

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет машинобудування та транспорту
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

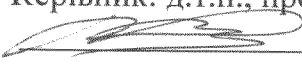
Бакалаврська кваліфікаційна робота

на тему:

«ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ
ТИПУ «КОРПУС» ЕР.251.110»

Виконав: студент 4 курсу, групи ІПМ-216
Спеціальності 131 – Прикладна механіка


Олександр МОКРИЧУК
(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., проф., професор каф. ТАМ
 Леонід КОЗЛОВ

« 06 » _____ 06 _____ 2025 р.

Рецензент: д.т.н., професор, директор ІДА
 Андрій КАШКАНОВ
(прізвище та ініціали)

« 13 » _____ 06 _____ 2025 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ТАМ  Леонід КОЗЛОВ

« 09 » _____ 06 _____ 2025 р.

Вінниця ВНТУ - 2025 рік

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.

« 20 » 03 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Мокринчуку Олександр Віталійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ЕР.251.110»

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

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від « 20 » 03 2025 року №97

2. Термін подання студентом роботи 16.06.2025р.

3. Вихідні дані до роботи Креслення деталі: Корпус ЕР.251.110

Сталь 45 ГОСТ 4543-71, Програма випуску: 2000 шт.

4. Зміст текстової частини

1. Визначення типу виробництва і форми організації роботи

2. Аналіз конструкції і технологічності деталі

3. Вибір способу виготовлення заготовки

4. Розробка маршруту механічної обробки

5. Розрахунок елементів дільниці механічної обробки

6. Охорона праці

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
робоче креслення деталі;

робоче креслення заготовки;

маршрут механічної обробки деталі;

розмірний аналіз технологічного процесу;

графік завантаження обладнання та кількість працюючих на дільниці.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Спеціальна частина	Леонід КОЗЛОВ, професор кафедри ТАМ	 20.03.2025р.	 06.06.2025р.
Охорона праці	Олег БЕРЕЗЮК, професор кафедри БЖДПБ	 26.05.2025р.	 06.06.2025р.

7. Дата видачі завдання 20 » 03 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

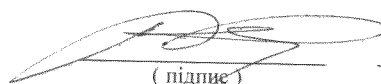
№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітка
		початок	закінчення	
	Формування та затвердження теми бакалаврської кваліфікаційної роботи (БКР)	18.03.2025р.	20.03.2025р.	Вик.
	Виконання спеціальної частини БКР. Перший рубіжний контроль виконання БКР	22.04.2025р.	25.04.2025р.	Вик.
	Виконання спеціальної частини БДР. Другий рубіжний контроль виконання БКР	26.05.2025р.	28.05.2025р.	Вик.
	Виконання розділу «Охорона праці»	26.05.2025р.	06.06.2025 р.	Вик.
	Перевірка на антиплагіат	05.06.2025р.	09.06.2025р.	Вик.
	Нормоконтроль БКР	09.06.2025р.	10.06.2025р.	Вик.
	Попередній захист БКР	10.06.2025р.	11.06.2025р.	Вик.
	Рецензування БКР	12.06.2025р.	13.06.2025р.	Вик.
	Захист БКР	17.06.2025р.	19.06.2025р.	Вик.

Студент


(підпис)

Олександр МОКРИНЧУК

Керівник роботи


(підпис)

Леонід КОЗЛОВ

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська дипломна робота складається з 79 сторінок формату А4, на яких є 10 рисунків, 17 таблиць, список використаних джерел містить 21 найменування.

Мета даної роботи - проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ЕР.251.110». Розробка процесу здійснена з урахуванням сучасних методів обробки поверхонь і застосування високоефективного обладнання, що відповідає вимогам середньосерійного виробництва.

У роботі визначено тип виробництва та форму організації процесу, проведено аналіз конструкції деталі та її технологічності, обґрунтовано вибір способу виготовлення заготовки. Спроектовано маршрут механічної обробки та сформовано рекомендації щодо комплектування дільниці, на якій ця обробка здійснюватиметься. Також наведено рекомендації щодо дотримання безпечних умов праці під час виконання технологічних операцій.

Ключові слова: корпусна деталь, заготовка, механічна обробка, технологічний процес, маршрут обробки, металорізальне обладнання, верстат з ЧПК.

ABSTRACT

The bachelor thesis consists of 79 pages of A4 format, on which there are 10 figures, 17 tables, the list of used sources contains 21 names.

The purpose of this work is to design a technological process for machining a workpiece of the "Housing EP.251.110" type. The process was developed taking into account modern surface treatment methods and the use of highly efficient equipment that meets the requirements of medium-sized production.

The paper defines the type of production and the form of process organization, analyzes the design of the part and its manufacturability, and justifies the choice of the method of manufacturing the workpiece. The route of machining is designed and recommendations are made for the staffing of the area where this processing will be carried out. Recommendations for maintaining safe working conditions during technological operations are also provided.

Keywords: body part, workpiece, machining, technological process, machining route, metal cutting equipment, CNC machine.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1. ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА І ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ....	9
1.1. Визначення маси деталі	9
1.2. Визначення типу виробництва	11
1.3. Визначення організації форми виробництва.....	16
2. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ ДЕТАЛІ.....	18
2.1. Аналіз конструкції деталі.....	18
2.2. Аналіз технологічності деталі.....	19
3. ВИБІР СПОСОБУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ.....	23
3.1. Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки та визначення її розмірів.....	23
3.2. Оформлення ескізів обох варіантів заготовки	26
3.3. Розрахунок маси і коефіцієнтів використання матеріалу для обох варіантів заготовки.....	27
3.4. Техніко-економічне порівняння обох варіантів отримання заготовок та вибір найраціональнішого	28
4. РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ.....	31
4.1. Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва.....	31
4.2. Вибір способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності. Визначення кількості ступенів механічної обробки	32
4.3. Вибір чистових технологічних баз.....	36
4.4 Вибір чорнових технологічних баз.....	38
4.5. Орієнтовний вибір інструменту та вибір обладнання.....	39
4.6. Проектування маршруту механічної обробки.....	41
4.7. Розмірний аналіз технологічного процесу.....	44
4.7.1. Вибір розташування технологічних розмірів.....	44

4.7.2. Попереднє призначення допусків технологічних розмірів.	
Возмірна схема технологічного процесу.....	45
4.7.3. Похідний, вихідний графі-дерева, суміщений граф.....	46
4.7.4. Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів.....	47
4.7.5. Визначення проміжних мінімальних пропусків на механічну обробку плоских поверхонь.....	47
4.7.6 Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків, корекція допусків технологічних розмірів.....	48
4.8. Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні.....	50
4.9. Визначення режимів різання при різних методах обробки.....	57
4.10. Визначення технічних норм часу для всіх операцій.....	61
5. РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ	63
5.1. Розрахунок приведеної програми.....	63
5.2. Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження обладнання.....	66
5.3. Розрахунок кількості працюючих.....	67
6. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	69
ВИСНОВКИ.....	79
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	80
ДОДАТКИ.....	82

ВСТУП

Актуальність теми. Машинобудування - одна з базових і стратегічно важливих галузей промисловості, яка суттєво впливає на рівень технічного розвитку держави. Саме ця галузь забезпечує створення засобів виробництва для більшості інших сфер економіки, зокрема транспорту, енергетики, будівництва, агропромислового комплексу та добувної промисловості.

Поява цифрових технологій, автоматизації, робототехніки, адитивного виробництва та штучного інтелекту суттєво трансформує підходи до проектування, виготовлення та експлуатації машин і механізмів.

Інженер-механік - це одна з ключових професій технічної сфери, яка поєднує глибокі теоретичні знання з практичними навичками в галузі проектування, експлуатації та обслуговування машин і механізмів. У сучасному світі, де технології стрімко змінюються, роль інженера-механіка стає особливо важливою - саме ці фахівці забезпечують надійність та ефективність роботи технічних систем.

Крім фундаментальної технічної підготовки, сучасний інженер-механік повинен володіти навичками роботи з цифровими технологіями, комп'ютерним моделюванням, автоматизованими системами керування, а також мати аналітичне мислення, здатність до самостійного прийняття рішень.

Мета та завдання дослідження. Мета роботи полягає в проектуванні процесу виготовлення деталі «Корпус EP.251.110» із використанням прогресивних технологій обробки та сучасного гнучкого металорізального обладнання.

Для досягнення поставленої задачі мають бути виконані наступні завдання: провести аналіз конструкції деталі, виконати якісний та кількісний аналіз технологічності деталі; зробити техніко-економічне порівняння способів виготовлення заготовки; розробити маршрут механічної обробки; підібрати інструмент та обладнання, а також призначити режими різання; визначити основні виробничі параметри ділянки механічної обробки; провести аналіз шкідливих та небезпечних чинників у виробничому приміщенні та сформулювати рекомендації стосовно поліпшення умов праці та дотримання норм пожежної безпеки.

1 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА І ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ

1.1 Визначення маси деталі [1-3]

Маса деталі визначається шляхом розбиття її конструкції на окремі геометричні форми. Спочатку обчислюється об'єм кожного елемента, а потім на основі відомої густини матеріалу розраховується їхня сумарна маса без врахування порожнин. Після цього від загальної маси віднімається маса матеріалу, що буде видалений у процесі механічної обробки для утворення внутрішніх порожнин. Отримане значення відповідає реальній масі готової деталі.

Визначаємо масу паралелепіпеда розмірами 75x50x50 мм:

- об'єм:

$$V_1 = 75 \cdot 50 \cdot 50 = 187500 \text{ мм}^3 = 0,0001875 \text{ [м}^3\text{]}$$

- маса (матеріал - Сталь 45 ДСТУ 7809:2015):

$$m_1 = \gamma \cdot V_1 = 7850 \cdot 0,0001875 = 1,472 \text{ [кг]}$$

- де, γ - щільність матеріалу, $\gamma = 7,85 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Визначаємо масу циліндра Ø12 і довжиною 67 мм:

- об'єм:

$$\Sigma V_2 = \frac{\pi D^2}{4} \cdot L = \frac{3,14 \cdot 12^2}{4} \cdot (67 - 4) = 0,07121 \cdot 10^{-5} \text{ [м}^3\text{]}$$

- маса:

$$\Sigma m_2 = \gamma \cdot \Sigma V_2 = 7850 \cdot 0,07121 \cdot 10^{-5} \cong 0,0559 \text{ [кг]}$$

Визначаємо масу циліндра Ø28 і довжиною 4 мм:

- об'єм:

$$\Sigma V_3 = \frac{\pi D^2}{4} \cdot L = \frac{3,14 \cdot 28^2}{4} \cdot 4 = 0,002461 \cdot 10^{-5} \text{ [м}^3\text{]}$$

- маса:

$$\Sigma m_3 = \gamma \cdot \Sigma V_3 = 7850 \cdot 0,002461 \cdot 10^{-5} \cong 0,001931 \text{ [кг]}$$

Визначаємо масу 4-х циліндрів Ø6 і довжиною 50 мм:

- об'єм:

$$\Sigma V_4 = \frac{3,14 \cdot 6^2}{4} \cdot 50 \cdot 4 = 0,056 \cdot 10^{-5} \text{ [м}^3\text{]}$$

- маса:

$$\Sigma m_4 = 7850 \cdot 0,056 \cdot 10^{-5} \cong 0,0443 \text{ [кг]}$$

Визначаємо масу 4-х отв. Ø3,3 і довжиною 5 мм (для М4х0,7):

- об'єм:

$$\Sigma V_5 = \frac{3,14 \cdot 3,3^2}{4} \cdot 5 \cdot 4 = 1,7097 \cdot 10^{-7} \text{ [м}^3\text{]}$$

- маса:

$$\Sigma m_5 = 7850 \cdot 1,7097 \cdot 10^{-7} \cong 0,00134 \text{ [кг]}$$

Визначаємо масу 2-х отв. Ø8,5 і довжиною 50 мм та одного отв. Ø8,5 і довжиною 34 мм:

- об'єми:

$$V_6 = 0,0567 \cdot 10^{-5} \text{ [м}^3\text{]}; V_7 = 0,0193 \cdot 10^{-5} \text{ [м}^3\text{]}$$

- маси:

$$m_6 \cong 0,045 \text{ [кг]}; m_7 \cong 0,016 \text{ [кг]};$$

$$\Sigma m_6 = m_6 + m_7 = 0,061 \text{ [кг]}$$

Але враховуючи, що ці отвори перетинаються з обробленими Ø12, то масу Σm_6 потрібно скорегувати. Тобто з неї потрібно вилучити такі маси:

$$m_8 = 7850 \cdot \frac{3,14 \cdot 12^2}{4} \cdot 8,5 \cdot 3 = 0,028 \text{ [кг]}$$

Остаточне значення Σm_6 буде таким:

$$\Sigma m_6 = 0,061 - 0,028 = 0,033 \text{ [кг]}$$

Примітка: маса металу, що видаляється під час нарізання різьб, обробки фасок, п'яти розточок у отворах Ø8,5, а також сліди для заборних конусів свердел не враховуються в розрахунках. Таким чином, маса деталі складає:

$$m_d = 1,472 - 0,159 = 1,313 \text{ [кг]}$$

1.2 Визначення типу виробництва [3, 4]

Вихідні дані:

- річна програма виготовлення виробу, $N=2000$ шт;
- режим роботи дільниці, $m=2$ зміни;
- дійсний річний фонд часу роботи обладнання, $F_d=3935$ год. (верстат з ЧПК), $F_d=4055$ год. (універсальні верстати);
- маса деталі, $m_d=1,313$ кг.

Орієнтуємося щодо типу виробництва та деталі масою до 10 кг. Також враховуючи річну програму виготовлення отримуємо рекомендований тип виробництва – середньосерійне.

Визначаємо основний час обробки:

фрезерування торцевою фрезою 2-х поверхонь 75x50 мм за прохід –
Ra=3,2 мкм, T=14 квалітет:

$$T_{o_{01}} = 6 \cdot l \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 75 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,9 [\text{хв}]$$

- фрезерування торцевою фрезою 2-х поверхонь 75x50 мм за прохід –
Ra=3,2 мкм, T=14 квалітет:

$$T_{o_{02}} = 6 \cdot l \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 75 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,9 [\text{хв}]$$

- фрезерування торцевою фрезою 2-х поверхонь 50x50 мм за прохід –
Ra=3,2 мкм, T=14 квалітет:

$$T_{o_{03}} = 6 \cdot l \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 50 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,6 [\text{хв}]$$

- свердління отв. Ø11 на глибину 67 мм – Ra=12,5 мкм, T=12 квалітет:

$$T_{o_{01}} = 0,52 \cdot D \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,52 \cdot 11 \cdot 67 \cdot 10^{-3} = 0,349 [\text{хв}]$$

- зенкерування отв. Ø11,5 на глибину 67 мм – Ra=6,3 мкм, T=11 квалітет:

$$T_{o_{02}} = 0,21 \cdot D \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,21 \cdot 11,5 \cdot 67 \cdot 10^{-3} = 0,155 [\text{хв}]$$

- розгорткування чорнове отв. Ø11,8 на глибину 67 мм – Ra=0,8 мкм, T=9 квалітет:

$$T_{o_{03}} = 0,43 \cdot D \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,43 \cdot 11,8 \cdot 67 \cdot 10^{-3} = 0,34 [\text{хв}]$$

- розгорткування чистове отв. Ø12H7 на глибину 67 мм – Ra=0,63 мкм, T=7 квалітет:

$$T_{o_{04}} = 0,86 \cdot D \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,86 \cdot 12 \cdot 67 \cdot 10^{-3} = 0,69 [\text{хв}]$$

- свердління 2-х отв. Ø8,5 на глибину 50 мм та отв. Ø8,5 на глибину 34 мм – Ra=20 мкм, T=12 квалітет:

$$T_{o_{05}} = 0,52 \cdot D \cdot l \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,52 \cdot 8,5 \cdot 75 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,66 [\text{хв}]$$

$$T_{o_{06}} = 0,52 \cdot D \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,52 \cdot 8,5 \cdot 34 \cdot 10^{-3} = 0,15 [\text{хв}]$$

- зенкерування отв. Ø12 на глибину 1,4 мм – Ra=20 мкм, T=12 квалітет:

$$T_{o_7} = 0,21 \cdot D \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,21 \cdot 12 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} = 0,00035 [\text{хв}]$$

- зенкерування отв. Ø28 на глибину 4 мм – Ra=20 мкм, T=12 квалітет:

$$T_{o_8} = 0,21 \cdot D \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,21 \cdot 28 \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 0,0235 [\text{хв}]$$

- нарізання різі M10x1,5 в 5-ти отв. Ø8,5 на глибину 10 мм:

$$T_{o_9} = 0,4 \cdot D \cdot l \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 0,4 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 0,2 [\text{хв}]$$

- свердління 4-х отв. Ø6 наскрізно (глибина 50 мм) – Ra=20 мкм, T=12 квалітет:

$$T_{o_{10}} = 0,52 \cdot D \cdot l \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 0,52 \cdot 6 \cdot 50 \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 0,63 [\text{хв}]$$

- свердління 4-х отв. Ø3,3 на глибину 5 мм - Ra=20 мкм, T=12 квалітет:

$$T_{o_{11}} = 0,52 \cdot D \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,52 \cdot 3,3 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 0,0343 [\text{хв}]$$

- нарізання різі M4x0,7 в 4-х отв. на глибину 5 мм:

$$T_{o_{12}} = 0,4 \cdot D \cdot l \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 0,4 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 0,032 [\text{хв}]$$

Примітка: часом обробки всіх фасок в отворах деталі знехтувано.

Визначаємо штучно-калькуляційний час обробки:

$$T_{шт-к} = \varphi_k \cdot T_{O_i} \text{ [хв]}, \quad (1.1)$$

де, φ_k - табличний коефіцієнт, який враховує обладнання для конкретної обробки та тип виробництва;

T_{O_i} - основний час обробки на кожній операції.

1. Фрезерувальна:

$$T_{шт-к_{фр.}} = 3,31 \cdot 2,4 = 7,94 \text{ [хв]}$$

2. Свердлильна та різенарізна (обладнання з ЧПК):

$$T_{шт-к_{св.}} = 7,355 \cdot 1,65 = 12,13 \text{ [хв]}$$

Визначаємо кількість необхідного обладнання за формулою:

$$C_{P_i} = \frac{N \cdot T_{шт-к_i}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н}}, \quad (1.2)$$

де, $\eta_{з.н}$ - нормативний коефіцієнт завантаження обладнання, для умов

дрібносерійного типу виробництва $\eta_{з.н} = 0,8$.

1. Фрезерувальна обробка:

$$C_{P_{фр.}} = \frac{2000 \cdot 7,94}{60 \cdot 4055 \cdot 0,8} = 0,08$$

Приймаємо $P_{пр_{фр.}} = 1$ верстат.

2. Свердлильна та різенарізна обробка:

$$C_{P_{св.}} = \frac{2000 \cdot 3,57}{60 \cdot 3935 \cdot 0,8} = 0,04$$

Приймаємо $P_{пр.св.} = 1$ верстат.

Визначення фактичного коефіцієнта завантаження обладнання за формулою:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{c_p}{P_{пр.}} \quad (1.3)$$

- Фрезерувальна обробка:

$$\eta_{з.ф.фр.} = \frac{0,08}{1} = 0,08$$

- Свердлильна та різенарізна обробка:

$$\eta_{з.ф.св.} = \frac{0,04}{1} = 0,04$$

Визначення кількості операцій, які використовуються на даному робочому місці за формулою:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}} \quad (1.4)$$

- Фрезерувальна обробка:

$$O_{фр.} = \frac{0,8}{0,08} = 10$$

- Свердлильна та різенарізна обробка:

$$O_{св.} = \frac{0,8}{0,04} = 20$$

Визначення коефіцієнту закріплення операцій за формулою:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum_{i=1}^n O_i}{\sum_{i=1}^n P_{np.}} \quad (1.5)$$

- Фрезерувальна обробка:

$$K_{з.о.фр.} = \frac{10}{1} = 10$$

- Свердлильна та різенарізна обробка:

$$K_{з.о.св.} = \frac{20}{1} = 20$$

Середній коефіцієнт закріплення операцій:

$$K_{з.о.ср.} = \frac{10 + 20}{1 + 1} = 15$$

Отриманий середній коефіцієнт закріплення операцій знаходиться в межах $(10 \leq K_{з.о.} \leq 20)$ і відповідає умовам середньосерійного типу виробництва згідно рекомендаціям. Приймаємо середньосерійний тип виробництва.

1.3 Визначення організації форми виробництва

- Денний випуск деталей:

$$N_d = \frac{N}{254} = \frac{2000}{254} = 7,87 \approx 8 \text{ [дет.]}$$

- Денна продуктивність поточної лінії:

$$Q_d = \frac{F_d}{T_{ср.}} \cdot \eta_{з.н.}, \quad (1.6)$$

де, F_{∂} - денний фонд часу роботи обладнання в 2 зміни, $F_{\partial} = 952$ хв.;

$T_{сер.}$ - середня трудомісткість операцій.

$$T_{сер.} = \frac{(T_{шт-к.фр.} + T_{шт-к.св.})}{2} = \frac{(7,94 + 3,57)}{2} = 5,76 \text{ [хв]}$$

$$Q_{\partial} = \frac{952}{5,76} \cdot 0,8 = 132,2 \cong 132 \text{ [дет.]}$$

Застосування однономенклатурної лінії недоцільне, оскільки $Q_{\partial} > N_{\partial}$. Тому обираємо групову форму організації виробництва.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску у виробництво:

$$n = \frac{N_{\partial} \cdot a}{254} \text{ [шт.]}, \quad (1.7)$$

де, a - періодичність запуску деталей у днях, приймаємо $a = 12$ днів.

$$n = \frac{2000 \cdot 12}{254} = 94,5 \cong 95 \text{ [дет.]}$$

Розрахунок кількості змін роботи на обробку всієї партії деталей:

$$c = \frac{T_{шт-к.сер.}}{476 \cdot \eta_3} \cdot \eta_{np}, \quad (1.8)$$

$$c = \frac{5,76}{476 \cdot 0,8} \cdot 95 = 1,44$$

Приймаємо $c = 2$ зміни.

Уточнення кількості деталей в партії:

$$\eta_{шт} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot 2}{5,76} = 132,2 \cong 132$$

Висновок: на основі отриманих результатів обґрунтовано вибір групової форми організації виробництва. Обробка заготовок здійснюватиметься партіями по 95 штук з інтервалом у 12 днів.

2 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ І ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ ДЕТАЛІ

2.1 Аналіз конструкції деталі [5, 6]

За своєю конструкцією, формою і технологічними ознаками деталь можна віднести до класу типових деталей «Корпус». Матеріал деталі - Сталь 45 ДСТУ 7809:2015.

Таблиця 2.1 - Хімічний склад (%) матеріалу

Хім. елемент	Вуглець (C)	Хром (Cr)	Кремній (Si)	Марганець (Mn)	Мідь (Cu)	Нікель (Ni)	Сірка (S)	Фосфор (P)
Вміст, %	0.42-0.5	0.25	0.17-0.37	0.5-0.8	Не більше			
					0.3	0.3	0.04	0.04

Таблиця 2.2 – Фізико-механічні властивості матеріалу

Межа міцності при розтягуванні σ_b , МПа	Межа текучості σ_m , МПа	Ударна в'язкість a_n , Дж/см ²	Відносне видовження δ , %	Відносне звуження ψ , %	Твердість НВ після відпалу, одиниць	Густина ρ , кг/см ³
Не менше						
1000	800	60	10	45	217	7,85

Зовні деталь має форму прямокутного паралелепіпеда з розмірами 75×50×50 мм. Внутрішня частина містить кілька порожнин, сформованих гладкими та різьбовими наскрізними отворами, частина з яких перетинається між собою.

Деталь виконує функцію корпусу для електрогідравлічного регулятора насоса. На її зовнішній поверхні розміщено чотири наскрізні отвори Ø6H12 для кріплення до насоса за допомогою шпильок, а також чотири глухі різьбові отвори

М4×0,7 для встановлення електромагніта, який впливає на рух золотника в отворі Ø12H7.

До основних, тобто функціонально важливих поверхонь, належить отвір Ø12H7 з високими вимогами до точності (квалітет 7) і шорсткості ($R_a = 0,63$ мкм). Інші поверхні вважаються другорядними, оскільки не виконують ключових функцій — це переважно кріпильні елементи або внутрішні канали меншого діаметра для з'єднання. Серед них: 4 отвори Ø6H12, 4 різьбових М4×0,7, 5 різьбових М10×1,5 і 5 гладких Ø8,5 мм. Отвір Ø28H12 слугує місцем встановлення ущільнення для з'єднання корпусу з електромагнітом.

Креслення деталі містить всю необхідну інформацію щодо допусків, шорсткості поверхонь і їх взаємного розташування. Також на ньому подані всі потрібні проекції, вигляди та перерізи, що дають повне уявлення про геометрію деталі та розміщення її елементів.

2.2 Аналіз технологічності деталі

2.2.1 Якісний аналіз технологічності

Деталь «Корпус ЕР.251.110» умовно класифікується як представник типових корпусних деталей. Її маса становить 1,31 кг, конструкція - проста, а матеріалом слугує сталь 45 згідно з ДСТУ 7809:2015.

Найбільш раціональним способом виготовлення заготовки є використання стрічкового прокату - сталевієї полоси за ДСТУ 4746:2007, яка має ширину від 125 до 200 мм і товщину від 4 до 60 мм. Заготовки для деталі нарізаються пилами із таких полос. Як альтернативний варіант можна застосовувати поковки, виготовлені з квадратного прокату.

Основну частку механічної обробки займають отвори - всього 19 штук. Їх обробка здійснюється з трьох площин, розташованих під кутом 90° , що потребує переустановки деталі або використання багатоцільового верстата з поворотним столом чи пристосуванням для верстата з ЧПК з автоматизованим інструментальним магазином. Це підвищує технологічність обробки, але вимагає забезпечення додаткової жорсткості та обмеження в режимах різання.

Чотири наскрізні отвори Ø6 завдовжки 50 мм потребують застосування спеціалізованої технології обробки глибоких отворів ($L=3-5D$), що суттєво збільшує основний час обробки та знижує загальну продуктивність.

До складних елементів також належить основний отвір Ø12H7, що вимагає високої точності та шорсткості поверхні ($Ra=0,63$ мкм), для чого необхідне виконання не менш ніж чотирьох технологічних переходів.

У цілому деталь має достатньо зручні базові поверхні, хороший доступ для інструменту, а вимоги до точності та шорсткості можуть бути забезпечені відповідним вибором технологій і режимів обробки. Більшість операцій можливо виконати на багатоцільовому верстаті з ЧПК. Винятком є обробка зовнішніх площин, що потребує додаткових переустановлень, знижує ефективність і є недоцільним для дорогого обладнання. Тому оптимальним рішенням є поєднання обробки: зовнішні площини - на універсальному верстаті, всі інші операції - на багатоцільовому верстаті з ЧПК.

Всі поверхні деталі, які підлягають обробці, доступні для контролю.

Якісний аналіз довів, що деталь є цілком технологічною за конструкцією.

2.2.2 Кількісний аналіз технологічності

Відповідно до рекомендацій, кількісна оцінка технологічності деталі оцінюється такими показниками:

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів:

$$K_y = \frac{Q_{y.e.}}{Q_e}, \quad (2.1)$$

де, $Q_{y.e.}$, Q_e - відповідно, кількість уніфікованих елементів і загальна кількість типорозмірів конструктивних елементів (різьба, отвори, фаски і т.і.).

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для розрахунку коефіцієнта K_y

Діаметральні розміри		Лінійні розміри		Фаски, радіуси, різьби		Шорсткість Ra, мкм	
P_d	$P_{d,y.}$	P_L	$P_{L,y.}$	P_ϕ	$P_{\phi,y.}$	$Ш$	$Ш_{y.}$
Ø12Н7 (1)	1	75±IT14/2 (2)	2	Різьби:		0,63 (1)	
Ø28Н12 (1)	1	50±IT14/2 (4)	4	M10x1,5 (5)	5	3,2 (13)	13
Ø8,5Н12 (5)	5	51±0,1 (2)	2	M4x0,7 (4)	-	20 (4)	14
Ø12Н12 (3)	3	33±0,1 (1)	1	Фаски:			
Ø6Н12 (4)	4	15±IT14/2 (1)	1	0,5x45° (1)	1		
Ø3,3Н12 (4)	-	8±IT14/2 (3)	2	0,3x45° (4)	4		
		12±IT14/2 (2)	-	1x45° (5)	5		
		67 ^{+0,5} (1)	1				
		4 _{-0,2} (1)	1				
		34 ^{+0,5} (1)	1				
		75 ^{+0,5} (2)	2				
		1,4±IT14/2 (5)	5				
$\Sigma P_d=18$	$\Sigma P_{d,y.}=14$	$\Sigma P_L=25$	$\Sigma P_{L,y.}=22$	$\Sigma P_\phi=19$	$\Sigma P_{\phi,y.}=15$	$\Sigma Ш=28$	$\Sigma Ш_{y.}=28$

$$K_y = \frac{18 + 25 + 29 + 28}{14 + 22 + 15 + 28} = 1,27$$

Деталь вважається технологічною, якщо коефіцієнт уніфікації більше 0,6.

Для розрахунку коефіцієнта точності необхідно розрахувати середню точність обробки. Складаємо відповідну таблицю:

Таблиця 2.2 – Визначення коефіцієнта точності обробки

Квалітет	Поверхні і розміри відповідного коефіцієнта	Кількість розмірів	Розрахунок
7	Отв. Ø12H7 (1 шт.)	1	7x1=7
12	Отв. Ø28H12 (1 шт.); Отв. Ø8,5H12 (3 шт.); Отв. Ø12H12 (5 шт.); Отв. Ø6H12 (4 шт.); Отв. Ø3,3H12 (4 шт.)	17	12x17=204
14	4-0,2 (2); 75 ^{+0,5} (2); 34 ^{+0,5} (2)	6	14x6=84
±IT12/2	51±0,1 (2); 34±0,1 (3); 33±0,1 (1); 15±0,1 (1);	7	12x7=84
±IT14/2	50 (4); 75 (2); 12 (1); 8 (3); 67 (1); 34 (1); 4 (1); 1,4 (5); 10 (5)	23	14x23=322
	Сума:	54	659

$$T_{сер.} = \frac{\sum T_i n_i}{\sum n_i} = \frac{659}{54} = 12,2$$

$$K_{T.O.} = 1 - \frac{1}{T_{сер.}} = 1 - \frac{1}{12,2} = 0,92$$

Деталь вважається технологічною, якщо коефіцієнт точності обробки більше 0,8.

Для розрахунку коефіцієнта шорсткості необхідно розрахувати середню шорсткість оброблюваних поверхонь. Складаємо таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Визначення коефіцієнта шорсткості

Шорсткість, Ra	Кількість поверхонь	Розрахунок
0,63	1	0,63x1=0,63
3,2	13	3,2x13=41,6
20	14	20x14=280
Сума:	28	322,23

$$Ш_{сер.} = \frac{\sum Ш_i n_i}{\sum n_i} = \frac{322,23}{28} = 11,5$$

$$K_{Ш} = \frac{1}{Ш_{сер.}} = \frac{1}{11,5} = 0,087$$

Деталь вважається технологічною, якщо коефіцієнт шорсткості менший за 0,32.

Висновок: підсумовуючи результати якісного аналізу технологічності деталі та кількісні показники робимо остаточний висновок про те, що деталь цілком технологічна і можна приступати до розробки технологічного процесу механічної обробки.

3 ВИБІР СПОСОБУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ

3.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки та визначення її розмірів [6-9]

Орієнтуючись на робоче креслення деталі, матеріал, масу та серійність виготовлення приходимо до висновку, що найбільш сприятливими способами виготовлення заготовки деталі є використання сталюого полосового прокату та квадратного гарячекатаного прутка, що для цих умов є економічно вигідним, тому що отримана заготовка за розмірами буде максимально наближена і до форми і до розмірів деталі.

1. Прокат сортовий сталевий гарячекатаний квадратний за ДСТУ 4746:2007.

Прокат виготовляється в прутках: для якісної вуглецевої сталі марки «Сталь 45» довжина прутка складає $2 \div 6$ м. Номенклатура прутків по стороні квадрата «а» (мм): 3,2; 6,0; 7,0... 100, 105, 110, 115... 200.

В нашому випадку орієнтуємося на максимальні розміри деталі, які створюватимуть квадрат. Такими розмірами є 50 мм та 50 мм, тобто переріз має бути з розмірами не менше ніж 50x50 мм, а згідно рекомендації для квадратного перерізу заготовки до 70 мм при необхідності розрізання заготовки і на наступну обробку торців потрібно залишити припуск $4,5 \div 5,0$ мм під різку дисковою пилою Ø510 і припуск на обробку торців (чистові розміри деталі 75x50x50 мм) 8,0 мм для довжини до 1 м. Першою заготовкою повинен слугувати квадратний пруток з розмірами 60x60 мм, а для подальшої механічної обробки в основному відділенні потрібно мати штучну заготовку, яка отримується шляхом відрізання від основної заготовки забезпечивши розмір $75+5 \times 2=85$ мм, у якому 5 мм – припуск, який знімається з поверхонь при механічній обробці для досягнення заданого розміру 75 мм, забезпечуючи параметр $Ra=3,2$ мм; 7 мм – ширина зрізу пилою при формуванні штучної заготовки.

Щодо вибору довжини прутка, з якого у заготівельному відділенні будуть піляти нарізатися штучні заготовки для основного виробництва, розглянемо наприклад три варіанти довжини прутка: 1500 мм, 3500 мм, 6000 мм.

Таким чином:

$$\frac{1500}{85} \approx 16,3 \text{ шт.}; \quad \frac{3500}{85} \approx 38,04 \text{ шт.}; \quad \frac{6000}{85} \approx 65,21 \text{ [шт.]}$$

Орієнтуємось на мінімальний залишок прутка при формуванні кратної кількості заготовок – це 3500 мм.

Остаточно вибираємо пруток з розмірами: $a=60$ мм, $L=3500$ мм.

Інші характеристики заготовки:

- лімітоване відхилення на довжину прокату: до 6 м – «+4» мм;
- притуплення кутів прокату із стороною квадрату $a=100$ мм не повинно перевищувати значення – не більше 0,35 сторони квадрата;
- кривизна прокату не повинна перевищувати для сторони 80-200 мм – від 0,2% до 0,5% довжини прутка;
- припустиме відхилення від прямого кута для розмірів 100-200 мм – 3 мм;
- припуск на різку та обробку торців – 7 мм для довжини до 1 м.

Позначення прутка:

$$\text{Квадрат} \frac{a60 \text{ ДСТУ 4746 : 2007}}{\text{Сталь 45 ДСТУ 7809 : 2015}}$$

Заготовка (розміру) – 60x60x85 мм.

Шорсткість поверхонь – $Ra=12,5$ мкм.

2. Прокат сортовий сталевий горячекатаний штабовий за ДСТУ 4747:2007.

Обираємо розміри поперечного перерізу: ширина 90 мм, товщина 56 мм.

Прокат звичайної точності виготовляється довжиною $L=2\div 6$ м. Відхилення по товщині: $\begin{matrix} +0,3 \\ -2,4 \end{matrix}$ мм; відхилення від площинності на 1 метр довжини – при товщині 38÷80 мм – 10мм (для нормальної площинності); відхилення від прямого кута при

товщині 40÷80 мм – 1,5 мм; відхилення по ширині при товщині 40÷60 мм - $\begin{smallmatrix} +0,5 \\ -1,0 \end{smallmatrix}$ мм (для звичайної точності).

Для визначення довжини стрічки аналогічний розрахунок попередньому:

$$\frac{1500}{107} \approx 14,01 \text{ шт.}; \quad \frac{3500}{107} \approx 32,71 \text{ шт.}; \quad \frac{6000}{107} \approx 56,07 [\text{шт.}]$$

Остаточно обираємо довжину стрічки $L=1500$ мм. В цьому випадку отримуємо майже безвідходне виробництво, тільки для останньої заготовки потрібно скорегувати припуски, які знімаються при механічній обробці.

Таким чином, приймаємо остаточно розміри штучної заготовки – 90х56х97 мм; шорсткість поверхонь – $Ra=12,5$ мкм.

3.2 Оформлення ескізів обох варіантів заготовки

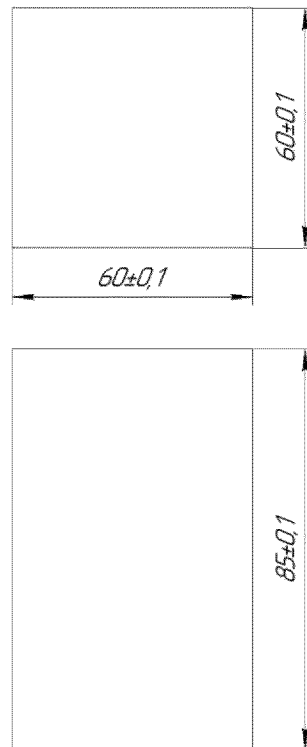


Рисунок 3.1 - Ескіз заготовки, отриманої з прокату сортового сталевих гарячекатаного квадратного

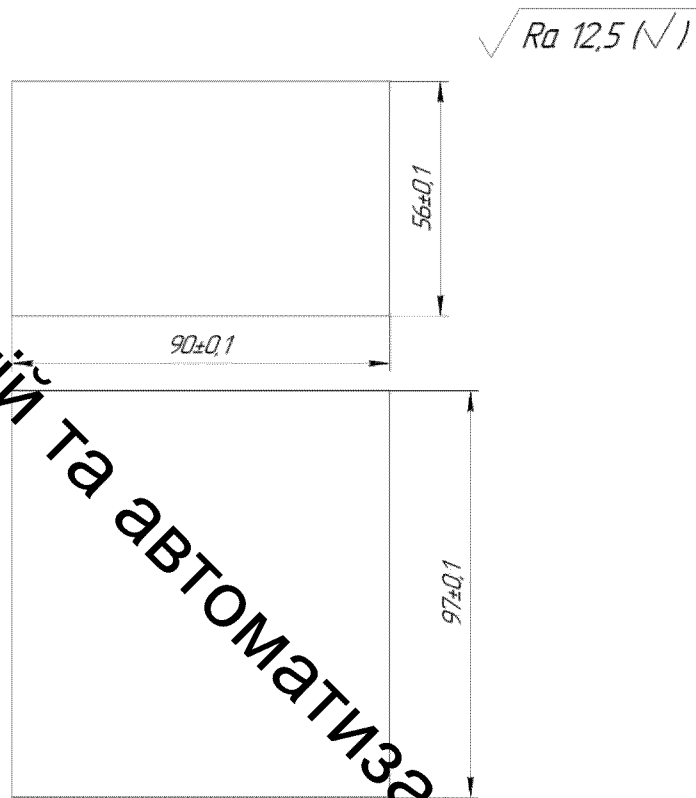


Рисунок 3.2 - Ескіз заготовки, отриманої з прокату сортового сталевих
горячекатаного штабового

3.3 Розрахунок маси і коефіцієнтів використання матеріалу для обох
варіантів заготовки

Розрахунок маси заготовки:

- Квадратний горячекатаний пруток:

$$V_{\text{заг. пр.}} = 60 \cdot 60 \cdot 85 = 293425 \text{ мм}^3 = 293,4 \text{ [см}^3\text{]}$$

$$m_{\text{заг. пр.}} = 293,4 \cdot 7,85 \approx 2,311 \text{ [кг]}$$

- Горячекатаний сталевий листовий прокат:

$$V_{\text{заг. лист.}} = 90 \cdot 56 \cdot 97 = 488880 \text{ мм}^3 = 488,88 \text{ [см}^3\text{]}$$

$$m_{\text{заг. лист.}} = 488,88 \cdot 7,85 \approx 3,837 \text{ [кг]}$$

Розрахунок коефіцієнтів використання матеріалу:

Маса деталі - $m_{\partial} = 1,313$ [кг]

Коефіцієнт використання матеріалу для прокату квадратного:

$$K_{\text{в.м.кв.}} = \frac{m_{\partial}}{m_{\text{заг.кв.}}} = \frac{1,313}{2,311} = 0,57$$

Коефіцієнт використання матеріалу для прокату штабового:

$$K_{\text{м.стр.}} = \frac{m_{\partial}}{m_{\text{заг.стр.}}} = \frac{1,313}{3,837} = 0,34$$

3.4. Техніко-економічне порівняння обох варіантів отримання заготовок та вибір найраціональнішого

Вартість заготовки – це економічний показник, який впливає на собівартість виготовлення деталі. Якщо деталь виготовляється з прокату, то витрати на заготовку визначаються по вазі прокату, який потрібний на виготовлення деталі та вазі стружки, яка здається. При цьому приймається до уваги стандартна довжина заготовки:

$$M = m_z \cdot S - (m_z - m_{\text{дет.}}) \cdot \frac{S_{\text{відх.}}}{1000}, [\text{грн}] \quad (3.1)$$

де, m_z - маса заготовки, кг;

S - ціна 1 кг. матеріалу заготовки, грн;

$m_{\text{дет.}}$ - маса готової деталі, кг;

$S_{\text{відх.}}$ - ціна 1 тони відходів, грн.

Перед тим, як використовувати заготовку для механічної обробки в основному виробництві її потрібно відрізати від прутка або від полоси пилою в заготівельному відділенні. Отже, додатково потрібно визначити вартість відрізної операції.

Для заготівельного виробництва основний машинний час на розрізання сортового прокату дисковою пилою можна визначити за такою формулою:

$$T_o = \frac{l}{S_{xв.}} + \frac{l}{S_{з.х.}}, \quad (3.2)$$

де, l – довжина розрізання;

$S_{xв.}, S_{з.х.}$ – найімовірніші значення режимів різання;

$$S_{xв.} = 90 \text{ мм/хв.}; S_{з.х.} = 5000 \text{ мм/хв.}$$

З наведеної формули та режимів обробки отримана наближена формула основного машинного часу:

$$T_o = 0,011 \cdot l, \quad (3.3)$$

Для розрізання (один розріз) квадратного гарячекатаного прутка:

$$T_{o.кв.} = 0,011 \cdot 60 = 0,66 \text{ [хв]}$$

Для розрізання (один розріз) гарячекатаного полосового прокату:

$$T_{o.пол.} = 0,011 \cdot 56 = 0,616 \text{ [хв]}$$

Вартість операції розрізання в 2025 році – 33,88 грн/год. Цю вартість додаємо до вартості обох варіантів заготовок.

Вартість операції розрізання складає:

$$S_{розр.кв.} = \frac{0,66}{60} \cdot 0,66 \cdot 33,88 = 0,22 \text{ [грн]}$$

$$S_{розр.пол.} = \frac{0,616}{60} \cdot 0,616 \cdot 33,88 = 0,21 \text{ [грн]}$$

Для того, щоб зробити розрізання загальної довжини заготовки на штучні заготовки потрібно розмітити цю довжину. Розмітка однієї риски по лінійці керном на довжині до 3500 мм нормується величиною 0,09 хв.

Для квадратного гарячекатаного прутка довжина розмітки складає 55 мм і її тривалість складає:

$$T_{\text{розм.кв.1}} = \frac{55 \cdot 0,09}{3500} = 0,019 [\text{хв}]$$

Для розмітки прутка довжиною $L=3500$ мм потрібно нанести 63 риси і загальний час розмітки одного прутка складає величину:

$$T_{\text{розм.кв.L}} = 0,019 \cdot 46 = 0,0874 [\text{хв}]$$

Для загальної програми виготовлення деталі $N=2000$ шт./рік необхідно $2000:46=44$ шт. прутки довжиною 3500 мм кожний.

Для сталюї полоси довжина розмітки складає 97 мм і її тривалість схожа квадратному прутку:

$$T_{\text{розм.пол.1}} = 0,00582 [\text{хв}]$$

Для розмітки полоси довжиною $L=1500$ мм потрібно нанести 16 рисок і загальний час розмітки однієї полоси складає:

$$T_{\text{розм.кв.L}} = 0,00582 \cdot 16 = 0,093 [\text{хв}]$$

Для загальної програми виготовлення деталі $N=2000$ шт./рік необхідно $2000:16=125$ шт. полоси довжиною 1500 мм кожна.

Вартість операції розмітки однієї заготовки роботи слюсаря-розмітника під лінійку складає 0,48 грн/хв.

$$S_{\text{розр.пол.}} = 0,48 \cdot 0,00582 = 0,0028 [\text{грн}]$$

Повна вартість заготовок:

$$M_{\text{кв.}} = 2,311 \cdot \frac{33000 \cdot 3,47}{1000} - (2,311 - 1,313) \cdot 4 + 0,22 + 0,0028 = 260,44 [\text{грн}]$$

$$M_{\text{пол.}} = 3,837 \cdot \frac{45000 \cdot 3,47}{1000} - (3,837 - 1,313) \cdot 4 + 0,21 + 0,0028 = 588,84 [\text{грн}]$$

Висновок: порівнюючи отримані результати вартості заготовок приходимо до висновку, що з економічної точки зору доцільніше прийняти заготовку, отриману прокату сортового сталевих гарячекатаного квадратного, оскільки її вартість складає 260,44 грн. проти 588,84 грн за альтернативний варіант.

4 РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

4.1 Аналітичний огляд вимог маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва [10]

Задана деталь умовно відноситься до корпусних деталей, які являються базовими елементами виробів. В них встановлюють різноманітні механізми, складальні одиниці та деталі. Повинна бути забезпечена точність взаємного розташування в процесі роботи машини.

Корпусні деталі частіше виготовляють з сірого чавуну, але також використовуються такі матеріали, як легувана сталь, ковкий чавун, сплави із кольорових металів, вуглецева сталь.

Вибір технологічних баз та послідовність обробки є важливим етапом обробки корпусних деталей.

Основні етапи маршруту обробки корпусної деталі:

- поверхні, які використовуються, як технологічні бази;
- взаємозв'язані плоскі поверхні;
- основні отвори;
- кріпильні отвори;
- фінішна обробка плоских поверхонь та основних отворів (за необхідності).

Кожен етап може мати декілька операцій або навпаки – операція може мати різні етапи обробки.

Методами обробки зовнішніх поверхонь є протягування, шліфування, фрезерування, точіння, стругання. Фрезерування є найбільш розповсюдженим методом. В умовах дрібносерійного виробництва можна здійснювати на універсальних-фрезерних верстатах з різним розташуванням шпинделя, а також на багатоцільових верстатах з ЧПК.

Обробка основних отворів виконується на свердлильних та розточувальних верстатах з ЧПК.

Кріпильні та другорядні отвори (під манометри, пробки, для подачі змащувальної рідини тощо) обробляються на горизонтально-розточувальних, вертикально- та радіально-свердлильних верстатах.

Фінішна обробка основних отворів забезпечується розвертанням, хонінгування, тонким розточуванням тощо. Розвертання та розточування є більш розповсюдженими в умовах серійного виробництва.

Висновок: скористуємося наведеними типовими рекомендаціями при проектуванні технологічного процесу механічної обробки заданої деталі.

4.2 Вибір способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності. Визначення кількості ступенів механічної обробки

Для одержання заданих характеристик точності можна отримати необхідну кількість переходів механічної обробки декількома способами:

- згідно таблиці економічної доцільності;
- за допомогою формул загального уточнення.

В даній деталі є дві групи поверхонь, які потребують декількох переходів обробки: 6 зовнішніх граней заготовки, $Ra=3,2$ мкм; отвір $\varnothing 12H7$, $Ra=0,63$ мкм.

В першому розділі, користуючись таблицями економічної доцільності, була визначена кількість переходів і способи механічної обробки для вказаних переходів: для шести зовнішніх граней – фрезерування; для отв. $\varnothing 12H7$ – 4

переходи: свердління, зенкерування, двократне розгортання (обробка здійснюється в суцільному металі).

Перевіримо доцільність попереднього призначення для кількості переходів обробки отворів Ø12H7 користуючись формулами загального уточнення.

$$\xi_{\Sigma} = \frac{T_{\text{заг.}}}{T_{\text{дет.}}}, \quad (4.1)$$

де, $T_{\text{заг.}}$, $T_{\text{дет.}}$ - відповідно, допуски на розмір заготовки та остаточно обробленої поверхні деталі; $T_{\text{заг.}} = 150$ мкм, $T_{\text{дет.}} = 18$ мкм.

$$\xi_{\Sigma} = \frac{150}{18} = 8,33$$

Зробимо припущення, що дане уточнення може досягатись за три переходи механічної обробки. Тому приймаємо:

$$\xi_1 = 3; \xi_2 = 2; \xi_3 = 1,5$$

Знайдемо уточнення, яке може досягатись на останньому переході:

$$\xi'_3 = \frac{\xi_{\Sigma}}{\xi_1 \cdot \xi_2} = 1,39$$

Знайдемо розрахункові величини допусків технологічних розмірів:

$$T_1 = \frac{T_{\text{заг.}}}{\xi_1} = \frac{150}{3} = 50 [\text{мкм}],$$

$$T_2 = \frac{T_1}{\xi_2} = 25 [\text{мкм}],$$

$$T_3 = T_{\text{дет.}} = \frac{T_2}{\xi'_3} = \frac{25}{1,39} = 17,98 [\text{мкм}] (\text{IT7})$$

Отримані розрахункові значення допусків технологічних розмірів, що мають забезпечуватися на першому та другому переходах, знімаємо до найближчих нормативних значень. Таким чином, приймаємо остаточно:

$$T_1 = 70 \text{ мкм (H10)}, T_2 = 27 \text{ мкм (H8)}$$

Обираємо способи механічної обробки отворів. Вони лишаються такими, які були попередньо вибрані в першому розділі:

- зенкерування;
- розгортання попереднє;
- розгортання чистове.

Вибрані способи після попереднього засвердлювання отвору в суцільному металі здатні отримати задані параметри точності та шорсткості поверхні отвору $\varnothing 12\text{H}7$, $Ra=0,63$ мкм.

Крім того, в даній деталі потребують обробки ще 6 зовнішніх граней (площин) з параметром якості $Ra=3,2$ мкм і $T=12$ класу точності кожної. Від них не залежить службове призначення деталі і тільки одна з них може бути використана в якості установної бази при умові обробки внутрішніх порожнин на багатоінструментальному верстаті з ЧПК з поворотним столом. Приймаємо такі вихідні параметри:

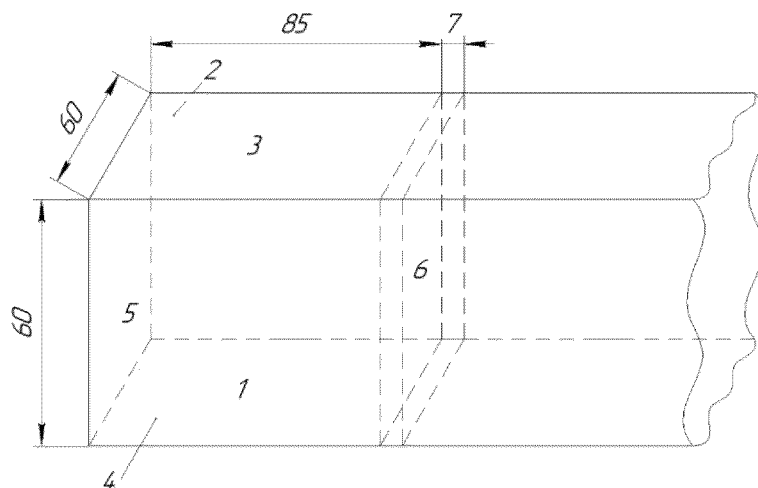


Рисунок 4.1 – Спосіб отримання штучних заготовок з прокату сортового сталевих гарячекатаного квадратного

Із загальної довжини стандартного квадратного перетину 60х60 мм дисковою пилою нарізаються штучні заготовки товщиною 85 мм (7 мм – ширина розрізу), тобто обробці підлягають 2 площини 60х60 мм і вони відносяться до площин розрізу і 4 площини 85х60 мм.

Призначаємо припуски, які потрібно зняти при обробці:

$$\frac{(60-50)}{2} = 5 \text{ [мм]}$$

$$\frac{(85-75)}{2} = 5 \text{ [мм]}$$

На бік квадрата 60х60 мм при виготовленні задається допуск «-1,7 мм». Визначаємо загальні уточнення:

$$\xi_{\Sigma_1} = \frac{T_{заг.1}}{T_{дет.1}} = \frac{1700}{350} = 4,857; \quad \xi_{\Sigma_2} = \frac{T_{заг.2}}{T_{дет.2}} = \frac{1000}{300} = 3,33$$

де, $T_{дет.1} = 350$ мкм (по 12-му квалітету точності для розміру 85 мм);

$T_{дет.2} = 300$ мкм (по 12-му квалітету точності для розміру 60 мм).

Припустимо, що такі уточнення можуть мати місце при 2-х перехідній обробці. Приймаємо: $\xi_1 = 3$; $\xi_2 = 2$. Знайдемо уточнення, яке може бути досягнуто на другому (останньому) переході:

$$\xi' = \frac{\xi_{\Sigma_1}}{\xi_1} = \frac{4,857}{3} = 1,619; \quad \xi'' = \frac{\xi_{\Sigma_2}}{\xi_1} = \frac{3,33}{3} = 1,11$$

Визначимо розрахункові значення допусків технологічних розмірів:

$$T_1' = \frac{T_{заг.1}}{\xi_1} = \frac{1700}{3} = 567 \text{ мкм}; \quad T_1'' = \frac{T_{заг.2}}{\xi_1} = \frac{1000}{3} = 333,3 \text{ [мкм]};$$

$$T_2' = T_{дет.1} = \frac{T_1'}{\xi'} = \frac{567}{1,619} = 350,19 \cong 350 \text{ [мкм]};$$

$$T_2'' = T_{дет.2} = \frac{T_1''}{\xi''} = \frac{333,3}{1,11} = 300,27 \cong 300 \text{ [мкм]}$$

Розрахунки показали, що за прийняті два переходи обробки фрезеруванням ми зможемо досягти бажану точність груп площин, вони показали практично повну відповідність нормативним значенням:

$$T'_{1\text{ ост.}} = 540 \text{ мкм (h13)}; T''_{1\text{ ост.}} = 460 \text{ мкм (h13)} \text{ або } T''_{1\text{ ост.}} = 300 \text{ мкм (js12-}^{+150}_{-150}\text{)};$$

$$T'_{2\text{ ост.}} = 350 \text{ мкм (js12-}^{+175}_{-175}\text{)}; T''_{2\text{ ост.}} = 300 \text{ мкм (js12-}^{+150}_{-150}\text{)}.$$

Враховуючи все вище викладене, технологічний маршрут обробки площин на операції 005 буде таким:

- фрезерування попереднє;
- фрезерування остаточне.

4.3 Вибір чистових технологічних баз

Мінімізація похибки базування є основною задачею при виборі чистових технологічних баз.

Як було сказано попередньо, деталь має форму паралелепіпеда - 2 грані розміром 50x50 мм, 4 грані розміром 75x50 мм. Всі ці грані плануються начисто обробити на першій операції, тобто всі вони здатні виконувати роль базових поверхонь. Друга операція, яка є останньою в технологічному процесі, пов'язана з обробкою всіх внутрішніх порожнин (отворів) та кріпильних отворів. Цю операцію заплановано виконувати на багатоінструментальному верстаті з ЧПК, який має поворотний стіл. Обробка всіх отворів буде здійснюватися на 3-х гранях деталі, які розташовані під кутом 90° одна до одної.

В якості чистової технологічної бази в цьому випадку найбільш зручно використовувати вільні від обробки грані деталі розміром 75x50 мм.

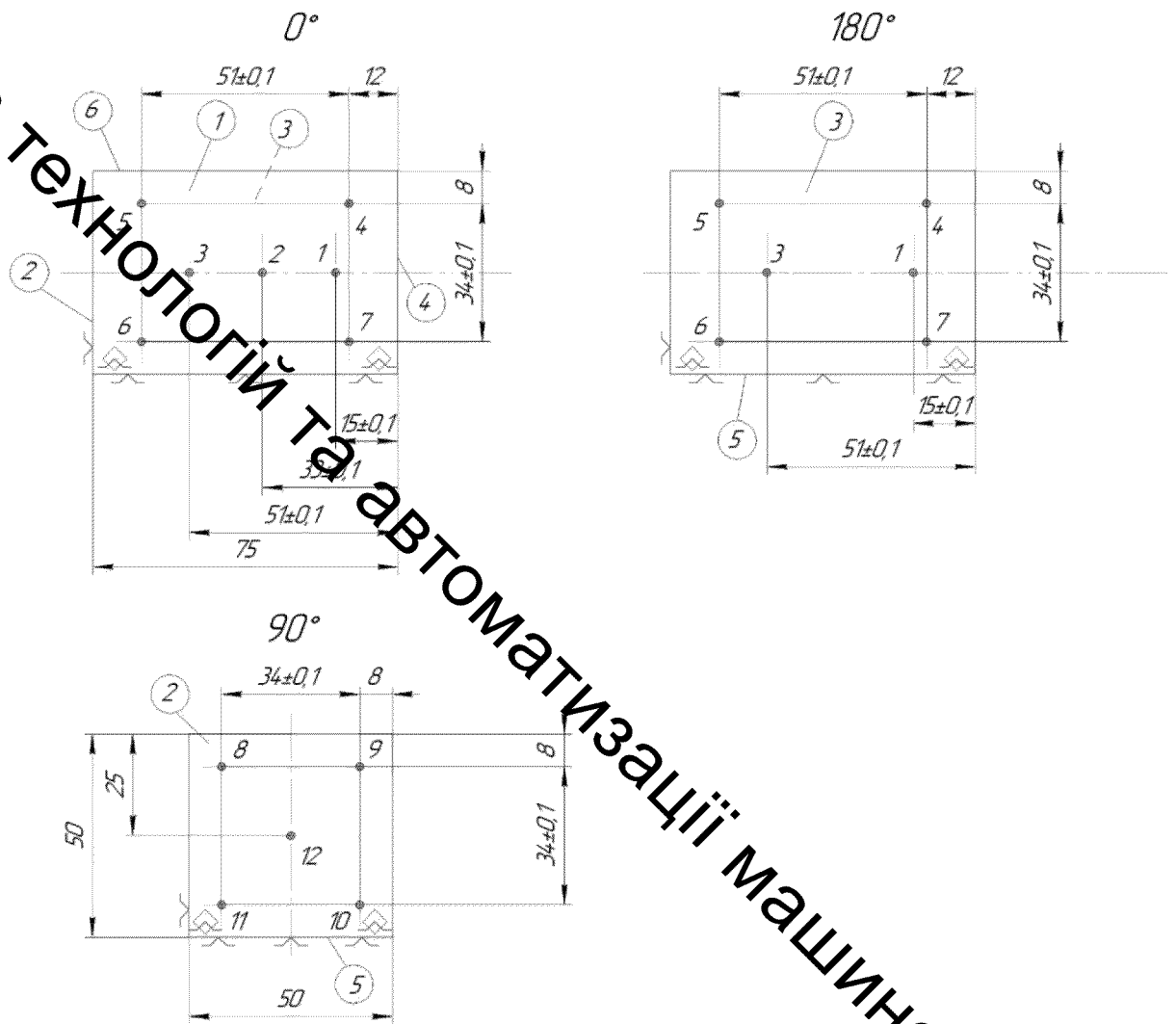


Рисунок 4.2 - Схема базування деталі на операції 010

На основі аналізу схеми базування на операції 010 на предмет виконання поставлених умов на робочому кресленні деталі бачимо наступне: (·) 2 – центри, з яких здійснюється обробка комплексу поверхонь.

- положення поворотного столу верстата в положенні 0° . Обробка отворів з центрів (·) 1÷7. На розміри $15\pm 0,1$, $33\pm 0,1$, $51\pm 0,1$, 12 похибка базування відсутня – принцип суміщення баз (упорна та вимірювальна);

- положення поворотного столу 90° . Обробка отворів з центрів (·) 8÷12. Розміри розташування основного отвору ((·) 12) 25 похибка базування відсутня – принцип суміщення баз (установочної та вимірювальної);

- міжцентрові відстані для кріпильних отворів (центри (·) 8÷11) 8, 34±0,1 – 3 розміри, дотримуються за рахунок суміщення (8), інші за рахунок програми керування верстатом з ЧПК;
- положення поворотного столу 180°. Обробка отвору з центрами (·) 3 та 4. Розміри 15±0,1, 51±0,1 дотримується суміщенням упорної та вимірювальної баз;
- вимогу до паралельності і перпендикулярності окремих поверхонь, які задані робочим кресленням, дотримуються – обробка здійснюється з одного установу.

Прийнята схема базування на чистові бази цілком сприйнятлива для отримання бажаної точності обробки деталі.

4.4 Вибір чорнових технологічних баз

На операції 005 обробці начисто підлягають всі 6 зовнішніх граней деталі. Обробку планується здійснювати на універсальному фрезерному верстаті, який обладнано горизонтальним шпинделем за декілька установ в поворотному пристосуванні. Таким чином, в кожному установі обробляється дві протилежні площини. Підхід інструмента до всіх 4-х площин буде неможливим по причині розміщення затискних елементів. Чорнові бази будуть змінюватися тричі в процесі перевстановлень. При такій обробці досягаються лінійні розміри та забезпечується вимога паралельності відносно пар протилежних поверхонь.

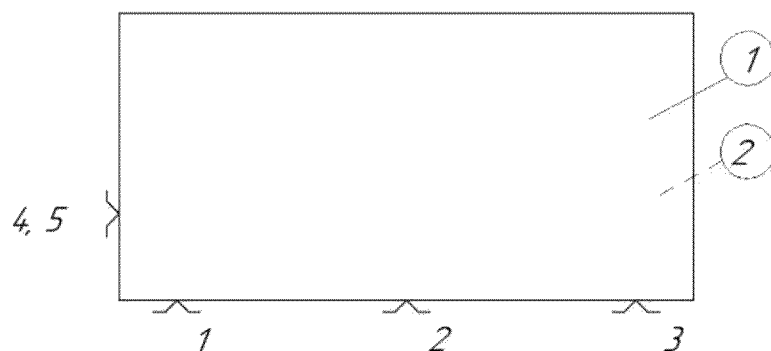


Рисунок 4.3 - Схема встановлення деталі на чорнові бази

4.5 Орієнтовний вибір інструменту та вибір обладнання

Для того, щоб розробити технологічний процес потрібно зорієнтуватися на типі та моделі обладнання - в основу вибору покладено технологічні можливості останнього. В попередніх розділах вже згадувалась послідовність обробки поверхонь та тип обладнання.

Для операції 009 – горизонтально-фрезерувальної - плануємо задіяти універсальний верстат. Попередньо обираємо верстат моделі ADF0808 з довжиною столу 630 мм, шириною 160 мм, найбільшим повздовжнім переміщення столу 400 мм і потужністю приводу головного руху 1,5 кВт. Обробку плануємо здійснювати кількістю 4 штуки (найбільший габарити заготовки 92 мм). На столі верстата бути закріплюватися поворотне пристосування, затиск всіх заготовок буде здійснюватися за допомогою планки. В одному установі за рахунок поворотного пристосування будуть оброблятися по дві протилежні грані, потім установи змінюються ще два рази. Обробка буде здійснюватися торцевою фразою.

Для операції 010 потрібно використовувати інструменти для обробки отворів. Обираємо наступні:

- для обробки комплекту поверхонь з центром (·) 12: свердло для центрування (1 шт.); свердло для попереднього засвердлювання отворів (1 шт.); свердло для засвердлювання або зенкерування отворів (1 шт.); зенківка циліндрична (для отворів під ущільнення) (1 шт.); зенківка для обробки фаски (зенківка конічна) (1 шт.); розгортки чорнова і чистова (2 шт.);

- для обробки комплекту поверхонь з центрами в (·) 1, 3, 4, 5, 6, 7: свердло центрувальне (1 шт.); свердло для глибокого свердління 2-х отв. з довжинами $75^{+0,5}$ Ø8,5 та отвору Ø8,5 та довжиною свердління $34^{+0,5}$ мм (1 шт.); зенківка циліндрична для 5-х отв. під ущільнення (1 шт.); мітчик машинний для 5-х отв. M10x1,5 (1 шт.);

- для обробки кріпильних отворів з центрами в (·) 8÷11: свердло для центрування (1 шт.); свердло (1 шт.);

- для обробки кріпильних 4-х отворів Ø6 на довжині 75 мм (наскрізна обробка) з центрами в (·) 4, 5, 6, 7: свердло глибокого свердління (1 шт.); свердло для центрування (1 шт.); свердло для обробки фасок з 2-х боків кожного отвору.

Всього потрібно використати 15 найменувань різального інструмента, якими працюють верстати.

До складу технологічного процесу необхідно ввести ще одну операцію – 015 – слюсарну. В 4-х отв. М4х0,7 потрібно застосувати мітчик, який не входить до складу машинних. Крім того, в технічних вимогах закладена необхідність притупити всі гострі кромки – це буде стосуватися зовнішніх граней деталі.

Для виконання операції 010 плануємо використати багатоінструментальний верстат з ЧПК відповідно оснащений магазином інструментів, пристроїв їх автоматичної заміни та поворотним столом. Попередньо обираємо багатоцільовий верстат з горизонтальним столом та поворотним столом моделі 2204ВМФ2, який має такі характеристики: робоча поверхня столу – 400х500 мм.; поворотна частина столу – 630 мм.; переміщення столу повздовжньо – 500 мм.; відстань від творця шпинделя до середини столу – min 200 мм, max 400 мм; відстань від осі шпинделя до площини столу – min 80 мм, max 580 мм; потужність приводу - 6,3 кВт; ємність магазину інструментів - 30 шт.; позиційний тип системи ЧПК (Ф2); технологічні можливості верстата: фрезерна, свердлильна та розточувальна обробка.

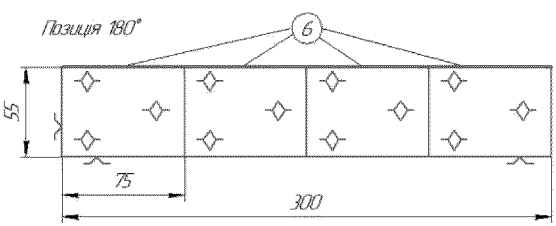
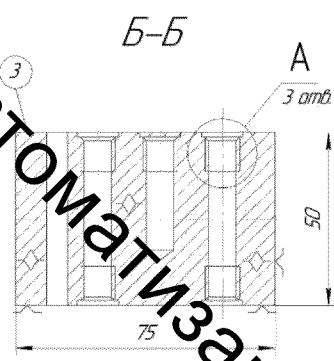
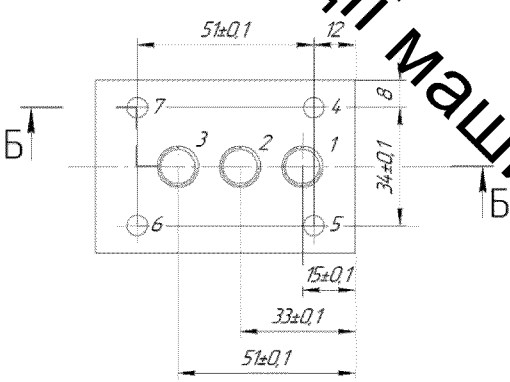
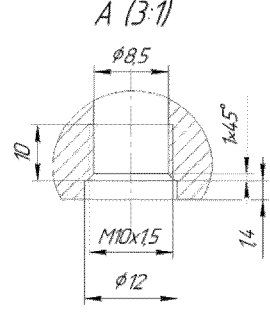
Обробку на верстаті плануємо вести на 4-х заготовках розташованих діаметрально на поворотному столі. Для організації процесу обробки отворів на 3-х гранях знадобиться два установи деталей.

4.6 Проектування маршруту механічної обробки

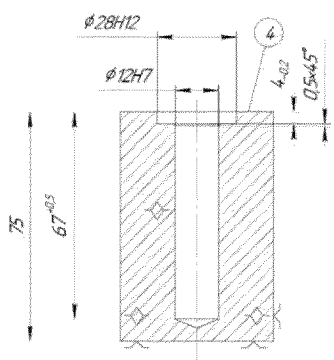
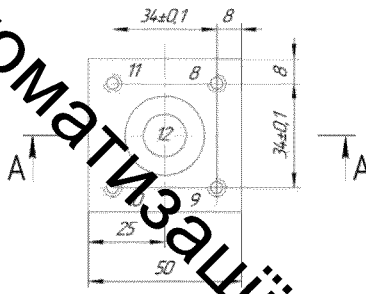
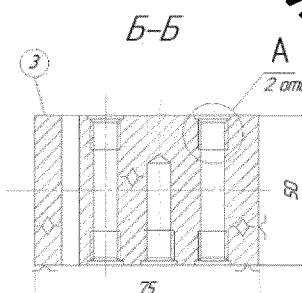
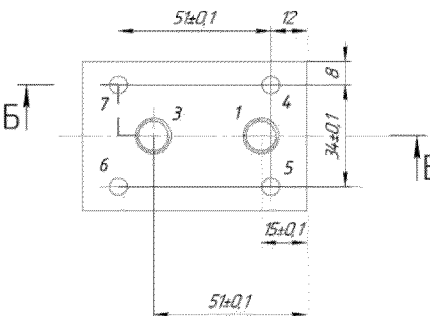
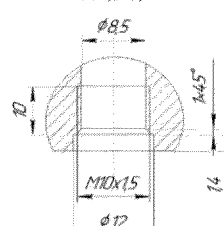
Таблиця 4.1 – Маршрут механічної обробки

Номер назва і зміст операції	Ескіз обробки зі схемою базування	Тип і модель верстата
	2	3
005 Горизонтально-фрезерна <u>Установ А, позиція 0°</u> 1. Фрезерувати попередньо пов. 1 заготовок 2. Фрезерувати попередньо пов. 1 заготовок 3. Фрезерувати остаточно пов. 1 заготовок 4. Повернути пристосування на 180° <u>Установ А, позиція 180°</u> 5. Фрезерувати попередньо пов. 3 заготовок 6. Фрезерувати попередньо пов. 3 заготовок 7. Фрезерувати остаточно пов. 3 заготовок 8. Перевстановити заготовки <u>Установ Б, позиція 0°</u> 1. Фрезерувати попередньо пов. 4 заготовок 2. Фрезерувати попередньо пов. 4 заготовок 3. Фрезерувати остаточно пов. 4 заготовок 4. Повернути пристосування на 180° <u>Установ Б, позиція 180°</u> 5. Фрезерувати попередньо пов. 2 заготовок 6. Фрезерувати попередньо пов. 2 заготовок 7. Фрезерувати остаточно пов. 2 заготовок 8. Перевстановити заготовки <u>Установ В, позиція 0°</u> 1. Фрезерувати попередньо пов. 5 заготовок 2. Фрезерувати попередньо пов. 5 заготовок 3. Фрезерувати остаточно пов. 5 заготовок 4. Повернути пристосування на 180°		Горизонтально-фрезерний мод. ADF0808

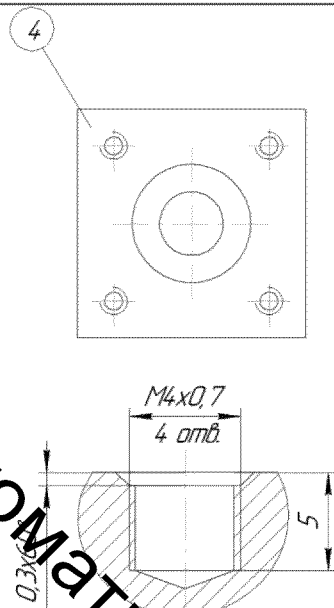
Продовження таблиці 4.1

1	2	3
Установ В, позиція 180° 5. Фрезерувати попередньо пов. 6 заготовок 6. Фрезерувати попередньо пов. 6 заготовок 7. Фрезерувати остаточно пов. 6 заготовок 8. Зняти заготовки з поворотного столу 010 Багатоцільова з ЧПК Позиції 0°, 90°, 180°, 270° Площина 1 1. Центрувати отв. 1, 2, 3 з дотриманням розмірів по осі симетрії розміру $15\pm0,1$, $33\pm0,1$, $51\pm0,1$ 2. Свердлити отв. 1 з дотриманням розмірів $\varnothing 8,5$, $13\pm0,1$ наскрізно в режимі глибокого свердління 3. Свердлити отв. 2 з дотриманням розмірів $\varnothing 8,5$, $33\pm0,1$, $34^{+0,5}$ 4. Свердлити отв. 3 з дотриманням розмірів $\varnothing 8,5$, $51\pm0,1$ наскрізно в режимі глибокого свердління 5. Зенкувати отв. 1, 2, 3 $\varnothing 12$ на глибину 1,4 мм 6. Зенкувати 3 фаски в отв. 1, 2, 3 з дотриманням розміру $1\times 45^\circ$ 7. Нарізати різь в отв. 1, 2, 3 з дотриманням розмірів M10x1,5 , 10 мм 8. Центрувати 4 отв. 4, 5, 6, 7 з дотриманням розмірів 12, 8, $51\pm0,1$ та $34\pm0,1$ 9. Свердлити 4 отв. 4, 5, 6, 7 наскрізно в режимі глибокого свердління 10. Зенкувати 4 фаски отв. 4, 5, 6, 7 з дотриманням розміру $0,5\times 45^\circ$ 11. Перевстановити деталі на поворотному столі Позиції 0°, 90°, 180°, 270° Площина 4 1. Центрувати отв. 12 з дотриманням розмірів 25 та 75 мм. по осі симетрії розміру 50 мм 2. Свердлити отв. 12 з дотриманням розмірів $67^{+0,5}$ мм та $\varnothing 11,5$ в режимі глибокого свердління 3. Зенкувати отв. 12 з дотриманням розміру $\varnothing 11,85$ на повну глибину	Позиція 180°  Б-Б   А (3:1) 	Багатоцільовий верстат з ЧПК мод. 2204ВМФ2

Продовження таблиці 4.1

1	2	3
4. Розгорнути отв. 12 поперечно з дотриманням розміру $0,1 \pm 0,05$ на повну глибину 5. Розгорнути отв. 12 поперечно з дотриманням розміру $\varnothing 12H7$ на повну глибину 6. Зенкувати отв. $\varnothing 28H12$ з дотриманням розміру $4 \pm 0,05$ 7. Зенкувати фаску в отв. 12 з дотриманням розміру $0,5 \times 45^\circ$ 8. Центрувати отв. $8 \pm 0,1$ з дотриманням розмірів $34 \pm 0,1$ (2 розміри), 8 мм (2 розміри) 9. Свердлити отв. $8 \pm 0,1$ з дотриманням розмірів $\varnothing 3,3$ на глибину 5 мм 10. Перевстановити деталі на поворотному столі Позиції $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$ Площина 3 1. Центрувати отв. 1, 3 з дотриманням розмірів $15 \pm 0,1, 51 \pm 0,1$ мм 2. Зенкувати фаску у отв. 1, 3 з дотриманням розміру $1 \times 45^\circ$ 3. Нарізати різь в отв. 1, 3 з дотриманням розмірів $M10 \times 1,5$ та 10 мм 4. Зенкувати фаску в 4, 5, 6, 7 з дотриманням розміру $0,5 \times 45^\circ$ 5. Зняти заготовки з поворотного столу	A-A  Top View  B-B  Bottom View  A (3:1) 	

Продовження таблиці 4.1

1	2	3
010 Слюсарна 1. Розсвердлити фаски $0,3 \times 60^\circ$ у 4-х отв. $\varnothing 3,3$ 2. Нарізати різі $M4 \times 0,7$ у 4-х отв. $\varnothing 3,3$ 3. Пригупити гострі кромки зовнішніх поверхонь фаскою $1 \times 45^\circ$		Слюсарний стіл

4.7 Розмірний аналіз технологічного процесу

4.7.1 Вибір розташування технологічних розмірів

Технологічні розміри розташовуються так, щоб забезпечити зв'язок між оброблюваними та необроблюваними поверхнями, а також точне взаємне розташування оброблених поверхонь. Якщо конструкторські й технологічні бази збігаються, похибка базування відсутня, і додаткові розрахунки для визначення розмірів не потрібні. Процес обробки включає три основні операції: 005, 010 і 015.

На операції 005 виконується формування зовнішніх розмірів деталі. Протилежні грані пов'язані розмірами з точністю $\pm IT12/2$, що дозволяє обробляти їх в один прохід. Для досягнення необхідної чистоти поверхні $Ra=3,2$ мкм проводяться як попередня, так і остаточна обробка. Заготовка передбачає наявність припусків, а процес виконується на універсальному фрезерному верстаті. Необхідна точність досягається ручним вимірюванням і налаштуванням інструменту. Аналіз розмірів використовується для визначення параметрів заготовки.

На операції 010 обробляються внутрішні порожнини, включаючи глухі отвори. Вісі отворів мають прив'язки до зовнішніх площин із допусками 0,01 мм. Операція виконується на багатоцільовому верстаті з ЧПК, який забезпечує високу точність позиціонування – 0,01 мм. Всі лінійні розміри відповідають або перевищують вимоги креслення. Рух столу із заготовками виконується з точністю до 0,01 мм, тому додатковий розмірний аналіз не потрібен.

Операція 015 не розглядається, оскільки вона є слюсарною і виконується вручну. На першому етапі проводиться обробка різьбових отворів, а на другому - зняття фасок із зовнішнього контуру деталі за допомогою напилка.

4.7.2 Попереднє призначення допусків технологічних розмірів. Розмірна схема технологічного процесу

Зупинимося на операції 005, зокрема на етапах, що забезпечують отримання розміру 75h12. Для цього потрібно скласти розмірну схему технологічного процесу для зазначених етапів.

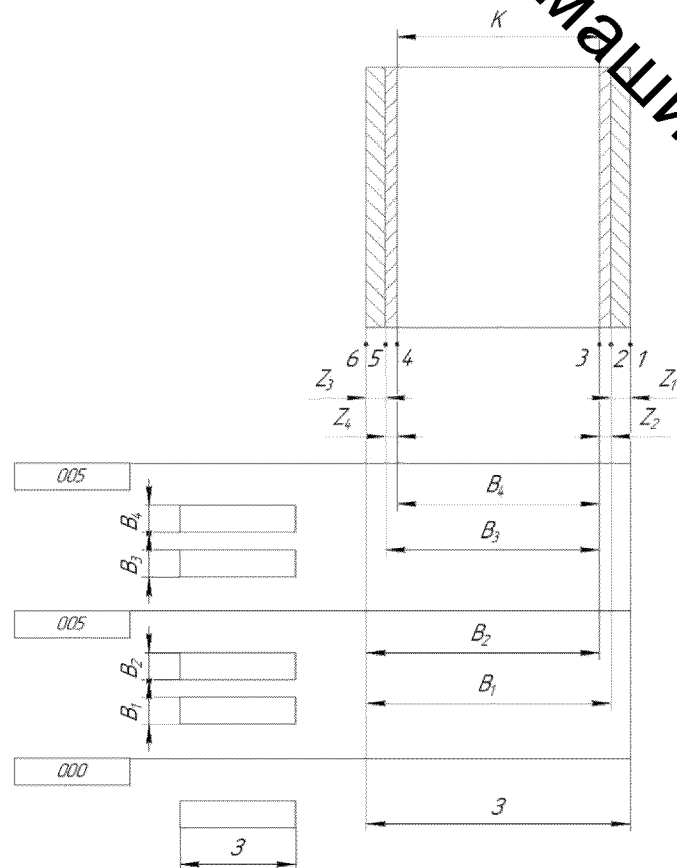


Рисунок 4.4 – Розмірна схема ТП на операції 005

Попередньо визначаємо допуски:

$T(B_4)=T(K)=0,35$ мм; $h12$ (допуск на чистовий розмір після зняття чистового припуску Z_4);

$T(B_1)=1,2$ мм; $h15$ (розмір, отриманий після зняття першого чорнового припуску Z_1);

$T(B_2)=0,74$ мм; $h14$ (розмір, отриманий після зняття першого чистового припуску Z_2);

$T(B_3)=0,46$ мм; $h15$ (розмір, отриманий після зняття другого чорнового припуску Z_3);

$T(3)=1,75$ мм за ДСТУ 4746:2007 для прийнятої заготовки зі стороною 10 мм: $\pm 1,75$ мм.

4.7.3 Похідний, вихідний граф-дерева, суміщений граф

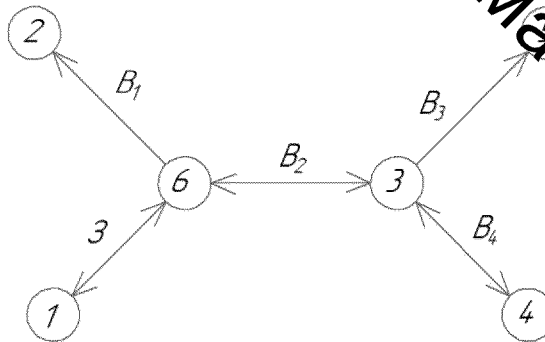


Рисунок 4.5 – Похідний граф-дерево



Рисунок 4.6 – Вихідний граф-дерево

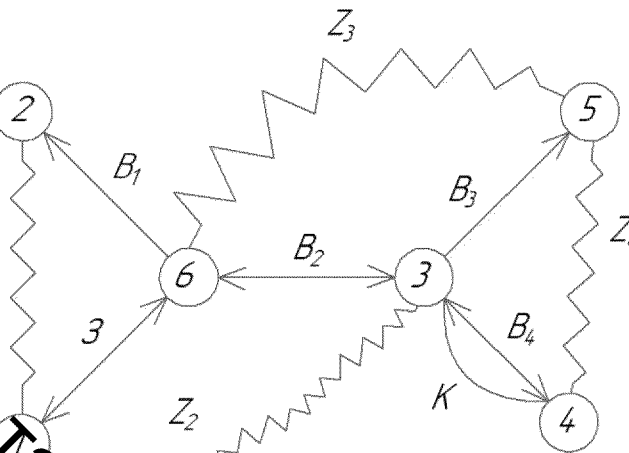


Рисунок 4.7 – Суміщений граф

4.7.4 Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Таблиця 4.2 – Рівняння технологічних розмірних ланцюгів

Розрахункове рівняння	Вихідні рівняння	Розмір, що визначається
1. $B_4 - K = 0$	$K = B_4$	B_4
2. $B_3 - B_4 - Z_4 = 0$	$Z_4 = B_3 - B_4$	B_3
3. $B_2 - B_3 - Z_3 = 0$	$Z_3 = B_2 - B_3$	B_2
4. $B_1 - B_2 - Z_2 = 0$	$Z_2 = B_1 - B_2$	B_1
5. $3 - B_1 - Z_1 = 0$	$Z_1 = 3 - B_1$	3

4.7.5 Визначення проміжних мінімальних пропусків на механічну обробку плоских поверхонь

Визначаємо за формулою:

$$Z_{\min} = R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \xi_i \quad (4.2)$$

З гарячекатаного сталюого квадратного прокату відрізаються штучні заготовки:

- попередня обробка: $R_Z = 50$ мкм, $T = 50$ мкм.
- чистове торцеве фрезерування: $R_Z = 10$ мкм, $T = 15$ мкм.

Сумарне значення просторових відхилень при обробці торцевих поверхонь:

$$\rho = 0,08 \text{ (мкм/1м довжини)}$$

Похибка встановлення:

$$\xi_{\text{вст}} = \sqrt{\xi_{\delta}^2 + \xi_z^2 + \xi_{\text{пр}}^2} \quad (4.3)$$

- похибка базування $\xi_{\delta} = 0$ - при суміщенні вимірювальної та установчої баз;
- похибка закріплення $\xi_z = 0$ - використаний пневматичний затискний пристрій;
- похибка положення заготовки в пристосуванні - $\xi_{\text{пр}} = 0,05 \text{ мм}$.

$$Z_{\text{min}_1} = 50 + 50 + 0,08 + 50 = 150,08 \text{ мкм}$$

$$Z_{\text{min}_2} = 10 + 15 + 0,08 + 50 = 75,08 \text{ мкм}$$

На попередню обробку приймаємо $Z_{\text{min}} = 0,15 \text{ мм}$, а на остаточну обробку - $Z_{\text{min}} = 0,07 \text{ мм}$.

В результаті отримаємо, що $Z_{1\text{min}} = Z_{3\text{min}} = 0,16 \text{ мм}$, $Z_{2\text{min}} = Z_{4\text{min}} = 0,08 \text{ мм}$.

4.7.6 Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків, корекція допусків технологічних розмірів

$$1. \quad K = B_4 = 75_{-0,35} = B_{4\text{ном}}$$

$$B_{4\text{min}} = 75_{-0,35} = 74,65 \text{ мм}$$

$$B_{4\text{max}} = 75,00 \text{ мм}$$

$$2. \quad Z_4 = B_3 - B_4$$

$$Z_{4\text{min}} = B_{3\text{min}} - B_{4\text{max}}$$

$$B_{3\text{min}} = B_{4\text{max}} + Z_{4\text{min}} = 75,00 + 0,08 = 75,08 \text{ мм}$$

$$B_{3\max} = B_{3\min} + \delta = 75,08 + 1,4 = 76,48 \text{ мм}$$

$$Z_{4\max} = B_{3\max} - B_{4\min} = 76,48 - 74,65 = 1,83 \text{ мм}$$

$$B_{3\text{nom}} = 76,48_{-1,4} \text{ мм}$$

$$3. \quad B_2 - B_3 - Z_3 = 0$$

$$Z_3 = B_2 - B_3$$

$$Z_{3\min} = B_{2\min} - B_{3\max}$$

$$B_{2\min} = B_{3\max} + Z_{3\min} = 76,48 + 0,16 = 76,64 \text{ мм}$$

$$B_{2\max} = B_{2\min} + \delta = 76,64 + 1,4 = 78,04 \text{ мм}$$

$$Z_{3\max} = B_{2\min} - B_{3\min} = 78,04 - 75,08 = 2,96 \text{ мм}$$

$$B_{2\text{nom}} = 78,04_{-1,4}$$

$$4. \quad B_1 - B_2 - Z_2 = 0$$

$$Z_2 = B_1 - B_2$$

$$Z_{2\min} = B_{1\min} - B_{2\max}$$

$$B_{1\min} = B_{2\max} + Z_{2\min} = 76,64 + 0,08 = 76,72 \text{ мм}$$

$$B_{1\max} = B_{1\min} + \delta = 76,72 + 1,4 = 78,12 \text{ мм}$$

$$Z_{2\max} = B_{1\max} - B_{2\min} = 78,12 - 76,64 = 1,48 \text{ мм}$$

$$B_{2\text{nom}} = 78,12_{-1,4}$$

$$5. \quad 3 - B_1 - Z_1 = 0$$

$$Z_1 = 3 - B_1$$

$$Z_{1\min} = 3_{\min} - B_{1\max}$$

$$3_{\min} = B_{1\max} + Z_{1\min} = 78,12 + 0,16 = 78,28 \text{ мм}$$

$$3_{\max} = 3_{\min} + \delta = 78,28 + 3,5 = 81,78 \text{ мм}$$

$$Z_{1\max} = 3_{\max} - B_{1\min} = 81,78 - 76,72 = 5,06 \text{ мм}$$

$$3_{\text{nom}} = 81,78 \pm 1,75$$

Результати розрахунків зводимо у таблицю 4.3 та 4.4.

Таблиця 4.3 – Результати розрахунку розмірних ланцюгів

Технологічні розміри	3	B1	B2	B3	B4
Попередні значення допусків розмірів, мм	3,5	1,4	1,4	1,4	0,35
Квалітет точності допусків розмірів, мм	-	h15	h15	h15	h12
Прийняті значення допусків розмірів, мм	3,5	1,4	1,4	1,4	0,74
Номінальні розміри, мм	81,78±1,75	78,12-1,4	78,04-1,4	76,48-1,4	75-0,35

Таблиця 4.4 – Результати розрахунку граничних значень припусків

Припуски, мм		Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄
Граничні розміри	Z _{min}	0,16	0,08	0,16	0,08
	Z _{max}	5,06	1,48	2,96	1,83

Висновок: Розрахункові рівняння відповідають дво- або триланковим ланцюгам і дають змогу точно визначити максимальні припуски та технологічні розміри вихідної заготовки. Проте розбіжності між припусками, закладеними під час проектування заготовки, та результатами розрахунків у цьому розділі свідчать про те, що змінювати маршрут механічної обробки не потрібно, але необхідно внести корективи в допуски розмірів.

4.8 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні

Виконаємо розрахунок для поверхні з найбільшим показником точності - отвору Ø12H7.

Заготовка виготовляється шляхом відрізання від прокату сортового сталювого гарячекатаного квадратного, після чого всі її площини обробляються фрезеруванням начисто.

Технологічний процес включає такі операції: свердління, зенкування, попереднє розгортання та остаточне розгортання. Усі поверхні обробляються за один установ деталі, базуючись на площині розміром 75x50 мм з упором на поверхню 75x50 мм.

Результати розрахунків припусків на обробку отвору Ø12H7 наведені в таблиці 4.5, де послідовно записаний технологічний маршрут і всі етапи формування припуску:

Значення R_z та T показують якість поверхонь:

- попередньо свердлимо отвір $\varnothing 11,8H12$. Отримаємо поверхні отвору з такими параметри: $R_z = 20$ мкм, $T = 30$ мкм (глибоке свердління $\varnothing 11,8$ на глибину 67 мм, тобто $67 / 11,8 = 5,17$);

- зенкерування чистове - $R_z = 15$ мкм, $T = 25$ мкм;
- розгортання попереднє - $R_z = 10$ мкм, $T = 20$ мкм;
- розгортання остаточне - $R_z = 3$ мкм.

Проведемо розрахунок сумарного значення просторових відхилень в момент обробки отвору при нерухомій деталі:

$$\rho = \sqrt{C_o^2 + (\Delta_k \cdot l)^2}, \quad (4.4)$$

де, C_o - зміщення осі отвору при глибокому свердлінні, $C_o = 15$ мкм;

Δ_k - питоме уведення осі отвору, $\Delta_k = 1,3$ мкм/мм.

$$\rho_{св.} = \sqrt{15^2 + (1,3 \cdot 67)^2} = \sqrt{225 + 6084} \approx 79,4 \text{ (мкм)}$$

Залишкові відхилення по іншим видам обробки цього ж отвору розраховуємо за емпіричною формулою:

$$\rho_{залиш.} = K_y \cdot \rho_{заг.}, \quad (4.5)$$

де, K_y - коефіцієнт уточнення форми;

$$\rho_{заг.} = \rho_{св.} \quad (4.6)$$

Зенкерування отвору:

$$\rho_{залиш.зєнк.} = 0,005 \cdot 79,4 = 0,397 \approx 0,4 \text{ (мкм)}$$

Розгортання попереднє:

$$\rho_{залиш.розв.} = 0,002 \cdot 79,4 = 0,1588 \approx 0,16 \text{ (мкм)}$$

Остаточне розгортання не враховується, так як $\rho_{залиш.}$ практично дорівнює нулю. Похибка встановлення $\xi_{вст.}$ на етапі обробки проявляється у вигляді зміщення оброблюваної поверхні, яке необхідно компенсувати додатковою частиною проміжного припуску.

$$\xi_{вст.} = \sqrt{\xi_{\delta}^2 + \xi_z^2 + \xi_{пр.}^2}, \quad (4.7)$$

де, ξ_{δ} - похибка базування;

ξ_z - похибка закріплення;

$\xi_{пр.}$ - похибка положення заготовки.

Планується обробка всіх поверхонь заготовки, розташованих на її різних площинах. Для цього заготовка закріплюється у затискних пневматичних або гідравлічних лещатах. Усі торці деталі вже мають чистову обробку. Кожна деталь встановлюється на поворотний стіл багатоінструментального верстата з ЧПК. Перед початком роботи необхідно налаштувати "нульову" площину, яка буде відправною точкою обробки. Завдяки використанню затискного приводу з постійним зусиллям похибки базування та закріплення виключаються.

Мінімальні значення міжопераційних припусків:

$$2Z_{\min} = 2(R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \xi_i^2}), \quad (4.8)$$

Мінімальний припуск на зекерування:

$$2Z_{\min_{зек.}} = 2(20 + 30 + \sqrt{79,4^2 + 0} = 2 \cdot 129,4 \text{ (мкм)})$$

Мінімальний припуск на попереднє розгортання:

$$2Z_{\min_{розг.п.}} = 2(15 + 25 + 0,4) = 2 \cdot 40,4 \text{ (мкм)}$$

Мінімальний припуск на остаточне розгортання:

$$2Z_{\min_{\text{розв.о.}}} = 2(10 + 20 + 0,16) = 2 \cdot 30,16 \text{ (мкм)}$$

Розгортання остаточне:

$$d_{p_2} = 14,018 - 0,0603 = 13,958 \text{ (мм)}$$

Розгортання попереднє:

$$d_{p_1} = 13,958 - 0,0808 = 13,877 \text{ (мм)}$$

Зенкерування:

$$d_{p_0} = 13,877 - 0,2588 = 13,618 \text{ (мм)}$$

Обираємо значення допусків δ_i приймаємо відповідно до таблиць по квалітету точності та виду обробки.

Остаточного розгортання:

$$2Z_{\text{ep.min}_1} = 12,018 - 11,958 = 0,06 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{\text{ep.max}_1} = 12,0 - 11,931 = 0,069 \text{ (мм)}$$

Попереднє розгортання:

$$2Z_{\text{ep.min}_2} = 11,958 - 11,817 = 0,141 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{\text{ep.max}_2} = 11,931 - 11,747 = 0,184 \text{ (мм)}$$

Зенкерування:

$$2Z_{\text{ep.min}_3} = 11,817 - 11,618 = 0,199 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{\text{ep.max}_3} = 11,747 - 11,468 = 0,279 \text{ (мм)}$$

Беремо за основу отримані дані розрахунків та складаємо схему графічного розташування припусків та допусків обробки отвору $\varnothing 12H7$ (рисунок 4.8).

Загальні припуски $Z_{O\min}$ та $Z_{O\max}$ отримуються методом складання проміжних припусків. Результати розрахунків записуємо у графі таблиці:

$$2Z_{O\min} = 60 + 141 + 199 = 400 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{O\max} = 69 + 184 + 279 = 532 \text{ (мкм)}$$

Загальний мінімальний припуск:

$$Z_{O\text{ном}} = Z_{\text{ном}} + B_2 - B_1 = 400 + 150 - 18 = 432 \text{ (мкм)}$$

$$D_{O\text{ном}} = d_{\text{ном}} - Z_{O\text{ном}} = 12 - 0,432 = 11,568 \text{ (мм)}$$

Перевірка розрахунків:

$$2Z_{O\max} - 2Z_{O\min} = T_z - T_d$$

$$532 - 400 = 132 \text{ (мкм)}$$

$$150 - 18 = 132 \text{ (мкм)}$$

На рисунку 4.8 наведена схема графічного розташування припусків і допусків на обробку отвору $\varnothing 12H7$:

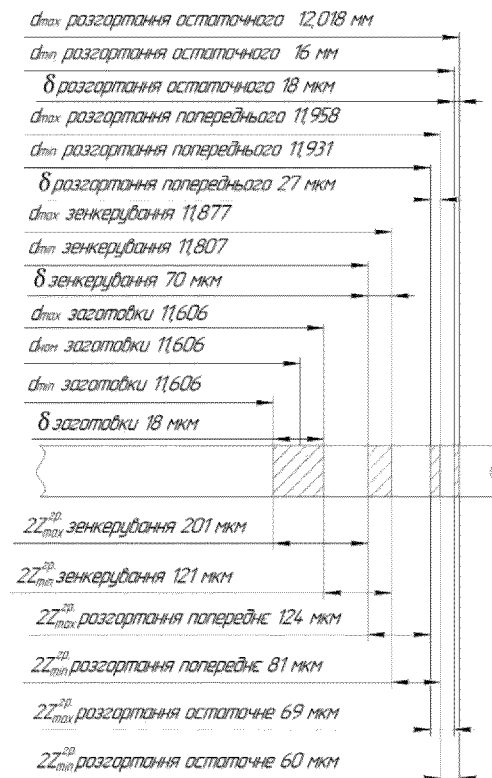


Рисунок 4.8 – Схема графічного розташування припусків та допусків на обробку отвору $\varnothing 12H7$

Висновок: розрахунки припусків та міжопераційних розмірів проведено
виріш

4.9 Визначення режимів різання при різних методах обробки

Режими обробки деталі є критичним фактором у технологічному процесі. Вибір режимів різання має бути орієнтований на досягнення необхідної продуктивності з мінімальними витратами за операцію. Це забезпечується шляхом використання інструмента з оптимальною конструкцією та можливостей відповідного верстата, що не обмежують різальні характеристики інструмента. Режими встановлюються з урахуванням властивостей деталі, інструмента та верстата. Спочатку визначається глибина різання, потім подача, а останнім параметром є швидкість різання.

Тепер розглянемо режими різання для свердління отвору Ø8,5H12 на глибину 50 мм (отримання різі M10x1,5).

Обробку виконуємо у суцільному матеріалі - сталь 45. Різальний інструмент: свердло спіральне з конічним хвостовиком 035 – 2301 – 1040 d = 8,5 мм,

L = 155 мм, l₀ = 75 мм, l = 93 мм, к.м. №1, ОСТ 2И20 – 2 – 80.

Подача (HB217, P6M5):

$$S_{рек.} = 0,20 - 0,25 \text{ (мм/об)}$$

Для отворів глибиною <10D (в нашому випадку 50/8,5 = 5,88) застосуємо поправний коефіцієнт K_{l_s} = 0,75.

$$S_{пр.} = 0,25 \cdot 0,75 = 0,19 \text{ (мм/об)}$$

Розрахуємо швидкість різання. Стійкість інструмента $T = 35$ хв., коефіцієнт $C_v = 1,0$, показники степені: $q = 0,4$; $y = 0,7$; $m = 0,2$. При обробці застосовується охолодження.

Загальний поправний коефіцієнт:

$$K_v = K_{M_v} \cdot K_{U_v} \cdot K_{l_v}, \quad (4.9)$$

де, K_{M_v} - к. на оброблений матеріал,

$$K_{M_v} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_6}\right)^{n_v} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{1000}\right)^{0,9} = 0,75^{0,9} = 0,772$$

K_{U_v} - к. на інструментальний матеріал, $K_{U_v} = 1,0$

K_{l_v} - к. глибини свердління, $K_{l_v} = 0,6$

$$K_v = 0,772 \cdot 1,0 \cdot 0,6 = 0,46$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_v = \frac{7 \cdot 8,5^{0,4}}{35^{0,2} \cdot 0,19^{0,7}} 0,46 = 11,9 \text{ (м/хв)}$$

Крутний момент:

$$M_{кр.} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 8,5^2 \cdot 0,19^{0,8} \cdot 1,24 = 8,19 \text{ (Н·м)}$$

Осьова сила:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 8,5^{1,0} \cdot 0,19^{0,7} \cdot 1,24 = 2243 \text{ (Н)}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 11,9}{3,14 \cdot 8,5} = 450 \text{ (об/хв)}$$

Значення n необхідно привести до найближчого більшого значення верстата. Приймаємо $n_{np}=500$ об/хв.

Уточнюємо швидкість різання:

$$V_{ym} = \frac{\pi D \cdot n_{kp}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8,5 \cdot 500}{1000} = 13,35 \text{ (м/хв)}$$

Потужність різання:

$$N_e = \frac{M_{\phi} \cdot n}{9750} = \frac{8,19 \cdot 500}{9750} = 0,42 \text{ (кВт)}$$

За паспортом верстата моделі 2204ВМ1Ф4 потужність приводу шпинделя складає $N_e = 6,3$ кВт. Тому обробка поверхні можлива.

Фрезерування попереднє площини заготовки розміром 75х50 мм:

Обираємо різальний інструмент - торцева насадна фреза із швидкорізучої сталі за ГОСТ 9304 – 69: $D = 80$ мм; $B = 45$ мм; $d = 32$ мм; $Z = 16$.

Обираємо подачу для середньої жорсткості системи та потужності верстата $N_e = 3,0$ кВт:

$$S_{Z_{рек.}} = 0,06 - 0,1 \text{ (мм/зуб)}$$

Приймаємо: $S_{Z_{np.}} = 0,08$ мм/зуб

Швидкість різання:

$$V = \frac{c_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^U \cdot Z^p} K_v, \quad (4.10)$$

де, $c_v = 64,7$; $D = 80$; $q = 0,25$; $y = 0,2$; $t = 2$ мм; $m = 0,2$; $T = 180$ хв; $x = 0,1$;

$S_z = 0,08$ мм/зуб; $B = 45$ мм; $u = 0,15$; $Z = 16$; $p = 0$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} = 0,772$$

$$V = \frac{64,7 \cdot 80^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 2^{0,1} \cdot 0,08^{0,2} \cdot 45^{0,15} \cdot 16^0} 0,772 = 46,2 \text{ (м/хв)}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 46,2}{3,14 \cdot 80} = 184 \text{ (об/хв)}$$

Приймаємо $n_g = 200$ об/хв.

Уточнюємо швидкість різання:

$$V_{ym} = \frac{\pi D \cdot n_{кр}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 200}{1000} = 50,24 \text{ (м/хв)}$$

Сила різання:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} K_{MP} \quad (4.11)$$

де, $C_p = 82,5$; $q = 1,1$; $y = 0,8$; $t = 2$ мм; $x = 0,95$; $S_z = 0,08$ мм/зуб; $B = 45$ мм; $u = 1,1$; $Z = 16$; $w = 0$.

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_g}{750} \right)^n = 1,09$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 82,5 \cdot 2^{0,95} \cdot 0,08^{0,8} \cdot 45^{1,1} \cdot 16}{80^{1,1} \cdot 1} 1,09 = 1954 \text{ (Н)}$$

Крутний момент:

$$M_{кр.} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{1954 \cdot 80}{200} = 782 \text{ (Н·м)}$$

Потужність різання:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V_{кор}}{1020 \cdot 60} = \frac{1954 \cdot 50,24}{1020 \cdot 60} = 1,6 \text{ (кВт)}$$

За паспортом верстата моделі ADF0808 потужність приводу шпинделя складає $N_e = 3,0$ кВт. Тому обробка поверхні можлива.

4.10 Визначення технічних норм часу для всіх операцій

Для операцій 005, 010 та 015 норми часу визначаються за спрощеною методикою, яка була використана в розділі 1. Однак після завершення розробки технологічного процесу вона потребує деяких коректувань.

Норми основного часу обчислюються за часовим коефіцієнтом з урахуванням відповідних параметрів обробки, таких як довжина, діаметр тощо. Отримані дані заносимо в таблицю 4.7.

Таблиця 4.7 – Розрахунок норм витрат основного часу T_o

Операція і найменування переходу обробки	Формула для розрахунку $T_o \cdot 10^{-3}$	Результат розрахунку, хв
1	2	3
Операція 005 – Горизонтально-фрезерна		
1. Фрезерування попереднє (чорнове) торцевою фрезею за прохід	$6 \cdot l$	$6 \cdot 75 \cdot 10^{-3} \cdot 2 = 1,08$
2. Фрезерування попереднє (напівчистове) торцевою фрезею за прохід	$6 \cdot l$	$6 \cdot 75 \cdot 10^{-3} \cdot 2 = 1,08$
3. Фрезерування остаточне (чистове)	$4 \cdot l$	$4 \cdot 75 \cdot 10^{-3} \cdot 2 = 0,72$
4. Фрезерування попереднє (чорнове) торцевою фрезею за прохід	$6 \cdot l$	$6 \cdot 75 \cdot 10^{-3} \cdot 2 = 1,08$
5. Фрезерування попереднє (напівчистове) торцевою фрезею за прохід	$6 \cdot l$	$6 \cdot 75 \cdot 10^{-3} \cdot 2 = 1,08$
6. Фрезерування остаточне (чистове)	$4 \cdot l$	$4 \cdot 75 \cdot 10^{-3} \cdot 2 = 0,72$
7. Фрезерування попереднє (чорнове) торцевою фрезею за прохід	$6 \cdot l$	$6 \cdot 50 \cdot 10^{-3} \cdot 2 = 0,6$
8. Фрезерування остаточне (чистове)	$4 \cdot l$	$4 \cdot 50 \cdot 10^{-3} \cdot 2 = 0,4$
*обробляються по дві протилежні площини		
Сумарні витрати T_o на операції 005		$\Sigma T_o = 7,67$ хв.

Продовження таблиці 4.7

1	2	3
Операція 010 – Багатоцільова з ЧПК Площина 1		
1. Центрування 3-х отв. Ø8,5	$0,52 \cdot D \cdot l$	$0,52 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 0,0166$
2. Свердління отв. Ø8,5 на довжину 13 мм	$0,52 \cdot D \cdot l$	$0,52 \cdot 8,5 \cdot 13 \cdot 10^{-3} = 0,05$
3. Свердління отв. Ø8,5 на довжину 33 мм	$0,52 \cdot D \cdot l$	$0,52 \cdot 8,5 \cdot 33 \cdot 10^{-3} = 0,14$
4. Свердління отв. Ø8,5 на довжину 51 мм	$0,52 \cdot D \cdot l$	$0,52 \cdot 8,5 \cdot 51 \cdot 10^{-3} = 0,22$
4. Зенкування 3-х отв. Ø12 на довжину 1,4 мм	$0,21 \cdot D \cdot l$	$0,21 \cdot 12 \cdot 1,4 \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 0,0076$
5. Зенкування 3-х фасок $1 \times 45^\circ$ в 3-х отв. Ø8,5	$0,21 \cdot D \cdot l$	$0,21 \cdot 8,5 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 0,004$
6. Нарізання різі M10x1,5 в 3-х отв. Ø8,5 на довжину 10 мм	$0,4 \cdot D \cdot l$	$0,4 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 0,008$
7. Центрування 4 отв. Ø6	$0,52 \cdot D \cdot l$	$0,52 \cdot 6 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 0,0166$
8. Свердління 4 отв. Ø6 наскрізно ($l=75$ мм)	$0,52 \cdot D \cdot l$	$0,52 \cdot 6 \cdot 75 \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 0,911$
9. Зенкування фасок $0,5 \times 45^\circ$ у 4-ми отв. Ø6	$0,21 \cdot D \cdot l$	$0,21 \cdot 6 \cdot 0,5 \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 0,0576$
10. Центрування отв. Ø12H7	$0,52 \cdot D \cdot l$	$0,52 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,0083$
11. Свердління отв. Ø11,8 на довжину $67^{+0,5}$	$0,52 \cdot D \cdot l$	$0,52 \cdot 11,8 \cdot 67 \cdot 10^{-3} = 0,0084$
12. Зенкування отв. Ø28H12 на глибину $4_{-0,2}$	$0,21 \cdot D \cdot l$	$0,21 \cdot 28 \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 0,0504$
13. Зенкування отв. Ø11,8 на довжину $67^{+0,5}$	$0,21 \cdot D \cdot l$	$0,21 \cdot 11,8 \cdot 67 \cdot 10^{-3} = 0,177$
14. Розгортання отв. Ø11,96 попередньо на глибину $67^{+0,5}$	$0,43 \cdot D \cdot l$	$0,43 \cdot 11,96 \cdot 67 \cdot 10^{-3} = 0,366$
15. Розгортання отв. Ø12H7 остаточне на глибину $67^{+0,5}$	$0,86 \cdot D \cdot l$	$0,86 \cdot 12 \cdot 67 \cdot 10^{-3} = 0,734$
16. Зенкування фаски $0,5 \times 45^\circ$ у отв. Ø12H7	$0,21 \cdot D \cdot l$	$0,21 \cdot 12 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = 0,0032$
17. Центрування 4-и отв. M4x0,7	$0,52 \cdot D \cdot l$	$0,52 \cdot 1,5 \cdot 1,5 \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 0,009$
18. Свердління 4-и отв. Ø3,3 під різь M4x0,7 на глибину 5 мм	$0,52 \cdot D \cdot l$	$0,52 \cdot 3,3 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 0,00686$
19. Центрування 2-х отв. Ø8,5	$0,52 \cdot D \cdot l$	$0,52 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,0083$
20. Зенкування 2-х отв. Ø12 на глибину 1,4	$0,21 \cdot D \cdot l$	$0,21 \cdot 12 \cdot 1,4 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,0071$
21. Зенкування 2-х фасок $1 \times 45^\circ$ в отворах Ø8,5	$0,21 \cdot D \cdot l$	$0,21 \cdot 8,5 \cdot 0,5 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,0018$
22. Нарізання різі M10x1,5 в 2-х отв. Ø8,5 на довжину 10	$0,4 \cdot D \cdot l$	$0,4 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,08$
Сумарні витрати T_O на операції 010		$\Sigma T_O = 6,276$ хв.

Визначимо сумарний основний час ΣT_O на обробку однієї деталі:

$$\Sigma T_O = \Sigma T_{O005} + \Sigma T_{O010} = 7,67 + 6,276 = 13,946 \text{ (хв)}$$

На операції 005 повний цикл обробки однієї деталі забезпечується за три установи, здійснюється обробка чотирьох деталей одночасно в кожному установі. На операції 010 здійснюється обробка аналогічно операції 005 – чотири деталі за три установи. Тобто:

$$\Sigma T_{O_{\text{вст.}}} = \Sigma T_O \cdot 4 = 13,946 \cdot 4 = 55,784 \text{ (хв)}$$

5 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

5.1 Розрахунок приведеної програми

Коефіцієнт завантаження верстатів розраховується, як відношення кількості верстатів c_p , зайнятих на даній операції процесу, до фактичної прийнятої кількості верстатів c_{np} .

$$\eta_z = \frac{c_p}{c_{np}} \quad (5.1)$$

$$c_p = \frac{T_{um.}}{t_g} \quad (5.2)$$

де, t_g - такт виготовлення.

$$t_g = \frac{60 \cdot \Phi_o}{2000} = \frac{60 \cdot 4055}{2000} = 122,0 \text{ (хв)}$$

Штучно-калькуляційний час, що витрачається на операцію:

$$T_{um-\kappa 005} = T_{O005} \cdot 4 \cdot \varphi = 7,67 \cdot 4 \cdot 1,65 = 51,44 \text{ (хв)}$$

$$T_{um-\kappa 010} = T_{O010} \cdot 4 \cdot \varphi = 6,276 \cdot 4 \cdot 1,65 = 40,174 \text{ (хв)}$$

де, 4 - кількість деталей, яка одночасно обробляється в робочій зоні верстата;

φ - коефіцієнт, характерний для кожного типу виробництва.

$$c_{p005} = \frac{51,44}{122,0} = 0,42, \quad c_{np005} = 1 \text{ верстат}$$

$$c_{p010} = \frac{40,174}{122,0} = 0,33, \quad c_{np010} = 1 \text{ верстат}$$

Коефіцієнти завантаження обладнання:

$$\eta_{z005} = \frac{0,42}{1} = 0,42 \text{ (42,0\%)}$$

$$\eta_{z010} = \frac{0,33}{1} = 0,33 \text{ (33,0\%)}$$

$$\eta_{z,сep} = \frac{0,42 + 0,33}{1 + 1} = 0,375 \text{ (37,5\%)}$$

Для подальшого оптимального використання верстатів у середньосерійній виробничій ситуації потрібно забезпечити їх завантаження деталями з асортименту виробництва.

Щоб усунути проблему недовантаження обладнання, необхідно скласти програму, яка включатиме групу інших деталей, що мають схожість з основною за геометричними формами, розмірами, а також за технологічними методами обробки.

Спочатку потрібно визначити коефіцієнти закріплення операцій, що виконуються на кожному робочому місці:

$$O_{005} = \frac{\eta_{з.н.}}{c_{p005}} = \frac{0,8}{0,42} = 1,9 \approx 2$$

$$O_{010} = \frac{\eta_{з.н.}}{c_{p010}} = \frac{0,8}{0,33} = 2,42 \approx 3$$

Середній коефіцієнт закріплення операцій:

$$\eta_{з.о.,сep} = \frac{O_{005} + O_{010}}{2} = \frac{2 + 3}{2} = 2,5 \approx 3$$

Це відповідає вимогам великосерійного виробництва, проте в майбутньому можливе розширення асортименту оброблюваних деталей, тому остаточно обираємо умови середньосерійного виробництва.

Для спрощення розрахунків з навчальною метою при складанні приведеної програми, обмежимося розглядом лише операції 005. Отже:

$$N_{\text{прив005}} = \frac{c_{p005} \cdot 60 \cdot F_{\partial} \cdot \eta_{з.н.}}{T_{\text{шт-к005}}} = \frac{0,8 \cdot 60 \cdot 4055 \cdot 0,8}{51,44} = 300 \text{ [дет]}$$

Орієнтуючись на цю величину підберемо групу деталей та дані занесемо в таблицю 5.1

Таблиця 5.1 – Характеристика деталей групи приведення

Найменування деталі	m, кг	N, шт
1. Корпус 1 (задану деталь обрано, як представника групи однотипних деталей)	1,313	2000
2. Корпус 2	1,5	700
3. Корпус 3	1,4	700

Приведення деталей до деталі-представника проводиться з використанням коефіцієнтів за масою, серійністю та складністю. Для спрощення розрахунків можна пропустити коефіцієнт складності і зосередитись на коефіцієнтах маси та серійності. Отже:

$$K_m = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{np}}\right)^2}, \quad (5.3)$$

$$K_N = \left(\frac{N_{np}}{N_i}\right)^{0,2}, \quad (5.4)$$

де, m_i , N_i – маса і серійність отриманої деталі;

m_{np} , N_{np} – маса і серійність деталі-представника.

$$K_{\text{прив.}} = K_{m_i} \cdot K_{N_i}, \quad (5.5)$$

Розраховані коефіцієнти зведено до таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Характеристика деталей групи приведення

Найменування деталі	K_m	K_N	$K_{прив.}$
1. Корпус 1 (представника групи однотипних деталей)	1	1	1
2. Корпус 2	0,99	1,16	1,148
3. Корпус 3	0,979	1,16	1,136

5.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження обладнання

Приведена програма:

$$N_{прив.005} = N_{пр.} + K_{прив.1} \cdot N_{пр.1} + K_{прив.2} \cdot N_{пр.2} = 2000 + 804 + 795 = 3599 \text{ [дет]}$$

Визначаємо кількість верстатів, що працює з приведеною програмою:

$$c_{P005_{прив}} = \frac{51,44 \cdot 3599}{60 \cdot 4055 \cdot 0,8} = 0,95$$

Приймаємо $c_{P005_{прив}} = 1$ верстат. По завантаженню ще лишається запас на випадок розширення номенклатури.

Коефіцієнт завантаження цього верстата:

$$\eta_{з.005} = \frac{c_{P005}}{c_{пр005}} = \frac{0,95}{1} = 0,95 \text{ (95,0\%)}$$

Ті ж самі розрахунки проведемо для операції 010. Приведена програма:

$$N_{прив010} = \frac{c_{p010} \cdot 60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.}}{T_{шт-к010}} = \frac{0,8 \cdot 60 \cdot 4055 \cdot 0,8}{40,174} = 3885 \text{ [дет]}$$

Дані таблиць 5.1 та 5.2 залишаються тими ж самими, як і на операції 005.

Теж саме стосується і величини приведеної програми.

Визначаємо кількість верстатів, що працює з приведеною програмою:

$$C_{P010_{\text{прис}}} = \frac{40,174 \cdot 3599}{60 \cdot 3935 \cdot 0,8} = 0,765$$

Приймаємо $C_{P010_{\text{прис}}} = 1$ верстат. По завантаженню ще лишається запас на випадок розширення номенклатури.

Коефіцієнт завантаження цього верстата:

$$\eta_{з.010} = \frac{C_{P010}}{C_{P010_{\text{прис}}}} = \frac{0,765}{1} = 0,765 \text{ (76,5\%)}$$

Середній коефіцієнт завантаження верстатів:

$$\eta_{з.сер} = \frac{0,95 + 0,765}{1 + 1} = 0,857 \text{ (85,7\%)}$$

5.3 Розрахунок кількості працюючих

Склад працюючих на дільниці наступний:

- основні та допоміжні робітники;
- інженерно-технічні робітники (ІТР);
- службовці (СКП);
- молодший обслуговуючий персонал (МОП).

Розрахуємо кількість основних робітників:

$$P_{\text{верст.005}} = \frac{T_{\text{шт-к005}} \cdot N}{\Phi_p \cdot K_M} = \frac{51,44 \cdot 3599}{1860 \cdot 60} = 1,66$$

Для операції 005 приймаємо 2 робітники у дві робочі зміни.

$$P_{\text{верст.010}} = \frac{T_{\text{шт-к010}} \cdot N}{\Phi_p \cdot K_M} = \frac{40,174 \cdot 3599}{1860 \cdot 60} = 1,3$$

Для операції 010 приймаємо 2 робітники у дві робочі зміни.

Кількість допоміжних робітників – це 20-25% від загальної кількості основних робітників виходячи з умов середньосерійного виробництва:

$$P_{\text{доп.}} = 0,2 \sum P_{\text{верст.}} = 0,2 \cdot 4 = 0,8$$

Потрібен один робітник в одну зміну.

Кількість ІТР – це 18-24% від кількості основних робітників виходячи з умов середньосерійного виробництва:

$$P_{\text{ІТР}} = 0,2 \sum P_{\text{верст.}} = 0,2 \cdot 4 = 0,8$$

Потрібен один робітник у одну робочу зміну.

Кількість СКП – це 1,2-2,2% від кількості основних робітників виходячи з умов середньосерійного виробництва:

$$P_{\text{СКП}} = 0,02 \cdot 4 = 0,08$$

Потрібен один робітник у одну робочу зміну.

Кількість МОП – це 1-2% загальної кількості працюючих виходячи з умов середньосерійного виробництва:

$$P_{\text{МОП}} = 0,02 \cdot (4 + 1 + 1 + 1) = 0,14$$

Потрібен один робітник у одну робочу зміну.

Всі отримані результати зводимо до таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Відомість штатного складу працюючих

Найменування категорії працюючих	Всього	Робочі зміни	
		1 зміна	2 зміна
1. Основні робітники-верстатники	4	2	2
2. Допоміжні робітники (транспортник)	1	1	-
3. ІТР (майстер)	1	1	-
4. СКП (нормувальник)	1	1	-
5. МОП (прибиральник)	1	-	1
Загальна кількість	8 робітників		

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

Завданням розділу є здійснення атестації робочого місця за умовами праці, що знаходиться в приміщенні, яке зв'язане з напрямком майбутнього спеціаліста після завершення вищого навчального закладу.

6.1 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих чинників у виробничому приміщенні

При роботі в даному приміщенні, виникають ряд небезпечних та шкідливих виробничих чинників, які класифікуються за [11].

6.1.1 Класифікація потенційно небезпечних та шкідливих факторів

Вказане приміщення характеризується небезпечними та шкідливими виробничими факторами фізичної, хімічної, біологічної та психофізіологічної груп [11, 12], які класифікуються так:

1) Фізичні небезпечні і шкідливі виробничі фактори: підвищений рівень інфразвуку, шуму, ультразвуку та вібрації; високий рівень електромагнітних випромінювань; підвищена або понижена температура, вологість і рухливість повітря робочої зони; підвищена інтенсивність теплового випромінювання; відсутність або недостатність природного освітлення; недостатня освітленість робочої зони.

2) Хімічні небезпечні і шкідливі фактори – шкідливі хімічні речовини.

3) Біологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори – відсутні.

4) Психофізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори:

а) фізичні перевантаження – відсутні.

б) нервово-психічні перевантаження: перенапруження аналізаторів; монотонність праці.

Вкажемо імовірні підстави появи вказаних факторів і коротко опишемо їхній вплив на організм людини.

6.1.2 Імовірні причини виникнення небезпечних та шкідливих виробничих чинників

Підвищений рівень шуму і вібрації робочої зони спричиняється наявністю рухомих частин технологічного обладнання.

Підвищений рівень інфразвуку спричиняється вентиляторами та іншими рухомими елементами обладнання з частотою рухів менше 20 Гц або 1200 об/хв.

Підвищений рівень ультразвуку може бути викликаний як супутній фактор при експлуатації технологічного і вентиляційного устаткування.

Високий рівень електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону спричиняється лабораторними та вимірними приладами різного призначення, персональними комп'ютерами та інше.

Високий рівень електромагнітних випромінювань промислової частоти спричиняється будь-якими електроустановками та струмоведучими частинами промислової частоти.

Підвищена або понижена температура повітря робочої зони спричиняється тим, що при роботі ПК утворене тепле повітря видують газівні із системного блоку спеціальні вентилятори. Це приводить до підвищення температури в приміщенні.

Підвищена або понижена відносна вологість повітря робочої зони спричиняється тим, що при роботі ПК утворене тепле повітря видують газівні із системного блоку спеціальні вентилятори, що приводить до зниження вологості повітря.

Підвищена або понижена рухливість повітря робочої зони спричиняється нераціональними параметрами системи вентиляції або її відсутністю.

Підвищена інтенсивність теплового випромінювання спричиняється теплом, яке надходить до приміщення від системи опалювання, в результаті сонячної радіації та від інших джерел.

Відсутність або недостатність природного освітлення спричиняється наявністю конфронтуючих будинків та споруд.

Недостатня освітленість робочої зони спричиняється нераціональним розташуванням ламп та світильників штучного освітлення.

Шкідливі хімічні речовини в повітрі робочої зони спричиняються виділенням такої речовини, як озон в процесі роботи за ПК. Основними джерелами озону на комп'ютеризованих місцях є електронно-променеві трубки відеотерміналів та копійальна техніка.

Перенапруження аналізаторів спричиняється постійною переадаптацією ока в умовах наявності в полі зору об'єкта і фону різної яскравості, недостатньою чіткістю і контрастністю зображення на екрані, рядковою структурою зображення, мерехтінням.

Монотонність праці спричиняється одноманітністю роботи працюючого.

6.1.3 Вплив небезпечних та шкідливих виробничих чинників на організм людини

Підвищений рівень шуму і вібрації робочої зони може спровокувати психічні та фізіологічні порушення, що знижують працездатність і створюють передумови для загальних та професійних захворювань і виробничого травматизму.

Підвищений рівень інфразвуку супроводжується відчуттям обертання, розхитування, почуттям тривоги, страху, біллю у вухах, порушенням роботи органів рівноваги.

Підвищений рівень ультразвуку може спровокувати зсуви у стані нервової, серцево-судинної, дихальної, ендокринної системах організму, у обміні речовин та терморегуляції людини.

Високий рівень електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону може спровокувати катаракту, при якій помутніння розвивається на мембрані кришталика, підвищену частоту захворювання глаукомою, а під дією підвищеної концентрації пилу поблизу екрана дисплея підвищується імовірність виникнення дерматитів обличчя (прищі, екземи, свербіж шкіри).

Високий рівень електромагнітних випромінювань промислової частоти може спровокувати злоякісні пухлини. Найбільш сильна дія цих полів виявляється на

відстані до 30 см від екрана. Не меншої інтенсивності досягають ці поля із задньої сторони дисплея (джерело рядковий трансформатор) – їхній шкідливий вплив поширюється на відстань до 0,7-1 м.

Підвищена або понижена температура повітря робочої зони може спровокувати перегрів або переохолодження організму працівника.

Підвищена або понижена відносна вологість повітря робочої зони може спровокувати зменшення або збільшення тепловіддачі організмом людини, що сприяє його перегріванню або переохолодженню.

Підвищена або понижена рухливість повітря робочої зони може спровокувати порушення реакції терморегуляції організму людини.

Підвищена інтенсивність теплового випромінювання може спровокувати перегрівання організму працівника.

Відсутність або недостатність природного освітлення ускладнює виконання роботи, може призвести до нещасного випадку і захворюванню органів зору працюючого.

Недостатня освітленість робочої зони може стати причиною багатьох важких і смертельних випадків на виробництві.

Шкідливі хімічні речовини в повітрі робочої зони діють таким чином. Озон є дуже сильним окисником і при концентрації вище ніж 0,1 мг/м³ шкідливо впливає на здоров'я людини. Надзвичайна небезпека озону для здоров'я людини пов'язана з тим, що він належить до хімічних сполук, що викликають в живих організмах зміни, схожі з тими, які виникають після дії іонізуючого випромінювання. Тому озон вважається не лише подразнюючою, а й канцерогенною речовиною. Іонізація повітря може викликати невелике підвищення температури тіла під час роботи за комп'ютером.

Перенапруження аналізаторів призводить до різкої втоми органів зору працюючого і навіть до погіршення зору.

Монотонність викликає у працюючого гіподинамію, підвищену плинність кадрів, розвиток неврозів.

6.1.4 Обґрунтування вибору нормованих значень небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Відповідно до [13] для такої шкідливої речовини, як озон, встановлюємо, що вона відноситься до 4-го класу безпеки, а її ГДК = 0,1 мг/м³.

Для виду вібрації – загальна, вибираємо нормований еквівалентний рівень віброприскорення 32 дБ [14].

Враховуючи призначення приміщення – виготовлення і вид шуму – постійний, встановлюємо нормований еквівалентний рівень шуму 80 дБА [15].

Відповідно до рекомендацій [19] нормований загальний рівень інфразвуку 110 дБ, нормований рівень ультразвуку 110 дБ.

При частоті електричного поля радіочастотного діапазону 104,091 МГц нормована напруженість електричного поля 8-ми годинного робочого дня складає 10 В/м згідно з [16].

Нормована напруженість електричного поля промислової частоти для 8-ми годинного робочого дня становить 5 кВ/м [16].

За величиною енерговитрат 203 Вт згідно з [17] вибираємо категорію важкості робіт за фізичним навантаженням – Па, для якої в холодний період року для постійних робочих місць допустима температура повітря становить 17...23 °С, допустима швидкість руху повітря 0,3 м/с, а допустима відносна вологість повітря не більше ніж 75 %. Інтенсивність теплового випромінювання не повинна перевищувати 140 Вт/м².

Враховуючи найменший розмір об'єкта розрізнення 0,56 мм, встановлюємо розряд зорових робіт – 4, для якого нормоване КПО для бокового освітлення становить 1,5 % [18].

Оскільки приміщення знаходиться у м. Вінниця (2-га група забезпеченості природним світлом), а вікна орієнтовані за азимутом 218°, то для таких умов нормоване КПО перераховуватиметься за формулою [18]:

$$e_N = e_H \cdot m_N [\%], \quad (6.1)$$

де e_n – табличне значення КПО для бокового освітлення, %;

m_N – коефіцієнт світлового клімату;

N – номер групи забезпеченості природним світлом.

$$e_N = 1,5 \cdot 0,85 = 1,28 (\%)$$

Враховуючи співвідношення контрасту (середній) та фону (світлий), встановлюємо підрозряд зорових робіт – г, в межах якого вибираємо нормовану освітленість для загального штучного освітлення – 200 лк.

6.2 Карта умов праці

Для здійснення атестації робочого місця, необхідна карта умов праці. Атестацію робочих місць проводять за результатами всебічного обстеження і оцінки характеру та умов праці.

6.2.1 Оцінка чинників виробничого і трудового процесів

Оцінку стану робочого місця за умовами праці виконують з урахуванням впливу на працівників усього комплексу чинників виробничого середовища і трудового процесу, що передбачаються Гігієнічною класифікацією праці [9]. В таблиці 6.1 наведено оцінку факторів трудового та виробничого процесів.

Таблиця 6.1 – Оцінка факторів трудового та виробничого процесів

Номер	Фактори виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення (ГДР, ГДК)		Фактичне значення	Ступінь 3-го класу: шкідливі умови і характер праці		
		нижнє	верхнє		I	II	III
1	Шкідливі хімічні речовини:						
1.1	1-й клас небезпеки		–	–			
1.2	2-й клас небезпеки		–	–			
1.3	3-й, 4-й класи небезпеки		0,1	14,46			+
2	Вібрація		33	9			
3	Шум		80	27			
4	Інфразвук		110	36			
5	Ультразвук		110	87			
6	Неіонізуючі випромінювання:						
6.1	– радіочастотний діапазон		10	58	+		
6.2	– діапазон промислової частоти		5	0,81			
6.3	– оптичний діапазон		0	0			
7	Мікроклімат у приміщенні:						
7.1	– температура повітря, °C	17	23	17			
7.2	– швидкість руху повітря, м/с		0,3	1,9		+	
7.3	– відносна вологість повітря, %		75	77			
7.4	– інтенсивність теплового випромінювання, Вт/м ²		140	2270		+	
8	Виробниче освітлення:						
8.1	– розряд зорових робіт	4		4			
8.2	– КПО для природного освітлення, %	1,28		1,7			
8.3	– освітленість для штучного освітлення, лк	200		171	+		
	Кількість факторів	–	–	–	2	2	1

6.2.2 Гігієнічна оцінка умов праці

Підвищена концентрація шкідливої хімічної речовини 4-го класу небезпеки – 3 ст.

Підвищений рівень неіонізуючих випромінювань радіочастотного діапазону – 1 ст.

Підвищена швидкість руху повітря в холодний період року – 2 ст.

Підвищена інтенсивність теплового випромінювання – 2 ст.

Недостатня освітленість робочої зони штучним освітленням – 1 ст.

6.2.3 Оцінка технічного й організаційного рівня

Технічний рівень робочого місця не відповідає нормативним вимогам.

6.2.4 Атестація робочого місця

Робоче місце атестовано за третім ступенем шкідливості.

6.2.5 Рекомендації щодо покращення умов праці

З метою забезпечення чистоти повітря робочої зони потрібно доповнити природну вентиляцію механічною.

Для забезпечення допустимих параметрів неіонізуючих випромінювань радіочастотного діапазону в приміщенні потрібно екранувати джерела випромінювання.

З метою забезпечення допустимих параметрів інтенсивності теплового випромінювання в приміщенні доцільно застосувати механічну загальнообмінну вентиляцію.

Для забезпечення нормованих параметрів освітленості для штучного освітлення в приміщенні потрібно збільшити потужність/кількість ламп в освітлювальних установках.

6.3 Пожежна безпека

Мінімальні межі вогнестійкості конструкцій приміщення, що розглядається наведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Мінімальні межі вогнестійкості приміщення [20]

Ступінь вогнестійкості будівель	Стіни				Колони	Східчасті майданчики	Плити та інші несучі конструкції	Елементи покриття	
	Несучі та східчасті плити	Самонесучі	Зовнішні несучі	Перегородки				Плити, прогони	Балки, ферми
4	REI 30 M1	REI 15 M1	E 15 M1	EI 15 M1	R 30 M1	R 15 M1	REI 15 M1	не нормується	

Примітка. R – втрати несучої здатності; E – втрати цілісності; I – втрати теплоізоляційної спроможності; M – показник здатності будівельної конструкції поширювати вогонь (межа поширення вогню); M0 – межа поширення вогню дорівнює 0 см; M1 – $M \leq 25$ см – для горизонтальних конструкцій; $M \leq 40$ см – для вертикальних і похилих конструкцій.

В таблиці 6.3 наведено протипожежні норми проектування будівель і споруд.

Таблиця 6.3 – Протипожежні норми проектування будівель і споруд [21]

Об'єм приміщення, тис. м ³	Категорія пожежної небезпеки					Ступінь вогнестійкості				Протипожежні розриви, м, для ступеня їх вогнестійкості				Найбільша кількість поверхів				Площа поверху в межах пожежного відсіку, м ² , для кількості поверхів			
до 15	Б	4	Відстань, м, при щільності людського потоку в загальному проході, осіб/м ²			Кількість людей на 1 м ширини евакуиходу	Протипожежні розриви, м, для ступеня їх вогнестійкості			1	5200	—	—								
			до 1	2-3	4-5		I, II	III	IV, V					1	2	3 і більше					
до 15	Б	4	40	25	15	45	12	15	18	1	5200	—	—								

Висновок: в результаті написання цього розділу було опрацьовано такі питання охорони праці, як аналіз шкідливих та небезпечних виробничих чинників

у виробничому приміщенні; карта умов праці; рекомендації стосовно поліпшення умов праці, а також наведено норми пожежної безпеки.

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

ВИСНОВКИ

У бакалаврській дипломній роботі виконано розрахунки, пов'язані з проектуванням та виготовленням корпусу електрогідравлічного регулятора насоса типу «Корпус РР.251.110».

На етапі проектування було обрано середньосерійний тип виробництва, що дало змогу провести детальний аналіз технологічності деталі та підтвердити можливість її виготовлення у заданих умовах. Серед кількох розглянутих варіантів заготовки найоптиміальнішим визнано виготовлення з гарячекатаного сортового квадратного прокату, який забезпечує раціональне використання матеріалу та необхідну точність обробки.

Розробка технологічного процесу механічної обробки включала аналіз існуючих підходів до обробки аналогічних корпусних деталей. Визначено маршрут обробки, складено послідовність технологічних операцій і схеми базування, що враховують особливості конструкції деталі.

Проведено розмірний аналіз, включно зі складанням схем технологічного процесу, визначенням мінімальних припусків та використанням розрахункових рівнянь для досягнення заданої точності виготовлення. Встановлено режими різання, нормативи часу на виконання операцій, а також підібрано необхідне устаткування та ріжучий інструмент.

У роботі також виконано розрахунки основних виробничих показників: кількості обладнання, коефіцієнта його завантаження, кількості персоналу, необхідного для ефективної роботи на ділянці.

У розділі Охорона праці наведено рекомендації щодо безпечного виконання технологічних операцій, профілактики професійних захворювань, дотримання санітарно-гігієнічних норм. Розглянуто заходи безпеки при виникненні потенційно небезпечних ситуацій і запропоновано технічні рішення для забезпечення захисту працівників в умовах надзвичайних ситуацій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

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": методичні вказівки. Вінниця : ВДТУ, 2002.-58 с.
2. Дерібо О.В., Дусанюк Ж.П., Пурдик В.П. Технологія машинобудування. Курсове проектування: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2013.-123с.
3. Дерібо О.В. Основи технології машинобудування. Частина 1: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2015.-112 с.
4. Дерібо О.В., Дусанюк Ж.П., Сухоруков С.І. Основи технології машинобудування. Частина 2: практикум. Вінниця: ВНТУ, 2015.-116 с.
5. Дусанюк Ж.П. Посібник до практичних занять з дисципліни «Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні»: посібник. Вінниця: ВНТУ, 2011.-143 с.
6. Руденко П. А., Харламов Ю. А., Плескач В. М. Проектування та виготовлення заготовок в машинобудуванні: посібник. Київ: Вища Школа, 1999 – 247 с.
7. Рудь В.Д. Курсове проектування з технології машинобудування: навчальний посібник: посібник. Київ: ІСДО, 1996. – 300 с.
8. ДСТУ 4746:2007. Прокат сортовий сталевий гарячекатаний квадратний.
9. ДСТУ 4747:2007. Прокат сортовий сталевий гарячекатаний штабовий.
10. Іванов М. І. Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування : навчальний посібник. Вінниця: Глобус-Прес, 2011. – 200 с.
11. ДСТУ 2293-99. Охорона праці. Терміни і визначення.
12. Віштак І. В. Охорона праці в галузях механічної інженерії та транспорту: навчальний посібник / І.В. Віштак, О.В. Березюк. – Вінниця : ВНТУ, 2023.– 195 с.

13. Міністерство охорони здоров'я України. Наказ № 1596 від 14.07.2020 "Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони". – 81 с.

14. ДСН 3.3.6.039-99. Санітарні норми виробничої та загальної вібрацій.

15. ДСН 3.3.6-037-99. Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

16. ДСанПіН 3.3.6-096-2002. Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів.

17. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

18. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.

19. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи "Атестація робочих місць за умовами праці" з дисципліни "Охорона праці в галузі" для студентів усіх спеціальностей / Уклад. О.В. Березюк, М.С. Лемешев. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 21 с.

20. ДБН В.1.1.7–2002. Пожежна безпека об'єктів сільського господарства.

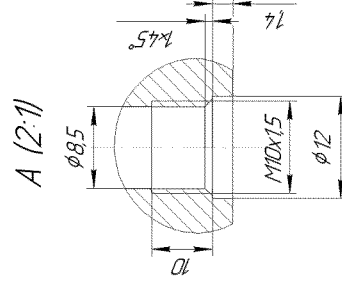
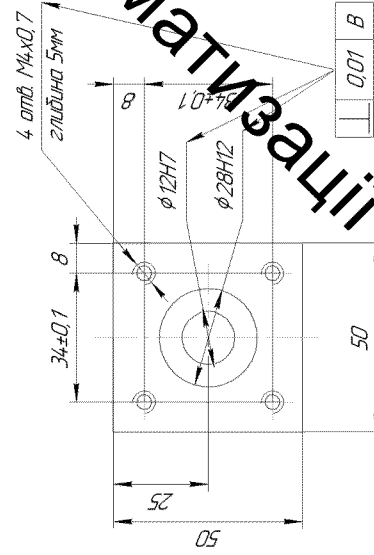
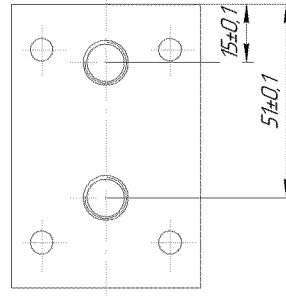
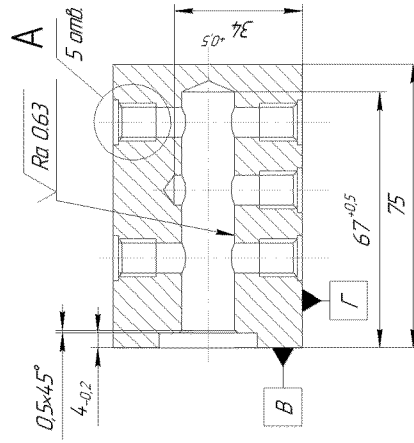
21. СНиП 2.09.02-85. Протипожежні норми проектування будівель і споруд.

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

Додатки

ДОДАТОК А

Графічна частина



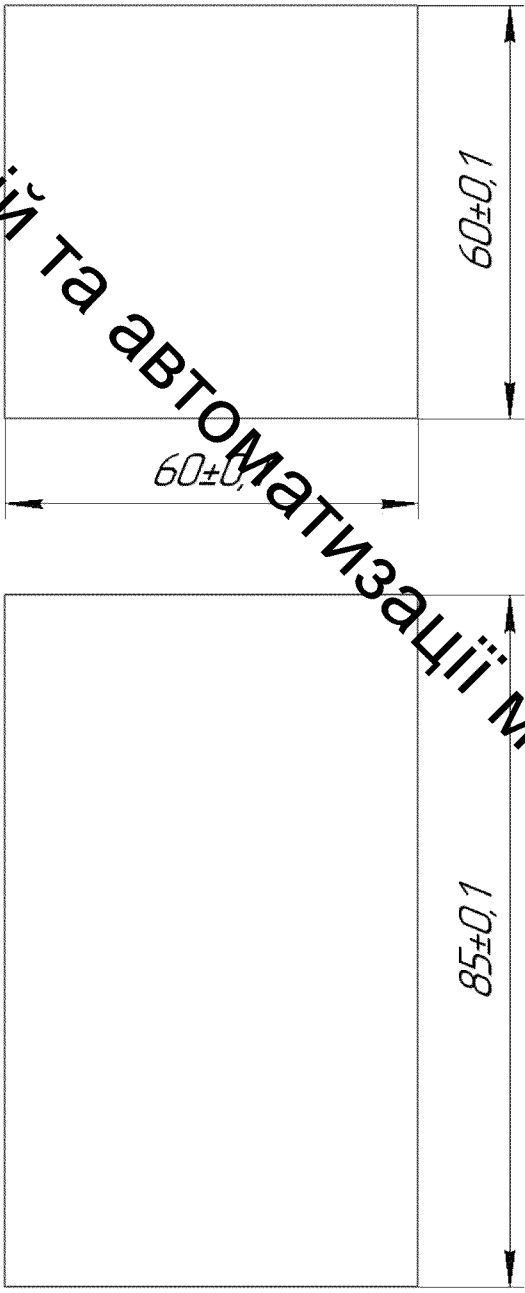
1. Неперпендикулярність осей ϕ_{29H12} , ϕ_{12H7} , 4 отп. $M4 \times 0,7$ площині "В" в межах $0,01 \text{ мм}$
2. Кромки 4-х отп. $\phi 6$ з двох боків притупити фаскою $0,5 \times 45^\circ$.
3. Неперпендикулярність осей 3 отп. $\phi 8,5$, 4 отп. $\phi 6$ площини "Г" в межах $0,01 \text{ мм}$
4. Всі з'єднані грані деталі повинні мати шорсткість $Ra=3,2 \text{ мкм}$.
5. З'єднані паралельні протилежних граней між собою в межах $0,05 \text{ мм}$
6. Невідказні граничні відхилення розмірів валів H14, отворів H14, та інші ± 2 .
7. Гострі кромки політуїти.

[illegible]

08-64.БДР.017.00.002

✓ Ra 12,5 (✓)

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування



08-64.БДР.017.00.002

Корпус ЕР.251.110
(заготовка)

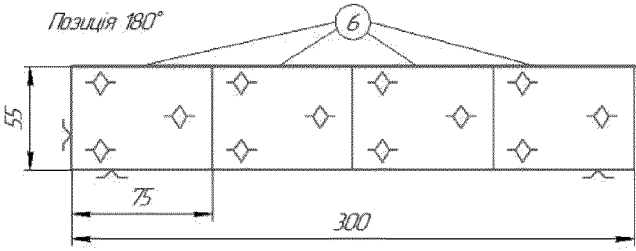
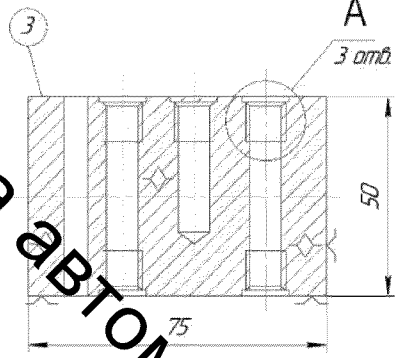
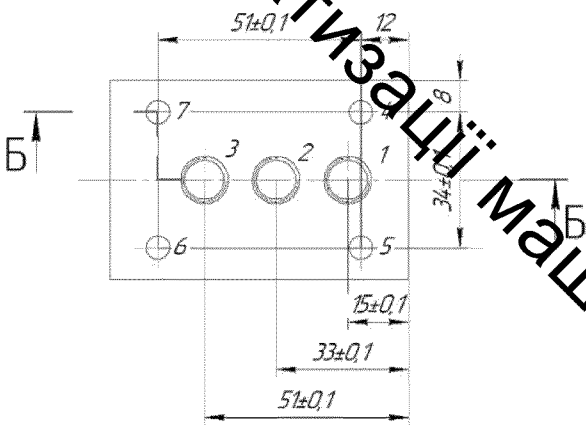
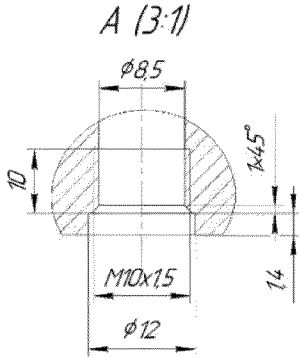
а55 ДСТУ 4746:2007
Сталь 45 ДСТУ 7809:2015

Лист			Маса	Масштаб
			2,311	1:1
Лист			Листів	1

Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розробив	Макринчук О. В.		
Перевірив	Козлов Л. Г.		
Т.контр.			
Н.контр.	Лозінський Д. О.		
Затв.	Козлов Л. Г.		

ВНТУ,
гр. ІПМ-21б

Номер, назва і зміст операції	Ескіз обробки зі схемою базування	Тип і модель верстата
1	2	3
005 Горизонтально-фрезерна <u>Установ А, позиція 0°</u> 1. Фрезерувати поперечно пов. 1 заготовок 2. Фрезерувати поперечно пов. 1 заготовок 3. Фрезерувати остаточно пов. 1 заготовок 4. Повернути пристосування на 180° <u>Установ А, позиція 180°</u> 5. Фрезерувати поперечно пов. 3 заготовок 6. Фрезерувати поперечно пов. 3 заготовок 7. Фрезерувати остаточно пов. 3 заготовок 8. Перевстановити заготовки <u>Установ Б, позиція 0°</u> 1. Фрезерувати поперечно пов. 4 заготовок 2. Фрезерувати поперечно пов. 4 заготовок 3. Фрезерувати остаточно пов. 4 заготовок 4. Повернути пристосування на 180° <u>Установ Б, позиція 180°</u> 5. Фрезерувати поперечно пов. 2 заготовок 6. Фрезерувати поперечно пов. 2 заготовок 7. Фрезерувати остаточно пов. 2 заготовок 8. Перевстановити заготовки <u>Установ В, позиція 0°</u> 1. Фрезерувати поперечно пов. 5 заготовок 2. Фрезерувати поперечно пов. 5 заготовок 3. Фрезерувати остаточно пов. 5 заготовок 4. Повернути пристосування на 180°	Позиція 0° Установ А (вид зверху) $\sqrt{Ra\ 3.2}$ Позиція 180° Позиція 0° Установ Б $\sqrt{Ra\ 3.2}$ Позиція 180° $\sqrt{Ra\ 3.2}$ Позиція 0° Установ В $\sqrt{Ra\ 3.2}$	Горизонтально-фрезерний мод. ADF0808

1	2	3
Встанов В, позиція 180° 5. Фрезерувати попередньо пов. 6 заготовки 6. Фрезерувати попередньо пов. 6 заготовки 7. Фрезерувати остаточно пов. 6 заготовок 8. Зняти заготовки з поворотного столу 010 Багатоцільова з ЧПК Позиції 0°, 90°, 180°, 270° Площина 1 1. Центрувати отв. 1, 2, 3 з дотриманням розмірів по осі симетрії розміру $15 \pm 0,1$, $33 \pm 0,1$, $51 \pm 0,1$ 2. Свердлити отв. 1 з дотриманням розмірів $\varnothing 8,5$, $13 \pm 0,1$ наскрізно в режимі глибокого свердління 3. Свердлити отв. 2 з дотриманням розмірів $\varnothing 8,5$, $33 \pm 0,1$, $34^{+0,5}$ 4. Свердлити отв. 3 з дотриманням розмірів $\varnothing 8,5$, $51 \pm 0,1$ наскрізно в режимі глибокого свердління 5. Зенкувати отв. 1, 2, 3 $\varnothing 12$ на глибину 1,4 мм 6. Зенкувати 3 фаски в отв. 1, 2, 3 з дотриманням розміру $1 \times 45^\circ$ 7. Нарізати різь в отв. 1, 2, 3 з дотриманням розмірів $M10 \times 1,5$, 10 мм 8. Центрувати 4 отв. 4, 5, 6, 7 з дотриманням розмірів 12, 8, $51 \pm 0,1$ та $34 \pm 0,1$ 9. Свердлити 4 отв. 4, 5, 6, 7 наскрізно в режимі глибокого свердління 10. Зенкувати 4 фаски отв. 4, 5, 6, 7 з дотриманням розміру $0,5 \times 45^\circ$ 11. Перевстановити деталі на поворотному столі Позиції 0°, 90°, 180°, 270° Площина 4 1. Центрувати отв. 12 з дотриманням розмірів 25 та 75 мм. по осі симетрії розміру 50 мм 2. Свердлити отв. 12 з дотриманням розмірів $67^{+0,5}$ мм та $\varnothing 11,5$ в режимі глибокого свердління 3. Зенкувати отв. 12 з дотриманням розміру $\varnothing 11,85$ на повну глибину	Позиція 180°  Б-Б   А (3:1) 	Багатоцільовий верстат з ЧПК мод. 2204ВМФ2

1

4. Розгорнути отв. 12 попередньо з дотриманням розміру $\varnothing 11,95$ на повну глибину
5. Розгорнути отв. 12 попередньо з дотриманням розміру $\varnothing 12H7$ на повну глибину
6. Зенкувати отв. $\varnothing 28H12$ з дотриманням розміру 4 мм
7. Зенкувати фаску в отв. 12 з дотриманням розміру $0,5 \times 45^\circ$
8. Центрувати отв. $8 \div 11$ з дотриманням розмірів $34 \pm 0,1$ (2 розміри), 8 мм (2 розміри)
9. Свердлити отв. $8 \div 11$ з дотриманням розмірів $\varnothing 3,3$ на глибину 5 мм
10. Перевстановити деталі на поворотному столі

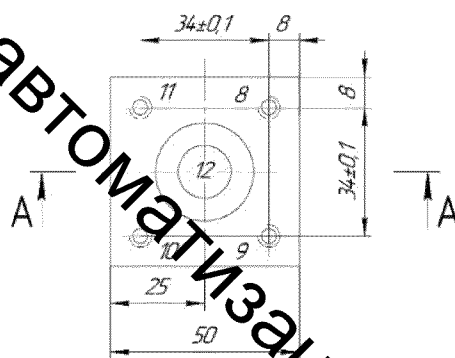
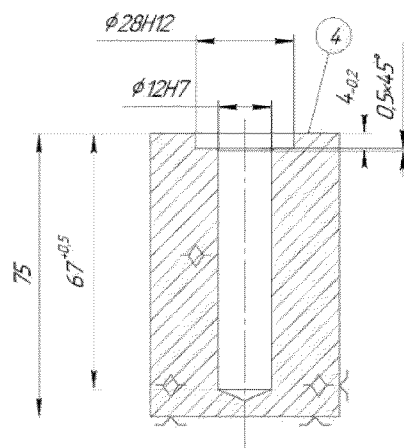
Позиції 0° , 90° , 180° , 270°

Площина 3

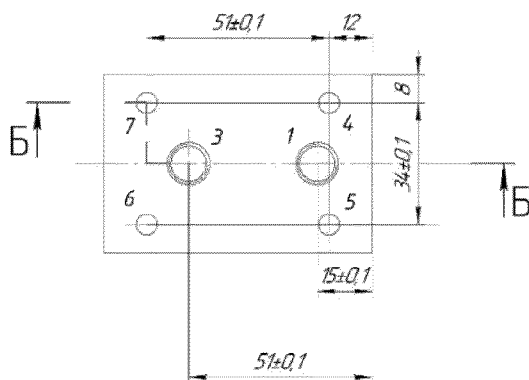
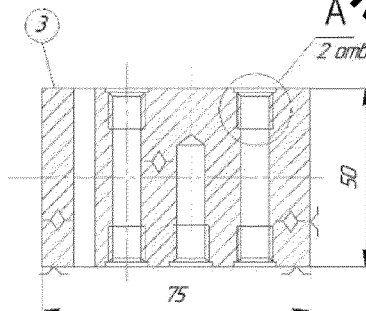
1. Центрувати отв. 1, 3 з дотриманням розмірів $15 \pm 0,1$, $51 \pm 0,1$ мм
2. Зенкувати фаску у отв. 1, 3 з дотриманням розміру $1 \times 45^\circ$
3. Нарізати різь в отв. 1, 3 з дотриманням розмірів $M10 \times 1,5$ та 10 мм
4. Зенкувати фаску в 4, 5, 6, 7 з дотриманням розміру $0,5 \times 45^\circ$
5. Зняти заготовки з поворотного столу

2

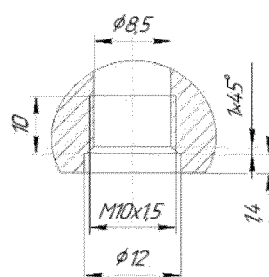
A-A



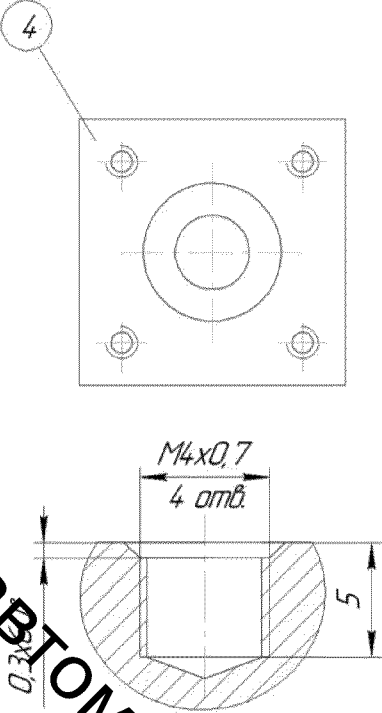
Б-Б



A (3:1)

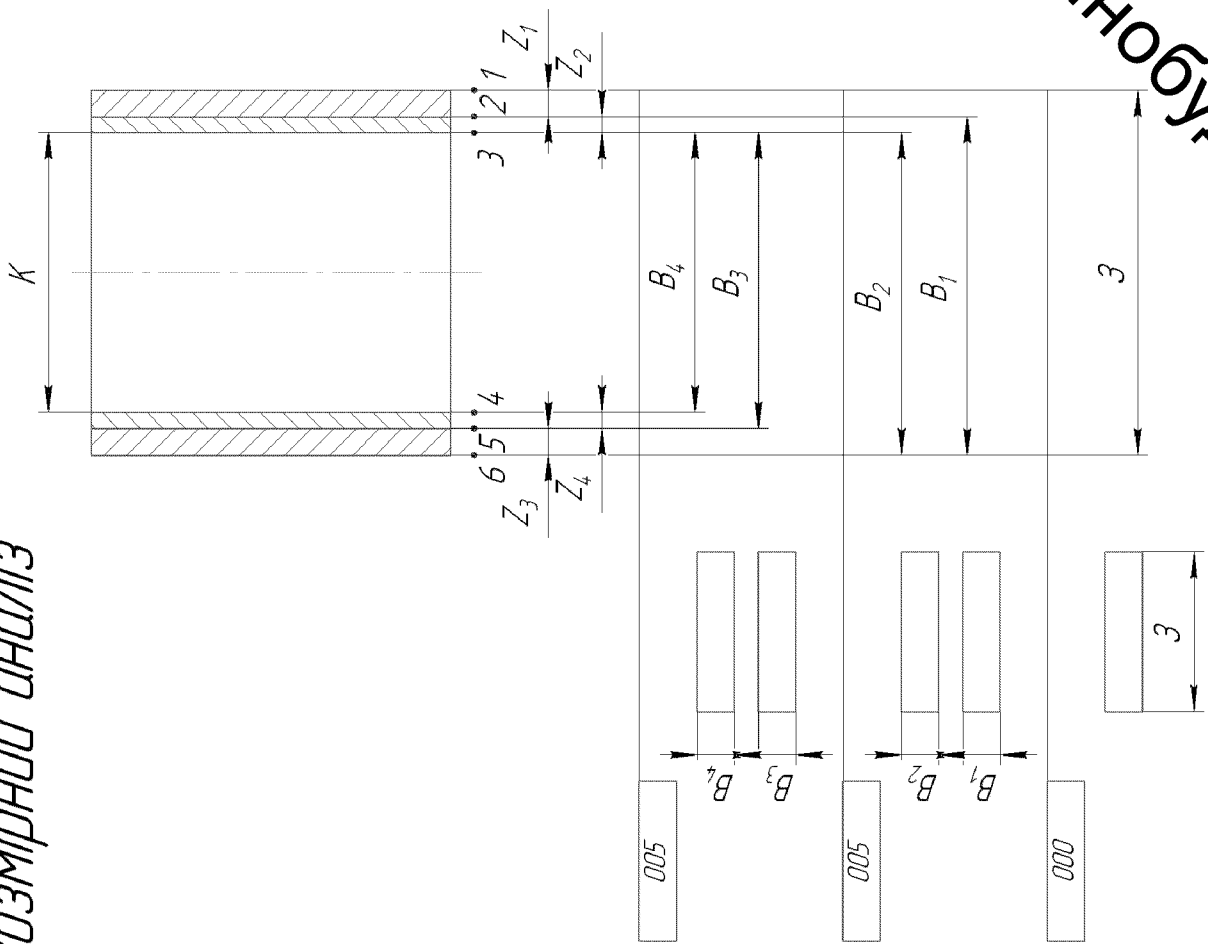


3

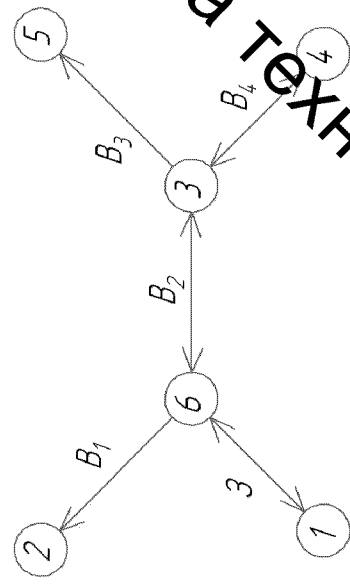
1	2	3
Слюсарна - Розсвердлити фаски $0,3 \times 60^\circ$ у 4-х отв. $\varnothing 3,3$ - Нарізати різі $M4 \times 0,7$ у 4-х отв. $\varnothing 3,3$ - Притупити гострі кромки зовнішніх поверхонь фаскою $1 \times 45^\circ$		Слюсарний стіл

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

Розмірний аналіз



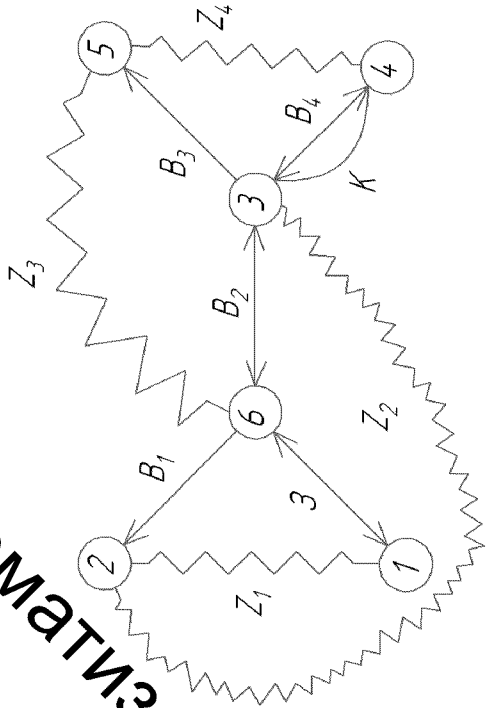
Розмірна схема ТП на операції 005



Похідний граф-дерево



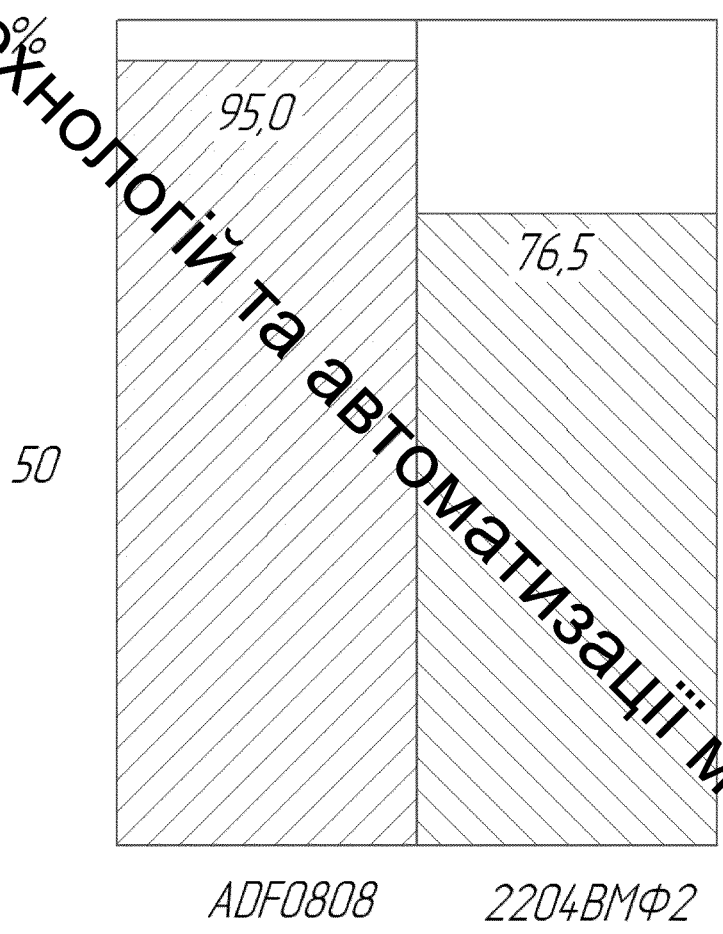
Проміжний граф-дерево



Суміщений граф

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

Графік завантаження обладнання



Кількість працюючих на ділянці

- Кількість основних робітників: 4 чол.
- Кількість допоміжних робітників: 1 чол.
- Кількість інженерно-технічних робітників: 1 чол.
- Кількість службовців: 1 чол.
- Кількість молодшого обслуговуючого персоналу 1 чол.

ДОДАТОК Б

Протокол перевірки кваліфікаційної роботи
на наявність текстових запозичень

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: «ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ЕР.251.110»

Тип роботи: бакалаврська кваліфікаційна робота
(бакалаврська кваліфікаційна робота / магістерська кваліфікаційна робота)

Підрозділ кафедра ТАМ, факультет МТ
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism 6,36%

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

- ☒ Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту
- ☐ У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.
- ☐ У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Роботу до захисту не приймається.

Експертна комісія:

Леонід КОЗЛОВ, завідувач кафедри ТАМ, гарант ОПП
(ім'я, прізвище, посада)

(підпис)

Дмитро ЛОЗІНСЬКИЙ, доцент кафедри ТАМ
(ім'я, прізвище, посада)

(підпис)

Особа, відповідальна за перевірку

(підпис)

Дмитро ЛОЗІНСЬКИЙ
(ім'я, прізвище)

З висновком експертної комісії ознайомлений

Керівник

(підпис)

Леонід КОЗЛОВ, професор каф. ТАМ

(ім'я, прізвище, посада)

Здобувач

(підпис)

Олександр МОКРИНЧУК

(ім'я, прізвище)