

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

Кваліфікаційна робота
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ
ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

**ПРОЕКТУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ З РОЗРОБКОЮ ТЕХНОЛОГІЧНОГО
ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ФЛАНЦЯ 00.047.2025-2.**

спеціальність 131 Прикладна механіка
освітня програма Прикладна механіка

Виконав: здобувач вищої освіти
Групи ІМ-41
Луньов Герман Юрійович

(підпис)

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

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 20__ р.
К.т.н., доцент
Гарант освітньої програми:
Божко Тетяна Євгенівна

(підпис)

Луцьк – 2025 року

Луцький національний технічний університет

Факультет: транспорту та механічної інженерії

Кафедра: прикладної механіки та мехатроніки

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітня програма: Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(Редько Р.Г.)

“ ____ ” _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ Луньову Герману Юрійовичу

1. Тема кваліфікаційної роботи Проектування ділянки з розробкою технологічного процесу механічної обробки фланця 00.047.2025-2.

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

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

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

3. Вихідні дані до роботи: Креслення фланця 00.047.2025-2., річна програма випуску 80000шт/рік, нормативні дані.

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

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

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

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

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання

04.02.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач вищої освіти _____

Луньов Г.Ю.

Керівник кваліфікаційної роботи _____

Гальчук Т.Н.

АНОТАЦІЯ

Луцьков Г.Ю. Проектування ділянки з розробкою технологічного процесу механічної обробки фланця 00.047.2025-2. Рукопис.

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

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків (згідно структури кваліфікаційної роботи, затвердженої кафедрою).

У роботі вирішено комплекс технологічно-конструкторських завдань для виготовлення фланця 00.047.2025-2 для умов багатосерійного виробництва а саме: визначені тип виробництва і форма організації робіт, проведено аналіз конструкції деталі на технологічність, вибрано спосіб виготовлення заготовки, спроектовано техпроцес механічної обробки фланця 00.047.2025-2 з розробкою змісту операцій, проектуванням технологічного оснащення та інструменту. Зроблено планування та розраховані основні техніко-економічні показники ділянки для обробки фланця 00.047.2025-2.

Об'єкт дослідження – корпусу фланець 00.047.2025-2.

фланця 00.047.2025-2.

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

ABSTRACTS

Lunyov G.Yu. Design of the section with the development of the technological process of mechanical processing of the flange 00.047.2025-2. Manuscript.

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

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

The work solves a set of technological and design tasks for the manufacture of the flange 00.047.2025-2 for conditions of mass production, namely: The type of production and the form of work organization were determined, the design of the part was analyzed for manufacturability, the method of manufacturing the workpiece was selected, the route for mechanical processing of the flange 00.047.2025-2 was designed with the development of the content of operations, the design of technological equipment and tools. The planning was made and the main technical and economic indicators of the section for processing the of the flange 00.047.2025-2 were calculated.

The object of research is the flange 00.047.2025-2.

The subject of the study is the technological process of processing the flange 00.047.2025-2.

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

ЗМІСТ

	ст.
ВСТУП	7
1. РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	9
1.1. Характеристика об'єкта виробництва та вибір заготовки	9
1.2. Аналіз технологічності фланця 00.047.2025-2	10
1.3. Розроблення технологічного процесу механічної обробки фланця 00.047.2025-2 на основі коефіцієнтів уточнення методу обробки поверхонь	12
1.4. Визначення типу і організаційної форми на виробництві	16
2. РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	18
2.1. Визначення та розрахунок технологічних баз	18
2.2. визначення припусків на обробку	20
2.3. Розрахунок режимів різання, вибір обладнання	23
2.4. Встановлення технічної норми часу технологічного процесу	26
3. РОЗДІЛ 3. ПРОЕКТУВАННЯ ПРИСТРОЇВ ТА ІНСТРУМЕНТУ	27
3.1. Проектування кондуктора для свердління 4-х отворів Ø11 мм	28
3.2. Проектування контрольного пристрою	31
3.3. Розрахунок спеціального ріжучого інструменту	32
4. РОЗДІЛ 4. ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ДІЛЬНИЦІ	27
4.1. Уточнення типу виробництва	32
4.2. Визначення кількості працівників на дільниці	33
4.3. Розрахунок виробничої площі дільниці	34
4.4. Розробка технологічного планування дільниці	34
4.5. Вибір вантажопідйомних і транспортних засобів на дільниці	35
5. РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	38
ВИСНОВКИ	43
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	44
ДОДАТКИ	46

ВСТУП

Актуальність теми. Деталь «Фланець 00.047.2025-2» є частиною кінематичної ланки, що призначена для перетворення однієї форми руху в іншу. В машинобудуванні задані форми таких деталей, з потрібною точністю і якістю їх виготовлення, досягаються в основному шляхом механічної обробки, так як інші методи обробки не завжди можуть забезпечити виконання всіх технічних вимог. Тож проектування ділянки для механічної обробки деталей типу фланець на основі комплексних технологічних рішень є актуальним завданням.

Мета роботи - проектування ділянки з розробкою технологічного процесу механічної обробки фланця 00.047.2025-2.

Для досягнення поставленої мети необхідним є вирішити задачі:

- розглянути питання загально-технічного характеру пов'язані з виготовленням фланця 00.047.2025-2;
- розробити технологічний процес механічної фланця 00.047.2025-2;
- спроектувати спеціальні пристрої та інструмент для забезпечення виконання технопроцесу;
- розробити план виробничої ділянки для механічної фланця 00.047.2025-2 з дотримання вимог з охорони праці..

Об'єкт дослідження – деталь «Фланець 00.047.2025-2».

Предмет дослідження – технологічний процес механічної обробки деталі «Фланець 00.047.2025-2».

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробці плану ділянки з детальною розробкою технологічного процесу виготовлення фланця 00.047.2025-2.

У кваліфікаційній роботі запропоновані такі нові рішення:

- розроблений технологічний процес механічної обробки для програми випуску деталі фланця 00.047.2025-2 в розмірі 80000 штук / рік;

- розроблено спеціальні конструкції механізованого верстатного та контрольного пристосування;
- спроектовано дільницю з потоковою формою для механічної обробки фланця 00.047.2025-2 з дотриманням вимог охорони праці на виробництві.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

1.1. Характеристика об'єкта виробництва та вибір заготовки

Деталь фланець відноситься до класу деталей типу тіл обертання. Продуктивність механічної обробки фланців залежить від матеріалу, розмірів і конфігурації заготовки, а також від типу виробництва. В масовому і багатосерійному виробництві заготовки фланців виготовляють методом лиття. Це дає можливість зменшити витрати матеріалу і забезпечити отримання коефіцієнта використання матеріалу 0,8 і вище.

Для деталей цього виду характерною є наявність базових поверхонь, основних отворів і отворів для кріплення. Поверхня $\varnothing 32$ є посадочним місцем для з'єднання з іншими вузлами. Отвір $\varnothing 9$ є базовим при з'єднанні з іншими деталями. Деталь рекомендується отримувати методом лиття із чавуна СЧ25 ДСТУ EN 1561:2010 [1]. Дані про матеріал відображаються в таблиці А.1 та А.2.

Процес вибору методу одержання заготовки, як зазначається у джерелі [2], є складним і залежить від багатьох факторів. Марка матеріалу СЧ25 обумовлює отримання заготовки методом лиття. Виробництво даної деталі, за програмою випуску та вагою, відповідає багатосерійному типу виробництва [3].

Доцільність застосування методу отримання заготовки оцінюють за техніко-економічними показниками, а саме за мінімальною величиною приведених витрат на виготовлення заготовки:

$$S_{\text{заг.}} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_c \cdot K_e \cdot K_m \cdot K_n \right) - (a - q) \cdot \frac{S_{\text{відх.}}}{1000},$$

де C_i - базова вартість 1т заготовок, грн.;

K_T, K_c, K_e, K_m, K_n - коефіцієнти, що залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу і обсягу виробництва заготовок;

Q і q – маса заготовки і деталі, кг;

$S_{відх.}$ - ціна 1т відходів, грн.

Маса деталі $q = 1,33$ кг.

Маса заготовки для лиття в піщано-глинясті форми $Q_1 = 2$ кг, для лиття в кокіль $Q_2 = 1,6$ кг.

$$S_{заг.1} = \left(\frac{3600}{1000} \cdot 2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 1 \right) - (2 - 1,33) \cdot \frac{25}{1000} = 7,47 \text{ грн.}$$

$$S_{заг.2} = \left(\frac{3600}{1000} \cdot 1,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 1 \right) - (1,6 - 1,33) \cdot \frac{25}{1000} = 5,97 \text{ грн.}$$

За результатами розрахунків робимо висновок, що лиття в кокіль доцільніше використовувати, тому що величина приведених витрат менша [3].

Економічний ефект: $E = (S_{заг2} - S_{заг1}) \cdot N = (7,47 - 5,97) \cdot 80000 = 120000$ грн.

1.2. Аналіз технологічності фланця 00.047.2025-2

Технологічність деталі оцінюють за двома параметрами: якісному і кількісному.

Відносно характеристик якісного рівня можна констатувати наступне:

1. Матеріал, який пропонується для виготовлення фланця 00.047.2025-2 дає можливість отримати заготовку методом лиття.

2. Деталь має зручні базові поверхні.

3. Вимоги за точністю і шорсткістю до більшості оброблюваних поверхонь невеликі, що дозволяє використовувати одноразову обробку.

4. Деталь має можливість створення зручних чистових баз, що дозволяє механічну обробку поверхонь високої точності з використання принципу постійності і єдності баз.

5. Осі всіх основних отворів розміщені паралельно або перпендикулярно до базового торця.

Кількісну оцінку проводимо за показниками: коефіцієнт використання матеріалу, точність обробки, шорсткість поверхонь.

Коефіцієнт уніфікації елементів:

$$K_{y.e.} = \frac{Q_{y.e.}}{Q_e},$$

де $Q_{y.e.}$ - кількість уніфікованих поверхонь;

Q_e - кількість всіх поверхонь;

а) Коефіцієнт уніфікації для циліндричних поверхонь:

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

б) Коефіцієнт уніфікації для плоских поверхонь:

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

Коефіцієнт точності обробки:

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

де $A_{cp.}$ - середній квалітет точності розмірів: $A_{cp.} = \frac{n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots + 19n_{19}}{\sum n_i}$,

де $n_1 \dots n_{19}$ - кількість розмірів відповідного квалітету;

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

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

Коефіцієнт шорсткості:

$$K_{ш.} = \frac{1}{Ш_{cp.}}$$

де $Ш_{cp.}$ - середня шорсткість поверхонь: $Ш_{cp.} = \frac{0,01n_1 + 0,02n_2 + \dots + 40n_{13} + 80n_{14}}{\sum n_i}$,

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

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

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{в.м.} = \frac{Q_{дет.}}{Q_{заг.}} = \frac{1,33}{1,6} = 0,83,$$

де $Q_{дет.}$ - маса деталі;

$Q_{заг.}$ - маса заготовки.

1.3. Розроблення технологічного процесу механічної обробки фланця 00.047.2025-2 на основі коефіцієнтів уточнення методу обробки поверхонь

На правильний вибір методу обробки поверхонь заготовки впливають такі фактори, як службове призначення деталі, функціональне призначення поверхонь, вимоги до точності, шорсткості, геометричної форми, тощо. Аналізуючи дану деталь приймаємо метод обробки різанням, як найбільш поширений в машинобудуванні.

Можливі два шляхи пошуку методу і маршруту обробки поверхонь. Перший шлях пошуку – визначення числа ступенів та методів обробки поверхонь, що рекомендують довідники і технічна література. Другий шлях пошуку – визначення числа ступенів обробки на основі розрахунків уточнення [3].

$$E = \frac{T_3}{T_0} = E_1 \cdot E_2 \cdot \dots \cdot E_n = \sum_{i=1}^n E_i,$$

де E - загальні уточнення;

E_i - окремі ступені уточнення;

n - число ступенів обробки;

T_3, T_0 - допуски параметрів, що розглядаються відповідно до заготовки, деталі.

Для найбільш спрямованого вибору числа ступенів використовуємо формулу:

$$n = \frac{\lg E}{0,46},$$

Наприклад, для даної деталі, яка має циліндричну поверхню $\varnothing 50$ мм з допуском е8.

Заготовка виготовлена за методом лиття в кокіль і досягає точності h14.

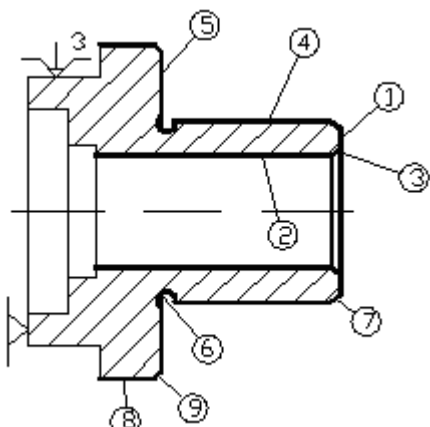
Загальне уточнення : $E = \frac{T_{заг.}}{T_{дет.}} = \frac{620}{39} = 15,9$; $n = \frac{\lg 15,9}{0,46} = 2,6$;

Приймаємо $n = 3$ ступені обробки.

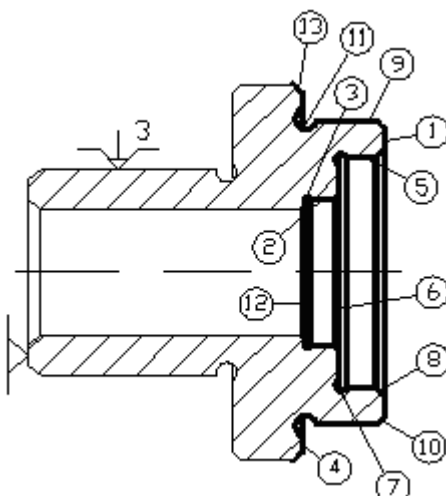
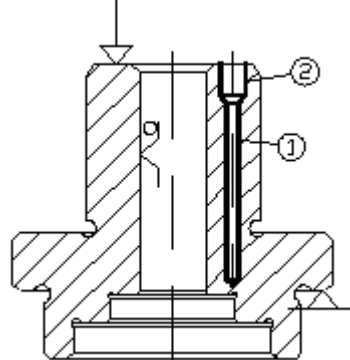
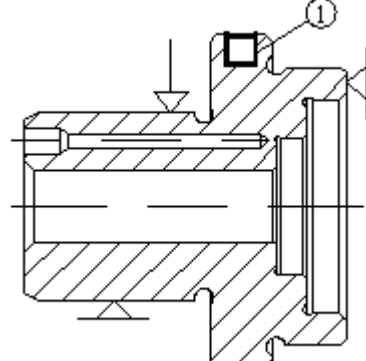
Різниця квалітетів заготовки та деталі: $14 - 8 = 6 \rightarrow 3 + 2 + 1$.

Після чорнової обробки точність збільшується з h14 до h11; після чистової обробки з h11 до h9; після тонкої обробки з h9 до e8, що цілком відповідає рекомендаціям вибору методу обробки по економічній точності.

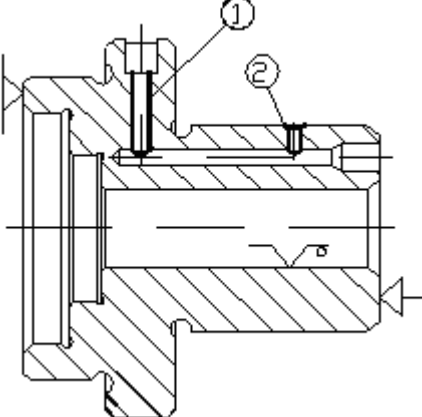
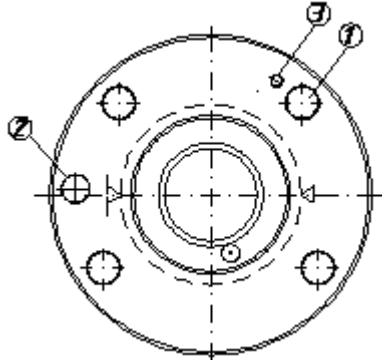
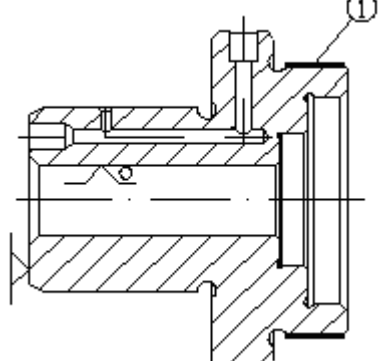
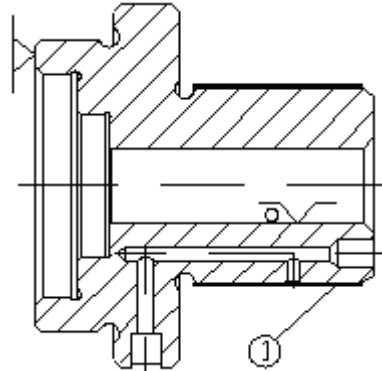
Таблиця 1.1 – Технологічний процес виготовлення деталі

Ескіз обробки	Технологічний процес
1	2
	<p>005 Токарно-револьверна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Точити торець 1. 2. Розточити поверхню 2. 3. Розточити фаску 3. 4. Точити поверхню 4 начорно з одночасним підрізанням торця 5. 5. Точити канавку 6. 6. Точити поверхню 4 начисто. 7. Точити фаску 7. 8. Точити поверхню 8 начорно. 9. Точити поверхню 8 начисто. 11. Точити фаску 9.

Продовження табл. 1.1

1	2
	<p>010 Токарно-револьверна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Точити торець 1 2. Розточити поверхню 2 начорно. 3. Розточити поверхню 2 начисто. 4. Розточити фаску 3. 5. Розточити канавку 4. 6. Розточити поверхню 2 тонко. 7. Розточити поверхню 5 начорно. 8. Розточити фаску 6. 9. Розточити канавку 7. 10. Розточити поверхню 5 начисто. 11. Розточити фаску 8. 12. Точити поверхню 9 начорно з одночасним підрізання торця 12. 13. Точити канавку 11. 14. Точити поверхню 9 начисто. 15. Точити фаску 10. 16. Точити фаску 13.
	<p>015 Вертикально-свердлильна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Свердлити отвір 1. 2. Зенкерувати отвір 2.
	<p>020 Горизонтально-фрезерна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Фрезерувати паз 1.

Продовження таблиці 1.1

1	2
	<p>025 Вертикально-свердлильна 1. Свердлити отвір 1. 3. Свердлити отвір 2.</p>
	<p>030 Агрегатна 1. Свердлити одночасно отвори 1, 2, 3.</p>
	<p>035 Круглошліфувальна 1. Шліфувати поверхню 1.</p>
	<p>040 Круглошліфувальна 1. Шліфувати поверхню 1.</p>

1.4. Визначення типу і організаційної форми на виробництві

Тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій, що виконується на даному робочому. Для цього необхідно по операційно визначити основний технологічний час і штучно-кулькуляційний час, використовуючи формули наведені у джерелі [3]. Результати розрахунку представлено у додатку А.1.

Коефіцієнт закріплення визначається за методикою джерела [3], що представлена у додатку А.1.

Коефіцієнт закріплення операцій для виготовлення фланця 00.047.2025-2 на проектній дільниці : $K_{з.о} = \frac{63,74}{9} = 7,1$

Оскільки, $1 < 7,1 \leq 10$, то виробництво багатосерійне.

Результати розрахунків наведено у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Розрахунок типу виробництва

Операція	$T_{ш-к}$	m_p	p	$n_{з.о}$	O
005	2,00	0,88	2	0,44	1,70
010	1,28	0,56	1	0,56	1,34
015	0,14	0,06	1	0,06	12,50
020	0,15	0,07	1	0,07	10,70
025	0,13	0,06	1	0,06	12,50
030	0,12	0,12	1	0,12	15,00
035	0,34	0,15	1	0,15	5,00
040	0,34	0,15	1	0,15	5,00
всього	2,50		9		63,74

Визначаємо організаційну форму виробництва.

Добовий випуск виробів: $N_c = \frac{N}{254} = \frac{80000}{254} = 315$ шт.;

Добова продуктивність потокової лінії:

$$Q = \frac{F_c}{T_{ум.сер}} \cdot \eta_{з.д.сер} = \frac{952}{0,28} \cdot 0,18 = 612 \text{ шт.},$$

де $F_c=952$ - добовий фонд роботи обладнання при 2-х змінній роботі, хв.

$$\eta_{з.дсер} = \frac{\sum \eta_{з.д}}{n} = \frac{1,61}{9} = 1,8$$

Середній штучно-калькуляційний час: $T_{шт.к} = \frac{\sum T_{шт.к}}{n}$;

$$T_{шт.к} = \frac{2,5}{9} = 0,28 \text{ хв.}$$

$Q_c \cdot 0,6 = 612 \cdot 0,6 = 367 < N_c = 315$, отже можна прийняти потокову форму організації виробництва.

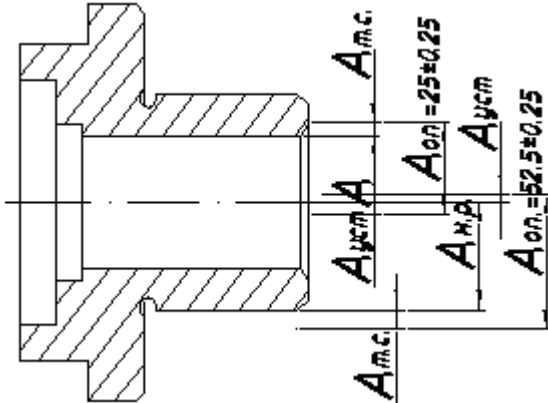
Такт випуску виробів: $t_g = \frac{60 \cdot F_d}{N} = \frac{60 \cdot 4059}{80000} = 3,04 \text{ хв.}$

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Визначення та розрахунок технологічних баз

005 Токарно-револьверна



$$1. W_{A_{он.}} = W_{н.р.} + W_{м.с.} + W_{уст.}$$

$$W_c = W_{н.р.} + W_{м.с.} = 0,06 \text{ мм} W_{уст.} = 0,3 \text{ мм}$$

$$W_{A_{он.}} = 0,06 + 0,3 = 0,36 \text{ мм}$$

$$A_{он.} = 20 \pm 0,25; T = 0,39 \text{ мм}$$

$$W_c = W_{н.р.} + W_{м.с.} = 0,12 \text{ мм}$$

$$W_{он.} = 0,12 \cdot 0,15 = 0,03 \text{ мм}$$

$$A_{он.} = 23,5 \pm 0,25; T = 0,06 \text{ мм}$$

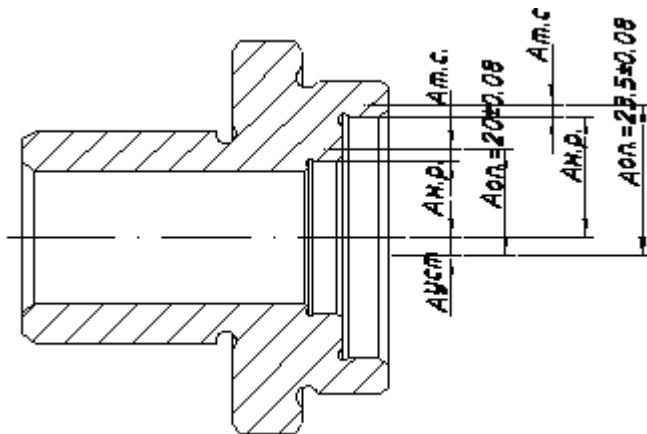
$$W_c = W_{н.р.} + W_{м.с.} = 0,25 \text{ мм} W_{он.} = 0,25 \text{ мм}$$

$$A_{он.} = 25 \pm 0,25; T = 0,35 \text{ мм}$$

$$W_{он.} = 0,35 \cdot 0,15 = 0,05 \text{ мм}$$

$$A_{он.} = 52,5 \pm 0,25; T = 0,08 \text{ мм}$$

010 Токарно-револьверна



$$1. W_{A_{он.}} = W_{н.р.} + W_{м.с.} + W_{уст.}$$

$$W_c = W_{н.р.} + W_{м.с.} = 0,12 \text{ мм}$$

$$W_{уст.} = 0,25 \text{ мм}$$

$$W_{A_{он.}} = 0,37 \text{ мм}$$

$$A_{он.} = 20 \pm 0,25; T = 0,39 \text{ мм}$$

$$W_{он.} = 0,39 \cdot 0,15 = 0,05 \text{ мм}$$

$$A_{он.} = 23,5 \pm 0,25; T = 0,06 \text{ мм}$$

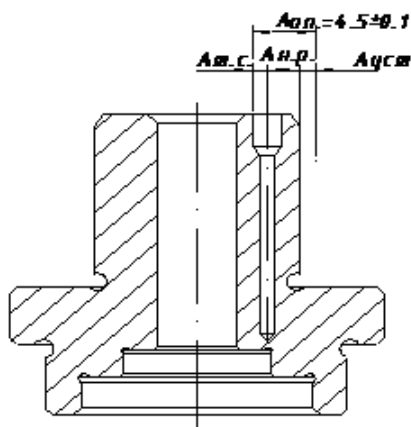
$$W_{он.} = 0,05 \cdot 0,15 = 0,009 \text{ мм}$$

$$A_{он.} = 30 \pm 0,12; T = 0,025 \text{ мм}$$

$$W_c = W_{н.р.} + W_{м.с.} = 0,12 \text{ мм}$$

$$W_{он.} = 0,12 \text{ мм} T = 0,16 \text{ мм}$$

015 Вертикально-свердлильна



$$1. W_{A_{он.}} = W_{н.р.} + W_{м.с.} + W_{уст.}$$

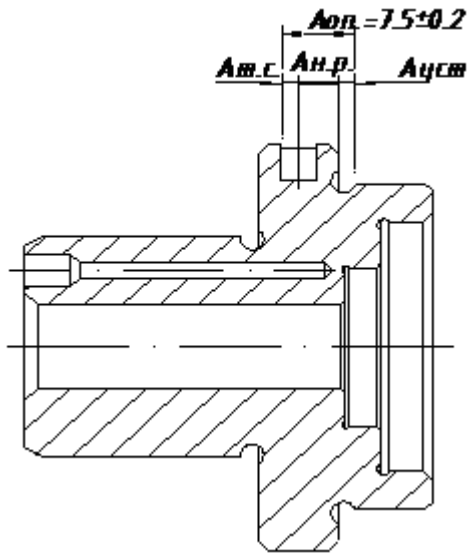
$$W_c = W_{н.р.} + W_{м.с.} = 0,1 \text{ мм}$$

$$W_{уст.} = 0,08 \text{ мм}$$

$$W_{A_{он.}} = 0,18 \text{ мм}$$

$$A_{он.} = 4,5 \pm 0,25; T = 0,18 \text{ мм}$$

020 Горизонтально-фрезерна



$$1. W_{A_{on.}} = W_{н.р.} + W_{м.с.} + W_{уст.}$$

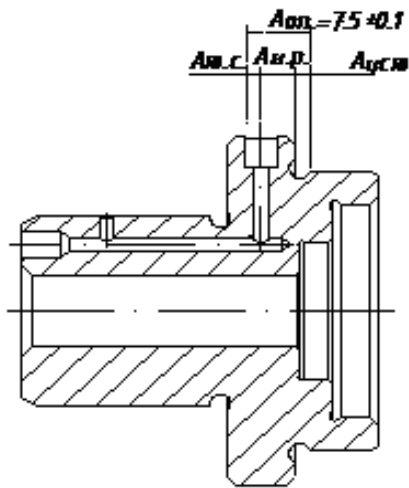
$$W_c = W_{н.р.} + W_{м.с.} = 0,2 \text{ мм}$$

$$W_{уст.} = 0,14 \text{ мм}$$

$$W_{A_{on.}} = 0,34 \text{ мм}$$

$$A_{on.} = 7.5 \pm 0,2; T = 0,39 \text{ мм}$$

025 Вертикально-свердлильна



$$1. W_{A_{on.}} = W_{н.р.} + W_{м.с.} + W_{уст.}$$

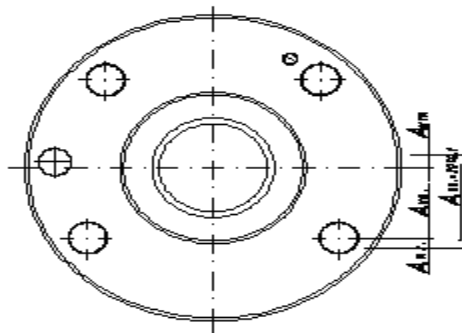
$$W_c = W_{н.р.} + W_{м.с.} = 0,1 \text{ мм}$$

$$W_{уст.} = 0,08 \text{ мм}$$

$$W_{A_{on.}} = 0,18 \text{ мм}$$

$$A_{on.} = 7.5 \pm 0,1; T = 0,18 \text{ мм}$$

030 Агрегатна



$$1. W_{A_{on.}} = W_{н.р.} + W_{м.с.} + W_{уст.}$$

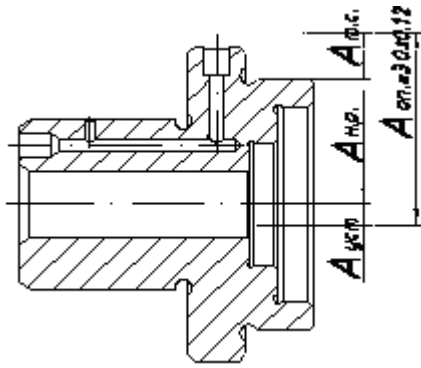
$$W_c = W_{н.р.} + W_{м.с.} = 0,1 \text{ мм}$$

$$W_{уст.} = 0,1 \text{ мм}$$

$$W_{A_{on.}} = 0,2 \text{ мм}$$

$$A_{on.} = 30 \pm 0,1; T = 0,18 \text{ мм}$$

035 Круглошліфувальна



$$1.W_{A_{оп.}} = W_{н.р.} + W_{м.с.} + W_{уст.}$$

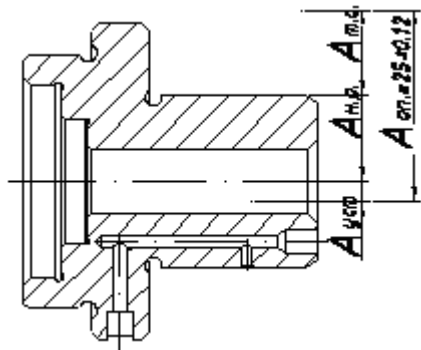
$$W_c = W_{н.р.} + W_{м.с.} = 0,12\text{мм}$$

$$W_{уст.} = 0,04\text{мм}$$

$$W_{A_{оп.}} = 0,16\text{мм}$$

$$A_{оп.} = 30 \pm 0,12; T = 0,18\text{мм}$$

040 Круглошліфувальна



$$1.W_{A_{оп.}} = W_{н.р.} + W_{м.с.} + W_{уст.}$$

$$W_c = W_{н.р.} + W_{м.с.} = 0,15\text{мм}$$

$$W_{уст.} = 0,04\text{мм}$$

$$W_{A_{оп.}} = 0,19\text{мм}$$

$$A_{оп.} = 25 \pm 0,12; T = 0,39\text{мм}$$

2.2. Визначення припусків на обробку

Для прикладу детально визначимо припуски розрахунково-аналітичним методом на поверхню $\text{Ø}47\text{f}7$.

Для заготовок, отриманих литтям в кокіль, значення коефіцієнтів будуть рівні $R_z = 200\text{ мкм}$; $h=300\text{ мкм}$ [3], дод. 5.

Значення цих параметрів після механічної обробки поверхні [3] дод.5:

- для чорнового розточування $R_z = 160\text{ мкм}$, $h = 100\text{ мкм}$;
- для чистового розточування $R_z = 25\text{ мкм}$, $h = 30\text{ мкм}$;
- для тонкого розточування $R_z = 10\text{ мкм}$, $h = 20\text{ мкм}$.

Отже, досягаються параметри, задані на кресленні.

Залежно від умов виконання операцій використовуємо формулу для визначення просторових відхилень на заготовку [3], дод.10: $\rho = \sqrt{\rho_1^2 + \rho_2^2}$,

де ρ_1 - питома короблення отвору виливка, мкм;

ρ_2 - сумарне зміщення отвору виливка, мкм;

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

де $K = 0.7$ мкм/м – питома короблення виливка;

$d=47$ мм – діаметр отвору;

$l=12$ мм – довжина отвору.

Тоді, $\rho_1 = \sqrt{(0,7 \cdot 47)^2 + (0,7 \cdot 12)^2} = 34$ мкм;

$\rho_2 = 200$ мкм, [5]; $\rho_3 = \sqrt{34^2 + 200^2} = 203$ мкм.

Розточування чорнове: $\rho_m = K_y \cdot \rho = 0,05 \cdot 203 = 10,2$ мкм,

де K_y - коефіцієнт уточнення.

Оскільки для чистового і тонкого точіння відхилення малі, то вони не будуть впливати на кінцевий результат розрахунків. Тому ними можна знехтувати. Похибка для чорнового розточування $\varepsilon_y = 82$ мкм. Під час чистового та тонкого розточування $\varepsilon_y = 0$ мкм, тому що бази залишаються постійними.

Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Елементи припуску

Технологічні переходи	Елементи припуску, мкм			
	R_z	h	ρ	W
Заготовка	200	300	204	-
Чорнове розточування	160	100	10,2	82
Чистове розточування	25	30	0,51	0
Тонке розточування	10	20	-	0

На основі цих даних проводимо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків за формулою: $2Z_{i\min} = 2(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2})$.

Мінімальний припуск під чорнове розточування:

$$2Z_{\min 1} = 2\left(200 + 300 + \sqrt{203^2 + 82^2}\right) = 1438 \text{ мкм.}$$

Мінімальний припуск під чистове розточування:

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

Мінімальний припуск під тонке розточування: $2Z_{\min 3} = 2(25 + 30) = 110 \text{ мкм.}$

Розрахунковий розмір d починається з кінця, тобто з розміру $\varnothing 46,975 \text{ мм}$, послідовним відхиленням разового мінімального припуску кожного технологічного переходу.

$$d_{p4} = 46,975 \text{ мкм};$$

$$d_{p3} = d_{p4} - 2Z_{\min 3} = 46,975 - 0,11 = 46,865 \text{ мкм};$$

$$d_{p2} = d_{p3} - 2Z_{\min 2} = 46,865 - 0,54 = 46,325 \text{ мкм};$$

$$d_{p1} = d_{p2} - 2Z_{\min 1} = 46,3 - 1,438 = 44,887 \text{ мкм.}$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.2.

Значення допусків кожного метода приймаються у відповідності з квалітетами того чи іншого виду обробки з врахуванням розрахунків [4].

Граничні розміри отвору d_{\max} та d_{\min}

для такого розточування:

$$d_{\max} = 46,975 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = 46,975 - 0,025 = 46,95 \text{ мм.}$$

для чистового розточування:

$$d_{\max} = 46,865 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = 46,865 - 0,062 = 46,803 \text{ мм.}$$

для чорнового розточування:

$$d_{\max} = 46,325 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = 46,325 - 0,160 = 46,125 \text{ мм.}$$

для заготовки:

$$d_{\max} = 44,887 \text{ мм.}$$

$$d_{\min} = 44,887 - 0,620 = 44,267 \text{ мм.}$$

Мінімальне граничне значення припусків $2Z_{\min}^{zp}$ та максимальне значення $2Z_{\min}^{sp}$.

для тонкого розточування:

$$2Z_{\min 3}^{zp} = 46,975 - 46,865 = 0,11 \text{ мм}; \quad 2Z_{\max 3}^{zp} = 46,975 - 46,803 = 0,147 \text{ мм}.$$

для чистового розточування:

$$2Z_{\min 2}^{zp} = 46,865 - 46,325 = 0,54 \text{ мм}; \quad 2Z_{\max 2}^{zp} = 46,803 - 46,165 = 0,638 \text{ мм}.$$

для чорнового розточування:

$$2Z_{\min 1}^{zp} = 46,325 - 44,887 = 1,438 \text{ мм}; \quad 2Z_{\max 1}^{zp} = 46,165 - 44,267 = 1,898 \text{ мм}.$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Граничні розміри

№	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.	Заготовка	14	44,887	620	44,267	44,887	-	-
2.	Чорнове розточування	11	46,325	160	46,165	46,325	1438	1898
3.	Чистове розточування	9	46,865	62	46,803	46,865	540	638
4.	Тонке розточування	7	46,975	25	46,95	46,975	110	147

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

$$2Z_{\min}^{zag} = 1438 + 540 + 110 = 2088 \text{ мкм}; \quad 2Z_{\max}^{zag} = 1898 + 638 + 147 = 2683 \text{ мкм}.$$

Для всіх інших поверхонь, що обробляються, припуски знаходимо табличним методом і значення заносимо в таблицю Б.1. Схема графічного розміщення припусків і допусків на обробку отвору $\varnothing 47f7$ наведена на рис. Б.1.

2.3. Розрахунок режимів різання, вибір обладнання

Під час призначення елементів режимів різання враховується характер обробки, тип і розміри інструмента, матеріал ріжучої частини інструменту та заготовки, тип і стан заготовки та обладнання.

Глибина різання (t) та подачу (S) для чорновій обробці вибираємо за рекомендаціями джерела [4], а саме максимально можливу, виходячи з

шорсткості і міцності системи ВПД; потужності привода верстата; для чистової обробки – в залежності від потрібного ступеня точності і шорсткості оброблюваної поверхні. Опис методи розрахунку із формулами наведено у додатку Б.

Наведемо розрахунок режимів різання, для прикладу, на операцію 015 Вертикально-свердлильну.

Свердління отвору Ø3,5 мм.

$$t = 1,75 \text{ мм}; S = 0,09 - 0,12 \text{ мм/об}; S_{\delta} = 0,12 \text{ мм/об}; V = \frac{14,7 \cdot 3,5^{0,25} \cdot 0,47}{20^{0,125} \cdot 0,12^{0,55}} = 20 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання: $n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 3,5} = 1818 \text{ об./хв.}; n_{\delta} = 1800 \text{ об./хв.}$

Дійсна швидкість: $V_{\delta} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\delta}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 3,5 \cdot 1800}{1000} = 19,7 \text{ м/хв.}$

Крутний момент: $M_{kp} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, M_{kp} = 10 \cdot 0,021 \cdot 3,5^2 \cdot 0,12^{0,8} \cdot 1,15 = 53 \text{ Н}\cdot\text{м.}$

Потужність різання: $N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{53 \cdot 1800}{1020 \cdot 60} = 0,08 \text{ кВт.}$

Для інших розрахунків складаємо таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Режими різання [5]

№ операції	Перехід	Глибина різання t, мм	Подача	Швидкість V, м/хв	Частота обертів n, об/хв	Потужність N, кВт
			S _o , мм/об			
005	1	1,5	1,2	120	560	0,4
	2	1	0,54	125	710	1,3
	3	1,5	1,2	120	560	0,4
	4	0,5	0,1	128	800	2,1
	5	0,5	0,1	128	800	2,1
	6	1	1,2	100	560	0,4
	7	0,5	1,2	100	560	0,4
	8	1,4	0,89	108	315	2,1
	9	0,6	0,14	210	630	0,48
	10	1	1,2	100	560	0,4
	11	1,3	0,25	78	710	0,59

Продовження табл. 2.3

010	1	1,5	1,2	171	560	0,4
	2	1,3	0,25	142	710	0,92
	3	0,3	0,1	153	800	2,1
	4	1,5	1,2	171	560	0,4
	5	0,5	0,11	128	800	0,25
	6	1	1,2	100	560	0,4
	7	1	1,2	100	560	0,4
	8	1	1,2	100	560	0,25
	9	1,3	0,25	97	710	0,25
	10	0,3	0,1	103	800	1,07
	11	0,2	0,1	127	1000	0,13
	12	1,4	0,25	101	630	0,34
	13	0,6	0,13	121	800	0,36
	14	1	0,36	148	800	0,36
	15	1	0,36	170	800	0,36
015	1	1,75	0,12	19,7	1800	0,08
	2	0,25	0,8	20	1600	0,16
020	1	6	0,2	35	224	0,06
025	1	2,5	0,18	17,5	1120	0,15
	2	2,5	0,18	17,5	1120	0,15
030	1	5,5	0,35	14,5	400	0,39
	2	4,5	0,28	14	500	0,29
	3	2	0,12	14	1120	0,09
035	1	0,3	0,05	40	1000	10
040	1	0,2	0,05	35	1000	7,2

Виходячи з розрахунків потужностей різання вибираємо на кожну операцію верстат:

005 Токарно-револьверний 1Г325;

010 Токарно-револьверний 1Г325;

015 Вертикально-свердлильний 2Н118;

020 Горизонтально-фрезерний 6Р80Г;

025 Вертикально-свердлильний 2Н125Л;

030 Агрегатний;

035 Круглошліфувальний 3М151;

040 Круглошліфувальний 3М151.

2.4. Встановлення технічної норми часу технологічного процесу

Технологічні норми в умовах багатосерійного виробництва встановлюються розрахунково – аналітичним методом [3]. Розрахункові формули наведено у додатку Б.

Для інших операцій розрахунки заносимо в таблицю 2.4 [3].

Таблиця 2.4 – Технічні норми часу

№ операції	T_o	T_δ			T_{on}	$T_{об}$	$T_{від}$	$T_{шт}$
		T_{yc}	T_{yn}	$T_{вим}$				
005	1,39	0,23	0,07	0,2	1,89	0,12	0,14	2,26
010	1,23	0,23	0,07	0,46	1,99	0,14	0,15	2,39
015	0,27	0,05	0,07	0,13	0,52	0,04	0,04	0,62
020	0,14	0,05	0,09	0,01	0,25	0,03	0,02	0,36
025	0,16	0,05	0,03	0,12	0,36	0,03	0,03	0,46
030	0,04	0,05	0,03	0,36	0,48	0,05	0,06	0,59
035	0,96	0,07	0,04	0,06	1,13	0,07	0,08	1,32
040	0,65	0,07	0,04	0,08	0,84	0,05	0,06	0,99

РОЗДІЛ 3

ПРОЕКТУВАННЯ ПРИСТРОЇВ ТА ІНСТРУМЕНТУ

3.1. Проектування кондуктора для свердління 4-х отворів Ø11 мм

3.1.1. Силовий розрахунок параметрів приводу

В даному випадку заготовка встановлюється на опорні штирі на бокову базову поверхню і закріплюється затискним механізмом. Проектуємо одномісний пристрій, принципова схема якого зображена на рис. 3.1.

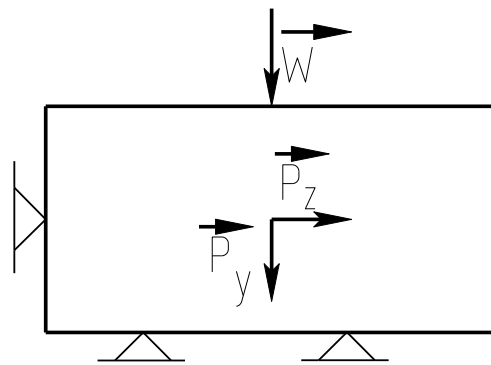


Рисунок 3.1

Складова P_0 сили різання направлена до опор, а складова M намагається зсунути заготовку в боковому напрямі. Таким чином, сила затиску [6]:

$$W = \frac{K \cdot P_0 + 0,5 \cdot M \cdot (f_1 - f_2)}{f_1 + f_2},$$

де $K=2,5$ – гарантований коефіцієнт запасу;

$f_1 = 0,15$ – коефіцієнт тертя;

$f_2 = 0,15$ – коефіцієнт тертя;

$M_p=9,2$ кН/м - момент сили обробки;

$$M_p = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_{p=} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 11^2 \cdot 0,25^{0,8} \cdot 1 = 9,2 \text{ Н/м}$$

$P = 1309,6$ Н – сила різання;

r_1, r_2 – реакції відповідно затискних і установочних елементів.

$$W = \frac{(2,5 \cdot 10,2 + 1887 \cdot 0,15 \cdot 200)}{(0,15 \cdot 200 + 0,15 \cdot 200)} = 2611H$$

Сила на штоку пневмоциліндра визначається для привода односторонньої дії за формулою: $P_{\phi} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta - p_I$,

$D=0,1$ м- діаметр поршня пневмоциліндра;

$P=0,5$ МПа - тиск стиснутого повітря;

$\eta = 0,9$ – коефіцієнт корисної дії пневмоциліндра;

$p_I=833,65$ Н - сила опору пружини для крайнього робочого положення поршня [6].

$$P_{\phi} = \frac{3,14}{4} \cdot 0,1^2 \cdot 0,5 \cdot 10^6 \cdot 0,9 - 833,85 = 2698,85H$$

Діаметр пневмоциліндра розраховуємо за формулою: $D = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{\pi \cdot P \cdot \Sigma}}$,

де D , мм - діаметр пневмоциліндра;

$W=773,36$ Н- сила затиску;

$P = 1309,6$ Н – сила різання;

Σ – коефіцієнт.

Тоді:
$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 773,36}{3,14 \cdot 1309,6 \cdot 0,97}} \approx 98 \text{ мм}$$

Приймаємо $D=100$ мм.

Діаметр на штока пневмоциліндра за [6] приймаємо 15 мм.

3.1.2. Розрахунок елементів пристрою на спрацювання

Загальний допуск установчих опор пристрою визначається як: $T = T_{\text{виг}} + T_{\text{зн}}$

де $T_{\text{виг}}$ - допуск на виготовлення (приймаємо рівним 1/3 загального допуску);

$T_{\text{зн}}$ - допуск на зношення.

Приймаючи рекомендований допуск на висоту опору Н7 в межах 0,018мм, отримаємо: $T_{\text{виг}} = 1/3 \cdot 0,018 = 0,006$ мм.

Округляємо до стандартного значення. Для поля h6 він складає 0,008 мм.

Тоді $T_{\text{виг}}=0,008\text{мм}$.

Допуск на зношення:

$$T_{\text{зн}} = T - T_{\text{виг}} = 0,018 - 0,008 = 0,01\text{мм}.$$

Визначаємо зносостійкість опор: $N_{\text{вст}}=1000$ мм/м.

Визначаємо допустиму кількість встановлень на опори, що викликають на величину $T_{\text{зн}}$: $N_{\text{вст}}=1000 \cdot 10=10000$ разів.

Визначаємо кількість операцій, яка необхідна для виготовлення річної програми: $n = \frac{80000}{10000} = 8$.

3.1.3. Розрахунок пристрою на точність

Для забезпечення пристрою на точність необхідно виконати умову

$$\varepsilon_{\text{пр}} \leq \delta - k_T \cdot \sqrt{(k_{T1} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_i^2 + \varepsilon_n^2 + (k_{T2} \cdot \omega)^2},$$

де $T=0,18$ м – допуск на розмір.

1. За розрахунковий параметр приймаємо допуск на домінуючий по точності розмір, що обробляється на даній операції.

2. Похибка базування: $\varepsilon_{\delta} = S \min + \frac{\delta_B}{2} + \frac{\delta_A}{2} = 0,01 + 0,02 + 0,08 = 0,11$ мм.

3. Похибка закріплення. Затиск поверхонь здійснюється за допомогою пневмоциліндра: $\varepsilon_3 = 0,08$ мм.

4. Похибка установки пристрою на верстаті: $\varepsilon_{\text{уст}} = 0$ мм.

5. Похибка, яка характеризує відхилення перекоосу інструменту при виконанні даної програми: $m = (0,3 - 0,5) \cdot d = 0,4 \cdot 5 = 2$; $\varepsilon_n = 2 \cdot S1 \cdot m / l = 2 \cdot 2 \cdot 2 / 30 = 0,08$ мм;

6. Похибка $\varepsilon_i = 0,01$ мм.

Тоді похибка буде рівна:

$$\varepsilon_{\text{пр}} \leq 0,18 - 1 \cdot \sqrt{(0,8 \cdot 0,11)^2 + 0,08^2 + 0^2 + 0,08^2 + 0,01^2 + (0,6 \cdot 0,09)^2} = 0,05\text{мм}.$$

Таким чином, умова $\Delta_{\Sigma} \leq T_{\delta} = 0,18\text{мм}$ витримується.

3.1.4. Загальний опис конструкції, принцип дії, економічне обґрунтування

Для свердління отвору на 030 операції використовується кондуктор з пневмоциліндром 7. В кондуктор запресована кондукторна втулка 11.

Принцип дії.

Деталь встановлюється на оправку 6, фіксується опорою 4. При затиску повітря подається в штокову порожнину пневмоциліндра, шток переміщується коромисло разом із направляючими 3 до низу. Кондукторна плита 5 затискає заготовку. При розтиску деталі в безштокову порожнину пневмоциліндра поступає повітря шток, під тиском, разом із коромислом переміщується в верх піднімаючи через направляючі кондукторну плиту і здійснюється розтиск деталі.

Економічне обґрунтування.

Для розрахунку економічної ефективності впровадження пристрою і виробництво ми порівнюємо два варіанти обробки деталі на верстатах, при першому варіанті деталь встановлюється на столі верстата, при другому – кріпиться в пристрої. При встановленні деталі безпосередньо на верстат витрачається більше часу, ніж при використанні спеціального пристрою:

$$T_{um} + T_{дон} > T_{um}.$$

Для операції 025 $T_{дон} = 0,2$ хв.

За рік роботи верстата при $N=80000$ шт.

$$T_{дон} = \frac{0,2 \cdot 80000}{60} = 267 \text{ год.}$$

Одна година роботи на верстаті коштує $C_e = 4,53$ грн. Тобто, собівартість деталей за рік зростає на $\xi = 4,53 \cdot 267 = 1210$ грн.

Собівартість пристрою $C_{np} = 1380$ грн. Для забезпечення зниження собівартості виготовлення деталей краще використовувати пристрій.

3.2. Проектування контрольного пристрою

3.2.1. Розрахунок на точність

Точність контрольного пристрою залежить від точності вимірювальних головок, штативу і опорних плит, на які встановлюється деталь [7]. Оскільки плита має дуже малу шорсткість поверхні, то похибкою розміщення по цій плиті можна знехтувати.

Тоді, похибка вимірювання буде рівна $\varepsilon_{к.п} = \sqrt{\varepsilon_z + \varepsilon_{ш}} = \sqrt{0,001^2 + 0,004^2} = 0,004$ мм;

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

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

Похибка вимірювання не впливає на кінцевий результат процесу вимірювання.

3.2.2. Загальний опис конструкції, принцип дії

Контрольний пристрій призначений для контролювання радіального биття, який складається з корпусу 4. До нього кріпиться державка 3 гвинтом 12, яка з'єднана з оправкою 6, на яку встановлюється деталь. З правої сторони закріплена стійка 8. Деталь затискується прижимом 7, за допомогою гвинта 2. На стійці 8 пригвинчений кронштейн 5, в якому встановлений індикатор годинникового типу 1. Відстань від головки індикатора до поверхні, яка контролюється, регулюється контргайкою 11. Ціна поділки індикатора становить 0,001мм. Контроль сумарного допуску форми та розміщення – радіальне биття – циліндричної поверхні Ø60мм відносно базової циліндричної поверхні Ø50мм здійснюється за один повний оберт деталі. Контрольований параметр, згідно креслення деталі, не повинен перевищувати 0,05мм.

3.3. Розрахунок спеціального ріжучого інструменту

Проводимо проектування комбінованого свердла-зенкера для обробки наскрізного отвору. Для цього, вибираємо матеріал ріжучої частини свердла-зенкера – Р6М5 DIN 17350; конструкція робочої частини комбінованого

свердла-зенкера – суцільна, а хвостовик виконано з матеріалу 40Х ДСТУ 7806 і приварюється до робочої частини зенкера.

Вибір основних параметрів комбінованого інструменту проводимо за джерелом [8]:

- значення кута 2ϕ при вершині;
- значення кута ω нахилу гвинтових канавок для зенкера $\omega=15^\circ$;
- задній кут α головного різального леза приймаємо рівним 8° ;
- передній кут $\gamma=25^\circ$;
- зворотній конус під кутом $\phi_1=1^\circ$;
- довжина свердла та зенкера: $l_1 = 50$ мм; $l_2 = 100$ мм.
- конус Морзе №3.

Розроблене креслення свердла-зенкера представлено к графічній частині роботи.

РОЗДІЛ 4

ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ДІЛЬНИЦІ

4.1. Уточнення типу виробництва

Уточнюємо тип виробництва на основі визначеної технічної норми часу механічної обробки фланця . Результати розрахунку представляємо в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Уточнення типу виробництва

№ опер.	Назва операції	T _{шт.} , хв.	m _{р.} , шт.	m _{пр.} , шт.	η_{ϕ}	O	Тип обладнання
1	Токарна-револьверна	2,26	0,48	2	0,49	1,42	1Г325
2	Токарна-револьверна	2,39	0,82	2	0,41	1,83	1Г325
3	Вертикально-свердлильна	0,62	1,07	1	0,27	2,78	2Н118
4	Горизонтально-фрезерна	0,36	0,96	1	0,16	4,69	6Р80Г
5	Вертикально-свердлильна	0,46	0,42	1	0,2	3,75	2Н125Л
6	Агрегатна	0,59	0,26	1	0,26	2,88	2056
7	Круглоліфувальна	1,32	0,73	1	0,58	1,29	3М151
8	Круглошліфувальна	0,99	1,19	1	0,43	1,74	3М151
Сума		8,99		8		20,38	

Уточнюємо коефіцієнт закріплення операції $K_{3,0} = \frac{20,38}{10} = 2,03$ - виробництво багатосерійне.

За проведеним перерахунком організаційна форма на виробництві залишається потоковою.

\

4.2. Визначення кількості працівників на дільниці

Кількість основних робітників, які закріплені за робочими місцями визначається за формулою [9]:

$$P_B = M_{pe} \times m \times k_n,$$

де M_{pe} – кількість місць робітників – верстатників: $M_{pe} = \frac{m_{np.}}{k_m}$,

де $m_{np.}$ – прийнята кількість верстатів на дільниці; $k_m = 1,5$ – коефіцієнт багатостатного обслуговування.

$$M_{pe} = \frac{8}{1,8} \approx 5,$$

де m – кількість змін роботи обладнання в добі;

$k_n = 1,14$ – коефіцієнт, що враховує додаткову кількість робітників для зміни:

$$k_n = \frac{\Phi_{n.p.}}{\Phi_{d.p.}}$$

$$P_o = 5 \times 2 \times 1,14 \approx 11 \text{ чол.}$$

Кількість основних робітників, не верстатників, визначається у відсотках від числа верстатників – 1...3% [9]. Тобто $P_o = 0,03 \cdot 11 = 1$ чол.

До працюючих відносяться також і допоміжні робітники, які складають для виробництва [9]: $P_o = (35...50)\% P_o = 0,45 \cdot 12 = 5,4$, Приймаємо 6 чоловік.

Керівники становлять 3% від $P_o + P_d$ [9]:

$$P_k = 0,03 \cdot (12 + 6) = 0,54 \text{ чол. Приймаємо 1 чоловіка.}$$

Спеціалісти складають 13% від $P_o + P_d$ [9]:

$$P_{cn} = 0,13 \cdot (12 + 6) = 2,34 \text{ чол. Приймаємо 3 чоловіка.}$$

Службовці становить 4% від $P_o + P_d$ [9]:

$$P_{cl} = 0,04 \cdot (12 + 6) = 0,72 \text{ чол. Приймаємо 1 чоловіка.}$$

Загальна кількість працюючих на дільниці:

$$P_{np.} = 12 + 6 + 1 + 3 + 1 = 23 \text{ чол.}$$

4.3. Розрахунок виробничої площі дільниці

Для укрупненого розрахунку виробничої площі використовують питомі площі, які приходяться на одиницю обладнання, на одне робоче місце або одного робітника.

Вибираємо габаритні площі для верстатів: для дрібних верстатів – 10 м^2 , для середніх верстатів – 15 м^2 [10].

Виробнича площа визначається за формулою:

$$F_{\text{вир}} = C_n \cdot F_{\text{вер}},$$

де C_n – прийнята кількість верстатів на дільниці;

$F_{\text{вер}}$ – питома площа на 1 верстат, в м^2 ;

Оскільки дрібних верстатів є 5, а середніх верстатів 3 то:

$$F_{\text{вир.д}} = 5 \cdot 10 + 3 \cdot 15 = 105 \text{ м}^2.$$

Площа проїздів складає:

$$F_{\text{проїзд}} = (10...14)\% \cdot F_{\text{вир}}, \quad F_{\text{проїзд}} = 0,1 \cdot 105 = 10,5 \text{ м}^2$$

Загальна площа механоскладального цеху становить:

$$F_{\text{заг.ц}} = F_{\text{вир}} + F_{\text{проїзд}} = 105 + 10,5 = 115,5 \text{ м}^2$$

Основні техніко-економічні показники дільниці наведено у додатку В.

4.4. Розробка технологічного планування дільниці

Будівля в якому розміщується дільниця для виготовлення фланця є одноповерховою. Із сіткою колон шириною прольоту $L = 24 \text{ м}$ і кроком колон $t = 12 \text{ м}$. Розміри основних колон в поперечному перерізі складають $0,4 \times 0,4 \text{ м}$.

В основній зоні знаходяться дільниці механічної обробки.

На листі викреслюємо план дільниці в масштабі 1:50. На дільниці знаходиться вісім верстатів: два свердлильних (малі), два круглошліфувальних (середні), один фрезерний (малий), чотири токарних (середні), один агрегатний (середній). Все обладнання, яке підлягає розміщенню на дільниці за габаритами

верстатів приймають свій контур за крайніми точками виступаючих частин. Форму габариту спрощуємо до вигляду прямокутника. До верстатів загального призначення використовуємо готові темплети [9]. На робочому місці знаходиться один робітник, який обслуговує один верстат. Відстань між малими верстатами становить 1,3 м, між середніми – 1,5 м; між верстатами і стіною – 0,9 м. Ширина наскрізного проїзду становить 4,5м, ширина двох проїздів вздовж прольоту становить 4м, а ширина проїзду біля допоміжних приміщень – 3,5м [11]. Виходячи з санітарно-гігієнічних вимог на ділянці встановлюються умивальник і кран з розрахунку один кран на 7...20 чоловік. З умов пожежної безпеки на ділянці, біля виїздів пожежні крани.

4.5. Вибір вантажопідійомних і транспортних засобів на ділянці

Міжопераційний вантажопотік визначається за формулою: $q = \sum_{i=1}^n q_i \cdot N_i$,

де n – число найменувань деталей, які перевозяться між двома пунктами одним транспортним засобом;

q_i – маса деталі, що перевозиться;

N_i – програма випуску цих деталей.

$$q = 1.33 \cdot 80000 = 106400 \text{ кг.}$$

Для міжцехового і внутрішньо цехового перевезення розрахунок транспортних засобів періодичної дії доцільно проводити із умови вантажопотоків добових перевезень:

$$C'_{\text{доб}} = \frac{C'_{\Sigma}}{254}, \quad C'_{\text{доб}} = \frac{1664000}{254} = 6551 \text{ кг.}$$

З метою забезпечення безперебійного функціонування виробництва використаємо такі транспортні засоби як електрокари та мостові крани.

Потреба в електрокарах визначається за формулою: $n_m = \frac{Q[\frac{L_m}{V} + m(t_H + t_p)]}{60 \cdot F_g \cdot g \cdot k}$,

де $Q=106,4$ – кількість вантажів, що будуть перевезені протягом планового періоду, в т.;

L_m – довжина маршруту, в м:

$$L_m = 3.9 \cdot 2 + 0.9 \cdot 1 + 1.8 \cdot 1 + 1.1 \cdot 1 + 2 \cdot 1 + 4.6 \cdot 2 = 22 \text{ м};$$

$V = 10$ – швидкість руху, м/хв.;

m – кількість пунктів;

$t_H = 3$, $t_P = 6$ – відповідно час завантаження і розвантаження на кожному пункті,

в хв.;

$F_D = 4059$ – дійсний фонд, в год.;

$g = 1,5$ – вантажопідйомність електрокари, т;

$k = 0,8$ – коефіцієнт, який враховує втрати часу на ремонт.

$$n_m = \frac{106.4 \cdot \left[\frac{30}{10} + 8(3 + 6) \right]}{60 \cdot 4059 \cdot 1,5 \cdot 0,8} = 0.1 \text{ шт.}$$

Отже, приймаємо одну електрокару.

Потреба в мостових кранах визначається за формулою: $k_p = \frac{N \cdot i \left(\frac{L_m}{V} + t_H + t_P \right)}{60 \cdot F_g \cdot a}$,

де $i = 2$ – кількість кранових операцій;

a – кількість вантажів, яких одночасно може підняти кран, $a = 3$;

$$L_m = 22 \times 2 = 44 \text{ м};$$

$$V = 30 \text{ м/хв.};$$

$$t_H = 4 \text{ хв.}, t_P = 6 \text{ хв.}$$

$$k_p = \frac{80000 \cdot 2 \left(\frac{44}{30} + 4 + 6 \right)}{60 \cdot 4059 \cdot 3} = 2,4 \text{ шт.} \quad \text{Приймаємо два мостових крани.}$$

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Виявлення небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Детальний аналіз використовуваного у спроектованому механічному цеху обладнання свідчить, що при механічній обробці існуватимуть такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори: підвищений рівень напруги в електричних ланцюгах металорізальних верстатів; вібрація та шум; надлишки явного та повного тепла; забруднення повітря виробничого приміщення та інші [12].

З метою запобігання негативного впливу виявлених небезпечних та шкідливих виробничих факторів на здоров'я працівників, попередження виникнення виробничого травматизму під час виконання технологічного процесу механічної обробки передбачаємо дотримання наступних основних вимог охорони праці та техніки безпеки:

- Конструкції використовуваних для механічної обробки деталей верстатів повинні відповідати вимогам ДСТУ 12.2.003-2005, ДСТУ 12.2.007.02-2005 та ДСТУ 12.2.009-2005.

- Роботи, що проводяться у виробничому підрозділі повинні відповідати вимогам ДНАОП 1.4.10.02-03 і ДНАОП 1.1.10.1.04-01.

- На робочому місці біля верстата розміщується інструкція з охорони праці.

- Призначення органів керування обладнання та верстатів повинно відповідати вимогам ДСТУ 12.4.040-90.

- Приміщення та робочі місця верстатників повинні відповідати вимогам СНіП 23-05-2010.

Передбачено також аварійне освітлення, яке автоматично вмикатись у разі раптового вимкнення робочого освітлення. Це є необхідним для здійснення евакуації працівників із приміщення. Світлові ліхтарі робочого та аварійного

освітлення у виробничих і допоміжних приміщеннях живляться від різних незалежних джерел.

- Струмopровідні частини обладнання ізольовані або обгороджені, Металеві частини обладнання є заземлені (зануленні) відповідно до "Правил улаштування електроустановок".

- В технологічній документації зазначається основні та допоміжні пристосування та інструменти, що забезпечують безпечне виконання робіт протягом усього технологічного процесу.

- Ширина виробничих проходів та проїздів, відстані між металорізальними верстатами та елементами виробничої будівлі встановлені залежно від обладнання, що застосовується та транспортних засобів відповідно до вимог норм технологічного проектування.

- Верстати забезпечені екранами - для запобігання небезпеки травмування верстатника. Під час виконання роботи на верстаті повинні використовуватись захисні окуляри.

- Верстатні пристрої відповідають вимогам безпеки згідно з ДСТУ 12.2.029-2010. Захисні огороження виробничого обладнання відповідають вимогам ДСТУ 12.2.062-2010.

- Верстати оснащені вбудованими пристроями місцевого освітлення зони обробки. Напруга живлення світильників місцевого освітлення з лампами розжарювання повинна не більше 42 В. Для світильників з люмінесцентними лампами - 127 В або 220 В. Вбудовані або прибудовані пристрої місцевого освітлення повинні створювати на робочому місці рівень освітленості, що відповідає вимогам ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення. Норми проектування».

Одним із основних виявлених небезпечних та шкідливих виробничих факторів при механічній обробці деталі є вібрації, які негативно впливають не тільки на здоров'я працівників, але і на точність і довговічність обладнання.

Віброізоляцію використовуваних металорізальних верстатів забезпечуємо шляхом введення в коливну систему додаткового пружного зв'язку, який перешкоджає передачі вібрації від вібруючого верстата до підлоги виробничого приміщення, суміжних верстатів, працівників дільниці. Крім того, для захисту від вібрацій передбачаємо організаційно-технічні заходи, які полягають у експлуатації обладнання відповідно до встановлених норм та режимів, своєчасному його ремонті та якісному обслуговуванні.

Шум, який виникає під час роботи металорізальних верстатів, знаходиться у різних октавних смугах. Нормування шуму передбачаємо за рекомендованим нормативними документами, методом – за рівнем звуку, що визначається шумоміром. Таким чином, згідно вимог Державних санітарних норм ДСН 3.3.6.037–99, для умов праці, характерних для роботи на обладнанні, що використовується для обробки фланця, допустимий рівень шуму становитиме 90 дБА.

Для захисту працівників від шуму передбачаємо використання акустичних засобів звукоізоляції, звукопоглинання, віброізоляції, демпфування та глушників шуму.

Стіни виробничого приміщення акустично оброблюємо звукопоглинальними матеріалами, а до стелі в місцях виконання особливо шумних операцій підвішуємо штучні звукопоглиначі. В якості звукопоглинальних матеріалів використовуємо супертонке скловолокно та мінераловатні плити.

Під час експлуатації металорізального обладнання виникають надлишки явного тепла, оскільки інтенсивність теплових потоків для обладнання, що використовується є досить високою. Тому для створення мікроклімату у виробничому приміщенні, параметри якого відповідали б нормативним вимогам [13], передбачаємо використання місцевої та загально-обмінної систем вентиляції. Допускаємо використання рециркульованого повітря (але не більше

20 %), що дозволить досягнути істотного зменшення енерговитрат на роботу системи вентиляції. Метеорологічні умови згідно нормативних вимог повинні бути наступними: в холодний період року: 20...21 °С; в теплий період року: 21...22 °С. Щодо відносної вологості повітря на робочих місцях виробничого приміщення, то незалежно від періоду року та категорії важкості виконуваних робіт її значення повинно не перевищувати 75%.

Під час впровадження розробленого технологічного процесу механічної обробки деталі у виробництво існуватиме небезпека аерозольного забруднення повітря, що негативно впливає на здоров'я працівників та довговічність обладнання. Однак використання систем вентиляції, які забезпечують високий ступінь очистки відпрацьованого повітря від шкідливих домішок за рахунок його багатоступеневого очищення у відповідних апаратах, дозволяє досягнути істотного покращення складу повітряного середовища виробничого приміщення. Таким чином, концентрації шкідливих речовин однонаправленої дії у повітрі біля робочих місць верстатників не перевищуватимуть гранично-допустимих величин, визначених відповідними нормативними документами [14].

5.2. Розробка протипожежних заходів

Пожежі становлять особливу небезпеку для працівників і пов'язані з великими матеріальними втратами. Як відомо, пожежа може виникнути під час взаємодії горючих речовин та джерела запалювання. Горючими компонентами на спроектованому виробництві є: будівельні матеріали для акустичної та естетичної обробки приміщень, перегородки, двері, підлоги, ізоляція кабелів й ін. [15].

До засобів гасіння пожежі, призначених для локалізації невеликих загорянь, передбачаємо пожежні гідранти, внутрішні пожежні водопроводи, вогнегасники [16], сухий пісок т.п.

Велике значення для обмеження поширення вогню і забезпечення безпеки людей та їх евакуації з приміщення має план споруди і передбачення евакуаційних шляхів, які дозволяють людям в разі пожежі швидко покинути приміщення.

Для виявлення на початковій стадії загоряння й оповіщення служби пожежної охорони передбачаємо використання системи автоматичної пожежної сигналізації, які складаються із пожежних оповісників; ліній зв'язку; прийомних пультів (станцій).

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розроблено технологічний процес, на основі типового, виготовлення фланця 00.047.2025-2 в умовах багатосерійного виробництва, шляхом застосування саме при такому типі виробництва спеціального агрегатного верстату, а також покращення структури технологічного процесу, внаслідок застосування високопродуктивного технологічного оснащення, що дозволяє значно скоротити основний, а отже і штучний час обробки деталі, що в свою чергу значно скорочує трудомісткість та виготовлення виробу.

Запропоновані конструкції спеціального верстатного та контрольного пристосування. Проведено їх розрахунок на точність, виходячи із запропонованих умов роботи.

Спроектована дільниця для механічної обробки забезпечить задану програму випуску і безпечну роботу працюючих.

Розроблені засоби безпеки виробництва та розглянуті питання охорони праці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ EN 1561:2010. Чавун з кулястим графітом для виливків. Марки. К.: Держстандарт України, 2020. 13 с. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=68475 (дата звернення: 20.03.2025).
2. Гущин О. В. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин: посібник для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 131 – «Прикладна механіка» спеціалізації «Технології машинобудування». Краматорськ: ДДМА, 2019. 159 с.
3. Рудь В.Д., Божко Т.Є., Гальчук Т.Н. Методологія підготовки випускної роботи за спеціальністю 131- Прикладна механіка (освітній рівень – бакалавр; спеціалізація – технології машинобудування): навчальний посібник. Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2017. 487с.
4. Григурко І.О., Брендуля М.Ф., Доценко С.М. Технологія обробки типових деталей (курсове проектування): навч. посіб. Львів: Новий світ-2000,2006. 576 с.
5. Ревнівцев М. П., Паршина Н. П. Режими різання на металообробних верстатах у машинобудуванні: навч. посіб. К. : А.С.К., 2006. 416 с.
6. Боровик А.І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва: підручник. К.: Кондор, 2008. 726 с.
7. Гевко Б.М., Дичковський М.Г., Матвійчук А.В. Технологічна оснастка. Контрольні пристрої: навч. посіб. К.: Кондор, 2009. 220 с.
8. Кукляк М. Л., Афтаназів І. С., Юрчишин І. І. Металорізальні інструменти. Проектування: навч. посіб. Львів: НУ "ЛП", 2003. 556 с.
9. Гальчук Т.Н. Проектування та організація підрозділів сучасного машинобудівного виробництва: елект. навч. посіб. для студентів спеціальності 131 – „Прикладна механіка” денної та заочної форм навчання. Луцьк: ЛНТУ, 2022. URL: <https://elib.lntu.edu.ua> (дата звернення: 10.04.2024).
10. Дусанюк Ж.П., Семичеснов Н.С., Гунько І.В. Механоскладальні цехи та дільниці у машинобудуванні. Вінниця: ВДТУ, 2003. 262 с.

11. Вимоги до розміщення виробничого обладнання і організація робочих місць. URL: <http://do.gendocs.ru/docs/index-24983> (дата звернення: 15.04.2024).
12. Основи охорони праці : підручник / М. С. Одарченко та ін. Х. : Стиль-Издат, 2017. 334 с.
13. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <https://dnaor.com/html/34094> (дата звернення: 20.05.2025).
14. НПАОП 28.0-1.01-90 Галузеві правила з техніки безпеки і виробничої санітарії при холодній обробці металів на металорізальних верстатах. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=57874 (дата звернення: 16.05.2025).
15. Стищенко Т.Є., Пронюк Г.В. Сердюк Н.М. та ін. Безпека життєдіяльності: навч. посібник. Харків : ХНУРЕ, 2018. 336 с.
16. ДСТУ 4172-2003 "Засоби пожежної безпеки. Пожежні вогнегасники для гасіння пожеж рідких речовин. Загальні технічні умови". URL: <https://euroservis.com.ua> (дата звернення: 16.05.2025).

ДОДАТКИ