

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 РЕДУКТОРА 00.026.A2.23

спеціальність 131 Прикладна механіка
освітня програма Прикладна механіка

Виконав: здобувач вищої освіти
Групи ІМ-41
Лазарук Ігор Володимирович

(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 – 2024 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.)
“ ___ ” _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Лазаруку Ігорю Володимировичу

1. Тема кваліфікаційної роботи Проектування дільниці з розробкою технологічного процесу механічної обробки корпусу редуктора 00.026.A2.23.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ 30 ” грудня 2023 р. № 461/01-02

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 03.06.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: Креслення деталі корпус редуктора 00.026.A2.23, 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 дільниці.

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

Додатки.

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

Креслення деталі – 1 лист (ф.А2), 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.А1), план дільниці – 1

лист (ф.А2), креслення спеціального різучого інструменту – 1 лист (ф.А2).

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання

04.02.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Загальна частина</i>	<i>17.02.2024р.</i>	
2.	<i>Технологічна частина</i>	<i>23.03.2024р.</i>	
3.	<i>Конструкторська частина</i>	<i>13.04.2024р.</i>	
4.	<i>Проектування механічної ділянки</i>	<i>11.05.2024р.</i>	
5.	<i>Охорона праці</i>	<i>18.05.2024р.</i>	
6.	<i>Висновки та пропозиції</i>	<i>25.05.2024р.</i>	
7.	<i>Формування списку використаних джерел</i>	<i>25.05.2024р.</i>	
8.	<i>Формування додатків</i>	<i>25.05.2024р.</i>	
9.	<i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>	<i>01.06.2024р.</i>	
10.	<i>Нормоконтроль</i>	<i>01.06.2024р.</i>	
11.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	<i>01.06.2024р.</i>	
12.	<i>Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту</i>	<i>03.06.2024р.</i>	

Здобувач вищої освіти

Лазарук І.В.

Керівник кваліфікаційної роботи

Гальчук Т.Н.

АНОТАЦІЯ

Лазарук І.В. Проектування дільниці з розробкою технологічного процесу механічної обробки корпусу редуктора 00.026.A2.23. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Прикладна механіка» спеціальності 131 Прикладна механіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2024.

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

У роботі вирішено комплекс технологічно-конструкторських завдань для виготовлення корпусу редуктора 00.026.A2.23 в умовах багатосерійного виробництва а саме: визначені тип виробництва і форма організації робіт, проведено аналіз конструкції деталі на технологічність, вибрано спосіб виготовлення заготовки, спроектовано маршрут механічної обробки корпусу редуктора 00.026.A2.23 з розробкою змісту операцій, проектуванням технологічного оснащення та інструментів. Зроблено планування та розраховані основні техніко-економічні показники дільниці для обробки корпусу редуктора 00.026.A2.23.

Об'єкт дослідження – корпус редуктора 00.026.A2.23.

Предмет дослідження – технологічний процес механічної обробки корпусу редуктора 00.026.A2.23.

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

ABSTRACTS

Lazaruk I.V. Design of the site with the development of the technological process of mechanical processing of the gearbox housing 00.026.A2.23. Manuscript.

Bachelor's qualification work of OP "Applied Mechanics" specialty 131 Applied Mechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2024.

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

In the work, a set of technological and design tasks for the manufacture of the gearbox housing 00.026.A2.23 in the conditions of multi-series production was solved, namely: the type of production and the form of work organization were determined, the analysis of the design of the part for manufacturability was carried out, the method of manufacturing the workpiece was selected, the route of mechanical processing of the gearbox housing was designed 00.026.A2.23 with the development of the content of operations, the design of technological equipment and tools. The planning and main technical and economic indicators of the area for processing the gearbox housing 00.026.A2.23 have been calculated.

The object of research is the gearbox housing 00.026.A2.23.

The subject of the study is the technological process of mechanical processing of the gearbox housing 00.026.A2.23.

Keywords: body, processing, machine, cutting modes, mechanical furnace.

ЗМІСТ

	ст.
Вступ.....	6
1. Розділ 1. Загальна частина.....	8
1.1 Службове призначення і характеристика об'єкта виробництва, аналіз технічних умов на деталь.....	8
1.2 Вибір методу одержання заготовки.....	8
1.3 Вибір методу обробки поверхонь.....	9
1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва.....	13
2 Розділ 2. Технологічна частина.....	16
2.1 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	16
2.2 Вибір технологічних баз.....	17
2.3 Визначення допусків на технологічні розміри і розрахунок припусків.....	19
2.4 Розмірний аналіз технологічного процесу.....	22
2.5 Розрахунок режимів різання та нормування технологічного процесу.....	23
3 Розділ 3. Конструкторська частина.....	26
3.1 Проектування пристрою на агрегатну операцію.....	26
3.2 Проектування контрольного пристрою.....	29
3.3 Розрахунок спеціального ріжучого інструменту.....	30
4 Розділ 4. Проектування механічної дільниці.....	31
4.1 Уточнення типу виробництва.....	31
4.2 Визначення кількості працівників на дільниці.....	31
4.3 Розрахунок виробничої площі дільниці.....	32
4.4 Розробка технологічного планування дільниці.....	33
4.5 Вибір вантажопідійомних і транспортних засобів на дільниці.....	33

Розділ 5. Охорона праці.....	35
Висновки і пропозиції.....	40
Список використаних джерел.....	41
Додатки.....	43

ВСТУП

Актуальність теми зумовлена тим, що пропонується варіант обробки корпусу редуктора призначення якого полягає в об'єднанні всіх складових механічного перетворювача. Службове призначення корпусу це захист внутрішніх елементів редуктора від впливу несприятливих зовнішніх факторів. Також від корпусу залежить і правильна робота розташованих у ньому частин механізму. Важливою є форма корпусу оскільки впливає на умови експлуатації перетворювача. Правильно підібрана конфігурація корпусу редуктора гарантує точність роботи, жорсткість конструкції та захист від швидкого зносу. Найбільшого поширення набули редуктори з корпусом прямокутної форми. У зв'язку з цим до корпусних деталей типу «корпус редуктора» висуваються певні вимоги до точності, що забезпечуються вибором методу отримання заготовки та технологією виготовлення. Тому є актуальним проектування технологічного процесу з механічною ділянкою для його реалізації на прикладі виготовлення деталі «корпус редуктора 00.026.A2.23».

Метою роботи є проектування ділянки з розробка технологічного процесу механічної обробки корпусу редуктора 00.026.A2.23 для його виготовлення.

Для досягнення поставленої мети потрібно виконати такі завдання:

- дати характеристику службового призначення та технологічності конструкції корпусу редуктора 00.026.A2.23;
- встановити тип виробництва та організаційну форму;
- розробити креслення заготовки та тривимірну модель у CAD-системі;
- розробити комплект технологічної документації для розробленого технологічного процесу механічної обробки корпусу редуктора 00.026.A2.23;
- спроектувати пристрої для обробки та контролю на окремі операції;
- розробити план механічної ділянки виготовлення корпусу редуктора 00.026.A2.23.

Об'єкт дослідження – деталі «Корпус редуктора 00.026.A2.23».

Предмет дослідження – технологічний процес механічної обробки деталі «Корпус редуктора 00.026.A2.23».

В роботі використовувався *метод дослідження* - розрахунково-аналітичний, а також загальні положення технології машинобудування, теорії різання матеріалів; засоби САПР для конструювання, проектування механічної ділянки та побудови 3D-моделі виробу.

Практичне значення одержаних результатів полягає у проектуванні ділянки виготовлення корпусу редуктора 00.026.A2.23 та детальна розробка технологічного процесу механічної обробки для його виготовлення. В роботі запропоновані такі нові рішення:

- технологічний процес механічної обробки для програми випуску обсягом 25000 штук на рік;
- запропоновано конструкції спеціальних верстатного та контрольного пристроїв;
- розроблено планування ділянки механічної обробки корпусу редуктора 00.026.A2.23.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

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

Деталь корпусу редуктора відноситься до групи корпусних деталей. Матеріалом деталі є сірий чавун СЧ-15. Характеристики якого дано властивості в таблицях А.1-А.2 [1].

Для корпусних деталей цього виду характерною є наявність базових поверхонь, основних отворів і отворів для кріплення. Поверхня основи є базовою і вона служить для встановлення корпусу на інших вузлах або агрегатах виробу отвори $\varnothing 12$ мм призначені для кріплення корпусу. Основні отвори $\varnothing 35$ мм використовуються для монтажу опор валів. Точність діаметральних розмірів головних отворів за 7 квалітетом, шорсткість поверхонь $R_a = 2.5$ мм. Міжосьові відстані основних отворів витримуються згідно рекомендаціям з допусками, що забезпечують необхідну точність роботи будь-яких передач. Для даного типу деталей відхилення [2]:

- від перпендикулярності торцевих поверхонь до осей отворів в межах 0,02...0,05 мм на 100 мм радіуса;

- від симетричності осей в межах 0,10..0,15 мм на 100 мм довжини.

Для деталі корпус редуктора 00.026.А2.23 ці вимоги теж відповідають даним рекомендаціям.

1.2 Вибір методу одержання заготовки

Марка матеріалу корпус редуктора 00.026.А2.23 обумовлює отримання заготовки методом лиття. Розглянемо такі методи одержання заготовки: лиття в піщано-глиняну форму та лиття в металеву форму (кокіль) [3].

Доцільність застосування методу отримання заготовки оцінюємо за техніко-економічними показниками враховуючи мінімальну величину приведених витрат на виготовлення за формулою [4]:

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

де: $Q = 3,1$ - маса заготовки, кг.;

$C_i = 85000$ - базова вартість однієї тонни заготовок, грн. [5];

$q = 2,5$ - маса деталі, кг.;

$S_{\text{відх}} = 5000$ - ціна однієї тонни відходів, грн. [6];

Вартість заготовки, яка виготовлена литтям в піщано-цегляну форму:

$$S_{\text{загI}} = \left(\frac{85000}{1000} \cdot 3,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,23 \right) - (3,1 - 2,5) \frac{5000}{1000} = 321,12 \text{ грн}$$

Вартість заготовки, яка виготовлена литтям в металеву форму (кокіль):

$$S_{\text{загII}} = \left(\frac{85000}{1000} \cdot 3,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \right) - (3,1 - 2,5) \frac{5000}{1000} = 201 \text{ грн}$$

Економічний ефект виготовлення за формулою:

$$E_3 = (S_{\text{загI}} - S_{\text{загII}}) \cdot N = (321,12 - 201) \cdot 25000 = 3003000 \text{ грн.}$$

Як показують розрахунки лиття в кокіль для даної деталі використовувати більш доцільно.

1.3 Вибір методу обробки поверхонь

Обробку поверхонь корпусу редуктора виконуємо за декілька переходів, на кожному з яких використовуємо свій вид обробки чорновий. чистовий. Згідно рекомендацій [4] для обробки заготовки необхідно забезпечити: мінімальну кількість установів, підвищену продуктивність праці, а також точність обробки.

Визначаємо число ступенів обробки за коефіцієнтом уточнення [4].

$$\varepsilon = \frac{T_3}{T_0} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \dots \cdot \varepsilon_n = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i,$$

де: ε – загальне уточнення ;

ε_i – окремі ступені уточнення;

n – число ступенів обробки;

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

Кількість переходів для обробки визначається за формулою [4]:

$$n = \frac{lq\varepsilon}{0.46}$$

Результати розрахунків наведено у таблиці 1.1.

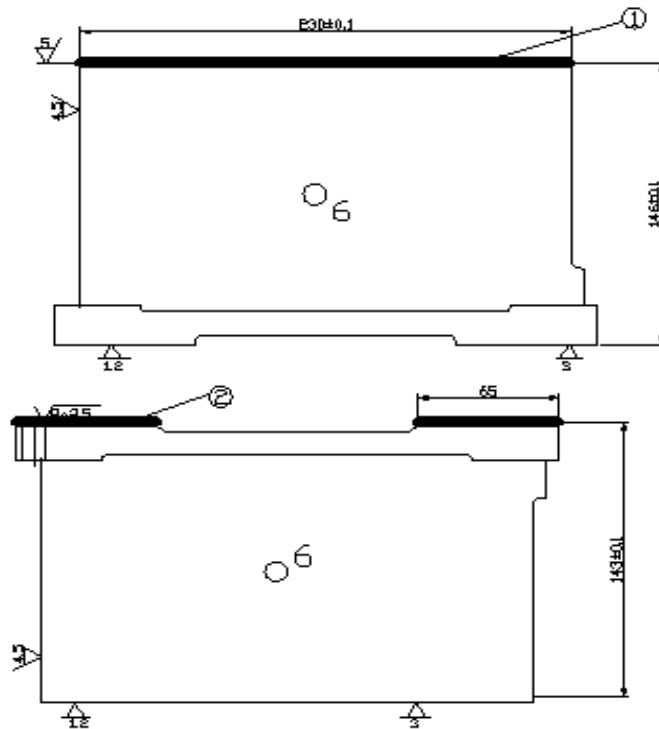
Таблиця 1.1 – Коефіцієнти уточнення

Розмір поверхні, квалітет точності	Допуск заготовки $T_z, \text{мкм}$	Допуск деталі $T_d, \text{мкм}$	Уточнення	Кількість переходів	Метод обробки поверхонь
250H9	810	130	6,2	2	Фрезерування чорнове: $\varepsilon = 5,3$ Фрезерування чистове $\varepsilon = 3,0$
140H9	630	100	6,3	2	Фрезерування чорнове: $\varepsilon = 5,3$ Фрезерування чистове $\varepsilon = 3,0$
40H9	740	46	16,1	2	Фрезерування чорнове: $\varepsilon = 5,3$ Фрезерування чистове $\varepsilon = 3,0$
12H10	240	21	6,3	2	Свердління: $\varepsilon = 5,3$ Зенкерування: $\varepsilon = 3,0$
M8-7H	360	46	7,8	1	Нарізати різьбу: $\varepsilon = 3,0$
35H7	520	21	24,76	3	Зенкерування: $\varepsilon = 6$ Попереднє Розгорткування: $\varepsilon = 3,0$ Остаточне Розгорткування: $\varepsilon = 1,5$
M10-1-7H	360	46	7,8	1	Нарізати різьбу: $\varepsilon = 3,0$

На основі розрахунків розробляємо технологічний процес обробки корпуса редуктора:

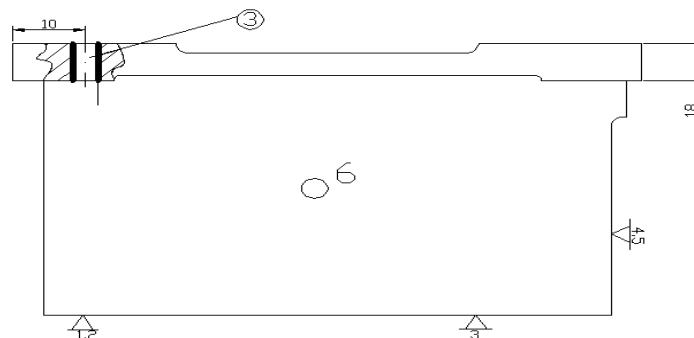
005 Горизонтально-фрезерна

1. Фрезерувати поверхні 1 і 2 начорно;
2. Фрезерувати поверхні 1 і 2 начисто.



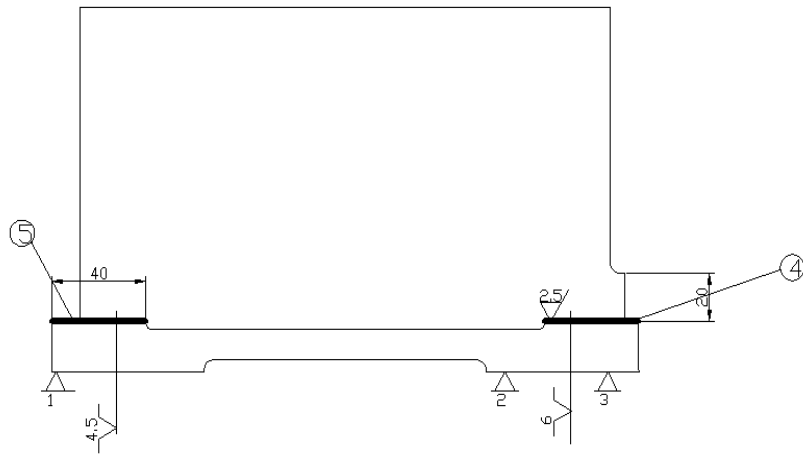
010 Вертикально- свердлильна

1. Свердлити отвір 3 $\varnothing 12$ мм (4 отвори);
2. Зенкерувати отвір 3 $\varnothing 12$ мм (4 отвори).



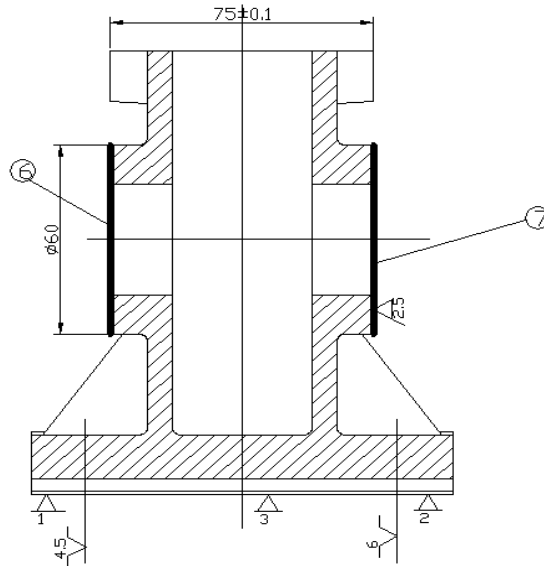
015 Горизонтально-фрезерна

1. Фрезерувати поверхні 4 і 5 начорно;
2. Фрезерувати поверхні 4 і 5 начисто.



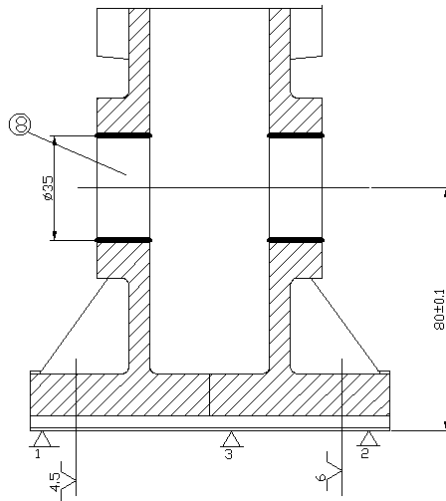
020 Горизонтально-фрезерна

1. Фрезерувати поверхні 6 і 7 начорно;
2. Фрезерувати поверхні 6 і 7 начисто.



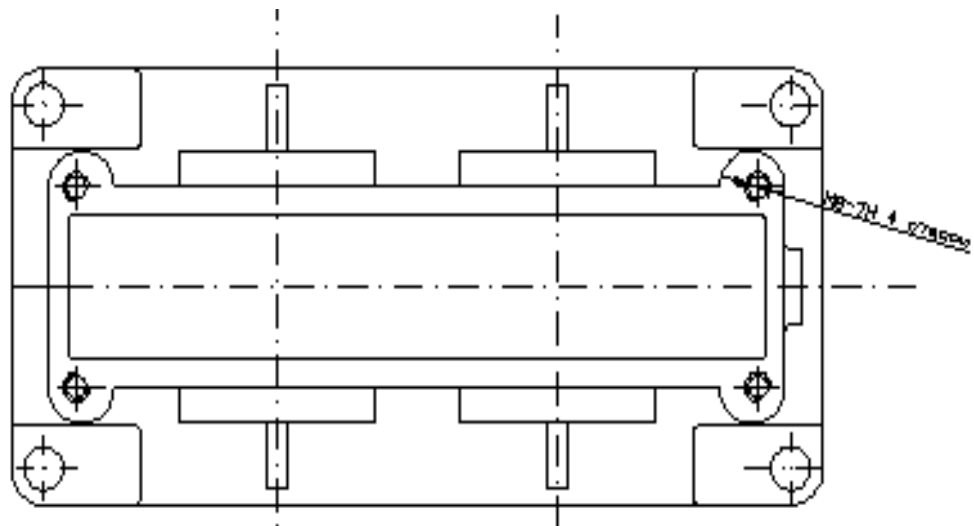
025 Агрегатна

1. Зенкерувати отвір 8 $\varnothing 35$ (4 отвори);
2. Розгортувати отвір 8 $\varnothing 35$ (4 отвори) начорно;
3. Розгортувати отвір 8 $\varnothing 35$ (4 отвори) начисто.



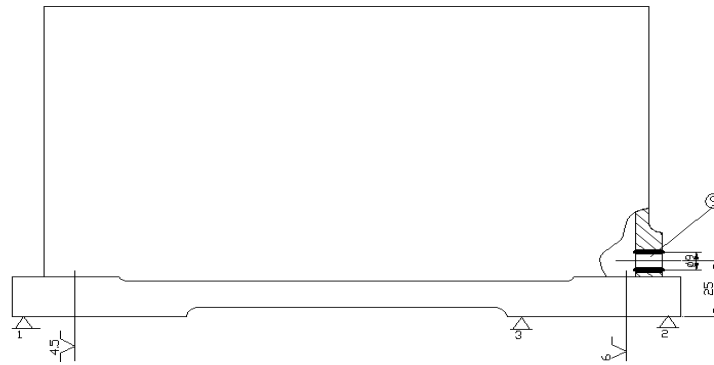
030 Вертикально-свердлильна

1. Свердлити отвір 10 $\varnothing 6,7$ мм;
2. Зенкерувати отвір 10 $\varnothing 7,6$ мм;
3. Нарізати різь М8-1-7Н.



035 Вертикаль- свердлильна

1. Свердлити отвір 9 $\varnothing 9$ мм;
2. Зенкерувати отвір 9 $\varnothing 9$ мм;
3. Нарізати різь М10-1-7Н.



1.4. Визначення типу та організаційної форми виробництва

Тип виробництва згідно визначається коефіцієнтом закріплення операцій формулою [4]:

$$K_{з.о} = O/P.$$

Визначаємо кількість верстатів:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.}}$$

де: $\eta_{з.н.} = 0,8$,

$N = 25000$ шт.,

$F_d = 4029$ год.

Штучно – калькуляційний час визначаються за формулою [4]:

$$T_{шт-к} = \varphi_k \cdot T_o$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю А.1.

Фактичний коефіцієнт завантаження обладнання: $\eta_{зав} = \frac{m_p}{m_{пр}}$.

Кількість операцій за формулою: $O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{зоп}}$.

Результати розрахунків представлено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2. - Фактичний коефіцієнт завантаження обладнання та кількість операцій

Операція	$\eta_{зав}$	O
005	$1,5/2 = 0,75$	$0,8/0,75 = 1,06$
010	$0,2/1 = 0,2$	$0,8/0,2 = 4$
015	$0,8/1 = 0,8$	$0,8/0,8 = 1$
020	$0,2/1 = 0,2$	$0,8/0,2 = 4$

025	0,7/1 =0,7	0,8/0,7 =1,14
030	0,1/1 =0,1	0,8/0,1 =8
035	0,8/1 =0,8	0,8/0,1 =8

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{27,2}{8} = 3,4 \text{ – багатосерійне виробництво.}$$

Добовий випуск:

$$N_d = \frac{N}{254} = \frac{25000}{254} = 98,4;$$

Добовий випуск:

$$Q_d = \frac{F_d}{T_{cp}} \cdot \eta_z = \frac{952}{1,97} \cdot 0,8 = 386,$$

де: $F_d = 952$ - добовий фонд часу роботи обладнання, хв.;

T_{cp} - середня трудомісткість основних операцій;

η_z - коефіцієнт завантаження обладнання.

Оскільки $0,6 \cdot Q_d = 221 > N_d$ приймаємо групову форму організації виробництва.

Розраховуємо розмір партії деталей, які одночасно запускаються у

виробництво за формулою: $n = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{25000 \cdot 3}{254} = 296$ (шт.)

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

Визначаємо кількість змін необхідну для обробки даної партії деталей за

формулою: $C = \frac{T_{ум-к.с.} \cdot n}{476 \cdot \eta_{зв.с.}} = \frac{1,97 \cdot 296}{476 \cdot 0,8} = 1,5,$

де $\eta_{з.с.} = 0,8$ - середній коефіцієнт завантаження обладнання для серійного виробництва [4].

Приймаємо дві зміни.

Партії корпусів для обробки за дві зміни:

$$n_{np} = \frac{C_{np} \cdot 476 \cdot 0,8}{T_{ум-к.с.}} = \frac{2 \cdot 476 \cdot 0,8}{1,97} = 387 \text{ (шт.)}$$

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Аналіз технологічності конструкції деталі

Технологічність виробів за рекомендаціями джерела [4] виконують на якісному і кількісному рівні. Якісна оцінка включає аналіз матеріалу, геометричної форми, способами виготовлення заготовки тощо. Аналізуючи технологічність деталі на якісному рівні, можна констатуємо:

- матеріал корпусу дозволяє отримати заготовку методом лиття;
- корпус має зручні базові поверхні;

- у конструкції корпусу немає поверхонь розміщених під кутами до площини основ, що дає можливість використовувати для механічної обробки стандартні пристрої;

- контроль точності розмірів можливо здійснити стандартними вимірювальними пристроями та інструментами.

В цілому за якісними показниками корпус редуктора є технологічною деталлю.

Кількісна оцінка технологічності проводилася за такими коефіцієнтами технологічності:

- коефіцієнтом уніфікації: $K_{ун} = Q_{ун} / Q_{заг} > 0,6$;

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

$Q_{заг}$ – загальна кількість елементів деталі;

$$K_{ун} = \frac{6}{39} = 0,2 < 0,6 \text{ – деталь не технологічна};$$

- коефіцієнтом точності обробки: $K_{т.об} = 1 - \frac{1}{A_{ср}}$

$$A_{ср} = (7 \cdot 24 + 12 \cdot 6 + 8 \cdot 9) / 39 = 8;$$

$$K_{т.об} = 1 - 1/8 = 0,88 > 0,8 \text{ – деталь технологічна.}$$

За коефіцієнтом шорсткості: $K_{ш} = 1/B_{ср} < 0,32$;

$$B_{\text{ср}} = (0,63 \cdot 4 + 2,5 \cdot 9 + 5 \cdot 21 + 10 \cdot 6) / 39 = 4,88;$$

$$K_{\text{ш}} = 1/4,88 = 0,21 < 0,32 \text{ – деталь технологічна.}$$

• коефіцієнтом використання матеріалу: $K_{\text{в.м.}} = \frac{m_q}{m_{\text{дет}}} = \frac{2,5}{3,1} = 0,8$

В загальному за кількісними показниками корпус редуктора технологічна деталь.

2.2. Вибір технологічних баз

Проводимо вибір та технологічне обґрунтування базових поверхонь корпусу редуктора для механічної обробки за методикою джерел [4;5].

Операція та розрахунки
похибки обробки

005 Горизонтально-
фрезерна

$$W_{\text{оп}} = W_{\text{нр}} + W_{\text{тс}} + W_{\text{уст}};$$

$$W_{\text{с}} = W_{\text{нр}} + W_{\text{тс}} = 0,12 \text{ мм};$$

$$W_{\text{оп}} = 0,20 \text{ мм};$$

$$T = 0,19 \text{ мм (Н11)}$$

$$W_{\text{оп}} = W_{\text{нр}} + W_{\text{тс}} + W_{\text{уст}};$$

$$W_{\text{уст}} = 0, \quad \text{оброблена}$$

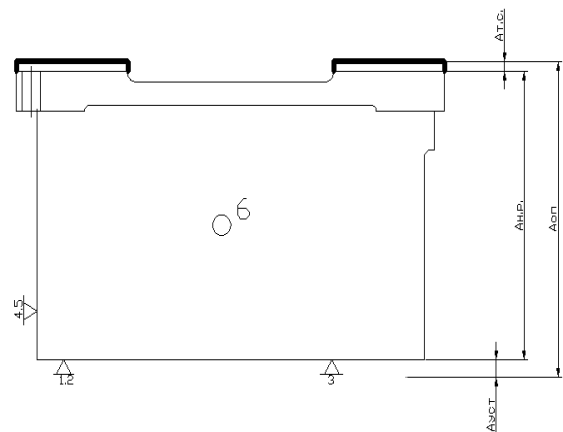
поверхня в якості чистової
бази.

$$W_{\text{оп}} = 0,12 \text{ мм};$$

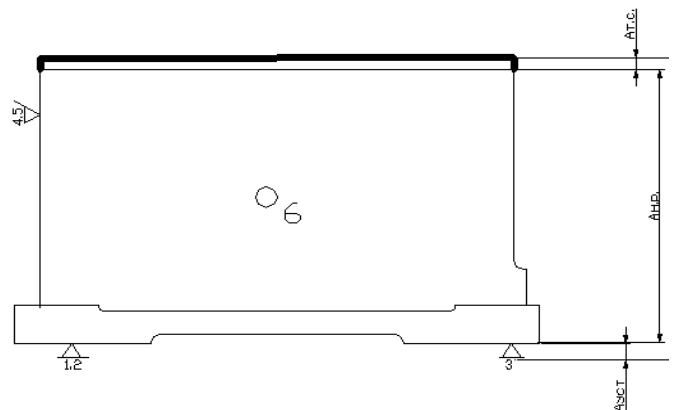
$$T = 0,12 \text{ мм (Н10)}$$

Схема базування

Установ А



Установ Б



010 Вертикально-свердлильна

$$W_{оп} = W_{нр} + W_{тс} + W_{уст} = 1,$$

$$W_{уст} = 0,008$$

$$W_c = W_{нр} + W_{тс} = 0,25\text{мм};$$

$$W_{оп} = 0,15 \cdot 0,25 = 0,32\text{мм};$$

$$T = 0,29\text{мм (H11)}$$

015 Горизонтально-фрезерна

$$1. W_{оп} = W_{нр} + W_{тс} + W_{уст};$$

$$W_c = W_{нр} + W_{тс} = 0,12\text{мм};$$

$$W_{нр} = 0,43\text{мм}$$

$$W_{уст} = 0,08\text{мм}$$

$$W_{оп} = 0,1 + 0,43 + 0,08 = 0$$

$$T = 0,62\text{мм (H14)}$$

$$2. W_{оп} = W_{нр} + W_{тс} + W_{уст} =$$

$$= 1,2 \dots 1,5W_c;$$

$$W_c = W_{нр} + W_{тс} = 0,10\text{мм};$$

$$W_{оп} = 0,15 + 0,1 = 0,15\text{мм}$$

$$T = 0,19\text{мм (H11)}$$

020 Горизонтально-фрезерна

$$1. W_{оп} = W_{нр} + W_{тс} + W_{уст};$$

$$W_{оп} = 0,12\text{мм};$$

$$T = 0,12\text{мм (H11)}$$

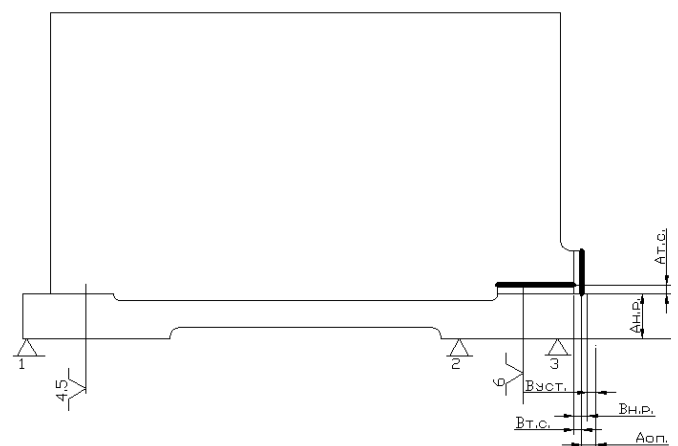
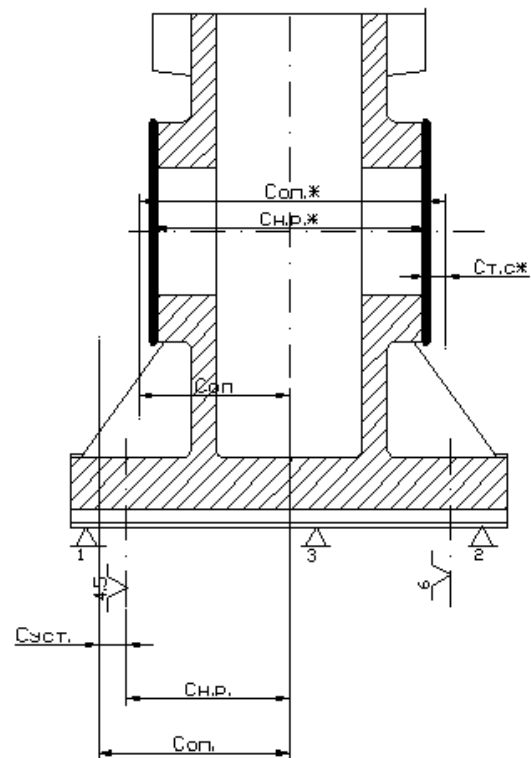
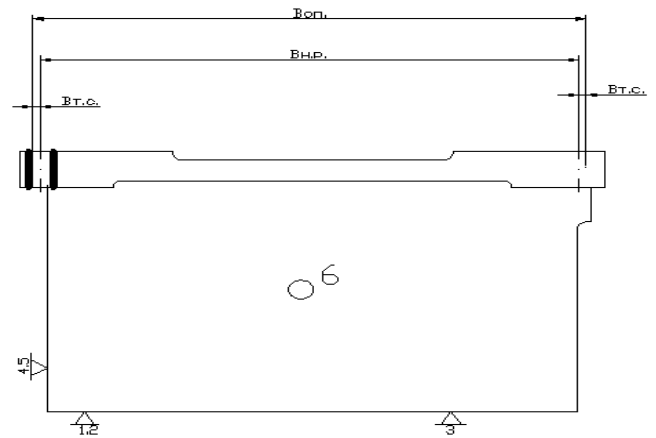
$$2. W_{оп} = W_{нр} + W_{тс} + W_{уст};$$

$$W_c = W_{нр} + W_{тс} = 0,12\text{мм};$$

$$W_{уст} = 0,08\text{мм}$$

$$W_{оп} = 0,2\text{мм};$$

$$T = 0,21\text{мм (H12)}$$



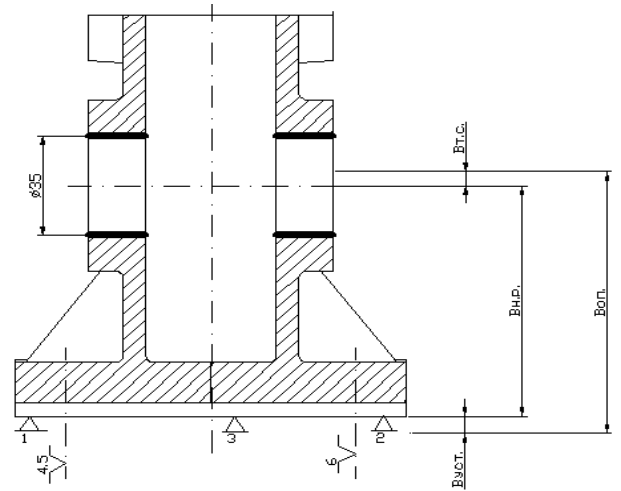
025 Агрегатна

$$W_{оп} = W_{нр} + W_{тс} + W_{уст};$$

$$W_c = W_{нр} + W_{тс} = 0,1\text{мм};$$

$$W_{оп} = 0,1\text{мм};$$

$$T = 0,12\text{мм (H7)}$$



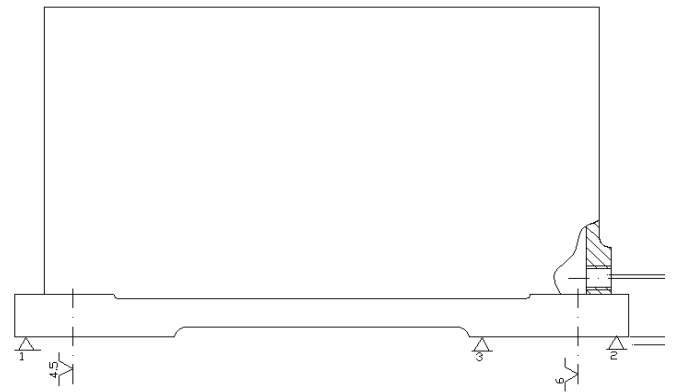
030 Вертикально-свердлильна

$$W_{оп} = W_{нр} + W_{тс} + W_{уст};$$

$$W_c = W_{нр} + W_{тс} = 0,12\text{мм};$$

$$W_{оп} = 0,12\text{мм};$$

$$T = 0,11\text{мм (H11)}$$



2.3. Визначення допусків на технологічні розміри і розрахунок припусків

Розрахунок проводимо для поверхні Ø35H7. Результати розрахунку записуємо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Розрахунок мінімального припуску на обробку поверхні Ø35H7

Технологічні переходи обробки поверхні Ø35H7	Елементи припуску, мкм				2Z _{мі} мкм	Розрахунковий розмір d, мм	Допуск σ, мкм	Граничні розміри, мм		Граничні значення, мм	
	Rz	h	p	ε				d _{мін} мм	d _{макс} мм	2Z _{мін} мкм	2Z _{макс} мкм
Заготовка	200	30	208	-	-	33,414	620	33,414	32,792	-	-
Зенкерування	32	40	10,4	81	1446	34,86	160	34,86	34,7	906	1446

Розгортун ня		10	0,41	-	46	35,024	2	35,024	34,962	262	164
Розгортун ня	0,6		0,104	-	1,26	35,025	5	35,025	35	38	1

Для заготовок, отриманих литтям в кокіль, значення коефіцієнтів будуть рівні [4]:

$Rz=200\text{мкм}$ – висота нерівностей на поверхні заготовок.

$h=300\text{мкм}$ – висота дефектного шару.

Значення цих параметрів після механічної обробки поверхні будуть рівними [4]:

- для зенкерування $Rz=32\text{мкм}$, $h=40\text{мкм}$;

- для попереднього розгортуння $Rz=5\text{мкм}$, $h=10\text{мкм}$;

- для остаточного розгортуння $Rz=0,63\text{мкм}$, $h=0\text{мкм}$;

Залежно від умов виконання операції, використовуємо формулу для визначення просторових відхилень на заготовці: $\rho = \sqrt{\rho_1^2 + \rho_2^2}$;

де: ρ_1 – питому короблення отвору виливка, мкм;

ρ_2 – сумарне зміщення отвору виливка, мкм.

$$\rho_1 = \sqrt{(k \cdot d)^2 + (k \cdot l)^2};$$

де: $k=0,7\text{мкм/м}$ – питоме короблення виливка;

$d = 35\text{мм}$ – діаметр отвору;

$l = 75\text{мм}$ – довжина отвору.

Тоді: $\rho_1 = \sqrt{(0,7 \cdot 35)^2 + (0,7 \cdot 75)^2} = 58\text{мкм}$; $\rho_2 = 208\text{мкм}$

$$\rho_3 = \sqrt{58^2 + 200^2} = 208\text{мкм}.$$

Решта просторових відхилень після механічної обробки буде рівним [4, 7]:

- Зенкерування $\rho_1 = 0,05$, $\rho_2 = 0,05 \cdot 208 = 10,4\text{мкм}$.

- Попереднє розгортуння $\rho_1 = 0,002$, $\rho_2 = 0,416\text{мкм}$.

- Остаточне розгортуння $\rho_1 = 0,005$, $\rho_2 = 0,104\text{мкм}$.

ρ_2 та ρ_3 нехтуємо, оскільки величини дуже малі і вони не впливають на кінцевий результат розрахунків.

Похибка встановлення для зенкерування $\varepsilon_y = 0,081$ мм. Для попереднього та остаточному розгорткування $\varepsilon_y = 0$ мкм, тому що бази залишаються постійними.

На основі даних з таблиці 2.1 проводимо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків за формулою [4]:

$$2Z_{min} = 2(R_{z-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2});$$

Мінімальний припуск

під зенкерування:

$$2Z_{min1} = 2(200 + 300 + \sqrt{208^2 + 81^2}) = 1446.4 \text{ мкм};$$

під попереднє розгорткування:

$$2Z_{min2} = 2(32 + 40 + \sqrt{10.4^2 + 0^2}) = 146.4 \text{ мкм};$$

під остаточне розгорткування:

$$2Z_{min2} = 2(0.63 + 0 + \sqrt{0^2 + 0^2}) = 1.26 \text{ мкм};$$

Розрахунковий розмір d_p :

$$d_{p4} = 35,025 \text{ м},$$

$$d_{p3} = d_{p4} - 2Z_{min.3} = 35.024 \text{ мм},$$

$$d_{p2} = d_{p3} - 2Z_{min.2} = 34,860 \text{ мм},$$

$$d_{p1} = d_{p2} - 2Z_{min.2} = 33,414 \text{ мм}.$$

Визначаємо граничні значення припусків $2Z_{max}^{np}$ і $2Z_{min}^{np}$:

$$2Z_{max1}^{np} = 35,025 - 35,024 = 1 \text{ мкм};$$

$$2Z_{max2}^{np} = 35,024 - 34,860 = 164 \text{ мкм};$$

$$2Z_{max3}^{np} = 34,860 - 33,414 = 1446 \text{ мкм};$$

$$2Z_{min3}^{np} = 35,0 - 34,962 = 38 \text{ мкм};$$

$$2Z_{min2}^{np} = 34,962 - 34,7 = 262 \text{ мкм};$$

$$2Z_{min1}^{np} = 34,7 - 32,792 = 1906 \text{ мкм};$$

Перевірка:

$$2Z_{max3}^{np} - 2Z_{min3}^{np} = 38 - 1 = 37 \text{ мкм}; \quad \delta_3 - \delta_4 = 62 - 25 = 37 \text{ мкм};$$

$$2Z_{max2}^{np} - 2Z_{min2}^{np} = 262 - 164 = 98 \text{ мкм}; \quad \delta_2 - \delta_3 = 160 - 62 = 98 \text{ мкм};$$

$$2Z_{max1}^{np} - 2Z_{min1}^{np} = 1906 - 1446 = 460 \text{ мкм}; \quad \delta_1 - \delta_2 = 620 - 160 = 460 \text{ мкм};$$

На інші оброблювані поверхні припуски і допуски приймаємо за ДЕСТом і записуємо в таблицю Б.2. Розробляємо креслення заготовки корпусу (006Б-24.02.00.00.000) та 3-D модель (рис. Б.1).

2.4. Розмірний аналіз технологічного процесу

Виконуємо перевірочну задачу розмірного аналізу для перевірки правильності визначення припусків на механічну обробку корпусу редуктора 00.026.A2.23. Розрахунки проводимо на основі розробленої комплексної розмірної схеми обробки (рис. Б.2) та граф-дерева у радіальному (рис. Б.3) та остовому напрямі (рис. Б.4). Для цього використовуємо метод максимуму-мінімуму для визначення розміру заключної ланки розмірного ланцюга.

$$1 Z_{015.1} = -A_{015.1} + A_{01} = -76,4 + 76,62 = 0,2\text{мм};$$

$$Z_{015.1}^{max} = -A_{015.1}^{min} + A_{01}^{max} = -76,0 + 76,62 = 0,2\text{мм};$$

$$Z_{015.1}^{min} = -A_{015.1}^{max} + A_{01}^{min} = -76,4 + 76,3 = 0,1\text{мм};$$

$$2 Z_{015.2} = A_{015.1} + A_{015.2} = 76,4 + 75,4 = 1\text{мм};$$

$$Z_{015.1}^{max} = A_{015.1}^{min} + A_{015.2}^{max} = 76,0 + 75,4 = 1,4\text{мм};$$

$$Z_{015.1}^{min} = A_{015.1}^{max} + A_{01}^{min} = 76,4 + 75,1 = 1,3\text{мм};$$

$$3 Z_{010.1} = A_{02} - A_{010,1} = 20,4 - 19,9 = 0,5\text{мм};$$

$$Z_{010.1}^{max} = A_{02}^{min} - A_{010,1}^{max} = 20,1 - 19,4 = 0,7\text{мм};$$

$$Z_{010.1}^{min} = A_{02}^{max} - A_{010,2}^{min} = 20,4 - 19,9 = 1,3\text{мм};$$

$$4 Z_{010.2} = A_{010,1} + A_{010,2} = 19,9 - 18,5 = 1,4\text{мм};$$

$$Z_{010.1}^{max} = A_{010,1}^{min} - A_{010,2}^{max} = 19,0 - 18,5 = 0,5\text{мм};$$

$$Z_{010.1}^{min} = A_{010,1}^{max} - A_{010,2}^{min} = 19,4 - 18 = 1,4\text{мм};$$

$$5 Z_{005} = A_{03} - A_{005} = 141,6 - 140,8 = 0,8\text{мм};$$

$$Z_{005}^{max} = A_{03}^{min} - A_{005}^{max} = 141 - 140,8 = 0,2\text{мм};$$

$$Z_{005,1}^{min} = A_{03}^{max} - A_{005}^{min} = 141,1 - 140,4 = 0,7\text{мм};$$

$$6 Z_{010,1} = A_{02} - A_{010,1} = 20,4 - 19,9 = 0,5\text{мм};$$

$$Z_{010,1}^{max} = A_{02}^{min} - A_{015,2}^{max} = 20,1 - 19,4 = 0,7\text{мм};$$

$$Z_{015,1}^{min} = A_{02}^{max} - A_{015,2}^{min} = 20,4 - 19 = 1,4\text{мм};$$

$$\begin{aligned}
7 e_1 &= A_{04} - A_{025} = 82,2 - 81,4 = 0,8\text{мм}; \\
e_1^{max} &= A_{04}^{min} - A_{025}^{max} = 82,6 - 81,4 = 1\text{мм}; \\
e_1^{min} &= A_{04}^{max} - A_{025}^{min} = 82,2 - 81,2 = 0,7\text{мм}; \\
8 Z_{025,1} &= A_{025,4} - e_1 - A_{025,1} = 17,5 - 0,8 - 14,6 = 2,1\text{мм}; \\
Z_{025,1}^{max} &= A_{025,4}^{min} - e_1 - A_{025,1}^{max} = 17,3 - 0,7 - 14,6 = 2\text{мм}; \\
Z_{025,1}^{min} &= A_{025,4}^{max} - e_1 - A_{025,1}^{min} = 17,5 - 1 - 14,4 = 2,1\text{мм}; \\
9 Z_{025,2} &= A_{025,4} - e_1 - A_{025,2} = 17,5 - 0,8 - 16,1 = 0,4\text{мм}; \\
Z_{025,2}^{max} &= A_{025,4}^{min} - e_1 - A_{025,2}^{max} = 17,3 - 0,7 - 16,1 = 0,5\text{мм}; \\
Z_{015,2}^{min} &= A_{025,2}^{max} - e_1 - A_{025,2}^{min} = 17,5 - 1 - 15,9 = 0,5\text{мм}; \\
10 Z_{025,3} &= A_{025,4} - e_1 - A_{025,3} = 17,5 - 0,8 - 16,5 = 0,2\text{мм}; \\
Z_{025,3}^{max} &= A_{025,4}^{min} - e_1 - A_{025,3}^{max} = 17,3 - 0,7 - 16,5 = 0,1\text{мм}; \\
Z_{015,3}^{min} &= A_{025,4}^{max} - e_1 - A_{025,3}^{min} = 17,5 - 1 - 16,5 = 0\text{мм}.
\end{aligned}$$

2.5 Розрахунок режимів різання та нормування технологічного процесу

Розрахунок режимів різання для зенкерування отвору $\varnothing 35$ мм.

Інструмент - зенкер, розмір ріжучої частини якого $D=33$ мм, $d=32$ мм, $L=52$ мм, $l=18$ мм.

Глибина різання: $t=0,5 \cdot (D - d)$.

Подача $S=1,2 \dots 1,5$ мм/об., приймаємо $S=1,2$ мм/об [8].

Режими різання розраховуємо за формулами джерела [7].

Швидкість різання визначаємо за формулою:

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

де: $C_v = 18,8$ – поправочний коефіцієнт [7], табл. 29.

$q = 0,2$; $m = 0,125$; $y = 0,4$; $x = 0,1$.

$T=50$ хв – період стійкості інструменту [7], табл. 30.

K_v – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{lv} \cdot K_{uv},$$

K_{mv} – коефіцієнт на оброблюваний матеріал: $K_{mv} = \frac{190^{nv}}{HB} = \frac{190^{1,3}}{190} = 1$,

де $HB=190$ МПа; $nv = 1,3$ [7], табл. 1;

$K_{uv} = 1$ – коефіцієнт що враховує глибину зенкерування [7], табл. 6;

$K_{nv} = 1$ [7] табл. 5;

$K_{lv}=1$ [7], табл. 31;

$$\text{Таким чином } V = \frac{18,8 \cdot 35^{0,2}}{50^{0,125} \cdot 0,5^{0,1} \cdot 1,2^{0,4}} \cdot 1 = 22,9 \text{ (м/хв)}.$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 22,9}{3,14 \cdot 35} = 2084 \text{ (м/хв)}.$$

Приймаємо згідно паспортних даних $n_d = 2000$ (об/хв).

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 35 \cdot 2000}{1000} = 21,9 \text{ (м/хв)}$$

Крутний момент визначається за формулою:

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

де $C_m=0,085$; $x = 0,75$; $y = 0,8$ – показники степенів.

$$\text{Тоді } M_{кр} = 10 \cdot 0,085 \cdot 35 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 1 \cdot 1,2^{0,8} = 19,19 \text{ Нм}.$$

Осьову силу визначаємо за формулою: $P_o = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot K_p \cdot S^y$,

де $C_p = 23,5$; $x = 1,2$; $y = 0,4$.

Тоді

$$P_o = 10 \cdot 23,5 \cdot 0,5^{1,2} \cdot 1 \cdot 1,2^{0,14} = 103,4 \text{ (Нм)}.$$

Потужність різання визначаємо за формулою:

$$N_p = \frac{M_{кр} \cdot n_d}{9750} = \frac{19,19 \cdot 2000}{9750} = 3,9 \text{ (кВт)}$$

$$N_{шп} = 0,8 \cdot 4,5 = 3,6 \text{ (кВт)}.$$

Оскільки $3,9 < 3,6$ – обробка можлива.

Визначаємо основний час: $T_o = \frac{L}{n \cdot S}$,

$$L = y + 1 + \Delta = 75 + 5 + 14,2 = 93,2 \text{ (мм)};$$

де $y = 0,4 \cdot D$ - врізання,

$\Delta = (3 \dots 5)$ - перебіг.

$$T_o = \frac{93,2}{2000 \cdot 1,2} = 0,06 \text{ (хв)}.$$

Визначаємо режими різання на інші операції технологічного процесу за джерелом [8], результати заносимо в таблицю Б. 2.

Норма штучно-калькуляційного часу визначається за формулою [4]:

$$T_{шт.к} = \left(\frac{T_{п.з.}}{n} \right) + T_{шт},$$

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

n - кількість деталей.

$$T_{шт} = T_0 + T_B + T_{об} + T_{от},$$

де $T_{от}$ - основний час, хв;

T_B - допоміжний час, хв;

$T_{об}$ - час на обслуговування робочого місця, хв;

$T_{от}$ - час на відпочинок, хв.

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

де $T_{уст}$ - 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;

$$T_{об} = T_{тех} + T_{орг},$$

де $T_{тех}$ - час на технічне обслуговування робочого місця.

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

$$T_{д} = T_{ус} + T_{з} + T_{уп} + T_{вим},$$

де $T_{ус}$ – час на установку і зняття деталі, хв;

$T_{з}$ – час на закріплення і відкріплення деталі, хв.;

$T_{уп}$ – час на прийоми управління, хв.;

$T_{вим}$ – час на вимірювання деталі, хв.

Проведенні розрахунки заносимо в таблицю Б.3.

РОЗДІЛ 3

КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Проектування пристрою на агрегатну операцію

3.1.1. Силовий розрахунок параметрів приводу

Виходячи з структурної схеми пристрою і схеми сили дії, зусилля затиску розраховуємо за формулою [9]:

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

де $f_1 = 0,15$, $f_2 = 0,2$ - коефіцієнт тертя відповідно між поверхнею затискного елемента і поверхні деталі і опорною поверхнею деталі і установчою поверхнею [9];

K – коефіцієнт запасу [9]:

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

$K_0 = 1,5$ - 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: $P_z = 2910,5$ (Н); $P_x = 2328,4$ (Н).

Сила затиску:

$$W = \frac{2.6 \cdot 2328.4 - 2910.5 \cdot 0.2}{0.15 + 0.2} = 15633.5 \text{ (H)}.$$

3.1.2. Розрахунки пристрою на точність

Для забезпечення точності пристрою необхідно виконати умову [9]:

$$\sum \varepsilon < T,$$

Де $T=0,19$ - допуск на розмірну - сумарну похибку;

Сума похибок на стіл верстата розраховується за формулою [9]:

$$\sum \varepsilon = K \cdot \sqrt{\varepsilon_{\text{в}}^2 + \varepsilon_{\text{рп}}^2 + \varepsilon_{\text{ру}}^2 + \varepsilon_{\text{б}}^2 + \varepsilon_{\text{з}}^2 + \varepsilon_{\text{рис}}^2 + \varepsilon_{\text{н}}^2 + \varepsilon_{\text{рз}}^2 + \varepsilon_{\text{пд}}^2 + \varepsilon_{\text{і}}^2 + \varepsilon_{\text{зн}}^2 + \varepsilon_{\text{т}}^2},$$

де $\varepsilon_{\text{в}} = 0,014$ - похибка стола верстата;

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

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

$\varepsilon_{\text{б}} = 0,008$ - похибка базування;

$\varepsilon_{\text{з}} = 0,07$ - похибка закріплення;

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

$\varepsilon_{\text{н}} = 0,01$ - похибка налагодження;

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

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

$\varepsilon_{\text{і}} = 0,002$ - похибка інструменту;

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

$\varepsilon_{\text{т}} = 0,001$ - похибка, викликана температурними впливами;

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

Тоді:

$$\sum \varepsilon = 1,1 \sqrt{0,014^2 + 0,033^2 + 0,038^2 + 0,008^2 + 0,07^2 +}$$

$$+\sqrt{0,01^2 + 0,01^2 + 0,01^2 + 0,003^2 + 0,02^2 + 0,003^2 + 0,001^2} = 0,098 \text{ (мм)}.$$

3.1.3. Загальний опис конструкції, принцип дії, економічне обґрунтування

Пристрій складається з литого корпусу, в якому розміщено два пневмоциліндри із затискачами. Заготовка встановлюється на три опори до упору на штифти. Після цього на виході пневмоциліндрів подається стиснуте повітря і відбувається затиснення заготовки затискачами. Після закінчення обробки, повітря подається в поршневі порожнини пневмоциліндрів і відбувається розтискання заготовки.

Для розрахунку економічної ефективності впровадження пристрою у виробництво, порівняємо його з аналогічним існуючим пристроєм.

Штучний час на обробку заготовки за типовим процесом складає - $t_{шт1} = 2,093 \text{ хв} = 0,035 \text{ год}$, а в проектному $t_{шт2} = 1,5 \text{ хв} = 0,027 \text{ год}$. Година ставка робітника першого розряду $S_1 = 47,89 \text{ грн}$ (почасова оплата праці), розряд роботи – п'ятий, тобто розрядний коефіцієнт $m_5 = 1,5$.

Аналог пристрою складається із 24 деталей, спроектований – із 29 деталей. Тобто $z_{n1} = 24$, $z_{n2} = 30$, група складності пристроїв відповідно $C_{n1} = 300 \text{ грн}$, $C_{n2} = 400 \text{ грн}$. для двох пристроїв термін служби приймається 2 роки, тобто $i=2$. Відсоток цехових накладних розходів приймаємо $z = 215$; коефіцієнт проектування $q = 0,5$; коефіцієнт експлуатації $q_e = 0,3$ [9]. Річний випуск $N = 25000 \text{ шт}$.

Основна заробітна плата на виконання операції:

$$L_{з1} = t_{шт1} \cdot S_1 \cdot m_5 = 0,035 \cdot 47,89 \cdot 1,5 \cdot 25000 = 62750 \text{ грн};$$

$$L_{з2} = t_{шт2} \cdot S_1 \cdot m_5 = 0,027 \cdot 47,89 \cdot 1,5 \cdot 25000 = 48500 \text{ грн}.$$

Собівартість виготовлення пристрою:

$$A_1 = z_{n1} C_{n1} = 24 \cdot 300 = 7200 \text{ грн};$$

$$A_2 = z_{n2} C_{n2} = 30 \cdot 400 = 12000 \text{ грн}.$$

Технологічна собівартість пристосування визначаємо за формулою:

$$C_T = L_з \left(1 + \frac{z}{100} \right) + \frac{A}{N} \left(\frac{1+q}{i} + q_e \right).$$

Для базового варіанту $C_{T1}=29755$ грн, а для проектного $C_{T2}=15278$ грн.

З розрахунків видно, що краще з економічної точки зору застосовувати другий варіант пристрою.

Річний економічний ефект: $E_p = 14477$ грн.

Термін окупності додаткових витрат:

$$i_0 = (A_2 - A_1) \cdot \frac{\left(\frac{1+q}{i} + q_e\right)}{E_p} = 0,35 \text{ (років)}.$$

Таким чином, використання розробленого пристосування економічно вигідно, так як економічний ефект від його застосування для заданого об'єму випуску корпусу складає 14477 грн. за рік. Додаткові витрати для виготовлення і використання спроектованого пристрою окупляться менше ніж за 1 місяць.

3.2. Проектування контрольного пристрою

3.2.1. Розрахунок на точність контрольного пристрою

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 [10] і визначається за формулою:

$$\Delta_{\text{мет}} = \varepsilon + \Delta_p + \Delta_e + \Delta_n;$$

$$\Delta_{\text{мет}} = 0,0081 + 0,0005 + 0,001 + 0,0008 = 0,0104 \text{ (мм)}.$$

Дійсне значення похибки контрольного пристрою визначається в процесі його перевірки і може бути зменшене до певної границі під час налагодження та регулювання.

Величина похибки цьому разі повинна задовольняти умови $\Delta_{\text{доп}} > \Delta_{\text{мет}}$ та визначається так:

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

Отже, умова задовольняється.

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

де $\varepsilon_{\text{уст}} = 0,0052$ мм - похибка, що залежить від точності опор.

$\varepsilon_{\text{ін}} = 0,0152$ мм - похибка індикатора.

$\varepsilon_{\text{с}} = 0$ - похибка системи.

$$\text{Отже: } \varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{0,0052^2 + 0,0152^2} = 0,0158 \text{ (мм)}$$

Похибка показів вимірювального приладу:

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

Скільки $\Delta_{\text{контр}} > \varepsilon_{\text{пр}}$ то точність обробки пристрій забезпечує.

3.3. Розрахунок спеціального ріжучого інструменту

Проводимо розробку комбінованого свердла-зенкера для обробки наскрізного отвору. Для цього, вибираємо матеріал ріжучої частини свердла-зенкера – швидкоріжуча сталь HSS DIN 333A; конструкція робочої частини комбінованого свердла-зенкера – суцільна, а хвостовик виконано з матеріалу 40X ДСТУ 7806:2015 і приварюється до робочої частини інструмента.

Розрахунок:

- значення кута 2ϕ при вершині 180° [11], табл. 44;
- значення кута ω нахилу гвинтових канавок для зенкера $\omega=20^\circ$ [11], табл. 48;
- задній кут α головного різального леза приймаємо рівним 8° ;
- передній кут $\gamma=12^\circ$ [11], ст. 156);
- зворотній конус під кутом $\phi_1=1^\circ$;
- довжина свердла та зенкера: $l_1 = 20$ мм; $l_2 = 22$ мм.
- конус Морзе №3.

Розроблене креслення спеціального інструменту представлено у графічній частині роботи (006Б-24.06.00.00.000).

РОЗДІЛ 4

ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ДІЛЬНИЦІ

4.1. Уточнення типу виробництва

На основі встановленої технічної норми часу у розділі 2 уточнюємо тип виробництва за формулами розділу 2 (п. 1.4). Результати розрахунків представляємо у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Уточнення типу виробництва

№ опер.	Назва операції	T _{шт-к, хв}	m _{р, шт}	m _{пр, шт}	η _ф	O
005	Горизонтально-фрезерна	2,75	0,36	1	0,36	2,22
010	Вертикально-свердлильна	0,75	0,1	1	0,1	8,0
015	Горизонтально-фрезерна	2,07	0,27	1	0,27	2,96
020	Горизонтально-фрезерна	2,54	0,33	1	0,33	2,42
025	Агрегатна	3,49	0,45	1	0,45	1,78
030	Вертикально-свердлильна	1,7	0,22	1	0,22	3,64
035	Вертикально-свердлильна	0,58	0,1	1	0,1	8,0
	Всього	13,8 8		7		29,0 2

Таким чином уточнений тип виробництва багатосерійний так, як

$$K_{3,0} = \frac{29,02}{7} = 4,15.$$

4.2. Визначення кількості працівників на дільниці

Кількість робітників-верстатників розраховуємо за формулою [12]:

$$P_6 = \frac{T_N \cdot K_3 \cdot K_B}{K_M \cdot \Phi_{DP}};$$

де T_N – трудомісткість обробки річної програми дільниці, год;

$\Phi_{др} = 1820$ – дійсний річний фонд часу робітника, год ;

$K_m = 1,3$ – коефіцієнт багатостатного обслуговування;

$K_3 \cdot K_B = 0,85$ – коефіцієнт завантаження та використання обладнання.

Так , як $T_N = F_d \cdot m \cdot K_3 = 4029 \cdot 7 \cdot 0,8 = 22562,4$ год

$$P_e = \frac{22562,4 \cdot 0,85}{1,3 \cdot 1820} = 8,1$$

Приймаємо чисельність основних робітників рівну 8 чоловік.

Кількість наладчиків звичайно складає один наладчик на 2...8 одиниць устаткування [13]. Приймаємо кількість наладчиків – 2.

Кількість слюсарів становить 2...3% від P_B .

Тобто $P_{сл} = (0,02 \dots 0,03)P_B = 0,03 \cdot 8 = 0,24$. Приймаємо – 1 чол.

Всього основних робітників на дільниці $P_o = P_B + P_H + P_{сл} = 8 + 2 + 1 = 11$ чол.

Допоміжні робітники складають у серійному виробництві 15...25% від кількості основних робітників.

$$P_d = (0,15 \dots 0,25)P_o = 0,2 \cdot 11 = 2 \text{ чоловіка.}$$

Для укрупнених розрахунків число фахівців, керівників, службовців визначається у відсотках від загального числа робітників підрозділу (керівники – 10...12%; фахівці – 2,3...3,8%; службовці – 1,5...3%) [13].

$$P_{кер} = (P_{вер} + P_{доп}) \cdot 0,12 = (11 + 2) \cdot 0,1 = 1,3. \text{ Приймаємо 2 чол.}$$

$$P_{фах} = (P_{вер} + P_{доп}) \cdot 0,035 = (11 + 2) \cdot 0,035 = 0,45. \text{ Приймаємо 1 чол.}$$

$$P_{служ} = (P_{вер} + P_{доп}) \cdot 0,03 = (11 + 2) \cdot 0,03 = 0,39. \text{ Приймаємо 1 чол.}$$

Всього працюючих на дільниці:

$$P_{цеху} = P_o + P_d + P_{кер} + P_{фах} + P_{служ} = 11 + 2 + 2 + 1 + 1 = 17 \text{ працівників.}$$

4.3 Розрахунок виробничої площі дільниці

Кількість основного технологічного обладнання дільниці визначаємо за технологічним процесом розробленим у розділі 2. Специфікація обладнання наведена у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Специфікація основного технологічного обладнання дільниці

№ п/п	Назва верстату	Модель	Кількість
1	Горизонтально-фрезерний	6P82Г	3
2	Вертикально-свердлильний	2Н35	3
3	Агрегатний	ХА14735	1
	Всього		7

Виробничу площу визначаємо на основі планування обладнання за площею (м^2), яка припадає на один верстат. Верстати на дільниці відносяться за габаритами до середніх, тому питома площа на 1 верстат становить 25 м^2 [13]. Тоді площа механічної обробки валу проміжного складає $F = 7 \cdot 25 = 175 \text{ м}^2$.

Площа проходів та проїздів становить 10% від виробничої площі дільниці, тобто $175 \cdot 0,1 = 17,5 \text{ м}^2$.

Загальна площа дільниці $F = 175 + 17,5 = 192,5 \text{ м}^2$. Приймаємо 200 м^2 .

4.4. Розробка технологічного планування дільниці

Виробничі площі дільниці розміщуються у цеху – одноповерховій будівлі прямокутної форми з сіткою колон $18 \times 12 \text{ м}$. Висота прольоту складає $7,2 \text{ м}$. підрозділ для виготовлення корпусу редуктора знаходиться в середині приміщення цеху. Тому освітлення природне відбувається через світлові ліхтарі, що розміщені на даху приміщення. Підлогою є полімерцементне покриття, що має допускає технологічне навантаження $3 \dots 5 \text{ т/м}^2$.

План дільниці виконано в масштабі 1:100. Дільниця обробки корпусу редуктора 00.026.A2.23 розміщена в центральній частині цеху поряд із складом

заготовок. Верстати на ділянці розташовані за технологічним процесом вздовж проходу шириною 2000 мм. Для забезпечення безпечних умов роботи, а також повноцінного обслуговування обладнання витримуємо відстані між верстатами в залежності від габаритів верстату в рекомендованих межах 1900..2400 мм [14].

4.5. Вибір вантажопідйомних і транспортних засобів на ділянці

Для перевезення деталей розраховуємо кількість транспорту [13].

Кількість наземних транспортних засобів

$$\Gamma_{mp.} = \frac{M \cdot i \cdot T_m \cdot K_n}{q \cdot K_q \cdot \Phi_e \cdot 60},$$

де $M = 960$ т – маса перевезених вантажів (приймаємо укрупнено за масою комплектів деталей);

$i = 8$ – 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;

$\Phi_e = 4029$ годин – ефективний фонд часу;

$$\Gamma_{mp.} = \frac{960 \cdot 8 \cdot 25 \cdot 1,25}{1 \cdot 0,4 \cdot 4029 \cdot 60} \approx 1 \text{ шт.}$$

Приймаємо один електрокар з підйомною платформою.

Також передбачається обслуговування ділянці кран-балкою, що входить до транспорту цеху.

На основі проведених розрахунків визначаємо техніко-економічні показники ділянці обробки корпусу редуктора 00.026.A2.23 (табл. Д.1).

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

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

Під час виконання технологічного процесу виготовлення корпусу редуктора існують такі основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- підвищений рівень напруги в електричних ланцюгах верстатів;
- вібрація, що виникає під час експлуатації обладнання;
- шум від роботи верстатів;
- надлишки явного тепла;
- забруднення пилом повітря.

Для запобігання впливу виявлених небезпечних та шкідливих виробничих факторів на здоров'я працівників, передбачаємо проведення заходів загального характеру [15]:

- своєчасне проведення ППР виробничого обладнання та інструменту;
- підтримування проїздів та проходів в належному порядку;
- раціональна організація робочих місць;
- оптимальні режими виконання всіх основних та допоміжних операцій технологічного процесу;
- регулярний контроль правильності всіх прийомів праці під час виконання операцій технологічного процесів;
- використання сучасних запобіжних пристроїв і огороження робочих зон;
- використання засобів індивідуального захисту.

Запобігання небезпечного впливу та працівників підвищеного рівня напруги в електричних ланцюгах металорізальних верстатів досягаємо дотримання всіх вимог техніки безпеки, передбачених в «Правилах експлуатації електроустановок», що стосуються електрообладнання подібного типу; зокрема особливу увагу приділяємо тому, щоб всі електродвигуни і пускова апаратура

були надійно заземленими. При цьому, використовуючи рекомендації, наведені в [16] для заземлення виробничого обладнання (враховуючи його конструктивні та експлуатаційні особливості) використовуємо контурні системи, загальний опір кожної з яких не повинен перевищувати 4 Ом.

Під час експлуатації металорізальних верстатів, які використовуються для виконання в основних операціях технологічного процесу механічної обробки деталі «корпус», виникає вібрація, яка негативно впливає не тільки на здоров'я верстатників, але і на точність і довговічність обладнання встановленого в даному виробничому приміщенні. З метою зменшення її негативного впливу здійснюємо її нормування згідно ДСНЗ.3.6.039-99 [17].

Логарифмічний рівень середніх квадратичних значень віброшвидкостей для найбільш ймовірних діапазонів (кожного використовуваного металорізального верстата) за умови, що вібрація діє на працівника не більше 480 хв (8 годин робочого часу) наведено у додатку Є. З метою зменшення негативного впливу вібрації, що виникають від роботи виробничого обладнання, передбачаємо використання метод віброізоляції. Для віброізоляції використовуємо комбіновані віброізолятори, які поєднують пружинні віброізолятори з пружинними прокладками. Такий вибір дозволяє забезпечити гасіння коливань в їх широкому діапазоні, що особливо важливо коли точний спектр вібрацій невідомий.

Під час роботи використовуваного обладнання виникає шум. Для визначення граничної величини шуму використовуємо Державні стандартні норми ДСН 3.3.6.037–99 [18]. Для умов праці, характерних під час роботи на в обладнанні, що використовується для виготовлення корпусу редуктора допустимий рівень шуму становитиме 95 дБА. Щодо захисту працівників від шкідливого впливу шуму, то для цього використовуємо методи звукоізоляції та звукопоглинання.

Мікроклімат у виробничому приміщенні забезпечується параметрами [19]: температура повітря, його відносна вологість та швидкість його руху (табл. Є.1). Норми освітлення на виробництві у відповідності до ДБН В.2.5-28-2006 [20].

Пилове забруднення повітря виробничого приміщення, яке виникає під час експлуатації основного виробничого обладнання, очищується системою вентиляції. Таким чином, концентрації шкідливих речовин у повітрі біля робочих місць верстатників не перевищуватимуть граничнодопустимих величин.

Для охолодження зони різання вибираємо мінеральні масла з температурою спалаху не менше 150 градусів, вільні від кислот і вологи. Передбачаємо попадання ЗОР в зону різання методом розпилювання в відповідності з гігієнічними вимогами.

Стружку від металорізальних верстатів віддаляємо механізованими способом.

Для захисту від ультразвуку, який передбачається через повітряне середовище, застосовуємо методи звукоізоляції [18]. При необхідності між обладнанням та працівниками встановлюємо екран.

5.2. Заходи щодо охорони довкілля

Під час реалізації техпроцесу виготовлення корпусу редуктора у спроектованому підрозділі забезпечуються заходи з охорони навколишнього середовища відповідно до Закону України [21]. Для запобігання забруднення водних та земельних ресурсів використані для технологічних цілей (згідно технологічного процесу виготовлення корпусу) рідини не допускається зливати в загальну каналізацію. Їх потрібно доставляти з метою очищення на спеціальні очисні споруди. Після проведення очищення приймається рішення щодо можливості їх подальшого використання для виробничих потреб. Для очищення стоків передбачаємо використання механічних (відстоювання, фільтрування) та хімічних (нейтралізація, коагуляція) методів очищення.

З метою запобігання забруднення ґрунтових вод використаними робочими рідинами в наслідок неналежного технологічного стану виробничого обладнання передбачаємо проведення його профілактичних оглядів з періодичністю один раз на півроку.

Запобігання забруднення повітряного басейну забезпечується застосуванням загально обмінної та місцевої вентиляції. Технічні засоби їх реалізація за рахунок багато ступеневого очищення забезпечують високу ефективність очищення відпрацьованого повітря, а також можливість його часткового подальшого використання в системах рециркуляції. Контроль за станом повітряного середовища у виробничому приміщенні проводиться санітарною лабораторією.

В цілому детальний аналіз розробленого у кваліфікаційній роботі технологічного процесу механічної обробки виготовлення корпусу редуктора свідчить, що за умови його впровадження у виробництво забруднення навколишнього середовища не відбудеться.

5.3 Організаційно-технічні заходи пожежної безпеки

Під час проектування механічної дільниці виготовлення корпусу передбачається обов'язкове дотримання вимог пожежної безпеки, обумовлених Законом України «Про пожежну безпеку» [22]. З метою дотримання цих вимог передбачається розробка комплексних заходів щодо забезпечення пожежної безпеки; розробка і затвердження нормативних актів і інструкцій в межах підприємства, де впроваджуватиметься розроблений техпроцес, здійснюється постійного контролю за їх отриманням; забезпечення додержання протипожежних вимог стандартів, норм, правил, а також виконання вимог приписів і постанов органів держаного пожежного нагляду; утримання в справному стані засобів протипожежного захисту і зв'язку, пожежної техніки, обладнання та інвентарю, недопускання їх використання не за призначенням; здійснення заходів щодо впровадження автоматичних засобів виявлення та гасіння пожеж; своєчасне інформування пожежної охорони про несправність пожежної техніки, системи проти пожежного захисту, водопостачання тощо [23].

В разі використання передбаченого у техпроцесі виробничого обладнання необхідно забезпечити виконання технічних, експлуатаційних, організаційних протипожежних заходів режимного характеру. До технічних заходів відносяться

заходи з дотримання протипожежних правил, норм (зокрема, під час монтажу і обслуговування електрообладнання, опалення, освітлення, розміщення обладнання). До експлуатаційних протипожежних заходів відносяться своєчасні профілактичні огляди, ремонти та випробування обладнання. Організаційні заходи передбачають правильну експлуатацію 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 заборони куріння в невстановлених місцях.

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

На основі аналізу проведеної роботи можна зробити наступні висновки:

- В якості заготовки раціонально використовувати вилівок, отриманий литтям у кокіль.
- Спроектований технологічний процес для умов багатосерійного виробництва.
- Проведені теоретичні обґрунтування запропонованих методів та форм обробки.
- Спроектоване спеціальне оснащення для металорізальних верстатів забезпечить задану точність і якість обробки деталі.
- Спроектована ділянка для механічної обробки забезпечить задану програму випуску і безпечну роботу працюючих.
- Розроблені засоби безпеки виробництва та розглянуті питання охорони праці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 8833:2019 Виливки із сірого чавуну з пластинчатим графітом. URL: https://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=82147 (дата звернення: 18.03.2024).
2. Деталі машин: підручник : затверджено МОН України / А. В. Міняйло та ін. К.: Агроосвіта, 2013. 448 с.
3. 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.
4. 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.
5. Прайс-лист на виготовлення виливків зі сталі від компанії MetExport. URL:<https://www.metexport.com.ua/ua/prajs-list/> (дата звернення: 07.04.2023). – Назва з екрана.
6. Купівля брухту – Vikkon. URL: <http://vikkon.com>, вільний (дата звернення: 07.04.2023). – Назва з екрана.
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. Основи проектування різального інструмента. Частина II: навч. посіб. для студентів спеціальності 131 – Прикладна механіка. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 178 с.
12. Джур Є.О., Бондаренко О.В. Проектування машинобудівних заводів та цехів. Загальна частина: навч. посіб. Д.: “Інновація”, 2011. 109с.
13. 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).
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. НПАОП 40.1-1.07-01. ДНАОП 1.1.10-1.07-01. Правила експлуатації електрозахисних засобів. URL: <https://uis.zp.ua/wp-content/uploads/2018/12/NPAOP-40.1-1.07-01-Pravila-ekspluatatsiyi-elektrozahisnih-zasobiv.pdf> (дата звернення: 16.05.2024).
17. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальні вібрації. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=6372(дата звернення: 18.05.2024).
18. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=48147 (дата звернення: 16.05.2024).
19. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL:<https://dnaop.com/html/34094> (дата звернення: 20.05.2024).
20. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення. URL: https://dnaop.com/html/2032/doc-%D0%94%D0%91%D0%9D_%D0%92.2.5-28-2006 (дата звернення: 16.05.2024).
21. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text> (дата звернення: 20.05.2024).

22. Закон України «Про пожежну безпеку». URL: https://dbn.co.ua/load/zakony//pro_pozhezhnu_bezpeku/20-1-0-820#google_vignette (дата звернення: 20.05.2024).

23. Основи охорони праці: підручник. 5-е вид. / за ред. М.П. Гандзюка. К.: Каравела, 2011. 384 с.

ДОДАТКИ