

**Національний технічний університет України**  
**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**імені Ігоря Сікорського»**  
**НАВЧАЛЬНО - НАУКОВИЙ МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ**  
**ІНСТИТУТ**  
Кафедра технології машинобудування

«На правах рукопису»

УДК \_\_\_\_\_

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Олександр Охріменко  
(підпис) (власне ім'я, прізвище)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Дипломний проєкт**  
на здобуття ступеня бакалавра  
за освітньо-професійною програмою  
**«Технології машинобудування»**  
зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»

на тему: Технологічне підготовлення виробництва корпусу клемної коробки

Виконав:

студент 4 курсу, групи \_\_\_\_\_ МТ-12 \_\_\_\_\_

Омельчук Олександр Олександрович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник Сапон Сергій Петрович, канд. техн. наук, доцент \_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті  
немає запозичень з  
праць інших авторів без відповідних  
посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2025\_ року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Навчально – науковий механіко-машинобудівний інститут**  
**Кафедра технології машинобудування**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма «Технології машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Олександр Охріменко

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проєкт студенту**

Омельчуку Олександр Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дипломного проєкту Технологічне підготовлення виробництва корпусу клемної коробки

керівник роботи Сапон Сергій Петрович, канд. техн. наук, доцент

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

затвержені наказом вищого навчального закладу від “ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025 року № \_\_\_

2. Термін подання студентом дипломного проєкту 16 червня 2025 року

3. Вихідні дані до проєкту: матеріали переддипломної практики

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити):

1. Загальний розділ 2. Технологічний розділ. 3. Технологічне оснащення. 4. Спеціальний (дослідницький) розділ. Висновки

5. Перелік графічно -ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Корпус (формат А2), Корпус (вилівок) (формат А2), Операційні ескізи (3 аркуші формату А1), Технологічне оснащення процесів (формат А1), Пристрій спеціальний (формат А1) Аркуш спеціальної частини (формат А1)

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)\*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Спеціальний (дослідницький) розділ	Сапон С.П.		

7. Дата видачі завдання 21.04.2025

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів дипломного проєкту	Примітка
1	1.1 Функціональне (службове) призначення деталі	25.04.2025	
2	1.2 Визначення типу виробництва і його організаційної форми	26.04.2025	
3	1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі	27.04.2025	
4	<b>Аркуш 1 «Кресленик деталі»</b>	28.04.2025	
5	2.1 Вибір та проєктування вихідної заготовки	01.05.2025	
6	<b>Аркуш 2 «Кресленик заготовки»</b>	03.05.2025	
7	2.2 Розробка технологічного маршруту механічної обробки деталі	15.05.2025	
8	<b>Аркуші 3-5 «Операційні ескізи»</b>	17.05.2025	
9	2.4 Розрахунок режимів різання	21.05.2025	
10	2.5 Нормування технологічного процесу	22.05.2025	
11	3.1 Вибір універсальних засобів технологічного оснащення	24.05.2025	
12	3.2 Вибір засобів контролю	25.05.2025	
13	<b>Аркуш 6 «Технологічне оснащення процесів»</b>	27.05.2025	
14	4. Проєктування спеціального пристрою	04.06.2025	
15	<b>Аркуш «Пристрій спеціальний»</b>	06.06.2025	
16	5. Спеціальний розділ «Нормування обробки на верстатах з ЧПК» В розділі навести методику і приклад нормування обробки на верстатах з ЧПК	11.06.2025	
17	Загальне оформлення пояснювальної записки і графічної частини роботи	14.06.2025	
18	Оформлення технологічної документації технологічного процесу	15.06.2025	
19	Подача дипломного проєкту до захисту		

Студент \_\_\_\_\_ Олександр Омельчук  
(підпис)

Керівник проєкту \_\_\_\_\_ Сергій Сапон  
(підпис)

## Зміст

1	Загальний розділ	7
1.1	Функціональне призначення складальної одиниці і деталі	7
1.1.1	Опис конструкції та роботи імпульсно-запобіжного пристрою	7
1.1.2	Функціональне призначення імпульсно-запобіжного пристрою	9
1.1.3	Функціональне призначення деталі	10
1.1.4	Формулювання функцій поверхонь деталі	12
1.2	Визначення типу виробництва і його організаційної форми	14
1.3	Технологічний аналіз конструкції деталі	15
1.3.1	Кількісна оцінка технологічності конструкції деталі	15
1.3.2	Якісна оцінка технологічності конструкції деталі	17
1.3.4	Загальна оцінка технологічності конструкції деталі	18
2	Технологічний розділ	19
2.1	Вибір способу отримання заготовки	19
2.2	Проектування вихідної заготовки	21
2.3	Розробка технологічного маршруту механічної обробки корпусу клемної коробки	24
2.4	Розрахунок режимів різання	34
2.5	Нормування технологічного процесу	36
3	Технологічне оснащення	38
3.1	Вибір універсальних засобів технологічного оснащення	38
3.2	Пристрій спеціальний для багатоцільових операцій	39
4	Спеціальний розділ	41
4.1	Методика нормування операцій на верстатах з ЧПК»	41
4.2	Приклад нормування операції на верстатах з ЧПК	43

## Вступ

В сучасному машинобудуванні виробництво корпусних деталей займає важливе місце в металообробному виробництві. Для корпусів висуваються важливі умови, адже від точності і якості оброблених поверхонь залежить довговічність та справність роботи машини. Використання сучасних верстатів з числовим програмним керуванням дозволило значно підвищити точність отримуваних розмірів та продуктивність виробництва. А додавання додаткових осей на верстатах дозволяє отримувати поверхні, які неможливо було б отримати на універсальних верстатах.

Оптимізація виробництва є важливою ціллю будь-якого підприємства. Адже чим менше матеріалу піде в стружку, чим менше часу витрачається на обробку, тим вигідніше можна реалізувати товар, запропонувавши конкурентну ціну покупцеві.

У цьому дипломному проєкті розглянуто можливі шляхи до скорочення часу на виробництво деталі на прикладі корпусу клемної коробки.

## 1. Загальний розділ

### 1.1 Функціональне призначення складальної одиниці і деталі

#### 1.1.1 Опис конструкції та роботи імпульсно-запобіжного пристрою

Деталь, обрана на дипломне проектування, є частиною вузла, розробленого ПрАТ "КЦКБА". Як зазначає компанія на своїй сторінці в мережі Інтернет [1], вони є машинобудівною компанією, що спеціалізується в області розробки і виробництва арматури і пневмогідроагрегатів для об'єктів атомної і теплової енергетики, хімічної промисловості, нафтогазового комплексу, авіакосмічної галузі та інших.

Згідно технічного завдання [2], імпульсно-запобіжний пристрій (далі – ІЗП) слугує для захисту обладнання при нормальній або аварійній умовах експлуатації атомних електростанцій в системі відводу залишкового тепла при розхолодженні реакторної установки.

ІЗП складається з: головного клапану, оснащеного дистанційним сигналізатором положення та блоку керування. Блок керування складається з імпульсного клапану, електромагнітного імпульсного клапану і ручного запорного клапану. [2]

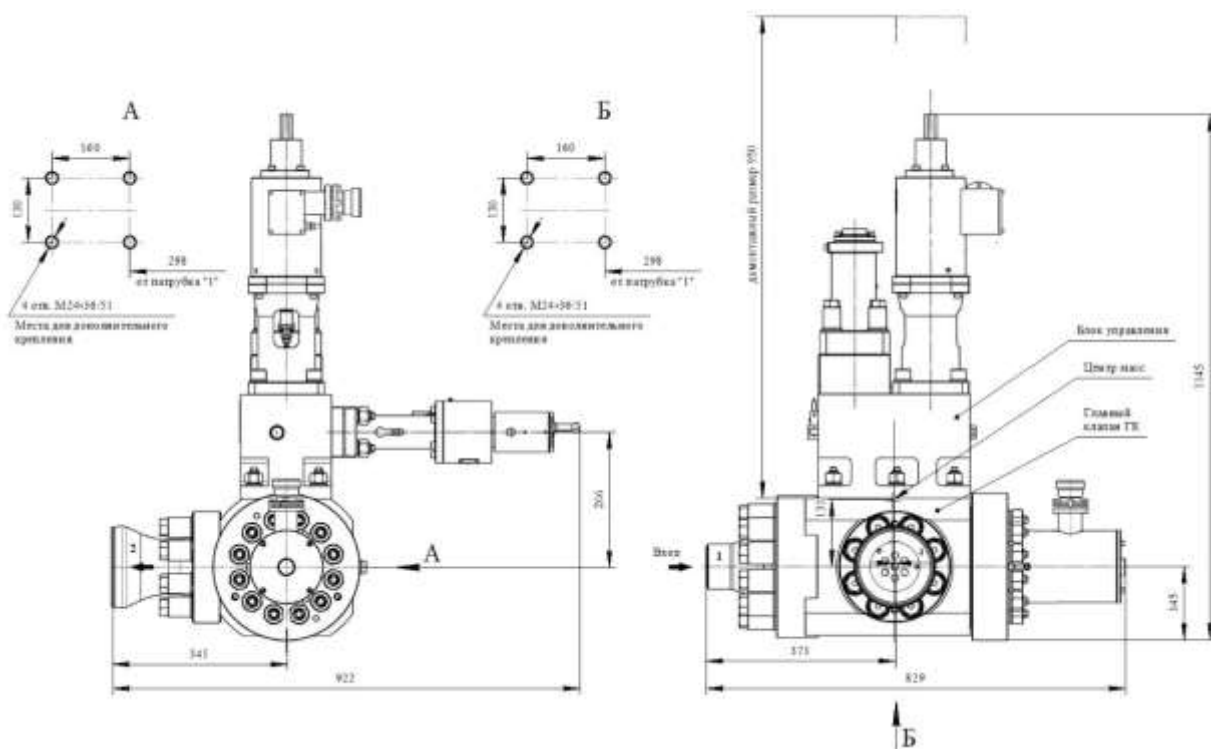


Рисунок 1.1 – Загальний вид ІЗП [2]

ІЗП встановлюють під оболонкою – «О»: на горизонтальному трубопроводі, пружиною імпульсного клапану вверх або на горизонтальному трубопроводі, вихідним патрубком головного клапану вниз. Допускається установка на вертикальному трубопроводі, вхідним патрубком головного клапану вниз. ІЗП слід встановлювати в доступних для огляду місцях. [2]

Таблиця 1.1 – Основні технічні дані і характеристики ІЗП [2]

Найменування параметра	Значення параметра ІЗП
	УФ50032-080
Коди позначення ІЗП по системі KKS	JNA10(20,30,40)AA410 JNA10(20,30,40)AA420
Діаметр номінальний, DN, вхід/вихід	80/150
Тип корпусу	кутовий
Розрахунковий тиск, P, МПа	18,0
Тиск налаштування P <sub>н</sub> , МПа	2,45
Розрахункова температура, t, °С	350
Температура робочого середовища, t <sub>р</sub> , °С, не більш	150
Робоче середовище	Теплоносій I контура <sup>1)</sup> (вода)
Тиск повного відкриття (от пружини ІК), P <sub>п.в.</sub> , МПа, не більше	2,81
Тиск відкриття від ЕМІК, P <sub>відкр</sub> , МПа	2,32
Тиск закриття (від пружини ІК), P <sub>з</sub> , МПа, не менше	2,2
Тиск закриття від ЕМІК, P <sub>закр</sub> , МПа	1,87
Протитиск на виході з ІЗП, МПа	0,2
Пропускна здібність, G, т/ч, не менше	104
Діаметр сідла ГК, мм	50
Площа сідла ГК, мм <sup>2</sup>	1962,5
Клас герметичності по ГОСТ 9544	AA
Матеріал корпусу	сталь 08X18H10T
Матеріал фланців	сталь 08X18H10T
Клас безпеки по НП-001	2НЗ
Група арматури по НП-089	В
Категорія сейсмостійкості по НП-031	I
Класифікаційне позначення по НП-068	2ВПа
Категорія забезпечення якості по PP-SP-200 LYG-L-PD89-04-1AT40000-PC-0200-R	QA1
Маса, кг, не більше	430
Місце установки	під оболонкою – «О»
Тиск гідравлічних випробувань (на вході) P <sub>н</sub> , МПа	24,5
Наявність електричної частини в ІЗП	Електромагнітний привід ЕМІК, ДСП ГК, показник положення ЕМІК і КЗ
Примітка: 1 Наведені значення тиску – надлишкові;	

### 1.1.2 Функціональне призначення імпульсно-запобіжного пристрою

З технічного завдання ІЗП слугує для захисту обладнання при нормальній або аварійній умовах експлуатації атомних електростанцій в системі відводу залишкового тепла при розхолодженні реакторної установки. [2]

Основна функція ( $\Phi_0$ )– захист обладнання.

Допоміжні функції ( $\Phi_d$ ):

$\Phi_{d1}$  – забезпечити пропускну здібність не менше 104 тон на годину;

$\Phi_{d2}$  – відповідати сейсмостійкості по категорії I по НП-031;

$\Phi_{d3}$  – забезпечувати працездатність в умовах від нормальної експлуатації до важкої аварії;

$\Phi_{d4}$  – забезпечувати клас герметичності АА по ГОСТ 9544;

$\Phi_{d5}$  – забезпечувати роботу при температурі навколишнього середовища не більше 150 °С;

$\Phi_{d6}$  – забезпечувати відсутність протічки в оточуюче середовище.

ІЗП має бути: міцним та герметичним по металу, герметичним по затвору, герметичним по відношенню до зовнішнього середовища. Герметичність основного матеріалу, зварних та роз'ємних з'єднань щодо зовнішнього середовища – за III класом ГОСТ Р 50.05.01.

ІЗП має забезпечувати працездатність в умовах робочого середовища, хімічний склад якого наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Хімічний склад робочого середовища [2]

Робоче середовище	Величина
<b>Характеристика теплоносія I контуру</b>	
Величина рН при T = 25 °С	5,8 – 10,3
Сумарна концентрація хлоридів, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	0,1
Сумарна концентрація фторидів, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	0,05
Концентрація кисню, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	0,005
Концентрація водню, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	1,8 – 3,6
Сумарна концентрація іонів лужних металів (калію, літію, натрію) в залежності від концентрації борної кислоти, ммоль/ дм <sup>3</sup>	0,03 – 0,45
Концентрація аміаку, мг/дм <sup>3</sup> , не менше	3,0
Концентрація заліза, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	0,05
Концентрація борної кислоти, г/дм <sup>3</sup>	0 – 16,0
Активність Бк/кг	3,7×10 <sup>8</sup>

ІЗП має зберігати працездатність при швидкостях розігріву та охолодження 150 °С на годину (не менше 2000 циклів теплозмін) та при зміні характеристик робочого середовища, що представлені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Зміна характеристик робочого середовища в різних умовах [2]

Діапазон тиску, Р, МПа	Діапазон температури Т, °С	Швидкість зміни температури	К-ть циклів	Режим (робочий режим)
0,1 – 2,15	від 40 до 150	300 с	280	НЕ
2,15	від 150 до 70	30 °С/год	280	НЕ
	від 70 до 50	15 °С/год	280	
2,15 – 2,45	від 40 до 150	миттєво	200	ПНЕ
Скорочення: НЕ – нормальні умови експлуатації; ПНЕ – Порушення нормальних умов експлуатації.				

ІЗП належить до класу ремонтпридатних, відновлюваних виробів із регламентованою дисципліною відновлення та призначеним строком експлуатації.

Показники надійності по довговічності:

- призначений строк служби корпусних деталей — 60 років;
- призначений строк служби внутрішньокорпусних деталей — 15 років;
- призначений ресурс (напрацювання) до капітального ремонту — 100 циклів;
- призначений ресурс до капітального ремонту — 12 років.

### 1.1.3 Функціональне призначення деталі

Клемна коробка (рисунок 1.2) є частиною електричної схеми ІЗП та служить для підключення електромагнітного клапану (далі – ЕМП) до електроживлення. Клемна коробка має кабельні вводи, розраховані для підключення силового кабелю живлення ЕМП поперечним перерізом від 6 до 10 мм<sup>2</sup> та силового кабелю з поперечним перерізом 2,5 мм<sup>2</sup>.

Клемна коробка кріпиться за допомогою болтів М6 на відстані не більше ніж 3,5 м від ІЗП.

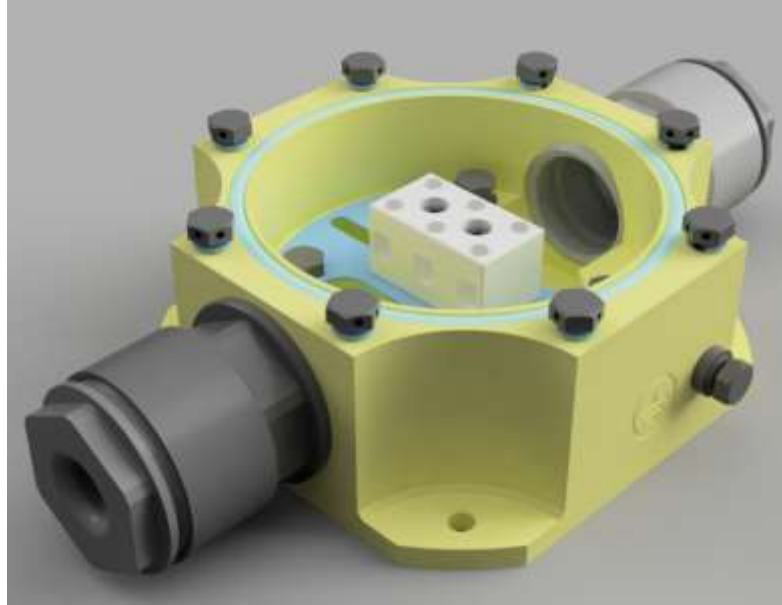


Рисунок 1.2 – Тривимірний модель клемної коробки в зборі (кришка не показана)

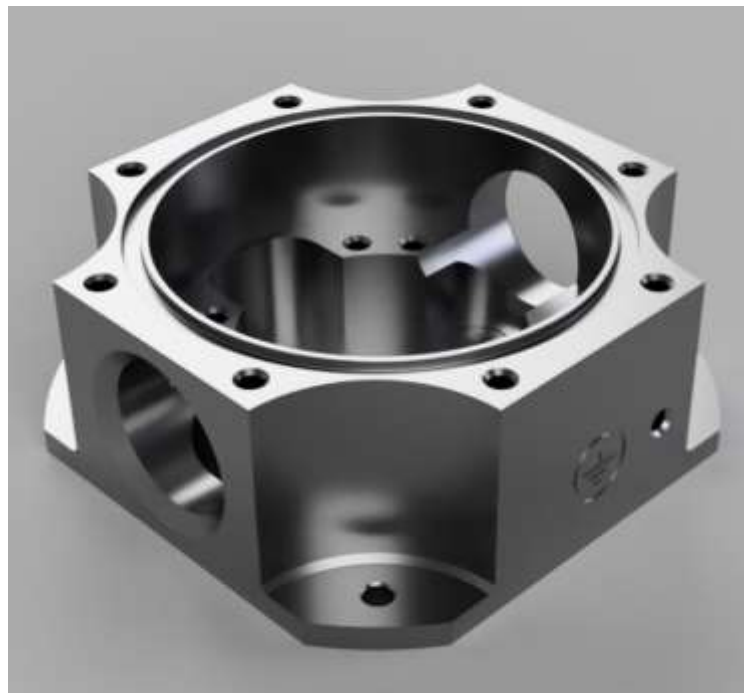


Рисунок 1.3 – Тривимірний модель корпусу клемної коробки

Основна функція ( $\Phi_0$ ): з'єднання проводів для підключення ЕМП до електроживлення (див. рисунок 1.2).

Допоміжні функції ( $\Phi_d$ ):

$\Phi_{d1}$  – в зборі з кришкою та ущільненням забезпечити ступінь захисту IP 68 по ГОСТ 14254-15;

Ф<sub>д2</sub> – забезпечує підключення до заземлення;

Ф<sub>д3</sub> – забезпечує легкий доступ для ремонту та обслуговування з'єднання;

Ф<sub>д4</sub> – забезпечити призначений строк служби.

Фрагмент складального кресленика клемної коробки наведено на рисунку 1.4.

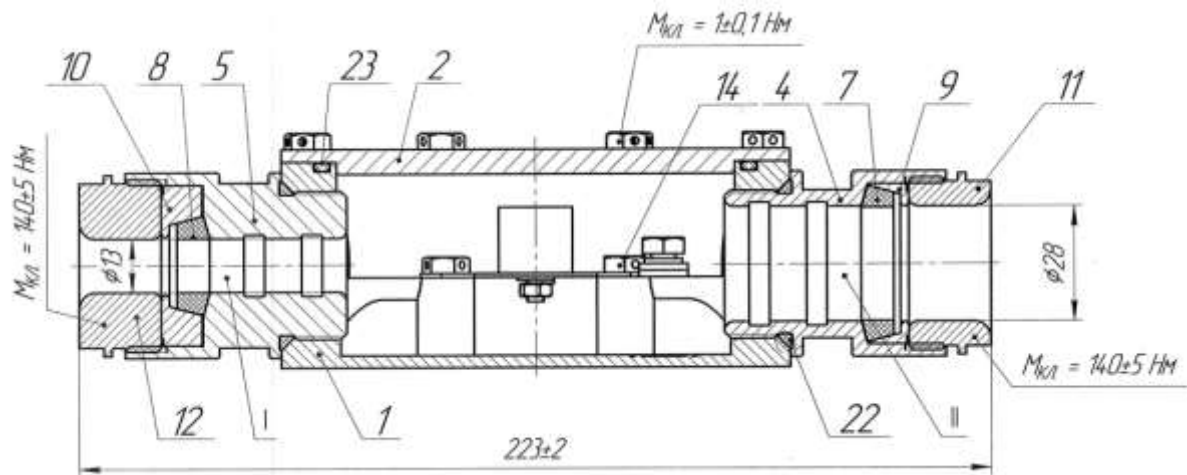


Рисунок 1.4 – Фрагмент СК клемної коробки [5]

### 1.1.4 Формулювання функцій поверхонь деталі

Виконавчі поверхні – ті, за допомогою яких деталь виконує своє функціональне призначення.

Основні бази – поверхні деталі, які визначають її положення у виробі. [3]

Допоміжні бази – поверхні деталі, які визначають положення приєднаних до неї інших деталей. [3]

Кріпильні поверхні – ті, які призначені для розташування в них (або на них) кріпильних деталей (болтів, шпильок, гайок, шплінтів, стопорних пружинних кілець, пружинних шайб тощо). [4]

Вільні поверхні – ті, які призначені для надання деталі форми, яка забезпечить виконання нею свого функціонального призначення у виробі. [4].

Ескіз корпусу клемної коробки з позначенням поверхонь наведено на рисунку 1.5.

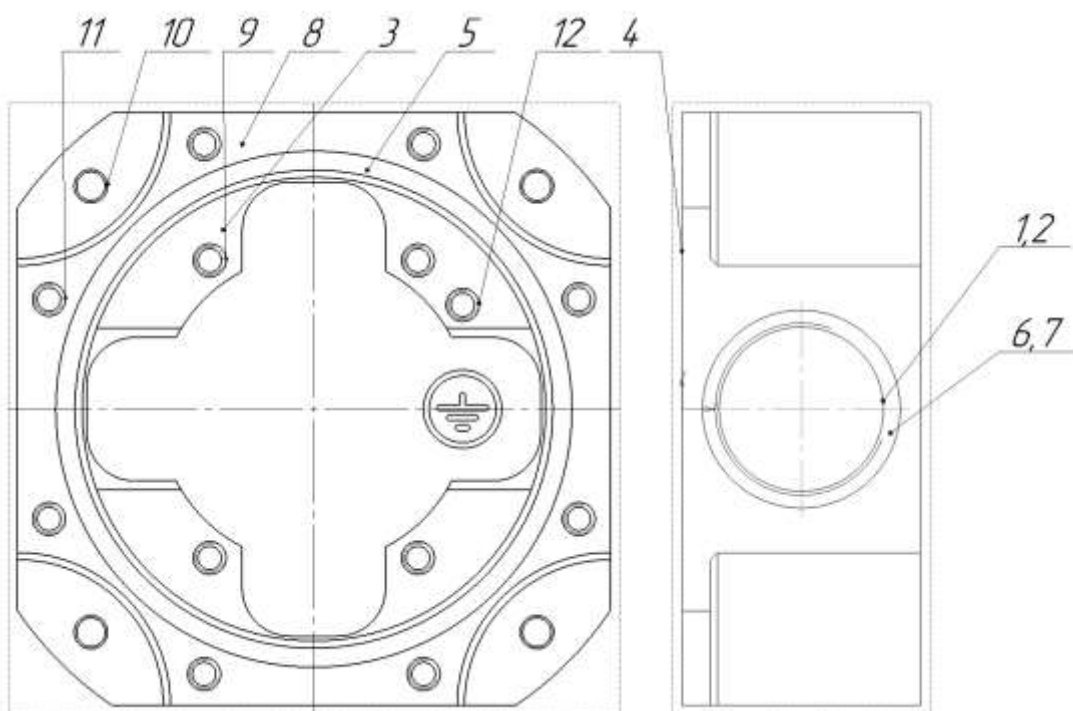


Рисунок 1.5 – До визначення функцій поверхонь корпусу клемної коробки

Види та функції поверхонь корпусу клемної коробки систематизовано в таблиці 1.4

Таблиця 1.4 – Види та функції поверхонь корпусу клемної коробки

Функції корпусу	Вид поверхонь	Позначення поверхонь
Визначення положення штуцерів 5, 4	Виконавчі	1,2
Визначення положення планки 3		3
Визначення положення корпусу у виробі	Основні	4
Визначення положення ущільнюючого кільця 23	Допоміжні	5
Ущільнення корпусу за допомогою кільця 22		6,7
Визначення положення кришки 2	Допоміжні	8
Кріплення планки 3 гвинтами 14	Кріпильні	9
Кріплення корпусу до виробу		10
Кріплення кришки 2 до корпусу		11
Кріплення заземлення до корпусу		12
Надання корпусу форми, поєднання виконавчих поверхонь, основних і допоміжних баз	Вільні	Решта поверхонь

## 1.2 Визначення типу виробництва і його організаційної форми

Згідно з ГОСТ 3.1121-84, однією з основних характеристик типу виробництва є коефіцієнт закріплення операцій  $K_{з.о.}$ .

$$K_{з.о.} = \frac{O}{P}, \quad (1.1)$$

де  $K_{з.о.}$  – коефіцієнт закріплення операцій;

O – сумарне число операцій;

P – число робочих місць, на яких виконуються різні операції.

У відповідності до ДСТУ 2960-92:

для масового виробництва  $K_{з.о.} = 1$ ;

для великосерійного виробництва  $1 < K_{з.о.} \leq 10$ ;

для середньосерійного виробництва  $10 < K_{з.о.} \leq 20$ ;

для дрібносерійного виробництва  $20 < K_{з.о.} \leq 40$ ;

для одиничного виробництва  $K_{з.о.} > 40$ .

Оскільки на даному етапі розробки технічної документації невідоме число операцій та робочих місць, скористаємось табличним методом визначення типу виробництва в залежності від об'єму річного випуску та маси деталі.

Таблиця 1.5 – Залежність типу виробництва від об'єму річного випуску та маси деталі [б с.13]

Маса деталі, кг	Тип виробництва				
	одиничне	дрібносерійне	середньосерійне	великосерійне	масове
	Об'єм річного випуску деталей (N), шт.				
< 1,0	< 10	10-2000	1500-100 000	75 000-200 000	> 200 000
1,0...2,5	< 10	10-1000	1000-50 000	50 000-100 000	>100 000
2,5...5,0	< 10	10-500	500-35 000	35000-75000	>75 000
5,0...10,0	< 10	10-300	300-25 000	25 000-50 000	>50 000
> 10,0	< 10	10-200	200-10 000	10 000-25 000	>25 000

Враховуючи об'єм річного випуску 80 штук та масу деталі 2 кг, обираємо дрібносерійний тип виробництва.

Для дрібносерійного виробництва обладнання розташовують за типами, тобто виділяють окремі ділянки з токарними верстатами, ділянки з фрезерними верстатами тощо. Обладнання спеціально не налагоджують для виконання

кожної технологічної операції. Під час виробництва застосовують універсальні засоби технологічного оснащення. [7 с.12].

Для дрібносерійного виробництва використовують непотоковий метод. При цьому методі не закріплюють операції за конкретними робочими місцями, тривалість операцій не синхронізують за тактом випуску, на робочих місцях створюють заділи заготовок (складальних одиниць), необхідні для забезпечення завантаження робочих місць. ТП будується за принципом концентрації переходів. [7 с.14]

### **1.3 Технологічний аналіз конструкції деталі**

#### **1.3.1 Кількісна оцінка технологічності конструкції деталі**

Для оцінки технологічності деталі розрахуємо показники технологічності. Такими показниками є коефіцієнт точності обробки та коефіцієнт шорсткості поверхні. [3 с. 52]

Коефіцієнт точності обробки, який характеризує середнє значення точності розмірів оброблюваних поверхонь деталі, визначається за формулою [3 с. 52]:

$$K_{TO} = 1 - \frac{1}{K_c}, \quad (1.2)$$

де  $K_c$  – середній квалітет точності обробки деталі, який визначається [3 с. 52]:

$$K_c = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{K \cdot n_i}{n}}{n}, \quad (1.3)$$

де  $K$  – квалітет точності розміру;

$n_i$  – кількість розмірів відповідного квалітету точності;

$n$  – загальна кількість розмірів.

Якщо значення  $K_{TO} \geq 0,9$ , то деталь вважається технологічною за цим показником.

Аналіз технологічності конструкції деталі за коефіцієнтом точності обробки подано у таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Аналіз технологічності конструкції за коефіцієнтом точності обробки

Найменування та ознака (розміри, тип поверхні) КЕД	Кількість розмірів певного квалітету								
	Квалітет точності								
	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14
Габаритні розміри $\varnothing 150\text{мм}$ , $\square 124\text{мм}, 50\text{мм}$							3		
Глибина отвору 19мм, 28мм							2		
Діаметр отвору $\varnothing 97^{+0,2}\text{мм}$						1			
Отвори з наріззю M36x1,5-6H	2								
Розмір карману $95^{+0,3}\text{мм}$						2			
Розмір карману 30мм							4		
Розміри карманів R10мм							8		
Отвори $\varnothing 6,5\text{мм}$							4		
Отвори з наріззю M6-6H	13								
Розміри вікон R32мм під кріплення корпусу							4		
Середній квалітет точності обробки							K <sub>C</sub> =10		
Коефіцієнт точності обробки							K <sub>TO</sub> =0,9		

Коефіцієнт шорсткості поверхонь визначається за формулою [3 с. 52]:

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{ср}}, \quad (1.4)$$

де Ш – середній клас шорсткості поверхонь деталі, і визначається  
ср за формулою [3 с. 52]:

$$Ш_{ср} = \frac{\sum_{-1}^n Ш \cdot n_i}{n}, \quad (1.5)$$

де Ш – параметр шорсткості поверхні;  
 $n_i$  – кількість поверхонь з відповідним параметром шорсткості;  
 $n$  – загальна кількість поверхонь.

Якщо значення  $K_{ш} < 0,32$ , то деталь вважається більш технологічною за цим показником [3 с. 52].

Аналіз технологічності конструкції деталі за коефіцієнтом шорсткості подано у формі таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Аналіз технологічності конструкції корпусу за коефіцієнтом шорсткості поверхонь

Найменування та ознака (розміри, тип поверхні) КЕД	Кількість поверхонь з певною шорсткістю		
	Шорсткість, Ra, мкм		
	1,6	2,5	3,2
Канавка під ущільнююче кільце	1		
Фаска під фланці	2		
Решта поверхонь			20
Середній значення шорсткості			$Ш_{CP} = 2,99$
Коефіцієнт шорсткості поверхонь			$K_{III} = 0,33$

Отже, з отриманих коефіцієнтів точності обробки та шорсткості деталей «Корпус клемної коробки» вважається технологічною за кількісною оцінкою.

### 1.3.2 Якісна оцінка технологічності конструкції деталі

Якісну оцінку технологічності конструкції деталі «Корпус клемної коробки» здійснюємо шляхом технологічного аналізу конструкції деталі за типовим переліком вимог технологічності до деталей корпусного типу. Відповідно, корпус клемної коробки є технологічним за наступними критеріями:

- простота конструкції, достатньо зручні поверхні для базування і закріплення при встановленні на верстатах;
- можливість досягнення заданої точності та шорсткості поверхонь на верстатах нормальної точності простими технологічними методами без додаткових високоточних операцій при мінімальній їх кількості;
- можливість прямого вимірювання розмірів та відносного розташування поверхонь;
- відсутність специфічних вимог;
- відсутність місць різких змін форми, гострих країв, буртиків, які є концентраторами напружень;

- достатня жорсткість для застосування високопродуктивних методів механічної обробки;
- відсутність великої різностінності і незамкнених контурів;
- наявність мінімальної кількості типорозмірів оброблюваних поверхонь, максимальної кількості однакових елементів (фаски, отвори, посадки тощо) та поверхонь, що оброблюються однаковими технологічними методами;
- можливість обробки поверхонь з використанням найпростіших схем;
- достатня оброблюваність різанням матеріалу корпусу;
- можливість розташовувати оброблені поверхні паралельно або перпендикулярно одна до одної та відносно основних баз деталі;
- відсутність отворів складної форми;
- немає потреби для обробки отворів в інструменті збільшеної довжини;
- відсутність оброблюваних поверхонь, розташованих не паралельно відносно основних баз деталі.

Нетехнологічні характеристики корпусу клемної коробки: наявність 13 глухих різевих отворів.

В цілому, на основі проведеного аналізу технологічності конструкції корпусу клемної коробки можна зробити висновок про достатньо високу його технологічність.

#### **1.3.4 Загальна оцінка технологічності конструкції деталі**

Отже, провівши кількісну та якісну оцінку деталі «Корпус клемної коробки», можна стверджувати, що деталь вважається технологічною. Претензії чи рекомендації для покращення технологічності конструкції деталі до конструктора відсутні.

## 2 Технологічний розділ

### 2.1 Вибір способу отримання заготовки

Вибір заготовки є важливим етапом розробки технологічної документації, адже саме від способу отримання заготовки залежить подальший вибір технологічного процесу виготовлення деталі, вибір інструменту та обладнання, об'єм шару матеріалу який знімається та зрештою формується собівартість виготовлення деталі.

При виборі способу отримання заготовки важливо не тільки розглядати точність отримуваних розмірів, а й доцільність методу. Наприклад, для дрібносерійного виробництва може бути нерентабельним вибір більш дорогих методів формоутворюючих методів заготовок.

Деталь «Корпус клемної коробки», маса якої складає 2 кг, більшість поверхонь мають шорсткість  $Ra=3,2$  мкм, точність розмірів по 12 квалітету, річний випуск – 80 штук та матеріал сталь 08X18H10T.

Оскільки обраний тип виробництва відповідає дрібносерійному, то обираємо лиття. Даний спосіб отримання заготовки є одним з найдешевших та простих.

Для деталей типу «корпус» часто застосовують лиття. Найпоширеніший метод – лиття в піщано-глиняні форми з ручним формуванням за дерев'яними моделями або моделями, отриманими 3D-друком з полімерів. Цей метод є найпростішим та дешевим, який є широко розповсюдженим в одиничному та дрібносерійному виробництві. [8 с. 57]

До недоліків цього методу відноситься: низька точність заготовок, здебільшого 12-13 клас точності за ДСТУ 8981:2020, поверхневий шар утворюється у вигляді ливарної кірки з вкрапленням піску. Хоч цей шар і має високу твердість, для його видалення потрібно знімати шар металу, більший за товщину цієї кірки. [8 с. 57]

Для сталевих термооброблених сплавів з найбільшим габаритним розміром від 100 до 250 мм включно, найточнішим способом отримання заготовок є литво під тиском в металеві форми. Даний спосіб дозволить отримати

найменші припуски на механічну обробку та найкращу шорсткість поверхонь. Проте даний спосіб не застосовується в дрібносерійному виробництві через високу вартість прес-форм.

Розглянемо литво за випалюваними та виплавлюваними моделями із застосуванням кварцових вогнетривких матеріалів. Обидва процеси дозволяють отримати високий клас точності розмірів та ступінь точності поверхонь, підходить для дрібносерійного виробництва. Відмінність процесів полягає в матеріалі моделей: для виплавлюваних це може бути віск, парафін, стеарин або каніфоль; для випалюваних – пінополістирол, поліуретан. [9 с. 52]

Таблиця 2.1 – Порівняння способів отримання заготовки

Критерій	Піщано-глинисті форми	Під тиском у металеві форми	Випалювані моделі	Виплавлювані моделі
Клас точності розмірів за ДСТУ 8981:2020 (нижче – краще)	10-14	5-9т	6-10	7т-11т
Точність поверхонь за ДСТУ 8981:2020 (нижче – краще)	12-19	6-10	7-12	7-12
Чистота поверхні вилівка	Ливарна кірка	+	Залишки випалюваних моделей	+
Вартість способу	Дешевший	Дорогий	Середній	Середній
Трудомісткість	Найпростіший	Складний	Середній	Середній
Тип виробництва	Одиничне, дрібносерійне	Масове	Серійне	Серійне

Якщо при використанні моделей, що виплавляються, матеріал повністю витікає, то при випалюваних він вигорає, залишаючи сліди. Тому для виготовлення деталі «Корпус клемної коробки» будемо використовувати метод лиття за моделями, що виплавляються.

Перевагами цього методу є підвищена точність форми та розмірів, якість

поверхні, незначні ливарні нахили, відсутність стержнів, мінімальні припуски на механічну обробку, легка відокремлюваність від форми, не пригорання. До недоліків відноситься висока трудомісткість і складність технологічного процесу. [9 с. 52]

## **2.2 Проєктування вихідної заготованки**

Матеріал деталі, який вказаний на кресленнику деталі – сталь 08Х18Н10Т. З ДСТУ 8781:2018, який стандартизує виливки зі сталі, така марка відсутня. Найближчий аналог – сталь 12Х18Н9ТЛ. З Дозволу конструктора розробляємо заготованку з цієї марки сталі.

З ДСТУ 8981:2020 [10] визначимо допуски розмірів, маси та припуски на механічне оброблення.

Визначимо клас точності розмірів виливків з таблиці А.1[10]. Для сталевих термооброблених сплавів, які виливаються за виплавлюваними моделями з найбільшим розміром до 250 мм відповідає клас 7т-11т. Оскільки в моєму випадку партія деталей складається з 80 штук, то обираємо більше значення як для складних виливків одиничного та дрібносерійного виробництва– 11т.

Згідно таблиці А.3 [10] для сталевих термооброблених сплавів з найбільшим габаритним розміром виливку від 100 до 250 мм, ступінь точності поверхонь складає 7-12. Обираємо більше значення -11.

З таблиці А.4 [10] значення шорсткості для 11 ступеня точності складає  $Ra \leq 20$  мкм, і це означає, що всі поверхні після лиття потрібно буде додатково оброблювати.

Клас точності маси виливків визначаємо з таблиці А.5 [10] і для маси виливків до 10 кг включно, клас точності маси – 5-12. Обираємо середнє значення – 9.

І тоді умовна позначка точності виливка класу 11т розмірної точності, ступеня точності поверхні 11, класу точності маси 9:

Точність виливка 11т-0-11-9 ДСТУ 8981:2020.

З таблиці А.6 [10] визначаємо ряди припусків на оброблення виливків. Для 11-12 ступеня точності поверхні відповідає 4-7 ряду припусків. Оскільки у мене виливки термічно оброблювані та сталеві, то приймаємо середнє значення ряду припусків – 6.

З таблиці Б [10] визначимо допуски лінійних розмірів, які змінюються обробленням.

Таблиця 2.2 – Допуски лінійних розмірів

№	Значення розміру, мм	Допуск, мм
1	□124	0,88
2	50	0,70
3	∅97	0,78
4	∅65	0,78
5	6	0,52
6	∅36	0,64
7	R32	0,64
8	19	0,58
9	28	0,64

З таблиці И.1 [10] визначимо загальний припуск на сторону.

Таблиця 2.3 – Загальний припуск на сторону

№	Значення допуску, мм	Вид остаточного механічного оброблення	Значення припуску
1	0,88	Чорнове	1,2
		Напівчистове	1,6
		Чистове	1,7
2	0,70; 0,78	Чорнове	1,1
		Напівчистове	1,5
		Чистове	1,6
3	0,52	Чорнове	1,0
		Напівчистове	1,2
		Чистове	1,3
4	0,64	Чорнове	1,1
		Напівчистове	1,3
		Чистове	1,4

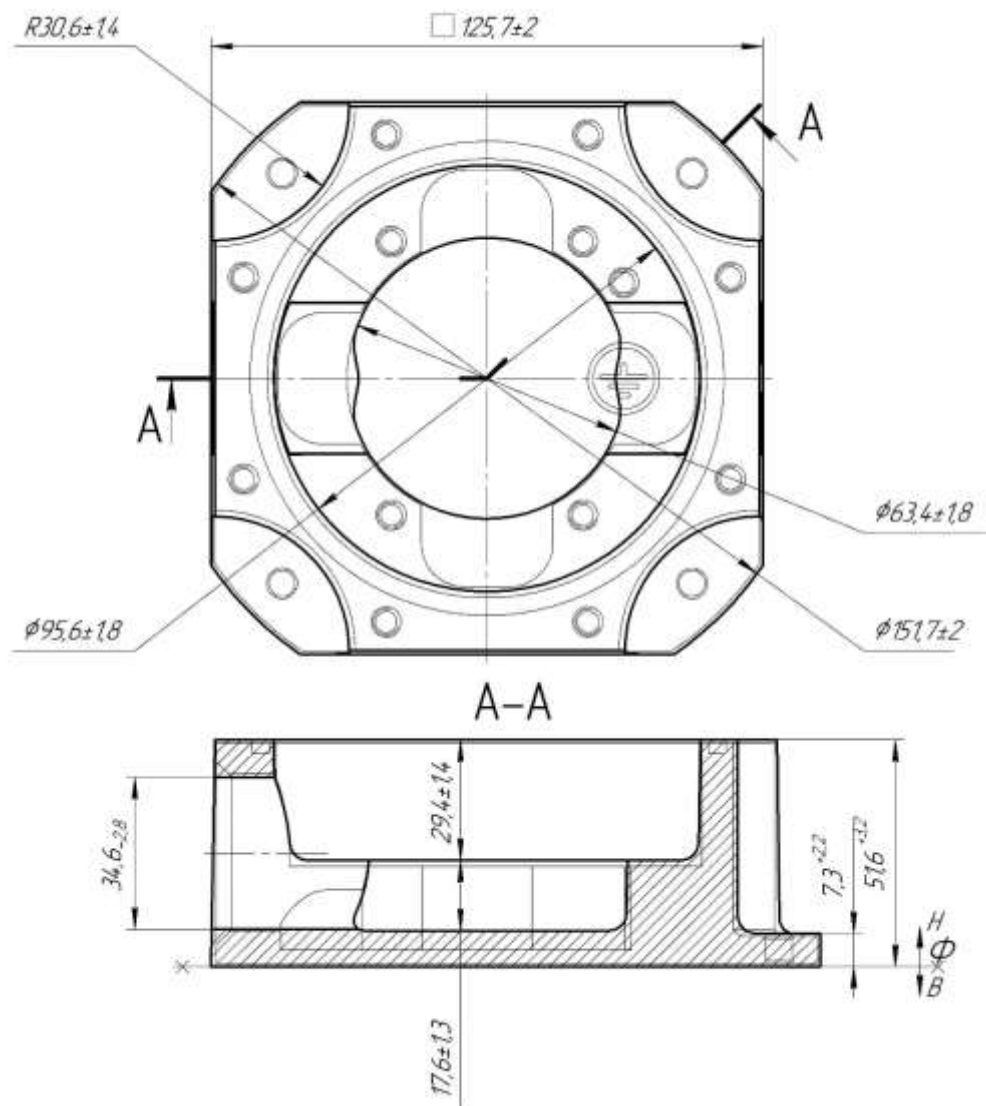


Рисунок 2.1 – Заготованка для лиття за виплавлюваними моделями

Однак, враховуючи строк служби корпусних деталей з технічного завдання у 60 років, умови та місце роботи деталі, відхилення від хімічного складу є недопустимими. При прийомі заготованок, отриманих литтям, вилівки часто не відповідають заявленому хімічному складі, тому для надійності та відсутності ризиків на підприємстві ПрАТ "КЦКБА", де була переддипломна практика для виготовлення корпусу клемної коробки обираємо круглий прокат.

Таблиця 2.4 – Порівняння заготовки з лиття та прокату

Критерій	Лиття	Прокат
Маса деталі	2 кг	
Маса заготованки	2,36	8,2
Коефіцієнт використання матеріалу	0,8	0,2
Матеріал	12X18Н9ТЛ	08X18Н10Т

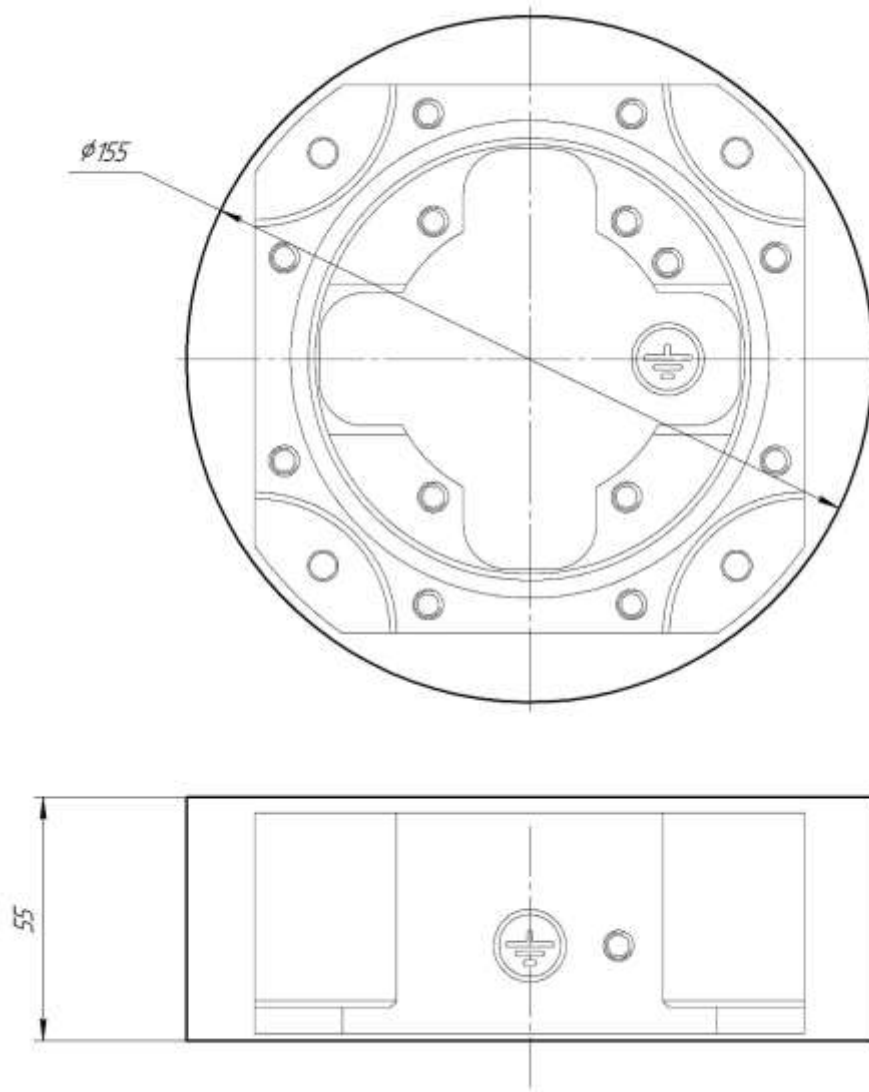


Рисунок 2.2 – Заготованка з круглого прокату

### 2.3 Розробка технологічного маршруту механічної обробки корпусу клемної коробки

#### **Операція 005 4282 Стрічкопильно-відрізна**

Мета операції: розрізання прута на заготованки потрібного розміру.

Зміст операції: 005.01 відрізати заготованку  $\varnothing 155 \times 55$  мм на одну деталь.

Обладнання: верстат стрічко пильний Transverse 410.260 DGH.

Різальний інструмент: пила 3854 Sandflex King Cobra.

Вибір засобів контролю: штангенциркуль ШЦ – II - 250 - 0,1 ГОСТ 166-89.

### **Операція 010 0108 Слюсарна**

Мета операції: спилювання задирок та гострих кромок для безпеки працівників при транспортуванні.

Зміст операції:

010.01 Спилити задирки, загострені кромки притупити.

Обладнання: верстак.

Різальний інструмент: напилек ГОСТ 1465-80.

Вибір засобів контролю: візуальний контроль.

### **Операція 015 0180 Маркувальна**

Мета операції: маркування заготовки для її ідентифікації.

Зміст операції:

015.01 Виконати маркування деталі на бірці згідно п.7 ТВ кресленника.

015.02 маркувати заготовку ударним методом: марка матеріалу, позначення деталі.

Обладнання: маркувальний верстак.

Інструмент: бірка картонна; ручка кулькова; набір клейм 3-Пр3 ГОСТ 25276-83; молоток ГОСТ 2310-78.

Вибір засобів контролю: візуальний контроль.

### **Операція 020 5000 Термічна**

Мета операції: покращення корозійної стійкості.

Зміст операції:

020.01 Завантажити заготовки в піч та нагріти до 1020 - 1100° С. Час витримки – 85 хвилин.

020.02 Охолодити садку на повітрі або у воді. Температура води 20 - 40°С.

Обладнання: електропіч камерна або шахтна.

### **Операція 025 0180 Маркувальна**

Мета операції: маркування номеру садки для її ідентифікації.

Зміст операції:

025.01 Виконати маркування номеру садки ударним способом.

Обладнання: маркувальний верстак.

Інструмент: набір клейм 3-Пр3 ГОСТ 25276-83; молоток ГОСТ 2310-78.

Вибір засобів контролю: візуальний контроль.

**Операція 030 0200 Контрольна (ВТК)**

Мета операції: Контрольна.

Зміст операції:

030.01 Контролювати розміри заготованок, проведення операцій згідно маршрутному технологічному процесу та наявність супроводжуючої документації для передачі заготованок на подальшу механічну обробку.

Обладнання: стіл ВТК.

**Операція 035 4233 Токарна з ЧПК**

Мета операції: підрізання торців; точіння циліндричної поверхні; свердління отвору; чистове, чорнове розточування отвору; точіння канавки.

Зміст операції:

035.01 Установити, вивірити, закріпити заготованку в 3-х кулачковому патроні.

035.02 Підрізати торець в розмір 52,5 мм, знявши 2,5 мм припуску.

035.03 Точити циліндричну поверхню на довжину  $25 \pm 0,1$  мм, витримуючи розмір  $\varnothing 150_{-0,3}$  мм.

035.04 Перевстановити заготованку, вивірити, закріпити в 3-х кулачковому патроні.

035.05 Підрізати торець в розмір  $50_{-0,25}$  мм.

035.06 Точити циліндричну поверхню в рівень на довжину  $25 \pm 0,1$  мм, витримуючи розмір  $\varnothing 150_{-0,3}$  мм.

035.07 Свердлити начисто отвір  $\varnothing 65^{+0,5}$  мм на глибину  $47 \pm 0,12$  мм.

035.08 Розточити начорно, отвір  $\varnothing 96,5^{+0,35}$  мм з підрізкою торця, витримавши розмір  $27,5 \pm 0,1$  мм.

035.09 Розточити начисто отвір  $\varnothing 97H10^{(+0,14)}$  мм, витримавши розмір  $28 \pm 0,11$  мм.

035.10 Точити канавку начисто, витримуючи розміри згідно ескізу №1.

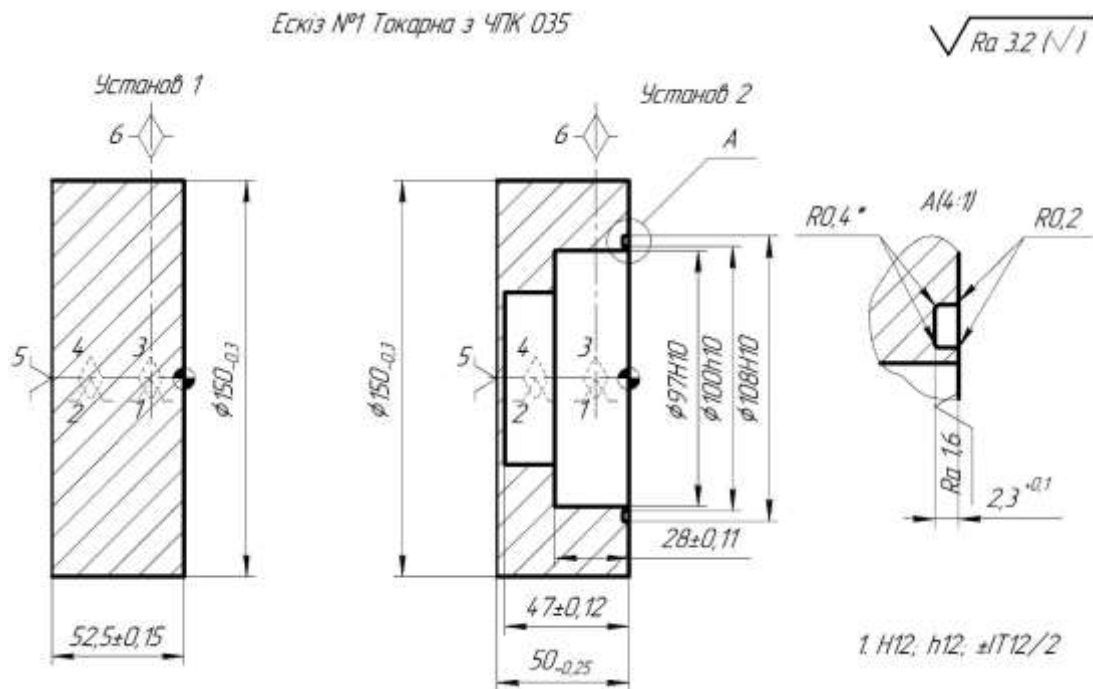


Рисунок 2.3 – Ескіз операції 035

Обладнання: токарний центр DMG MORI CTX 510.

Вибір пристрою: стандартний гідравлічний патрон 255 мм SMW Autoblock BB-D250.

Різальний інструмент:

035.02; 035.03; 035.05; 035.06: різець DSSNR 2525M 15, пластинки SNMG 15 06 16-MR 2220.

035.07: свердло DS20-D6500L50-05, пластинки 880-06 04 06H-C-LM 1144, 880-06 04 W08H-P-MS 2044; адаптер VL80-NC3000-V50.

035.08; 035.09: різець C4-SCLCR-22110-12, пластинки CCMT 12 04 12-MR 2220; адаптер C4-NC3000-V40-030.

035.10: різець SL-QFT-LH32C40-065A, пластинки QFT-H-0400-03-TF 1105; адаптер 570-40NG-2525; державка ASHN-VDI40-25-HP.

Вибір засобів контролю: штангенциркуль ШЦ – П - 250 - 0,1 ГОСТ 166-89;  
штангенглибиномір ШГ-160-0,05 ГОСТ 162.

### **Операція 040 0200 Контрольна (ВТК)**

Мета операції: Контрольна.

Зміст операції:

040.01 Контролювати всі розміри деталі, проведення операцій згідно маршрутному технологічному процесу та наявність супроводжуючої документації для передачі деталей на подальшу механічну обробку.

Обладнання: стіл ВТК.

### **Операція 045 4234 Фрезерна з ЧПК**

Мета операції: фрезерування сторін, фрезерування отворів, оброблення фасок, нарізання нарізі.

Зміст операції:

045.01 Установити, вивірити та закріпити деталь в лещатах.

045.02 Фрезерувати сторону на глибину 13<sub>-0,1</sub> мм та фрезерувати отвір  $\varnothing 34,63_{+0,16}$  мм, витримавши розмір 25 $\pm$ 0,1.

045.03 Обробити фаску 3,5x45° у отворі  $\varnothing 34,63$ мм.

045.04 Нарізати нарізь М36x1,5-6Н у отворі  $\varnothing 34,63$ мм.

045.05 Перевстановити, вивірити та закріпити деталь в лещатах.

045.06 Фрезерувати сторону на глибину 13<sub>-0,1</sub> мм та фрезерувати отвір  $\varnothing 34,63_{+0,16}$  мм, витримавши розмір 25 $\pm$ 0,1.

045.07 Обробити фаску 3,5x45° у отворі  $\varnothing 34,63$ мм.

045.08 Нарізати нарізь М36x1,5-6Н у отворі  $\varnothing 34,63$ мм.

045.09 Перевстановити, вивірити та закріпити деталь в лещатах.

045.10 Фрезерувати сторону на глибину 13<sub>-0,1</sub> мм.

045.11 Перевстановити, вивірити та закріпити деталь в лещатах.

045.12 Фрезерувати сторону на глибину 13<sub>-0,1</sub> мм.

045.13 Свердлити отвір  $\varnothing 5,08^{(+0,15)}$ мм глибиною 13 мах, витримавши відстань від центру деталі  $20\pm 0,1$ мм та від низу деталі  $20\pm 0,1$ мм.

045.14 Обробити фаску  $1\times 45^\circ$  в отворі.

045.15 Нарізати нарізь М6-6Н глибиною  $L=8$  міл в отворі.

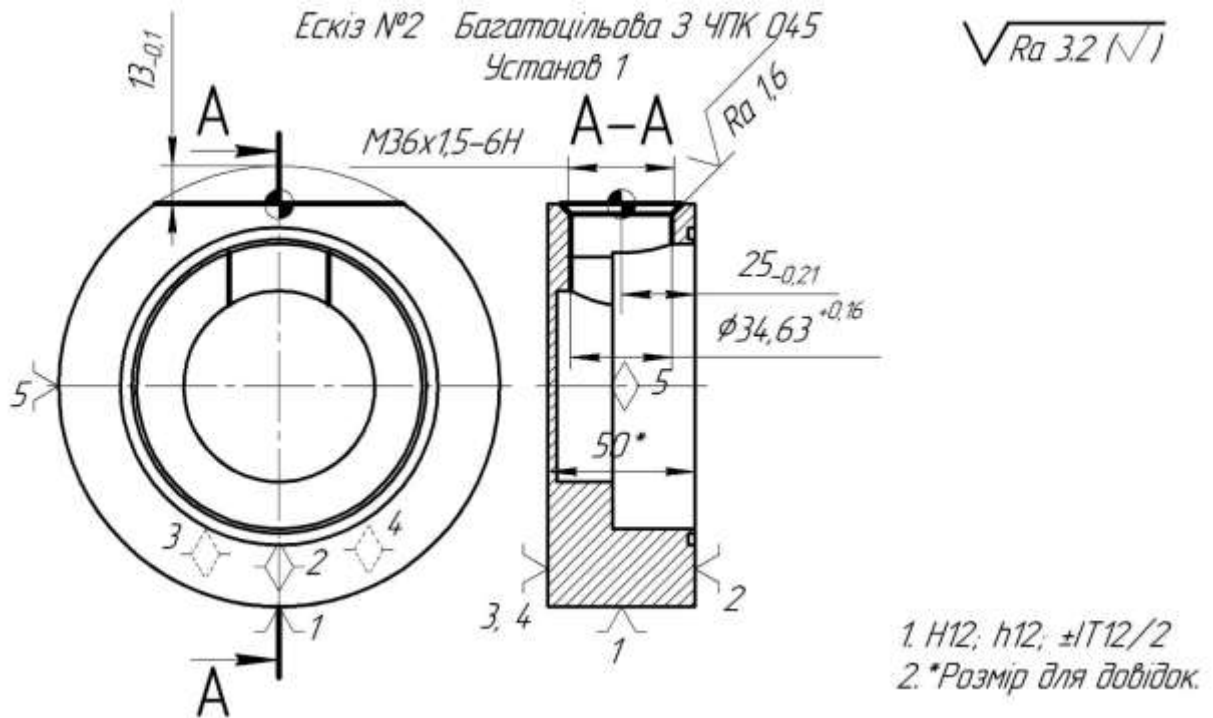


Рисунок 2.4 – Ескіз операції 045, установ 1

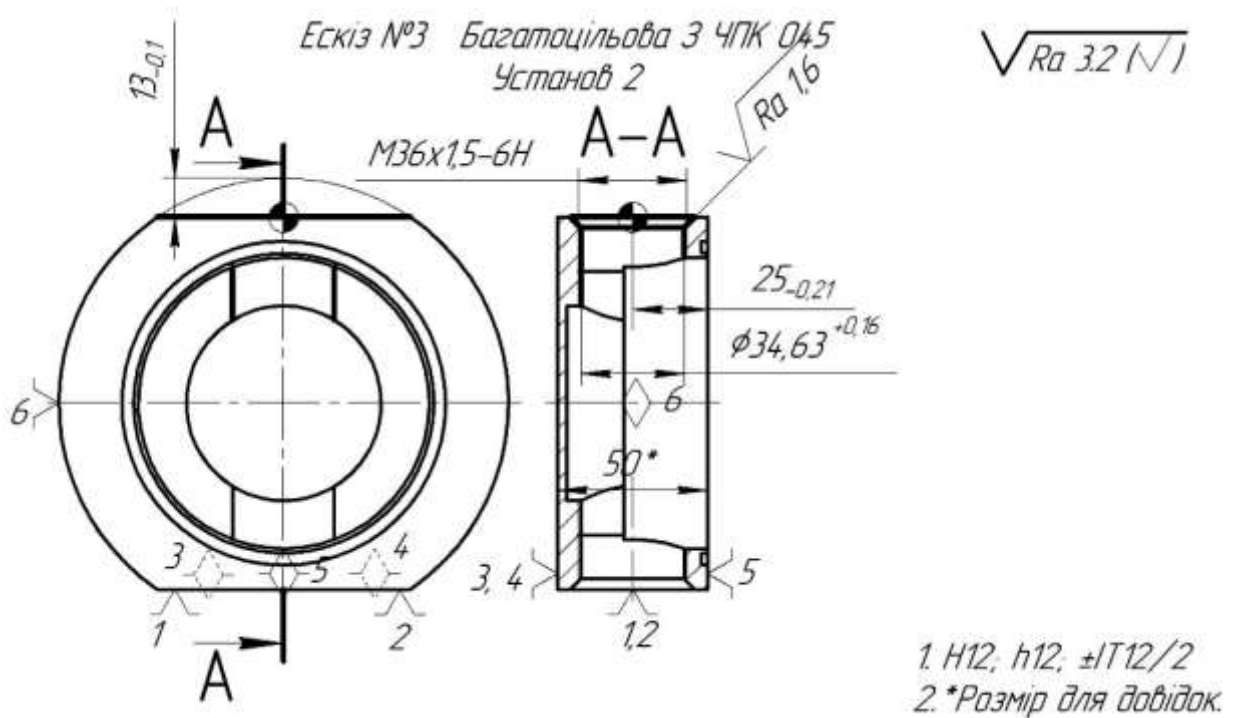


Рисунок 2.5 – Ескіз операції 045, установ 2

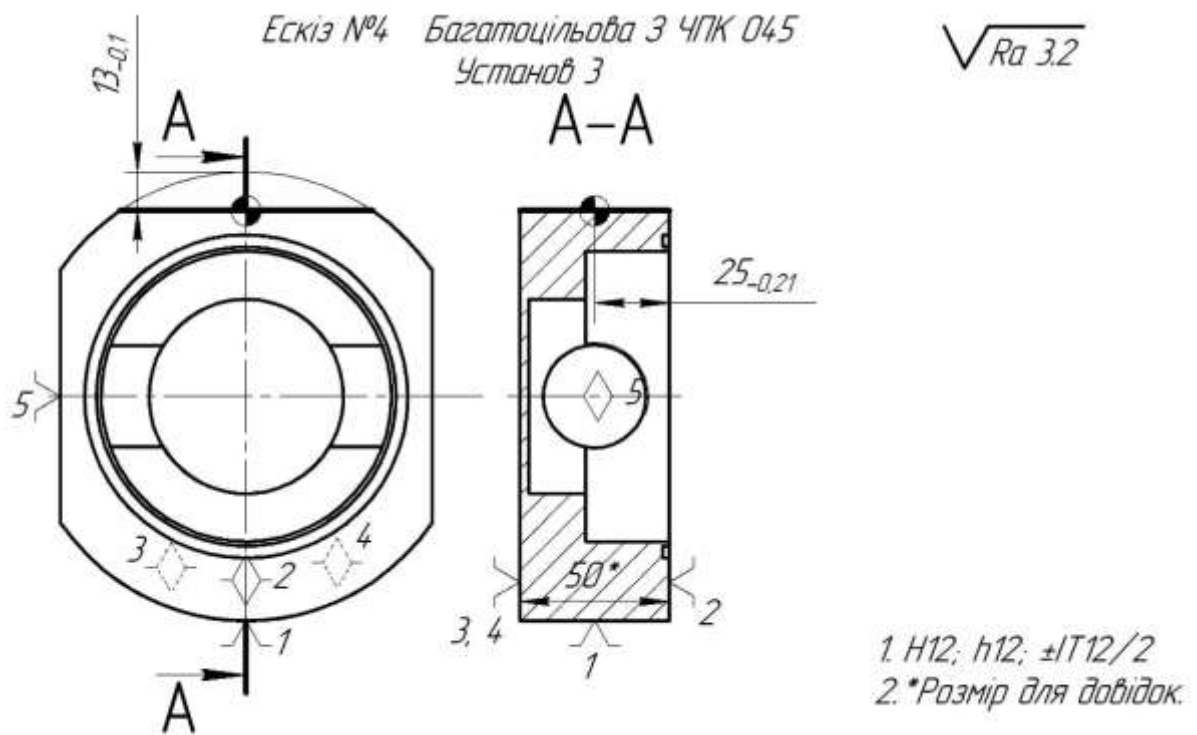


Рисунок 2.6 – Ескіз операції 045, установ 3

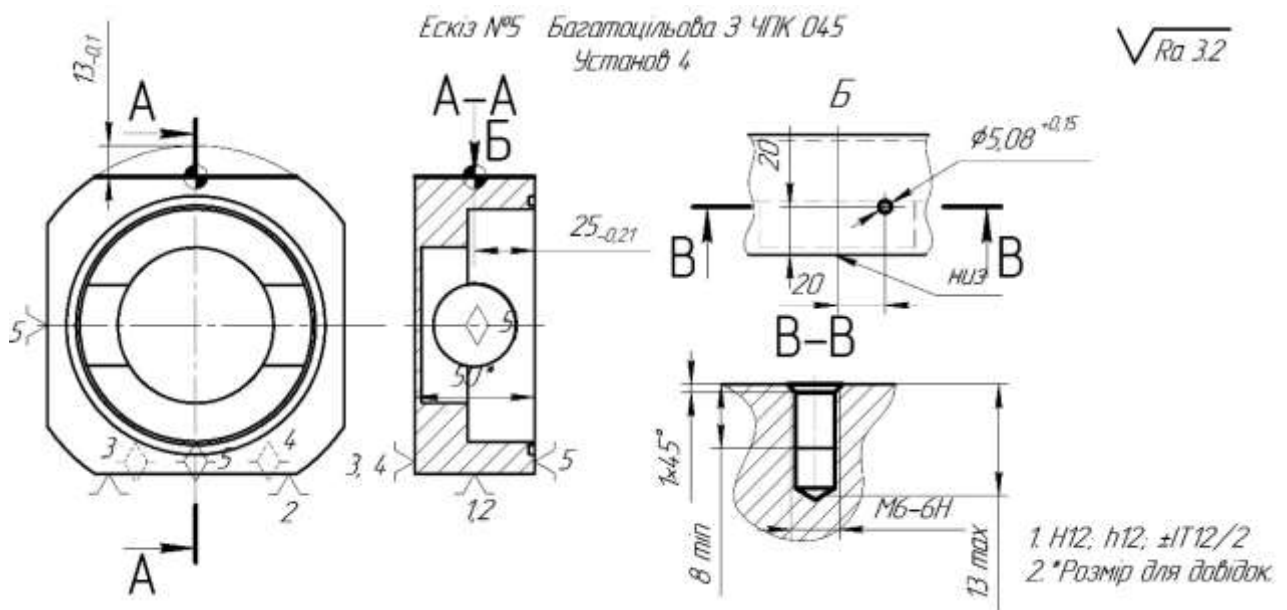


Рисунок 2.7 – Ескіз операції 045, установ 4

Обладнання: Вертикальний фрезерний обробний центр DANLІН MCV-860

Вибір пристрою: лещата GERARDI Modular vise.

Різальний інструмент:

045.02; 045.06; 045.10; 045.12: фреза 2P342-1270-CMB M2CM; цанга A393.15-32 1/2; оправка A2B14-40 32 070.

045.03; 045.07: фреза A495-026M25-3009H; цанга A393.14-40 260; оправка A2B14-40 40 070.

45.04; 045.08: фреза A326R08-M25050VM-TH 1025; цанга 393.15-25 16; оправка A2B14-40 25 070.

045.13: свердло 462.1-0500-015A1-XM X2BM; цанга EH-ER25-10-012; оправка A2B14-40 25 070.

045.14: фреза 316-10CM400-10060G 1730; адаптер EH-ER25-10-012; оправка A2B14-40 25 070.

045.15: мітчик T300-XM100DA-M6 B125; цанга 393.14-25 D060X049; оправка A2B14-40 25 070.

Вибір засобів контролю: зразки шорсткості ГОСТ 9378-93; штангенциркуль ШЦ – I - 125 - 0,1 ГОСТ 166-89.

### **Операція 050 0200 Контрольна (ВТК)**

Мета операції: Контрольна.

Зміст операції:

050.01 Контролювати всі розміри деталі, проведення операцій згідно маршрутному технологічному процесу та наявність супроводжуючої документації для передачі деталей на подальшу механічну обробку.

Обладнання: стіл ВТК.

### **Операція 055 4234 Фрезерна з ЧПК**

Мета операції: фрезерування пазів, свердління отворів, оброблення фасок, нарізання нарізі.

Зміст операції:

055.01 Установити, вивірити та закріпити деталь в лещатах.

055.02 Фрезерувати 4 кармани для кріплення, витримавши розміри  $6_{(-0.12)}\text{мм}$  та R32 мм.

055.03 Фрезерувати 4 пази, витримуючи розмір  $30\pm 0,1\text{мм}$  на глибину  $19\pm 0,1\text{мм}$  з отриманням 8 радіусів R10.

055.04 Свердлити 13 отворів  $\varnothing 5,08^{(+0,15)}$ .

055.05 Обробити фаски  $1 \times 45^\circ$  під нарізь М6-6Н.

055.06 Нарізати нарізь М6-6Н глибиною  $L=8$  mm в 13 отворах.

055.07 Свердлити 4 отвори  $\varnothing 6,5^{(+0,15)}$ .

055.08 Обробити фаски  $1,5 \times 45^\circ$ .

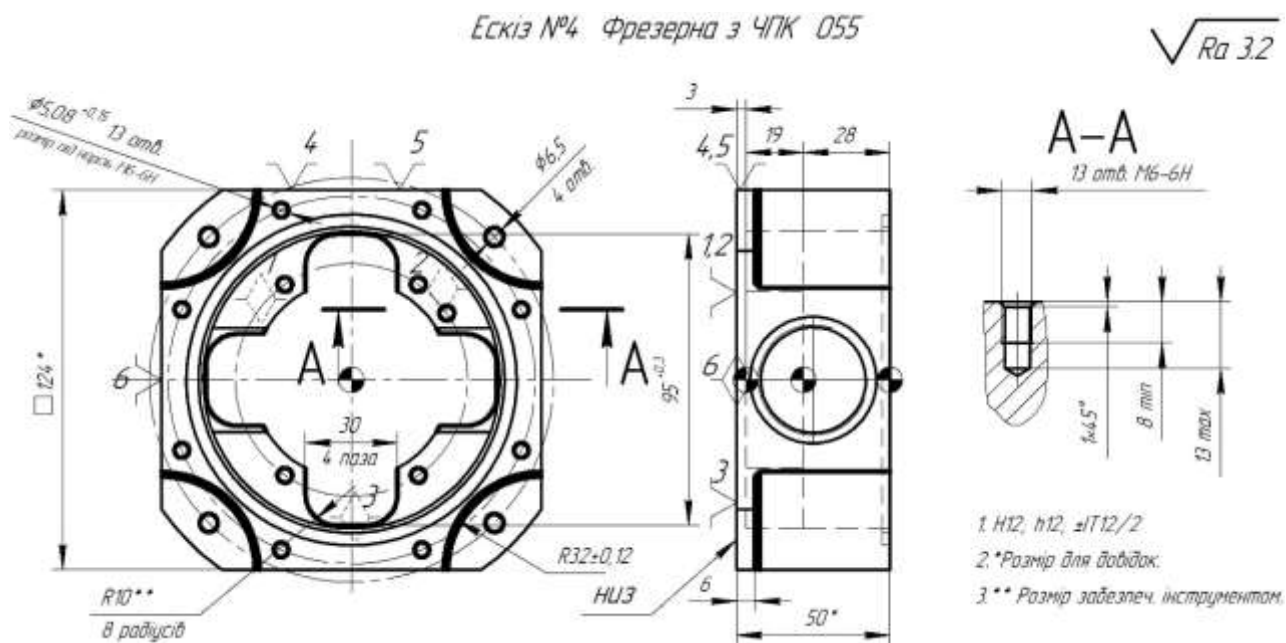


Рисунок 2.8 – Ескіз операції 055

Обладнання: вертикальний фрезерний обробний центр DANLİN MCV-860.

Вибір пристрою: лещата GERARDI STANDARD.

Різальний інструмент:

055.02; 055.03: R216.24-20050CCC38P 1620; цанга 393.15-32 16; оправка A2B14-40 32 070.

055.04: свердло 462.1-0500-015A1-ХМ Х2ВМ; цанга 393.14-25 060; оправка A2B14-40 32 070.

055.05: фреза 316-10СМ400-10060G 1730; адаптер EH-ER25-10-012; оправка A2B14-40 25 070.

055.06: мітчик Т300-ХМ100DA-М6 В125; цанга 393.14-25 D060X049; оправка A2B14-40 25 070.

055.07: свердло 860.1-0650-024A1-ММ М2ВМ; цанга 393.14-25 080; оправка A2B14-40 25 070.

055.08: фреза 316-10CM400-10060G 1730; адаптер EH-ER25-10-012; оправка A2B14-40 25 070.

Вибір засобів контролю: зразки шорсткості ГОСТ 9378-93; штангенциркуль ШЦ – I - 125 - 0,1 ГОСТ 166-89.

### **Операція 060 0200 Контрольна (ВТК)**

Мета операції: Контрольна.

Зміст операції:

060.01 Контролювати всі розміри деталі, проведення операцій згідно маршрутному технологічному процесу та наявність супроводжуючої документації для передачі деталей на подальшу механічну обробку.

Обладнання: стіл ВТК.

### **Операція 065 0108 Слюсарна**

Мета операції: спилювання задирок та гострих кромок після обробки різанням.

Зміст операції:

065.01 Спилити задирки, загострені кромки притупити.

Обладнання: верстак.

Різальний інструмент: напилек ГОСТ 1465-80.

Вибір засобів контролю: візуальний контроль.

### **Операція 070 0144 Мийочна**

Мета операції: промивка деталі від змащувально-охолоджуючої рідини, видалення стружки.

Зміст операції:

070.01 Промити деталь, просушити.

Обладнання: ультразвукова ванна, верстак.

Інструмент: миючий засіб, губка.

Вибір засобів контролю: візуальний контроль.

## **Операція 075 0180 Маркувальна**

Мета операції: маркування деталі для її ідентифікації, гравіювання знаків заземлення.

### Зміст операції:

075.01 Виконати маркування матеріалу, позначення деталі по основному конструкторському документу, номер супроводжуючої карти, клеймити клеймо ВТК на бірці.

075.02 Гравіювати знак згідно кресленику з 2 сторін.

Обладнання: маркувальний верстак, гравіювально-фрезерний верстат EL1 N/H.

Інструмент: бірка картонна; ручка кулькова; набір клейм 3-Пр3 ГОСТ 25276-83; молоток ГОСТ 2310-78.

Вибір засобів контролю: візуальний контроль.

## **Операція 080 0200 Контрольна (ВТК)**

Мета операції: Контрольна.

### Зміст операції:

080.01 Контролювати всі розміри та виконання всіх технічних вимог кресленику.

Обладнання: стіл ВТК.

## **2.4 Розрахунок режимів різання**

Режими різання, що встановлюються для певних переходів обробки та видів різального інструменту, залежать від його стійкості, геометрії та матеріалу різальної частини, фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу, вимог до якості обробленої поверхні та інших факторів.

Величина швидкості різання визначається або за емпіричними формулами, або вибирається в залежності від вище згаданих факторів за нормативами чи рекомендаційними даними каталогів виробників різального інструменту. Зокрема в даному дипломному проєкті застосовано в основному різальний

інструмент компанії Sandvik Coromant. Тому для вибору різального інструменту для конкретних умов обробки та режимів різання застосовано онлайн-ресурси та каталоги компанії Sandvik Coromant (рисунок 2.9) де наводяться рекомендовані значення складових режимів різання.



Рисунок 2.9 – Каталог Sandvik Coromant[11]

Зведемо отримані результати у таблиці для кожної операції.

Таблиця 2.5 – Режими різання для операції 035

Пер.	h, мм	S <sub>0</sub> мм/об	S <sub>хв</sub> мм/хв	n, об/хв	V, м/хв
2	2,5	0,40	1600,0	4000	198
3	2,5	0,40	1600,0	4000	198
5	2,5	0,40	1600,0	4000	198
6	2,5	0,40	1600,0	4000	198
7	23,5	0,10	75,4	754	154
8	2,67	0,36	79,6	796	176
9	0,25	0,15	138,5	917	280
10	2,3	0,25	145	578	196

Таблиця 2.6 – Режими різання для операції 045

Операція 045						
Пер.	h, мм	S <sub>z</sub> мм/зуб	S <sub>o</sub> мм/об	S <sub>хв</sub> мм/хв	n, об/хв	V, м/хв
2	6,25	0,05	0,20	514	2560	102
3	3,5	0,06	0,24	220	1200	100
4	1,5	0,05	0,17	1580	912	223
6	6,25	0,05	0,20	514	2560	102
7	3,5	0,06	0,24	220	1200	100
9	1,5	0,05	0,17	1580	912	223
10	6,25	0,05	0,20	514	2560	102
12	6,25	0,05	0,20	514	2560	102
13	2,5	-	0,12	470	3900	61,5
14	1	0,05	0,20	630	3180	100
15	0,8	-	1,00	1060	1060	20

Таблиця 2.7 – Режими різання для операції 055

Операція 055						
Пер.	h, мм	S <sub>z</sub> мм/зуб	S <sub>o</sub> мм/об	S <sub>хв</sub> мм/хв	n, об/хв	V, м/хв
2	15,67	0,05	0,07	630	1250	78
3	15,67	0,06	0,07	403	1250	78
4	2,5	0,05	-	1060	3900	61,5
6	1	0,05	0,05	630	3180	100
7	0,8	0,06	-	1060	1060	20
9	3,25	0,05	-	403	3100	64
10	0,5	0,05	0,05	630	3180	100

## 2.5 Нормування технологічного процесу.

Таблиця 2.5 – Нормування технологічного часу

Корпус 50032-080.Е.01											
На партію 80 шт					СТАЛЬ 08X18H10T						
ЗАГОТОВАНКА Ø155x55											
№ п/п	Назва операції	ΣТа, хв	твст, хв	Σтдпм, хв	Σтвмр, хв	Топер, хв	тшт, хв	Тпз, хв	К-сть за зміну, шт	Норма часу, год	К-ть за зміну,окру
005	Стрічко-пильно відрізна										
	1. Відрізати заготованку	17,00	1	0,52	0,2	18,7	21,3	10	22,02	0,360	22,00
010	Слюсарна									0,038	
	1. Спиляти задирки, загострені кромки притупити.										
015	Маркувальна										
	Маркувати на бірці: Бірка картонна; Ручка кулькова.									0,010	
	Маркувати ударним методом: Набір клейм 3-Пр3 ГОСТ 25726-83; Молоток ГОСТ 2310-78									0,022	
020	Термічна									3,000	

Продовження таблиці 2.5 – Нормування технологічного часу

025	Маркувальна									<b>0,010</b>	
030	Контрольна (ВТК)									<b>0,167</b>	
035	Токарна з ЧПК	9	2,80	<b>0,72</b>	<b>1,13</b>	<b>13,7</b>	<b>15,0</b>	<b>26,8</b>	<b>30,18</b>	<b>0,270</b>	<b>30,00</b>
040	Контрольна (ВТК)									<b>0,167</b>	
045	Фрезерна з ЧПК	10	<b>6,04</b>	0,80	<b>3,16</b>	<b>24,0</b>	<b>22,0</b>	<b>39,5</b>	<b>20,02</b>	<b>0,400</b>	<b>20,00</b>
050	Контрольна (ВТК)									<b>0,250</b>	
055	Фрезерна з ЧПК	12,000	0,80	3,24	2,04	<b>18,1</b>	<b>19,5</b>	<b>38,1</b>	<b>22,63</b>	<b>0,360</b>	<b>22,00</b>
060	Контрольна (ВТК)									<b>0,250</b>	
065	Слюсарна									0,040	
070	Мийочна									0,500	
075	Маркувальна									0,100	
080	Контрольна (ВТК)									<b>0,300</b>	

									ΣH/ч	6,247	
--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	-------	--

### 3. Технологічне оснащення

#### 3.1 Вибір універсальних засобів технологічного оснащення

На багатоцільових фрезерних операціях 045, 055 деталь встановлюється на паралельні підкладки Haas Part #: 05-0243, впирається в бічний упор Haas Part #: 05-0246 та затискається в лещатах Gerardi. Підкладки потрібні щоб закріпити деталь в лещатах та мати доступ до оброблюваних поверхонь



Рисунок 3.1 – Паралельні підкладки Haas [12]



Рисунок 3.2 – Багатоосьовий упор Haas [13]



Рисунок 3.3 – Модульні лещата Gerardi [14]

### 3.2 Пристрій спеціальний для багатоцільових операцій

Пристрій для багатоцільових операцій 044, 045 складається з плити, лещат, паралельних підкладок та багатоосьового упору. Плита встановлена на стіл верстата та закріплена до нього за допомогою болтів. До плити прикріплені лещата за допомогою Т-подібних гайок, шпильок, прижимів, упорів та шестигранних гайок. В Т-подібні пази плити вставлений багатоосьовий упор. Для доступу до оброблюваних поверхонь при затисканні в лещатах використовуються паралельні підкладки щоб закріпити деталь за необроблювані на операції поверхні.

Порядок закріплення деталі в лещатах: робочий розтискає губки лещат на потрібну відстань за допомогою ручного інструменту, встановлює багатоосьовий упор в потрібне положення та фіксує його за допомогою болтів. В лещата ставиться пара паралельних підкладок та на них встановлюється деталь для обробки. Робочий затискає деталь в лещатах та починає обробку. По закінченню обробки робочий очищає деталь та лещата від стружки,

змащувально-охолоджуючої рідини, відтискає губки лещат та переносить деталь в тару для подальшого транспортування.

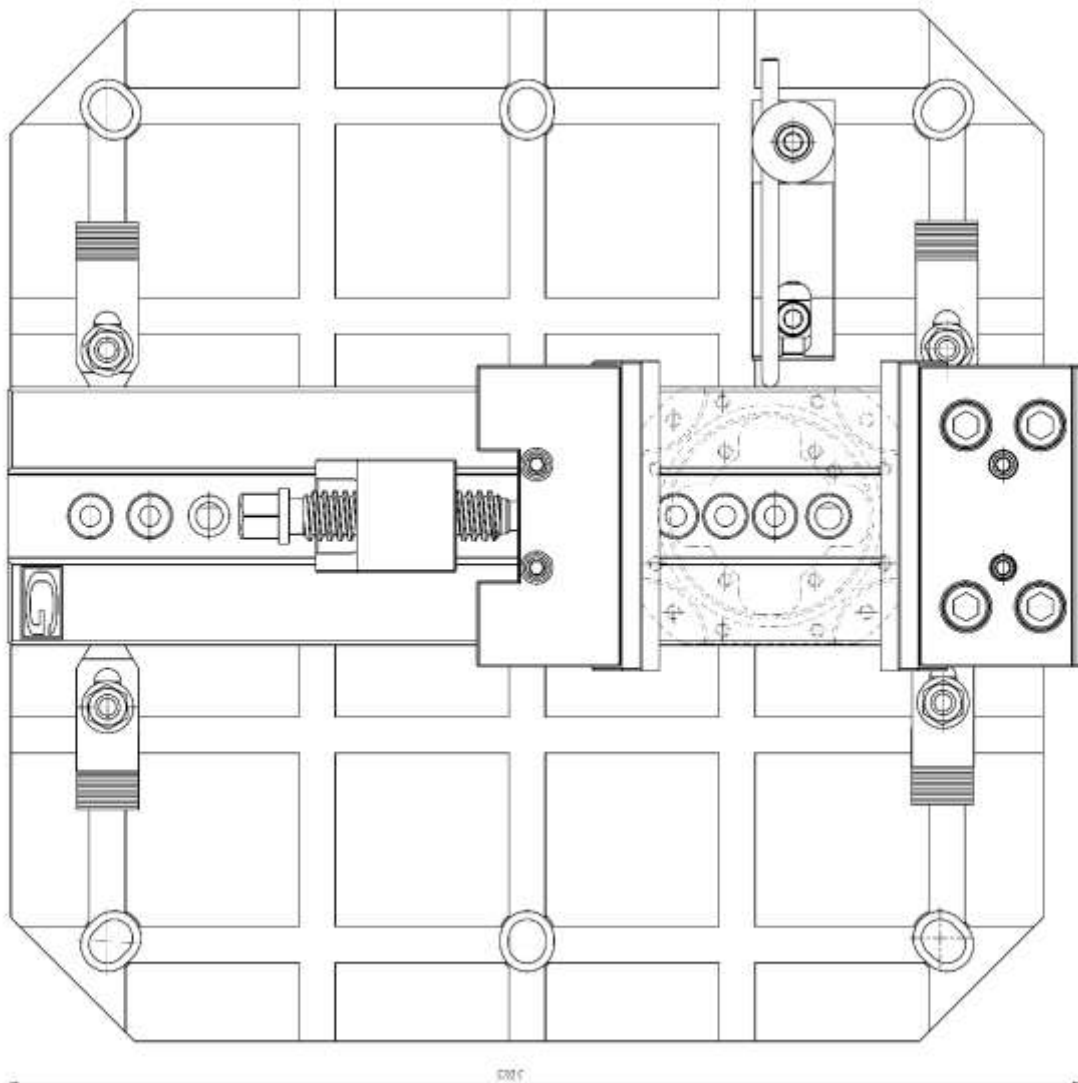


Рисунок 3.4 – Пристосування для операцій 044, 055

## 4 Спеціальний розділ

### 4.1 Методика нормування операцій на верстатах з ЧПК»

Для розрахунку норми часу на виконання операції  $N_{нч}$  на верстаті з чпк скористаємось формулою [15 с.4]:

$$N_{нч} = T_{шт} + \frac{T_{п.з.}}{n} \quad (4.1)$$

де  $T_{п.з.}$  – норма підготовчо-заключного часу;

$T_{шт}$  – норма штучного часу.

Норма штучного часу розраховується за формулою [15 с.5]:

$$T_{шт} = [T_a + T_d] \left(1 + \frac{T_{об}}{100}\right), \quad (4.2)$$

де  $T_a$  – час автоматичної основної роботи за програмою;

$T_d$  – час виконання ручної допоміжної роботи;

– час на технічне і організаційне обслуговування робочого

$T_{об}$  місця, відпочинок і особисті потреби при одноверстатному обслуговуванні, % від оперативного часу.

Ручна допоміжна робота  $T_d$  визначається за формулою [15 с.5]:

$$T_d = T_{дв} + T_{дпмо} + T_{двмр}, \quad (4.3)$$

де  $T_{дв}$  – допоміжний час на встановлення;

$T_{дпм}$  – допоміжний час, пов'язаний з виконанням операції;

$T_{двмр}$  – допоміжний час на вимірювання.

Допоміжний час на встановлення  $T_{дв}$  включає при встановленні та знятті вручну в себе такі дії [15 с.6]:

- взяти і встановити деталь, вивірити та закріпити;

- увімкнути та вимкнути верстат;

- відкріпити деталь та покласти в тару;

- очистити пристосування від стружки, протерти базові поверхні серветкою.

Допоміжний час, пов'язаний з виконанням операції  $T_{дпм}$ , складається з [15 с.6]:

- установити задане взаємне положення деталі та інструменту в задану точку після обробки, у випадку потреби провести корекцію;

- перевірити прихід деталі або інструменту в задану точку після обробки;
- закрити та відкрити щиток верстату для захисту від емульсії.

Допоміжний час на вимірювання  $T_{\text{двмр}}$  враховується тільки у випадку, якщо це передбачено технологічним процесом. Необхідні розміри забезпечуються конструкцією верстату або різального інструменту та точністю їх налаштування.

Норми часу на технічне і організаційне обслуговування робочого місця  $T_{\text{об}}$  розраховуються в залежності від типу та розміру верстату з врахуванням одноверстатного чи багатOVERстатного обслуговування та включає в себе [15 с.8]:

- зміну інструменту у випадку зношення;
- корекцію інструменту;
- періодичне прибирання стружки з робочого місця (окрім базових поверхонь, на які нормується окремий час).

Організаційне обслуговування робочого місця включає в себе з [15 с.8]:

- огляд та випробовування обладнання у процесі роботи;
- розкладання інструментів на початку та прибирання його в кінці зміни;
- змащування та чистка верстату в процесі зміни;
- отримання інструктажу майстра, бригадира протягом зміни;
- прибирання верстата та робочого місця в кінці зміни.

Час на відпочинок та особисті потреби для одноверстатного обслуговування окремо не виділяється та уже враховано у часі на обслуговуванні робочого місця.

Норма підготовчо-заключного часу визначається за формулою [15 с.8]:

$$T_{\text{пз}} = T_{\text{пз1}} + T_{\text{пз2}} + T_{\text{пр.обр}}, \quad (4.4)$$

де  $T_{\text{пз1}}$  – норма часу на організаційну підготовку, хв;

$T_{\text{пз2}}$  норма часу на наладку верстату, пристосування, інструменту, програмних пристроїв, хв;

$T_{\text{пр.обр}}$  норма часу на пробну обробку, хв.

Час на організаційну підготовку включає в себе [15 с.9]:

- отримання наряду, креслеників, технологічної документації, носія програмного забезпечення, різального, допоміжного та контрольно-вимірювального інструмента, пристосувань, заготованок до початку та їх здачу після закінчення обробки партії деталей на робочому місці або інструментальній коморі;

- ознайомлення з роботою, креслеником, технологічною документацією, огляд заготованки;

- інструктаж майстра.

До складу роботи на наладку верстата, інструмента та пристосувань включаються прийоми роботи налагодного характеру, що залежать від призначення верстата та його конструктивних особливостей:

- встановлення та зняття кріпильного пристосування;
- встановлення та зняття блока або окремих ріжучих інструментів;
- встановлення вихідних режимів роботи верстата;
- встановлення носія програмного забезпечення в зчитуючий пристрій та зняття програмного забезпечення;
- налаштування нульового положення та ін.

## **4.2 Приклад нормування операції на верстатах з ЧПК**

На прикладі операції 055 розглянемо порядок нормування часу.

1. Найменування операції – вертикально-фрезерна з ЧПК.
2. Верстат – вертикальний фрезерний обробний центр ДАНЛІН MCV-720
3. Найменування деталі – корпус.
4. Матеріал – сталь 08X18H10T, маса – 3 кг.
5. Спосіб встановлення – в лещата з вивіркою.
6. Кількість інструментів в налазці – 5.

Для розрахунку  $T_{шт}$  потрібно:

$T_A$  – час автоматичної роботи – визначається з управляючої програми. Прийmemo 12 хвилин.

$T_{об}$  – час на технічне і організаційне обслуговування, карта 16 [15, с.90]: - 8% від оперативного.

Для розрахунку  $T_d$  – допоміжного часу потрібно:

$T_{дв}$  – допоміжний час на установку та зняття деталі в лещатах з гвинтовим затиском з вивіркою (карта 10) [14, с.64]: – 0,8хв;

$T_{дпм}$  – допоміжний час, пов'язаний з виконанням операції (карта 14) [15, с.79]:

1. Установити задане взаємне положення деталі та інструменту по координатах X, Y, Z і провести корекцію у випадку необхідності – (0,60х5 хв)

2. Перевірити прихід інструменту у задану точку після завершення обробки – 0,20

3. Відкрити та закрити щиток – 0,04 хв.

Загальний допоміжний час, пов'язаний з виконанням операції: 3,24 хв.

$T_{двмр}$  – допоміжний час на контрольні вимірювання (карта 15) [15, с.80]:

1. фрезерований розмір карману 6 мм – 0,06х4 хв;

2. Фрезеровані пази – 0,12х2 хв;

3. 13 отворів – 0,12х13

Загальний допоміжний час на контрольні вимірювання: 2,04 хв.

Загальний допоміжний час визначаємо за формулою (4.3) і маємо:  
 $T_d=6,08$  хв.

Норма штучного часу тоді складає за формулою (4.2)  $T_{шт} = 19,5$  хв.

Для розрахунку норми часу на виконання операції  $N_{нч}$  потрібно розрахувати норму підготовчо-заключного часу  $T_{пз}$ . Для зручності запишемо результати у вигляді таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Норма підготовчо-заключного часу

№ п/п	Зміст роботи	Карта, позиція, індекс	Час, хв
1	Організаційна підготовка	Карта 26, позиція 2, 3, 4, індекс а	10+2+2
Загалом $T_{ПЗ1}$			14
2	Встановити і зняти лещата	Карта 26, позиція 7	7
3	Встановити регульований упор	6	0,8
4	Перемістити шпindel в зручне місце для наладки	20	0,2
5	Задати вихідні режими роботи верстату	21	0,15
6	Встановити і зняти інструментальний блок в магазині	23	0,15x5
7	Встановити носій даних і зняти	24	1
8	Перевірити працездатність носія даних	25	0,5
9	Ввести програму в пам'ять системи ЧПК	27	0,5
10	Налаштувати нульові положення	28	2,5x3
11	Встановити інструмент на довжину обробки	30	0,9x5
12	Налаштувати подачу ЗОР	31	0,2
Загалом $T_{ПЗ2}$			23,1
Загалом підготовчо-заключний час			38,1

Отже, з формули (4.1) норма часу на виконання операції 055 складає:

$$N_{нч} = T_{шт} + \frac{T_{п.з.}}{n} = 19,5 + \frac{38,1}{80} = 19,8 \text{ хв.}$$

## Висновки

При виконанні дипломного проєкту було розроблено технологічний процес виготовлення клемної коробки, виконано нормування часу на її виробництво. Тема дипломного проєкту була обрана на місці проходження переддипломної практики, на підприємстві ПрАТ "КЦКБА" і метою було скоротити час, потрібний на виробництво деталі.

В дипломному проєкті було розглянуто можливі варіанти отримання вихідної заготовки та запропоновано замінити прокат на лиття, але через жорсткі вимоги до деталей та вузлів на атомних електростанціях, цей варіант не задовільнив вимоги технічного завдання. Тому було обрано заготовку з прокату.

Технологічний процес механічної обробки корпусу клемної коробки розроблено за принципом концентрації операцій, що властивий дрібносерійному виробництву. Було запропоновано використовувати сучасний різальний високопродуктивний інструмент компанії Sandvik Coromant, що зрештою дозволило скоротити час на виробництво корпусу клемної коробки з 10 годин до 6,2 годин. Запропонований і здійснений в дипломному проєкті комплекс технологічних заходів та рішень дозволить зменшити собівартість виготовлення деталі, що в підсумку дозволить знизити ціну підвищивши її конкурентоздатність.

## Посилання

1. Київське центральне конструкторське бюро арматуробудування. Про нас [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kcdbv.com/about> (звернено: 18.06.2025).
2. Технічне завдання КЦКБА №69.636-2019. – внутрішній документ підприємства. – Київ: КЦКБА, 2019. – 46 с.
3. Кваліфікаційна робота бакалавра. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 131 – Прикладна механіка за освітньо-професійною програмою «Технології машинобудування, комп'ютерні системи проектування» всіх форм навчання. – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2024. – 123 с.
4. Основи технології машинобудування. Частина 1 : [практикум] /О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 106 с.
5. Складальний кресленик виробу Коробка клемна УФ 50032-080.Е СК / КЦКБА. – Київ: КЦКБА, 2019. – 18 арк. – Внутрішній документ підприємства
6. Технологія машинобудування. Методичні вказівки до виконання курсового проектуз технології машинобудуваннядля студентів спеціальностей«Прикладна механіка», «Галузеве машинобудування»денної та заочної форм навчання/ Укл.: проф., д.т.н. Павленко І.І., доц., к.т.н. Артюхов А.М.; доц., к.т.н. Підгаєцький М.М.;доц., к.т.н. Мажара В.А.; викл. Сторожук М.О. – Кропивницький: ЦНТУ, 2018. – 68 с.
7. Теоретичні основи технології виробництва деталей і складання машин у важкому машинобудуванні : навчальний посібник. 2-е вид., перероб., доп. / С. В. Ковалевський, С. Г. Онищук. – Краматорськ - Тернопіль : ДДМА, 2023. – 179 с.

8. Технологічні основи машинобудування. [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С.С. Добрянський, Ю.М. Малафеев; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 13,4 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.
9. Посібник з дисципліни «Технології та устаткування машинобудівних виробництв. Виробництво заготовок» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» / Укладачі: Комар Р.В., Паньків М.Р., Сенчишин В.С. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. – 152 с.
10. ДСТУ 8981:2020. Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічне оброблення. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2020. – Чинний з 01.05.2021. – 54 с.
10. Sandvik Coromant AB. CoroPlus® ToolGuide [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.sandvik.coromant.com/en-us/tools/digital-machining/coroplus-toolguide> (звернено: 18.06.2025).
11. Sandvik Coromant. Freesimine [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.alas-kuul.ee/media/wysiwyg/CMS/Freesimine\\_sandvik.pdf](https://www.alas-kuul.ee/media/wysiwyg/CMS/Freesimine_sandvik.pdf) (звернено: 18.06.2025).
12. Haas Automation Inc. Hard Steel Blank Parallel Set, HPS150X8.5mmSB9 (Part № 05-0243) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.haascnc.com/it/haas-tooling/mill\\_workholding/visе\\_parallels/05-0243.html](https://www.haascnc.com/it/haas-tooling/mill_workholding/visе_parallels/05-0243.html) (звернено: 18.06.2025).
13. Haas Automation Inc. Multi Axis Mill Vise Stop, Medium (Part № 05-0246) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.haascnc.com/haas-tooling/mill\\_workholding/visе\\_mounts\\_fixtures/05-0246.html](https://www.haascnc.com/haas-tooling/mill_workholding/visе_mounts_fixtures/05-0246.html) (звернено: 18.06.2025).

14. Gerardi SpA. Standard Precision Modular Vises [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.gerardispa.com/products/workholding/precision-modular-vises/standard> (звернено: 18.06.2025).
15. Загальномашинобудівні нормативи часу та режимів різання для нормування робіт, що виконуються на універсальних і багатоцільових верстатах із числовим програмним керуванням. Ч. 1 : Нормативи часу. – М. : Економіка, 1990. – 207 с.