

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

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

**ПРОЕКТУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ З РОЗРОБКОЮ ТЕХНОЛОГІЧНОГО
ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ КОРПУСУ 47.7621.1841.**

спеціальність 131 Прикладна механіка
освітня програма Прикладна механіка

Виконав: здобувач вищої освіти
Групи ІМ-41
Крутій Артем Вікторович

(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

Крутію Артему Вікторовичу

1. Тема кваліфікаційної роботи Проектування ділянки з розробкою технологічного процесу механічної обробки корпусу 47.7621.1841.

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

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

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

3. Вихідні дані до роботи: Креслення деталі корпусу 47.7621.1841., річна програма випуску 7200шт/рік, нормативні дані.

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

Анотація. Вступ. Розділ 1. Загальна частина. Розділ 2. Технологічна частина.

Розділ 3. Конструкторська частина. Розділ 4. Проектування механічної ділянки.

Розділ 5. Охорона праці. Висновки і пропозиції. Список використаних джерел.

Додатки.

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

Креслення заготовки – 1 лист (ф.А2), КН – 1 лист (ф.А1), складальне креслення

верстатного пристрою - 1 лист (ф.А1), складальне креслення контрольного

пристрою - 1 лист (ф.А2), план ділянки – 1 лист (ф.А2), креслення спеціального

ріжучого інструменту – 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

Крутій А.В.

Керівник кваліфікаційної роботи

Гальчук Т.Н.

АНОТАЦІЯ

Крутій А.В. Проектування дільниці з розробкою технологічного процесу механічної обробки корпусу 47.7621.1841. 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 розроблено технологічний процес механічної обробки корпусу 47.7621.1841 для умов багатосерійного виробництва, а також розглянуті питання охорони праці. Спроектовано креслення заготовки корпусу 47.7621.1841 отриманої методом лиття у піщані форми машинним формуванням. Розроблено карту налагодження, складальні креслення: спеціальних верстатного та контрольного пристрою, спеціального ріжучого інструменту та планування механічної дільниці з обробки корпусу 47.7621.1841.

Об'єкт дослідження – корпус 47.7621.1841.

Предмет дослідження – технологічний процес механічної обробки корпусу 47.7621.1841.

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

ABSTRACTS

Krutii A.V. Design of the site with the development of the technological process of mechanical processing of the hull 47.7621.1841. 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 develops a technological process for machining the housing 47.7621.1841 for conditions of mass production, and also considers issues of labor protection. A drawing of the housing blank 47.7621.1841 obtained by the method of casting in sand molds by machine molding is designed. A setup map and assembly drawings have been developed: special machine tool and control devices, special cutting tools, and a layout of the mechanical section for processing the body 47.7621.1841.

The object of research is the case 47.7621.1841.

The subject of research is the technological process of mechanical processing of the case 47.7621.1841.

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

ЗМІСТ

	ст.
ВСТУП	8
1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	10
1.1. Службове призначення і характеристика об'єкта виробництва	10
1.2. Вибір методу одержання заготовки	10
1.3. Вибір методу обробки поверхонь	12
1.4. Визначення типу та організаційної форми виробництва	13
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	15
2.1 Аналіз технологічності конструкції деталі	15
2.2 Вибір та розрахункове обґрунтування баз	17
2.3 Визначення допусків на технологічні розміри і розрахунок припусків	21
2.4 Розрахунок режимів різання, вибір обладнання	23
2.5 Нормування технологічного процесу	25
3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	27
3.1. Проектування токарного самоцентруючого патрону	27
3.1.1. Вибір і обґрунтування принципу дії пристрою	27
3.1.2. Силовий розрахунок параметрів приводу	28
3.2. Проектування пристрою для контролю співвісності двох отворів $\varnothing 90H7$ і $\varnothing 127H7$ і перпендикулярності торця деталі	28
3.2.1. Розрахунок пристрою на точність	28
3.2.2. Загальний опис конструкції, принцип дії	29
3.3. Розрахунок спеціального ріжучого інструменту	30
4. ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ДІЛЬНИЦІ	32
4.1. Уточнення типу виробництва	32
4.2. Визначення кількості працівників на дільниці	32
4.3. Розрахунок виробничої площі дільниці	33
4.4. Розробка технологічного планування дільниці	34

4.5	Вибір вантажопідйомних і транспортних засобів на ділянки	35
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	37
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	43
	СПИСОК ПОСИЛАНЬ	44
	ДОДАТОК	46

В С Т У П

Актуальність теми. У сучасному машинобудуванні деталі заданої форми з необхідною точністю і якістю отримуються в основному механічною обробкою. Однак в процесі механічної обробки деталей машин виникають проблеми, що пов'язані з необхідністю виконання технічних умов, що зазначаються конструктором, а також питання трудомісткості та собівартості виготовлення. Їх вирішення зводяться до вдосконалення технологічних процесів, організації виробництва, запровадження механізації та автоматизації виробничих процесів на базі досягнення науки і техніки.

Тому актуальним є розробка прогресивних технологій обробки деталей для умов серійних виробництв з врахуванням характеристик та призначення об'єктів виробництва. Особливо це стосується корпусних деталей, що служать для розміщення в них інших конструктивних елементів машин.

Мета роботи - проектування дільниці з розробкою технологічного процесу механічної обробки корпусу 47.7621.1841.

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

- зробити аналіз службового призначення та технологічності конструкції корпусу 47.7621.1841;
 - спроектувати технологічний процес механічної обробки корпусу 47.7621.1841 з повним комплектом технологічної документації;
 - розробити конструкції спеціальних верстатного та контрольного пристроїв,
 - розглянути питання охорони праці;
 - розробити план дільниці для механічної обробки корпусу 47.7621.1841.
- Об'єкт дослідження* – деталь «Корпус 47.7621.1841».
- *Предмет дослідження* – технологічний процес механічної обробки деталі «Корпус 47.7621.1841».

В роботі використовувалися стандартні методики розрахунків, що ґрунтуються на загальних положеннях технології машинобудування, теорії різання матеріалів; використання засобів САПР для конструювання та проектування.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробці технологічного процесу для виробничого підрозділу виготовлення корпусу 47.7621.1841. У кваліфікаційній роботі запропоновані такі нові рішення:

- розроблений технологічний процес механічної обробки для умов серійного виробництва деталі «Корпус 47.7621.1841»;
- спроектовано конструкції механізованого верстатного та контрольного пристосування;
- розроблено план виробничої ділянки для механічної обробки корпусу 47.7621.1841 з аналізом охорони праці на виробництві.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1. Службове призначення і характеристика об'єкта виробництва

Деталь корпус 47.7621.1841 служить для центрування і забезпечення співвісності насоса і двигуна, а також виконує функції кожуха зубчастої муфти.

Матеріал, з якого виготовляється деталь – сталь 35Л ДСТУ 8781:2018 [1].

Матеріал характеризується добрими ливарними властивостями, зокрема гарною плинністю та герметичністю; малою здатністю до гарячих тріщин.

Шорсткість основних поверхонь корпусу 47.7621.1841 – $R_a=1,6...3,2$ мкм, інших – $R_a=6,3...12,5$ мкм. За умовами роботи корпус 47.7621.1841 повинен бути герметичним, корозійно стійким, по можливості легким, стійким до динамічних і вібраційних навантажень.

Фізико-механічні властивості матеріалу представлені в таблиці А.1, а хімічний склад у таблиці А.2.

1.2. Вибір методу одержання заготовки

Для виготовлення деталі „Корпус 47.7621.1841” вибираємо два варіанти виготовлення виливка: у піщані форми з використанням ручного формування, а також з використанням машинного формування [2]. З технологічних процесів лиття, що рекомендуються стандартом, у піщані форми, вибираємо лиття у форми із суміші із середніми параметрами: вологістю 2,8...3,5% і щільністю 120...160. Результати вибору заносимо для порівняння в таблицю А.3.

Для лиття в піщану форму з ручним формуванням будемо орієнтуватися на середні показники, а для машинного формування вибираємо більш жорстокі умови для підвищення точності [2].

На основі обраних умов точності вибираємо допуски на розмір виливка, допусків форми і розташування поверхонь, після чого визначаємо загальні

допуски і вид остаточної обробки і, у завершення, визначаємо загальний припуск на сторону.

Для підрахунку загального об'єму припусків визначаємо елементарні обсяги, що вони займають на заготовці.

Спочатку, користуючись формулою для обчислення об'ємів порожніх циліндрів, розраховуємо об'єми для варіанта ручного формування.

$$\begin{aligned}V_1 + V_2 &= 50,67 \text{ см}^3; V_3 = 17,27 \text{ см}^3; V_4 = 15,90 \text{ см}^3; V_5 = 30,17 \text{ см}^3; \\V_6 &= 46,58 \text{ см}^3; V_7 = 57,72 \text{ см}^3; V_8 = 10,86 \text{ см}^3; V_9 = 58,09 \text{ см}^3; V_{10} = 82,53 \text{ см}^3; \\V_{10} &= 32,41 \text{ см}^3; V_{11} = 63,8 \text{ см}^3; V_{12} = 75,2 \text{ см}^3.\end{aligned}$$

$$\text{Загальний об'єм припуску } V_{np} = \sum V_i$$

$$\begin{aligned}V_{np} &= 50,57 + 17,27 + 15,90 + 31,17 + 46,58 + 59,72 + 10,86 + 58,09 + 82,53 + \\&+ 32,41 + 63,8 + 75,2 = 263,2 \text{ см}^3.\end{aligned}$$

Масу припуску визначають за формулою $M_{np} = \rho \cdot (V_{np} + V_{nan})$, де ρ – щільність сплаву, г/см³.

V_{np} – об'єм припуску, см³.

$$\text{Звідси маса заготовки } M_3 = M_0 + M_{np} = 12 + 2,33 = 14,33 \text{ кг.}$$

Аналогічно розраховуємо об'єм і масу заготовки для машинного формування.

$$\begin{aligned}V_1 + V_2 &= 50,67 \text{ см}^3; V_3 = 17,27 \text{ см}^3; V_4 = 15,90 \text{ см}^3; V_5 = 30,17 \text{ см}^3; \\V_6 &= 46,58 \text{ см}^3; V_7 = 57,72 \text{ см}^3; V_8 = 10,86 \text{ см}^3; V_9 = 58,09 \text{ см}^3; V_{10} = 82,53 \text{ см}^3; \\V_{10} &= 32,41 \text{ см}^3; V_{11} = 63,8 \text{ см}^3; V_{12} = 75,2 \text{ см}^3.\end{aligned}$$

$$\text{Загальний обсяг припуску } V_{np} = \sum V_i$$

$$\begin{aligned}V_{np} &= 50,57 + 17,27 + 15,90 + 31,17 + 46,58 + 59,72 + 10,86 + 58,09 + 82,53 + 32,41 + \\&+ 63,8 + 75,2 = 263,2 \text{ см}^3.\end{aligned}$$

$$\text{Маса припуску } M_{np} = \rho \cdot (V_{np} + V_{nan}),$$

$$M_{np} = 2,7 \cdot (263,2 + 255,3) = 1407 \text{ г} = 1,407 \text{ кг.}$$

$$\text{Маса заготовки } M_3 = M_0 + M_{np} = 12 + 1,407 = 13,407 \text{ кг.}$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю А.4.

За критерії оцінки техніко-економічної ефективності способів одержання заготовки, приймаємо вартість заготовки і коефіцієнт вагової точності.

Вартість заготовки, грн., визначаємо за формулою [3]:

$$S_{заг} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_g \cdot K_m \cdot K_n \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{від}}{1000}.$$

Результати розрахунків представлені у таблиці А.5.

Економічний ефект, грн., визначаємо за формулою [3]:

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

де $S_{заг1}$ і $S_{заг2}$ – відповідно собівартість одержання заготовки литтям у піщані форми з ручним формуванням та литтям у піщані форми з машинним формуванням.

$$E = (S_{заг2} - S_{заг1}) \cdot N = (2203,4 - 2114,2) \cdot 7200 = 642240 \text{ грн.}$$

Із розрахунків видно, що застосування лиття у піщані форми з машинним формуванням є економічно вигідним, зменшує припуски на механічну обробку і економиться 6696 кг сталі 35Л ДСТУ 8781:2018.

1.3. Вибір методу обробки поверхонь

Вибір методу для обробки кожної поверхні деталі проводимо за допомогою коефіцієнту уточнення [3], що розраховується за формулою:

$$E_p = \frac{T_3}{T_d},$$

де T_3 і T_d – відповідно допуски на розмір заготовки та деталі.

Кількість методів обробки визначаємо за формулою:

$$n_p = \frac{\lg E_p}{0,46},$$

Для прикладу визначимо число методів обробки поверхонь за коефіцієнтом уточнення для операції токарної – обробки поверхні $\varnothing 90H7$ мм.

$$\text{Загальне уточнення } E_p = \frac{640}{30} = 21,33. \text{ Кількість переходів } n_p = \frac{\lg 21,33}{0,46} = 2,1.$$

Прийmemo $n=2$. Різниця квалітетів заготовки та деталі: $12-7=5$, розкладаємо у порядку прогресивного зменшення розмірів $5=3+2$.

Таким чином після 1-го переходу: 12-3=9 квалітет – розточування напівчистове;
після 2-го переходу: 9-2=7 квалітет – розточування чистове.

Аналогічно проводимо розрахунки для обробки поверхні $\varnothing 127H7$ мм.

$$E_p = \frac{640}{40} = 16; \quad n_p = \frac{\lg 16}{0,46} = 2,17; \quad \text{прийmemo } n=2.$$

Різниця квалітетів заготовки та деталі: 12-7=5; 5= 3+2.

Таким чином після 1-го переходу: 12-3=9 квалітет – розточування напівчистове ; після 2-го переходу: 9-2=7 квалітет – розточування чистове.

На основі отриманих розрахунків розробляємо технологічний процес механічної обробки корпусу (таблиця А.5).

1.4. Визначення типу та організаційної форми виробництва

За джерелом [3] тип виробництва визначаємо враховуючи коефіцієнт закріплення операцій $K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P}$,

де O – кількість операцій, які виконуються на робочих місцях,

P – кількість робочих місць на дільниці.

Для встановлення типу виробництва визначаємо наближено штучно-калькуляційний час за формулою: $T_{шт-к} = \varphi_k \cdot T_o$,

де φ_k – коефіцієнт, який враховує тип виробництва і тип верстату [3];

T_o – основний час виконання технологічної операції, хв [3].

Розрахунок представлено у таблиці А.6.

Кількість верстатів [3]:

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

де $N= 7200$ шт/рік- річна програма;

$F_d = 4029$ год - дійсний річний фонд часу роботи обладнання;

$\eta_n = 0,8$ - нормативний коефіцієнт завантаження обладнання.

Кількість операцій [3]: $O = \frac{\eta_n}{\eta_{з.ф.}}$,

де $\eta_{з.ф}$ - фактичний коефіцієнт завантаження обладнання.

Розрахунки за цими формулами зводимо у таблицю А.7.

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{73,99}{12} = 6,2 \text{ - тип виробництва багатосерійний.}$$

Встановлюємо організаційну форму виробництва на основі порівняння добового випуску деталей та добової продуктивності лінії [3].

Добовий випуск деталей визначаємо за формулою:

$$N_{\partial} = \frac{N}{254} = \frac{7200}{254} = 28,4 \text{ (шт.),}$$

де N – річна програма випуску виробів;

254 – кількість робочих днів у році.

Добова продуктивність визначається за формулою $Q_{\partial} = \frac{F_{\partial}}{T_{шт-к.с.}} \cdot \eta$,

де $F_{\partial} = 952$ хв – добовий фонд роботи обладнання у дві зміни;

$T_{шт-к.с.}$ – середня трудомісткість основних операцій, хв: $T_{шт-к.с.} = \frac{\sum_i^n T_{шт-к}}{n} = 3,97$

де $T_{шт-к}$ – штучний час i -ої операції, хв;

n – кількість основних операцій.

$$Q_{\partial} = \frac{952}{3,97} \cdot 0,8 = 191,8$$

Отже $0,6 \cdot Q_{\partial} > N_{\partial}$ і умова застосування потокової форми не виконується, тому приймаємо групову форму організації виробництва.

Розраховуємо розмір партії деталей, які одночасно запускаються у

виробництво за формулою $n = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{7200 \cdot 3}{254} = 85шт$

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

Визначаємо кількість змін для обробки даної партії деталей за формулою

$$C = \frac{T_{шт-к.с.} \cdot n}{476 \cdot 0,8} = \frac{3,97 \cdot 85}{476 \cdot 0,8} = 0,87. \text{ Приймаємо 1 зміну.}$$

Тоді $n_{np} = \frac{C_{np} \cdot 476 \cdot 0,8}{T_{шт-к.с.}} = \frac{1 \cdot 476 \cdot 0,8}{3,97} = 96шт.$

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Аналіз технологічності конструкції деталі

Корпус являє собою порожнисту деталь з взаємо-рівнобіжними і перпендикулярними площинами, що дозволяє застосувати типовий технологічний процес виготовлення. Так як оброблювані площини розташовані паралельно, то можливо використовувати багатоінструментальну обробку із високопродуктивними режимами різання і необхідною точністю [6].

Жорсткість конструкції корпусу, товщина стінок дозволяють забезпечити надійне базування і закріплення під час обробки і контролю.

Конструкція деталі не має різких перепадів внутрішніх і зовнішніх діаметрів, не перпендикулярність осей отворів щодо настановних поверхонь не більш 0,02 мм, зсув осей отворів від номінального розташування не більш 0,02 мм.

Конструкція деталі складається зі стандартних і уніфікованих конструктивних елементів (КЕД). Розміри деталі мають оптимальну точність та шорсткість.

Фізико-хімічні і механічні властивості матеріалу деталі, її твердість, форма, розміри відповідають вимогам технології виготовлення (включаючи процеси обробки), а також збереження і транспортування.

Базова поверхня деталі має оптимальні показники точності і шорсткості, що забезпечують необхідну точність установки, обробки і контролю.

Конструкція деталі забезпечує можливість застосування типових і стандартних технологічних процесів для її виготовлення.

Якісний аналіз технологічності деталі „Корпус 47.7621.1841” наведено у таблиці Б.1.

Кількісний аналіз технологічності деталі „Корпус 47.7621.1841”

- Коефіцієнт використання матеріалу $K_m = \frac{m}{M}$,

де m – маса деталі;

M – маса заготовки.

$$K_m = \frac{m}{M} = \frac{12}{13,4} = 0,81 > 0,5 \div 0,65 - \text{технологічна}$$

По даному показнику деталь технологічна оскільки нормативний K_m для методів лиття, яким одержується заготовка, становить 0,5...0,65.

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

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

Q_e – загальна кількість конструктивних елементів.

$$K_{y.e} = \frac{Q_{y.e}}{Q_e} = \frac{29}{66} = 0,45 < 0,6 - \text{нетехнологічна}$$

- Коефіцієнт стандартизації конструктивних елементів $K_{cm} = \frac{Q_{cm}}{Q_3}$,

де Q_{cm} – кількість стандартних конструктивних елементів;

Q_3 – загальна кількість конструктивних елементів.

$$K_{y.e} = \frac{61}{66} = 0,92 - \text{технологічна}$$

- Коефіцієнт точності обробки: $K_m = 1 - \frac{1}{A_{cp}}$

де A_{cp} – середня точність обробки, яка визначається за формулою:

$$A_{cp} = \frac{1 \cdot n_1 + 2 \cdot n_2 + \dots + 19 \cdot n_{19}}{\sum_1^{19} n_i},$$

де n_i – кількість поверхонь з i -им квалітетом обробки.

$$A_{cp} = \frac{12 \cdot 11 + 10 \cdot 40 + 8 \cdot 3 + 7 \cdot 7 + 6 \cdot 6}{66} = 9,71$$

$$K_m = 1 - \frac{1}{A_{cp}} = 1 - \frac{1}{9,71} = 0,9 > 0,8 - \text{технологічна.}$$

Це свідчить про широку можливість використання для обробки деталі верстатів нормальної точності.

- Коефіцієнт шорсткості $K_w = \frac{1}{B_{cp}}$,

де B_{cp} – середня шорсткість обробки, яка визначається за формулою

$$B_{cp} = \frac{0,01 \cdot n_1 + 0,02 \cdot n_2 + \dots + 80 \cdot n_{14}}{\sum_1^{14} n_i},$$

де n_i – кількість поверхонь які мають шорсткість по параметру ряду R_a .

$$B_{cp} = \frac{40 \cdot 11 + 20 \cdot 40 + 1,25 \cdot 3 + 0,63 \cdot 7 + 0,32 \cdot 5}{66} = 18,9$$

$$K_w = \frac{1}{B_{cp}} = \frac{1}{18,9} = 0,05 < 0,32 \text{ – технологічна.}$$

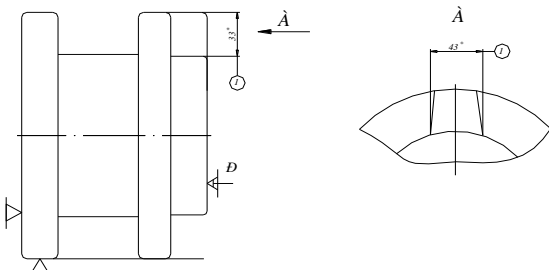
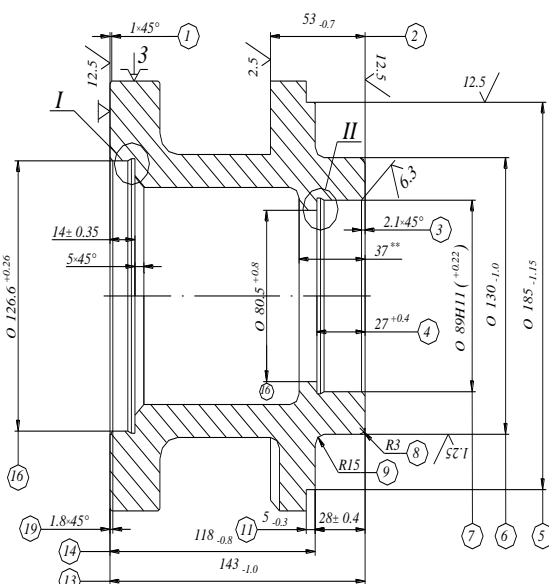
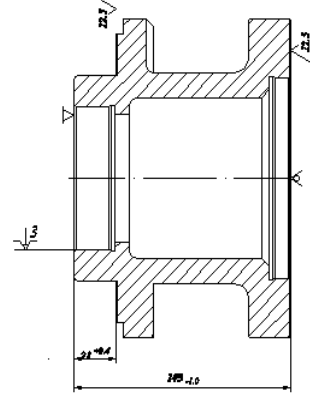
На цій підставі робимо висновок, що дана деталь є технологічною у виготовленні.

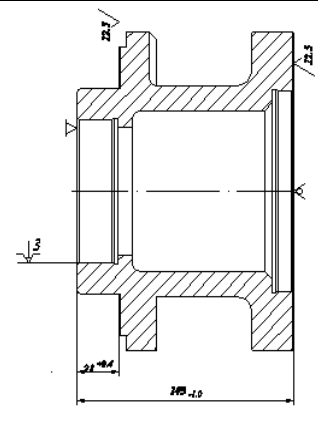
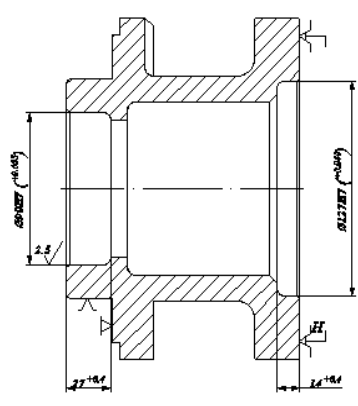
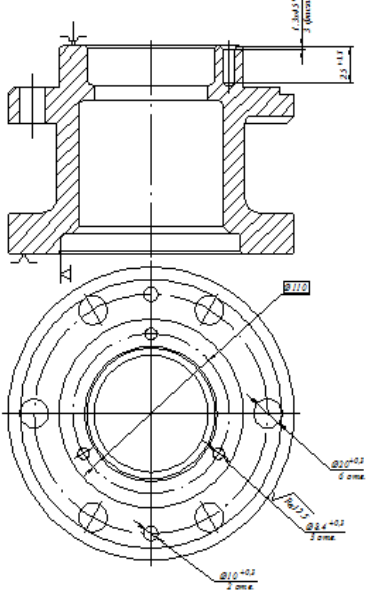
2.2. Вибір та розрахункове обґрунтування технологічних баз

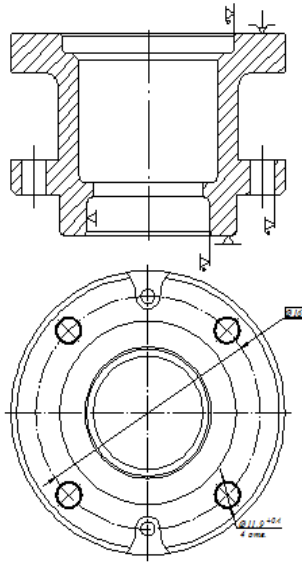
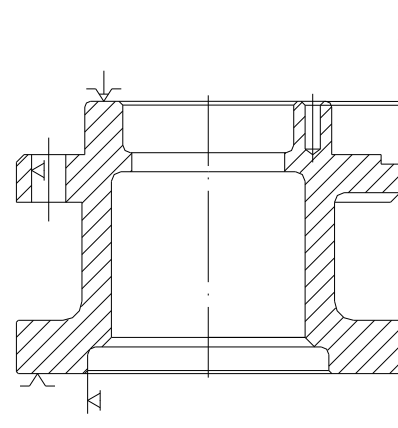
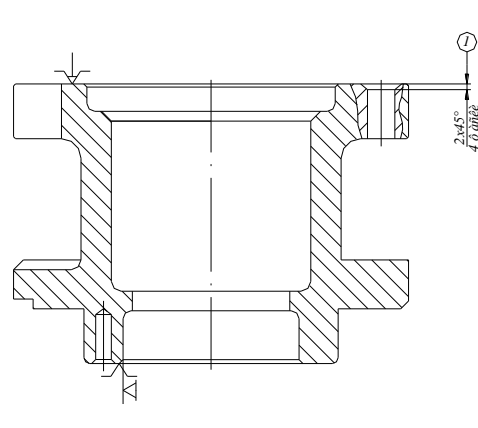
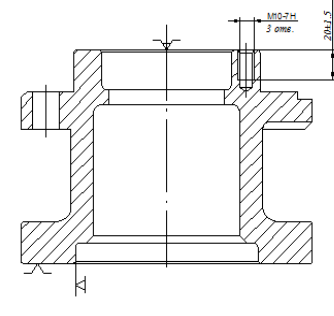
При побудові технологічних процесів виготовлення деталей даного типу, реалізується принцип „від простого до складного”. Наступна технологічна операція має точність на 1...2 квалітети вищу, а шорсткість на 1...2 класи нижчу, ніж попередня [6]. Першою операцією механічної обробки деталі повинна бути обробка базової поверхні. Подальшу обробку деталі варто виконувати за схемою, в котру входять наступні процеси:

- чорнова і чистова токарна обробка в один чи два проходи, у залежності від вимог креслення;
- чорнове і чистове розточування основних отворів;
- свердління, зенкерування отворів, нарізання різі.

Розрахунок похибок обробки:

№ опер.	Назва операції, Зміст переходу	Похибка обробки	Ескіз обробки
1	2	3	4
005	<p>Вертикально-фрезерна.</p> <p>Фрезерувати прилив в розмірі 33мм, 43мм.</p>	$\omega = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} + \omega_{y} + \omega_{с} = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} = 0,25\text{мм}$ $\omega_{y} = 0,14\text{мм}$ $\omega = 0,25 + 0,14 = 0,39\text{мм}$ $T = 0,62\text{мм}$	
010	<p>Токарна з ЧПУ.</p> <p>1. Точити поверхню $\varnothing 185_{-1,15}$ з підрізанням торців в розмір $28_{-0,4}$.</p> <p>2. Точити поверхню $\varnothing 130_{-1,0}$</p> <p>3. Розточити отвір по програмі $\varnothing 80,5^{+0,8}$, $\varnothing 89^{+0,22}$, розточити фаску $2,1 \times 45^0$.</p> <p>4. Підрізати торець в розмір $53_{-0,7}\text{мм}$ і притупити гостру кромку.</p> <p>5. Підрізати торець в розмір $118_{-0,8}$, $145_{-1,0}$ і зняти фаску в розмір 1×45^0.</p> <p>6. Розточити отвір по програмі $\varnothing 126,6^{+0,26}\text{мм}$, розточити фаску 5×45^0</p>	$\omega = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} + \omega_{y} + \omega_{с} = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} = 0,08\text{мм}$ $\omega_{y} = 0,14\text{мм}$ $\omega = 0,08 + 0,14 = 0,22\text{мм}$ $T = 0,22\text{мм}$	
015	<p>Токарно-гвинторізна.</p> <p>1. Підрізати торець в розмір $143_{-1,0}$.</p> <p>2. Підрізати торець в розмір $28^{+0,4}\text{мм}$.</p>	$\omega = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} + \omega_{y} + \omega_{с} = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} = 0,12\text{мм}$ $\omega_{y} = 0,14\text{мм}$ $\omega = 0,12 + 0,14 = 0,28\text{мм}$ $T = 0,4\text{мм}$	

1	2	3	4
015	<p>Токарно-гвинторізна.</p> <p>1. Підрізати торець в розмір 143^{-1,0}.</p> <p>2. Підрізати торець в розмір 28^{+0,4}мм.</p>	$\omega = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} + \omega_y + \omega_c = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} = 0,12 \text{ мм}$ $\omega_y = 0,14 \text{ мм}$ $\omega = 0,12 + 0,14 = 0,28 \text{ мм}$ $T = 0,4 \text{ мм}$	
020	<p>Алмазно-розточна.</p> <p>1. Розточити отвір Ø90H7 в р-р 27^{+0,4}мм.</p> <p>2. Розточити отвір Ø 127H7 в р-р 14^{+0,4}мм.</p>	$\omega = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} + \omega_y$ $\omega_c = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} = 0,02 \text{ мм}$ $\omega_y = 0,09 \text{ мм}$ $\omega = 0,02 + 0,09 = 0,11 \text{ мм}$ $T = 0,035 \text{ мм}$	
025	<p>Радіально-свердлильна.</p> <p>1.Свердлити послідовно 3 отвори Ø8,4мм витримуючи р-р 110мм.</p> <p>2.Свердлити послідовно 2 отвори Ø10мм витримуючи р-р 170мм.</p> <p>3. Свердлити одночасно 6 наскрізних отвори Ø20мм витримуючи розмір 170мм</p>	$\omega = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} + \omega_y$ $\omega_c = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} = 0,2 \text{ мм}$ $\omega_y = 0,09 \text{ мм}$ $\omega = 0,2 + 0,09 = 0,29 \text{ мм}$ $T = 0,3 \text{ мм}$	

1	2	3	4
030	<p>Вертикально-свердлильна.</p> <p>1. Свердлити одночасно 4 отвори Ø13мм витримуючи р-р Ø162мм.</p>	$\omega = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} + \omega_y$ $\omega_c = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} = 0,2\text{мм}$ $\omega_y = 0,09\text{мм}$ $\omega = 0,2 + 0,09 = 0,29\text{мм}$ $T = 0,5\text{мм}$	
035	<p>Радіально-свердлильна.</p> <p>1. Зенкувати послідовно 3 фаски в розмір (1).</p>	$\omega = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} + \omega_y$ $\omega_c = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} = 0\text{мм}$ $\omega_y = 0,09\text{мм}$ $\omega = 0 + 0,09 = 0,09\text{мм}$ $T = 0,11\text{мм}$	
040	<p>Радіально-свердлильна.</p> <p>1. Зенкувати послідовно 4 фаски в розмір (1).</p>	$\omega = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} + \omega_y$ $\omega_c = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} = 0\text{мм}$ $\omega_y = 0,09\text{мм}$ $\omega = 0 + 0,09 = 0,09\text{мм}$ $T = 0,11\text{мм}$	
045	<p>Радіально-свердлильна.</p> <p>1. Нарізати різь М10-7Н в 3-х отворах послідовно</p>	$\omega = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} + \omega_y$ $\omega_c = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} = 0,15\text{мм}$ $\omega_y = 0,09\text{мм}$ $\omega = 0,15 + 0,09 = 0,24\text{мм}$ $T = 3\text{мм}$	

1	2	3	4
050	Радіально-свердлильна. 1 Нарізати різь М14-7Н в 4-х отворах попередньо.	$\omega = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} + \omega_y$ $\omega_c = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} =$ $= 0,15 \text{ мм}$ $\omega_y = 0,09 \text{ мм}$ $\omega = 0,15 + 0,09 =$ $= 0,24 \text{ мм}$ $T = 3 \text{ мм}$	
055	Радіально-свердлильна. 1. Свердлити 2 наскрізні отвори Ø16,4 мм попередньо	$\omega = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} + \omega_y$ $\omega_c = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} =$ $= 0,1 \text{ мм}$ $\omega_y = 0,09 \text{ мм}$ $\omega = 0,1 + 0,09 =$ $= 0,19 \text{ мм}$ $T = 0,3 \text{ мм}$	
060	Радіально-свердлильна. 1 Нарізати різь МК18×1,5 в 2-х отворах попередньо.	$\omega = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} + \omega_y$ $\omega_c = \omega_{н.р} + \omega_{т.с} =$ $= 0,15 \text{ мм}$ $\omega_y = 0,09 \text{ мм}$ $\omega = 0,15 + 0,09 =$ $= 0,24 \text{ мм}$ $T = 3 \text{ мм}$	

2.3. Визначення допусків на технологічні розміри і розрахунок припусків

Розрахунок припусків на розмір $\varnothing 90 \text{ Н}7$.

Мінімальний припуск визначається за формулою [3]

$$2Z_{\min} = 2 \left(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 - \varepsilon_i^3} \right)$$

Сумарні просторові відхилення для напівчистої обробки: $\rho = \rho_{K\phi} = \sqrt{(\Delta k \cdot d)^2 + (\Delta k \cdot l)^2}$;

де d – діаметр отвору;

l – довжина поверхні, що обробляється.

$$\rho_{K\phi} = \sqrt{(0.7 \cdot 90)^2 + (0.7 \cdot 27)^2} = 65,77 \text{ мкм.}$$

Визначаємо похибку встановлення для напівчистої обробки: $\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2}$;

$$\varepsilon_{\delta} = \delta_a = 560 \text{ мкм}; \varepsilon_3 = 80 \text{ мкм}; \varepsilon_y = \sqrt{80^2 + 560^2} = 566 \text{ мкм.}$$

Тоді мінімальний припуск буде дорівнювати $2Z_{\min} = 2(20 + 140 + \sqrt{55^2 + 566^2}) = 1459 \text{ мкм.}$

$$\text{Мінімальний припуск для чистої обробки } 2Z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 - \varepsilon_i^3})$$

Сумарне просторове відхилення для чистої обробки $\rho_r = 0,05 \rho = 0,05 \cdot 65 = 3,25 \text{ мкм} \approx 3 \text{ мкм}$

Похибка встановлення $\varepsilon_r = 0,05 \varepsilon = 0,05 \cdot 566 = 28 \text{ мкм.}$

$$\text{Тоді } 2Z_{\min} = 2(10 + 50 + \sqrt{3^2 + 28^2}) = 176 \text{ мкм.}$$

Визначаємо граничні значення розмірів

$$d_{\min \text{ д}} = d_{\text{НОМ}} - EI = 90 - 0 = 90 \text{ мм.}$$

$$d_{\max \text{ д}} = d_{\text{НОМ}} + ES = 90 + 0,03 = 90,03 \text{ мм.}$$

$$d_{\max \text{ тч}} = d_{\max \text{ д}} - 2Z_{\min \text{ тч}} = 90,03 - 0,176 = 89,854 \text{ мм.}$$

$$d_{\min \text{ тч}} = d_{\max \text{ тч}} - \delta_{\text{тч}} = 89,854 - 0,17 = 89,684 \text{ мм.}$$

$$d_{\max \text{ з}} = d_{\max \text{ тч}} - 2Z_{\min \text{ з}} = 89,684 - 1,457 = 88,227 \text{ мм.}$$

$$d_{\min \text{ з}} = d_{\max \text{ тч}} - \delta_{\text{тч}} = 89,684 - 0,64 = 87,587 \text{ мм.}$$

Визначаємо граничні значення припусків

$$2Z_{\min \text{ ч}} = d_{\max \text{ ч}} - d_{\max \text{ тч}} = 90,03 - 89,854 = 0,176 \text{ мм;}$$

$$2Z_{\min \text{ тч}} = d_{\max \text{ тч}} - d_{\max \text{ з}} = 89,854 - 88,227 = 1,627 \text{ мм;}$$

$$2Z_{\max \text{ ч}} = d_{\min \text{ ч}} - d_{\min \text{ тч}} = 90 - 89,684 = 0,316 \text{ мм;}$$

$$2Z_{\max \text{ тч}} = d_{\min \text{ тч}} - d_{\min \text{ з}} = 89,684 - 87,587 = 1,927 \text{ мм.}$$

Визначаємо загальний припуск

$$2Z_{0 \min} = 2Z_{\min \text{ ч}} + 2Z_{\min \text{ тч}} = 176 + 1457 = 1633 \text{ мкм;}$$

$$2Z_{0 \max} = 2Z_{\max \text{ ч}} + 2Z_{\max \text{ тч}} = 316 + 1927 = 2243 \text{ мкм.}$$

Виконаємо перевірку правильності виконання розрахунків

$$2Z_{\max \text{ ч}} - 2Z_{\min \text{ ч}} = 316 - 176 = 140 \text{ мкм;}$$

$$\delta_{\text{Тч}} - \delta_{\text{ч}} = 170 - 30 = 140 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\text{max нч}} - 2Z_{\text{min нч}} = 1927 - 1457 = 470 \text{ мкм};$$

$$\delta_3 - \delta_{\text{Тч}} = 640 - 170 = 470 \text{ мкм}.$$

Результати розрахунку оформлені у вигляді таблиці 2.1, схема розміщення припусків зображена на рисунку Б.1.

Таблиця 2.1 – Розрахунок припусків і граничних розмірів на розмір $\varnothing 90\text{H7}$

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2z_{\text{min}}$, мкм	Допуск Δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничні припуски, мкм	
	Rz	T	P	ϵ			dmin	dmax	Zmin	Zmax
Заготовка	20	40	55	—	—	640	87,587	88,287	—	—
Розточування напівчистове	10	50	3	566	2·728,5	170	89,684	89,854	1457	1927
Розточування чистове	R_a 1,2	—	—	28	2·88	30	90	90,03	176	316

На усі інші поверхні припуски назначаємо і заносимо у таблицю Б.2.

2.4. Розрахунок режимів різання, вибір обладнання

Режими різання під час проектування технологічних процесів механічної обробки можуть бути призначені двома шляхами: призначенням за довідковою літературою [8] або розрахунково-аналітичним методом [7].

У даній деталі розрахунково-аналітичний метод можна використовувати лише для перевірки правильності призначення режимів різання для найбільш точних поверхонь.

Для прикладу на операцію 055. Радіально – свердлильну. Верстат 2Н55. Різальний інструмент – свердло $\varnothing 16,4\text{мм}$.

Глибина різання при свердлінні $t = \frac{D}{2} = \frac{16,4}{2} = 8,2\text{мм}$

Вибираємо по паспортних даних верстата $S = 0,11 \text{ мм /об.}$

Швидкість різання, м/хв, для свердління розраховується за формулою [7]:

$$v = \frac{C_v^{Z_v} \cdot D^{X_v}}{T^m \cdot S^{Y_v}} \cdot K_{M_v},$$

де $C_v^{Z_v} = 8,9$; $Y_v = 0,7$; $X_v = 0,4$; $m = 0,2$; [7]

$T = 25$ хв – стійкість свердла; [7]

$$K_{M_v} = \frac{48,7}{\sigma_{\epsilon}^{0,9}} = \frac{48,9}{75^{0,9}} = 1,0$$

$$v = \frac{8,9 \cdot 8,2^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,11^{0,7}} \cdot 1,0 = 12,95 \text{ м/хв}$$

Визначаємо розрахункове число обертів $n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 12,95}{\pi \cdot 16,4} = 251,5$ об/хв.

Згідно паспорта верстата коректуємо число обертів $n = 250$ об / хв.

Визначаємо дійсну швидкість різання $V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 16,4 \cdot 250}{1000} = 12,87$ м/хв

Силу різання, Н, визначаємо за формулою [7]:

$$P = C_p \cdot D^{Z_p} \cdot S^{Y_p} \cdot K_{M_p}, \text{ Н}$$

$C_p = 98,8$; $Z_p = 1,0$; $Y_p = 0,7$; [7],

$$K_{M_p} = \left(\frac{\sigma_{\epsilon}}{75}\right)^{0,75} = \left(\frac{75}{75}\right)^{0,75} = 1,0$$

$$P = 98,8 \cdot 16,4^{1,0} \cdot 0,11^{0,7} \cdot 1,0 = 345,6 \text{ Н}$$

Крутний момент, Н·мм, на свердлі визначаємо за формулою [7]:

$$M_k = C_m \cdot D^{2,0} \cdot S^{Y_m} \cdot K_{M_m},$$

$C_m = 39$; $Y_m = 0,8$ [6] стор. 394

$K_{M_m} = K_{M_p} = 1,0$

$$M_k = 39 \cdot 16,4^{2,0} \cdot 0,11^{0,8} \cdot 1,0 = 1794 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Ефективна потужність різання, кВт, [7]: $N_e = \frac{M_k \cdot n}{975 \cdot 1000} = \frac{1794 \cdot 250}{975 \cdot 1000} = 0,5$

Потужність прийнятого верстату 4 кВт. Таким чином прийняті режими різання задовольняють умови обробки.

Режими різання механічної обробки деталі зведені у таблиці Б.3, а обладнання та ріжучий інструмент для виконання технологічних операцій у таблиці Б.4.

2.5. Нормування технологічного процесу

Технічні норми часу встановлюються розрахунково – аналітичним способом, для цього розраховується норма штучного та штучно-калькуляційного часу [3].

Оскільки тип виробництва багатосерійний та групова форма технологічного процесу то визначаємо норму штучно-калькуляційного часу, хв., за формулою:

$$T_{шт-к} = \frac{T_{п.з.}}{n} + T_{шт},$$

де $T_{п.з.}$ – підготовчо-заключний час, хв.;

n – кількість деталей в партії, шт.;

$T_{шт}$ – норма штучного часу, хв.

$$T_{шт} = T_o + T_d + T_{обсл} + T_{відп},$$

де $T_{шт}$ – штучний час на операцію, хв.;

T_o – основний (машинний) час, хв.;

T_d – допоміжний час, хв.: на встановлення та зняття деталі; на закріплення та відкріплення заготовки в пристрій; на прийоми управління верстатом; на вимірювання деталі; на обслуговування робочого місця.

Розраховуємо норму штучного часу на операцію 005 - *Вертикально - фрезерну*.

Основний (технологічний) час визначаємо за формулою [3]

$$T_o = \frac{L}{S}, \quad T_o = \frac{71}{63} \cdot 4 = 4,51 \text{ (хв)}$$

Підраховуємо об'єм допоміжної роботи і час на її виконання [3] :

1) встановити заготовку в пристрій і зняти після виконання операції

$$T_{уст} = 0,4 \text{ хв. ,}$$

2) допоміжний час, зв'язаний з управлінням верстатом $T_{упр} = 0,24 \text{ хв. ,}$

3) допоміжний час, який необхідний на вимірювання деталі після проведення операції $T_{вим} = 0,19 \text{ хв.}$

Загальний допоміжний час $T_d = T_{уст} + T_{упр} + T_{вим} = 0,4 + 0,24 + 0,19 = 0,83$ хв.

Час на обслуговування робочого місця $T_{обсл}$ складає 4 % від $T_{оп} = T_o + T_d$,

$$T_{обсл} = 0,04 \cdot T_{оп} = 0,04 \cdot (4,51 + 0,83) = 0,24 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок і особисті потреби $T_{відп}$ складає 4 % від оперативного часу $T_{відп} = 0,04 \cdot (4,1 + 0,83) = 0,24$ хв.

Штучний час на операцію $T_{шт} = T_{оп} + T_{обсл} + T_{відп} = 5,34 + 0,24 + 0,24 = 5,82$ хв.

Підготовчо – заключний час $T_{пз} = 16$ хв., [3]

Штучно – калькуляційний час $T_{шт-к} = \frac{32}{85} + 5,82 = 6,2$ хв

де $n=85$ шт - величина партії деталей, що одночасно запускається у виробництво.

Аналогічно проводимо розрахунки на інші операції і дані записуємо в таблицю Б. 5.

РОЗДІЛ 3

КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Проектування токарного самоцентруючого патрону

3.1.1. Вибір і обґрунтування принципу дії

В базовому технологічному процесі виготовлення корпусу для токарної обробки на верстаті моделі 16К20 використовувались трикулачкові патрони з ручним затиском за ДСТУ EN 13788:2008.

Патрони цього типу забезпечують надійний затиск заготовки і дозволяють досягти необхідної якості і точності обробки, проте вимагають значних затрат часу на встановлення і зняття деталі [9]. У зв'язку з тим що в технологічного процесу використовується токарний верстат з ЧПУ моделі 16К20Ф3, виникла потреба в застосуванні токарного патрона з механізованим приводом. Серійно випускають токарні самоцентруючий трикулачкові патрони з механізованим приводом. Патрон кріпиться на фланцевий кінець шпинделя верстата. Гвинтом 8, який зв'язує патрон з тягою штока пневматичного циліндра, регулюється положення кулачків 5 відносно поршня пневматичного циліндра. Від само відгвинчування в процесі роботи патрона гвинт втримується пружинним стопором 7, розташованим в гайці 11, остання закріплена на гвинті стопором 15.

Кулачки 5 переміщуються під дією важелів 2, які опираються на опори 3 в корпусі патрона. Тиск від поршня пневматичного циліндра передається на важелі через гвинт 8 і втулку 10. На втулці є нахилені площини, під дією яких при зворотному ході поршня кулачки розходяться, звільняючи оброблювану деталь.

Кулачки мають Т-подібні пази, в яких гвинтами 16 кріпляться змінні губки 4.

Під час застосування патронів подібного типу необхідно визначити величину осьового зусилля, яке прикладається до штока для того, щоб забезпечити отримання необхідного зусилля затиску.

3.1.2 Силовий розрахунок параметрів приводу

Розрахунки виконуються на основі розрахункової схеми (рисунок В.1).

Величина необхідного зусилля, H , приводу визначається за формулою [9]:

$$Q = P \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \frac{n}{\eta},$$

де n – кількість кулачків;

α – величина кута скосу;

$\operatorname{tg}\varphi$ – коефіцієнт тертя на скосі конуса;

η – коефіцієнт, що враховує втрати від тертя на бічній поверхні кулачка.

Отже
$$Q = 300 \cdot \operatorname{tg}(7^\circ 7' 30'' + 15^\circ) \cdot \frac{3}{0.85} = 200.8 \text{ Н.}$$

Осьове зусилля такого порядку забезпечуються ISO 15552 для тиску в системі 6 атмосфер. Отже, можна зробити висновок, що обробка деталі на верстаті моделі 16К20Ф3 із застосування розробленого патрона можлива.

3.2. Проектування пристрою для контролю співвісності двох отворів $\varnothing 90\text{H}7$ і $\varnothing 127\text{H}7$ і перпендикулярності торця деталі

3.2.1. Розрахунок пристрою на точність

Похибка вимірювання в даному випадку буде складатися з наступних складових:

- непаралельність площин плити;
- не перпендикулярність оправки плиті;
- половина зазору між індикаторним вузлом і оправкою;
- похибка індикатора.

Сумарна максимальна похибка вимірювання обчислюється за формулою [10]:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_{\text{нар}}^2 + \Delta_{\text{пер}}^2 + S^2 + \Delta_{\text{изм}}^2},$$

де $\Delta_{нар}$ – непаралельність площин плити;

$\Delta_{пер}$ – не перпендикулярність оправки і плити;

S – зазор між індикаторним вузлом і оправкою;

$\Delta_{изм}$ – похибка вимірювання.

$$\Delta = \sqrt{0,002^2 + 0,003^2 + 0,027^2 + 0,003^2} = 0,0274 \text{ мм.}$$

3.2.2 Загальний опис конструкції, принцип дії

Проаналізувавши креслення деталі і технічні умови на її виготовлення, можна зробити висновок, що особливе значення в процесі виготовлення деталі має дотримання співвісності двох отворів $\varnothing 90H7$ і $\varnothing 127H7$ і перпендикулярності торця деталі. У зв'язку з цим і був спроектований пристрій для контролю вказаних розмірів.

Основою конструкції приладу служить плита, до якої кріпиться ручка і вісь з оправкою каліброваного діаметра. Ручка з'єднується з планкою, на якій встановлюються упор та індикатор годинникового типу і яка може обертатися за допомогою ручки навколо осі. Креслення загального вигляду контрольного пристосування представлено у графічній частині роботи.

Робота з приладом відбувається в наступній послідовності.

1. Установити на пристосування індикатор И402 кл. 1, ISO 21929.
2. Установити пристосування на деталь.
3. Перевірити візуально щільність прилягання плити до деталі.
4. Установити на індикаторі попередній натяг 1 мм.
5. Установити нульове положення на шкалі індикатора.
6. Повернути індикаторний вузол навколо оправки на 180° , стежачи за показами індикатора.
7. Деталь вважати придатною при відхиленні стрілки індикатора від нульового положення не більше ніж на 0,012 мм (12 поділок індикатора).
8. Зняти пристосування з деталі.
9. Зняти індикатор із пристосування.

3.3. Розрахунок спеціального ріжучого інструменту

Спроекуємо розточний різець з пластиною із твердого сплаву Т15К6.
Діаметр заготовки $\varnothing 90\text{H7}$ мм.

Подача $S = 0,05$ мм/об, припуск $t = 0,25$ мм. Виліт різця 90 мм.

В якості матеріалу для корпусу різця приймаємо Ст 50 з $\sigma_b = 650$ МПа та допустимою напругою на згин $\sigma = 1000$ МПа.

Головна складова сили різання: $P_z = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p$, [6]

$C_p = 300$, $x = 1,0$, $y = 0,75$, $n = -0,15$ – показники ступеня [6].

$$k_p = \left(\frac{530}{750}\right)^{0,75} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,77$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,25^1 \cdot 0,05^{0,75} \cdot 200^{-0,15} \cdot 0,77 = 27,4 \text{ Н}$$

За умови, що $h = 1,6b$ ширина прямокутного перерізу корпусу

$$b = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot F_z \cdot l}{2,56 \cdot \sigma_{z2}}} = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 27,4 \cdot 90 \cdot 10^{-3}}{2,56 \cdot 1000 \cdot 10^6}} = 0,0038 \text{ м}$$

Приймаємо перетин корпусу $b = 6$ мм. Керуючись отриманим співвідношенням висота корпусу різця $h = 1,6b = 1,6 \cdot 6 = 9,6$ мм. Приймаємо 12 мм.

Перевіряємо міцність та жорсткість різця.

Максимальне навантаження, що допускається міцності різця:

$$F = \frac{b \cdot h^2 \cdot \sigma_{z2}}{6 \cdot L} = \frac{12 \cdot 10^{-3} \cdot 6^2 \cdot 10^{-6} \cdot 1000 \cdot 10^6}{6 \cdot 90 \cdot 10^{-3}} = 160 \text{ Н}$$

Максимальне навантаження, що допускається на жорсткість:

$$F = \frac{3 \cdot f \cdot E \cdot j}{L^3} = \frac{3 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 0,86 \cdot 10^{-8} \cdot 0,1 \cdot 10^{-3}}{(90 \cdot 10^{-3})^3} = 707 \text{ Н}$$

f – модуль пружності матеріалу різця, Па;

j – момент інерції прямокутного перерізу корпусу, м⁴;

L – виліт різця, мм.

Різець достатньо міцний та жорсткий $160 > 27,4 < 707$.

Конструктивні розміри різця;

Загальна довжина 140 мм, радіус кривизни при вершині 0,5 мм, відстань від вершини різця до бокової поверхні в напрямку леза 5,5 мм, пластини із твердого сплаву 10 мм форма № 1030 за ДСТУ 19065:2008. Креслення різця представлено у графічній частині роботи.

РОЗДІЛ 4

ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ДІЛЬНИЦІ

4.1. Уточнення типу виробництва

Виробничу програму дільниці визначають виходячи з виробничої програми заводу з урахуванням встановленого проценту запасних частин. При цьому необхідно мати на увазі, що часто деталі та складальні одиниці виготовляють заводи-суміжники [11]. Розгорнута (подетальна) програма виробництва у підрозділі оформляється у вигляді таблиці Г.1.

Кількість основного технологічного обладнання дільниці визначається за технологічним процесом у відповідності з вибраним типом виробництва і формою організації виробництва.

На основі встановленої технічної норми часу (розділ 2) уточнюємо тип виробництва. Результати розрахунків представляємо у таблиці Г.2.

За уточненими розрахунками $K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{73,99}{12} = 6,17$, що відповідає багатосерійному типу виробництва.

Складаємо специфікацію обладнання (таблиця Г.3). Крім основного, на дільниці розміщується допоміжне обладнання, а саме: установка для промивання деталей; установка для нанесення маркування; контрольний стіл.

4.2. Визначення кількості працівників на дільниці

Для дільниці механічної обробки корпусу кількість робітників

$$C = \frac{T_{шт} \cdot V_p}{60 \cdot \Phi_\partial \cdot T \cdot K_\epsilon \cdot K_m},$$

де $T_{шт}$ – працемісткість обробки деталі, хв.;

V_p – річний випуск продукції, шт.;

$\Phi_d = 1820$ год – дійсний річний фонд часу робітника;

T – число робочих змін;

K_v – коефіцієнт виконання норми;

K_m – коефіцієнт багатостанкового обслуговування.

Розрахунки проводимо для усіх операцій. Приймаємо по одному робітнику на кожну операцію. Всього прийнятих робітників-верстатників на дільниці обробки корпусу 12 чоловік.

Кількість допоміжних робітників в середньому машинобудуванні при серійному виробництві складає 30...35 % від кількості робітників верстатників [12].

$$P_{\text{доп}} = P_{\text{вер}} \cdot 0,35 = 4$$

Для укрупнених розрахунків число спеціалістів (10...12%), керівників (2,3...3,8%), службовців (1,5...3%) визначається в процентах від всього числа робітників цеху [12].

$$P_{\text{сп}} = (P_{\text{вер}} + P_{\text{доп}}) \cdot 0,12 = (12 + 4) \cdot 0,12 = 2$$

$$P_{\text{кер}} = (P_{\text{вер}} + P_{\text{доп}}) \cdot 0,035 = (12 + 4) \cdot 0,035 = 1$$

$$P_{\text{сл}} = (P_{\text{вер}} + P_{\text{доп}}) \cdot 0,03 = (12 + 4) \cdot 0,03 = 1$$

Всього працюючих в цеху $P_{\text{дйл}} = 20$ працівників.

4.3. Розрахунок виробничої площі дільниці

Кількість основного технологічного обладнання дільниці визначається за технологічним процесом у відповідності з вибраним типом виробництва і формою організації виробництва.

Всі необхідні розрахунки виконані в технологічній частині проекту та наведені у таблиці Г.3.

Виробнича верстатна площа визначається на основі планування обладнання. При збільшеному проектуванні розмір виробничої площі визначається по площі в квадратних метрах, яка приходить на один верстат. Оскільки всі верстати на

дільниці відносяться за габаритами до середніх, то питома площа на 1 верстат становить 20 м^2 [12]. Тоді площа механічної обробки валу проміжного складає

$$F = 12 \cdot 20 = 240 \text{ м}^2.$$

Площа проходів та проїздів становить 10% від виробничої площі дільниці, тобто $240 \cdot 0,1 = 24 \text{ м}^2$.

Загальна площа дільниці $F = 240 + 24 = 264 \text{ м}^2$.

4.4. Розробка технологічного планування дільниці

Виробничі площі дільниці розміщуються у цеху – одноповерховій безкрановій будівлі прямокутної форми з сіткою колон $18 \times 12 \text{ м}$. Висота прольоту складає 7,2 м. Для бокових світлових проїмів використовуються віконні рами із металопластикових матеріалів із заповненням їх великорозмірним листовим склом, з використанням сонцезахисних пристроїв. Підлога на дільниці виконана з полімерцементним покриттям, яке допускає технологічне навантаження $3 \dots 5 \text{ т/м}^2$, використання води, мінеральних масел і емульсій і має низьку трудомісткість очищення [13].

План дільниці виконано в масштабі 1:100. Обладнання на дільниці розміщується послідовно по ходу технологічного процесу вздовж прольоту в один ряд вздовж проїзду.

Відстань між верстатами – 900 мм, від проїзду до фронтальної сторони верстата – 1500 мм, від стін, колон до тильної сторони верстата – 700 мм [14].

На плані розміщення обладнання з допомогою прийнятих умовних позначень показані: будівельні елементи: колони, стіни, тунелі; основні будівельні параметри; межі дільниці; технологічне обладнання; місце для технічного контролю; підйомно-транспортне обладнання; місця робітників; проїзди і проходи; точки підводу енергоносіїв, стисненого повітря, води; технологічні і транспортні потоки.

Все технологічне обладнання позначено наскрізною порядковою нумерацією,

яка ведеться послідовно зліва направо.

До плану розміщення обладнання на ділянці додається поперечний розріз прольоту промислової будівлі, в якій вона розташована з вказуванням висоти прольоту, загальної висоти, обладнання і транспортних засобів, висотних відміток чистої підлоги і каналів для відводу стружки, контурів основ колон, фундаментів з розмірами прив'язки обладнання до координатних осей і елементів конструкції будівлі.

Основні техніко-економічні показники ділянки наведено у таблиці Г.4.

4.5. Вибір вантажопідйомних і транспортних засобів на ділянці

Під час розробки проекту ділянці необхідно вибрати наступні транспортні засоби: для транспортування заготовок в механічний цех; завантаження і вивантаження заготовок; передачі деталей від верстата до верстата; встановлення та зняття деталей на верстаті; транспортування готових деталей на складання або склад; транспортування стружки, а також тару для транспортування і зберігання заготовок і деталей. В даному випадку для потреб ділянки в якості міжопераційного транспорту використовуються електрокари з підйомною платформою вантажопідйомністю 1т. Для транспортування малогабаритних вантажів на відстані до 50м застосовуються ручні візки вантажопідйомністю 250 кг. Для перевезення однотипних деталей невеликих розмірів призначені спеціальні візки, оснащені стелажми.

$$\text{Кількість наземних транспортних засобів } G_{mp} = \frac{M \cdot i \cdot T_m \cdot K_n}{q \cdot Kq \cdot \Phi \cdot 60};$$

де M – маса перевезених вантажів (приймаємо укрупнено по масі комплектів деталей);

$$M = G \cdot N = 0,06 \cdot 8986 = 539,2 \text{ т};$$

$i = 8$ – середнє число транспортних операцій;

$T_m = 25$ хв. – середній час транспортування;

$K_n = 1,25$ – коефіцієнт нерівномірності подачі вантажу;

$q = 1$ тонна – вантажопідйомність одного транспортного засобу;

$K_q = 0,4$ – коефіцієнт використання вантажопідйомності;

$\Phi_e = 3983,2$ годин – ефективний фонд часу;

$$\Gamma_{mp.} = \frac{539.2 \cdot 8 \cdot 25 \cdot 1.25}{1 \cdot 0.4 \cdot 3983.2 \cdot 60} = 1,4 \approx 2 \text{ шт.}$$

Приймаємо один електрокар з не підйомною платформою і один електронавантажувач вантажопідйомністю 2т з швидкістю переміщення 10 км/год.

Великогабаритні заготовки, деталі, вузли, пристосування верстатів у цеху транспортуються підвісними кранами.

Їхня кількість розраховується за наступною формулою $\Gamma_{кр} = \frac{N \cdot i \cdot T_m \cdot K_n}{\Phi_e \cdot 60}$;

де $i = 10$ – середнє число транспортних операцій;

$T_m = 5$ хв – середній час транспортування;

$K_n = 1,5$ – коефіцієнт нерівномірності подачі вантажу;

$$\Gamma_{кр} = \frac{8986 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 1,15}{3983,2 \cdot 60} = 2,2 \approx 3 \text{ шт.}$$

На колонах встановлюються консольні поворотні крани з електроталіями вантажопідйомністю 250 кг і з вильотом стріли 3м для безпосереднього обслуговування робочих місць. Для переміщення деталей між позиціями обробки використовується підвісний ланцюговий підвісний конвеєр з вантажопідйомністю однієї каретки 250 кг і швидкістю транспортування 10 м/хв.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Виявлення шкідливих та небезпечних виробничих факторів, приведення їх до нормативних вимог

Проектуючи цех механічної обробки вибраної деталі, важливо виявити небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які виникатимуть при експлуатації металообробного обладнання цеху. Це потрібно для забезпечення можливості запобігання їх виникненню.

Детальний аналіз конструкцій найбільш широко застосовуваних металорізальних верстатів різних груп в різноманітних умовах навантажень дозволяє сформулювати висновок, що до найчастіше виникаючих фізичних небезпечних факторів в спроектованому цеху відносяться: рухомі частини виробничого обладнання; рухомі заготовки та деталі; стружка матеріалу заготовки, що обробляється; частинки поламаного металорізального інструменту; високі температури поверхонь різального інструменту і деталі, що обробляється; підвищена напруга в електроланцюгах верстатів та інші.

До фізичних шкідливих виробничих факторів, що виникають при обробці різанням в спроектованому цеху, відносяться: високий рівень шуму і вібрації від роботи металорізального обладнання; недостатнє освітлення робочої зони; прямий і відображений блиск; підвищена пульсація світлового потоку та інші. Ці небезпечні та шкідливі виробничі фактори відносяться до групи активних факторів, які можуть впливати на людину за рахунок закладених в них енергетичних ресурсів.

Пасивно-активними факторами, які виникають при експлуатації металорізального обладнання в спроектованому механічному цеху, є нерівності поверхонь підлоги цеху та решіток, гострі нерухомі елементи верстатів, допоміжного обладнання та огорожі.

Пасивними небезпечними та шкідливими виробничими факторами, які існують при експлуатації верстатів в спроектованому механічному цеху, є небезпечні явища, пов'язані з недостатньою міцністю конструкцій; підвищеними навантаженнями на вузли та механізми металорізального обладнання; впливом мастильно-охолоджувальних рідин на здоров'я працівників цеху.

Таким чином, вище перераховані основні активні, пасивно-активні та пасивні фактори, які виникають або можуть виникати при експлуатації металообробного обладнання спроектованого цеху механічної обробки деталі. Окрім перерахованих, існують або можуть існувати інші небезпечні та шкідливі виробничі фактори всіх груп, вплив яких на здоров'я працівників цеху в даному випадку будемо вважати менш істотним.

У процесі експлуатації металорізального обладнання в спроектованому цеху обов'язково виникатимуть вібрації, які негативно впливають на організм людини. Послаблення впливу вібрацій можна досягнути певними заходами як конструктивного, так і технологічного характеру: використання динамічних погашувачів вібрацій, різного типу амортизаторів тощо. Зокрема амортизатори використовуються особливо часто для віброізоляції металорізального обладнання. Їх виготовляють у вигляді сталевих пружин, ресор, прокладок з гуми тощо. Але основними засобами по зниженню рівня вібрацій є удосконалення конструкцій обладнання; удосконалення технологічних процесів; робота на режимах, при яких не виникають резонансні явища; а також вібродемпфування.

Детальний аналіз металорізального обладнання, яке використовується в даному дипломному проекті, свідчить, що для погашення або зменшення амплітуди вібрацій найдоцільніше використати віброопори типу ОВ-30-2, котрі встановлюються під опорними лапами верстатів. Їх кількість дорівнює кількості опорних лап. Важливим небезпечним виробничим фактором у цехах механічної обробки є підвищений рівень напруги в електричних ланцюгах верстатів, адже електричними двигунами оснащені всі металорізальні верстати.

Відомо, що основними заходами захисту від ураження електричним струмом є: забезпечення недоступності струмоведучих частин; розподіл електричної сітки; захисне заземлення; захисне занулення; захисне відключення; застосування малих напруг; застосування кожухів, огорож, захисної ізоляції; контроль і профілактика пошкоджень ізоляції; застосування спеціальних і запобіжних пристроїв, а також організація безпечної експлуатації електроустановок, до яких відноситься і використане при проектуванні цеху механічної обробки металообробне обладнання. Для запобігання ураження працівників цеху електричним струмом у випадку короткого замикання всі металообробні верстати заземлюємо, використовуючи контурний тип заземлення, оскільки він має певні переваги в зрівнянні з виносним, а саме: зменшується коефіцієнт дотику і кроку до значень, при яких напруга дотику і крокова напруга не перевищуватимуть допустимі значення. В залежності від того, на якій основі виготовлені мастильно-охолоджувальні матеріали, (що використовуються для металорізального обладнання), істотно залежить хімічний склад повітряного середовища у виробничому приміщенні (від якого істотно залежить здоров'я працівників). Тому згідно рекомендацій [15] в якості змащувального матеріалу в металообробному обладнанні використовуємо масло індустріальне типу I-20 А, температура спалаху якого значно вища нормованих 150°C і яке вільне від кислот та вологи.

5.2. Мікроклімат виробничого приміщення

Істотне значення для нормальної життєдіяльності працівника має чисте повітря необхідного хімічного складу, оптимальної температури, вологості і швидкості його руху. Створення в робочій зоні металорізальних верстатів потрібних метеорологічних умов позитивно діє на організм, сприяє доброму самопочуттю, значно підвищує безпеку роботи, забезпечує високу ступінь працездатності. Тому метеорологічні умови в робочих зонах верстатників повинні відповідати нормативним вимогам [16].

Щодо температури повітря, то вона повинна бути: в холодний період року – 18...20°; в теплий період року – 21...23°. Щодо відносної вологості повітря, то незалежно від періоду року її значення повинно знаходитись не перевищувати 75%. Перевищення відносної вологості повітря відносно встановлених норм має негативний вплив на здоров'я працівників. Відносно швидкості руху повітря: вона повинна знаходитись в межах 0,2...0,3 м/с. У відповідності з нормативними документами [16] значення температури, відносної вологості і швидкості руху повітря встановлюються для робочої зони виробничих приміщень в залежності від категорії важкості роботи, що виконується, величини надлишків явного тепла, що виділяється в приміщенні, і періоду року. Згідно [16], використовується приміщення з незначними надлишками тепла, для якого і встановлені приведені вище нормативні величини.

5.3. Охорона навколишнього середовища

Експлуатація металообробного обладнання пов'язана із забруднення навколишнього середовища, ступінь якого залежить від виду та характеру викидів, складу використовуваних змащувально-охолоджувальних рідин та багатьох інших факторів [17]. Так, наприклад, в коробках швидкостей і подач металорізальних верстатів дуже часто використовується мастило індустріальне. Це значить, що при експлуатації потрібно постійно слідкувати за герметичністю з'єднань трубопроводів, по яких воно подається, оскільки при його попаданні на підлогу виробничого приміщення воно просмоктуватиметься між металічними плитками в ґрунт, що призводитиме до забруднення земельних та водних ресурсів.

Тому для контролю за станом з'єднань трубопроводів і елементів гідросистем, окрім щоденного огляду наладчиками, передбачаємо проведення періодичного профілактичного огляду гідроапаратури через кожних шість місяців роботи.

Після використання на протязі визначеного нормами часу мастило піддаємо фільтрації на фільтрах грубої, середньої та тонкої очистки, сепарації (з метою видалення із нього найменших феромагнітних частинок) і відстоюванню в спеціальних очисних баках з магнітними пробками. Після очищення і відстоювання знімаються технічні характеристики відпрацьованої рідини (особливе значення при цьому надається динамічній і кінематичній в'язкості та густині) і приймається рішення про можливість його подальшого використання. Якщо рішення позитивне - масло збагачується і використовується знову. В інакшому випадку воно підлягає переробці або (у випадку неможливості його подальшої експлуатації або переробки) - утилізації як відходу.

Під час експлуатації металорізального обладнання існують інші забруднювачі навколишнього середовища, виявлення яких і боротьба з ними - одна з першочергових задач інженера-технолога під час проектування механічних цехів [18].

5.4. Планування протипожежних заходів

При експлуатації металообробного обладнання необхідно забезпечувати дотримання правил протипожежної безпеки виробництва. Основними з них є виконання технічних, експлуатаційних, організаційних протипожежних заходів та протипожежних заходів режимного характеру. До технічних заходів відносяться заходи по дотриманню протипожежних правил, норм (зокрема, при монтуванні і обслуговуванні електрообладнання, опаленні, освітленні, правильному розміщенні обладнання). До експлуатаційних протипожежних заходів відносяться своєчасні профілактичні огляди, ремонти та випробування обладнання [19].

Організаційні заходи передбачають правильну експлуатацію металообробного обладнання, підтримання виробничої території у належному порядку, протипожежний інструктаж робітників, організацію добровільних пожежних дружин та пожежно-технічних комісій, підготовку та видання наказів з

питань посилення пожежної безпеки. Заходи режимного характеру - це заборона куріння в невстановлених місцях. Згідно нормативних вимог, виробниче приміщення відноситься за пожеже- та вибухонебезпекою до категорії Д і до другого ступеня вогнестійкості. В ньому передбачено двоє воріт і достатня кількість вихідних дверей. Всі шляхи для евакуації працівників у випадку виникнення пожежі повинні бути вільними. Для гасіння пожежі передбачено використання вогнегасників, піску. Пожежні щити укомплектовані, крім того, ломами, баграми, відрами. В цеху в цілому передбачено використання спринклерних та дренчерних систем автоматичного пожежогасіння.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі:

- Проведені теоретичні обґрунтування запропонованих методів та форм обробки.
- Розроблена конструкція спеціального верстатного, контрольного пристрою, що дає можливість використати технічні та технологічні можливості прийнятого технологічного процесу.
- Розроблені засоби безпеки виробництва та розглянуті питання охорони праці.
- Спроектвана дільниця для механічної обробки, що забезпечить виготовлення корпусу 47.7621.1841 по заданій програмі випуску і безпечну роботу працюючих.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Виливки із сталі. Загальні технічні умови. URL: <https://online.budstandart.com/> (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. Купівля брухту – Vikkon. URL: <http://vikkon.com> (дата звернення: 01.04.2025). – Назва з екрана.
5. Прайс-лист на виготовлення виливків зі сталі – MetExport. URL: <https://www.metexport.com.ua/ua/prajs-list/> (дата звернення: 01.04.2025). – Назва з екрана.
6. Назаренко І. І. Ручинський М. М, Дєдов О. П., Міщук Є. О. Технологія машинобудування: навчальний посібник для студ. спец.: 133 “Галузеве машинобудування”, 015 «Професійна освіта (машинобудування)» та 131 «Прикладна механіка». Київ : Ямчинський О. В., 2024. 164 с.
7. Григурко І.О., Брендюля М.Ф., Доценко С.М. Технологія обробки типових деталей (курсове проектування): навч. посіб. Львів: Новий світ-2000,2006. 576 с.
8. Ревнівцев М. П., Паршина Н. П. Режими різання на металообробних верстатах у машинобудуванні: навч. посіб. К. : А.С.К., 2006. 416 с.
9. Боровик А.І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва: підручник. К.: Кондор, 2008. 726 с.
10. Гевко Б.М., Дичковський М.Г., Матвійчук А.В. Технологічна оснастка. Контрольні пристрої: навч. посіб. К.: Кондор, 2009. 220 с.

11. Джур Є.О., Бондаренко О.В. Проектування машинобудівних заводів та цехів. Загальна частина: навч. посіб. Д.: “Інновація”, 2011. 109с.
12. 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).
13. Дусанюк Ж.П., Семичеснов Н.С., Гунько І.В. Механоскладальні цехи та дільниці у машинобудуванні. Вінниця: ВДТУ, 2003. 262 с.
14. Вимоги до розміщення виробничого обладнання і організація робочих місць. URL: <http://do.gendocs.ru/docs/index-24983> (дата звернення: 15.04.2024).
15. Основи охорони праці : підручник / М. С. Одарченко та ін. Х. : Стиль-Издат, 2017. 334 с.
16. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL:<https://dnaop.com/html/34094> (дата звернення: 20.05.2025).
17. 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).
18. Стиценко Т.Є., Пронюк Г.В. Сердюк Н.М. та ін. Безпека життєдіяльності: навч. посібник. Харків : ХНУРЕ, 2018. 336 с.
19. 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