

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

Відділення «Двигуни та автомобілі»

Циклова комісія «Обслуговування автомобілів та виробництво двигунів»

Допущений до захисту

Голова циклової комісії

\_\_\_\_\_ Василь МАНЗЮК

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

## Пояснювальна записка

До кваліфікаційної роботи (дипломний проєкт)

фаховий молодший бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний ступень)

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

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

\_\_\_\_\_ Віталій ПІДВАЛЬНИЙ  
(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  
\_\_\_\_\_ Федір БЕЛЬСЬКИЙ  
(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**

Віталію ПІДВАЛЬНОМУ

(ім'я, ПРИЗВИЩЕ)

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

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  $P_e = 552$  кВт,

Частота обертання колінчастого валу  $n = 500$  хв<sup>-1</sup>, ступень стиску  $E = 12,5$

Розробити технологічний процес складання ШПГ

Річне завдання 688шт.

Режим роботи однозмінний

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

**1. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ**

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

**2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ**

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

### 3. ОРГАНІЗАЦІЙНО – ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Визначення потрібної кількості працівників і площі ділянки

### 4. ОРГАНІЗАЦІЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ПРОТИПОЖЕЖНИЙ ЗАХИСТ

4.1 Техніка безпеки та протипожежний захист на ділянці складання

4.2 Розрахунок освітлення на ділянці складання

#### ЛІТЕРАТУРА

#### ДОДАТКИ

1. Технологічний процес складання проєктованого вузла

2. Специфікації складальних креслень

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

Аркуш 1 Поперечний розріз двигуна А1 СК

Аркуш 2 ШПГ А1 СК

6. Консультанти розділів проєкту

| Розділ                    | Ім'я, 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 ) Віталій ПІДВАЛЬНИЙ  
(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 проектованого двигуна і прототипу | 14 |
| 1.4 Динамічний розрахунок двигуна                                  | 15 |
| 1.5 Розробка конструкції компресійного кільця                      | 21 |
| 1.5.1 Призначення, умови роботи компресійного кільця               | 21 |
| 1.5.2 Розрахунок компресійного кільця                              | 23 |
| 1.5.3 Пропозиції по удосконаленню компресійного кільця             | 25 |
| 2 Технологічний розділ                                             | 26 |
| 2.1 Вибір обладнання ,пристосування і інструменту                  | 26 |
| 2.2 Визначення технічної норми часу                                | 27 |
| 3 Організаційно-економічний розділ                                 | 28 |
| 3.1 Визначення потрібної кількості працівників і площі ділянки     | 28 |
| 4 Організація охорони праці та протипожежний захист                | 32 |
| 4.1 Техніка безпеки та протипожежний захист на ділянці складання   | 32 |
| 4.2 Розрахунок освітлення на ділянці складання                     | 33 |
| Література                                                         | 36 |
| <b>ДОДАТКИ</b>                                                     |    |
| Додаток А Креслення “ Дизель 8ЧН 25/34“                            |    |
| Додаток Б Специфікація “ Дизель 8ЧН 25/34“                         |    |

|           |      |               |        |      |                              |           |      |         |
|-----------|------|---------------|--------|------|------------------------------|-----------|------|---------|
|           |      |               |        |      | ВСП ПФК НУК 133.431.25.22 ПЗ |           |      |         |
|           |      |               |        |      |                              |           |      |         |
| Змн.      | Арк. | № докум.      | Підпис | Дата |                              |           |      |         |
| Розроб.   |      | Підвальний В. |        |      | Пояснювальна<br>записка      | Літ.      | Арк. | Акрушів |
| Перевір.  |      | Коваленко І.М |        |      |                              |           | 2    | 36      |
|           |      |               |        |      |                              | 431-ВД-21 |      |         |
| Н. Контр. |      | Коваленко І.М |        |      |                              |           |      |         |
| Затверд.  |      | Манзюк В.М.   |        |      |                              |           |      |         |

Додаток В Креслення “ Шатунно-поршнева група”

Додаток Г Специфікація “ Шатунно-поршнева група “

Додаток Д Технологічний процес складання ШПГ

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВСП ПФК НУК 133.431.25.22 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                 | $P_e =$         | 552 кВт              |
| Частота обертання колінчастого валу. | $n =$           | 500 хв <sup>-1</sup> |
| Ступінь стиску                       | $\varepsilon =$ | 12,5                 |

Вихідні дані теплового розрахунку.

|                                             |              |           |     |
|---------------------------------------------|--------------|-----------|-----|
| Число циліндрів                             | $i =$        | 8         |     |
| Тиск наддуву                                | $P_b =$      | 0,165 МПа |     |
| Коефіцієнт надлишку повітря                 | $\alpha =$   | 1,67      | [1] |
| Тиск навколишнього середовища               | $P_a =$      | 0,101 МПа | [1] |
| Температура навколишнього середовища        | $T_a =$      | 293 К     | [1] |
| Підігрів свіжого заряду                     | $\Delta T =$ | 8 К       | [1] |
| Тиск залишкових газів                       | $P_r =$      | 0,152 МПа | [1] |
| Температура залишкових газів                | $T_r =$      | 845 К     | [1] |
| Ступінь підвищення тиску                    | $\lambda =$  | 1,73      | [1] |
| Коефіцієнт використання теплоти в точці "Z" | $\xi_z =$    | 0,87      | [1] |
| Коефіцієнт повноти індикаторної діаграми    | $\xi =$      | 0,92      | [1] |

Паливо

Дизельне пальне Л - 0.2 - 40 ДСТУ 3868-99

Середній елементарний склад палива

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

Найнижча теплота згорання палива

$Q_H = 42500$  кДж/кг

Параметри робочого тіла.

Теоретично необхідна кількість повітря для згорання 1кг. палива

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

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

Кількість свіжого заряду

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

$$M_1 = 0,82665 \text{ кмоль/кг}$$

Кількість окремих компонентів продуктів згорання

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

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

$$\text{Кількість O}_2: M_{O_2} = 0,21 \times (\alpha - 1) \times L_0, \text{ кмоль/кг} \quad 0,07 \text{ кмоль/кг}$$

$$\text{Кількість N}_2: M_{N_2} = 0,79 \times \alpha \times L_0, \text{ кмоль/кг} \quad 0,653 \text{ кмоль/кг}$$



Загальна кількість продуктів згоряння

$$M_2 = M_{\text{CO}_2} + M_{\text{H}_2\text{O}} + M_{\text{O}_2} + M_{\text{N}_2}, \text{ кмоль/кг} \quad 0,859 \text{ кмоль/кг}$$

Параметри процесу газообміну

Температура повітря після нагнітача

$$T_{\text{в}} = T_{\text{а}} \times \left( \frac{P_{\text{в}}}{P_{\text{а}}} \right)^{\frac{n_{\text{к}} - 1}{n_{\text{к}}}}, K$$

де  $n_{\text{к}} = 1,61$  показник політропи стиску повітря в нагнітачі

$$T_{\text{в}} = 354,216 \text{ K}$$

Тиск в кінці впуску

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

число з інтервалу 0,91

$$P_{\text{д}} = 0,15015 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт залишкових газів

$$\gamma_r = \frac{T_{\text{в}} - \Delta T_1 + \Delta T}{T_r} \times \frac{P_r}{\varepsilon \times P_{\text{д}} - P_r}$$

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

$$\Delta T_1 = 30 \text{ K}$$

$$\gamma_r = 0,03465$$

Температура в кінці впуску

$$T_{\text{д}} = \frac{T_{\text{в}} - \Delta T_1 + \Delta T + \gamma_r \times T_r}{1 + \gamma_r}, K$$

$$T_{\text{д}} = 349,387 \text{ K}$$

Коефіцієнт наповнення

$$\Phi_c = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \times \frac{P_{\text{д}}}{P_{\text{в}}} \times \frac{T_{\text{в}} - \Delta T_1}{T_{\text{д}} (1 + \gamma_r)}$$

$$\Phi_c = 0,88714$$

Густина заряду на впуск

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

де  $R_{\text{п}} = 287 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$  - універсальна газова постійна для повітря

$$\rho_{\text{в}} = 1,77324 \text{ кг/м}^3$$

Параметри процесу стиску

Вибираємо значення

$$n_1 = 1,368$$

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВСП ПФК НУК 133.431.25.22 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 5    |

Тиск в кінці стиску

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

$$P_c = 4,75443 \text{ МПа}$$

Температура в кінці стиску

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

$$T_c = 885,054 \text{ К}$$

Середня мольна теплоємність повітря

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

$$mCv' = 22,215 \text{ КДж/Кмоль} \times \text{К}$$

Параметри процесу згоряння

Теоретичний коефіцієнт молекулярної зміни

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

$$\beta_0 = 1,03958$$

Дійсний коефіцієнт молекулярної зміни

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

$$\beta = 1,03825$$

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:

$$a = 23,4132$$

$$b = 0,00185$$

|      |      |          |        |      |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

ВСП ПФК НУК 133.431.25.22 ПЗ

Арк.

6



Середня мольна теплоємкість продуктів згоряння при сталому тиску

$$mC^{\circ}p = mC^{\circ}v + 8.134, \frac{KДж}{Кмоль} \times K$$

Після підстановки одержимо рівняння

$$mC^{\circ}p = a + v \times T_z, \frac{KДж}{Кмоль} \times K$$

де:

$$a = 31,5472$$

$$v = 0,00185$$

Максимальний тиск згоряння

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

$$P_{\max} = 8,22516 \text{ МПа}$$

Максимальна температура процесу згоряння

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

Після підстановки одержимо квадратне рівняння

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

де:

$$A = 0,00192$$

$$B = 32,7539$$

$$C = 75346,5$$

Звідки:

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

$$T_z = 2053,41 \text{ К}$$

Ступінь попереднього розширення

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

$$\rho = 1,392$$

Параметри процесу розширення

Ступінь наступного розширення

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

$$\delta = 8,97732$$

Середній показник політропи розширення

Вибираємо значення

$$n_2 = 1,268$$

Тиск в кінці розширення

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

$$P_6 = 0,50881 \text{ МПа}$$

Температура в кінці розширення

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

$$T_6 = 1140,34 \text{ К}$$

Індикаторні показники робочого тіла

Середній теоретичний індикаторний тиск

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

$$P'_{mi} = 1,25307 \text{ МПа}$$

Дійсний середній індикаторний тиск

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

$$P_{mi} = 1,15282 \text{ МПа}$$

Індикаторний ККД

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

$$\eta_i = 0,41265$$

Питома індикаторна витрата палива

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

$$g_i = 0,20527 \text{ кг/кВт.год.}$$

Ефективні показники робочого циклу

Середній тиск механічних втрат

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

де середня швидкість поршня

$$V_{\text{п.ср.}} = \frac{S_{\text{пр.}} \times n}{30}, \text{ м/с}$$

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

$$V_{\text{п.ср.}} = 5,6667 \text{ м/с}$$
$$P_{\text{м}} = 0,1559 \text{ МПа}$$

Середній ефективний тиск

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

$$P_{\text{ме}} = 0,99696 \text{ МПа}$$

Механічний К.К.Д.

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

$$\eta_{\text{М}} = 0,8648$$

Ефективний К.К.Д.

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

$$\eta_{\text{е}} = 0,35686$$

Питома ефективна витрата палива

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

$$v_{\text{е}} = 0,23737 \text{ кг/квт год}$$

Годинна витрата палива

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

$$B = 131,027 \text{ кг/год}$$

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

$$V_{\text{st}} = 132,884 \text{ л}$$

Робочій об'єм циліндра

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

$$V_{\text{s}} = 16,6106 \text{ л}$$



Діаметр циліндра

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

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

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

$$m = 1,36$$

$$d = 249,646 \text{ мм}$$

Хід поршня

$$S = m \times d =, мм$$

$$S = 339,519 \text{ мм}$$

Уточненні розміри циліндра і двигуна

Діаметр циліндра

$$d = 250 \text{ мм}$$

Хід поршня

$$S = 340 \text{ мм}$$

Літраж двигуна

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

$$V_s = 133,45 \text{ л}$$

Ефективна потужність двигуна

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

$$P_{ep} = 554,349 \text{ кВт}$$

Отримана величина  $P_{ep}$  відрізняється від заданої на:

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

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

$$P_{esp} = 553,175 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_e = 0,42469 \%$$

|      |      |          |        |      |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

ВСП ПФК НУК 133.431.25.22 ПЗ

Арк.

10

## 1.2 Розрахунок індикаторної діаграми

Розрахунки виконані за допомогою програми Microsoft Excel

Розрахунок теоретичної індикаторної діаграми

Вихідні дані

|                   |            |                                 |
|-------------------|------------|---------------------------------|
| $P_{mi} =$        | 1,153 МПа  | Середній індикаторний тиск      |
| $P_d =$           | 0,1502 МПа | Тиск в кінці впуску             |
| $n_1 =$           | 1,368      | Показник політропи стиску       |
| $\varepsilon_c =$ | 12,500     | Ступінь стиску                  |
| $P_{max} =$       | 8,2252 МПа | Максимальний тиск в циліндрі    |
| $n_2 =$           | 1,268      | Показник політропи розширення   |
| $\rho =$          | 1,3924     | Ступінь попереднього розширення |

Таблиця 1.1 Результати розрахунку

| $V/V_c$      | $P_{CT}, \text{МПа}$ | $P_{роз}, \text{МПа}$ | $P_{cp}, \text{МПа}$ |
|--------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| 1            | 4,754427556          |                       | 3,4707               |
| 1,250        | 3,503687281          |                       |                      |
| 1,392        | 3,022944301          | 8,225159671           |                      |
| 1,5          | 2,73026871           | 7,484320687           |                      |
| 1,75         | 2,211170256          | 6,155507411           |                      |
| 2            | 1,841998195          | 5,196729              | 3,3547               |
| 3            | 1,057782452          | 3,107751991           | 2,05                 |
| 4            | 0,713641613          | 2,157863829           | 1,4442               |
| 5            | 0,525904962          | 1,626080863           | 1,1002               |
| 6            | 0,409814503          | 1,290447435           | 0,8806               |
| 7            | 0,331897603          | 1,061333297           | 0,7294               |
| 8            | 0,276484718          | 0,896020613           | 0,6195               |
| 9            | 0,235339313          | 0,771714397           | 0,5364               |
| 10           | 0,203750289          | 0,675205707           | 0,4715               |
| 11           | 0,178843451          | 0,598342952           | 0,4195               |
| 12           | 0,158773599          | 0,535838956           | 0,3771               |
| 12,5         | 0,15015              | 0,508808324           | 0,3587               |
| $P_{mi}^A =$ |                      |                       | 1,124                |

Похибка середнього індикаторного тиску

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

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

$P_{mi \text{ ср}} = 1,13841 \text{ МПа}$

$DP_{mi} = 2,53186 \%$

Похибка не перевищує 5%

|      |      |          |        |      |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

ВСП ПФК НУК 133.431.25.22 ПЗ

Арк.

11



# Побудова дійсної індикаторної діаграми

|                                    |                                                                                                                              |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $C', \text{ДоВМТ}$                 | точка подачі палива форсункою (подачі іскри)<br>Визначається кутом випередження впорску палива<br>(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       |
| $[AB] =$            | 202,000 мм                 | Відстань від ВМТ до НМТ на діаграмі |
| $\Delta\varphi_1 =$ | 10,000 $^\circ \text{ПКВ}$ | Кут затримки згорання               |
| $P_r =$             | 0,152 МПа                  | Тиск залишкових газів               |
| $S =$               | 340,000 мм                 | Хід поршня                          |
| $P_c =$             | 4,754 МПа                  | Тиск в кінці стиску                 |
| $P_{\max} =$        | 8,225 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                                                                             | 3,739                                                          |
| $f, \text{ДоВМТ}$                      | 4                                                     | 0,003                                                                             | 0,307                                                          |
| $\Delta\varphi_2, \text{ПісляВМТ}$     | 10                                                    | 0,019                                                                             | 1,915                                                          |
| $b', \text{ПісляВМТ}$                  | 130                                                   | 1,716                                                                             | 173,330                                                        |
| $r', \text{ДоВМТ}$                     | 70                                                    | 0,768                                                                             | 77,604                                                         |
| $r'', \text{ПісляВМТ}$                 | 50                                                    | 0,431                                                                             | 43,487                                                         |
| $d', \text{ДоВМТ}$                     | 150                                                   | 1,897                                                                             | 191,625                                                        |

Тиск газів в ВМТ.

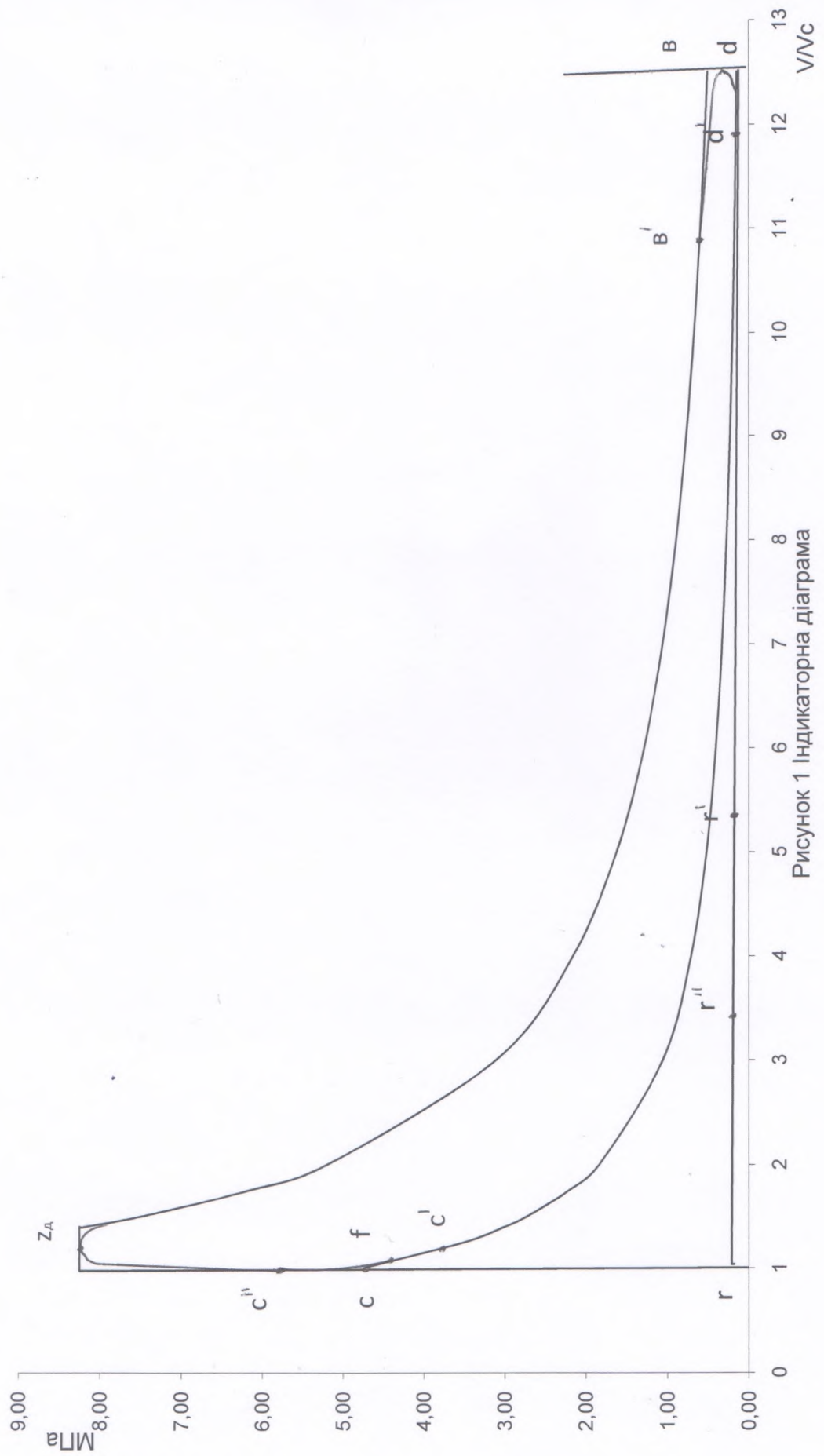
$$P_c'' = (1.15 - 1.25) \times P_c$$

1,23 Число з інтервалу

$$P_c'' = 5,848 \text{ МПа}$$

Максимальний тиск згорання

для дизелів:  $P_{zd} = P_{\max}$



|      |      |          |        |      |
|------|------|----------|--------|------|
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|      |      |          |        |      |

ВСП ПФК НУК 133.431.25.22 ПЗ

Арк.

13

### 1.3 Аналіз ефективних показників проектного двигуна і прототипу

Таблиця 1.3 Параметри двигунів

| Найменування параметру                | Позначення              | Прототип<br>8ЧН25/34-4 | Двигун, що<br>проектуюється |
|---------------------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------------|
| Ефективна потужність                  | $P_e$ , кВт             | 533                    | 552                         |
| Частота обертання<br>колінчатого валу | $n$ , хв. <sup>-1</sup> | 500                    | 500                         |
| Ступінь стиску                        | $\epsilon$              | 12,5                   | 12,5                        |
| Середній ефективний тиск              | $P_{me}$ , кПа          | 962                    | 997                         |
| Питома ефективна витрата<br>пального  | $B_e$ ,<br>кг/кВтгод    | 0,222                  | 0,237                       |
| Діаметр циліндра                      | $d$ , мм                | 250                    | 250                         |
| Хід поршня                            | $S$ , мм                | 340                    | 340                         |
| Літраж двигуна                        | $V_{st}$ , л            | 133,5                  | 133,5                       |
| Тиск наддуву                          | $P_b$ , кПа             | 140                    | 165                         |

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

$$A = 0,049 \text{ м}^2$$

$$\lambda_L = 0,250$$

$$m_s = 77,7 \text{ кг}$$

$$r = 0,170 \text{ м}$$

$$\omega = 52,33 \text{ с}^{-1}$$

$$P_d = 150,2 \text{ кПа}$$

$$P_a = 101 \text{ кПа}$$

$$p_1 = 1,368$$

$$p_2 = 1,268$$

$$P_{\max} = 8225,16 \text{ кПа}$$

$$P_{zd} = 8225,16 \text{ кПа}$$

$$P_{c''} = 5847,946 \text{ кПа}$$

$$P_r = 152 \text{ кПа}$$

$$P_b = 509 \text{ кПа}$$

$$d = 0,25 \text{ м}$$

Площа поршня

Кривошипно-шатунне відношення

Маса деталей, що рухаються  
зворотно-поступально

Радіус кривошипа

Кутова швидкість

Тиск в кінці впуску

Атмосферний тиск

Показник політропи стиску

Показник політропи розширення

Теоретичний тиск згорання

Дійсний тиск згорання

Дійсний тиск в кінці стиску

Тиск залишкових газів

Тиск в кінці розширення

Діаметр циліндра

|      |      |          |        |      |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

ВСП ПФК НУК 133.431.25.22 ПЗ

Арк.

15



$S =$  0,34 м Хід поршня  
 $\varepsilon =$  12,5 Ступінь стиску  
 $n =$  500 хв<sup>-1</sup> Частота обертання

$$V_s = \frac{\pi \times d^2}{4} \times S, \text{ м}^3 \quad \text{робочий об'єм}$$

$$V_s = 0,016681 \text{ м}^3$$

$$V_c = \frac{V_s}{\varepsilon - 1}, \text{ м}^3 \quad \text{об'єм камери стиску}$$

$$V_c = 0,001451 \text{ м}^3$$

$$V_a = V_s + V_{c, \text{ м}^3} \quad \text{повний об'єм}$$

$$V_a = 0,018132 \text{ м}^3$$

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

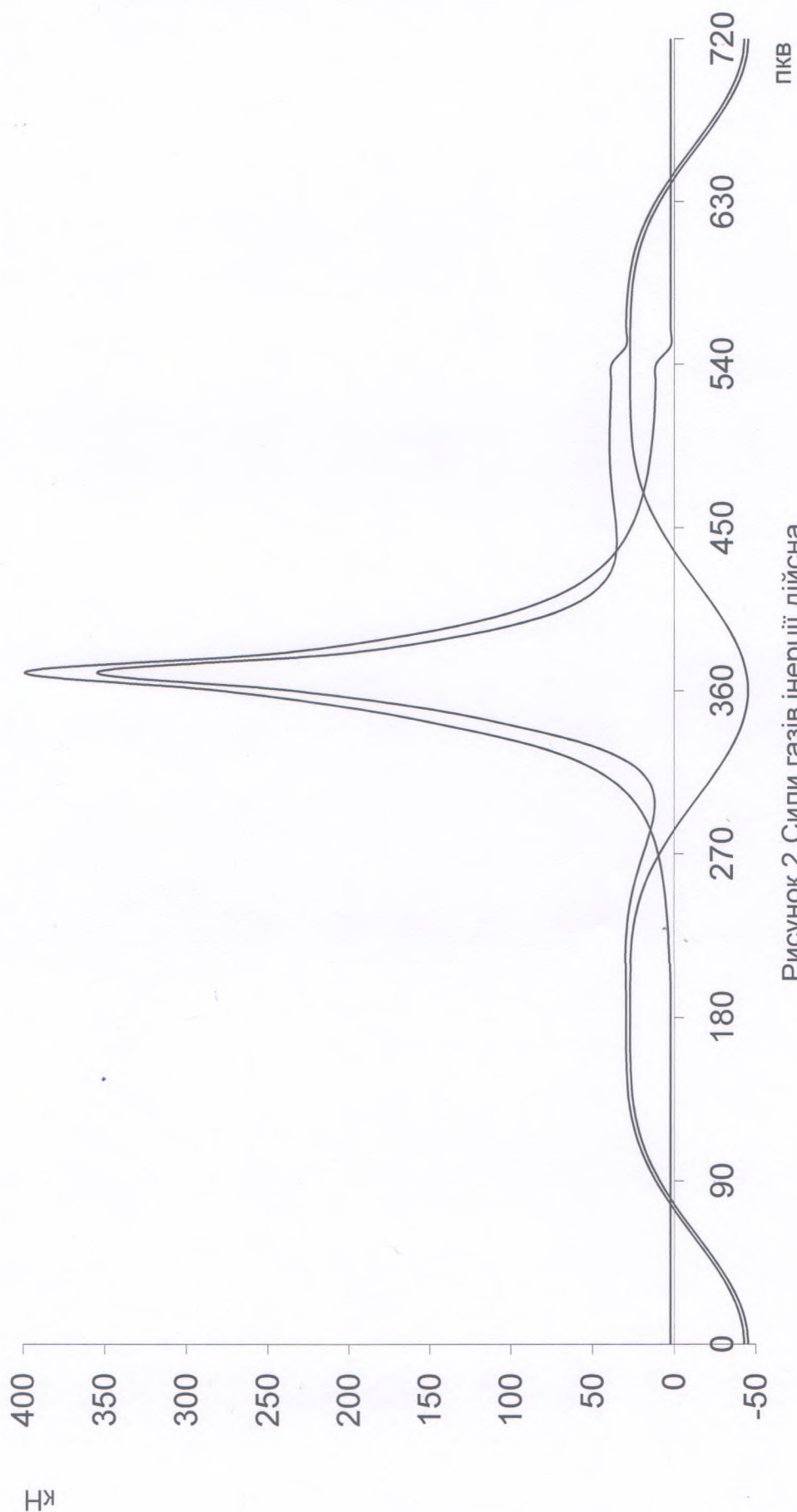
| $j^0$ | $V_f$   | $F_{\Gamma}$ | $F_i$  | $F_d$  | $F_N$ | $F_r$  | $F_k$  |
|-------|---------|--------------|--------|--------|-------|--------|--------|
| ПКВ   | $M^3$   | кН           | кН     | кН     | кН    | кН     | кН     |
| 0     | 0,00145 | 2,41         | -45,22 | -42,81 | 0,00  | -42,81 | 0,00   |
| 10    | 0,00161 | 2,41         | -44,13 | -41,71 | -1,81 | -40,77 | -9,03  |
| 20    | 0,00208 | 2,41         | -40,92 | -38,51 | -3,31 | -35,06 | -16,28 |
| 30    | 0,00283 | 2,41         | -35,85 | -33,44 | -4,21 | -26,85 | -20,37 |
| 40    | 0,00383 | 2,41         | -29,28 | -26,87 | -4,38 | -17,77 | -20,62 |
| 50    | 0,00504 | 2,41         | -21,68 | -19,27 | -3,76 | -9,51  | -17,18 |
| 60    | 0,0064  | 2,41         | -13,57 | -11,15 | -2,47 | -3,44  | -10,90 |
| 70    | 0,00786 | 2,41         | -5,44  | -3,03  | -0,73 | -0,35  | -3,10  |
| 80    | 0,00935 | 2,41         | 2,22   | 4,63   | 1,18  | -0,35  | 4,76   |
| 90    | 0,01083 | 2,41         | 9,04   | 11,46  | 2,96  | -2,96  | 11,46  |
| 100   | 0,01225 | 2,41         | 14,78  | 17,19  | 4,37  | -7,29  | 16,17  |
| 110   | 0,01356 | 2,41         | 19,30  | 21,71  | 5,25  | -12,36 | 18,61  |
| 120   | 0,01474 | 2,41         | 22,61  | 25,02  | 5,55  | -17,32 | 18,89  |
| 130   | 0,01576 | 2,41         | 24,82  | 27,24  | 5,31  | -21,58 | 17,45  |
| 140   | 0,01661 | 2,41         | 26,14  | 28,55  | 4,65  | -24,86 | 14,79  |
| 150   | 0,01728 | 2,41         | 26,81  | 29,22  | 3,68  | -27,15 | 11,42  |
| 160   | 0,01775 | 2,41         | 27,07  | 29,48  | 2,53  | -28,57 | 7,70   |
| 170   | 0,01804 | 2,41         | 27,13  | 29,54  | 1,28  | -29,31 | 3,87   |
| 180   | 0,01813 | 2,41         | 27,13  | 29,54  | 0,00  | -29,54 | 0,00   |
| 190   | 0,01804 | 2,46         | 27,13  | 29,59  | -1,29 | -29,37 | -3,87  |
| 200   | 0,01775 | 2,63         | 27,07  | 29,70  | -2,55 | -28,78 | -7,76  |
| 210   | 0,01728 | 2,92         | 26,81  | 29,72  | -3,74 | -27,61 | -11,62 |
| 220   | 0,01661 | 3,35         | 26,14  | 29,49  | -4,80 | -25,68 | -15,28 |
| 230   | 0,01576 | 3,97         | 24,82  | 28,79  | -5,62 | -22,81 | -18,44 |
| 240   | 0,01474 | 4,82         | 22,61  | 27,43  | -6,08 | -18,98 | -20,71 |
| 250   | 0,01356 | 6,00         | 19,30  | 25,30  | -6,12 | -14,40 | -21,69 |
| 260   | 0,01225 | 7,64         | 14,78  | 22,42  | -5,70 | -9,50  | -21,09 |
| 270   | 0,01083 | 9,95         | 9,04   | 18,99  | -4,90 | -4,90  | -18,99 |
| 280   | 0,00935 | 13,26        | 2,22   | 15,48  | -3,93 | -1,18  | -15,93 |
| 290   | 0,00786 | 18,16        | -5,44  | 12,72  | -3,07 | 1,46   | -13,00 |
| 300   | 0,0064  | 25,64        | -13,57 | 12,08  | -2,68 | 3,72   | -11,80 |
| 310   | 0,00504 | 37,48        | -21,68 | 15,79  | -3,08 | 7,79   | -14,08 |
| 320   | 0,00383 | 56,79        | -29,28 | 27,51  | -4,48 | 18,19  | -21,11 |
| 330   | 0,00283 | 88,60        | -35,85 | 52,75  | -6,65 | 42,36  | -32,13 |
| 340   | 0,00208 | 137,93       | -40,92 | 97,01  | -8,33 | 88,31  | -41,00 |
| 350   | 0,00161 | 197,52       | -44,13 | 153,39 | -6,67 | 149,90 | -33,20 |
| 360   | 0,00145 | 281,96       | -45,22 | 236,74 | 0,00  | 236,74 | 0,00   |
| 370   | 0,00161 | 398,59       | -44,13 | 354,47 | 15,40 | 346,41 | 76,72  |
| 380   | 0,00208 | 251,26       | -40,92 | 210,34 | 18,05 | 191,48 | 88,90  |
| 390   | 0,00283 | 168,07       | -35,85 | 132,22 | 16,66 | 106,18 | 80,54  |
| 400   | 0,00383 | 112,76       | -29,28 | 83,48  | 13,59 | 55,21  | 64,07  |
| 410   | 0,00504 | 78,19        | -21,68 | 56,51  | 11,03 | 27,88  | 50,37  |
| 420   | 0,0064  | 56,45        | -13,57 | 42,89  | 9,51  | 13,21  | 41,90  |

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВСП ПФК НУК 133.431.25.22 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 17   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

Продовження таблиці 1.4

| $j^0$ | $V_f$   | $F_{\Gamma}$ | $F_i$  | $F_d$  | $F_N$ | $F_r$  | $F_k$  |
|-------|---------|--------------|--------|--------|-------|--------|--------|
| ПКВ   | $M^3$   | КН           | КН     | КН     | КН    | КН     | КН     |
| 430   | 0,00786 | 42,40        | -5,44  | 36,96  | 8,93  | 4,25   | 37,78  |
| 440   | 0,00935 | 33,02        | 2,22   | 35,24  | 8,95  | -2,70  | 36,25  |
| 450   | 0,01083 | 26,57        | 9,04   | 35,61  | 9,19  | -9,19  | 35,61  |
| 460   | 0,01225 | 22,02        | 14,78  | 36,80  | 9,35  | -15,60 | 34,62  |
| 470   | 0,01356 | 18,75        | 19,30  | 38,05  | 9,20  | -21,66 | 32,61  |
| 480   | 0,01474 | 16,37        | 22,61  | 38,98  | 8,64  | -26,98 | 29,44  |
| 490   | 0,01576 | 14,64        | 24,82  | 39,46  | 7,70  | -31,26 | 25,28  |
| 500   | 0,01661 | 13,38        | 26,14  | 39,52  | 6,43  | -34,41 | 20,47  |
| 510   | 0,01728 | 12,49        | 26,81  | 39,30  | 4,95  | -36,51 | 15,36  |
| 520   | 0,01775 | 11,90        | 27,07  | 38,97  | 3,34  | -37,76 | 10,18  |
| 530   | 0,01804 | 11,56        | 27,13  | 38,69  | 1,68  | -38,39 | 5,06   |
| 540   | 0,01813 | 11,21        | 27,13  | 38,34  | 0,00  | -38,34 | 0,00   |
| 550   | 0,01804 | 2,50         | 27,13  | 29,63  | -1,29 | -29,40 | -3,88  |
| 560   | 0,01775 | 2,50         | 27,07  | 29,57  | -2,54 | -28,65 | -7,73  |
| 570   | 0,01728 | 2,50         | 26,81  | 29,31  | -3,69 | -27,23 | -11,46 |
| 580   | 0,01661 | 2,50         | 26,14  | 28,64  | -4,66 | -24,94 | -14,84 |
| 590   | 0,01576 | 2,50         | 24,82  | 27,33  | -5,33 | -21,65 | -17,51 |
| 600   | 0,01474 | 2,50         | 22,61  | 25,11  | -5,57 | -17,38 | -18,96 |
| 610   | 0,01356 | 2,50         | 19,30  | 21,80  | -5,27 | -12,41 | -18,69 |
| 620   | 0,01225 | 2,50         | 14,78  | 17,28  | -4,39 | -7,32  | -16,26 |
| 630   | 0,01083 | 2,50         | 9,04   | 11,55  | -2,98 | -2,98  | -11,55 |
| 640   | 0,00935 | 2,50         | 2,22   | 4,72   | -1,20 | -0,36  | -4,86  |
| 650   | 0,00786 | 2,50         | -5,44  | -2,94  | 0,71  | -0,34  | 3,01   |
| 660   | 0,0064  | 2,50         | -13,57 | -11,06 | 2,45  | -3,41  | 10,81  |
| 670   | 0,00504 | 2,50         | -21,68 | -19,18 | 3,74  | -9,46  | 17,10  |
| 680   | 0,00383 | 2,50         | -29,28 | -26,78 | 4,36  | -17,71 | 20,55  |
| 690   | 0,00283 | 2,50         | -35,85 | -33,35 | 4,20  | -26,78 | 20,31  |
| 700   | 0,00208 | 2,50         | -40,92 | -38,42 | 3,30  | -34,98 | 16,24  |
| 710   | 0,00161 | 2,50         | -44,13 | -41,62 | 1,81  | -40,68 | 9,01   |
| 720   | 0,00145 | 2,50         | -45,22 | -42,72 | 0,00  | -42,72 | 0,00   |





|      |      |          |        |      |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

ВСП ПФК НУК 133.431.25.22 ПЗ

Арк.

19

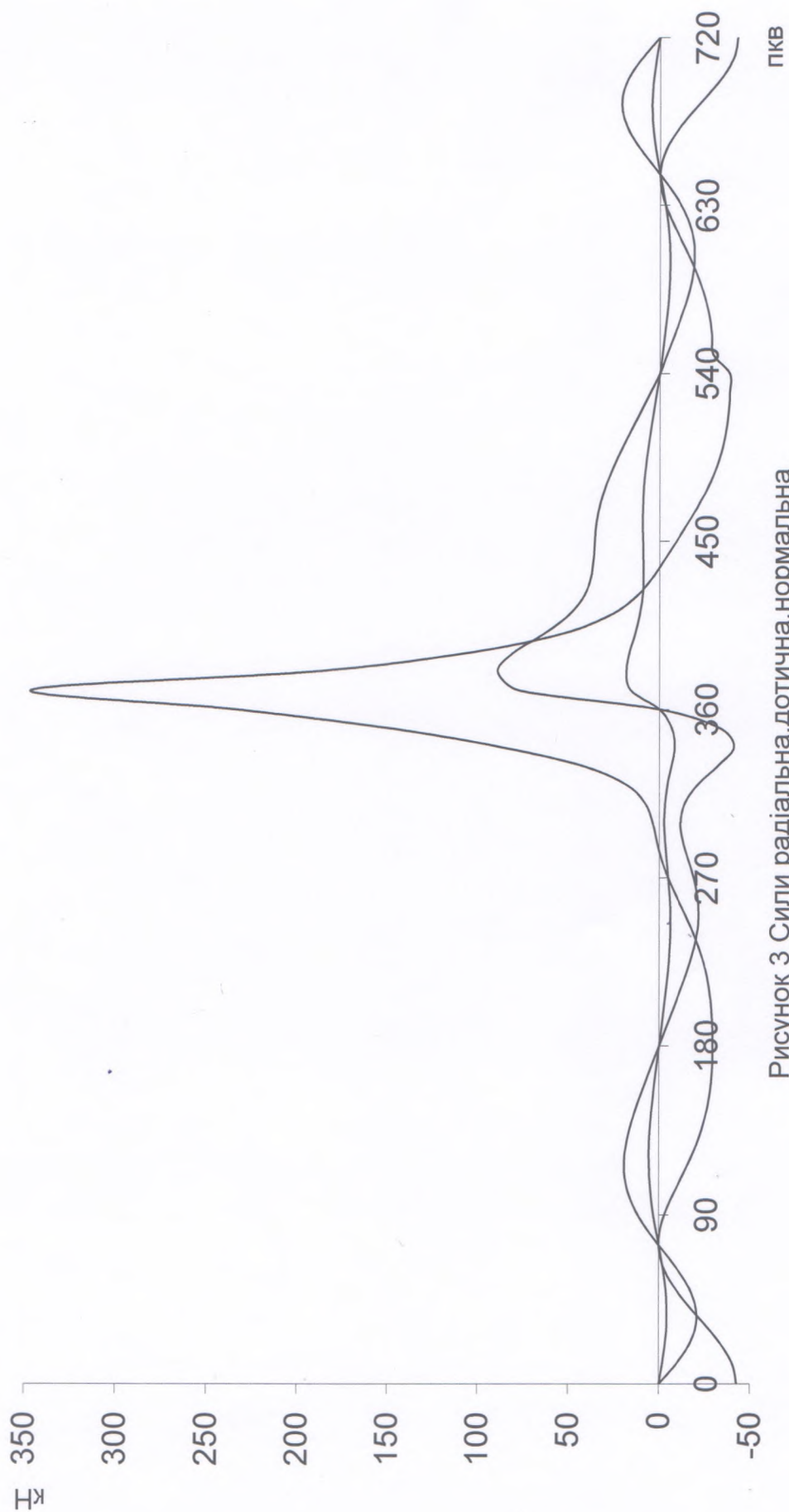


Рисунок 3 Сили радіальна, дотична, нормальна

|      |      |          |        |      |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

ВСП ПФК НУК 133.431.25.22 ПЗ

## 1.5 Розробка конструкції компресійного кільця

### 1.5.1 Призначення, умови роботи компресійного кільця

Компресійні (ущільнювальні) кільця служать для рухомого ущільнення зазору між поршнем і циліндром, відводу теплоти від головки поршня до циліндрової втулки і далі в охолоджуючу воду і розподілу масла по дзеркалу циліндра. Дія компресійних кілець, що ущільнює, забезпечується за рахунок їхнього притиснення до дзеркала циліндра і стінкам поршневих канавок і лабіринтової дії кілець і канавок.

Умови роботи поршневих кілець (особливо верхнього компресійного) дуже важкі й обумовлені наступними факторами:

- 1.Зворотно-поступальний рух кілець при високій швидкості ковзання і великому механічному навантаженню затрудняє створення гарних умов змащення, викликає підвищений знос кілець і втулки, збільшує роботу тертя кілець (до 50% усіх механічних втрат у дизелі).
2. Високі термічні навантаження кілець внаслідок дотику з гарячими газами, відводу теплоти від головки поршня і тертя об стінки циліндра знижують механічну міцність і пружність кілець, приводять до вигорання і коксування масла і створюють умови напівсухого тертя (особливо в районі ВМТ).
3. Радіальна вібрація кілець («колапс»), що виникає при деяких умовах (втрата кільцями пружності, зменшення тиску газу в закільцевих просторах, деформація поршня, втулки й ін.), супроводжується порушенням ущільнення, проривом газів, перегрівом поршня і кілець, погіршенням змащення, втратою кільцями пружності, їх коробленням, пригоранням і поломкою. При радіальній вібрації кільце відстає від стінки циліндра й втоплюється в канавці тиском газів, що діють на зовнішню поверхню кільця. При досить великому зазорі в замку кільця і повному розвантаженню закільцевого простору (повний

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВСП ПФК НУК 133.431.25.22 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 21   |

«колапс») кільце внутрішньою поверхнею вдаряється об дно поршневої канавки, а потім різко розтискається і з ударом входить у контакт зі стінкою циліндра. У результаті напружень втомі кільце ламається.

5. Обертальний рух кільця (переміщення в канавках щодо осі поршня) у двотактних дизелях може приводити до западання кінців (замків) кільця у вікна циліндрової втулки і їхній полумці. Обертальний рух кільця викликається зворотно-кутовими (паразитними) переміщеннями поршня при кожному оберті колінчатого вала. При абсолютно твердому колінчатому валі і деталей механізму руху під дією нормальної сили вісь поршня при перекладці в циліндрі переходить із одної точки в другу. В дійсності, внаслідок прогину вала, деталей механізму руху, неточностей їхнього виготовлення і монтажу при зміні знака нормальної сили поршень «перекочується» у циліндрі. Якщо при цьому сила тертя кільця на зовнішньому колі більше, ніж на торцях, то вони повільно повертаються в канавках.

6. Радіальні переміщення кільця у канавках при русі поршня сприяють збільшенню зносу кільця і канавок. Такі переміщення обумовлені нерівномірним зносом і деформаціями циліндрової втулки.

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВСП ПФК НУК 133.431.25.22 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 22   |



### 1.5.2 Розрахунок компресійного кільця

Розрахунки виконані за допомогою програми Microsoft Excel

Умови роботи поршневих кілець

Кільця працюють в умовах високих температур, а також значних змінних навантажень, а також піддаються зношенню.

Вимоги до матеріалу поршневих кілець

висока зносотривкість в умовах граничного тертя.

високі антифрикційні якості пари - поршневе кільце - гільза.

швидка прироботка до поверхні гільзи.

Вибір матеріалу поршневого кільця

Вибираємо чавун ВЧ-25 ГОСТ 1412-85

Вихідні данні

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

Радіальна товщина кільця

$t = (0,03 - 0,045) \times 1, \text{ м} \quad 0,034 \quad 0,0085 \text{ м}$

Висота кільця

$h_k = (0,6 - 1) \times t, \text{ м} \quad 0,71 \quad 0,006 \text{ м}$

Зазор в замку

а) в вільному стані

$\delta_0 = (0,08 - 0,13) \times 1, \text{ м} \quad 0,096 \quad 0,024 \text{ м}$

б) в робочому стані

$\delta_1 = (0,005 - 0,0075) \times 1, \text{ м} \quad 0,006 \quad 0,0014 \text{ м}$

Деформація кільця

а) в робочому стані

$f' = \sigma_0 - \sigma_1 \quad \text{мм}$

$f = 22,625 \text{ мм}$

б) при надіванні кільця на поршень

$f'' = 2 \times \pi \times t - f' \quad \text{мм}$

$f'' = 30,755 \text{ мм}$

Наруження згинання в робочому стані

$$\sigma'_H = 0,425 \times E \times \frac{1}{\left(\frac{d}{t} - 1\right)^2} \times \frac{f'}{t} \quad \text{МПа}$$

$E = 1 \times 10^5 \text{ МПа}$  - для чавунів

$E = 2 \times 10^5 \text{ МПа}$  - для сталі

$E = 100000 \text{ МПа}$

$\sigma'_H = 140,14 \text{ МПа}$

$[\sigma'_H] = 400 \text{ МПа}$

Напруження згинання при надіванні кільця на поршень

$$\sigma''_H = 0,425 \times E \times \frac{1}{\left(\frac{d}{t} + 1\right)^2} \times \frac{f''}{t} \quad \text{МПа}$$

$$\sigma''_H = 166,266 \text{ МПа}$$

$$[\sigma''_H] = 450 \text{ МПа}$$

Тиск кільця на стінку циліндра

$$P_K = \frac{0,33 \times \sigma'_H \times t^2}{d \times (d - t)}$$

$$P_K = 0,05534 \text{ МПа}$$

$$[P_K] = 0,2 \text{ МПа}$$

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВСП ПФК НУК 133.431.25.22 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 24   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

### 1.5.3 Пропозиції по удосконаленню компресійного кільця

В дипломному проекті пропонується замінити друге, третє та четверте компресійні кільця, які мають прямокутну форму перерізу на кільце з випуклою робочою поверхнею.

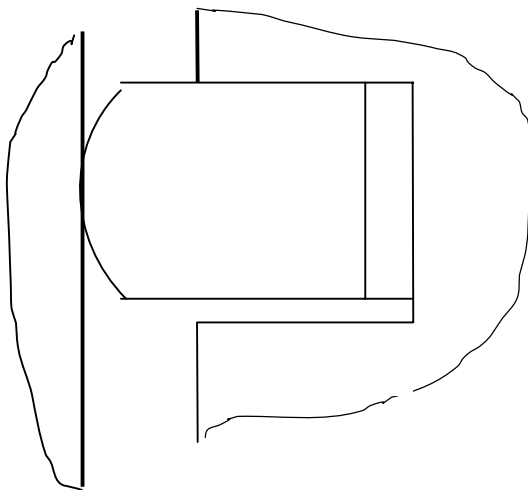


Рисунок 4 Схема дії кільця

В даній конструкції кільця внаслідок зменшення площі контакту кільця та гільзи процес припрацювання буде проходити швидше, а також зменшаться втрати на тертя.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Вибір обладнання, пристосування та інструменту

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

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

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

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

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

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВСП ПФК НУК 133.431.25.22 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 26   |



## 2.2 Визначення технічної норми часу

Розрахунок штучного часу в умовах серійного виробництва вираховується згідно формули

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

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

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

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

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

05 Підготовча.

$$T_{005} = 28' \left( 1 + \frac{4+3}{100} \right) = 30 \text{ хвилин.}$$

010 Складальна. Складання поршня.

$$T_{010} = 70' \left( 1 + \frac{4+3}{100} \right) = 75 \text{ хвилин.}$$

015 Складальна. Складання поршня з шатуном.

$$T_{015} = 60 \left( 1 + \frac{4+3}{100} \right) = 64 \text{ хвилин.}$$

Визначаємо загальний штучний час на складання.

$$T_{шт} = T_{005} + T_{010} + T_{015} = 30+75+64=169 \text{ хвилин.}$$

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВСП ПФК НУК 133.431.25.22 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 27   |

## 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. ;

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

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

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

$$C_{p005} = \frac{688' 30}{60' \cdot 2025,36} = 0,170 \text{ роб.м.}$$

$$C_{p010} = \frac{688' 75}{60' \cdot 2025,36} = 0,425 \text{ роб.м.}$$

$$C_{p015} = \frac{688' 64}{60' \cdot 2025,36} = 0,362 \text{ роб.м.}$$

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВСП ПФК НУК 133.431.25.22 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 28   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

За результатами розрахунків, приймаємо 1 робоче місце.

Коефіцієнт завантаження робочих місць на ділянці складання визначається за формулою:

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

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

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

$$K_z = \frac{0,170 + 0,425 + 0,362}{1} = 0,957$$

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 ( $K_{вн} = 1$ ).

$$Q_{005} = \frac{688' 30}{60' \cdot 2025,36' \cdot 1} = 0,170 \text{ чол.}$$

$$Q_{010} = \frac{688' 75}{60' \cdot 2025,36' \cdot 1} = 0,425 \text{ чол.}$$

$$Q_{015} = \frac{688' 64}{60' \cdot 2025,36' \cdot 1} = 0,362 \text{ чол.}$$

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 133.431.25.22 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 29   |
| 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  $\text{Ч}_3$  – загальна чисельність робітників, працюючих на ділянці, чол. ;

$K_{\text{п}}$  – питома площа на одного робітника,  $\text{м}^2$  (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,  $\text{м}^2$  (можна прийняти  $6 \text{ м}^2$ , якщо за розрахунками керівники відсутні, приймаємо  $0 \text{ м}^2$ );

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

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВСП ПФК НУК 133.431.25.22 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 30   |



$$A_3 = 24 + 6 = 30 \text{ м}^2$$

Об'єм будови діляниці визначаємо за формулою:

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

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

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

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВСП ПФК НУК 133.431.25.22 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 31   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

## 4 ОРГАНІЗАЦІЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ПРОТИПОЖЕЖНИЙ ЗАХИСТ

### 4.1 Техніка безпеки та протипожежний захист на дільниці складання

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

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

До технічних заходів з техніки безпеки відносяться :

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

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВСП ПФК НУК 133.431.25.22 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 32   |

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

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

З технічних заходів на дільниці потрібні :

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

#### 4.2 Розрахунок освітлення на дільниці складання

Кількість світильників визначається за формулою:

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

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

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

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

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВСП ПФК НУК 133.431.25.22 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 33   |

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

4 [8] для ламп ЛДЦ 40 – 4;

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

$Z = 1,1$  коефіцієнт нерівномірності освітлення;

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

Визначаємо індекс приміщення за формулою:

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

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

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

$h$  – висота підвішування світильника над робочим місцем, м;

$$h = H - h_p - h_c$$

$H = 8\text{м}$  – висота приміщення;

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

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

$$h = 8 - 0,8 - 4 = 3,2\text{м}$$

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

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

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

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВСП ПФК НУК 133.431.25.22 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 34   |

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

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

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВСП ПФК НУК 133.431.25.22 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 35   |
| 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 133.431.25.22 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 36   |



| Формат |  | Поз. | Позначення                | Найменування              | Кіл. | Примітка |
|--------|--|------|---------------------------|---------------------------|------|----------|
|        |  |      |                           |                           |      |          |
|        |  |      |                           | <u>Документація</u>       |      |          |
|        |  |      |                           |                           |      |          |
| A1     |  |      | 133.431.25.22.00.00.00 СК | Складальне креслення      |      |          |
|        |  |      |                           |                           |      |          |
|        |  |      |                           | <u>Складальні одиниці</u> |      |          |
|        |  |      |                           |                           |      |          |
|        |  | 1    | 133.431.25.22.01.00.00 СК | Блок-картер               | 1    |          |
|        |  | 2    | 133.431.25.22.02.00.00 СК | Фундаментна рама          | 1    |          |
|        |  | 3    | 133.431.25.22.03.00.00 СК | Колінчастий вал           | 1    |          |
|        |  | 4    | 133.431.25.22.04.00.00 СК | Кришка циліндру           | 8    |          |
| A1     |  | 5    | 133.431.25.22.05.00.00 СК | Поршень                   | 8    |          |
|        |  | 6    | 133.431.25.22.06.00.00 СК | Шатун                     | 8    |          |
|        |  | 7    | 133.431.25.22.07.00.00 СК | Розподільний вал          | 1    |          |
|        |  | 8    | 133.431.25.22.08.00.00 СК | Форсунка                  | 8    |          |
|        |  | 9    | 133.431.25.22.09.00.00 СК | Пусковий клапан           | 8    |          |
|        |  | 10   | 133.431.25.22.10.00.00 СК | Паливний насос            | 8    |          |
|        |  |      |                           | високого тиску            |      |          |
|        |  | 11   | 133.431.25.22.11.00.00 СК | Випускний колектор        | 1    |          |
|        |  | 12   | 133.431.25.22.12.00.00 СК | Впускний колектор         | 1    |          |
|        |  |      |                           |                           |      |          |
|        |  |      |                           |                           |      |          |
|        |  |      |                           |                           |      |          |
|        |  |      |                           |                           |      |          |
|        |  |      |                           |                           |      |          |
|        |  |      |                           |                           |      |          |
|        |  |      |                           |                           |      |          |
|        |  |      |                           |                           |      |          |
|        |  |      |                           |                           |      |          |

|           |      |            |        |      |                           |  |  |      |      |        |   |  |
|-----------|------|------------|--------|------|---------------------------|--|--|------|------|--------|---|--|
|           |      |            |        |      | ВСП ПФК НУК 133.431.25.22 |  |  |      |      |        |   |  |
|           |      |            |        |      |                           |  |  |      |      |        |   |  |
| Змн.      | Арк. | № докум.   | Підпис | Дата |                           |  |  |      |      |        |   |  |
| Розроб.   |      | Підвальний |        |      | Дизель<br>8ЧН25/34        |  |  | Літ. | Арк. | Акруші |   |  |
| Перевір.  |      | Коваленко  |        |      |                           |  |  |      |      | 1      | 1 |  |
|           |      |            |        |      |                           |  |  |      |      |        |   |  |
| Н. Контр. |      | Коваленко  |        |      | 431-ВД                    |  |  |      |      |        |   |  |
| Затверд.  |      | Манзюк     |        |      |                           |  |  |      |      |        |   |  |





- |           |           |       |      |  |                           |        |         |  |
|-----------|-----------|-------|------|--|---------------------------|--------|---------|--|
|           |           |       |      |  | 133.431.25.22.05.00.00 СК |        |         |  |
|           |           |       |      |  | Штатунно-поршнева група   |        |         |  |
| Изм./Лист | № докум.  | Подп. | Дата |  | Лист                      | Масса  | Масштаб |  |
| Разраб.   | Подобный  |       |      |  |                           | 120    | 1:1     |  |
| Проб.     | Коваленко |       |      |  | Лист                      | Листов | 1       |  |
| Т.контр.  | Коваленко |       |      |  | 431-ВД                    |        |         |  |
| Н.контр.  | Коваленко |       |      |  |                           |        |         |  |
| Утв.      | Манзюк    |       |      |  |                           |        |         |  |

| Формат |  | Поз. | Позначення                | Найменування          | Кіл. | Примітка |
|--------|--|------|---------------------------|-----------------------|------|----------|
|        |  |      |                           |                       |      |          |
|        |  |      |                           | Документація          |      |          |
|        |  |      |                           |                       |      |          |
| A1     |  |      | 133.431.25.22.05.00.00 СК | Складальне креслення  |      |          |
|        |  |      |                           |                       |      |          |
|        |  |      |                           | Складальні одиниці    |      |          |
|        |  |      |                           |                       |      |          |
|        |  | 8    | 133.431.25.22.05.01.00 СК | Стержень шатуна       | 1    |          |
|        |  | 12   | 133.431.25.22.05.02.00 СК | Діафрагма             | 1    |          |
|        |  |      |                           |                       |      |          |
|        |  |      |                           | Деталі                |      |          |
|        |  |      |                           |                       |      |          |
|        |  | 1    | 133.431.25.22.05.00.01    | Поршень               | 1    |          |
|        |  | 2    | 133.431.25.22.05.00.02    | Компресійне кільце    | 1    |          |
|        |  | 3    | 133.431.25.22.05.00.03    | Компресійне кільце    | 3    |          |
|        |  | 4    | 133.431.25.22.05.00.04    | Маслознімне кільце    | 2    |          |
|        |  | 5    | 133.431.25.22.05.00.05    | Втулка головки шатуна | 1    |          |
|        |  | 6    | 133.431.25.22.05.00.06    | Поршневий палець      | 1    |          |
|        |  | 7    | 133.431.25.22.05.00.07    | Стопорне кільце       | 2    |          |
|        |  | 9    | 133.431.25.22.05.00.08    | Нижній вкладень       | 1    |          |
|        |  | 10   | 133.431.25.22.05.00.09    | Шатунний болт         | 4    |          |
|        |  | 11   | 133.431.25.22.05.00.10    | Верхній вкладень      | 1    |          |
|        |  | 15   | 133.431.25.22.05.00.11    | Нижня кришка шатуна   | 1    |          |
|        |  |      |                           |                       |      |          |
|        |  |      |                           |                       |      |          |
|        |  |      |                           |                       |      |          |
|        |  |      |                           |                       |      |          |

|           |      |            |        |      |                           |      |         |
|-----------|------|------------|--------|------|---------------------------|------|---------|
|           |      |            |        |      | ВСП ПФК НУК 133.431.25.22 |      |         |
|           |      |            |        |      |                           |      |         |
| Змн.      | Арк. | № докум.   | Підпис | Дата | Шатунно-поршнева група    |      |         |
| Розроб.   |      | Підвальний |        |      |                           |      |         |
| Перевір.  |      | Коваленко  |        |      |                           |      |         |
|           |      |            |        |      |                           |      |         |
| Н. Контр. |      | Коваленко  |        |      |                           |      |         |
| Затверд.  |      | Манзюк     |        |      | 431-ВД                    |      |         |
|           |      |            |        |      | Літ.                      | Арк. | Акрушів |
|           |      |            |        |      |                           | 1    | 2       |





|       |  |  |  |  |
|-------|--|--|--|--|
| Дубл. |  |  |  |  |
| Зам.  |  |  |  |  |
| Ориг. |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

|                               |                                  |  |  |
|-------------------------------|----------------------------------|--|--|
| <i>ВСП ПФК НУК</i>            | <i>133.431.25.22.05.00.00 СК</i> |  |  |
| <i>Шатунно-поршнева група</i> |                                  |  |  |

Затверджую

Підпис

Прізвище

Дата

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ  
на технологічний процес складання

Розробив *Підвальный*

Перевірив *Коваленко*

Н.контр *Коваленко*

|          |                                                |                           |    |       |                                        |       |   |             |                       |                           |    |    |         |        |       |    |  |  |
|----------|------------------------------------------------|---------------------------|----|-------|----------------------------------------|-------|---|-------------|-----------------------|---------------------------|----|----|---------|--------|-------|----|--|--|
|          |                                                |                           |    |       |                                        |       |   |             |                       |                           |    |    |         |        |       |    |  |  |
| Дубл.    |                                                |                           |    |       |                                        |       |   |             |                       |                           |    |    |         |        |       |    |  |  |
| Зам.     |                                                |                           |    |       |                                        |       |   |             |                       |                           |    |    |         |        |       |    |  |  |
| Ориг.    |                                                |                           |    |       |                                        |       |   |             |                       |                           |    |    |         |        |       |    |  |  |
|          |                                                |                           |    |       |                                        |       |   |             |                       |                           |    |    |         |        |       |    |  |  |
| Розроб.  |                                                | Підвальний                |    |       |                                        |       |   | ВСП ПФК НУК |                       | 133.431.25.22.05.00.00 СК |    |    |         |        |       |    |  |  |
| Перев.   |                                                | Коваленко                 |    |       |                                        |       |   |             |                       |                           |    |    |         |        |       |    |  |  |
|          |                                                |                           |    |       |                                        |       |   |             |                       |                           |    |    |         |        |       |    |  |  |
| Н контр. |                                                | Коваленко                 |    |       |                                        |       |   |             |                       | Шатунно-поршнева група    |    |    |         |        |       |    |  |  |
| 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       |        |       | 30 |  |  |
| 02       |                                                |                           |    |       | Верстак А-1401 Ванна 9699-2900         |       |   |             |                       |                           |    |    |         |        |       |    |  |  |
| А 03     |                                                |                           |    | 010   | Складальна(складання поршня)           |       |   |             |                       | 17474                     | 4  |    | 1       |        |       | 75 |  |  |
| 04       |                                                |                           |    |       | Верстак А-1401                         |       |   |             |                       |                           |    |    |         |        |       |    |  |  |
| 05       |                                                |                           |    | 015   | Складальна(складання поршня з шатуном) |       |   |             |                       | 17474                     | 4  |    | 1       |        |       | 64 |  |  |
| А 06     |                                                |                           |    |       | Верстак А-1401                         |       |   |             |                       |                           |    |    |         |        |       |    |  |  |
| 07       |                                                |                           |    |       |                                        |       |   |             |                       |                           |    |    |         |        |       |    |  |  |
| 08       |                                                |                           |    |       |                                        |       |   |             |                       |                           |    |    |         |        |       |    |  |  |
| 09       |                                                |                           |    |       |                                        |       |   |             |                       |                           |    |    |         |        |       |    |  |  |
| 10       |                                                |                           |    |       |                                        |       |   |             |                       |                           |    |    |         |        |       |    |  |  |
| 11       |                                                |                           |    |       |                                        |       |   |             |                       |                           |    |    |         |        |       |    |  |  |
| 12       |                                                |                           |    |       |                                        |       |   |             |                       |                           |    |    |         |        |       |    |  |  |
| 13       |                                                |                           |    |       |                                        |       |   |             |                       |                           |    |    |         |        |       |    |  |  |
| 14       |                                                |                           |    |       |                                        |       |   |             |                       |                           |    |    |         |        |       |    |  |  |
| 15       |                                                |                           |    |       |                                        |       |   |             |                       |                           |    |    |         |        |       |    |  |  |
| 16       |                                                |                           |    |       |                                        |       |   |             |                       |                           |    |    |         |        |       |    |  |  |
| 17       |                                                |                           |    |       |                                        |       |   |             |                       |                           |    |    |         |        |       |    |  |  |
| МК       |                                                | Маршрутна Карта Складання |    |       |                                        |       |   |             |                       |                           |    |    |         |        |       |    |  |  |

[illegible]

The drawing consists of two views of a mechanical assembly. The left view is a cross-section showing a central vertical shaft with three circular features. It is surrounded by a complex housing with various internal components and fasteners. The right view is a side profile of the same assembly, showing its overall shape and internal structure. Numbered callouts (1-15) point to specific parts: 1-10 are on the left view, and 11-15 are on the right view. The drawing uses standard engineering conventions, including hatching for different materials and dashed lines for hidden features.

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

[illegible]

форма 1а

[illegible]



|       |  |  |  |
|-------|--|--|--|
| Дубл. |  |  |  |
| Зам.  |  |  |  |
| Ориг. |  |  |  |

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

|          |             |  |  |
|----------|-------------|--|--|
| Розроб.  | Підва́льний |  |  |
| Перев.   | Коваленко   |  |  |
|          |             |  |  |
|          |             |  |  |
| Н контр. | Коваленко   |  |  |

ВСП ПФК НУК

133.431.25.22.05.00.00 CK

### Шатунно-поршнева група

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