

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 БАРАБАНА 1301-3502070

спеціальність 131 Прикладна механіка
освітня програма Прикладна механіка

Виконав: здобувач вищої освіти
Групи ІМ-41
Медведюк Максим 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

Медведюку Максиму Юрійовичу

1. Тема кваліфікаційної роботи Проектування ділянки з розробкою технологічного процесу механічної обробки барабана 1301-3502070.

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

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

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

3. Вихідні дані до роботи: Креслення деталі барабана 1301-3502070, річна програма випуску 25000шт/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.А 2), КН – 1 лист (ф.А1), складальне креслення верстатного пристрою - 1 лист (ф.А1), складальне креслення контрольного пристрою - 3 лист (ф.А1), план ділянки – 1 лист (ф. А 2).

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 _____

Медведюк М.Ю.

Керівник кваліфікаційної роботи _____

Гальчук Т.Н.

АНОТАЦІЯ

Медведюк М.Ю. Проектування дільниці з розробкою технологічного процесу механічної обробки барабана 1301-3502070. 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 та графічної частини (згідно структури кваліфікаційної роботи, затвердженої кафедрою).

У кваліфікаційній роботі дано характеристику конструкції деталі «Барабан 1301-3502070», проведено наліз технологічності конструкції деталі в цілому. На основі проведеного аналізу та оцінки існуючих умов спроектовано технологічний процес виготовлення деталі, запропоновано економічно вигідний спосіб одержання заготовки. В ході проектування техпроцесу визначено базові поверхні для кожної операції, припуски на обробку та спроектовано заготовку деталі. Для виконання операції техпроцесу вибрано різальний та вимірювальний інструмент, обладнання, розраховано режими різання та норми часу. Для виконання обробки деталі спроектоване технологічне оснащення, спроектовано механічну дільницю для виготовлення деталі «Барабан 1301-3502070». Розглянуто питання охорони праці на спроектованій дільниці.

Об'єкт дослідження – барабан 1301-3502070.

Предмет дослідження – технологічний процес механічної обробки барабана 1301-3502070.

Ключові слова: гальма, обробка, верстат, режими різання, механічна дільниця.

ABSTRACTS

Medvediuk M.Yu. Design of the site with the development of the technological process of mechanical processing of the drum 1301-3502070. 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 and graphic part (according to the structure of the qualification work approved by the department).

The qualification work provides a description of the design of the part "Drum 1301-3502070", and an analysis of the manufacturability of the design of the part as a whole is carried out. Based on the analysis and assessment of existing conditions, the technological process for manufacturing the part was designed, an economically advantageous method of obtaining the workpiece was proposed. During the process design, the base surfaces for each operation, machining allowances, and the workpiece were designed. To perform the process operation, cutting and measuring tools and equipment were selected, cutting modes and time standards were calculated. Technological equipment was designed to perform the processing of the part, a mechanical section was designed for the manufacture of the part "Drum 1301-3502070". The issue of labor protection in the designed section was considered.

The object of research is the drum 1301-3502070.

The subject of research is the technological process of mechanical processing of the drum 1301-3502070.

Keywords: brakes, processing, machine tool, cutting modes, mechanical yard.

ЗМІСТ

	ст.
ВСТУП	7
1. РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	9
1.1. Службове призначення і характеристика об'єкта виробництва	9
1.2. Відпрацювання конструкції деталі на технологічність	10
1.3. Вибір методу одержання заготовки	11
1.4. Вибір за коефіцієнтами уточнення методу обробки поверхонь	12
1.5. Визначення типу та організаційної форми виробництва	13
2. РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	15
2.1. Вибір та розрахункове обґрунтування технологічних баз	15
2.2. Визначення допусків на технологічні розміри і розрахунок припусків	17
2.3. Розрахунок режимів різання, вибір обладнання	19
2.4. Нормування технологічного процесу	21
3. РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	23
3.1. Розроблення креслень заготовки	23
3.2. Проектування пристосування для фрезерування	24
3.3. Проектування пристосування для контролю деталі	25
4. РОЗДІЛ 4. ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ДІЛЬНИЦІ	28
4.1. Уточнення типу виробництва	28
4.2. Визначення кількості працівників на дільниці	29
4.3. Розрахунок виробничої площі дільниці	30
4.4. Розробка технологічного планування дільниці	30
4.5. Вибір вантажопідйомних і транспортних засобів на дільниці	31
5. ОХОРОНА ПРАЦІ	33
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	29
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	40
ДОДАТКИ	42

В С Т У П

Актуальність теми. Найпоширенішою частиною сучасної транспортної системи є автомобілі. Їх безпечне використання залежить від стану в якому знаходиться гальмівна система. Вона має бути досконалою та здатною зупинити автомобіль без впливу на пасажирів або вантаж. Безпечна експлуатація гальм визначається їх конструкцією та працездатністю стану їх складових елементів. Серед конструкцій значне місце займають дискові гальмівні системи. Базовою деталлю яких є барабан заднього гальма. Тому актуальним є ефективне проектування таких деталей, що пов'язані із гальмування руху автомобілів. Значне місце в цьому належить застосуванню вдосконаленню технології виготовлення в залежності від річного обсягу випуску та організації виробництва у підрозділі машинобудівного підприємства.

Метою роботи - проектування дільниці з розробкою технологічного процесу механічної обробки барабан заднього гальма 1301-3502070.

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

- зробити аналіз конструкції барабана 1301-3502070;
- детально розробити технологічний процес механічної обробки барабану 1301-3502070;
- спроектувати спеціальні верстатний та контрольний пристрої,
- розглянути питання охорони праці;
- спроектувати дільницю для механічної обробки барабана 1301-3502070.

Об'єкт дослідження – деталь «Барабан 1301-3502070».

Предмет дослідження – технологічний процес механічної обробки деталі «Барабан 1301-3502070».

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 барабану 1301-3502070. У кваліфікаційній роботі запропоновані такі нові рішення:

- розроблений технологічний процес механічної обробки для програми випуску деталі барабан 1301-3502070 в розмірі 25000 штук / рік;
- розроблено спеціальні конструкції механізованого фрезерного та контрольного пристосування;
- розроблено план виробничої ділянки для механічної обробки барабану 1301-3502070 з аналізом охорони праці на виробництві.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1. Службове призначення і характеристика об'єкта виробництва

В якості об'єкта виробництва в дипломному проекті розглядається деталь барабан заднього гальма 1301-3502070, який відноситься до групи дисків. Дана деталь використовується в роботі автомобілів а саме для гальмування руху авто.

Матеріал деталі – високоміцний чавун ВЧ 500-2. Хімічні и механічні властивості в таблицях [1].

Таблиця 1.1. – Хімічний склад високоміцного чавуну ВЧ 500-2 ДСТУ 3925-99 %

C	Mn	Si	P	S	Mg
			не більше		
362	0,8	2,8	0,12	0,03	0,025

Аналізуючи службове призначення, а також креслення можна сказати, що до деталі пред'являються вимоги:

1. До зовнішньої поверхні барабана, його лівого та правого торця ставляться досить високі вимоги щодо точності та шорсткості поверхонь, що вимагає використання точних пристроїв для механічної обробки ;
2. Досить високі вимоги точності і шорсткості ставляться до отвору і який оброблюється за 8 квалітетом точності;
3. Ставляться вимоги щодо паралельності, площинності, торцевого биття.

Таблиця 1.2. – Механічні властивості чавуну ВЧ 500-2 ДСТУ 3925-99

$\sigma_B, \text{МПа}$	$\sigma_T, \text{МПа}$	$S_T, \%$	<i>НВ</i>
450	310	10	140...225

1.2. Відпрацювання конструкції деталі на технологічність

Конструкцію деталі барабан гальмівний має перепади в діаметрах, що робить використання піщано-глинястих форм економічно не вигідним із-за витрат великої кількості матеріалу. Одним з можливих методів отримання заготовки може бути лиття в кокіль.

По конструктивним оцінкам деталь не потребує особливих технічних вимог.

Деталь виготовлена із чавуну ВЧ-500-2 ДСТУ 3925-99, яка добре обробляється різанням. Точність виконання поверхонь деталі дозволяє проводити обробку на обладнанні нормальної точності.

Деталь має велику кількість поверхонь, які орієнтовані в одній площині, що дозволяє застосувати обробку поверхонь з одного установи на агрегатному верстаті.

Кількісну оцінку проводимо за показниками [3].

Коефіцієнт уніфікації елементів:

$$K_{ун} = Q_{ун} / Q_{заг} > 0,6;$$

$$K_{ун} = 13/18 = 0,722;$$

де $Q_{ун}$ – кількість уніфікованих елементів в деталі;

$Q_{заг}$ – кількість загальних елементів в деталі;

$0,722 > 0,6$ умова виконується.

Коефіцієнт стандартизації:

$$K_{ст} = Q_{ст.р.} / Q_{заг.р.} \Rightarrow 1;$$

$Q_{ст.р.}$ – кількість стандартних розмірів.

$Q_{заг.р.}$ – кількість загальних розмірів.

$$K_{ст} = 28/34 = 0,82;$$

Коефіцієнт точності обробки:

$$K_{т.об} = 1 - 1/A_{cp} > 0,8;$$

A_{cp} - середня точність обробки.

$$A_{cp} = (10 + 8 + 132 + 48 + 13)/18 = 11,722;$$

$K_{\text{моб}} = 1 - 1/11,722 = 0,9147$; $0,9147 > 0,8$ умова виконується;

Коефіцієнт шорсткості:

$K_{\text{ш}} = 1/B_{\text{ср}} < 0,32$;

$B_{\text{ср}}$ - середня шорсткість обробки взята з ряду Ra;

$$B_{\text{ср}} = (1,25 \cdot 1 + 3,2 \cdot 1 + 13 \cdot 6,3 + 3 \cdot 12,5)/18 = 6,88;$$

$K_{\text{ш}} = 1/6,88 = 0,145 < 0,32$ - умова виконується.

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

1.3. Вибір методу одержання заготовки

Метод одержання заготовок для барабана визначаємо в залежності від його призначення, конструкції, матеріалу, та масштабу випуску, а також економічності виготовлення [2]. Вибрати заготовку - значить вибрати спосіб її одержання. Враховуючи вище наведене вибираємо для деталі барабан заготовку виливок.

Розрахункова маса заготовки визначається виходячи з її номінальних розмірів. Орієнтовно величину розрахункової маси виливка M_p допускається вираховуючи за формулою :

$$M_p = M_g \cdot K.$$

де M_p - розрахункова маса виливка.

M_g - маса деталі.

$K = 1,5$ -розрахунковий коефіцієнт встановлений за [2].

$$M_p = 4,1 \cdot 1,5 = 6,15 \text{ кг.}$$

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу [3]:

$$K_{\text{в.м}} = M_g/M_p = 6,3/4,1 = 0,64.$$

Для вихідної заготовки цього типу цей показник свідчить про задовільне використання матеріалу. Другим критерієм вибору раціонального отримання заготовки є його економічне обґрунтування.

Заготовку можна отримати двома методами: лиття в кокіль і лиття в піщано-глинясті моделі.

Вартість заготовок, які отримуються литвом в земляні форми і литвом в кокіль можна визначити за формулою [3]:

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

де Q - маса заготовки, кг.;

C_1 - базова вартість одної тонни заготовок, грн. [4];

q - маса деталі, кг.;

$S_{відх}$ - ціна одної тонни відходів, грн. [5];

$k_T, k_C, k_B, k_M, k_{II}$ - коефіцієнти за класом точності, групою складності, масою, маркою матеріалу і об'ємом випуску заготовок.

Проведемо розрахунок за двома різними варіантами виготовлення заготовки і порівняємо їх (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Визначення собівартості заготовки

№ п/п	Назва показника формули	Позначення	Величина	
			лиття в піщані форми	лиття в кокіль
1	Вартість 1т заготовки, грн	C_i	9850	9850
2	Коефіцієнт точності	K_T	1,0	1,1
3	Коефіцієнт матеріалу	K_M	1,0	1,0
4	Коефіцієнт складності	K_C	1,0	1,12
5	Коефіцієнт об'єму виробництва	K_B	1,0	1,0
6	Коефіцієнт маси	K_{II}	0,91	0,91
7	Маса заготовки, кг	Q	6,56	6,35
8	Маса деталі, кг	q	4,1	4,1
9	Ціна 1т відходів, грн	$S_{від}$	250	250
10	Собівартість виготовлення однієї заготовки, грн	$S_{заг}$	489,2	342,3
11	Собівартість виготовлення річної програми заготовки, грн		12230000	8587500

Економічний ефект при співставленні способів отримання заготовок визначаємо за формулою [3]:

$$E_3 = 3672500 \text{ (грн.)}$$

1.4. Вибір за коефіцієнтами уточнення методу обробки поверхонь

Обробка поверхонь виконується за декілька переходів. На кожному переході використовується обробка від чорнової до чистової. Згідно з рекомендаціями [3] для

обробки заготовки необхідно забезпечити: мінімальну кількість установів заготовки, підвищену продуктивність праці. Точність обробки.

Визначаємо число ступенів обробки за коефіцієнтом уточнення [3].

$$\varepsilon = \frac{T_3}{T_d} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \dots \cdot \varepsilon_n = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i,$$

де ε – загальне уточнення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

n – число ступенів обробки;

T_3, T_d, T_i – допуски параметрів, що розглядаються відповідно до заготовки, деталі, і-го ступеня обробки.

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

$$n = \frac{\ln \varepsilon}{0,46}.$$

Результати розрахунку наводимо у таблиці А.1. На основі отриманих розрахунків розробляємо технологічний процес механічної обробки барабана і представляємо його у таблиці А.2.

1.5. Визначення типу та організаційної форми виробництва

Вибір типу виробництва проводимо згідно методичних рекомендацій [3], за

коефіцієнтом 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.3.

Кількість верстатів [3]:

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

де $N= 25000$ шт/рік- річна програма;

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

$\eta_n = 0,7$ - нормативний коефіцієнт завантаження обладнання.

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

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

Розрахунки за цими формулами зводимо у таблицю А.3.

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{422,79}{7} = 15,4 - \text{тип виробництва серійний.}$$

Встановлюємо організаційну форму виробництва. Для цього визначаємо добовий випуск деталей та добову продуктивність лінії.

Добовий випуск деталей визначаємо за формулою:

$$N_d = \frac{N}{254} = \frac{25000}{254} = 98,42 \text{ (шт.)}. \text{ Приймаємо } 99 \text{ штук.}$$

де N – річна програма випуску виробів;

254 – кількість робочих днів у році.

$$\text{Добова продуктивність визначається за формулою } Q_d = \frac{F_d}{T_{шт-к.с.}} \cdot \eta,$$

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

$$T_{шт-к.с.} - \text{ середня трудомісткість основних операцій, хв: } T_{шт-к.с.} = \frac{\sum_i^n T_{шт-к}}{n} = 7,31$$

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

n – кількість основних операцій.

$$Q_d = \frac{952}{7,31} \cdot 0,8 = 104,2$$

Умова застосування потокової форми виконується ($Q_d \cdot 0,6 < N_d$).

РОЗДІЛ 2

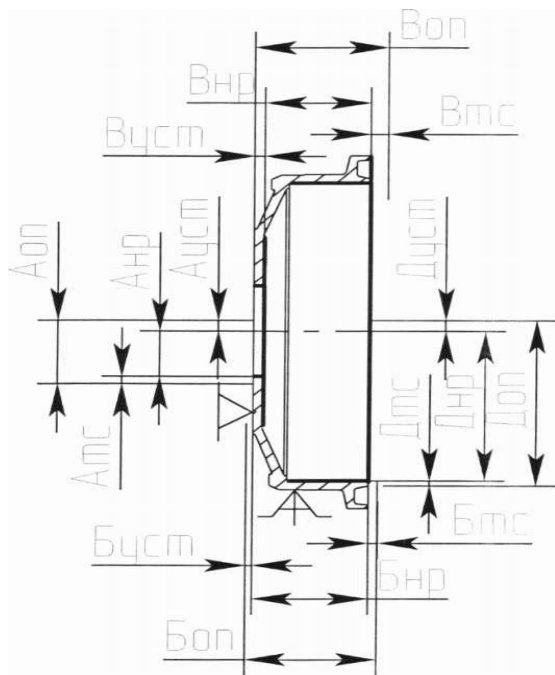
ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Вибір та розрахункове обґрунтування технологічних баз

Як зазначається у джерелі [3] “для достатньо високих вимог до точності обробки необхідно вибрати таку схему базування, яка забезпечує найменшу похибку установки; дотримуватись принципу суміщення баз - технологічних, вимірювальних, установочних; намагатись забезпечити їх постійність на посліду операціях обробки”.

Операція 005	
	$W_{оп} = W_{нр} + W_{тс} + W_{уст}$
	$W_c = W_{нр} + W_{тс} = 0,12\text{мм}[3];$
	$W_{уст} = 0,06\text{мм}[3];$
	$W_{оп} = 0,18\text{мм};$
	$T = 0,3\text{мм } h_{12}$
	$W_c = W_{нр} + W_{тс} = 0,08\text{мм}[3];$
	$W_{уст} = 0,012\text{мм}[3];$
	$W_{оп} = 0,02\text{мм};$
	$T = 0,074\text{мм } H_9;$
	$W_c = W_{нр} + W_{тс} = 0,2\text{мм}[3];$
$W_{уст} = 0,1\text{мм}[3];$	
$W_{оп} = 0,3\text{мм};$	
$T = 0,46\text{мм } h_{12}$	
$W_{оп} = 1,2 \dots 1,5W_c;$	
$W_c = W_{нр} + W_{тс} = 0,25\text{мм}[3];$	
$W_{уст} = 0,1\text{мм}[3];$	
$W_{оп} = 1,2 \cdot 0,35 = 0,42\text{мм};$	
$T = \pm 0,52\text{мм } j_s 12$	

Операція 010



$$W_{оп} = W_{НР} + W_{Тс} + W_{уст};$$

$$W_c = W_{НР} + W_{Тс} = 0,2\text{мм}[3];$$

$$W_{уст} = 0,02\text{мм}[3];$$

$$W_{оп} = 0,22\text{мм};$$

$$T = 0,3\text{мм } h12$$

$$W_c = W_{НР} + W_{Тс} = 0,12\text{мм}[3];$$

$$W_{уст} = 0,01\text{мм}[3];$$

$$W_{оп} = 0,15\text{мм};$$

$$T = 0,15\text{мм } h11$$

$$W_c = W_{НР} + W_{Тс} = 0,1\text{мм}[3];$$

$$W_{уст} = 0,03\text{мм}[3];$$

$$W_{оп} = 0,13\text{мм};$$

$$T = 0,185\text{мм } H10;$$

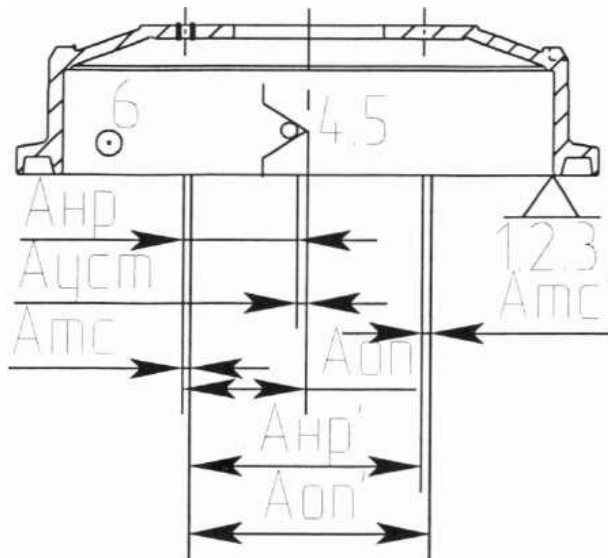
$$W_c = W_{НР} + W_{Тс} = 0,1\text{мм}[3];$$

$$W_{уст} = 0,02\text{мм}[3];$$

$$W_{оп} = 0,02\text{мм};$$

$$T = 0,046\text{мм } H8;$$

Операція 015, 020



$$W_{оп} = W_{НР} + W_{Тс} + W_{уст}$$

$$W_c = W_{НР} + W_{Тс} = 0,10\text{мм}[3];$$

$$W_{уст} = 0,03\text{мм}[3];$$

$$W_{оп} = 0,13\text{мм};$$

$$T = 0,18\text{мм } H12$$

$$W_c = W_{НР} + W_{Тс} = 0,10\text{мм}[3];$$

$$W_{уст} = 0,03\text{мм}[3];$$

$$W_{оп} = 0,13\text{мм};$$

$$T = 0,185\text{мм } H12;$$

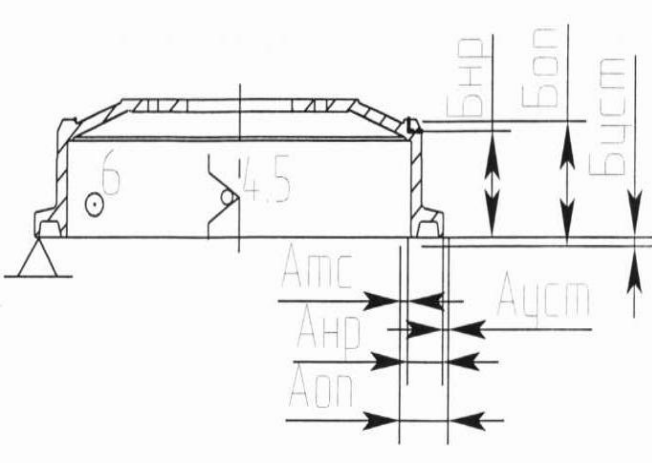
$$W_{оп} = W_{НР} + W_{Тс} + W_{уст} = 1,2 \dots 1,5;$$

$$W_c = W_{НР} + W_{Тс} = 0,15\text{мм}[3];$$

$$W_{уст} = 0,02\text{мм}[3];$$

$$W_{оп} = 0,18\text{мм};$$

$$T = 0,35\text{мм } H11;$$

	$W_{оп} = W_{нр} + W_{тс} + W_{уст} = 1.2 \dots 1.5;$ $W_c = W_{нр} + W_{тс} = 0,15\text{мм}[3];$ $W_{уст} = 0,02\text{мм}[3];$ $W_{оп} = 0,18\text{мм};$ $T = 0,35\text{мм } H12;$
<p>Операція 025</p> 	$W_{оп} = W_{нр} + W_{тс} + W_{уст};$ $W_c = W_{нр} + W_{тс} = 0,12\text{мм}[3];$ $W_{уст} = 0,06\text{мм}[3];$ $W_{оп} = 0,18\text{мм};$ $T = 0,3\text{мм } h12$ $W_c = W_{нр} + W_{тс} = 0,17\text{мм}[3];$ $W_{уст} = 0,1\text{мм}[3];$ $W_{оп} = 0,27\text{мм};$ $T = 0,46\text{мм } h12;$

2.2. Визначення допусків на технологічні розміри і розрахунок припусків

Розраховуємо припуски на обробку і проміжні розміри Ø70H8.

Сумарне відхилення розташування заготовки для обробки в патроні зовнішньої поверхні:

$$\rho = \sqrt{\rho_{ом}^2 + \rho_{деф}^2},$$

де $\rho_{ом}$ - відхилення розташування заготовки, мм;

$\rho_{деф}$ - деформація заготовки, мм.

Величину відхилення розташування заготовки визначають: $\rho_{ом} = \Delta y \cdot Lk$;

Δy - величина питомого відхилення розташування мкм/мм [6];

Lk - відстань від січення, для якого визначають величину відхилення, розташовано до місця кріплення заготовки, мм.

$\Delta y = 0,07$ мкм/мм [6].

$Lk = 50$ мм.

$$\rho_{\text{ом}}=0,07 \cdot 50=3,5 \text{ мкм};$$

$$\rho_{\text{деф}}=50 \text{ мкм};$$

$$\rho_0=\sqrt{3,5^2 + 50^2} = 50,12 \text{ мкм}.$$

Просторове відхилення для заготовки після чорнового точіння:

$$\rho = K_y \cdot \rho_{\text{заг}};$$

K_y - коефіцієнт уточнення форми [3]

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 304 = 18,23 \text{ мкм};$$

$$\rho_2 = 0,04 \cdot 304 = 12,16 \text{ мкм};$$

Похибка установки під час чорнового точіння:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2};$$

$\varepsilon_3=73$ мкм - похибка в зажимному патроні;

$\varepsilon_6=6,5$ мкм - похибка базування.

$$\varepsilon = \sqrt{20^2 + 73^2} = 77,5 \text{ мкм};$$

Похибка під час чистового точіння становить:

$$\varepsilon_1 = \varepsilon \cdot 0,05=77,5 \cdot 0,05=3,875 \text{ мкм};$$

Розрахунок мінімальних значень припусків проводимо користуючись основною формулою:

$$2z_{\text{min}} = 2(R_{z-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2});$$

Мінімальний припуск під чорнове обточування:

$$2z_{\text{min}1} = 2(250 + 300 + \sqrt{3^2 + 75,6^2}) = 2 \cdot 640,6 \text{ мкм};$$

під чистове точіння :

$$2z_{\text{min}2} = 2(50 + 50 + \sqrt{3^2 + 3,78^2}) = 2 \cdot 104,8 \text{ мкм};$$

під тонке точіння:

$$2z_{\text{min}2} = 2(20 + 25 + 12,16) = 114,32 \text{ мкм};$$

Виходячи з креслень деталі і розрахунковий розмір після останнього переходу для останніх отримуємо:

$$d_2 = 69,695 - 1,727 = 67,968 \text{ мм};$$

$$d_1 = 69,932 - 0,237 = 69,695 \text{ мм};$$

$$d_3 = 70,046 - 0,114 = 69,932 \text{ мм};$$

Визначаємо граничні значення припусків $2z_{max}^{np}$ як різницю найбільших граничних розмірів $i2z_{min}^{np}$ - різницю найменших граничних розмірів попереднього і виконуваного переходів:

$$2z_{max 3}^{np} = 70 - 69,858 = 142 \text{ мм};$$

$$2z_{max 2}^{np} = 69,858 - 69,505 = 353 \text{ мкм};$$

$$2z_{max 1}^{np} = 69,505 - 67,228 = 2,227 \text{ мкм};$$

$$2z_{min 1}^{np} = 69,695 - 67,967 = 1727 \text{ мкм};$$

$$2z_{min 2}^{np} = 69,932 - 69,695 = 237 \text{ мкм};$$

$$2z_{min 3}^{np} = 70,046 - 69,932 = 114 \text{ мкм};$$

Перевірка:

$$2z_{max 3}^{np} - 2z_{min 3}^{np} = 142 - 114 = 28 \text{ мкм}; S_2 - S_3 = 54 - 35 = 19 \text{ мкм};$$

$$2z_{max 2}^{np} - 2z_{min 2}^{np} = 353 - 237 = 116 \text{ мкм}; S_1 - S_2 = 140 - 54 = 86 \text{ мкм};$$

$$2z_{max 1}^{np} - 2z_{min 1}^{np} = 2277 - 1727 = 550 \text{ мкм}; S_3 - S_1 = 870 - 140 = 730 \text{ мкм};$$

Результати розрахунку представлені у таблиці Б.1. На інші оброблювані поверхні деталі припуски та допуски визначаємо табличним методом (табл. Б.2).

2.3. Розрахунок режимів різання, вибір обладнання

Проводимо розрахунки для свердлильної обробки за методою джерела [6]

I. Вибираємо свердло з підточкою попередньої кромки $\varphi=60^\circ$.

II. Назначаємо режими різання:

1. Глубина різання $l=0/2=6,5/2=3,25$ мм.

2. Подача при свердлінні $s=0,2 - 0,31$ мм/об, [6].

Приймаємо за паспортом верстата $s_3=0,2$ мм/об.

3. Період стійкості $T=15$ хв.

4. Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v.$$

значення коефіцієнтів $C_v = 1,7$; $q = 0,25$; $m = 0,125$; $y = 0,4$ [6].

$$V = \frac{1,7 \cdot 6,5^{250}}{15^{0,125} \cdot 0,2^{0,4}} \cdot 0,94 = 3,46 \text{ м/хв.}$$

5. Визначаємо частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 3,46}{3,14 \cdot 6,5} = 169,5 \text{ хв}^{-1},$$

Приймаємо $n_d = 125 \text{ хв}^{-1}$.

6. Знаходимо дійсну швидкість різання:

$$V_\partial = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\partial}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6,5 \cdot 125}{1000} = 2,55 \text{ м/хв.}$$

7. Потужність, що витрачається на різання:

$$N_p = \frac{M_{кр} \cdot n_d}{9750} = \frac{90 \cdot 125}{9750} = 1,15 \text{ (кВт)}.$$

III. Знаходимо основний час:

$$T_o = \left(\frac{L}{n_d \cdot S_d} \right) \cdot K$$

$$L = y + 1 + \Delta = 0,5 + 5,03 + 2 = 13,54 \text{ (мм)};$$

Де $y = t \cdot \text{ctg} \varphi = 3,25 \cdot \text{ctg} 60^\circ = 5,03 \text{ (мм)}$ - врізання,

$l = 6,5 \text{ мм}$ - довжина обробки,

$\Delta = (1...3)$ - перебіг.

$$T_o = \frac{28,7}{355 \cdot 0,28} \cdot 4 = 1,15 \text{ (хв.)}.$$

Режими різання на інші види механічної обробки деталі визначені за джерелом [7] та наведені у таблиці Б.3. Відомості про обладнання та ріжучий інструмент для виконання технологічних операцій наведено у додатку Б.

2.4. Нормування технологічного процесу

Під нормою часу розуміють час, який необхідний для виконання заданого об'єму робіт (операцій) при певних організаційно технічних умовах і найбільш ефективному використанні засобів виробництва.

Норма штучного часу визначається за формулою:

$$T_{шт} = T_0 + T_в + T_{об} + T_{от}$$

$T_{от}$ – основний час, мм.

$T_в$ – допоміжний час, мм.

$T_{об}$ – час на обслуговування робочого місця,

$T_{от}$ – час на відпочинок.

$$T_в = T_{уст} + T_{з.о.} + T_{уп} + T_{пз}$$

$T_{уст}$ – час на встановлення та знімання деталі. $T_{з.о.}$ – час на закріплення і відкріплення деталі,

$T_{уп}$ – час на прийоми управління,

$T_{пз}$ – час на вимірювання деталі.

$$T_{об} = T_{тех} + T_{орг}$$

$T_{тех}$ – час на технічне обслуговування робочого місця,

$T_{орг}$ – час на організаційне обслуговування робочого місця.

Проведемо розрахунок для 010 токарно-револьверної операції. За джерелом [3] визначаємо складові норми часу на операцію, окрім основного часу..

$$T_{ус} + T_{зв} = 0,063$$

Час на включення верстата 0,02хв;

Час на переміщення 0,05 хв;

$$T_{уп} = 0,02 + 0,05 = 0,07 \text{ хв};$$

Час на вимірювання деталі $T_{пз} = 0,18$ хв;

Допоміжний час:

$$T_в = 0,087 + 0,07 + 0,18 = 0,337 \text{ хв};$$

$$T_{от} = T_о + T_в = 5,03 + 0,337 = 5,367 \text{ хв};$$

Час на обслуговування робочого місця:

$$T_{\text{тех}} = T_o \cdot t_{\text{см}}/T_{\text{ом}} = 5,03 \cdot 2,5/60 = 0,209 \text{ хв};$$

$T_{\text{см}}=2,5 \text{ хв}$, [3]

Час на організаційне обслуговування 1,4%:

$$T_{\text{орг}} = 5,03 \cdot 1,4/100 = 0,07 \text{ хв};$$

Час на перерви та відпочинок 7% :

$$T_{\text{он}} = 5,03 \cdot 7/100 = 0,352 \text{ хв};$$

Штучний час:

$$T_{\text{шт}} = 5,367 + 0,209 + 0,07 + 0,352 = 5,998 \text{ хв}.$$

Розраховані значення на інші операції і записуємо в таблицю Б.4.

РОЗДІЛ 3

КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Розроблення креслень заготовки

Розробку 3D креслень деталі та заготовки «Барабан заднього гальма 1301-3502070» виконуємо використовуючи програмний продукт PowerSHAPE.

В системі гібридного моделювання PowerSHAPE було спроектовано елемент складної конструкції «Барабан заднього гальма». Даний елемент є доволі складним елементом для проектування, але система PowerSHAPE дозволяє доволі спростити та полегшити цей процес.

Процес проектування даної моделі починався з створення системи координат в середовищі моделювання. В полі координат ставимо початок відліку координат, а саме «0 0 0». Після чого натискаємо на кнопку «лінія», вибираємо «одиначну лінію». Наступним кроком, після створення системи координат, є створення контуру основної частини відкривши вкладку “Лінія” вибравши функцію “Створити неперервну лінію”. Далі будуємо ескіз елемента згідно креслення.

Створивши контур основної частини, об’єднуємо його в суцільний контур використавши комбінацію “Shift” + ПКМ. Об’єднавши та виділивши щойно створений контур, обертаємо його навколо вибраної осі. Обернувши, отримуємо готовий контур нашої моделі. Останнім кроком, для моделювання даної моделі є надання проектіві окраски та властивостей матеріалу котрі вказані в завданні. Дану операцію можна виконати наступним чином: Вибравши вкладку: “Формат” та обравши в ній “Матеріали...” На цьому моделювання заверрене. 3D зображення барабана та заготовки представлено на рис. В.1 та рис. В.2.

3.2. Проектування пристосування для фрезерування

Виходячи з завдання необхідно спроектувати верстатний пристрій на обробку поверхні (операція 025 Вертикально-фрезерна).

В прийнятому варіанті механічна обробка поверхні здійснюється на вертикально-фрезерному верстаті 6Р13.

Тип виробництва серійний, тому згідно рекомендацій пристрій повинен мати механізований привід затиску, а саме пневмокамера.

Даний пристрій служить для закріплення заготовки на столі вибраного верстата з метою обробки даної поверхні.

Принцип дії полягає у наступному, що деталь встановлюється на втулку 16 з упором в торець пластини. На прижимний шток пневмо камери надівається гайка за допомогою якої прижимаємо заготовку при робочому(затискному) ході тяги важеля. Отже, деталь затиснена, і готова до виконання технологічної операції.

Силовий розрахунок параметрів приводу [8]:

Виходячи з структурної схеми пристрою і схеми сили дії, зусилля затиску розраховуємо по формулі:

$$W=KP_x-P_z f_2/f_1+f_2;$$

f_1, f_2 - коефіцієнт тертя відповідно між поверхнею затискного елемента і поверхні деталі і опорною поверхнею деталі і установчою поверхнею. ($f_1=0,15$, $f_2=0,2$).

K - коефіцієнт запасу ;

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6;$$

$K_0= 1,5$ -гарантований коефіцієнт запасу;

$K_1=1,2$ - коефіцієнт, який враховує зростання сили різання при затупленні інструменті.

$K_2=1,0$ - коефіцієнт, який враховує нерівномірність сил різання через непостійність припуску.

$K_3=1,0$ - коефіцієнт, який враховує зміну сил обробки при неперервному різанні.

$K_4 = 1,2$ - коефіцієнт, який враховує непостійність сил різання.

$K_5=1,1$ - коефіцієнт, який враховує непостійність сил,що розвивається приводами.

$K_6 = 1,0$ - коефіцієнт, який враховує невизначене положення місць контакту заготовки з установочними елементами і зміни, в зв'язку з цим моментів тертя і які протидіють повороту заготовки по базовій площині.

Тоді: $K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 1,0 = 2,59$

Сила різання: $P_z = 2910,5 \text{ Н}$; $P_x = 2328,4 \text{ Н}$;

Сила затиску: $W = \frac{2,6 \cdot 2328,4 - 2910,5 \cdot 0,2}{0,15 + 0,2} = 15633,5 \text{ Н}$;

Приспосіблення фрезерне призначене для установки і закріплення заготовки при обробці на вертикально-фрезерному верстаті.

Приспосіблення складається з корпусу елементів базування, механізма зажима і пневмо камери. На втулку встановлена деталь. Механізм зажиму складається з тяги рычага і прижимної оправки, які працюють безпосередньо від пневмо камери.

Приспосіблення працює слідує таким чином: повітря поступає в пневмокамеру, а далі в рычаг і тягу. Після цього тяга піднімається і встановлюється деталь на палець і площину. Прижимається тягою і деталь готова до операції.

3.3. Проектування пристосування для контролю деталі

Виходячи з завдання необхідно спроектувати контрольний пристрій для одночасного контролю декількох вимог встановлених до виготовленої деталі.

Так як тип виробництва серійний, тому згідно рекомендацій [9] пристрій повинен мати механізований привід затиску, а саме пневмоциліндр.

Принцип дії заключається в наступному, що після попадання до пневмокамери повітря шток рухаючись вгору дає можливість встановити деталь, після чого деталь встановлюється на втулку 19 з упором на кільце 146, далі під дією тяги шток опускається до низу затискаючи деталь прижимом до кільця. Після чого повертаються індикатори та встановлюються головками на поверхні що контролюються. Далі деталі надають обертання навколо осі при цьому знімаючи покази індикаторів. Після знаття показів деталь розтискають та знімають з пристосування, і виконують контроль наступної.

Розрахунок на точність [9].

Для забезпечення точності пристрою необхідно виконати умову:

$$\sum \varepsilon < T,$$

де, $T=0,2$ - допуск на розмір - сумарна похибка

$$\sum \varepsilon = K \cdot \sqrt{\varepsilon_B^2 + \varepsilon_{рп}^2 + \varepsilon_{ру}^2 + \varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{рис}^2 + \varepsilon_H^2 + \varepsilon_{рз}^2 + \varepsilon_{пд}^2 + \varepsilon_i^2 + \varepsilon_{зН}^2 + \varepsilon_t^2},$$

де $\varepsilon_B = 0,014$ - похибка стола верстата;

$\varepsilon_{рп} = 0,033$ - похибка розташування пристрою на верстаті (для установчих пазів стола)

$\varepsilon_{ру} = 0,038$ - похибка розташування установчих елементів поверхонь пристрою, якими він встановлює на верстаті;

$\varepsilon_6 = 0,008$ - похибка базування;

$\varepsilon_3 = 0,07$ - похибка закріплення;

$\varepsilon_{рис} = 0,01$ - похибка розташування направляючих елементів пристрою;

$\varepsilon_H = 0,01$ - похибка налагодження;

$\varepsilon_{рз} = 0,01$ - похибка розмірного зношування;

$\varepsilon_{пд} = 0,003$ - похибка пружних деформацій;

$\varepsilon_i = 0,002$ - похибка інструменту;

$\varepsilon_{зН} = 0,003$ - похибка, викликана зношуванням установчих елементів;

$\varepsilon_t = 0,001$ - похибка, викликана температурними впливами;

$K=1,1$ - коефіцієнт, що враховує закони розподілу похибок.

Тоді:

$$\sum \varepsilon = 1,1 \cdot \sqrt{0,014^2 + 0,033^2 + 0,038^2 + 0,008^2 + 0,07^2 + 0,01^2 + 0,01^2 + 0,01^2 + 0,003^2 + 0,002^2 + 0,003^2 + 0,001^2} = 0,098$$

$$0,098 \leq 0,2$$

$\sum \varepsilon < T$ - Тодже точність забезпечується.

Розрахунок на точність контрольного пристрою [9].

Загальна похибка контрольного пристрою залежить від похибки положення деталі в пристрої ε , похибки передавальних механізмів Δ_p , похибки виготовлення еталонної деталі Δ_e , яка служить для налагодження пристрою і похибки показів вимірювального приладу Δ_n .

Тоді загальна похибка буде визначатися:

$$\Delta_{\text{мет}} = \varepsilon + \Delta_p + \Delta_e + \Delta_n = 0,0081 + 0,0005 + 0,001 + 0,0008 = 0,0104 \text{ мм.}$$

Дійсне значення похибки контрольного пристрою визначається в процесі його атестації і може бути зменшене до певної границі під час налагодження, регулюванні.

Величину визначають так:

$$\Delta_{\text{доп}} = (0,2 \dots 0,35)\delta_{\text{дет}} = (0,2 \dots 0,35)0,03 = 0,0105 \text{ мм.}$$

При цьому повинна задовольнятися умова $\Delta_{\text{доп}} > \Delta_{\text{мет}}$. Отже, умова задовольняється.

Загальна похибка пристрою:
$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{уст}}^2 + \varepsilon_{\text{ін}}^2 + \varepsilon_{\text{с}}^2}$$

$\varepsilon_{\text{уст}} = 0,005$ мм - похибка, що залежить від точності опор.

$\varepsilon_{\text{ін}} = 0,015$ мм - похибка індикатора;

$$\varepsilon_{\text{с}} = 0.$$

Отже,
$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{0,005^2 + 0,015^2} = 0,0158 \text{ мм.}$$

Похибка показів вимірювального приладу визначається за формулою:

$$\Delta_{\text{контр}} = \delta_{\text{дет}} - \Delta_{\text{мет}} = 0,03 - 0,0104 = 0,0196 \text{ мм.}$$

Отже, точність забезпечена.

РОЗДІЛ 4

ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ДІЛЬНИЦІ

4.1. Уточнення типу виробництва

На основі встановленої технічної норми часу уточнюємо тип виробництва.

Для прикладу, проведемо аналітичний розрахунок для 005 токарно-гвинторізної.

Визначаємо необхідну кількість верстатів:

$$M_{p1} = 25000 \cdot 2,76/60 \cdot 4029 \cdot 0,7 = 0,407; m_{p1}=1;$$

Визначаємо фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{з.ф.} = 0,407/1 = 0,407;$$

$$\text{Визначаємо кількість операцій: } O = \eta_{з.н.}/\eta_{з.ф.} = 0,7/0,407 = 1,71.$$

Аналогічно проводимо розрахунки на усі операції. Результати розрахунків представляємо у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Уточнення типу виробництва

№ оп.	Операція	$T_{шт-к}$	M_p	$M_{пр}$	$\eta_{з.ф.}$	$\eta_{з.н.}$	O
005	Токарна	2,76	0,407	1	0,407	0,7	1,71
010	Токарна	5,998	0,886	2	0,443	0,7	1,58
015	Агрегатна	0,874	0,129	1	0,129	0,7	5,42
020	Вертикально свердлильна	0,56	0,08	1	0,08	0,7	8,75
025	Фрезерна	0,585	0,086	1	0,086	0,7	8,75
Всього:		10,77		6			26,21

За уточненими розрахунками $K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{26,21}{6} = 4,36.$

Тип виробництва - багатосерійний

Ручні місця слюсарів до робітку в механічній дільниці:

$$M_m = 2\% \text{ від } C_{\text{пр}},$$

$$M_m = 2 \cdot 6 = 0,12 \approx 1.$$

Допоміжне металорізальне обладнання:

- Для ремонтної бази цеху:

$$C_{\text{рем}} = 4\%; C_{\text{пр}} = 0,04 \cdot 6 = 0,26 \approx 1.$$

- Для групи ремонту пристосувань:

$$C_{\text{прис}} = (1,4 + 4)C_{\text{пр}}$$

$$C_{\text{прис}} = 0,054 \cdot 6 = 0,36 \approx 1.$$

- Для переточки інструменту:

$$C_z = 6\%C_{\text{пр}} = 0,06 \cdot 6 = 0,36 \approx 1.$$

4.2. Визначення кількості працівників на дільниці

Для дільниці механічної обробки корпусу кількість робітників

$$C = \frac{T_{\text{шт}} \cdot B_p}{60 \cdot \Phi_d \cdot T \cdot K_v \cdot K_m},$$

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

B_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 багатостатного обслуговування.

Розрахунки проводимо для усіх операцій. Приймаємо по одному робітнику на кожну операцію. Всього прийнятих робітників-верстатників на дільниці обробки корпусу 6 чоловік.

Слюсарів:

$$P_{\text{сл}} = 1 \dots 3\%P_c; P_{\text{сл}} = 1\% \cdot 7 = 0,07 \approx 1 \text{ чол.}$$

Всього основних робітників:

$$P_o = P_c + P_{\text{сл}}; P_o = 6 + 1 = 7 \text{ (чол.)}.$$

Допоміжні робітники складають 18...25 % від загальної кількості виробничих робітників [11]. $P_d = 7 \cdot 0,2 = 1$ (чол.)

Для укрупнених розрахунків число спеціалістів (10...12%), керівників (2,3...3,8%), службовців (1,5...3%) визначається в процентах від всього числа робітників цеху [11].

$$P_{сп} = 8 \cdot 0,12 = 1$$

$$P_{кер} = 8 \cdot 0,035 = 1$$

$$P_{сл} = 8 \cdot 0,03 = 1$$

Всього працюючих в цеху $P_{дін} = 11$ працівників.

4.3. Розрахунок виробничої площі дільниці

Розрахунок площі проводимо за методом джерела [11].

$$F_3 = C \cdot y,$$

де y – питома виробнича площа на один верстат за нормативами.

$y = 15 \dots 25 \text{ м}^2$ – для середніх верстатів. Приймаємо площу на 1 верстат 25 м^2 .

Виробнича форма рівна :

$$\sum F_s = 6 \cdot 25 = 150 \text{ м}^2$$

Площа проходів та проїздів становить 10% від виробничої площі дільниці, тобто $150 \cdot 0,1 = 15 \text{ м}^2$.

Загальна площа дільниці $F = 150 + 15 = 165 \text{ м}^2$.

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 $7,2 \text{ м}$. Дільниця розміщується в середині виробничого цеху. Природне освітлення відбувається через світлові ліхтарі розміщені у даху примушення. Підлога на дільниці виконана з полімерцементним покриттям, що витримує

технологічне навантаження $3 \dots 5 \text{ т/м}^2$, використання води, мінеральних масел і

емульсій і має низьку трудомісткість очищення [12].

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 – від 900 мм до 2500 мм, від стін, колон до тильної сторони верстата – 900 мм [13].

На плані показано розміщення обладнання у вигляді темп летів, а також умовними позначеннями показані будівельні елементи: колони, стіни; основні будівельні параметри; межі дільниці; місця робітників; проїзди і проходи; точки підводу комунікацій до верстатів.

Основні техніко-економічні показники дільниці наведено у таблиці Г.1.

4.5. Вибір вантажопідйомних і транспортних засобів на дільниці

Для доставки у підрозділ заготовок і матеріалів, відправка готової продукції використовують головним чином електро і автокари, візки і інші засоби. Між операційна передача заготовок, встановлення і зняття тяжких пристосувань на механічній дільниці. Для великих деталей масою до 5 т використовується монорельки, поворотні крани, кран – балки і т.д. [13].

Розрахунок потрібної кількості:

1) Засобів, що транспортують вантажі поштучно (крани – балки, крани)

$$\Gamma_k = \frac{П \cdot i \cdot T_m \cdot K_n}{\Phi_k \cdot 60},$$

де i – кількість транспортних операцій на заготовку з річною програмою (5...10).

T_m – час одного рейсу(2,5...5 хв).

K_n – коефіцієнт нерівномірної роботи, $K_n = 1,115 \dots 1,2$.

Φ_k – річний фонд часу при двозмінній роботі; $\Phi_k = 4029$ год.

$$\Gamma_k = \frac{25000 \cdot 5 \cdot 2,5 \cdot 1,15}{4029 \cdot 60} = 1,48 \text{ (шт.)};$$

приймаємо = 2 шт.

2) Засоби що транспортують різні вантажі по вазі(крани, візки і ін..)

$$Г_в = \frac{O \cdot i \cdot T_m \cdot K_n}{\partial \cdot K_\partial \cdot \Phi \cdot 60}$$

де $i=2 \dots 3$.

O – річна вага перевезень вантажів, $O = 4,1$ кг (середнє значення).

T_m – час одного рейсу(10...15 хв).

K_n – коефіцієнт нерівномірної подачі вантажів, $K_n = 1$.

∂ – вантажопідйомність транспортування обладнання.

K_∂ – коефіцієнт використання пального, $K_\partial = 0,4 \dots 0,5$.

$$Г_в = \frac{4,1 \cdot 2,5 \cdot 10 \cdot 1 \cdot 25000}{5000 \cdot 0,4 \cdot 4029 \cdot 60} = 0,0023 \approx 1 \text{ (шт)}$$

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Виявлення шкідливих та небезпечних виробничих факторів

Під час механічної обробки вибраної на дипломне проектування деталі існують небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Для забезпечення можливості запобігання їх виникненню потрібно знати причини їх виникнення.

Виконаний для цього аналіз конструкцій найбільш широко застосовуваних металорізальних верстатів різних груп в різноманітних умовах навантажень дозволяє сформулювати висновок, що до найчастіше виникаючих фізичних небезпечних факторів в даному випадку відноситимуться: рухомі частини виробничого обладнання; рухомі заготовки та деталі; стружка матеріалу заготовки, що обробляється; частинки поломаного металорізального інструменту; високі температури поверхонь різального інструменту і деталі, що обробляється; підвищена напруга в електро-ланцюгах верстатів та інші.

До фізичних шкідливих виробничих факторів, що виникатимуть при обробці деталі, відносяться: високий рівень шуму і вібрації від роботи металорізального обладнання; недостатнє освітлення робочої зони; прямий і відображений блиск; підвищена пульсація світлового потоку та інші.

Наведені 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 в даному випадку є нерівності поверхонь підлоги цеху та решіток, гострі нерухомі елементи верстатів, допоміжного обладнання та огорожі. До пасивних небезпечних та шкідливих виробничих факторів належатимуть небезпечні явища, пов'язані з недостатньою міцністю конструкцій; підвищеними навантаженнями на вузли та механізми металорізального обладнання; впливом змащувально - охолоджувальних рідин на здоров'я працівників цеху.

Вібрації, які виникатимуть при експлуатації вибраного для оброблення деталі обладнання, негативно впливатимуть не тільки на здоров'я працівників, але і на

точність обробки, і довговічність обладнання. Послаблення впливу вібрацій можна досягнути певними заходами як конструктивного, так і технологічного характеру: використання динамічних погашувачів вібрацій, різного типу амортизаторів тощо. Зокрема використання амортизаторів особливо ефективно для віброізоляції тих типів металорізального обладнання, що вибране для механічної обробки деталі. Вибираємо металогумовий тип віброопор, який забезпечує зменшення амплітуди виниклих коливань в межах до 65 % від початкових їх величин.

Підвищений рівень напруги в електричних ланцюгах металорізальних верстатів є важливим небезпечним виробничим фактором при механічній обробці вибраної на дипломне проектування деталі. Для запобігання ураження верстатників електричним струмом передбачаємо наступні заходи безпеки:

- забезпечення недоступності струмоведучих частин верстатів;
- розподіл електричної сітки;
- захисне заземлення верстатів;
- застосування кожухів, огорож, захисної ізоляції;
- контроль і профілактика пошкоджень ізоляції;
- застосування спеціальних і запобіжних пристроїв;
- організація безпечної експлуатації металообробного обладнання.

Для заземлення металорізальних верстатів використовуємо контурний тип заземлення, оскільки він має певні переваги порівняно з випадком розміщення електродів в ряд, а саме: зменшується коефіцієнт дотику і кроку до значень, при яких напруга дотику і крокова напруга не перевищуватимуть допустимі значення. В якості вертикальних електродів використовуємо круглі сталеві стержні діаметром 15 мм, а в якості горизонтального провідника зв'язку - сталеву стрічку. При цьому виконуємо розрахунковий вибір кількості електродів з метою, щоб загальний еквівалентний опір заземлення не перевищував допустимих величин. В даному випадку (для металорізальних верстатів) допустима величина опору становить 4 Ом.

Відомо, що від того, на якій основі виготовлені змащувально- 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 [14], в якості змашувального матеріалу в металообробному обладнанні використовуємо масло індустріальне типу 1-20 А, температура спалаху якого значно вища нормованих 150°C і яке вільне від кислот та вологи.

Вагомий вплив на здоров'я працівників має чисте повітря потрібного хімічного складу, оптимальної температури, вологості і швидкості його руху [15]. Створення в робочій зоні металорізальних верстатів потрібних метеорологічних умов благоприємно 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. Щодо температури повітря, то вона повинна бути: в холодний період року - $18 - 20^{\circ}$; в теплий період року - $21 - 23^{\circ}$. Щодо відносної вологості повітря, то незалежно від періоду року її значення повинно не перевищувати 75 %. Відносно швидкості руху повітря: вона повинна знаходитись в межах 0,2 - 0,3 м/с.

У відповідності з нормативними документами 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. Категорія робіт - це розподіл робіт на основі загальних енергозатрат організму, котрі вимірюються в джоулях в секунду.

Для нашого випадку приведені нормативні величини відповідають середній важкості категорії робіт [16]. Щодо теплового режиму, то в залежності від нього розрізняють приміщення з незначними і значними надлишками явного тепла.

Під явним теплом розуміють тепло, що поступає в приміщення від обладнання, опалювальних приладів, нагрітих матеріалів і інших джерел, котре впливає на температуру повітря в приміщенні. Значить, в нашому випадку, згідно [14] використовується приміщення з незначними надлишками тепла, для якого і встановлені приведені вище нормативні величини.

5.2. Розрахунок очікуваного рівня звукового тиску у виробничому приміщенні

Розрахунок очікуваного рівня звукового тиску у виробничому приміщенні, в якому встановлене металорізальне обладнання для обробки деталей, виконуємо за методикою, наведеною в [17]

За графіком частот залежно від об'єму приміщення маємо (для частоти 63Гц):

$$V_{\text{ш}} := 56; \psi = 0,8; L_p := 110 \text{ дБ.}$$

$$f_5 := \psi \cdot \frac{4}{V_{\text{ш}}}; \quad f_5 = 0,057 \text{ м}^{-2}.$$

$$f_1 + f_5 = 0,278 \text{ м}^{-2}; f_2 + f_5 = 0,079 \text{ м}^{-2};$$

$$f_3 + f_5 = 0,063 \text{ м}^{-2}; f_4 + f_5 = 0,06 \text{ м}^{-2};$$

Знаходимо спади октавних рівнів звукового тиску на відстані від джерела:

$$\Delta L_1 := 10 \cdot \log(f_1 + f_5); \quad \Delta L_1 = -5,555 \text{ дБ};$$

$$\Delta L_2 := 10 \cdot \log(f_2 + f_5); \quad \Delta L_2 = -11,013 \text{ дБ};$$

$$\Delta L_3 := 10 \cdot \log(f_3 + f_5); \quad \Delta L_3 = -11,975 \text{ дБ};$$

$$\Delta L_4 := 10 \cdot \log(f_4 + f_5); \quad \Delta L_4 = -12,241 \text{ дБ};$$

Очікувані октавні рівні по кожному джерелу:

$$L_{p1} = L_p + \Delta L_1; \quad L_{p1} = 104,445 \text{ дБ};$$

$$L_{p2} = L_p + \Delta L_2; \quad L_{p2} = 98,987 \text{ дБ};$$

$$L_{p3} = L_p + \Delta L_3; \quad L_{p3} = 98,025 \text{ дБ};$$

$$L_{p4} = L_p + \Delta L_4; \quad L_{p4} = 97,759 \text{ дБ};$$

Сумарний октавний рівень звукового тиску при даній частоті складає:

$$L_{\text{сум}} := 10 \cdot \log[10^{0,1 \cdot L_{p1}} + 10^{0,1 \cdot L_{p2}} + 10^{0,1 \cdot L_{p3}} + 10^{0,1 \cdot L_{p4}}].$$

Таким чином сумарний рівень $L_{\text{сум}} = 106,818 \text{ дБ}$.

Розрахунки для інших частот за графіком залежно від об'єму приміщення наведено у додатку Д.

Сумарний рівень $L_{\text{сум}} = 92,672 \text{ дБ}$.

Отримані раніше сумарні октавні рівні звукового тиску зведені в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 - Сумарні октавні рівні звукового тиску

Середня октавна частота	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Сумарний рівень звукового тиску	106	106	106	103	100	97	93	95

Отримані дані дозволяють зробити наступний висновок: рівні звукового тиску у виробничому приміщенні перевищують допустимі значення, тому необхідне застосування спеціальних пристроїв для поглинання шумів. Особливу увагу необхідно приділяти шумам у середніх октавних смугах частот 63, 125, 500, і 1000 Гц, де спостерігається найбільше перевищення допустимих параметрів.

5.3. Охорона навколишнього середовища

При експлуатації металообробного обладнання можливе забруднення навколишнього середовища, ступінь якого залежить від виду та характеру викидів, складу використовуваних змащувально-охолоджувальних рідин та багатьох інших факторів. Так, наприклад, в коробках швидкостей і подач металорізальних верстатів дуже часто використовується мастило індустриальне. 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 наладчика, 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.

5.4. Планування протипожежних заходів

У підрозділах механічної обробки необхідно дотримуватись 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. 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 пожежо- та вибухонебезпекою до категорії Д і до другого ступеня вогнестійкості [18]. 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 передбачаємо використання первинних засобів пожежогасіння. Пожежні щити оснащуємо вогнегасниками, ломами, лопатами, відрами, баграми. Крім того, у виробничому приміщенні передбачаємо використання автоматичних засобів виявлення та гасіння пожежі.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Прийняті у кваліфікаційній роботі інженерні рішення дозволили спроектувати дільницю механічної обробки барабана і з покращеними окремими показниками технологічного процесу.

Прийняті рішення забезпечили можливість концентрації обробки, організацію багатостатного обслуговування, мобільність виробництва, а також значне скорочення затрат на оснащення виробничого процесу.

Розроблені конструкції спеціального верстатного пристрою дало змогу підвищити якість виготовлення деталей і зменшити трудомісткість на операціях. Крім того, завдяки застосуванню механізованого приводу, значно покращилися умови роботи виробничих робітників.

Також для забезпечення безпечних умов роботи персоналу і суттєвого їх покращення розглянуто ряд питань охорони праці, розраховано запобіжний пристрій для електроприводу обладнання дільниці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 3925-99. 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. Гушин 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>, вільний (дата звернення: 01.04.2025). – Назва з екрана.
5. [Прайс-лист на виготовлення виливків зі чавуну – MetExport](https://www.metexport.com.ua/ua/prajs-list/). URL: <https://www.metexport.com.ua/ua/prajs-list/> (дата звернення: 01.04.2025). – Назва з екрана.
6. Григурко І.О., Брендюля М.Ф., Доценко С.М. Технологія обробки типових деталей (курсове проектування): навч. посіб. Львів: Новий світ-2000,2006. 576 с.
7. Ревнівцев М. П., Паршина Н. П. Режими різання на металообробних верстатах у машинобудуванні: навч. посіб. К. : А.С.К., 2006. 416 с.
8. Боровик А.І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва: підручник. К.: Кондор, 2008. 726 с.
9. Гевко Б.М., Дичковський М.Г., Матвійчук А.В. Технологічна оснастка. Контрольні пристрої: навч. посіб. К.: Кондор, 2009. 220 с.
10. Джур Є.О., Бондаренко О.В. Проектування машинобудівних заводів та цехів. Загальна частина: навч. посіб. Д.: “Інновація”, 2011. 109с.
11. Гальчук Т.Н. Проектування та організація підрозділів сучасного машинобудівного виробництва: елект. навч. посіб. для студентів спеціальності 131 –

„Прикладна механіка” денної та заочної форм навчання. Луцьк: ЛНТУ, 2022. URL: <https://elib.lntu.edu.ua> (дата звернення: 10.04.2024).

12. Дусанюк Ж.П., Семичеснов Н.С., Гунько І.В. Механоскладальні цехи та дільниці у машинобудуванні. Вінниця: ВДТУ, 2003. 262 с.

13. Вимоги до розміщення виробничого обладнання і організація робочих місць. URL: <http://do.gendocs.ru/docs/index-24983> (дата звернення: 15.04.2024).

14. Основи охорони праці : підручник / М. С. Одарченко та ін. Х. : Стиль-Издат, 2017. 334 с.

15. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL:<https://dnaop.com/html/34094> (дата звернення: 20.05.2025).

16. 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).

17. Стиценко Т.Є., Пронюк Г.В. Сердюк Н.М. та ін. Безпека життєдіяльності: навч. посібник. Харків : ХНУРЕ, 2018. 336 с.

18. 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