

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 731.617.002**

спеціальність 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ІМ-41
Щербачук Назар Олександрович

(підпис)

Керівник:
к.т.н., доцент
Божко Тетяна Євгенівна

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 2023 р.
Гарант освітньої програми:
к.т.н., доцент
Божко Тетяна Євгенівна

(підпис)

Луцьк – 2023 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет транспорту та механічної інженерії

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 13 механічна інженерія

Спеціальність: прикладна механіка

Освітня програма: 131 прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«__» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Щербачук Назар Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Проектування дільниці з розробкою

технологічного процесу механічної обробки корпусу 731.617.002

Керівник роботи: Божко Тетяна Євгенівна, к.т.н., доцент.

затверджені наказом закладу вищої освіти від «28» грудня 2023 р. №986/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «01» червня 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: Креслення деталі корпус 731.617.002, річна програма випуску 25000 шт/рік, нормативні дані

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

Вступ. Розділ 1. Загальна частина. Розділ 2. Технологічна частина. Розділ 3.

Конструкторська частина. Розділ 4. Проектування механічної дільниці.

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

джерел. Додатки

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

Креслення заготовки – 1 лист (ф.А1), карта налагодження – 2 листа (ф.А2),

складальне креслення верстатного пристрою – 2 листа (ф.А1), складальне

креслення контрольного пристрою – 1 лист (ф.А1), план механообробної

дільниці – 1 лист (ф.А2)

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання «29» листопада 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Обґрунтування теми</i>	06.12.2022	
2.	<i>Розділ 1</i>	14.02.2023	
3.	<i>Розділ 2</i>	28.02.2023	
4.	<i>Розділ 3</i>	14.03.2023	
5.	<i>Розділ 4</i>	28.03.2023	
6.	<i>Розділ 5</i>	18.04.2023	
7.	<i>Висновки та пропозиції</i>	09.05.2023	
8.	<i>Формування списку використаних джерел</i>	09.05.2023	
9.	<i>Формування додатків</i>	18.05.2023	
10.	<i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>	24.05.2023	
11.	<i>Нормоконтроль</i>	26.05.2023	
12.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	29.05.2023	
13.	<i>Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту</i>	01.06.2023	

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

(Щербачук Н.О.)
(прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ (підпис)

(Божко Т.Є.)
(прізвище, ініціали)

ВСТУП

Прикладна механіка — наукова дисципліна, що вивчає процеси обробки деталей і складання машин, вибір заготовок і способи їх виготовлення.

Це пояснюється тим, що в машинобудуванні задані форми деталей з необхідною точністю і якістю їх виготовлення досягаються переважно механічною обробкою, оскільки інші способи обробки не завжди можуть забезпечити виконання всіх технічних вимог.

У процесі механічної обробки деталей машин виникає багато проблем, пов'язаних з необхідністю виконання технічних умов і вимог, які ставляться конструкторами перед виробництвом. Процес механічної обробки пов'язаний з роботою складного обладнання - металорізальних верстатів. Трудомісткість і вартість механічної обробки значно вище, ніж на інших етапах машинобудування.

Технологія машинобудування всебічно пов'язує верстат, пристрій, ріжучий інструмент і заготовку шляхом побудови найбільш раціональних процесів обробки деталей машин, включаючи підбір обладнання.

Розвиток технології машинобудування визначається завданнями, які стоять перед машинобудуванням. Ці завдання зводяться до вдосконалення технологічних процесів, вивчення нових методів виробництва, подальшого розвитку та впровадження автоматизації та комп'ютеризації виробничих процесів на основі досягнень науки і техніки, які забезпечують найвищу продуктивність праці при відповідній якості та найнижчій собівартості виробленої продукції.

Основним завданням кваліфікаційної роботи є розробка нового технологічного процесу механічної обробки корпусу, який при використанні обраного технологічного обладнання та прийнятих оптимальних значень режимів різання давав би мінімальну витрату енергетичних і матеріальних ресурсів. і витрати праці на виготовлення цієї деталі.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1. Характеристика об'єкту виробництва, службове призначення, ТУ

Дана деталь – корпус 731.617.002. В корпусі розміщені ряд отворів, в котрі вмонтовуються гвинти, штуцера, котрі призначені для підтримки і регулювання тиску в системі 1,5 МПА і нагріву рідини до установленної температури. До корпусу 731.617.002 кріпиться ще один корпус 742.212.001. Ряд отворів з'єднані трубопроводами. Кріпиться корпус до підставки за допомогою отворів №39.

Технічні вимоги на деталь повністю відповідають її службовому призначенню. Найбільш важливими задачами, які необхідно вирішувати в процесі виготовлення корпусу є:

- а) Забезпечення відповідних кутів нахилу отворів, відносно базових площин: отв. №40 - $4^{\circ}30' \pm 10'$; взаємо розташування; отв. №13 - $720^{\circ} \pm 5'$.
- б) Забезпечення необхідної точності вилівка: 4-7-6-1 ГОСТ 266245-85.
- в) Забезпечення необхідної шорсткості поверхонь №34; №10; №42; №7; №5. Решта технічних вимог та норм точності не є значними.

1.2. Вибір способу одержання заготовки

Оскільки матеріал деталі – латунь ЛЦ40СД ГОСТ17711-93, маса 2,8 кг, річна програма випуску – 25000 штук, заготовку виготовляємо литтям.

Це можна зробити двома способами, котрі забезпечують досить високу точність вилівки і порівняно зменшують об'єм механічної обробки:

- лиття в кокіль;
- лиття по виплавлених моделях.

Згідно праці [1] лиття в кокіль забезпечує 12...15 квалітет точності, а лиття по виплавлених моделях 11...14 квалітет точності; шорсткості $R_z = 80...20$ мкм і $R_z = 40...10$ мкм відповідно.

Порівняємо ці два методи за собівартістю отримання заготовки.

«Собівартість заготовок знаходимо за формулою, згідно праці [1]:

$$S_{заг} = \left[\left(\frac{C_i}{1000} \right) \cdot Q \cdot K_T \cdot K_c \cdot K_M \cdot K_n \right] - [Q - g] \frac{S_{вир}}{1000}$$

де C_i - базова вартість 1 т заготовок, грн.; Q – маса заготовки, кг; g – маса деталі, кг; K_T, K_c, K_M, K_n - коефіцієнти, що залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу і об'єму виробництва заготовок»[1].

Для зручності порівняння всі розрахунки зведемо в таблицю 1.1

Таблиця 1.1 - Значення параметрів розрахунку собівартості виготовлення заготовки

Параметри Вид лиття	C_i , грн/т	Q , кг	K_T	K_c	K_g	K_M	K_n
Кокіль	1265	4,1	1,03	0,63	0,91	0,75	0,76
По виплавлених моделях	1985	3,9	1	0,63	0,84	0,75	0,76

Групу складності виливка визначаємо за коефіцієнтом габаритного об'єму, k_v згідно праці [1].

$$k_v = \frac{ABV}{Q}$$

де, A, B, V – габаритні розміри виливка; Q – маса виливка.

Щоб більш точно знайти маси виливок, отриманих різними методами, поступимо наступним чином. За таблицею 4.5, згідно праці [1] приймаємо класи точності: для виливка виплавленого в кокіль – 5; по виплавлених моделях – 4. Ряди припусків для обох видів лиття – 2. За таблицею 4.8, згідно праці [1], знаходимо допуски на розміри деталі, а за таблицею 4.9, приймаємо основні припуски на механічну обробку. Розрахуємо розміри заготовки для обох методів лиття. Вихідні дані і розрахунки вводимо в таблицю 1.2.

Густина матеріалу $\rho = 7,9 \text{ г/см}^3$.

Знайдемо об'єм заготовки виготовленої литтям в кокіль V_1 , і по виплавлених моделях V_1 .

Таблиця 1.2. - Вихідні розміри і розрахунки заготовки

Розмір деталі, мм	Допуск, мм		Пропуск, мм		Розмір заготовки, мм	
	Кокіль	Виплавляємі моделі	Кокіль	Виплавляємі моделі	Кокіль	Виплавляємі моделі
58	0,5	0,32	1,4	1,2	61,8	61,4
Ø56	0,5	0,32	1,4	1,2	59,8	59,4
Ø76	0,56	0,36	1,4	1,2	79,92	79,12
14	0,32	0,22	1,2	1,0	17,04	16,44
3	0,24	0,16	1,1	0,7	5,68	4,72
Ø72	0,56	0,36	1,4	1,2	75,92	75,12
45	0,50	0,32	1,3	1,2	48,6	48,04
66	0,56	0,36	1,4	1,2	69,92	69,12
22	0,40	0,24	1,3	1,0	25,4	24,56
Ø28	0,40	0,24	1,3	1,0	24,6	25,44

$$V_1 = \frac{\pi}{4} \cdot 59,9^2 \cdot 18 + 79,92^2 \cdot 14 \cdot \frac{\pi}{4} + 17,04 \cdot 65 \cdot 65 + 48,60 \cdot 54,0 \cdot 45 +$$

$$+ \frac{\pi}{4} \cdot 25,4^2 \cdot 69,92 - \frac{\pi}{4} \cdot 24,6^2 \cdot 7,5 = 5524,6 \text{ мм}^3 = 0,55 \text{ дм}^3$$

$$V_2 = \frac{\pi}{4} \cdot 59,4^2 \cdot 18 + 79,12^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 14 + 16,44 \cdot 65 \cdot 65 + 48,04 \cdot 54,0 \cdot 45 + 3,14 \cdot 24,56 \cdot 45 +$$

$$+ 24,56^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 69,12 - 25,44^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 7,5 = 5442,3 \text{ мм}^3 = 0,54 \text{ см}^3$$

Маса заготовок:

$$m_1 = V_1 \cdot \rho = 0,5524 \cdot 7,9 = 4,1 \text{ кг}$$

$$m_2 = V_2 \cdot \rho = 0,5442 \cdot 7,9 = 3,9 \text{ кг}$$

Коефіцієнт габаритного об'єму:

$$k_v = 10^{-3} \cdot 61,4 \cdot 204,4 \cdot 69,12 / 4,1 = 0,8298$$

Отже, група складності V. Вибираємо коефіцієнт складності K_c .

Собівартість заготовок, згідно формули:

$$S_1 = \left(\frac{1265}{1000} \cdot 1,03 \cdot 0,63 \cdot 0,91 \cdot 0,75 \cdot 0,76 \right) \cdot 4,1 - (4,1 - 2,8) \frac{352}{1000} = 52 \text{ грн}$$

$$S_2 = \left(\frac{1985}{1000} \cdot 1 \cdot 0,63 \cdot 0,84 \cdot 0,75 \cdot 0,76 \right) \cdot 3,9 - (3,9 - 2,8) \frac{352}{1000} = 59 \text{ грн}$$

Отже, як видно із собівартості виготовлення вилівка, приймаємо лиття в кокіль.

1.3. Вибір методу обробки поверхонь

Технологічні методи обробки поверхні вибирають за умови забезпечення "уточнення" заготовки до відхилень заданими допусками на заготовку деталь.

Порядок розрахунку розглянемо при встановленні методів обробок для циліндричної поверхні $\varnothing 76_{-0,104}^{-0,030}$. Встановлюємо, що допуск заготовки а цю поверхню складає $T_3 = 420$ мкм, що відповідає 13-му квалітету точності.

Визначимо розрахункове уточнення, за працею [1].

$$E_p = \frac{T_3}{T_g}$$

де, T_3 і T_g - відповідно допуски на заготовку і деталь; $T_g = 74$ мкм.

$$E_p = \frac{420}{74} = 5,6$$

Встановлюємо необхідну кількість методів обробки:

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

$$m = \frac{\lg 5,6}{0,46} = 1,7 = 2$$

Згідно рекомендації [1] приймаємо:

1) Фрезерування чорнове – 11 квалітет точності, допуск 190 мкм, шорсткість $R_a = 5$ мкм.

2) Фрезерування чистове – 9 квалітет точності, допуск деталі $T_g = 74$ мкм, шорсткість $R_a = 1,6$ мкм.

Уточнення на переходах:

$$E_{\gamma_1} = \frac{420}{190} = 2,3$$

$$E_{Y_2} = \frac{190}{74} = 2,6$$

Загальне уточнення: $E_{Y_{заг}} = E_{Y_1} \cdot E_{Y_2} \cdot \dots \cdot E_{Y_n}$

$$E_{Y_{заг}} = 2,3 \cdot 2,6 = 5,9$$

Умова $E_{Y_{заг}} \geq E_Y$ виконується, отже, методи обробки вибираємо вірно. Цей та всі інші розрахунки зводимо в таблицю 1.3.

Таблиця 1.3 - Встановлення методів оброблення

№ п/п	Назва поверхні і методи обробки	Квалітет	Допуск, мм		Уточнення		Кількість переходів
			Позначення	Величина	Формула	Значення	
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Пов. №1 Заготовка Фрезерування чорнове Фрезерування чистове	13	T_g	0,1	$E_p = \frac{T_3}{T_g}$	3,9	2
		11	T_3	0,39			
		10	T_1	0,16	$E_1 = \frac{T_3}{T_1}$	2,3	
			T_2	0,1	$E_2 = \frac{T_1}{T_2}$	1,7	
2.	Поверхня №2 Заготовка Фрезерування чорнове Фрезерування чистове	13	T_g	0,083	$E_p = \frac{T_3}{T_g}$	3,8	2
		11	T_3	0,33			
		10	T_1	0,13	$E_1 = \frac{T_3}{T_1}$	2,5	
			T_2	0,083	$E_2 = \frac{T_1}{T_2}$	1,6	
3.	Поверхня №3 Заготовка Фрезерування чорнове Фрезерування чистове	13	T_g	0,074	$E_p = \frac{T_3}{T_g}$	6,2	2
		11	T_3	0,46			
		9	T_1	0,19	$E_1 = \frac{T_3}{T_1}$	2,4	
			T_2	0,074	$E_2 = \frac{T_1}{T_2}$	2,57	
4.	Пов. №4 Заготовка Обточити начорно Обточити начисто	13	T_g	0,058	$E_p = \frac{T_3}{T_g}$	3,8	2
		11	T_3	0,220			
		10	T_1	0,150	$E_1 = \frac{T_3}{T_1}$	1,5	
			T_2	0,058	$E_2 = \frac{T_1}{T_2}$	2,6	

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8
5.	Пов. №5 і №7 Заготовка Фрезерування начорно Фрезерування начисто	13	T_g	0,058	$E_p = \frac{T_3}{T_g}$	3,8	2
			T_3	0,22			
		11	T_1	0,15			
		10	T_2	0,058	$E_2 = \frac{T_1}{T_2}$	2,6	
6.	Пов. №8 і №42 Заготовка Цекувати начорно Цекувати начисто	13	T_g	0,084	$E_p = \frac{T_3}{T_g}$	3,8	2
			T_3	0,33			
		11	T_1	0,13			
		10	T_2	0,084	$E_2 = \frac{T_1}{T_2}$	1,6	
7.	Пов. №14 і №15 Заготовка Фрезерування начорно Фрезерування начисто	13	T_g	0,100	$E_p = \frac{T_3}{T_g}$	3,9	2
			T_3	0,39			
		11	T_1	0,16			
		10	T_2	0,1	$E_2 = \frac{T_1}{T_2}$	1,7	
8.	Пов. №9 Заготовка Розточити начорно	13	T_g	0,074	$E_p = \frac{T_3}{T_g}$	2,4	1
			T_3	0,18			
		11	T_1	0,074	$E_1 = \frac{T_3}{T_1}$	2,4	
9.	Пов. №10 Заготовка Цекувати	13	T_g	0,074	$E_p = \frac{T_3}{T_g}$	2,4	1
			T_3	0,18			
		11	T_1	0,074	$E_1 = \frac{T_3}{T_1}$	2,4	
10.	Отв. №11 Заготовка Свердлити	13	T_g	0,074	$E_p = \frac{T_3}{T_g}$	2,4	1
			T_3	0,18			
		11	T_1	0,074	$E_1 = \frac{T_3}{T_1}$	2,4	
11.	3 отв. №13 Заготовка Свердлити	13	T_g	0,074	$E_p = \frac{T_3}{T_g}$	2,4	1
			T_3	0,18			
		11	T_1	0,074	$E_1 = \frac{T_3}{T_1}$	2,4	

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8
12.	4 отв. №16 Заготовка	13	T_g T_3	0,074 0,18	$E_p = \frac{T_3}{T_g}$	2,4	1
	Свердлити	11	T_1	0,074	$E_1 = \frac{T_3}{T_1}$	2,4	
13.	Пов. №20 і №19 Заготовка	13	T_g T_3	0,11 0,27	$E_p = \frac{T_3}{T_g}$	2,45	1
	Фрезерувати	11	T_1	0,11	$E_1 = \frac{T_3}{T_1}$	2,45	
14.	Пов. №31 і №28 Заготовка	13	T_g T_3	0,1 0,39	$E_p = \frac{T_3}{T_g}$	3,9	2
	Фрезерування начорно	11	T_1	0,16	$E_1 = \frac{T_3}{T_1}$	2,3	
	Фрезерування начисто	10	T_2	0,1	$E_2 = \frac{T_1}{T_2}$	1,7	
15.	2 отв. №17 і №25 Заготовка	13	T_g T_3	0,074 0,18	$E_p = \frac{T_3}{T_g}$	2,4	1
	Свердлити	11	T_1	0,074	$E_1 = \frac{T_3}{T_1}$	2,4	
16.	Отв. №23 і №21 Заготовка	13	T_g T_3	0,074 0,18	$E_p = \frac{T_3}{T_g}$	2,4	1
	Свердлити	11	T_1	0,074	$E_1 = \frac{T_3}{T_1}$	2,4	
17.	Отв. №30 Заготовка	13	T_g T_3	0,084 0,27	$E_p = \frac{T_3}{T_g}$	3,2	2
	Свердлити	11	T_1	0,13	$E_1 = \frac{T_3}{T_1}$	2,45	
	Зенкерувати	10	T_2	0,084	$E_2 = \frac{T_1}{T_2}$	1,13	
18.	Пов. №32, 33, 34, 35 Заготовка	13	T_g T_3	0,062 0,39	$E_p = \frac{T_3}{T_g}$	6,3	2
	Фрезерувати начорно	11	T_1	0,16	$E_1 = \frac{T_3}{T_1}$	2,6	
	Фрезерувати начисто	9	T_2	0,062	$E_2 = \frac{T_1}{T_2}$	2,5	

Результати розрахунку $C_{p.i}$, $C_{n.i}$, $\eta_{з.ф.i}$, O_i , зведені в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 - Результати розрахунку $C_{p.i}$, $C_{n.i}$, $\eta_{з.ф.i}$, O_i

№ п/п	№ опер.	Назва операції	$T_{шт}$, хв.	$C_{p.i}$, шт.	$C_{n.i}$, шт.	$\eta_{з.ф.i}$	O_i
1.	005	Заготівельна	8,2	1,21	2	0,62	2
2.	010	Фрезерна	0,9	0,09	1	0,09	7
3.	015	Фрезерна з ЧПК	18,8	2,6	3	0,86	1
4.	020	Фрезерна з ЧПК	25,3	3,5	4	0,87	1
5.	025	Радіально-свердлильна	1,2	0,14	1	0,04	4
6.	030	Радіально-свердлильна	1,6	0,18	1	0,08	4
7.	035	Токарна	3,1	0,32	1	0,32	3
8.	040	Різьбонарізна	0,8	0,08	1	0,08	7
Σ			59,9		14		29

«Фактичний коефіцієнт завантаження устаткування для кожної операції визначається:

$$\eta_{з.ф.i} = \frac{C_{p.i}}{C_{n.i}}$$

Кількість операцій, закріплених за одним робочим місцем становить:

$$O_i = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{з.ф.i}}$$

де, $\eta_{з.н}$ - нормативний коефіцієнт завантаження обладнання: $\eta_{з.н} = 0,75$.

Коефіцієнт закріплення операцій визначається, як:

$$K_{з.о.} = \frac{K_o}{K_{p.м}}$$

де, K_o - загальна кількість операцій, закріплених за робочим місцем; $K_{p.м}$ - загальна кількість робочих місць.

Величини K_o та $K_{p.м}$ встановлюють по залежностям:

$$K_o = \sum_{i=1}^n O_i; \quad K_{p.м} = \sum_{i=1}^n C_{p.i}$$

де, n – кількість операцій ТП» [1].

Загальна кількість операцій та робочих місць становить $K_o = 29$; $K_{p.m} = 14$.

$$K_{з.о.} = \frac{29}{14} = 2,07$$

Згідно ГОСТ 3.1108-94 виробництво багатосерійне.

Добова програма випуску деталей:

$$N_{\partial} = \frac{N}{D}$$

де, D – кількість робочих днів в році; $D = 254$.

$$N_{\partial} = \frac{25000}{254} = 98,4 \approx 99 \text{деталей.}$$

Розрахунок продуктивності потокової лінії:

$$Q_{\partial} = (\tau \cdot F_c \cdot \eta_{з.л.}) \cdot \left(\sum_{i=1}^n T_{ум_i} \right)^{-1}$$

де, F_c - добовий фонд часу роботи обладнання ($F_c = 952 \text{хв.}$); $\eta_{з.л.}$ - коефіцієнт завантаження потокової лінії ($\eta_{з.л.} = 0,6$).

$$Q_{\partial} = (9 \cdot 952 \cdot 0,6) \cdot (59,9)^{-1} = 85,68 \approx 86 \text{деталей.}$$

Отже, $N_{\partial} > Q_{\partial}$, тому використовувати поточкову лінію доцільно.

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Відпрацювання деталі на технологічність

Деталь являє собою вилівок складної геометричної форми із матеріалу – латунь ЛЦ40СД ГОСТ17711-93. Литтям виготовляється тільки один отвір №47. Всі інші отвори литтям виконувати недоцільно, тому що їх розміри досить невеликі і не перевищують 18 мм.

Аналіз креслення вузла та деталі показує, що найбільш високі вимоги ставляться до поверхонь №3; №42; №6; №32; №33; №34; №35, котрі використовуються як контактні поверхні з іншими деталями, шорсткість котрих складає $R_a = 1,6$ мкм; а також до кутових розмірів $4^{\circ}30' \pm 10'$; $120^{\circ} \pm 5'$. Всі решта поверхні не виконуються з підвищеною точністю, оскільки немає в цьому необхідності.

В загальному, конструкція деталі досить складна, але з використанням спеціальних пристроїв, дозволяє обробляти практично всі поверхні. Поверхні №20 і №19 вимагають обробки на токарному верстаті або верстаті з ЧПК.

В деталі досить багато отворів, як глухих, так і наскрізних отворів. Свердління деяких отворів утруднене. Це отвори №40, №46, №45 і інші, в яких довжина значно більша за діаметр. Так, наприклад, діаметр отв. №40 складає 5 мм, а його довжина 97 мм. Свердління таких отворів потрібно проводити в декілька етапів з виводом інструменту. При свердлінні довгих отворів може бути перекося свердла, що в подальшому приведе до бракування деталі. Тому, ці отвори є нетехнологічними.

Шорсткість всіх отворів, якщо вона не вказана на кресленні складає 12,5 мкм. Це є технологічно, оскільки після свердління можна отримати даний параметр шорсткості. Інші отвори є відповідальними і потрібно внаслідок механічної обробки забезпечити необхідний параметр шорсткості.

Конструкція деталі не забезпечує достатні за розмірами базові поверхні, тому є потреба в допоміжних базах.

Показники працемісткості та собівартості деталі можуть бути визначені лише після розробки і нормування технологічного процесу. Тому, якщо ефективність змін приведена в таблиці 2.2 очевидна, розрахунок основних та відносних показників можна не проводити. Що стосується додаткових показників (коефіцієнтів уніфікації, точності, шорсткості), то вони розраховуються для разової і модифікованої конструкції деталі по даним таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Дані для розрахунку показників технологічності

№ п/п	Конструктивний елемент деталі	К-ть однотипних елементів		К-ть уніфіковани х поверхонь		Квалітет		Шорсткість	
		Базо- ва	Уніфіко- вана	Базо- ва	Уніфік- о-вана	Базо- вий	Уніфіко- ваний	Базо- ва	Уніфіко- вана
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Пов. №1	1	1	-	-	10	10	3,2	3,2
2.	Пов. №2	1	1	-	-	10	10	3,2	3,2
3.	Пов. №3	1	1	-	-	9	10	1,6	3,2
4.	Пов. №4	1	1	-	-	9	9	1,6	1,6
5.	Пов. №5	1	1	-	-	9	9	1,6	1,6
6.	Пов. №6	1	1	-	-	9	9	1,6	1,6
7.	Пов. №7	1	1	-	-	9	9	1,6	1,6
8.	Пов. №8	1	1	-	-	9	10	1,6	3,2
9.	Пов. №9	1	1	-	-	10	10	3,2	3,2
10.	Пов. №10	1	1	-	-	9	9	1,6	1,6
11.	Пов. №42	1	1	-	-	9	9	1,6	1,6
12.	Отв. №11 Ø8	1	1	-	-	10	13	10	12,5
13.	Отв. №12 М5	1	1	-	-	9	13	6,3	12,5
14.	Отв. №13 М5	3	3	3	3	9	13	6,3	12,5
15.	Отв. №16 М4	4	4	4	4	9	9	6,3	6,3

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16.	Пов. №14 і №15	2	2	2	2	9	9	6,3	3,2
17.	Отв. №17 і №25 Ø5	2	2	2	2	9	13	6,3	12,5
18.	Пов. №18	1	1	-	-	10	10	6,3	6,3
19.	Пов. №19	1	1	-	-	10	10	6,3	6,3
20.	Пов. №20 М16	1	1	-	-	10	10	6,3	6,3
21.	Пов. №22	1	1	-	-	10	10	6,3	6,3
22.	Отв. №23 Ø10,5	1	1	-	-	10	10	6,3	6,3
23.	Отв. №24, №30, №26 М18	4	4	4	4	9	9	3,2	3,2
24.	Отв. №27 Ø29	1	1	-	-	9	9	3,2	3,2
25.	Пов. №28 і №29	2	2	2	2	9	9	3,2	3,2
26.	Пов. №32	1	1	1	-	10	13	6,3	12,5
27.	Пов. №33	1	1	-	-	8	10	1,6	3,2
28.	Пов. №34	1	1	-	-	8	10	1,6	3,2
29.	Пов. №35	1	1	-	-	8	10	1,6	3,2
30.	Отв. №36 Ø7	4	4	4	4	10	13	6,3	12,5
31.	Отв. №37 Ø5	1	1	-	-	10	10	6,3	6,3
32.	Отв. №39 М5	3	3	3	3	10	13	6,3	12,5
33.	Отв. №40 Ø5	1	1	-	-	10	10	6,3	6,3
34.	Отв. №44 Ø14,5	1	1	-	-	10	10	6,3	6,3
35.	Отв. №47 Ø28	1	1	-	-	9	9	3,2	3,2
36.	Отв. №45 Ø16	1	1	-	-	9	9	3,2	3,2
	Узагальнено	56	56	26	26				

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів для базової та модифікованої конструкцій деталей:

$$K_{УН}^{(\delta)} = \frac{Q_{у.н.}^{(\delta)}}{Q_o^{(\delta)}}$$

$$K_{УН}^{(м)} = \frac{Q_{у.н.}^{(м)}}{Q_o^{(\delta)}}$$

Отже, внаслідок розрахунків:

$$K_{yH}^{(\delta)} = \frac{26}{56} = 0,46$$

$$K_{yH}^{(M)} = \frac{26}{56} = 0,46$$

В результаті, технологічність деталі за рахунок уніфікації конструктивних елементів не змінилася.

Коефіцієнт точності K_T для базової та модифікованої конструкції:

$$K_T^{(\delta)} = 1 - \frac{1}{A_m}$$

де, A_m - середній квалітет обробки поверхонь:

$$A_m = \frac{n_1 + 2n_2 + \dots + 19n_{19}}{n_1 + n_2 + \dots + n_{19}}$$

де, n – кількість поверхонь з i -им квалітетом.

$$A_m^{(\delta)} = \frac{8 \cdot 3 + 9 \cdot 16 + 10 \cdot 36 + 11 \cdot 1 + 13 \cdot 0}{56} = 8,91$$

$$A_m^{(\delta)} = \frac{9 \cdot 16 + 31 \cdot 10 + 11 \cdot 1 + 13 \cdot 8}{56} = 9,84$$

$$K_T^{(\delta)} = 1 - \frac{1}{8,91} = 0,888$$

$$K_T^{(M)} = 1 - \frac{1}{9,84} = 0,894$$

Таким чином, технологічність деталі покращилась, але дуже незначно.

Коефіцієнт шорсткості деталі базової та модифікованої конструкцій, $K_{ш}$:

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{B_{cp}}$$

де, B_{cp} - середня шорсткість поверхонь,

$$B_{cp} = \frac{0,01n_{0,01} + 0,02n_{0,02} + \dots + 80n_{80}}{n_{0,01} + n_{0,02} + \dots + n_{80}}$$

де, $n_{0,01} \dots n_{80}$ – кількість поверхонь, що мають шорсткість, що відповідає даному параметру R_a .

$$K_{ш}^{(\delta)} = 1 - \frac{1}{4,66} = 0,785$$

$$B_{cp}^{(\delta)} = \frac{1,6 \cdot 11 + 3,2 \cdot 10 + 6,3 \cdot 34 + 10 \cdot 1}{56} = 4,66$$

$$B_{cp}^{(m)} = \frac{1,6 \cdot 6 + 3,2 \cdot 18 + 6,3 \cdot 16 + 12,5 \cdot 16}{56} = 5,99$$

$$K_{ш}^{(m)} = 1 - \frac{1}{5,99} = 0,833$$

Оскільки, $K_{ш}^{(m)} > K_{ш}^{(\delta)}$, то по показнику $K_{ш}$ модифікована конструкція є також більш технологічною.

2.2. Вибір і розрахункове обґрунтування технологічних баз

В нашому випадку базування буде здійснюватись по площині і двох отворах. Необхідно вирішити як базувати деталь на першій операції, щоб обробити її поверхню, що буде технологічною базою для наступних операцій.

При вибраній схемі базування деталі на свердлильній операції появиться, як відносно зміщення осі отвору в заготовці і осі обертання свердла (обробка отвору №47). Таке зміщення представимо замикаючою ланкою A_{Δ} розмірного ланцюга A , складовими ланками якого будуть: A_2 – відстань між віссю обробленого отвору і тою ж базуючою поверхнею деталі і установчою технологічною базою. Відстань A_1 встановиться при обробці поверхні №1, виконаній на першій технологічній операції.

При варіанті базування користуючись працею [1] знайдемо похибки замикаючої ланки A_{Δ} :

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

$$\omega A_{\Delta} = \omega A_1 + \omega A_2$$

$$\omega A_1 = \omega B_{\Delta} + \omega A_2 = \omega B_1 + \omega B_2 + \omega A_2$$

де, ωA_2 - похибка настроювання інструмента; ωB_1 - допуск заготовки, $\omega B_1 = 100 \text{ мкм}$; ωB_2 - допуск на зміщення отвору після свердління, $\omega B_2 = 0,025 \text{ мм}$.

$$\omega A_{\Delta} = 0,1 + 0,025 + 0,07 = 0,195 \text{ мм}$$

З розрахунку видно, що похибка розміру замикаючої ланки $\omega A_{\Delta} = 0,195 \text{ мм}$.

При обробці інших поверхонь можна і потрібно використовувати допоміжні бази.

В якості допоміжної бази використовуємо поверхні №14, 50, 1, 49. Можливі і інші варіанти допоміжних баз в залежності від розробленого в подальшому технологічного процесу виготовлення деталі.

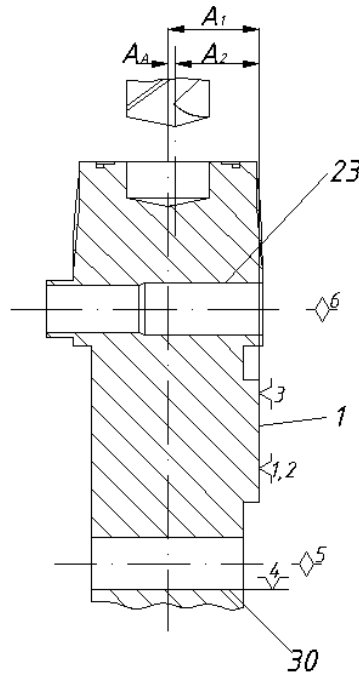


Рисунок 2.1. Варіант допоміжної бази

Розрахуємо похибку встановлення заготовки для оброблення отвору №13.

$$C_{\Delta} = C_1 - C_2$$

$$\omega C_{\Delta} = \omega C_1 - \omega C_2$$

де, ωC_2 - похибка настроювання інструменту, згідно праці [1], $\omega C_2 = 0,09 \text{ мм}$; ωC_1 - допуск заготовки і допуск на зміщення отвору після свердління:

$$\omega C_{\Delta} = 0,09 + 0,1 = 0,19 \text{ мм.}$$

Отже, похибка встановлення заготовки для оброблення отвору №13 становитиме, згідно розрахунків приблизно 0,2 мм.

2.3. Визначення допусків та технологічних розмірів, розрахунок припусків
Визначення припусків на механічну обробку заготовок проводимо табличним або розрахунковим способом.

Проведемо визначення припусків і проміжних значень граничний розмірів для обробки отвору №47 Ø28 з шорсткістю Ra=1,6мкм. Технологічний маршрут обробки отвору складається з: розсвердлювання, зенкерування і розвертування. Заготовка базується по отворах №23 і №30 і площині №1.

Розрахунок припусків ведемо шляхом складання таблиці 2.2 в яку послідовно записуємо технологічний маршрут обробки отвору і всіх значень елементів припусків.

Сумарне значення Rz і T, що характеризує якість поверхні литих заготовок складає 500 мкм.

Сумарне значення просторових відхилень для заготовок визначаємо по формулі, користуючись працею [1].

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{зм}^2} ;$$

де $\rho_{кор}$ - величина короблення отвору; $\rho_{зм}$ - величина зміщення отвору;

Величину короблення отвору слід враховувати, як в діаметральному так і в осьовому його січенні, згідно праці [1]

$$\rho_{кор} = \sqrt{(\Delta kd)^2 + (\Delta kl)^2} ;$$

де Δk - питома кривизна заготовки на 1мм, що складає $\Delta k_{ор} = 0,75$;

d, l - діаметр і довжина отвору №47, відповідно

$$\rho_{кор} = \sqrt{(0,75 \cdot 28)^2 + (0,75 \cdot 13)^2} = 2,3315 \text{ мм}.$$

Враховуючи, що сумарне значення отвору у виливці зовнішньої поверхні представляє собою геометричну суму в двох взаємоперпендикулярних площинах, отримаємо:

$$\rho_{зм} = \sqrt{(\delta_1 / 2)^2 + (\delta_2 / 2)^2} ;$$

де δ_1, δ_2 - допуски на розміри отвору, що складають для розміру 28мм, $\delta_1 = 340\text{мкм}$; для розміру 13мм, $\delta_2 = 270\text{мкм}$.

$$\rho_{3м} = \sqrt{(340/2)^2 + (270/2)^2} = 217,1\text{мкм}.$$

Отже сумарне значення просторового відхилення складатиме:

$$\rho_3 = \sqrt{2,3315^2 + 0,217^2} = 2,34\text{мм}.$$

Величина залишкового просторового відхилення після попередньої обробки визначається по формулі згідно праці [8]:

$$\rho_{зал} = k_y \cdot \rho_3;$$

де k_y - коефіцієнт уточнення форми, для наших видів обробки складає:

$$k_{y1} = 0,06 - \text{для розсвердлювання};$$

$$k_{y2} = 0,005 - \text{для зенкерування};$$

$$k_{y3} = 0,002 - \text{для розвертування};$$

$$\rho_{зал1} = 0,06 \cdot 2,34 = 0,14\text{мм};$$

$$\rho_{зал2} = 0,005 \cdot 2,34 = 0,112\text{мм};$$

$$\rho_{зал3} = 0,002 \cdot 2,34 = 0,005\text{мм}.$$

Отримані значення просторових відхилень заносимо в таблицю 2.2.

Похибка установки при розсвердлюванні визначаємо за допомогою праці [1]

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2};$$

де ε_{δ} - похибка базування; ε_3 - похибка закріплення.

Похибка базування виникає внаслідок перекошування заготовки в горизонтальній площині при установці заготовки на пальці пристрою. Перекіс при цьому відбувається внаслідок зазору між найбільшим діаметром установчих отворів і найменшим діаметр пальців.

Найбільший зазор між отворами і пальцями визначається, за працею [1]:

$$S_{\max} = \delta_A + \delta_B + S_{\min};$$

де δ_A - допуск на отвір, $\delta_A = 0,018\text{мм}$;

δ_B - допуск на діаметр пальця, $\delta_B = 0,077\text{мм}$, за працею [1];

S_{\min} - мінімальний зазор між діаметром штиря і отвором, $S_{\min} = 0,28\text{мм}$.

$S_{\max} = 0,018 + 0,077 + 0,28 = 0,375\text{мм}$.

Тоді, найбільший кут повороту заготовки:

$$\text{tg}\alpha = S_{\max} / \sqrt{L_1^2 + L_2^2};$$

де L_1 і L_2 - довжини між базовими отворами, $L_1 = 75\text{мм}$; $L_2 = 25\text{мм}$.

$$\text{tg}\alpha = 0,375 / \sqrt{75^2 + 25^2} = 0,005.$$

Похибка базування на довжині оброблюваного отвору складатиме:

$$\varepsilon_{\delta} = l \cdot \text{tg}\alpha;$$

де l - довжина оброблюваного отвору, $l = 13\text{мм}$.

$$\varepsilon_{\delta} = 13 \cdot 0,005 = 0,065\text{мм}.$$

Похибку закріплення заготовки ε_3 приймаємо рівною 190мкм, згідно праці [1]. Тоді похибка установки при розсвердлюванні:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{65^2 + 190^2} = 200,8\text{мкм} = 0,2008\text{мм}.$$

Залишкові похибки знаходимо помножуючи ε_1 на коефіцієнти уточнення форми k_y . Знайдені значення заносимо в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2. - Розрахункові значення припусків і граничних розмірів по технологічних переходах на обробку отвору №47.

Технологічні переходи	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск, мкм $2Z_{\min}$	Розрахунковий розмір, ϕ_p , мм	Допуск, δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мм	
	R_z	T	ρ	ε				d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\min}^{ep}$	$2Z_{\max}^{ep}$
Заготовка	500		140	-	-	27,188	330	26,86	27,19	-	-
Розсвердли	50	-	11,2	200,8	2·144,13	27,932	130	27,08	27,93	2·0,74	2·0,94
Зенкерувати	20	-	5	12,04	2·66,28	27,998	52	27,94	27,99	2·0,06	2·0,14
	Ra										
Розвернути	1,6	-	-	1,00	2·25,11	28,033	33	28	28,033	2·0,04	2·0,06

На основі записаних в таблиці 2.2 значень проводимо розрахунок припусків:

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

Отже, номінальний припуск під розсвердлювання:

$$2Z_{\min} = 2\left(500 + \sqrt{140^2 + 200,8^2}\right) = 2 \cdot 744,13 \text{ мкм}.$$

Результати розрахунку мінімальних припусків для інших переходів зводимо в таблицю 2.2.

Графу таблиці 2.2 "Розрахунковий розмір d_p " заповнюється починаючи з кінцевого, креслярського розміру, послідовно віднімаючи розрахунковий мінімальний припуск кожного технологічного переходу. Результати розрахунку зводимо в таблицю 2.2.

Мінімальні граничні значення припусків Z_{\min}^{np} дорівнюють різниці найбільших граничних розмірів виконуваного і попереднього переходу, а максимальні значення Z_{\max}^{np} - відповідно різниці найменших граничних розмірів. Результати розрахунку Z_{\min}^{ep} і Z_{\max}^{ep} зводимо в таблицю 2.2.

На основі даного розрахунку будуємо схему графічного розміщення припусків і допусків при обробці отвору №47.

Загальний припуск $Z_{o \min}$ і $Z_{o \max}$ визначається сумуванням проміжних припусків

$$2Z_{o \max} = 2(0,94 + 0,14 + 0,06) = 2 \cdot 1,14 \text{ мм};$$

$$2Z_{o \min} = 2(0,74 + 0,06 + 0,04) = 2 \cdot 0,84 \text{ мм};$$

Загальний номінальний припуск:

$$2Z_{оном} = 2Z_{o \min} + B_3 - B_0;$$

де B_3 , B_0 - допуск на розміри заготовки і деталі відповідно;
 $B_3 = 0,33 \text{ мм}$; $B_0 = 0,033 \text{ мм}$.

$$2Z_{оном} = 2 \cdot 0,84 + 0,33 - 0,033 = 1,97 \text{ мм} = 2 \cdot 0,985 \text{ мм};$$

$$d_{зном} = d_{оном} - z_{оном};$$

де $d_{зном}$ - номінальний діаметр заготовки;

$d_{ном}$ - номінальний діаметр деталі, $d_0 = 28,0165$;

$d_{зном} = 28,0165 - 0,985 = 27,025 \text{ мм}$.

Проведемо перевірку правильності виконання розрахунків:

$$2Z_{\max i}^{zp} - 2Z_{\min i}^{zp} = \delta_{i-1} - \delta_i;$$

$$2 \cdot 0,06 - 2 \cdot 0,04 = 0,052 - 0,033;$$

$$0,02 = 0,02.$$

На інші поверхні деталі допуски вибираємо згідно праці [1] і зводимо в таблицю 2.3. При цьому допуски і припуски на механічну обробку вибираємо по 5-ому класу точності заготовки і по 2-ому ряді припусків.

Таблиця 2.3.- Припуски і допуски на оброблювані поверхні деталі

Поверхні	Розміри, мм	Допуски, мм	Припуски, мм
3 і 14 ; 15	58	$\pm 0,5$	2·1,4
47	Ø28	$\pm 0,4$	2·1,3
2 і 22	66	$\pm 0,56$	2·1,4
29 і 28	45	$\pm 0,5$	2·1,3
18	78	$\pm 0,56$	1,4
32 і 34	3,5	$\pm 0,24$	2·1,1
5	Ø56	$\pm 0,5$	2·1,4
7	Ø76	$\pm 0,56$	2·1,4
1	2	$\pm 0,24$	1,1

На рисунку 2.3 показано ескіз заготовки з припусками на механічну обробку.

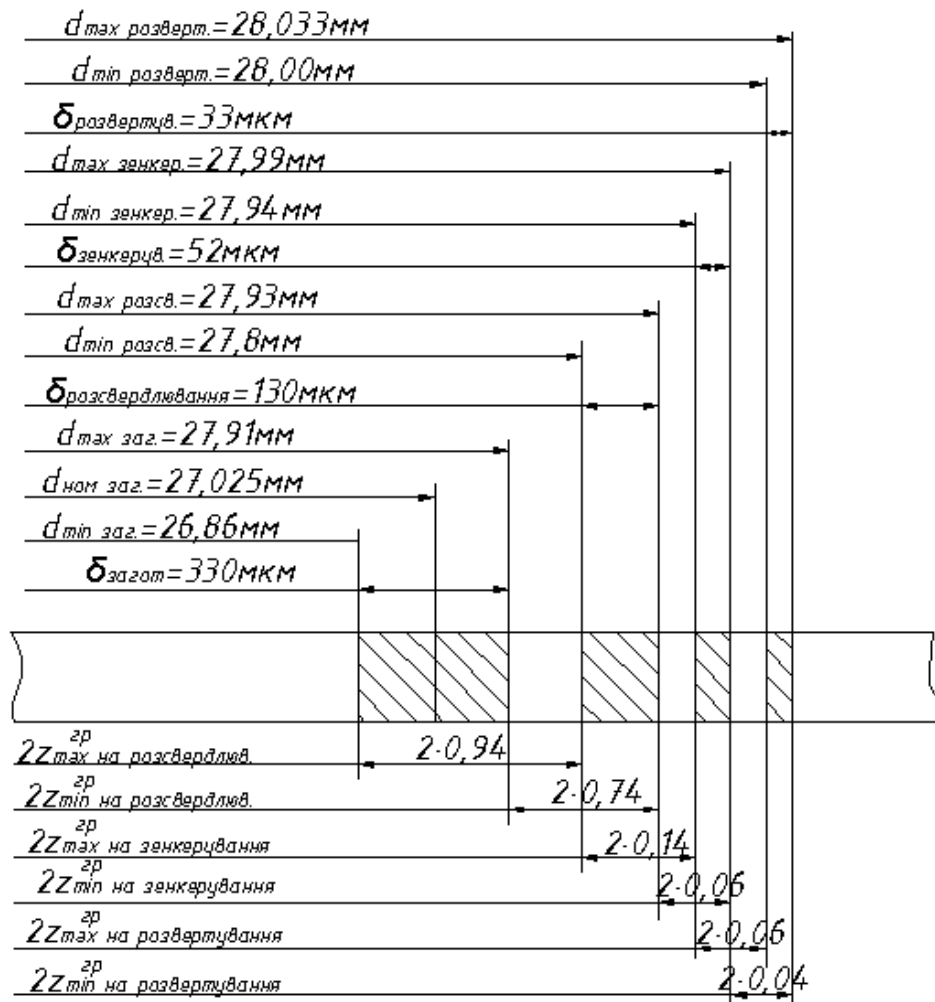


Рисунок 2.3. Схема розміщення допусків і припусків на обробку отвору №47.

2.4. Визначення режимів різання та технологічного обладнання

Проводимо розрахунок режимів різання для чорнового фрезерування площини №18. Характер обробки – чорнова. Згідно з працею [1] металорізальний інструмент – торцева фреза насадка ГОСТ9304-99.

Діаметр фрези приймемо з умови:

$$D = 1,25 \cdot B;$$

де B - ширина фрезерування, $B = 25 \text{ мм}$.

$$D = 1,25 \cdot B = 31,25 \text{ мм}.$$

Приймемо $D = 40 \text{ мм}$, кількість зубців фрези $z = 10$. Фреза 2210-0061 ГОСТ9304-99. Глибину різання для чорнового фрезерування приймаємо $t = 2 \text{ мм}$. Подача на зуб фрези $S_z = 0,02 \text{ мм/зуб}$.

$$S_0 = S_z \cdot z;$$

$$S_0 = 0,02 \cdot 10 = 2 \text{ мм/об};$$

де S_0 - подача фрези на оберт, мм/об; S_z - подача фрези на зуб, мм/зуб;

z - кількість зубців.

Середнє значення стійкості зубців фрези $T=120$ хв.

Швидкість різання буде визначатись:

$$V = \frac{C_v \cdot D^{q_v}}{T^{m_v} \cdot t^{X_v} \cdot S_z^{Y_v} \cdot B^{u_v} \cdot Z^{p_v}} \cdot K_v;$$

де $C_v = 86,2$ - постійний коефіцієнт; $D = 40$ мм - діаметр фрези; $T = 120$ хв - стійкість фрези, хв; $t = 2$ мм - глибина різання; $S_z = 0,02$ мм/зуб - подача фрези на зуб; $B = 25$ мм - ширина фрезерування; $Z = 10$ - кількість зубців фрези. $q_v, m_v, X_v, Y_v, u_v, p_v$ - показники степенів.

K_v - загальний поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання:

$$K_v = K_{m_v} \cdot K_{n_v} \cdot K_{u_v};$$

де K_{m_v} - коефіцієнт, що враховує якість матеріалу; K_{n_v} - коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки; K_{u_v} - коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента;

$$K_{n_v} = 0,9; \quad K_{u_v} = 1,0; \quad K_{m_v} = 1,0.$$

Отже,

$$K_v = 1,0 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,9.$$

Згідно праці [1] визначимо показники степенів: $q_v = 0,25$; $X_v = 0,1$;

$$Y_v = 0,4; \quad u_v = 0,15; \quad p_v = 0,1; \quad m_v = 0,2.$$

Маючи значення всіх складових формули визначимо швидкість різання.

$$V = \frac{86,2 \cdot 40^{0,25}}{120^{0,2} \cdot 0,02^{0,4} \cdot 2^{0,1} \cdot 25^{0,15} \cdot 10^{0,1}} \cdot 0,9 = 65,6 \text{ м/хв}.$$

Частота обертання фрези:

$$n = \frac{1000V}{\pi D_{fp}};$$

$$n = \frac{1000 \cdot 65,5}{3,14 \cdot 40} = 521,5 \text{ об/хв.}$$

Визначимо головну складову сили різання, P_z :

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^{X_p} \cdot S_z^{Y_p} \cdot B^{u_p} \cdot Z}{D^{q_p} \cdot n^{\omega_p}} \cdot K_p;$$

де $C_p = 22,6$ - постійний коефіцієнт; $t = 2 \text{ мм}$ - глибина різання;
 $S_z = 0,02 \text{ мм/зуб}$ - подача фрези на зуб; $B = 25 \text{ мм}$ - ширина фрезерування;
 $Z = 10$ - кількість зубців фрези; n - частота обертання фрези, $n = 521,5 \text{ об/хв}$;
 $X_p, Y_p, u_p, q_p, \omega_p$ - показники степені; K_p - загальний поправочний коефіцієнт,
що враховує умови різання, $K_p = 1,7$.

Показники степеня складають, згідно праці [1]:

$$X_p = 0,86; Y_p = 0,72; u_p = 1,0; q_p = 0,86; \omega_p = 0.$$

Тоді тангенціальна складова сили різання:

$$P_z = \frac{22,6 \cdot 2^{0,86} \cdot 0,02^{0,72} \cdot 29^1 \cdot 10}{40^{0,86} \cdot 521,5^0} \cdot 1,1 = 2,206 \text{ кН.}$$

Оскільки в процесі різання фреза зношується, то
 $P_{z1} = 1,3P_z = 1,3 \cdot 2,206 = 2,86 \text{ кН.}$

Ефективна потужність різання, згідно праці [18] становить:

$$N_e = \frac{P_{z1} \cdot V}{1020 \cdot 60};$$

$$N_e = \frac{2,86 \cdot 65,5}{1020 \cdot 60} = 2,4 \text{ кВт.}$$

Потужність приводу верстата, згідно парці [1], буде становити:

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_e}{\eta};$$

де η - коефіцієнт корисної дії двигуна, $\eta = 0,75$.

$$N_{\text{дв}} = \frac{2,4}{0,75} = 3,1 \text{ кВт.}$$

Обробку проводимо на вертикально-фрезерному верстаті мод. 6P11 з потужністю електропривода головного руху 5,5 кВт.

свердлильна 1. Свердлити 2 отв. №30 і 23	4019 2300-6992 ГОСТ 886-97	7,8	0,4	28,8	1116,2	0,49		0,4	32,3	
2. Зенкерувати 2 отв.	Зенкери 2320-2354	2	0,35	37,44	1351,2	0,63	$\frac{2H118}{1,7}$	0,315	49,8	1250
3. Розвертати 2 отв.	ГОСТ 3231-90	0,7	0,35	12	480	0,13		0,315	15,7	1600
4. Нарізати різь в отв. №30 і 23	Мітчик 2640-0117 ГОСТ 1604-91	0,75	1,5	12	238	0,48		1,5	15,5	500
020 Вертикально-свердлильна 1. Свердлити отв. 21	Свердло 2301-3158 ГОСТ 12121-97	7,5	0,4	30	1129,5	0,5	$\frac{2H118}{1,7}$	0,4	33,9	1250
025 Горизонтально-фрезерна 1. Фрезерувати пов. 14, 15, 3 начорно	Набір фрез двосторонніх 2245-0001 ГОСТ 6469-99	2·1,3	753,4	600	899	2,45	$\frac{6H80Г}{3}$	800	698,3	1000
2. Фрезерувати пов. 14, 15, 3		2·0,3	934,2	700	1125	2,6	$\frac{6H80Г}{3}$	1000	850	1250
030 Горизонтально-фрезерна 1. Фрезерувати пов. 29, 22 начорно	Набір дискових трьохсторонніх фрез 2241-0071	1,4	1080	600	606	2,5	$\frac{6H80Г}{3}$	1000	623,1	630
2. Фрезерувати пов. 29, 22 начисто	2241-0067 2241-0067 ГОСТ 5348-99	0,4	1200	700	708	2,69	$\frac{6H80Г}{3}$	1250	791,3	800
035 Радіально-свердлильна 1.Свердлити 4 отв. №16	Свердло 2300-7348 ГОСТ 12122-77	3,2	0,2	29,1	1569	0,8	$\frac{2K52}{3}$	0,16	28,4	1600
2. Зенкерувати №16	Зенківка 2353-0023	0,8	0,03	29,2	1500	0,7		0,315	23,1	1600
3. Нарізати різь М4-7H	ГОСТ 14958-99 Мітчик 2640-0021 ГОСТ 1604-91	0,4	0,25	12,2	773	0,25		0,2	15,5	800
040 Радіально-свердлильна 1. Свердлити 2 отв. №17 і №25	Свердла 2300-0034 ГОСТ 12122-97	5	0,2	24	1428	0,85	$\frac{2K52}{3}$	0,2	25,6	1600

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
045 Радіально-свердлильна 1.Свердлити 3 отв. №39 2. Зенкерувати 3. Нарізати різь М4-7Н	Свердло 2300-7551 ГОСТ 10902-97 Зенківка 2353-0026 ГОСТ 14958-99 Мітчик 2640-0037 ГОСТ 1604-91	4,2 0,8 0,4	0,2 0,35 0,5	24 21 10	1428 1500 793	0,85 0,77 0,31	$\frac{2K52}{3}$	0,2 0,315 0,2	25,6 23,1 15,3	1600 1600 800
050 Радіально-свердлильна 1.Свердлити 3 отв. №13 2. Зенкерувати №13 3. Нарізати різь М6-7Н	Свердло 2300-6177 ГОСТ 10902-77	5,2 0,8 0,4	0,2 0,25 0,5	25 21 10	1538 1550 783	0,9 0,77 0,31	$\frac{2K52}{3}$	0,2 0,2 0,15	27,1 22,1 15,3	1600 1600 800
055 Радіально-свердлильна 1. Свердлити отв. №12 2. Розсвердлити №11 3. Цекувати пов. №10 4. Цекувати пов. №8 5. Нарізати різь М5-7Н 6. Свердлити отв. №44 7. Зенкерувати отв.№44 8. Цекувати пов. №42 9. Зенкувати №44 10. Нарізати різь М16	Свердло 2300-0034 ГОСТ 10902-97 Свердло 2300-6994 ГОСТ 886-97 Свердло 2301-4071 ГОСТ 2902-97 Цеківка 2863-007 2863-0009, 2863-0027 ГОСТ 14958-99 Зенкер 2320-2368 ГОСТ 3231-91 Мітчик 2640-0037 2640-0195 ГОСТ 1604-91	4,2 3,8 6 1 0,4 12,5 2 2,5 1,5 0,75	0,25 0,25 0,2 0,3 0,5 0,63 0,6 0,25 0,18 1,5	15,3 11,9 80 95,5 9 24 45 90 51 12	993 908 966 717 537,2 737 826 914,7 995 238,9	0,87 0,72 1,42 0,77 0,3 0,93 0,65 1,1 1,2 0,43	$\frac{2M55}{4}$	0,2 0,2 0,2 0,2 0,5 0,63 0,63 0,2 0,2 1,5	16,2 13,3 83,3 105,6 9,89 29,1 56,6 101,1 52,4 15,9	1000 1000 1000 800 630 800 1000 1000 1000 315
060 Копірувально-фрезерна 1. Фрезерувати пов. 7 начорно 2. Фрезерувати пов. 7 начисто	Фреза кінцева ГОСТ 16225-91 2225-0091	2 0,6	825 925	300 320	1360 1460	0,9 1,13	$\frac{2M42K}{3}$ $\frac{2M42K}{3}$	800 800	351,7 370,8	1600 1600
065 Копірувально-фрезерна 1. Фрезерувати пов. 5, 6 начорно 2. Фрезерувати пов. 7 начисто	Фреза кінцева 2225-0199 ГОСТ 4675-91	2 0,6	734 780	215 250	977 1040	1,57 1,59	$\frac{6M42K}{3}$ $\frac{6M42K}{3}$	630 800	219,8 274	1000 1250
070 Горизонтально-розточна 1. Розточити №9 2. Обточити пов. №4	Різець 2102-0075 ГОСТ 18877-93 Різець 2101-0053 ГОСТ 18878-93	1,0 1,0	0,15 0,15	102 130	649 769	1,7 1,85	$\frac{2615}{5.2}$	0,1 0,1	128,3 135,2	800 800

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
075 Радіально-свердлильна 1.Свердлити отв. №40 за 3-ри заходи 2. Цекувати пов. №41 3. Зенкувати фаску 4. Нарізати різь М8-7Н	Свердло 2300-0034 ГОСТ 886-97 Цеківка 2863-0007 ГОСТ 14958-99 Зенківка 2353-0053 ГОСТ 14958-99 Мітчик 2640-0083 ГОСТ 1604-91	5,0 0,5 1,2 0,65	0,25 0,3 0,2 0,75	15,5 95 50 9	993 715 1230 562,5	0,87 0,52 1,1 0,2	$\frac{2M55}{4}$	0,2 0,2 0,2 0,8	16,3 105 55,3 12,1	1000 800 1250 630
080 Радіально-свердлильна 1. Свердлити отв. №46 за два проходи	Свердло 2300-0034 ГОСТ 886-97	5	0,25	15,5	993	0,87	$\frac{2K52}{1,5}$	0,2	16,3	1000
085 Вертикально-фрезерна 1. Фрезерувати пов. №32 начорно 2. Фрезерувати пов. №32 начисто	Фреза торцева 2214-0337 ГОСТ 1092-90	1,6 0,4	0,2 0,25	300 350	491 537	1,1 1,23	$\frac{6P10}{3}$	1000 1250	310,6 395,6	1600 630
090 Копірувально-фрезерна 1. Фрезерувати пов. №50 і №34 начорно 2. Фрезерувати пов. №50 і №34 начисто	Фреза кінцева 2225-0091 ГОСТ 16225-91	2 0,6	522 640	300 350	1305 1550	0,9 1,3	$\frac{6M42K}{3}$ $\frac{6M42K}{3}$	500 630	425 525,5	1600 1600
095 Копірувально-фрезерна 1. Фрезерувати пов. №33 начорно 2. Фрезерувати пов. №33 начисто	Фреза кінцева 2225-0004 ГОСТ 16225-91	2,9 0,6	1213 1860	80 100	1213 1515	0,9 1,1	$\frac{6M42K}{3}$ $\frac{6M42K}{3}$	1000 1600	87,8 102,1	1250 1600
100 Копірувально-фрезерна 1. Фрезерувати пов. №35 начорно 2. Фрезерувати пов. №35 начисто	Фреза кінцева 2225-0001 ГОСТ 16225-91	2,9 0,18	1114 1310	30 35	1114 1235	1,9 1,8	$\frac{6M42K}{3}$ $\frac{6M42K}{3}$	1000 1250	36,3 38,8	1250 1250
105 Вертикально-свердлильна 1. Свердлити 4 отв. №36 головою	Свердла 2300-6983 ГОСТ 886-97	7	0,25	16,1	727,7	0,92	$\frac{2H118}{1,5}$	0,2	19,3	800
110 Вертикально-фрезерна 1. Фрезерувати пов. №18 начорно 2. Фрезерувати пов. №18 начисто	Фреза торцева 2214-0337 ГОСТ 1092-90	1,6 0,4	1023 1320	300 350	491 537	1,4 1,01	$\frac{6P10}{3}$	1000 1250	310,6 395,6	500 630

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
115 Вертикально-свердлильна 1. Свердлити отв. №27 2. Розсвердлити №27 3. Зенкерувати 4. Нарізати різь М18Х1,5-7Н	Свердло 2301-4031 ГОСТ 2092-97	9	0,25	17	629	0,9	$\frac{2M55}{4}$	0,2	17,1	630
	Свердло 2301-4039	3,5	0,25	19	380	0,8		0,2	20,2	
	ГОСТ 2092-97	2	0,18	51	1050	1,13		0,15	59,6	
	Зенківка 2353-0023 ГОСТ 14958-99 Мітчик 2640-0221 ГОСТ 1604-91	0,75	1,5	12	238	0,43		1,5	16,6	
120 Вертикально-свердлильна 1. Розсвердлити отв. №47 2. Зенкерувати 3. Розвертати №47	Свердло 2301-4141 ГОСТ 2092-97	1,6	0,4	36	557	0,4	$\frac{2H118}{1,7}$	0,315	39,5	630
	Зенкер 2320-2386	0,8	0,35	46	628,3	0,6		0,315	57,7	
	ГОСТ 3231-91	0,2	0,35	15	332,3	0,13		0,315	19,1	
	Розвертка 2533-1719 ГОСТ 13875-97									
125 Радіально-свердлильна 1. Свердлити отв. №37 за 3-и заходи	Свердла 2300-6173 ГОСТ 10902-97	5	0,25	15,5	968	0,87	$\frac{2K52}{1,5}$	0,2	17,7	1000
130 Токарна 1. Підрізати торець 19 2. Обточити пов. №20 3. Нарізати різь М16-7Н	Різець 1221-0031 ГОСТ 18871-93	1	0,6	45,3	1350	1,5	$\frac{1N62}{5}$	0,5	58,8	1600
	Різець 2102-0501	1,2	0,6	75	1200	1,9		0,5	77,1	
	ГОСТ 11868-93	0,75	1,5	20	266,6	0,33		1,5	23,6	
	Різець 2660-0501 ГОСТ 18876-93									

2.5. Нормування технологічного процесу

У багатосерійному виробництві визначається норма штучного часу, $T_{шт}$ та проводиться згідно методики [1].

Розрахуємо штучний час для операції 155 – вертикально-фрезерна.

Основний час, T_o :

$$T_o = \frac{l_1 + l + l_2}{n \cdot Z \cdot S_z}$$

де, $l_1; l_2$ - відповідно величини врізання і перебігу фрези;

l - довжина фрезерування, мм.

Згідно праці [1]:

$T_{у.з.} = 0,075xв$ при встановленні на вертикальну площину і два пальці;

$T_{з.в.} = 0,024$ - при закріпленні і відкріпленні рукояткою пневматичного затиску;

$T_{уп.} = 0,03$ - для підводу деталі в повздовжньому напрямку;

$T_{вим.} = 0$, оскільки контроль на цій операції не проводиться.

Отже, основний час становить:

$$T_o = \frac{13 + 24 + 13}{500 \cdot 24 \cdot 0,2} = 0,12 \text{ хв}$$

Допоміжний час становить:

$$T_\delta = 0,075 + 0,024 + 0,03 + 0 = 0,129 \text{ хв}$$

Оперативний час:

$$T_{он} = 2T_o + T_\delta$$

$2T_o$ - через те, що обробляється дві деталі.

$$T_{он} = 2 \cdot 0,12 + 0,129 = 0,369 \text{ хв}$$

Час зміни інструмента становить: $t_{зм} = 3,1 \text{ хв}$ для торцьової фрези $\varnothing 250$ мм.

Період стійкості фрези $T = 300$ хв.

$$T_{мех.} = \frac{0,12 \cdot 3,1}{300} = 0,001 \text{ хв.}$$

$P_{орг} = 1,2\%$ - при роботі без охолодження.

Отже, організаційний час:

$$T_{орг.} = 0,369 \cdot \frac{1,2}{100} = 0,001 \text{ хв.}$$

$P_{від} = 8\%$ - при роботі з ручною подачею.

$$T_{від} = 0,369 \cdot \frac{8}{100} = 0,03 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця:

$$T_{об} = 0,001 + 0,001 = 0,002 \text{ хв.}$$

Отже, штучний час на операцію буде становити:

$$T_{шт} = 0,12 + 0,129 + 0,002 + 0,03 = 0,302 \text{ хв}$$

РОЗДІЛ 3

КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Пристрій для свердління

3.1.1. Вибір і обґрунтування принципу дії, структурної схеми

Пристрій призначений для базування і затиску заготовки, в процесі свердління поверхонь на радіально-свердлильному верстаті моделі 2М55, для точного направлення свердла в отвори, що свердляться.

Для забезпечення точності виконання розмірів оброблюваних розмірів установчі елементи в пристрої повинні відповідати механічним і технічним нормам точності.

Пристрій повинен забезпечувати надійний силовий затиск заготовки.

Для точності і автоматизації обробки пропоную обробляти деталь в пристрої з пневмоприводом, з швидкодіючим затиском.

З точки зору техніки безпеки, то пристрій повинен забезпечувати потрібне зусилля затиску, при нестачі повітряного тиску заготовка повинна перебувати у закріпленому стані. Конструкція пристрою повинна забезпечувати вільний відвід стружки.

Продуктивність оброблювання розраховується з умов великосерійного виробництва.

Точність розмірів оброблюваних поверхонь досягається точністю виготовлення і встановлення елементів пристрою.

Допуски перпендикулярності поверхонь установчих поверхонь базування пристрою складає 0,05 мм.

3.1.3. Розрахунок пристрою на точність

Сумарна похибка оброблення заготовки у пристрою визначається залежністю:

$$E = k \sqrt{E_{\sigma}^2 + E_{py}^2 + E_{pn}^2 + E_{\sigma}^2 + E_z^2 + E_{pne}^2 + E_{no}^2 + E_n^2 + 3E_{pc}^2 + 3E_t^2 + E_{zn}^2}$$

де, $E_g = 0,02...0,05\text{мм}$ - похибка верстату в не навантаженому стані;
 $E_{py} = 0,01...0,03\text{мм}$ - похибка розташування установчих елементів; $E_s = 0,02$ -
похибка затиску; $E_{pne} = 0,02...0,05\text{мм}$ - похибка розташування напрямних
елементів пристрою; $E_{nd} = 0,02...0,05\text{мм}$ - похибка пружних деформацій;
 $E_n = 0,01...0,03\text{мм}$ - похибка налагодження; $E_{pc} = 0,01...0,03\text{мм}$ - похибка
розмірного спрацювання різального інструменту; $E_t = 0,01...0,03\text{мм}$ -
температурна похибка; $E_{zn} = 0,02...0,04\text{мм}$ - похибка зношування; $k = 1$ -
коефіцієнт відносного розсіювання сумарної похибки.

Отже, сумарна похибка базування буде складати:

$$E_g = 1 \cdot \sqrt{0,03^2 + 0,04^2 + 0,02^2 + 0,081^2 + 0,02^2 + 0,03^2 + 0,03^2 + 0,02^2 + 3 \cdot 0,02^2 + 3 \cdot 0,01^2 + 0,03^2} = \sqrt{0,014361} = 0,12\text{мм}$$

Знайдена сумарна похибка повинна бути меншою за допуск на розмір оброблюваної поверхні, $T = 0,18\text{мм}$.

Оскільки $E = 0,12\text{мм} < T = 0,18\text{мм}$, то означає, що пристрій забезпечує точність оброблення.

3.1.4. Розрахунок зусилля кріплення та параметрів силового приводу

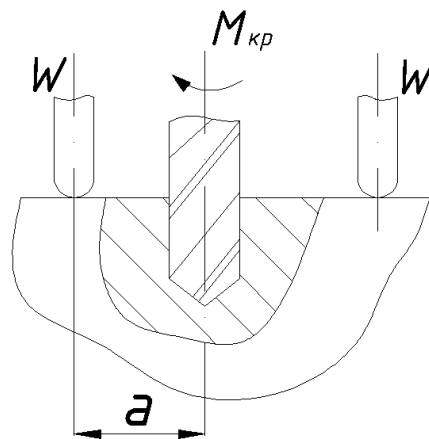


Рисунок 3.2. Розрахункова схема пристрою

Згідно праці [9] сила затиску W , становить:

$$W = \frac{k \cdot M_{кр}}{f \cdot a}$$

де, $M_{кр}$ - крутий момент на свердлі; f - коефіцієнт тертя; k - коефіцієнт запасу; a - плече сили.

Оскільки в дію пристрій приводиться двома пневмоциліндрами, то:

$$Q = \frac{W}{2}$$

Коефіцієнт запасу k , введений для надійного закріплення заготовки.

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6$$

де, $k_0 = 1,5$ - коефіцієнт гарантованого запасу; $k_1 = 1,2$ - коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання через випадкові нерівності на оброблених поверхнях; $k_2 = 1,15$ - коефіцієнт, що характеризує збільшення сил різання через випадкові затуплення і пошкодження різального інструменту; $k_3 = 1,0$ - коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання, при неперервному різанні; $k_5 = 1,0$ - коефіцієнт, що враховує постійність затиску; $k_6 = 1,0$ - коефіцієнт, що враховує вплив моментів, що прагнуть повернути заготовку.

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,07$$

При $k < 2,5$ приймаємо $k = 2,5$.

Тоді сила затиску становитиме:

$$W = \frac{2,5 \cdot 1,3}{0,1 \cdot 0,10} = 325H$$

$$Q = \frac{325}{2} = 162,5H$$

Виходячи із сили затиску, розраховуємо D і d пневмоциліндра:

$$D = k \sqrt{\frac{4Q}{\pi p \eta}}$$

Приймаємо, що тиск в пневмосистемі складає $p = 0,4MPa$.

$$D = 2,5 \sqrt{\frac{4 \cdot 162,5}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,75}} = 36,26mm$$

За працею [9] приймаємо діаметр поршня $D = 50mm$, діаметр штоку $d = 20mm$.

3.1.5. Опис конструкції та роботи пристрою

Пристрій для свердління отвору в деталі на радіально-свердлильному верстаті моделі 2М55 складається з зварного корпусу до якого кріпляться установчі і упорні елементи пристрою і два пневмоциліндра, які піднімають робочий орган – плиту. Кондукторна плита одночасно виконує дві важливі функції: затискає деталь і направляє свердло точно в отвір гасячи при цьому радіальне биття.

Цей пристрій являється однопозиційним, в ньому деталь встановлюється на площину і два пальці, затискається кондукторною втулкою. Під час обробки плита утримується під навантаженням. Циліндри після включення піднімають кондукторну плиту над деталлю і утримують її там.

3.2. Пристрій для контролю кута $4^{\circ}30' \pm 10'$

Пристрій складається з корпусу 7 (плити) на якому кріпиться ще одна плита 6 і на котрій знаходяться установчі і вимірні елементи. До установчих елементів відносяться: стакан 3 і палець; а до вимірних – шпала 5 і вимірний конус 2.

Плита 6 кріпиться до основи 7 за допомогою гвинтів 17.

При встановленні деталі в пристрій, в отвір, що потрібно проконтролювати встановлюємо вимірний конус. Повернувши деталь до упора 13, вимірний конус впреться в шпалу. Стрілка на кінці конуса покаже даний кут.

РОЗДІЛ 4

ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ДІЛЬНИЦІ

4.1 Уточнення типу виробництва, організаційної форми

Обчисливши за формулами (див. пункт 1.4) необхідні дані для спроектованого технологічного процесу визначимо остаточний тип виробництва.

Таблиця 4.1 - Дані для уточнення типу виробництва

№ п/п	№ опер.	Назва операції	$T_{ум}$, хв.	$C_{p,i}$, шт.	$C_{n,i}$, шт.	$\eta_{з.ф.i}$	O_i
1.	005	Заготівельна	8,2	1,21	2	0,62	2
2.	010	Фрезерна	0,9	0,09	1	0,09	7
3.	015	Фрезерна з ЧПК	18,8	2,6	3	0,86	1
4.	020	Фрезерна з ЧПК	25,3	3,5	4	0,87	1
5.	025	Радіально-свердлильна	1,2	0,14	1	0,04	4
6.	030	Радіально-свердлильна	1,6	0,18	1	0,08	4
7.	035	Токарна	3,1	0,32	1	0,32	3
8.	040	Різьбонарізна	0,8	0,08	1	0,08	7
Σ			59,9		14		29

Згідно формули $K_{з.о.} = 9,05$; тобто тип виробництва багатосерійний згідно ГОСТ 3.1108-94.

Коефіцієнт потоковості, або добова програма випуску:

Добова програма випуску:

$$N_g = \frac{N}{D}$$

де, D – кількість робочих днів в році $D = 254$ дні.

$$N_g = \frac{25000}{254} = 98,4 \approx 99 \text{деталей}$$

Розрахуємо продуктивність потокової лінії, Q_g :

$$Q_g = (\tau \cdot F_c \cdot \eta_{з.н.}) \left(\sum_{i=1}^n T_{ум_i} \right)^{-1}$$

де, F_c - добовий фонд часу роботи обладнання, ($F_c = 952 \text{ хв}$);

$\eta_{з.н.}$ - коефіцієнт завантаження потокової лінії, ($\eta_{з.н.} = 0,6$).

$$Q_g = (9 \cdot 952 \cdot 0,6)(40,82)^{-1} = 125,3 \text{ деталі.}$$

Так, як $Q_g > N_g$, то використовувати потокову лінію недоцільно.

Використовуємо групову форму організації виробництва.

Визначимо попередньо розмір партії деталей при $a=2$:

$$n_1 = \frac{N_a}{D}$$

$$n_1 = \frac{25000 \cdot 2}{254} = 197 \text{ штук}$$

Кількість змін, необхідних для обробки партії деталей:

$$C = \frac{(\sum T_{ум})n_1}{0,5 \cdot r \cdot F_c \cdot \eta_n}$$

$$C = \frac{40,82 \cdot 197}{0,5 \cdot 35 \cdot 952 \cdot 0,75} = 1,32$$

Приймаємо, $C_{пр} = 2$ зміни.

Встановлюємо розмір партії деталей:

$$n_{пр} = \frac{0,5 \cdot F_c \cdot r \cdot n_{n_1}}{\sum T_{ум}} \cdot C_{пр}$$

$$n_{пр} = \frac{0,5 \cdot 952 \cdot 35 \cdot 0,75}{40,82} \cdot 2 = 612,2$$

Приймаємо $n_{пр} = 613$ деталей.

4.1.2. Визначення кількості працівників на дільниці

1) Розрахунок кількості основних виробничих робітників. Їх кількість визначається виходячи з кількості основного виробничого устаткування:

- для дільниці

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ш.к.i} \cdot N}{F_d \cdot m \cdot S_{пр}} - \text{величина завантаження верстатів;}$$

де $m = 2$ - кількість змін; $S_{nn} = 14$ - прийнята кількість верстатів.

$$\eta = \frac{59,9 \cdot 25000}{60 \cdot 4015 \cdot 14} = 0,32.$$

Кількість основних виробничих робітників:

$$R_{вер.} = \frac{F_{д.р.} \cdot m \cdot S_{np} \cdot \eta}{F_{д.р.} \cdot S_p};$$

де, $S_p = 1$ - кількість верстатів на яких одночасно може працювати один робітник – верстатник; $F_{д.р.} = F_p \cdot k_p$ - дійсний річний фонд часу робітника; $F_p = 2070 год$ - номінальний річний фонд часу робітника; $k_p = 0,87$ - коефіцієнт, який враховує час на відпуск і невихід робітника на роботу; (при відпуску 24 робочих дня).

$$F_{д.р.} = 2070 \cdot 0,87 = 1800(год);$$

$$R_{вер.} = \frac{4015 \cdot 14 \cdot 0,39}{1800 \cdot 1} = 12,5 \approx 13(робітників).$$

2) Розрахунок кількості виробничих робочих – слюсарів на дільниці береться у % від кількості основних робітників верстатників.

$$R_{сл.} = R_{вер.} \cdot 3\% = 13 \cdot 0,03 = 0,037 \approx 1(роб. - слюсар).$$

3) Кількість допоміжних робітників (у відсотках від кількості основних робітників)

$$R_o = R_{вер.} \cdot 25\% = 13 \cdot 0,25 = 3(роб.).$$

(з них 2 контролери).

б) Загальна кількість працюючих на дільниці:

$$R = R_{вер.} + R_{сл.} + R_o = 13 + 1 + 3 = 17(працівників);$$

I зміна – 10 чол., II зміна – 7 чол.

4.1.2 Розрахунок виробничої площі дільниці

Площа дільниці для виготовлення корпусу залежить від розмірів та маси верстатів і приймається для легких верстатів в межах 14...18 м², для середніх – 18...22 м², для важких – 22...30 м² [2].

Таблиця 4.2 – Площа ділянки для виготовлення корпуса

Обладнання (верстат)	Кількість	Модель	Габарити, мм	Тип	Прийнята питома площа, м ²
1	2	3	4	5	6
Горизонтально-фрезерний	6	6P10	3000×1600	середній	120
Копірувально-фрезерний	2	6M42K	3000×1600	середній	40
Радіально-свердлильний	3	2K52	910×550	легкий	51
Токарний	1	16K20	3000×1600	середній	20
Вертикально-фрезерний	1	6M55	3000×1600	середній	20
Горизонтально-розточний	1	2615	3000×1600	середній	20
Слюсарний верстак		—	1500×1000	—	6
Промивочна машина		—	1500×1000	—	6
Контрольний стіл		—	2000×1000	—	6
Місця склад, заг. і дет.		—	—	—	19
Загальна площа ділянки механічної обробки					308

4.2 Розробка технічного планування ділянки

Планування ділянки і цеху повинно забезпечувати найбільш сприятливі умови виробництва і разом з тим, щодо безпеки, санітарії, та пожежні вимоги. Спроектований цех має форму прямокутника 54х72м, одноповерхова будівля.

На ділянки механічної обробки деталі 731.617.002 встановлено наступні типи верстатів:

- токарний – 1К62;
- розточний – 2615;
- свердлильні – 2К52, 2М55, 2Н118;
- фрезерні – 6P10, 6M42K, 5Н80Г.

Технологічне обладнання на ділянки розташоване у відповідності за ходом технологічного процесу. Деталь затискується за допомогою спеціальних пневмопристроїв. Всі робочі місця забезпечено необхідним оснащенням і стелажми. Для безпечного переміщення вантажів і руху людей в цеху наявні окремі входи і виходи, в'їзди і виїзди для людей і транспорту. Всі двері і ворота відкриваються назовні.

На випадок в цеху пожежі, обладнано додатковий евакуаційний вихід.

В зовнішніх виходах (виїздах) встановлено повітряну теплову завісу з двома дверима, котрі стоять одні від других на відстані, не меншої ніж на ширину дверного полотна + 0,2. Для забезпечення безперешкодного заїзду автомашин з вантажем ворота цеху мають розміри 3х3,5м.

Основним принципом розташування обладнання на ділянці є забезпечення найкоротшого шляху руху заготовки з врахуванням правильного розташування проходів і проїздів. Отже, відстань між верстатами по фронту рівна $A=1200\text{мм}$. Ширину проїздів Б приймаємо $B=3400\text{мм}$; проходів $V=1400\text{мм}$. Ширину стелажного обладнання приймаємо рівною 0,47м. Відстань між тильними сторонами верстату $\Gamma=900\text{мм}$. Відстань від бокової сторони верстату до колон складає $D=1300\text{мм}$.

4.3. Основні техніко-економічні показники ділянки

Основні техніко-економічні показники ділянки занесемо в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Основні техніко-економічні показники ділянки

№ п/п	Показник	Одиниці виміру	По ділянці
1	Найменування виробу		корпус
2	Річна програма випуску	шт.	25000
3	Кількість верстатів	шт	14
4	Тип виробництва		великосерійне
5	Кількість робітників: - основних - допоміжних всього	чол.	13 3 16
6	Виробничі площі: - основного виробництва - допоміжного виробництва всього	М ²	171 37 308
7	Питома площа на одного основного робітника	М ²	17

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Характеристика дільниці механічної обробки деталі корпус 731.617.002 з точки зору техніки безпеки

Площа виробничого приміщення становить не менше 15м² на одного робітника. Згідно нормативу СН245-91 висота від до низу несучих конструкцій перекриття повинна бути не менша 3м. Значні відхилення вологості повітря, запиленості, вмісту сильнозабруднюючих речовин, котрі викликають забруднення рук, одягу повинна бути відсутні. Для зберігання чистого і спеціального одягу в допоміжних приміщеннях є шафи.

У відповідності з ГОСТ12.1.005-88 ССБТ, роботи в даному механічному цеху відносяться до категорії робіт середньої важкості. Па – це роботи, які пов'язані з постійною ходьбою, що вимагають певного фізичного напруження.

Система опалення, прийнята для виробничих приміщень у яких виробничий процес не пов'язаний з виділенням вибухонебезпечних, горючих і отруйних аерозолів та пилу.

На дільниці механічного оброблення деталі передбачаються природне і штучне освітлення. Норматив природного освітлення регламентуються ДБН В.2.5-28-2006 Природне і штучне освітлення. Норми проектування. Згідно вказаної норми, роботи, які будуть проводитись на дільниці, по степені точності відносяться до IV розряду (середньої точності) з найменшим розміром об'єкту розпізнавання від 0,5 до 1мм.

Розряд зорової роботи визначається згідно СНиП-П-4-99.

Межа відношення:

$$d/l = 0,0008/0,7 = 1,14 \cdot 10^{-3};$$

де d - мінімальний розмір об'єкту розпізнавання; l - відстань від об'єкту до очей робітника.

5.2. Пожежна профілактика

Проектування і експлуатація всіх промислових підприємств регламентується СНіП 2.01.02-85. В даному виробництві не використовуються і не виготовляються вогненебезпечні речовини, та не мають місце високі температури. Тому, згідно нормативів приміщення даного цеху відносяться до категорії Д-пожежобезпечні. Пожежна характеристика виробничої будівлі наведена в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1-Пожежна характеристика виробничої будівлі

Категорія виробництва			Площа поверху в межах пожежного відсіку, м ²		
Категорія	Кількість поверхів	Степінь вогнестійкості будівель	Одноповерхові	Багатоповерхові	
				2-во поверхові	3-и поверхові
Д	I	II	2000	-	-

Дані, щодо вогнестійкості приміщень цеху зведені в таблицю 5.2

Дерев'яні конструкції в цеху відсутні, стани – бетонні, віконні рами металеві. Стальні конструкції пофарбовані вогнетривкою фарбою.

Таблиця 5.2-Характеристика вогнестійкості будівлі

Степінь вогнестійкості	Мінімальні граничні вогнестійкості будівельних конструкцій (чисельник) і максимальні граничні розповсюдження вогню (знаменник)									
	Стіни					Сходи	Плити	Колони	Елементи покриття	
	Несучі і коридорні	Самонесучі	Зовнішньо-несучі	Внутрішньо-несучі	Плити				Балки	
II	2/0	1/0	0,25/0	0,25/0	1/0	0,15/0	2/0	м.м./ м.м.	м.м./ м.м.	

На випадок пожежі для евакуації людей необхідно передбачити шляхи евакуації, які ведуть до евакуаційних виходів. Максимальна відстань до евакуаційного виходу з приміщення для будівель категорії виробництва "Д" і категорії приміщення II не обмежується.

В якості евакуаційних виходів служать двоє воріт для в'їзду і виїзду транспорту. Ширина дверей для входу і виходу не повинна бути меншою 0,2м – однієї половини.

Схема евакуації людей з цеху зображена на рисунку 5.1.

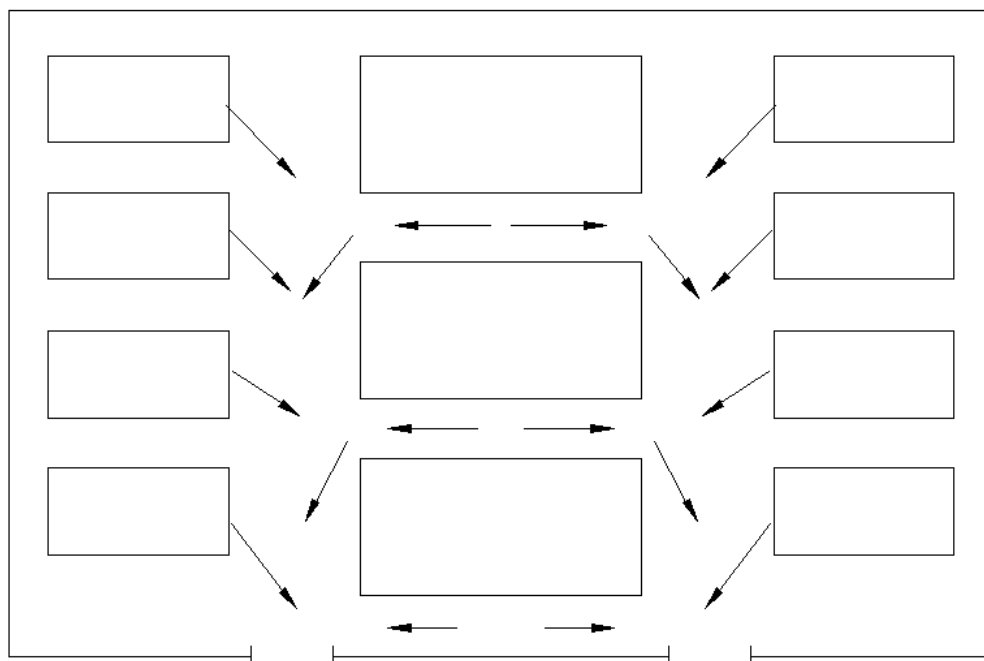


Рисунок 5.1. Схема евакуації людей з дільниці

Згідно СНиП-II-31-04 розхід води для зовнішнього пожежогасіння наведено в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3-Розхід води для зовнішнього пожежогасіння

Степінь вогнестійкості	Категорія виробництва	Витрати води для гасіння пожежі, м/с			
		до 3,0	3 ÷ 5	5 ÷ 20	20 ÷ 50
II	"Д"	15	15	20	-

Цех оснащується вогнегасником з розрахунку 1 штука на 600м², розміщеними рівномірно на території цеху. На дільниці механічної обробки необхідно встановити вогнегасники ОУ-2 і ОХП-10.

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

В кваліфікаційній роботі бакалавра розроблено технологічний процес механічної обробки корпусу 731.617.002. Встановлено тип та організаційну форму виробництва. Відпрацьовано деталь на технологічність. Вибрано спосіб отримання заготовки, економічно обґрунтовано. Вибрано метод обробки поверхонь. Проведено розрахункове обґрунтування баз. Визначено допуски, припуски і операційні розміри. Проведено розрахунок режимів різання, вибір обладнання та оснащення. Проведено нормування технологічного процесу.

Спроектовано пристрій для свердління отвору в деталі на радіально-свердлильному верстаті моделі 2М55. Вибрано і обґрунтовано принципи дії, структурні схеми. Проведено силовий розрахунок параметрів приводу. Проведено розрахунок на точність. Дано загальний опис конструкції, принцип дії. Спроектовано контрольний пристрій, який застосовується для контролю контролю кута $4^{\circ}30' \pm 10'$.

Спроектовано механічну дільницю для обробки корпусу. Розраховано виробничу площі дільниці. Розроблено технологічне планування дільниці.

В розділі охорона праці розглянуто санітарно-гігієнічна характеристика умов праці на дільниці цеху. Розглянуто пожежну характеристику виробничої будівлі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методологія підготовки випускної роботи за спеціальністю 131 - Прикладна механіка (освітній рівень – бакалавр; спеціалізація – технології машинобудування): Навчальний посібник / В.Д. Рудь, Т.Є. Божко, Т.Н. Гальчук. - Луцьк: РВВ Луцького НТУ, – 2017. – 487 с.
2. Zabolotnyi, O., Bozhko, T., Machado, J., Yarmoliuk, S., Zaleta, O. (2021). Influence of the Cutting Temperature on the Surface Layer Quality When Grinding Sintered Porous Materials. In: Tonkonogyi, V., Ivanov, V., Trojanowska, J., Oborskyi, G., Pavlenko, I. (eds) Advanced Manufacturing Processes III. InterPartner 2021. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham / URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-91327-4_45.
3. Zabolotnyi, O., Bozhko, T., Halchuk, T., Zaleta, O., Cagaňová, D. (2022). Investigation of the Surface Layer Hardness When Grinding Sintered Porous Workpieces. In: Ivanov, V., Trojanowska, J., Pavlenko, I., Rauch, E., Peraković, D. (eds) Advances in Design, Simulation and Manufacturing V. DSMIE 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham / URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-06025-0_35
4. Якімов О.В. Технологія машино- та приладобудування: навчальне видання / О.В. Якімов, В.І. Марчук. - Луцьк, 2005. – 710с.
5. Божидарнік В., Григорєва Н., Шабайкович В. Технологія виготовлення виробів: навчальний посібник / В. Божидарнік, Н. Григорєва, В. Шабайкович. – Л.: Надстиря, 2006. – 592с.
6. Металорізальні інструменти : навчальний посібник / С. В. Швець. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 272 с.
7. Гарнець В. М. Механічна обробка заготовок різанням: навч. посібник / В. М. Гарнець [та ін.]. – К. : КНУБА, 2008. – 164 с.
8. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А. Технологія машинобудування : підручник / Мельничук П.П., А.І. Боровик, П.А. Лінчевський. – Житомир: ЖДТУ, 2005.

9. Металообробне обладнання. Кінематичний аналіз металорізальних верстатів. Навч. Посіб. / Ю.М. Данильченко, О.В. Шевченко, В.А. Ковальов, В.Н. Волошин. – К: НТУУ «КПІ», 2007. – 57 с.

10. Основи охорони праці: підручник / В.І. Голінько; М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. – 2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014. – 271 с.