

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет робототехніки та штучного інтелекту

(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 ЯЕ.ЛЦ.5568-1**

спеціальність 131 Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»
(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ІМ-41
Глушук Олександр Сергійович

(підпис)

Керівник:
к.т.н., доцент
Самчук Людмила Михайлівна

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 2026 р.
Гарант освітньої програми:
к.т.н., доцент
Божко Тетяна Євгенівна

(підпис)

Луцьк – 2026 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

«___» _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ Глущуку Олександрю Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Проектування ділянки з розробкою технологічного процесу механічної обробки кришки ЯЕ.ЛЦ.5568-1

Керівник роботи: Самчук Людмила Михайлівна

затверджені наказом вищого навчального закладу від «31» грудня 2025 р. № 962/01-07

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «1» червня 2026р.

3. Вихідні дані до роботи Креслення деталі кришка ЯЕ.ЛЦ.5568-1, річна програма випуску 10000шт/рік, базовий технологічний процес, нормативні дані

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

5. Перелік графічного матеріалу: Креслення деталі – 1 лист (ф. А1), креслення заготовки – 1 лист (ф.А1), КН 015 – 1 лист (ф.А1), складальне креслення верстатного пристрою – лист (ф.А1), складальне креслення контрольного пристрою – 1 лист (ф.А1), креслення спеціального ріжучого інструменту – 1 лист (ф.А2), креслення плану ділянки – 1 лист (ф.А2).

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання «4» лютого 2026р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Обґрунтування теми</i>	6.03.2026р.	
2	<i>Огляд літератури із досліджуваної проблеми</i>	10.03.2026р.	
3	<i>Загальна частина.</i>	11.03.2026 р.	
4	<i>Технологічна частина</i>	18.04.2026 р.	
5	<i>Конструкторська частина</i>	25.05.2026 р.	
6	<i>Проектування механічної ділянки</i>	25.05.2026 р.	
7	<i>Охорона праці</i>	27.05.2026 р.	
8	<i>Висновки та пропозиції</i>	29.05.2026р.	
9	<i>Формування списку використаних джерел</i>	29.05.2026р.	
10	<i>Формування додатків</i>	29.05..2026р.	
11	<i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>	01.06.2026р.	
12	<i>Нормоконтроль</i>	01.06.2026р.	
13	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	01.06.2026р	
14	<i>Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту</i>	09.06.26р.	

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

(Глушук О.С.)
(прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ (підпис)

(Самчук Л.М.)
(прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Глушук О.С. Проектування дільниці з розробкою технологічного процесу механічної обробки кришки ЯЕ.ЛЦ.5568-1.Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Прикладна механіка» спеціальності 131 Прикладна механіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2026.

Кваліфікаційна робота присвячена проектуванню виробничої дільниці та розробці технологічного процесу механічної обробки деталі «Кришка» ЯЕ.ЛЦ.5568-1. Актуальність теми зумовлена необхідністю підвищення ефективності машинобудівного виробництва, зниження трудомісткості виготовлення деталей, покращення якості продукції та раціонального використання обладнання і виробничих площ.

У роботі виконано аналіз конструкції деталі та її технологічності, визначено матеріал, основні вимоги до точності та шорсткості поверхонь. На основі аналізу обґрунтовано вибір способів обробки, послідовність технологічних операцій і базування деталі. Розроблено технологічний процес механічної обробки кришки ЯЕ.ЛЦ.5568-1, підібрано необхідне обладнання, різальний інструмент, а також визначено режими різання для основних операцій.

Окрім цього, виконано проектування виробничої дільниці для виготовлення даної деталі: розраховано кількість обладнання, організовано розміщення верстатів, визначено виробничу площу та забезпечено раціональну організацію робочих місць. Проведено техніко-економічні розрахунки, що підтверджують доцільність запропонованого технологічного процесу. Результати роботи можуть бути використані при організації виробництва та вдосконаленні технологічних процесів механічної обробки деталей у машинобудуванні.

Ключові слова: технологічний процес, механічна обробка, проектування дільниці, машинобудівне виробництво, металорізальні верстати, режими різання, різальний інструмент, технологічність конструкції, виробнича дільниця.

ABSTRACT

Glushchuk O.S. Design of the site with the development of the technological process of mechanical processing of the cover YE.LC.5568-1 Manuscript.

Qualification work of the bachelor's OP " Applied Mechanics" specialty 131 Applied mechanics. Lutsk national technical university. Lutsk , 2026 .

The qualification work is devoted to the design of the production area and the development of the technological process for the mechanical processing of the part "Cover" YE.LC.5568-1. The relevance of the topic is due to the need to increase the efficiency of machine-building production, reduce the labor intensity of manufacturing parts, improve product quality and rational use of equipment and production areas.

The work analyzes the design of the part and its manufacturability, determines the material, the main requirements for accuracy and surface roughness. Based on the analysis, the choice of processing methods, the sequence of technological operations and the basing of the part is justified. The technological process for the mechanical processing of the cover YE.LC.5568-1 is developed, the necessary equipment, cutting tools are selected, and cutting modes for the main operations are determined.

In addition, the design of the production area for the manufacture of this part is carried out: the amount of equipment is calculated, the placement of machines is organized, the production area is determined and a rational organization of workplaces is ensured. Feasibility studies have been conducted to confirm the feasibility of the proposed technological process. The results of the work can be used in organizing production and improving technological processes for machining parts in mechanical engineering.

Keywords: technological process, machining, site design, mechanical engineering, metal-cutting machines, cutting modes, cutting tool, design manufacturability, production site.

ЗМІСТ

ст

Вступ.....7

1 Розділ 1. Загальна частина9

1.1 Службове призначення і характеристика об'єкта виробництва,
аналіз технічних умов на деталь.....9

1.2 Вибір методу одержання заготовки.....10

1.3 Вибір методу обробки поверхонь.....12

1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва.....13

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.....21

2.4 Розрахунок режимів різання, вибір обладнання.....26

2.5 Нормування технологічного процесу.....29

3 Розділ 3. Конструкторська частина.....31

3.1 Проектування технологічного оснащення.....32

3.1.2 Вибір і обґрунтування принципу дії, структурної схеми.....32

3.1.3 Силовий розрахунок параметрів приводу.....33

3.1.4 Розрахунок на точність.....36

3.1.5 Загальний опис конструкції, принцип дії.....37

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

3.2	Проектування контрольного пристрою.....	37
3.2.1	Розрахунок на точність.....	38
3.2.2	Загальний опис конструкції, принцип дії.....	39
3.3	Розрахунок спеціального ріжучого інструменту.....	40
4	Розділ 4. Проектування механічної ділянки.....	43
4.1	Уточнення типу виробництва.....	43
4.2	Визначення кількості працівників на ділянці.....	43
4.3	Розрахунок виробничої площі ділянки	44
4.4	Розробка технологічного планування ділянки.....	46
4.5	Основні техніко-економічні показники ділянки.....	46
5	Розділ 5. Охорона праці.....	49
	Висновки та пропозиції.....	55
	Список використаних джерел.....	56
	Додатки.....	58

ВСТУП

Сучасний розвиток машинобудування характеризується постійним зростанням вимог до якості продукції, точності виготовлення деталей, продуктивності праці та ефективності використання виробничих ресурсів. У зв'язку з цим важливого значення набуває удосконалення технологічних процесів механічної обробки деталей, раціональна організація виробничих дільниць та впровадження прогресивних методів обробки. Саме технологічна підготовка виробництва значною мірою визначає економічну ефективність підприємства, рівень собівартості продукції та її конкурентоспроможність на сучасному ринку.

Механічна обробка є одним із основних етапів виготовлення деталей машин. Вона забезпечує досягнення необхідної точності розмірів, форми та взаємного розташування поверхонь, а також потрібної якості поверхневого шару. Від правильності розроблення технологічного процесу залежить не лише якість виготовленої деталі, але й ефективність використання обладнання, інструменту та трудових ресурсів. Тому особливої уваги потребує обґрунтований вибір методів обробки, різального інструменту, режимів різання та технологічного оснащення.

Важливою складовою організації машинобудівного виробництва є проектування виробничих дільниць. Раціональне розміщення обладнання, правильна організація робочих місць, оптимальний вибір типу та кількості верстатів дозволяють підвищити продуктивність праці, зменшити витрати часу на транспортування деталей та забезпечити безперервність виробничого процесу. Крім того, правильне планування виробничої дільниці сприяє покращенню умов праці, підвищенню рівня безпеки та ефективнішому використанню виробничих площ.

Однією з важливих задач технологічної підготовки виробництва є розробка технологічного процесу виготовлення конкретної деталі. Для цього необхідно провести аналіз її конструкції, визначити матеріал, оцінити технологічність, обґрунтувати вибір заготовки та визначити послідовність технологічних

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

операцій. Особливе значення має вибір базування деталі, що забезпечує необхідну точність обробки та мінімізацію похибок. Також важливим етапом є визначення режимів різання, які впливають на продуктивність обробки, стійкість інструменту та якість поверхні.

У машинобудівній галузі значна частина деталей виготовляється шляхом механічної обробки на металорізальних верстатах різних типів. До них належать токарні, фрезерні, свердлильні, розточувальні та інші верстати, що дозволяють виконувати широкий спектр операцій. Використання сучасного обладнання, а також застосування ефективного різального інструменту дає можливість значно підвищити продуктивність праці та забезпечити стабільну якість обробки.

Деталь «Кришка» ЯЕ.ЛЦ.5568-1 є складовим елементом механізму, що виконує захисну та конструктивну функції у вузлі машини або механізму. Вона забезпечує герметизацію, захист внутрішніх елементів від забруднення та зовнішніх впливів, а також може виконувати функцію кріплення або фіксації окремих частин конструкції. У зв'язку з цим до деталі висуваються підвищені вимоги щодо точності виготовлення, взаємного розташування поверхонь та якості обробки.

Під час виготовлення таких деталей важливо забезпечити раціональну послідовність технологічних операцій, мінімізувати кількість установок та переходів, а також забезпечити максимальну ефективність використання обладнання. Важливу роль відіграє також вибір відповідної заготовки, що дозволяє зменшити припуски на обробку, знизити витрати матеріалу та скоротити трудомісткість виготовлення.

Результати виконаної роботи можуть бути використані при організації або вдосконаленні виробництва на машинобудівних підприємствах, а також при розробці технологічних процесів виготовлення подібних деталей.

					002Б-26.00.00.00.000 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

Деталь має досить складну просторову форму. У її конструкції передбачено декілька наскрізних отворів, призначених для кріплення кришки до блоку циліндрів. Крім того, на нижній площині розташовані глухі різьбові отвори, які використовуються для з'єднання кришки з картером двигуна. У деталі також передбачений отвір для встановлення датчика частоти обертання колінчастого вала, а також центральний отвір для проходження колінчастого вала.

До деталі висуваються підвищені вимоги щодо точності розташування отворів та забезпечення необхідної площинності поверхні, яка прилягає до блоку циліндрів. За конструктивними ознаками дана деталь належить до класу корпусних деталей.

Конструкція виробу забезпечує зручний доступ ріжучого та вимірювального інструменту під час виконання операцій механічної обробки та контролю. Точність виготовлення характеризується такими полями допусків: IT9, Н9, Н7. Вимоги до якості поверхонь знаходяться в межах шорсткості від Ra 1,25 до Ra 12,5 мкм.

До деталі також висуваються вимоги щодо точності геометричної форми поверхонь та їх взаємного розташування. Матеріалом виготовлення є сірий чавун марки СЧ15 згідно стандарту ISO 1815:2010.

Усі поверхні деталі є відкритими, що забезпечує можливість вільного підведення ріжучого інструменту під час обробки. Поверхні, які формуються після механічної обробки, мають стандартну геометричну форму, що спрощує виконання технологічних операцій.

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 - Хімічний склад сірого чавуну СЧ15 ISO 1815:2010

хімічний склад, %					
C	Si	Mn	P	S	Cr
3,5-3,7	2-2,4	0,5-0,8	не більше 0,2	не більше 0,15	не більше 0,06

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сірого чавуну СЧ15 ISO 1815:2010

T	E 10 ⁻⁵	α 10 ⁶	λ	ρ	C
Град		МПа	Вт/(м·град)	кг/м ³	Дж/(кг·град)
20	0,9		59	7000	
100		9			460

1.2. Вибір методу одержання заготовки

Вибір способу отримання заготовки є відповідальним етапом у проектуванні технологічного процесу і залежить від багатьох чинників. Для розглядуваної деталі матеріалом є алюмінієвий сплав, що визначає доцільність застосування лиття для виготовлення заготовки. Виробництво цієї деталі відноситься до крупносерійного типу, що також впливає на вибір технології.

Метод виготовлення заготовки визначається низкою факторів: призначенням та конструкцією деталі, властивостями матеріалу, вимогами до точності і якості поверхні, обсягом та серійністю виробництва, а також економічною ефективністю. Раціональний вибір можливий лише за умови комплексного врахування всіх цих аспектів, оскільки вони тісно взаємопов'язані.

Остаточне рішення щодо способу виготовлення заготовки приймається після проведення економічного розрахунку собівартості як заготовки, так і подальшої механічної обробки. У випадку даної деталі, враховуючи матеріал, обсяг виробництва та конструктивні особливості, оптимальним є отримання заготовки методом лиття. Виливок четвертого класу точності може бути отриманий декількома способами лиття. Оскільки зовнішні поверхні деталі не обробляються

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

механічним способом, їх необхідно формувати безпосередньо при виготовленні заготовки.

Для обґрунтування вибору слід виконати порівняльний економічний аналіз собівартості заготовок, виготовлених методом лиття під тиском та лиття за моделями з виплавлюваних матеріалів, що дозволить визначити найбільш ефективний варіант з точки зору витрат і точності.

Собівартість заготовки можна визначити за формулою [1]:

$$S_{заг} = \left(\frac{C_1}{1000} Q k_T k_C k_B k_M k_{II} \right) - (Q - q) \frac{S_{відх}}{1000}, \quad (1.1)$$

де C_1 – базова вартість 1 т заготовок, грн.;

Q – маса заготовки, кг;

$S_{відх}$ – ціна 1 т відходів, грн.;

q – маса готової деталі, кг;

$k_T, k_C, k_B, k_M, k_{II}$ – коефіцієнти, що залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу і обсягу виробництва заготовок.

Дані необхідні для розрахунку вартості заготовок, одержуваних литтям по виплавлюваних моделях представлені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Дані для розрахунку

Показник	C_1	$S_{відх}, \text{р.}$	$Q, \text{кг}$	$q, \text{кг}$	k_T	k_C	k_B	k_M	k_{II}
Числове значення	66000	20000	5,9	4,9	1,0	1,0	0,69	1,0	1,0

У відповідності до формули 1.1 вартість заготовок отриманих литтям по виплавлюваних моделях буде рівною:

$$S_{звм} = \left(\frac{66000}{1000} \cdot 1,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,69 \cdot 1 \cdot 1 \right) - (1,8 - 1,3) \cdot \frac{20000}{1000} = 71,97 \text{ грн.}$$

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Дані необхідні для розрахунку вартості заготовок отриманих литтям під тиском, представлені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Дані для розрахунку

Показник	C, р.	S _{відх} , р.	Q, кг	q, кг	k _т	k _с	k _в	k _м	k _п
Числове значення	66000	20000	1,7	1,3	1,0	0,94	0,69	1	1,0

Відповідно до формули 1.1 вартість заготовок одержуваних литтям під тиском становитиме:

$$S_{\text{лпг}} = \left(\frac{66000}{1000} \cdot 1,7 \cdot 1 \cdot 0,94 \cdot 0,69 \cdot 1 \cdot 1 \right) - (1,7 - 1,3) \frac{20000}{1000} = 64,77 \text{ грн.}$$

На основі проведених розрахунків найбільш ефективним способом виготовлення заготовки для корпусу є лиття під тиском, оскільки воно дозволяє знизити технологічну собівартість деталі.

Цей метод зазвичай використовується для виробництва складних фасонних виливків із сплавів цинку, алюмінію, магнію та латуні. Лиття під тиском доцільне при серійності партії від 1000 одиниць і більше, забезпечуючи продуктивність до 1000 виробів на годину. Дозволяє отримувати виливки вагою до 100 кг з мінімальною товщиною стінок 0,5 мм, точністю 11–12-го класу та поверхневою шорсткістю до Ra 0,63 мкм.[1].

1.3. Вибір методу обробки поверхонь

При виборі способу виготовлення заготовок для машинних деталей необхідно враховувати низку факторів: призначення та конструкцію деталі, матеріал, вимоги до точності і геометрії поверхонь, серійність виробництва, а також економічну ефективність процесу. Найоптимальніший метод — той, який забезпечує технологічність обробки деталі та мінімальні витрати на її виготовлення.

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Для розглядуваної деталі попередньо обрано метод отримання заготовки — лиття під тиском.

При плануванні механічної обробки заготовки слід дотримуватися логічної послідовності технологічних етапів:

1. Обробка поверхонь, що будуть використовуватися як базові при наступних операціях;
2. Первинна чорнова обробка поверхонь, де не допускаються дефекти;
3. Виконання напівчистої та чистої обробки;
4. Виконання другорядних операцій, таких як свердління, прорізання канавок, довбання тощо;
5. Проведення оздоблювальних операцій;
6. Заключний контроль та випробування готової деталі.

Вибір конкретного способу обробки поверхонь залежить від функціонального призначення деталі та її окремих поверхонь, вимог до точності, шорсткості та геометричної форми. Обробка виконується у кілька переходів, при цьому на кожному етапі застосовується відповідний вид обробки — від чорнової до чистої, щоб забезпечити необхідні технологічні та експлуатаційні характеристики деталі.

1.4. Визначення типу та організаційної форми виробництва

Степінь спеціалізації робочих місць характеризується коефіцієнтом закріплення операцій, що виконується на даному робочому місці на протязі місяця. Коефіцієнт закріплення операцій визначає тип виробництва, та визначається за формулою [3]:

$$K_{з.о.} = \frac{O}{P}, \quad (1.2)$$

де O — число операцій, що виконується на робочих місцях ділянки, цеха;

P — кількість робочих місць.

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Типи машинобудівного виробництва характеризуються такими значеннями коефіцієнта закріплення операції [3]:

Попередньо, за річною програмою випуску виробів N 10000 штук вибираємо тип виробництва – крупносерійний.

Кількість робочих місць визначаємо за формулою [3]:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт.к.}}{60 \cdot F_{\phi} \cdot \eta_{з.н.}}, \quad (1.3)$$

де N=10000 шт. – річна програма випуску;

F_{ϕ} =4059 год. – річний фонд робочого часу;

$\eta_{з.н.}$ =0,75 – нормативний коефіцієнт завантаження;

$T_{шт.к.}$ - штучно-кулькуляційний час на операціях, хв.;

$$T_{шт.к.} = T_0 \cdot \varphi, \quad (1.4)$$

де φ - коефіцієнт, який залежить від операцій і типу виробництва;

T_0 - основний технологічний час.

Визначаємо основний технологічний час і штучно-кулькуляційний час, використовуючи формули [3]:

005 Вертикально-фрезерна операція:

$$T_{01} = 0,507 \cdot l = 0,32 \text{ хв},$$

$$T_{02} = 0,2 \cdot l = 0,18 \text{ хв},$$

$$T_{03} = 0,2 \cdot l \cdot d^2 = 1,25 \text{ хв},$$

Основний технологічний і штучно-кулькуляційний час:

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_0 = 1,75xв,$$

$$T_{ш-к} = 1,51 \cdot 1,75 = 2,64xв.$$

010 Фрезерно-свердлильна операція:

$$T_{01} = 0,47 \cdot l \cdot d^2 = 2,76xв,$$

$$T_{02} = 0,2 \cdot l \cdot d^2 = 1,24xв,$$

$$T_{03} = 0,2 \cdot l \cdot d^2 = 2,98xв,$$

Основний технологічний і штучно-калькуляційний час:

$$T_0 = 6,98xв,$$

$$T_{ш-к} = 1,51 \cdot 6,98 = 10,5xв.$$

015 Горизонтально-розточувальна операція:

$$T_{01} = 0,35 \cdot l \cdot d^2 = 1,58xв,$$

$$T_{02} = 0,2 \cdot l \cdot d^2 = 2,15xв,$$

$$T_{03} = 0,47 \cdot l \cdot d^2 = 1,8xв,$$

$$T_{04} = 0,47 \cdot l \cdot d^2 = 3,14xв,$$

$$T_{05} = 0,2 \cdot l \cdot d^2 = 1,89xв,$$

$$T_{06} = 0,35 \cdot l \cdot d^2 = 2,56xв,$$

Основний технологічний і штучно-калькуляційний час:

$$T_0 = 13,12xв,$$

$$T_{ш-к} = 1,13 \cdot 13,12 = 14,8xв.$$

020 Горизонтально-розточувальна операція:

$$T_{01} = 0,36 \cdot l \cdot d^2 = 0,89xв, \quad T_{02} = 0,2 \cdot l \cdot d^2 = 1,25xв,$$

$$T_{03} = 0,4 \cdot l \cdot d^2 = 1,63xв,$$

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{04} = 0,4 \cdot l \cdot d^2 = 2,18 \text{хв},$$

Основний технологічний і штучно-калькуляційний час:

$$T_0 = 5,59 \text{хв},$$

$$T_{шт-к} = 1,13 \cdot 5,59 = 6,72 \text{хв}.$$

025 Вертикально-фрезерна операція:

$$T_{01} = 0,47 \cdot l \cdot d^2 = 8,96 \text{хв},$$

Основний технологічний і штучно-калькуляційний час:

$$T_0 = 8,96 \text{хв},$$

$$T_{шт-к} = 1,13 \cdot 1,25 = 11,41 \text{хв}.$$

030 Свердлильна операція з ЧПУ:

$$T_{01} = 0,36 \cdot l \cdot d^2 = 2,56 \text{хв},$$

$$T_{02} = 0,25 \cdot l \cdot d^2 = 3,17 \text{хв},$$

$$T_{03} = 0,11 \cdot l \cdot d^2 = 1,28 \text{хв},$$

$$T_{04} = 0,4 \cdot l \cdot d^2 = 0,89 \text{хв},$$

Основний технологічний і штучно-калькуляційний час:

$$T_0 = 7,9 \text{хв},$$

$$T_{шт-к} = 1,13 \cdot 7,9 = 8,92 \text{хв}.$$

Знайдемо середній штучно-кулькуляційний час [3]:

$$T_{шт.к} = \frac{\sum T_{шт.к}}{n}, \quad (1.5)$$

$$T_{шт-к\text{сеп}} = \frac{44,99}{6} = 7,49 \text{хв}.$$

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для визначення нормативного коефіцієнта завантаження обладнання ($\eta_{з.н}$) у крупносерійних виробництвах зазвичай використовують діапазон 0,75–0,85. Для розглядуваного типу виробництва було обране значення $\eta_{з.н} = 0,75$, оскільки воно є найбільш оптимальним та відповідає специфіці серійного випуску деталей [3]. Визначаємо розрахункову кількість обладнання, необхідну для виконання кожної операції [3]:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{ш-к}}{60 \cdot F_{\partial} \cdot \eta_{з.н}}, \quad (1.6)$$

де $F_{\partial} - F_{\partial} = 4059 \text{ год.}$)

$$m_{p005} = \frac{10000 \cdot 2,64}{60 \cdot 4059 \cdot 0,75} = 0,34;$$

Заокруглюємо m_p в більшу сторону до цілого числа і отримуємо кількість робочих місць $p = 1$. Розраховуємо дійсний коефіцієнт завантаження обладнання користуючись даними з праці [3]:

$$n_{з.ф} = \frac{m_p}{p} < n_{з.н}, \quad (1.7)$$

$$n_{з.ф005} = \frac{0,34}{1} = 0,34$$

$$n_{з.ф005} = 0,34 < 0,75 - \text{умова виконується.}$$

Розраховуємо кількість операцій, які виконуються на цьому обладнанні [3]:

$$O = \frac{n_{з.н}}{n_{з.ф}} \quad (1.8)$$

$$O_{005} = \frac{0,75}{0,34} = 2,2, \text{ приймаємо } O = 2. \text{ На інші операції проводимо аналогічні}$$

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розрахунки і результати заносимо в таблицю 1.5

Таблиця 1.5 – Значення штучно-калькуляційного часу

Операція	$T_{ш-к}$	m_p	P	$n_{з.ф}$	O
005	2,64	0,34	1	0,34	2
010	10,5	0,57	1	0,57	1
015	14,8	0,81	1	0,4	1
020	6,72	0,36	1	0,36	1
025	11,41	0,62	1	0,62	1
030	8,92	0,48	1	0,48	1

Звідси, визначаємо коефіцієнт закріплення операцій [3]:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{7}{6} = 1,16;$$

Оскільки $1 < K_{з.о.} < 10$, то виробництво крупносерійне [3].

Визначаємо організаційну форму виробництва.

Добовий випуск виробів [3]:

$$N_c = \frac{N}{254} = \frac{10000}{254} = 40_{шт}; \quad (1.9)$$

Добова продуктивність потокової лінії:

$$Q_c = \frac{F_c}{T_{шт.сер}} \cdot \eta_{з.ф.сер} = \frac{952}{29,9} \cdot 0,59 = 18_{шт};$$

де F_c - при 2-х змінній роботі - 952 хв.

$Q_c \cdot 0,6 = 18 \cdot 0,6 = 10,8 < N_c = 20$, отже форма організації виробництва потокова [3].

Такт випуску виробів:

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_{\phi} = \frac{60 \cdot F_{\phi}}{N} = \frac{60 \cdot 4059}{10000} = 24,3 \text{ хв},$$

де $F_{\phi} = 4059$ год.

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Аналіз технологічності конструкції деталі

Кришка відноситься до корпусних деталей і не піддається значним навантаженням. Більшість отворів оброблюються наскрізь, за винятком декількох, що виконуються на задану глибину. До всіх поверхонь, що підлягають обробці, забезпечується вільний доступ інструменту, а достатня жорсткість деталі дозволяє застосовувати підвищені режими різання.

Робоче креслення включає всі необхідні розрізи, зазначає розміри з допустимими відхиленнями, показує шорсткість оброблюваних поверхонь, допуски на геометричну точність і взаємне розташування поверхонь. Незважаючи на складну форму, більшість поверхонь деталі не потребує додаткової обробки, що робить її досить технологічною та придатною для обробки стандартним інструментом і на уніфікованих пристосуваннях.

Щодо якісних характеристик деталі можна відзначити:

1. Використаний матеріал дозволяє отримати заготовку методом лиття.
2. Деталь має зручні базові поверхні для обробки.
3. Більшість оброблюваних поверхонь не потребує високої точності і допускає одноразову обробку.
4. Присутність зручних чистових баз дає можливість виконувати обробку високої точності за принципом постійності і єдності баз.
5. Осі основних отворів розташовані паралельно або перпендикулярно базовим площинам.

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількісна оцінка технологічності проводиться за абсолютними та відносними показниками. Першочергово визначаються такі характеристики базової деталі: коефіцієнт використання матеріалу, точність обробки, шорсткість поверхонь, трудомісткість виготовлення та технологічна собівартість.

1. Коефіцієнт уніфікації елементів [4]:

$$K_{y.e.} = \frac{Q_{y.e.}}{Q_e}, \quad (2.1)$$

а) Коефіцієнт уніфікації для циліндричних поверхонь [4]:

$$K_{y.e.} = \frac{13}{21} = 0,62 > 0,6, \text{ деталь технологічна;}$$

б) Коефіцієнт уніфікації для плоских поверхонь:

$$K_{y.e.} = \frac{4}{6} = 0,67 > 0,6, \text{ деталь технологічна;}$$

2. Коефіцієнт точності обробки [4]:

$$K_{T.O.} = 1 - \frac{1}{A_{cp}},$$

де $A_{cp.}$ - середній квалітет точності розмірів [4];

$$A_{cp.} = \frac{n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots + 19n_{19}}{\sum n_i}, \quad (2.2)$$

де $n_1, \dots, n_{19}$ - кількість розмірів відповідного квалітету [4];

$$A_{cp.} = \frac{7 \cdot 3 + 8 \cdot 1 + 9 \cdot 2 + 12 \cdot 8 + 13 \cdot 1}{20} = 7,8;$$

$$K_{T.O.} = 1 - \frac{1}{7,8} = 0,87 > 0,8 - \text{деталь технологічна;}$$

Коефіцієнт шорсткості [4]:

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{ш.} = \frac{1}{Ш_{ср.}}, \quad (2.3)$$

де $Ш_{ср.}$ - середня шорсткість поверхонь;

$$Ш_{ср.} = \frac{0,01n_1 + 0,02n_2 + \dots + 40n_{13} + 80n_{14}}{\sum n_i}, \quad (2.4)$$

$$Ш_{ср.} = \frac{0,63 \cdot 1 + 0,8 \cdot 1 + 1,25 \cdot 3 + 2,5 \cdot 2 + 10 \cdot 1 + 20 \cdot 2}{14} = 4,6;$$

$$K_{ш.} = \frac{1}{4,6} = 0,22 < 0,32 \text{ - деталь технологічна;}$$

3. Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{в.м.} = \frac{Q_{дет.}}{Q_{заг.}} = \frac{4,9}{5,9} = 0,77 \text{ - технологічна,}$$

де $Q_{дет.}$ - маса деталі;

$Q_{заг.}$ - маса заготовки.

2.2. Вибір технологічних баз

Процес базування заготовки полягає у її правильній орієнтації та надійному закріпленні у системі координат верстата або пристосування, у положенні, необхідному для виконання певної операції обробки чи складання.

Для забезпечення високої точності обробки важливо дотримуватися принципу суміщення баз — конструкторської, технологічної та вимірювальної. Усі бази повинні збігатися у всіх положеннях деталі. Правильний вибір баз гарантує досягнення заданої точності виготовлення деталі.

Кожна база визначає положення заготовки по одній координатній осі системи координат, перпендикулярно до своєї площини контакту. Для повної фіксації та орієнтації заготовки в пристосуванні необхідно застосовувати всі три види баз. При виборі баз також слід враховувати додаткові умови: зручність установки та

зняття заготовки, надійність її закріплення в місцях прикладання зусиль затиску

Арк.

002Б-26.00.00.00.000 ПЗ

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

також можливість вільного підведення ріжучих інструментів з різних напрямків. Базові поверхні по маршруту обробки корпусу представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Базування за технологічним процесом

№ операції	Назва операції	Базові поверхні
1	2	3
005	Вертикально-фрезерна	Верхня та нижня поверхні
010	Фрезерно-свердлильна	Нижня та бокова поверхні
015	Горизонтально-розточна	Нижня поверхня та два отвори
020	Горизонтально-розточна	Верхня поверхня та два отвори
025	Вертикально-фрезерна	Верхня нижня та бокові поверхні
030	Свердлильна з ЧПУ	Верхня нижня та бокові поверхні

Для виконання заключної операції базовими поверхнями служать плоскі ділянки деталі, що робить її закріплення особливо ефективним під час чистової обробки. Крім того, застосовуються оправка та жорсткий обертовий центр. Базування за допомогою оправки забезпечує надійність і стійкість фіксації деталі, а також гарантує стабільність її положення протягом усієї обробки. Обрані схеми базування відповідають принципу єдності баз, що дозволяє спочатку виконати чорнову обробку, а після цього — чистову, забезпечуючи необхідну точність і якість поверхонь.

2.3. Визначення допусків на технологічні розміри і розрахунок припусків

Для заготовок, отриманих литтям, значення коефіцієнтів будуть рівні $R_z = 200 \text{ мкм}$; $h=300 \text{ мкм}$ [6].

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Значення цих параметрів після механічної обробки поверхні будуть рівними:

- для свердління $R_z = 160$ мкм, $h = 100$ мкм;
- для розточування $R_z = 25$ мкм, $h = 30$ мкм;
- для розвертування $R_z = 10$ мкм, $h = 20$ мкм.

Отже, при такій обробці досягаються параметри, задані на кресленні.

Залежно від умов виконання операцій використовуємо формулу для визначення просторових відхилень на заготовку [6]:

$$\rho = \sqrt{\rho_1^2 + \rho_2^2}, \quad (2.5)$$

де ρ_1 - питома короблення отвору, мкм;

ρ_2 - сумарне зміщення отвору, мкм;

$$\rho_1 = \sqrt{(K \cdot d)^2 + (K \cdot l)^2}, \quad (2.6)$$

де $K = 0.7$ мкм/м – питома короблення [6];

$d = 66$ мм – діаметр отвору;

$l = 20$ мм – довжина отвору.

$$\text{Тоді, } \rho_1 = \sqrt{(0.7 \cdot 66)^2 + (0.7 \cdot 20)^2} = 70 \text{ мкм};$$

$\rho_2 = 200$ мкм, [6];

$$\rho = \sqrt{70^2 + 200^2} = 211 \text{ мкм};$$

Решта просторових відхилень після механічної обробки будуть дорівнювати [6]:

Свердління:

$$\rho_m = K_y \cdot \rho = 0.05 \cdot 211 = 10,5 \text{ мкм}, \quad (2.7)$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.2.

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 - Допуски на технологічні розміри

Технологічні переходи	Елементи припуску, мкм			
	R_z	h	ρ	W
Заготовка	200	300	211	-
Свердління	160	100	10,5	82
Розточування	25	30	0,5	0
Розвертування	10	20	-	0

На основі цих даних проводимо розрахунок мінімальних значень між операційних припусків по формулі [6]:

$$2Z_{i\min} = 2(R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \epsilon_{\gamma}^2}), \quad (2.8)$$

Мінімальний припуск під свердління:

$$2Z_{1\min} = 2(200 + 300 + \sqrt{211^2 + 82^2}) = 1438 \text{ мкм};$$

Мінімальний припуск під розточування:

$$2Z_{2\min} = 2(160 + 100 + \sqrt{10,5^2 + 0^2}) = 540 \text{ мкм};$$

$$2Z_{3\min} = 2(25 + 30) = 110 \text{ мкм}$$

Розрахунковий розмір d починається з кінця, тобто з розміру $\varnothing 23,975$ мм, послідовним відхиленням разового мінімального припуску кожного технологічного переходу.

$$d_{p4} = 65,975 \text{ мкм};$$

$$d_{p3} = d_{p4} - 2Z_{\min 3} = 65,975 - 0,11 = 65,865 \text{ мкм},$$

$$d_{p2} = d_{p3} - 2Z_{\min 2} = 65,865 - 0,54 = 65,325 \text{ мкм},$$

$$d_{p1} = d_{p2} - 2Z_{\min 1} = 65,325 - 1,438 = 63,887 \text{ мкм}.$$

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Значення допусків кожного метода приймаються у відповідності з квалітетами того чи іншого виду обробки з врахуванням розрахунків. Наводимо їх в таблиці 2.3

Таблиця 2.3 - Значення допусків при обробці

№	Технологічні переходи	Квалітет точності	Розрах. розмір d_p , мм	Допуск T , мкм	Гранич. розміри, мм		Гранич. значення припусків, мкм	
					$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Заготовка	14	63,887	620	63,267	63,887	-	-
2	Свердління	11	65,325	160	65,165	65,325	1438	1898
3	Розточування	9	65,865	62	65,803	65,865	540	638
4	Розвертування	7	65,975	25	65,95	65,975	110	147

Граничні розміри отвору розраховуємо таким чином:

$d_{\max}$ - отримуємо з разового розміру d шляхом округлення до точності допуску відповідного переходу;

$d_{\min}$ - отримуємо з найбільшого граничного розміру d шляхом віднімання допуску відповідного переходу.

Таким чином, для розвертування:

$$d_{\max} = 65,975 \text{ мкм},$$

$$d_{\min} = 65,975 - 0,025 = 65,95 \text{ мкм},$$

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

для розточування:

$$d_{\max} = 65,865 \text{ мм} ,$$

$$d_{\min} = 65,865 - 0,065 = 65,803 \text{ мм} ,$$

для свердління:

$$d_{\max} = 65,325 \text{ мм} ,$$

$$d_{\min} = 65,325 - 0,160 = 65,125 \text{ мм} ,$$

для заготовки:

$$d_{\max} = 63,887 \text{ мм} ,$$

$$d_{\min} = 63,887 - 0,620 = 63,267 \text{ мм} .$$

Мінімальні граничні значення припусків $2Z_{\min}^{ep}$ рівні різниці найбільших граничних розмірів даного переходу з попереднього, а максимальне значення $2Z_{\min}^{ep}$ - відповідно різниці найменших граничних розмірів.

Тоді для розвертування:

$$2Z_{\min 3}^{ep} = 65,975 - 65,865 = 0,11 \text{ мм} ,$$

$$2Z_{\max 3}^{ep} = 65,975 - 65,803 = 0,147 \text{ мм} ,$$

Для розточування:

$$2Z_{\min 2}^{ep} = 65,865 - 65,325 = 0,54 \text{ мм} ,$$

$$2Z_{\max 2}^{ep} = 65,803 - 65,164 = 0,638 \text{ мм} ,$$

Для свердління:

$$2Z_{\min 1}^{ep} = 65,325 - 63,887 = 1,438 \text{ мм} ,$$

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$2Z_{\max 1}^{ep} = 65,165 - 63,267 = 1,898 \text{ мм}.$$

Загальні припуски $Z_{\min}^{заг}$ і $Z_{\max}^{заг}$ отримуємо додаючи проміжні припуски:

$$2Z_{\min}^{ep} = 1438 + 540 + 110 = 2088 \text{ мкм},$$

$$2Z_{\max}^{ep} = 1898 + 638 + 147 = 2683 \text{ мкм}.$$

Для всіх інших поверхонь, що обробляються, припуски знаходимо табличним методом і значення заносимо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Загальні припуски і допуски на оброблювані поверхні

Поверхня деталі	Клас точності розмірів	Степінь точності поверхні	Ряд припуску	Допуск розміра, мм	Спосіб кінцевої обробки	Значення припуску, мм
24, 25	7Г – 11	9 – 16	3 – 6	0,8	Чистова	1,9
14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21.	7Г – 11	9 – 16	4 – 7	0,7	Чистова	1,3

Продовження таблиці 2.4

5, 6, 7, 8, 9, 10, 11.	7Г – 11	9 – 16	4 – 7	0,7	Чистова	1,8
1	7Г – 11	9 – 16	3 – 6	0,8	Чистова	1,8
2	7Г – 11	9 – 16	3 – 6	1	Чистова	2,0
3	7Г – 11	9 – 16	3 – 6	0,9	Чистова	1,8
4	7Г – 11	9 – 16	3 – 6	0,9	Чистова	1,9
13	7Г – 11	9 – 16	3 – 6	0,8	Чорнова	0,9

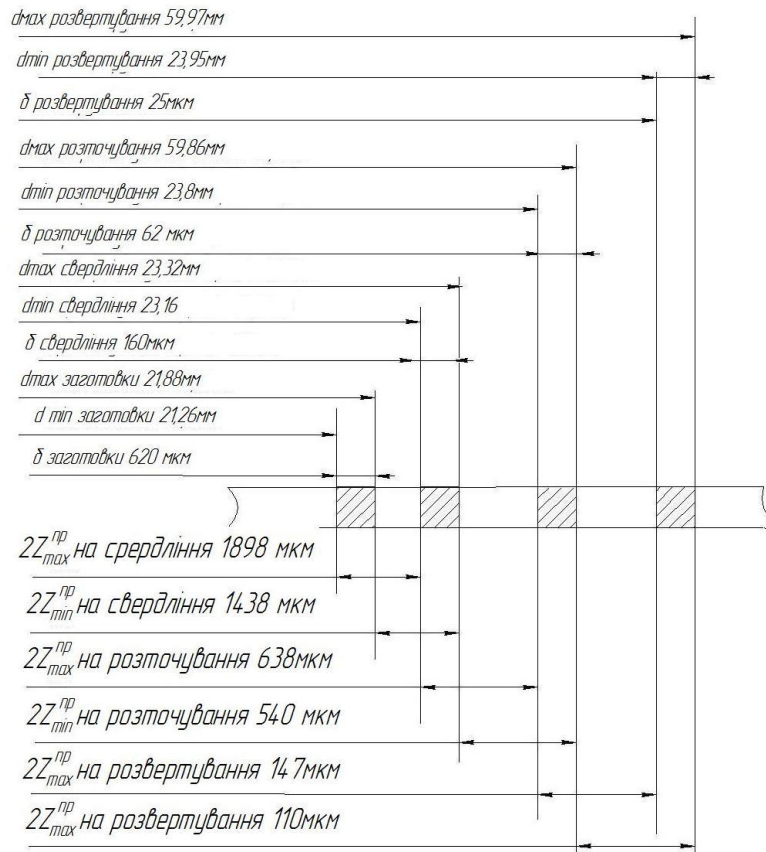


Рисунок 2.1 - Схема графічного розміщення припусків і допусків на обробку отвору Ø66H8 корпусу

2.4. Розрахунок режимів різання, вибір обладнання

При призначенні елементів режимів різання враховується характер обробки, тип і розміри інструмента, матеріал його ріжучої частини, матеріал і стан заготовки, тип і стан заготовки, тип і стан обладнання.

Швидкість різання V розраховується по формулі, загальний вид якої [7]:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot \quad (2.9)$$

Дійсна швидкість [7]:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n_o}{1000} \cdot \quad (2.10)$$

Так як матеріал заготовки сірий чавун і ріжучий інструмент виготовляють з швидкоріжучої сталі, то маємо з [8]:

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{m\delta} = K_T \left(\frac{750}{\sigma_{\epsilon}} \right)^{nv} . \quad (2.11)$$

Період стійкості при багато інструментальній обробці [8]:

$$T_{MU} = T \cdot K_{TU} . \quad (2.12)$$

а при багатостатному обслуговуванні [8]:

$$T_{MC} = T \cdot K_{TC} . \quad (2.13)$$

В нашому технологічному процесі одно-інструментальна обробка і одноверстатне обслуговування.

K_{MP} - коефіцієнт, який враховує якість оброблюваного матеріалу, значення якого приведені в [8];

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_{\epsilon}}{750} \right)^n , \quad (2.14)$$

де $n = 0,75$ при визначенні складової R_z сили різання при обробці різцями; при визначенні крутного моменту M і осьової сили P_o .

015 Горизонтально-розточна.

Свердління отвору 13.

$$t = 1,75 \text{ мм}; \quad s = 0,09 - 0,12 \text{ мм/об} ; \quad s_d = 0,12 \text{ мм/об} .$$

$$V = \frac{14,7 \cdot 10^{0,025} \cdot 0,47}{20^{0,125} \cdot 0,12^{0,55}} = 57 \text{ м.м/хв} .$$

Частота обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 57}{3,14 \cdot 10} = 1815 \text{ об/хв}, \quad n_g = 1800 \text{ об/хв};$$

Дійсна швидкість:

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_g = \frac{\pi \cdot D \cdot n_g}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 1800}{1000} = 56,5 \frac{м.м}{хв}.$$

Крутний момент:

$$M_{kp} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,021 \cdot 10^2 \cdot 0,12^{0,8} \cdot 1,15 = 59 Н \cdot м.$$

Потужність різання:

$$N_p = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{59 \cdot 1800}{1020 \cdot 60} = 1,7 кВт.$$

Основний час:

$$T_o = \frac{L}{S_M} = \frac{90}{1800 \cdot 0,12} = 0,41 хв.$$

Для інших розрахунків складаємо таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Режими різання

№ операції	Пере-хід	Глибина різання t	Подача		Швидкі-сть v	Частота обертів n	Потуж-ність N	Основ-ний час T _o
			S _o	S _z				
005	1	1,5	0,35	-	71	300	1,5	0,25
	2	1,5	0,5	-	74,3	300	0,24	0,18
	3	1,35	0,35	-	71	300	1,41	1,25
010	1	4,72	0,18	-	65,5	600	0,35	2,56
	2	0,5	0,5	-	10,58	650	1,78	1,78
	3	2,25	0,3	-	4,35	350	0,2	1,57
015	1	1,5	0,4	-	109	860	0,92	2,76
	2	1,5	0,4	-	102	860	0,8	1,24
	3	0,2	0,3	-	124	1000	0,8	2,98
	4	0,5	1,2	-	61,5	450	1,12	1,52
	5	2,75	0,32	-	154	1000	1,68	2,15
	6	0,5	0,5	-	95,8	36	1,02	2,47

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

020	1	11,5	0,32	-	154	1000	1,75	1,58
	2	11,5	0,5	-	95,8	36	0,14	2,15
	3	0,5	0,5	-	89	600	1,69	1,8
	4	1	0,5	-	87	600	1,8	3,14
025	1	1,2	0,32	-	112	1000	1,6	1,71
030	1	3,6	0,32	-	86	920	0,98	1,12
	2	0,8	0,5	-	31,5	36	1,25	1,57
	3	5,75	0,5	-	89	600	2,65	2,98
	4	0,5	0,4	-	108	1200	1,28	1,48

Виходячи з розрахунків потужностей різання вибираємо на кожну операцію верстат:

005 Карусельно-фрезерний 6М23;

010 Фрезерно-свердильний ВМ-217;

015 Горизонтально-розточний 1Л89С4;

020 Горизонтально-розточний 1Л89С4;

025 Вертикально-фрезерний 6Р13Ф3;

030 Свердильний з ЧПУ ZK5140С1.

2.5. Нормування технологічного процесу

В умовах масового виробництва визначають норму штучно-калькуляційного часу, хв. [9]:

$$t_{шт-к} = t_{шт} + \frac{T_{нз}}{n}, \quad (2.15)$$

Штучний час визначається за формулою [9]:

$$T_{шт.} = t_o + t_d + t_{г.о} + t_{о.о} + t_{пер}$$

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

де t_o – основний час обробки ;

t_d - допоміжний час;

$t_{т.о}, t_{о.о}$ - час відповідно технічного та організаційного обслуговування верстата [9];

$t_{пер}$ - час переривів;

$T_{п.з.}$ - підготовчо – заключний час, який витрачається на ознайомлення робітника з кресленням деталі; $T_{п.з.} = 6$ хв.

n – число деталей в партії.

Допоміжний час включає в себе наступні елементи:

$t_{д1}$ – час на установку та зняття деталі;

$t_{д2}$ – час на підведення та відведення ріжучого інструмента;

$t_{д3}$ – час на підведення та відведення ріжучого інструмента;

$t_{д4}$ – час на проведення контрольних вимірів.

Сума основного і допоміжного часу називається оперативним часом [9]:

$$t_{оп} = t_o + t_d \quad (2.16)$$

В серійному виробництві норма часу на обслуговування устаткування та норма часу перерв на відпочинок і особисті потреби визначається як сума в відсотках від оперативного часу, хв. [9]:

$$t_{об.пер} = \frac{\alpha}{100} t_{о.п} \quad , \quad (2.17)$$

де α – нормативний відсоток від оперативного часу, %. $\alpha = 6\%$.

Розрахунок виконуємо для 005 операції.

$$T_d = (0,02 + 0,12) \cdot 0,2 = 0,98 \text{ хв.}$$

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_{об.пер} = \frac{6}{100} \cdot 0,9 = 0,054 \text{ ххв} \quad (2.18)$$

$$T_{шт} = 1,75 + 0,09 + 0,054 = 1,34 \text{ хв.}$$

Таблиця 2.5 - Результати технічного нормування операцій, хв

Номер операції	t_o	t_d	$t_{об.пер}$	$t_{шт.}$	$t_{п.з}$	$t_{шт-к}$
1	2	3	4	5	6	7
005	1,75	0,09	0,05	1,34	0,06	2,64
010	6,98	1,01	0,58	2,57	1,2	10,5
015	13,12	1,23	0,87	3,27	3,21	14,8
020	3,59	0,12	0,1	0,96	0,8	6,72
025	11,41	0,98	0,93	2,8	2,78	11,41
030	7,9	0,65	0,73	2,63	2,5	8,92

РОЗДІЛ 3

КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Проектування технологічного оснащення

До складу технологічного оснащення зазвичай входять елементи різного призначення: настановні, затискні, напрямні, а також ділильні та поворотні пристрої, а також механізовані приводи для здійснення необхідних переміщень. Якість та точність виготовлених деталей у великій мірі залежать від застосування високоякісного спеціального технологічного оснащення. Сучасне прецизійне обладнання дозволяє виготовляти широкий спектр пристосувань, включно з виробами складної конфігурації. Високий рівень проектування та виготовлення оснащення забезпечується професійною роботою фахівців високої кваліфікації на інструментальному виробництві. Використання верстатних пристосувань дає

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	

можливість: надійно базувати і фіксувати деталь, зберігаючи її жорсткість під час обробки; стабільно підтримувати високу якість обробки, мінімізуючи залежність від кваліфікації оператора; підвищувати продуктивність і полегшувати умови праці завдяки механізації процесів; розширювати технологічні можливості наявного обладнання.

3.1.2. Вибір і обґрунтування принципу дії, структурної схеми

Проектуємо верстатний пристрій для фрезерування поверхні 1 розміром 730 мм. Пристрій встановлюється на вертикально-фрезерному верстаті моделі 6М23 (операція 005). Паспортні дані верстата:

- Довжина робочої поверхні стола – 1250мм;
- Ширина стола- 500мм;
- Потужність головного привода – 10кВт.

Даний пристрій має пневмопривід.

Вибір розрахункових параметрів проводиться на основі аналізу обраної схеми базування та закріплення заготовки, а також з урахуванням точності розмірів, які повинні забезпечуватися під час обробки. Верстатне оснащення зазвичай розраховується за одним параметром у тих випадках, коли оброблюваний розмір контролюється в одному напрямку.

Напрямок розрахункового параметра повинен збігатися з напрямком обробки відповідного розміру заготовки. Він визначає точність взаємного положення робочих поверхонь установочних елементів та контактуючої з верстатом поверхні корпусу оснащення.

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

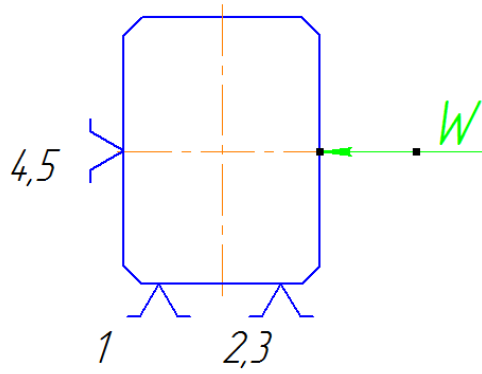


Рисунок 3.1– Схема базування деталі

3.1.3. Силевий розрахунок параметрів приводу

На заготовку під час обробки в оснастці діють різноманітні сили: технологічні, об'ємні, випадкові та другорядні, а також сили затиску і реакції елементів пристрою. При цьому заготовка повинна залишатися у стані рівноваги. Всі ці сили є векторними величинами, які мають певний напрямок і величину.

Розрахунок сил затиску зводиться до вирішення задачі статичної рівноваги заготовки в пристосуванні під дією прикладених до неї сил і моментів. Спочатку обирається спосіб установки заготовки та розташування опорних елементів у пристрої, після чого визначаються величина, напрямок і точка прикладання сили затиску. Далі підбирається тип силового приводу для переміщення затискних елементів.

На основі цих даних будується схема взаємодії сил різання та сил затиску, прикладених до деталі, встановленої в пристрої. Після цього визначається розрахункова сила затиску W , при розрахунку якої враховуються пружні властивості затискного пристрою. У даному випадку використовуваний затискний пристрій відноситься до другої групи.

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

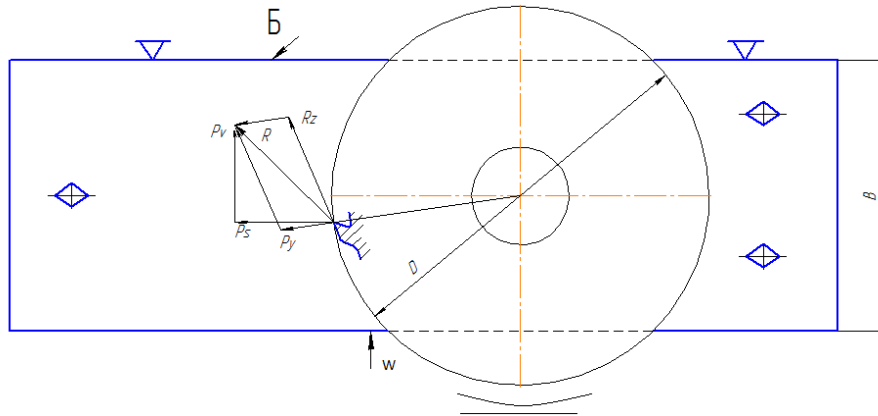


Рисунок 3.2 – Взаємодія сил різання і сил затиску на деталь

Сила затиску розглядається з умови рівноваги заготовки з врахуванням коефіцієнта запасу k . Таким чином сила затиску буде обчислюватися за формулою [6]:

$$W = \frac{k \cdot P_s}{f}, \quad (3.1)$$

де $P=1087\text{Н}$ – сила різання;

$f = 0,16$ - коефіцієнти тертя;

$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6$ - коефіцієнт запасу,

де $k_0 = 1,5$ - гарантований коефіцієнт запасу;

$k_1 = 1,2$ - коефіцієнт, що враховує збільшення сил обробки при затупленні інструменту;

$k_2 = 1,6$ - коефіцієнт, що враховує нерівномірність сил різання внаслідок коливання припуску для чорної обробки;

$k_3 = 1,2$ - коефіцієнт, що враховує зміну сил обробки при перервному різанні;

$k_4 = 1$ - коефіцієнт, що враховує непостійність сил, які розвивають приводи;

$k_5 = 1$ - коефіцієнт, що враховує непостійність сил, які розвиваються пристроями з ручним приводом;

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$k_6 = 1,5$ - коефіцієнт, що враховує невизначеність положення місць контакту заготовки з установочними елементами і зміну моментів кручення.

Тоді $k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,6 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1,5 = 5,2$.

$$P_s = (0,3 \dots 0,4) P_z = 0,3 \cdot 1087 = 326 H.$$

Сила затиску буде рівна:

$$W = \frac{5,2 \cdot 326}{0,16} = 10595 H.$$

Для забезпечення затиску деталі з силою $W = 10595 H$ вибираємо пневматичний поршневий привід двосторонньої дії. Розрахуємо параметри пневмоциліндра.

Діаметр поршня знаходимо за формулою [6]:

$$W = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta, \quad (3.2)$$

де $W = 10595 H$ – сила затиску;

$p = 0,4 \text{ МПа}$ – тиск стисненого повітря;

$\eta = 0,9$ – ККД, що враховує втрати в пневмоциліндрі.

Звідси отримаємо:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{\pi \cdot p \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10595}{3,14 \cdot 4 \cdot 10^5 \cdot 0,9}} = 0,2 \text{ м} = 200 \text{ мм}.$$

- діаметр поршня $D = 200 \text{ мм}$;

- внутрішній діаметр $d_1 = 8 \text{ мм}$;

- діаметр штоку $d = 40 \text{ мм}$;

- діаметр різьби на штоці $d'_1 = M 24 \text{ мм}$.

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Остаточно розрахуємо сили на штоці поршневого пневмоприводу двохсторонньої дії:

- штовхаюча сила [5]:

$$P_{ш} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta = \frac{\pi}{4} \cdot 0,2^2 \cdot 4 \cdot 10^5 \cdot 0,9 = 11304 H > 10595 H$$
, що і потрібно було досягнути.

3.1.4. Розрахунок на точність

Розрахунок похибки ε_{np} зводиться до віднімання з допуску виконуваного розміру всіх інших складових загальної похибки обробки [4]:

$$\varepsilon_{np} \leq \delta - k_T \sqrt{(k_{T1} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_u^2 + \varepsilon_n^2 + (k_{T2} \cdot \omega)^2}; \quad (3.3)$$

$\delta = 0,63$ - допуск при обробці розміра заготовки (по 12 квалітету);

$k_T = 1 \dots 1,2$ - коефіцієнт відхилення розсіювання значень складових величин від закону нормального розподілу. Приймаємо $k_T = 1,1$. [4]

$k_{T1} = 0,8 \dots 0,85$ - коефіцієнт, що враховує зменшення граничного значення похибки базування при роботі на налагоджених верстатах. Приймаємо $k_{T1} = 0,82$. [5]

$k_{T2} = 0,6 \dots 0,8$ - коефіцієнт, що враховує долю похибки обробки в сумарній похибці, яка визвана факторами, що не залежать від оснастки. Приймаємо $k_{T2} = 0,7$. [5]

$\omega = 400 \text{ мкм} = 0,4 \text{ мм}$ - економічна точність обробки, приймається за таблицями [5]. При встановленні заготовки базовим отвором на циліндричний палець при посадці з зазором похибка базування буде обчислюватись за формулою: $\varepsilon_z = 0,3 \text{ мм}$ - похибка закріплення.

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Заготовка встановлюється на установочні елементи. Затиск поверхонь здійснюється за допомогою пневматичного привода [5].

$\varepsilon_y = 0,01 \div 0,02 \text{ мм}$ - похибка установки пристрою на верстаті. Приймаємо $\varepsilon_y = 0,01 \text{ мм}$ [5].

$\varepsilon_{\bar{o}} = 0,01 \text{ мм}$ - похибка базування.

$\varepsilon_u = 0,01 \text{ мм}$ - похибка, яка характеризує знос елементів

$\varepsilon_n = 0,012 \text{ мм}$ - похибка від перекосу інструменту.

Похибка, яка характеризує знос робочої поверхні опор при виконанні даної програми випуску [5]:

$$\varepsilon_u = \beta_2 \cdot N = 0,002 \cdot 5000 = 10 \text{ мм},$$

де β_2 - коефіцієнт, який залежить від виду опорних елементів. Для опорних пластин $\beta_2 = 0,002$.

Всі знайдені значення підставляємо у формулу:

$$\varepsilon_{np} \leq 0,63 - 1 \sqrt{(0,8 \cdot 0,01)^2 + 0,3^2 + 0,01^2 + 0,01^2 + 0,012^2 + (0,7 \cdot 0,4)^2} = 0,41 \text{ мм};$$

що відповідає заданим умовам.

3.1.5. Загальний опис конструкції, принцип дії

Приспосіблення встановлюється на столі вертикально-фрезерного верстата 6М23. Для закріплення заготовки застосовуються пневматичні лежачі (рис. 3.3). Принцип роботи лежачих полягає у наступному: при подачі стисненого повітря в нижню частину пневмокамери гумова діафрагма піднімає шток, що, через важіль 1, обертаючись навколо горизонтальної осі, переміщує повзун 4 з рухомою губкою 3 у бік губки 2. В результаті заготовка, розташована між губками 2 і 3, стискається і надійно фіксується. При зниженні тиску в пневмокамері пружина 5 повертає повзун вправо, і заготовка звільняється.

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після завершення обробки та відведення фрези рухома губка 3 відводиться вправо, розтискаючи заготовку. Після цього система затиску повністю відкривається, і оброблена деталь може бути вилучена з пристрою.

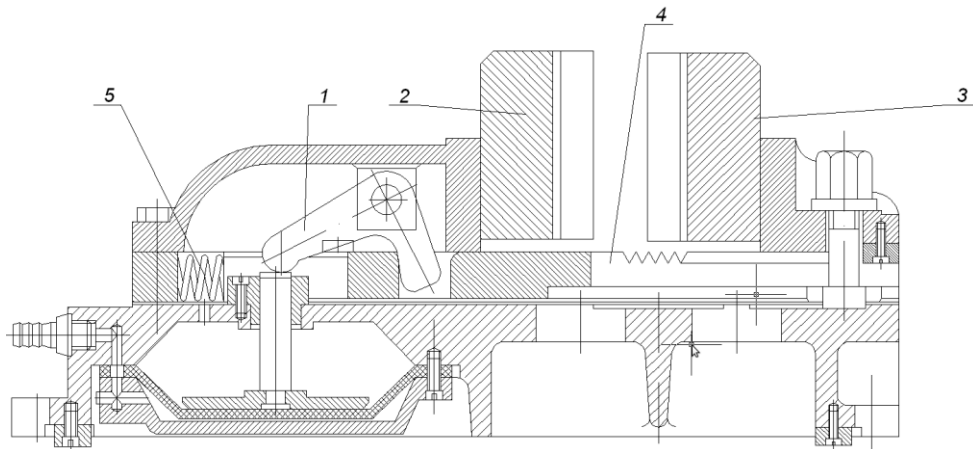


Рисунок 3.3— Лещата з пневматичним затиском

3.2. Проектування контрольного пристрою

Контроль якості поверхонь є одним із ключових аспектів сучасного машинобудування, особливо при виготовленні взаємозамінних деталей. Пристосування для перевірки деталей застосовуються як на проміжних етапах обробки, так і для остаточного контролю, дозволяючи оцінити точність розмірів, правильність геометричної форми поверхонь та взаємне положення елементів деталі.

У розглядуваному випадку необхідно створити пристрій для перевірки перпендикулярності отворів корпусу. Він повинен забезпечувати високу точність вимірювань та продуктивність роботи. Для підвищення універсальності та уніфікації конструкції елементи пристосування виконуються таким чином, щоб їх можна було використовувати повторно для інших контролюючих операцій. В якості основного контрольного елемента обрано стрілочний індикатор, який дозволяє точно визначати відхилення поверхонь від заданого положення.

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2.1. Розрахунок на точність

Точність контрольного пристрою залежить від точності вимірювальних головок, штативу і опорних плит, на які встановлюється деталь. Оскільки плита має дуже малу шорсткість поверхні, то похибкою розміщення по цій плиті можна знехтувати.

Тоді, похибка вимірювання буде рівна [5]:

$$\varepsilon_{\theta} = \sqrt{\varepsilon_z + \varepsilon_{ш}} \quad (3.4)$$

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

$\varepsilon_z = 0,001 \text{ мм}$ – похибка вимірювальної головки;

$\varepsilon_{ш} = 0,004 \text{ мм}$ – похибка штативів.

Похибка вимірювання не впливає на кінцевий результат процесу вимірювання.

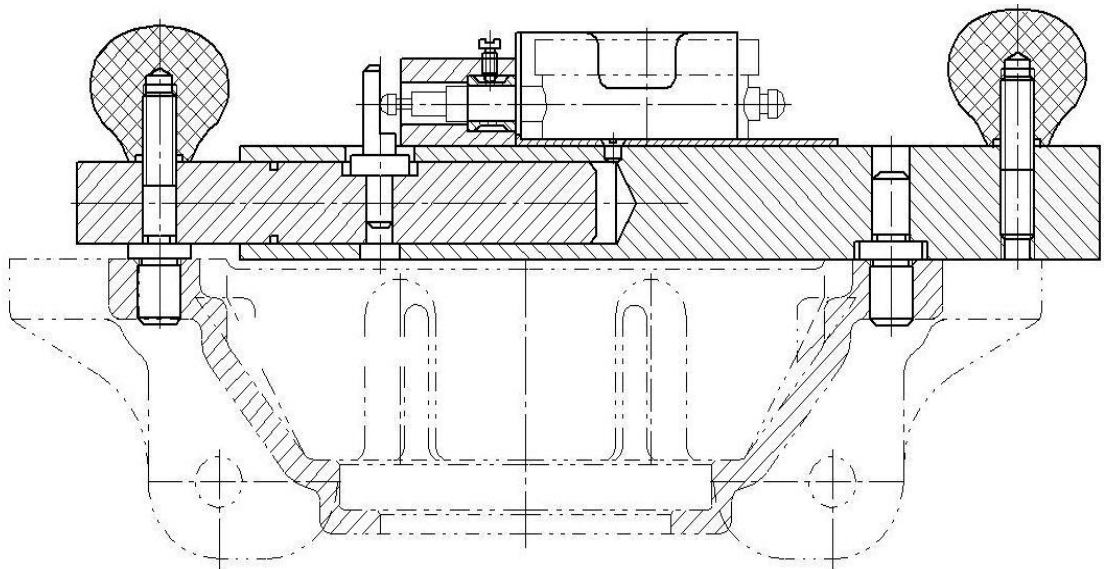


Рисунок 3.4 – Схема базування та вимірювання деталі

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пристосування налаштовується за допомогою еталона, при цьому відстані між пальцем, головкою індикатора та штифтом залишаються незмінними. Індикатор встановлюється на нуль, що дозволяє враховувати похибку вимірювання як суму половини ціни поділки шкали (0,01 мм) та похибки еталона. Під час контролю деталь розташовується на пристосуванні, центруючись за допомогою зрізаного пальця. Вважаємо, що похибка еталона становить 0,005 мм, тоді похибка вимірювання складає, мм: $\varepsilon = 0,01 + 0,005 = 0,015$. Деталь вважається придатною, якщо показання індикатора не перевищують 0,02 мм.

3.2.2. Загальний опис конструкції, принцип дії

Контрольний пристрій використовується для перевірки міжцентрової відстані отворів (розмір $184 \pm 0,035$ мм). Пристосування налаштовується за еталонном: еталонна деталь фіксується на пальцях 1, розташованих у каретці 3. Індикатор 10, встановлений у корпусі 5 та закріплений втулкою 6 і гвинтом 7, виставляється на нульову позначку. Корпус 5 фіксується на установі 14 за допомогою гвинтів 15 та штифтів 16.

Після цього вимірювана деталь встановлюється на пальці 1. У разі наявності відхилень палець 1 разом з кареткою 3 переміщається, а переміщення передається на індикатор через палець 4, що дозволяє визначити похибку міжцентрової відстані отворів.

3.3. Розрахунок спеціального ріжучого інструменту

Розпочнемо розрахунок комбінованого інструменту — свердла-зенківки. Основні конструктивні характеристики зенкера включають: кількість канавок або зубів z , довжину робочої частини, геометричні параметри (передній і задній кути, кут у плані, кут нахилу канавок, профіль канавки), а також довжину хвостовика і номер конуса Морзе [5]. Визначимо діаметр свердла для розсвердлювання отвору. Розрахунковий діаметр інструмента повинен становити 9 мм.

а) подача на оберт: $s = 0,10 \div 0,15 \text{ мм / об.}$ Приймаємо $s = 0,15 \text{ мм / об.}$

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

б) швидкість головного руху дорівнює $V = 15 \text{ м / хв.}$

Осьова складова сили різання:

$$P_o = 9,81 \cdot C_p \cdot D^x \cdot s^y \cdot K_{MP}; \quad (3.5)$$

За нормативами $C_p = 68$;

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^{0,75} = \left(\frac{450}{750} \right)^{0,75} = 0,682;$$

$$P_o = 9,81 \cdot 68 \cdot 5 \cdot 0,15^{0,7} \cdot 0,682 = 603 \text{ Н};$$

Крутний момент:

$$M_{кр} = 9,81 \cdot C_M \cdot D^z \cdot s^y \cdot K_M; \quad (3.6)$$

За нормативами $C_M = 0,0345$; $z = 2$; $y = 0,8$.

$$M_{кр} = 9,81 \cdot 0,0345 \cdot 5^2 \cdot 0,15^{0,8} \cdot 0,682 = 1,3 \text{ Нм} \approx 1300 \text{ кгс} \cdot \text{мм.}$$

Визначаємо геометричні та конструктивні параметри робочої частини свердла. Згідно з нормативами, форма заточки вибирається подвійна. Кут нахилу гвинтової канавки становить $\varpi = 30^\circ$, кут між ріжучими кромками дорівнює $2\varphi = 118^\circ$. задній кут — $\alpha = 16^\circ$, а кут нахилу поперечної кромки приймається рівним $\psi = 50^\circ$. Зворотна конусність свердла на 100 мм довжини робочої частини знаходиться в межах 0,03–0,08 мм. Для розрахунку приймаємо зворотну конусність 0,03 мм.

Ширина пера:

$$B = 0,58 \cdot D = 0,58 \cdot 5 = 2,9 \text{ мм.}$$

Визначаємо номер конуса Морзе хвостовика. Середній діаметр конуса хвостовика визначимо з формули [5]:

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_{cp} = \frac{6 \cdot M_{кр} \cdot \sin \theta}{\mu \cdot P_o \cdot (1 - 0,04 \Delta \theta)}, \quad (3.7)$$

де $M_{кр} = 1,3 Нм$ - момент опору сил різання;

$P_o = 603 Н$ - осьова складова сили різання;

$\mu = 0,096$ - коефіцієнт тертя сталі по сталі;

Кут θ для більшості конусів Морзе рівний приблизно $\theta = 1,5^\circ$; $\sin 1,5^\circ = 0,02618$; $\Delta \theta = 5'$ - відхилення кута конуса.

$$d_{cp} = \frac{6 \cdot 1,3 \cdot 1,5^\circ}{0,096 \cdot 603 \cdot (1 - 0,2)} = 0,0044 м = 4,4 мм.$$

Великий радіус профілю [6]:

$$R_1 = C_R \cdot C_r \cdot C_\phi \cdot D, \quad (3.8)$$

$$\text{де } C_R = \frac{0,026 \cdot 2\varphi \cdot \sqrt[3]{2\varphi}}{\varpi} = \frac{0,026 \cdot 2 \cdot 118 \cdot \sqrt[3]{2 \cdot 118}}{30} = 0,5;$$

$$C_r = \left(\frac{0,14 \cdot D}{d_c} \right)^{0,044} = \left(\frac{0,14 \cdot 5}{4,4} \right)^{0,044} = 0,92 \approx 1;$$

$$C_\phi = \left(\frac{13 \cdot \sqrt{D}}{D_\phi} \right)^{0,9}, \quad (3.9)$$

де $D_\phi = 13 \cdot \sqrt{D}$, тому $C_\phi = 1$.

Звідси

$$R_1 = 0,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 5 = 2,5 мм.$$

$$R_2 = C_\kappa \cdot D, \quad (3.10)$$

де $C_\kappa = 0,015 \cdot \varpi^{0,75} = 0,015 \cdot 30^{0,75} = 0,192$.

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Звідси

$$R_2 = 0,192 \cdot 5 = 0,96 \text{ мм.}$$

$$B = R_1 + R_2 = 2,5 + 0,96 = 3,46 \text{ мм.}$$

Довжину інструмента приймаємо $L = 100 \text{ мм}$, а довжину робочої частини свердла – $l = 20 \text{ мм}$. Діаметр зенківки приймаємо рівним $D = 11_{-0,05} \text{ мм}$.

РОЗДІЛ 4

ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ДІЛЬНИЦІ

4.1. Уточнення типу виробництва

Визначення типу виробництва є важливим етапом при організації технологічного процесу. Воно дозволяє обрати оптимальну організаційну форму, підходи до планування та нормування, а також визначити ефективні способи виготовлення заготовок і обробки деталей. Тип виробництва безпосередньо впливає на вибір обладнання, оснащення та кількість технологічних переходів.

Для розглядуваної деталі виробництво відноситься до крупносерійного типу, що обумовлює випуск значної партії однотипних виробів. Це дозволяє застосовувати стандартизовані технології, верстати з числовим програмним керуванням та уніфіковані пристосування, забезпечуючи високу точність, продуктивність та економічність виготовлення [3]:

$$K_{з.о.} = \frac{O}{P}, \quad (4.1)$$

4.3. Розрахунок виробничої площі ділянки

Розрахунок виробничої площі ділянки проводиться з урахуванням кількості робочих місць, типу обладнання, розмірів верстатів та відстаней для обслуговування і обслуговуючих проходів. Основним завданням є забезпечення раціонального розташування верстатів, нормальних умов роботи персоналу та безпечного виконання технологічних операцій.

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При цьому враховуються площі для зберігання заготовок, готової продукції та технологічного оснащення. Для розглядуваної механообробної ділянки площа була розрахована виходячи з розмірів робочої зони та сітки колон. Визначено, що ділянка площею 90 м² з кроком колон 12 м і шириною рядів 24 м дозволяє раціонально розташувати верстати, забезпечити зручність обслуговування і оптимальні умови для технологічного процесу виготовлення деталей.

Виробнича площа ділянки для виготовлення деталі розраховується за формулою [7]:

$$F_{\text{вир.}} = \sum m_n \cdot F_{\text{вер.д.}} \quad (4.2)$$

де m_n – кількість однотипного обладнання на ділянці;

$F_{\text{вер.д.}}$ – питома площа на 1 верстат.

Розрахунок виробничої площі ділянки зведемо у таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок виробничої площі ділянки

Назва операції	Обладнання	Площа на плані, м ²	Кількість обладнання на ділянці	Питома виробнича площа, м ²	Загальна питома площа, м ²
Вертикально-фрезерна	6M23	2x2,3	1	15	15
Фрезерно-свердлильна	BM-127	2,5x3,3	1	15	15
Горизонтально-розточна	1Л89С4	2,8x3	1	15	15
Горизонтально-розточна	1Л89С4	2,8x3	1	15	15
Вертикально-фрезерна	6Р13Ф3	2,1x2,8	1	15	15
Свердлильна	ZK5140С1	2,7x4	1	15	15

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальна кількість обладнання – 6. Загальна питома площа:

$$F_{\text{вир}} = 15 + 15 + 15 + 15 + 15 + 15 = 90 \text{ м}^2$$

4.4. Розробка технологічного планування дільниці

Технологічне планування є ключовим документом при розробці організації дільниці. Воно повинно включати розташування всього основного та допоміжного обладнання, підйомно-транспортних засобів, стелажів, робочих місць слюсарів та відділу ВТК. При розміщенні обладнання необхідно забезпечити максимальну безперервність виробничого процесу та ефективне використання площі, водночас передбачаючи мінімальні проїзди та зручність обслуговування.

Планування дільниці здійснюється послідовно: спочатку на кресленні відзначаються колони та стіни будівлі, далі наносяться темплети обладнання, після чого позначаються робочі місця, підйомно-транспортні засоби, магістральні і виробничі проїзди з розміткою розмірів у поперечному та повздовжньому напрямках. На кресленні робітників умовно зображують у вигляді кругів, причому світла частина символізує напрямок до обладнання. Для дільниці площею 1:100 передбачено 6 верстатів: 3 вертикально-фрезерні, 1 вертикально-свердлильний та 2 координатно-розточувальні. Габарити обладнання беруться по крайніх точках виступаючих частин і спрощуються до прямокутної форми. Для верстатів загального призначення використовуються готові шаблони (темплети). На кожному робочому місці передбачено одного оператора. Відстані між верстатами та ширина проходів і проїздів визначаються нормами: відстань між обладнанням та елементами споруди — 0,6–1,3 м, розміри проходів і проїздів — 2–4 м, враховується також розташування устаткування при багатOVERстатному обслуговуванні.

4.5. Основні техніко-економічні показники дільниці

Основні техніко-економічні показники дільниці характеризують ефективність її функціонування та дозволяють оцінити продуктивність, використання обладнання та трудові витрати.

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До таких показників відносяться чисельність працюючих, кількість і типи верстатів, виробнича площа дільниці, коефіцієнт використання обладнання, норма часу на обробку одиниці продукції та обсяг виробництва за певний період.

Важливе значення мають також показники якості та економічності: собівартість виготовлення одиниці деталі, матеріаломісткість, енергомісткість і рівень механізації процесів. Аналіз цих показників дозволяє оптимізувати технологічний процес, планувати розташування обладнання та робочих місць, забезпечити раціональне використання площ і підвищити загальну продуктивність дільниці.

Основні техніко-економічні показники зведемо у таблицю 4.3

Таблиця 4.3 – Основні техніко-економічні показники дільниці

Найменування показників і одиниці вимірювань	По дільниці
1	2
Загальні показники (основні дані)	
1. Найменування виробу	кришка
2. Річна програма випуску, т.	10000
3. Працеемність виготовлення, год.	342465
4. Кількість основного обладнання - дрібного - середнього - крупного - особливо крупного - всього	6 - -
5. Тип виробництва	крупносерійне

6. Кількість робітників, прац.:	
- основних	14
- допоміжних	3
- ІТП	-
- ЛКП	-
- МОП	-
- всього	17
7. Виробничі площі, м²:	
- основного виробництва	90
- допоміжного виробництва	
- складів і комор	
- магістральних проїздів	
- службово- побутових і адміністративних приміщень	
- всього	
Питомі показники (відносні)	
1. Середній коефіцієнт завантаження обладнання	1,16
2. Питома площа на один основний верстат, м²:	
- загальна	14
- виробнича	16
3. Річний випуск на один основний верстат, верстато-год.	166
4. Річний випуск на одного основного робітника, верстато-год.	1029

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Санітарно-гігієнічна характеристика умов праці на дільниці

Санітарно-гігієнічна характеристика умов праці на дільниці виготовлення деталі «Кришка» визначається особливостями технологічного процесу, використовуваного обладнання та впливом виробничих факторів на організм працівників. Дільниця призначена для механічної обробки заготовок з металу або пластику та включає операції точіння, фрезерування, свердління, розточування, шліфування, а інколи — лиття або штампування заготовок. У процесі роботи застосовуються токарні, фрезерні, свердлильні та шліфувальні верстати, а також допоміжне обладнання — компресори, системи вентиляції, інструментальні пристрої та вимірювальні прилади.

У виробничому середовищі дільниці на працівників впливають фізичні, хімічні та психофізіологічні фактори. Одним із основних шкідливих факторів є виробничий шум, який утворюється під час роботи металорізальних верстатів, обертання шпинделів, роботи компресорів та шліфувальних машин. Рівень шуму може досягати 80–95 дБ, що за тривалого впливу може спричиняти зниження слуху, підвищену втомлюваність і зниження працездатності. Також має місце локальна та загальна вібрація, що передається через обладнання та робочі поверхні.

Під час механічної обробки утворюється металева стружка, абразивний пил і аерозолі мастильно-охолоджувальних рідин. Запиленість та наявність аерозолів у повітрі робочої зони можуть негативно впливати на органи дихання та шкіру працівників, викликати подразнення слизових оболонок і алергічні реакції. При недостатній ефективності вентиляції концентрація шкідливих речовин може перевищувати гранично допустимі норми.

Мікроклімат виробничого приміщення характеризується температурою повітря, відносною вологістю та швидкістю руху повітря.

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У холодний період року оптимальна температура становить 18–22 °С, у теплий — 20–24 °С при відносній вологості 40–60 %. Недотримання нормативних параметрів мікроклімату може призводити до перегрівання або переохолодження працівників, що негативно впливає на їхнє самопочуття та продуктивність праці. Важливим чинником є також виробниче освітлення. Робочі місця повинні бути забезпечені достатнім загальним і місцевим освітленням, оскільки виконання точних операцій потребує значного зорового напруження.

Трудовий процес на дільниці характеризується середнім рівнем фізичного навантаження, поєднанням динамічної та статичної роботи, вимушеною робочою позою та високою концентрацією уваги. До небезпечних факторів належать рухомі та обертові частини обладнання, гострі краї заготовок і стружка, можливість ураження електричним струмом.

Для забезпечення безпечних і допустимих умов праці передбачаються організаційні та технічні заходи: ефективна загальнообмінна та місцева вентиляція, шумоізоляція обладнання, раціональне освітлення, автоматизація окремих операцій, своєчасне технічне обслуговування верстатів. Працівники забезпечуються засобами індивідуального захисту — спецодягом, захисними окулярами, рукавицями, протишумовими навушниками та, за потреби, респіраторами. Обов’язковими є проведення інструктажів з охорони праці та періодичні медичні огляди.

Таким чином, умови праці на дільниці виготовлення деталі «Кришка» характеризуються наявністю комплексу шкідливих виробничих факторів, однак за умови дотримання санітарно-гігієнічних норм і впровадження профілактичних заходів вони можуть бути віднесені до допустимого рівня та забезпечувати збереження здоров’я працівників.

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2. Заходи з покращення умов праці

Заходи з покращення умов праці при виготовленні деталі «Кришка» повинні бути спрямовані на зменшення впливу шкідливих і небезпечних виробничих факторів, підвищення рівня безпеки працівників та створення комфортного виробничого середовища. Оскільки на дільниці виконуються операції механічної обробки — точіння, фрезерування, свердління, шліфування — працівники зазнають впливу шуму, вібрації, пилу, аерозолів мастильно-охолоджувальних рідин та несприятливих мікрокліматичних умов. Тому важливо впроваджувати комплекс технічних, санітарно-гігієнічних та організаційних заходів.

До технічних заходів належить модернізація обладнання та заміна застарілих верстатів на сучасні моделі з числовим програмним керуванням, які забезпечують більш точну обробку, нижчий рівень шуму і вібрації та підвищену безпеку. Необхідно встановлювати захисні кожухи та огороження на рухомі й обертові частини машин для запобігання травмам. Важливим є застосування місцевої витяжної вентиляції безпосередньо біля джерел утворення пилу та аерозолів, а також використання закритих систем подачі мастильно-охолоджувальних рідин для зменшення їх розпилення в повітрі. З метою зниження шуму доцільно встановлювати шумоізоляційні екрани та віброгасильні підставки під обладнання.

Санітарно-гігієнічні заходи передбачають забезпечення ефективної загальнообмінної вентиляції, підтримання оптимальних параметрів мікроклімату (температури, вологості та швидкості руху повітря), а також достатнього рівня природного й штучного освітлення робочих місць. Необхідно регулярно проводити прибирання виробничих приміщень із використанням механізованих засобів для видалення металевої стружки та пилу. Важливим є здійснення періодичного контролю рівня шуму, вібрації та концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони відповідно до встановлених норм.

Організаційні заходи включають раціональне планування робочих місць з урахуванням принципів ергономіки, що дозволяє зменшити фізичне навантаження та напруження зору.

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Доцільним є встановлення регламентованих перерв для відпочинку, чергування операцій з метою зниження монотонності праці та проведення систематичних інструктажів з охорони праці. Працівники повинні проходити попередні та періодичні медичні огляди для своєчасного виявлення можливих професійних захворювань.

Особливе значення має забезпечення працівників засобами індивідуального захисту: спецодягом, захисним взуттям, окулярами або щитками для захисту очей від стружки, протишумовими навушниками чи вкладишами, рукавицями та, за потреби, респіраторами. Використання таких засобів значно знижує ризик травмування та негативного впливу шкідливих виробничих факторів.

Отже, комплексне впровадження зазначених заходів дозволяє суттєво покращити санітарно-гігієнічні умови праці на дільниці виготовлення деталі «Кришка», зменшити рівень професійних ризиків, підвищити продуктивність праці та забезпечити збереження здоров'я працівників.

5.3. Розробка заходів конструктивного і організаційного характеру по боротьбі з вібраціями

Розробка заходів конструктивного і організаційного характеру щодо боротьби з вібраціями при виготовленні деталі «Кришка» є важливою складовою забезпечення безпечних і здорових умов праці на виробничій дільниці. Під час виконання операцій точіння, фрезерування, свердління та шліфування виникають як загальна, так і локальна вібрація, яка передається від працюючого обладнання через підлогу, робочі поверхні та інструмент безпосередньо на організм працівника. Тривалий вплив вібрації може призводити до підвищеної втомлюваності, зниження працездатності, порушень роботи опорно-рухового апарату та розвитку професійних захворювань.

До заходів конструктивного характеру належить передусім модернізація технологічного обладнання та використання сучасних верстатів із підвищеною жорсткістю конструкції та вбудованими віброгасильними системами.

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Важливим є правильний вибір режимів різання, які забезпечують стабільність процесу обробки без виникнення резонансних коливань. Для зменшення передачі вібрації на будівельні конструкції застосовують встановлення верстатів на спеціальні віброгасильні фундаменти або амортизаційні прокладки з гуми чи інших еластичних матеріалів. Ефективним є також використання балансованого інструменту, своєчасне його заточування та заміна, оскільки зношений або розбалансований інструмент значно підвищує рівень коливань. Додатково застосовують вібропоглинальні накладки на рукоятках інструментів та спеціальні антивібраційні покриття робочих поверхонь.

Організаційні заходи передбачають раціональне планування виробничого процесу з метою зменшення часу безперервного контакту працівника з вібруючим обладнанням. Доцільним є впровадження регламентованих перерв для відпочинку, чергування операцій різного характеру та автоматизація найбільш вібронавантажених процесів. Важливу роль відіграє проведення систематичного технічного обслуговування та діагностики обладнання для своєчасного виявлення несправностей, що можуть спричиняти підвищену вібрацію. Необхідним є також контроль рівнів вібрації відповідно до встановлених санітарних норм і проведення інструктажів працівників щодо безпечних методів роботи.

Додатковим заходом є забезпечення працівників засобами індивідуального захисту, зокрема антивібраційними рукавицями та спеціальним взуттям із амортизуючою підошвою, що знижують передачу коливань на організм. Проведення періодичних медичних оглядів дозволяє своєчасно виявляти початкові ознаки негативного впливу вібрації та запобігати розвитку професійних захворювань.

Таким чином, поєднання конструктивних і організаційних заходів дає можливість значно знизити рівень вібрацій на дільниці виготовлення деталі «Кришка», підвищити безпеку праці, зберегти здоров'я працівників та забезпечити стабільну якість продукції.

5.4. Розрахунок штучного освітлення дільниці цеху для оброблення деталі

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розробка заходів конструктивного і організаційного характеру щодо боротьби з вібраціями при виготовленні деталі «Кришка» є важливою складовою забезпечення безпечних і здорових умов праці на виробничій дільниці. Під час виконання операцій точіння, фрезерування, свердління та шліфування виникають як загальна, так і локальна вібрація, яка передається від працюючого обладнання через підлогу, робочі поверхні та інструмент безпосередньо на організм працівника. Тривалий вплив вібрації може призводити до підвищеної втомлюваності, зниження працездатності, порушень роботи опорно-рухового апарату та розвитку професійних захворювань.

До заходів конструктивного характеру належить передусім модернізація технологічного обладнання та використання сучасних верстатів із підвищеною жорсткістю конструкції та вбудованими віброгасильними системами. Важливим є правильний вибір режимів різання, які забезпечують стабільність процесу обробки без виникнення резонансних коливань. Для зменшення передачі вібрації на будівельні конструкції застосовують встановлення верстатів на спеціальні віброгасильні фундаменти або амортизаційні прокладки з гуми чи інших еластичних матеріалів. Ефективним є також використання балансованого інструменту, своєчасне його заточування та заміна, оскільки зношений або розбалансований інструмент значно підвищує рівень коливань. Додатково застосовують вібропоглинальні накладки на рукоятках інструментів та спеціальні антивібраційні покриття робочих поверхонь.

Організаційні заходи передбачають раціональне планування виробничого процесу з метою зменшення часу безперервного контакту працівника з вібруючим обладнанням. Доцільним є впровадження регламентованих перерв для відпочинку, чергування операцій різного характеру та автоматизація найбільш вібронавантажених процесів. Важливу роль відіграє проведення систематичного технічного обслуговування та діагностики обладнання для своєчасного виявлення несправностей, що можуть спричиняти підвищену вібрацію. Необхідним є також контроль рівнів вібрації відповідно до встановлених санітарних норм і проведення інструктажів працівників щодо безпечних методів роботи.

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатковим заходом є забезпечення працівників засобами індивідуального захисту, зокрема антивібраційними рукавицями та спеціальним взуттям із амортизуючою підошвою, що знижують передачу коливань на організм.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

У ході виконання кваліфікаційної роботи було розроблено технологічний процес механічної обробки деталі кришки ЯЕ.ЛЦ.5568-1. Проведений аналіз конструкції деталі дозволив оцінити її технологічність та визначити найбільш раціональні методи виготовлення. На основі цього було обрано організаційну форму виробництва та обґрунтовано спосіб отримання заготовки.

Для кожної операції технологічного процесу визначено режими різання, встановлено допуски на технологічні розміри та виконано нормування часу обробки. Запропонований технологічний процес передбачає використання сучасного обладнання — верстатів з числовим програмним керуванням та обробних центрів, що забезпечує високу точність і продуктивність обробки.

З метою підвищення ефективності виготовлення деталі було розроблено затискний пристрій універсального типу, який може використовуватися для закріплення різних деталей подібної конструкції. Під час проектування враховано сили, що виникають у процесі обробки, тип приводу затискних елементів, а також можливість швидкого переналагодження пристрою.

Для контролю міжцентрової відстані отворів спроектовано спеціальний контрольний пристрій, який забезпечує перевірку деталей із двома співвісними отворами. Також було виконано розрахунок точності пристрою, що підтверджує можливість його практичного застосування. Для скорочення часу обробки запропоновано використання спеціального комбінованого ріжучого інструменту — свердла-зенківки. Застосування цього інструменту дозволяє об'єднати два технологічні переходи в один та зменшити час обробки приблизно на 2,3 хвилини. У роботі також спроектовано механообробну ділянку площею 90 м² із сіткою колон шириною $L = 24$ м та кроком $t = 12$ м, що забезпечує раціональне розміщення обладнання та організацію виробничого процесу.

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Запропоновані у роботі рішення можуть бути використані у виробництві для підвищення продуктивності обробки, скорочення часу виготовлення деталі та забезпечення безпечних умов праці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Технологічні основи машинобудування: метод. рекомендації до виконання розрах.-граф. роботи для студентів спец. 131 "Прикладна механіка", 133 "Галузеве машинобудування" всіх форм навчання./ уклад. С. П. Сапон. – Чернігів: НУЧП, 2020. – 39 с.
2. Технологія машинобудування. Практичні та лабораторні роботи: Навчальнометодичний посібник / Н.О. Балицька, Л.Є. Глембоцька, О.А. Громовий, В.М. Колеснік, Г.П. Кремнев, О.Л. Мельник, П.П. Мельничук, В.М. Ночвай, О.М. Пилипенко, Л.Г. Полонський, В.А. Яновський. – Житомир: «Житомирська політехніка», 2023. – 171 с.
3. Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання і технічне нормування механічної обробки: навчальний посібник. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.
4. Паливода Ю. Є. Заготовки у машинобудівному виробництві : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2022. 148 с.
5. Яковенко І. Е. Технологічні основи машинобудування: лаб. практикум / І. Е. Яковенко, О. А. Пермяков; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Харків : НТУ "ХПІ", 2024. – 211 с.
6. Металорізальні інструменти : навчальний посібник / С. В. Швець. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 272 с.
7. Кушніров П. В. Технологічна оснастка: навчальний посібник / П. В. Кушніров, А. В. Євтухов, І. М. Дегтярьов. – Суми : Сумський державний університет, 2020. – 140 с.

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Проектування машинобудівних виробництв» зі спеціальності 131 Прикладна механіка для підготовки освітнього рівня «магістр» / Укладачі: Комар Р.В., Окіпний І.Б., Сенчишин В.С. – Тернопіль: 2022. – 42 с.

9. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Проектування машинобудівних виробництв» зі спеціальності 131 Прикладна механіка для підготовки освітнього рівня «магістр» / Укладачі: Комар Р.В., Сенчишин В.С. – Тернопіль: 2021. – 36 с.

10. Курепін В. М. К93 Основи охорони праці: навчальний посібник для студентів закладів вищої освіти аграрної галузі. Миколаїв: МНАУ, 2022. 347 с.

11. Єгіазарян А. С. Умови праці та фактори їх формування. Перспективна техніка і технології – 2021: матеріали XVII міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, 21-23 вересня 2021 р., м. Миколаїв. Т. 1 / Міністерство освіти і науки України; Миколаївський національний аграрний університет. Миколаїв: МНАУ, 2021.– 40-43 с.

12. Основи охорони праці: змістовий модуль 1. «Правові та організаційні основи охорони праці». Тема 2. «Правові та організаційні основи охорони праці». конспект лекції / уклад. В. М. Курепін. – Миколаїв: МНАУ, 2021. – 25 с.

					002Б-26.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		