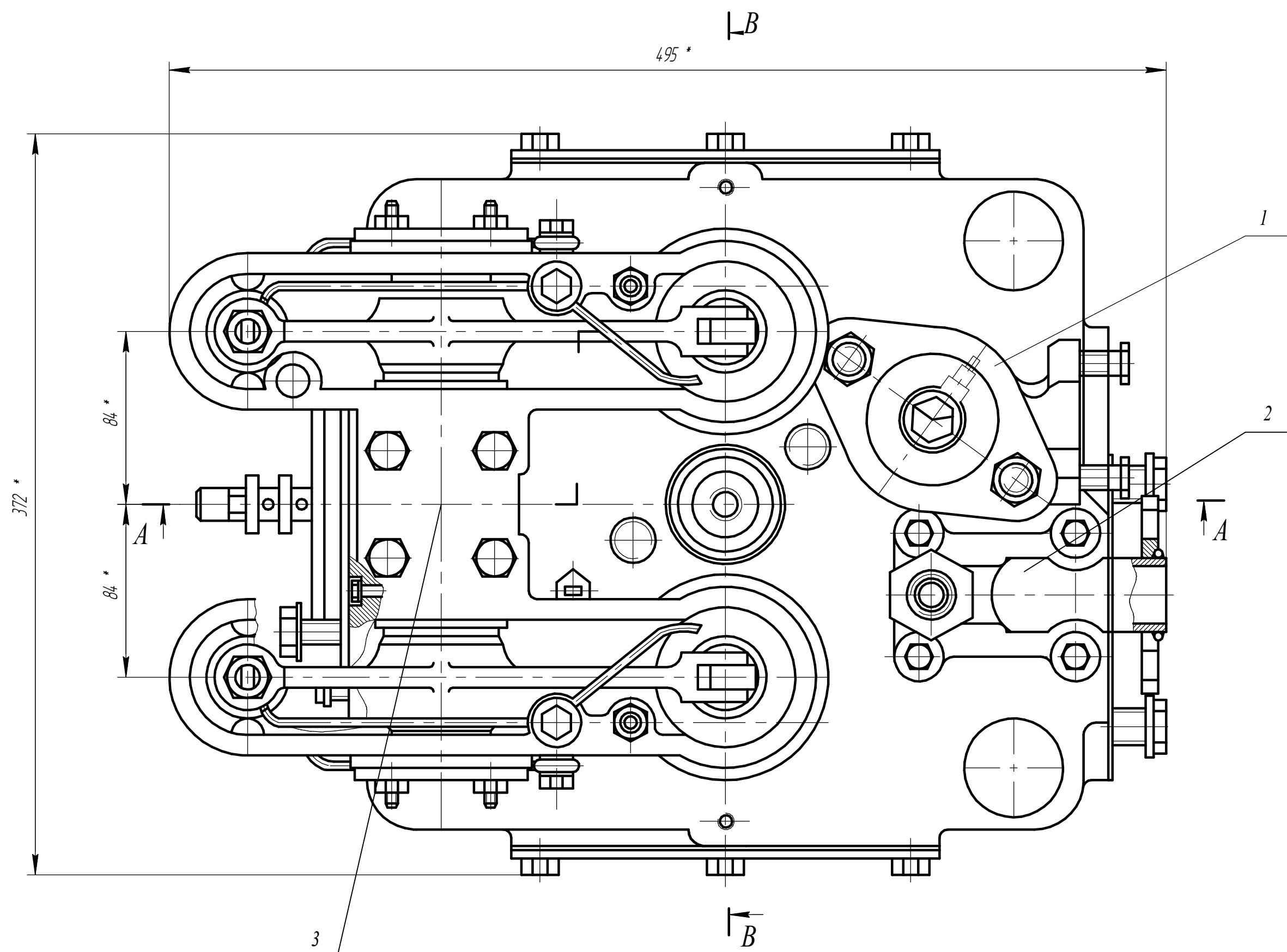
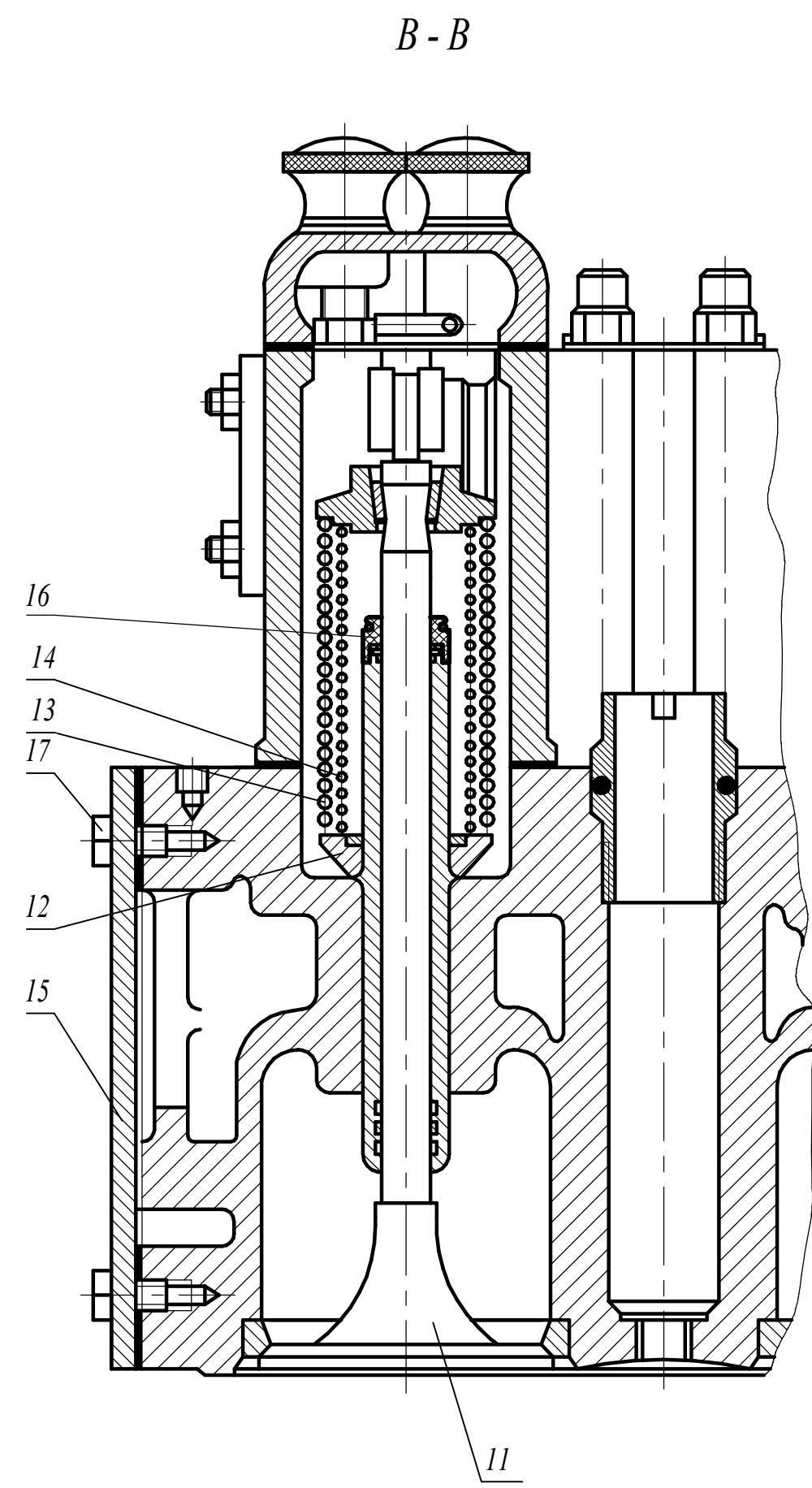
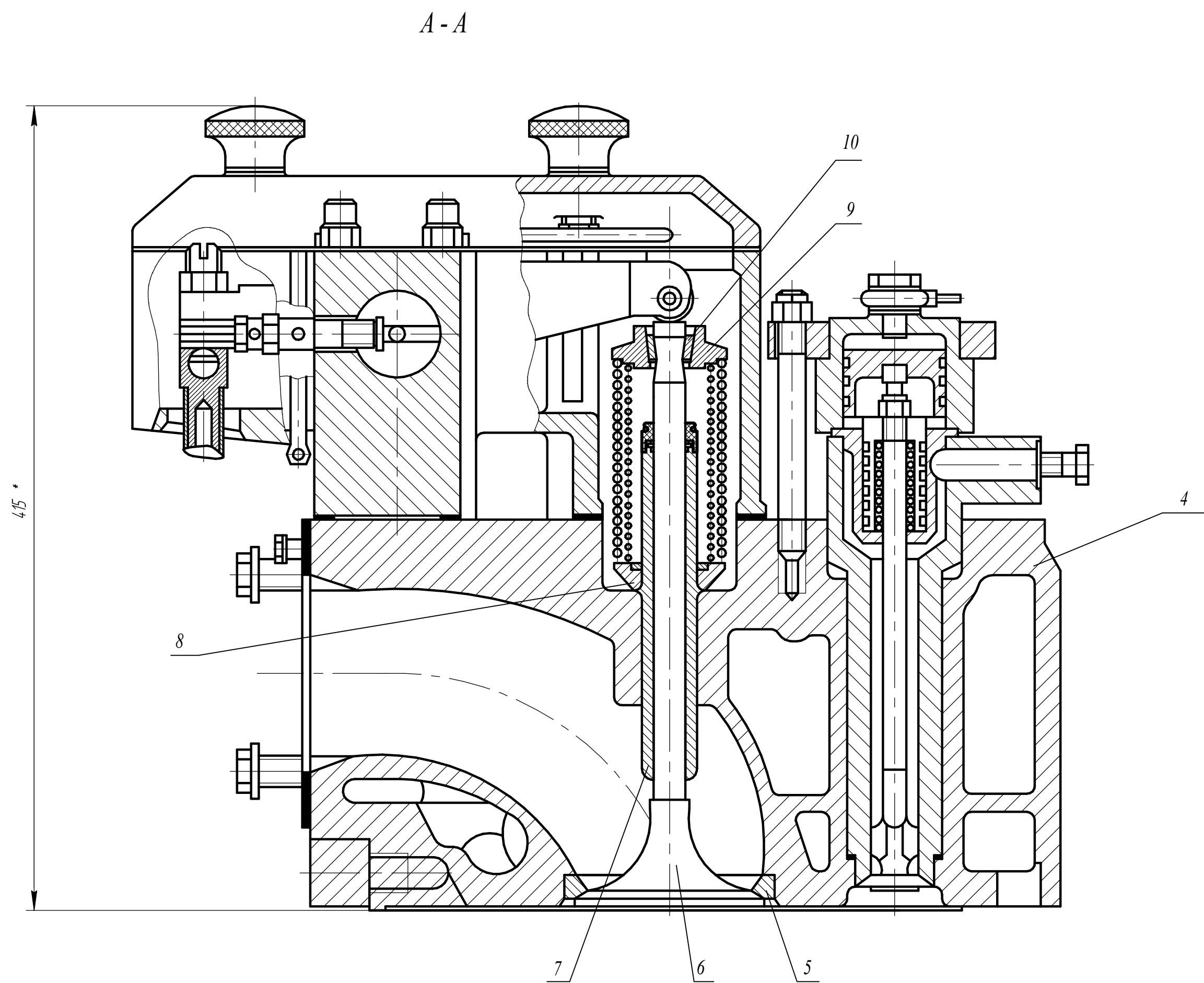
1. Колчин А.И., Демидов В.П. Расчеты автомобильных и тракторных двигателей. – М: Высшая школа, 1978.- 400 с.
2. Доценко С.М., Діденко О.В. Методичні вказівки до практичної роботи «Розрахунок робочого процесу дизельного двигуна» з дисципліни «Теорія двигунів внутрішнього згоряння»Первомайськ ППІ 2012-40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

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.20 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Формат		Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			133.431.25.20.00.00.00 СК	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	133.431.25.20.01.00.00 СК	Блок-картер	1	
		2	133.431.25.20.02.00.00 СК	Фундаментна рама	1	
		3	133.431.25.20.03.00.00 СК	Колінчастий вал	1	
		4	133.431.25.20.04.00.00 СК	Кришка циліндру	6	
		5	133.431.25.20.05.00.00 СК	Поршень	6	
		6	133.431.25.20.06.00.00 СК	Шатун	6	
		7	133.431.25.20.07.00.00 СК	Розподільний вал	1	
		8	133.431.25.20.08.00.00 СК	Форсунка	6	
		9	133.431.25.20.09.00.00 СК	Пусковий клапан	6	
		10	133.431.25.20.10.00.00 СК	Паливний насос	6	
				високого тиску		
		11	133.431.25.20.11.00.00 СК	Випускний колектор	1	
		12	133.431.25.20.12.00.00 СК	Впускний колектор	1	

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.20		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Дизель 6ЧН25/34		
Розроб.		Осадчук					
Перевір.		Коваленко					
Н. Контр.		Коваленко					
Затверд.		Манзюк			431-ВД		

133.431.25.20.04.00.00 СК



1. Після запресування торець сідла клапана повинен щільно прилягати до гнізда вогневого днища . Допускається проходження цупа товщиною 0,03 мм на дузі не більше 180°.
2. Допуск співвісності фаски сідла клапана відносно осі направляючої втулки клапана після притирання 0,06 мм.
3. При збиранні кришки особливу увагу звернути на правильність встановлення впускного та випускного клапанів та направляючих втулок у відповідні гнізда.
4. Клапани поз. 6, 1 притерти до сідел. Ширина притертого пояска не менше 3,0 мм.
5. Перевірку густини притертих фасок та з'єднання кришка-сідло клапана виконувати наливанням гасу з витримкою 10 хв. Краплепадіння гасу не допускається.
6. Водяну площину випробовувати на герметичність водою тиском 588+19,6 кПа (6+0,2 кг/см) на протязі 5 хвилин. Витікання не допускається.
7. * Розміри для довідок.

					133.431.25.20.04.00.00 СК			
Ізм	Лист	№ док-м.	Підп.	Дата	Кришка робочого циліндру	Лист	Маса	Масштаб
Разроб.	Угодчук						120	1:2
Проб.	Коваленко							
Т.контр.	Коваленко					Лист	Листов	1
Н.контр.	Коваленко				431-ВД			
Утв.	Манзук							

Формат		Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			133.431.25.20.04.00.00 СК	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	133.431.25.20.04.01.00 СК	Пусковий клапан	1	
		2	133.431.25.20.04.02.00 СК	Патрубок води	1	
		3	133.431.25.20.04.03.00 СК	Привід клапанів	4	
				<u>Деталі</u>		
		4	133.431.25.20.04.00.01	Кришка циліндру	1	
		5	133.431.25.20.04.00.02	Сідло клапана	2	
		6	133.431.25.20.04.00.03	Впускний клапан	1	
		7	133.431.25.20.04.00.04	Направляюча втулка	2	
				клапану		
		8	133.431.25.20.04.00.05	Нижня тарілка пружини	1	
		9	133.431.25.20.04.00.06	Верхня тарілка пружини	2	
		10	133.431.25.20.04.00.07	Замок клапану	4	
		11	133.431.25.20.04.00.08	Випускний клапан	1	
		12	133.431.25.20.04.00.09	Нижня тарілка пружини	1	
		13	133.431.25.20.04.00.10	Зовнішня пружина	2	
		14	133.431.25.20.04.00.11	Внутрішня пружина	2	
		15	133.431.25.20.04.00.12	Кришка	2	
		16	133.431.25.20.04.00.13	Гумова манжета	2	

					ВСП ПФК НУК 133.431.25.20			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Кришка робочого циліндру			
Розроб.		Осадчук						
Перевір.		Коваленко						
Реценз.								
Н. Контр.		Коваленко						
Затверд.		Манзюк			431-ВД			
					Літ.	Арк.	Акрушів	
						1	2	

Дубл.				
Зам.				
Ориг.				

<i>ВСП ПФК</i>	<i>133.431.25.320.04.00.00 СК</i>		
<i>НЧК</i>			
<i>Кришка робочого циліндру</i>			

Затверджую

Підпис

Прізвище

Дата

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ
на технологічний процес складання

Розробив *Осадчук*

Перевірів *Коваленко*

Н.контр *Коваленко*

Дубл.																			
Зам.																			
Ориг.																			
Розроб.		Осадчук							ВСП		133.431.25.20.04.00.00 СК								
Перев.		Коваленко							ПФКНУК										
Н контр.		Коваленко									Кришка робочого циліндру								
А	Цех.	Діл.	РМ	опер.	Код, найменування операції					Позначення, документа									
Б	Код, найменування обладнання					СМ	проф.	Р	УП	КР	КОВД	ОН	ОП	К шт	Т п.з.	Т шт.			
к-м	Найменування деталі, ск. одиниці або матеріалу					Позначення, код					ОВП	ОВ	ОН	КВ	Н витр.				
А 01				005	Підготовча						17474	4		1			40		
Б 02					Верстак А-1401 Ванна 9699-2900														
А 03				010	Слюсарно-виробовувальна						17474	4		1			165		
Б 04					Гідравлічний стенд														
А 05				015	Складальна						17474	4		1			50		
Б 06					Верстак А-1401														
А 07																			
Б 08																			
09																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
МК		Маршрутна Карта Складання																	

к/м	цех	Діл.	РМ	опер.	Поз.	Найменування	Позначення	ОВП	ОВ	ОН	КН	Н внутр.
Я										Роз п.	Заг п.	Такт п.
А 01						Складальні одиниці						
К 02												
03				020	1	Пусковий клапан				1	1	
04				020	2	Патрубок води				1	1	
05				020	3	Привід клапанів				1	1	
06												
07						Деталі						
08												
09				010	4	Кришка циліндру				1	1	
10				015	5	Сідло клапану				1	2	
11				015	6	Впускний клапан				1	1	
12				015	7	Направляюча втулка впускного клапану				1	1	
13				015	8	Нижня тарілка пружини				1	1	
14				015	9	Верхня тарілка пружини				1	2	
15				015	10	Замок клапану				1	4	
16				015	11	Випускний клапан				1	1	

форма 1а

[illegible]

[illegible]