

**Міністерство освіти і науки України  
Луцький національний технічний університет  
Факультет транспорту та механічної інженерії  
Кафедра прикладної механіки та мехатроніки**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ  
ОСВІТИ «БАКАЛАВР»**

**ПРОЕКТУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ З РОЗРОБКОЮ ТЕХНОЛОГІЧНОГО  
ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ КОРПУСУ ПІДШИПНИКА 48.301.**

спеціальність      131 Прикладна механіка  
освітня програма      Прикладна механіка

Виконав: здобувач вищої освіти  
Групи ІМ-41  
Киричук Микола Віталійович

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник:  
К.т.н., доцент  
Гальчук Тетяна Никифорівна

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Кваліфікаційну роботу  
допущено до захисту  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.  
К.т.н., доцент  
Гарант освітньої програми:  
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

\_\_\_\_\_  
(Редько Р.Г.)  
“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**  
Киричуку Миколі Віталійовичу

1. Тема кваліфікаційної роботи Проектування ділянки з розробкою технологічного процесу механічної обробки корпусу підшипника 48.301.

Керівник роботи Гальчук Тетяна Никифорівна, к.т.н., доцент.

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ 31 ” грудня 2024 р. № 910/01-07

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 05.06.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: Креслення деталі корпусу підшипника 48.301., річна програма випуску 25000шт/рік, нормативні дані.

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

Анотація. Вступ. Розділ 1. Загальн-технічна частина. Розділ 2. Технологічна частина. Розділ 3. Конструкторська частина. Розділ 4. Проектування механічної ділянки. Розділ 5. Охорона праці. Висновки і пропозиції. Список використаних джерел. Додатки.

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

Креслення заготовки – 1 лист (ф.А2), КН – 1 лист (ф.А1), складальне креслення верстатного пристрою - 2 листа (ф.А1), складальне креслення контрольного пристрою - 1 лист (ф.А1), план ділянки – 1 лист (ф.А2).

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання

04.02.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Загально-технічна частина</i>	<i>15.02.2025р.</i>	
2.	<i>Технологічна частина</i>	<i>15.03.2025р.</i>	
3.	<i>Конструкторська частина</i>	<i>12.04.2025р.</i>	
4.	<i>Проектування механічної ділянки</i>	<i>10.05.2025р.</i>	
5.	<i>Охорона праці</i>	<i>17.05.2025р.</i>	
6.	<i>Висновки та пропозиції</i>	<i>24.05.2025р.</i>	
7.	<i>Формування списку використаних джерел</i>	<i>24.05.2025р.</i>	
8.	<i>Формування додатків</i>	<i>31.05.2025р.</i>	
9.	<i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>	<i>31.05.2025р.</i>	
10.	<i>Нормоконтроль</i>	<i>31.05.2025р.</i>	
11.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	<i>03.06.2025р.</i>	
12.	<i>Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту</i>	<i>03.06.2025р.</i>	

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_

*Киричук М.В.*

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

*Гальчук Т.Н.*

## АНОТАЦІЯ

Киричук М.В. Проектування дільниці з розробкою технологічного процесу механічної обробки корпусу підшипника 48.301. 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, списку використаних джерел, додатків (згідно структури кваліфікаційної роботи, затвердженої кафедрою).

У роботі вирішено комплекс технологічно-конструкторських завдань для виготовлення корпусу підшипника 48.301 для умов багатосерійного виробництва а саме: визначені тип виробництва і форма організації робіт, проведено аналіз конструкції деталі на технологічність, вибрано спосіб виготовлення заготовки, спроектовано маршрут механічної обробки корпусу підшипника 48.301 з розробкою змісту операцій, проектуванням технологічного оснащення та інструментів. Зроблено планування та розраховані основні техніко-економічні показники дільниці для обробки корпусу підшипника 48.301.

Об'єкт дослідження – корпусу підшипника 48.301.

Предмет дослідження – технологічний процес механічної обробки корпусу підшипника 48.301.

Ключові слова: корпус, технологічний процес, пристрій, режими різання, заготовка.

## ABSTRACTS

Kyrychuk M.V. Design of a section with the development of a technological process for mechanical processing of a bearing housing 48.301. Manuscript.

Bachelor's qualification work of OP "Applied Mechanics" specialty 131 Applied Mechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

The bachelor's qualification work consists of an introduction, 5 chapters, conclusions, a list of references, and appendices (according to the structure of the qualification work approved by the department).

The work solves a set of technological and design tasks for the manufacture of the bearing housing 48.301 for conditions of mass production, namely: The type of production and the form of work organization were determined, the design of the part was analyzed for manufacturability, the method of manufacturing the workpiece was selected, the route for mechanical processing of the bearing housing 48.301 was designed with the development of the content of operations, the design of technological equipment and tools. The planning was made and the main technical and economic indicators of the section for processing the bearing housing 48.301 were calculated.

The object of research is the bearing housing 48.301.

The subject of research is the technological process of machining the bearing housing 48.301.

Keywords: body, technological process, device, cutting modes, workpiece.

## ЗМІСТ

	ст.
Вступ.....	8
1. Розділ 1. Загально-технічна частина.....	10
1.1. Службове призначення і характеристика об'єкта виробництва, аналіз технічних умов на деталь.....	10
1.2. Вибір заготовки та її економічне обґрунтування .....	10
1.3. Вибір методу обробки поверхонь.....	12
1.4. Визначення типу та організаційної форми виробництва.....	14
2. Розділ 2. Технологічна частина.....	16
2.1. Аналіз технологічності конструкції деталі.....	16
2.2. Вибір і розрахункове обґрунтування баз .....	18
2.3. Визначення допусків на технологічні розміри і розрахунок припусків.....	21
2.4. Розрахунок режимів різання, вибір обладнання.....	25
2.5. Нормування технологічного процесу.....	26
3. Розділ 3. Конструкторська частина.....	29
3.1. Проектування кондуктора для свердління 4-ох отворів $\varnothing$ 14 мм ..	29
3.2. Проектування пристрою для фрезерування впадин .....	29
3.3. Конструювання контрольно-вимірювального пристрою.....	31
4. Розділ 4. Проектування механічної дільниці.....	33
4.1. Уточнення типу виробництва.....	33
4.2. Визначення кількості працівників на дільниці.....	34
4.3. Розрахунок виробничої площі дільниці.....	35
4.4. Розробка технологічного планування дільниці.....	36
4.5. Вибір вантажопідйомних і транспортних засобів на дільниці.....	36
5. Розділ 5. Охорона праці та навколишнього середовища.....	38

5.1.	Основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори при умові впровадження об'єкта проектування у виробництво.....	38
5.2.	Визначення метеорологічних умов для робочих зон верстатників...	39
5.3.	Заходи щодо приведення небезпечних та шкідливих виробничих факторів до нормативних вимог.....	42
5.4.	Охорона навколишнього середовища.....	43
5.5.	Розробка засобів пожежної безпеки.....	44
	Висновки і пропозиції.....	45
	Список використаних джерел.....	46
	Додатки.....	48

## ВСТУП

Актуальність теми. Сучасне машинобудування є основою технічного прогресу різних галузей виробництва, що характеризується виробничою ефективністю. Вона має значний вплив на продуктивність виробництва та якість продукції. Будь-який виробничий процес визначають технологічні процеси, які впроваджуються на виробництві. Тому удосконалення високопродуктивних технологій виготовлення у поєднанні із сучасними формами організації виробництв забезпечують економічність та якість виробів машинобудівної галузі. Це потребує комплексного вирішення завдань, що пов'язані з вибором матеріалу, вихідної заготовки виробу та технологічністю його конструкції. Усі конструктивно-технологічні зміни до існуючих технологій виробництва, повинні ґрунтуватися на розрахунках собівартості виготовлення заданого виробу з врахуванням програми та типу виробництва. Одними із найбільш поширеними у техніці виробами є підшипники. Вони у значній мірі забезпечують надійність транспортних та сільськогосподарських машин. Основною базовою деталлю для них є корпуси підшипників, що відносяться до класу корпусних деталей. Деталь «Корпус підшипника 48.301» призначена для встановлення опорного підшипника. Для їх виготовлення застосовують механічну обробку.

Тому, актуальним є впровадження у проектування виробничого підрозділу, для виготовлення деталі «Корпус підшипника 48.301», нововведень для забезпечення отримання продуктивного технологічного процесу механічної обробки, що забезпечує експлуатаційні та якісні показники виробу.

*Метою роботи* є проектування ділянки з розробкою технологічного процесу механічної обробки корпусу підшипника 48.301.

Під час виконання кваліфікаційної роботи для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі *задачі*:

- дати характеристику службового призначення та провести аналіз технологічності корпусу підшипника 48.301;
- встановити тип виробництва та організаційну форму;
- спроектувати заготовку та технологічний процес механічної обробки корпусу підшипника 48.301;
- спроектувати конструкції пристроїв для механічної обробки та контролю;
- зробити план виробничої ділянки для виготовлення корпусу підшипника 48.301 з дотриманням вимог з охорони праці.

*Об'єкт дослідження* – деталь «Корпус підшипника 48.301».

*Предмет дослідження* – технологічний процес механічної обробки деталі «Корпус підшипника 48.301».

В роботі використовувався *метод дослідження* - розрахунково-аналітичний, а також загальні положення технології машинобудування, теорії різання матеріалів; засоби САПР для конструювання, проектування підрозділу виготовлення виробу.

*Практичне значення* одержаних результатів полягає у проектуванні ділянки виготовлення корпусу підшипника 48.301 з детальною розробкою його технологічного процесу механічної обробки у вигляді комплекту технологічної документації . Для цього запропоновані такі нові рішення:

- розроблений технологічний процес механічної обробки, який за умови програми випуску обсягом 25000 штук / рік забезпечує ефективність виробництва;
- розроблено верстатне пристосування та контрольний пристрій;
- спроектовано ділянку механічної обробки та проведено її аналіз з точки зору забезпечення охорони праці.

## РОЗДІЛ 1

### ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

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

Заготовка деталі “Корпус підшипника 48.301” виготовляється з матеріалу L500 (виробництва Польща). Конфігурація зовнішнього і внутрішнього контуру поверхонь, не викликає значних труднощів для отримання заготовки методом лиття. Під час лиття застосовуються стержні, які служать для формування, як внутрішніх поверхонь, так і поверхонь у вигляді кишень.

Хімічний склад і механічні властивості сталі L500 PN/H8 3152, наведені на рисунку А.1 та в таблиці А.2 [1].

Деталь – “Корпус підшипника 48.301” призначена для монтажу тіл обертання типу валів і має форму ступінчатого тіла обертання з такими розмірами (рис. А.1):

- максимальна довжина ( $L$ ) = 50 мм;
- максимальна ширина ( $H$ ) = 136 мм;
- максимальний зовнішній діаметр ( $D_{\text{зов}}$ ) = 110 мм;
- максимальний внутрішній діаметр ( $D_{\text{вн}}$ ) = 90 мм.

Деталь складається з торцевих, циліндричних і сферичних поверхонь, а також містить отвори, як гладкі, так і з нарізаною на них різью. В цілому деталь не дуже складної форми, має достатньою кількістю базових поверхонь, що дозволяє закріплювати її в патроні, оправці і в інших спеціальних пристроях. Аналіз технічних вимог до деталі наведено у таблиці А.3.

#### 1.2. Вибір заготовки та її економічне обґрунтування

Заготовками для даної деталі можуть бути відливки, одержані литвом різними способами, зокрема – литвом у піщані форми із застосуванням стержнів і литвом

в кокіль [2]. Але в разі використання любого методу отримання заготовки технологічний процес механічної обробки не змінюється.

Для того, щоб вибрати метод одержання заготовки, визначаємо вартість заготовки одержаної литвом в піщані форми і литвом в кокіль.

Вартість заготовки, одержаної литвом визначаємо за формулою [3]:

$$S_{\text{заг}} = \left( \frac{C}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_M \cdot K_{\Pi} \cdot K_B \right) - (Q - q) \frac{S_{\text{відх}}}{1000},$$

де  $C$  – базова вартість 1 т заготовок;

$Q$  – маса заготовки;  $Q = 2,2$  кг;

$q$  – маса деталі;  $Q = 1,97$  кг;

$S_{\text{відх}}$  – вартість відходів;  $S_{\text{відх}} = 185$  грн. [4]

Варіант 1: Литво у піщані форми.

$C = 30000$  грн. [5]

$K_T = 1$ ;  $K_M = 2,2$ ;  $K_B = 1$ ;  $K_C = 1$ ;  $K_{\Pi} = 1$  [3]

$$S_{\text{заг1}} = \left( \frac{30000}{1000} \cdot 2,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2,2 \cdot 1 \cdot 1 \right) - (2,2 - 1,97) \frac{185}{1000} = 144,7 \text{ грн.}$$

Варіант 2: Литво в кокіль.

$C = 40000$  грн. [5]

$K_T = 1$ ;  $K_M = 1,04$ ;  $K_B = 1,5$ ;  $K_C = 1$ ;  $K_{\Pi} = 1,23$  [3]

$$S_{\text{заг2}} = \left( \frac{40000}{1000} \cdot 2,2 \cdot 1,04 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 1,23 \cdot 1,22 \right) - (2,2 - 1,97) \frac{185}{1000} = 205,5 \text{ грн.}$$

Економічний ефект від застосування доцільнішого способу одержання заготовки складе:

$$\mathcal{E} = (S_{\text{заг2}} - S_{\text{заг1}}) \cdot N,$$

$N$  – програма випуску;  $N=25000$  шт / рік.

$$\mathcal{E} = (205,5 - 144,7) \cdot 25000 = 1520000 \text{ грн.}$$

Отже одержання заготовки литвом в піщані форми є більш доцільним економічно.

### 1.3. Вибір методу обробки поверхонь

Як зазначено у джерелі [3] : «на вірний вибір методу обробки поверхонь заготовки впливають такі фактори, як службове призначення деталі, функціональне призначення поверхонь, вимоги до точності, шорсткості». Тому необхідно встановити методи обробки поверхонь, які є найоптимальнішими для обробки деталі.

Вибір методу для обробки кожної поверхні деталі проводимо за методою описаною у літературному джерелі [3] в такій послідовності.

- Коефіцієнт уточнення:  $E_p = \frac{T_z}{T_d}$ ,

де  $T_z$  і  $T_d$  – відповідно допуски на розмір заготовки та деталі.

- Кількість методів обробки :  $m_p = \frac{\lg E_p}{0.46}$ ,

Для прикладу наведемо розрахунки для поверхні  $\varnothing 85^{+0.035}$  мм.

Уточнення:  $E_p = \frac{T_z}{T_d} = \frac{2.248}{0.035} = 64.2$

Кількість методів обробки:  $m_p = \frac{\lg E_p}{0.46} = \frac{\lg 64.2}{0.46} = 3.7$

Приймаємо кількість методів обробки даної поверхні рівним 3 (для зменшення трудомісткості обробки).

Різниця квалітетів точності поверхні заготовки та деталі становить:  $14-7=7$

Розкладемо цю різницю за законом прогресивного зменшення:  $7= 4+2+1$

Таким чином після 1-ого переходу точність обробки :  $14-4 =10$  кв.;

після 2-го переходу :  $10 - 2 = 8$  кв.; після 3-го переходу :  $8 - 1 = 7$  кв

Проведемо розрахунки для поверхні  $\varnothing 90^{+0.11}$

Уточнення:  $E_p = \frac{T_z}{T_d} = \frac{2.248}{0.11} = 20.4$

Кількість методів обробки:  $m_p = \frac{\lg E_p}{0.46} = \frac{\lg 20.4}{0.46} = 2.8$

Приймаємо кількість методів обробки – 2.

Різниця квалітетів точності:  $14-11=3$ .

Розклад різниці за законом прогресивного зменшення:  $3=2+1$ .

Таким чином після 1-ого переходу точність:  $14-2 =12$  кв.; після 2-го переходу :  $12 - 1 = 11$  кв.

Враховуючи проведені розрахунки розробляємо техпроцес мехобробки корпусу підшипника 48.301 (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 - Технологічний маршрут обробки корпусу підшипника 48.301

№ операції	Найменування операції і короткий зміст
1	2
005	<b>Токарна з ЧПК</b> 1. Підрізати торець в розмір $53^{-1.0}$ 2. Точити поверхню $\varnothing 100^{-0.8}$ 3. Розточити отвір $\varnothing 90^{+0.8}$ 4. Розточити канавку $\varnothing 93,5^{+0.35}$
010	<b>Токарна-гвинторізна</b> 1. Підрізати торець в розмір $50^{-0.6}$ 2. Розточити отвір $\varnothing 90^{+0.8}$ 3. Розточити канавку $\varnothing 93,5^{+0.35}$ 4. Розточити фаску $5 \times 45^0$ 5. Розточити отвір $\varnothing 81^{+0.8}$
015	<b>Токарна з ЧПК</b> 1. Розточити сферу $\varnothing 85^{+0,035}$ 2. Розточити канавку $\varnothing 87$
020	<b>Вертикально-свердлильна</b> 1. Свердлити одночасно 4 отв. $\varnothing 14^{+0.4}$
025	<b>Фрезерна з ЧПК</b> 1. Фрезерувати послідовно 2 впадини в розмір R $35^{+0,35}$
030	<b>Вертикально-свердлильна</b> 1. Свердлити отвір $\varnothing 8,95^{+0.2}$ 2. Зенкувати фаску в р-р $1 \times 45^\circ$
035	<b>Вертикально-свердлильна</b> 1. Нарізати різь M10×16H

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

Тип виробництва визначаємо за коефіцієнтом закріплення операцій, що є відношенням кількості операцій (O) до кількості робочих місць (P) на яких вони виконуються [3]:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P}$$

Попередньо за прийнятим техпроцесом визначаємо наближено штучно-калькуляційний час за формулою:

$$T_{ум-к} = \varphi_k \times T_o,$$

де  $\varphi_k$  – коефіцієнт, який враховує тип виробництва і тип верстату [3] с. 146;

$T_o$  – основний час виконання технологічної операції [3] с. 145.

Результати розрахунку представлено у таблиці А.4.

Складові  $K_{з.о}$  для усіх операцій проводимо за методом рекомендованою джерелом [3] у такій послідовності:

- приймаємо кількість верстатів на основі розрахунків для кожної операції

( $m_p$ ):

$$m_p = \frac{N \cdot T_{ум-к}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_n}$$

- розраховуємо кількість операцій, що виконується на кожному робочому

місці (O):

$$O = \frac{\eta_n}{\eta_{з.ф.}}$$

Для проведення розрахунків програма випуску згідно завдання  $N=25000$  шт/рік; дійсний річний фонд часу роботи обладнання  $F_d = 4015$  год; нормативний коефіцієнт завантаження обладнання  $\eta_n = 0,8$ .

Розрахунки за цими формулами зводимо у таблицю 1.2.

Таблиця 1.2. – Укрупнене нормування техпроцесу обробки корпуса

№ опер.	Назва операції	$T_{шт-к, ХВ}$	$m_p$ , шт	$m_{пр}$ , шт	$\eta_{ф}$	O
1	2	3	4	5	6	7
005	Токарна з ЧПК	3,22	0,42	1	0,42	1,9
010	Токарна-гвинторізна	5,91	0,77	1	0,77	1,14
015	Токарна з ЧПК	2,8	0,36	1	0,36	2,22

Продовження табл.1.2

1	2	3	4	5	6	7
020	Вертикально-свердлильна	1,37	0,18	1	0,18	4,44
025	Фрезерна з ЧПК	5,78	0,75	1	0,75	1,07
030	Вертикально-свердлильна	1,6	0,26	1	0,26	3,1
035	Вертикально-свердлильна	0,63	0,1	1	0,1	8,0
	Всього	21,31		7		29,87

Тоді  $K_{з.о.} = 4,27$  - тип виробництва багатосерійний.

Організаційну форму виробництва визначаємо за добовим випуском деталей ( $N_d$ ) та добовою продуктивністю ( $Q_d$ ) [3].

$$N_d = \frac{N}{254} = \frac{25000}{254} = 98,4 \approx 98 \text{ (шт.)}$$

де 254 – кількість робочих днів у році.

$$Q_d = \frac{F_d}{T_{шт-к.с.} \cdot \eta} = \frac{952}{4,3 \cdot 0,8} = 276,7$$

де  $F_d = 952$  хв – добовий фонд роботи обладнання у дві зміни;

$T_{шт-к.с.} = 4,3$  хв - середня трудомісткість основних операцій.

Оскільки  $0,6 \cdot Q_d = 166 > N_d = 98$  приймаємо групову форму організації виробництва.

Розмір партії деталей, які одночасно запускаються у виробництво

$$n = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{25000 \cdot 3}{254} = 295 \text{ шт}$$

де  $a = 3$  дні - періодичність запуску деталей у виробництво.

Кількість змін необхідну для обробки даної партії деталей:

$$C = \frac{T_{шт-к.с.} \cdot n}{476 \cdot 0,8} = \frac{4,3 \cdot 295}{476 \cdot 0,8} = 3,3$$

Приймаємо 3 зміни за які обробляється така партія деталей:

$$n_{пр} = \frac{C_{пр} \cdot 476 \cdot 0,8}{T_{шт-к.с.}} = \frac{3 \div 476 \cdot 0,8}{4,3} = 266 \text{ шт}$$

## РОЗДІЛ 2

### ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

#### 2.1. Аналіз технологічності конструкції деталі

Корпус підшипника 48.301 – циліндричної форми. Заготовка деталі відливка середньої складності за конфігурацією, що вимагає застосування стержневого формування для одержання внутрішніх поверхонь. Нетехнологічним є отвір  $\varnothing 8,95^{+0,2}$ , тому що розміщений під кутом до осі обертання і тому для його обробки необхідне додаткове спеціальне оснащення, що вимагає додаткових затрат і збільшує трудомісткість виготовлення. З точки зору економічності нетехнологічною є обробка внутрішньої сферичної поверхні деталі. Для її обробки доцільним є застосування верстату з ЧПК.

Обробка внутрішніх отворів  $\varnothing 90^{+0,8}$  повинна бути виконаною в границях заданого відхилення з точністю до 0,8 мм. Єдиним способом отримання вказаної точності є кінцева розточка отворів. В подальшому одну із цих поверхонь ми оберемо за базову.

Нетехнологічною в даній деталі є сферична внутрішня поверхня з розмірами  $\varnothing 85 \text{ H7}^{(+0,035)}$ , тому, що для обробки цієї поверхні немає вільного доступу для інструменту. Також нетехнологічним є отвір для кріпильного болта з розмірами M10×1-6H, тому, що вісь цього отвору розміщена асиметрично по відношенню до інших осей даної деталі, що обумовлює використання спеціального пристрою для його обробки.

В іншому деталь достатньо технологічна, допускає застосування високопродуктивних режимів обробки, має хороші базові поверхні для попередніх операцій і досить проста по конструкції. Розміщення кріпильних отворів, як різьбових, так і гладких допускає багато інструментальну обробку. Поверхні обертання можуть бути оброблені на багатошпindelних верстатах.

З точки зору механічної обробки конструкція деталі дозволяє обробку усіх поверхонь на прохід. Деталь допускає застосування високопродуктивних режимів обробки, має належні базові поверхні для попередніх операцій.

До більшості оброблюваних поверхонь корпусу є достатньо вільний доступ інструменту, отже в цілому деталь є достатньо технологічною.

Визначимо критерії технологічності конструкції деталі.

1. Рівень технологічності конструкції за точністю характеризується коефіцієнтом точності:  $K_{т.ц.} = 1 - \frac{1}{A_{cp}}$ ,

де  $A_{cp}$  – середній квалітет точності обробки виробу:

$$A_{cp} = \frac{\sum A_{ni}}{\sum ni} = \frac{n_1 + 2 \cdot n_2 + \dots + 17n_{17}}{n_1 + n_2 + \dots + n_{17}},$$

де  $n$  – число розмірів відповідного квалітету точності;

$n$  – квалітет точності обробки.

$$A_{cp} = \frac{7 \cdot 4 + 12 \cdot 5 + 18 \cdot 8 + 13 \cdot 1 + 6 \cdot 1 + 14 \cdot 1}{4 + 5 + 8 + 1 + 1 + 1} = 10,05,$$

$$K_{т.ц.} = \frac{1}{10,05} = 0,9005 > 0.8 - \text{технологічна}$$

2. Рівень технологічності за шорсткістю поверхні оцінюється коефіцієнтом шорсткості, що визначається, за формулою:  $K_u = \frac{1}{B_{cp}}$ ,

де  $B_{cp}$  – середній шорсткість по ряду  $R_a$ :

$$B_{cp} = \frac{0.01n_1 + \dots + 80n_i}{n_1 + n_2 + \dots + n_i},$$

де  $n$  – число поверхонь з відносним числовим значенням параметра шорсткості;

$$Ш_{cp} = \frac{8 \times 12,5 + 1 \cdot 12,5 + 4 \cdot 6,9 + 1 \cdot 2,5}{8 + 1 + 4 + 1} = 10,907,$$

$$K_u = \frac{1}{10,907} = 0,09 < 0.32 - \text{технологічна}$$

3. Коефіцієнт використання матеріалу:  $K_{вм} = \frac{M_d}{M_3}$ ,

де  $M_d$  – вага деталі по креслені = 1,97 кг;

$M_3$  – вага заготовки = 2,2 кг (приймаємо).

$$K_{\text{вм}} = \frac{1,97}{2,2} = 0,895 > 0,65 - \text{технологічна}$$

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів:  $K_{y.e} = \frac{Q_{y.e}}{Q_e}$ ,

де  $Q_{y.e}$  – кількість уніфікованих конструктивних елементів;

$Q_e$  – загальна кількість конструктивних елементів.

$$K_{y.e} = \frac{Q_{y.e}}{Q_e} = \frac{13}{25} = 0,52 < 0,6 - \text{не технологічна}$$

На цій підставі робимо висновок, що дана деталь в основному є технологічною у виготовленні.

## 2.2. Вибір та розрахункове обґрунтування баз

Під час вибору технологічних баз важливою умовою є те, щоб поверхні, які вибрані у якості бази в подальшому не оброблялись. Для наступних операцій необхідно вибирати такі поверхні, які б служили базами для якомога більшого числа операцій [3]. Обробку на токарних верстатах слід проводити за один установ, це підвищить точність і відповідно якість поверхонь і деталі в цілому [6]. Похибка обробки визначається за формулою:

$$\omega = \omega_{\text{н.р}} + \omega_{\text{т.с}} + \omega_y,$$

де  $\omega_{\text{н.р}}$  – похибка налагоджуваного розміру;

$\omega_{\text{т.с}}$  – похибка технологічної системи;

$\omega_y$  – похибка встановлення заготовки у пристрої.

Оскільки  $\omega_c = \omega_{\text{н.р}} + \omega_{\text{т.с}}$  то  $\omega = \omega_c + \omega_y$ , що визначається за джерелом [3] додаток 6.

$$\omega_y = \sqrt{\omega_6^2 + \omega_3^2},$$

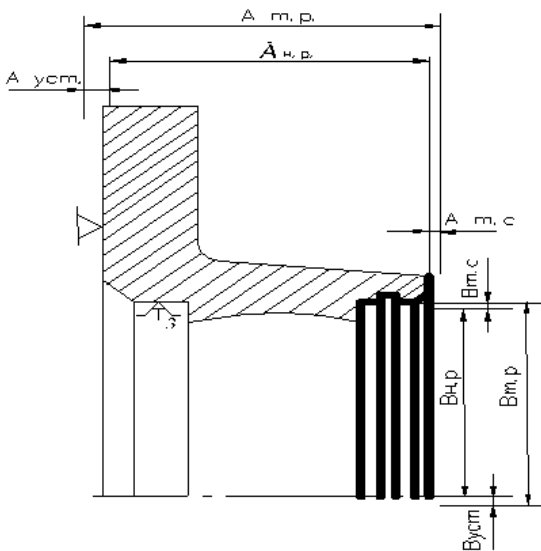
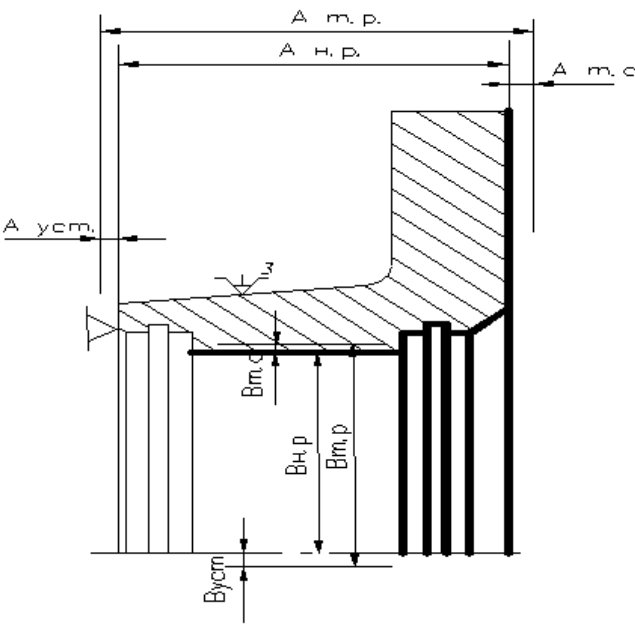
де  $\omega_6$  – похибка базування заготовки у пристрої,

$\omega_3$  – похибка закріплення заготовки у пристрої.

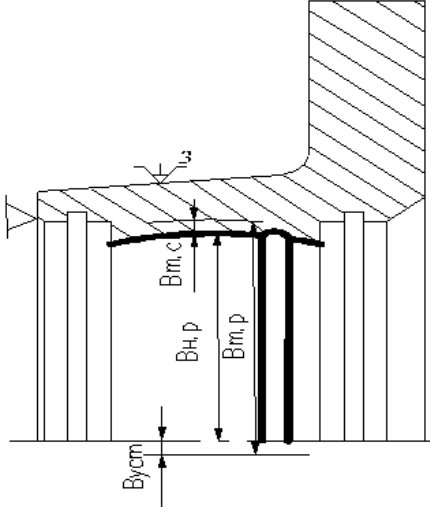
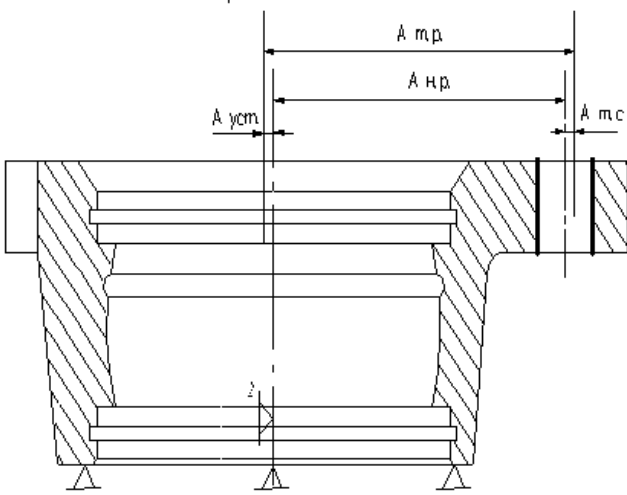
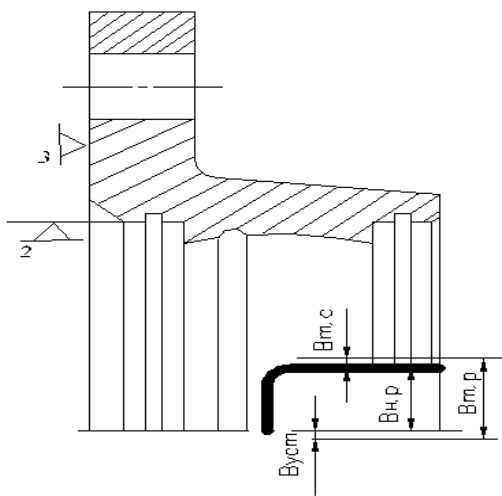
Для забезпечення точності обробки поверхні необхідно є виконання умови  $\omega \leq T$ , де  $T$  – допуск на розмір, що витримується.

Проводимо розрахунки та результати представляємо у таблиці 2.1.

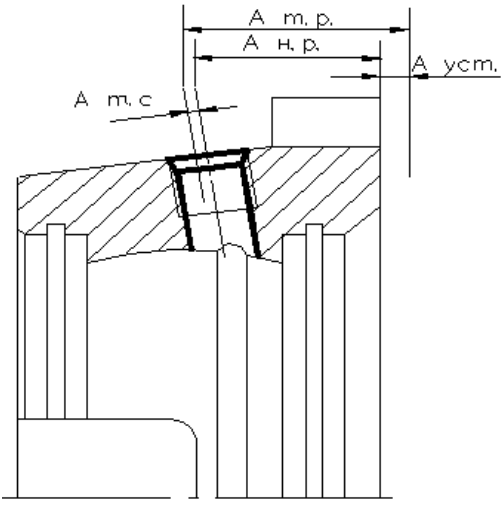
Таблиця 2.1. – Вибір технологічних баз

№ опер.	Ескіз операції та розмірні ланцюги	Розрахунок похибки обробки
<p>1</p> <p>005</p> <p>Тока-рна з ЧПК</p>	<p>2</p> 	<p>3</p> <p><b>Розмір 53<sup>+1,0</sup>мм</b></p> <p><math>\omega_c = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} = 0,2 \text{ мм}</math></p> <p><math>\omega_y = \sqrt{0,37^2 + 0^2} = 0,37 \text{ мм}</math></p> <p><math>\omega = 0,2 + 0,37 = 0,57 \text{ мм};</math></p> <p><math>T = 1 \text{ мм}</math></p> <p><b>Розмір <math>\varnothing 100^{-0,8}</math>;</b></p> <p><b>Розмір <math>\varnothing 90^{+0,8}</math> мм</b></p> <p><math>\omega_c = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} = 0,2 \text{ мм}</math></p> <p><math>\omega_y = \sqrt{0,1^2 + 0^2} = 0,1 \text{ мм}</math></p> <p><math>\omega = 0,2 + 0,1 = 0,3 \text{ мм}; T = 0,8 \text{ мм}</math></p>
<p>010</p> <p>Тока-рно-гвин-торізна</p>		<p><b>Розмір 50<sub>-0,6</sub> мм</b></p> <p><math>\omega_c = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} = 0,3 \text{ мм}</math></p> <p><math>\omega_y = \sqrt{0,08^2 + 0^2} = 0,08 \text{ мм}</math></p> <p><math>\omega = 0,3 + 0,08 = 0,38 \text{ мм};</math></p> <p><math>T = 0,6 \text{ мм}.</math></p> <p><b>Розмір <math>\varnothing 81^{+0,8}</math> мм;</b></p> <p><b>Розмір <math>\varnothing 90^{+0,8}</math> мм</b></p> <p><math>\omega_c = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} = 0,2 \text{ мм}</math></p> <p><math>\omega_y = \sqrt{0,1^2 + 0^2} = 0,1 \text{ мм}</math></p> <p><math>\omega = 0,2 + 0,1 = 0,3 \text{ мм};</math></p> <p><math>T = 0,8 \text{ мм}.</math></p>

Продовження табл. 2.1

1	2	3
<p>015 Тока- рна з ЧПК</p>		<p><b>Сфера <math>\varnothing 85^{+0,035}</math> мм</b>  <math>\omega_c = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} = 0,02</math> мм  <math>\omega_y = \sqrt{0,006^2 + 0^2} = 0,006</math> мм  <math>\omega = 0,02 + 0,006 = 0,026</math> мм;  <math>T = 0,035</math> мм</p>
<p>020 Верти- кально- сверд- ильна</p>		<p><b>Отвори <math>\varnothing 14^{+0,4}</math> мм в розмір <math>105^{+0,82}</math> мм.</b>  <math>\omega_c = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} = 0,15</math> мм  <math>\omega_y = \sqrt{0,12^2 + 0^2} = 0,12</math> мм  <math>\omega = 0,15 + 0,12 = 0,27</math> мм;  <math>T = 0,82</math> мм.</p>
<p>025 Фрезер- на з ЧПК</p>		<p><b>Розмір <math>\varnothing 86^{+0,8}</math> мм</b>  <math>\omega_c = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} = 0,25</math> мм  <math>\omega_y = \sqrt{0,12^2 + 0^2} = 0,12</math> мм  <math>\omega = 0,25 + 0,12 = 0,36</math> мм;  <math>T = 0,8</math> мм.</p>

Продовження табл. 2.1

1	2	3
<p>030 Верти- кально- сверд- лильна 035 Верти- кально- сверд- лильна</p>		<p><b>Розмір <math>\varnothing 8,95^{+0,2}</math></b>  <b>в розмір <math>24^{+0,52}</math> мм.</b>  <math>\omega_c = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} = 0,15</math> мм  <math>\omega_y = \sqrt{0,12^2 + 0^2} = 0,12</math> мм  <math>\omega = 0,15 + 0,12 = 0,27</math> мм;  <math>T = 0,52</math> мм</p>

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

Розрахунок припусків на обробку  $\varnothing 90H11^{(+0,8)}$  ведемо шляхом складання таблиці, в яку послідовно записуємо технологічний маршрут обробки отвору і всі значення елементів припуску.

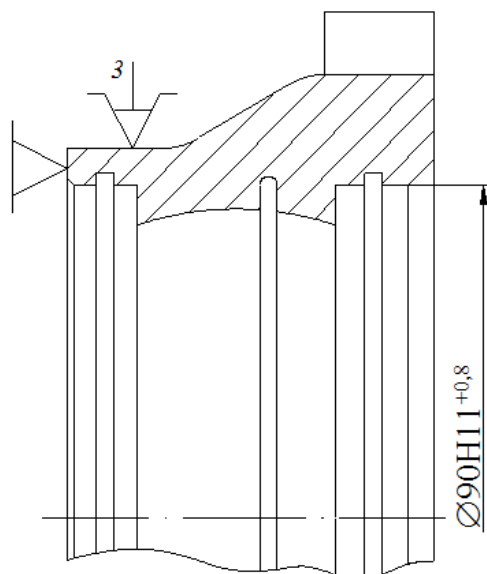


Рисунок 2.1 – Схема встановлення деталі

Розрахунок припусків на обробку отвору  $\varnothing 90H14^{(+0,8)}$  мм наведено у таблиці 2.2, в яку послідовно записуємо технологічний маршрут обробки отвору і всі значення елементів припуску.

Сумарне значення  $R_z$  і  $T$ , що характеризує якість поверхні литих заготовок, полягають 700 мкм [3], табл. 27. Після першого технологічного переходу величини  $R_z$  і  $T$  для чорнової і чистової обробки знаходимо за табл. 29 [3], і записуємо їх значення в розрахункову таблицю 2.2.

Сумарне значення просторових відхилень для заготовки даного типу визначається за формулою:  $\rho_z = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2}$ . Величину викривлення отвору слід враховувати як в діаметральному, так і в осьовому його перерізі, тому:

$$\rho_{кор} = \sqrt{(\Delta_k \cdot d)^2 + (\Delta_k \cdot l)^2}, \quad \rho_{кор} = \sqrt{(0,7 - 90)^2 + (0,7 \cdot 8,5)^2} = 125 \text{ мкм.}$$

Таблиця 2.2 – Розрахунок припусків та граничних розмірів за технологічними переходами для обробки отвору  $\varnothing 90H11^{(+0,11)}$

Технологічні переходи обробки	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$	Розрахунковий розмір $d_p$ , мм	Допуск $\delta$ , мкм	Граничний розмір		Граничні значення припусків, мкм	
	$R_z$	$T$	$\rho$	$\epsilon$				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2Z_{\min}^{np}$	$2Z_{\max}^{np}$
Заготовка	–	700	580	–	–	87,24	2248	84,99	87,24	–	–
Чорнове розточування	50	50	29	175	2·1305	89,85	408	89,44	89,85	2610	4450
Чистове розточування	30	30	–	9	2·130	90,11	110	90,00	90,11	260	560
Разом										2870	5010

При визначенні  $\rho_{см}$ , в даному випадку слід приймати до уваги точність розміщення базових поверхонь, які використовуємо при даній схемі установки і отриманих на попередніх на попередніх операціях, відносно оброблюваної в даній установці поверхні.

Враховуючи, що підсумкове зміщення отвору у відливці відносно її зовнішньої поверхні (в даному випадку  $\varnothing 90$ , так як він служить базою) представляємо геометричну суму двох взаємно перпендикулярних площинах

отримуємо:

$$\rho_{\text{сн}} = \sqrt{\left(\frac{\delta}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta}{2}\right)^2},$$

де  $\delta$  – допуск на розмір 90/2 по класу точності,  $\delta = 400$  мкм;

$$\rho_{\text{сн}} = \sqrt{400^2 + 400^2} = 566 \text{ мкм},$$

$$\rho_3 = \sqrt{125^2 + 266^2} = 580 \text{ мкм}.$$

Величина залишкового просторового відхилення:  $\rho_1 = 0,05 \cdot \rho_3$ ,

$$\rho_1 = 0,05 \cdot 580 = 29 \text{ мкм}.$$

Похибка встановлення при чорновому розточуванні:  $\xi_1 = \sqrt{\xi_\delta + \xi_3}$

Найбільший кут перекосу:  $\text{tg}\alpha = \frac{0,043}{\sqrt{70^2 + 92^2}}$

$$\xi_\delta = L \cdot \text{tg}\alpha,$$

$$\xi_\delta = 50 \cdot 0,0037 = 1,86 \text{ мкм}.$$

Похибка  $\xi_3$ , ([3], ст. 82)

$$\xi_3 = 175 \text{ мкм},$$

$$\xi_3 = \sqrt{1,86^2 + 175^2} = 175 \text{ мкм}.$$

Остаточна похибка встановиться при чистовому розточуванні.

$$\xi_2 = 0,05\xi_1 + \xi_{\text{інд}} \approx 9 \text{ мкм}.$$

Через те, що чистове і чорнове розточування проводиться в одному установі, тоді  $\xi_{\text{інд}} = 0$ .

На основі даних записаних в таблиці 2.2, проводимо розрахунок мінімальних значень між операційних припусків, користуючись основною формулою ([3], ст.88):

$$2Z_{\min i} = 2\left(R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \xi_i^2}\right),$$

Мінімальний припуск під чорнове розточування

$$2Z_{\min 1} = 2\left(700 + \sqrt{580^2 + 175^2}\right) = 2 \cdot 1305 \text{ мкм.}$$

Мінімальний припуск під чистове розточування

$$2Z_{\min 2} = 2\left(100 + \sqrt{29^2 + 9^2}\right) = 2 \cdot 130 \text{ мкм.}$$

Графа “Розрахунковий розмір” ( $d_p$ ) заповнюється з кінцевого, в даному випадку графічного розміру, послідовним вирахуванням розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу.

Таким чином, маючи розрахунковий розмір після останнього переходу (в даному випадку чорнове розточування  $\varnothing 90,8$ ), для інших переходів отримуємо:

- для чорнового розточування

$$d_{p2} = 90,11 - 0,26 = 89,85 \text{ мм;}$$

- для заготовки

$$d_{p2} = 89,85 - 2,61 = 87,24 \text{ мм.}$$

Значення допусків кожного переходу приймаємо за таблицями у відповідності з класами точності того чи іншого виду обробки.

Так, для чистового розточування значення допуску складає 110 мкм (розмір на кресленні),  $\delta = 408$  мкм для чорнового розточування;  $\delta = 2248$  мкм для заготовки.

Мінімальні граничні значення припусків  $Z_{\min 2}^{np}$  таа максимальні значення  $Z_{\max}^{np}$  розмірів:

- для чорнового розточування:

$$2Z_{\min 2}^{np} = 89,85 - 87,24 = 2,61 = 2610 \text{ мкм;}$$

$$2Z_{\max 2}^{np} = 89,44 - 84,99 = 4,450 = 4450 \text{ мкм.}$$

- для чистового розточування:

$$2Z_{\min 1}^{np} = 90,11 - 89,85 = 0,26 = 260 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max 1}^{np} = 90,00 - 89,44 = 0,560 = 560 \text{ мкм}.$$

Загальні припуски  $Z_{0 \min}$  і  $Z_{0 \max}$ :

$$2Z_{0 \max} = 4450 + 560 = 5010 \text{ мкм};$$

$$2Z_{0 \min} = 2610 + 260 = 2870 \text{ мкм}.$$

Проводимо перевірку правильності виконання операцій:

$$Z_{\max 2}^{np} - Z_{\min 2}^{np} = 560 - 260 = 300;$$

$$\delta_1 - \delta_2 = 408 - 110 = 298 \approx 300;$$

$$Z_{\max 1}^{np} - Z_{\min 1}^{np} = 4450 - 2610 = 1840;$$

$$\delta_3 - \delta_1 = 2248 - 408 = 1840.$$

Отже розрахунки виконано правильно.

На інші оброблювані поверхні, припуски і допуски вибираємо табличним методом [3] і зводимо у таблицю Б.2.

На основі отриманих розрахунків проводимо конструювання заготовки (рис. Б.2).

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

Розрахуємо режими різання для операції 005 “Токарна з ЧПК”.

Операція проводиться на токарному верстаті з ЧПК мод. 16А20Ф3, і складається з кількох переходів: розточування отвору і точіння зовнішньої поверхні.

Для розрахунку обираємо розточування отвору  $\varnothing 90^{+0,8}$  мм.

— Визначаємо глибину різання:  $t = \frac{D - D_0}{2},$

де  $D$  – діаметр заготовки;

$D_0$  – діаметр деталі.

$$t = \frac{94 - 90}{2} = 2 \text{ мм};$$

— Визначаємо подачу:

Згідно рекомендацій [7] при чистовій обробці  $S = 0,25$  мм/об.

— Визначаємо швидкість різання:  $V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v}} K_v$ ,

де  $C_v$  – поправочний коефіцієнт різання,  $C_v = 325$  [6];

$T$  – стійкість інструменту,  $T = 80$  хв [6];

$m$ ,  $x_v$ ,  $y_v$ , – показники степеня,  $m = 0,28$ ,  $x_v = 0,12$ ,  $y_v = 0,5$  [6];

$K_v$  – загальний коефіцієнт, який враховує: матеріал заготовки, стан поверхні, матеріал інструменту [6].

$$K_v = 0,95 \cdot 1 \cdot 1,1 = 1,045$$

$$V = \frac{325}{80^{0,28} \cdot 2^{0,12} \cdot 0,25^{0,5}} \cdot 1,045 = 56,52 \text{ м/хв.}$$

— Визначаємо число обертів шпинделя:  $n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}$ ,

$$n = \frac{1000 \cdot V}{3,14 \cdot 94} = \frac{1000 \cdot 56,52}{3,14 \cdot 94} = 191,5 \text{ об/хв.}$$

Сила різання:  $P = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 2^{1,0} \cdot 0,25^{0,75} 56,52^{0,15} \cdot 1 = 3846,4 \text{ Н}$

Потужність різання:  $N = \frac{P \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{3846,4 \cdot 56,52}{1020 \cdot 60} = 3,6 \text{ кВт}$

Потужність прийнятого верстату для обробки 10кВт.

Для інших операцій режими різання вибираємо за таблицями джерела [7].

Результати зводимо в таблицю Б.3.

## 2.5. Нормування технологічного процесу

В умовах багатосерійного виробництва визначається штучно-калькуляційний час за формулою ([3]):

$$T_{\text{шт.к.}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{\Pi},$$

$$T_{\text{шт}} = T_0 + T_{\text{доп}} + T_{\text{обсл}} + T_{\text{відп}},$$

де  $T_0$  – основний час;

$T_{\text{доп}}$  – допоміжний час;

$T_{\text{обсл}}$  і  $T_{\text{відп}}$  – час на обслуговування робочого місця; відпочинок і природні потреби.

$$T_{\text{доп}} = T_{\text{уст}} + T_{\text{зн}} + T_{\text{упр}} + T_{\text{вим}} + T_{\text{закр}},$$

де  $T_{\text{уст}}$  – час на встановлення деталі;

$T_{\text{зн}}$  – час на зняття деталі;

$T_{\text{вим}}$  – час на вимірювання оброблюваної поверхні;

$T_{\text{упр}}$  – час зв'язаний з переходом;

$T_{\text{закр}}$  – час на закріплення деталі.

$$T_{\text{обсл}} = T_{\text{орг}} + T_{\text{техн}}$$

де  $T_{\text{орг}}$  – організаційний час;

$T_{\text{техн}}$  – час на технічне обслуговування.

Розраховуємо норми часу для операції 005 “Токарна з ЧПК”.

$$T_0 = 1,75 \text{ хв};$$

$$T_{\text{уст}} = 0,2 \text{ хв} ([3], \text{ карта } 16, \text{ ст. } 60);$$

$$T_{\text{упр}} = 0,3 \text{ хв} ([3], \text{ карта } 31 - \text{ час на переміщення стола після обробки деталі});$$

$$T_{\text{вим}} = 1,1 ([3], \text{ карта } 86 - \text{ час на замір витриманого розміру});$$

$$T_{\text{закр}} = 0,62 \text{ хв} ([3], \text{ карта } 16);$$

$$T_{\text{доп}} = 0,2 + 0,3 + 1,1 + 0,62 = 2,22 \text{ хв};$$

$$T_{\text{орг}} = 2\% T_{\text{оп}} = 0,06 \text{ хв};$$

$$T_{\text{техн}} = 2\% T_{\text{оп}} = 0,06 \text{ хв};$$

$$T_{\text{обсл}} = 0,06 + 0,06 = 0,12 \text{ хв};$$

$$T_{\text{відп}} = 4\% T_{\text{оп}} = 0,136 \text{ хв};$$

$$T_{\text{шт}} = 3,14 + 0,12 = 3,26 \text{ хв}.$$

$$T_{\text{шт.к.}} = 3,26 + \frac{26}{266} = 3,36 \text{ хв}.$$

Аналогічно проводимо розрахунки для усіх операцій технологічного процесу механічної обробки корпусу підшипника та результати заносимо у таблицю Б.4.

## РОЗДІЛ 3

### КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

#### 3.1 Проектування кондуктора для свердління 4-ох отворів $\varnothing 14$ мм

##### 3.1.1. Розрахунок на точність

Розміри, які координують розміщення осей отворів забезпечується кондуктором. Допустиме зміщення осей отворів відносно номіналу не більше 0,5 мм. Розташування отворів заготовки визначається діаметром центрального кола ( $D = 60$  мм), кутовим розміщенням ( $\alpha = 90^\circ$ ), співпаданням вісі центрального кола  $D$  з віссю базового отвору заготовки.  $D = 136$  мм.

Допустиме відхилення :  $\delta_D \text{ доп} = 0,5 + 0,5 = 1$  мм.

Допустиме зміщення вісі кола діаметром  $D$  відносно базового отвору заготовки:  $l_{\text{доп}} = \pm 0,5$  мм.

Параметри, які визначають розташування осей отворів заготовки, різнотипні, тому для виконання розрахунків на точність необхідно скласти два рівняння.

Число координатних розмірів, що визначають розташування осей отворів, може бути і більшим. От тому досить виконати розрахунок для перевірки

основних розмірів [7]:  $\varepsilon_{u1} = l_d - \sqrt{\varepsilon_{cm1}^2 + \varepsilon_{cm2}^2 + e_n^2 + X^2 + X_1^2 + \varepsilon_{\text{вим}}^2}$ ,

$\varepsilon_{cm1}$  – найбільша похибка розташування деталі в пристосуванні внаслідок її зміщення відносно центруючого пальця.

Встановимо розмір встановленої поверхні пальця  $\varnothing 90^{+0,2}$ . При розмірі базового отвору заготовки  $\varnothing 90^{+0,8}$ ,  $S_{\text{max}} = 0,6$  мм,  $\varepsilon_{cm1} = 0,3$  мм. Із конструктивних міркувань спряження приймемо  $\varnothing 95H7/d6$  – тоді найбільший зазор буде рівний 0,041 мм, звідси  $\varepsilon_{cm2} = 0,025$  мм,  $\varepsilon_n = 0,005$  мм [8]:

$$e_n = (1/3 \dots 1/5) e_d$$

$\delta_{Dn} = \pm 0,06$  мм,  $\delta_\alpha = \pm 0,06$  мм,  $l_n = 0,03$  мм, розмір свердла  $\varnothing 14^{+0,36}$ .

Прийmemo  $l = 15$  мм,  $H = 20$  мм,  $h = 4$  мм [7], тоді  $X = 0,0852$  мм – найбільше зміщення осі центрального кола заготовки відносно номінального розташування

$$X_1 = (l+h)/100 \cdot 0,02 = 0,03 \text{ мм.}$$

Після підстановки:

$$\varepsilon_{u1} = 0,35 - \sqrt{0,3^2 + 0,025^2 + 0,03^2 + 0,0852^2 + 0,0038^2 + 0,07^2} = 27,9 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_{u2} = \delta_D - \sqrt{\delta_{Dn}^2 + 2X^2 + \varepsilon_{\text{вим}}^2},$$

$$\delta_{Dn} = 0,06 \text{ мм, } \varepsilon_{\text{вим}} = 0,06 \text{ мм, } \delta_D = 0,3 \text{ мм,}$$

$$\varepsilon_{u2} = 0,3 - \sqrt{0,06^2 + 0,1704^2 + 0,06^2} = 0,109 \text{ мм} = 109 \text{ мкм.}$$

Два координатних розміри заготовки надійно забезпечуються кондуктором у межах заданих відхилень.

### 3.1.2. Розрахунок зусилля затиску пристосування

Розрахунок даного пристрою ведемо за методикою [8].

Зусилля, яке виникає визначається за формулою:

$$Q_1 = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \rho - (T_k \cdot \pi \cdot D_y \cdot g),$$

де  $D = 16$  мм – прийняті розміри;

$T_k = 0,75$  кг [8],

$$g = \pi \cdot 0,75 \cdot D \cdot k,$$

де  $k$  – коефіцієнт запасу  $k = 1,2$  [8]

$$g = 3,14 \cdot 0,75 \cdot 16 \cdot 1,2 = 0,45 \text{ кг,}$$

$$Q_1 = \frac{3,14 \cdot 0,16^2}{4} \cdot 14 - (0,75 \cdot 3,14 \cdot 0,16 \cdot 0,45) = 110 \text{ кг.}$$

Сила на виході пневмоциліндра визначається за формулою [8]:

$$Q = Q_1 \cdot \frac{l_1 - r \cdot f_0}{l_2 + r \cdot f_0},$$

де  $l_1 = 140$  мм;  $l_2 = 69$  мм;  $r = 10$  мм; – прийняті розміри пневмоциліндра;

$f_0 = 0,15$  – коефіцієнт тертя.

$$Q = 110 \cdot \frac{140 - 10 \cdot 0,15}{69 + 10 \cdot 0,15} = 216 \text{ кг.}$$

Визначаємо силу затиску деталі [8]:  $P = Q \cdot \frac{l_3 - r \cdot f_0}{l_4 + r \cdot f_0}$ ,

де  $l_3 = 69$  мм;  $l_4 = 68$  мм; - прийняті розміри пневмоциліндра.

$$P = 216 \cdot \frac{69 - 10 \cdot 0,15}{68 + 10 \cdot 0,15} = 219 \text{ кг.}$$

### 3.2. Проектування пристрою для фрезерування впадин

#### 3.2.1. Розрахунок зусилля затиску приспособлення

Зусилля, яке виникає на важелі визначається за формулою:

$$Q_1 = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \rho - (T_k \cdot \pi \cdot D_y \cdot g),$$

де  $D = 22$  мм – прийняті розміри;

$T_k = 0,75$  кг [8],

$$g = \pi \cdot 0,75 \cdot D \cdot k,$$

де  $k$  – коефіцієнт запасу  $k = 1,2$  [8]

$$g = 3,14 \cdot 0,75 \cdot 22 \cdot 1,2 = 0,62 \text{ кг,}$$

$$Q_1 = \frac{3,14 \cdot 0,22^2}{4} \cdot 14 - (0,75 \cdot 3,14 \cdot 0,16 \cdot 0,45) = 135 \text{ кг.}$$

Сила на виході пневмоциліндра визначається за формулою [8]:

$$Q = Q_1 \cdot \frac{l_1 - r \cdot f_0}{l_2 + r \cdot f_0},$$

де  $l_1 = 200$  мм;  $l_2 = 80$  мм;  $r = 12$  мм; – прийняті розміри пневмоциліндра;

$f_0 = 0,15$  – коефіцієнт тертя.

$$Q = 135 \cdot \frac{200 - 12 \cdot 0,15}{80 + 12 \cdot 0,15} = 295 \text{ кг.}$$

Визначаємо силу затиску деталі [7]:  $P = Q \cdot \frac{l_3 - r \cdot f_0}{l_4 + r \cdot f_0}$ ,

де  $l_3 = 89$  мм;  $l_4 = 80$  мм; - прийняті розміри пневмоциліндра.

$$P = 295 \cdot \frac{89 - 10 \cdot 0,15}{80 + 10 \cdot 0,15} = 316 \text{ кг.}$$

### 3.2.1. Розрахунок на точність

Розрахунок приспособлення на точність ведемо за такою формулою [8]:

$$\Sigma_{\text{пр}} = \delta - k \cdot \sqrt{(k_1 - \Sigma \delta)^2 + \Sigma_3^2 + \Sigma_{\text{уст}}^2 + \Sigma_{\text{зп}}^2 + (k_2 \cdot w)^2},$$

де  $\delta = 0,35$  мм – допуск на відповідний розмір;

$k = 1,1$ ;  $k_1 = 0,9$ ;  $k_2 = 0,9$  – поправочні коефіцієнти;

$\Sigma \delta = 0,1$  мм – похибка базування;

$\Sigma_{\text{уст}} = 0,08$  мм – похибка встановлення деталі;

$\Sigma_3 = 0,2$  мм – похибка, яка виникає в результаті деформації заготовки;

$\Sigma_{\text{зп}} = 0,07$  мм – похибка, яка виникає в результаті неточності виготовлення пристрою.

$$\Sigma_{\text{пр}} = 0,35 - 1,1 \cdot \sqrt{(0,9 - 0,1)^2 + 0,2^2 + 0,07^2 + 0,08^2 + (0,9 \cdot 0,1)^2} = 0,28 \text{ мм.}$$

Отже необхідна точність забезпечується.

## 3.3 Конструювання контрольно-вимірювального пристрою

Розроблене контрольно-вимірювальне пристосування призначене для контролювання торцевого биття. Принцип роботи даного пристрою такий: на тарувальному столі базується контрольована деталь, до торцевої поверхні деталі підводиться щуп індикатора. Індикатор годинникового типу, тому перед вимірюванням слід виставити стрілку в нульове положення. Повертаючи стіл з встановленою на ньому деталлю знімаємо покази індикатора. Відхилення не повинно перевищувати 0,05 мм.

Найбільша похибка даного пристрою проявляється у тарувальному столі, тому даний елемент потрібно перевірити на точність [9].

Для цього скористаємось формулою для визначення сумарної похибки [9]:

$$\Sigma_{\text{пр}} = \delta - k \cdot \sqrt{(k_1 - \Sigma \delta)^2 + \Sigma_3^2 + \Sigma_{\text{уст}}^2 + \Sigma_{\text{зп}}^2 + (k_2 \cdot w)^2},$$

де  $\delta = 0,05$  мм – допуск на відповідний розмір;

$k = 1,05$ ;  $k_1 = 0,98$ ;  $k_2 = 0,96$  – поправочні коефіцієнти;

$\Sigma \delta = 0,01$  мм – похибка базування;

$\Sigma_{\text{уст}} = 0,008$  мм – похибка встановлення деталі;

$\Sigma_3 = 0,02$  мм – похибка, яка виникає в результаті деформації заготовки;

$\Sigma_{\text{зп}} = 0,07$  мм – похибка, яка виникає в результаті неточності виготовлення пристрою.

$$\Sigma_{\text{пр}} = 0,05 - 1,05 \cdot \sqrt{(0,98 - 0,01)^2 + 0,02^2 + 0,07^2 + 0,008^2 + (0,96 \cdot 0,1)^2} = 0,029 \text{ мм.}$$

Отже необхідна точність забезпечується.

## РОЗДІЛ 4

### ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ДІЛЬНИЦІ

#### 4.1. Уточнення типу виробництва

На основі встановленої технічної норми часу в п.2.5 уточнюємо тип виробництв. Результати розрахунків представляємо у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Уточнення типу виробництва

№ опер.	Назва операції	Тшт-к, хв	мр, шт	мпр, шт	ηф	О
005	Токарна з ЧПК	3,41	0,44	1	0,44	1,82
010	Токарна-гвинторізна	5,56	0,72	1	0,72	1,11
015	Токарна з ЧПК	4,12	0,53	1	0,53	1,51
020	Вертикально-свердлильна	2,51	0,33	1	0,33	2,42
025	Фрезерна з ЧПК	5,59	0,73	1	0,73	1,1
030	Вертикально-свердлильна	5,29	0,67	1	0,67	1,19
035	Вертикально-свердлильна	2,13	0,28	1	0,28	2,86
	Всього	28,61		7		12,02

Тоді уточнено за  $K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{12.02}{7} = 1.72$  - тип виробництва багатосерійний.

Складаємо специфікацію обладнання (таблиця 4.2).

Таблиця 4.2. – Специфікація технологічного обладнання дільниці

Назва верстату	Кількість верстатів
Токарний з ЧПК мод. 16A20Ф3	2
Токарно-гвинторізний мод. 16K20	1
Фрезерний з ЧПК мод. ГФ2171С5	1
Вертикально-свердильний мод. 2Н135	3
Інші	3
Всього	10

#### 4.2. Визначення кількості працівників на дільниці

Кількість виробничих робітників-верстатників механічного відділення визначається за формулою [10]:

$$P_{\epsilon} = \frac{C_{np} \cdot F_{\delta} \cdot k_3}{F_{\delta p} \cdot k_6},$$

де  $C_{np}$  - прийнята кількість обладнання;

$F_{\delta} = 4015$  – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год.;

$k_3 = 0,8$  – середній коефіцієнт завантаження обладнання;

$F_{\delta p}$  – дійсний річний фонд часу роботи робітників;

$k_6 = 1,2$  – коефіцієнт багатOVERстатного обслуговування.

$$P_{\epsilon} = \frac{10 \cdot 4015 \cdot 0,8}{1820 \cdot 1,2} = 14,7$$

Приймаємо  $P_{\epsilon} = 15$  чоловік.

Кількість допоміжних робітників, а також фахівців та службовців визначаємо у відсотковому співвідношенні (таблиця 4.3).

Таблиця 4.3. - Відомість складу працюючих механічної дільниці [11]

Категорії працюючих	Метод визначення	Кількість
1	2	3
Виробничі робітники	за формуло	15
Допоміжні робітники	40% від $P_{\epsilon}$	6
Фахівці	12 % від $(P_{\epsilon} + P_{\delta})$	2

Продовження табл. 4.3

1	2	3
Спеціалісти	12 % від $(P_e + P_d)$	2
Службовці	5 % від $(P_e + P_d)$	1
Всього робітників		26

#### 4.3. Розрахунок виробничої площі дільниці

У Джерелі [10] зазначається, що «кількість основного технологічного обладнання дільниці визначається за технологічним процесом у відповідності з вибраним типом виробництва і формою організації виробництва». Тому складаємо специфікацію обладнання, за результатами попередніх розрахунків та визначаємо площі для їх розміщення за нормативами. (табл. 4.4).

Таблиця 4.4 – Специфікація основного технологічного обладнання дільниці для виготовлення корпусу підшипника

Назва верстату	Кількість верстатів	Питома площа на один верстат	Необхідна площа, м <sup>2</sup>
Токарний з ЧПК мод. 16A20Ф3	2	28	56
Токарно-гвинторізний мод. 16K20	1	25	25
Фрезерний з ЧПК мод. ГФ2171С5	1	22	22
Вертикально-свердильний мод. 2Н135	3	22	66
Інші	3	20	40
Всього	10	117	249

Крім основного, на дільниці розміщується таке допоміжне обладнання:

- універсально-заточний верстат;
- Слюсарний стіл;
- контрольний стіл.

Приймаємо виробничу площу дільниці 250 м<sup>2</sup>.

Площа проходів та проїздів становить 15% від виробничої площі дільниці [11],  $250 \cdot 0,15 = 37,5 \text{ м}^2$ . Приймаємо 40 м<sup>2</sup>.

Загальна площа ділянки  $F = 250+40=290\text{м}^2$ . Приймаємо, з урахуванням резервної площі згідно [12],  $350\text{ м}^2$ .

#### 4.4. Розробка технологічного планування ділянки

Розробка плану розміщення обладнання виконуємо в середовищі пакету AutoCAD з використання плоских темплетів, виконаних у вигляді окремих файлів [13].

Обладнання на ділянці розміщується послідовно за технологічним процесом вздовж прольоту в два ряди вздовж проїзду.

Відстань між верстатами – 1400 мм, від проїзду до фронтальної сторони верстата – 1100 мм, від стін, колон до тильної сторони верстата – 1500 мм [13].

Виробничі площі ділянки розміщуються в одноповерховій безкрановій будівлі прямокутної форми з сіткою колон  $6\times 12$  м. Висота прольоту - 7,2 м [12].

Уніфіковані залізобетонні колони розмірами  $500\times 500\times 6900$  мм [12].

Для бокових світлопроектів використовуються віконні рами із металопластмасових матеріалів із заповненням їх великорозмірним листовим склом, з використанням сонцезахисних пристроїв.

Підлога на ділянці виконана з полімерцементним покриттям, яке допускає технологічне навантаження  $3\text{...}5\text{ т/м}^2$ , використання води, мінеральних масел і емульсій і має низьку трудомісткість очищення [12].

Визначені основні техніко-економічні показники проектної ділянки з обробки корпусу підшипника представлені у таблиці В.1.

#### 4.5. Вибір вантажопідійомних і транспортних засобів на ділянці

Підйомно транспортні роботи являються важливим і трудомісткими елементами виробничих процесів машинобудівних заводів, від методів

організації яких в значній мірі залежить загальний рівень продуктивності праці на підприємстві і умов праці працюючих.

Під час розробки плану дільниці вибираємо такі транспортні засоби: для транспортування заготовок на механічну дільницю; завантаження і вивантаження заготовок; передачі деталей від верстата до верстата; встановлення та зняття деталей на верстаті; транспортування готових деталей в склад; транспортування стружки, а також тари для заготовок і деталей.

В даному випадку для потреб дільниці в якості міжопераційного транспорту використовуються електрокари з підйомною платформою вантажопідйомністю 1 т [12].

Для спроектованого підрозділу приймаємо наступну кількість транспортних засобів :

- мостовий кран – приймаємо 1 штука вантажопідйомністю до 2 тонн;
- електрокари – 1 шт.;
- тара – 50 шт., вантажопідйомність 300 кг.

Потреба в електрокарах визначається за формулою [11]:

$$n_e = \frac{Q \cdot i \cdot T_T \cdot K_H}{60 \cdot K_g \cdot F_D \cdot g},$$

де Q – кількість вантажів, що будуть перевезені протягом плануючого періоду, т.

$i=2$ - середня кількість транспортних операцій;

$T_T=10$ - час одного рейсу, хв.;

$K_H=1,1$ - коефіцієнт нерівномірності подачі вантажів;

$K_g=0,5$ - коефіцієнт використання палива;

$g=1$ - вантажопідйомність транспортного засобу, т.

$$n_e = \frac{49,25 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 1,1}{60 \cdot 0,5 \cdot 4060 \cdot 1} = 0,1, \text{ (шт.)}$$

Отже, приймаємо одну електрокару.

## РОЗДІЛ 5

### . ОХОРОНА ПРАЦІ І НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

#### 5.1. Основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори при умові впровадження об'єкта проектування у виробництво

Для більшості металорізальних верстатів при їх експлуатації основними активними небезпечними та шкідливими виробничими факторами є [14]:

- вібрація, причиною виникнення якої є неврівноважені силові дії, виникаючі при роботі вузлів та механізмів;
- механічна безпека, тобто рухомі частини обладнання;
- рухомий ріжучий інструмент або рухомі об'єкти обробки;
- стружка матеріалу, що обробляється;
- нагріті поверхні заготовок під час обробки і відразу після неї;
- електричний струм:
- висока швидкість обертання шпинделів:
  - наявність прямого і відображеного блиску;
  - достатньо високий рівень шуму;
  - підвищена запиленість робочої зони оператора :
    - електромагнітне поле, джерелом якого є струмоведучі частини електроустановок та ін.

Окрім активних факторів, які впливають на працівників за рахунок заключених в них енергетичних ресурсів, при обробці деталей різанням обов'язково виникатимуть небезпечні виробничі фактори пасивно-активної групи, дія яких на обслуговуючий персонал носить також негативний характер, викликаючи різного типу захворювання. Що ж до факторів пасивної групи, то можуть виникати небезпечні явища, пов'язані з можливою недостатньою міцністю конструкції верстата; підвищеними навантаженнями на вузли та

механізми; впливом змащувальних рідин на здоров'я операторів та налагоджувачів. Встановивши, які фактори активної, пасивно-активної та пасивної груп можуть виникати при експлуатації металорізального обладнання, є можливість продумати комплекс заходів технічного та організаційного характерів по приведенню перерахованих факторів до нормативних вимог або до повної їх ліквідації.

## 5.2. Визначення метеорологічних умов для робочих зон верстатників

Згідно з рекомендаціями Спілки німецьких інженерів (VDI) чисте повітря має такий склад: азот - 78,1%, кисень - 20,93, аргон - 0,93%, диоксид вуглецю - 0,03%. Крім того, повітря містить незначну кількість інших газів: водню, озону і оксидів азоту [15].

Густина повітря при 0°C і 760 мм рт. ст. складає 1,293 г/л [16]. В спроектованому механічному цеху внаслідок обробки матеріалів та металів різанням повітряне середовище забруднюють пил і тонкодисперсні аерозолі різного походження. Вплив пилу на працівника залежить від його токсичності, дисперсності і концентрації в повітряному середовищі. В загальному випадку, попадаючи в легені, він викликає різного роду захворювання - *пневмоконіози*.

Вміст шкідливих речовин в повітрі роб. зони спроектованого цеху не повинен перевищувати граничне допустимих концентрацій (ГДК), які прийнято оцінювати в мг/м<sup>3</sup>.

При вмісті в повітрі роб. зони декількох шкідливих речовин однонаправленої дії повинна виконуватись умова:

$$C_1/\text{ГДК}_1 + C_2/\text{ГДК}_2 + \dots + C_n/\text{ГДК}_n \leq 1,$$

де  $C_1, C_2, C_n$  – концентрації відповідних шкідливих речовин в повітрі;

ГДК<sub>1</sub>, ГДК<sub>2</sub>, ГДК<sub>n</sub> – гранично допустимі концентрації відповідних шкідливих речовин.

До шкідливих речовин однонаправленої дії відносять шкідливі речовини, близькі за хімічним складом і характером дії на організм людини. Вміст шкідливих речовин в повітрі, яке поступає в виробниче приміщення спроектованого цеху, не повинен перевищувати 0,3 ГДК, встановлених для робочої зони виробничих приміщень.

Допустимий вміст пилу від механічної обробки, що викидається в атмосферу, визначається по формулах:

- при витраті викинутого в атмосферу повітря більше 15 000 м<sup>3</sup>/рік:  $C_1 = 100 K$
- при витраті викинутого в атмосферу повітря 15000 м<sup>3</sup>/рік і менше:

$$C_2 = (160 - 4\alpha)K,$$

де  $C_1$  і  $C_2$  – допустимий вміст пилу в повітрі;

$\alpha$  – витрати повітря в тис.м<sup>3</sup>/год;

$K$  – коефіцієнт, що залежить від гранично допустимої концентрації пилу в повітрі робочої зони:

$K = 0,3$  при ГДК пилу 2 мг / м<sup>3</sup> і менше;

$K = 0,6$  при ГДК пилу від 2 до 4 мг / м<sup>3</sup>;

$K = 0,8$  при ГДК пилу від 4 до 6 мг / м<sup>3</sup>;

$K = 1$  при ГДК пилу 6 мг / м<sup>3</sup> і більше

*Мікроклімат, або метеорологічні умови* виробничого приміщення, де встановлено металоріз, обладнання, визначаються такими параметрами [16]:

- температурою повітря в приміщенні;
- відносною вологістю повітря;
- рухливістю повітря;
- тепловим випромінюванням.

Всі ці параметри встановлюються для роб. зони верстатника в залежності від [15]:

- категорії важкості роботи, що виконується;
- величини надлишків явного тепла, що виділяється в приміщення;
- періоду року.

*Категорії робіт* - це розділення робіт на основі загальних енерговитрат організму, що вимірюються в Дж/с [16].

До *легких* відносяться роботи, при яких енерговитрати не перевищують 172 Дж / с ( до 150 кКал / год).

При виконанні робіт *середньої* важкості енерговитрати знаходяться в межах 172 - 293 Дж / с (150 - 250 кКал \ год).

До *важких* відносяться роботи, при яких енерговитрати перевищують 293 Дж/ с ( більше 250 кКал / год).

В залежності від теплового режиму розрізняють *приміщення із незначними і значними надлишками явного тепла*. Під явним теплом розуміють тепло, що поступає в приміщення від обладнання, отоплювальних засобів, нагрітих матеріалів і інших джерел, яке впливає на температуру повітря в приміщенні.

Рік поділяється на теплий, холодний і перехідний періоди.

Теплий період року - це період із середньодобовою температурою зовнішнього повітря *+10 град. і вище*, а холодний - *нижче 10 град.*

Дуже важливе значення для нормальної життєдіяльності працівника має чисте повітря необхідного хімічного складу, оптимальної температури, вологості і швидкості його руху. Створення в робочій зоні металорізальних верстатів потрібних метеорологічних умов благоприємно діє на організм, сприяє доброму самопочуттю, значно підвищує безпеку роботи, забезпечує високу ступінь працездатності.

Щодо температури повітря, то вона повинна бути:

- в холодний період року: 18 ...20 C<sup>0</sup>;
- в теплий період року: 21 ...23 C<sup>0</sup>.

Щодо відносної вологості повітря, то незалежно від періоду року її значення повинно знаходитись в межах до 75 %. Перевищення відносної вологості повітря відносно встановлених норм має негативний вплив на здоров'я обслуговуючого персоналу. Відносно швидкості руху повітря повинна знаходитись в межах 0,2 -0,3 м / с [16].

Допустимі норми температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень в машинобудуванні представлені у таблиці Г. 1.

### 5.3. Заходи щодо приведення небезпечних та шкідливих виробничих факторів до нормативних вимог

Здійснюючи профілактичні заходи по доведенню пилу та інших шкідливих речовин до граничне допустимих концентрацій, в робочій зоні, для даного виробництва використовується наступне:

1. Створити в цеху оптимальний температурний режим (і обладнання не більше 45°C);
2. Для зменшення пилу при механічній обробці будемо подавати змащувально-охолоджуючу рідину (емульсія).

Одним з основних міроприємств по оптимізації параметрів мікроклімату і складу повітря є повітрообмін. З цією метою використовується припливно-витяжна система вентиляції, яка складається з двох окремих систем приточної і витяжної. За допомогою цих систем в цех попадає чисте повітря і видаляється з нього забруднене. Також можливе використання витяжних шаф. Для зменшення механічного шуму передбачено своєчасно проводити ремонт механізмів, які зносилися, проводити заміну підшипників; більш широко

застосовувати примусове змащення поверхонь які труться; проводиться балансування елементів машин [17].

Для зниження шуму в виробничих приміщеннях використовуємо обшивку стелі шумопоглинаючим матеріалом: наприклад деревоволокнистими плитами - цей прийом знижує шум на 8ДБ [18].

В якості засобів індивідуального захисту використовуємо вкладиші з ультратонкого волокна, із суміші волокна і парафіну це приводить до зниження шуму на 20 ДБ.

Для зменшення вібрації на шляху її розповсюдження встановлюються ребра жорсткості, підвищуючи таким чином жорсткість верстата.

Крім того використовується віброізоляція. Оброблюючий центр встановлюється на віброізоляторах, які поглинають вібрацію. В ролі віброізолятора застосовують віброізолюючу опору типу пружних прокладок або пружин.

Для захисту від електричного струму використовуємо [19]:

1. Заземлення корпусів електроустановок;
2. Ізоляція робочого місця;
3. Ізоляція струмоведучих частин, проводів шляхом нанесення на них діелектричного матеріалу.

#### 5.4. Охорона навколишнього середовища

Для очистки повітря в виробничому цеху передбачені фільтри-кондиціонери, а також пилевловлюючі фільтри.

В процесі обробки утворюються металовідходи. Стружка на території заводу піддається утилізації для данного виду промислових відходів.

Для очистки стічних вод від металів і їх солей використовують реагентний метод, який широко використовується на підприємствах. В основі цього методу

лежить окислення розчинення в воді домішок з утворенням нетоксичних продуктів. Далі здійснюється доочистка в загальних стоках підприємства.

## 5.5 Розробка засобів пожежної безпеки

Пожежна безпека об'єкта забезпечується системою припинення пожежі і протипожежним захистом.

В спроектованому підрозділі пожежо- та вибухопожежне середовище відсутнє, а саме виробництво по пожежній безпеці відноситься до категорії В (цех холодної обробки). В якості системи опалення використовується система центрального опалення, так як безпечна в пожежному відношенні.

Дільниці оснащені згідно норм вогнегасниками ОХП-10 [20]. Згідно ДСТУ 4172-2003 вогнегасники повинні бути розміщені на висоті не більше 1.5 м від рівня підлоги до нижнього торця вогнегасника і по відстані не менше 1.2м від краю дверей при їх відкриванні. Також в цеху встановлені пожежні крани.

Цех оснащений швидким і надійним видом пожежного зв'язку електронно-пожежною сигналізацією, в санітарно-захисній зоні розташоване пожежне депо.

В цеху передбачено безпечні шляхи евакуації людей і матеріальних цінностей на випадок виникнення пожежі. Передбачено два евакуаційних виходи.

З робітниками проводиться інструктаж по пожежній безпеці.

## ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

На основі аналізу проведеної роботи можна зробити такі висновки:

- В якості заготовки раціонально використовувати литво у піщані форми.
- Спроектований технологічний процес вдосконалений за рахунок заміни операції токарно-гвинторізна, що виконувалася на універсальному обладнанні, на токарну з ЧПК.
- Проведені теоретичні обґрунтування запропонованих методів та форм обробки.
- Спроектоване спеціальні верстатні та контрольне пристосування для металорізальних верстатів забезпечить задану точність і якість обробки деталі.
- Спроектована дільниця для механічної обробки забезпечить задану програму випуску і безпечну роботу працюючих.
- Розроблені засоби безпеки виробництва та розглянуті питання охорони праці.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Марочник сталі та сплавів – закордонні аналоги. URL: [http://www.splav-kharkov.com/analog/zm\\_tabl\\_rus.php](http://www.splav-kharkov.com/analog/zm_tabl_rus.php) (дата звернення: 22.03.2025).
2. Гущин О. В. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин : посібник для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 131 – «Прикладна механіка» спеціалізації «Технології машинобудування». Краматорськ: ДДМА, 2019. 159 с.
3. Рудь В.Д., Божко Т.Є., Гальчук Т.Н. Методологія підготовки випускної роботи за спеціальністю 131- Прикладна механіка (освітній рівень – бакалавр; спеціалізація – технології машинобудування): навчальний посібник. Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2017. 487с.
4. Купівля брухту – Vikkon. URL: <http://vikkon.com> (дата звернення: 01.04.2025). – Назва з екрана.
5. Прайс-лист на виготовлення виливків зі сталі – MetExport. URL: <https://www.metexport.com.ua/ua/prajs-list/> (дата звернення: 01.04.2025). – Назва з екрана.
6. Григурко І.О., Брендюля М.Ф., Доценко С.М. Технологія обробки типових деталей (курсове проектування): навч. посіб. Львів: Новий світ-2000,2006. 576 с.
7. Ревнівцев М. П., Паршина Н. П. Режими різання на металообробних верстатах у машинобудуванні: навч. посіб. К. : А.С.К., 2006. 416 с.
8. Боровик А.І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва: підручник. К.: Кондор, 2008. 726 с.
9. Гевко Б.М., Дичковський М.Г., Матвійчук А.В. Технологічна оснастка. Контрольні пристрої: навч. посіб. К.: Кондор, 2009. 220 с.
10. Джур Є.О., Бондаренко О.В. Проектування машинобудівних заводів та цехів. Загальна частина: навч. посіб. Д.: “Інновація”, 2011. 109с.

11. Гальчук Т.Н. Проектування та організація підрозділів сучасного машинобудівного виробництва: елект. навч. посіб. для студентів спеціальності 131 – „Прикладна механіка” денної та заочної форм навчання. Луцьк: ЛНТУ, 2022. URL: <https://elib.lntu.edu.ua> (дата звернення: 10.04.2024).
12. Дусанюк Ж.П., Семичеснов Н.С., Гунько І.В. Механоскладальні цехи та дільниці у машинобудуванні. Вінниця: ВДТУ, 2003. 262 с.
13. Вимоги до розміщення виробничого обладнання і організація робочих місць. URL: <http://do.gendocs.ru/docs/index-24983> (дата звернення: 15.04.2024).
14. *Основи охорони праці* : підручник / М. С. Одарченко та ін. Х. : Стиль-Издат, 2017. 334 с.
15. НПАОП 28.0-1.01-90 Галузеві правила з техніки безпеки і виробничої санітарії при холодній обробці металів на металорізальних верстатах. URL:[https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=57874](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=57874) (дата звернення: 16.05.2025).
16. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL:<https://dnaop.com/html/34094> (дата звернення: 20.05.2025).
17. Стиценко Т.Є., Пронюк Г.В. Сердюк Н.М. та ін. Безпека життєдіяльності: навч. посібник. Харків : ХНУРЕ, 2018. 336 с.
18. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=48147](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=48147) (дата звернення: 16.05.2024).
19. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). URL:[https://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id\\_doc=72758](https://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=72758) (дата звернення: 16.05.2025).
20. ДСТУ 4172-2003 "Засоби пожежної безпеки. Пожежні вогнегасники для гасіння пожеж рідких речовин. Загальні технічні умови". URL: <https://euroservis.com.ua> (дата звернення: 16.05.2025).

## ДОДАТКИ