

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

Бакалаврська дипломна робота

на тему:

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ВИГОТОВЛЕННЯ КОРПУСУ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНОГО
РЕГУЛЯТОРА НАСОСА ЗМІННОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ

Виконав: студент 4 курсу, групи ІПМ-206
напряму підготовки
131 – «Прикладна механіка»

Пруський І. О. _____

Керівник: д.т.н. професор каф. ТАМ

Козлов Л.Г. _____

«06» червня 2024 р.

Рецензент: д.т.н. професор каф. АТМ

Кашканов А.А. _____

«12» червня 2024 р.

Допущено до захисту
Зав. кафедри _____ Леонід КОЗЛОВ
«07» 06 2024 р.

Вінниця ВНТУ - 2024 року

Вінницький національний технічний університет

Факультет машинобудування та транспорту

(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

(повна назва кафедри)

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань – 13 Механічна інженерія

(шифр і назва)

Спеціальність – 131 – «Прикладна механіка»

(шифр і назва спеціальності)

Освітньо - професійна програма – Комп'ютеризовані технології та механотронні системи в машинобудуванні

(назва освітньо - професійної програми)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

д.т.н., професор Козлов Л.Г.

« 11 » 03 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Пруському Іллі Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Вдосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу електрогідравлічного регулятора насоса змінної продуктивності

Керівник роботи Козлов Леонід Геннадійович, д.т.н., професор

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ 11 ” 03 2024 року №80

2. Термін подання студентом роботи 14.06.24р.

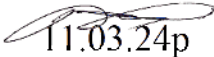
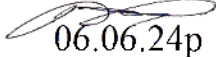
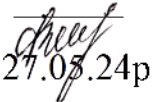
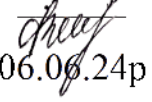
3. Вихідні дані до роботи Креслення деталі Корпус електрогідравлічного регулятора насоса змінної продуктивності

Матеріал: Сталь 40Х ГОСТ 2590-88, Програма випуску: 4000 шт.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): вступ, анотації, визначення типу виробництва і форми організації роботи; аналіз конструкції і технологічності деталі; розробка тривимірної моделі деталі; вибір способу виготовлення заготовки; розробка маршруту механічної обробки; розмірний аналіз технологічного процесу; визначення мінімальних проміжних припусків; визначення режимів різання; визначення технічних норм часу; розрахунок елементів ділянки механічної обробки; моделювання процесу обробки деталі; охорона праці; перелік використаної літератури.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) робоче креслення деталі; робоче креслення заготовки; розробка тривимірної моделі деталі; маршрут механічної обробки деталі; карта налагодження; розмірний аналіз;

6. Консультанти розділів роботи

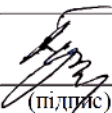
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Спеціальна частина Охорона праці	Леонід КОЗЛОВ, д.т.н проф., зав. кафедри ТАМ	 11.03.24р	 06.06.24р
	Інна ВІШТАК, доцент кафедри БЖД ПБ	 27.05.24р	 06.06.24р

7. Дата видачі завдання « 11 » 03 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

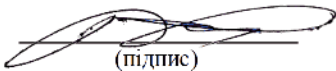
№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітка
		початок	закінчення	
	Формування та затвердження теми бакалаврської дипломної роботи (БДР)	11.03.24р	20.03.24р	
	Виконання спеціальної частини БДР. Перший рубіжний контроль виконання БДР	23.04.24р	26.04.24р	
	Виконання спеціальної частини БДР. Другий рубіжний контроль виконання БДР	27.05.24р	29.05.24р	
	Виконання розділу «Охорона праці»	27.05.24р	06.06.24р	
	Перевірка на антиплагіат	06.06.24р	07.06.24р	
	Нормоконтроль БДР	06.06.24р	07.06.24р	
	Попередній захист БДР	10.06.24р	11.06.24р	
	Рецензування БДР	11.06.24р	12.06.24р	
	Захист БДР	18.06.24р.	21.06.24р.	

Студент


(підпис)

Пруський І. О.

Керівник роботи


(підпис)

Козлов Л.Г.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	4
ABSTRACT.....	5
ВСТУП.....	6
1 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА І ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ.....	7
2 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ ДЕТАЛІ.....	11
2.1 Аналіз службового призначення деталі.....	11
2.2 Кількісний аналіз технологічності деталі.....	12
3 РОЗРОБКА ТРИВИМІРНОЇ МОДЕЛІ ДЕТАЛІ.....	15
3.1 Коротка характеристика обраної CAD-системи.....	15
3.2 Алгоритм побудови тривимірної моделі деталі Корпус електрогідролічного регулятора насоса змінної продуктивності	16
4 ВИБІР СПОСОБУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИХІДНОЇ ЗАГОТОВКИ.....	23
5 РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ.....	25
5.1 Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах заданого типу виробництва.....	25
5.2. Розрахунок кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні $\varnothing 15^{+0,018}$. Вибір кількості ступенів механічної обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності.....	27
5.3 Вибір чистових та чернових технологічних баз.....	27
5.4. Проектування маршруту механічної обробки.....	28
6 РОЗМІРНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ.....	33
6.1 Вибір розташування технологічних розмірів.....	33
6.2 Попереднє визначення допусків технологічних розмірів.....	33
6.3 Розмірна схема технологічного процесу.....	34
6.4 Побудова похідного, вихідного графів-дерев і суміщеного графа.....	34
6.5 Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь.....	36
6.6 Рівняння технологічних розмірних ланцюгів.....	37
6.7 Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків, корекція (за необхідністю) допусків технологічних розмірів і (або) маршруту механічної обробки.....	37
7 ВИЗНАЧЕННЯ ПРИПУСКІВ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ РОЗМІРІВ НА МЕХАНІЧНУ ОБРОБКУ БОКОВИХ ГРАНЕЙ.....	41
7.1 Визначення мінімальних проміжних припусків на механічну обробку поверхні бокових граней.....	42
7.2 Визначення проміжних припусків і розрахунок технологічних розмірів та максимальних припусків на механічну обробку решти поверхонь	43
8 ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ.....	44
9 ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНИХ НОРМ ЧАСУ НА ОПЕРАЦІЇ.....	49
10 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ.....	51
10.1 Розрахунок приведеної програми.....	51
10.2 Розрахунок кількості обладнання.....	58
10.3 Побудова графіків завантаження обладнання.....	58

10.4 Розрахунок кількості працюючих на ділянці	60
11 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	60
11.1 Аналіз умов праці.....	62
11.1 Виробнича санітарія.....	62
11.2.1 Мікроклімат.....	62
11.2.2 Освітлення.....	64
11.2.3 Шум.....	65
11.2.4 Вібрація.....	66
11.3 Промислова безпека.....	66
11.4 Електробезпека.....	67
11.5 Пожежна безпека.....	67
ВИСНОВКИ.....	69
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	70
ДОДАТКИ	
ДОДАТОК А графічна частина	
ДОДАТОК Б Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	

АНОТАЦІЯ

В бакалаврській дипломній роботі розроблено технологічний процес механічної обробки деталі Корпус електрогідравлічного регулятора насоса змінної продуктивності.

В першому розділі визначено тип виробництва та форму організації роботи. В другому розділі виконаний аналіз технологічності деталі. В третьому розділі розроблена тривимірна модель деталі та дана коротка характеристика обраної CAD-системи. В четвертому розділі здійснено вибір способу отримання заготовки на основі техніко-економічного порівняння. В п'ятому розділі розроблений маршрут механічної обробки деталі. В шостому розділі виконано розмірний аналіз маршруту механічної обробки. В сьомому розділі було визначено мінімальні проміжні припуску на бокові грані деталі. В восьмому розділі виконано детальний розрахунок режимів різання для чорнового точіння. В дев'ятому розділі було визначено технічні норми часу на обробку всієї деталі. В десятому розділі розраховано елементи дільниці механічної обробки. В одинадцятому розділі розглянуто умови праці, заходи по техніці безпеки та пожежна безпека.

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування, ВНТУ

ABSTRACT

The technological process of mechanical processing of the part "Electro-hydraulic distributor housing" was developed in the bachelor thesis.

The first chapter defines the type of production and the form of work organization. In the second section, the analysis of the manufacturability of the part is performed. In the third section, a three-dimensional model of the part is developed and a brief description of the selected CAD system is given. In the fourth section, the method of obtaining the workpiece is selected on the basis of a technical and economic comparison. In the fifth section, the route of mechanical processing of the part is developed. In the sixth chapter, a dimensional analysis of the mechanical processing route is performed. In the seventh section, the minimum intermediate allowances on the side faces of the part were determined. In the eighth chapter, a detailed calculation of cutting modes for rough turning is performed. In the ninth chapter, the technical norms of time for processing the entire part were determined. In the tenth section, the elements of the mechanical processing section are calculated. The eleventh chapter deals with working conditions, safety measures and fire safety

Кафедра технології та автоматизації машинобудування, ВНТУ

ВСТУП

Метою виконання дипломної роботи є розробка технологічного процесу механічної обробки деталі «Корпус електрогідравлічного регулятора насоса змінної продуктивності».

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити ряд задач:

провести аналіз конструкції і технологічності деталі; спроектувати заготовку деталі, на основі варіативного порівняння способів її виготовлення; розробити тривимірну модель деталі у CAD-системі; розробити маршрут механічної обробки деталі; вибрати чистові та чорнові технологічні бази; виконати розмірний аналіз технологічного процесу; визначити припуски і технологічні розміри на механічну обробку граней деталі; розрахувати режими різання на переходах технологічного процесу механічної обробки; відобразити у графічному вигляді відповідно до вимог ЄСКД результати прийнятих рішень; проаналізувати умови праці на дільниці, де буде виготовлятися деталь; розглянути заходи по техніці безпеки.

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування, ВНТУ

1 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА І ФОРМИ ОРГАНІЗЦІЇ РОБОТИ

ГОСТ 3.1121-84 передбачає п'ять типів виробництва, в залежності від коефіцієнта закріплення операцій, формула (1.1): масове виробництво ($K_{з.о.} = 1$); великосерійне виробництво ($1 < K_{з.о.} \leq 10$); середньосерійне виробництво ($10 < K_{з.о.} \leq 20$); дрібносерійне виробництво ($20 < K_{з.о.} \leq 40$); одиничне виробництво ($K_{з.о.} > 40$).

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O_i}{\sum P_i}, \quad (1.1)$$

де $\sum O_i$ – кількість операцій, які виконуються на дільниці; $\sum P_i$ – кількість робочих місць на дільниці.

Для визначення $K_{з.о.}$, відповідно і типу виробництва, вихідними даними, слугують робоче креслення і річна програма випуску деталі.

Згідно креслення встановимо найбільш типові переходи механічної обробки деталі “Корпус електрогідролічного регулятора” і занесемо до табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Зміст технологічних переходів

Переходи механічної обробки	Параметри обробки							$K_{з.о.}$
	$l_{осл.}, \text{мм}$	$l_{итт. к.}, \text{мм}$	φ_k	C_p	P	$\eta_{з.ф.}$	O	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Фрезерування попереднє пов.1 $l=75\text{мм}$	0,9	1,26	1,4	0,11	1	1	6,82	8,1
Фрезерування попереднє $l=75\text{мм}$	0,9	1,26	1,4	0,11	1	1	6,82	
Фрезерування остаточне пов.1 $l=75\text{мм}$	0,6	0,84	1,4	0,08	1	1	9,38	
Свердління отв. $\varnothing 8$	0,78	1,1	1,4	0,1	1	1	7,5	
Зенкерування отв. $\varnothing 8$	0,315	0,45	1,4	0,04	1	1	18,75	
Розвертування отв. $\varnothing 8$	0,645	0,91	1,4	0,08	1	1	9,38	
Свердління отв. $\varnothing 8,5$	0,32	0,45	1,4	0,04	1	1	18,75	
Фрезерування попереднє пов.2 $l=75\text{мм}$	0,9	1,26	1,4	0,11	1	1	6,82	
Фрезерування попереднє пов.2 $l=75\text{мм}$	0,9	1,26	1,4	0,11	1	1	6,82	
Фрезерування остаточне пов.2 $l=75\text{мм}$	0,6	0,84	1,4	0,08	1	1	9,38	
Фрезерування попереднє пов.3 $l=100\text{мм}$	1,2	1,68	1,4	0,15	1	1	5	

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Фрезерування попереднє пов.3 l=100мм	1,2	1,68	1,4	0,15	1	1	5	8,1
Фрезерування остаточне пов.3 l=100мм	0,8	1,12	1,4	0,1	1	1	7,5	
Свердління 4 отв.	1,248	1,75	1,4	0,16	1	1	4,69	
Свердління 2 отв.	0,3536	0,5	1,4	0,05	1	1	15	
Фрезерування попереднє пов.4 l=100мм	1,2	1,68	1,4	0,15	1	1	5	
Фрезерування попереднє пов.4 l=100мм	1,2	1,68	1,4	0,15	1	1	5	
Фрезерування остаточне пов.4 l=100мм	0,8	1,12	1,4	0,1	1	1	7,5	
Свердління 3 отв.	0,3978	0,56	1,4	0,05	1	1	15	
Фрезерування попереднє пов.5 та 6 l=100мм	2,8	3,92	1,4	0,35	1	1	2,15	
Фрезерування попереднє пов.5 та 6 l=100мм	2,8	3,92	1,4	0,35	1	1	2,15	
Фрезерування остаточне пов.5 та 6 l=100мм	0,6	2,24	1,4	0,2	1	1	3,75	

Визначено основний час $T_{осл.}$ для, записаних в таблиці (див. табл. 1.1), переходів механічної обробки.

Визначуваний тип виробництва, середньосерійний, згідно рекомендацій [1].

Визначено $T_{шт. \Pi_k}$.

$$T_{шт.-к.} = T_{осл.} \cdot \Phi_k [\text{хв}], \quad (1.2)$$

де Φ_k – коефіцієнт, що залежить від типу виробництва.

Кількість верстатів, для переходів механічної обробки, обчислимо за наступною формулою:

$$C_{pi} = \frac{N \cdot T_{шт. \Pi_k}}{60 \cdot F_o \cdot \eta_{з.н.}} [\text{шт}], \quad (1.3)$$

де $N = 8000$ шт. – річна програма випуску деталі “ Корпус електрогідравлічного регулятора ”; $T_{шт. \Pi_k}$ – штучно-калькуляційний час, хв; F_o – дійсний фонд роботи обладнання ($F_o = 2040$ год); $\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання ($\eta_{з.н.} = 0,75$).

Прийняту кількість верстатів P , отримуємо в результаті заокруглення до найближчого більшого числа.

Розраховано фактичний коефіцієнт завантаження, використовуючи формулу:

$$\eta_{з.н.} = \frac{C_{pi}}{P_i}, \quad (1.4)$$

де C_{pi} – необхідна кількість верстатів для виконання даної операції; P_i – кількість робочих місць для виконання даної операції.

Встановлено кількість операцій, які виконуються на кожному місці:

$$O_i = \eta_{з.н.}^{з.ф.і} [шт], \quad (1.5)$$

де $\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання; $\eta_{з.ф.і}$ – фактичний коефіцієнт завантаження обладнання, на i -ій операції.

Розрахована загальна кількість операцій, які можуть бути виконані на робочих місцях $\sum O_i$:

$$\begin{aligned} \sum O_i &= 6,82 + 6,82 + 9,38 + 7,5 + 18,75 + 9,38 + 18,75 + 6,82 + 6,82 + 9,38 \\ &+ 5 + 5 + 7,5 + 4,69 + 15 + 5 + 5 + 7,5 + 15 + 2,15 + 2,15 + 3,75 = 178,16 (шт). \end{aligned}$$

Коефіцієнт закріплення $K_{з.о.}$ становить:

$$K_{з.о.} = 178,16 / 22 = 8,1.$$

Значення отриманого коефіцієнта закріплення операцій відповідає великосерійному типу виробництва.

Форма організації роботи визначається порівнянням добового випуску виробів N_o і розрахункової добової продуктивності лінії Q_o . Якщо $N_o < Q_o$, то потокову лінію використовувати недоцільно. Доцільність використання потокової форми організації визначається виразом: $N_o \geq Q_o$.

$$N_o = \frac{N}{254} [шт], \quad (1.6)$$

де 254 – кількість робочих днів в році.

$$Q_o = \frac{T_{\text{шт.к.}}^{\text{д}}}{T_{\text{шт.к.сер}} \cdot \eta_z} [шт],$$

де $T_{\text{шт.к.сер}}$ – середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів, хв.; η_z – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії.

$$T_{шт|к_{сер}} = \frac{\sum T_{шт|к_i}}{\sum \Pi_i} [хв] \quad (1.8)$$

де $T_{шт|к_i}$ – штучно-калькуляційний час виконання i -го переходу, хв.; $\sum \Pi_i$ – сумарна кількість виконуваних переходів.

Відповідно середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів становитиме:

$$T_{шт|к_{сер}} = \left(1,28 + 1,26 + 0,84 + 4,1 + 0,45 + 1,91 + 0,45 + 1,26 + 1,26 + 0,84 + 4,68 \right) / 22 = 1,43 (хв).$$

Отже, добова продуктивність лінії становитиме:

$$Q_d = \frac{952 \cdot 0,8}{1,43} = 499 (шт).$$

Необхідний випуск виробів на добу:

$$N_{н} = \frac{4000}{254} = 15,75 (шт).$$

За результатами порівняння було обрано групову форму організації роботи.

Для групової форми організації роботи, кількість деталей в партії для одночасного запуску знайдемо спрощеним способом:

$$n = \frac{N \cdot a}{254} [шт], \quad (1.9)$$

де a – періодичність запуску деталей на обробку, в днях. Для середньосерійного типу виробництва бажане значення – 6 днів.

$$n = \frac{4000 \cdot 6}{254} = 94,5 (шт).$$

Розрахункове число змін на обробку всієї партії деталей на робочих місцях

$$c = \frac{T_{шт-к} \cdot n}{76 \cdot 0,8} = \frac{1,43 \cdot 95}{476 \cdot 0,8} = 0,35. \quad (1.10)$$

Знайдемо кількість деталей у партії, які необхідні для завантаження обладнання на основних операціях протягом цілого числа змін

$$n_{пр} = \frac{476 \cdot 0,35 \cdot 1}{1,43} = 166,5 (шт). \quad (1.11)$$

Отже, тип виробництва – великосерійний, з груповою формою організацією роботи, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 266 шт.

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування, ВНТУ

2 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ ДЕТАЛІ

2.1 Аналіз службового призначення деталі

Деталь «Корпус електрогідралічного регулятора», (рис. 2.1), входить до складу електрогідралічного регулятора. Деталь базується на поверхні $\varnothing 8$. Суміжні деталі базуються по кріпильній поверхні M18, M10.

Згідно креслення основною конструкторською базою є поверхня В та Д відносно яких обумовлене розташування додаткових базових поверхонь.

Допоміжні бази деталі – це кріпильні поверхні M18, M10

Вільні поверхні – 100, 75, 55, фаска $0,5 \times 45^\circ$.

Найбільш точною є циліндрична поверхня $\varnothing 15^{+0,018}$ до неї ставляться наступні вимоги: обробка по 7 квалітету точності і шорсткість, яка становить $R_a = 0,63$ мкм

Поставлені вимоги щодо відносного розташування поверхонь:

- перпендикулярність ($\varnothing 8,5$) відносно бази Е.
- перпендикулярність ($\varnothing 15$, $\varnothing 26$) відносно бази Д.

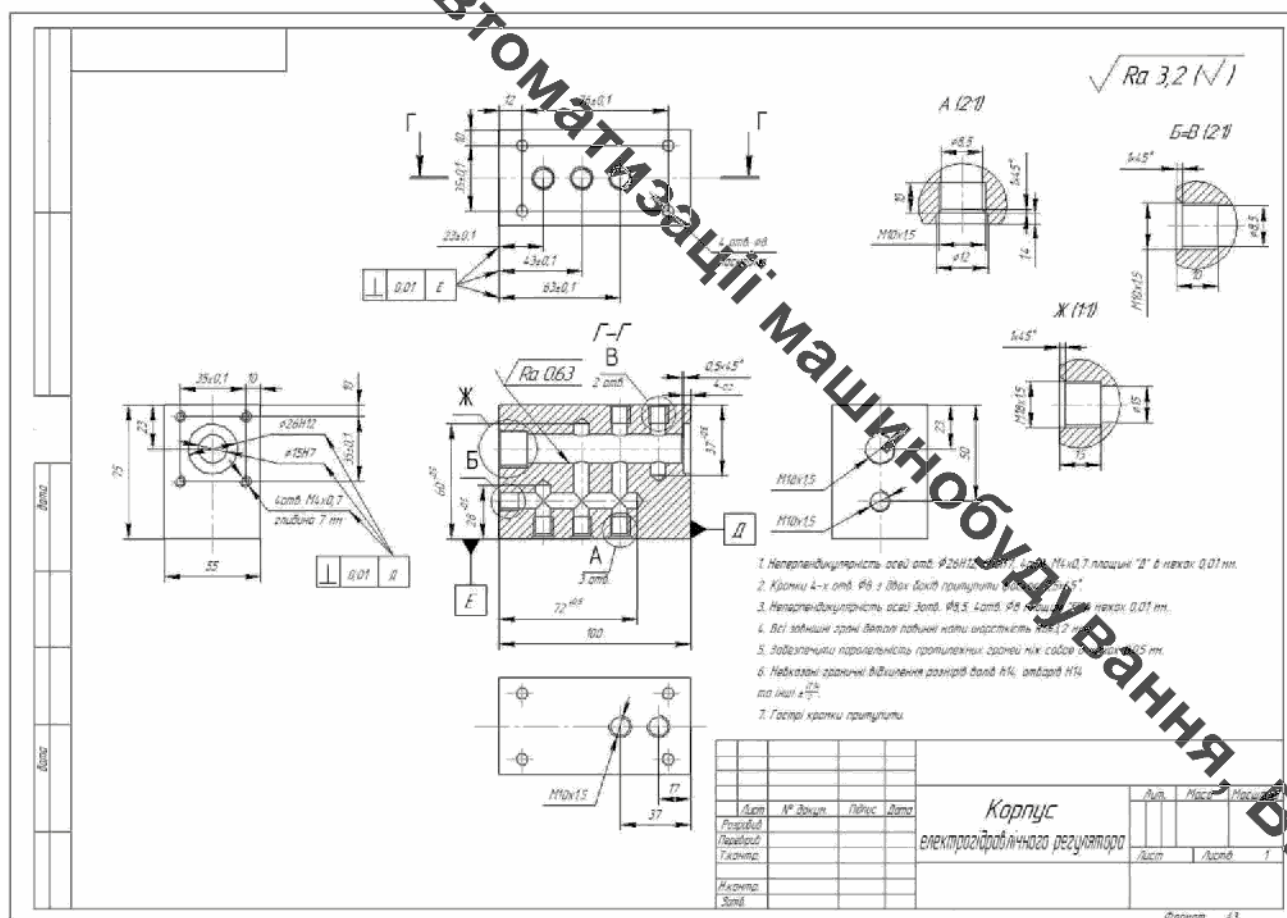


Рисунок 2.1 – Креслення деталі «Корпус електрогідралічного регулятора»

Аналіз конструкції деталі показав, що деталь є технологічною і обробка поверхонь даної деталі буде виконуватися без додаткових ускладнень. Тому для її виготовлення можна застосувати високопродуктивні методи обробки.

Для правильного підбору інструменту і режимів різання наведемо характеристики матеріалу деталі, табл. 2.1 та 2.2.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад матеріалу

C	Si	Mn	Cr	Cu	S	P
не більше						
0,36-0,44	0,17-0,37	0,5-0,8	0,8-1,1	до 0,3	0,035	0,035

Таблиця 2.2 – Фізичні властивості матеріалу

Твердість HB	σ_b , МПа	σ_T , МПа	Відносне видов- ження, %	Відносне зву- ження, %	Ударна в'яз- кість
217	980	785	10	45	430

2.2 Кількісний аналіз технологічності деталі

Для кількісного аналізу потрібно знайти: коефіцієнт уніфікації, коефіцієнт точності, коефіцієнт шорсткості та порівняти їх із нормативними.

Таблиця 2.3 – Визначення коефіцієнта уніфікації

Розміри									
1		2		3		4			
лінійні		діаметральні		кутові		шорсткість		різь метрична	
0,5	5*	8	4*	45	16*	0,63	1*	4	4*
1	7*	8,5	6*			3,2	54*	10	6*
1,4	1	12	3*					18	1*
4	1*	15	1*						
8	4*	26	1*						
10	9*								
12	1*								
15	5*								
23	3								
35	3								
37	1								
43	1								
50	1*								
55	1*								
60	1*								
63	2*								
72	1								
75	1*								
76	1								

Продовження таблиці 2.3

Всього	55		15	16	55		11
Уніфіковані	41		15	16	40		11

Примітка: позначення «*» мають уніфіковані розміри

Для знаходження коефіцієнта уніфікації скористаємося формулою (2.1).

$$K_y = \frac{\sum Q_{ye}}{\sum Q_{ze}}, \quad (2.1)$$

де Q_{ye} – кількість уніфікованих елементів; Q_{ze} – загальна кількість елементів.

$$K_y = \frac{138}{152} = 0,91.$$

Всі лінійні та діаметральні розміри занесено в табл. 2.3.

Таблиця 2.4 – Визначення коефіцієнта точності обробки

Квалітет	Кількість поверхонь	Розрахунок
7	1	7
8	11	88
12	1	12
14	42	588
Сума	55	695

Коефіцієнт точності обробки згідно ГОСТ 18834-73, знайдемо по формулі (2.2).

$$K = 1 \left| \frac{1}{T_{cp}} \right|, \quad (2.2)$$

де T_{cp} – середній квалітет точності, який визначається за формулою (2.3).

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (2.3)$$

де T_i – квалітет точності оброблюваних поверхонь даної деталі; n_i – кількість поверхонь деталі, що мають точність T_i квалітета.

$$T_{cp} = \frac{588}{55} = 12,64,$$

$$K_r = 1 - \frac{1}{12,87} = 0,92.$$

Таблиця 2.5 – Коефіцієнт шорсткості поверхні

Шорсткість	Кількість поверхонь	Розрахунок
0,63	1	0,63
3,2	54	172,8
Всього	55	173,43

Коефіцієнт шорсткості поверхні згідно ГОСТ 18831-73, знайдемо по формулі (2.4).

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{ср}}, \quad (2.4)$$

де $Ш_{ср}$ – середня шорсткість поверхні, знайдемо по формулі (2.5).

$$Ш_{ср} = \frac{\sum Ш_k \cdot n_k}{\sum n_k} [мкм], \quad (2.5)$$

де $Ш_k$ – шорсткість оброблюваних поверхонь даної деталі; n_k – кількість поверхонь, що мають шорсткість, яка відповідає певному числовому значенню R_a , мкм.

$$K_{ш} = \frac{1}{3,15} = 0,31,$$

$$Ш_{ср} = \frac{173,43}{55} = 3,15 (мкм)$$

Порівняємо отримані коефіцієнти із нормативними $K_y = 0,91 > 0,6$; $K_r = 0,92 > 0,8$; $K_{ш} = 0,31 < 0,32$. Як можемо бачити всі коефіцієнти відповідають умовам, тому дана деталь за кількісними показниками є технологічною.

3 РОЗРОБКА ТРИВИМІРНОЇ МОДЕЛІ ДЕТАЛІ

3.1 Коротка характеристика обраної CAD-системи

CAD-програми (computer aided design) – системні комплекси для проектування, за допомогою яких автоматизують завдання на різних стадіях виготовлення промислової продукції.

Всі CAD-системи, незалежно від термінології, призначені для оптимізації роботи інженерного складу підприємства. Якщо застосовувати їх правильно, доречно, вони підвищують продуктивність праці окремих груп працівників. А це призводить до підвищення загальних показників продуктивності персоналу в цілому.

Розробка даної тривимірної моделі деталі «Корпус електрогідравлічного регулятора» проводиться в програмі «SolidWorks 2023», оскільки SolidWorks 2023 відповідає найсучаснішим вимогам. Можливості системи забезпечують проектування машинобудівних виробів будь-якої складності і відповідно до самих передових методик проектування.

Також програма дозволяє працювати над різними деталями і вузлами за допомогою твердотільного моделювання, яке прекрасно підходить для проектування різних валів, втулок, кронштейнів та корпусів самої різної конфігурації. Базовими командами тут виступають операції видавлювання і обертання. Процес створення моделей в даній CAD-системі є простим, оскільки інтерфейс програми, (рис. 3.1), є зрозумілим та інтуїтивним.

Великим плюсом SolidWorks 2023 є доступність в різних модифікаціях, як від офіційного представника, надана для пробного періоду чи для навчання, так і у вільному доступі в інтернет мережі. Для даної програми є знято багато відео матеріалів для швидкого оволодіння не тільки базовими командами а й більш складними операціями.

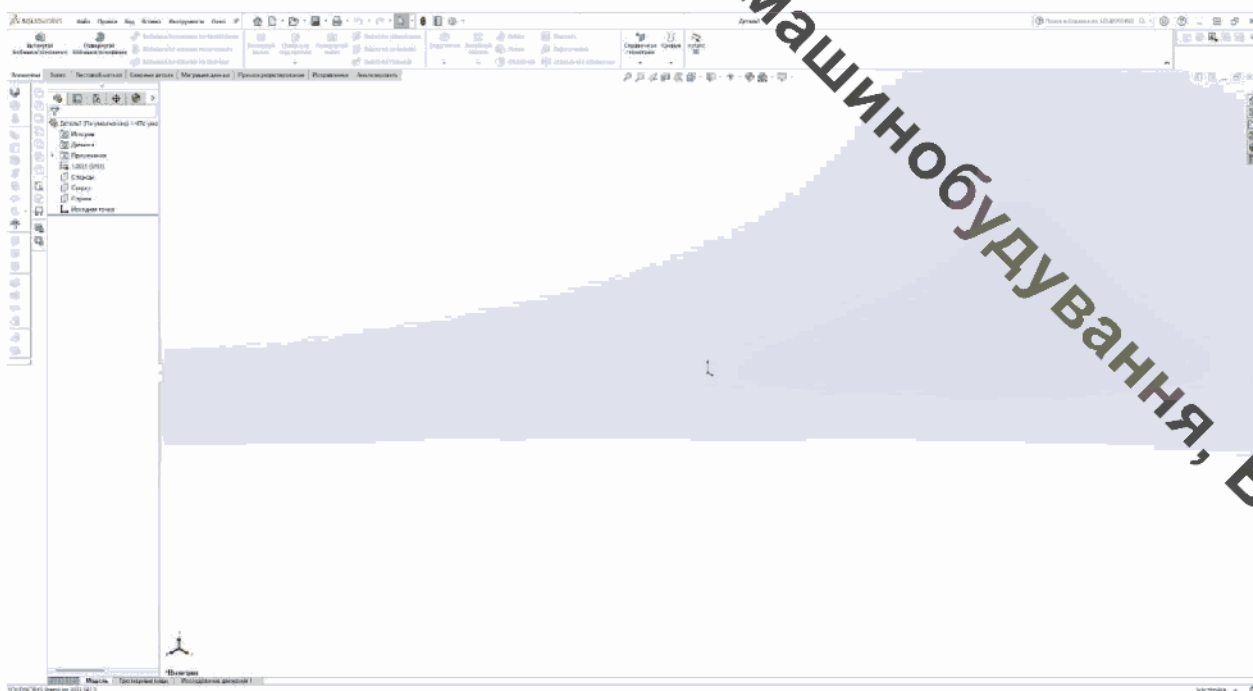


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд інтерфейсу програми SolidWorks 2023, при створенні 3D моделей

3.2 Алгоритм побудови тривимірної моделі деталі «Корпус електрогідравлічного регулятора насоса змінної продуктивності»

Побудова основи тривимірної моделі деталі «Корпус електрогідравлічного регулятора» була розпочата із креслення в площині XZ ескизу основи деталі, (рис. 3.1 а), Далі за допомогою команди «Витянутая бобышка/основание»  » видавлюємо основу деталі, (рис. 3.1 б), в результаті виконання операції отримуємо основу для наступних операцій (рис. 3.1 в).

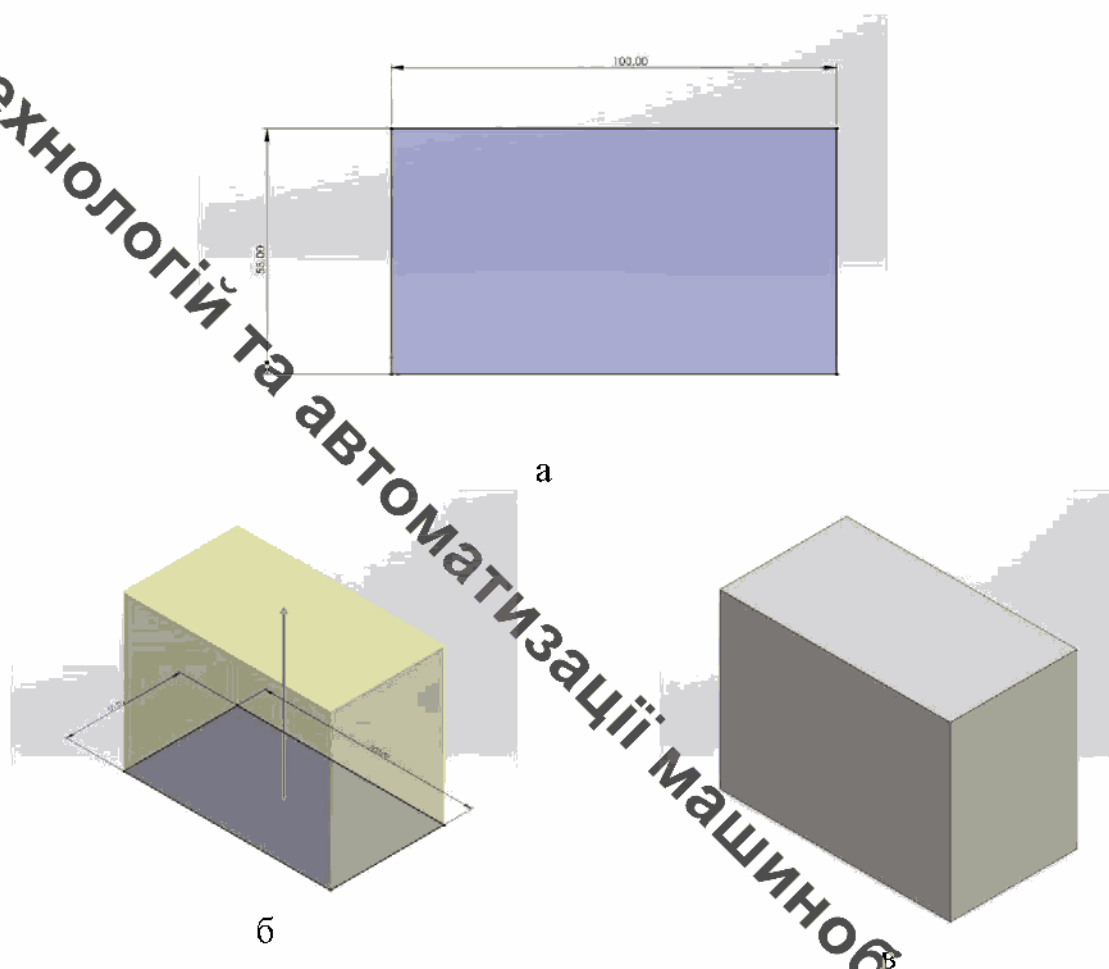
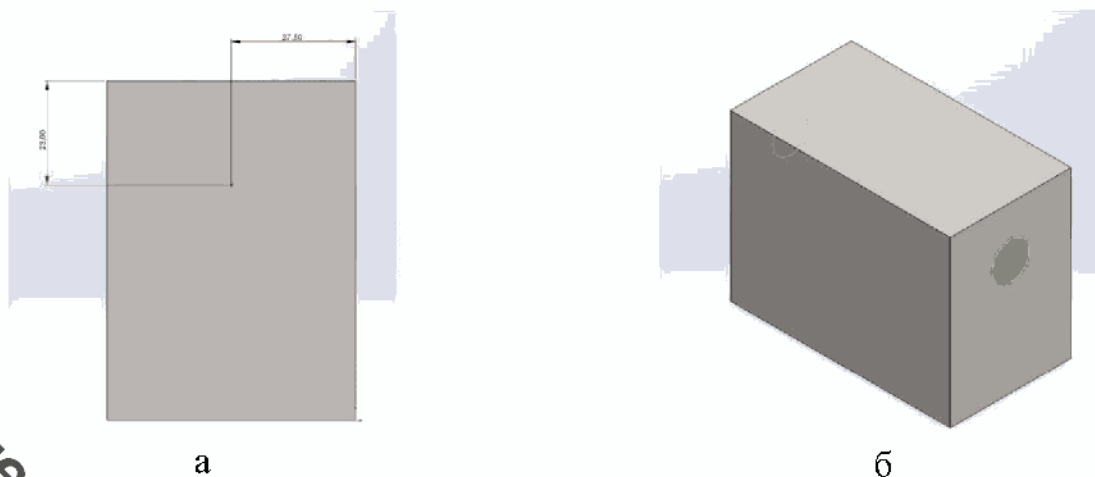


Рисунок 3.1 – а) ескиз основи деталі; б) процес видавлювання;
в) результат виконання операції

Щоб отримати центральний отвір, використаємо команду «Отверстие обработанное метчиком» для початку потрібно у площині ZY задати розположення отворів, показаний на рис. (3.2 а), далі видавлюємо, (рис. 3.2 б). Результат виконання операції показано на рис. (3.3).



а
Рисунок 3.2 – а) ескіз; б) процес видавлювання

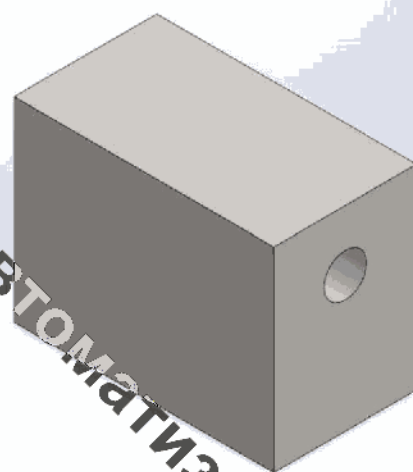
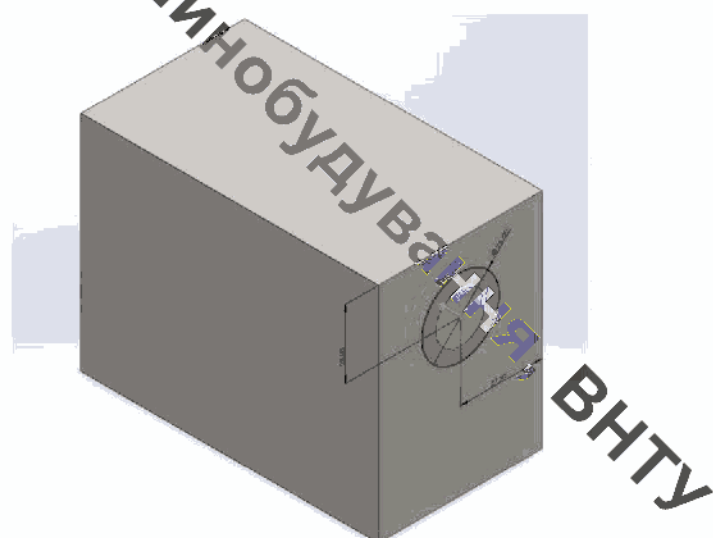
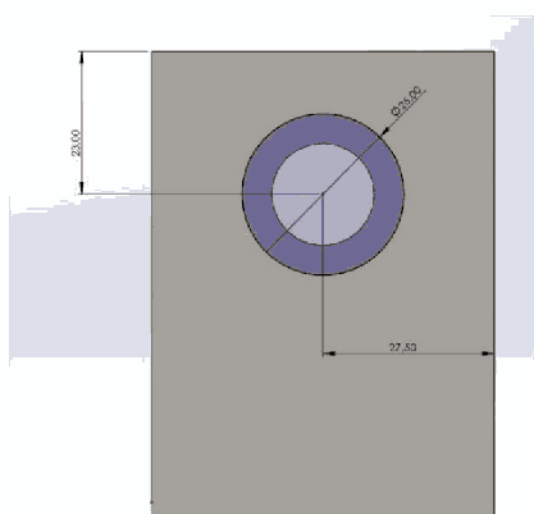


Рисунок 3.3 – Результат отриманий після виконання операції

Для отримання лиски на отворі потрібно накреслити ескіз, (рис. 3.4 а), процес вирізання та результат показано на рис. (3.4 б).



а
Рисунок 3.4 – а) ескіз; б) процес вирізання

Для утворення отвору з різью M10x1,5 повторимо наведені вище пункти, результат виконання показано на рисунку 3.5.

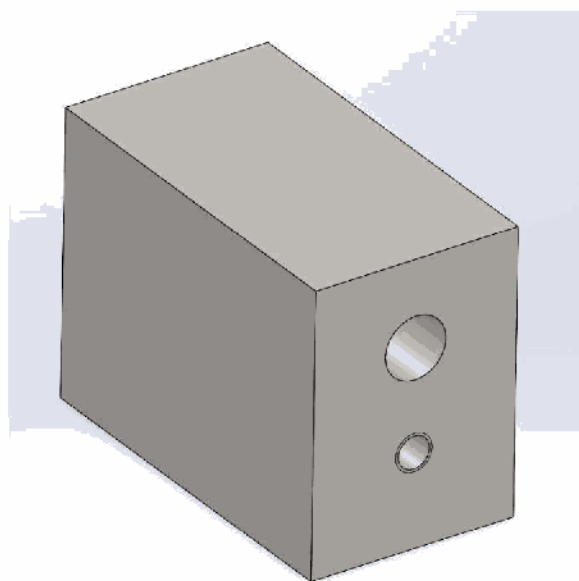


Рисунок 3.5 – Результат виконання операції

Для утворення чотирьох кріпильних отворів створимо ескіз з розташуванням майбутніх отворів, (рис. 3.6 а), результат виконання операції, (рис. 3.6 б).

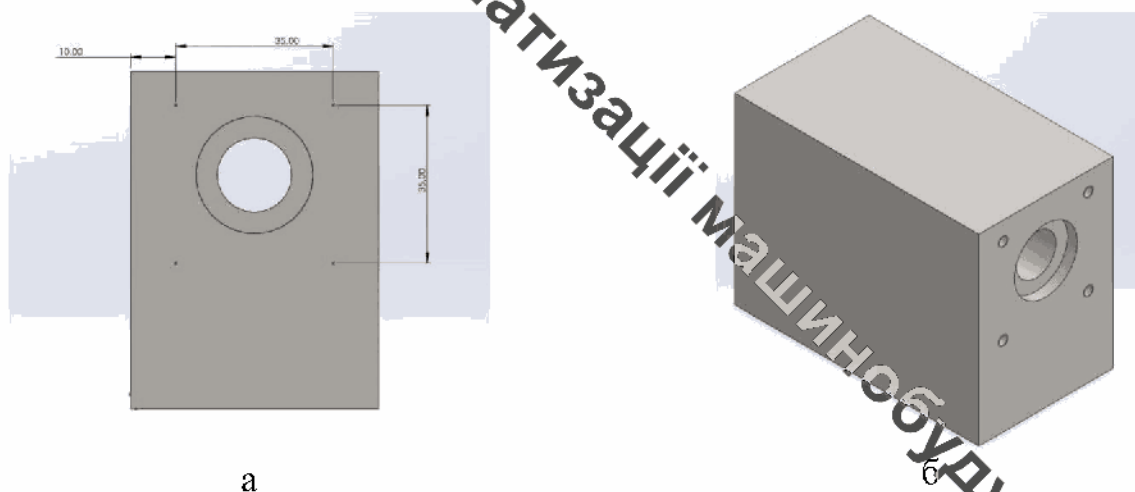
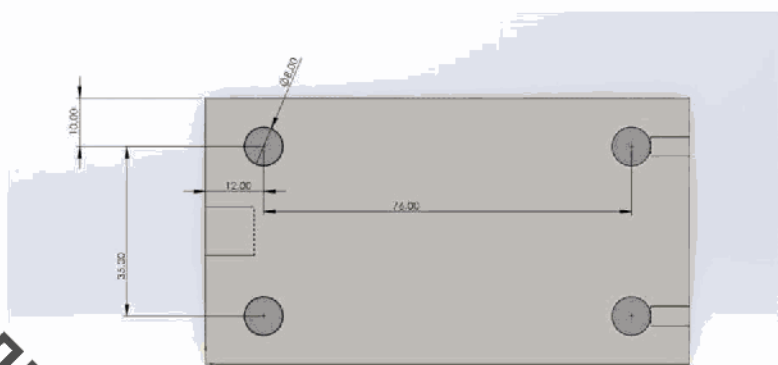


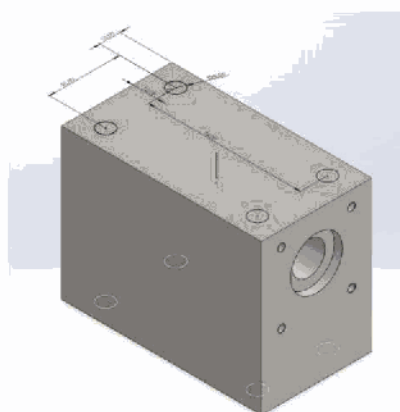
Рисунок 3.6 – а) ескіз шпонкового пазу; б) результат

Створення центрувальних сквозних отворів діаметром 4мм, почнемо з ескізу (3.7 а), процес вирізання, (рис. 3.7 б). Результат обробки показано на рис. (3.7 в).

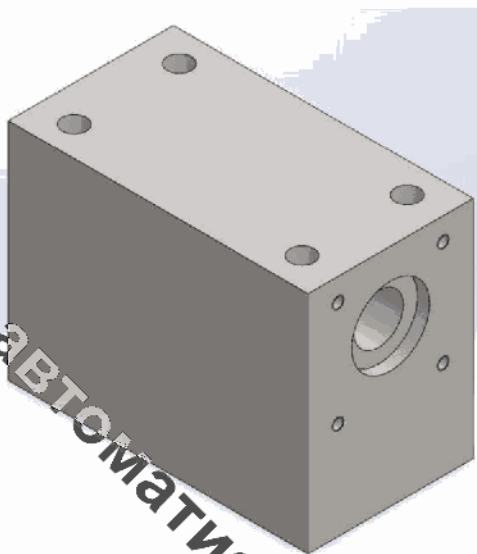
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування, ВНТУ



а



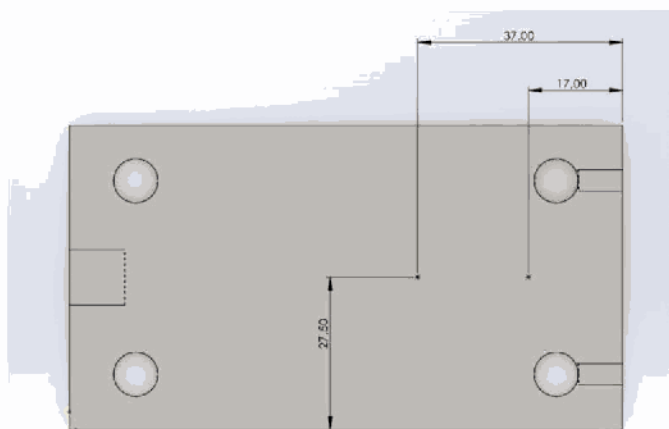
б



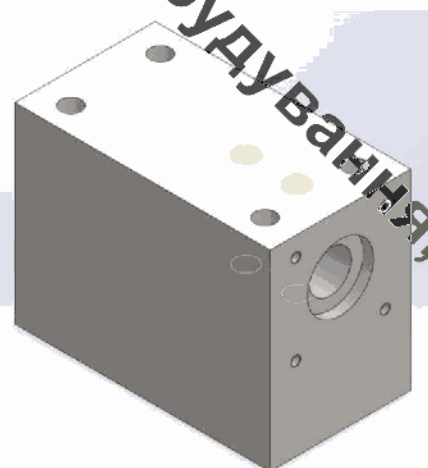
в

Рисунок 3.7 – а) ескіз; б) процес вирізання видавлювання; в) результат виконання операції

Добавимо ще два різьбових отвори, для цього задамо положення на площині деталі, (3.8 а), видавимо їх, (рис. 3.8 б), результат виконання операції показано на рис. (3.8 в).

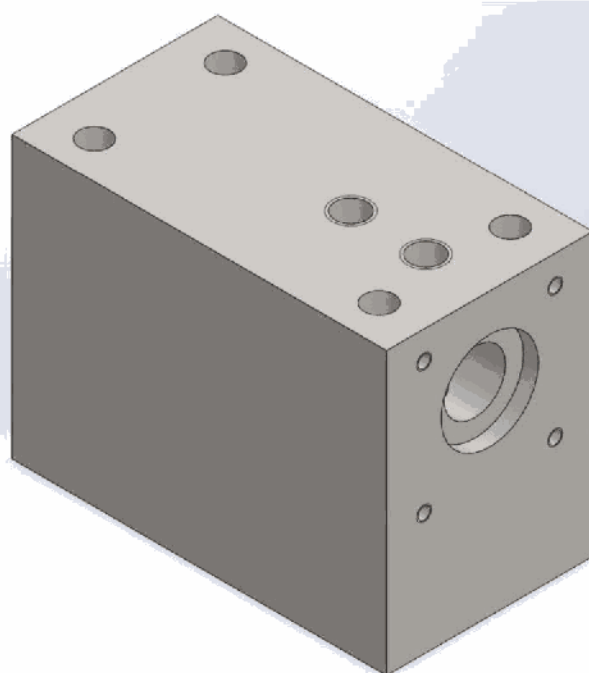


а



б

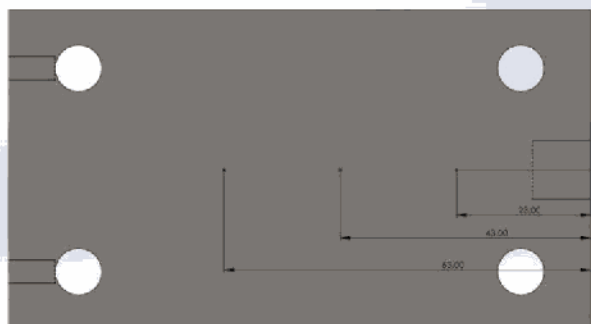
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування, ВНТУ



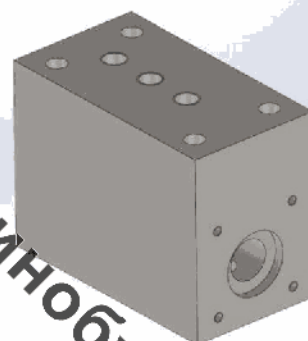
в

Рисунок 3.8 – а) розташування отворів; б) процес видавлювання;
в) результат обробки

Повторимо наведені вище операції і отримаємо останні різьбові отвори моделі, (рис. 3.9).



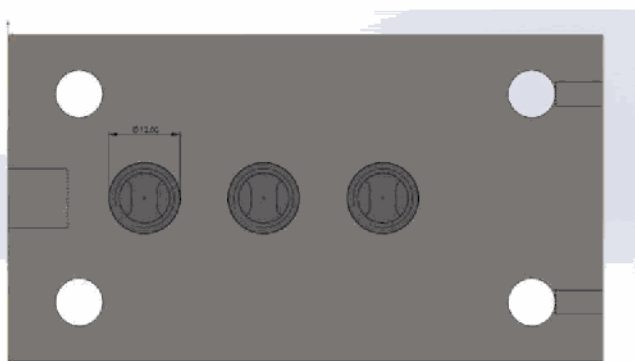
а



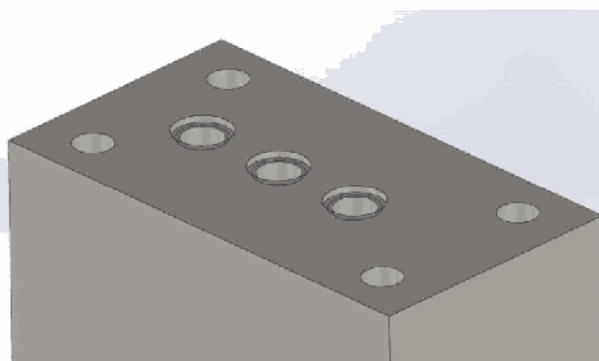
б

Рисунок 3.9 – а) розташування отворів; б) результат обробки

Далі за допомогою операції «Витянутий виріз», вирізаємо ескіз (рис. 3.10 а), таким чином було отримано лиски, (рис. 3.10 б).



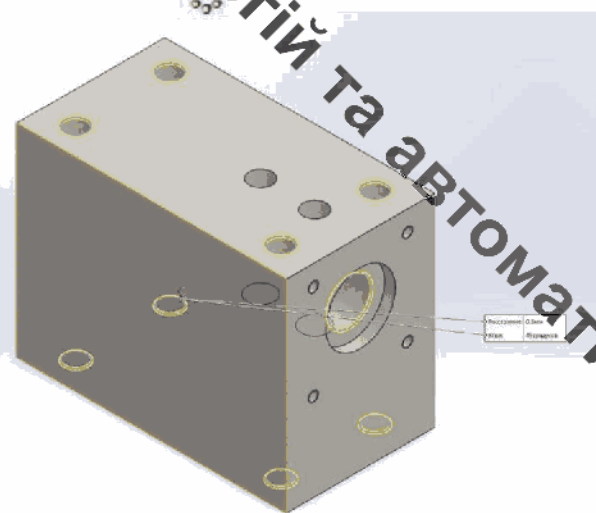
а



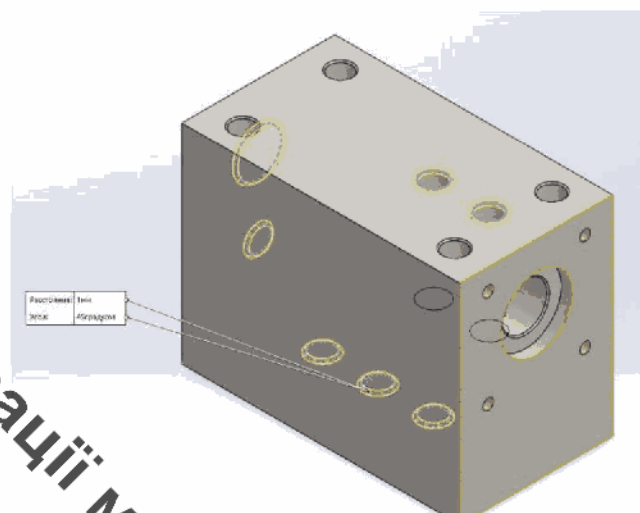
б

Рисунок 3.10 – а) ескіз лисок; б) результат виконання операції

Заключною операцією створення моделі є додавання фасок, як «західних» для нарізання різі, так і технологічних, (рис. 3.11).



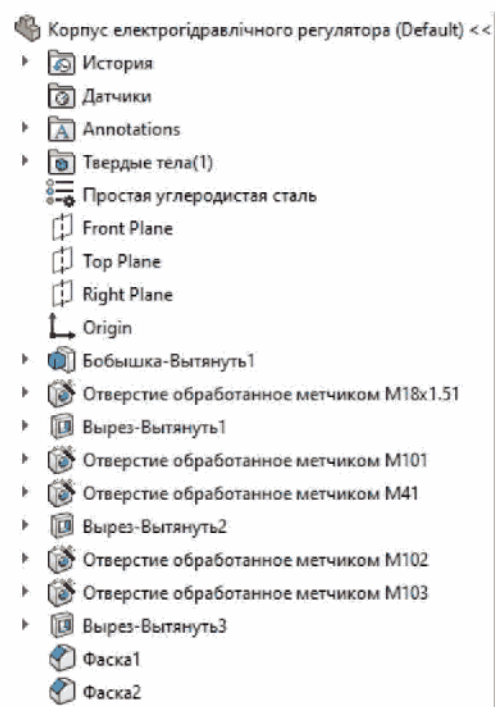
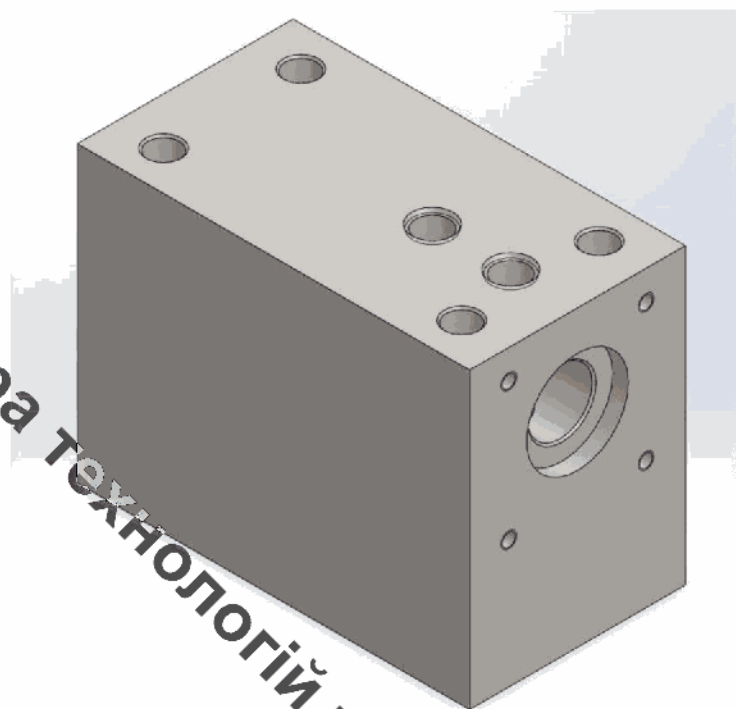
а



б

Рисунок 3.11 – а) фаска 0,5мм; б) фаска 1мм

В результаті виконання всіх попередніх операцій було отримано готову деталь «Корпус електрогідролічного регулятора», (рис. 3.11 а), а також дерево побудови деталі, (рис. 3.11 б).



а

б

Рисунок 3.11 – а) загальний вид деталі «Корпус електрогидравлічного регулятора»;
б) дерево побудови

4 ВИБІР СПОСОБУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИХІДНОЇ ЗАГОТОВКИ

На етапі проектування вихідної заготовки вирішується багато питань. Основним питанням, звичайно, є утворення максимально дешевої, при цьому подібної до готової деталі, заготовки, але не потрібно забувати про, те що в подальшому дана заготовка буде оброблюватися в металорізальному цеху. Тому потрібно знайти такий метод виготовлення заготовки коли сума витрат на виготовлення заготовки і витрати на обробку різанням будуть оптимальними.

Вхідною інформацією для розрахунку заготовки є:

Тип виробництва – середньосерійний;

Матеріал деталі – Сталь 40Х;

Маса деталі – 2,85 кг;

Габаритні розміри: 55х75х100мм.

Оскільки матеріалом деталі є Сталь 40Х, то методом виготовлення деталі буде сортовий прокат через свої габарити та форму.

Для виготовлення даної деталі пропоную 2 варіанти виготовлення — це порізка плазмою з листового прокату та порізка з квадратного прокату. Тому що ці способи є найбільш економічно обґрунтованими з огляду на тип виробництва і забезпечать потрібну конфігурацію заготовки.

Таблиця 4.1 – Розрахунок розмірів заготовки для порізки плазмою

Вихідні дані	Згідно ІСО 9013		Прийнято
Клас точності	1-4		4
	Розрахункові розміри		
	100±0,435	75±0,37	55±0,37
Припуски: основні	5	5	2,5
Додаткові на :			
Клас точності	1	1	-
Відхилення перпендикулярності	0,7	0,7	-
Шорсткості різі	0,32	0,32	-
Зону термічного впливу	1,6	1,6	-
	Розміри заготовки, мм		
	119	94	60
Допуски:	±2,5	±2,5	+0,7

Розміри вихідної заготовки для порізки на ленточній пилі буде розраховуватися від більшого габаритного розміру, 75. Тому було обрано гарячекатаний квадратний прокат з поперечним перерізом 80х80мм. Довжина заготовки складається з основного припуску на механічну обробку, 5мм.

Допуск розмірів 80 буде залежати від точності самого прокату, ГОСТ 2591-88, розмір 110мм – від похибки встановлення квадрату і перекосу полотна при порізці.

Отже, кінцеві розміри і їх допуски наступні: $80^{+0,5}_{-1,3}$, $110^{+1,5}_{-0,5}$.

Вибрати заготовку - значить встановити спосіб її отримання, розрахувати розміри і вказати допуски на неточність виготовлення. Для раціонального вибору заготовки необхідно одночасно враховувати всі перераховані вище вихідні дані, так як між ними існує точний взаємозв'язок. Для того, щоб надати перевагу якомусь із запропонованих способів необхідно визначити вартість заготовок.

Вартість заготовки порізаною плазмою визначаємо за формулою (4.1):

$$C_{\text{заг}} = \frac{L_{\text{заг}}}{1000} \cdot C_{\text{мат}} + l \cdot C_{\text{пор}} + n \cdot C_{\text{проб}} + - \frac{(Q_{\text{заг}} - Q_{\text{дет}}) \cdot C_{\text{відх}}}{1000} [\text{грн}], \quad (4.1)$$

де $C_{\text{відх}}$ – вартість 1 т. відходів, для сталі $C_{\text{відх}} = 5300$ грн.

$$C_{\text{заг}} = \frac{5,28}{1000} \cdot 110000 + 0,452 \cdot 222,6 + 1 \cdot 117,1 - \frac{5,28 - 2,85}{1000} \cdot 5300 = 785,65 \text{ грн.}$$

Вартість заготовки порізаною ленточною пилою визначаємо за формулою (4.2):

$$C_{\text{заг}} = \frac{L_{\text{заг}}}{1000} \cdot C_{\text{мат}} + \frac{l}{60} \cdot C_{\text{пор}} + - \frac{(Q_{\text{заг}} - Q_{\text{дет}}) \cdot C_{\text{відх}}}{1000} [\text{грн}], \quad (4.2)$$

$$C_{\text{заг}} = \frac{5,54}{1000} \cdot 170000 + \frac{4}{60} \cdot 450 + - \frac{(5,24 - 2,85)}{1000} \cdot 5300 = 957,55 (\text{грн.})$$

Після розрахунку вартості заготовок бачимо, що вартість заготовки виготовленої порізкою на ленточній пилі більша ніж порізка плазмою.

Отже, порізка плазмою має переваги над порізкою на ленточній пилі, не тільки за коефіцієнтом витрати матеріалу, а й має значний економічний ефект у сумі 687600грн./рік. Тому, прийнятий спосіб виготовлення заготовки – порізка плазмою.

5 РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

5.1 Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах заданого типу виробництва

Для полегшення та підвищення продуктивності роботи при створенні маршруту механічної обробки скористаємось довідниковими даними, наведемо схему маршруту обробки у вигляді табл. 5.1 [5]. В якості прикладу обираємо обробку пластини, що є подібною до нашої деталі. Робоче креслення зображено на рис. 5.1.

З рисунка видно, що деталь подібна за конфігурацією і конструкцією. Оскільки призначення даних деталей відмінні, то і норми точності і шорсткості також будуть різнитися між собою. Більші параметри точності нашої деталі зумовлюються іншими експлуатаційними умовами.

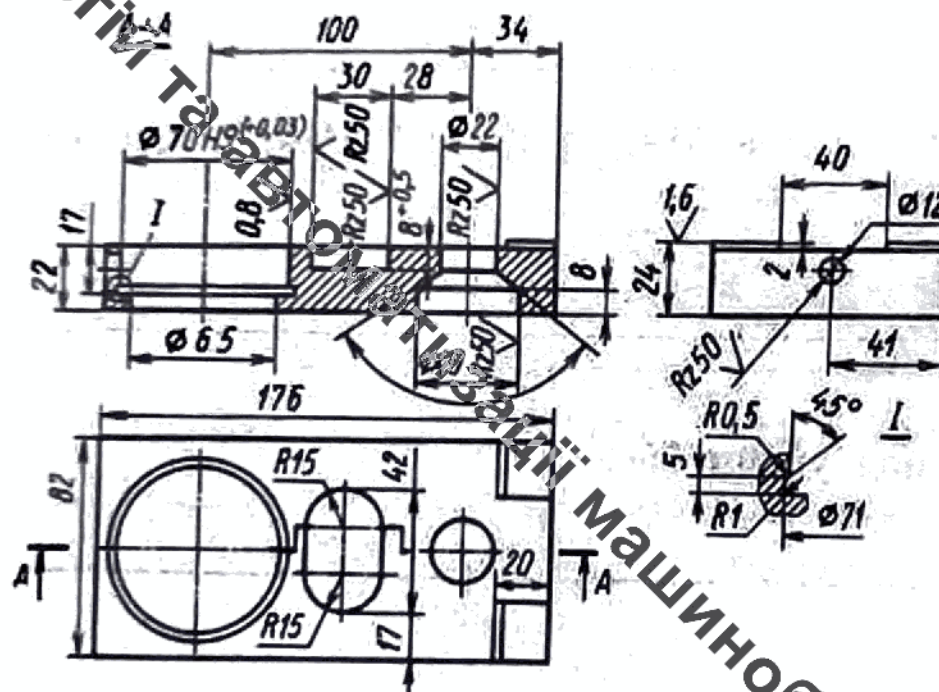


Рисунок 5.1 – Робоче креслення подібної деталі

Таблиця 5.1 – Схема маршруту обробки

№ операції	Найменування та зміст операції	Верстат, технологічна оснастка
1	2	4
005	Заготівельна	Абразивно відрізний автомат 8В262
010	Фрезерна Фрезерувати дві широкі поверхні в розмір 24,3 під шліфування і дві поверхні в розмір 82 остаточно	Вертикально-фрезерний 6Т12, Гідротиски

Продовження таблиці 5.1

1	2	4
015	Фрезерна Фрезерувати два торці в розмір 175 остаточно	Горизонтально фрезерний 6Т82Г
020	Зачисна Зачистити заусиницю після фрезерування	Машинка для зняття заусиниці
025	Плоско шліфувальна Шліфувати дві широкі поверхні в розмір 24 остаточно	Плоскошліфувальний 3П722ДВ, магнітна плита
030	Зачисна Зачистити заусиницю і притупити гострі кромки	Машинка для зняття заусиниці
035	Фрезерна 1. Фрезерувати два платика в розмір 20x40x2 остаточно. 2. Свердлити, розточити і розвернути один отвір $\phi 5/ \phi 1/ \phi 70/ \phi 9$ остаточно. 3. Фрезерувати паз В=30 и h=8+0,5 остаточно. 4. Свердлити і зенкувати один отвір $\phi 22/ \phi 15$ остаточно.	Розточно-свердлильно-фрезерний з ЧПК й інструментальним магазином 2254ВМФ4
040	Свердлильна Свердлити один отвір $\phi 12$	Вертикально-свердлильний 2Н125-1
045	Зачисна Зачистити заусиницю	Машинка для зняття заусиниці
050	Мийна Промити деталь	Мийна машинка
055	Контрольна. Контролювати параметри деталі згідно креслення.	Стіл контролера, універсальні і спеціальні засоби вимірювання.
060	Покриття Хімічне оксидування	
065	Покриття Нанесення антикорозійного покриття	

Можна зробити висновок, що маршрут механічної обробки «Планки» та «Корпус електрогідравлічного регулятора» будуть схожі за принципом побудови, однак різними за характером та кількістю переходів. Тому розроблюваний маршрут механічної обробки нашої деталі базуватиметься на основі наведеного.

5.2. Розрахунок кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні $\varnothing 15^{+0,018}$. Вибір кількості ступенів механічної обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності

Найбільш точною поверхнею є допоміжна конструкторська база – $\varnothing 15H7$, тобто поверхня під золотник. Отвід обробляється з напуску- свердління $\varnothing 14$, зенкерування $\varnothing 14,8$, чорнове та чистове розвертання отвору. При цьому виконуються вимоги по точності та якості отвору.

Для обробки граней корпусу згідно точності достатньо однократного фрезерування, але виконання вимог якості поверхні необхідна трикратна фрезерна обробка. При цьому при кожному подальшому переході точність на розмір поверхні збільшується. Для виконання вимог якості поверхні ($Ra\ 3,2$) – 8 квалітет точності.

5.3 Вибір чистових та чорнових технологічних баз

Заготовка деталі виготовляється із листового прокату. При виконанні технологічного процесу не виконуються ні одна із задач, тобто поверхонь необроблених немає, припуски (напуски) великі.

Установка на операціях виконується у лещатах з виконанням схеми базування по 3 площинах. Схема базування – установча, опорна та напрямна бази. Розміри, що оброблюються, виконуються з обробкою в один установ та суміщенням баз, що анулює похибку базування.

Чорною базою на 005 та 010 є необроблені поверхні рис 5.2. На цих операції слід підготувати поверхні для базування на наступних операціях.

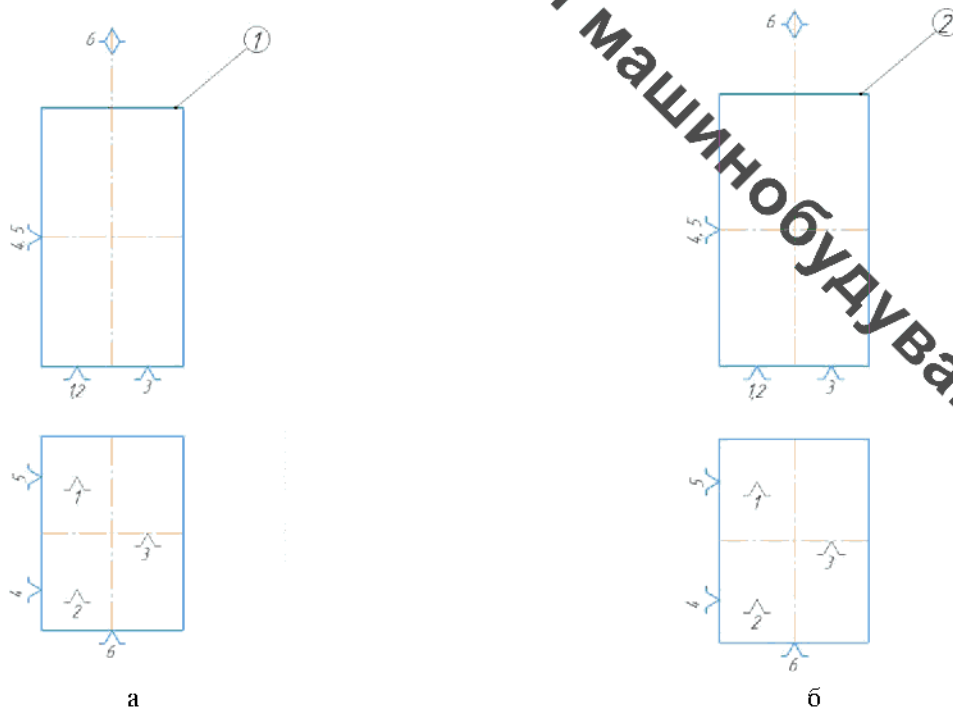


Рис 5.2 – Чорнові технологічні бази (операція 005 (а); операція 010 (б))

Чистовими технологічними базами на операції 015 та 020 є оброблені бокові грані рис 5.3.

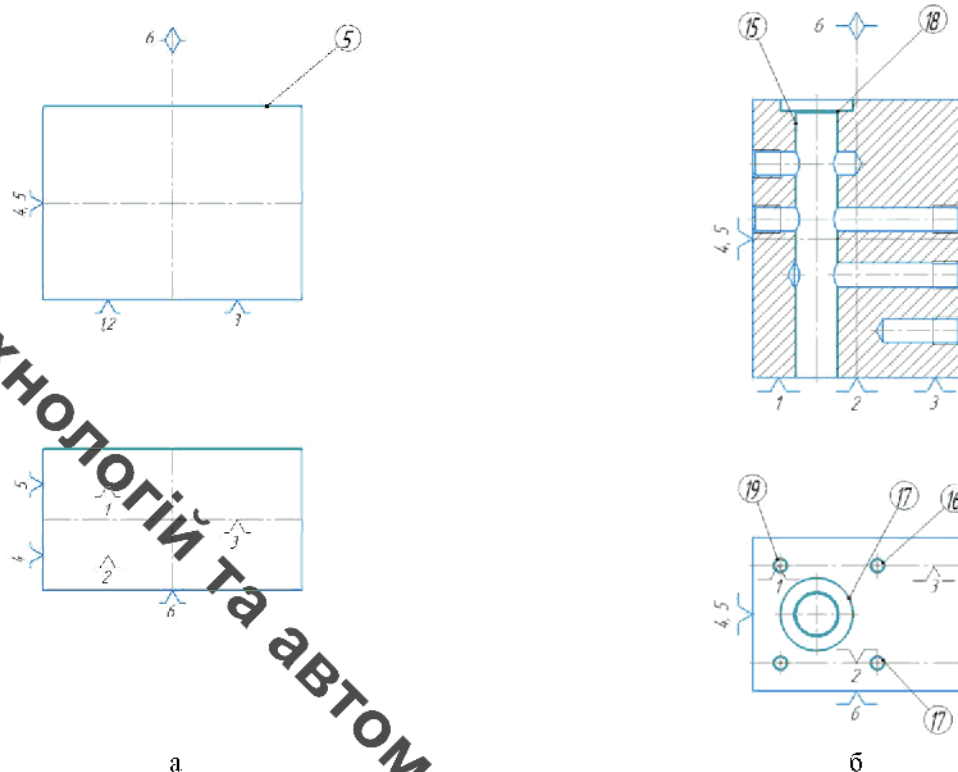


Рис 5.3 – Чистові технологічні бази (операція 010 (а); операція 020 (б))

5.4. Проектування маршруту механічної обробки

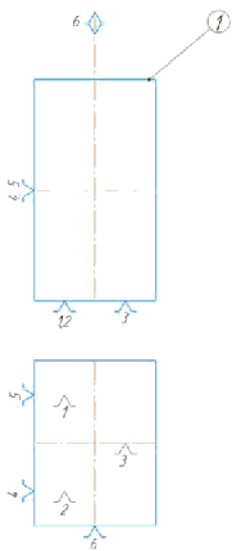
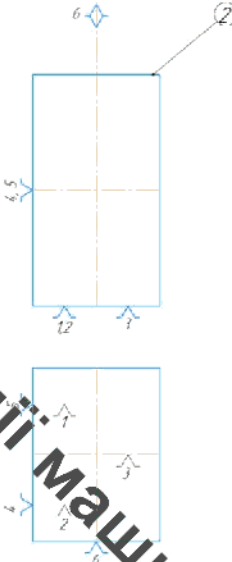
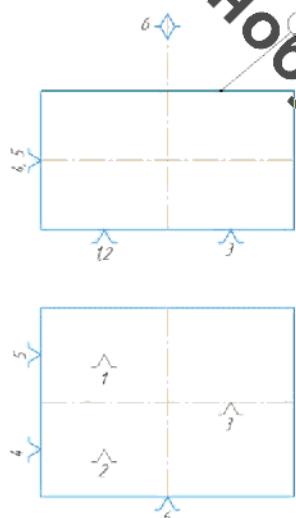
Створюючи маршрут обробки поверхні, виходять з того, що кожен наступний метод повинен бути більш точним ніж попередній.

Маршрут механічної обробки деталі «Корпус електрогидравлічного регулятора» зводимо до табл. 5.3.

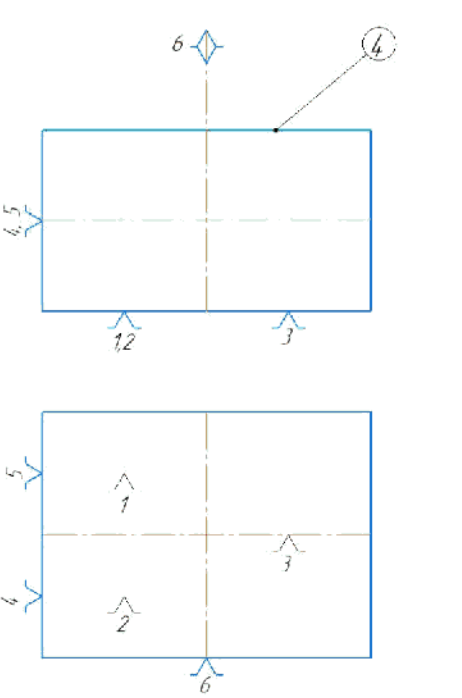
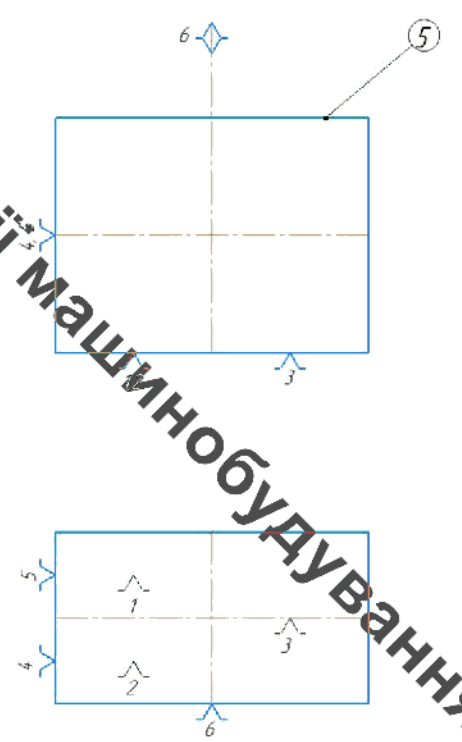
Таблиця 5.3 – Маршрут механічної обробки

№ операції	Найменування операції. Зміст переходу	Схема базування та ескіз деталі	Обладнання
1	2	3	4

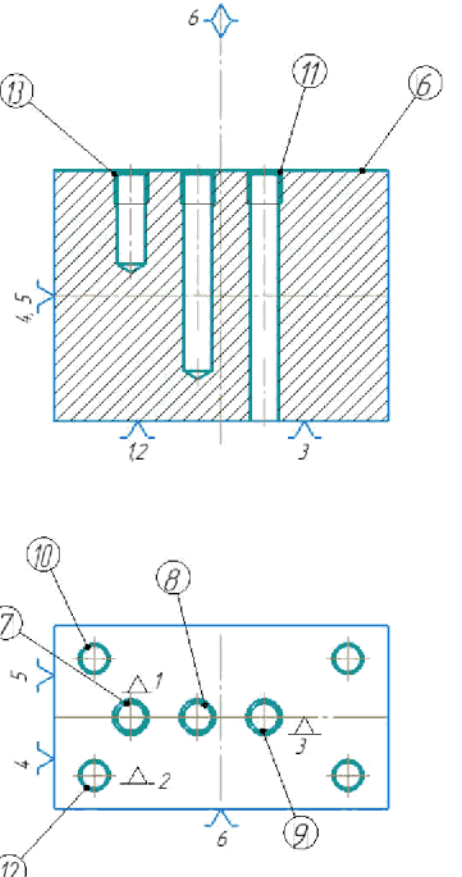
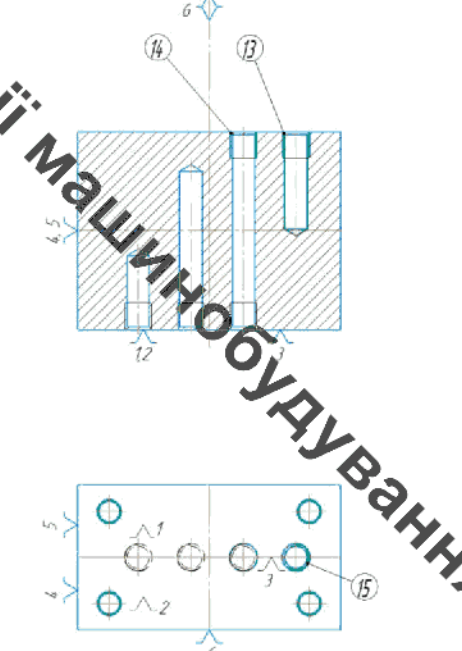
Продовження таблиці 5.3

005	<u>Вертикально-фрезерна</u> <u>Установ 1</u> 1. ВЗЗ; 2. Фрезерувати поверхню 1 попередньо; 3. Фрезерувати поверхню 1 попередньо; 4. Фрезерувати поверхню 1 остаточно; 5. Зняти заготовку.		Консольно фрезерний 6P12
005	<u>Установ 2</u> 1. ВЗЗ; 2. Фрезерувати поверхню 2 попередньо; 3. Фрезерувати поверхню 2 попередньо; 4. Фрезерувати поверхню 2 остаточно; 5. Зняти заготовку.		Консольно фрезерний 6P12
010	<u>Вертикально-фрезерна</u> <u>Установ 1</u> 1. ВЗЗ; 2. Фрезерувати поверхню 3 попередньо; 3. Фрезерувати поверхню 3 попередньо; 4. Фрезерувати поверхню 3 остаточно; 5. Зняти заготовку.		Консольно фрезерний 6P12

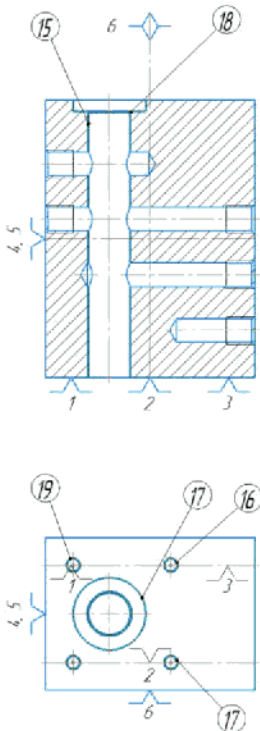
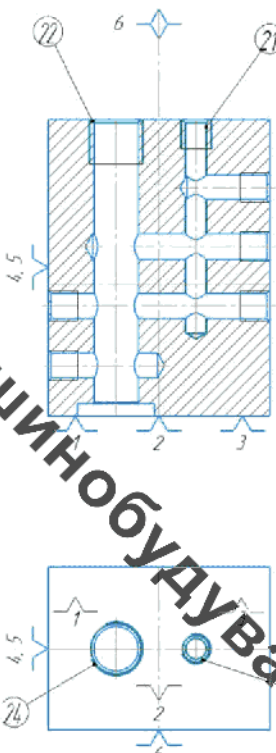
Продовження таблиці 5.3

1	2	3	4
010	<u>Установ 2</u> - ВЗЗ; - Фрезерувати поверхню 4 попередньо - Фрезерувати поверхню 4 попередньо; - Фрезерувати поверхню 4 остаточно; - Зняти заготовку.		Консольно фрезерний 6Р12
015	<u>Вертикально-фрезерний з ЧПК</u> <u>Установ 1</u> - ВЗЗ; - Фрезерувати поверхню 5 попередньо; - Фрезерувати поверхню 5 попередньо; - Фрезерувати поверхню 5 остаточно; - Зняти заготовку.		Вертикально-фрезерний з ЧПК ЛТ260МФЗ

Продовження таблиці 5.3

015	<u>Установ 2</u> - ВЗЗ; - Фрезерувати поверхню 6 попередньо; - Фрезерувати поверхню 6 попередньо; - Фрезерувати поверхню 6 остаточно в розмір 75мм; - Центрувати отвори 7, 8 і 9 та 4 овори 10; - Свердлити 3 отвори 7, 8, 9 $\varnothing 5\text{мм}$; - Свердлити 4 отвори $\varnothing 8\text{мм}$; - Зняти фаски 11 в отворах 7, 8, 9 та фаски 12 в 4 отв. 10; - Нарізати різь М10х1,5 в 3 отв. 7, 8 і 9, згідно креслення - Зняти заготовку.		Вертикально-фрезерний з ЧПК ЛТ260МФЗ
015	<u>Установ 3</u> - ВЗЗ; - Центрувати отвір 13; - Свердлити отвір 13 в розмір згідно креслення; - Зняти 2 фаски 14; - Нарізати різь 15 в 2 отворах; - Зняти заготовку.		Вертикально-фрезерний з ЧПК ЛТ260МФЗ

Продовження таблиці 5.3

020	<u>Вертикально-фрезерна з ЧПК</u> <u>Установ 1</u> 1. ВЗЗ; 2. Центрувати отвір 15; 3. Свердлити отвір 15; 4. Свердлити 4 отв. 16 глибиною 7мм; 5. Зняти 4 фаски 17, 0,5x45 і фаску 18 в розмір згідно креслення; 6. Нарізати різь 19 глибиною 7мм; 7. Розточити уступ 20 згідно креслення одноразово; 8. Зенкерувати отвір 15; 9. Розвернути отвір 15 попередньо; 10. Розвернути отвір 15 остаточно; 11. Зняти заготовку.		Вертикально-фрезерний з ЧПК ЛТ260МФ3
020	<u>Установ 2</u> 1. ВЗЗ; 2. Центрувати отвір 21; 3. Свердлити отвір 21 згідно креслення; 4. Зняти 2 фаски 22; 5. Нарізати різь 23; 6. Нарізати різь 24 попередньо; 7. Нарізати різь 24 остаточно; 8. Зняти деталь.		Вертикально-фрезерний з ЧПК ЛТ260МФ3

6 РОЗМІРНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

6.1 Вибір розташування технологічних розмірів

Згідно вище наведеного маршруту механічної обробки наведемо порядок розташування технологічних розмірів (рис. 6.1).

6.2 Попереднє визначення допусків технологічних розмірів

Таким чином в залежності від параметрів точності, якості на відповідних переходах обробки, наведемо допуски на технологічні розміри та розміри заготовки, табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Допуски на технологічні розміри та розміри заготовки

Вихідна заготовка			
Розмір	Спосіб виготовлення		Допуск, мм
z_1	Порізка плазмою		5
z_2			5
z_3			0,7
Механічна обробка			
Технологічний розмір	Спосіб обробки	Квалітет точності	Допуск, мм
B_1	Чорнове фрезерування	16	2,2
B_2	Напівчистове фрезерування	14	0,87
B_3	Чистове фрезерування	13	0,54
B_4	Чорнове фрезерування	10	0,14
B_5	Напівчистове фрезерування	9	0,087
B_6	Чистове фрезерування	8	0,054
B_7	Чорнове фрезерування	16	2
B_8	Напівчистове фрезерування	14	0,87
B_9	Чистове фрезерування	13	0,54
B_{10}	Чорнове фрезерування	10	0,14
B_{11}	Напівчистове фрезерування	9	0,087
B_{12}	Чистове фрезерування	8	0,054

6.3 Розмірна схема технологічного процесу

Розмірна схема технологічного процесу розміщена на рис. (6.1).

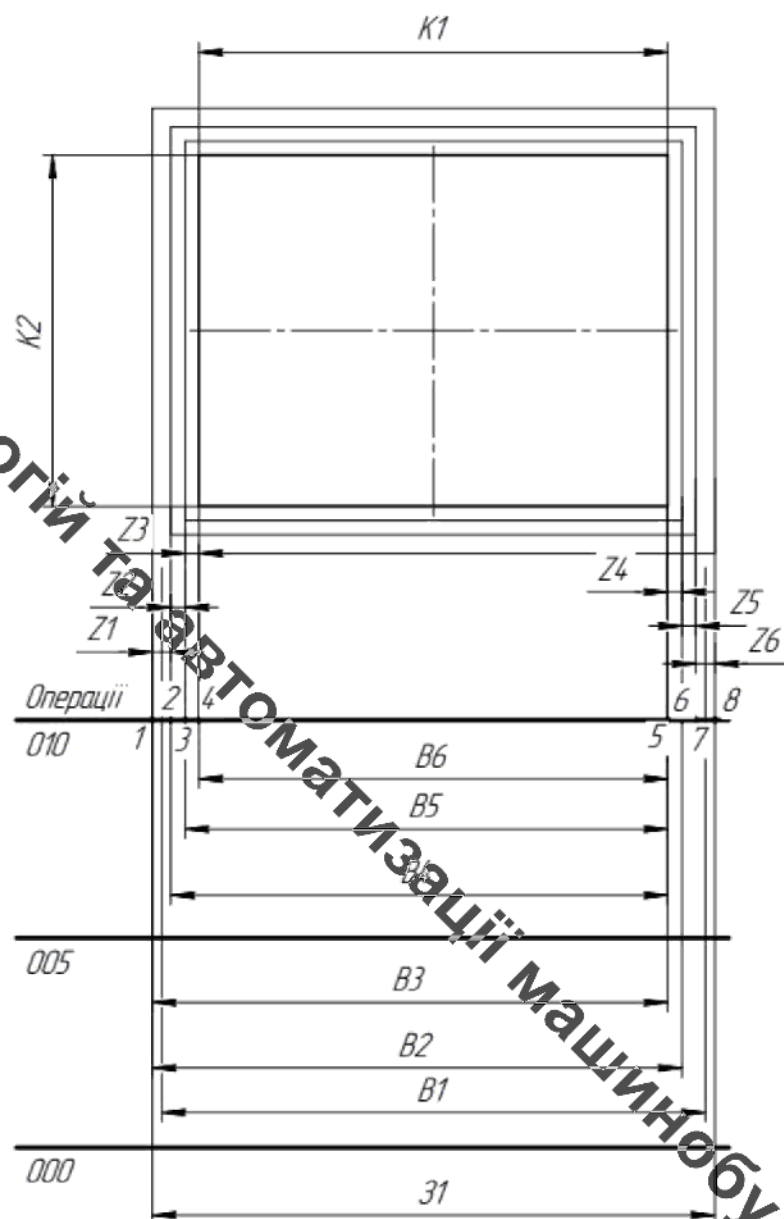


Рисунок 6.1 – Розмірна схема технологічного процесу

6.4 Побудова похідного, вихідного графів-дерев і сумішеного графа

Похідний граф-дерево розміщений на рис. (6.2), вихідний граф-дерево розміщений на рис. (6.3), суміщений граф розміщений на рис. (6.4).

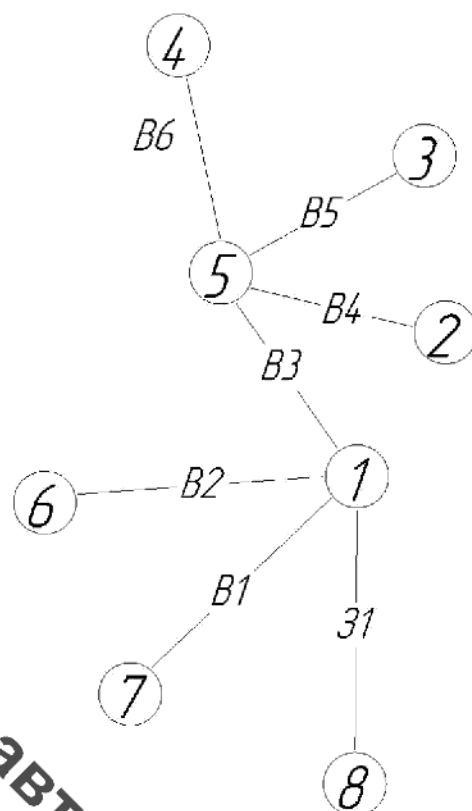


Рисунок 6.2 – Похідний граф-дерево

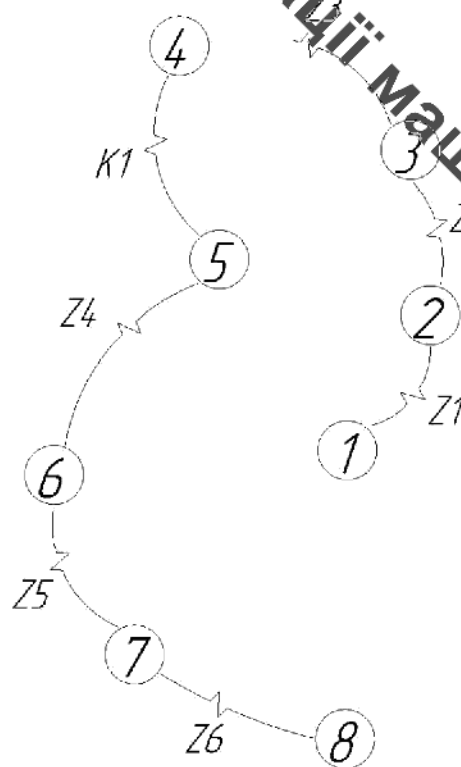


Рисунок 6.3 – Вихідний граф-дерево

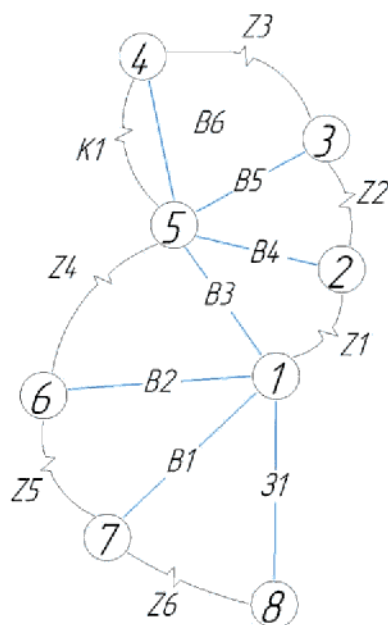


Рисунок 6.4 – Суміщений граф

6.5 Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь

Згідно [11] наведемо нормативні мінімальні значення припусків на проміжні технологічні розміри, табл. 6.1.

Мінімальні припуски обираємо за допомогою довідників, враховуючи розміри та точність обробки нашої деталі.

Таблиця 6.1 – Таблиця мінімальних припусків

Позначення припуску	Спосіб обробки	Мінімальний припуск, [мм]
z_1	Чорнова обробка	5,723
z_2	Напівчистова обробка	0,425
z_3	Чистова обробка	0,16
z_4	Чорнова обробка	5,723
z_5	Напівчистова обробка	0,425
z_6	Чистова обробка	0,16
z_7	Чорнова обробка	5,723
z_8	Напівчистова обробка	0,425
z_9	Чистова обробка	0,16
z_{10}	Чорнова обробка	5,723
z_{11}	Напівчистова обробка	0,425
z_{12}	Чистова обробка	0,16

6.6 Рівняння технологічних розмірних ланцюгів

Таблиця 6.3 – Рівняння технологічних розмірів ланцюгів

№ п/п	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	$-K_1 - B_6 = 0$	$K_1 - B_6$	B_6
2	$-K_2 - B_{11} = 0$	$K_2 - B_{11}$	B_{11}
3	$-B_5 + B_6 + z_6 = 0$	$z_6 - B_5 - B_6$	B_5
4	$-B_4 + B_5 + z_5 = 0$	$z_5 - B_4 - B_5$	B_4
5	$-B_3 + B_4 + z_4 = 0$	$z_4 - B_3 - B_4$	B_3
6	$-B_2 + B_3 + z_3 = 0$	$z_3 - B_2 - B_3$	B_2
7	$-B_1 + B_2 + z_2 = 0$	$z_2 - B_1 - B_2$	B_1
8	$-Z_1 + B_1 + z_1 = 0$	$z_1 - Z_1 - B_1$	Z_1

1

6.7 Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків, корекція (за необхідністю) допусків технологічних розмірів і (або) маршруту механічної обробки

Рівняння 1

$$B_6 - K_1 = 100^{+0,027}_{-0,027} \text{ (мм)}.$$

Рівняння 2

$$B_{11} - K_2 = 75^{+0,027}_{-0,027} \text{ (мм)}.$$

Рівняння 3

$$\begin{aligned} z_{6\min} &= B_{5\min} - B_{6\max}, \\ B_{5\min} - B_{6\max} - z_{6\min} &= 100,027 + 0,16 = 100,187 \text{ (мм)}, \\ B_{5\max} - B_{5\min} - T(B_5) &= 100,187 + 0,087 = 100,274 \text{ (мм)}, \\ z_{6\max} - B_{5\max} - B_{6\min} &= 100,274 - 99,973 = 0,301 \text{ (мм)}. \end{aligned}$$

В технологічному документі має бути вказаний розмір $B_{5\max} - T(B_5)$, тобто $100,274 - 0,301$ мм., тому що розмір B_5 – розмір охоплюваної поверхні.

Рівняння 4

$$\begin{aligned} z_{5\min} &= B_{4\min} - B_{5\max}, \\ B_{4\min} - B_{5\max} - z_{5\min} &= 100,274 + 0,425 = 100,699 \text{ (мм)}, \\ B_{4\max} - B_{4\min} - T(B_4) &= 100,699 + 0,14 = 100,839 \text{ (мм)}, \\ z_{5\max} - B_{4\max} - B_{5\min} &= 100,839 - 100,187 = 0,652 \text{ (мм)}. \end{aligned}$$

В технологічному документі має бути вказаний розмір $B_{4max-T(B_4)}$, тобто $100,839_{-0,14}\text{мм.}$, тому що розмір B_4 – розмір охоплюваної поверхні.

Рівняння 5

$$\begin{aligned} z_{4min} &= B_{3min} - B_{4max}, \\ B_{3min} &= B_{4max} + z_{4min} = 100,839 + 5,723 = 106,562 \text{ (мм)}, \\ B_{3max} &= B_{3min} + T(B_3) = 106,562 + 0,54 = 107,102 \text{ (мм)}, \\ z_{4max} &= B_{3max} - B_{4min} = 107,102 - 100,699 = 6,403 \text{ (мм)}. \end{aligned}$$

В технологічному документі має бути вказаний розмір $B_{3max-T(B_3)}$, тобто $107,102_{-0,54}\text{мм.}$, тому що розмір B_3 – розмір охоплюваної поверхні.

Рівняння 6

$$\begin{aligned} z_{3min} &= B_{2min} - B_{3max}, \\ B_{2min} &= B_{3max} + z_{3min} = 107,102 + 0,16 = 107,262 \text{ (мм)}, \\ B_{2max} &= B_{2min} + T(B_2) = 107,262 + 0,87 = 108,132 \text{ (мм)}, \\ z_{3max} &= B_{2max} - B_{3min} = 108,132 - 106,562 = 1,57 \text{ (мм)}. \end{aligned}$$

В технологічному документі має бути вказаний розмір $B_{2max-T(B_2)}$, тобто $108,132_{-0,87}\text{мм.}$, тому що розмір B_2 – розмір охоплюваної поверхні.

Рівняння 7

$$\begin{aligned} z_{2min} &= B_{1min} - B_{2max}, \\ B_{1min} &= B_{2max} + z_{2min} = 108,132 + 0,425 = 108,557 \text{ (мм)}, \\ B_{1max} &= B_{1min} + T(B_1) = 108,557 + 2,2 = 110,757 \text{ (мм)}, \\ z_{2max} &= B_{1max} - B_{2min} = 110,757 - 107,262 = 3,495 \text{ (мм)}. \end{aligned}$$

В технологічному документі має бути вказаний розмір $B_{1max-T(B_1)}$, тобто $110,757_{-2,2}\text{мм.}$, тому що розмір B_1 – розмір охоплюваної поверхні.

Рівняння 8

$$\begin{aligned} z_{1min} &= B_{3min} - B_{1max}, \\ B_{3min} &= B_{1max} + z_{1min} = 110,757 + 5,723 = 116,48 \text{ (мм)}, \\ B_{3max} &= B_{3min} + T(B_3) = 116,48 + 5 = 121,48 \text{ (мм)}, \\ z_{1max} &= B_{3max} - B_{1min} = 121,48 - 108,557 = 12,923 \text{ (мм)}. \end{aligned}$$

За номінальне значення розміру z_1 беремо середнє його значення:

$$Z_1 = \frac{Z_{1min} + Z_{1max}}{2} = \frac{116,48 + 121,48}{2} = 118,98 \text{ (мм)}.$$

Заокругливши розраховане значення, отримаємо розмір на кресленні:

$$Z_1 = Z_{1сер} \pm \frac{T(Z_1)}{2} = 119 \pm 2,5 \text{ (мм)}.$$

Отримані значення максимальних припусків зведемо у табл. 6.4.

Таблиця 6.4 – Максимальні припуски

Z_{1max}	Z_{2max}	Z_{3max}	Z_{4max}	Z_{5max}	Z_{6max}
12,923	3,495	1,57	6,403	0,652	0,301

Оскільки розрахунок у всіх трьох площинах відбувається аналогічним чином і формулах зведемо їх до таблиці. Остаточні значення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та допуски цих розмірів показані у табл. 6.5.

Таблиця 6.5 – Значення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та допуски цих розмірів

По- знач. роз- міру	Граничні зна- чення розмірів		До- пуск	Номиналь- ний роз- мір	Значення розміру	
	мін.	макс.			у технологіч- ному доку- менті	на кресленні вихідної заго- товки
B_1	108,557	110,757	2,2	110,757	$110,757_{\parallel 2,2}$	-
B_2	107,262	108,132	0,87	108,132	$108,132_{0,87}$	-
B_3	106,562	107,102	0,54	107,102	$107,102_{0,54}$	-
B_4	100,699	100,839	0,14	100,839	$100,839_{-0,14}$	-
B_5	100,187	100,274	0,087	100,274	$100,274_{\parallel 0,087}$	-
B_6	99,973	100,027	0,054	100	$100_{\pm 0,27}$	-
B_7	83,557	85,757	2,2	85,757	$85,757_{\parallel 2,2}$	-
B_8	82,262	83,132	0,87	83,132	$83,132_{0,87}$	-
B_9	81,562	82,102	0,54	82,102	$82,102_{0,54}$	-
B_{10}	75,699	75,839	0,14	75,839	$75,839_{-0,14}$	-
B_{11}	75,187	75,274	0,087	75,274	$75,274_{\parallel 0,087}$	-
B_{12}	74,973	75,027	0,054	75	75	-
B_{13}	57,227	57,967	2,2	57,967	$57,967_{\parallel 2,2}$	-
B_{14}	56,677	56,977	0,87	56,977	$56,977_{0,87}$	-
B_{15}	56,327	56,517	0,54	56,517	$56,517_{-0,54}$	-
B_{16}	55,507	55,627	0,14	55,627	$55,627_{\parallel 0,14}$	-

Продовження таблиці 6.5

B_{17}	55,183	55,257	0,087	55,257	$55,257_{0,087}$	-
B_{18}	54,977	55,023	0,054	55	$55^{\pm 0,27}$	-
3_1	116,48	121,48	5	119	-	$119^{\pm 2,5}$
3_2	91,48	96,48	5	94	-	$94^{\pm 2,5}$
3_3	58,667	60,467	0,7	60	-	$60_{+0,7}$

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування, ВНТУ

7 ВИЗНАЧЕННЯ ПРИПУСКІВ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ РОЗМІРІВ НА МЕХАНІЧНУ ОБРОБКУ БОКОВИХ ГРАНЕЙ

7.1 Розрахунок проміжних припусків на механічну обробку граней корпусу.

Механічна обробка поверхонь складається з чорнового, напівчистового, чистового фрезерування кожної грані на розмір 100мм та 75мм. Похибка встановлення заготовки у радіальному напрямку рівна нулю, оскільки заготовка встановлюється в цвп.

Для площини, яка є протилежною площині обробки просторову похибку встановлення знайдемо по формулі (6.1):

$$\rho = \rho_{кор} [мм], \quad (7.1)$$

Де ρ_k – сумарна кривизна заготовки:

$$\rho_{кор} = \sqrt{\Delta_k \cdot l_1 + \Delta_k \cdot l_2} \approx 1,5 \text{ (мм)},$$

Де Δ_k – питома кривизна заготовки; l – довжина заготовки, мм;

Залишкові просторові на відхилення частково залишаються, вони зменшуються пропорційно коефіцієнту зменшення k :

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 1500 = 90 \text{ (мкм)};$$

$$\rho_2 = 0,04 \cdot 90 = 3,6 \text{ (мкм)};$$

$$\rho_3 = 0,02 \cdot 3,6 = 0,07 \text{ (мкм)}.$$

Похибка установки при обробці площини, паралельній установчій базі визначається за формулою (6.2):

$$\varepsilon_i = \varepsilon_{баз} + \varepsilon_{закр} [мкм],$$

Де $\varepsilon_{баз}$ – похибка базування; $\varepsilon_{закр}$ – похибка закріплення, мм.

Так, як база вимірювальна на даних переходах суміщена із технологічною установчою базою, то похибка базування нівелюється. Згідно табличних даних, залежно від установчого пристосування, поверхні похибка закріплення $\varepsilon_{закр} = 0,135 \text{ мм}$.

Отже, $\varepsilon_i = \varepsilon_{закр} = 0,135 \text{ мм}$.

Мінімальне значень припусків для послідовної обробки протилежних поверхонь розрахуємо по формулі (7.2):

$$Z_{\min} = Rz_{\perp 1} + h_{\perp 1} + \rho_{\perp 1} + \varepsilon_i [мкм], \quad (7.2)$$

Де Rz – висота мікронерівностей профіля, h – глибина дефективного шару, $\rho_{\Delta 1}$ – сумарні відхилення розташувань поверхонь, ε_i – похибка установки, значення i – для кожного переходу обробки, згідно [7], зведемо у таблицю 7.1.

Параметри висоти нерывностей профілю та глибини дефектного шару вибираємо із параметрів розрахованої заготовки методом порізки із прокату.

Таблиця 7.1 – Елементи мінімального припуску

Перехід	Елемент мінімального припуску	
	Rz	h
Параметри заготовки	218	2000
Чорнове фрезерування	100	100
Напівчистове фрезерування	50	50
Чистове фрезерування	10	15

Розраховані значення проміжних припусків, які були знайдені по формулі (7.3), для:

– чорнового фрезерування

$$Z_{\min} = 218 + 2000 + 1500 = 3853(\text{мкм});$$

– напівчистового фрезерування

$$Z_{\min} = 100 + 100 + 90 + 0,135 = 425(\text{мкм});$$

– чистового фрезерування

$$Z_{\min} = 50 + 50 + 3,6 + 0,135 = 103,735(\text{мкм});$$

Розраховані результати проміжних припусків зведемо у таблицю 7.2.

Таблиця 7.2 – Розрахунок припусків і граничних розмірів

Технологічний перехід обробки	Елемент припуску, мкм				$Z_{\min}, \text{мкм}$
	Rz	h	ρ	ε_i	
Заготовка	218	2000	1500	-	-
Чорнове фрезерування	100	100	90	0,135	0,7
Напівчистове фрезерування	50	50	3,5	0,135	0,25
Чистове фрезерування	10	15	0,07	0,135	0,16

7.2 Визначення проміжних припусків (за нормативами) і розрахунок технологічних розмірів та максимальних припусків на механічну обробку решти поверхонь.

Використовуючи довідникові дані [8], визначаємо мінімальні припуски на механічну обробку решти поверхонь, результат та хід розрахунку зображаємо у вигляді таблиці 7.3.

Таблиця 7.3 - Розрахунок припусків і граничних розмірів

Технологічні переходи обробки поверхні 55мм	Розрахунковий припуск Z_{min}	Розр. розмір, мм l_p	Допуск, мм Δ	Граничний розмір		Граничні значення	
				l_{min}	l_{max}	Z_{min}^{ϕ}	Z_{max}^{ϕ}
Заготовка	218	2000	0,7			-	-
Фрезерування чорнове 55мм	100	100	2,2	55,767	57,967	0,7	3,24
Фрезерування напівчистове 55мм	50	50	0,87	56,107	56,977	0,25	1,29
Фрезерування чистове 55мм	10	15	0,54	55,977	56,517	0,16	0,65
Фрезерування чорнове 55мм	100	100	0,14	55,614	55,627	0,7	1,01
Фрезерування напівчистове 55мм	50	50	0,087	55,17	55,257	0,25	0,444
Фрезерування чистове 55мм	10	15	0,054	54,973	55,027	0,16	0,28

Отвір Ø15 обробляється: свердлиться отвір Ø14, зенкується Ø14,8, чорнове розвертання Ø 4.95, чистове Ø15.

Всі інші розміри отримуються за рахунок зняття напуску та одноразової обробки, тому на них визначати припуск та технологічні розміри не потрібно.

8 ВИЗНАЧЕННЯ (ЗА НОРМАТИВАМИ) РЕЖИМІВ РІЗАННЯ НА ОБРОБКУ КОНСТРУКТОРСЬКИХ БАЗ І КРІПІЛЬНИХ ОТВОРІВ.

За допомогою літературних джерел [9], детально розрахуємо необхідні режими різання для фрезерної обробки, яка відбувається на операції 005. Вибрані режими різання для всіх інших поверхонь зведемо до таблиці 8.1.

Основними параметрами для виконання процесу різання є:

- глибину різання t , мм;
- подачу s , мм/об;
- швидкість різання v , м/хв (частота обертання інструменту n , об/хв.).

Чорнова та напівчистова контурна обробка деталі відбувається на фрезерному верстаті CP12. Даний верстат доцільно використовувати в умовах серійного виробництва.

Ріжучим інструментом для напівчистої та чистої обробки обробки виберемо фрезу торцеву насадну зі пластина із твердого сплава згідно ГОСТ 9473-80, умови – ГОСТ 24360-80. Оправка для насадних фрез з конусом 7:24 6222-0117 згідно ГОСТ 26538. Ріжучим інструментом для чорної обробки обробки виберемо фрезу торцеву насадну згідно ГОСТ 22085-76.

В якості глибини різання для механічної обробки вибираємо припуск, який був розрахований раніше, тобто для чорної обробки на даній операції $t_1 = 2 \text{ мм}$ та $t_2 = 0,43 \text{ мм}$ а для напівчистої – $t_3 = 0,16 \text{ мм}$.

За нормативами [9], в якості подачі на чорнову обробку виберемо в залежності від потужності верстата та матеріалу інструмента та заготовки $S_{z1} = 0,15 \text{ мм/об}$. Подача для напівчистої обробки поверхні становить $S_{z2} = 0,15 \text{ мм/об}$. Значення подачі при чистовому презеруванні при параметрі поверхні заготовки $Ra_{3,2}$ та залежно від матеріалу становить $S_{z3} = 0,08 \text{ мм/об}$

Значення швидкості різання пр фрезеруванні визначається за формулою(8.1).

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s_z^y B^q Z^p} K_v, \quad (8.1)$$

Де коефіцієнти для чорної фрезерної обробки:

- $C_v = 332$;
- Діаметр фрези $D = 10 \text{ мм}$;
- $q = 0,2$;
- Період стійкості інструменту $T = 180 \text{ год}$;
- Механічних властивостей оброблюваного матеріалу $m = 0,2$;
- Припуску $t = 2 \text{ мм}$;
- Стану поверхні заготовки $x = 0,1$;
- Подачі $S_{z1} = 0,15 \text{ мм/об}$;
- $y = 0,4$;
- $B = 75 \text{ мм}$;
- $Z = 6$;

- $p=0$;
- Загальний коефіцієнт, який враховує умови різання $K_v = 0,736$.

Коефіцієнти для напівчистої фрезерної обробки, матеріал Т5К10:

- $C_v = 332$;
- Діаметр фрези $D = 10 \text{ мм}$;
- $q = 0,2$;
- Період стійкості інструменту $T = 180 \text{ год}$;
- Механічних властивостей оброблюваного матеріалу $m = 0,2$;
- Припуску $t = 0,43 \text{ мм}$;
- Стану поверхні заготовки $x = 0,1$;
- Подачі $S_{z1} = 0,15 \text{ мм/об}$;
- $y = 0,4$;
- $B = 75 \text{ мм}$;
- $Z = 10$;
- $p = 0$;
- Загальний коефіцієнт, який враховує умови різання $K_v = 0,92$.

Коефіцієнти для чистої фрезерної обробки, матеріал Т15К6:

- $C_v = 332$;
- Діаметр фрези $D = 10 \text{ мм}$;
- $q = 0,2$;
- Період стійкості інструменту $T = 180 \text{ год}$;
- Механічних властивостей оброблюваного матеріалу $m = 0,2$;
- Припуску $t = 0,16 \text{ мм}$;
- Стану поверхні заготовки $x = 0,1$;
- Подачі $S_{z1} = 0,08 \text{ мм/об}$;
- $y = 0,4$;
- $B = 75 \text{ мм}$;
- $Z = 10$;
- $p = 0$;
- Загальний коефіцієнт, який враховує умови різання $K_v = 1,42$.

Значення швидкості для чорнового фрезерування дорівнює:

$$v = \frac{332 \cdot 100^{0,2}}{180^{0,2} \cdot 2^{0,1} \cdot 0,15^{0,4} \cdot 75^{0,2} 6^0} \cdot 0,736 = 182,5 (\text{м / хв}).$$

Значення швидкості для напівчистового фрезерування дорівнює:

$$v = \frac{332 \cdot 100^{0,2}}{180^{0,2} \cdot 0,43^{0,1} \cdot 0,15^{0,4} \cdot 75^{0,2} 10^0} \cdot 0,92 = 266,7 (\text{м} / \text{хв}).$$

Значення швидкості для чистового фрезерування дорівнює:

$$v = \frac{332 \cdot 100^{0,2}}{180^{0,2} \cdot 0,16^{0,1} \cdot 0,15^{0,4} \cdot 75^{0,2} 10^0} \cdot 1,42 = 581 (\text{м} / \text{хв}).$$

Визначимо частоту обертання шпинделя верстата для чорнової обробки:

$$n_{11} = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 182,5}{\pi \cdot 100} \approx 581 (\text{об} / \text{хв}).$$

Визначимо необхідну частоту обертання шпинделя верстата для напівчистої стадії обробки:

$$n_{21} = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 266}{\pi \cdot 100} \approx 847 (\text{об} / \text{хв}).$$

Визначимо необхідну частоту обертання шпинделя верстата для чистової стадії обробки:

$$n_{21} = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 581}{\pi \cdot 100} \approx 1850 (\text{об} / \text{хв}).$$

Потужність приводу, яка необхідна для виконання процесу різання на чорновій стадії обробки:

$$P_1 = \frac{FV_1}{1020 \cdot 60} \approx 5,2 (\text{кВт});$$

Необхідна потужність приводу для напівчистої обробки:

$$P_2 = \frac{FV_2}{1020 \cdot 60} \approx 2,5 (\text{кВт});$$

Необхідна потужність приводу для чистової обробки:

$$P_3 = \frac{3}{1020 \cdot 60} \approx 1,1(\text{кВт});$$

Отже, розраховані значення потужностей в допустимих межах для верстата, а значить виконується умова можливості процесу різання.

Таблиця 8.1 – Зведена таблиця режимів різання

Операції та переходи		t, мм	S, Sz мм/об(мм/зуб)	n, об/хв	V, м/хв
1	2	3	4	5	6
Операція 005					
2	Фрезерувати пов. 1 попередньо.	2	0,15	580	182
3	Фрезерувати пов.1 попередньо	0,43	0,15	850	267
4	Фрезерувати пов 1 остаточно	0,16	0,08	1850	580
5	Фрезерувати пов. 2 попередньо.	2	0,15	580	182
6	Фрезерувати пов.2 попередньо	0,43	0,15	850	267
7	Фрезерувати пов 2 остаточно	0,16	0,08	1850	580
Операція 010					
1	Фрезерувати пов. 3 попередньо.	0,7	0,15	250	64
2	Фрезерувати пов.3 попередньо	0,25	0,15	380	120
3	Фрезерувати пов 3 остаточно	0,16	0,1	1660	520
4	Фрезерувати пов. 4 попередньо.	0,7	0,15	250	64
5	Фрезерувати пов.4 попередньо	0,25	0,15	380	120
6	Фрезерувати пов 4 остаточно	0,16	0,1	1660	520
Операція 013					
1	Фрезерувати пов. 5 попередньо.	2	0,15	580	182
2	Фрезерувати пов.5 попередньо	0,43	0,15	850	267
3	Фрезерувати пов 5 остаточно	0,16	0,08	1850	580
4	Фрезерувати пов. 6 попередньо.	2	0,15	580	182
5	Фрезерувати пов.6 попередньо	0,43	0,15	850	267
6	Фрезерувати пов 6 остаточно	0,16	0,08	1850	580
7	Центрувати отвори 7,8,9 та 4 отв 10.	2,5	0,1	1448	22,74
8	Свердлити 3 отв 7,8,9	4,25	0,16	514	14
9	Свердлити 4 отв 10	4	0,16	514	14
10	Нарізати різі 13 в отворах 7,8,9	—	1,5	480	15
11	Центрувати отвір 13	2,5	0,1	1448	22,74
12	Свердлити отв 13	4,25	0,16	514	14
13	Нарізати 2 різі 15	—	1,5	480	15

Продовження таблиці 8.1

1	2	3	4	5	6
Операція 020					
1	Центрувати отвір 15	2,5	0,1	1448	22,74
2	Свердлити отвір 15	7	0,23	260	13
3	Свердлити 4 отвора 16	1,7	0,1	2300	24
4	Нарізати різь 19	-	0,7	1760	22
5	Розфрезерувати уступ 20	4	0,08	890	70
6	Зенкерувати отвір 15	0,4	0,4	400	18
7	Розвернути отвір 15 попередньо	0,075	1	135	6
8	Розвернути отвір 15 остаточно	0,025	0,7	220	10
9	Центрувати отвір 21	2,5	0,1	1448	22,74
10	Свердлити отвір 21	4,25	0,16	514	14
11	Нарізати різь 23	-	1,5	480	15
12	Нарізати різь 24		1,5	270	15
13	Нарізати різь 24		1,5	270	15

9 ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНИХ НОРМ ЧАСУ НА ОПЕРАЦІЇ

Штучно-калькуляційний час розраховується за допомогою формули:

$$T_{шт|к} = T_{шт} + \frac{t_{n|з}}{n}, \quad (9.1)$$

де $T_{n|з}$ – підготовчо-заключний час.

Підготовчо-заключний час на налагодження верстату для серійного типу виробництва на операції 005 дорівнює [10]:

$$T_{n-з} = 14 + 2 + 3 + 1 + 3 + 2 + 10 = 35 \text{ (хв)};$$

n – кількість деталей в партії, яка визначається за формулою:

$$n = \frac{N \cdot t}{\Phi}, \quad (9.2)$$

де N – річна програма випуску деталей, $N = 4000 \text{ шт.}$;

t – кількість днів запасу деталей на складі, $t = 6$ днів;

Φ – кількість робочих днів, $\Phi = 254$ дні;

Тоді:

$$n = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot 6}{T_{шт|к,сер}} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot 1}{1,43} \approx 266 \text{ (шт).деталей.}$$

$T_{шт}$ – норма штучного часу визначається за формулою:

$$T_{шт} = T_o + T_e + T_{об} + T_{от} \quad (9.3)$$

де T_o – основний час, що розраховується для операції 010 за формулами з [1]:

$$T_o = 2 \cdot 2 \cdot 6 \cdot l_1 + 2 \cdot 4 \cdot l_1 + 2 \cdot 2 \cdot 6 \cdot l_2 + 2 \cdot 4 \cdot l_2 = 4,8 \text{ (хв)};$$

T_e – допоміжний час, який визначається за формулою:

$$T_e = T_{вс} + T_{зр} + T_{уп} + T_{вз}, \quad (9.4)$$

де $T_{вс}$ – час на встановлення та зняття деталі, що рівний 0,25 хв;

$T_{зр}$ – час на закріплення і розкріплення деталі, що рівний 0,2 хв;

$T_{уп}$ – час на прийоми управління, що рівний 0,45 хв;

$T_{вз}$ – час на вимірювання деталі, що рівний 0,1 хв;

Тоді $T_e = 0,25 + 0,2 + 0,45 + 0,1 = 1$ хв.

$T_{об}$ – час на обслуговування робочого місця, що визначається за формулою:

$$T_{об} = 0,07 \cdot (T_o + T_e) = 0,07 \cdot (4,437 + 1) = 0,38 \text{ (хв)};$$

$T_{от}$ – час на відпочинок персоналу, що визначаємо за формулою:

$$T_{от} = 0,05 \cdot (T_o + T_e) = 0,05 \cdot (4,437 + 1) = 0,27 \text{ (хв)};$$

Штучний час механічної обробки на операції 010 визначається як:

$$T_{шт} = 4,8 + 0,27 + 0,38 + 1 \approx 6,5, \text{ (хв)};$$

Розраховане значення штучно-калькуляційного часу дорівнює:

$$T_{шт|к} = 6,5 + \frac{35}{266} = 6,7, \text{ (хв)}.$$

Таблиця 8.1 – таблиця технічних норм часу по операціям

Назва і номер операції	T_o , хв	φ_k	$T_{шт к}$, хв
005 Фрезерна	4,8	1,4	6,7
010 Фрезерна	7,2	1,4	10
015 Фрезерна з ЧПК	9	1,4	12,6
020 Фрезерна з ЧПК	3,2	1,4	4,5

Зведене значення часу на механічну обробку деталі дорівнює:

$$T_{шт} = 6,7 + 10 + 12,6 + 4,5 \approx 33,8 \text{ (хв)}.$$

10 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

10.1 Розрахунок приведеної програми

Кількісне значення приведеної програми розрахуємо за формулою (10.1).

$$N_{np} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{np.i}, \quad (10.1)$$

Де N_i – програма випуску деталей ; $K_{np.i}$ – коефіцієнт приведення кожного найменування деталей. Значення коефіцієнта приведення розраховуємо за формулою:

$$K_{np.i} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (10.2)$$

Де K_1 – коефіцієнт приведення програми в залежності від маси; K_2 – коефіцієнт приведення програми в залежності від серійності; K_3 – коефіцієнт приведення програми в залежності від складності. Вхідні дані для розрахунку коефіцієнтів приведення K_1, K_2, K_3 зображені в таблиці 10.1.

Таблиця 10.1 – Дані для розрахунку приведеної програми

Деталі	Маса	Про- грама	Точність/Шорсткість											
Корпус	2,9	4000	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
				1	11			1		42				
			0,63	1,6	3,2	6,3	12,5	16	20	25	32	40	50	
			1		54									
Деталь А	2,5	3000	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
					2			3			30		2	
			0,63	1,6	3,2	6,3	12,5	16	20	25	32	40	50	
				1	6		28		2					
Деталь Б	2	2500	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
					2		1	3			34		2	
			0,63	1,6	3,2	6,3	12,5	16	20	25	32	40	50	
					2	4	32			4		0		
Деталь В	2,2	2300	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
					3		2				38			
			0,63	1,6	3,2	6,3	12,5	16	20	25	32	40	50	
				3		2	38							
Деталь Г	1,8	1600	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
					4		2		2		38		6	
			0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	16	20	25	32	40	50	
				4	4		38					6		

Значення коефіцієнта приведення в залежності від маси $\frac{m}{m_{p,np}}$ для кожного з найменувань виробів розрахуємо за формулою:

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m}{m_{p,np}}\right)^2}, \quad (10.2)$$

Де m_i – значення маси деталі; $m_{p,np}$ – значення маси розрахункового представника.

Значення коефіцієнтів приведення K_1 дорівнює:

– для розрахункового представника $K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m}{m_{p,np}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{2,9}{2,9}\right)^2} = 1;$

– для деталі А $K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m}{m_{p,np}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{2,9}{2,5}\right)^2} = 0,9;$

– для деталі Б $K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m}{m_{p,np}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{2,9}{2}\right)^2} = 0,78;$

– для деталі В $K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m}{m_{p,np}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{2,2}{2,9}\right)^2} = 0,83;$

– для деталі Г $K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m}{m_{p,np}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{1,8}{2,9}\right)^2} = 0,72.$

Значення коефіцієнта приведення програми в залежності від серійності $\frac{N_{pn}}{N_i}$ визначимо за формулою:

$$K_2 = \left(\frac{N_{pn}}{N_i}\right)^\alpha, \quad (10.3)$$

Де N_{pn} і N_i – програма випуску розрахункового представника і розглядуваної деталі відповідно; α – показник степеня ($\alpha = 0,15$ для середнього машинобудування).

Значення коефіцієнта K_2 дорівнює:

– для розрахункового представника $K_2 = \left(\frac{N_{pn}}{N_i}\right)^\alpha = \left(\frac{4000}{4000}\right)^{0,15} = 1;$

– для деталі А $K_2 = \left(\frac{N_{pn}}{N_i}\right)^\alpha = \left(\frac{4000}{3000}\right)^{0,15} = 1,044;$

- для деталі Б $K_2 = \left(\frac{N_{pn}}{N_i} \right)^\alpha = \left(\frac{4000}{2500} \right)^{0,15} = 1,073$;
- для деталі В $K_2 = \left(\frac{N_{pn}}{N_i} \right)^\alpha = \left(\frac{4000}{2300} \right)^{0,15} = 1,086$;
- для деталі Г $K_2 = \left(\frac{N_{pn}}{N_i} \right)^\alpha = \left(\frac{4000}{1600} \right)^{0,15} = 1,147$.

Коефіцієнт K_3 , який враховує точність, шорсткість, складність конструкції деталі, визначається за формулою:

$$K_3 = K_{3,1} \cdot K_{3,2}, \quad (10.4)$$

Де $K_{3,1}$ – коефіцієнт точності поверхонь деталей;

$K_{3,2}$ – коефіцієнт шорсткості поверхонь деталей.

$$K_{3,1} = \left(\frac{K'_{T,i}}{K'_{T,p,np.}} \right)^{\alpha^1}; \quad (10.5)$$

$$K_{3,2} = \left(\frac{Ra'_{T,i}}{Ra'_{T,p,np.}} \right)^{\alpha^2}. \quad (10.6)$$

Де $K'_{T,i}$ і K'

$Ra'_{T,i}$ і $Ra'_{T,p,np.}$ – середні значення точності поверхонь;

$Ra'_{T,p,np.}$ – середні значення параметра шорсткості поверхонь ;

$$K'_T = \frac{\sum_{i=1}^n n_y \cdot K_y}{\sum_{i=1}^n n_y}; \quad (10.7)$$

$$Ra = \frac{\sum_{i=1}^n n_k \cdot Ra_k}{\sum_{i=1}^n n_k}. \quad (10.8)$$

Де K_y – K_{K} -й квалітет; K_{K} – кількість розмірів, що мають відповідну точність;

K_{K} – кількість поверхонь K_{K} -го квалітету;

Ra_k – значення Ra K_{K} -ї поверхні деталі, мкм; $\sum_{i=1}^n n_k$ – кількість поверхонь, що

мають відповідну шорсткість; K_{K} – кількість поверхонь, що мають значення K_{K} .

Значення $(\text{필필})^{\alpha_1}$ визначаємо за допомогою довідникових даних [1].

Значення коефіцієнта K_{31} для кожної деталі дорівнює:

– для розрахункового представника

$$K'_{\text{сер.р.нр.}} = \frac{\sum_{i=1}^n n_y \cdot K_y}{\sum_{i=1}^n n_y} = 12,636;$$

$$K_{31} = \left(\frac{K'_{T.}}{K'_{T.p.np.}} \right)^{\alpha_1} = 1.$$

– для деталі А

$$K'_{\text{сер.}} = \frac{\sum_{i=1}^n n_y \cdot K_y}{\sum_{i=1}^n n_y} = 13,54;$$

$$(K'_{T.})^{\alpha_1} = (13,54)^{\alpha_1} = 0,797;$$

$$K_{31} = \left(\frac{K'_{T.}}{K'_{T.p.np.}} \right)^{\alpha_1} = \left(\frac{13,54}{12,636} \right)^{\alpha_1} = 0,923.$$

– для деталі Б

$$K'_{\text{сер.}} = \frac{\sum_{i=1}^n n_y \cdot K_y}{\sum_{i=1}^n n_y} = 13,5;$$

$$(K'_{T.})^{\alpha_1} = (13,5)^{\alpha_1} = 0,775;$$

$$K_{31} = \left(\frac{K'_{T.}}{K'_{T.p.np.}} \right)^{\alpha_1} = \left(\frac{13,5}{12,636} \right)^{\alpha_1} = 0,897.$$

– для деталі В

$$K'_{\text{сеп.}} = \frac{\sum_{i=1}^n n_y \cdot K_y}{\sum_{i=1}^n n_y} = 13,395;$$

$$(K'_T)^{\alpha^1} = (13,395)^{\alpha^1} =$$

$$K_{31} = \left(\frac{K'_{T.}}{K'_{T.p.np.}} \right)^{\alpha^1} = \left(\frac{13,395}{12,636} \right)^{0,725} = 0,839.$$

для деталі Г

$$K'_{\text{сеп.}} = \frac{\sum_{i=1}^n n_y \cdot K_y}{\sum_{i=1}^n n_y} = 13,538;$$

$$(K'_T)^{\alpha^1} = (13,538)^{\alpha^1} =$$

$$K_{31} = \left(\frac{K'_{T.}}{K'_{T.p.np.}} \right)^{\alpha^1} = \left(\frac{13,538}{12,636} \right)^{0,797} = 0,923.$$

Значення коефіцієнта приведення K_{31} дорівнює:

– для розрахункового представника

$$Ra'_{\text{сеп.р.нр.}} = \frac{\sum_{i=1}^n n_k \cdot Ra_k}{\sum_{i=1}^n n_k} = 3,153;$$

$$(Ra'_{p.np.})^{\alpha^2} = (3,153)^{\alpha^2} = 1,07;$$

$$K_{32} = \left(\frac{Ra'}{Ra_{p.np.}} \right)^{\alpha^2} = \left(\frac{3,153}{3,153} \right)^{1,07} = 1.$$

– для деталі А

$$Ra'_{\text{сеп.}} = \frac{\sum_{i=1}^n n_k \cdot Ra_k}{\sum_{i=1}^n n_k} = 11,102;$$

$$(Ra')^{\alpha^2} = (11,102)^{\alpha^2} = 0,95;$$

$$K_{32} = \left(\frac{Ra'}{Ra_{p.np.}} \right)^{\alpha^2} = \left(\frac{11,102}{3,153} \right)^{0,95} = 0,887.$$

– для деталі Б

$$Ra'_{сер.} = \frac{\sum_{i=1}^n n_k \cdot Ra_k}{\sum_{i=1}^n n_k} = 12,657;$$

$$(Ra')^{\alpha^2} = (12,657)^{\alpha^2} = 0,95;$$

$$K_{32} = \left(\frac{Ra'}{Ra_{p.np.}} \right)^{\alpha^2} = \left(\frac{12,657}{3,153} \right)^{0,95} = 0,887.$$

– для деталі В

$$Ra'_{сер.} = \frac{\sum_{i=1}^n n_k \cdot Ra_k}{\sum_{i=1}^n n_k} = 11,451;$$

$$(Ra')^{\alpha^2} = (11,451)^{\alpha^2} = 0,95;$$

$$K_{32} = \left(\frac{Ra'}{Ra_{p.np.}} \right)^{\alpha^2} = \left(\frac{11,451}{3,636} \right)^{0,95} = 0,887.$$

– для деталі Г

$$Ra'_{сер.} = \frac{\sum_{i=1}^n n_k \cdot Ra_k}{\sum_{i=1}^n n_k} = 14,12;$$

$$(Ra')^{\alpha^2} = (14,12)^{\alpha^2} =$$

$$K_{32} = \left(\frac{Ra'}{Ra_{p.np.}} \right)^{\alpha^2} = \left(\frac{14,12}{3,636} \right)^{0,95} = 0,887.$$

10.2 Розрахунок кількості обладнання

Кількість верстатів для кожної операції механічної обробки визначається:

$$C_p = \frac{T_{шт|к.} \cdot N_{пр}}{F_{\phi} \cdot 60} \quad (10.9)$$

де $T_{шт|к.}$ – штучно-калькуляційний час обробки.; $N_{пр}$ – приведена програма випуску; F_{ϕ} – фонд роботи обладнання.

$$C_{p005} = \frac{T_{шт|к.005} \cdot N_{пр}}{F_{\phi} \cdot 60 \cdot \eta} = \frac{6,72 \cdot 10614}{2040 \cdot 60 \cdot 0,75} = 0,777;$$

$$C_{p010} = \frac{T_{шт|к.010} \cdot N_{пр}}{F_{\phi} \cdot 60 \cdot \eta} = \frac{1}{2040 \cdot 60 \cdot 0,75} = 1,165;$$

$$C_{p015} = \frac{T_{шт|к.015} \cdot N_{пр}}{F_{\phi} \cdot 60 \cdot \eta} = \frac{12,6 \cdot 10614}{2040 \cdot 60 \cdot 0,75} = 1,456;$$

$$C_{p020} = \frac{T_{шт|к.020} \cdot N_{пр}}{F_{\phi} \cdot 60 \cdot \eta} = \frac{4,48 \cdot 14998}{2040 \cdot 60 \cdot 0,75} = 0,518;$$

Розраховане значення збільшимо до найближчого більшого числа, а значить значення кількості верстатів на кожній операції обробки деталі дорівнює:

$$C_{пр005} = 1; C_{пр010} = 2; C_{пр015} = 2; C_{пр020} = 1.$$

10.3 Побудова графіків завантаження

Таблиця 10.3 – Кількість обладнання та коефіцієнти завантаження і використання верстатів за основним часом

№ операції	Назва операції	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	η_{vi}	$\eta_{з,сер.}$	$\eta_{о,i}$	$\eta_{о,сер.}$
005	Вертикально фрезерна	0,777	1	0,777	0,653	0,714	0,714
010	Вертикально фрезерна	1,165	2	0,583		0,714	
015	Фрезерна з ЧПК	1,456	2	0,728		0,714	
020	Фрезерна з ЧПК	0,518	1	0,517		0,714	

Виходячи з графіків завантаження обладнання, що верстати на операціях 005 та 015 завантажені в достатній мірі. На всіх інших операціях (020) верстати необхідно довантажити обробкою інших деталей з метою доведення завантаження верстатів до нормативних рекомендацій.

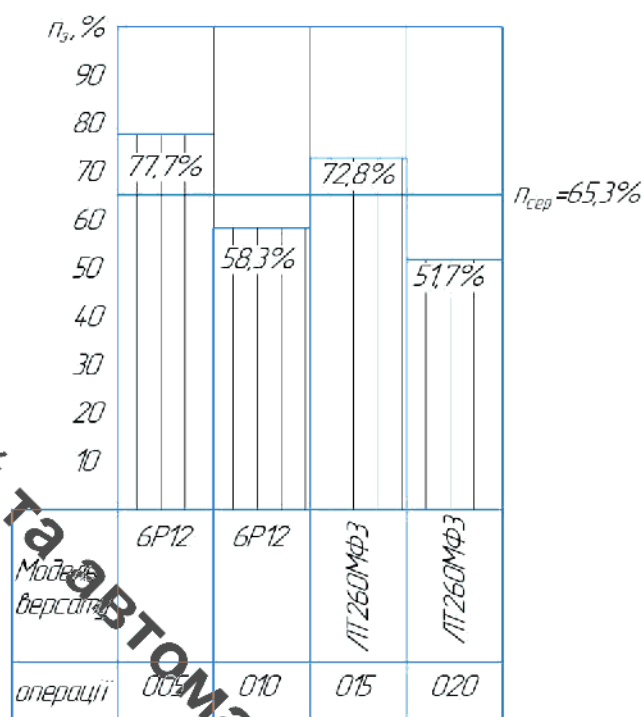


Рисунок 10.1 – Графік завантаження верстатів

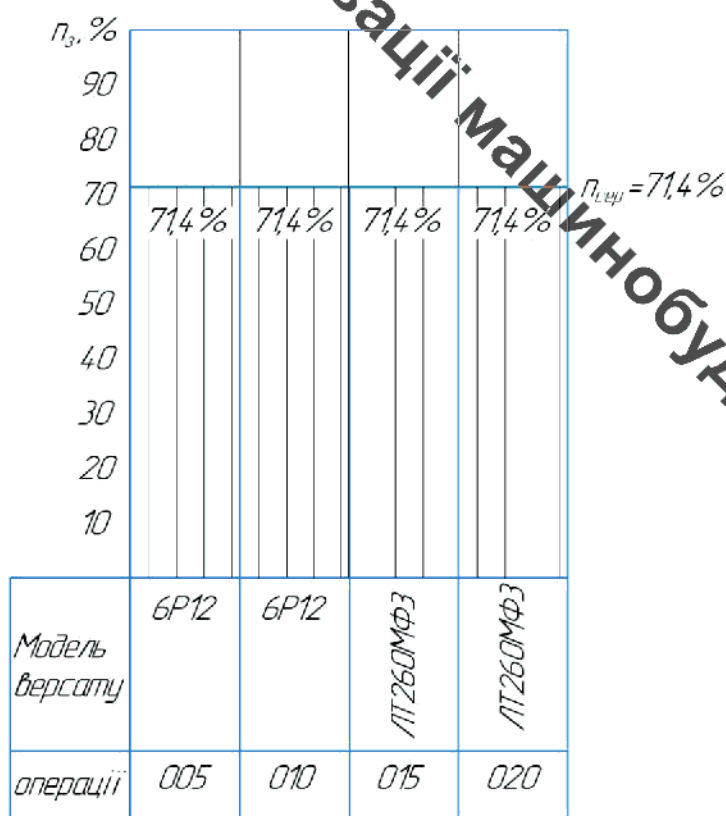


Рисунок 10.2 – Графік завантаження верстатів за основним часом

10.4 Розрахунок кількості працюючих на дільниці

Значення кількості основних робітників, які необхідні для обробки деталі дорівнює:

$$P_{005} = \frac{T'_{шт} \cdot K_{б} \cdot 60}{F'_{др} \cdot K_{б} \cdot 60} = \frac{6,72 \cdot 10614}{1820 \cdot 1 \cdot 60} = 0,653;$$

$$P_{010} = \frac{T'_{шт} \cdot K_{б} \cdot 60}{F'_{др} \cdot K_{б} \cdot 60} = \frac{0,08 \cdot 10614}{1820 \cdot 1 \cdot 60} = 0,98;$$

$$P_{015} = \frac{T'_{шт} \cdot K_{б} \cdot 60}{F'_{др} \cdot K_{б} \cdot 60} = \frac{2,6 \cdot 10614}{1820 \cdot 1 \cdot 60} = 0,728;$$

$$P_{020} = \frac{T'_{шт} \cdot K_{б} \cdot 60}{F'_{др} \cdot K_{б} \cdot 60} = \frac{4,48 \cdot 10614}{1820 \cdot 1 \cdot 60} = 0,43;$$

Отже, округливши розраховані значення, отримаємо:

$$P_{005} = 1; P_{010} = 1; P_{015} = 1; P_{020} = 1; P_{030} = 1.$$

Кількість допоміжних робітників визначається, як 20...25% від основних, тобто дорівнює 1 чол.

Таблиця 10.4 – Відомість працюючих на дільниці

Працюючі (категорія)	Кількість
Основні робітники	4
Допоміжні працівники	1
Інженерно-технічні робітники	1
Службовці	0,1 ставки
Молодший обслуговуючий персонал	0,2 ставки

10.5 Розрахунок основних та допоміжних площ дільниці

На операції 005 використовується верстат фрезерний 6P12 (1 верстат), на операції 010 – верстат фрезерний 6P12 (2 верстата), на операції 015 – вертикально-фрезерний ЛТ260МФ30 (1 верстат), 020 – вертикально-фрезерний ЛТ260МФ30 (1 верстат). Всі вказані верстати відносять до середніх (масою до 10 тонн), тому питома площа може бути прийнята в межах 15-25 м².

Отже, виробнича площа дільниці складає:

$$L_S = 25 \cdot 4 = 100 (м_2).$$

Кількість верстатів заточувального відділення приймаємо 4% від кількості верстатів дільниці механічного цеху, тобто 1 верстат. Площа заточувального відділення дорівнює:

$$S_{заточ.} = S_{нит.} \cdot C_{зат.} = 10 \cdot 1 = 10 (м^2).$$

Кількість верстатів цехової ремонтної бази складає 4% від кількості верстатів, тобто це складає 1 верстат. Площа цехової ремонтної бази дорівнює:

$$S_{црб} = S_{тит.} \cdot C_{црб} = 22 \cdot 1 = 22 (м^2).$$

Площу відділення для переробки стружки приймаємо 4% від виробничої площі, тобто $S_{стружк.} = 0,04 \cdot 125 = 5 (м^2)$. Стружка збирається в тару та транспортується до місця зберігання.

Площу відділення для приготування ЗОР приймаємо для всього цеху – 45 м², площу складу масел – 10 м².

Значення кількості контролерів дорівнює 10% від кількості основних робітників, тобто 1 контролер. Площа, яка необхідна на одного контролера дорівнює 6 м², тобто всього 6 м². Площа для складування заготовок на дільниці складає:

$$S_{скл.з} = \frac{\varphi_{чорн} \cdot t \cdot N}{p \cdot q \cdot K_B} = \frac{4,22 \cdot 10614 \cdot 4}{254 \cdot 1200 \cdot 0,3} = 1,96 (м^2).$$

Площа складу готових деталей дорівнює:

$$S_{скл.дет} = \frac{\varphi_{чорн} \cdot t \cdot N}{p \cdot q \cdot K_B} = \frac{2,34 \cdot 14998 \cdot 12}{254 \cdot 3000 \cdot 0,25} = 2,21 (м^2).$$

Площа інструментально-роздавального складу складає:

- склад для зберігання інструменту $4 \cdot 0,5 = 2 м^2$;
- склад для зберігання вимірювального інструменту $4 \cdot 0,3 = 1,2 м^2$;
- склад для зберігання пристосувань $4 \cdot 0,7 = 2,8 м^2$;
- склад для зберігання абразивів $4 \cdot 0,7 = 2,8 м^2$.

Отже, загальна площа інструментально-роздавального складу дорівнює:

$$S_{ПК} = 11 (м^2).$$

11 ОХОРОНА ПРАЦІ

11.1 Аналіз умов праці

Аналіз умов роботи на дільниці механічної обробки деталі типу "Корпус електрогідравлічного регулятора".

На дільниці обладнання живиться від трифазної чотирипровідної мережі з заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Дільниця знаходиться в одноповерховому виробничому приміщенні.

Обсяг виробничих приміщень повинен бути таким, щоб на кожного працюючого припадало не менше 4,5 м² площі, 15 м³ об'єму, висота виробничого приміщення повинна бути не менше 3,2 м. Площа дільниці 60 м², об'єм – 192 м³, тобто вимоги виконуються.

У цехах, що мають велику ширину, шкідливі роботи необхідно розташовувати поблизу зовнішніх стін для кращого забезпечення природної вентиляції приміщення. При внутрішньому плануванні приміщення повинні бути передбачені достатня ширина і число проходів, сходів, дверей із метою можливого усунення зустрічних людських потоків у періоди початку і закінчення змін, а також у випадку аварійних ситуацій.

При роботі на механічній дільниці виникає ряд фізичних, хімічних, психофізіологічних небезпечних та шкідливих виробничих факторів [13]:

1. Підвищена загазованість повітря робочої зони парами і газами, які виділяються при технологічних процесах.
2. Підвищений рівень шуму і вібрації на робочих місцях від працюючого обладнання.
3. Відсутність або недостатня освітленість природним світлом.
4. Недостатня освітленість робочої зони від світильників штучного освітлення.
5. Зміна мікроклімату робочої зони.
6. Рухомі частини виробничого обладнання, пересувані вузли і агрегати.
7. Відлітаючі частини інструментів, який зруйнувався під час роботи.
8. Підвищена напруга в електричній мережі, замикання якої може відбутись через тіло людини.
9. Фізичні динамічні та статичні навантаження.
10. Монотонність праці.

При відсутності засобів захисту запиленість повітряного середовища в зоні дихання верстатників може перевищувати граничне допустимі концентрації.

11.2 Виробнича санітарія

11.2.1 Мікроклімат

Роботи, що виконуються на механічній дільниці відносяться до категорії робіт ІІб – середньої важкості [14]. Вони пов'язані з розбиранням і збиранням вузлів і агрегатів. Ці роботи пов'язані з середнім фізичним навантаженням.

Параметри, що характеризують мікроклімат в приміщенні є наступними: температура, відносна вологість, швидкість руху повітря.

Оптимальні і допустимі норми цих параметрів визначають в залежності від категорії робіт, періоду року. Числові значення цих норм [14] додано в табл. 11.1. Для нормалізації мікроклімату в виробничому приміщенні необхідно улаштувати вентиляцію і опалення. Інтенсивність опромінення 100Вт/м^2 .

Опромінення людського тіла не більше 25%.

Таблиця 11.1 – Оптимальні і допустимі норми параметрів мікроклімату в приміщенні

Період року	Категорія	Температура, °C			Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/хв	
		Оптим.	Допустима		Оптим.	Допуст.	Оптим.	Допуст.
			Верхня гран.	Нижня гран.				
Холод	Пб	17-19	21	15	40-60	75	0.3	0.4
Тепло	Пб	20-22	27	16	40-60	70	0.4	0.5

На ділянці характерне забруднення повітря виробничих приміщень такими отруйними газами й парами, як пари мастил мінеральних, сульфонати, молібденати, граничні і неграничні вуглеводні, альдегіди, бензапірен і ін.

Попадаючи в організм людини шкідливі речовини негативно діють на людину. Концентрація шкідливих речовин у повітрі робочої зони не повинна перевищувати значень приведених у табл. 11.2.

Таблиця 11.2 – Допустимі показники шкідливих речовин повітря робочої зони [14]

Назва речовини	Величина ГДК, мг/м^3	Переважаючий агрегатний стан в умовах виробництва	Клас небезпеки	Особливості дії на організм
Мастила мінеральні нафтові	5	а	III	
Кремнію діоксид аморфний у вигляді аерозолі конденсації при вмісті від 10 до 60%	2	а	III	Ф
Бензапірен	0,00015	а	I	К
Альдегід масляний	5	п	III	
Вуглеводні аліфатичні $\text{C}_1\text{-C}_{10}$ (в перерахунку на С)	300	п	IV	
Молібдену розчинні з'єднання у вигляді аерозолі конденсації	2	а	III	

Контроль вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони проводиться на найбільш характерних робочих місцях. При однаковому обладнанні, або при виконанні однакових операцій контроль проводиться вибірково на окремих робочих

місцях, розташованих в центрі і по периферії приміщення.

Система вентиляції приміщення буде комбінована, тобто буде поєднувати в собі механічну і природну, організовану вентиляцію.

Механічна вентиляція буде здійснюватиметься за рахунок вентилятора з приводом від електродвигуна. Приточна вентиляція забезпечуватиме приток чистого повітря в приміщення, а витяжна вентиляція забезпечуватиме видалення забрудненого повітря назовні.

Природна вентиляція здійснюватиметься за рахунок різниці густини повітря, що виникатиме за рахунок різниці температури повітря, а також за рахунок енергії вітру.

Для компенсації втрат тепла і підтримання температури повітря в межах норми передбачається встановлення систем опалення. Система опалення буде водною (температура води 100°C). Використання такої системи дозволить підтримувати належний температурний режим з мінімально можливими витратами.

11.2.2 Освітлення

Кількісні і якісні характеристики освітлення регламентовані [15].

Природне освітлення забезпечується подвійними вікнами.

Розряд зорової роботи – 4а.

Коефіцієнт природного освітлення:

$$e^4 = e_N^3 \cdot m \cdot C_K, \quad (11.1)$$

де $e_N^3 = 1,5$ – нормоване значення коефіцієнта природного освітлення; $m = 0,9$ – коефіцієнт світлового клімату; $C_K = 0,75$ – коефіцієнт сонячності клімату;

$$C_K = 1,5 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 1,01.$$

Штучне освітлення в приміщеннях повинно задовольняти вимогам (табл. 11.3).

Таблиця 11.3 – Норми освітленості приміщень і виробничих дільниць механічної обробки деталі «Корпус електрогідравлічного регулятора»

Приміщення	Площина нормування освітленості	Розряд зорової роботи	Освітленість	
			норма	діюче
Механічна дільниця	Горизонтальна 0,8м	4а	300(750)	250(700)

Штучне освітлення в приміщеннях повинно задовольняти вимогам (табл. 12.4).

Таблиця 11.4 – Норми штучного освітлення

Характер зорової роботи	Найменший розмір об'єкту розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкту розрізнення з фоном	Характер фону	Штучне, лм	Природне, %
						Комбіне	Комбін.
Середньої точності	Більше 0,3 до 0,5	3	в	Середн.	Середн.	750	2,5

Люмінесцентні лампи встановлені на висоті 3,2 м. Внутрішня електропроводка виконана з надійною електро- та гідроізоляцією. Робоче місце робітника забезпечене місцевим освітленням. На дільниці передбачене аварійне освітлення, освітлює підлоги в основних місцях і переходах, відповідає - 0,5 лк.

11.2.3 Шум

Джерелом шуму на дільниці є працююче обладнання та інструменти.

За характером спектру шум на дільниці широкопasmовий із безперервним спектром шириною більше октави. За часовими характеристиками шум постійний, так як рівень звуку за восьмигодинний робочий день змінюється в часі не більш, ніж на 5 дБА. За походженням шум механічний (від працюючого обладнання) і аеродинамічний (від вентиляційних установок). Характеристикою шуму на робочих місцях є рівні звукового тиску (дБ) в октавних смугах з середньгеометричними частотами 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Допускається в якості характеристики постійного широкопasmового шуму на робочих місцях при орієнтовній оцінці приймати рівень звуку (дБА), виміряний на тимчасовій характеристиці "повільно" шумоміра по [16].

Гранично допустимий спектр шуму на робочих місцях на агрегатній дільниці приведений у табл. 11.5.

Таблиця 11.5 – Допустимий спектр шуму на робочих місцях

Вид трудової діяльності	Октавні рівні звукового тиску, дБ на середньгеометричних частотах, Гц									Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
На постійних робочих місцях	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Для зменшення шуму на дільниці використовують архітектурно-планувальні методи захисту. Сюди відноситься раціональне розміщення технологічного обладнання.

ння, верстатів, раціональне розміщення робочих місць, раціональне акустичне планування зон і режиму руху транспорту, створення різних шумозахищених зон в різних місцях знаходження людей.

Вимоги по допустимому рівню шуму виконуються.

11.2.4 Вібрація

Від робочого інструменту та працюючого обладнання на працюючих може діяти вібрація. Вібрація характеризується такими показниками як віброшвидкість, віброприскорення, рівень віброшвидкості, рівень віброприскорення.

Категорія вібрації 3 тип "а" - технологічна на робочих місцях. Критерій оцінки - межа зниження продуктивності праці. На працюючих діє локальна і загальна вібрація. Вона передається через руки працюючих і через підшви ніг.

Санітарні норми одночислових показників вібраційного навантаження на працюючого при тривалості зміни 8 год приведені в табл. 11.6 [16].

Таблиця 11.6 – Норми вібраційного навантаження

Вид вібрації	Категорія вібрації за санітарними нормами	Напрямок дії	Нормативні коректовані за частотою та еквівалентні коректовані значення			
			Віброприскорення		Віброшвидкість	
			м/с ²	дБ	м/с · 10 ⁻²	дБ
Локальна	-----	X _n ; Y _n ; Z _n	2,0	126	2,0	112
Загальна	3 тип "а"	X ₀ ; Y ₀ ; Z ₀	0,1	100	0,2	92

Для зменшення вібрації, яка передається на робочі місця, обладнання на ділянці встановлено на віброізолятори. Вентилятори систем вентиляції також встановлюють на віброізолятори і розміщують поза приміщеннями.

Вимоги по допустимому рівню вібрації виконуються.

11.3 Промислова безпека

Джерела освітлення, проводка та силові двигуни повинні бути надійно ізольовані.

Забороняється експлуатація несправного обладнання, технічного інструменту тощо. При несправному обладнанні вирішується табличка „Працювати заборонено” або „Не працює”.

Забороняється застосування саморобних нагрівальних пристроїв.

Робітники повинні забезпечуватись справними інструментами та інвентарем.

Відходи виробництва, обтирочні матеріали, повинні прибиратися після кожної зміни.

Для миття та знежирення повинні застосовуватись негорючі суміші і розчинники. Мийні ванни з часом після закінчення роботи повинні закриватись. Підлога має бути горизонтальною, рівною без вибоїн. Біля верстатів і стендів повинні бути дерев'яні трапи на всю ширину робочої зони.

Особливу увагу необхідно приділяти при роботі з кран-балкою.

Необхідно дотримуватись інструкцій по роботі з обладнанням.

Нормативні умови на дільниці забезпечуються такими засобами:

- механізацією;
- встановлення ефективної вентиляції;
- встановлення опалення;
- застосування засобів особистої гігієни.

Для захисту рук від агресивних середовищ застосовують рукавиці і халати.

11.4 Електробезпека

За ступенем електробезпеки зона відноситься до категорії особливо небезпечних умов по ураженню людей електричним струмом так як в цьому відділенні присутні такі небезпечні фактори: струмопровідна підлога; струмопровідний пил; можливість одночасного дотику до корпусів обладнання та заземлених частин.

Для захисту від ураження електрострумом обираємо такі засоби: занулення; подвійна ізоляція.

Занулення – навмисне електричне з'єднання з нульовим проводом металевих не струмонесучих частин, які можуть опинитись під напругою.

При зануленні провідники мають бути вибрані таким чином, що при замиканні на корпус виникає струм короткого замикання, що забезпечує вимикання автомата чи плавлення плавкої вставки – запобіжника.

Подвійна ізоляція – електроізоляція, що складається з двох частин: робочої і додаткової ізоляції. Категорія виробництва за небезпечною ураження електрострумом визначається за [17].

Корпус будь-якої електроустановки необхідно заземлювати. Послідовне включення в провідник, що заземлює, декілька апаратів забороняється.

11.5 Пожежна безпека

Приміщення віднесено до категорії Д, а будівля, де вона розміщується, має I-й ступінь вогнестійкості - незгораємі стіни, перегородки і покриття з межею вогнестійкості не менш 1 години. Всі стіни, перегородки і покриття відповідають цій вимозі [18].

Основними причинами виникнення пожеж є коротке замикання в електропроводниках, самозаймання ганчір'я, паління в недозволених місцях, розряди блискавки і порушення правил пожежної безпеки.

Обладнання повинно бути виконано в вибухобезпечному виконанні. Необхідно своєчасно проводити протипожежний інструктаж і встановлювати жорсткий протипожежний режим. Для паління відводяться та обладнуються спеціальні місця.

Для використаного обтирочного матеріалу передбачають металеві ящики з кришками та цей матеріал зберігається не більше однієї зміни.

Для запобігання пожежі від короткого замикання в провідниках їх необхідно розмішувати в металевих трубах, або гнучких, металевих кожухах.

Для захисту від блискавок, застосовують металеві стержні, які розташовані на даху приміщення та з'єднані із землею дротом. Для оповіщення відповідних служб про пожежу застосовують телефони та теплові повідомлювачі максимальної дії ДІТ, які спрацьовують, коли температура, навколишнього середовища досягає критичної.

ВИСНОВКИ

Отже, в результаті виконання бакалаврської дипломної роботи розроблено технологічний процес механічної обробки деталі «Корпус електрогідравлічного регулятора насоса змінної продуктивності». Крім цього, освоєна методика проектування та розробки маршрутів механічної обробки деталей типу «Корпус», розраховані технологічні параметри, що потрібні для виготовлення даної деталі.

Поставлені та послідовно розв'язані такі задачі: за кресленням деталі, її масою ($m=2,9$ кг.) та програмою випуску ($N=4000$ шт.) визначено, що тип виробництва середньосерійний; серед існуючих способів виготовлення заготовки деталі «Корпус електрогідравлічного регулятора насоса змінної продуктивності» вибрано порізка плазмою з листового прокату із собівартістю заготовки $C_{заг} = 785,65$ грн., яке економічно доцільніше; на основі аналізу типового процесу механічної обробки типової деталі, який подібний до заданої деталі «Корпус електрогідравлічного регулятора насоса змінної продуктивності» розроблено технологічний процес механічної обробки, виконаний розмірний аналіз технологічного процесу механічної обробки та визначені режими різання на його переходах.

В роботі використано САД-систему SolidWorks 2023, що дозволило спроектувати тривимірну модель деталі «Корпус електрогідравлічного регулятора». Також був проведений аналіз умов праці та вимог техніки безпеки на ділянці, де виготовляється деталь.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дусанюк Ж.П., Дусанюк С.В. Методичні вказівки до виконання контрольних робіт з дисципліни "Проектування механоскладальних дільниць та цехів " для студентів заочної форми навчання спеціальностей "Технологія машинобудування" та "Менеджмент організацій машинобудування". Вінниця: ВДТУ, 2002. 58 с.
2. Пустюльга С.І., Самостян В.Р., Клак Ю.В. Інженерна графіка в SolidWorks: Навчальний посібник– Луцьк: Вежа, 2018. 172 с.
3. Дусанюк Ж. П., Сивак І.О., Дусанюк С.В. та ін. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Гаряче об'ємне штампування. Навчальний посібник Вінниця: ВНТУ, 2006. 106 с.
4. Дусанюк Ж. П., Шиліна О. П., Репінський С. В. та ін. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки: навчальний. Вінниця : ВНТУ, 2009. 199 с.
5. Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Репінський С. В. Основи технології машинобудування. Частина 1. Вінниця : ВНТУ, 2017. 106 с.
6. Основи технології машинобудування. Частина 2 : практикум / Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Сухоруков С.І. — Вінниця : ВНТУ, 2015. —116 с.
7. Іванов М. І., Дусанюк Ж. П., Дусанюк С. В. та ін. Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування: навчальний посібник. Вінниця: Глобус-Прес, 2011. – 200 с.
8. Юрчишин І.І., Литвиняк Я.М., Грицай І.Є., Кукляк М.Л., Кусий Я.М. та ін. Технологія машинобудування: Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт. Навч. посібник. Львів: Видавництво національного університету "Львівська політехніка". 2009. 528с.
9. Буренніков Ю. А. , Лозінський Д. О. Технологічні основи машинобудування. Самостійна та індивідуальна робота студентів: навчальний. Вінниця : ВНТУ, 2017. 106 с.
10. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А. Технологія машинобудування. Підручник. Житомир, 2005. 876 с..
11. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з дисципліни «САП верстатів з ЧПК» / Уклад. Д. О. Лозінський, О.В. Петров, О.М. Мироненко. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 42 с.
12. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

- 13. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>

14. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення- [Електронний ресурс]
Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

15. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>

16. ДБН В.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд. К. :Мінбуд України, 2006. -154 с.

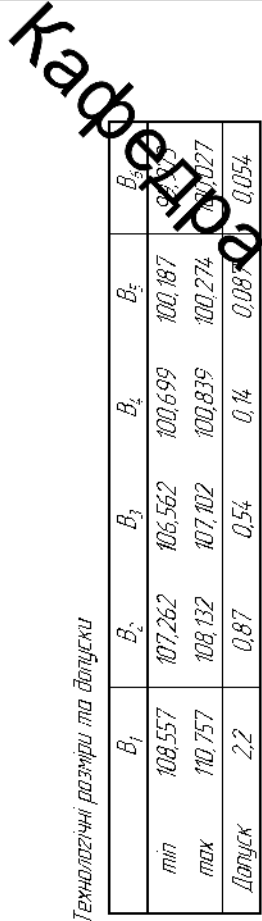
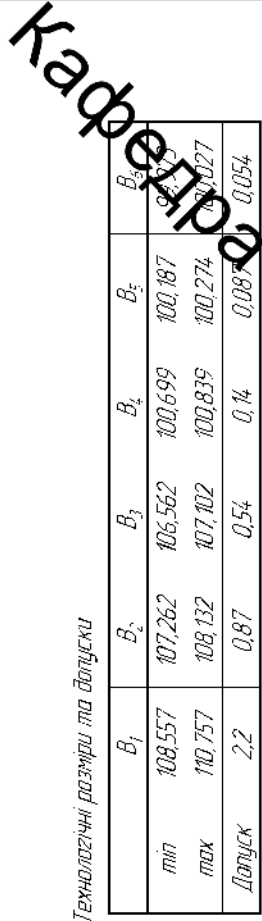
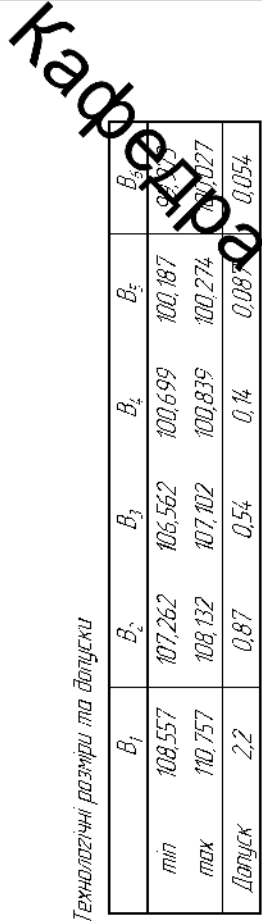
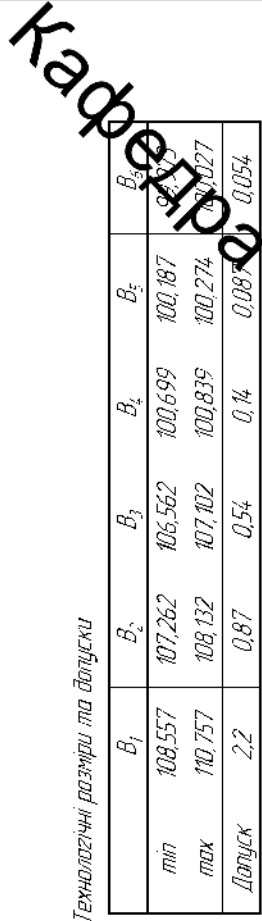
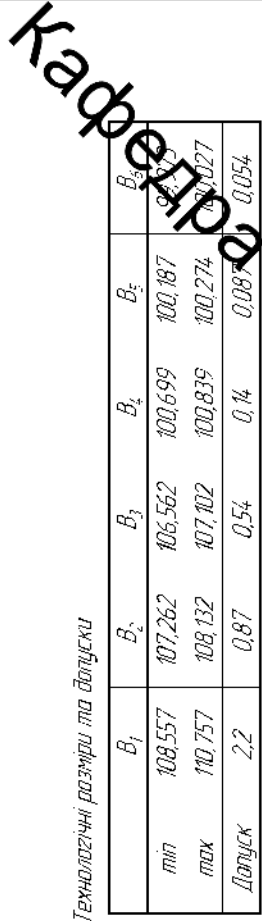
17. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002..pdf

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування, ВНТУ

ДОДАТКИ

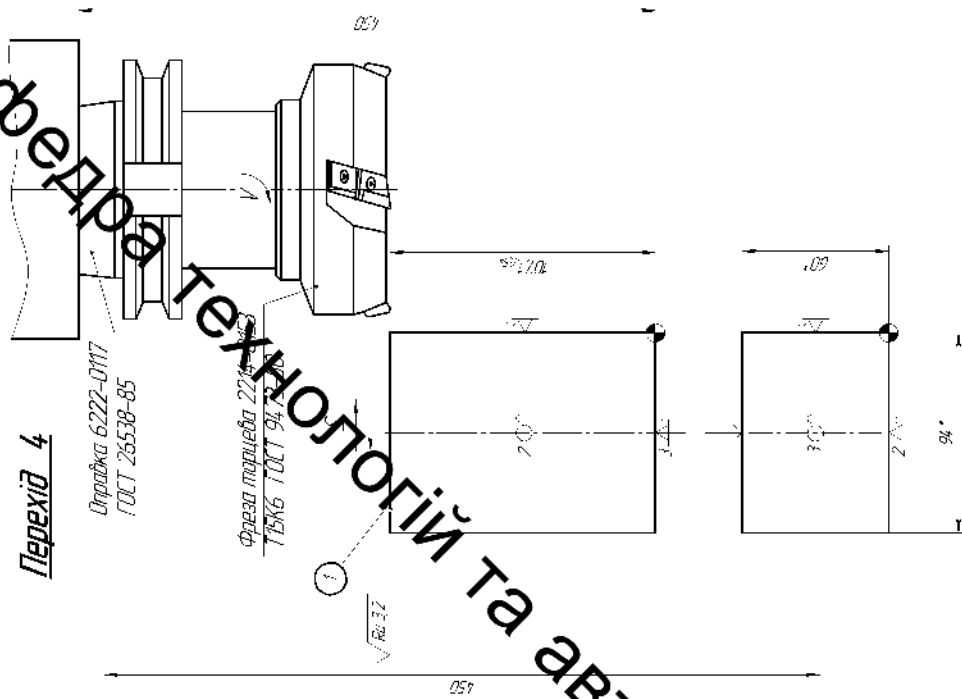
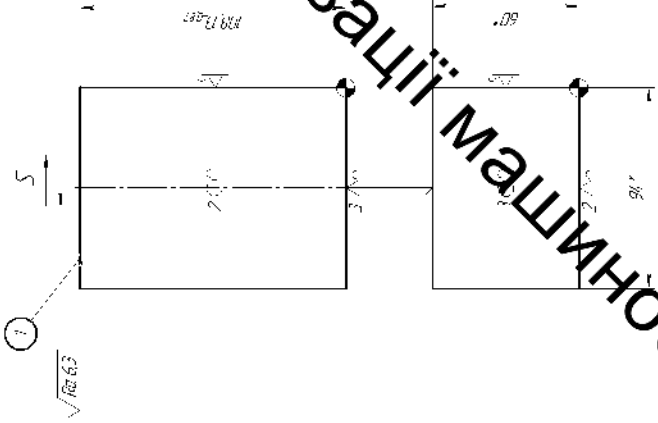
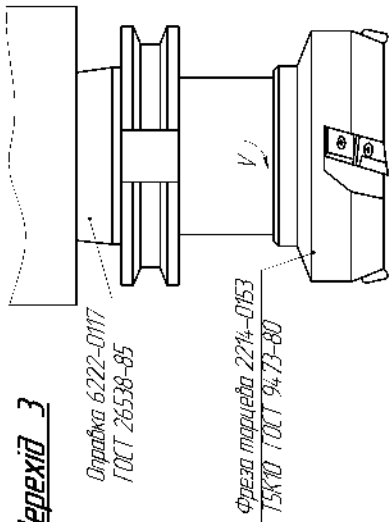
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування, ВНТУ

ДОДАТОК А
графічна частина



	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6
min	108,557	107,262	106,562	100,699	100,187	99,933
max	110,757	108,132	107,102	100,839	100,274	100,027
Допуск	2,2	0,87	0,54	0,14	0,087	0,054

Перед 3



№ п/п	№	Наименование	Единица измерения	Количество	Стоимость, руб.	Итого
1	2	3	4	5	6	7
1	1	Материалы для изготовления	кг	100	10000	10000
2	2	Работы по изготовлению	шт	1	10000	10000
3	3	Материалы для изготовления	кг	100	10000	10000
4	4	Работы по изготовлению	шт	1	10000	10000
5	5	Материалы для изготовления	кг	100	10000	10000
6	6	Работы по изготовлению	шт	1	10000	10000
7	7	Материалы для изготовления	кг	100	10000	10000
8	8	Работы по изготовлению	шт	1	10000	10000
9	9	Материалы для изготовления	кг	100	10000	10000
10	10	Работы по изготовлению	шт	1	10000	10000
11	11	Материалы для изготовления	кг	100	10000	10000
12	12	Работы по изготовлению	шт	1	10000	10000
13	13	Материалы для изготовления	кг	100	10000	10000
14	14	Работы по изготовлению	шт	1	10000	10000
15	15	Материалы для изготовления	кг	100	10000	10000
16	16	Работы по изготовлению	шт	1	10000	10000
17	17	Материалы для изготовления	кг	100	10000	10000
18	18	Работы по изготовлению	шт	1	10000	10000
19	19	Материалы для изготовления	кг	100	10000	10000
20	20	Работы по изготовлению	шт	1	10000	10000
21	21	Материалы для изготовления	кг	100	10000	10000
22	22	Работы по изготовлению	шт	1	10000	10000
23	23	Материалы для изготовления	кг	100	10000	10000
24	24	Работы по изготовлению	шт	1	10000	10000
25	25	Материалы для изготовления	кг	100	10000	10000
26	26	Работы по изготовлению	шт	1	10000	10000
27	27	Материалы для изготовления	кг	100	10000	10000
28	28	Работы по изготовлению	шт	1	10000	10000
29	29	Материалы для изготовления	кг	100	10000	10000
30	30	Работы по изготовлению	шт	1	10000	10000
31	31	Материалы для изготовления	кг	100	10000	10000
32	32	Работы по изготовлению	шт	1	10000	10000
33	33	Материалы для изготовления	кг	100	10000	10000
34	34	Работы по изготовлению	шт	1	10000	10000
35	35	Материалы для изготовления	кг	100	10000	10000
36	36	Работы по изготовлению	шт	1	10000	10000
37	37	Материалы для изготовления	кг	100	10000	10000
38	38	Работы по изготовлению	шт	1	10000	10000
39	39	Материалы для изготовления	кг	100	10000	10000
40	40	Работы по изготовлению	шт	1	10000	10000
41	41	Материалы для изготовления	кг	100	10000	10000
42	42	Работы по изготовлению	шт	1	10000	10000
43	43	Материалы для изготовления	кг	100	10000	10000
44	44	Работы по изготовлению	шт	1	10000	10000
45	45	Материалы для изготовления	кг	100	10000	10000
46	46	Работы по изготовлению	шт	1	10000	10000
47	47	Материалы для изготовления	кг	100	10000	10000
48	48	Работы по изготовлению	шт	1	10000	10000
49	49	Материалы для изготовления	кг	100	10000	10000
50	50	Работы по изготовлению	шт	1	10000	10000
51	51	Материалы для изготовления	кг	100	10000	10000
52	52	Работы по изготовлению	шт	1	10000	10000
53	53	Материалы для изготовления	кг	100	10000	10000
54	54	Работы по изготовлению	шт	1	10000	10000
55	55	Материалы для изготовления	кг	100	10000	10000</

4. Забезпечити паралельність протилежних граней між собою в межах 0,05 мм
5. Гострі кромки притупити фаскою 0,5x45;
6. Невказані граничні відхилення розмірів: H14, h14, ±IT14/2.

1. Неперпендикулярність осей отв. $\varnothing 26H12$, 4 отв. М4 площині А в межах 0,001 мм;
2. Неперпендикулярність осей 3 отв. $\varnothing 8,5$, 4 отв. $\varnothing 8$ в площині С в межах 0,001 мм;
3. Всі зовнішні грані деталі повинні мати шорсткість $Ra=3,2$ мкм;

					08-26.БДР.021.00.001				
					Корпус електро- гідравлічного регулятора НЗП	Лит.		Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				2.86	1:2
Разраб.		Пруський І.О.							
Перевір		Козлов Л.Г.							
						Лист 1		Листов 1	
Т. контр.					Сталь 40Х, ГОСТ 2590-88	ВНТУ, гр. 1ПМ-206			
Н. контр.		Лозінський Д.О.							
Утв.		Козлов Л.Г.							

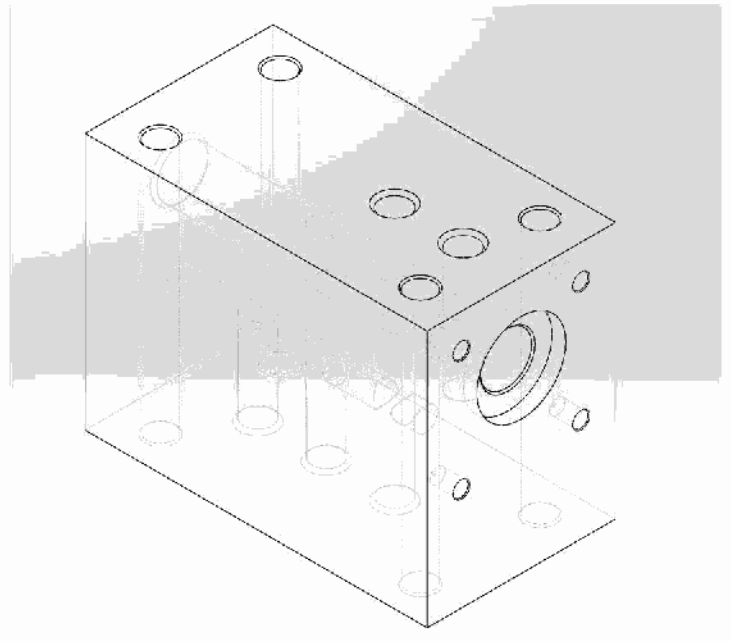
08-26.БДР.021.00.100 П/1

Дерево построения 3-D модели

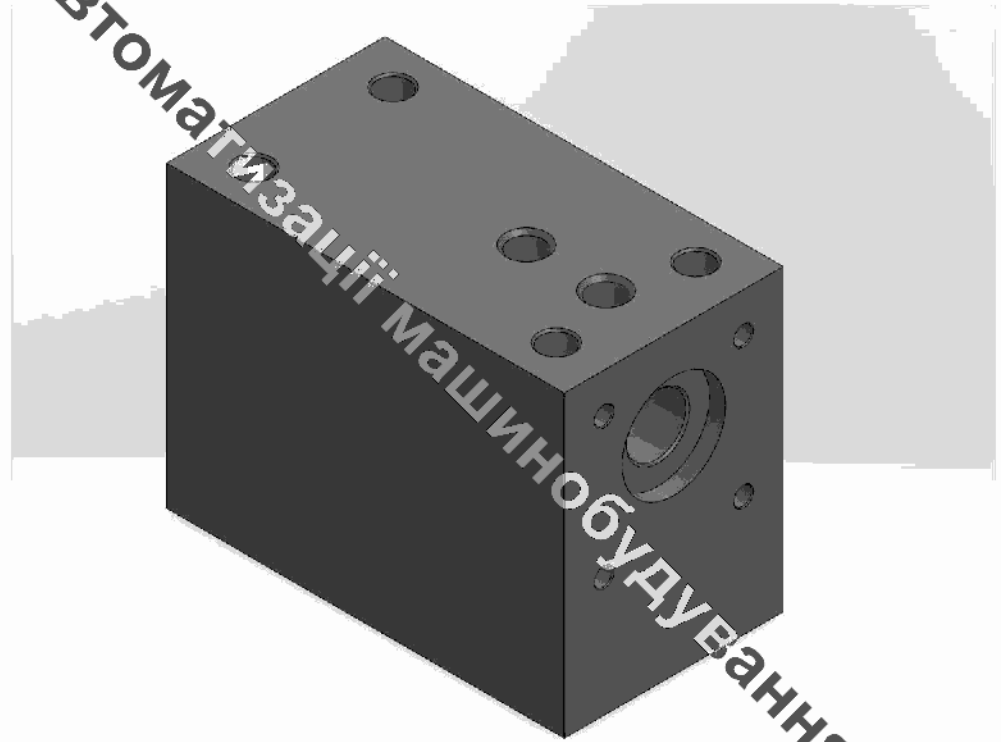
- Корпус электрогидравлического регулятора (Default) <<
- История
- Датчики
- Annotations
- Твердые тела(1)
- Простая углеродистая сталь
- Front Plane
- Top Plane
- Right Plane
- Origin
- Бобышка-Вытянуть1
- Отверстие обработанное метчиком M18x1.51
- Вырез-Вытянуть1
- Отверстие обработанное метчиком M101
- Отверстие обработанное метчиком M41
- Вырез-Вытянуть2
- Отверстие обработанное метчиком M102
- Отверстие обработанное метчиком M103
- Вырез-Вытянуть3
- Фаска1
- Фаска2

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування, ВНТУ

Відображення модель деталі з невидимими лініями



3-D модель деталі



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Прусский И.О.		
Проб.				
Т.контр.				
Н.контр.		Лозинський Д.О.		
Утв.		Козлов Л.Г.		

08-26.БДР.021.00.100 П/1

Разработка трехмерной модели детали

Лит.	Масса	Масштаб
		1:1
Лист	Листов	1

ВНТУ, зр. 1ПМ-208

08-26.БДР.021.00.000

Перв. примен.

Справ. №

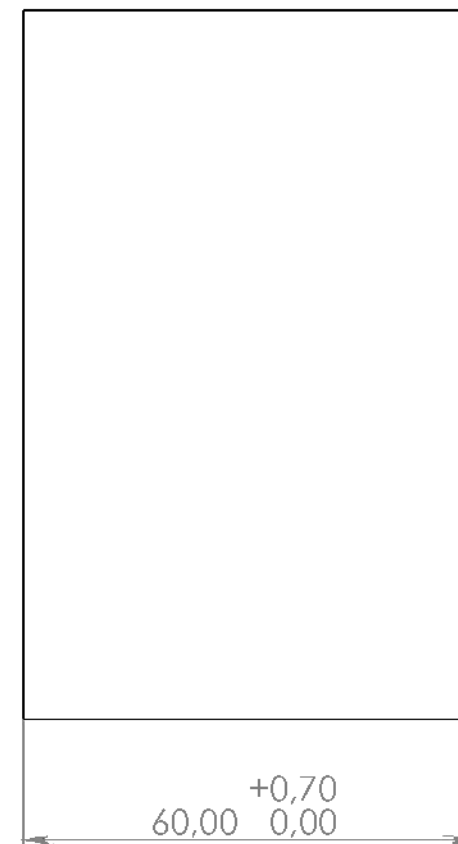
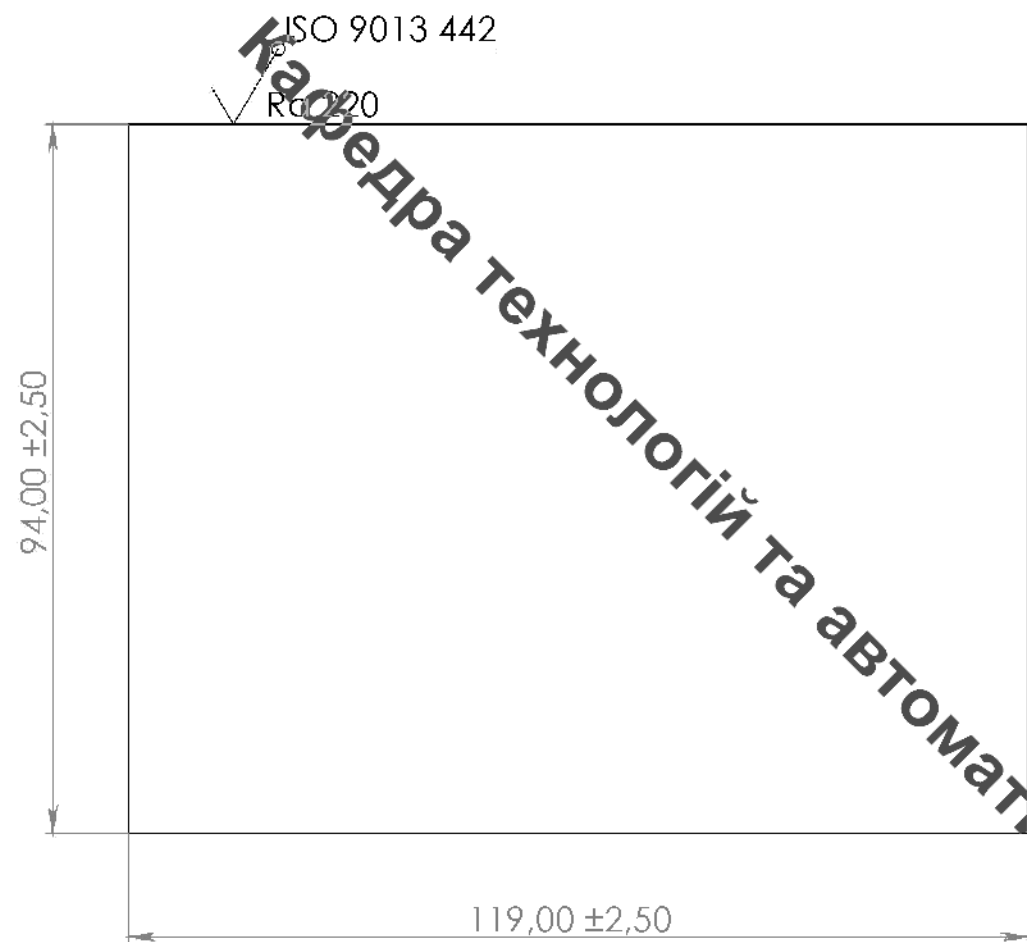
Подп. и дата

Изм. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изм. № подл.



- *Размеры для отливок.
- Способ изготовления заготовки – плазменная резка проката;
- Термическая обработка заготовки – плазменная резка проката; диапазон 4 по перпендикулярности или отклонению реза, диапазон 4 по средней высоте неровностей реза за 5-ю точками, класс 2 по отклонению размера.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Пруський И.В.		
Пров.		Козлов Л.Г.		
Т. контр.				
Н. контр.		Лозинский Д.О.		
Утв.		Козлов Л.Г.		

Корпус электрогидравлического регулятора НЗП

Сталь 40Х, ГОСТ 2590-88

Лит.	Масса	Масштаб
	5.24	1:1
Лист 1	Листов 1	

ВНТУ, гр. 1ПМ-206

Додаток Б

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Вдосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу
електрогідравлічного регулятора насоса змінної продуктивності.

Тип роботи: БДР
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра ТАМ
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 71% Схожість 29%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☐ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку _____
(підпис) Дмитро ЛОЗІНСЬКИЙ
(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи _____
(підпис) Ілля ПРУСЬКИЙ
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис) Леонід КОЗЛОВ
(прізвище, ініціали)