

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет транспорту та механічної інженерії

(повне найменування факультету)

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

(повна найменування кафедри)

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

**Проектування дільниці з розробкою технологічного
процесу механічної обробки корпусу КПФЕК-01-Ф**

спеціальність 131 Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»
(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ІМс-21
Федорук Орест Миколайович

(підпис)

Керівник:
д.т.н., професор
Повстяной Олександр Юрійович

(підпис)

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

(підпис)

Луцьк – 2025 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

_____ Р. Редько

“ _____ ” _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Федоруку Оресту Миколайовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: *Проектування ділянки з розробкою технологічного процесу механічної обробки деталі корпусу КПФЕК-01-Ф*

Керівник роботи: *Повстяной Олександр Юрійович, д.т.н., професор*, затверджені наказом закладу вищої освіти від «31» грудня 2024 р., № 910/01-07

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «01» червня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: *технологічна документація, базовий технологічний процес корпусу, програма випуску, креслення деталі корпусу КПФЕК-01-Ф, матеріал заготовки*

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

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

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

1. Креслення заготовки – 1 ф. А1; 2. Карта технологічного процесу – 1 ф. А1; 3. Верстатний пристрій – 1 ф. А1; 4. Спеціальний різальний інструмент – 1 ф. А1. 5. План ділянки – 1 ф. А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 1.03.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	<i>Вступ. Загальна частина.</i>	<i>14.03.25</i>	
2.	<i>Технологічна частина.</i>	<i>10.04.25</i>	
3.	<i>Розрахунково-конструкторська частина</i>	<i>15.04.25</i>	
4.	<i>Проектування механічної ділянки.</i>	<i>20.04.25</i>	
5.	<i>Охорона праці</i>	<i>30.04.25</i>	
6.	<i>Оформлення графічної частини</i>	<i>10.05.25</i>	
7.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	<i>25.05.25</i>	
8.	<i>Представлення роботи до захисту</i>	<i>30.05.25</i>	

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Федорук О.М.
(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

Повстяной О.Ю.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Федорук О.М. Проектування дільниці з розробкою технологічного процесу механічної обробки деталі корпусу КПФЕК-01-Ф. Рукопис.

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

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

В пояснювальній записці в загальній частині розглянуті питання аналізу виробу, його призначення, характеристика можливого виробництва, аналіз застосування технічних засобів, вибрано метод отримано заготовки.

У технологічній частині розроблено технологічний процес виготовлення даної деталі. Проведені практичні розрахунки режимів різання, норм технічного часу, на базі яких розроблені операційні карти технологічного налагодження.

У конструкторському розділі розроблено, розраховано і дано опис верстатного пристрою для обробки заданої деталі, спеціального ріжучого інструменту.

На основі вище вказаних розробок у розділі проектування механічної дільниці проведені необхідні розрахунки і пояснення, на базі яких спроектовано план механічної дільниці обробки заданої деталі.

Розглянуті питання охорони праці, а також проведені відповідні висновки.

Ключові слова: технологічний процес, заготовка, деталь, режими різання, технологічна оснастка, механічна дільниця, небезпечні та шкідливі фактори.

ABSTRACT

Fedoruk O. Design of a site with the development of a technological process for mechanical processing of a body part KPFEK-01-F. Manuscript.

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

Bachelor's qualification work consists of an introduction, 5 sections, conclusions, a list of sources used, and appendices (according to the structure of the qualification work approved by the department).

In the explanatory note, in the general part, the issues of product analysis, its purpose, characteristics of possible production, analysis of the use of technical means, a method of obtaining a blank are considered.

In the technological part, the technological process for manufacturing this part is developed. Practical calculations of cutting modes, technical time standards are carried out, on the basis of which operational charts of technological adjustment are developed.

In the design section, a machine tool for processing a given part, a special cutting tool, is developed, calculated and described.

Based on the above developments, in the section on the design of the mechanical section, the necessary calculations and explanations are made, on the basis of which a plan for the mechanical section for processing a given part is designed.

Occupational safety issues are considered, and the corresponding conclusions are drawn.

Keywords: technological process, workpiece, part, cutting modes, technological equipment, mechanical section, dangerous and harmful factors.

ВСТУП

Машинобудування – ведуча ланка промисловості. Обробка різанням у сучасному машинобудуванні є головним технологічним методом, який забезпечує високу якість, точність поверхонь деталей.

Ефективність при цьому повинна підвищуватись за рахунок зміни структури оброблюваного обладнання, зокрема і ЧПУ. Це можливо шляхом збільшення питомої ваги автоматизованого обладнання – у числі автоматичних ліній, верстатів з ЧПК, гнучких автоматизованих комплексів і гнучких виробничих систем, що швидко і ефективно перебудовують виробництво.

Вдала експлуатація обладнання неможлива без вдосконалення інструментального оснащення, яке б мало підвищити надійність, що забезпечувало б економічне використання прогресивної техніки.

У даній випускній роботі передбачено:

- за рахунок використання сучасного обладнання, оснащення, інструменту – підвищення ефективності праці та трудових технологій;
- за рахунок раціонального вибору методу отримання заготовок – економія матеріалу;
- визначення технологічних показників згідно стандартів ДСТУ.

Корпус КПФЕК-01-Ф призначений для корпусу обприскувача польових та зернових культур. Обприскування проводиться різними водяними суспензіями та розчинами з ядохімікатів.

					033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- 4.3 Розрахунок виробничої площі ділянки
 - 4.4 Розробка технологічного планування ділянки
 - 4.5 Основні техніко-економічні показники ділянки
 - 5 ОХОРОНА ПРАЦІ
- ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ
- СПИСОК ПОСИЛАНЬ
- ДОДАТОК

					033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз технічних умов на деталь, службове призначення і характеристика об'єкта виробництва

Деталь КПФЕК-01-Ф є частиною регулятора тиску обприскувача. Регулятор тиску служить для приливу в бак надлишку рідини. Корпус встановлюється на частині кронштейну на 2-х пальцях і кріпиться за допомогою болтового з'єднання.

Деталь відноситься до складу деталей невеликої форми і габариту.

Технічні вимоги на кресленні, їх послідовність задовольняють вимоги діючих стандартів.

Основною технічною вимогою до деталі є неперпендикулярність торців корпусу відносно осі отвору. Решта вимог стосуються взаємного розміщення кріпильних отворів.

Службове призначення деталі охарактеризовується так: як і належить корпусним деталям дана деталь є основною та зв'язуючою ланкою регулятора тиску. Чотири отвори М8 на фланцях служать для кріплення змішувача. Отвір $\varnothing 36H8$ є посадочним місцем для сідла 199-23-1В3, а отвори $\varnothing 44H10$ – посадочними місцями. Два отвори G1-B в дні корпусу використовуються для під'єднання трубчастої арматури. Так як у корпусі під час роботи підтримується великий робочий тиск, важливим компонентом є щільність прилягання приєднаних елементів.

Дотримання умов перпендикулярності вказаних на кресленні є важливим елементом.

Регулятор тиску виконує функції перекриття подачі рідини на робоче місце органу з одночасним всмоктуванням рідини з робочого органу і переливу робочої рідини в бак.

					033Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Деталь виконується з матеріалу СЧ 20 за ДСТУ 2311-2012. У таблицях 1.1. та 1.2. приведені дані про хімічний склад матеріалу деталі та її хімічні властивості.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад СЧ-20 ДСТУ 2311-2012

<i>C</i>	<i>Mn</i>	<i>Si</i>	<i>S</i>	<i>P</i>	<i>Fe</i>
вміст елементів у %					
не більше 2%	до 0,08	до 0,08	до 0,08	до 2,5	решта

Таблиця 1.2 – Механічні властивості СЧ-20 ДСТУ 2311-2012

$\sigma_b, \text{кг/мм}^2$	$\sigma_n, \text{кг/мм}^2$	$\sigma_{ст}, \text{кг/мм}^2$	<i>HВ</i>
18	36	70	170-229

Матеріал за своїм хімічним складом та механічними властивостями підходить для даної деталі, а також деталь за своїми конструктивними та технологічними параметрами можлива для використання.

Технічні вимоги деталі є на кресленні, а їх послідовність повністю задовольняють вимогам діючих стандартів. До даної деталі висувуються технічні вимоги до міцності стінок, зручності зборки і розбори складових частин. Основною технічною вимогою, яка ставиться до корпусу є не перпендикулярність торців корпусу відносно осі отвору не більше 0,16 мм.

Решта вимог стосується взаємного розміщення кріпильних отворів.

Деталь КПФЕК-01-Ф служить як складова і зв'язуюча ланка регулятора тиску, тому потрібно дотримуватись при обробці з'єднувальних поверхонь оптимальної точності і чистоти.

					033Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Вибір методу одержання заготовки

Заготовку виконують з чавуну СЧ-20 методом лиття в глинясті форми з ручною формовкою.

Заготовки корпусних деталей виконуються: литвом в пісчано-глинясті форми, в кокіль, під тиском і оболонкові форми.

Литво під тиском використовується для заготовок з кольорових металів, тому використання його в даному випадку недоцільно.

Литво в оболонкові форми через дороговизну обладнання та шкідливість виробництва не підходить. Розрахунок нашого варіанту отримання заготовки шляхом порівняння проводиться на основі лиття в пісчано-глинясті форми з машинною формовкою та литвом в кокіль. Це розповсюджені способи отримання заготовок.

Для розрахунку власного варіанту заготовки, користуючись методикою [2], згідно з рекомендаціями ДСТУ 2320-2013 для литва в пісчано-глинясті форми при розмірах вилівка до 630 мм. Знаходимо класи точності розмірів і маси вилівка:

- клас точності - 9;
- клас маси - 9;
- ряд припусків - 2;
- ступінь жолоблення - 6;

Таким чином, точність вилівка 9-9-6-2 2320-2013

За таблицями знаходимо:

– допуски розмірів для :

182мм –2,8 мм;

96мм –2,4 мм;

Ø44мм–2,0 мм;

		Ø36 мм –2,0 мм;			033Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Ø30 мм -2,0 мм;

Ø28 мм -2,0 мм;

13мм -1,6 мм;

8мм -1,2 мм;

- відхилення зсуву - $\pm 0,8$;

- відхилення жолоблення - $\pm 0,24$ мм ;

- значення припусків для:

182мм - 3,2 мм;

96мм - 2,6 мм;

Ø44 мм -2,4 мм;

Ø36 мм -2,4 мм;

Ø30 мм -2,2 мм;

Ø28 мм -2,2 мм;

13мм -2,0 мм;

8мм - 1,8 мм;

- значення припусків:

182мм -1,6 мм;

96мм -1,2 мм;

Ø44 мм - 1,0 мм;

Ø36 мм - 1,0 мм;

Ø30 мм - 0,8 мм;

Ø28 мм - 0,8 мм;

13 мм - 0,6мм;

8 мм - 0,6 мм;

					033Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Розміри виливка та їх відхилення:

$$[182+2(3,2+1,6)]\pm 1,4=191,6\pm 1,4=190^{+2,8} \text{ мм};$$

$$[96+2(2,6+1,2)]\pm 1,2=103,6\pm 1,2=102^{+2,4} \text{ мм};$$

$$[\varnothing 44-2(2,4+1,0)]\pm 1,0 = \varnothing 37,2\pm 1,0 = \varnothing 38_{-0,2} \text{ мм};$$

$$[\varnothing 36-2(2,4+1,0)]\pm 1,0 = \varnothing 29,2 \pm 1,0 = \varnothing 30_{-0,2} \text{ мм};$$

$$[\varnothing 30-2(2,2+0,8)]\pm 1,0 = \varnothing 24 \pm 1,0 = \varnothing 24_{-0,1} \text{ мм};$$

$$[\varnothing 28 -2(2,2+0,8)]\pm 1,0 = \varnothing 22\pm 1,0 \text{ мм};$$

$$[13+2,0+0,6]\pm 0,8 = 15,6\pm 0,8 = 15^{+1,6} \text{ мм};$$

$$[8+1,8+0,6]\pm 0,8 = 10,4\pm 0,8 = 10^{+1,6} \text{ мм};$$

Для литва в кокіль клас точності виливка 7-7-5-2 ДСТУ 2320-2013;

де 7 - клас точності;

7 - клас маси;

7 - ступінь жолоблення;

2 - ряд припусків;

За таблицями знаходимо допуски розмірів для:

182 мм –1,4 мм;

96 мм–1,1 мм;

Ø44 мм – 1,0 мм;

Ø36 мм – 0,9 мм;

Ø30 мм – 0,9 мм;

Ø28 мм – 0,9 мм;

13 мм – 0,7 мм;

8 мм – 0,64 мм;

– значення припусків для:

182 мм –2,0 мм;

96 мм–1,6 мм;

					033Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Ø44 мм -2,0 мм;

Ø36 мм -2,0 мм;

Ø30 мм -1,4 мм;

Ø28 мм -1,4 мм;

13 мм -1,3 мм;

8 мм -1,3 мм;

- додаткові припуски при литві в кокіль:

182 мм -1,2 мм;

96 мм-1,0 мм;

Ø44 мм - 0,6мм;

Ø36 мм - 0,6 мм;

Ø30 мм - 0,6 мм;

Ø28 мм - 0,6 мм;

13 мм - 0,2 мм;

8 мм - 0,2 2 мм;

Розміри вилівка та їх граничні відхилення при литві в кокіль:

$$[182+2(2,0+1,2)]\pm 0,7 = 188,4\pm 0,7 = 188^{+1,4}\text{мм};$$

$$[96+2(1,6+1,0)]\pm 0,55 = 101,2\pm 0,55 = 100,5^{+1,1}\text{мм};$$

$$[\text{Ø}44-2(2,0 +0,6)]\pm 0,5 = \text{Ø}38,8\pm 0,5 = \text{Ø}38_{-0,2}\text{ мм};$$

$$[\text{Ø}36-2(2,0 +0,6)]\pm 0,45 = \text{Ø}30,8 \pm 0,45 = \text{Ø}31_{-0,9}\text{ мм};$$

$$[\text{Ø}30-2(1,4+0,6)]\pm 0,45 = \text{Ø}26 \pm 0,45 = \text{Ø}26,5_{-0,9}\text{ мм};$$

$$[\text{Ø}28 -2(1,4+0,6)]\pm 0,45 = \text{Ø}24\pm 0,45 = \text{Ø}24,5_{-0,9}\text{ мм};$$

$$[13+1,3+0,2]\pm 0,35 = 14,5\pm 0,35 = 14^{+0,7}\text{мм};$$

$$[8+1,3+0,2]\pm 0,32 = 9,5\pm 0,332\text{ мм};$$

Визначаємо раціональний метод отримання заготовки через її собівартість.

Собівартість отримання заготовки згідно [1].

									Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	033Б-25.00.00.00.000 ПЗ				

$$S_{\text{заг}} = (C_i / 1000 \times Q \times k_t \times k_c \times k_b \times k_m \times k_n) - (Q - q) S_b / 100;$$

де C_i – базова вартість 1т заготовки, грн;

Q – вага заготовки, кг;

q – вага деталі, кг;

k_t – коефіцієнт класу точності;

k_c – коефіцієнт групи складності;

k_b – коефіцієнт маси;

k_m – коефіцієнт марки матеріалу;

k_n – коефіцієнт об'єму виробництва;

S_b – вартість 1 т відходів, грн.

Оскільки масу власного варіанту заготовки через її складну форму і конфігурацію знайти дуже важко, обчислюємо її методом укрупнення. Маса заготовки, що виробляється на заводі $Q_3=7,00$ кг. Отже, маса відходів (в даному випадку вважаємо виражені в ваговому еквіваленті припуски під механічну обробку):

$$Q - q = 7,00 - 5,92 = 1,08 \text{ кг}$$

Проаналізувавши заводські значення припусків, а також розрахункові дані двох власних варіантів одержання заготовки, розробимо висновок, що припуски на механічну обробку при литві в пісчано-глинясті форми з машинною формовкою в середньому в 1,32 рази менші від заводських, а при литві в кокіль в 1,8 рази. Крім того, при литві в кокіль зменшуємо товщину стінки згідно рекомендацій [2] з 8мм до 7мм, що приводить до зменшення деталі її маси в 1,1 рази.

Орієнтована вага заготовки:

			при литві у пісчано-глинясті форми			Арк.
			033В-25.00.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\varepsilon = \frac{0,64}{0,43} = 1,49$$

Поверхня заданої шорсткості та точності досягається фрезеруванням.

Кількість переходів:

$$n = \frac{\lg 1,49}{0,43} = 0,375;$$

Приймаємо $n=1$ перехід.

При обробці поверхонь в розмір 96 мм допуск становить 0,87мм при шорсткості поверхні Rz40.

Ці параметри досягаються фрезеруванням.

Допуск заготовки $T_3=1,1$ мм.

$$\varepsilon = \frac{1,1}{0,87} = 1,26.$$

Кількість переходів:

$$n = \frac{\lg 1,26}{0,46} = 0,22.$$

Приймаємо $n=1$ перехід.

Допуск на поверхні в розмір 182мм становить 1,15 мм при шорсткості Rz=40. Допуск заготовки $T_3=1,4$ мм. Поверхня досягається шляхом фрезеруванням:

$$\varepsilon = \frac{1,4}{1,15} = 1,22$$

Кількість переходів:

$$n = \frac{\lg 1,22}{0,46} = 0,19;$$

Приймаємо $n=1$ перехід.

Допуск заготовки на отвір $\varnothing 44$ H10 становить 1,0мм. Допуск на розмір

	деталі рівний $\varnothing 1$ мм при шорсткості поверхні 2,5мкм.				Арк.
					033Б-25.00.00.00.000 ПЗ
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

Розрахункове уточнення:

$$\varepsilon = \frac{1,0}{0,1} = 10;$$

Задана точність та шорсткість поверхні досягається тонким розточуванням. Доцільно користуватись зенкеруванням

Кількість переходів:

$$n = \frac{\lg 10}{0,46} = 2,19;$$

Приймаємо $n=2$ переходи.

Встановлюємо попередні методи обробки. Це чорнове розточування. Встановлюємо для даного переходу квалітети на допуск.

Для чорнового розточування T_1 становить 0,62мм по 14 квалітету.

Розрахункове уточнення для чорнового розточування:

$$\varepsilon = \frac{T_3}{T_1} = \frac{1,0}{0,62} = 1,62;$$

Для зенкерування:

$$\varepsilon = \frac{T_2}{T_1} = \frac{0,62}{0,10} = 6,2;$$

Загальне уточнення:

$$\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 = 1,62 \cdot 6,2 = 10,044.$$

$$10,044 > 10$$

Дійсне уточнення більше від розрахункового, значить методи обробки підібрано вірно.

Допуск на виточки $\varnothing 42$ становить 0,62мм при шорсткості верхня досягається розточуванням за один перехід:

$$\varepsilon = \frac{1,0}{0,62} = 1,62$$

Кількість переходів:

					033Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{\lg 1,62}{0,46} = 0,46;$$

Приймаємо $n=1$ перехід.

Допуск на отвір $\varnothing 36$ Н8 становить 0,039мм при шорсткості 2,5мкм.

Допуск заготовки рівний 0,9 мм.

Розрахункове уточнення:

$$\varepsilon = \frac{0,9}{0,039} = 23,08.$$

Задана точність і шорсткість досягається розвертуванням.

Кількість переходів:

$$n = \frac{\lg 23,08}{0,46} = 2,96;$$

Приймаємо $n=3$ переходи.

Попередні методи обробки. Це чорнове розточування та зенкерування.

Встановлюємо для кожного методу квалітет та допуск.

- для чорнового розточування $T_1=0,62$ при 14 квалітеті;
- для зенкерування $T_2=0,16$ мм при 11 квалітеті;

$$\varepsilon = \frac{0,9}{0,62} = 1,45;$$

$$\varepsilon = \frac{0,62}{0,16} = 3,87;$$

$$\varepsilon = \frac{0,16}{0,039} = 4,103.$$

Загальне уточнення:

$$\varepsilon_{\text{сум}} = 1,45 \cdot 3,87 \cdot 4,103 = 23,083.$$

$$23,083 > 23,08$$

Методи обробки підбрано вірно.

Результати обчислень зводимо у таблицю 1.3.

					033Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1	Поверхня в 13 мм.	14	T_d	0,43	$\varepsilon = \frac{T_3}{T_0}$	1,49
	Заготовка	14-15	T_3	0,64		
	Фрезерування	14	T_d	0,43		
2	Поверхні в розмір 96 мм	14	T_d	0,87	$\varepsilon = \frac{T_3}{T_0}$	1,26
	Заготовка	14-15	T_3	1,1		
	Фрезерування	14	T_d	0,87		
3	Поверхні в розмір 182 мм	14	T_d	1,1	$\varepsilon = \frac{T_3}{T_0}$	1,22
	Заготовка					
	Фрезерування	14-15	T_3	1,15		
4	Отвори $\varnothing 44$ Н10	14	T_d	1,4	$\varepsilon = \frac{T_3}{T_1}$	10,00
	Заготовка	10	T_d	1,15		
	Розточування	15	T_3	0,1		
	- чорнове			1,0		
	- зенкерування	14	T_1	0,62		
5	Виточки $\varnothing 42$.	10	T_2	0,1	$\varepsilon_n = \prod_1^3 \varepsilon_i$	10,004
	Заготовка	14	T_d	0,62		
	Розточування	14-15	T_3	1,0		
6	Отвори $\varnothing 36$ Н8	14	T_d	0,62	$\varepsilon = \frac{T_3}{T_0}$	23,08
	Заготовка	8	T_d	0,039		
	Розточування	14-15	T_3	0,9		
	Зенкерування	14	T_1	0,62		
	Розверчування	11	T_2	0,16		
7	Отвори $\varnothing 28$	8	T_3	0,039	$\varepsilon = \frac{T_1}{T_2}$	4,103
	Заготовка	14	T_d	0,52		
	Зенкерування	14-16	T_3	0,9		
		14	T_d	0,5		
					$\varepsilon = \frac{T_2}{T_3}$	23,083
					$\varepsilon = \frac{T_3}{T_0}$	1,73

1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва

Класифікаційна категорія, що виділяється за ознаками широти номенклатури, регулярності, стабільності і об'єму випуску продукції – це тип виробництва.

Тип виробництва визначається по коефіцієнту закріплення операцій $K_{з.о.}$

Форма організації виробництва залежить від встановленого порядку виконання технологічного процесу, розташування технологічного обладнання та напрямку руху виробів при їх виготовленні.

					Встановлено дві форми організації виробництва: 0335-05100-00-000073 і групова.	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Потокова лінія – це виробнича система, в якій технологічне обладнання розміщене в прийнятій послідовності технологічних операцій. Вона передбачає:

- розбиття технологічного процесу на операції;
- синхронізацією технологічних операцій, забезпечуючи рівну або практичну по штучному часу тривалість їх виконання;
- доцільну концентрацію операцій.

Згідно методики [1] стор.21 такт випуску визначається за формулою:

$$T_B = F_d \cdot 60 / N_{шт.},$$

де F_d – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год / зм.

$N_{шт.}$ – річна програма випуску деталей, шт.

$$N_{шт.} = N_3 \cdot m \left(1 + \frac{\beta}{100}\right),$$

де N_3 – програма випуску деталей, шт.

M – кількість деталей;

β - кількість деталей, які необхідно виконати додатково в якості запасних частин; $\beta=15\%$

Тоді:

$$N_{шт.} = 180000 \cdot 1 \left(1 + \frac{15}{100}\right) = 207000$$

$$T_B = \frac{4180 \cdot 60}{20700} = 1,21$$

Тип виробництва – це класифікаційна категорія, що виділяється за ознаками широти номенклатури, стабільності і об'єму випуску продукції.

Тип виробництва визначається за коефіцієнтом закріплення операцій:

$$K_{3.0} = \frac{\sum K_0}{\sum P};$$

					033Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

де $\sum K_0$ - кількість операцій

$\sum P$ - кількість робочих місць

Кількість операцій визначаються за формулою:

$$O = \frac{\eta_{з.норм}}{\eta_{з.факт}},$$

де $\eta_{з.норм}$ - нормативний коефіцієнт завантаження устаткування

$\eta_{з.факт}$ - фактичний коефіцієнт завантаження устаткування.

Для визначення O і P використовуємо заводський технологічний маршрут і всі дані зводимо у таблицю 1.4.

Таблиця 1.4 – Визначення O_i та P для всіх операцій

					033Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

№ операції	Назва операції	O_i	$T_{шт, хв}$	$T_b, хв$	$C_p, шт$	$C_m, шт$	η_z
005	Вертикально-фрезерна	1,02	0,71		0,65	1	0,65
010	Вертикально-свердлильна	2	0,73		0,67	1	0,67
015	Горизонтально-фрезерна	1	0,87		0,79	1	0,79
020	Поздовжньо-фрезерна	1	0,93		0,85	1	0,85
025	Автоматно-токарна	1	0,89		0,82	1	0,82
030	Агрегатна	1	0,94		0,86	1	0,86
035	Вертикально-свердлильна	1	0,74		0,68	1	0,68
040	Агрегатна	1	0,9		0,83	1	0,83

					<i>033Б-25.00.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз технологічності конструкції деталі

Деталь – корпус КПФЕК-01-Ф – це виливок із сірого чавуну СЧ20. Виливок по конфігурації відносять до середньої складності. Для його отримання необхідно використовувати стержневу форму для утворення внутрішніх порожнин.

З точки зору механічної обробки деталь має недоліки у відношенні технологічності. Три отвори $\varnothing 44H10$, $\varnothing 42$ та $\varnothing 36H8$ зручно обробляти з одної сторони. Два інші отвори $\varnothing 44H10$ не можуть бути оброблені на прохід.

Обробка цих отворів може вестись лише з двох сторін одночасно

Нетехнологічними є різьбові кріпильні отвори М8 та М12. Проте замінити їх на нскрізьні неможливо, бо всередині корпусу рідина знаходиться під великим тиском. Розміщення кріпильних отворів дозволяє обробляти їх одночасно багатопиндельною головкою.

Решта оброблюваних поверхонь не викликають значних труднощів, і дозволяють вести обробку на прохід, обробляти декілька деталей одночасно. Доступ інструменту до оброблюваних поверхонь вільний. Отвори розміщені під прямим кутом до площини входу та виходу інструменту.

Жорсткість деталі достатньо велика і допускає підвищення режимів різання.

Кількісний аналіз конструкцій деталі на технологічність проводиться по коефіцієнтах точності обробки, жорсткості, використанню матеріалу.

Для проведення кількісної оцінки технологічності конструкцій складається з таблиці 2.1.

					033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для аналізу деталі на технологічність

№ п/п	Конструктивні елементи деталі	Кількість однотипних елементів	Кількість уніфікованих поверхонь	Квалітет	Шорсткість
1	Поверхні 1,2	2	2	14	40
2	Поверхні 6,7	2	2	14	40
3	Поверхня 5	1	-	14	40
4	Отвори Ø15 Н9	2	2	9	2.5
5	Фаски 16×45°	16	16	14	80
6	Поверхні 8,9	2	2	14	40
7	Отвір Ø44 Н10	3	2	10	2.5.
8	Отвір Ø42	2	2	14	80
9	Отвір Ø36 Н8	2	-	8	2.5
10	Фаски 2×45°	2	2	14	80
11	Фаски 2×10°	2	2	14	80
12	Отвори М8-7Н	8	8	7	20
13	Отвори М12-7Н	4	4	7	20
14	Отвори Ø28	2	2	14	80
15	Отвори G1-В	2	2	7	20

Коефіцієнт точності обробки згідно стор 4.1.

$$K_{т.у.} = 1 - \frac{1}{A_{cp}}$$

де A_{cp} - середній квалітет обробки;

$$A_{cp} = \frac{7 \cdot 14 + 8 \cdot 2 + 9 \cdot 2 + 10 \cdot 3 + 14 \cdot 31}{14 + 2 + 2 + 3 + 31} = 11,460$$

Тоді:

$$K_{т.у.} = 1 - \frac{1}{11,46} = 0,913$$

										Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ					

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_y = \frac{Q_{yt}}{Q_t};$$

де Q_{yt} – число уніфікованих типорозмірів;

Q_t – число типорозмірів;

$$K_y = \frac{48}{52} = 0,923;$$

Коефіцієнт шорсткості:

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{B_{cp}};$$

де B_{cp} - середнє числове значення параметру шорсткості.

$$B_{cp} = \frac{80 \cdot 24 + 40 \cdot 7 + 20 \cdot 14 + 25 \cdot 7}{24 + 7 + 14 + 7} = 48,029$$

Тоді:

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{48,029} = 0,979.$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_m = \frac{N_g}{N_z};$$

де N_g - маса деталі;

N_z - маса заготовки.

$$K_m = \frac{5,92}{7,00} = 0,846.$$

Таким чином конструкцію деталі можна вважати технологічною.

2.2 Вибір технологічних баз

					033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Із службового призначення деталі виходить, що її основними базами є поверхні 1, 2 (нумерація згідно рисунку 2.1) – основна установочна база та отвори $\varnothing 15 \text{ H9}$ – основна напрямна і опорна бази.

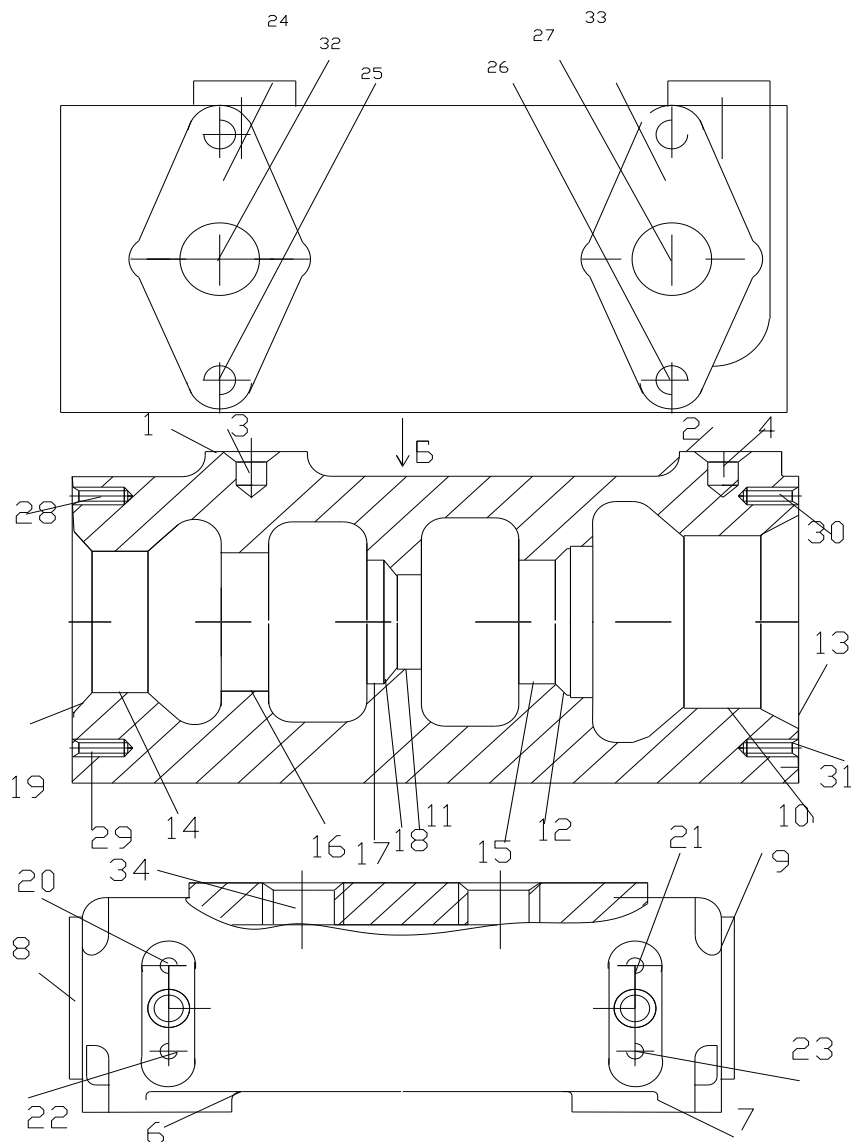


Рисунок 2.1 – Нумерація поверхонь

Деталь має такі компоненти баз допоміжних:

- площина 8 – установочна база і отвори $\varnothing 44 \text{ H10}$ – допоміжна направляюча і опорна бази;
- площина 9 – допоміжна установочна база, отвори $\varnothing 44 \text{ H10}$, $\varnothing 36 \text{ H8}$ допоміжні направляюча і опорна бази.

					033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Аналіз технічних умов показав, що осі отворів $\varnothing 44H10$ та чотирьох отворів M12H7 повинні бути перпендикулярні до площини 8, 9.

Неперпендикулярність торцевих площин відносно цих отворів обмежена допуском 0,16мм. Різьбові отвори M8-7H задані з похибкою взаємного розміщення 0,58мм, різьбові отвори M12-7Hмм. Наявність отворів $\varnothing 44H10$ і $\varnothing 36H8$ обмежена допуском 0,12мм.

Із викладеного видно:

- найбільш жорсткі вимоги є до положення установочних направляючих і допоміжних опорних баз.
- поверхні 5, 6, 7 повинні оброблятися при базуванні заготовки на основні бази;
- обробка кріпильних отворів 20 - 23 здійснюється при базуванні на основні бази;
- обробка вільних поверхонь повинна проводитись при базуванні.

На найбільш відповідальних операціях за технологічні бази повинні використовуватись поверхні основних баз деталі, їх потрібно обробляти в першу чергу. Цими поверхнями є площини 1, 2 та отвори $\varnothing 15H9$, які для цього необхідно обробити з точністю по 7 квалітету.

При цьому необхідно вирішити задачу забезпечення рівномірності припуску при обробці отворів $\varnothing 44H10$, $\varnothing 42$ та $\varnothing 36H8$.

На рисунку 2.2 це зміщення зображено замикаючою ланкою A_{Δ} розмірного ланцюга:

$$A_{\Delta} = A_2 - A_1,$$

де A_2 – відстань між віссю заготовки і технологічною базою;

A_1 – відстань між віссю деталі і технологічною базою.

Оскільки $A_1 = 0$, то $A_{\Delta} = A_2$.

					<i>033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

У другому варіанті базування забезпечується відсутність нерівномірності припуску, але при цьому ускладнюється конструкція пристрою на операції обробки базових поверхонь отворів.

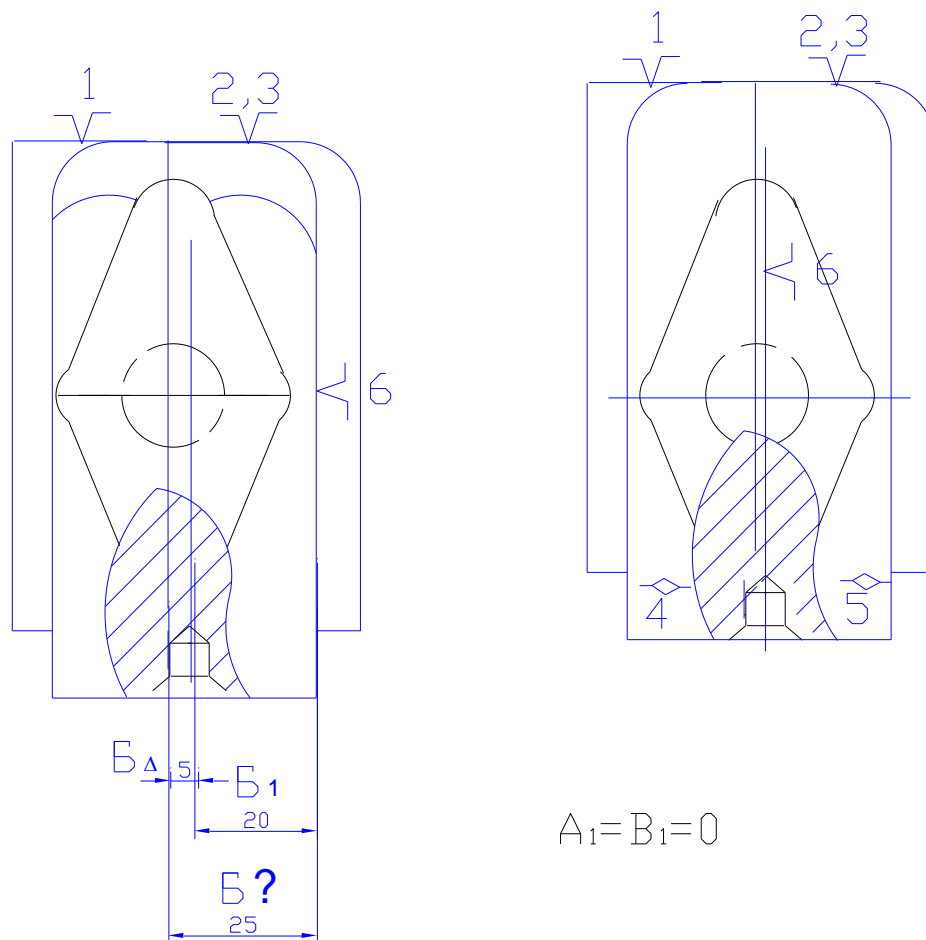


Рисунок 2.3 – Варіанти базування при обробці базових отворів

Крім цього при розточуванні на рівномірність припусків буде впливати також зміщення D_{Δ} осі отвору заготовки і осі отвору деталі відносно установочної поверхні (рисунок 2.3).

Це зміщення є замикаючою ланкою розміру:

$$D_{\Delta} = D_2 - D_1,$$

де D_1 – відстань між віссю деталі і технологічною базою;

D_2 – відстань між віссю заготовки і технологічною базою.

					033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

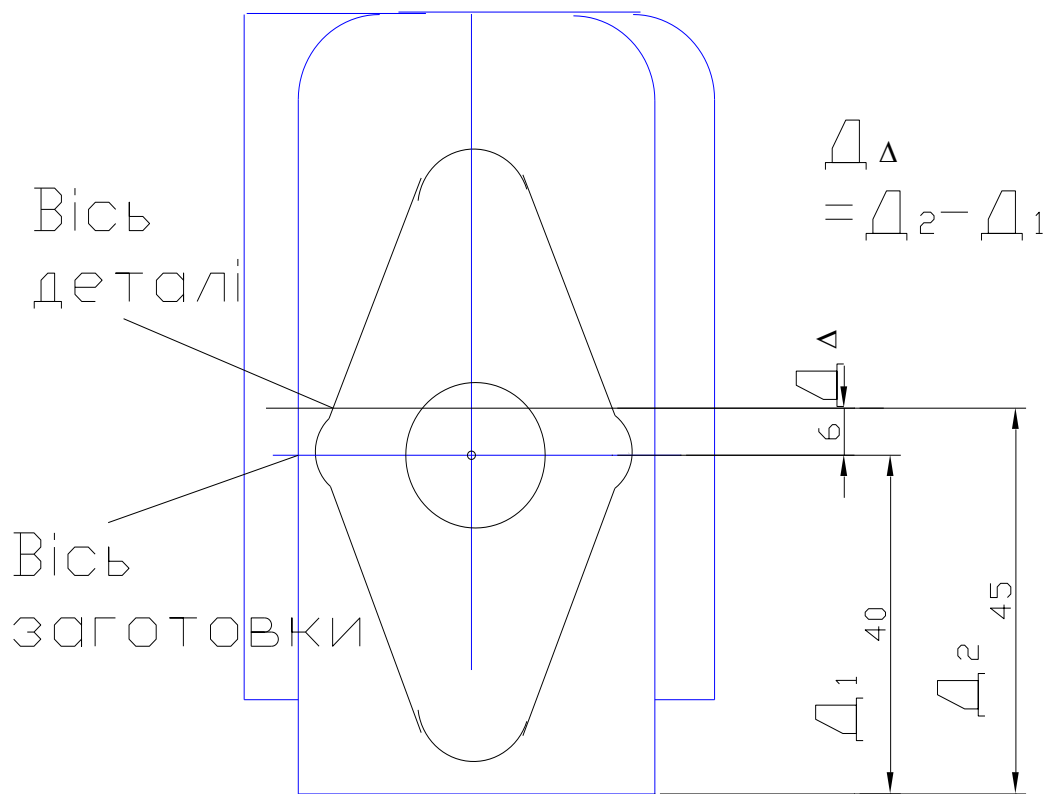


Рисунок 2.4 – Зміщення осі (постановка задачі)

Величина ланки D_1 залежить від прийнятої схеми базування на першій операції, на якій обробляється установочна поверхня. На рисунку 2.4 приведено два варіанти направляюча база (точки 5, 4), які розміщені на боковій поверхні корпусу, а в другому варіанті – прийнята площина симетрії внутрішньої порожнини корпусу. Уявна направляюча база для другого варіанту може бути створена самоцентруючим пристроєм.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ

Арк.

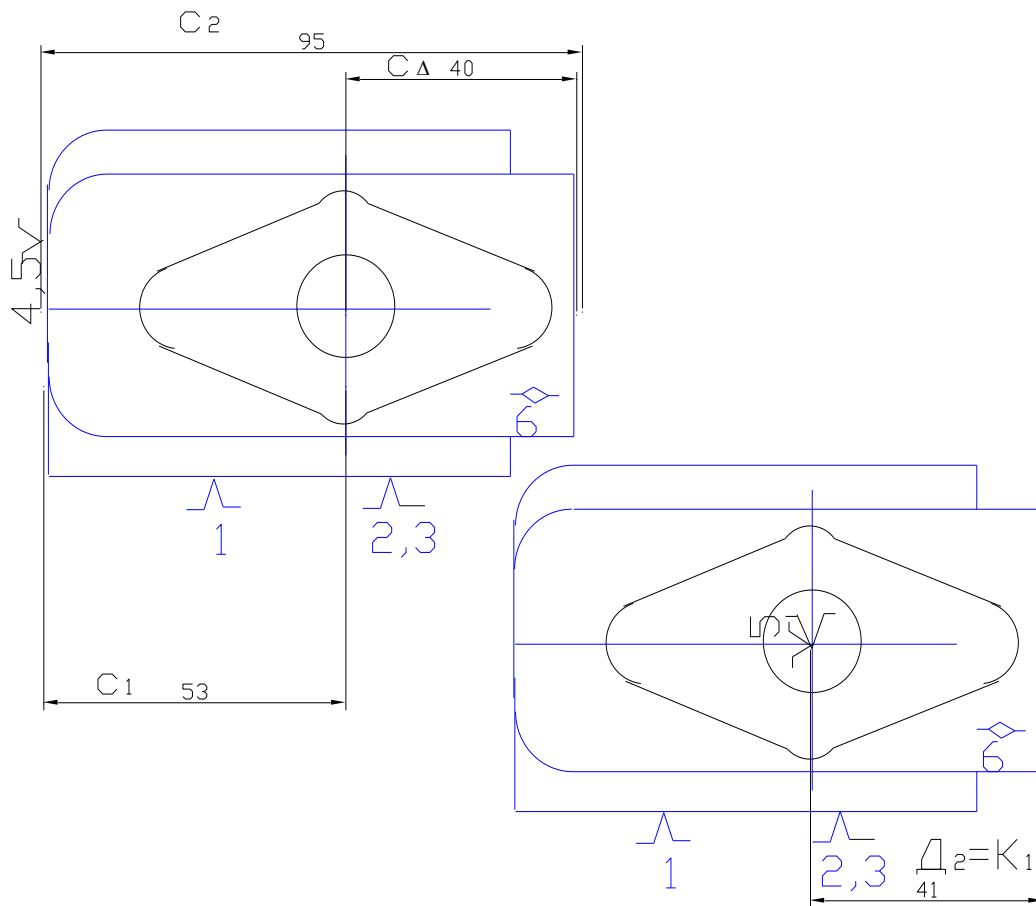


Рисунок 2.5 – Варіанти базування при обробці установочних поверхонь

Аналізуючи технологічні розмірні ланцюги і похибки їх складових, одержуємо:

– в першому випадку:

$$\omega D_{\Delta} = \omega D_1 + \omega D_2 = \omega D_1 + \omega C_1 + \omega C_2 = 0,74 + 0,62 + 0,87 = 2,23 \text{ мм}$$

– в другому випадку:

$$\omega D_{\Delta} = \omega D_1 + \omega D_2 = \omega D_1 + \omega K_1 + 0,74 + 0,74 = 1,48 \text{ мм.}$$

Найменша нерівномірність припуску:

$$H_{\min} = \sqrt{\omega A^2_{\Delta \min} + \omega D_1^2_{\Delta \min}} = \sqrt{0^2 + 1,48^2} = 1,48 \text{ мм}$$

Найбільша нерівномірність припуску:

$$H_{\max} = \sqrt{\omega A^2_{\Delta \max} + \omega D_1^2_{\Delta \max}} = \sqrt{1,24^2 + 2,23^2} = 2,55 \text{ мм}$$

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ

Арк.

2.3 Визначення допусків на технологічні розміри і розрахунок припусків

Припуск – це шар матеріалу, який видаляється з поверхні заготовки з метою досягнення заданих властивостей оброблюваної поверхні деталі.

Припуск на обробку поверхні деталі може бути призначений за відповідними довідковими таблицями, ДСТУ, або на основі розрахунково-аналітичного методу визначення припусків.

Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів аналітичним методом виконуємо для циліндричної поверхні отвору $\varnothing 36$ Н8.

Двосторонній мінімальний припуск:

$$2z_{\min}=2(R_z+h)_{i-1}+\sqrt{\Delta\varepsilon_{i-1}+\varepsilon_i^2}$$

де $R_{z_{i-1}}$ – висота нерівностей профілю;

h_{i-1} – глибина дефектного поверхневого шару ;

$\Delta\varepsilon_{i-1}$ – сумарне значення просторових відхилень;

ε_i – похибка встановлення заготовки на виконуваному переході.

Максимальний припуск на обробку поверхні:

$$2z_{\max}=2z_{\min}+TD_{i-1}-TD_i$$

де TD_i , TD_{i-1} – допуски розмірів на виконуваному і попередньому переходах.

Розрахунок ведеться шляхом складання таблиць, в які вписуються всі значення елементів припуску (таблиця 2.2).

					033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 – Розрахунок припусків

Технологічні переходи обробки отвору Ø36H8	Елементи припуску				Розрахунковий припуск $K Z_{i\min}$ мм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск	Граничні розміри		Граничні значення припусків	
	R_{zi-1}	h_{i-1}	Δ_{i-1}	ε_i				D_{\min}	D_{\max}	Z_{\min}	Z_{\max}
Заготовка	700	70	57	-	-	33,125	900	32,23	33,1	-	-
Розточування	100	0	2	10	2·1282	435,679	620	35,07	35,6	1,28	1,42
Зенкерування	45	-	29	6	2·130	350,949	190	35,79	35,9	0,13	0,36
Розверчування	10	-	-	6	2·45	36,039	39	36,00	36,1	0,045	0,105
Всього					5·273	5478				1,455	1,885

Сумарне значення R_{zi-1} і h_{i-1} для заготовки рівне 700 мкм. Після першого технологічного переходу величина h_{i-1} для деталей з чавуну виключається з розрахунків.

Для розточування, зенкерування, та розвірчування R_{zi-1} відповідно рівне 100,45 та 10 мкм.

Сумарне значення просторових відхилень:

$$\Delta \varepsilon_{i-1} = \sqrt{\Delta_{кор}^2 + \Delta_{зм}^2}$$

Величину короблення $\Delta_{кор}$ враховуємо як в діаметральному так і в осьовому перерізі і, тому:

$$\Delta_{кор} = \sqrt{(\Delta_{кd})^2 + (\Delta_{кl})^2};$$

де $\Delta_{к}$ – величина питомого короблення

$$\Delta_{кор} = \sqrt{(0,7 \cdot 36)^2 + (0,7 \cdot 56)^2} = 47$$

Величина змикання:

$$\Delta_{зм} = \sqrt{\left(\frac{\delta_{60,5}}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_{96}}{2}\right)^2};$$

					033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

де $\delta_{60,5}$, δ_{96} – допуски на розміри.

$$\Lambda_{3M} = \sqrt{\left(\frac{740}{2}\right)^2 + \left(\frac{870}{2}\right)^2} = 570 \text{ мкм}$$

Тоді, $\Delta_{\epsilon_{i-1}} = \sqrt{47^2 + 570^2} = 527 \text{ мкм}$.

Величина просторового відхилення після чорнового розточування:

$$\Delta_{\epsilon_{i-1}} = 0,005 \Delta_{\epsilon_{i-1}} = 29 \text{ мкм}$$

Похибка установки ϵ_i при розточуванні:

$$\epsilon_i = \sqrt{\epsilon_6^2 + \epsilon_3^2}$$

Похибка базування:

$$\epsilon_6 = l \times \text{tg}\alpha$$

де l – довжина робочого ходу інструменту

$$\text{tg}\alpha = \frac{S_{\max}}{\sqrt{A^2 + B^2}}$$

де A і B – відстані між пальцями при базуванні двох по пальцях;

S_{\max} – найбільший зазор між отворами і пальцями.

$$S_{\max} = \delta_a + \delta_b + S_{\min}$$

де δ_a – допуск на отвір;

δ_b – допуск на пальцях;

S_{\min} – мінімальний зазор між отворами і пальцями

$$S_{\max} = 0,043 + 0,034 + 0,012 = 0,089 \text{ мм}$$

$$\text{tg}\alpha = \frac{0,089}{\sqrt{125^2}} = 0,0007$$

Тоді, $\epsilon_6 = 50 \cdot 0,0007 = 0,035 \text{ мкм}$.

Похибка закріплення згідно таблиць:

$$\epsilon_3 = 100 \text{ мкм}$$

Тоді, $\epsilon_i = \sqrt{35^2 + 100^2} = 106 \text{ мкм}$

Залишкова похибка установки на чистову обробку (зенкерування) рівна:

					$\epsilon_i = 0,05 \epsilon_i = 0,035 \cdot 0,05 = 0,00175 \text{ мкм}$	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	$0,00175 \text{ мкм}$	

Проводимо подальші розрахунки.

Мінімальний припуск

– під розточування

$$2z_{\min} = 2(700 + \sqrt{572^2 + 106^2}) = 2 \cdot 1282 = 2564 \text{ мкм}$$

– зенкерування

$$2z_{\min} = 2(100 \cdot \sqrt{29^2 + 6^2}) = 2 \cdot 130 = 260 \text{ мкм}$$

– розверчування

$$2z_{\min} = 2(45 + 0) = 2 \cdot 45 = 90 \text{ мкм}$$

Визначаємо розрахункові розміри по всіх технологічних переходах:

- розвірчування – 36,039 мкм;
- зенкерування – 36,039 - 0,090 = 35,949 мкм;
- розточування – 35,949 - 0,260 = 35,689 мм;
- заготовка – 35,689 - 2,564 = 33,125 мм;

Граничні значення припусків:

$$2z_{1\max} = 2 \cdot 0,045 + 0,16 - 0,039 = 2 \cdot 0,105 \text{ мм};$$

$$2z_{2\max} = 2 \cdot 0,13 + 0,62 - 0,16 = 2 \cdot 0,36 \text{ мм};$$

$$2z_{3\max} = 2 \cdot 1,28 + 0,90 - 0,62 = 2 \cdot 1,42 \text{ мм};$$

Для отвору $\varnothing 36 \text{ M8}$ будуємо схему полів допусків і припусків (рисунок 2.5).

Максимальні значення припусків визначені попередньо.

На решту оброблюваних поверхонь корпусу припуски та допуски вибираємо з таблиць згідно ДСТУ 2311-2013 і заносимо їх значення в таблицю 2.3.

Кінцеве значення максимального припуску визначаємо методом розмірного аналізу.

					<i>033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

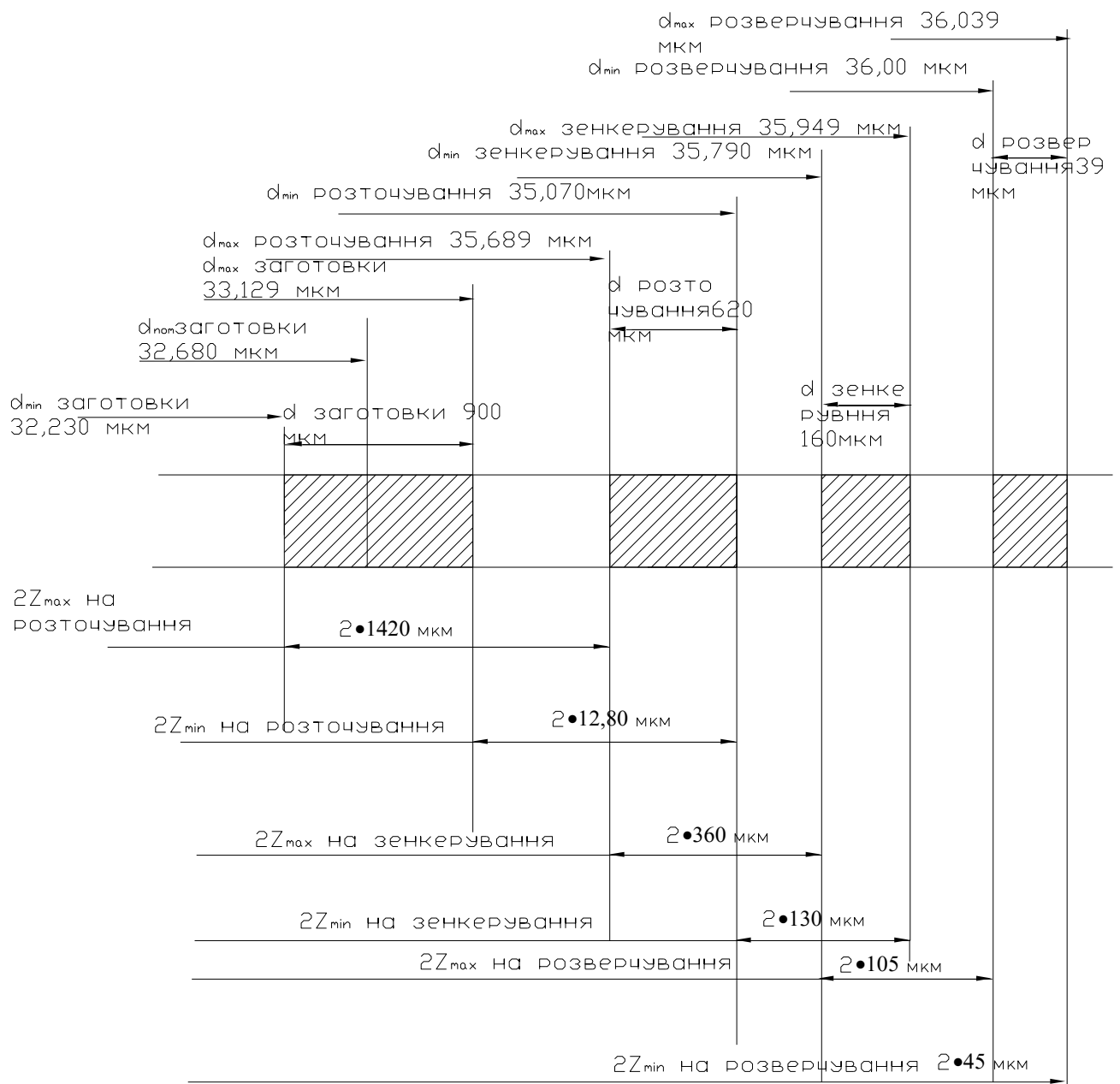


Рисунок 2.6 – Схема полів допусків і припусків для отвору Ø36 М8

					033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3 – Розрахунок допусків на поверхні

№ п/п	Поверхня	Розміри на кресленні	Допуски, мм		Допуск, мм
			Табличний	Розрахунковий	
1	8,9	182	2·3,2	-	1,4
2	5,6,7	96	2·2,6	-	1,1
3	1,2	13	1,5	-	0,7
4	6,7	8	1,5	-	0,67
5	32,33	Ø28	2,0	-	0,9
6	34,35	Ø30	2,0	-	0,9
7	14,16,17,10	Ø44M10	2·2,5	-	0,9
8	11,15	Ø36H8	2·7,455	-	0,9

2.4 Розмірний аналіз технологічного процесу

Визначення технологічних розмірів та допусків здійснюється на основі виявлення і розрахунку технологічних розмірних ланцюгів.

Для зручності розрахунків розмірний аналіз розбиваємо на три етапи.

В перерізі деталі аналізуємо наступні операції.

- 010 – свердлити, зенкувати, розвернути 2 отв. Ø 15 H9.
- 015 – фрезерувати торці деталі в розмір 182 мм.
- 025 – розточити два отвори 43 мм.
- 030 – зенкерувати 2 отв., нарізати різь G1-B.

					033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.4 – Розмірний аналіз технологічного процесу

№ операції	Зміст операції	Базові поверхні	Розмірний ланцюг	Вихідні рівняння	Шукана ланка
010	Обробити 2 отвори \varnothing 15H9	1	Z_1+A_1- $S_1=0$ $S_2=A_2=0$	$Z_1=A_1-S_1$ $S_2=A_2$	S_1 S_2
015	Фрезерувати торці деталі в розмір 182 мм.	3,8	$S_3-A_1=0$ $S_4-A_7=0$	$S_3=A_1$ $S_4=A_7$	S_3 S_4
020	Розточити отвір \varnothing 43 мм на глибину 82 мм.	2	$S_5-A_5=0$	$S_5=A_5$	S_5
025	Розточити отвір \varnothing 43 мм на глибину 50 мм.	9	$S_6-A_6=0$	$S_6=A_6$	S_6
030	Обробити 2 отвори G1. Розміри заготовки	2	$S_7-A_3=0$ $S_8-A_4=0$ $Z_1+Z_2+ S_4-$ $3_1=0$	$S_7=A_3$ $S_8=A_4$ $Z_2=-Z_1-$ S_4+3_1	S_7 S_8 3_1

					033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

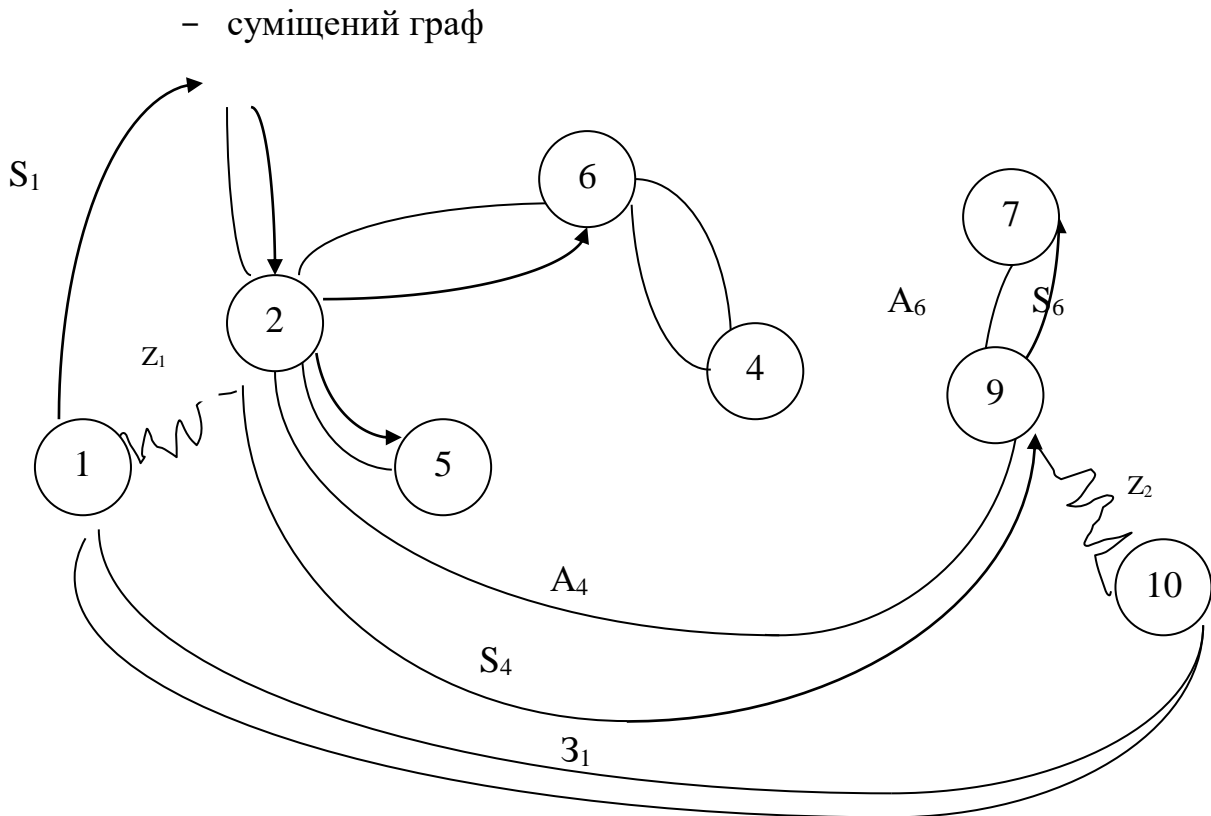


Рисунок 2.8 – Граф-дерево

Ланцюг 1

$$Z_1 = S_1 - A_1$$

$$Z_{1\min} = S_{1\min} - A_{1\max}$$

$$1,8 = S_{1\min} - 40,310$$

$$S_{1\min} = 42,11 \text{ мм}$$

Допуск на розмір S_1 визначається по 12 квалітету: $T_{S_1} = 0,25 \text{ мм}$; $\Delta_B S_1 = 0$; $\Delta_n S_1 = 0,25 \text{ мм}$; номінальний розмір $S_1 = 42,11 + 0,25 = 42,36 \text{ мм}$. На операційному $S_1 = 42,36_{-0,25} = 42^{+0,36}_{-0,11} \text{ мм}$.

Номінальний розмір і граничне значення припуску z_1 :

$$z_1 = 42^{+0,36}_{-0,11} - 40 + 0,31 = 2^{+0,67}_{-0,20} \text{ мм}$$

$$z_{1\max} = 2,67 \text{ мм}$$

	2	S ₂ =A ₂ =125+0,5мм	033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ			Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$3 \ S_3=A_1=40\pm 0,31 \text{ мм.}$$

$$4 \ S_4=A_7=182_{-1,15} \text{ мм}$$

$$5 \ S_5=A_5=82^{+0,87} \text{ мм}$$

$$6 \ S_6=A_6=50^{+0,62} \text{ мм}$$

$$7 \ S_7=A_3=106\pm 0,43 \text{ мм}$$

$$8 \ S_8=A_4=42\pm 0,31 \text{ мм}$$

$$9 \ Z_2=Z_1-Z_1-S_4$$

$$Z_{2\min}=Z_{1\min}-Z_{1\max}-S_{4\max}$$

$$1,8=Z_{1\min}-182,00-2,67$$

$$Z_{1\min}=186,47 \text{ мм.}$$

Допуск на розмір Z_1 призначаємо по 12 квалітету $T_B=0,46$ мм; $\Delta_B Z_1=0$;
 $\Delta_n Z_1=-0,46$ мм; номінальний розмір і граничне значення припуску Z_2 :

$$Z_2=187_{-0,53}^{+0,07}-182_{-1,15}-Z_{1\max}^{+0,31}_{-0,4}=2_{-0,54}^{+1,48} \text{ мм.}$$

$$Z_2=3,48 \text{ мм.}$$

					<i>033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

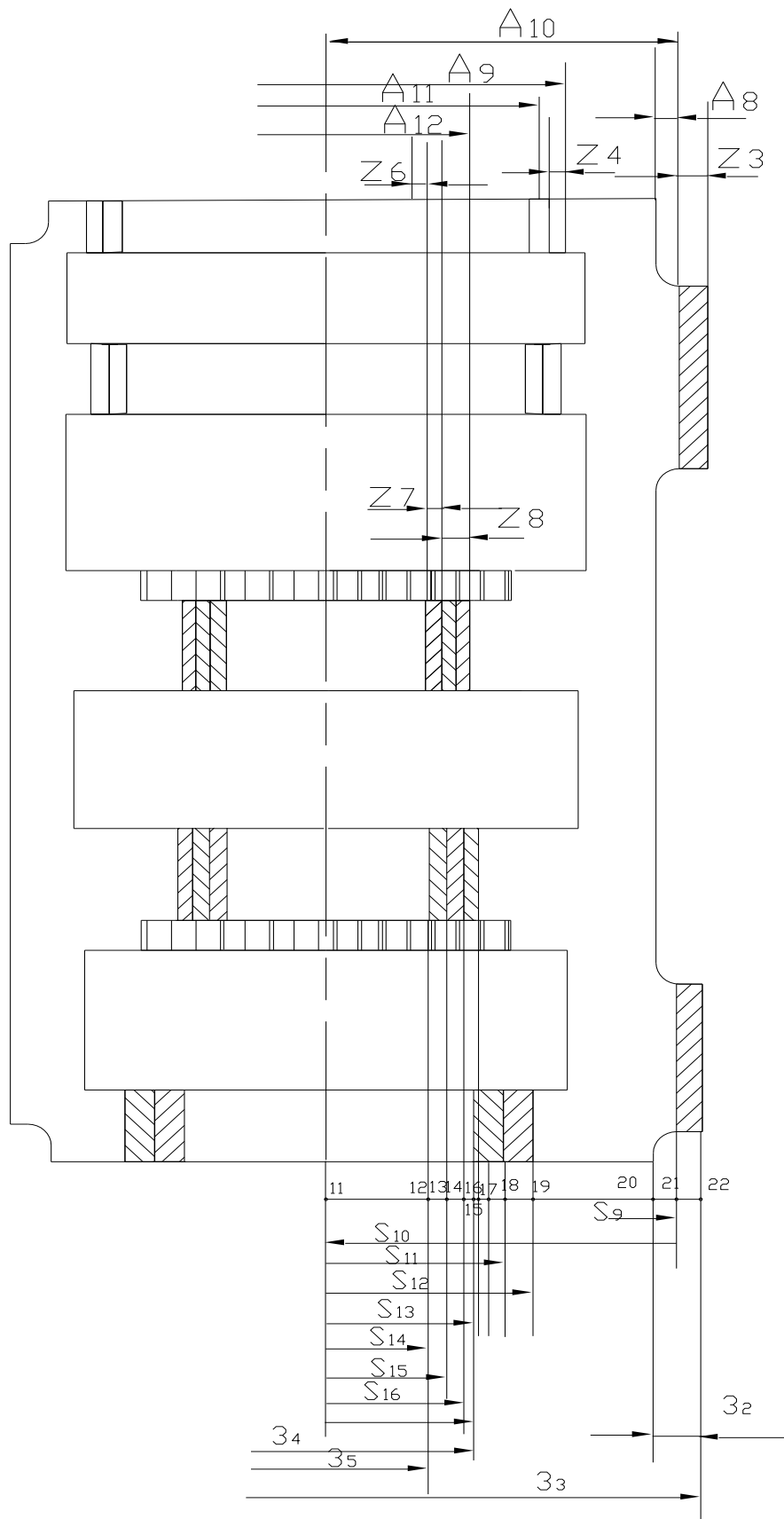


Рисунок 2.9 – Розмірна схема технологічного процесу

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ

Арк.

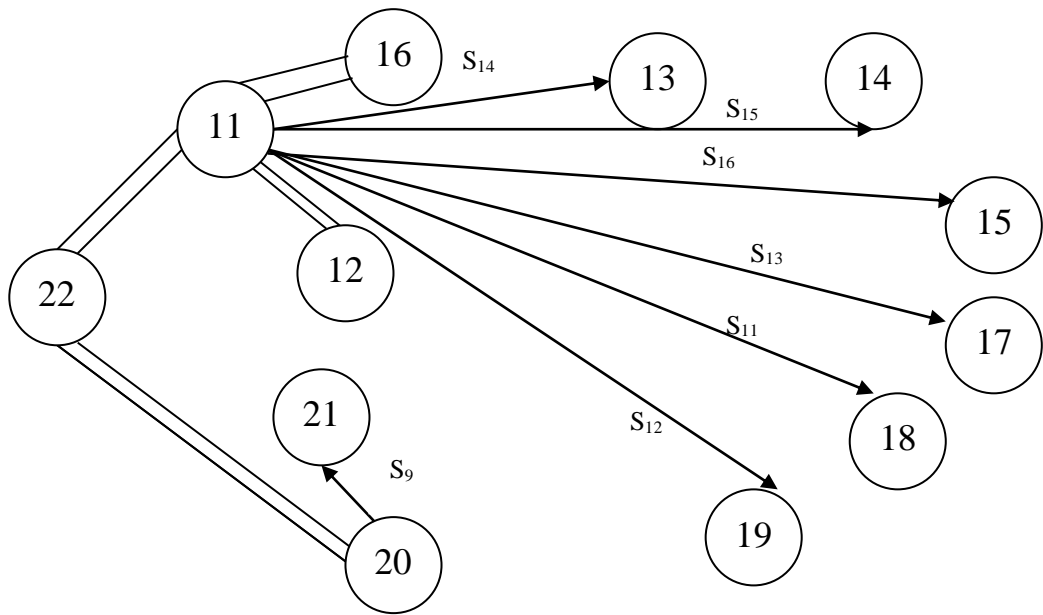
У перерізі аналізуємо наступні операції:

005 - фрезерування площини в розмір 13 мм

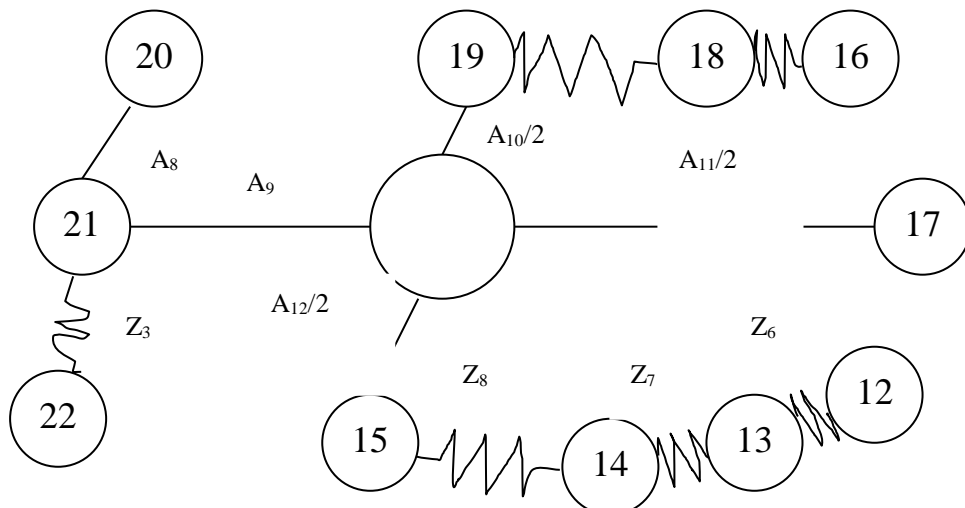
025 - розточити, зенкерувати, розвернути отвори $\varnothing 36$ Н8, $\varnothing 42$, $\varnothing 44$ Н10.

Для даного перерізу будуємо графи:

- технологічний граф



- конструкторський граф



Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ

Арк.

- суміщений граф

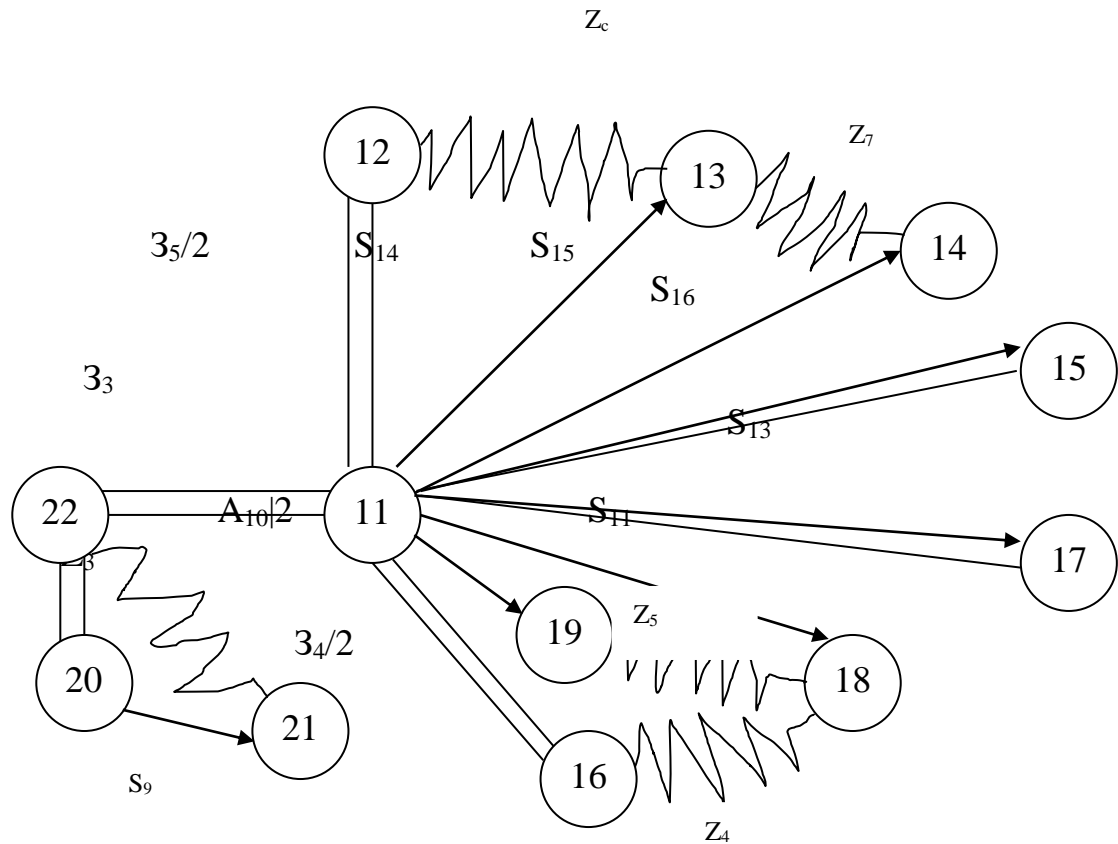


Рисунок 2.10 - Розмірна схема технологічного процесу.

Ланцюг 1

$$Z_3 = Z_2 - S_9$$

$$Z_{8min} = S_{1min} - A_{1max}$$

$$0,8 - Z_{2min} = 13,21$$

$$Z_{2min} = 14,11 \text{ мм}$$

Допуск на розмір Z_2 визначається по 12 квалітету: $T_{Z_2} = 0,18 \text{ мм}$; $\Delta_B Z_2 = 0$; $\Delta_n Z_2 = 0,25 \text{ мм}$; номінальний розмір $Z_2 = 14,11 + 0,18 = 14,29 \text{ мм}$. На операційному ескізі $Z_2 = 14,29_{-0,18} = 14^{+0,19}_{-0,01} \text{ мм}$.

Номінальний розмір і граничне значення припуску Z_3 :

$$z_1 = 14^{+0,19}_{-0,01} - 13 + 0,21 = 1^{+0,40}_{-0,22} \text{ мм}$$

									Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ				

$$Z_{3\max}=1,4 \text{ мм}$$

Ланцюг 2

$$S_{10}=A_9=6,05\pm 0,37 \text{ мм.}$$

Ланцюг 3

$$Z_5=S_{12}-S_{11}; S_{12}=A_{10}/2;$$

$$Z_{5\min}=S_{12\min}-S_{11\max}$$

$$0,34=22,00-S_{11\max}$$

$$S_{11\max}=21,66 \text{ мм}$$

Допуск на розмір S_{11} визначається по 10 квалітету: $T_{S1}=0,084 \text{ мм}$; $\Delta_B S_{11}=0,084$; $\Delta_n S_{11}=0 \text{ мм}$; номінальний розмір $S_{11}=21,66-0,084=21,586 \text{ мм}$. На операційному ескізі $S_{11}=21,586^{+0,084}=21,6^{+0,07}_{0,014}\text{мм}$.

Номінальний розмір і граничне значення припуску z_1 :

$$Z_5=22^{+0,05}-21,6^{+0,07}_{0,014}=0,4^{+0,067}_{-0,070}\text{мм.}$$

$$Z_{5\max}=0,464 \text{ мм}$$

Ланцюг 4

$$Z_4=S_{11}-Z_4/2; ;$$

$$Z_{4\min}=S_{11\min}-Z_{4\max}/2;$$

$$1,98=21,585-Z_{4\max}/2;$$

$$Z_{4\max}=39,212 \text{ мм}$$

Допуск на розмір Z_4 визначається по 12квалітету: $T_{Z4}=0,25 \text{ мм}$; $\Delta_B Z_4=0,25$; $\Delta_n Z_4=0 \text{ мм}$; номінальний розмір $Z_4=39,212-0,25=38,962 \text{ мм}$. На операційному ескізі:

$$Z_4=38,962^{+0,25}=39^{+0,217}_{-0,0384}\text{мм.}$$

Номінальний розмір і граничне значення припусків z_4 :

$$Z_4=21,6_{-0,014}^{+0,07}-19,5_{0,019}^{+0,106}=2,1_{-0,12}^{+0,026}=2^{0,126}_{-0,020} \text{ мм.}$$

$$Z_{4\max}=2,126 \text{ мм}$$

		Ланцюг 5			033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$z_0 = z_{6\text{min}} - 95,57$$

$$z_{6\text{min}} = 98,57 \text{ мм}$$

Допуск на розмір z_6 визначається по 12 квалітету: $T_{z_6} = 0,35 \text{ мм}$; $\Delta_B z_2 = 0$; $\Delta_n z_2 = -0,35 \text{ мм}$; номінальний розмір $z_6 = 98,57 + 0,35 = 98,92 \text{ мм}$. На операційному ескізі $z_6 = 98,92_{-0,55} = 99^{-0,08}_{-0,43} \text{ мм}$.

Номінальний розмір і граничне значення припуску z_3 :

$$z_{10} = z_9 = (98,9^{+0,02}_{-0,33} - 96 \pm 0,43) / 2 = 1,5^{+0,17}_{-0,48} \text{ мм};$$

$$z_{9\text{max}} = z_{9\text{max}} = 1,67 \text{ мм}$$

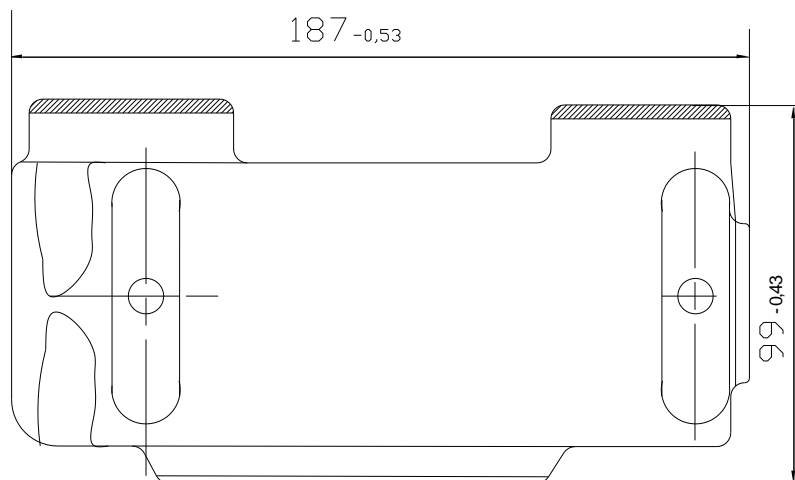
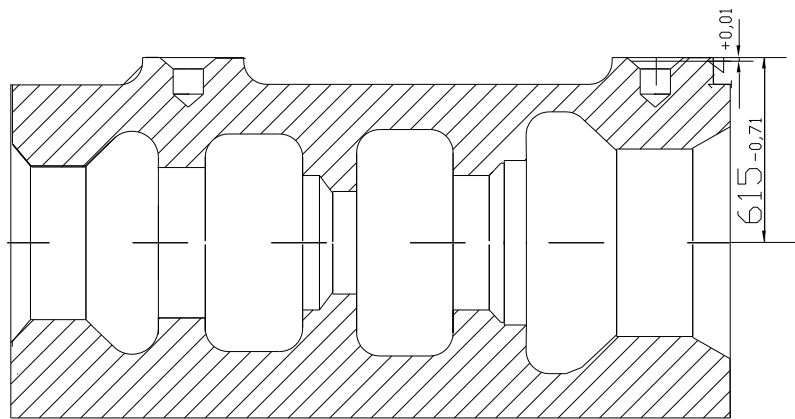


Рисунок 2.12 – Креслення 25.00.00.000 ПЗ

						Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.5 – Розмірний аналіз технологічного процесу

№ операції	Зміст операції	Базові поверхні	Розмірний ланцюг	Вихідні рівняння	Шукана ланка
005	Фрезерування поверхні в розмір 13 мм	20	$-Z_3+Z_3-S_9=0$ $S_9=A_8$ $S_{11}-Z_4-Z_4=0$	$Z_3=Z_3-S_9$	Z_6
020	Обробка отвору Ø44 Н10 чорнове розточування; зенкерування. Обробка заглиблення Ø43 Н10 Обробка отвору Ø36 Н8 чорнове розточування; зенкерування.	21	$S_{12}-Z_9-S_{11}=0$ $S_{12}-A_{10}/2=0$	$Z_4=$ $S_3+Z_4/2$ $S_{12}-S_{11}=Z_5$ $S_{12}=A_{10}/2$	Z_4 S_{11} S_{12}
		21	$S_{13}=A_{11}/2=0$	$S_{13}=A_{11}/2$	S_{13}
		21	$-Z_6+Z_5-S_{14}=0$ $S_{15}-Z_7-S_{14}=0$ $S_{16}-Z_8-S_{15}=0$ $S_{16}=A_{12}/2=0$ $-Z_3+Z_3-S_{10}=0$ $S_{10}=A_9$	$Z_6=Z_5-S_{14}$ $Z_7=S_{15}-S_{14}$ $Z_8=S_{16}-S_{15}$ $S_{16}=A_{12}/2$ $Z_3=Z_3-S_{10}$ $S_{10}=A_9$	Z_5 S_{15} S_{16} S_{16} Z_3 S_{10}

2.5 Розрахунок режимів різання, вибір обладнання

Розрахунок режимів різання при фрезеруванні на операції 005

Характер обробки – чистова.

Ріжучий інструмент – торцюва насадна фреза із вставними пластинами 2214-0155 ГОСТ 9473-80. Матеріал ріжучої пластини - ВК8. Діаметр фрези $D=125$ мм, кількість зубів $z=12$. Стійкість інструменту $T=180$ хв.

Кути ріжучої частини: $\gamma = 5^\circ$; $\alpha_1 = 12^\circ$; $\varphi = 20^\circ$; $\varphi_2 = 10^\circ$; $\varphi_1 = 5^\circ$; $\chi = 12^\circ$.

Глибина різання $t = 1,4$ мм.

					033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно таблиць 34[4] т.2. стор.283 подача на один зуб фрези $S=0,15$ мм/зоб.

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v$$

де C_v, q, x, y, z, u, p, m – коефіцієнти;

T^m – період стійкості інструменту;

D – діаметр фрези;

T – глибина різання;

B – ширина різання;

S_z – подача на зуб;

z – число зубів фрези.

$$V = \frac{445 \cdot 1250,2}{180^{0,32} \cdot 1,4^{0,15} \cdot 0,15^{0,35} \cdot 95^{0,2} \cdot 12^0} \cdot 0,698 = 105,85 \text{ м/хв}$$

$$K_\delta = K_{m\delta} \cdot K_{n\delta} \cdot K_{шт} = 0,698 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,698$$

Кількість обертів:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D};$$

$$n = \frac{1000 \cdot 105,85}{3,14 \cdot D} 125 = 269,54 \text{ хв}^{-1};$$

Хвилинна подача:

$$S_{xb} = 0,15 \cdot 12 \cdot 269,54 = 485,7 \text{ мм/хв}$$

Сила різання:

$$P_z = \frac{10 C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp};$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 140,9 \cdot 0,15^{0,74} \cdot 95 \cdot 12}{125^1 \cdot 269,54^0} \cdot 1,04 = 3415 \text{ Н}$$

					033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Потужність різання:

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60};$$

$$N_{\text{різ}} = \frac{3415 \cdot 105,85}{1020 \cdot 60} = 5,91 \text{ кВт.}$$

Потужність приводу%

$$N_{\text{пр}} = N_{\text{різ}} / 0,75;$$

$$N_{\text{пр}} = 5,91 / 0,75 = 7,87 \text{ кВт.}$$

За потужністю вибираємо вертикально-фрезерний верстат моделі 6P13, у якого потужність двигуна шпинделя $N=11$ кВт.

Узгоджуємо режими різання з паспортними даними верстату.

Уточнена кількість обертів:

$$n_{\text{пр}} = 256 \text{ об/хв}$$

Уточнена швидкість різання:

$$V_{\text{пр}} = \frac{3,14 \cdot 1,25 \cdot 256}{1000} = 100,48 \text{ м/хв};$$

Уточнена хвилинна подача:

$$S_{\text{хвпр}} = 460 \text{ мм/хв.}$$

Уточнена сила різання:

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 1,4^{0,9} \cdot 0,15^{0,74} \cdot 95^{10} \cdot 12}{125^1 \cdot 269,54^0} \cdot 1,04 = 3415 \text{ Н}$$

Уточнена потужність різання:

$$N_{\text{різ}} = \frac{3415 \cdot 256}{1020 \cdot 60} = 5,6 \text{ кВт}$$

Уточнена потужність приводу:

$$N_{\text{пр}} = 5,6 / 0,75 = 7,46 \text{ кВт}$$

033В - 25.00.00.00.000 ПЗ

					Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

Оскільки $7,46 \text{ кВт} < 11 \text{ кВт}$, то верстат підібрано вірно.

Для токарної обробки розрахунок ведеться згідно методики [4] т.2. стор.265-275.

Розрахунок проводиться для чорнового розточування отворів $\varnothing 44\text{H}10$.

Характер обробки - чорнова.

Ріжучий інструмент - токарний розточний різець з пластиною із твердого сплаву 2142-4801 ГОСТ 18882-73. Матеріал ріжучої пластини – ВК8. Стійкість інструменту $T = 60$ хв. Кути ріжучої частини: $\gamma = 5^\circ$; $\alpha = 8^\circ$; $\varphi = 60^\circ$; $\varphi_1 = 10^\circ$; $\chi = 10^\circ$.

Згідно таблиць 12[4] т.2. стор.267 подача на один оберт при чорновому розточуванні $S = 0,3$ мм/зоб.

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y} \cdot K_v$$

де C_v, x, y, K_v, m – коефіцієнти;

T^m – період стійкості інструменту;

t – глибина різання;

z – число зубів фрези;

s – подача.

$$V = \frac{292}{60^{1,2} \cdot 2,12^{0,15} \cdot 0,3^{0,2}} \cdot 0,52 = 74,28 \text{ м/хв}$$

$$K_v = 0,8 \cdot 0,83 \cdot (190/229)^{1,25} = 0,52$$

Кількість обертів:

$$n = \frac{1000 \cdot 74,28}{3,14 \cdot 43} = 563 \text{ хв}^{-1};$$

Сила різання:

$$P_z = 10 C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_{mp};$$

				$P_z = 10 \cdot 0,92 \cdot 2,12^{1,0} \cdot 0,3^{0,25} \cdot 74,28^{0,9} \cdot 0,9$	Арк.
				033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ	
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

$$N_{пр} = 2 \cdot 0,76 / 0,75 = 2,04 \text{ кВт}$$

Оскільки $2,04 \text{ кВт} < 20 \text{ кВт}$, то верстат підібрано вірно.

Розрахунок проводиться для свердління 2-х отворів $\varnothing 14,5 \text{ мм}$ на операції 010 з використанням двохшпindelної головки.

Характер обробки – чорнова.

Ріжучий інструмент – свердло 2101-0048 ДСТУ 2342-2014. Матеріал ріжучої пластини – Р6М5. Стійкість інструменту $T=60 \text{ хв}$. Кути ріжучої частини $\alpha_1=6^\circ$; $\alpha = 12^\circ$; $\varphi=40^\circ$; $f_L=0,2 \text{ мм}$. Діаметр свердла – $14,5 \text{ мм}$. Глибина різання $t=P/2=1,4 \text{ мм}$.

Згідно таблиць 25[4] т.2. стор.277 подача на один оберт свердла $S_0=S_{\text{табл}} \cdot K_{M3} = 0,35 \cdot 0,75 = 0,26 \text{ мм/об}$.

Подача на один оберт шпинделя:

$$S_{0M} = S_0 / i = 0,26 / 1,5 = 0,173 \text{ хв}^{-1}$$

Швидкість різання:

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

де C_v, x, y, K_v, m - коефіцієнти;

T^m – період стійкості інструменту;

t – глибина різання;

z – число зубів фрези;

s – подача.

$$V = \frac{14,7 \cdot 14,5^{0,25}}{60^{0,125} \cdot 0,26^{0,55}} \cdot 0,698 = 24,14 \text{ м/хв}$$

Кількість обертів шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D \cdot \varepsilon}$$

де ε – передавальне відношення свердлильної головки.

$$n_{\text{шт}} = \frac{1000 \cdot 24,14}{3,14 \cdot 14,5 \cdot 1,5} = 353,47 \text{ хв}^{-1}$$

					033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість обертів свердла:

$$n_{св} = \frac{1000 \cdot 24,14}{3,14 \cdot 14,5} = 530,2 \text{ хв}^{-1}$$

Крутний момент при свердлінні:

$$M_{кр} = 10 C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_{тр}$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,021 \cdot 14,5^2 \cdot 0,26^{0,8} \cdot 1 = 16,84 \text{ Н}\times\text{м}$$

Потужність різання:

$$N_{різ} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750};$$

$$N_{різ} = 2 \cdot \frac{16,84 \cdot 353,47}{9750} = 0,91 \text{ кВт}$$

Потужність приводу:

$$N_{пр} = 2 \cdot 0,91 / 0,75 = 2,3 \text{ кВт}$$

За потужністю вибираємо спеціальний свердлильний верстат 2Н135-3, трьох шпиндельний з рядним розміщенням шпінделів і потужністю головного приводу $N=4,0 \times 3$ кВт.

Узгоджуємо режими різання з паспортними даними верстату.

Уточнена кількість обертів шпинделя:

$$n_{шп} = 355 \text{ об/хв}$$

Уточнена кількість обертів свердла:

$$n_{свпр} = 1,5 \cdot 355 = 532,5 \text{ хв}^{-1}$$

Уточнена швидкість різання:

$$V_{пр} = \frac{3,14 \cdot 14,5 \cdot 532,5}{1000} = 22,95 \text{ м/хв}$$

Уточнена подача на оберт:

$$S_{опр} = 0,2 \text{ мм/об}$$

		Уточнений крутний момент при свердлінні:			Арк.
		033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

$$M_{\text{крпр}} = 10 \cdot 0,021 \cdot 14,5^2 \cdot 0,26^2 \cdot 1 = 15,94 \text{ Н}\times\text{м}$$

Уточнена потужність різання:

$$N_{\text{різ пр}} = \frac{15,94 \cdot 355}{9750} = 0,88 \text{ кВт}$$

Уточнена потужність приводу:

$$N_{\text{пр}} = 2 \cdot 0,88 / 0,75 = 2,35 \text{ кВт.}$$

Оскільки $2,35 \text{ кВт} < 4,0 \times 3 \text{ кВт}$, то верстат підібрано вірно.

Характер обробки – чистова.

Ріжучий інструмент – мітчик М8 2620-1219 ГОСТ 3266-81. Матеріал ріжучої пластини – Р6М5. Стійкість інструменту $T=90$ хв. Геометричні параметри ріжучої частини $\alpha = 40^\circ$; $\gamma = 10^\circ$; $\lambda = 9^\circ$; $\varphi' = 1^\circ$. Подача на один оберт рівна кроку різі $S_0 = 1,25 \text{ мм/об.}$

Швидкість різання

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

де C_v, x, y, K_v, m – коефіцієнти;

T^m – період стійкості інструменту;

t – глибина різання;

z – число зубів фрези;

s – подача.

$$V = \frac{64,8 \cdot 8^{1,2}}{90^{0,9} \cdot 1,25^{0,5}} \cdot 0,95 = 11,63 \text{ м/хв}$$

Кількість обертів мітчика:

$$n_{\text{шт}} = \frac{1000 \cdot 11,63}{3,14 \cdot 8} = 463 \text{ хв}^{-1}$$

Кількість обертів шпинделя:

					033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_{\text{шт}} = \frac{463}{1,7} = 268 \text{ хв}^{-1}$$

Крутний момент при свердлінні:

$$M_{\text{кр}} = 10 C_m \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_{\text{мп}}$$

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,03 \cdot 8^{1,4} \cdot 1,25^{1,5} \cdot 1 = 3,34 \text{ Н} \times \text{м}$$

Потужність різання:

$$N_{\text{різ}} = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750};$$

$$N_{\text{різ}} = \frac{3,34 \cdot 463}{9750} = 0,158 \text{ кВт}$$

Потужність приводу обчислюється з врахуванням одночасної обробки 4 отв. М8-7Н.

$$N_{\text{пр}} = 4 \cdot 0,158 / 0,75 = 0,84 \text{ кВт}$$

Оскільки операція виконується на агрегатному верстаті, то режими різання не потребують уточнення.

На решту операцій та переходів режими різання вибираємо згідно таблиць [3]. Вибрані та узгоджені з верстатами режими різання зводимо у таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 – Режими різання технологічного процесу

№ операції	Назва і зміст операції	Ріжучий інструмент	Глибина різання t, мм	Розрахункові і табличні режими різання				Модель верстату і потужність	Узгоджені з верстатом			
				S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	N, кВт		S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
005	Вертикально-фрезерна Фрезерувати поверхні в розмір 13 мм.	Фреза ВК82214-0155 ГОСТ 9473-80 T=180 хв; D=125 мм.	14	0,15	105,8	269,5	7,87	6P1311 кВт	460	256	100,48	
010	Вертикально	Свердло 2301-	70	0,2	24,14	347	2,3	2Н1	0,2	355	22,95	Арк.
	-		0,4	0,46	20835	425.00.00.00.000	473		500	23,2		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата								

	Зенкерувати отвір Ø44Н10	Т=60 хв Зенкер ступінчастий спеціальний	0,5 0,35 2,0	0,29	43,2 40,8	265	0,20		0,29	324	362
	Зенкерувати отвір до Ø35,7 мм	Т=50 хв									
	Зенкерувати фаску 2×10°		0,15		30		0,15				36,62
	Розвернути отвір Ø36Н8	Розвертка 2363-4686 ГОСТ 1672-80, Т-60 хв									

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
030	Агрегатна Свердли 2 отв. Ø10,2 мм	Свердло 9301-0030(Ø10,2) ГОСТ 10903-77, Т=60 хв.	5,1	0,15	26,4	824	1,14	Агрегатний п'ятипозиційний N=2, 0×5 кВт	0,1	500	16
	Свердли 4 отв. Ø6,7 мм	Свердло 2300-2440(Ø6,7) ГОСТ 10902-77, Т=60 хв.	3,35	0,09	22,8	683	0,64		0,14	355	7,47
	Зенкувати 2 фаски 1,6×45°	Зенківка 1426-0727 МН727-60, Т=60 хв.	1,6	0,15	18,0	382	0,38		0,15	355	14,94
	Зенкувати 4 фаски 1,6×45°	Зенкер 2330-4726 ГОСТ 12489-41 Т=60 хв.	2,0	0,3	20,4	232	1,3		0,2	180	16,41
	Зенкувати 2 отвори Ø28	Зенкер 1420-0720 МН726-60, Т=60 хв.	1,6	0,15	18,0	573	0,48		0,15	355	15,8
	Нарізати різь у 2 отв. М12.	Мітчик М82620-1219 ГОСТ 3266-81, Т=90 хв.	0,9	1,75	11,0	292	0,48		1,75	250	9,42
Нарізати різь у 4 отв. М8.	Мітчик М82620-1219 ГОСТ 3266-81, Т=90 хв.	0,65	1,25	11,63	463	0,84	1,25	250	6,28		

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ

Арк.

035	Вертикально - свердлильна	Свердло 2300-2440(Ø6,7) ГОСТ 10902-77, T=60 хв.	3,35	0,09	22,8	1083	1,14	0,2	500	10,52
	Свердлити 4 отв. Ø6,7 мм									
	Зенкувати 4 фаски у 4-х отворах 1,6×45°	Свердло 2300-0280 (Ø10) ГОСТ 10902-77, T=60 хв.	1,6	0,15	18,0	573	0,48	0,15	335	16,41
	Нарізати різь у 4 отв. М8.	Мітчик М82620-1219 ГОСТ 3266-81, T=45 хв.	0,65	1,25	11,63	463	0,84	1,25	250	6,28
Агрегатна Свердлити 2 отв. Ø10,2 мм	Свердло 2301-0030(Ø10,2) ГОСТ 10903-77, T=60 хв.	5,1	0,15	26,4	479	1,14	0,1	500	16,01	

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Зенкерувати 2 отв. Ø30,34 мм	Зенкер 2330-4738 ГОСТ 12489-41 T=50 хв.	2,0	0,25	20,4	214	1,6		0,25	180	17,23
	Зенкувати 2 фаски 1,6×45°	Зенківка 1426-0727 МН727-60, T=60 хв.	1,6	0,15	18,0	382	0,38		0,15	355	14,94
	Зенкувати 2 фаски 1,6×45°	Зенківка 1426-0727 МН727-60, T=60 хв.	1,6	0,15	18,0	191	0,54		0,1	150	16,72
	Нарізати різь у 2 отв. М12.	Мітчик М122620-1513 ГОСТ 3266-81, T=90 хв	0,9	11,0	292	0,48	4,75		4,75	250	9,42

2.6 Нормування технологічного процесу

Штучний час:

$$T_{шт} = T_o + T_{л} + T_{тех} + T_{орг} + T_{відп};$$

де T_o –	основний технологічний час,				033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ				Арк.	
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

T_d – допоміжний час,

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

$T_{орг}$ – час на організацію робочого місця.

Для масового виробництва час на відпочинок являється часом на особисті потреби.

$T_{відп}$ – становить 6% від оперативного часу ($T_o + T_d$).

Час на обслуговування робочого місця укрупнено приймається в розмірі 8% від оперативного часу.

Допоміжний час.

$$T_d = t_{вст} + t_{пер} + t_{контр},$$

де $t_{вст}$ – час на встановлення і зняття деталі;

$t_{пер}$ – час, пов'язаний з переходом;

$t_{контр}$ – час призначений на контрольні вимірювання.

Значення допоміжного часу вибираємо згідно таблиць.

Розрахунок основного часу ведеться згідно формули для

– фрезерування:

$$T_o = L_{рх} / S_{хв};$$

де $L_{рх}$ – довжина допоміжного ходу інструменту,

$S_{хв}$ – хвилинна подача.

– свердління, розвірчування, розточування, зенкерування:

$$T_o = L_{рх} / S_o \cdot n;$$

де S_o – подача на оберт шпинделя,

n – число обертів шпинделя.

– нарізання різі мітчиком:

$$T_o = (L_{рх} + L_{доп}) / p \cdot n;$$

де $L_{доп}$ – довжина допоміжного ходу інструменту;

p – крок різі.

					033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Встановлюємо основний час на обробки.

Наприклад:

для операції 005

$$T_o=180/460=0,39 \text{ хв.}$$

Згідно табл.5 вибираємо складові T_d :

$$t_{вст}=0,15 \text{ хв (стр.263)}$$

$$t_{пер}=0,05 \text{ хв (стр.265)}$$

$$t_{констр}=0,03 \text{ хв (стр.278)}$$

Сумарне значення T_d :

$$T_d=0,15+0,05+0,03=0,23 \text{ хв}$$

Таким чином, оперативний час:

$$T_{опр}=0,39+0,23= 0,62 \text{ хв}$$

Час на технічне обслуговування робочого місця:

$$T_{обс}=0,62 \cdot 0,08=0,05 \text{ хв}$$

Час на відпочинок та особисті потреби.

$$T_{відп}=0,62 \cdot 0,06=0,04 \text{ хв}$$

Тоді штучний час:

$$T_{шт}=0,62+0,05+0,04=0,71 \text{ хв}$$

Всі результати розрахунків зводяться у таблицю 2.7.

					033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ДІЛЬНИЦІ

4.1 Уточнення типу виробництва

Як основні виробничі так і допоміжні цехи багатьох заводів є собою самостійні організаційні дільниці, які мають в своєму складі все необхідне для виконання певних технологічних процесів, або виготовлення виробів.

Проектування механічної дільниці являє собою комплекс складних і трудомістких взаємозв'язаних процесів. Вся робота проектування полягає у визначенні необхідної кількості основного виробничого, допоміжного і підйомно-тракторного обладнання.

Річна трудомісткість розраховується як сума штучних часів механічної обробки деталі типу „Корпус” помножена на річну програму випуску.

$$T_{\text{шт заг}} = (T_{\text{шт 005}} + T_{\text{шт 010}} + T_{\text{шти}}) \times N$$

де $T_{\text{шти}}$ – штучний час механічної обробки деталі по операціях, хв

N - річна програма випуску продукції, шт

$$T_{\text{шт заг}} = (23,46 + 13,55) \times 180000 = 8926,5 \text{ хв} = 1850500 \text{ год}$$

Для розрахунку верстатомісткості виробу необхідно скласти оптимальний ТП, для виготовлення якої проектується дільниця цеху. По технологічному процесу проводиться технічне нормування по кожній операції.

4.2 Визначення кількості працівників на дільниці

Для розрахунку працемісткості та верстатомісткості виробу в якості основної деталі – представника приймаємо корпус КПФЕК-01-Ф, для якого розробляється технологічний процес.

Різниця по кожному параметру оцінюється відповідним коефіцієнтом приведення.

					033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальний коефіцієнт приведення визначаємо за формулою:

$$K_o = K_M \cdot K_{сер} \cdot K_{скл}$$

де K_M – коефіцієнт приведення по масі;

$K_{сер}$ – коефіцієнт приведення по серійності;

$K_{скл}$ – коефіцієнт приведення по складності.

Коефіцієнт приведення по масі визначаємо за формулою

$$K_M = \sqrt[3]{\left(\frac{Q_k}{Q}\right)^2};$$

де Q_k – маса приведеної деталі,

Q – маса деталі- представника (7 кг)

Коефіцієнт приведення по стійкості визначається в залежності від співвідношення зрізними програмами

$$K_{сер} = \left(\frac{N_k}{N}\right)^{0,15};$$

де N_k – виробнича програма деталі представника -180000,

N – виробнича програма приведеної деталі.

0,15- показник для серійного машинобудування.

Коефіцієнт приведення по складності:

$$K_{скл} = \left(\frac{H_k}{H}\right)^{0,5};$$

де H_k – число оброблюваних поверхонь,

H – число оброблюваних поверхонь деталі представника. $H=29$.

Верстатомісткість механічної обробки приведеної деталі:

$$T_ч = T \cdot K_o,$$

де T – верстатомісткість механічної обробки деталі представника,

K_o – загальний коефіцієнт приведення.

					033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати розрахунку коефіцієнта приведення і верстатоміскості деталей виробу наведені у таблиці 4.1.

Визначаємо загальну кількість необхідного обладнання для виготовлення всіх деталей виробу в цілому:

$$C_{\Pi} = T_{\text{в}} \cdot N / 60 \Phi_{\text{в}} K_3;$$

де $T_{\text{в}}$ – верстатомісткість всіх деталей виробу,

N – виробнича програма,

$\Phi_{\text{в}}$ – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, $\Phi_{\text{в}} = 4015$ год.

K_3 – нормативний коефіцієнт завантаження $K_3 = 0,75$.

$$C_{\Pi} = 33,977 \cdot 180000 / 60 \cdot 4015 \cdot 0,75 = 29,3 \approx 30 \text{ верстатів.}$$

Для механічної обробки корпусу на річну програму 180000 по розрахунках необхідно 30 верстатів, а при такій кількості верстатів може бути дільниця, а не цех. В механічному цеху, як правило буває не менше 100 верстатів, тому приймаємо, що в цеху виготовляються 4 види подібних виробів.

Отже, $4 \cdot 30 = 120$ верстатів.

Отримане число верстатів розбиваємо по групах в процентному відношенні. Користуючись даними заводів, результати заносимо у таблицю 5.2.

					033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1 – Результати розрахунку коефіцієнта приведення деталі

№ п/п	Назва деталі	Номер деталі	Маса деталі	Коефіцієнт приведення	Річ на прог	Коефі	Кількість	Коефіцієнт приведення	Загальний коефіцієнт	Верстаго місткість
1	Корпус		4,95	1	180000	1	28	1	1	11,31
2	Прокладка	3411012-0000186	0,27	0,279	180000	1	12	0,562	0,057	0,648
3	Кришка	3411072-7211064	0,81	0,299	180000	1	12	0,562	0,168	1,904
4	Гайка	3411072-7211079	0,40	0,186	180000	1	6	0,397	0,074	0,841
5	Фланець	3411072-7211074	1,16	0,380	180000	1	12	0,562	0,214	2,42
6	Робоче колесо	3411072-7211012	1,62	0,475	180000	1	19	0,707	0,336	3,805
7	Шайба стакана	3411072-7211334	0,13	0,088	180000	1	6	0,397	0,35	3,95
8	Ущільнення	3411072-7211336	1,11	0,369	180000	1	12	0,397	0,207	2,349
9	Кільце Пружина	3411072-7211338	0,15	0,097	180000	1	6	0,397	0,039	0,436
10	Прокладка регульована	7211348 НЦ 067-016	0,17	0,106	180000	1	6	0,229	0,024	0,275
11			0,40	0,187	180000	1,349	12	0,562	0,154	1,749
									Всього	33,977

					033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ					Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

Таблиця 4.2 –

Кількість верстатів

Верстати	Кількість, шт		
	%	Розрахункова	Прийнята
Токарно-гвинторізний	1,7	11,4	11
Токарно-спеціальні	9,5	2,04	2
Токарно-револьверні	6	4,08	4
Токарні-напівавтомати	1,7	2,04	2
Карусельні	1,7	11,4	12
Горизонтально-розточні	1,7	2,04	2
Агрегатні	3,4	7,2	7
Поздовжньо-строгальні	1,7	2,04	2
Горизонтально-фрезерні	1,7	2,04	2
Вертикально-фрезерні	3,4	4,08	4
Поздовжньо-фрезерні	1,7	2,04	2
Фрезерні спеціальні	1,7	0,96	1
Довбальні	0,8	2,04	2
Протяжні	1,7	3	3
Радіально-свердлильні	2,5	7,32	8
Вертикально-свердлильні	6,1	2,04	2
Круглошліфувальні	1,7	0,96	1
Плоскошліфувальні	0,8	0,96	1
Внутрішшліфувальні	39,4	47,28	48
Зубооброблювальні	2,5	3	3
Відрізні і центрувальні	1,7	2	2

На допоміжних дільницях не виготовляється основна продукція, але вони

необхідні для забезпечення роботи основних

033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ

Арк.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

Необхідну кількість верстатів заточувальної ділянки визначають у процентному відношенні від кількості металооброблювального обладнання цеху. При кількості верстатів у цеху до 200 цей процент дорівнює 5.

Кількість верстатів заточувальної ділянки $0,05 \cdot 120 = 6$ верстатів.

Ділянка ремонту інструменту і оснастки. Кількість основних верстатів для ділянки визначають при кількості основних 100-150—4 % від загальної. Отже, розрахункова кількість верстатів $0,04 \cdot 120 = 4,8$.

Приймаємо кількість 5 основних верстатів.

До складу ділянок ремонту інструменту, оснастки крім основних верстатів, входять 40% допоміжних верстатів, але не менше 3 і не більше 11 одиниць. Приймаємо кількість допоміжного обладнання 8 верстатів.

Цехова ремонтна база використовується для міжремонтного обслуговування виробничого обладнання, а також для проведення ремонтних робіт.

Кількість обладнання ЦРБ розраховується в залежності від кількості обладнання механічного цеху, яка обслуговується ремонтною базою.

У нашому проекті ділянка має 120 верстатів, то для ЦРБ необхідно 2 верстати.

Коефіцієнт закріплення операцій

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O_i}{\sum P_i} = \frac{15,01}{12} = 1,25.$$

Значення $K_{з.о.} = 1 \dots 10$ відповідає крупносерійному виробництву.

					033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.3 – Визначення коефіцієнта закріплення операцій

№ операції	Назва операції	T _{шт}	Розрахунок а кількість верстатів	Кількість верстатів прийнята	Коефіцієнт завантаження верстатів	Кількість закріплених операцій
005	Вертикально-фрезерна	1,081	0,65	1	0,6	1,25
010	Вертикально-свердлильна	0,73	0,67	1	0,67	1,39
015	Вертикально-фрезерна	0,74	0,68	1	0,68	1,47
020	Горизонтально-фрезерна	0,87	0,67	1	0,67	1,07
025	Поздовжньо-фрезерна	0,93	0,49	1	0,49	1,47
030	Агрегатна	0,89	0,82	1	0,82	3,57
035	Автоматично-токарна	0,94	0,79	1	0,79	1,59
040	Агрегатна	0,9	0,83	1	0,83	1,36

Уточнюємо організаційну форму виробництва.

Заданий добовий випуск виробів:

$$N_c = \frac{N}{254},$$

де N – програма випуску;

254 – кількість робочих днів в році.

$$N_c = \frac{180000}{254} = 708,6 \text{ шт/добу}$$

Середня трудомісткість:				033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ		Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис			

$$T_{сер} = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n T_{ум_i} \right) = \frac{7,081}{6} = 1,18 \text{ хв}$$

Добову продуктивність поточної лінії:

$$Q_c = \frac{F_c}{T_{ук-ср}} \cdot \eta_{з.ф.ср.} = \frac{952}{1259} \cdot 0,6 = 453,7 \text{ шт/добу};$$

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

Так, як заданий добовий випуск виробів менше добової продуктивності потокової лінії при умові її завантаження на 60%, то використаємо групову форму організації виробництва.

Розраховуємо кількість деталей в партії:

$$n = \frac{N \cdot a}{254},$$

де a – періодичність запуску.

$$n = \frac{180000 \cdot 3}{254} = 1225.$$

Розрахункове число змін для обробки всієї партії деталей на робочих місцях.

$$C = \frac{T_{сер} \cdot n}{476 \cdot 0,8} = \frac{1,259 \cdot 1125}{476 \cdot 0,8} = 1,9$$

Приймаємо 3.

Величина партії:

$$n_{парт} = \frac{476 \cdot 0,8 C_{пр}}{T_{сер}} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot 4}{1,259} = 1210 \text{ шт}$$

4.3. Розрахунок виробничої площі дільниці

Вихідні дані:

- загальна кількість верстатів у цеху 120 шт.;
- кількість верстатів заточувальної дільниці:

						Арк.
					кількість верстатів ЦРБ-2 шт; 033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ	
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- кількість верстатів для ремонту оснащення і інструментів $C_p=8$ шт.;
- габарити всіх верстатів – середні;
-
- тип виробництва крупносерійний;
- маса виробу $m=4,95$ кг.

Виробнича площа механічних дільниць:

$$F_{\text{сер}}=C_p \cdot F_{\text{верст}}=120 \cdot 20=2400 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{вер}}=15-25 \text{ м}^2 \text{ - для середніх верстатів.}$$

Площа складальної і випробувальної дільниць:

$$F_{\text{скл. випр}}=30 \div 40\% \text{ від } F_{\text{вер}} .$$

$$F_{\text{скл}}=0,35 \cdot 2400=840 \text{ м}^2 .$$

Виробнича площа допоміжних відділень:

а) заточування інструменту:

$$F=8-10 \text{ м}^2 \text{ на 1 верстат}$$

Приймаємо:

$$F=10 \cdot 6=60 \text{ м}^2$$

б) ремонтна база:

При підрахунку $F_{\text{ЦРБ}}$ виходять із кількості верстатів і питомій площі на один верстат, який знаходиться в ЦРБ. По розрахунках їх кількість $C_p=2$.

Тоді,

$$F_{\text{ЦРБ}}=C_p \cdot F_{\text{вер}}=2 \cdot 20=40 \text{ м}^2$$

в) дільниця ремонту виробничого оснащення інструменту:

Площа такого відділення вибирається також виходячи із габаритів виробів.

$F=20 \text{ м}^2$ на один верстат.

$$F_{\text{р.в.о.}}=20 \cdot 8=176 \text{ м}^2$$

г) контрольного відділення:

Виходячи із розрахунку 5 м^2 на одного контролера з коефіцієнтом K_k , що

враховує прибавку площу на розташовування контрольного обладнання.					Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

Для двохзмінної роботи в крупносерійному виробництві для кожного випадку необхідно 2 контролери.

Тоді,

$$F_{\text{кв.}} = P \cdot F_{\text{п}} \cdot K_{\text{к}} = 2 \cdot 6 \cdot 1,75 = 20 \text{ м}^2$$

де P – кількість контролерів.

4.4 Розробка технологічного планування дільниці

Для крупносерійного виробництва з організаційною формою роботи виконана у відповідності до розробленого маршруту технологічного процесу механічної обробки та складання.

В якості транспортних засобів вибрано стрічковий конвеєр для обслуговування метало оброблюваних верстатів, які будуть розташовані за вибраними маршрутами на дільниці механічної обробки корпусу його довжина:

$$l = 2C_p \cdot l_i = 2 \cdot 12 \cdot 3 = 72 \text{ м}$$

де l_i – довжина верстату з врахуванням проходів між ними.

Вибір сітки колон і встановлення розмірів цеху здійснюється виходячи із загальної розрахункової площі цеху на базі уніфікованих типових секцій, паркану самої будівлі у відповідності до рекомендацій. В нашому випадку при сітці колон 12×18 м, для якої ширина цеху буде дорівнювати:

$$12 \times 4 = 48 \text{ м}$$

довжина $i_b = 24 \cdot 4 = 96 \text{ м}$.

Тоді, прийнята площа цеху,

$$F_{\text{ц}} = a \cdot b = 48 \cdot 96 = 4608 \text{ м}^2$$

Загальний вид планування дільниці і обладнання на дільницю механічної обробки корпусу виконано у відповідності до ДСТУ 2342-2014.

					033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

4.5 Основні техніко-економічні показники дільниці

Таблиця 4.4 - Основні техніко-економічні показники дільниці

Найменування показників і одиниці вимірювань					По дільниці
1					2
<i>Загальні показники (основні данні)</i>					
1. Найменування виробу					Корпус
2. Річна програма випуску, тис.					180
3. Працесмність виготовлення, год.					3629
4. Кількість основного обладнання, шт.:					
• дрібного					7
• середнього					6
• крупного					-
• особливо крупного					-
всього					13
5. Тип виробництва					масове
6. Кількість робітників, чол.:					
• основних					15
• допоміжних					5
• ІТП					2
• ЛКП					1
• МОП					1
• всього					24
7. Виробничі площі, м ² :					
• основного виробництва					280
• проїздів					30
всього					310
<i>Питомі показники (відносні)</i>					
1. Середній коефіцієнт завантаження обладнання					0,5
2. Питома площа на один основний верстат, м ² :					
• загальна					25,8
• виробнича					23,3
3. Річний випуск на один основний верстат, верстато-					302
Год.					
033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ					Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

4. Річний випуск на одного основного робітника, верстато-год.	213
5. Питома площа на одного основного робітника, м ² .	18,2

					<i>033Б - 25.00.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз виробництва з точки зору безпеки праці та охорони навколишнього середовища

Рівень безпеки будь-якого виробництва залежить від таких основних чинників, як;

- стан виробничого обладнання;
- дотримання вимог техніки безпеки та промислової санітарії при експлуатації виробничого обладнання;
- професійно-технічного рівня обслуговуючого персоналу;
- умов праці обслуговуючого персоналу.

Конструкція виробничого обладнання, використаного для механічної обробки деталі у даному дипломному проекті, повинна забезпечувати безпечність його експлуатації, рівень якої повинен відповідати вимогам відповідних нормативних документів та правил експлуатації обладнання подібного типу. Крім того, недотримання або порушення існуючих правил, неякісне або неправильне виконання ремонтних робіт, неправильні дії обслуговуючого персоналу можуть призвести до виникнення аварійних ситуацій з важкими наслідками.

Пошкодження і аварійні ситуації при експлуатації металорізальних верстатів моделей, використаних у даному дипломному проекті, виникають в основному через недотримання режимів роботи і правил їх експлуатації. Тому у випадку виникнення аварійної ситуації, при виявленні несправності окремих вузлів, зникненні напруги тощо технологічний процес потрібно зупинити.

Детальний аналіз конструкцій металорізальних верстатів моделей, використаних у даній випускній роботі, а також умов його експлуатації показує, що для даного виду виробництва характерне існування таких основних небезпечних та шкідливих виробничих факторів, як:

					033Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		

- підвищений рівень напруги в електричних ланцюгах металорізальних верстатів;

- певний рівень шуму та вібрацій під час роботи металорізальних верстатів;

- забруднення повітряного середовища виробничого приміщення тощо.

Тому необхідно передбачити ряд заходів, виконання яких допоможе запобігти негативному впливу виявлених небезпечних та шкідливих виробничих факторів на працівників.

5.2. Заходи, спрямовані на приведення виявлених небезпечних та шкідливих виробничих факторів до нормативних вимог

З метою запобігання виникнення виробничого травматизму внаслідок існування виявлених небезпечних та шкідливих виробничих факторів передбачаємо проведення наступних заходів загального характеру:

- своєчасне проведення планово-попереджувальних ремонтів металорізальних верстатів;
- раціональний режим виконання технологічного процесу;
- використання сучасних запобіжних пристроїв;
- проведення систематичного контролю стану металорізальних верстатів.

Небезпека враження працівників електричним струмом є одним із основних виявлених небезпечних виробничих факторів. Тому передбачаємо дотримання всіх вимог техніки безпеки, обумовлених в “Правилах експлуатації електроустановок”, що стосуються електрообладнання подібного типу.

Живлення металорізальних верстатів здійснюється від мережі, напруга якої не перевищує 380В змінного струму. Тому, згідно “Правил експлуатації електроустановок”, передбачаємо забезпечення виконання однієї з основних вимог даного документу - струмоведучі частини металорізальних верстатів повинні бути закритими захисними кожухами, а провідники та кабелі живлення підведеними безпосередньо до ввідного вимикача.

					<i>033Б – 25.00.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		

Особливу увагу приділяємо тому, щоб металорізальні верстати були надійно заземленими. При цьому, використовуючи рекомендації нормативних документів, для захисного заземлення використовуємо контурну систему, загальний опір якої менший за 4Ом.

Щодо забруднення повітря виробничого приміщення, то для зменшення його негативного впливу на здоров'я працівників передбачаємо використання загальнообмінної системи вентиляції, яка забезпечують високий ступінь очистки відпрацьованого повітря від шкідливих домішок за рахунок його багатоступеневого очищення у відповідних апаратах і дозволяє досягнути істотного покращення складу повітряного середовища виробничого приміщення.

Використання загальнообмінної вентиляції забезпечить зменшення концентрацій шкідливих речовин однонаправленої дії у повітрі виробничого приміщення й вони не перевищуватимуть гранично-допустимих величин, визначених відповідними нормативними документами.

Використання загальнообмінної вентиляції в значній мірі забезпечить також створення сприятливого мікроклімату у виробничому приміщенні. Такий захід займає вагомe місце серед інших заходів, спрямованих на збереження здоров'я працівників та підтримування їх працездатності на належному рівні. Тому акцентуємо увагу на тому, щоб параметри мікроклімату (температура повітря, його відносна вологість та швидкість його руху) відповідали нормативним вимогам:

- температура повітря: в холодний період року - 18 – 20 °С; в теплий період року – 20 - 22 °С;
- відносна вологість повітря: 60 - 40%;
- швидкість руху повітря: 0,2 м/с.

Крім того, використання загальнообмінної системи вентиляції забезпечує потрібну, регламентовану нормами, величину кратності повітрообміну у виробничому приміщенні. При цьому допускаємо використання рециркульованого повітря (але не більше 15% для даного типу виробництва), що дозволить досягнути істотного зменшення енерговитрат на роботу системи вентиляції.

					<i>033Б – 25.00.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час експлуатації металорізальних верстатів виникатиме шум, спектральний аналіз якого на рівні дипломного проектування виконати неможливо. Тому для визначення граничної величини шуму використовуємо Державні санітарні норми ДСН 3.3.6.037 - 99. Згідно їх вимог, шум вважається допустимим, якщо вимірювані рівні звукового тиску у всіх октавних смугах частот нормованого діапазону (63–8000 Гц) будуть нижчі, ніж значення, котрі визначаються граничним спектром. Для металорізальних верстатів максимальний рівень шуму становитиме 95 дБА. Ця величина менша за гранично-допустиме значення, визначене по ДСН 3.3.6.037 – 99 (а саме 105 дБА), тому окремих заходів захисту від шуму в дипломному проекті передбачати немає ніякої необхідності. Важливе значення для збереження здоров'я працівників має виробниче освітлення. Передбачаємо використання як природного, так і штучного освітлення, хоча кожне з яких має свої істотні переваги та недоліки.

Природне освітлення має важливе фізіолого-гігієнічне значення для працюючих. Воно сприятливо впливає на органи зору, стимулює фізіологічні процеси, підвищує обмін речовин та покращує розвиток організму в цілому. Сонячне випромінювання зігріває та знезаражує повітря, очищуючи його від збудників багатьох хвороб. Окрім того, природне світло має і психологічну дію, створюючи в приміщенні для працівників відчуття безпосереднього зв'язку з довкіллям.

Однак природному освітленню властиві й недоліки: воно непостійне в різні періоди доби та року, в різну погоду; нерівномірно розподіляється по площі виробничого приміщення; при незадовільній його організації може викликати засліплення органів зору.

У даному випадку на рівень освітленості виробничого приміщення при природному освітленні впливають наступні чинники: світловий клімат; площа та орієнтація світлових отворів; ступінь чистоти скла в світлових отворах; пофарбування стін та стелі приміщення; глибина приміщення; наявність предметів, що заступають вікно як із середини, так і ззовні приміщення.

					<i>033Б – 25.00.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оскільки природне освітлення непостійне впродовж дня, то кількісну оцінку його для даних виробничих умов проводимо за відносним показником - коефіцієнтом природного освітлення (КПО):

$$КПО = \frac{E_{вн}}{E_{зовн}} 100\%,$$

де $E_{вн}$ - освітленість у даній точці всередині приміщення, що створюється безпосереднім чи відбитим світлом неба;

$E_{зовн}$ - освітленість горизонтальної поверхні, що створюється в той самий час ззовні світлом повністю відкритого небосхилу.

При цьому орієнтуємось на нормовані значення КПО, які визначаємо по «Будівельних нормах і правилах» (СНіП 11-4-99) для виробничих умов, властивих для розглядуваних в дипломному проекті і пов'язаних з експлуатацією металорізальних верстатів. Таким чином, для даних виробничих умов коефіцієнт природного освітлення рівний 1.

Розрахунок природного освітлення полягає у визначенні площі світлових отворів.

Розрахунок площі вікон при боковому освітленні проводиться за допомогою наступного співвідношення:

$$100 \frac{S_e}{S_n} = \frac{e_n k_3 \eta_e k_{б\gamma d}}{\tau_3 r},$$

де S_e - площа вікон;

S_n - площа підлоги приміщення;

e_n - нормоване значення КПО;

k_3 - коефіцієнт запасу;

η_e - світлова характеристика вікон;

$k_{б\gamma d}$ - коефіцієнт, що враховує затінення вікон будівлями, розміщеними навпроти даного виробничого приміщення;

τ_3 - загальний коефіцієнт світлопропускання;

					033Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		

r - коефіцієнт, що враховує підвищення КПО завдяки світлу, відбитому від поверхонь приміщення.

Підставивши в формулу вихідні дані, встановлюємо, що загальна площа вікон становить $S_g = 62 \text{ м}^2$.

Штучне освітлення виробничого приміщення здійснюємо за допомогою газорозрядних ламп та ламп розжарювання (в якості місцевих світильників).

Згідно вимог нормативних документів до даного типу виробничих приміщень використовуємо лампи типу ЛБ. Вони характеризуються низьким коефіцієнтом пульсації світлового потоку, що зменшує можливість виникнення явища стробоскопічного ефекту та не дуже високою вартістю порівняно з іншими газорозрядними лампами.

При цьому передбачаємо проведення ретельного та регулярного догляду за установками штучного освітлення. Чищення світильників повинно проводитись 4 рази на рік згідно нормативних вимог.

Крім того, для зменшення нерівномірності освітлення, зменшення різкості тіней та для збільшення кількості відбитого світла, а також для підвищення величини освітленості на 20...40 %, передбачаємо фарбування інтер'єру в світлий колір. Такий захід забезпечить зменшення втомлювання органів зору, оскільки найчастішою його причиною є нерівномірність освітлення та неоднакова яскравість навколишніх предметів (що змушує зір здійснювати постійну переадаптацію).

У цілому для збереження здоров'я та працездатності працівників, обслуговуючих металорізальні верстати, передбачаємо:

- дотримання вимог до режимів праці та відпочинку. Рациональний режим праці та відпочинку повинен встановлюватися з врахуванням психофізіологічної напруженості праці, динаміки функціонального стану систем організму та працездатності, повинен передбачати строге дотримання регламентованих перерв;
- дотримання вимог щодо організації робочих місць згідно:

					033Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		

— ГОСТ 22269–86 “Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования”;

— ГОСТ 20.39.108–85 “Комплексная система общих технических требований. Требования по эргономике, обитаемости, технической эстетике. Номенклатура и порядок выбора”;

- дотримання вимог щодо планування та розміщення виробничого устаткування, відображених у СНиП 2.09.04–87 “Административные и бытовые здания и помещения производственных предприятий”. У цьому нормативному документі наводяться дані про правила планування виробничого приміщення та розміщення в ньому виробничого устаткування;

- дотримання вимог щодо вентиляції, опалення та кондиціювання повітря у виробничому приміщенні згідно СНиП 4088–86 “Микроклимат производственных помещений” і ГОСТ 12.1.005–88 “Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны”;

- дотримання вимог до природного та штучного освітлення приміщення з урахуванням нормативних рівнів, викладених у СНиП 11-4-89 “Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования”;

- дотримання вимог до кольорового оформлення приміщень згідно СНиП 181–88 “Указания по проектированию цветовой отделки интерьеров производственных зданий промышленных предприятий”, “Руководства по проектированию производственных и вспомогательных зданий и помещений промышленных предприятий”.

5.3 Розрахунок захисного занулення вертикально-свердлильного верстата моделі 2Н135

Мета занулення вертикально-свердлильного верстата моделі 2Н135 – не допустити ураження працівників електричним струмом при порушенні ізоляції і появі на корпусі верстата небезпечної напруги.

					033Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		

Принцип дії занулення полягає у розриві кола замикання на корпус через спрацювання автоматичного вимикача чи розплавлення плавкого запобіжника.

Розрахуємо систему захисного занулення.

Перевіряємо умову забезпечення відмикаючої здатності занулення за формулою:

$$I_{к.з.} \geq 3 \cdot I_{н.пл.вст.},$$

де струм короткого замикання $I_{к.з.}$ визначаємо за виразом:

$$I_{к.з.} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_T}{3} + Z_{\Pi}},$$

де U_{ϕ} – фазна напруга;

Z_T – опір трансформатора, Ом;

Z_{Π} – опір петлі фаза-нуль, визначається за формулою:

$$Z_{\Pi} = \sqrt{(R_{\phi} + R_H)^2 + (X_{\phi} + X_H)^2},$$

де R_H, R_{ϕ} – активні опори нульового і фазного провідника, Ом;

X_H, X_{ϕ} – внутрішні індуктивні опори нульового і фазного провідника, Ом.

Визначаємо опір трансформатора Z_T : $Z_T = 0,799$ Ом.

Визначаємо величину номінального струму:

$$I_H = \frac{P \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \alpha},$$

де $\cos \alpha = 0,87$ – коефіцієнт потужності.

$$I_H = \frac{2,2 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,87} = 3,84 \text{ А}$$

Для розрахунку активних опорів R_H, R_{ϕ} задаємось перерізом, довжиною, матеріалом нульового і фазного провідників. Опір провідників з кольорових металів визначається за формулою:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S},$$

де $\rho = 0,028$ Ом·мм²/м – питомий опір алюмінію;

$l = 8$ м – довжина провідника;

					033Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		

$S = 50,27 \text{ мм}^2$ – площа перерізу.

Отже,

$$R = \frac{0,028 \cdot 8000}{50,72} = 4,4 \text{ Ом.}$$

Значення X_H , X_ϕ для алюмінієвих провідників малі (біля 0,0156 Ом/км) і ними нехтуємо.

Для вертикально-свердлильного верстата моделі 2Н135:

$$I_{II} / I_H = 6,5$$

Звідси:

$$I_{II} = 6,5 \cdot 3,84 = 24,96 \text{ А}$$

Обчислюємо номінальний струм плавкої вставки:

$$I_{\text{пл.вст.}}^H = \frac{I_{II}}{\alpha} = \frac{24,96}{2,5} = 9,98 \text{ А,}$$

де $\alpha = 2,5$ – коефіцієнт режиму роботи вертикально-свердлильного верстата моделі 2Н135.

Визначаємо очікуване значення струму короткого замикання:

$$I_{\text{к.з.оч.}} \geq 3 \cdot I_{\text{пл.вст.}}^H = 3 \cdot 9,98 = 29,94 \text{ А.}$$

Задаємось стандартним перерізом нульового провідника і розраховуємо густину струму:

$$\delta = \frac{I_{\text{к.з.оч.}}}{S} = \frac{29,94}{50,27} = 0,6 \text{ А/мм}^2$$

Знаходимо активний опір провідників в залежності від площі перерізу і густини струму:

$$R_\phi = R \cdot l_\phi = 7,2 \text{ Ом}; \quad R_H = R \cdot l_H = 4,32 \text{ Ом.}$$

Використовуючи одержані дані, розраховуємо Z_{II} і визначаємо струм короткого замикання:

$$Z_{II} = \sqrt{(7,2 + 4,32)^2} = 11,52 \text{ Ом};$$

					033Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{к.з.} = \frac{380}{\frac{0,799}{3} + 11,52} = 32,24 \text{ А.}$$

Отже, умова надійного спрацювання захисту виконується:

$$I_{к.з.} \geq 3 \cdot I_{н.вст.}^н = 32,24 \geq 29,94 \text{ А.}$$

За номінальним струмом вибираємо тип плавкої вставки: НПИ-15 ($I_H = 10 \text{ А}$).

5.4 Пожежна безпека виробництва

Пожежі і загоряння, пов'язані з експлуатацією металорізальних верстатів як елетроустановок, можуть виникнути в результаті тривалих перевантажень, перегріву і займання ізоляції обмоток, коротких замикань і пробоїв обмоток на корпус, великих перехідних опорів в місцях під'єднування дротів до електричних частин та іскріння щіток колектора і обгоряння контактних кілець і перегріву підшипників.

Перегрів електродвигунів металорізальних верстатів може виникнути в результаті їх перевантаження при засміченні вентиляційних шляхів, а також у випадках, коли активна сталь і обмотки покриваються теплоізолюючим шаром волокон, пилом. У цих випадках електродвигун перегрівається, оскільки тепловий режим погіршується, температура зовнішніх поверхонь зростає і, якщо своєчасно не провести його очищення від пилу, може початися тління. Крім того, в результаті постійного запилення і погіршення теплообміну пошкоджуються обмотки. Захист тепловими реле, вбудованими в пускачі, неефективний, оскільки перегриви, що виникають в результаті запилення, не викликають збільшення струму до значення спрацювання захисту.

Перегрів електродвигунів металорізальних верстатів може бути викликаний роботою на двох фазах. Така робота є найчастішою причиною виходу з ладу трифазних асинхронних електродвигунів, що приводить до різного роду загоряння.

Втрата однієї з фаз можлива через обрив дроту, порушення контактів,

					033Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		

пошкодження апаратів (поломки, порушення регулювання, вигоряння контакту в магнітному пускачі), але частіше за все вона відбувається через перегорання однієї з плавких вставок запобіжників. При включенні електродвигуна на дві фази останній не може запуститися (при цьому чується характерне гудіння).

Перегрів обмоток електродвигунів металорізальних верстатів може викликати загоряння ізоляції дротів, що нерідко приводить до пожежі, особливо в тих випадках, коли поблизу металорізальних верстатів знаходяться легкозаймісті матеріали або на їх поверхні є відкладення пилу.

Поширеною причиною аварій і виникнення пожеж є пробій ізоляції обмоток на корпус металорізальних верстатів. В процесі експлуатації металорізальних верстатів виробничий пил, потрапляючи на обмотку, може утворити провідні містки, які викличуть "перекрыття" або пробій ізоляції на корпус. Тривалий перегрів металорізальних верстатів робить ізоляцію обмоток крихкою і гігроскопічною, що може привести до короткого замикання і пробією на корпус металорізальних верстатів.

Особливу пожежну небезпеку представляють різного роду іскріння, оскільки іскри, що утворюються, можуть викликати загоряння легкозаймістих матеріалів.

Іскроутворення електродвигунів нерідко відбувається в місцях під'єднання дротів на коробках виводів внаслідок обриву дротів або порушення контактів.

Причиною пожежі може бути також перегрів підшипників металорізальних верстатів внаслідок недостатнього їх змащення, перекошу валу і т.п. Перегрів підшипників може викликати настільки великі сили тертя, що ротор електродвигуна зупиняється. При цьому електрична енергія, що поступає в обмотки, перетворюється на тепло, яке може стати джерелом загоряння ізоляції, пилу і інших легкозаймістих матеріалів.

Важливе значення в профілактичній роботі має своєчасне проведення вимірювань опору ізоляції електроустаткування. В умовах цехів механічної обробки така робота повинна проводитися щорічно.

При експлуатації металорізальних верстатів велику увагу необхідно

					033Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		

приділяти догляду за підшипниками: вони повинні знаходитися в чистоті і оберігатися від пилу і бруду.

Як первинні засоби гасіння загорянь і пожеж в цеху використовуються внутрішні пожежні крани, різні вогнегасники, а також пісок, покривала і т.п. Первинні засоби розраховані на те, що їх може правильно застосовувати будь-яка людина, що виявилася на місці пожежі у момент її виникнення.

Серед вогнегасників найбільше розповсюдження отримав пінний вогнегасник ОП-5 місткістю 5 л. Використовується також вогнегасник ОХП-10 місткістю 10 л. Тривалість дії ручних пінних вогнегасників близько 1 хв, дальність подачі пінного струменя – 6-8 м.

Для захисту застосовуються також спринклерні установки. Спринклерна установка діє автоматично, складається з мережі трубопроводів, укріплених під стелею або під перекриттям будівлі, зрошувачів (спринклерів), вкручених у трубопроводи, водоживильників і контрольно-сигнальної апаратури.

Найважливішою частиною установки є спринклерні головки. Кожна спринклерна головка має металеву діафрагму, в центрі якої є отвір, що закривається скляним клапаном, який запобігає виходу води з труби. Клапан утримується в закритому положенні замком, що складається з трьох металевих пластин спаяних між собою легкоплавким припоєм з певною температурою плавлення.

При підвищенні температури навколишнього повітря до того, на який розрахований припій замка, замок вилітає, одночасно під дією тиску води в трубопроводі вилітає клапан і вода починає розбризкуватись. Кожна спринклерна головка зрошує водою від 9 до 12 м² площі підлоги.

Тиск в трубопроводі створюється водонапірним або пневматичним баком, а також водопроводом або спеціальним насосом, який включається автоматично при падінні тиску в мережі.

					033Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.5 Охорона навколишнього середовища

Оскільки деталь виготовляється із сірого чавуну СЧ20, то повітря, що видаляється вентиляцією і містить пил, перед викиданням в атмосферу підлягає очищенню з врахуванням вимог санітарних норм.

Гранично допустима разова концентрація пилу сірого чавуну в повітрі виробничого приміщення не повинна перевищувати $0,5 \text{ мг/м}^3$, а середньодобова – $0,15 \text{ мг/м}^3$.

Викиди в атмосферу повітря, що видаляється загальнообмінною вентиляцією, і розрахунок розсіювання пилу повинні проводитись так, щоб концентрація їх не перевищувала:

- в атмосферному повітрі населених пунктів ГДК максимальних разових;
- в повітрі, що поступає всередину будівель і споруд через прийомні отвори систем вентиляції і кондиціонування – 30 % ГДК пилу для робочої зони приміщень.

Для очищення повітря використовуються масляні фільтри з різними заповнювачами, тканинні, рулонні та сітчасті фільтри, циклони сухі та мокрі.

У даному випадку для очищення повітря, що викидається в атмосферу системами вентиляції, застосуємо тканинний фільтр. В якості тканин в цьому фільтрі можуть використовуватись: сукно, бавовняно-паперова фланель, капронова сітка, нітрон, лавсан.

При проходженні повітря через тканину основна маса пилу вловлюється її лицевою стороною. Частково пил проникає в товщу тканини і затримується на волокнах в її порах.

Пилозатримання тканини збільшується по мірі осідання на ній пилу, але одночасно зростає і аеродинамічний опір фільтра. При досягненні опору 400 Па тканину слід очищати струшуванням рукавів, або автоматично з продуванням повітря.

					033Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Господарський кодекс України із змінами від 31.03.2023 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/436-15>
2. Податковий кодекс України із змінами від 06.05.2023 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/2755-17>
3. Кодекс законів про працю України (КЗПП) із змінами від 27.01.2023 [Електронний ресурс]. – 2011. – Режим доступу: <http://www.jobs.ua/kzot/>
4. ДСТУ 2391:2010. Система технологічної документації. Терміни та визначення основних понять. [Чинний від 2010-12-09]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України. 2011. 35 с.
5. ДСТУ 3008:2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання. [Чинний від 2017-07-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ». 2016. 26 с. (Інформація та документація).
6. ДСТУ 3321:2003. Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять. [Чинний від 2003-12-08]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України. 2005. – 51 с.
7. Гарнець В.М., Богуславський В.Є., Шаленко В.О., Михайлюк В.В. Верстатний різальний інструмент: навч. посіб. 2-ге вид. Київ: КНУБА, 2016. – 100 с.
8. Гарнець В.М., Смірнов В.М., Шаленко В.О. Матеріалознавство та конструкційні матеріали. підручник. 2-ге вид. Київ: ФОП «Приятелєв», 2014. – 436 с.
9. Гетьман О.О., Шаповал В.М. Економіка підприємства: Навчальний посібник. – 2-е видання. – Київ: Центр учбової літератури, 2021. – 488с.
10. Гуменюк І.В., Гуменюк О.В., Паржницький В.В. Технологія механоскладальних робіт: підручник: Київ: Грамота, 2020. – 256 с.
11. Григурко І. О. та ін. Організація та планування виробництва в курсових та практичних роботах, для інженерів-механіків та інженерів-економістів: Навч. посіб. – Львів: «Новий Світ – 2000», 2017. – 232с.

					033Б – 25.00.00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Григурко І.О., Брендуля М.Ф., Доценко С.М. Технологія машинобудування (дипломне проєктування): навч. посіб., 2-ге вид., доп. і переробл. Львів: Новий Світ-2000, 2020. – 744 с.

13. Дементій Л.В., Гончарова С.А. Охорона праці в механічних та складальних цехах. – Краматорськ: ДДМА, 2015. – 312 с.

14. Кіпчарський В.П. Металорізальні верстати: навч. посіб. Маріуполь: ДВНЗ «ПДТУ», 2018. – 143 с.

15. Круш П.В., Подвігіна В.І., Гулевич В.О. Організація виробництва: підручник / за заг. ред. П.В. Круша, В.І. Подвігіної, В.О. Гулевич. Київ: Каравела, 2017. – 536 с.

16. Механічна обробка заготовок різанням: навч. посіб. / В.М. Гарнець та ін. Київ: КНУБА, 2018. – 164 с.

17. Одарченко А.М., Степанов В.І., Черненко Я.М. Основи охорони праці: підручник. Х.: Стиль, 2017. – 334 с

18. Пістун І.П. Охорона праці в галузі машинобудування: навчальний посібник / І.П. Пістун, Р.Є. Стець, І.О. Трунова. – Суми: Університетська книга, 2012. – 557 с

19. Чернов В.І., Оленич Є.І. Нормування праці: навч.-метод. посіб. Київ: КНЕУ, 2020. – 270 с.

20. Середюк В.С. Основи обробки матеріалів різанням та інструмент. Збірник задач: навч. посіб. 2-ге вид., доп. і переробл. Київ: Основа, 2016. – 296 с.

21. Шегда А.В., Харченко Т.Б., Сагайдак Ю.А., Пашнюк Л. О. Економіка підприємства: збірник тестів і задач. Навчальний посібник. – Київ: Центр учбової літератури, 2021. – 240с.

22. Юрчишин І.І., Литвиняк Я.М., Грицай І.Є., Кукляк М.Л. та ін. Технологія машинобудування: Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: навч. посіб. / за ред. І.І. Юрчишина. Львів: В-во Національного університету «Львівська політехніка», 2009. – 528 с.

23. Редько Р.Г. Дослідження сили різання при розточуванні гвинтових нежорстких деталей машин / Р.Г. Редько, О.Ю.Повстяной, Р.М. Полінкевич, Т.І.

					033Б – 25.00.00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Четвержук // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. – Том 1, №20. - 2023. - С.26-32.

24. Zaleta O. M., Povstyanoy O. Yu., Ribeiro L. F., Redko R. G., Bozhko T. Ye., Chetverzhuk T. I. (2023). Automation of optimization synthesis for modular technological equipment. Journal of Engineering Sciences, Vol. 10(1), pp. A6-A14, doi: 10.21272/jes.2023.10(1). a2

25. Halchuk T. N., Povstyanoy O. Yu., Bembenek M., Redko R. G., Chetverzhuk T. I., Polinkevych R. M. (2023). Impact of technological system's characteristics on the machining accuracy of bearing rings. Journal of Engineering Sciences, Vol. 10(1), pp. A22-A30, doi:10.21272/jes.2023.10(1). a4

26. Halchuk T. N., Povstyanoy O. Y., Bembenek M., Valetskyi B. P., Polinkevych R. M., Smetjukh B. V. (2025). An impact of technological factors on the kinematic accuracy of cylindrical gear wheels during machining. Journal of Engineering Sciences (Ukraine), Vol. 12(1), pp. B11–B18.

27. Halchuk, T., Povstyanoy, O., Polinkevych, R., Redko, O., Zubovecka, N. (2024). Anti-friction Products from Composite Materials Based on Lh15 Steel Powder. In: Ivanov, V., Pavlenko, I., Edl, M., Machado, J., Xu, J. (eds) Advances in Design, Simulation and Manufacturing VII. DSMIE 2024. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-63720-9_33

					033Б – 25.00.00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У результаті вирішення завдань, винесених на випускну роботу, виконане наступні пункти:

- виявлені недоліки і вказані шляхи їх усунення діючого варіанту виготовлення деталі;
- представлено нову заготовку деталі;
- здійснено структурний аналіз ТП виготовлення деталі;
- розраховані загальні і проміжні припуски операційних розмірів,
- проведено розмірний аналіз нового варіанту ТП;
- визначені режими різання та норми часу;
- спроектовано нове технологічне оснащення;
- розроблено спеціальний різальний інструмент.

					<i>033Б – 25.00.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зам.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		