

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет транспорту та механічної інженерії

(повне найменування факультету)

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

(повна найменування кафедри)

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

**ПРОЕКТУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ З РОЗРОБКОЮ ТЕХНОЛОГІЧНОГО
ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ КОРПУСУ ГПКС73.04.СБ**

спеціальність 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ІМз-41
Бойко Маркіян Тарасович

(підпис)

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

(підпис)

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

(підпис)

Луцьк – 2025 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет транспорту та механічної інженерії

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітня програма: «Прикладна механіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«___» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Бойку Маркіяну Тарасовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Проектування дільниці з розробкою технологічного процесу механічної обробки корпусу ГПКС73.04.СБ

Керівник роботи: Самчук Людмила Михайлівна

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

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

3. Вихідні дані до роботи Креслення деталі корпусу ГПКС73.04.СБ, базовий технологічний процес, нормативні дані

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

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

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

6. Консультанти розділів роботи

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

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Обґрунтування теми</i>	5.03.2025р.	
2	<i>Огляд літератури із досліджуваної проблеми</i>	10.03.2025р.	
3	<i>Загальна частина.</i>	11.03.2025 р.	
4	<i>Технологічна частина</i>	18.04.2025 р.	
5	<i>Конструкторська частина</i>	25.05.2025 р.	
6	<i>Проектування механічної ділянки</i>	25.05.2025 р.	
7	<i>Охорона праці</i>	27.05.2025 р.	
8	<i>Висновки та пропозиції</i>	1.06.2025р.	
9	<i>Формування списку використаних джерел</i>	1.06.2025р.	
10	<i>Формування додатків</i>	2.06.2025р.	
11	<i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>	2.06.2025р.	
12	<i>Нормоконтроль</i>	2.06.2025р.	
13	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	2.06.2025р.	
14	<i>Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту</i>	18.06.25р.	

Здобувач вищої освіти

(підпис)

(Бойко М.Т.)

(прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

(Самчук Л.М.)

(прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Бойко М. Т. Проектування дільниці з розробкою технологічного процесу механічної обробки корпусу ГПКС73.04.СБ Рукопис.

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

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

У роботі представлено проектування виробничої дільниці для виготовлення корпусної деталі. Основну увагу зосереджено на розробці технологічного процесу механічної обробки з урахуванням вимог до точності, якості поверхні та продуктивності. Розпочато з аналізу конструкції деталі на технологічність і вибору оптимального матеріалу з підвищеними характеристиками зносостійкості та міцності. Далі здійснено визначення технологічних баз, розмірів заготовки, припусків і допусків, що відповідають специфіці обробки корпусу. Обґрунтовано вибір обладнання та розраховано режими різання. Проведено розрахунок основного і штучно-калькуляційного часу, а також визначено потребу в кількості верстатів для кожної операції. Завершальним етапом стало проектування спеціалізованого технологічного оснащення, яке забезпечує надійне базування і закріплення деталі, сприяє підвищенню ефективності обробки та покращенню умов праці. Результати роботи підтверджують доцільність розроблених рішень та їх застосовність у серійному виробництві.

Ключові слова: корпусна деталь, механічна обробка, технологічний процес, виробнича дільниця, заготовка, припуски, допуски, технологічність конструкції, режим різання, основний час, штучно-калькуляційний час, вибір обладнання, базування, закріплення, технологічне оснащення, продуктивність, умови праці.

ABSTRACT

Boyko M.T. Design of the site with the development of the technological process of mechanical processing of the GPKS73.04.SB housing Manuscript.

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

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

The work presents the design of a production area for the manufacture of a body part. The main attention is focused on the development of a technological process for mechanical processing, taking into account the requirements for accuracy, surface quality and productivity.

It began with an analysis of the design of the part for manufacturability and the selection of the optimal material with increased wear resistance and strength characteristics. Then, technological bases, workpiece sizes, allowances and tolerances corresponding to the specifics of body processing were determined.

The choice of equipment was justified and cutting modes were calculated. The calculation of the main and piece-rate time was carried out, and the need for the number of machines for each operation was determined.

The final stage was the design of specialized technological equipment, which ensures reliable basing and fixing of the part, contributes to increasing the efficiency of processing and improving working conditions. The results of the work confirm the feasibility of the developed solutions and their applicability in serial production.

Keywords: body part, mechanical processing, technological process, production area, workpiece, allowances, tolerances, design manufacturability, cutting mode, main time, piece-rate time, equipment selection, basing, fastening, technological equipment, productivity, working conditions.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Розділ 1. Загальна частина	8
1.1 Службове призначення і характеристика об'єкта виробництва, аналіз технічних умов на деталь.....	8
1.2 Вибір методу одержання заготовки.....	9
1.3 Вибір методу обробки поверхонь.....	11
1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва.....	11
2 Розділ 2. Технологічна частина.....	16
2.1 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	16
2.2 Вибір технологічних баз.....	18
2.3 Визначення допусків на технологічні розміри і розрахунок припусків.....	22
2.4 Розрахунок режимів різання, вибір обладнання.....	26
2.5 Нормування технологічного процесу.....	29
3 Розділ 3. Конструкторська частина.....	30
3.1 Проектування технологічного оснащення.....	30
3.1.2 Вибір і обґрунтування принципу дії, структурної схеми.....	30
3.1.3 Силовий розрахунок параметрів приводу.....	30
3.1.4 Розрахунок на точність.....	34
3.1.5 Загальний опис конструкції, принцип дії.....	35

					004Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2	Проектування контрольного пристрою.....	35
3.2.1	Розрахунок на точність.....	36
3.2.2	Загальний опис конструкції, принцип дії.....	37
3.3	Розрахунок спеціального ріжучого інструменту.....	38
4	Розділ 4. Проектування механічної ділянки.....	44
4.1	Уточнення типу виробництва.....	44
4.2	Визначення кількості працівників на ділянки.....	45
4.3	Розрахунок виробничої площі ділянки	46
4.4	Розробка технологічного планування ділянки.....	47
4.5	Основні техніко-економічні показники ділянки.....	47
5	Розділ 5. Охорона праці.....	50
	Висновки та пропозиції.....	56
	Список використаних джерел.....	58
	Додатки.....	60

						004Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

ВСТУП

Машинобудування є однією з провідних галузей національного господарства, адже саме воно забезпечує високу точність та якість виготовлення деталей і обробки поверхонь. Подальший розвиток усіх сфер економіки значною мірою залежить від рівня розвитку машинобудування та вдосконалення його технологічної бази.

У цьому процесі важливу роль відіграють інженери-технологи, адже їхня здатність приймати обґрунтовані технологічні рішення є показником професійної підготовки. Технологічний процес розробляється з метою створення нового виробництва або вдосконалення існуючих методів відповідно до новітніх досягнень науки і техніки.

Проектований технологічний процес має бути сучасним, спрямованим на підвищення продуктивності праці, покращення якості продукції, зниження витрат матеріалів і трудових ресурсів, а також мінімізацію негативного впливу на довкілля. Важливими є також дотримання екологічних стандартів і норм безпеки життєдіяльності.

Створення ефективних технологічних процесів базується на результатах наукових досліджень, експериментальних та конструкторських розробках, а також на прогнозуванні нових методів обробки й аналізі передового досвіду інших підприємств. Відповідно до цих вимог, технологічний процес має повністю відповідати вимогам технічної документації та забезпечувати мінімальні витрати ресурсів і часу. Рациональне використання виробничих засобів дозволяє зменшити собівартість виробу при збереженні високої якості.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0045-25.00.00.00.000 ПЗ					

РОЗДІЛ 1
ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

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

Корпус має в своїй конструкції дві зовнішні циліндричні поверхні, що сполучаються і плавно переходять у сферичну поверхню. На обох циліндричних поверхнях є фланці, що представляють собою ребра жорсткості. Корпус має складну по конструкції внутрішню порожнину сферичної форми з виступаючим елементом у вигляді труби. Корпус має зовнішню технологічну різьбу M56 на шийці деталі.

«Матеріал корпусу - алюмінієвий сплав АК6, ISO 209-1-89. Сплав системи Al-Cu-Mg-Si-Mn відрізняється порівняно високими технологічними та механічними властивостями і широко застосовується в промисловості. Сплав АК6 має високі технологічні властивості при обробці, відрізняється низькою жароміцністю, добре деформується в гарячому і холодному стані. Температурний інтервал гарячої деформації сплаву АК6- 420 ÷ 470 °. Основні зміцнюючі фази в сплаві АК6 – CuAl₂, Mg₂ Si. Марганець утворює складні фази з кремнієм і алюмінієм або з кремнієм, алюмінієм і залізом»[1].

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сплаву АК6, ISO 209-1-89

Хімічний елемент	%
Мідь (Cu)	1,8 ÷ 2,6%
Магній(Mg)	0,4 ÷ 0,8
Марганець (Mn)	0,4 ÷ 0,8
Кремній (Si)	0,7 ÷ 1,2
Нікель (Ni) не більше	0,1
Ферум(Fe) не більше	0,7
Цинк (Zn)	0,3

Для даного конструктивного виконання корпусу представляють наступні технічні вимоги, що характеризують різні параметри її геометричної точності:

- відхилення від площинної паралельності складає 0,05мм;

					004Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- точність відстаней від осей головних отворів до базуючої площини складає 0,03мм;
- точність відстаней між осями головних отворів 0,01 мм;
- співвісність отворів 0,01 мм;
- діаметральні розміри отворів відповідають 8-у квалитету точності.

1.2. Вибір методу одержання заготовки

Проведемо порівняльний економічний розрахунок собівартості заготовки при литті під тиском і лиття по виплавляючих моделях. Розрахуємо вартість заготовки отриманої кожним з порівнюваних способів.

Оцінку здійснюють по мінімальній величині приведених витрат на виготовлення заготовки згідно формули [2]:

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

У зв'язку з тим, що на кресленні не вказана вага деталі, визначимо її масу згідно з формулою [2]:

$$M_{дет} = V \cdot \rho, \quad (1.2)$$

«Для знаходження об'єму деталі розбиваємо її на елементарні фігури, в нашому випадку це будуть фігури різної геометричної форми. Отже загальний об'єм деталі буде розраховуватись за формулою» [2]:

$$M_{дет} = \sum_{i=1}^n V_i \cdot \rho, \quad (1.3)$$

$$V_{дет} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6 + V_7 + V_8 + V_9 + V_{10} + V_{11} + V_{12} + V_{13} + V_{14} + V_{15} + V_{16}$$

$$V_{дет} = 9707 + 5001 + 936 + 15950 + 4050 + 2200 + 1800 + 1200 + 800 + 9020 + 5240 + 10040 + 9008 + 10200 + 7590 + 10090 = 1039,02 \text{ см}^3$$

Визначимо масу деталі за формулою [2]:

$$M_{дет} = 1039,02 \cdot 2,6 = 2701,42 = 2,7 \text{ кг.}$$

Маса заготовки отриманої лиття по виплавляючих моделях [2]:

$$M_з = 2,7 \cdot 1,3 = 3,5 \text{ кг.} \quad (1.5)$$

					004Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Маса заготовки отримана при литті під тиском [2]:

$$M_3 = 2,7 \cdot 1,38 = 3,72 \text{ кг} . \quad (1.6)$$

Дані необхідні для розрахунку вартості заготовок, отриманих литтям по виплавляючих моделях, представлені в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 - Дані для розрахунку

Показника	C, р.	S _{отх} , р.	Q, кг	q, кг	k _т	k _с	k _в	k _м	k _л
Числові значення	32000	1800	3,5	2,7	1,0	1,0	0,69	1,1	1

Витрати по виплавляючих моделях;

$$S_{заг1} = \left(\frac{32000}{1000} \cdot 3,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,69 \cdot 1,1 \cdot 1 \right) - (3,5 - 2,7) \cdot \frac{1800}{1000} = 83,5 \text{ грн} . \quad (1.7)$$

Дані необхідні для розрахунку вартості заготовок, отриманих литтям під тиском, представленні в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Данні для розрахунку

Показники	C, р.	S _{отх} , р.	Q, кг	q, кг	k _т	k _с	k _в	k _м	k _л
Числові значення	26800	1600	3,72	2,7	1,0	0,94	0,69	1,05	1,1

Витрати для лиття під тиском

$$S_{заг2} = \left(\frac{26800}{1000} \cdot 3,72 \cdot 1,0 \cdot 0,94 \cdot 0,69 \cdot 1,05 \cdot 1,1 \right) - (3,72 - 2,7) \cdot \frac{1600}{1000} = 69,4 \text{ грн} . \quad (1.8)$$

По результатах розрахунків робимо висновок, що метод лиття доцільніше використовувати, тому що величина приведених витрат менша.

Розраховуємо економічний ефект [3]:

$$E = (S_1 - S_2) \cdot N, \quad (1.9)$$

N=5000шт.

$$E = (S_1 - S_2) \cdot N = (83,5 - 69,4) \cdot 5000 = 70500 \text{ грн} .$$

1.3. Вибір методу обробки поверхонь

					0045-25.00.00.00.000 ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

На вірний вибір методу обробки поверхонь заготовки впливають такі фактори, як службове призначення деталі, функціональне призначення поверхонь, вимоги до точності, шорсткості, геометричної форми тощо. Обробку поверхонь необхідно виконувати за декілька переходів, на кожному з яких використовуємо свій вид обробки (від чорнової до чистової).

Загальне уточнення [3]:

$$\varepsilon = \frac{T_{з.}}{T_{д.}}, \quad (1.10)$$

Для найбільш спрямованого вибору числа ступенів використовуємо формулу [3]:

$$n = \frac{\lg \varepsilon}{0,46}. \quad (1.11)$$

Розрахуємо загальне уточнення для даної деталі, яка має циліндричну поверхню Ø60 мм з допуском Н8. Заготовка виготовляється методом лиття і досягає точності Н13[3].

Загальне уточнення:

$$\varepsilon = \frac{T_{з.}}{T_{д.}} = \frac{1140}{19} = 60$$

$$n = \frac{\lg 60}{0.46} = 3$$

«Після першого проходу точність збільшується з – Н13 до Н11 (2 квалітета), після другого проходу – з Н11 до Н9 (2 квалітета), після третього проходу – з Н9 до Н8 (1 квалітет), що цілком відповідає рекомендаціям вибору методу обробки по економічній точності»[3].

1.4. Визначення типу та організаційної форми виробництва

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

$$K_{з.о.} = \frac{O}{P}, \quad (1.12)$$

						004Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Кількість робочих місць визначаємо за формулою:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{\text{т.к.}}}{60 \cdot F_{\text{д}} \cdot \eta_{\text{з.н.}}}, \quad (1.13)$$

$$T_{\text{шт.к}} = T_0 \cdot \varphi,$$

Визначаємо основний технологічний час і штучно-калькуляційний час, використовуючи формули.

005 Токарна операція.

Основний технологічний час і штучно-калькуляційний час

$$T_0 = 4,22 \text{ хв},$$

$$T_{\text{шт-к}} = 5,78 \text{ хв},$$

010 Координатно-розточна операція.

Основний технологічний час і штучно-калькуляційний час

$$T_0 = 3,2 \text{ хв},$$

$$T_{\text{шт-к}} = 3,2 \text{ хв},$$

015 Вертикально-свердлильна операція.

Основний технологічний час і штучно-калькуляційний час

$$T_0 = 2,25 \text{ хв},$$

$$T_{\text{шт-к}} = 3,0 \text{ хв},$$

020 Токарна операція.

Основний технологічний час і штучно-калькуляційний час

$$T_0 = 4,0 \text{ хв},$$

$$T_{\text{шт-к}} = 5,5 \text{ хв},$$

025 Розточна операція операція.

Основний технологічний час і штучно-калькуляційний час

$$T_0 = 1,5 \text{ хв},$$

$$T_{\text{шт-к}} = 1,5 \text{ хв},$$

030 Розточна операція.

Основний технологічний час і штучно-калькуляційний час

					004Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_o = 1,5xв,$$

$$T_{шт-к} = 1,5xв,$$

035 Протяжна операція.

Основний технологічний час і штучно-калькуляційний час

$$T_o = 0,25xв,$$

$$T_{шт-к} = 0,32xв,$$

Знайдемо середній штучно-кулькуляційний час [4]:

$$T_{шт.к} = \frac{\sum T_{шт.к}}{n}, \quad (1.14)$$

$$T_{шт-к\text{сер}} = \frac{20,8}{7} = 2,97xв$$

Вибираємо нормативний коефіцієнт завантаження обладнання $\eta_{з.н}$:для крупносерійного виробництва 0,75-0,85; приймаємо $\eta_{з.н} = 0,75$, оскільки це найоптимальніше значення яке підходить для даного типу виробництва [2].

Визначаємо розрахункову кількість обладнання, необхідну для виконання кожної операції [4]:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot F_o \cdot \eta_{з.н}}, \quad (1.15)$$

Розрахунок проведемо для операції 005, для інших операцій розрахунки зведемо в таблицю 1.4.

$$m_{p005} = \frac{5000 \cdot 5,78}{60 \cdot 4059 \cdot 0,75} = 0,15;$$

«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 »[4]:

$$n_{з.ф} = \frac{m_p}{p} < n_{з.н}, \quad (1.16)$$

$$n_{з.ф005} = \frac{0,15}{1} = 0,15,$$

						004Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$n_{з.ф005} = 0,15 < 0,75 - \text{умова виконується.}$$

Розраховуємо кількість операцій, які виконуються на цьому обладнанні [6]:

$$O = \frac{n_{з.н}}{n_{з.ф}} \quad (1.17)$$

$$O_{005} = \frac{0,75}{0,15} = 5, \text{ приймаємо } O=5.$$

На інші операції проводимо аналогічні розрахунки і результати заносимо в таблицю 1.4

Таблиця 1.4 – Значення штучно-калькуляційного часу та кількості верстатів

Операція	$T_{шт-к}$	m_p	P	$n_{з.ф}$	O
005	5,78	0,158	1	0,158	5
010	3,2	0,087	1	0,087	8,16
015	3,0	0,082	1	0,082	9,03
020	5,5	0,150	1	0,150	5,15
025	1,5	0,041	1	0,041	18,12
030	1,5	0,041	1	0,041	18,12
035	1,1	0,03	1	0,03	25,07
Всього	20,8	0,576	7	0,576	88,63

Звідси, визначаємо коефіцієнт закріплення операцій [6]:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{88,63}{7} = 12,5; \quad (1.18)$$

Оскільки $10 < K_{з.о.} < 20$, то виробництво середньосерійне .

Визначаємо організаційну форму виробництва.

Добовий випуск виробів:

$$N_c = \frac{N}{254}; \quad (1.19)$$

$$N_c = \frac{5000}{254} = 20шт ;$$

Добова продуктивність потокової лінії [6]:

$$Q = \frac{F_c}{T_{шт.сер}} \cdot \eta_{з.ф.сер} = \frac{952}{2,97} \cdot 0,09 = 29шт ; \quad (1.20)$$

						004Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$Q_c \cdot 0.6 = 29 \cdot 0.6 = 18 < N_c = 20$, одже форма організації виробництва потокова [3].

Такт випуску виробів:

$$t_s = \frac{60 \cdot F_d}{N}, \quad (1.21)$$

$$t_s = \frac{60 \cdot F_d}{N} = \frac{60 \cdot 4059}{5000} = 48,7 \text{ хв}$$

Отже, приймаємо багатосерійний тип виробництва.

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Аналіз технологічності конструкції деталі

«Технологічність конструкції корпусу може бути оцінена сукупністю технологічних показників деталі, серед яких виділяють: коефіцієнт складності конструкції деталі; коефіцієнт застосовності уніфікованих або стандартних конструктивних елементів деталі; коефіцієнт повторюваності конструктивних елементів деталі; коефіцієнт точності і шорсткості поверхні деталі; коефіцієнт оброблюваності деталі і коефіцієнт використання матеріалу при механічній обробці» [3].

Визначимо коефіцієнт складності конструкції деталі:

$$K_{СК} = 0,25 \cdot (K_K + K_P + K_B + K_C), \quad (2.1)$$

Коефіцієнт K_K залежить від кількості поверхонь на вихідній заготовці, з яких видаляється стружка при виготовленні деталі.

$$A_K = n_{піз} / n_{нов} \quad (2.2)$$

Підставляючи чисельні значення необхідних показників з креслення деталі і технологічного процесу обробки деталі різанням, знаходимо:

$$A_K = 27 / 49 = 0,55;$$

$$K_K = 1,00 - 0,55 = 0,45.$$

					004Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт K_p враховує загальну кількість заданих на кресленні даних щодо забезпечення необхідної точності форми і взаємного розташування поверхонь в межах 0,05 мм.

$$A_p = n_{\text{тр}} / n_{\text{пов}}, \quad (2.3)$$

Підставляючи чисельні значення необхідних показників, знаходимо:

$$A_p = 3/49 = 0,06;$$

$$K_p = 1,00 - 0,06 = 0,94.$$

Коефіцієнт K_B враховує кількість різних видів обробки різанням.

$$A_B = n_{\text{то}} / n_{\text{перех}}, \quad (2.4)$$

Підставляючи чисельні значення необхідних показників з карт технологічного процесу обробки деталі різанням, знаходимо:

$$A_B = 5/39 = 0,13$$

$$K_B = 1,00 - 0,13 = 0,87.$$

Коефіцієнт K_C враховує відповідність точності і шорсткості поверхонь корпусу оптимальним, економічно і конструктивно обгрунтованим величинам.

Величина A_C визначається за формулою:

$$A_C = 0,1 \cdot \sum_{j=1}^{n_{\text{рез}}} m_j, \quad (2.5)$$

Підставляючи чисельні значення необхідних показників, знаходимо:

$$A_C = 0,1 \cdot 6 = 0,60$$

$$K_C = 1,00 - 0,60 = 0,40.$$

Коефіцієнт складності конструкції деталі становитиме:

$$K_{CK} = 0,25 \cdot (0,45 + 0,94 + 0,87 + 0,40) = 0,65.$$

Коефіцієнт використання уніфікованих або стандартних конструктивних елементів деталі визначають за формулою:

$$K_{VE} = \frac{N_{VE}}{N_E} - 0,1 \cdot n, \quad (2.6)$$

						004Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Оскільки всі формотворчі поверхні корпусу можна вважати уніфікованими, то коефіцієнт застосовності уніфікованих або стандартних конструктивних елементів деталі приймаємо рівним $K_{VE} = 1$.

Коефіцієнт повторюваності конструктивних елементів деталі розраховують за формулою:

$$K_{PE} = 1 - N_{PE} / N_E, \quad (2.7)$$

Підставляючи чисельні значення необхідних показників, знаходимо:

$$K_{PE} = 1 - 15 / 70 = 0,79$$

За отриманими значеннями показників технологічності можна зробити висновок про середній рівень технологічності деталі.

2.2. Вибір технологічних баз

Вибрані технологічні бази повинні спільно з затискними пристроями забезпечувати надійне, міцне кріплення деталі і незмінність її положення під час обробки. Сумарна похибка обробки повинна бути меншою допуску на розмір. Це стосується всіх розмірів, які отримуються на кожній технологічній операції [3].

$$W_{\Sigma} < T_{обр.} \quad (2.8)$$

В загальному випадку очікувана похибка обробки:

$$W_{\Sigma} = W_{н.р.} + W_{м.с.} + W_{уст.}, \quad (2.9)$$

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

В загальному випадку похибка установки вираховується за формулою:

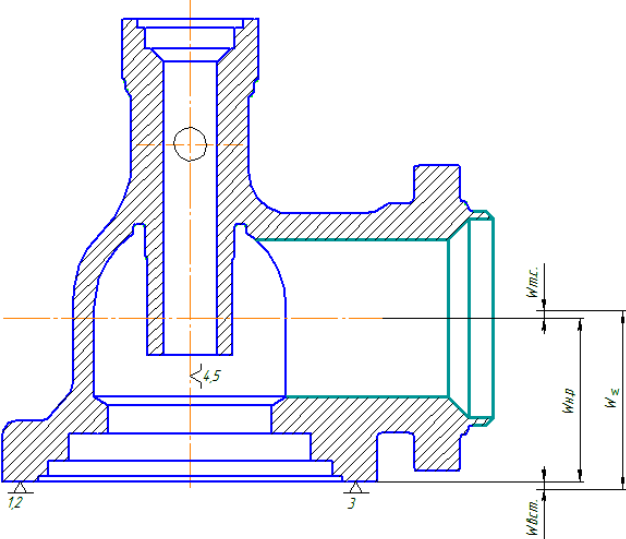
$$W_{уст.} = \sqrt{W_{б.}^2 + W_{закр.}^2}. \quad (2.10)$$

Її можна порахувати за формулами чи взяти із таблиць [1] та [3].

Розрахунки заносимо в таблицю 2.1.

					004Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

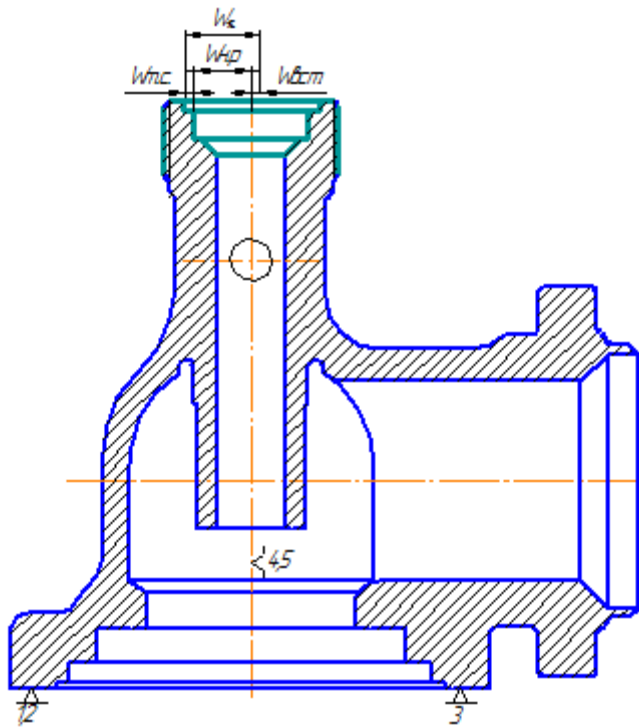
Таблиця 2.1 – Розрахунок похибки обробки

Операція	Розрахунок похибки обробки
1	2
<p>005 Токарна</p> 	$W_{\Sigma.} = W_{н.р.} + W_{м.с.} + W_{вст.}$ $W_{с..} = W_{н.р.} + W_{м.с.}$ $W_{вст.} = 80_{мкм} = 0,08_{мм}$ $W_c = 0,19_{мм}$ $W_{\Sigma.} = 0,27_{мм}$ $A = 68 \pm 0,5_{мм}$ $T = 0,27_{мм}$
<p>010 Координатно-розточна</p>	$W_{\Sigma.} = W_{н.р.} + W_{м.с.} + W_{вст.}$ $W_{с..} = W_{н.р.} + W_{м.с.}$ $W_{вст.} = 65_{мкм} = 0,065_{мм}$ $W_c = 0,15_{мм}$ $W_{\Sigma.} = 0,215_{мм}$ $A = 29 \pm 0,1_{мм}$ $T = 0,3_{мм}$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

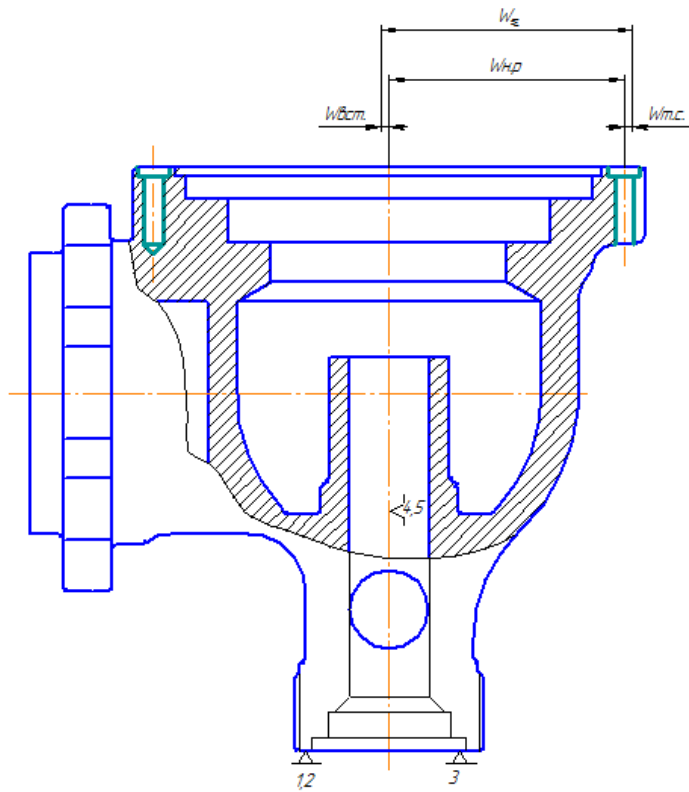
004Б-25.00.00.00.000 ПЗ

Арк.

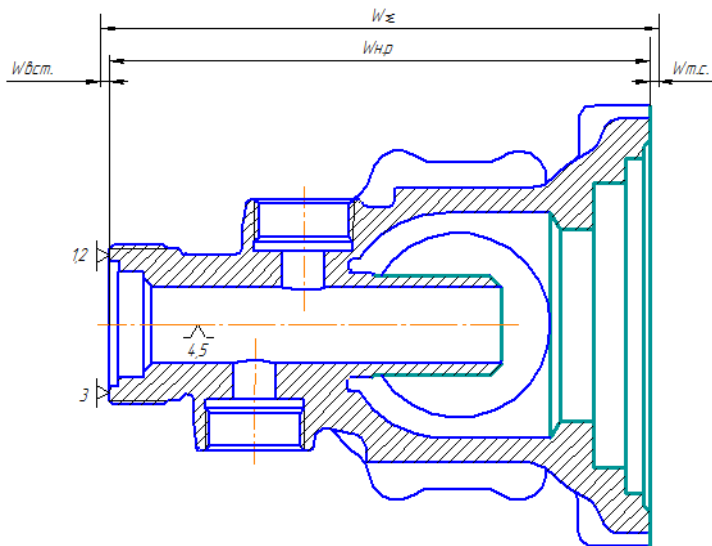


Продовження таблиці 2.1

1	2
015 Вертикально-свердлильна	$W_{\Sigma} = W_{н.р.} + W_{т.с.} + W_{вст.}$ $W_{с.} = W_{н.р.} + W_{т.с.}$ $W_{вст.} = 20_{мкм} = 0,02_{мм}$ $W_c = 0,14_{мм}$ $W_{\Sigma} = 0,16_{мм}$ $A = 73 \pm 0,14_{мм}$ $T = 0,5_{мм}$



020 Такарна



$$W_{\Sigma} = W_{н.р.} + W_{м.с.} + W_{вст.}$$

$$W_{с.} = W_{н.р.} + W_{м.с.}$$

$$W_{вст.} = 30_{мкм} = 0,03_{мм}$$

$$W_c = 0,2_{мм}$$

$$W_{\Sigma} = 0,23_{мм}$$

$$A = 199 \pm 0,3_{мм}$$

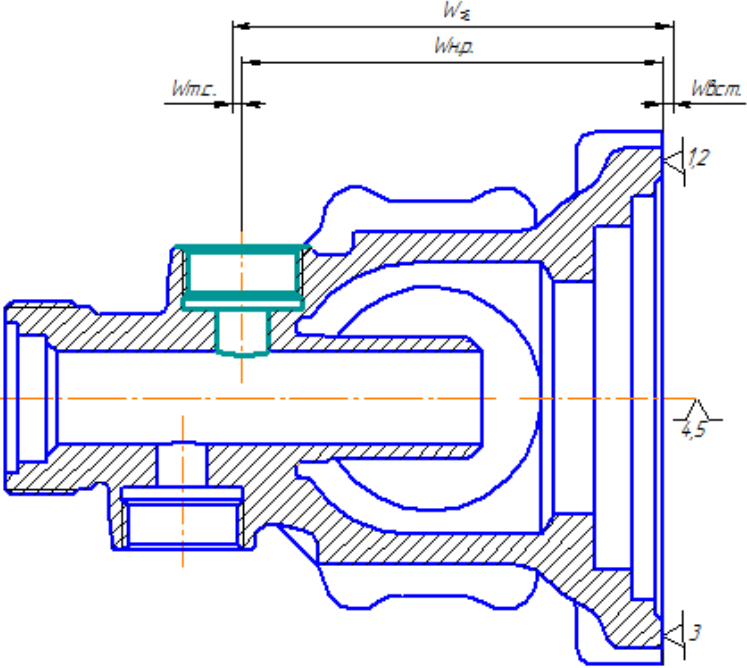
$$T = 0,27_{мм}$$

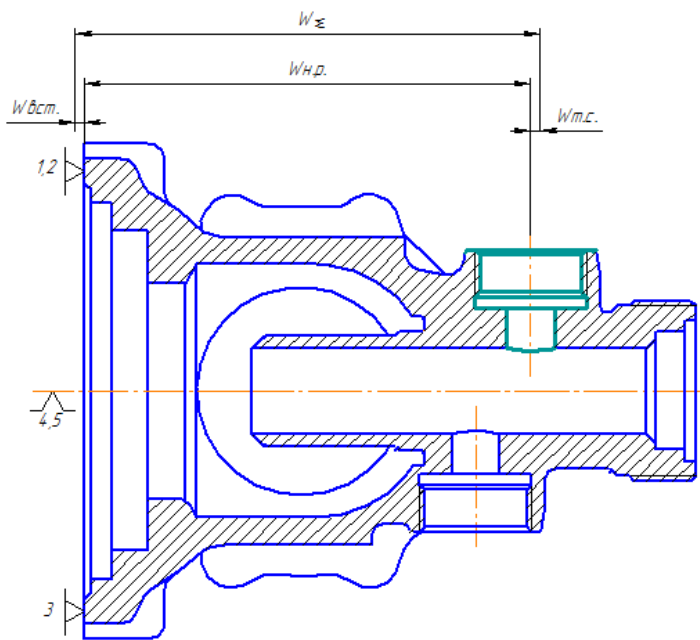
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

0045-25.00.00.00.000 ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 2.1

1	2
<p style="text-align: center;">025 Розточна</p> 	$W_{\Sigma} = W_{н.р.} + W_{м.с.} + W_{в.ст.}$ $W_{с..} = W_{н.р.} + W_{м.с.}$ $W_{в.ст.} = 70_{мкм} = 0,07_{мм}$ $W_c = 0,17_{мм}$ $W_{\Sigma} = 0,24_{мм}$ $A = 126 \pm 0,4_{мм}$ $T = 0,5_{мм}$
<p style="text-align: center;">030 Розточна</p>	$W_{\Sigma} = W_{н.р.} + W_{м.с.} + W_{в.ст.}$ $W_{с..} = W_{н.р.} + W_{м.с.}$ $W_{в.ст.} = 30_{мкм} = 0,03_{мм}$ $W_c = 0,17_{мм}$ $W_{\Sigma} = 0,24_{мм}$ $A = 144 \pm 0,4_{мм}$ $T = 0,5_{мм}$

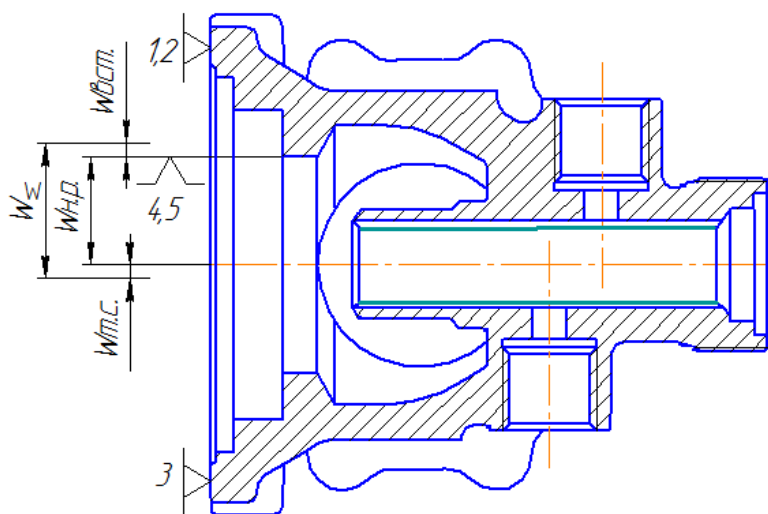


Продовження таблиці 2.1

1

2

035 Протяжна



$$W_{\Sigma} = W_{н.р.} + W_{т.с.} + W_{вст.}$$

$$W_{с.} = W_{н.р.} + W_{т.с.}$$

$$W_{вст.} = 65_{мкм} = 0,065_{мм}$$

$$W_{с.} = 0,21_{мм}$$

$$W_{\Sigma} = 0,275_{мм}$$

$$A = 38 \pm 0,19_{мм}$$

$$T = 0,67_{мм}$$

Арк.

0045-25.00.00.00.000 ПЗ

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

2.3. Визначення допусків на технологічні розміри і розрахунок припусків

«Розміри проміжного припуску на кожному наступному переході менше, ніж на попередньому, оскільки підвищується точність і зменшується шорсткість оброблюваної поверхні. Також припуск може бути визначений розрахунково-аналітичним методом, який базується на аналізі факторів, що впливають на припуски попереднього і виконуваного переходів технологічного процесу обробки поверхні. Значення припуску визначається методом диференційованого розрахунку за елементами, що становлять припуск» [4].

Розрахуємо припуск для обробки отвору $\text{Ø}70^{+0,046}$.

$$2Z_{i \min} = 2((R_z + h)_{i-1} + \sqrt{(\Delta\Sigma_{i-1})^2 + \varepsilon_{\text{ycm}}^2}),$$

Знайдемо величину сумарних відхилень розташування поверхні:

$$\Delta\Sigma = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{см}}^2} \quad (2.10)$$

Величину викривлення отвору слід враховувати як в діаметральному, так і в осьовому його перерізі:

$$\rho_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_K \cdot d)^2 + (\Delta_K \cdot L)^2} \quad (2.11)$$

$$\rho_{\text{кор}} = \sqrt{(0,8 \cdot 70)^2 + (0,8 \cdot 150)^2} = 124,4, \text{ мкм.}$$

Сумарне зміщення отвору в заготовці щодо її зовнішній поверхні являє собою геометричну суму в двох взаємно перпендикулярних площинах, тому величина сумарного зсуву розраховується за формулою:

$$\rho_{\text{сз}} = \sqrt{\left(\frac{\delta_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_2}{2}\right)^2} \quad (2.12)$$

$$\rho_{\text{сз}} = \sqrt{\left(\frac{400}{2}\right)^2 + \left(\frac{400}{2}\right)^2} = 283, \text{ мкм.}$$

Тоді : $\Delta\Sigma = \sqrt{124,4^2 + 283^2} = 310, \text{ мкм.}$

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

004Б-25.00.00.00.000 ПЗ

Визначимо величину залишкових просторових відхилень при чорновому розточуванні за формулою:

$$\Delta\Sigma = \Delta\Sigma \cdot K_y, \quad (2.13)$$

$K_y = 0,06$:

$$\Delta\Sigma = 310 \cdot 0,06 = 17,8, \text{ мкм.}$$

Визначимо величину залишкових просторових відхилень при чистовому розточуванні за формулою:

$$\Delta\Sigma = \Delta\Sigma \cdot K_y,$$

$$K_y' = 0,04,$$

$$\Delta\Sigma = 17,8 \cdot 0,04 = 0,7 \text{ (мкм).}$$

Похибка установки заготовки в пристосуванні визначається за формулою:

$$\varepsilon_{\text{уст}} = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_{\beta}^2}, \quad (2.14)$$

У даному випадку похибка установки заготовки $\varepsilon_{\text{уст}}$ при чорновому розточуванні дорівнює 225 мкм. Залишкова похибка установки після чорнового розточування дорівнює:

$$\varepsilon_{\text{ост}} = 0,05 \cdot \varepsilon_{\text{уст}} + \varepsilon_u,$$

$$\varepsilon_{\text{ост}} = 0,05 \cdot 225 + 3 = 14,25, \text{ мкм.}$$

Розрахуємо мінімальні припуски на діаметральний розмір для кожного переходу.

Для чорнового розточування:

$$2Z_{(i-2)\text{min}} = 2 \cdot ((64 + 140) + \sqrt{310^2}) = 1000, \text{ мкм;}$$

для чистового розточування:

$$2Z_{(i-1)\text{min}} = 2 \cdot ((70 + 70) + \sqrt{17,8^2 + 225^2}) = 680, \text{ мкм;}$$

для тонкого розточування:

$$2Z_{i\text{min}} = 2 \cdot ((40 + 60) + \sqrt{0,7^2 + 20^2}) = 240, \text{ мкм.}$$

Визначимо найбільші граничні розміри по переходах:

$$D_{(i-1)\text{max}} = D_{i\text{max}} - 2Z_{i\text{min}},$$

Для тонкого розточування:

					004Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахуємо загальний припуск на поверхню $\varnothing 70^{+0,046}$ як суму припусків по переходах.

$$Z_{заг\ max} = \sum_{i=1}^n Z_i\ max$$

$$Z_{заг\ min} = \sum_{i=1}^n Z_i\ min$$

$$Z_{заг\ max} = 0,694 + 1,680 + 2,381 = 4,755, \text{ мм};$$

$$Z_{заг\ min} = 0,240 + 0,680 + 0,881 = 1,801, \text{ мм}.$$

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку припусків та граничних розмірів

Етапи обробки отвору $\varnothing 70^{+0,046}$	Елементи припуску, мкм				Допуск к T_D , мкм	Граничні розміри по переходам, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	R_z	h	$\Delta\Sigma$	$\epsilon_{уст}$		D_{max}	D_{min}	Z_{max}	Z_{min}
Лиття	64	140	—	—	3000	68,245	65,245	—	—
Чорнове розточування	70	70	225	310	1500	69,126	67,626	2381	881
Чистове розточування	40	60	20	225	500	69,806	69,306	1680	680
Тонке розточування	5	10	0	20	46	70,046	70	694	240

Перевіримо правильність розрахунків за формулою:

$$Z_{заг\ max} - Z_{заг\ min} = T_z - T_d, \quad (2.16)$$

$$4,755 - 1,801 = 3 - 0,046,$$

$$2,954 = 2,954.$$

Отже, розмір заготовки для обраного складу переходів буде дорівнювати

$$\varnothing 70_{-4,755}^{-1,801}.$$

2.4. Розрахунок режимів різання, вибір обладнання

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	004Б-25.00.00.00.000 ПЗ				

$$v_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 69 \cdot 850}{1000} = 186,67 \text{ (м/хв)},$$

для тонкого розточування:

$$v_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 69,8 \cdot 1150}{1000} = 255,94 \text{ (м/хв)}.$$

Силу різання визначаємо за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p,$$

$$K_p = K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \cdot K_{mp} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\phi p},$$

$$K_p = 1,0 \cdot 0,93 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 0,89 = 0,62$$

Розрахуємо силу різання по переходах:

для чорнового розточування:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 0,15^{0,75} \cdot 137,22^{-0,15} \cdot 0,62 = 221,4 \text{ (Н)},$$

для чистового розточування:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,4^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 186,67^{-0,15} \cdot 0,62 = 60,3 \text{ (Н)},$$

для тонкого розточування:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,1^1 \cdot 0,04^{0,75} \cdot 255,94^{-0,15} \cdot 0,62 = 7,2 \text{ (Н)},$$

Потужність різання розраховується за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot v_{\phi}}{61200}.$$

Розрахуємо потужність різання по переходах:

для чорнового розточування:

$$N = \frac{221,4 \cdot 137,22}{61200} = 0,491 \text{ (кВт)},$$

для чистового розточування:

$$N = \frac{60,3 \cdot 186,67}{61200} = 0,184 \text{ (кВт)},$$

для тонкого розточування:

$$N = \frac{7,2 \cdot 255,94}{61200} = 0,031 \text{ (кВт)}.$$

2.5. Нормування технологічного процесу

					004Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Залежно від організаційної форми виробництва проводимо розрахунок технічних норм часу.

Для поточної форми організації виробництва розраховуємо штучний час [6]:

$$T_{шт.} = T_{о.} + T_{Д.} + T_{об.} + T_{відн.}, \text{ де}$$

$T_{Д.}$ - допоміжний час, який визначається за формулою:

$$T_{Д.} = T_{уст.} + T_{упр.} + T_{вим.}, \text{ де}$$

Всі складові норми часу вибираються за загально-машинобудівними нормативами для технічного нормування робіт на металорізальних верстатах.

Результати необхідно записати в таблицю 2.5

Таблиця 2.5 – Нормування технологічного процесу

Номер і найменування операції	$T_{о.}$ хв.	$T_{Д.}$, хв.			$T_{оп.}$ хв.	$T_{обсл.}$ хв.	$T_{відн.}$ хв.	$T_{шт.}$ хв.
		$T_{уст.}$ хв.	$T_{упр.}$ хв.	$T_{вим.}$ хв.				
005	4,22	0,52	0,84	0,21	5,79	2,7	0,34	8,83
010	3,2	0,59	0,51	0,26	4,56	2,4	0,49	7,45
015	2,25	0,66	0,23	0,15	3,29	2,8	0,29	6,38
020	4,0	0,52	0,96	0,29	5,77	3	0,31	9,08
025	1,5	0,33	0,44	0,12	2,39	2,3	0,18	4,87
030	1,5	0,33	0,44	0,12	2,39	2,3	0,18	4,87
035	1,4	0,95	0,3	0,32	2,97	2,1	0,33	5,4

РОЗДІЛ 3

КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Проектування технологічного оснащення на координатно-розточну операцію

3.1.2 Вибір і обґрунтування принципу дії, структурної схеми

Проектуємо верстатний пристрій для розточування отвору Ø37 мм. Пристрій встановлюється на координатно-розточному верстаті моделі 2A450 (операція 010).

Паспортні дані верстата:

					004Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- найбільше зусилля подачі – 400Н;
- подача на один оборот шпинделя – 0,03-0,16 мм;
- частота обертів – 1800 об/хв;
- найбільший крутний момент – 80Нм;
- потужність головного привода – 4,5кВт.

Даний пристрій має пневмопривід.

3.1.3. Силовий розрахунок параметрів приводу

На заготовку при обробці в оснастці діють сили обробки, об'ємні сили, сили випадкового та другорядного характеру, а також сили затиску і реакції елементів оснастки. При цьому заготовка повинна знаходитись в рівновазі. Всі перелічені зусилля – величина векторні мають свій напрямок та значення. Розрахунок сил затиску зводиться до розв'язку задач статичної рівноваги заготовки, що знаходиться в приспособленні, при дії прикладених до неї зусиль та моментів. Проведемо силовий розрахунок важільного механізму, силові елементи якого являють собою шарнірно-важільний механізм.

«Силу закріплення визначимо з умови рівноваги сил, що діють на заготовку. Виходячи з умови надійності закріплення оброблюваної деталі, необхідно щоб дотримувалися така умова: $R_{зак} \geq R_z$. Головна складова сили різання при розточуванні R_z - окружна сила, $R_z = 2100$ Н. При даній конструкції пристосування, зусилля, що передається від пневмоциліндра рівне горизонтальній складовій силі реакції опори, так як повзун в механізмі суміщений з поршнем пневмоциліндра. По визначеним режимам різання для розточування і вибраними параметрами привода та типу затискного пристрою обрахуємо силу затиску»[6].

					004Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

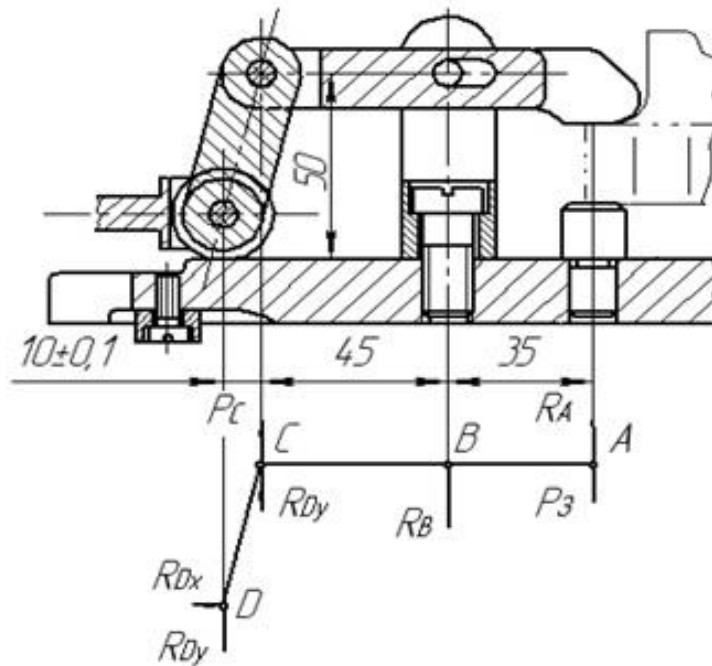


Рисунок 3.1 Розрахункова схема сили затиску

$h = 50$ мм, $l = 10$ мм, $a = 35$ мм, $b = 45$ мм, висота важеля $n = 21$ мм

Зробимо розрахунок зусилля затиску[7]:

$$\operatorname{tg} \alpha = l / h \quad (3.1)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = 10 / 50 = 0,2$$

Вертикальна складова сили має вигляд:

$$R_{dy} = R_{dx} / \sin \alpha, \quad (3.2)$$

Звідки:

$$R_{dx} = R_{dy} / \sin \alpha,$$

$$R_{dy} = P_c = R_{dx} \cdot h / l = 745 \cdot 50 / 10 = 3725 \text{ Н}$$

Таким чином, зусилля, що діє на важіль $P_c = 3725$ Н.

Зробимо підсумовування моментів щодо точки "А":

$$\sum M_A = R_A \cdot a - P_c \cdot b = 0, \quad (3.3)$$

$$R_A \cdot a = P_c \cdot b,$$

$$R_A = P_c \cdot b / a = 3725 \cdot 45 / 35 = 4789,3 \text{ Н.}$$

Зробимо підсумовування моментів щодо точки "В":

$$\sum M_B = R_B \cdot a - P_c \cdot (a + b) = 0, \quad (3.4)$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	004Б-25.00.00.00.000 ПЗ				

$$R_B \cdot a = P_c \cdot (a + b),$$

$$R_B = (P_c \cdot (a + b)) / a = (3725 \cdot (35 + 45)) / 35 = 8514,3 \text{ Н.}$$

Розрахунок показує, що максимальні навантаження відчуває точка "В".

Визначаємо діаметр пневмоциліндра.

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta}}, \quad (3.5)$$

$Q = R_{\text{dx}} = 745 \text{ Н}$ - зусилля, що розвивається пневмоциліндром;

$R_{\text{dy}} = P_c = 3725 \text{ Н}$ - зусилля, що діє на важіль;

$R_a = P_3 = 4789,3 \text{ Н}$ - реакція опори в точці "А", що відповідає зусиллю затиску.

$R_b = 8514,3 \text{ Н}$ - реакція опори в точці "В", максимальне навантаження.

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 745 \cdot 10^{-6}}{3,14 \cdot 0,8 \cdot 0,85}} \approx 37,35 \text{ мм.}$$

Приймаємо пневмоциліндр діаметром $D_{\text{ц}} = 40 \text{ мм}$. Зусилля, безпосередньо діє на деталь, тобто зусилля затиску, складається з двох складових, рівних за величиною.

Отже, номінальне зусилля $R_a / 2 = P_3 / 2 = 4789,3 / 2 = 2394,65 \text{ Н}$.

Зажим корпусу в пристосуванні здійснюється по двох точках. Зусилля затиску, у кожній з двох точок дотику лапки важеля до закріпленої деталі розраховується з урахуванням дії сил тертя.

Сила необхідна для закріплення заготовки:

$$P_{31} = \frac{P_3}{2} \cdot \frac{1}{\eta} + 2q, \quad (3.6)$$

Для визначення коефіцієнта тертя скористаємося довідковими таблицями. Для важелів з даними конструктивним виконанням коефіцієнт, що враховує втрати від тертя на осях прихватів, становить: $\eta = 0,98$.

Зусилля, необхідне для закріплення заготовки в пристосуванні, відрізняється від номінального на величину втрат (втрати на тертя). Враховуючи, що $q = 119 \text{ Н}$, розрахуємо зажимне зусилля для однієї лапки прихвата.

						004Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$P_{31} = \frac{4789,3}{2} \cdot \frac{1}{0,98} + 2 \cdot 119 = 2682 \text{ Н.}$$

Розрахуємо зусилля Q, що розвивається пневмоциліндром:

$$Q = \frac{\pi \cdot D_u^2}{4} \cdot p - (T_{np}' + T_{ш} + g), \quad (3.7)$$

де $T_{np}' = 9,93$ кгс - сила тертя поршня з манжетним ущільненням;

$$T_{ш} = 2,67 \text{ кгс};$$

$$d_n = 20 \text{ мм} = 2 \text{ см};$$

$$D_u = 40 \text{ мм} = 4 \text{ см};$$

$$q = T_{np}' \cdot k = 9,93 \cdot 1,2 = 11,9 \text{ кгс.}$$

p - тиск повітря, кгс/см².

$$P = 8 \text{ кгс} / \text{см}^2 ;$$

$$Q = \frac{3,14 \cdot 4^2}{4} \cdot 8 - (9,93 + 2,67 + 11,9) = 76 \text{ кгс} = 745 \text{ Н.}$$

Зусилля затиску розраховується за формулою:

$$P_3 = Q \cdot \frac{l}{l_1} \cdot \frac{1}{\eta} + 2q, \quad (3.8)$$

де $l = 37 \text{ мм} = 3,7 \text{ см}; l_1 = 45 \text{ мм} = 4,5 \text{ см};$

$\eta = 0,98$ - коефіцієнт, що враховує втрати від тертя;

$$Q = 11,9 \text{ кгс. } P_3 = 76 \cdot \frac{3,7}{4,5} \cdot \frac{1}{0,98} + 2 \cdot 11,9 = 88 \text{ кгс} = 862,4 \text{ Н}$$

Визначаємо реакцію в опорі: $R = Q + P = 745 + 862,4 = 1607,4 \text{ Н}$

Діаметр d опори з умови міцності на зминання і ширина B важеля пов'язані співвідношенням:

$$B = d \leq 0,226\sqrt{R}$$

$$B = d \leq 0,226\sqrt{1607,4} = 9,06 \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр: $d = 10 \text{ мм.}$

Решту параметрів пневмоциліндра приймаємо по ГОСТ 15608-96.

					004Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1.4. Розрахунок на точність

Розрахунок пристрою на точність виконується по формулі:

$$\varepsilon_{np} \leq \delta - K_n \sqrt{(K_{T1} * \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{уст}^2 + \varepsilon_{вим}^2 + \varepsilon_n^2 + (K_{T2} * \omega)^2} \quad (3.9)$$

Визначимо необхідну точність пристрою для розмірів $\varnothing 37$ і $L=199$ мм. Похибка базування $\varepsilon_{\delta}=0$; похибка закріплення заготовки $\varepsilon_3=0,070$; похибка установки $\varepsilon_{уст}=0$, так як здійснюється надійність контакту установочної площини пристрою з площиною стола верстата. Похибка зношування установочних елементів.

Зношування опорних пальців визначається за формулою:

$$U = \beta_2 N, \quad (3.10)$$

де $\beta_2=0,002$ – постійна;

$N=5000$ – кількість контактів заготовки з опорою в рік.

$$U=0,002 \times 5000=10 \text{ мкм}=0,1 \text{ мм.}$$

Приймаємо $\varepsilon_{вим}=0,1$ мм.

Похибка зміщення ріжучого інструменту $\varepsilon_n=0$, так як в пристрою відсутні направляючі елементи.

$\omega=100 \text{ мкм}=0,1 \text{ мм}$ - економічна точність обробки, приймається за таблицями (П5-П20 [6]).

Допуск найбільш точного розміру $\delta=0,039$ мм. Значення коефіцієнта K_{T1} не враховуємо, так як $\varepsilon_{\delta}=0$;

$K_T=1 \dots 1,2$ - коефіцієнт відхилення розсіювання значень складових величин від закону нормального розподілу. Приймаємо $K_T=1,2$;

$K_{T2}=0,6 \dots 0,8$ - коефіцієнт, що враховує долю похибки обробки в сумарній похибці, яка викликана факторами, що не залежать від оснастки.

Приймаємо $K_{T2}=0,6$.

Визначимо точність пристрою

$$\varepsilon_{np} = 0,037 - 1,2 \sqrt{0^2 + 0,07^2 + 0^2 + 0,1^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 0,1)^2} = 0,16 \text{ мм.}$$

що відповідає заданим умовам.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	004Б-25.00.00.00.000 ПЗ				

3.1.5. Загальний опис конструкції, принцип дії

В якості пристрою для розточування поверхні деталі використовують двоохмісний пристрій з пневматичним приводом. Даний пристрій встановлюється на столі координатно-розточного верстата і закріплюється до стола. Заготовка встановлюється на пальці.

«Установка проводиться на чотири опори 7 і палець 5, а правильна орієнтація при розточуванні забезпечується за допомогою рухомого фіксатора 1. Переміщення фіксатора, розміщеного на стійці, виконується за допомогою гвинтової пари. Закріплення корпусу здійснюється лапками двох важелів 8.

При включенні пневмоциліндра повзун 14, переміщається в горизонтальному напрямку, передаючи зусилля шатуну 11. Шатун переносить зусилля на важіль, який і здійснює затиск заготовки. Затискні та установчі елементи пристосування змонтовані на плиті 6. Пристосування встановлюється на столі координатно-розточному верстата в пази по двох фіксаторах 12, сполученим з плитою допомогою гвинтів 13. Кріплення пристосування на стіл верстата здійснюється болтами. Після чого відбувається розточування»[7].

3.2. Проектування контрольного пристрою

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:

$$\varepsilon_{\sigma} = \sqrt{\varepsilon_{\sigma}^2 + \varepsilon_{\text{шт}}^2} = \sqrt{0,001^2 + 0,004^2} = 0,004 \text{ мм}; \quad (3.11)$$

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

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

Похибка вимірювання не впливає на кінцевий результат процесу вимірювання.

3.2.1. Розрахунок на точність

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	004Б-25.00.00.00.000 ПЗ				

Прилад активного контролю з регулюванням положення ріжучого інструменту, представлений в даному дипломному проекті, який призначений для виміру діаметральних розмірів в процесі обробки. Вимірювання проводиться таким чином: повітря з блоку фільтрації та стабілізації через вихідні сопла надходить до вимірювального сопла, розташованому в контрольній скобі, які з'єднані з внутрішніми площинами сільфонів, розташованих у відліково-командному пристрої. До сільфоні на плоских пружинах прикріплена планка, яка приводить в дію важільно-зубчастий механізм відлікового пристрою. На планці також розташовані рухливі електричні контакти. Співвісно з ними на плоских пружинах до корпусу підвішений ряд нерухомих електроконтактів, кожен з яких налаштовується на певний розмір деталі за допомогою декількох кулачків. Показчики, закріплені на кулачках, показують інтервал розмірів між командами.

Зміна тиску в вимірювальному соплі внаслідок різниці тисків повітря в сільфоні призводить до переміщення планки, відліковий-командного механізму: стрілка показує значення відхилення розміру від заданого значення.

При досягненні заданих розмірів деталі контакти замикаються і в електричній схемі приладу виникають імпульси. За допомогою електронного реле імпульси перетворюються в команду управління режимами роботи верстата.

3.3. Розрахунок спеціального ріжучого інструменту

З метою скорочення часу, який затрачається на виготовлення деталі, доцільно використовувати спеціальні ріжучі інструменти. В якості спеціального інструменту використаємо свердло-зенківку.

«Обробка проводиться на вертикально-свердлильному верстаті моделі 2Н150. Заготовка кріпиться в пристосуванні. Матеріал робочої частини свердла і зенківки - Р6М5 за DIN 25201, матеріал хвостовика - сталь 45. Робити свердло-зенкер цілком з інструментального матеріалу не вигідно, тому для зменшення собівартості інструменту хвостова частина виготовляється з дешевшої конструкційної сталі. Вибір матеріалу

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

004Б-25.00.00.00.000 ПЗ

$$n_{розр} = \frac{1000 \cdot V_{розр}}{3.14 \cdot D} = \frac{1000 \cdot 43,7}{3,14 \cdot 9} = 1546.об / хв. \quad (3.17)$$

Зенкування;

$$n_{розр} = \frac{1000 \cdot V_{розр}}{3.14 \cdot D} = \frac{1000 \cdot 14,7}{3,14 \cdot 12,3} = 380.об / хв. \quad (3.18)$$

Вибираємо лімітну частоту обертання $n_{розр} = 380.об / хв.$, коректуємо її по паспорту станка $n_{дійсне} = 355 об/хв.$

Слідуює, дійсна швидкість різання $V_{дiсн.}, м/хв$ рівна:

Свердління:

$$V_{дiсн} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{дiсн}}{1000} = \frac{\pi \cdot 9 \cdot 355}{1000} = 10 м / хв. \quad (3.19)$$

Зенкування:

$$V_{дiсн} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{дiсн}}{1000} = \frac{\pi \cdot 12,3 \cdot 355}{1000} = 13,7 м / хв.$$

Вибираємо лімітуючу подачу $S=0,1$ мм/об

Осьова сила різання P_0, H

Свердління:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p ; \quad (3.20)$$

де $C_p=42,7$; $q=1$; $y=0,8$.

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

Слідуює:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 42,7 \cdot 9^1 \cdot 0,1^{0,8} \cdot 1,0 = 609,1 H;$$

Зенкування

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p ; \quad (3.21)$$

де $C_p=23,5$; $x=1,2$; $y=0,4$;

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

Слідуює:

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

Крутний момент $M_{кр}, H \cdot м$:

					004Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Свердління:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p ; \quad (3.22)$$

де $C_m = 0,021$; $q = 2$; $y = 0,8$;

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

Слідує:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,021 \cdot 9^2 \cdot 0,1^{0,8} \cdot 1,0 = 2,7 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Зенкування:

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

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

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

Слідує:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,085 \cdot 10^{0,85} \cdot 1,6^{0,75} \cdot 0,1^{0,8} \cdot 1,0 = 1,31 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

1. Визначаємо номер конуса хвостовика.

$$d_{cp} = \frac{6 \cdot M_{кр} \cdot \sin \theta}{\mu \cdot P_o (1 - 0,04 \wedge \theta)} \quad (3.23)$$

де $M_{кр}$ - момент опору сил різанню, $\text{Н}\cdot\text{м}$;

P_o - осьова сила, Н ;

$\mu = 0,096$ - коефіцієнт тертя;

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

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

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

Вибираємо найближчий великий конус, тобто конус Морзе № 0 із наступними основними конструктивними розмірами: $D_1 = 10,045 \text{ мм}$, $d_2 = 6,1$, $l_4 = 59,5 \text{ мм}$.

4. Визначаємо довжину свердла-зенківки.

Загальну довжину свердла-зенківки L , довжину робочої частини свердла l_1 , довжину робочої частини зенківки l_2 , довжину хвостовика l_x , довжину шийки $l_{ш}$ приймаємо за DIN 25201 і в відповідності з довжиною оброблювальної поверхні.

					004Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_r = \left(\frac{0,14 \cdot D}{d_c} \right)^{0,044} ; \quad (3.26)$$

при відношенні товщини серцевини d_c до діаметра свердла D , рівним 0,14, $C_r = 1$;

$$C_\phi = \left(\frac{9 \cdot \sqrt{D}}{D_\phi} \right)^{0,9} , \quad (3.27)$$

де D_ϕ – діаметр фрези.

При $D_\phi = 9 \cdot \sqrt{D}$, $C_\phi = 1$.

Слідуює:

$$R_0 = 0,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 9 = 4,5 \text{ мм.}$$

Менший радіус профілю:

$$R_k = C_k \cdot D, \quad (3.28)$$

де $C_k = 0,015 \cdot \omega^{0,75} = 0,015 \cdot 30^{0,75} = 0,192$.

Слідуює:

$$R_k = 0,192 \cdot 9 = 1,72 \text{ мм.}$$

Ширина профілю:

$$B = R_0 + R_k = 4,5 + 1,72 = 6,22 \text{ мм.}$$

Встановлюємо основні технічні вимоги і допуски на розміри свердла

Граничні відхилення діаметрів свердла $D = 9h9_{(-0,036)} \text{ мм}$. Допуск на загальну довжину і довжину робочої частини свердла рівний подвійному допуску по 14-му квалітету з симетричним розміщенням граничних відхилень $\left(\pm \frac{IT14}{2} \right)$.

Радіальне биття робочої частини свердла відносно осі хвостовика не повинне перевищувати 0,15 мм. Кути $2\phi = 118^\circ \pm 2^\circ$; $2\phi_0 = 70^{+5^\circ}$. Кут нахилу гвинтової канавки $\omega = 30^\circ_{-2^\circ}$.

Граничні відхилення розмірів підточки перемички режучої частини свердла +0,5 мм. Твердість робочої частини свердла 63 – 66 HRC₃, біля лапки хвостовика свердла 32 – 46,5 HRC₃.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	004Б-25.00.00.00.000 ПЗ				

6. Визначаємо геометричні і конструктивні параметри ріжучої частини зенківки.

Діаметр зенківки $D = 12,3 \text{ мм}$

Задній кут на головній ріжучій кромці $\alpha = 10^\circ$;

Передній кут $\gamma = 5^\circ$;

Кут при вершині $2\varphi = 90^\circ$;

Число зубів 6.

РОЗДІЛ 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Проектування технологічного оснащення на координатно-розточну операцію
3.1.2 Вибір і обґрунтування принципу дії, структурної схеми

Проектуємо верстатний пристрій для розточування отвору $\varnothing 37 \text{ мм}$. Пристрій встановлюється на координатно-розточному верстаті моделі 2A450 (операція 010).

Паспортні дані верстата:

- найбільше зусилля подачі – 400Н;
- подача на один оборот шпинделя – 0,03-0,16 мм;
- частота обертів – 1800 об/хв;
- найбільший крутний момент – 80Нм;
- потужність головного привода – 4,5кВт.

Даний пристрій має пневмопривід.

3.1.3. Силовий розрахунок параметрів приводу

Під час обробки деталі в оснащенні на заготовку діють різноманітні сили: сили різання, об'ємні сили, випадкові та другорядні навантаження, а також зусилля затиску й реакції елементів оснащення. У таких умовах заготовка повинна залишатися у стані рівноваги. Усі ці сили мають векторну природу, тобто

					004Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

характеризуються як напрямком, так і величиною. Розрахунок зусиль затиску вводить до розв'язання задачі статичної рівноваги для заготовки, що знаходиться у пристрої, з урахуванням дії всіх прикладених до неї сил і моментів. Проведемо силовий аналіз важільного затискного механізму, який є шарнірно-важільною конструкцією.

«Силу, необхідну для надійного закріплення деталі, визначимо на основі умови рівноваги всіх діючих на неї сил. Згідно з технічними вимогами, для забезпечення надійного затискання оброблюваної заготовки, має виконуватись умова: $P_{ЗАК} \geq P_Z$. Головна складова сили різання при розточуванні P_Z - окружна сила, $P_Z = 2100$ Н. У запропонованій конструкції пристосування зусилля, яке створює пневмоциліндр, дорівнює горизонтальній складовій реакції опори, оскільки повзун механізму конструктивно об'єднаний з поршнем пневмоциліндра. Виходячи з заданих режимів різання при розточуванні, а також з урахуванням обраних параметрів приводу й типу затискного пристрою, виконаємо розрахунок необхідного зусилля затиску»[8].

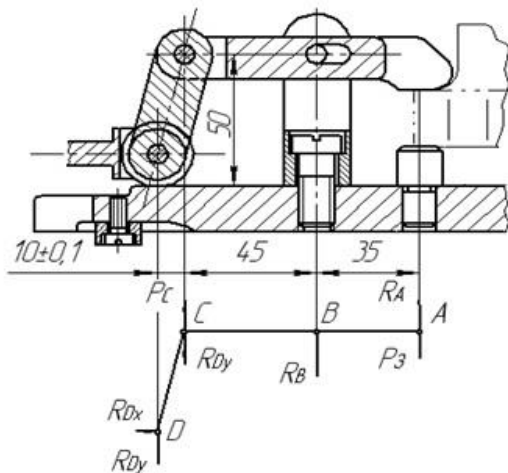


Рисунок 3.1 Розрахункова схема сили затиску

$h = 50$ мм, $l = 10$ мм, $a = 35$ мм, $b = 45$ мм, висота важеля $n = 21$ мм

Зробимо розрахунок зусилля затиску[7]:

$$\operatorname{tg} \alpha = l / h \quad (3.1)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = 10 / 50 = 0,2$$

Вертикальна складова сили має вигляд:

$$R_{dy} = R_{dx} / \sin \alpha, \quad (3.2)$$

					004Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Звідки:

$$R_{dx} = R_{dy} / \sin \alpha ,$$

$$R_{dy} = P_c = R_{dx} \cdot h / l = 745 \cdot 50 / 10 = 3725 \text{ Н}$$

Таким чином, зусилля, що діє на важіль $P_c = 3725 \text{ Н}$.

Зробимо підсумовування моментів щодо точки "А":

$$\sum M_A = R_A \cdot a - P_c \cdot b = 0, \quad (3.3)$$

$$R_A \cdot a = P_c \cdot b,$$

$$R_A = P_c \cdot b / a = 3725 \cdot 45 / 35 = 4789,3 \text{ Н.}$$

Зробимо підсумовування моментів щодо точки "В":

$$\sum M_B = R_B \cdot a - P_c \cdot (a + b) = 0, \quad (3.4)$$

$$R_B \cdot a = P_c \cdot (a + b),$$

$$R_B = (P_c \cdot (a + b)) / a = (3725 \cdot (35 + 45)) / 35 = 8514,3 \text{ Н.}$$

Розрахунок показує, що максимальні навантаження відчуває точка "В".

Визначаємо діаметр пневмоциліндра.

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta}}, \quad (3.5)$$

$Q = R_{dx} = 745 \text{ Н}$ - зусилля, що розвивається пневмоциліндром;

$R_{dy} = P_c = 3725 \text{ Н}$ - зусилля, що діє на важіль;

$R_a = P_3 = 4789,3 \text{ Н}$ - реакція опори в точці "А", що відповідає зусиллю затиску.

$R_b = 8514,3 \text{ Н}$ - реакція опори в точці "В", максимальне навантаження.

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 745 \cdot 10^{-6}}{3,14 \cdot 0,8 \cdot 0,85}} \approx 37,35 \text{ мм.}$$

Приймаємо пневмоциліндр діаметром $D_{\text{ц}} = 40 \text{ мм}$. Зусилля, безпосередньо діє на деталь, тобто зусилля затиску, складається з двох складових, рівних за величиною. Отже, номінальне зусилля $R_a / 2 = P_3 / 2 = 4789,3 / 2 = 2394,65 \text{ Н}$.

					004Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зажим корпусу в пристосуванні здійснюється по двох точках. Зусилля затиску, у кожній з двох точок дотику лапки важеля до закріпленої деталі розраховується з урахуванням дії сил тертя.

Сила необхідна для закріплення заготовки:

$$P_{з1} = \frac{P_з}{2} \cdot \frac{1}{\eta} + 2q, \quad (3.6)$$

Для визначення коефіцієнта тертя скористаємося довідковими таблицями. Для важелів з даними конструктивним виконанням коефіцієнт, що враховує втрати від тертя на осях прихватів, становить: $\eta = 0,98$. Зусилля, необхідне для закріплення заготовки в пристосуванні, відрізняється від номінального на величину втрат (втрати на тертя та ін.). Враховуючи, що $q = 119$ н, розрахуємо зажимне зусилля для однієї лапки прихвата.

$$P_{з1} = \frac{4789,3}{2} \cdot \frac{1}{0,98} + 2 \cdot 119 = 2682 \text{ Н.}$$

Розрахуємо зусилля Q , що розвивається пневмоциліндром:

$$Q = \frac{\pi \cdot D_ц^2}{4} \cdot p - (T_{np}' + T_{ш} + g), \quad (3.7)$$

де $T_{np}' = 9,93$ кгс - сила тертя поршня з манжетним ущільненням;

$$T_{ш} = 2,67 \text{ кгс};$$

$$d_n = 20 \text{ мм} = 2 \text{ см};$$

$$D_ц = 40 \text{ мм} = 4 \text{ см};$$

$$q = T_{np} \cdot k = 9,93 \cdot 1,2 = 11,9 \text{ кгс.}$$

p - тиск повітря, кгс/см².

$$P = 8 \text{ кгс} / \text{см}^2 ;$$

$$Q = \frac{3,14 \cdot 4^2}{4} \cdot 8 - (9,93 + 2,67 + 11,9) = 76 \text{ кгс} = 745 \text{ Н.}$$

Зусилля затиску розраховується за формулою:

$$P_з = Q \cdot \frac{l}{l_1} \cdot \frac{1}{\eta} + 2q, \quad (3.8)$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	004Б-25.00.00.00.000 ПЗ				

де $l = 37 \text{ мм} = 3,7 \text{ см}$; $l_1 = 45 \text{ мм} = 4,5 \text{ см}$;

$\eta = 0,98$ - коефіцієнт, що враховує втрати від тертя;

$$Q = 11,9 \text{ кгс. } P_3 = 76 \cdot \frac{3,7}{4,5} \cdot \frac{1}{0,98} + 2 \cdot 11,9 = 88 \text{ кгс} = 862,4 \text{ Н}$$

Визначаємо реакцію в опорі: $R = Q + P = 745 + 862,4 = 1607,4 \text{ Н}$

Діаметр d опори з умови міцності на зминання і ширина B важеля пов'язані співвідношенням:

$$B = d \leq 0,226\sqrt{R}$$

$$B = d \leq 0,226\sqrt{1607,4} = 9,06 \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр: $d = 10 \text{ мм}$.

3.1.4. Розрахунок на точність

Розрахунок пристрою на точність виконується по формулі:

$$\varepsilon_{np} \leq \delta - K_n \sqrt{(K_{T1} * \varepsilon_\delta)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{уст}^2 + \varepsilon_{вим}^2 + \varepsilon_n^2 + (K_{T2} * \omega)^2} \quad (3.9)$$

Визначимо необхідну точність пристрою для розмірів $\varnothing 37$ і $L=199 \text{ мм}$. Похибка базування $\varepsilon_\delta=0$; похибка закріплення заготовки $\varepsilon_3=0,070$; похибка установки $\varepsilon_{уст}=0$, так як здійснюється надійність контакту установочної площини пристрою з площиною стола верстата. Похибка зношування установочних елементів.

Зношування опорних пальців визначається за формулою:

$$U = \beta_2 N, \quad (3.10)$$

де $\beta_2=0,002$ – постійна;

$N=5000$ – кількість контактів заготовки з опорою в рік.

$$U=0,002 \times 5000=10 \text{ мкм}=0,1 \text{ мм.}$$

Приймаємо $\varepsilon_{вим}=0,1 \text{ мм}$. Похибка зміщення ріжучого інструменту $\varepsilon_n=0$, так як в пристрою відсутні направляючі елементи.

$\omega = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм}$ - економічна точність обробки, приймається за таблицями (П5-П20 [6]).

					004Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Допуск найбільш точного розміру $\delta=0,039$ мм. Значення коефіцієнта K_{T1} не враховуємо, так як $\varepsilon_{\delta}=0$;

$K_T=1\dots1,2$ - коефіцієнт відхилення розсіювання значень складових величин від закону нормального розподілу. Приймаємо $K_T=1.2$;

$K_{T2}=0,6\dots0,8$ - коефіцієнт, що враховує долю похибки обробки в сумарній похибці, яка викликана факторами, що не залежать від оснастки.

Приймаємо $K_{T2}=0,6$.

Визначимо точність пристрою

$$\varepsilon_{np} = 0,037 - 1,2\sqrt{0^2 + 0,07^2 + 0^2 + 0,1^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 0,1)^2} = 0,16 \text{ мм}.$$

що відповідає заданим умовам.

3.1.5. Загальний опис конструкції, принцип дії

В якості пристрою для розточування поверхні деталі використовують двохмісний пристрій з пневматичним приводом. Даний пристрій встановлюється на столі координатно-розточного верстата і закріплюється до стола. Заготовка встановлюється на пальці.

Установка корпусу проводиться на чотири опори 7 і палець 5, а правильна орієнтація при розточуванні забезпечується за допомогою рухомого фіксатора 1. Переміщення фіксатора, розміщеного на стійці, виконується за допомогою гвинтової пари. Закріплення корпусу здійснюється лапками двох важелів 8. При включенні пневмоциліндра повзун 14, переміщається в горизонтальному напрямку, передаючи зусилля шатуну 11. Шатун переносить зусилля на важіль, який і здійснює затиск заготовки. Затискні та установчі елементи пристосування змонтовані на плиті 6. Пристосування встановлюється на столі координатно-розточному верстата в пази по двох фіксаторах 12, сполученим з плитою допомогою гвинтів 13. Кріплення пристосування на стіл верстата здійснюється болтами. Після чого відбувається розточування.

3.2. Проектування контрольного пристрою

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	004Б-25.00.00.00.000 ПЗ				

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:

$$\varepsilon_6 = \sqrt{\varepsilon_2 + \varepsilon_{ш}} = \sqrt{0,001^2 + 0,004^2} = 0,004 \text{ мм}; \quad (3.11)$$

$\varepsilon_2 = 0,001 \text{ мм}$ – похибка вимірювальної головки;

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

Похибка вимірювання не впливає на кінцевий результат процесу вимірювання.

3.2.1. Розрахунок на точність

Розрахунок пристрою на точність виконується по формулі:

$$\varepsilon_{np} \leq \delta - K_n \sqrt{(K_{T1} * \varepsilon_\delta)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{уст}^2 + \varepsilon_{вим}^2 + \varepsilon_n^2 + (K_{T2} * \omega)^2} \quad (3.12)$$

Визначимо необхідну точність пристрою для розмірів $\varnothing 70$ і $L=100 \text{ мм}$.

Похибка базування $\varepsilon_\delta=0$; похибка закріплення заготовки $\varepsilon_3=0,070$; похибка установки $\varepsilon_{уст}=0$, так як здійснюється надійність контакту установочної площини пристрою з площиною стола верстата. Зношування опорних пальців визначається за формулою:

$$U = \beta_2 N, \quad (3.13)$$

де $\beta_2=0,002$ – постійна;

$N=5000$ – кількість контактів заготовки з вимірювальними губками в рік.

$$U=0,002 \times 5000=10 \text{ мкм}=0,1 \text{ мм}.$$

Приймаємо $\varepsilon_{вим}=0,1 \text{ мм}$.

Похибка зміщення ріжучого інструменту $\varepsilon_n=0$, так як в пристрою відсутні направляючі елементи.

$\omega = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм}$ - економічна точність обробки, приймається за таблицями (П5-П20 [6]).

Допуск найбільш точного розміру $\delta=0,046 \text{ мм}$. Значення коефіцієнта K_{T1} не враховуємо, так як $\varepsilon_\delta=0$;

						004Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$K_T=1\dots 1,2$ - коефіцієнт відхилення розсіювання значень складових величин від закону нормального розподілу. Приймаємо $K_T=1.2$;

$K_{T2}=0,6\dots 0,8$ - коефіцієнт, що враховує долю похибки обробки в сумарній похибці, яка викликана факторами, що не залежать від оснастки.

Приймаємо $K_{T2}=0,6$.

Визначимо точність пристрою

$$\varepsilon_{np} = 0,046 - 1,2 \sqrt{0^2 + 0,07^2 + 0^2 + 0,1^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 0,1)^2} = 0,18 \text{ мм} .$$

3.2.2. Загальний опис конструкції, принцип дії

«Прилад активного контролю з регулюванням положення ріжучого інструменту, представлений в даному дипломному проекті, який призначений для виміру діаметральних розмірів в процесі обробки. Вимірювання проводиться таким чином: повітря з блоку фільтрації та стабілізації через вихідні сопла надходить до вимірювального сопла, розташованому в контрольній скобі, які з'єднані з внутрішніми площинами сильфонів, розташованих у відліково-командному пристрої. До сильфонів на плоских пружинах прикріплена планка, яка приводить в дію важільно-зубчастий механізм відлікового пристрою. На планці також розташовані рухливі електричні контакти. Співвісно з ними на плоских пружинах до корпусу підвішений ряд нерухомих електроконтактів, кожен з яких налаштовується на певний розмір деталі за допомогою декількох кулачків. Показчики, закріплені на кулачках, показують інтервал розмірів між командами»[8].

Зміна тиску в вимірювальному соплі внаслідок різниці тисків повітря в сильфоні призводить до переміщення планки, відліковий-командного механізму: стрілка показує значення відхилення розміру від заданого значення.

При досягненні заданих розмірів деталі контакти замикаються і в електричній схемі приладу виникають імпульси. За допомогою електронного реле імпульси перетворюються в команду управління режимами роботи верстата.

3.3. Розрахунок спеціального ріжучого інструменту

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

004Б-25.00.00.00.000 ПЗ

З метою скорочення часу, який затрачається на виготовлення деталі, доцільно використовувати спеціальні ріжучі інструменти. В якості спеціального інструменту використаємо свердло-зенківку.

Обробка проводиться на вертикально-свердлильному верстаті моделі 2Н150. Заготовка кріпиться в пристосуванні. Матеріал робочої частини свердла і зенківки - Р6М5, матеріал хвостовика - сталь 45.

«Робити свердло-зенкер цілком з інструментального матеріалу не вигідно, тому для зменшення собівартості інструменту хвостова частина виготовляється з дешевшої конструкційної сталі. Вибір матеріалу ріжучої частини зумовлений видом оброблюваного матеріалу і необхідною точністю оброблюваної поверхнею»[6].

Проведемо розрахунок свердла-зенківки.

2. Визначаємо режими різання за нормативами[6]:

Свердління:

$$V_{розр} = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot S^y}, \quad (3.14)$$

$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv} = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$ - поправочний коефіцієнт;

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB}\right)^{nv} = \left(\frac{190}{190}\right)^{1,3} = 1,0; \quad nv=1,3; \quad HB=190;$$

$$K_{uv} = 1$$

$$K_{lv} = 1$$

$T=25$ хв – період стійкості інструмента ;

$S=0,1$ мм/об - подача;

C_v, q, m, y – різні коефіцієнти визначені: $C_v=14,7$; $q=0,25$; $m=0,125$; $y=0,55$.

$$V_{розр} = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot S^y} = \frac{14,7 \cdot 9^{0,25} \cdot 1}{25^{0,125} \cdot 0,18^{0,55}} = 43,7 \text{ м/хв.} \quad (3.15)$$

Зенкування

$$V_{розр} = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}, \quad (3.16)$$

де $t = 0,5(D-d) = 0,5(12,3-9) = 1,6$ мм – глибина різання;

$D=12,3$ мм;

					004Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$S=0,7$ мм/об ;

$T=30$ хв ;

$C_v=16,3$; $q=0,3$; $m=0,3$; $y=0,5$; $x=0,2$.

$$V_{розр} = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} = \frac{16,3 \cdot 12,3^{0,3} \cdot 1}{30^{0,3} \cdot 1,6^{0,2} \cdot 0,7^{0,5}} = 14,7 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя n , об/хв :

Свердління;

$$n_{розр} = \frac{1000 \cdot V_{розр}}{3,14 \cdot D} = \frac{1000 \cdot 43,7}{3,14 \cdot 9} = 1546 \text{ об/хв.} \quad (3.17)$$

Зенкування;

$$n_{розр} = \frac{1000 \cdot V_{розр}}{3,14 \cdot D} = \frac{1000 \cdot 14,7}{3,14 \cdot 12,3} = 380 \text{ об/хв.} \quad (3.18)$$

Вибираємо лімітну частоту обертання $n_{розр} = 380$ об/хв. , коректуємо її по паспорту станка $n_{дійсне} = 355$ об/хв.

Слідує, дійсна швидкість різання $V_{дійс.}$, м/хв рівна:

Свердління:

$$V_{дійс} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{дійс}}{1000} = \frac{\pi \cdot 9 \cdot 355}{1000} = 10 \text{ м/хв.} \quad (3.19)$$

Зенкування:

$$V_{дійс} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{дійс}}{1000} = \frac{\pi \cdot 12,3 \cdot 355}{1000} = 13,7 \text{ м/хв.}$$

Вибираємо лімітуючу подачу $S=0,1$ мм/об

Осьова сила різання P_0 , Н

Свердління:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p ; \quad (3.20)$$

де $C_p=42,7$; $q=1$; $y=0,8$.

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

Слідує:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 42,7 \cdot 9^1 \cdot 0,1^{0,8} \cdot 1,0 = 609,1 \text{ Н;}$$

Зенкування

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	004Б-25.00.00.00.000 ПЗ				

$$P_0=10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p ; \quad (3.21)$$

де $C_p=23,5$; $x=1,2$; $y=0,4$;

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

Слідуює:

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

Крутний момент $M_{кр}$, $H \cdot m$:

Свердління:

$$M_{кр}=10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p ; \quad (3.22)$$

де $C_m=0,021$; $q=2$; $y=0,8$;

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

Слідуює:

$$M_{кр}=10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,021 \cdot 9^2 \cdot 0,1^{0,8} \cdot 1,0 = 2,7 \text{ Н} \cdot m$$

Зенкування:

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

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

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

Слідуює:

$$M_{кр}=10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,085 \cdot 10^{0,85} \cdot 1,6^{0,75} \cdot 0,1^{0,8} \cdot 1,0 = 1,31 \text{ Н} \cdot m$$

2. Визначаємо номер конуса хвостовика.

$$d_{cp} = \frac{6 \cdot M_{кр} \cdot \sin \theta}{\mu \cdot P_0 (1 - 0,04 \wedge \theta)} \quad (3.23)$$

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

P_0 - осьова сила, H ;

$\mu=0,096$ - коефіцієнт тертя;

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

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

					004Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$m_{p005} = \frac{5000 \cdot 5,78}{60 \cdot 4059 \cdot 0,75} = 0,15 ; P=1;$$

Розраховуємо фактичний коефіцієнт завантаження обладнання[8]:

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

Якщо $\eta_{з.ф.} > \eta_{з.н.}$, то необхідно збільшувати “Р” до тих пір, поки не буде виконана умова $\eta_{з.ф.} < \eta_{з.н.}$.

$$n_{з.ф005} = \frac{0,15}{1} = 0,15$$

Розраховуємо кількість операцій, які виконуються на цьому обладнанні:

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

В подальших розрахунках отримане значення “О” не округлюється до цілого числа.

$$O_{005} = \frac{0,75}{0,15} = 5$$

Таблиця 4.1 – Визначення кількості верстатів та операцій

Операція	$T_{ш-к}$	m_p	P	$n_{з.ф}$	O
005	5,78	0,158	1	0,158	5
010	3,2	0,087	1	0,087	8,16
015	3,0	0,082	1	0,082	9,03
020	5,5	0,150	1	0,150	5,15
025	1,5	0,041	1	0,041	18,12
030	1,5	0,041	1	0,041	18,12
035	1,1	0,03	1	0,03	25,07
Всього	20,8	0,576	7	0,576	88,63

$$\sum P = 5 + 8,16 + 9,03 + 5,15 + 18,12 + 18,12 + 25,07 = 88,63$$

$$\sum P = 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 = 7$$

Розраховуємо коефіцієнт закріплення операції:

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	004Б-25.00.00.00.000 ПЗ				

обладнання, як правило, обслуговуються загально цеховим штатом допоміжних робітників.

4.3. Розрахунок виробничої площі дільниці

При укрупненому розрахунку виробничої площі дільниці використовують питомі площі, які приходяться на одиницю обладнання, на одне робоче місце або одного робітника. Виробнича площа дільниці для виготовлення деталі розраховується за формулою[7]:

$$F_{вир.} = \sum m_n \cdot F_{вир.д.} \quad (4.8)$$

Розрахунок виробничої площі дільниці зведемо у таблицю 4.2

Таблиця 4.2 – Розрахунок виробничої площі дільниці

Назва операції	Обладнання	Площа на плані, м ²	Кількість обладнання на дільниці	Питома виробнича площа, м ²	Загальна питома площа, м ²
Токарна	2А622	4х2	1	15	15
Координатно-розточна	2А450	4х2	1	11	11
Вертикально-свердлильна	2Н150	1,8х0,8	1	16	16
Токарна	1341	1,8х0,8	1	11	11
Розточна	2620	1,8х0,8	1	9	9
Розточна	2620	4х2	1	16	16
Протяжна	7А510	4х2	1	10	10

Загальна кількість обладнання – 7.

Загальна питома площа:

$$F_{вир} = 15 + 11 + 16 + 11 + 9 + 16 + 10 = 88 \text{ м}^2.$$

4.4. Розробка технологічного планування дільниці

					004Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На листі викреслюємо план ділянки в масштабі 1:200. На ділянці знаходиться 7 верстатів: 1 горизонтально-розточний, 1 координатно-розточний, 1 вертикально-свердлильний, 1 токарно-револьверний, 2 вертикально-розточний і 1 горизонтально-протяжний. Тому вибираємо сітку колон з шириною ділянки $L = 24 \text{ м}$ і кроком колон $t = 12 \text{ м}$. Розміри основних колон в поперечному перерізі приймаємо $0,5 \times 0,5 \text{ м}$. [8]

4.5. Основні техніко-економічні показники ділянки

Основні техніко-економічні показники зведемо у таблицю 4.3.

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

Найменування показників і одиниці вимірювань	По ділянці
1	2
Загальні показники (основні дані)	
1. Найменування виробу	Корпус паливного насоса
2. Річна програма випуску, т.	1,92
3. Працездатність виготовлення, год.	1793,4
4. Кількість основного обладнання	
- дрібного	4
- середнього	3
- крупного	-
- особливо крупного	-
- всього	7
5. Тип виробництва	багатосерійне
6. Кількість робітників, прац.:	
- основних	14
- допоміжних	-
- ІТП	-
- ЛКП	-
- МОП	-
- всього	-

Продовження таблиці 4.3

1	2
---	---

					004Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Виробничі площі, м ² : - основного виробництва - допоміжного виробництва - складів і комор - магістральних проїздів - службово- побутових і адміністративних приміщень - всього	88
Питомі показники (відносні)	
1. Середній коефіцієнт завантаження обладнання	1,14
2. Питома площа на один основний верстат, м ² : - загальна - виробнича	14,2 13
3. Річний випуск на один основний верстат, верстато-год.	969,7
4. Річний випуск на одного основного робітника, верстато-год.	560
5. Питома площа на одного основного робітника, м ² .	6,4

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Аналіз стану охорони праці на підприємстві

Оцінювання стану охорони праці на підприємстві та в його структурних підрозділах здійснюється шляхом аналізу результатів атестації робочих місць, паспортів санітарно-технічного стану цехів і відділів, а також рівня виконання

					004Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

комплексних заходів щодо покращення умов праці та впровадження санітарно-оздоровчих програм[8].

Одним із ключових аспектів є аналіз змін у показниках виробничого травматизму та професійної захворюваності. Для цього доцільно проводити кількісну оцінку рівня травматизму за певний період часу як за абсолютними значеннями, так і за допомогою статистичних показників, що характеризують частоту та тяжкість травм.

Для оцінки рівня травматизму розрахуємо показники його частоти та тяжкості:

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

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

$$D = D_1 + D_2 = 3 + 15 = 18 \text{ днів};$$

$$P_{\text{чт.}} = 1000 \cdot 5 / 561 = 8,91;$$

$$P_{\text{тт}} = 18 / 5 = 3,6.$$

Показник непрацездатності - це число людино-днів непрацездатності, що припадає на 1000 працівників:

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

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

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

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

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

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

«Аналіз отриманих даних свідчить, що ливарному виробництву властиві такі основні небезпечні та шкідливі виробничі чинники: пил конденсаційного характеру, випари та газові виділення, надмірне тепловиділення, потужне теплове

					004Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

випромінювання, високі рівні шуму й вібрації, електромагнітне випромінювання, підвищена напруга в електромережі, а також наявність рухомого обладнання та механізмів. Ці чинники негативно впливають на здоров'я та працездатність працівників, сприяють зростанню рівня захворюваності та підвищують імовірність виникнення виробничого травматизму »[9].

5.2. Аналіз стану пожежної безпеки

До головних проблем, які впливають на стан пожежної безпеки, належать:

- застаріла матеріально-технічна база пожежно-рятувальних підрозділів;
- низький рівень обізнаності населення щодо протипожежної поведінки;
- недотримання правил пожежної безпеки в установах та організаціях;
- недостатнє фінансування заходів пожежної профілактики;
- зношені або взагалі відсутні системи пожежогасіння на об'єктах.

Особливу загрозу становлять об'єкти з масовим перебуванням людей: лікарні, школи, гуртожитки. Часто вони не мають сучасної системи сигналізації або запасних виходів. Покращення стану пожежної безпеки можливе за умови комплексного підходу, який включає:

- **Модернізацію пожежного обладнання:** закупівля нових пожежних машин, засобів гасіння, захисного одягу.
- **Підвищення обізнаності населення:** через навчання у школах, інструктажі на підприємствах, соціальну рекламу.
- **Посилення контролю:** регулярні перевірки стану пожежної безпеки на об'єктах.
- **Розробка місцевих програм:** кожен регіон має адаптувати заходи до своїх специфічних ризиків (наприклад, в Карпатах — лісові пожежі, в містах — ТРЦ).
- **Цифровізація:** використання сучасних технологій для моніторингу пожежної обстановки (дрони, тепловізори, геоінформаційні системи).
- **Аналіз стану пожежної безпеки в Україні** свідчить про наявність серйозних викликів, які потребують комплексних рішень. Вчасне виявлення порушень, модернізація техніки, навчання населення та посилення державного контролю — це

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	004Б-25.00.00.00.000 ПЗ					

основа ефективної пожежної профілактики. Забезпечення безпеки людей повинно стати пріоритетом як для держави, так і для кожного громадянина.

5.3. Виявлення небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Процес ідентифікації шкідливих і небезпечних виробничих факторів включає кілька послідовних етапів. Насамперед здійснюється аналіз технологічного процесу, в межах якого розглядається супровідна документація: технологічні схеми, інструкції, карти процесів. Метою цього етапу є визначення потенційно небезпечних ділянок, де можливе утворення шкідливих агентів або виникнення загроз.

На наступному етапі здійснюється обстеження робочих місць, яке включає інструментальні вимірювання таких показників, як рівень шуму, освітленість, вібраційне навантаження, температура повітря, вміст шкідливих речовин тощо. Це дозволяє об'єктивно визначити реальні умови праці працівників.

«Далі проводиться атестація робочих місць — комплексна процедура, яка забезпечує системний аналіз потенційних небезпек, притаманних конкретному виробничому середовищу, та дозволяє сформулювати обґрунтовані заходи для підвищення рівня безпеки.

Окрім технічного контролю, важливою частиною оцінювання є моніторинг стану здоров'я персоналу. Проведення регулярних медичних оглядів допомагає виявляти перші ознаки негативного впливу шкідливих факторів, попереджувати розвиток професійних захворювань і підтримувати працездатність працівників. Варто зауважити, що перелік ризиків може значно варіюватися залежно від специфіки галузі»[10-11].

Наприклад:

- У металургії та ливарному виробництві типовими небезпеками є високотемпературне середовище, інтенсивне теплове випромінювання, випаровування металів, а також наявність дрібнодисперсного пилу з формувальних сумішей. Вчасне виявлення небезпечних факторів на виробництві має низку важливих переваг:

					004Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мотиваційні заходи, інформаційні кампанії та активне залучення працівників до процесу виявлення й усунення потенційних загроз.

Організаційні заходи включають ведення журналів інструктажів, затвердження планів евакуації, розміщення протипожежного обладнання у доступних місцях, створення добровільних пожежних дружин. Значну роль відіграють і технічні засоби безпеки: модернізація обладнання, встановлення систем аварійного відключення, монтаж вентиляцій, що очищають повітря від шкідливих речовин, впровадження протипожежних систем, дверей, облицювань. Працівникам мають надаватись засоби індивідуального захисту — каски, окуляри, респіратори, спецодяг тощо. Особливо необхідно подбати про безпечну електричну систему: заземлення, захист від перевантажень та коротких замикань.

«Важливим аспектом забезпечення безпечних умов праці є дотримання санітарно-гігієнічних норм і організація належного медичного обслуговування працівників. Це включає постійний контроль мікроклімату на робочих місцях — таких параметрів, як температура, вологість, рівень шуму. Також слід облаштовувати побутові приміщення: душові, гардеробні, кімнати відпочинку та їдальні. Необхідно забезпечити регулярні медичні огляди, вакцинацію, наявність аптечок та пунктів надання першої допомоги, а також своєчасне виявлення професійних захворювань серед працівників, які належать до груп підвищеного ризику»[12].

Суворе дотримання санітарних вимог сприяє не лише комфорту персоналу, а й зниженню рівня захворюваності та підвищенню продуктивності праці. Одним з ефективних засобів покращення системи охорони праці є підвищення рівня інформованості працівників: проведення тренінгів, лекцій, семінарів, поширення інформаційних матеріалів — пам'яток, відеоінструкцій, плакатів. Не менш важливою є психологічна підтримка, особливо для працівників, які працюють у небезпечних умовах або пережили надзвичайні ситуації. Встановлення гарячих ліній і скриньок довіри створює можливість анонімно повідомляти про порушення чи потенційні ризики.

Основою ефективної системи безпеки є активна участь працівників у процесі її вдосконалення — їхній практичний досвід є цінним джерелом для розробки

					004Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ефективних заходів захисту. Державні органи нагляду здійснюють перевірки, розслідують випадки травматизму, виносять приписи та накладають санкції за порушення вимог охорони праці.

Загальна відповідальність за безпеку покладається на керівництво підприємства. Комплексний, системний підхід до питань охорони праці та пожежної безпеки є запорукою стабільної та безпечної роботи підприємства, а також захисту життя і здоров'я його працівників.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

При виконанні кваліфікаційної роботи було розроблено технологічний процес механічної дільниці для виготовлення корпусів паливних насосів, які є ключовими елементами паливної системи й працюють в умовах високих навантажень та підвищеної температури. Виробництво передбачено в умовах середньосерійного випуску, що зумовлює застосування групової форми організації праці, яка дозволяє досягти ефективного балансу між гнучкістю виробництва та продуктивністю.

У результаті виконання роботи було повністю опрацьовано технологічний маршрут виготовлення корпусу паливного насоса, з урахуванням особливостей його конструкції, призначення, точності та матеріалу. Особлива увага приділялась координатно-розточній операції, яка є критичною для досягнення високої точності взаємного розташування базових отворів. Такий підхід є вкрай актуальним для деталей із складною геометрією та жорсткими технічними вимогами.

Під час опрацювання конструкції деталі було встановлено, що вона відноситься до відповідальних елементів, що працюють у режимах високого навантаження та вимагають не лише високої точності, але й стабільності форми та розмірів у процесі експлуатації. Проведений аналіз технічних умов виявив складну систему отворів з жорсткими допусками, що потребує багатоопераційного циклу з точним дотриманням базування та взаємного розташування поверхонь.

У процесі розробки технологічного процесу обґрунтовано вибір заготовки, що оптимально відповідає конструкції деталі, вимогам до обробки та обсягу

					004Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виробництва. У якості базового методу одержання заготовки обрано лиття з наступною механічною обробкою, оскільки саме цей варіант забезпечує найкраще поєднання матеріального використання, геометричної відповідності та конструкції було проаналізовано з точки зору її адаптації до умов обробки, можливостей устаткування та оснащення. Було запропоновано кілька конструктивних удосконалень, зокрема зміна форми перехідних зон, оптимізація розташування технологічних баз та зменшення маси деталі, що дозволяє спростити обробку, знизити трудомісткість та зменшити похибки, які виникають при фіксації та установці.

Одним із ключових етапів проєктування стало вибір і технічне обґрунтування технологічних баз, які гарантують надійне та точне взаємне розміщення поверхонь при багаторазовому встановленні заготовки на верстатах. Вибір здійснювався з урахуванням принципів стабільності, замкненості та технологічної доцільності, а також аналізу впливу помилок базування на кінцеву точність обробки. У результаті визначено оптимальну систему установчих поверхонь, яка забезпечує надійне положення деталі під час виконання кожної технологічної операції.

З метою дотримання необхідних параметрів точності було виконано розрахунок припусків на механічну обробку, що враховує можливі відхилення форми та розмірів заготовки, а також похибки, що виникають у процесі виготовлення. Це дозволяє гарантувати стабільну якість обробленої поверхні в умовах серійного виробництва. Також у роботі визначено норми технологічного часу для всіх основних операцій, що дає змогу ефективно планувати завантаження обладнання.

					004Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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. Кремнеєв, 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.
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.

					0045-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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. С. 40-43.
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.

					004Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		