

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет транспорту та механічної інженерії

(повне найменування факультету)

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

(повна найменування кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

ПРОЕКТУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ З РОЗРОБКОЮ  
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ  
КРИШКИ ВОДОМАСЛЯНОГО РАДІАТОРА ММ-1

спеціальність 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти  
групи ІМ-41

Марчук Денис Анатолійович

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник:

к.т.н., доцент

Самчук Людмила Михайлівна

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Кваліфікаційну роботу  
допущено до захисту  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.  
Гарант освітньої програми:  
к.т.н., доцент  
Божко Тетяна Євгенівна

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Луцьк – 2025 року

# ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет транспорту та механічної інженерії

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітня програма: «Прикладна механіка»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри**

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Марчуку Денису Анатолійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Проектування дільниці з розробкою технологічного процесу механічної обробки кришки водомасляного радіатора ММ-1.

Керівник роботи: Самчук Людмила Михайлівна

затверджені наказом вищого навчального закладу від «31» грудня 2024 р. № 910/01-07

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «1» червня 2025р.

3. Вихідні дані до роботи Креслення деталі кришка водомасляного редуктора ММ-1, базовий технологічний процес, нормативні дані

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити):

Вступ. 1 Загальна частина. 2. Технологічна частина. 3. Конструкторська частина. 4 Проектування механічної дільниці. 5 Охорона праці. Висновки та пропозиції. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу: Креслення деталі – 1 лист (ф.А1), креслення 3D моделі – 1 лист (ф.А3), креслення заготовки – 1 лист (ф.А2), КН – 1 лист та спеціального ріжучого інструмента – 1 лист (ф.А1), креслення плану дільниці – 1 лист (ф.А1), складальне креслення верстатного пристрою - 1 лист (ф.А1), креслення контрольного пристрою – 1 лист (ф.А1).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання «4» лютого 2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Обґрунтування теми</i>	5.03.2025р.	
2	<i>Огляд літератури із досліджуваної проблеми</i>	10.03.2025р.	
3	<i>Загальна частина.</i>	11.03.2025 р.	
4	<i>Технологічна частина</i>	18.04.2025 р.	
5	<i>Конструкторська частина</i>	25.05.2025 р.	
6	<i>Проектування механічної ділянки</i>	25.05.2025 р.	
7	<i>Охорона праці</i>	27.05.2025 р.	
8	<i>Висновки та пропозиції</i>	1.06.2025р.	
9	<i>Формування списку використаних джерел</i>	1.06.2025р.	
10	<i>Формування додатків</i>	2.06.2025р.	
11	<i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>	2.06.2025р.	
12	<i>Нормоконтроль</i>	2.06.2025р.	
13	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	2.06.2025р.	
14	<i>Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту</i>	15.06.25р.	

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_

(Марчук Д.А.)

(підпис)

(прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_

(Самчук Л.М.)

(підпис)

(прізвище, ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Марчук Д.А. Проектування ділянки з розробкою технологічного процесу механічної обробки кришки водомасляного радіатора ММ-1. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Прикладна механіка» спеціальності 131 Прикладна механіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, 5 розділів, висновків та пропозицій, списку використаних джерел, додатків.

У даній роботі розроблено технологічний процес виготовлення деталі — кришки водомасляного редуктора. Здійснено техніко-економічну оцінку вибраної заготовки, визначено тип виробництва та його організаційну форму. Розраховано основний технологічний час і штучно-калькуляційний час, а також визначено необхідну кількість обладнання для виконання кожної з технологічних операцій.

Проведено аналіз технологічності конструкції деталі, обґрунтовано вибір матеріалу з підвищеними характеристиками зносостійкості та твердості. Визначено допуски на технологічні розміри та виконано розрахунок припусків.

За допомогою розмірного аналізу визначено розміри заготовки та величини припусків для кожної з технологічних операцій. Надано обґрунтовану оцінку якості розробленого технологічного процесу.

Проведено розрахунок режимів різання та обґрунтовано вибір верстатного обладнання. Спроектовано технологічне оснащення, яке забезпечує надійне базування та закріплення деталі під час обробки з урахуванням її жорсткості, що дозволяє підвищити продуктивність та покращити умови праці завдяки механізації процесу за допомогою пристосувань.

Ключові слова: штучно-калькуляційний час, технологічність конструкції, матеріал, зносостійкість, твердість, допуски, припуски, розмірний аналіз, режими різання, вибір обладнання, технологічне оснащення, базування, закріплення, продуктивність, механізація.

## ABSTRACT

Marchuk D.A. Design of the section with the development of the technological process of mechanical processing of the cover of the oil-water radiator covers MM-11. Manuscript.

Qualification work of the bachelor's OP " Applied Mechanics" specialty 131 Applied mechanics. Lutsk national technical university. Lutsk , 2025 .

Qualification work consists of an introduction, 5 sections, conclusions and proposals, list of used sources, applications .

In this work, a technological process for manufacturing a part — a cover for a water-oil gearbox has been developed. A technical and economic assessment of the selected workpiece has been carried out, the type of production and its organizational form have been determined. The main technological time and piece-rate calculation time have been calculated, and the required amount of equipment for performing each of the technological operations has been determined.

An analysis of the manufacturability of the part design has been carried out, the choice of material with increased wear resistance and hardness characteristics has been justified. Tolerances for technological dimensions have been determined and allowances have been calculated.

Using dimensional analysis, the dimensions of the workpiece and the values of allowances for each of the technological operations have been determined. A substantiated assessment of the quality of the developed technological process has been provided.

A calculation of cutting modes has been carried out and the choice of machine tool equipment has been justified. Technological equipment has been designed that provides reliable basing and fixing of the part during processing, taking into account its rigidity, which allows increasing productivity and improving working conditions due to the mechanization of the process using devices.

Keywords: artificial-calculation time, design manufacturability, material, wear resistance, hardness, tolerances, allowances, dimensional analysis, cutting modes, equipment selection, technological equipment, basing, fastening, productivity, mechanization.

## ЗМІСТ

	ст
Вступ.....	7
1 Розділ 1. Загальна частина .....	8
1.1 Службове призначення і характеристика об'єкта виробництва, аналіз технічних умов на деталь.....	8
1.2 Вибір методу одержання заготовки.....	9
1.3 Вибір методу обробки поверхонь.....	10
1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва.....	11
2 Розділ 2. Технологічна частина.....	18
2.1 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	18
2.2 Вибір технологічних баз.....	20
2.3 Визначення допусків на технологічні розміри і розрахунок припусків.....	24
2.4 Розрахунок режимів різання, вибір обладнання.....	29
2.6 Нормування технологічного процесу.....	31
3 Розділ 3. Конструкторська частина.....	32
3.1 Проектування технологічного оснащення.....	32
3.1.1 Вибір і обґрунтування принципу дії, структурної схеми.....	34
3.1.2 Силовий розрахунок параметрів приводу.....	34
3.1.3 Розрахунок на точність.....	34
3.1.4 Загальний опис конструкції, принцип дії.....	37
3.2 Проектування контрольного пристрою.....	38
3.2.1 Розрахунок на точність.....	38
3.2.2 Загальний опис конструкції, принцип дії.....	39
3.3 Розрахунок спеціального ріжучого інструменту.....	39
4 Розділ 4. Проектування механічної дільниці.....	45
4.1 Уточнення типу виробництва.....	45
4.2 Визначення кількості працівників на дільниці.....	45

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3 Розрахунок виробничої площі ділянки .....	47
4.4 Розробка технологічного планування ділянки.....	47
4.5 Основні техніко-економічні показники ділянки.....	48
5 Розділ 5. Охорона праці.....	49
Висновки та пропозиції.....	52
Список використаних джерел.....	60
Додатки.....	61

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Найважливішу роль в машинобудуванні відводять підготовці виробництва, основною складовою частиною якої являється проектування технологічних процесів. Одним із основних принципів технічних процесів є принцип поєднання технічно-економічних завдань, вирішених у цих умовах виробництва. Розроблений технологічний процес повинен гарантувати, що всі вимоги щодо якості продукції, що надається за допомогою технічних характеристик виконані. У цьому випадку виробництво продукту повинно включати мінімальні витрати на оплату праці та мінімальні витрати.

«У сучасній ринковій економіці компанія виробництво функціонує лише при виробництві конкурентоспроможних та компетентних продуктів, які залежать насамперед від витрат та теми її виробництва. Тому однією з головних областей сучасного виробництва є збільшення номенклатури вироблених частин та постійна модернізація виробництва шляхом впровадження нових технологій. Кваліфікаційна робота є складовою частиною курсу технології машинобудування. Вона являє собою комплексну роботу, яка включає розробку технологічної деталі, проектування верстатного і контрольного пристрою, виконання необхідних технічних і економічних розрахунків, а також вирішення інших задач»[1].

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 1

### ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1. Службове призначення і характеристика об'єкта виробництва, аналіз технічних умов на деталь

Кришка водомасляного радіатора призначена для того, щоб створювати замкнутий об'єм порожнини теплообмінника, кришка містить отвір для забезпечення підведення олії, а також отвір для зливу. У кришок є з одного боку циліндрична частина, по засобах якої вона центрується при установці на корпус теплообмінника. У цій циліндричній частині є канавка для розміщення гумового кільця, за допомогою якого відбувається ущільнення. «З іншого боку є циліндричне розточування, в яке встановлюється кінець циліндричної труби, при установці теплообмінника на двигун. Кріплення кришок до корпусу робиться за рахунок шпильок з гайками. Кришку масляного радіатора відливають із спеціального алюмінієвого - кременевого сплаву АК9ч(Ал4) ISO 209-1-89»[1].

Хімічні і механічні властивості представлено в таблицях 1.1 та 1.2. [1]

Таблиця 1.1. – Хімічний склад сплаву АК9ч(ISO 209-1-89) %

Марка сплаву	Хімічний склад								
	Основні компоненти				Домішки не більше				
	Si	Mg	Mn	Al	Cr	Ni	Cu	Ti	Zn
АК9ч (Ал4) ISO 209-1-89	8-10,5	0,2-0,35	0,2-0,5	решта	0,6	0,1	0,1	0,6	0,2

Таблиця 1.2. – Механічні властивості сплаву АК9ч(ISO 209-1-89)

Марка сплаву	Тимчасовий опір розриву, МПа	Відносне видовження, $\delta$ , %	Тведість, НВ, МПа
АК9ч (Ал4) ISO 209-1-89	147	2,0	70

1.2. Вибір методу одержання заготовки

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вартість заготовки, отриманої литвом, визначається за формулою [1]:

$$S_{заг.} = \left( \frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_g \cdot k_n \cdot k_n \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{відх.}}{1000}, \quad (1.1)$$

«Для визначення маси деталі і маси заготовки, деталь розбивається на елементарні фігури і підраховуємо об'єм деталі:

$$V_{дет} = 355,6 \text{ см}^3 \text{ (заводський)}$$

Масу деталі визначаємо за формулою:

$$M_{дет.} = \sum_{i=1}^n V_i \cdot \rho,$$

$$M_{дет} = 355,6 \cdot 2,7 = 960,2 = 0,96 \text{ кг.} \text{ [1]}$$

Для визначення маси заготовки необхідно орієнтовно назначити припуск. При цьому враховують, що при різних способах отримання заготовки припуски будуть різні.

Маса заготовки при литті у пісчано-глинисті форми згідно технічної документації:

$$M_з = M_{дет} / k_{вт},$$

де  $k_{вт}$  – коефіцієнт вагової точності

$$M_з = 0,96 / 0,8 = 1,2 \text{ кг.}$$

$$C_i = 1200 \text{ грн/т}$$

$$S_{відх} = 300 \text{ грн/т}$$

$$k_c = 1;$$

$$k_g = 1,05;$$

$$k_n = 0,77;$$

$$k_m = 1,1;$$

$$k_n = 5,94.$$

Маса заготовки при литті в кокіль:

$$M_з = 0,96 / 0,7 = 1,37 \text{ кг.}$$

$$k_c = 1;$$

$$k_g = 1,05;$$

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$k_n = 0,77;$$

$$k_m = 1,27;$$

$$k_M = 5,94.$$

$$S_{заг.1} = \left( \frac{1200}{1000} \cdot 1,371 \cdot 1,1 \cdot 1,805 \cdot 1 \cdot 5,94 \cdot 0,77 \right) - (1,371 - 0,96) \cdot \frac{300}{1000} = 9,1 \text{ грн};$$

$$S_{заг.2} = \left( \frac{1200}{1000} \cdot 1,2 \cdot 1,27 \cdot 1 \cdot 1,05 \cdot 5,94 \cdot 0,77 \right) - (1,2 - 0,96) \cdot \frac{300}{1000} = 8,71 \text{ грн}.$$

$$E_з. = (S_{заг.1} - S_{заг.2}) \cdot N, \quad (1.5)$$

$$E_з. = (9,1 - 8,71) \cdot 2000 = 780 \text{ грн}.$$

### 1.3. Вибір методу обробки поверхонь

В кришці є поверхні, до яких не висуваються високі вимоги, тому для них достатня лише чорнова стадія обробки.

Загальне уточнення[2]:

$$\varepsilon = \frac{T_з.}{T_д.}, \quad (1.6)$$

Для найбільш спрямованого вибору числа ступенів використовуємо формулу:

$$n = \frac{\lg \varepsilon}{0,46}. \quad (1.7)$$

«Наприклад, для даної деталі, яка має циліндричну внутрішню поверхню Ø62мм з допуском Н9.

Заготовка виготовляється методом лиття в кокіль і досягає точності Н14.

Загальне уточнення»[2]:

$$\varepsilon = \frac{T_з.}{T_д.} = \frac{1777}{173} = 10,27;$$

$$n = \frac{\lg 10,27}{0,46} = 2.$$

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після чорнової обробки точність збільшується з Н14 до Н11 (3 квалітету); після чистової обробки з Н11 до Н9 (2 квалітету), що цілком відповідає рекомендаціям вибору методу обробки по економічній точності.

#### 1.4. Визначення типу та організаційної форми виробництва

Програма випуску виробу визначається за формулою [1]:

$$N_{зан.} = N_{вип.} \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{100} + \frac{\beta}{100} + \frac{\gamma}{100}\right), \quad (1.8)$$

$$N_{зан.} = 2000 \cdot \left(1 + \frac{4}{100} + \frac{5}{100} + \frac{5}{100}\right) = 2280шт.$$

На попередньому етапі проектування технології на підставі програми запуску [3] встановлюємо, що тип виробництва може бути малосерійним, що відповідає  $K_z = 20 \dots 40$  (ISO 209-1-89).

Штучно-калькуляційний час [1]:

$$T_{шт-к} = T_o \cdot j_k, \quad (1.9)$$

#### 005 Переміщення

1. Транспортувати заготовки з місця складання заготовок на робоче місце операції 010.

#### 010 Токарно-гвинторізна

1. Підрізати торець технологічно витримавши розмір 23,5 мм:

$$T_o = 0,037 \cdot (D^2 - d^2) \cdot 10^{-3} = 0,037 \cdot (176^2 - 159,9^2) \cdot 10^{-3} = 0,3 хв.$$

2. Точити поверхню технологічно витримавши розмір 11,5 мм:

$$T_o = 0,17 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 11,5 \cdot 159,9 \cdot 10^{-3} = 0,46 хв.$$

3. Точити зовнішню поверхню технологічно витримавши розмір Ø159,9 мм начисто:

$$T_o = 0,17 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 159,9 \cdot 2,9 \cdot 10^{-3} = 0,12 хв.$$

4. Точити канавку технологічно витримавши розмір 3 мм:

$$T_o = 0,17 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 3 \cdot 159,9 \cdot 10^{-3} = 0,13 хв.$$

						009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

5. Точити технологічну фаску 1x45°мм технологічно витримавши розмір 1мм:

$$T_o = 0,17 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 1 \cdot 159,9 \cdot 10^{-3} = 0,04 \text{ хв.}$$

6. Точити канавку технологічно витримавши розмір Ø159,9 мм на глибину 5,6 мм:

$$T_o = 0,17 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 5,6 \cdot 152,6 \cdot 10^{-3} = 0,22 \text{ хв.}$$

7. Точити канавку технологічно витримавши розмір 3,55 мм:

$$T_o = 0,17 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 3,55 \cdot 159,9 \cdot 10^{-3} = 0,14 \text{ хв.}$$

$$T_{o\Sigma} = 1,41 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{ш-к} = T_o \cdot \varphi_k = 1,41 \cdot 2,14 = 3 \text{ хв.}$$

015 Агрегатно-свердлильна

1. Встановити і зняти деталь.

2. Свердлити послідовно 4 отвори 9мм напрохід:

$$T_o = 4 \cdot (0,52 \cdot d \cdot l) \cdot 10^{-3} = 4 \cdot (0,52 \cdot 9 \cdot 6) \cdot 10^{-3} = 0,9 \text{ хв.}$$

3. Свердлити послідовно 2 отвори 6,65мм напрохід:

$$T_o = 2 \cdot (0,52 \cdot d \cdot l) \cdot 10^{-3} = 2 \cdot (0,52 \cdot 6,65 \cdot 6) \cdot 10^{-3} = 0,36 \text{ хв.}$$

4. Зняти фаску 1x45°мм в 2 отворах технологічно витримавши розмір 1,6мм по 8мм:

$$T_o = 2 \cdot (0,17 \cdot d \cdot l) \cdot 10^{-3} = 2 \cdot (0,17 \cdot 1,6 \cdot 8) \cdot 10^{-3} = 0,09 \text{ хв.}$$

5. Нарізати послідовно різьбу в 2 отворах напрохід технологічно витримавши розмір М8-6Н:

$$T_o = 2 \cdot (0,4 \cdot d \cdot l) \cdot 10^{-3} = 2 \cdot (0,4 \cdot 8 \cdot 6) \cdot 10^{-3} = 0,39 \text{ хв.}$$

$$T_{o\Sigma} = 1,74 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{ш-к} = T_o \cdot \varphi_k = 1,74 \cdot 1,72 = 3 \text{ хв.}$$

020 Вертикально-фрезерна

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	009Б-25.00.00.00.000 ПЗ					

1. Фрезерувати почергово поверхні технологічно витримавши розмір 42,5мм, 8мм, 14мм:

$$T_o = 3 \cdot (6 \cdot l_1 + 6 \cdot l_2 + 6 \cdot l_3) \cdot 10^{-3} = 3 \cdot (6 \cdot 42,5 + 6 \cdot 8 + 6 \cdot 14) \cdot 10^{-3} = 1,36 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{u-k} = T_o \cdot \varphi_k = 1,36 \cdot 1,84 = 2,5 \text{ хв.}$$

025 Агрегатно-свердлильна

1. Свердлити послідовно 2 отвори 11,9мм на глибину 23мм:

$$T_o = 2 \cdot (0,52 \cdot d \cdot l) \cdot 10^{-3} = 2 \cdot (0,52 \cdot 11,9 \cdot 23) \cdot 10^{-3} = 0,9 \text{ хв.}$$

2. Зняти фаску 1x45°мм в 2 отворах технологічно витримавши розмір 1,6мм 23мм:

$$T_o = 2 \cdot (0,17 \cdot d \cdot l) \cdot 10^{-3} = 2 \cdot (0,17 \cdot 1,6 \cdot 23) \cdot 10^{-3} = 0,03 \text{ хв.}$$

3. Нарізати послідовно різьбу в 2 отворах на глибину 17мм технологічно витримавши розмір М14-3Н6Н:

$$T_o = 2 \cdot (0,4 \cdot d \cdot l) \cdot 10^{-3} = 2 \cdot (0,4 \cdot 14 \cdot 17) \cdot 10^{-3} = 0,61 \text{ хв.}$$

$$T_{o\Sigma} = 1,54 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{u-k} = T_o \cdot \varphi_k = 1,54 \cdot 1,75 = 2,7 \text{ хв.}$$

030 Радіально-свердлильна

1. Свердлити отвір в бобишці напрохід технологічно витримавши розмір 14,25мм:

$$T_o = 0,52 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,52 \cdot 14,25 \cdot 13 \cdot 10^{-3} = 0,9 \text{ хв.}$$

2. Розвернути отвір на конус під різьбу кг 3/8

3. Зенкувати фаску 1x45°мм в отворі під різьбу технологічно витримавши розмір 1,6мм:

$$T_o = 0,21 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,21 \cdot 1,6 \cdot 16 \cdot 10^{-3} = 0,81 \text{ хв.}$$

4. Нарізати різьбу технологічно витримавши розмір кг 3/8''

$$T_{o\Sigma} = 1,71 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час:

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

009Б-25.00.00.00.000 ПЗ

$$T_{ш-к} = T_o \cdot \varphi_k = 1,71 \cdot 1,75 = 3 \text{ хв.}$$

### 035 Вертикально-фрезерна

1. Перевірити обробкою торець фланця технологічно витримавши розмір 88мм:

$$T_o = 6 \cdot l \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 88 \cdot 10^{-3} = 0,38 \text{ хв.}$$

$$T_{o\Sigma} = 0,38 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{ш-к} = T_o \cdot \varphi_k = 0,38 \cdot 1,84 = 0,7 \text{ хв.}$$

2. Для масового і великосерійного виробництва 0,65-0,75. Вибираємо  $\eta_{з.н.} = 0,75$ .

3. Кількість обладнання, необхідну для виконання кожної операції[4]:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{ш-к}}{60 \cdot F_{\partial} \cdot \eta_{з.н.}}, \quad (1.10)$$

$$010 \quad m_p = \frac{2000 \cdot 3}{60 \cdot 1950 \cdot 0,75} = 0,068; P=1;$$

$$015 \quad m_p = \frac{2000 \cdot 3}{60 \cdot 1950 \cdot 0,75} = 0,068; P=1;$$

$$020 \quad m_p = \frac{2000 \cdot 2,5}{60 \cdot 1950 \cdot 0,75} = 0,057; P=1;$$

$$025 \quad m_p = \frac{2000 \cdot 2,7}{60 \cdot 1950 \cdot 0,75} = 0,061; P=1;$$

$$030 \quad m_p = \frac{2000 \cdot 3}{60 \cdot 1950 \cdot 0,75} = 0,068; P=1;$$

$$035 \quad m_p = \frac{2000 \cdot 0,7}{60 \cdot 1950 \cdot 0,75} = 0,015; P=1;$$

4. Коефіцієнт завантаження обладнання[3]:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m}{P}. \quad (1.11)$$

010

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,068}{1} = 0,068;$$

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	009Б-25.00.00.00.000 ПЗ					



Таблиця 2.1. – Визначення кількості верстатів та операцій

Операція	$T_{ш-к}$	$m_p$	P	$\eta_{з.ф.}$	O
1	2	3	4	5	6
010	3	0,068	1	0,068	11,03
015	3	0,068	1	0,068	11,03
020	2,5	0,057	1	0,057	13,16
025	2,7	0,061	1	0,061	12,29
030	3	0,068	1	0,068	11,03
035	0,7	0,015	1	0,015	50

$$\sum O = 11,03 + 11,03 + 13,16 + 12,29 + 11,03 + 50 = 120,54;$$

$$\sum P = 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 = 6.$$

Розраховуємо коефіцієнт закріплення операції:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{120,54}{6} = 20,09.$$

$$N_c = \frac{N}{254}, \quad (1.13)$$

$$N_c = \frac{2000}{254} = 8шт.$$

Визначаємо добову продуктивність поточної лінії[4]:

$$Q_c = \frac{F_c}{T_{шк-сп}} \cdot \eta_{з.ф.сп.}, \quad (1.14)$$

$$T_{шк-сп.} = \frac{\sum T_{шт.кі.}}{n}, \quad (1.15)$$

$$\eta_{з.ф.сп.} = \frac{\sum_{s=1}^n \eta_{з.ф.i.}}{n}. \quad (1.16)$$

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,068 + 0,068 + 0,057 + 0,061 + 0,068 + 0,015}{6} = 0,056;$$

$$T_{шк-сп.} = \frac{3 + 3 + 2,5 + 2,7 + 3 + 0,7}{6} = 2,48хв;$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	009Б-25.00.00.00.000 ПЗ				



### Кількісна оцінка технологічності

Оскільки корпус підшипника має елементи і плоских, і циліндричних поверхонь, то відповідно визначимо коефіцієнт уніфікації циліндричних

Коефіцієнт уніфікації елементів [2]:

$$K_{ун.ел.} = \frac{Q_{ун.ел.}}{Q_{заг.ел.}} > 0,6, \quad (2.1)$$

$$K_{мч.} = \left(1 - \frac{1}{A_{сер.}}\right) > 0,8, \quad (2.2)$$

$$A_{сер.} = \frac{\sum A_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (2.3)$$

Зведемо всі квалітети на поверхні у таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Квалітети точності

$A_i$	$n_i$	$A_i \times n_i$
1	2	3
H12	12	144
H10	8	80
H9	5	45
H6	5	50
	$\sum = 30$	$\sum = 319$

$$A_{сер.} = \frac{319}{30} = 10,63,$$

$$K_{Т.О} = 1 - \frac{1}{10,63} = 0,906 > 0,8 \Rightarrow \text{отже, деталь технологічна.}$$

Коефіцієнт якості обробки (шорсткості поверхонь) [3]:

$$K_{ш.} = \frac{1}{B_{сер.}} < 0,32, \quad (2.4)$$

Шорсткості на поверхні зведемо у таблицю 2.2.

$$B_{сер.} = \frac{\sum B_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (2.5)$$

Таблиця 2.2. – Шорсткості на поверхні

$B_i$	$n_i$	$B_i \cdot n_i$
12,5	4	50
6,3	10	63
1,6	6	9,6
	$\sum = 20$	$\sum = 122,6$

$$B_{сер.} = \frac{122,6}{20} = 6,13,$$

$$K_{ш.} = \frac{1}{6,13} = 0,16 \Rightarrow \text{отже, деталь технологічна.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу[13]:

$$K_{в.м.} = \frac{m_{д.}}{m_{заг.}} = \frac{0,96}{1,37} = 0,7,$$

Деталь є технологічною, оскільки вона задовольняє всі умови пред'явлені до неї.

## 2.2 . Вибір технологічних баз

Сумарна похибка обробки повинна бути меншою допуску на розмір. Це стосується всіх розмірів, які отримуються на кожній технологічній операції [2].

$$W_{\Sigma} < T_{обр.} \quad (2.6)$$

В загальному випадку очікувана похибка обробки:

$$W_{\Sigma} = W_{н.р.} + W_{м.с.} + W_{уст.}, \quad (2.7)$$

«Похибка настоюваного розміру і похибка технологічної системи в сумі дорівнюють середній статичній точності і визначаються за таблицею» [3].

$$W_{уст.} = \sqrt{W_{б.}^2 + W_{закр.}^2}. \quad (2.8)$$

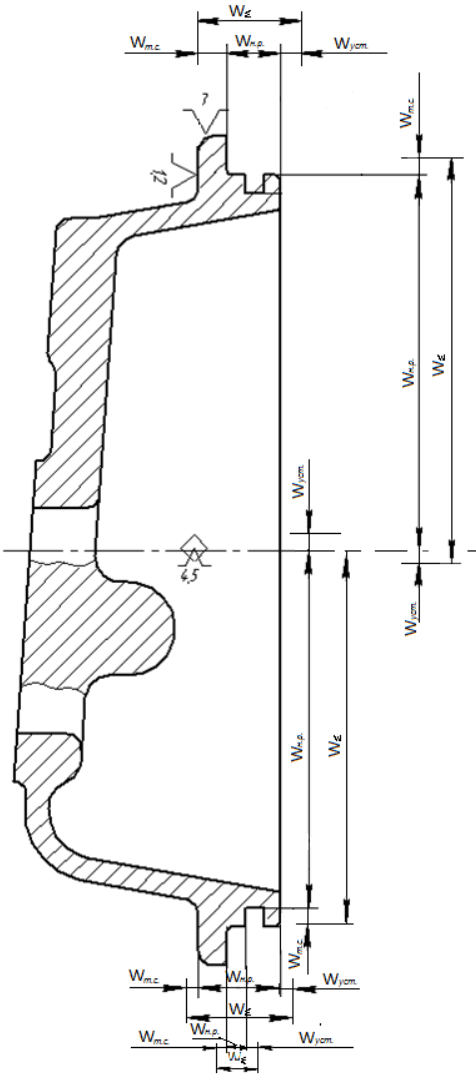
Її можна порахувати за формулами чи взяти із таблиць [1] та [4].

Розрахунки заносимо в таблицю 2.3.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

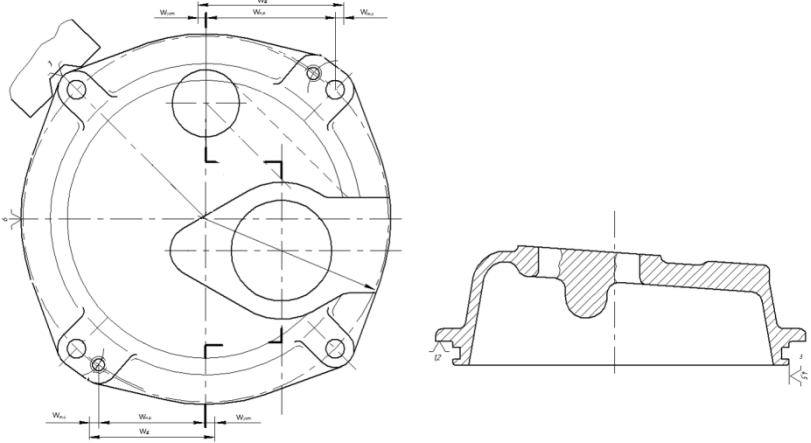
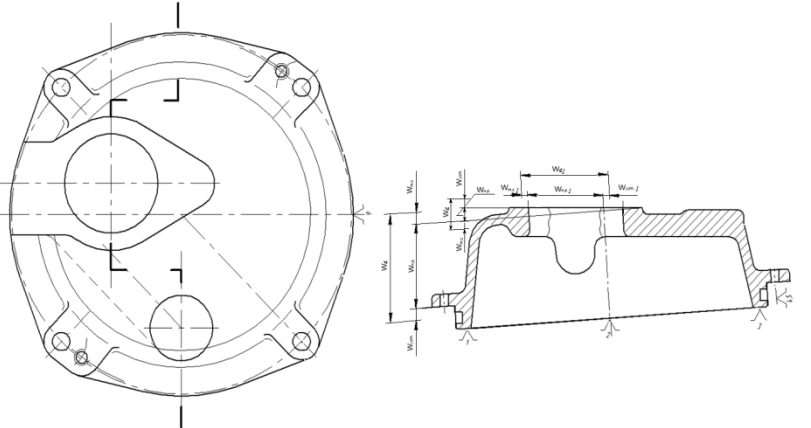
009Б-25.00.00.00.000 ПЗ

Таблиця 2.3. – Розрахунок похибки обробки

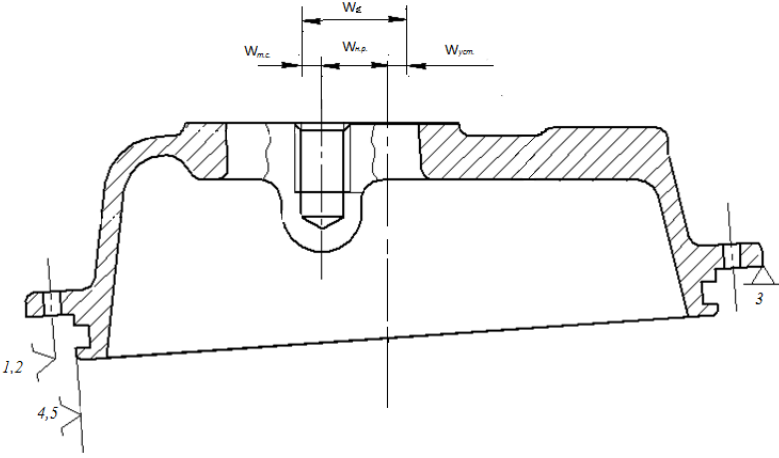
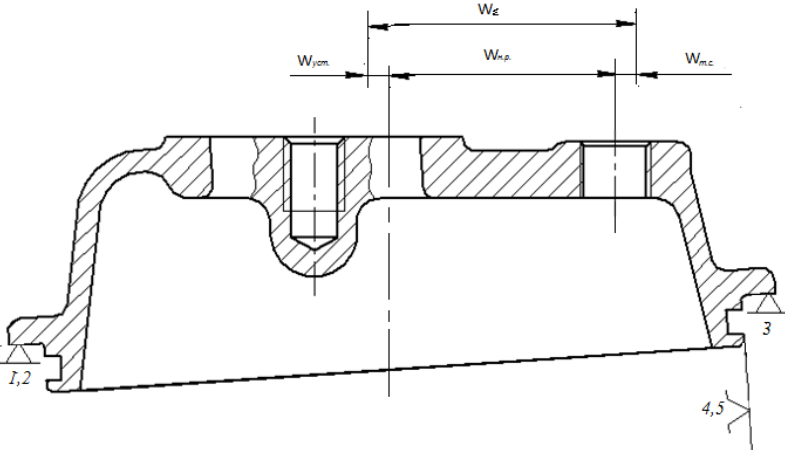
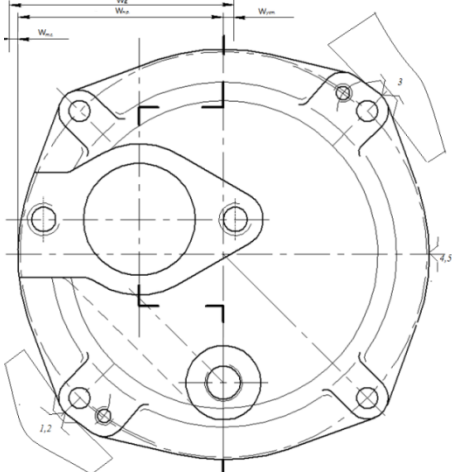
Операція	Розрахунок похибки обробки
1	2
<p style="text-align: center;">010 Токарно-гвинторізна</p> 	<p>1. <math>W_{\Sigma} = W_{н.р.} + W_{m.c.} + W_{уст.};</math>  <math>W_{c.} = W_{н.р.} + W_{m.c.}</math>  <math>W_{уст.} = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм};</math>  <math>W_{c.} = 0,3 \text{ мм};</math>  <math>W_{\Sigma} = 0,1 + 0,3 = 0,4 \text{ мм.}</math>  <math>A = 23,5 \pm 0,1 \text{ мм};</math>  <math>T = 0,25 \text{ мм.}</math></p> <p>2. <math>W_{\Sigma} = W_{н.р.} + W_{m.c.} + W_{уст.};</math>  <math>W_{c.} = W_{н.р.} + W_{m.c.}</math>  <math>W_{уст.} = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм};</math>  <math>W_{c.} = 0,3 \text{ мм};</math>  <math>W_{\Sigma} = 0,1 + 0,12 = 0,4 \text{ мм.}</math>  <math>A = 11,5 \pm 0,01 \text{ мм};</math>  <math>T = 0,25 \text{ мм.}</math></p> <p>3. <math>W_{\Sigma} = W_{н.р.} + W_{m.c.} + W_{уст.};</math>  <math>W_{c.} = W_{н.р.} + W_{m.c.}</math>  <math>W_{уст.} = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм};</math>  <math>W_{c.} = 0,12 \text{ мм};</math>  <math>W_{\Sigma} = 0,09 + 0,3 = 0,22 \text{ мм.}</math>  <math>A = 79,95 \pm 0,031 \text{ мм};</math>  <math>T = 0,062 \text{ мм.}</math></p> <p>4. <math>W_{\Sigma} = W_{н.р.} + W_{m.c.} + W_{уст.};</math>  <math>W_{c.} = W_{н.р.} + W_{m.c.}</math>  <math>W_{уст.} = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм};</math>  <math>W_{c.} = 0,12 \text{ мм};</math>  <math>W_{\Sigma} = 0,1 + 0,3 = 0,22 \text{ мм.}</math>  <math>A = 76,3 \pm 0,031 \text{ мм};</math>  <math>T = 0,062 \text{ мм.}</math></p> <p>5. <math>W_{\Sigma} = W_{н.р.} + W_{m.c.} + W_{уст.};</math>  <math>W_{c.} = W_{н.р.} + W_{m.c.}</math>  <math>W_{уст.} = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм};</math>  <math>W_{c.} = 0,3 \text{ мм};</math>  <math>W_{\Sigma} = 0,1 + 0,3 = 0,4 \text{ мм.}</math>  <math>A = 3 \pm 0,1 \text{ мм};</math>  <math>T = 0,25 \text{ мм.}</math></p>

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

Продовження таблиці 2.3

1	2
<p style="text-align: center;"><b>015 Агрегатно-свердлильна</b></p> 	<p>1. <math>W_{\Sigma} = W_{н.р.} + W_{м.с.} + W_{уст.};</math>  <math>W_c = W_{н.р.} + W_{м.с.}</math>  <math>W_{уст.} = 0,02 \text{ мм};</math>  <math>W_c = 0,04 \text{ мм};</math>  <math>W_{\Sigma} = 0,02 + 0,04 = 0,06 \text{ мм.}</math>  <math>A = 61,5 \pm 0,1 \text{ мм};</math>  <math>T = 0,054 \text{ мм.}</math></p> <p>2. <math>W_{\Sigma} = W_{н.р.} + W_{м.с.} + W_{уст.};</math>  <math>W_c = W_{н.р.} + W_{м.с.}</math>  <math>W_{уст.} = 0 \text{ мм};</math>  <math>W_c = 0,02 \text{ мм};</math>  <math>W_{\Sigma} = 0,1 + 0,15 = 0,25 \text{ мм.}</math>  <math>A = 51 \pm 0,1 \text{ мм};</math>  <math>T = 0,025 \text{ мм.}</math></p>
<p style="text-align: center;"><b>020 Вертикально-фрезерна</b></p> 	<p>1. <math>W_{\Sigma} = W_{н.р.} + W_{м.с.} + W_{уст.};</math>  <math>W_c = W_{н.р.} + W_{м.с.}</math>  <math>W_{уст.} = 80 \text{ мкм} = 0,08 \text{ мм};</math>  <math>W_c = 0,12 \text{ мм};</math>  <math>W_{\Sigma} = 0,12 + 0,08 = 0,2 \text{ мм.}</math>  <math>A = 42,5 \pm 0,1 \text{ мм};</math>  <math>T = 0,19 \text{ мм.}</math></p> <p>2. <math>W_{\Sigma} = W_{н.р.} + W_{м.с.} + W_{уст.};</math>  <math>W_c = W_{н.р.} + W_{м.с.}</math>  <math>W_{уст.} = 20 \text{ мкм} = 0,02 \text{ мм};</math>  <math>W_c = 0,12 \text{ мм};</math>  <math>W_{\Sigma} = 0,12 + 0,02 = 0,14 \text{ мм.}</math>  <math>A = 8 \pm 0,16 \text{ мм};</math>  <math>T = 0,19 \text{ мм.}</math></p>

Продовження таблиці 2.3

1	2
<p style="text-align: center;"><b>025 Агрегатно-свердлильна</b></p> 	<p>1. <math>W_{\Sigma} = W_{н.р.} + W_{м.с.} + W_{уст.};</math>  <math>W_c = W_{н.р.} + W_{м.с.}</math>  <math>W_{уст.} = 20 \text{ мкм} = 0,02 \text{ мм};</math>  <math>W_c = 0,04 \text{ мм};</math>  <math>W_{\Sigma} = 0,04 + 0,02 = 0,06 \text{ мм.}</math>  <math>A = 15 \pm 0,1 \text{ мм};</math>  <math>T = 0,25 \text{ мм.}</math></p>
<p style="text-align: center;"><b>030 Радіально-свердлильна</b></p> 	<p>1. <math>W_{\Sigma} = W_{н.р.} + W_{м.с.} + W_{уст.};</math>  <math>W_c = W_{н.р.} + W_{м.с.}</math>  <math>W_{уст.} = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм};</math>  <math>W_c = 0,15 \text{ мм};</math>  <math>W_{\Sigma} = 0,09 + 0,15 = 0,25 \text{ мм.}</math>  <math>A = 55 \pm 0,1 \text{ мм};</math>  <math>T = 0,25 \text{ мм.}</math></p>
<p style="text-align: center;"><b>035 Вертикально-фрезерна</b></p> 	<p>1. <math>W_{\Sigma} = W_{н.р.} + W_{м.с.} + W_{уст.};</math>  <math>W_c = W_{н.р.} + W_{м.с.}</math>  <math>W_{уст.} = 120 \text{ мкм} = 0,12 \text{ мм};</math>  <math>W_c = 0,2 \text{ мм};</math>  <math>W_{\Sigma} = 0,12 + 0,2 = 0,32 \text{ мм.}</math>  <math>A = 88 \pm 0,16 \text{ мм};</math>  <math>T = 0,35 \text{ мм.}</math></p>

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

009Б-25.00.00.00.000 ПЗ

Арк.

### 2.3. Визначення допусків на технологічні розміри і розрахунок припусків

Заготовка являє собою зварювальну конструкцію, попередньо оброблену, вагою 1,37кг. Розглянемо для прикладу аналітичний розрахунок розміру діаметром 159,9Н9 і внутрішньої циліндричної поверхні 6, 65Н6 мм. Технологічний процес складається з операцій попереднього і чистового зенкерування та розвертування, виконаних при одній установці.

Розрахунок розрахунково-аналітичного методу вносимо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4. – Розрахунок припуску

Технологічні переходи	Припуск				Розрахунковий припуск, мкм	Розрахунковий розмір $d_{p_i}$ , мм	Допуск, мкм	Максимальний розмір, мм		Допустиме значення припусків	
	$R_{z_{i-1}}$	$h_{i-1}$	$\rho_{i-1}$	$W_{y_i}$				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2Z_{\min}^{np}$	$2Z_{\max}^{np}$
Заготовка	200	100	294	-	-	159,17	1000	158,17	159,17	-	-
Точіння чистове	20	20	3	100	2*415,5	160	400	159,6	160	830	1430
										830	1430

«Заготовка являє собою вилівок масою 1,37 кг. Техпаспорт на обробку зовнішньої циліндричної поверхні Ø159,9 мм складається з одного проходу (чистового точіння), що виконується з однією установкою обробленої деталі. Основа і отвір будуть служити опорою для заготовки.

Відхилення для заготовки визначається за формулою»[6]:

$$\rho_{\zeta} = \sqrt{\rho_1^2 + \rho_2^2}.$$

$$\rho_{1.} = \sqrt{(\Delta_{\kappa.} \cdot d)^2 + (\Delta_{\kappa.} \cdot l)^2} = \sqrt{(0,7 \cdot 50)^2 + (0,7 \cdot 290)^2} = 57,5 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{\kappa.} = 1 \text{ мкм.};$$

											Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	009Б-25.00.00.00.000 ПЗ						



Заготовка	200	10 0	25	-	-	6,8	220	6,58	6,8	-	-
Свердління	30	50	1,5	10 0	2·413	7,63	100	7,53	7,63	830	930
Нарізання різьби	5	0	0	11 0	2·190	8,008	9	7,9	8,008	370	378
										1200	1308

Сумарне значення визначається за формулою[4]:

$$\rho_{\zeta} = \sqrt{\rho_1^2 + \rho_2^2}.$$

$$\rho_1 = \rho_3 \cdot K_y = 25 \cdot 0.06 = 1,5 \text{ мкм};$$

$$\rho_{\zeta} = \sqrt{\rho_{\bar{m}}^2 + \rho_{\bar{e}i\delta}^2};$$

$$\rho_2 = \rho_1 \cdot K_y = 1,5 \cdot 0.002 = 0,003 \approx 0 \text{ мкм};$$

$$\rho_3 = \sqrt{(\Delta_y \cdot l)^2 + C_0^2} = \sqrt{(1,7 \cdot 12)^2 + 15^2} = 25 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{\kappa} = 1,7.$$

$$2 \cdot Z_{\min_i} = 2 \cdot (R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + W_{y_i}^2}).$$

$$2 \cdot Z_{\min 1} = 2 \cdot 300 + 2\sqrt{25^2 + 110^2} = 2 \cdot 413 \text{ мкм};$$

$$2 \cdot Z_{\min 2} = 2 \cdot (30 + 50) + 2\sqrt{1,5^2 + 110^2} = 2 \cdot 190 \text{ мкм};$$

$$d_{p2} = 8,008 \text{ мкм};$$

$$d_{p1} = d_{p4} - 2 \cdot Z_{\min 3} = 8,008 - 0,38 = 7,63 \text{ мкм};$$

$$d_{p3} = d_{p3} - 2 \cdot Z_{\min 2} = 7,63 - 0,826 = 6,8 \text{ мкм};$$

На решту оброблюваних поверхонь записуємо їх значення в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5. – Загальні припуски і допуски на оброблювані поверхні

Поверхня деталі	Клас точності розмірів	Степінь точності поверхні	Ряд припуску	Допуск розміру, мм	Спосіб кінцевої обробки	Значення припуску
1	2	3	4	5	6	7
1	5Г-11	9-16	1-3	3,6	чистова	3

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

2	5Г-11	9-16	1-3	3,3	чорнова	3
3	5Г-11	9-16	1-3	3,3	чорнова	3
4	5Г-11	9-16	1-3	3,6	чорнова	3,7
5	5Г-11	9-16	1-3	3,3	чорнова	3
6	5Г-11	9-16	1-3	2,8	чорнова	3,5

Графічне позначення припусків і допусків на обробку отвору  $\varnothing 159,9H9$  і 6,65H6 кришки водо масляного радіатора показано на рисунку 2.1 і 2.2.

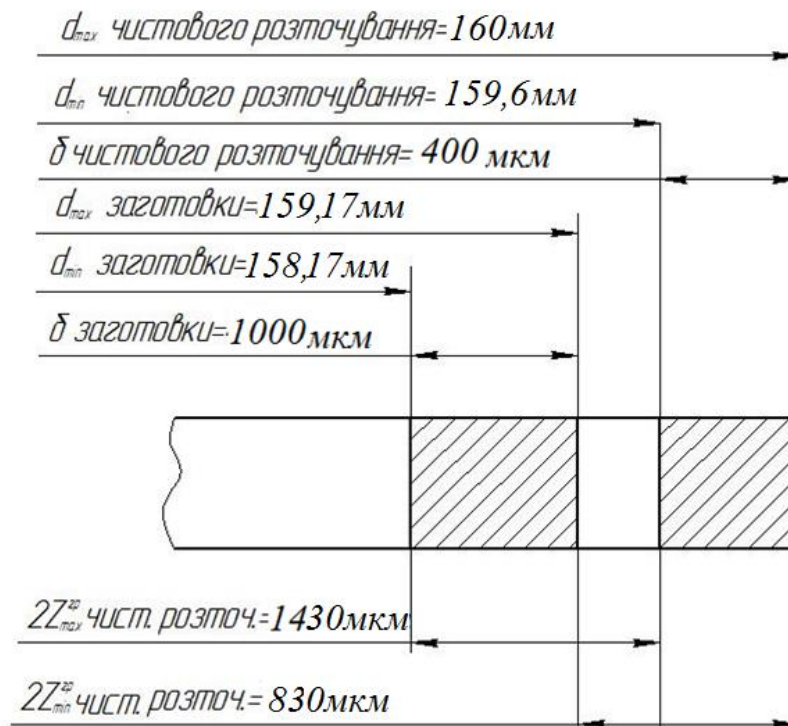


Рисунок 2.1 Схема графічного позначення припусків і допусків на зовнішньої циліндричної поверхні  $\varnothing 159,9H9$  мм.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	009Б-25.00.00.00.000 ПЗ				

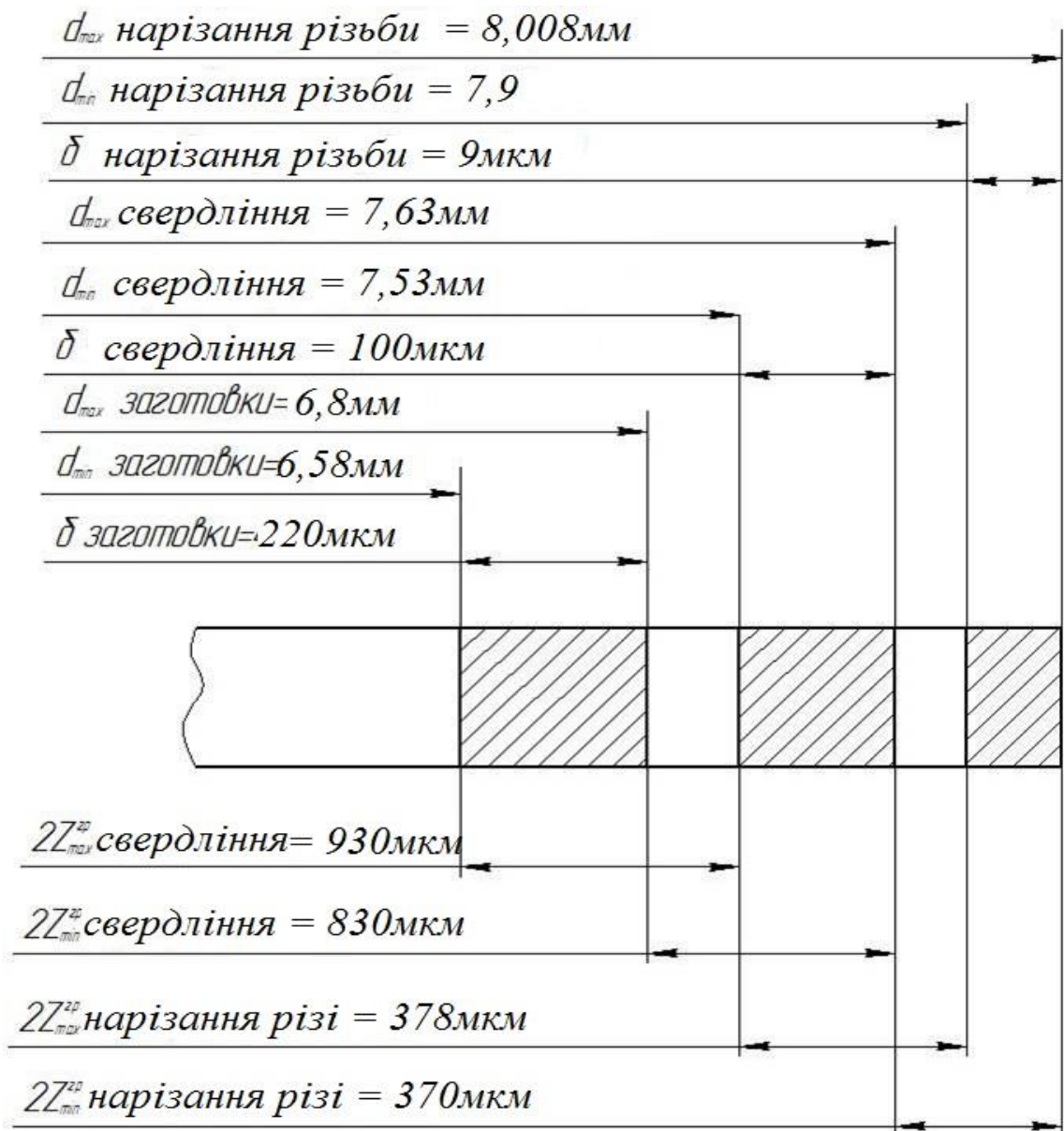


Рисунок 2.2 Схема графічного позначення припусків і допусків на зовнішньої циліндричної поверхні  $\varnothing 6,65, 9H6$  мм

#### 2.4. Розрахунок режимів різання, вибір обладнання

При визначенні факторів режиму різання враховують вид обробки, тип і розміри інструменту, глибина різання  $t$ : при чорновій обробці призначається по можливості. Швидкість різання  $V$ :

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (2.11)$$

Дійсна швидкість[4]:

						009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			



$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p$$

де  $C_M = 0,005$ ;  $q = 2$ ;  $y = 0,8$ ;  $K_p = K_{Mp}$

$$K_{Mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n$$

де  $n = 1$

$$K_{Mp} = \left( \frac{750}{750} \right)^1 = 1;$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,005 \cdot 9^2 \cdot 0,4^{0,8} \cdot 1 = 1,95 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Осьова сила[4]:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p$$

де  $C_p = 9,8$ ;  $q = 1,0$ ;  $y = 0,7$ ;  $K_p = K_{Mp} = 1$   $P_0 = 10 \cdot 9,8 \cdot 9^{1,0} \cdot 0,4^{0,7} \cdot 1 = 464 \text{ Н}.$

## 2.5. Нормування технологічного процесу

№ операції	№ переходу	t, мм	S, мм/об або $S_z$ , мм/зуб	V, м/хв	n, хв <sup>-1</sup>	$N_{різ.}$ , кВт	$T_{осн.}$ , хв
010	1	3	0,2	651,2	1250	3,3	0,7
	2	5,6	0,2	627,6	1250	6	0,7
015	1	4,5	0,4	7,47	1500	0,3	0,03
	2	3,5	0,1	13,38	355	0,16	0,21
	3	1,6	0,1	6,3	1500	0,08	0,1
	4	1,5	1,5	8,9	355	1,6	0,08
020	1	3	0,1	98,1	125	1,5	0,6
025	1	2,5	0,3	100,4	800	3,4	0,4
	2	0,5	0,25	100,4	800	1,9	0,3
030	1	4,0	0,65	98,9	500	3,5	0,2
	2	1,6	0,1	8,7	1500	0,04	0,08
035	1	1,5	0,1	648	355	3,1	1,3

Залежно від організаційної форми виробництва проводимо розрахунок технічних норм часу [4]. Для багатосерійного виробництва розраховуємо штучно-калькуляційний час [4]:

$$T_{шт-к} = \frac{T_{н.з.}}{n} + T_{шт.}, \quad (2.19)$$

						009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Визначимо операційний час для токарно-копіювальної операції 010.

Копіювальний супорт. Підрізаємо торець 1 начорно:

Визначаємо основний час[6]:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot s}, \quad (2.20)$$

«де  $L = L_1 + L_2 + L_3$ ,

$$L = 7,5 + 1,5 + 1,5 = 10,5 \text{ мм.}$$

$$n = 1250 \text{ об / хв};$$

$$s = 0,32 \text{ мм / об.} \text{»}[6]$$

$$T_o = \frac{10,5}{1250 \cdot 0,32} = 0,02 \text{ хв.}$$

Точіння фаски:

$$L_1 = 1 \text{ мм};$$

$$L_2 = 0,5 \text{ мм}; \quad L_3 = 0,5 \text{ мм};$$

$$L = 1 + 0,5 + 0,5 = 2 \text{ мм.}$$

$$n = 1250 \text{ об / хв};$$

$$s = 0,15 \text{ мм / об.}$$

$$T_o = \frac{2}{1250 \cdot 0,15} = 0,01 \text{ хв.}$$

Точіння зовнішнього діаметра:

$$L = 14,5 \text{ мм.}$$

$$n = 1250 \text{ об / хв};$$

$$s = 0,32 \text{ мм / об.}$$

$$T_o = \frac{14,5}{1250 \cdot 0,32} = 0,08 \text{ хв.}$$

Точіння торця 2:

$$L = 11 \text{ мм.}$$

$$n = 1250 \text{ об / хв};$$

$$s = 0,32 \text{ мм / об.}$$

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Таблиця 2.7. – Нормування технологічного процесу

№ Опе- рації	T <sub>о</sub> , хв	T <sub>д</sub> , хв.			T <sub>оп</sub> , хв.	T <sub>об.від,Х</sub> В.	T <sub>шт</sub> , хв.	T <sub>шт-к</sub> , хв.
		T <sub>уст</sub> ,	T <sub>вим</sub> ,	T <sub>упр</sub> ,				
015	0,488	0,051	0,38	0,061	1,004	0,07	1,07	1,194
020	0,056	0,051	0,16	0,061	0,352	0,025	0,37	0,497
025	0,16	0,051	0,38	0,061	0,676	0,047	0,72	0,843
030	0,12	0,055	0,12	0,2	0,519	0,047	0,56	0,746
040	0,674	0,055	0,23	0,086	1,069	0,064	1,13	1,193
045	0,996	0,051	0,81	0,256	2,137	0,118	2,25	2,315

### РОЗДІЛ 3

#### КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

##### 3.1. Проектування технологічного оснащення

##### 3.1.1 Вибір і обґрунтування принципу дії, структурної схеми

Сконструюємо верстат для фрезерування поверхні діаметром 159,9 мм. Пристрій монтується на вертикально-фрезерному верстаті моделі 6П12. Паспортні дані машини:

- Робоча поверхня столу – 1250 x 320 мм;
- Максимальна сила подачі 530 Н.
- Потужність головного приводу – 7,5 кВт. Апарат оснащений пневматичним приводом. З аналізу заготовки зрозуміло, що поверхні А і В слід використовувати як еталони для монтажу в пристосуванні. Це включає в себе попередню обробку нижніх поверхонь компонентів.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	009Б-25.00.00.00.000 ПЗ				

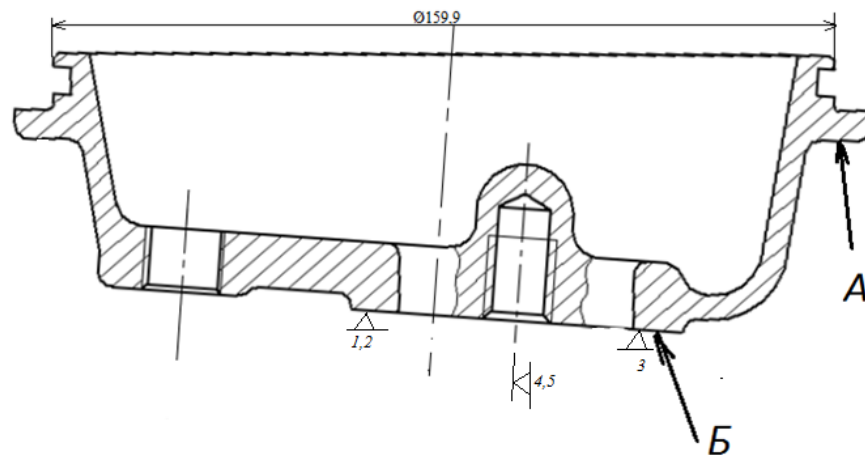


Рисунок 3.1 – Схема базування деталі

### 3.1.2. Силовий розрахунок параметрів приводу

Під час обробки на шаблоні на заготовку діють сили обробки, сили інерції, випадкові сили, вторинні сили, а також реакції сил затиску та елементів шаблону. При цьому заготовка повинна бути збалансованою. Усі наведені сили є векторними величинами, кожна з яких має свій напрямок і значення.

«Розрахунок сил затиску зводиться до вирішення задачі про статичну рівновагу заготовки в пристрої під дією діючих на неї сил і моментів. Обраним пристроєм були пневматичні лещата з механізованим приводом. Машинні лещата використовуються для надійного утримання деталей на місці, коли виріб потрібно тримати під певним кутом під час фрезерування. Лещата встановлені на обертовій платформі і можуть вільно обертатися навколо вертикальної осі»[4].

Після вибору способу кріплення заготовки та розміщення опорних елементів у пристосуванні визначають розмір, розташування та напрямок зусилля затиску на деталі. Далі вибираємо тип силового приводу для переміщення затискних елементів. На основі цих даних складається діаграма, що відображає взаємодію сил різання і затиску на деталях, встановлених у верстаті (рисунок 3). Після вирішення статичної задачі про рівновагу робочого органу під дією діючих сил і моментів визначаються сили затиску. При розрахунку сили затиску враховують пружні властивості затискного пристрою. У цьому випадку затискний пристрій відноситься до другої групи (рис. 3.2).

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

009Б-25.00.00.00.000 ПЗ



$$W = \frac{D^2 \pi P \eta}{4}$$

де  $W=37167,52H$

$p=0,6MPa$

$\eta=0,9$  – ККД,

Звідси отримаємо:

$$D = \sqrt{\frac{4W}{\pi P \eta}} = 274_{мм},$$

Остаточно розрахуємо сили на штоці поршневого пневмоприводу двохсторонньої дії [3]:

- штовхаюча сила:

$$P_{ш} = \frac{D^2 \pi P \eta}{4} = 43\,407,36H, \text{ що і потрібно було досягнути.}$$

Розрахунковий діаметр приймаємо  $D=320мм$ .

### 3.1.3. Розрахунок на точність

$$\Sigma E = k \sqrt{E_a^2 - E_{pn}^2 + E_{py}^2 + E_{\delta}^2 + E_3^2 + E_{pne}^2 + E_n^2 + E_{pz}^2 + E_{no}^2 + E_i^2 + E_{zn}^2 + E_t^2}$$

де  $E_a=0,012мм$

$E_{pn}=0,035мм$

$E_{py}=0,038мм$

$E_{\delta}=0мм$

$E_3=0,07мм$

$E_{pne}=0,01мм$

$E_n=0,01мм$

$E_{pz}=0,01мм$

$E_{no}=0мм$

$E_i=0,02мм$

$E_{zn}=0,01мм$

$E_t=0мм$

$k=1,1$

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



«Точність системи контролю залежить від точності вимірювальної головки, штатива і опорної плити, до якої кріпиться заготовка. Оскільки шорсткість поверхні пластини дуже мала, похибки позиціонування на ній незначні. Тоді, похибка вимірювання буде рівна» [6]:

$$\varepsilon_6 = \sqrt{\varepsilon_z + \varepsilon_{ш}} = \sqrt{0,001^2 + 0,004^2} = 0,004 \text{ мм};$$

$$\varepsilon_z = 0,001 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{ш} = 0,004 \text{ мм}$$

Похибка вимірювання не впливає на кінцевий результат процесу вимірювання.

### 3.2.2 Загальний опис конструкції, принцип дії

Контрольний пристрій призначений для перевірки допуску прямокутності торця заготовки відносно осі отвору. Блок контролю складається з корпусу 1, до якого гайкою 15 прикріплена стійка 4, яка з'єднана зі штативом 5, на якому закріплений індикатор 9. Компоненти базуються на регульованих штифтах. Заготовка закріплюється за допомогою пневматичної камери 3, до якої подається стиснене повітря від входу 8. Робочий тиск пневмокамери становить 0,4 МПа. При перевірці допуску прямокутності торця деталі відносно осі отвору деталь обертається за допомогою кулькових радіальних підшипників 19. Відстань від головки індикатора до контрольованої поверхні регулюється за допомогою гвинта 12. Ціна поділки індикатора становить 0,001 мм. Контрольований параметр не повинен перевищувати 0,02 мм.

### 3.3. Розрахунок спеціального ріжучого інструменту

З метою скорочення часу, який затрачається на виготовлення деталі, доцільно використовувати спеціальні ріжучі інструменти. В якості спеціального інструменту використаємо свердло-зенківку. Обробка здійснюється на вертикально-свердлильному верстаті моделі 2Н150. Заготовка встановлюється на пристосуванні. Матеріал свердел і зенкерів - Р6М5 за ГОСТ 19265-93, матеріал

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	009Б-25.00.00.00.000 ПЗ				





Зенкування

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p ;$$

де  $C_p = 23,5$ ;  $x = 1,2$ ;  $y = 0,4$ ;

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{HB}{190}\right)^n = \left(\frac{190}{190}\right)^{0,6} = 1,0.$$

Слідуює:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 23,5 \cdot 1,6^{1,2} \cdot 0,1^{0,4} \cdot 1,0 = 208,02 \text{ Н};$$

Крутний момент  $M_{кр}$ ,  $H \cdot m$  [6]:

Свердління:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p ;$$

де  $C_m = 0,021$ ;  $q = 2$ ;  $y = 0,8$ ;

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{HB}{190}\right)^n = \left(\frac{190}{190}\right)^{0,6} = 1,0;$$

Слідуює:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,021 \cdot 6,7^2 \cdot 0,1^{0,8} \cdot 1,0 = 4,4 \text{ Н} \cdot m$$

Зенкування:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p ;$$

де  $C_m = 0,085$ ;  $q = 0,85$ ;  $x = 0,75$ ;  $y = 0,8$ ;

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{HB}{190}\right)^n = \left(\frac{190}{190}\right)^{0,6} = 1,0.$$

Слідуює:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,085 \cdot 10^{0,85} \cdot 1,6^{0,75} \cdot 0,1^{0,8} \cdot 1,0 = 2,17 \text{ Н} \cdot m$$

1. Визначаємо номер конуса хвостовика [6]

$$d_{cp} = \frac{6 \cdot M_{кр} \cdot \sin \theta}{\mu \cdot P_0 (1 - 0,04 \Delta \theta)}$$

де  $M_{кр}$  - момент опору сил різанню,  $H \cdot m$ ;

$P_0$  - осьова сила,  $H$ ;

$\mu = 0,096$  - коефіцієнт тертя;

$\theta = 1^\circ 26' 16''$  - половина кута конуса (конусність рівна  $0,05020$ ;  $\sin \theta = 0,0251$ );

$\Delta \theta = 5'$  - відхилення кута конуса.

$$d_{cp} = \frac{6 \cdot 0,5 \cdot 0,0251}{0,096 \cdot 109,5 (1 - 0,04 \cdot 5)} = 0,03;$$

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





## РОЗДІЛ 4

### ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ДІЛЬНИЦІ

#### 4.1. Уточнення типу виробництва

Розрахункова кількість обладнання для кожної операції [6]:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{ш-к}}{60 \cdot F_{\delta} \cdot \eta_{з.н.}}, \quad (4.1)$$

Розрахунок проведемо для операції 010, для інших операцій розрахунки зведемо в таблицю 4.1.

$$m_p = \frac{2000 \cdot 3}{60 \cdot 1950 \cdot 0,75} = 0,068; P=1;$$

Розраховуємо фактичний коефіцієнт завантаження обладнання [7]:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m}{P}. \quad (4.2)$$

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,068}{1} = 0,068;$$

Розраховуємо кількість операцій:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}}. \quad (4.3)$$

$$O = \frac{0,75}{0,068} = 11,03;$$

Таблиця 4.1. – Визначення кількості верстатів та операцій

Операція	$T_{ш-к}$	$m_p$	P	$\eta_{з.ф.}$	O
1	2	3	4	5	6
010	3	0,068	1	0,068	11,03
015	3	0,068	1	0,068	11,03
020	2,5	0,057	1	0,057	13,16
025	2,7	0,061	1	0,061	12,29
030	3	0,068	1	0,068	11,03
035	0,7	0,015	1	0,015	50

$$\sum O = 11,03 + 11,03 + 13,16 + 12,29 + 11,03 + 50 = 120,54;$$

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sum P = 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 = 6.$$

Розраховуємо коефіцієнт закріплення операції:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{120,54}{6} = 20,09.$$

Оскільки  $1 < K_{з.о.} = 1,98 < 10$ , то приймаємо дрібносерійний тип виробництва.

#### 4.2. Визначення кількості працівників на дільниці

$$P_{\epsilon} = M_{p.в.} \cdot m \cdot K_n, \quad (4.4)$$

$$M_{p.в.} = \frac{m_n}{K_m}. \quad (4.5)$$

$$m_n = 6;$$

Для багатосерійного виробництва  $K_m = 1,1 \div 1,2$ . Приймаємо  $K_m = 1,2$ .

$$M_{p.в.} = \frac{6}{1,2} = 5.$$

$$K_n = \frac{\Phi_{н.р.}}{\Phi_{д.р.}}, \quad (4.6)$$

$$\Phi_{н.р.} = 2070 \text{ год} \quad \Phi_{д.р.} = 1820 \text{ год.}$$

$$K_n = \frac{2070}{1820} = 1,14.$$

Тоді

$$P_{\epsilon} = 5 \cdot 2 \cdot 1,14 = 11,4 \approx 12.$$

«Базову кількість верстатників важко стандартизувати і в принципі вона не визначена. Тому кількість верстатників визначається як відсоток від кількості верстатників» [6]:  $3 \div 4\%$ .

$$P_{нев} = P_{\epsilon} \cdot (1 \div 3\%) = 12 \cdot 2\% = 0,24 \approx 1.$$

Дільниці з невеликою кількістю обладнання зазвичай обслуговуються загальним штатом допоміжних робітників.

#### 4.3. Розрахунок виробничої площі дільниці

						009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Виробнича площа дільниці для отримання деталі [8]:

$$F_{вир.} = \sum m_n \cdot F_{вер.д.} \quad (4.7)$$

Розрахунок виробничої площі дільниці зведемо у таблицю 4.2.

Таблиця 4.2. – Розрахунок виробничої площі дільниці

Назва операції	Обладнання	Площа на плані, м <sup>2</sup>	Кількість обладнання на дільниці	Питома виробнича площа, м <sup>2</sup>	Загальна питома площа, м <sup>2</sup>
Токарно-гвинторізна	16К20	4x2	1	15	15
Агрегатно-свердлильна	2Н125	4x2	1	11	11
Вертикально-фрезерна	6Р12	4x2	1	16	16
Агрегатно-свердлильна	2Н125	1,8x0,8	1	11	11
Радіально-свердлильна	2К52	1,8x0,8	1	9	9
Вертикально-фрезерна	6Р12	4x2	1	16	16

Загальна кількість обладнання – 6.

$$F_{вир.} = 15 + 11 + 16 + 11 + 9 + 16 = 78 \text{ м}^2.$$

#### 4.4. Розробка технологічного планування дільниці

«На листі викреслюємо план дільниці в масштабі 1:200. На дільниці знаходиться 6 верстатів: 1 токарно-гвинторізний, 2 вертикально-фрезерний, 2 агрегатно-свердлильних і 1 радіально-свердлильний. Тому вибираємо сітку колон з шириною дільниці  $L = 24 \text{ м}$  і кроком колон  $t = 12 \text{ м}$ . Розміри основних колон в поперечному перерізі приймаємо  $0,5 \times 0,5 \text{ м}$ .» [7].

#### 4.5 . Основні техніко-економічні показники дільниці

Таблиця 4.3 – Основні техніко-економічні показники дільниці [8]

Найменування показників і одиниці вимірювань	По дільниці
1	2
Загальні показники (основні дані)	
1. Найменування виробу	кришка водо масляного радіатора передня
2. Річна програма випуску, т.	1,92
3. Працеемність виготовлення, год.	1793,4

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Кількість основного обладнання	
- дрібного	3
- середнього	3
- крупного	-
- особливо крупного	-
- всього	6
5. Тип виробництва	дрібносерійне
6. Кількість робітників, прац.:	
- основних	12
- допоміжних	-
- ІТП	-
- ЛКП	-
- МОП	-
- всього	-
7. Виробничі площі, м <sup>2</sup> :	
- основного виробництва	78
- допоміжного виробництва	
- складів і комор	
- магістральних проїздів	
- службово- побутових і	
Питомі показники (відносні)	
1. Середній коефіцієнт завантаження обладнання	1,14
2. Питома площа на один основний верстат, м <sup>2</sup> :	
- загальна	14,2
- виробнича	13
3. Річний випуск на один основний верстат, верстато-год.	969,7
4. Річний випуск на одного основного робітника, верстато-год.	560

## РОЗДІЛ 5

### ОХОРОНА ПРАЦІ

#### 5.1. Аналіз стану охорони праці на підприємстві

Для оцінки рівня травматизму розрахуємо показники його частоти та тяжкості:

$$P_{\text{чт.}} = 1000 \cdot A / T, \quad (5.1)$$

$$P_{\text{тж.}} = D / A, \quad (5.2)$$

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$A_1 = 1 \text{чол. } A_2 = 4 \text{чол. } A_{\text{заг}} = 1 + 4 = 5 \text{чол.}$$

$$T = 561 \text{чол.}$$

$$D = D_1 + D_2 = 3 + 15 = 18 \text{днів}; P_{\text{чм.}} = 1000 \cdot 5 / 561 = 8,91; P_{\text{мм}} = 18 / 5 = 3,6.$$

$$P_{\text{мм.}} = 1000 \cdot D / T; \quad (5.3)$$

$$P_{\text{мм.}} = 1000 \cdot 18 / 561 = 32,08 \text{людино-днів.}$$

Показники інтенсивності захворювань та непрацездатності, які припадають на 100 працюючих і тривалості захворювання відповідно визначають за виразами:

$$P_{\text{із.}} = 100 \cdot C / P; \quad (5.4)$$

$$P_{\text{мм.}} = 1000 \cdot D / P; \quad (5.5)$$

$$P_{\text{мп.}} = D / C; \quad (5.6)$$

$$P_{\text{із.}} = 100 \cdot 449 / 561 = 80,036;$$

$$P_{\text{мм.}} = 1000 \cdot 5387 / 561 = 960,25;$$

$$P_{\text{мп.}} = 5387 / 449 = 11,99 \approx 12.$$

Результати показують, що небезпечні та шкідливі виробничі фактори для лиття виробництва: конденсований пил, розподіл пари та газу, надмірне видалення тепла, надмірне теплове випромінювання, збільшення шуму та вібрації, наявність електромагнітного випромінювання, електричного випромінювання, ми можемо зробити висновок про те, що він може зробити висновок існує. Наявність посиленних напружених мобільних пристроїв та механізмів впливає на загальну захворюваність та ефективність та рівень порушень працівників.

## 5.2. Аналіз стану пожежної безпеки

«Пожежна безпека енергетичних підприємств забезпечується через впровадження комплексу організаційних, технічних та інших заходів. Їхня мета полягає у запобіганні виникненню пожеж, гарантуванні безпеки людей, мінімізації матеріальних збитків, зменшенні негативного впливу на довкілля, створенні умов для оперативного виклику пожежних бригад і ефективного

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

гасіння пожеж. Водночас особлива увага приділяється евакуації людей, документів і цінностей із зон, де виникає чи може поширитися пожежа»[8].

Керівник енергетичного підприємства зобов'язаний чітко розподілити обов'язки посадових осіб щодо дотримання заходів з пожежної безпеки. Він має видати відповідний наказ, яким призначити відповідальних осіб за забезпечення протипожежного захисту для окремих будівель, цехів, споруд, приміщень, а також технологічного та інженерного обладнання. Крім того, до їхніх обов'язків входить контроль за підтримкою в належному стані та експлуатацією технічних засобів пожежного захисту. Першочергові засоби пожежогасіння розташовуються на пожежних щитах, які слід установлювати на території підприємства з розрахунку один щит на кожні 5000 м<sup>2</sup>. Щити повинні бути пофарбовані в червоний колір, тоді як пожежний інструмент — у чорний. Серед основних засобів пожежогасіння особливу значущість мають вогнегасники різних типів: водяні, порошкові, вуглекислотні та газові[9].

### 5.3. Виявлення небезпечних і шкідливих виробничих факторів

До біологічних небезпечних і шкідливих виробничих факторів відносяться: - патогенні мікроорганізми, такі як бактерії, віруси, гриби та інші, а також продукти їхньої життєдіяльності; - різноманітні макроорганізми. Психофізіологічні небезпечні й шкідливі виробничі фактори включають: - фізичні перевантаження, що можуть бути як статичними, так і динамічними; - нервово-психічні навантаження, які охоплюють розумову діяльність, перенапруження органів чуття, монотонність виконуваних завдань і емоційні перевантаження. Досліджувана ділянка являє собою зону механічної обробки деталі «Кришка водомасляного радіатора»[10]. На цій ділянці деталі проходять обробку на токарно-гвинторізних, вертикально-фрезерних, вертикально-свердлильних і радіально-свердлильних верстатах. Технологічний процес механічної обробки включає такі операції, як точіння, фрезерування, свердління та зенкування. У цьому контексті необхідно ретельно оцінити всі потенційно небезпечні та шкідливі фактори, які можуть впливати на працівника. На робочих ділянках

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПуАТ «НЛЗ» вібрації відносяться до 3-ї категорії, що класифікуються як технологічні. Вони впливають на працівників на робочих місцях стаціонарного обладнання або передаються на робочі зони, де відсутні безпосередні джерела вібрацій. До основних джерел технологічної вібрації належать верстати, обладнання для метало- та деревообробки, пресувально-ковальське устаткування, ливарні машини та електричні механізми[11,12].

#### 5.4. Заходи щодо поліпшення охорони праці та пожежної безпеки

У приміщеннях зі значними площами застелених поверхонь передбачаються різноманітні заходи для запобігання перегріванню в теплий період року, коли приміщення піддається впливу прямих сонячних променів. Серед таких заходів можуть бути орієнтація вікон на схід або захід, встановлення жалюзі чи подібних пристосувань. У зимовий період для зменшення ефекту радіаційного охолодження передбачено використання екранів для захисту робочих місць.

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

У кваліфікаційній роботі розроблено механічну дільницю, призначену для виготовлення передніх кришок водомасляних радіаторів у дрібносерійному виробництві. Враховуючи специфіку продукції, було обрано групову форму організації виробництва, яка є доцільною при змінному або обмеженому обсязі випуску, коли спостерігається необхідність частої переналагоджуваності обладнання та різноманіття типорозмірів оброблюваних деталей.

Заготовки для передніх кришок виготовляються методом лиття в кокіль, що дозволяє забезпечити достатню точність, зменшити об'єм подальшої механічної обробки та підвищити продуктивність. Такий метод є ефективним для середніх та дрібносерійних виробництв, де важлива економічність при повторюваному виготовленні деталей зі складною формою.

Механічна обробка деталей здійснюється із застосуванням токарно-гвинторізних, вертикально-фрезерних, вертикально-свердлильних та радіально-свердлильних верстатів. Такий набір устаткування забезпечує необхідну універсальність і гнучкість, дозволяючи виконувати повний цикл обробки — від попередньої токарної операції до остаточної фрезерної та свердлильної обробки. При цьому було обрано оптимальне розміщення обладнання на дільниці з урахуванням логістичних потоків, зручності транспортування деталей та ергономічності робочих місць.

У рамках технічного розділу роботи виконано розрахунок припусків на механічну обробку, що дозволяє забезпечити задану точність і якість поверхонь з урахуванням похибок лиття, деформацій та зношення інструменту. Також здійснено розмірний аналіз конструктивних елементів деталі, що забезпечило коректне призначення допусків і посадок відповідно до вимог стандартів. У результаті аналізу технологічного процесу було визначено норми часу на кожну операцію, що дозволяє спрогнозувати продуктивність дільниці, витрати праці та планувати завантаження обладнання.

Особливу увагу приділено розробці спеціального оснащення. Для підвищення точності свердлильної операції створено технологічне

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

009Б-25.00.00.00.000 ПЗ

пристосування, яке дозволяє жорстко фіксувати заготовку в необхідному положенні та спростити роботу оператора. Крім того, розроблено контрольний пристрій для перевірки перпендикулярності торця деталі до осі отвору, що є критично важливим параметром для подальшого монтажу виробу. Такий контроль дозволяє зменшити кількість браку на етапі складання радіатора.

З метою підвищення продуктивності та скорочення тривалості обробки було запропоновано використання комбінованого знаряддя — свердла-зенківки, яке поєднує дві операції в одну. Економічний ефект від такого рішення підтверджено відповідними техніко-економічними розрахунками. Використання подібного інструменту дозволяє знизити час обробки отвору на 20–25%, зменшити зношення верстатного обладнання та підвищити точність взаємного розташування поверхонь.

					009Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



