

Вінницький національний технічний університет
(назва, повна назва, місто, область, країна)

Факультет машинобудування та транспорту
(назва факультету, місто, область, країна)

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(назва кафедри, місто, область, країна)

Бакалаврська кваліфікаційна робота
на тему:

«ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ
ТИПУ «КОРПУС ДР.»»

Виконав: студент 4 курсу, групи НМ-216
спеціальності 131 – Прикладна
механіка

(підпис) Захар БОБІКОВ
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ
Ольга СЕРДЮК

(підпис) (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

« 06 » 06 2025 р.

Рецензент: к.т.н., доц. каф. АТМ

(підпис) Борисюк Д.Б.
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

« 13 » 06 2025 р.

Допущено до захисту

Зав. кафедри

« 9 » 06 2025 р.

Вінниця ВНТУ - 2025 рік

Вінницький національний технічний університет
 Факультет машинобудування та транспорту
 Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
 Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
 Галузь знань – 12 Механічна інженерія
 Спеціальність – 131 – «Інженерна механіка»
 Освітньо - професійна програма – Комп'ютеризовані технології та механотронні системи в машинобудуванні

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
 д.т.н., професор Козлов А.І.
 « 20 » 03 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Бобіков Захар Валентинович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус АР.7».

Керівник роботи Сердюк Ольга Валентинівна, к.т.н.

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

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

2. Термін подання студентом роботи 16.06.25р.

3. Вихідні дані до роботи Креслення деталі: Корпус АР.7

Матеріал:

Програма випуску:

4. Зміст текстової частини

1. Аналіз методів виготовлення та обробки заготовок деталей типу " Корпус АР.7"

2. Розробка технологічного процесу обробки

3. Розрахунок елементів ділянки механічної обробки

4. 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;

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		надання визнач	виконання процесів
спеціальна частина	Ольга СЕРДЮК, доцент кафедри ТАМ	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
Охорона праці	Олег БІРІЗЮК, професор кафедри БЖД/ПБ	<i>[Signature]</i> 20.05	<i>[Signature]</i>

7. Дата надання завдання: 03 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Приміт
		початок	закінчення	
	Формування та затвердження теми бакалаврської кваліфікаційної роботи (БКР)	18.03.25р	20.03.24р	<i>визн</i>
	Виконання спеціальної частини БКР. Перший рубіжний контроль виконання БКР	22.04.25р	25.04.25р	<i>визн</i>
	Виконання спеціальної частини БКР. Другий рубіжний контроль виконання БКР	26.05.25р	28.05.25р	<i>визн</i>
	Виконання розділу «Охорона праці»	26.05.25р	06.06.25р	<i>визн</i>
	Перевірка на антиплагіат	05.06.25р	09.06.25р	<i>визн</i>
	Нормоконтроль БКР	09.06.25р	10.06.25р	<i>визн</i>
	Попередній захист БКР	10.06.25р	11.06.25р	<i>визн</i>
	Рецензування БКР	12.06.25р	13.06.25р	<i>визн</i>
	Захист БКР	17.06.25р	19.06.25р	<i>визн</i>

Студент

[Signature]

Захар Бобіков

Керівник роботи

[Signature]

Ольга СЕРДЮК

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська дипломна робота складається з 91 сторінок формату А4, на яких є 22 рисунків, 12 таблиць, список використаних джерел містить 22 найменувань.

В бакалаврській дипломній роботі спроектовано технологічний процес механічної обробки деталі типу “ Корпус АР.7”.

В роботі виконаний аналіз технологічності конструкції деталі, вибраний метод отримання заготовки з урахуванням техніко-економічного порівняння варіантів, проведені розрахунки припусків на обробку, спроектований технологічний процес, виконано розмірний аналіз технологічного процесу.

Проведені розрахунки окремих елементів дільниці механічної обробки, а саме визначено приведену програму, розраховано кількість верстатів та робітників на дільниці.

У графічній частині представлено робочі креслення деталі, заготовки, графічне зображення маршруту механічної обробки деталі та схеми з таблицями, що пояснюють розмірний аналіз технологічного процесу.

У розділі охорони праці опрацьовано такі питання, як причини виникнення, дія на організм людини та нормування шкідливих та небезпечних виробничих факторів у виробничому приміщенні, наведені рекомендації щодо поліпшення умов праці, а також розглянуто норми пожежної безпеки.

Ключові слова: корпус, технологічний процес, заготовка, механічна обробка, розмірний аналіз, планіровка, дільниця механічної обробки.

ABSTRACT

The bachelor's thesis consists of 91 pages of A4 format, on which there are 22 figures, 12 tables, the list of used sources contains 22 names.

In the bachelor's thesis, the technological process of mechanical processing of a part of the “AR.7 Housing” type is designed.

In the work, the analysis of the manufacturability of the part design is performed, the method of obtaining the workpiece is selected taking into account the technical and economic comparison of options, calculations of allowances for processing are performed, the technological process is designed, and a dimensional analysis of the technological process is performed.

Calculations of individual elements of the machining section are performed, namely, the resulting program is determined, the number of machines and workers in the section is calculated.

The graphic part presents working drawings of the part, the workpiece, a graphic image of the machining route of the part and diagrams with tables explaining the dimensional analysis of the technological process.

The occupational safety section covers issues such as the causes of occurrence, effects on the human body, and standardization of harmful and dangerous production factors in the production facility, recommendations for improving working conditions, and fire safety standards.

Keywords: housing, technological process, workpiece, machining, dimensional analysis, layout, machining area.

ЗМІСТ

Вступ	5
1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИКОТОВЛЕННЯ ТА ОБРОБКИ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ	7
1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи	7
1.2 Огляд можливих методів та способів отримання заготовки	13
1.3 Огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва, їх аналіз на предмет використання при проектуванні маршруту механічної обробки	13
2 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ	16
2.1. Аналіз конструкції і технологічності деталі	16
2.2. Розрахунок розмірів заготовки.	20
2.3 Розробка маршруту механічної обробки.	28
2.3.1. Вибір способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки	28
2.3.2 Вибір чистових та чорнових технологічних баз	30
2.3.3 Проектування маршруту механічної обробки з розробкою змісту операцій, попереднім вибором верстатів та зображенням схем базування	34
2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу	36
2.3.5. Розрахунок припусків	41
2.3.6. Визначення режимів різання на обробку конструкторських баз та кріпильних отворів	45
2.3.7. Визначення технічних норм часу для всіх операцій. Для однієї операції детально, решта у вигляді підсумкової таблиці	49
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ	52
3.1 Розрахунок приведеної програми	52

3.2 Визначення кількості верстатів, коефіцієнтів завантаження та ви-	53
користання за основним часом	
3.3 Розрахунок кількості працюючих на ділянці	55
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ	58
ВИСНОВКИ	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	68
ДОДАТКИ	70
ДОДАТОК А (обов'язковий) Поток перевірки кваліфікаційної	71
роботи на наявність текстових запозичень	
ДОДАТОК Б (обов'язковий). Графічна частина	72

ВСТУП

Сучасне виробництво пропонує широкий вибір технологічного обладнання, пристосувань та інструменту для отримання різноманітних деталей високої точності з найменшими затратами.

Для обробки деталей в серійному типі виробництва доцільно використовувати обладнання із ЧПК. Воно дозволяє отримати точні поверхні, і за рахунок можливості виконання багатьох переходів механічної обробки із одного установа забезпечити максимальну точність взаємного розташування поверхонь (оскільки похибка базування буде рівна нулеві при їх обробці з одного установа). Крім того це дозволяє скоротити час на переустановки і переналагодження верстату, та інші складові допоміжного часу, а це в свою чергу зменшує собівартість деталі. Тому для обробки деталі планується використання верстатів з ЧПК.

Мета і завдання дослідження. Мета бакалаврської дипломної роботи – удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус АР.7» на верстатах з ЧПК з побудовою технологічного маршруту.

Для досягнення поставленої мети повинні бути вирішені такі *завдання*:

- провести огляд технології виготовлення деталі типу «Корпус»;
- на основі робочого креслення деталі виконати якісний та кількісний аналіз технологічності конструкції деталі;
- встановити тип виробництва та форму організації роботи;
- вибрати метод та оптимальний спосіб виготовлення заготовки, виконавши відповідне техніко-економічне обґрунтування;
- вибрати методи обробки поверхонь деталі «Корпус АР.7»;
- обґрунтувати вибір чистових та чорнових технологічних баз;
- розробити удосконалений варіант маршруту механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус АР.7»;
- провести розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу механічної обробки деталі;
- розрахувати режими різання;

- виконати нормування операцій технологічного процесу;
- встановити приведену програму виробів;
- розрахувати кількість обладнання та працюючих, що необхідні для забезпечення механічної обробки деталі;
- розробити заходи з охорони праці.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення деталі «Корпус АР.7».

Предмет дослідження – технологічний процес механічної обробки заготовки деталі «Корпус».

1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИКОТОВЛЕННЯ ТА ОБРОБКИ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ

1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи

Вихідними даними для визначення $K_{з.о.}$, а значить і типу виробництва, є робоче креслення і річна програма випуску деталі.

Згідно креслення деталі встановлені найбільш характерні переходи механічної обробки деталі Корпус АР.7 і занесені до таблиці 1.1, це:

- фрезерування попереднє та остаточне торця довжиною 150 мм;
- фрезерування попереднє та остаточне торця довжиною 63 мм;
- свердління отворів Ø11
- свердління, зенкерування та розвертання отвору Ø15
- свердління, зенкерування та розвертання отвору Ø10
- свердління отворів під різь М10

Для записаних в таблиці 1.1 переходів механічної обробки наближено визначено основний час механічної обробки $T_{осн}$, наприклад для фрезерування торця:

$$T_{осн} = (6 \cdot 150 + 4 \cdot 150) \cdot 0,001 = 1,5 \text{ (хв)}$$

Згідно рекомендацій, враховуючи масу деталі та програму випуску, наближено визначено тип виробництва, як серійний.

Штучно-калькуляційний час визначається $T_{шт-к}$, як добуток основного часу і коефіцієнта φ_K :

$$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_K \text{ [хв]} \quad (1.2)$$

Відповідно отримаємо:

$$T_{шт-к} = 1,5 \cdot 1,75 = 2,63 \text{ (хв)}$$

Для кожного переходу механічної обробки необхідна кількість верстатів визначається за формулою:

$$C_{pi} = \frac{N \cdot T_{шт.к.}}{60 F_d \cdot \eta_{з.н.}}, \quad (1.3)$$

де $N = 5400$ шт. – річна програма випуску деталі “Корпус АР.7”;

$T_{шт.к.}$ – штучно-калькуляційний час, хв;

F_d – дійсний фонд роботи обладнання ($F_d = 3890$ год);

$\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання ($\eta_{з.н.} = 0,75$).

Відповідно, наприклад для фрезерування торцю необхідна кількість верстатів складає:

$$C_{p1} = 5400 \cdot 2,63 / 60 \cdot 3890 \cdot 0,75 = 0,08$$

Одержану розрахункову кількість верстатів заокруглено до найближчого більшого числа і одержано прийняту кількість верстатів P , в даному випадкові 1 верстат.

Фактичний коефіцієнт завантаження обладнання визначається за формулою:

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

де C_{pi} – необхідна кількість верстатів для виконання даної операції;

P_i – кількість робочих місць для виконання даної операції.

Кількість операцій, які виконуються на i -му місці можна визначити за формулою:

$$O_i = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.i}} \quad (1.5)$$

де $\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання;

$\eta_{з.ф.i}$ – фактичний коефіцієнт завантаження обладнання, на i -ій операції.

Наприклад, при фрезерування торцю отримаємо:

$$O_1 = 0,75 / 0,08 = 9,26$$

Таблиця 1.1 – Визначення типу виробництва

№ п/ п	Зміст техно-логічних операцій	d, мм	l, мм	Тос, хв	Тшт.к., хв	Ср	О
1.	фрезерування попереднє та остаточне торця довжиною 150 мм;		150	1,5	2,63	0,08	9,26
2.	фрезерування попереднє та остаточне торця довжиною 63 мм;		63	0,63	1,1	0,03	22,05
3.	свердління отворів Ø11	11	12	0,27	0,48	0,01	50,6
4	свердління, зенкерування та розвертання отвору Ø15	15	20	0,7	1,22	0,04	19,96
5	свердління, зенкерування та розвертання отвору Ø10	10	30	0,348	0,61	0,02	39,92
6	свердління отворів під різь М10	9	20	0,37	0,66	0,02	37,11
	Всього				6,69		178,9

Аналогічно виконано розрахунки для інших типових переходів механічної обробки. Сумарна кількість операцій, що можуть бути виконані на всіх робочих місцях $\sum O_i$

$$\sum O_i = 9,26 + 22,05 + 50,6 + 19,96 + 39,92 + 37,11 = 178,9$$

Сумарна кількість прийнятих верстатів $\sum P = 6$

Коефіцієнт закріплення $K_{3,0}$, відповідно складатиме:

$$K_{3,0} = 178,9 / 6 = 29,82$$

Отже тип виробництва – дрібносерійне. Всі розрахункові дані занесені до таблиці 1.1.

Доцільність вибору групової чи потокової форми організації роботи визначається шляхом порівняння потрібного добового випуску виробів N_d і розрахункової добової продуктивності лінії Q_d . Якщо $N_d < Q_d$, то потокову лінію використовувати недоцільно. Добовий випуск виробів і добову продуктивність лінії розраховують за формулами:

$$N_d = \frac{N}{254}, \quad (1.6)$$

де 254 кількість робочих днів в року;

$$Q_d = \frac{F_d}{T_{шт-к_{сер}} \cdot \eta_z}, \quad (1.7)$$

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

$$T_{шт-к_{сер}} = \frac{\sum T_{шт-к_i}}{\sum n_i}, [\text{хв}] \quad (1.8)$$

де $T_{шт-к_i}$ – штучно-калькуляційний час виконання i -го переходу, хв.;

$\sum n_i$ – сумарна кількість виконуваних переходів.

Відповідно середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів становитиме:

$$T_{шт-к_i} = (2,63 + 1,1 + 0,48 + 1,22 + 0,61 + 0,66) / 6 = 1,12 \text{ (хв)}$$

Отже добова продуктивність лінії становитиме:

$$Q_d = \frac{952}{1,12 \cdot 0,8} = 683$$

Потрібний добовий випуск виробів:

$$N_d = \frac{5400}{254} = 21$$

Оскільки потрібний добовий випуск виробів значно менший добової продуктивності лінії то відповідно обираємо групову форму організації роботи.

При груповій формі організації роботи визначається кількість деталей в партії для одночасного запуску

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

де a – періодичність запуску деталей на обробку, в днях (6 днів).

$$n = \frac{5400 \cdot 12}{254} = 255$$

Розрахункове число змін на обробку всієї партії деталей на основних робочих місцях визначається за формулою:

$$c = \frac{T_{\text{ном-к.ср}} \cdot n}{476 \cdot 0,75} \quad (1.10)$$

$$c = \frac{1,12 \cdot 255}{476 \cdot 0,75} = 0,75$$

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

$$n_{\text{пр}} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot c}{T_{\text{ном-к.ср}}} \quad [\text{шт}] \quad (1.11)$$

$$n_{\text{пр}} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot 1}{1,12} = 341 \text{ (шт.)}$$

Приймаємо кількість деталей у партії 341 шт. Отже тип виробництва – дрібносерійне, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 341 шт.

1.2 Огляд можливих методів та способів отримання заготовки

Метод виготовлення деталі лиття, так як матеріал має добрі ливарні властивості.

Можливі способи лиття:

- піщано-глинисті форми;
- в облицьований кокіль;
- оболонкові форми
- за виплавними моделями

Для виготовлення даної деталі пропоную 2 варіанти виготовлення — це лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням

1.3 Огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва, їх аналіз на предмет використання при проектуванні маршруту механічної обробки

Розробка технологічного процесу механічної обробки виконується на основі принципів “Єдиної системи підготовки виробництва” ЄСТПП ГОСТ 14.001–73.

Технологічний процес механічної обробки деталі “Корпус” розробляємо на основі типових технологічних процесів обробки подібних деталей.

Серійний тип виробництва характеризується великою номенклатурою виробів, що обробляються партіями. Отже, в даному технологічному процесі механічної обробки, доцільно використовувати універсальне обладнання, верстати з ЧПК, гнучкі переналагоджувані лінії, стандартну і спеціалізовану оснастку, що дозволяє швидко переналагоджувати виробництво на випуск інших виробів.

При розробці методів обробки поверхонь, розробляємо маршрут механічної обробки користуючись типовими технологічними процесами обробки подібних деталей. Типізація технологічного процесу механічної обробки вносить подібність в технологію виготовлення деталей даного класу, скорочує кількість різних варіантів обробки до мінімуму в залежності від типу

виробництва, скорочує строки проектування і покращує якість розробленого технологічного процесу.

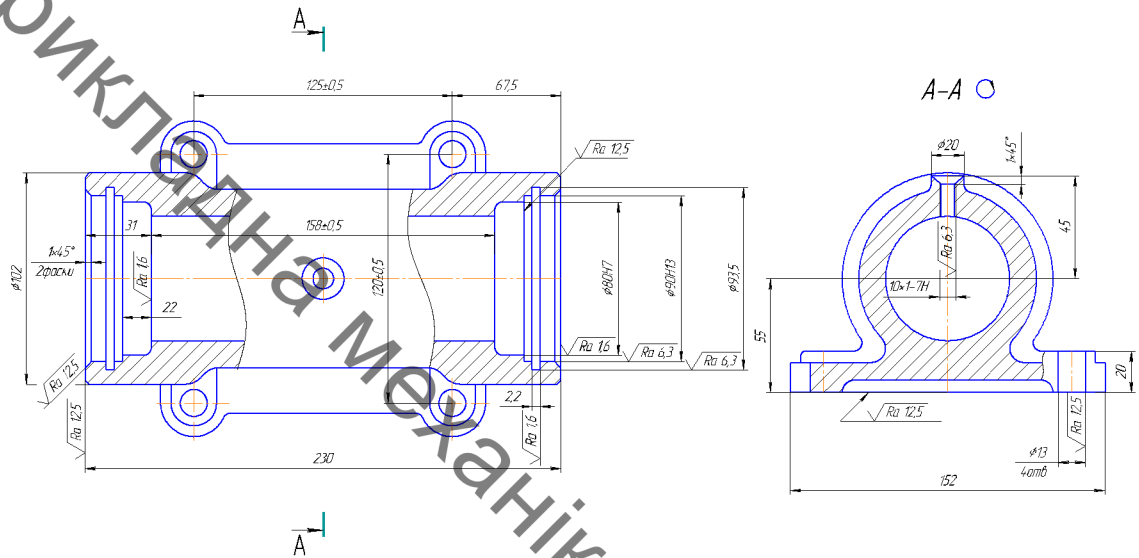


Рисунок 1.1 – Корпус підшипників

В розглядуваній деталі так, як і в типовій в якості конструкторських баз є площина і кріпильні отвори, на яку базується деталь. В якості допоміжних конструкторських баз в обох деталях виступають внутрішні циліндричні поверхні з високим квалітетом точності.

В розглядуваній і типовій деталях використовуються подібні методи обробки. В запропонованій деталі використовується обладнання з ЧПУ так, як і в розглядуваній деталі, але так, як деталь має досить складну конфігурації (деякі отвори обробляються через інші), то можна використовувати таке ж обладнання з ЧПУ.

Проаналізувавши вище написане, можна сказати, що даний типовий технологічний процес підходить для подальшого використання.

Таблиця 1.2 – Типовий технологічний процес

№ операції	Зміст і назва операції	Тип обладнання
005	Багатоцільова з ЧПК 1. Встановити і закріпити заготовку 2. Фрезерувати площину основи попередньо, остаточно 3. Свердли 4 отв. Ø13 4. Фрезерувати площину бобишки Ø20 остаточно 5. Свердли і нарізати різьбу M10•1-7H 6. Фрезерувати торець Ø120, витримуючи розмір 230 попередньо, остаточно 7. Розточити виточки Ø80H7 попередньо, остаточно; Ø90H13 і фаску 1x45 остаточно 8. Фрезерувати канавку 2,2±0,5 остаточно	Багатоцільовий з ЧПУ IP500MФ4

2 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ

2.1. Аналіз конструкції і технологічності деталі

Деталь Корпус АР.7 виготовляється із сірого чавуну і має ряд отворів та точних поверхонь. В якості технологічних баз можуть бути використані площини та отвори (установка на площину та два пальці) наприклад основа та два отвори $\varnothing 11$, при цьому є можливість обробки всіх інших поверхонь.

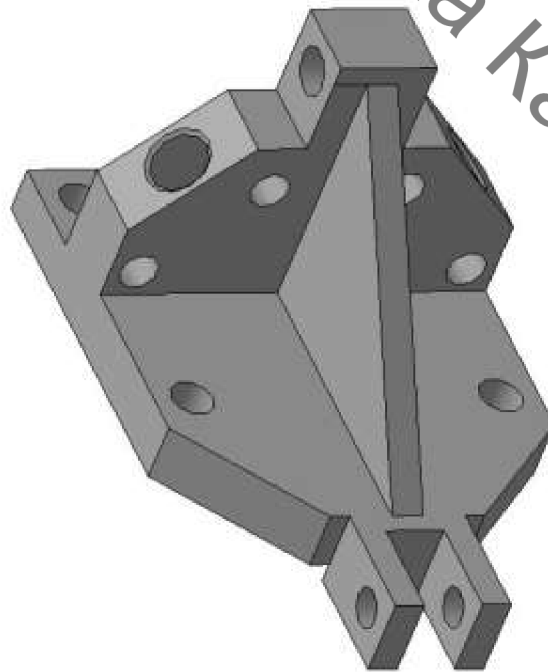


Рисунок 2.1 – Корпус АР.7

При обробці і базуванні деталі, потрібно пам'ятати про необхідність забезпечення взаємного розташування отворів, пазу. Для цього їх обробку можна виконати на одній операції за допомогою верстаного пристосування з поворотним механізмом, або використовувати оброблені елементи в якості технологічних баз.

Конструкція деталі дозволяє використовувати високопродуктивні методи обробки та вести обробку на прохід в більшості випадків.

Коефіцієнт уніфікації визначається за формулою:

$$K_y = Q_{ye} / Q_e, \quad (2.1)$$

де Q_{ye} – кількість уніфікованих елементів;

Q_e – загальна кількість елементів.

Таблиця 2.1 – Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів

Розміри				Шорсткість	
Лінійні та діаметральні		Кутові			
P_l	$P_{l,y}$	P	P_y	Ш	Ш _y
33	23	5	5	7	7
$Q_{ye}=35$ $Q_e=45$				$K_y = \frac{35}{45} = 0.778$	

Коефіцієнт точності обробки згідно ГОСТ 18831-73

$$K = 1 - \frac{1}{T_{cp}}, \quad (2.2)$$

де T_{cp} – середній квалітет точності

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

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

Таблиця 2.2 – Коефіцієнт точності обробки

Квалітет	Кількість поверхонь	Розрахунок
7	4(Ø10H7, Ø15H7, Ø12H7)	7·4=28
9	4 (75, 25, 30, 15)	9·4=36
11	3 (20, 25, 50)	11·3=33
14	28	14·28=392
Всього	36	468

$$T_{cp} = \frac{468}{36} = 13 \text{ (мкм)}$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{13} = 0,923$$

3 Коефіцієнт шорсткості поверхні згідно ГОСТ 18831-73

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

де $Ш_{cp}$ – середня шорсткість поверхні.

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_K \cdot n_K}{\sum n_K}, \text{ [мкм]} \quad (2.5)$$

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

Таблиця 2.3 – Коефіцієнт шорсткості поверхні

Шорсткість R_a , мкм	Кількість поверхонь	Розрахунок
1,6	3(Ø10H7, Ø15H7, Ø12H7)	4,8
3,2	3(25, 30, 15)	9,6
12,5	30	375
Всього	36	389,4

$$Ш_{\text{ср}} = \frac{389,4}{36} = 10,82$$

$$K_r = \frac{1}{10,82} = 0,092$$

Отже виконуються умови:

$$K_y > 0,6, K_T > 0,8, K_{\text{ш}} < 0,32$$

тобто деталь за кількісними показниками технологічна.

Вказані на кресленні допустимі відхилення розмірів та шорсткості співрозмірні між собою та відповідають вимогам стандартів. Відхилення геометричної форми та розміщення поверхонь більші за відповідні показники верстатів – це дає можливість забезпечити вимоги точності на даному обладнанні.

Більшість розмірів даного креслення можуть безпосередньо вимірюватись за допомогою універсального вимірювального обладнання, окрім наступних: допуски співвісності та перпендикулярності, на цю контрольну операцію необхідно виготовити спеціальний вимірювальний пристрій або стенд.

Для механічної обробки важкодоступних місць не має, потреби у спеціальних пристосуваннях та вимірювальних інструментах теж немає.

Отже деталь технологічна за якісними та кількісними показниками.

2.2. Розрахунок розмірів заготовки

При виборі прийнятих параметрів вхідних даних керуємося примітками до таблиць, де приведені рекомендації по призначенню параметрів точності з врахуванням типу виробництва і складності заготовки. Так як виробництво середньосерійне і виливок середньої складності приймаємо наближені до нижньої границі значення з вибраних діапазонів параметрів точності.

Клас розмірної точності виливка:

Призначаємо враховуючи спосіб лиття, найбільший габаритний розмір виливка (215 мм), тип матеріалу – сірий чавун СЧ 18:

- при литті в піщано-глинисті форми: (8 – 13т) 11т.
- при литті в оболонкові форми: (8 – 13т) 10.

Ступінь жолоблення елементів виливка призначаємо згідно відношення найменшого розміру елемента виливка до найбільшого (товщини або висоти до довжини елемента виливка).

Найбільший розмір – 150 мм і найтонша стінка – 15 мм для обох способів лиття: відношення становить 0,069. Також враховуємо, що форми багаторазові і термообробку:

- при литті в піщано-глинисті форми: (5 – 8) 7.
- при литті в оболонкові форми: (5 – 8) 7.

Ступінь точності поверхонь виливка призначаємо з врахуванням способу лиття, найбільшого габаритного розміру виливка (215мм) і матеріалу - сірий чавун СЧ 18.

- при литті в піщано-глинисті форми: (10 – 17) 15.
- при литті в оболонкові форми: (8 – 14) 12.

Шорсткість поверхонь виливка призначаємо, враховуючи прийнятий ступінь точності поверхонь виливка:

- при литті в піщано-глинисті форми: Ra=50 мкм.
- при литті в оболонкові форми: Ra=25 мкм.

Таблиця 2.4 – Розрахунок розмірів заготовок отриманих литтям в піщано-глинисті форми

Параметри точності заготовки	Згідно ГОСТ 26645-85	Прийнято
Клас розмірної точності	7-12	10
Ступінь жолоблення	6-9	7
Ступінь точності поверхонь виливка	7-13	10
Шорсткість поверхонь	Ra = 16 мкм	
Клас точності маси	5т-12	9т
Ряд припусків	3-6	4

Розрахункові розміри	12	25	30	20
Допуски: Розмірів	1,2	2,4	1,2	1,8
Форми та розміщення	0,5	0,5	0,5	0,5
Зміщення по площині роз'єму	-	1,2	-	-
зміщення через перекіс стержня	-	-	-	-
Нерівностей	0,4			
Маси	12%			
Загальні допуски	1,4	2,4	1,4	2,2
Припуски: мінімальний	0,4			
Кількість переходів механічної обробки	3	3	3	3
по точності розмірів	1	1	1	1
по точності взаємного розташування поверхонь	3	-	-	-
Загальний припуск	1,4	1,9	1,9	1,8
Розміри заготовки	13,4	28,8	33,8	23,6

Таблиця 2.5 – Розрахунок розмірів заготовок отриманих литтям в оболонкові форми

Параметри точності заготовки	Згідно ГОСТ 26645-85	Прийнято
Клас розмірної точності	(8-13T	10
Ступінь жолоблення	5-8	7
Ступінь точності поверхонь виливка	8-14	12
Шорсткість поверхонь	Ra = 25 мкм	
Клас точності маси	6-13	10
Ряд припусків	4-7	6

Розрахункові розміри	12	25	30	20
Допуски: Розмірів	1,4	2,6	1,4	2,0
Форми та розміщення	0,6	065	0,6	0,6
Зміщення по площині роз'єму	-	1,4	-	-
зміщення через перекіс стержня	-	-	-	-
Нерівностей	0,64			
Маси	16%			
Загальні допуски	1,8	2,8	1,8	2,4
Припуски: мінімальний	0,6			
Кількість переходів механічної обробки	3	3	3	3
по точності розмірів	1	1	1	1
по точності взаємного розташування поверхонь	3	-	-	-
Загальний припуск	1,9	2,4	2,3	2,1
Розміри заготовки	13,8	29,8	34,6	24,2

Клас точності маси виливка призначаємо, враховуючи спосіб лиття, номінальну масу виливка - діапазон від 1 до 10, тип матеріалу - сірий чавун СЧ 18.

- при литті в піщано-глинисті форми: (7 – 14) 11.

- при литті в оболонкові форми: (6 – 13) 10.

Доцільно приймати таким же як і клас розмірної точності.

Ряд припусків призначаємо з врахуванням ступеня точності поверхні.

- при литті в піщано-глинисті форми: (6 – 9) 8.
- при литті в оболонкові форми: (4 – 7) 6.

Перед вибором допусків та припусків на механічну обробку поверхонь деталі, потрібно уважно вивчити робоче креслення деталі, встановити оброблювані поверхні і розміри, що їх зв'язують та записати їх в розрахункову таблицю.

На тих ділянках виливка, де отвори, впадини, порожнини і тому подібне одержати способами лиття важко або неможливо, тому призначають напуски.

Згідно ГОСТ 26645-85 призначаємо:

Допуск розмірів – враховуючи клас розмірної точності (лиття в піщано-глинисті форми – 11т, лиття в оболонкові форми – 10) і номінальний розмір на який призначаємо допуск.

Допуск форми і розміщення - враховуючи ступінь жолоблення і номінальний розмір нормованої ділянки.

- лиття в піщано-глинисті форми – 7.
- лиття в оболонкові форми – 7

Допуск нерівностей - враховуємо ступінь точності поверхні виливка.

- лиття в піщано-глинисті форми – 15.
- лиття в оболонкові форми – 12.

Допуск маси – залежно від класу точності маси виливка і номінальної маси виливка діапазон від 1 до 4 кг.

- лиття в піщано-глинисті форми – 11.
- лиття в оболонкові форми – 10.

Допуск зміщення по площині роз'єму - присутній на діаметральний розмір 215 мм.

- при литті в піщано-глинисті форми: 2,2.
- при литті в оболонкові форми: 1,8.

Допуск на перекіс стержня встановлюється для діаметральних розмірів, що формуються за допомогою стержнів. Призначається 1, 2 класи точніше класу розмірної точності по номінальному розміру найбільш тонкої із стінок виливка.

Мінімальний припуск призначаємо залежно від ряду припусків:

- при литті в піщано-глинисті форми: 1.
- при литті в оболонкові форми: 0,6.

Загальний припуск на механічну обробку назначають при ліквідації похибки розмірів, форми і розміщення, нерівностей і дефектів оброблюваної поверхні, що формуються при виготовленні виливка і послідовних переходів її обробки з метою підвищення точності оброблюваного елемента виливка. Значення загального припуску вибираємо в залежності від кількості переходів механічної обробки. Тому для вибору загального припуску спочатку потрібно визначити кількість механічної обробки кожної із оброблених поверхонь.

Кількість переходів механічної обробки визначаємо в залежності від необхідної точності розмірів оброблюваної деталі.

По точності розмірів вибираємо в залежності від допуску розміру виливка і співвідношення між допусками розмірів деталі і виливка:

$$\frac{T_{\text{розм.дет.}}}{T_{\text{розм.вил.}}}$$

При визначенні лінійних розмірів потрібно з'ясувати як формується розмір заготовки:

Якщо лінійний розмір пов'язує дві поверхні, що обробляються і є охоплюваними, то припуски додаються до розміру деталі.

Мінімальна товщина стінок згідно [2] назначається так, щоб забезпечувати необхідну розрахункову міцність і жорсткість та задовольняти вимогам технології вибраного способу лиття.

- при литті в піщано-глинисті форми – 6-8 мм,
- при литті в оболонкові форми – 1,5-2 мм,

Оскільки, значення товщини стінок деталі значно більші за мінімальну товщину стінок, що одержуються при литті. Тому забезпечується необхідна розрахункова міцність і жорсткість.

Радіуси заокруглень в значній мірі визначають якість виливка. Дуже малі радіуси призводять до концентрації напружень і можливості виникнення тріщин, якщо надто великі, то можливість виникнення раковин, пустот.

Радіуси заокруглень вибираємо в залежності від співвідношення $(S+S_1)/2$ і від матеріалу виливка.

Радіуси заокруглень при литті в піщано-глинисті форми наведені в таблиці 3.4

Таблиця 2.6 – Радіуси заокруглень для зовнішніх поверхонь

$\frac{S+S_1}{2}$	Кут між спряженими елементами	Радіус заокруглень
$(29,3+52)/2=40,65$	90°	4
$(48,8+15)/2=31,9$	90°	4

Радіуси заокруглень при литті в оболонкові форми наведені в таблиці 3.5

Таблиця 2.7 – Радіуси заокруглень для зовнішніх поверхонь

$\frac{S+S_1}{2}$	Кут між спряженими елементами	Радіус заокруглень
$(30,9+14)/2=22,45$	90°	4
$(30,6+19)/2=24,8$	90°	4

Формовочні нахили призначаються з метою полегшення видалення моделі з форми і стержня. Нахили встановлюються в залежності від розмірів Заглиблень, висоти формоутворюючої поверхні, способу лиття і виду модельного комплексу. При литті в оболонкові форми приймаємо: 0°54'... 1°54'

Мінімальний діаметр отворів, що виконуються литтям, вибирають так, щоб уникнути сильного перегрівання і пригорання стержня до стінок отвору. Мінімальний розмір литих отворів залежить від товщини стінки і може бути визначено по формулі:

$$d_{\min} = d_0 + 0,1S, [\text{мм}] \quad (2.6)$$

де d_0 - вихідний діаметр, S — товщина стінки, мм.

Вихідний діаметр вибирається в залежності від матеріалу виливка (СЧ 18):

$d_0 = 7$ мм. При товщині стінки для розміру 15 мм

$$d_{\min} = 7 + 0,1 \cdot 30 = 10 \text{ (мм)}$$

Отже $d_{\min} = 10$ і розміри на кресленні, які становляться $< d_{\min}$ не виготовляють литтям.

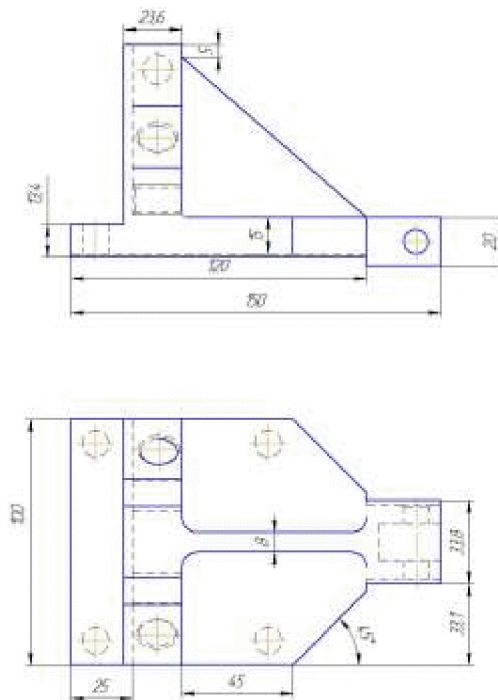


Рисунок 2.2 – Ескіз заготовки в піщано-глинисті форми

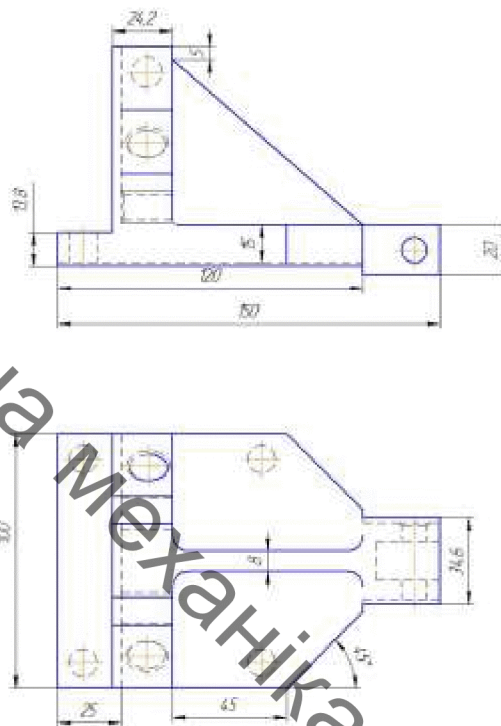


Рисунок 2.3 – Ескіз заготовки в оболонковій формі

Масу заготовок визначаємо за допомогою твердотільного моделювання.

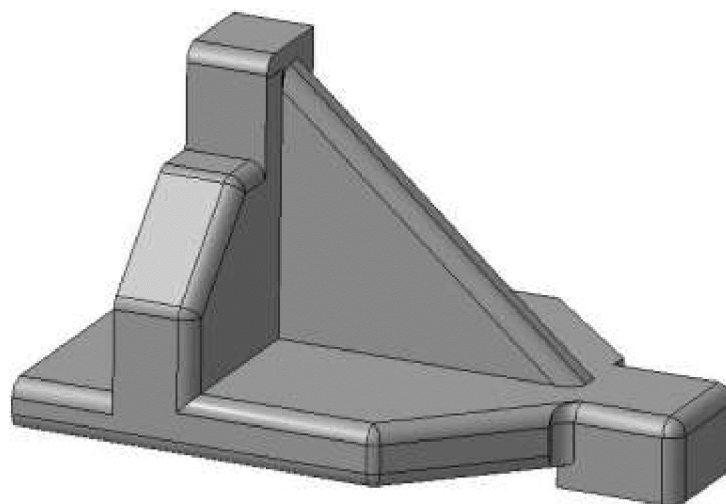


Рисунок 2.4 – 3D модель заготовки

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$\gamma = 2,43/1,85 = 0,76 - \text{в піщано-глинисті форми};$$

$$\gamma = 2,57/1,85 = 0,72 - \text{в оболонкові форми.}$$

Отже, коефіцієнт використання матеріалу при литті в піщано-глинисті форми більший ніж при литті в оболонкові форми, тобто менше матеріалу знімається у вигляді стружки з поверхонь заготовки при механічній обробці.

Для лиття в піщано-глинисті форми:

$$C_{\text{зал}} = \frac{(2,43 \cdot 15600 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 0,83 \cdot 0,91 \cdot 1)}{1000} - \frac{(2,43 - 1,85) \cdot 24,8}{1000} = 56,645$$

Для лиття в оболонкові форми:

$$C_{\text{зал}} = \frac{(2,43 \cdot 24400 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 0,86 \cdot 1,1)}{1000} - \frac{(2,43 - 1,85) \cdot 24,8}{1000} = 90,56$$

Висновок: хоча коефіцієнт використання при литті в оболонкові форми вищий ніж при литті в піщано-глинисті форми але собівартість при литті в піщано-глинисті форми нижча ніж при литті в оболонкові форми. Таким чином економічно доцільнішим є варіант лиття в піщано-глинисті форми.

2.3 Розробка маршруту механічної обробки

2.3.1. Вибір способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки

Відповідно до наведених вище вимог визначимо кількість переходів і способи та методи попередньої та остаточної обробки для отвору $\varnothing 15H7$, враховуючи, що допуск точності відповідного розміру після свердління складатиме 0,18:

$$\varepsilon = 0,18/0,018 = 10$$

Отже можна проводити обробка за три переходи і призначаємо:

$$\varepsilon_1=5$$

Відповідно тоді ступень уточнення другого переходу складатиме:

$$\varepsilon_3=\varepsilon/\varepsilon_1$$

Тобто:

$$\varepsilon_3=10/5=2$$

Допуск складатиме:

$$T_1=0,18/5=0,036 \text{ (мм)}$$

$$T_2=0,036/2=0,018 \text{ (мм)}$$

Остаточно приймаємо наступні переходи механічної обробки даної поверхні: свердління (12 квалітет точності); зенкерування (9 квалітет точності); розвертання (7 квалітет точності).

Таблиця 2.8 – Кількість ступеней механічної обробки

Розмір деталі	Стадія обробки	Отримуваний квалітет
Ø10H7	Розвертання	7
	Зенкерування	9
	Свердління	12
M10-7H	Нарізання різі	7
	Свердління	12
Ø12H7	Розвертання	7
	Зенкерування	9
	Свердління	12

2.3.2 Вибір чистових і чорнових технологічних баз

При виборі чорнових баз має вирішуватися одна із двох задач: зняття рівномірного мінімального припуску при подальшій механічній обробці або зв'язок оброблених і необроблюваних поверхонь. В даному випадку вирішується друга задача, оскільки заготовка встановлюється на площину та два торці, які в подальшому не обробляються.

Таблиця 2.9 - Аналіз похибок базування на операції 005

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Токарно-револьверна з ЧПК	Ø11	Відсутня	Діаметральний розмір
	30, 15, 70, 80	Відсутня	Обробка з одного установова
	12, 10	Відсутня	Виконання принципу суміщення баз

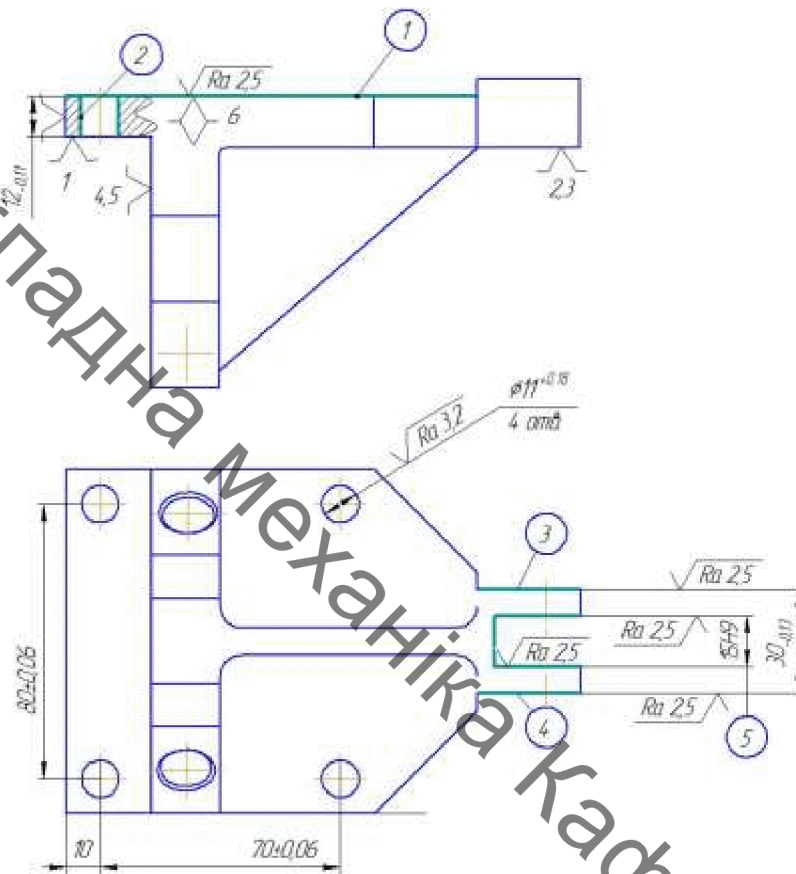


Рисунок 2.5- Схема базування на операції 005

При виборі чистових баз необхідно, щоб похибка базування була мінімальною.

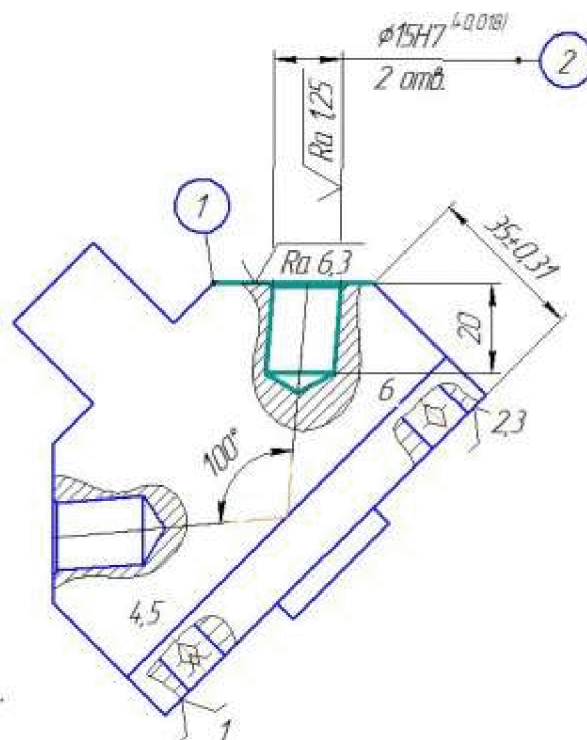


Рисунок 2.6 – Схема базування на операції 010

Таблиця 2.10 - Аналіз похибок базування на операції 010

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Токарно-револьверна з ЧПК	Ø15H7	Відсутня	Діаметральний розмір
	20, 100	Відсутня	Обробка з одного установка
	35	Відсутня	Виконання принципу суміщення баз

На операції 015 фрезерується площина та свердлиться отвори.

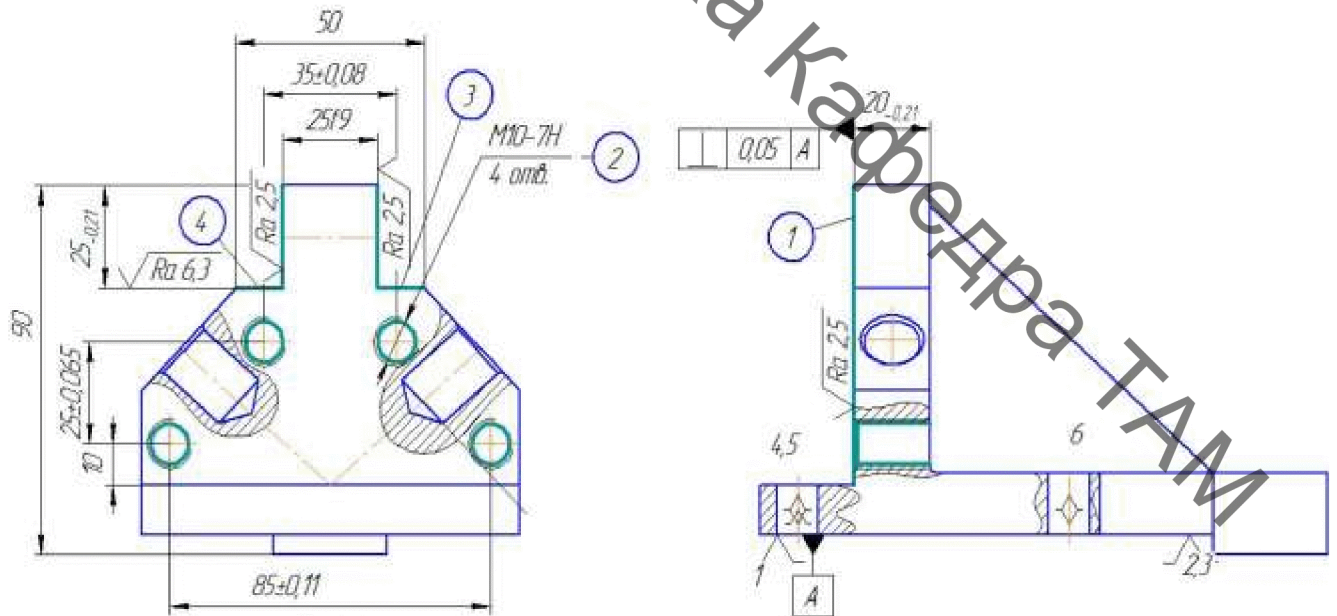


Рисунок 2.7 – Схема базування на операції 015

Таблиця 2.11 - Аналіз похибок базування на операції 015

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Фрезерна з ЧПК	M10	Відсутня	Діаметральний розмір
	25, 85, 25f9, 35	Відсутня	Обробка з одного установка
	22, допуск перпендикулярності торця відносно площини А	Відсутня	Виконання принципу суміщення баз

Виникає похибка базування на розмір 25, вона буде рівна допусковій розміру 75 (0,12 мм), що менше допуску на розмір 25 (0,21 мм).

І буде похибка базування на розмір 20. Вона залежатиме від зазору між отворами і пальцями, на які встановлюється деталь:

Похибка базування рівна

$$\operatorname{tg} \alpha = (0,027 + 0,011 + 0,013) / \sqrt{70^2 + 80^2} = 0,00048 (\text{мм})$$

$$\varepsilon_6 = 20 \cdot 0,00048 = 0,0095 (\text{мм})$$

Це значно менше допуску на розмір 20 (0,21 мм).

На операції 020 свердляться отвори.

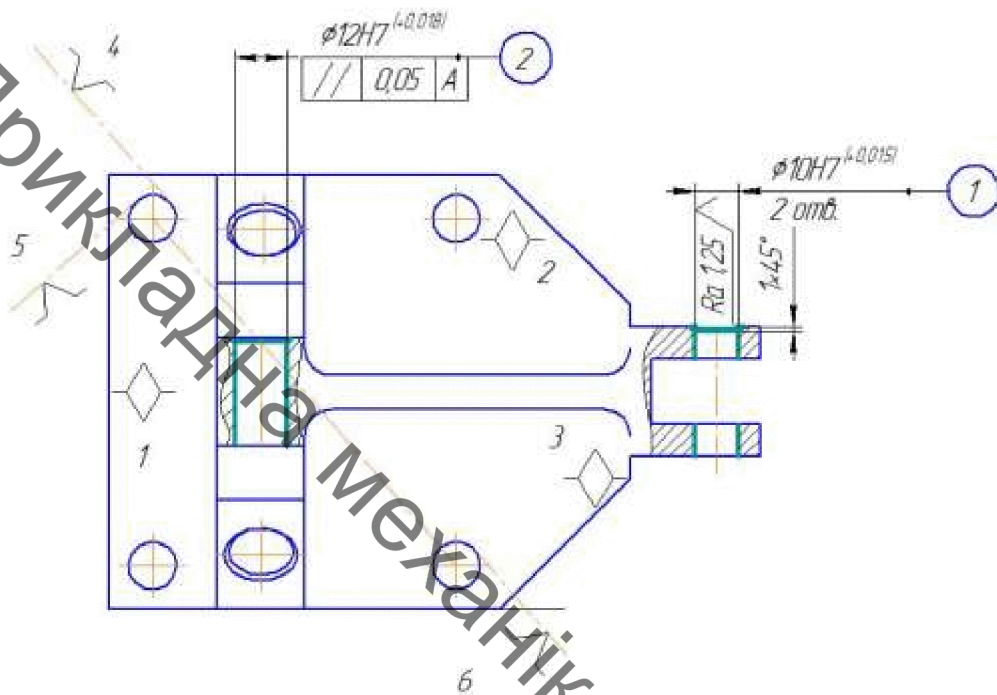


Рисунок 2.8 – Схема базування на операції 015

На операції 020 тонко обробляються отвори $\varnothing 12H7$ та $\varnothing 10H7$, при цьому похибка базування рівна нулеві, оскільки отримується лише циліндрична поверхня (похибка базування на діаметральний розмір рівна нулеві).

2.3.3 Проектування маршруту механічної обробки з розробкою змісту операцій, попереднім вибором верстатів та зображенням схем базування

Таблиця 2.12 -Маршрут механічної обробки

№ операцій	Зміст операцій та переходів	Схема базування	Мо-дель верстата
1	2	3	4
005	Фрезерна з ЧПК 1 Встановити і закріпити заготовку 2 Фрезерувати площину 1 попередньо		

Продовження таблиці 2.12

1	2	3	4
005	3 Фрезерувати площину 1 остаточно 4 Центрувати 4 отвори 2 5 Свердлити 4 отвори 2 6 Зенкерувати 4 отвори 2 7 Розвернути 4 отвори 2 8 Фрезерувати площину 3 9 Фрезерувати площину 4 10 Фрезерувати паз 5 11 Зняти заготовку		Фрезерний з ЧПУ HAAS MINIMILL
010	Фрезерна з ЧПК Установ 1 1 Встановити і закріпити заготовку 2 Фрезерувати площину 1 попередньо 3 Фрезерувати площину 1 остаточно 4 Центрувати отвір 2 5 Свердлити отвір 2 6 Зенкерувати отвір 2 7 Розвернути отвір 2 8 Зняти заготовку Установ 2 1 Встановити і закріпити заготовку 2 Фрезерувати площину 1 попередньо 3 Фрезерувати площину 1 остаточно 4 Центрувати отвір 2 5 Свердлити отвір 2 6 Зенкерувати отвір 2		Фрезерний з ЧПУ HAAS MINIMILL

1	2
---	---

Technical drawing of a mechanical part, showing a cross-section and a side view. The drawing includes dimensions and tolerances:

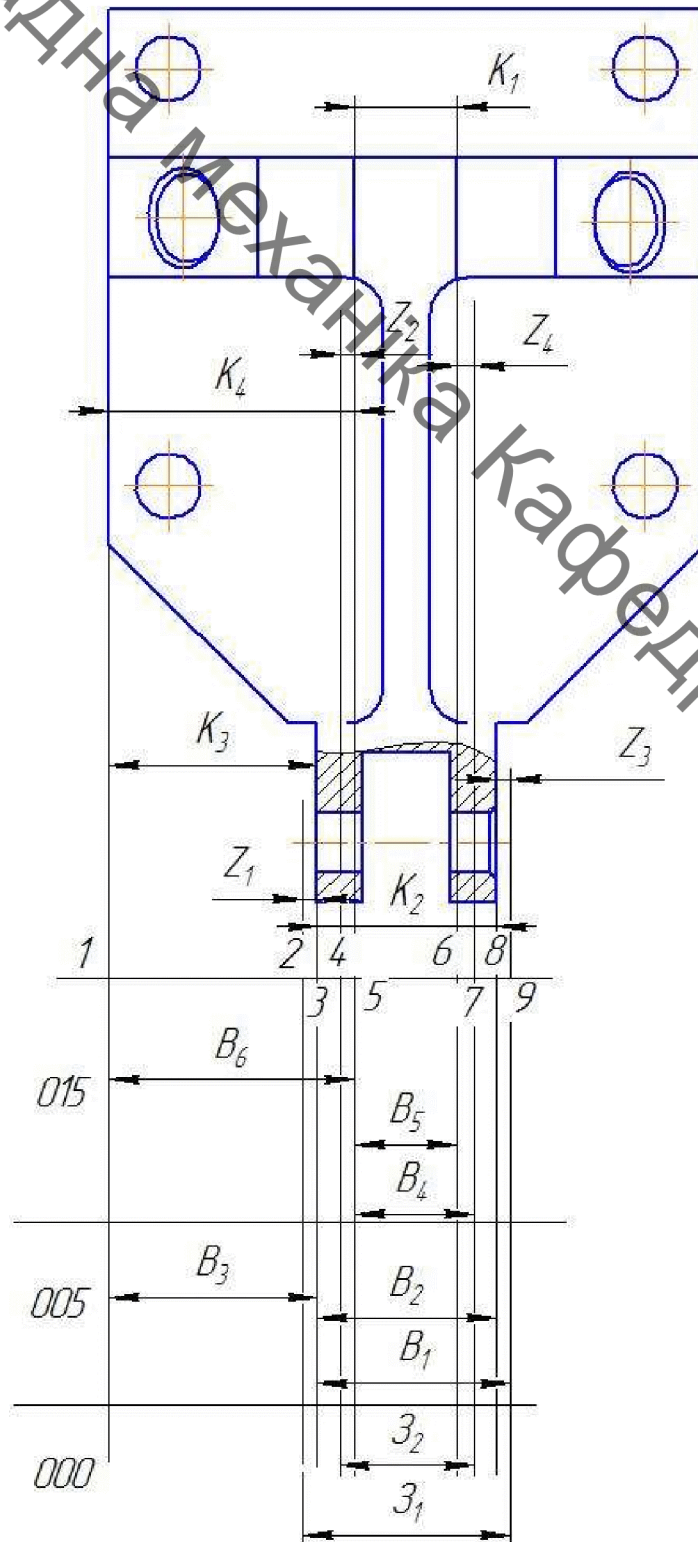
- Top view (cross-section): Shows a rectangular part with a width of 45 ± 0.11 and a height of 25 ± 0.11 . There are two circular features with diameters of $\phi 12H7/k6$ and $\phi 10H7/k6$.
- Side view: Shows the profile of the part with a total length of 100 ± 0.11 . It includes a fillet with a radius of $R10$ and a chamfer with a width of 4.5 and an angle of 5° .
- Dimension lines and arrows indicate the measurement points for the tolerances.

2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу

Приймаємо допуски розмірів після чорнової (однократної) обробки по 12-му квалітету і записуємо в таблицю.

Таблиця 2.13– Допуски технологічних розмірів

Розміри заготовки	$З_1$	$З_2$	$В_1$	$В_2$	$В_3$	$В_4$	$В_5$	$В_6$
Попередні значення допусків	0,52	0,52	0,13	0,052	0,62	0,13	0,052	0,62



Рисунки 2.9 – Розмірна схема першого технологічного процесу

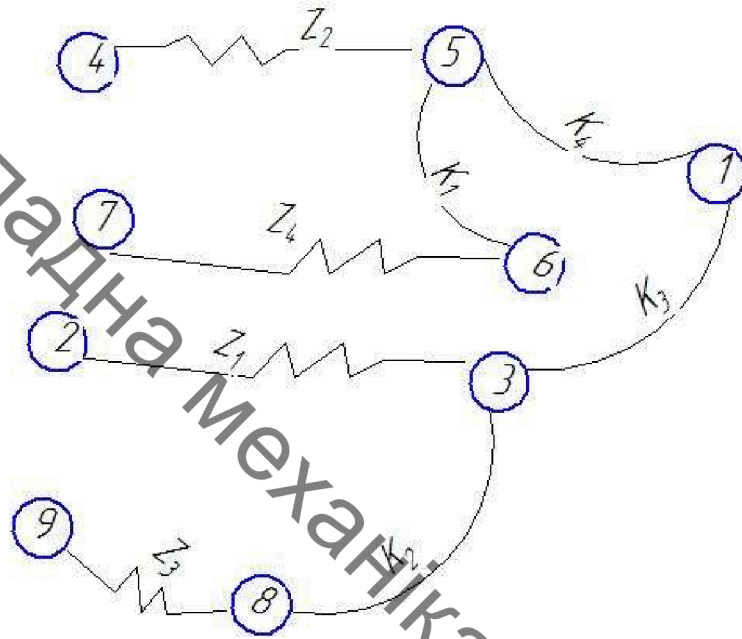


Рисунок 2.10 – Вихідний граф-дерево

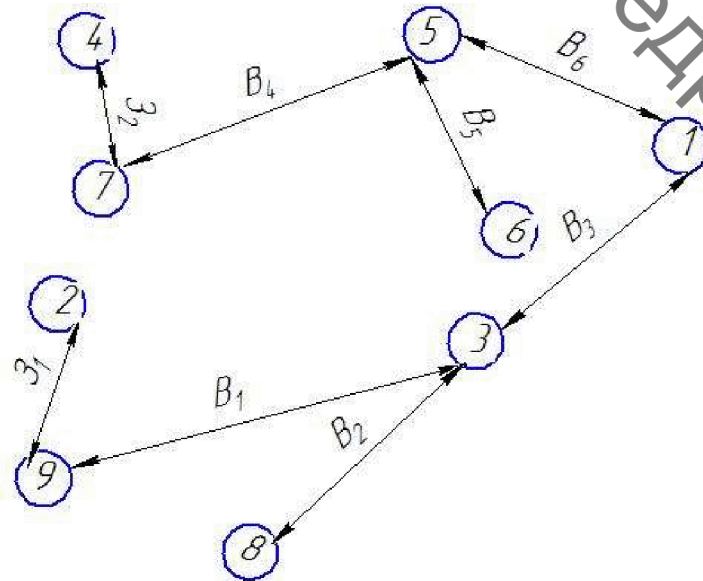


Рисунок 2.11 – Похідний граф-дерево

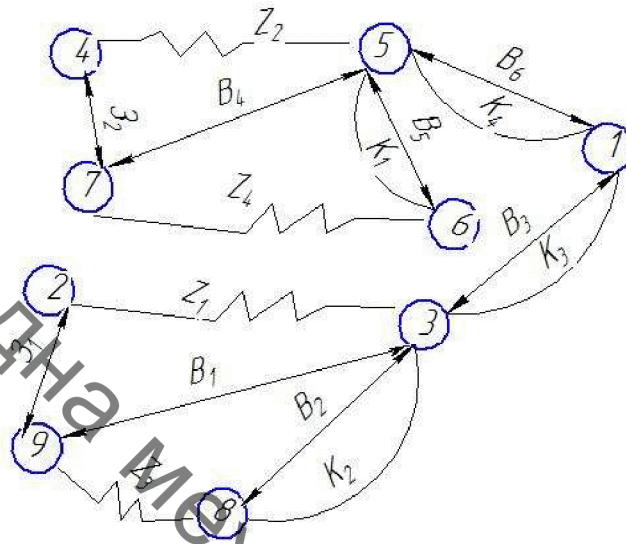


Рисунок 2.12 – Суміщений граф-дерево

Дані припусків зводимо в таблицю 4.8.

Таблиця 2.14 – Мінімальні припуски

Припуски	Z_1	Z_3	Z_3	Z_4
$Z_{\min}$	0,6	0,6	0,6	0,6

Таблиця 2.14 – Рівняння розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

№	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідома ланка
1	$B_5 - K_1 = 0$	$B_5 = K_1$	B_5
2	$B_2 - K_2 = 0$	$B_2 = K_2$	B_2
3	$B_3 - K_3 = 0$	$B_3 = K_3$	B_3
4	$B_6 - K_4 = 0$	$B_6 = K_4$	B_6
5	$B_4 - Z_4 - B_5 = 0$	$Z_4 = B_4 - B_5$	B_4
6	$B_1 - Z_2 - B_2 = 0$	$Z_2 = B_1 - B_2$	B_1
7	$B_1 + Z_1 - 3_1 = 0$	$Z_1 = 3_1 - B_1$	3_1
8	$B_3 + Z_3 - 3_2 = 0$	$Z_3 = 3_2 - B_3$	3_{12}

Відповідно до визначених вище технологічних рівнянь визначимо для кожного розміру цього межі:

$$1. B_5 = K_1 = 25^{+0,052} (\text{мм})$$

$$2. B_2 = K_2 = 30^{+0,052} (\text{мм})$$

$$3. B_3 = K_3 = 35^{+0,31} (\text{мм})$$

$$4. B_6 = K_4 = 37,5^{+0,31} (\text{мм})$$

$$5. Z_{4 \min} = B_{3 \min} - B_{5 \max},$$

$$B_{4 \min} = 0,6 + 25,052 = 25,652 (\text{мм})$$

$$B_{4 \max} = B_{4 \min} + T(B_4) = 25,652 + 0,13 = 25,782 (\text{мм})$$

$$B_4 = 25,652^{+0,13} (\text{мм})$$

$$Z_{4 \max} = B_{4 \max} - B_{5 \min} = 25,782 - 25 = 0,782 (\text{мм})$$

$$6. Z_{4 \min} = B_{1 \min} - B_{2 \max};$$

$$B_{1 \min} = 0,6 + 30 = 30,6 (\text{мм})$$

$$B_{1 \max} = B_{1 \min} + T(B_1) = 30,6 + 0,13 = 30,73 (\text{мм})$$

$$B_1 = 30,73_{-0,13} (\text{мм})$$

$$Z_{2 \max} = B_{1 \max} - B_{2 \min} = 30,73 - 29,948 = 0,782 (\text{мм})$$

$$7. Z_{1 \min} = 3_{1 \min} - B_{1 \max}$$

$$3_{1 \min} = 30,73 + 0,6 = 31,33 (\text{мм})$$

$$3_{1 \max} = 31,33 + 0,52 = 31,85 \text{ мм}$$

$$3_1 = 31,85_{-0,52} (\text{мм})$$

$$Z_{1 \max} = 3_{1 \max} - B_{1 \min} = 31,85 - 30,6 = 1,25 (\text{мм})$$

$$8. Z_{3 \min} = 3_{2 \min} - B_{3 \max}$$

$$3_{2 \min} = 25,782 + 0,6 = 26,382 (\text{мм})$$

$$3_{2 \max} = 26,382 + 0,52 = 26,902 (\text{мм})$$

$$3_2 = 26,9^{+0,52} (\text{мм})$$

$$Z_{3 \max} = 3_{2 \max} - B_{3 \min} = 26,9 - 25,652 = 1,248 (\text{мм})$$

Таблиця 2.15 – Значення технологічних розмірів, розмірів заготовки та їх допуски

Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номинальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на кресленні вихідної заготовки
	Мінімальний розмір	Максимальний розмір				
Z_1	30,73	31,85	0,52	31,85		$31,85_{-0,52}$
Z_2	26,38	26,9	0,52	26,9		$26,9^{+0,52}$
B_1	30,6	30,73	0,13	30,73	$30,73_{-0,13}$	
B_2	29,948	30	0,052	30	$30_{-0,052}$	
B_3	34,69	25,31	0,62	35	$35^{+0,31}$	
B_4	25,652	25,782	0,13	125,65	$25,65^{+0,13}$	
B_5	25	25,052	0,052	25	$25^{+0,052}$	
B_6	37,19	37,81	0,62	37,5	$37,5^{+0,31}$	

Отже визначено технологічні розміри при механічній обробці, припуски та розміри заготовки, на їх основі можна розробляти технологічний процес.

Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні

Визначення значень R_z і T проводимо відповідно до рекомендацій. Заготовка виливок в оболонковій формі.

Таблиця 2.16 – Параметри поверхонь

Стан поверхні	Параметр шорсткості R_z	Параметр точності T
Заготовка	40	260
Свердління	50	50
Зенкерування	50	50
Розвертання	20	25

Сумарне значення просторових відхилень при установці по зовнішньому діаметрові з при жимом торцевої поверхні:

$$\rho = \sqrt{\rho_{жол}^2 + \rho_{зм}^2} \text{ [мкм]} \quad (2.7)$$

$$\rho_{жол} = \sqrt{(\Delta_k \cdot D)^2 + (\Delta_k \cdot l)^2} = \sqrt{(0.7 \cdot 15)^2 + (0.7 \cdot 20)^2} = 25 \text{ (мкм)}$$

$$\rho_{зм} = 0.12 \text{ (мм)}$$

$$\rho = \sqrt{25^2 + 120^2} = 122,6 \text{ (мкм)}$$

При подальших переходах механічної обробки:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1}, \text{ [мкм]} \quad (2.8)$$

Таблиця 2.17– Значення просторових відхилень

Назва переходу	Формула	Значення, мкм
Свердління	—	122,6
Зенкерування	$\rho_1 = 0,06 \cdot \rho_3$	5
Розвертання	$\rho_2 = 0,04 \cdot \rho_3$	2,45

Похибка установки при чорновому розточуванні ε_1 :

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_{\theta}^2 + \varepsilon_s^2} \text{ [мкм]}.$$

$\varepsilon_3 = 120 \text{ мкм}$ – похибка закріплення,

Похибка базування при установці на площину і два пальці рівна

$$\operatorname{tg} \alpha = (0,027 + 0,011 + 0,013) / \sqrt{70^2 + 80^2} = 0,00048 \text{ (мм)}$$

$$\varepsilon_{\theta} = 20 \cdot 0,00048 = 0,0095 \text{ (мм)}$$

$$\varepsilon_1 = \sqrt{9,5^2 + 120^2} = 120,4 \text{ (мм)},$$

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \cdot 0,05 = 120,4 \cdot 0,05 = 6 \text{ (мкм)},$$

ε_2 – залишкова похибка установки при другому переході.

На основі отриманих вище даних проводимо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків, користуючись формулою:

$$2Z_{imin} = 2 \cdot (R_{zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) [\text{мкм}] \quad (2.9)$$

Мінімальний припуск:

зенкерування:

$$2Z_{1min} = 2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{123^2 + 120,4^2}) = 2 \cdot 272 \text{ (мкм)},$$

розвертання:

$$2Z_{lmin} = 2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{6^2 + 5^2}) = 2 \cdot 115 \text{ (мкм)},$$

При розвертанні маємо отримати розмір вказаний на креслені: $d = 15,018$ мм.

Таблиця 2.18 – Визначення максимальних розмірів

Вид переходу	Розміри	
	Розрахунковий	Прийнятий
Розвертання		$d_{\max 1} = 15,018 \text{ мм}$
Зенкерування	$d_2 = 15,018 - 2 \cdot 0,105 = 14,802 \text{ мм}$	$d_{\max 2} = 14,802 \text{ мм}$
Свердління	$d_4 = 14,802 - 2 \cdot 0,272 = 14,258 \text{ мм}$	$d_{\max 4} = 14,29 \text{ мм}$

Таблиця 2.19 – Визначення мінімальних розмірів

Вид переходу	Розміри
Зенкерування	$d_{\min 2} = 14,802 - 0,043 = 14,759 \text{ мм}$
Свердління	$d_{\min 4} = 14,29 - 0,18 = 14,11 \text{ мм}$

Таблиця 2.20 — Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічним переходам на обробку діаметральної поверхні

Технологічні переходи	Елементи припуску				Розрахунковий розмір	Допуск	Граничні розміри		Граничні значення припусків	
	R_z	T	ε	ρ			$d_{\max}$	$d_{\min}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Свердління	50	50		123		0,18	14,29	14,11		
Зенкерування	50	50	12	5	2·272	0,043	14,802	14,759	0,512	0,649
Розвертання	25	30	6	2,45	2·105	0,018	15,018	15	0,216	0,241

Для розвертання:

$$2Z_{\max 2} = 15 - 14,759 = 0,241 (\text{мм}),$$

$$2Z_{\min 2} = 15,018 - 14,802 = 0,216 (\text{мм}).$$

Для зенкерування:

$$2Z_{\max 3} = 14,759 - 14,11 = 0,649 (\text{мм}),$$

$$2Z_{\min 3} = 14,802 - 14,29 = 0,512 (\text{мм}).$$

Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків:

$$2Z_{\max 3} - 2Z_{\min 3} = 241 - 216 = 25 (\text{мкм}),$$

$$\delta_3 - \delta_4 = 43 - 18 = 25 (\text{мкм}),$$

$$2Z_{\max 2} - 2Z_{\min 2} = 355 - 218 = 137 (\text{мкм}),$$

$$\delta_4 - \delta_5 = 180 - 43 = 137 (\text{мкм})$$

Отже всі проведені розрахунки є правильними і не потребують уточнення.

Таблиця 2.21- Припуски на циліндричні поверхні

Розмір деталі	Стадія обробки	Припуск на перехід	Отримуваний розмір
Ø10H7	Свердлити	4,55	9,1
	Зенкерувати	0,3	9,7
	Розвернути	0,15	10
M10	Свердлити	3,75	Ø7,5
	Зенкувати фаску	1	Ø7,5
	Нарізати різь	1,25	M10

Визначення режимів різання на обробку конструкторських баз і кріпильних отворів

Наведемо повний розрахунок режимів різання при свердлінні отворів Ø15.

Аналітичний розрахунок режимів різання для свердління отвору розпочинається із визначення глибини різання, яка рівна половині діаметру отвору, який свердлиться і в даному випадку складає 10 мм.

Подачу рекомендують приймати в межах від 0,34 до 0,43 мм/об при заданих умовах обробки. Приймаємо подачу рівною 0,4 мм/об.

Швидкість різання визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v D^{q_v}}{T^{m_t} s^{x_v} S^{y_v}} K_v [\text{м/хв}] \quad (2.10)$$

де T - стійкість інструменту, 45 хв;

C_v, x_v, y_v, m, q_v – коефіцієнти і показники степені в формулі для розрахунку швидкості різання. Згідно з [13] вони рівні:

$$C_v=9.8; x_v=0; y_v=0.5; m=0.2, q_v=0.4.$$

K_v – загальний поправочний коефіцієнт, який є добутком цілого ряду коефіцієнтів, які враховують реальні умови механічної обробки:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv} \quad (2.11)$$

Всі складові відображають вплив певного фактора на швидкість різання:

K_{Mv} – якість оброблюваної поверхні, 1;

K_{uv} – матеріал ріжучої частини, 1 (ВК:);

K_{lv} – глибину отвору, що свердлиться, 1.

Отже загальний поправочний коефіцієнт:

$$K=1 \cdot 1 \cdot 1=1$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{9.8 \cdot 15^{0.4}}{45^{0.2} 5.5^{0.25} 0.25^{0.5}} \cdot 1 = 22 (\text{м/хв}).$$

Круний момент при свердлінні розраховується за формулою:

$$M = C_m D^{q_m} S^{y_m} K_p [\text{Н} \cdot \text{м}] \quad (2.12)$$

де C_m, q_m, x_m, y_m – коефіцієнти і показники степені для розрахунку крутного моменту при свердлінні. Вони рівні $C_m=0.3452; q_m=2.0; x_m=0; y_m=0.8$.

Коефіцієнт K_p рівен коефіцієнтові K_{mp} і рівен одиниці. З урахуванням цього крутний момент:

$$M = 0.345 \cdot 15^{2.0} \cdot 0.4^{0.8} \cdot 1 = 66.3 (\text{Н} \cdot \text{м})$$

О

осьова сила при свердлінні визначається за формулою:

$$P_o = C_p D^{q_p} S^{y_p} K_p \text{ [H]} \quad (2.13)$$

де C_m, q_m, x_m, y_m – коефіцієнти і показники степені для розрахунку осьової сили при свердлінні. Вони рівні:

$$C_p = 680; q_p = 1,0; y_p = 0,7.$$

З урахуванням цього осьова сила:

$$P_o = 680 \cdot 15^{1,0} \cdot 0,4^{0,7} \cdot 1 = 8020 \text{ (H)}$$

Потужність різання визначається за формулою:

$$N = M \cdot n / 9750 \quad (2.14)$$

де n – число обертів інструмента, що становить:

$$n = 1000 \cdot 22 / 3,14 \cdot 20 = 350 \text{ (об/хв.)}$$

Потужність:

$$N = 66,3 \cdot 350 / 9750 = 2,38 \text{ (кВт)}$$

При зенкеруванні даного отвору приймаємо подачу 0,65 мм/об.

Швидкість різання:

$$V = \frac{16,3 \cdot 15^{0,3}}{3^{0,2} 0,2^{0,2} 0,65^{0,5}} \cdot 1 = 25 \text{ (м/хв.)}$$

Осьова сила:

$$P_o = 10 \cdot 67 \cdot 0,2^{1,2} \cdot 0,65^{0,65} \cdot 1 = 73,4 \text{ (H)}$$

Крутний момент:

$$M = 10 \cdot 0.09 \cdot 15^1 \cdot 0,2^{0,9} \cdot 0,65^{0,8} \cdot 1 = 73.4 \text{ (Н·м)}$$

Число обертів інструмента, що становить:

$$n = 1000 \cdot 25 / 3,14 \cdot 20 = 393 \text{ (об/хв.)}$$

Потужність:

$$N = 73,4 \cdot 393 / 9750 = 0,12 \text{ (кВт)}$$

Таблиця 2.22 – Режими різання на операції

Назва переходу, операції	Глибина різання, мм	Подача, мм/об	Швидкість різання, м/хв	Частота обертання шпинделя, об/хв	Потужність різання, кВт
1	2	3	4	5	6
005 – Фрезерна з ЧПК					
Фрезерувати площину 1 поперед- ньо	1.2	0,50	334,41	887,51	9,46
Центрувати 4 отвори	2,50	0,35	14,73	938,08	0,36
Свердлити 4 отвори 2	10	0.4	22	350	2.38
Зенкерувати 4 отвори 2	0.2	0.65	25	393	0,12
Розвернути 4 отвори 2 остаточно	0,10	0,80	6,88	109,60	0,06
Фрезерувати площину 3 поперед- ньо	1.2	0,50	334,41	887,51	9,46
Фрезерувати площину 1 остаточно	0,80	1,20	294,91	782,68	9,09
Фрезерувати площину 3 остаточно	0,80	1,20	294,91	782,68	9,09

Продовження таблиці 2.22

1	2	3	4	5	6
<u>010- Багатоцільова з ЧПК</u>					
Фрезерувати площину 1 попередньо	1,2	0,50	334,41	887,51	9,46
3 Фрезерувати площину 1 остаточно	0,80	1,20	294,91	782,68	9,09
4 Центрувати отвір 2	2,50	0,35	14,73	938,08	0,36
5 Свердлити отвір 2	6,00	0,35	20,90	554,77	1,22
6 Зенкерувати отвір 2	0,4	0,2	279,9	2785,7	7,0
7 Розвернути отвір 2	0,2	0,2	343,5	3418,3	3,4

Визначення технічних норм часу на операції

Приведемо приклад розрахунку на операції 005.

Норма штучного часу згідно [23] визначається за формулою:

$$T_{ш} = (T_{ц.а.} + T_{в}) \cdot \left(1 + \frac{a_{тех} + a_{орг} + a_{від}}{100}\right) [хв] \quad (2.15)$$

де $T_{в}$ – допоміжний час, що складається із:

$$T_{в} = T_{вуст} + T_{воп} + T_{ввим} [хв] \quad (2.16)$$

$T_{вуст}$ – допоміжний час на установку і зняття деталі, згідно довідника для даної операції складає 0,55 хв на площину і два торці;

$T_{воп}$ – допоміжний час пов'язаний із операцією, включає в себе час на:

- встановлення заданого взаємного розташування деталі і інструмента по координатам – 0,32 хв;
- перевірку приходу інструмента в задану точку після обробки – 0,15 хв;
- встановлення і зняття щитка від забризгування емульсією – 0,03 хв.

$$T_{воп} = 0,15 + 0,32 + 0,03 = 0,5 \text{ (хв.)};$$

$T_{\text{ввим}}$ – допоміжний час на контрольні вимірювання, що складається в даному випадкові із чотирьох замірів штангенциркулем, одного заміру пробкою. В сумі час затрачений на вимірювальні операції складає:

$$T_{\text{ввим}} = 0,11 \cdot 4 + 0,2 = 0,64 \text{ (хв.)}$$

Час на організаційне і технічне обслуговування робочого місця і особисті потреби приводяться в відсотках від оперативного часу і складають:

$$a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{від}} = 9\% \quad (2.17)$$

$T_{\text{ц.а.}}$ – час на цикл роботи за програмою. Для того щоб визначити дану складову необхідно зобразити шлях за яким рухається інструмент, як показано на рисунку 2.14. За допомогою даної схеми складається таблиця переміщень інструменту (таблиця 2.23), в яку заносяться всі відстані які проходить інструмент за цикл своєї роботи і хвилинні подачі при цих переміщеннях, при цьому враховується що підводиться і відводиться інструмент на прискореній подачі.

На операції 005 виконується свердління отворів та нарізання різі. Для того, щоб визначити норми часу необхідно спочатку визначити довжину робочого ходу:

$$L_{\text{р.х.}} = l_0 + l_1 + l_2 + l_3 \text{ [мм]} \quad (2.18)$$

де l_0 – глибина отвору; l_1 – довжина підводу інструмента; l_2 – довжина врізання інструмента, l_3 – довжина перебігу інструмента.

При свердлінні отвору $\varnothing 11$ згідно[23]:

$$l_1 + l_2 + l_3 = 9,5 \text{ (мм)}$$

Враховуючи довжину отворів отримаємо довжину робочого ходу інструмента:

90; 50 мм відповідно. Тоді основний час складатиме:

$$T_{01}=100,5/24,5=0,926 \text{ (хв.)};$$

$$T_{02}=59,5/213=0,377 \text{ (хв.)};$$

Допоміжний час, який складається із: часу на установку і зняття деталі, часу на вмикання і вимикання верстату, контрольні вимірювання, складає 1,11 хв.

Відповідно штучний час:

$$T_{шт}=(0,926+0,377+0,1+1,11) \cdot 1,08=3,24 \text{ (хв.)}.$$

Норми часу для всіх операцій наведено в таблиці 2.23

Таблиця 2.23 – Норми часу

Операції	Основний час, хв	Штучний час, хв
005	2,674	3,7
010	7,176	10,1
015	1,788	2,5
020	5,776	7,8

3 РОЗРОБКА ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

3.1. Розрахунок приведеної програми

Для деталі корпус 1 коефіцієнт приведення по масі складає:

$$K_{11} = \sqrt[3]{\frac{1,4}{1,85}} = 0,83$$

Коефіцієнт приведення по серійності:

$$K_{21} = \left(\frac{5400}{4200}\right)^{0,15} = 1,04$$

Коефіцієнт приведення по складності:

$$K_3 = \left(\frac{\bar{K}_{Ti}}{\bar{K}_{T.пр.}}\right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{\bar{R}_{ai}}{\bar{R}_{a.пр.}}\right)^{\alpha_2} \quad (3.1)$$

K_{Ti} , $K_{T.пр.}$ - середнє значення точності деталі і представника;

R_{ai} , $R_{a.пр.}$ - середнє значення шорсткості деталі і представника.

Для даної деталі коефіцієнт визначається:

$$K_{31} = \left(\frac{12,2}{13}\right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{11}{10,82}\right)^{\alpha_2} = 0,94$$

Коефіцієнт приведення для золотника складає:

$$K_1 = 0,94 \cdot 0,83 \cdot 1,04 = 0,81$$

Отримані результати занесено до таблиці

Таблиця 3.1 – Приведена програма виробництва

Найменування деталі	Маса, кг	Програм випуску, шт	Коефіцієнт приведення по			Коефіцієнт дня	K·N
			маси	точності	серійності		
Корпус	1,85	5400	1	1	1	1	5400
Корпус	1,4	4200	0,83	0,94	1,04	0,81	3404
Кришка 2	1,6	4600	0,91	0,891	1,03	0,83	3811
Всього						12615	

3.2. Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження

На операціях 005-010-015 трудомісткість виконання робіт складатиме:

$$T_{np} = \frac{(3,7 + 10,1 + 2,5) \cdot 12615}{60} = 3427 \text{ (год)}$$

Для операції 020 трудомісткість виконуваних робіт складає:

$$T_{np} = \frac{7,8 \cdot 12615}{60} = 1639 \text{ (год)}$$

Отже кількість фрезерних верстатів складає:

$$C_p = \frac{3427}{3890} = 0,88$$

Свердильних верстатів:

$$C_p = \frac{1639}{3890} = 0,42$$

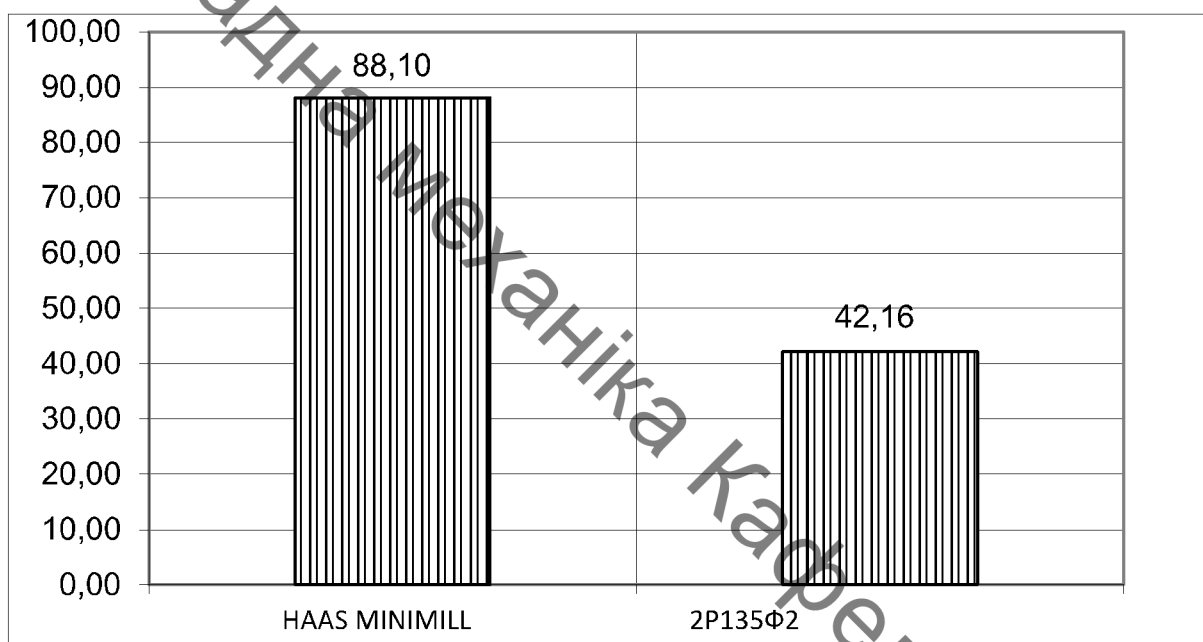


Рисунок 3.1 – Графік завантаження обладнання

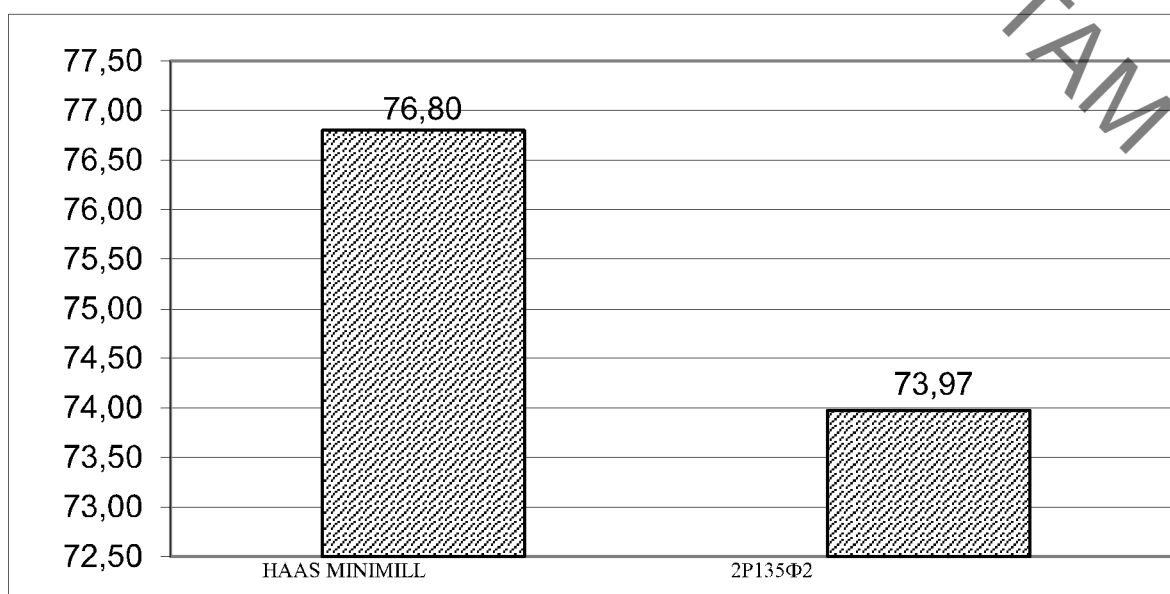


Рисунок 3.2 – Графік використання обладнання за основним часом

Таблиця 3.2 - Розрахунок кількості обладнання.

N _{оп}	Назва операції	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	Коефіцієнт завантаження	Середній коефіцієнт завантаження	Коефіцієнт завантаження по основному часові.
005 -10- 015	Фрезерна з ЧПК	0,88	1	0,88	65,12	0,768
020	Свердлильна з ЧПК	0,42	1	0,42		0,739

Аналогічно визначаються коефіцієнти завантаження інших верстатів, результати заносимо до таблиці 5.2.

5.3. Розрахунок кількості робітників на дільниці

Наприклад для роботи на багатоцільовому верстаті необхідно:

$$P=1\cdot3890\cdot0,88/1\cdot1840=1,86$$

При розрахункові ефективний фонд роботи верстатника прийнятий рівним 1840год (тривалість робочої неділі – 41 год, основної відпустки – 18 днів).

Отже для виконання заданого обсягу роботи необхідно 2 робітника.

Аналогічно поводимо розрахунки для інших операцій, а результати записуємо до таблиці.

Таблиця 3.3 – Кількість робітників –верстатників

Назви верстатів	Прийнята кількість верстатів, $C_{пр}$	$\Phi_{д,}$ год	K_z	K_m	$P,$ чол	$P_{пр,}$ чол
Фрезерний з ЧПК	1	1840	0,88	1	1,86	2
Свердлильний з ЧПК	1		0,42	1	0,83	1

Оскільки вважаємо, що верстати мають довантажуватися іншими деталями, то приймаємо 3 робітника.

Згідно таблиці 3.3 сума всіх основних робочих -3 чол.

Кількість допоміжних робітників складає 20-25% від кількості верстатників, відповідно:

$$P_{др}=(0,2...0,25) \cdot 3=0,6...0,75$$

Приймаємо 2 допоміжних робітника.

При дрібносерійному виробництві кількість ІТР складає 21-15% від кількості верстатів, тобто:

$$P_{ІТР}=(0,15...0,21) \cdot 3=0,54...0,72$$

Приймаємо 1 чол ІТР.

Кількість службовців при серійному виробництві, та при чисельності основних робітників менше 75 чол., складає 2,2% від кількості основних робітників верстатників, отримаємо:

$$P_{СКП}=0,022 \cdot 3=0,066$$

Приймаємо 1 чол.

Кількість молодшого обслуговуючого персоналу складає 2% від кількості усіх працівників, тобто:

$$P_{МОП}=0,02 \cdot (3+1+1+1)=0,12$$

Приймаємо 1 чол молодшого обслуговуючого персоналу. Отримані дані занесемо до таблиці

Таблиця 3.4 – Відомість складу працюючих ділянки

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Прийнята кількість
Основні робітники-верстатники		3
Допоміжні робітники	20...25%	1
ІТР	15...21%	1
СКП	2,2%	1
МОП	2%	1

Отже на ділянці механічної обробки для виготовлення деталі по запропонованому маршруту механічної обробки, має бути розміщено 2 металорізальних верстатів, які обслуговуються 3 основними робітниками. Крім того для забезпечення нормальної роботи ділянки необхідно ще 4 робітника. Але як показали розрахунки використання даного технологічного процесу забезпечить отримання деталі з відповідними кресленню показниками точності.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

У даному розділі з використанням нормативної літератури здійснюється аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів у виробничому приміщенні (описання і класифікація потенційно шкідливих та небезпечних факторів, визначення можливих причини виникнення цих чинників і короткий опис їхньої дії на організм працівника); заповнюється карта умов праці; вказуються рекомендації щодо покращення умов праці, а також розглядаються протипожежні норми.

4.1 Причини виникнення, дія на організм людини та нормування шкідливих та небезпечних чинників факторів у приміщенні

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

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

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

Наведемо можливі причини появи цих чинників і коротко опишемо їхній вплив на організм людини.

Підвищений рівень шуму і вібрації робочої зони може бути спричинений роботою таких елементів комп'ютерів, як жорсткий диск, вентилятори блоку живлення, охолодження мікропроцесора, швидкісні пристрої для зчитування та запису інформації з оптичних носіїв, механічні сканери, пересувні механічні частини принтера, що може спровокувати швидку стомленість працюючого, погіршення слуху, нервові розлади.

Підвищений рівень інфразвуку може бути спричинений вентиляторами та іншими рухомими елементами обладнання з частотою рухів менше 20 Гц або 1200 об/хв, що може викликати нездужання типу морської хвороби, нервову втому.

Підвищений рівень ультразвуку може бути викликаний обладнанням, у якому генеруються ультразвукові коливання для виконання технологічних операцій, а також обладнання, при експлуатації якого ультразвук виникає як побічний фактор, що може спровокувати зсуви у стані нервової, серцево-судинної, дихальної, ендокринної системах організму, у обміні речовин та терморегуляції працівника.

Підвищений рівень електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону може бути спричинений лабораторними та вимірювальними приладами різного призначення, персональними комп'ютерами та інше, що 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).

Підвищений рівень електромагнітних випромінювань промислової частоти може бути спричинений струмоведучими частинами працюючих електроустановок, що 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.

Понижена або підвищена температура повітря робочої зони може бути спричинена різкою зміною температури повітря навколишнього середовища,

наявністю або відсутністю опалення робочого приміщення тощо. Це може спровокувати перегрів або переохолодження організму працівника.

Понижена або підвищена відносна вологість повітря робочої зони може бути спричинена різною кількістю води, що випаровується у приміщенні, метрологічними умовами поза приміщенням, що може спровокувати зменшення або збільшення тепловіддачі організмом людини, що сприяє його перегріванню або переохолодженню.

Понижена або підвищена рухливість повітря робочої зони може бути спричинена нераціональними параметрами системи вентиляції або її відсутністю, що може спровокувати порушення реакції терморегуляції організму працівника.

Підвищена інтенсивність теплового випромінювання може бути спричинена теплом, що потрапляє у виробниче приміщення від обладнання, опалювальних приладів, людей тощо, що може спровокувати підвищення температури повітря в приміщенні вище допустимих меж.

Недостатність або відсутність природного освітлення може бути спричинена відсутністю або недостатніми розмірами віконних проїм. Відсутність або недостатність природного освітлення приводить до напруження зору, послабляє увагу, приводить до настання передчасної стомленості.

Недостатня освітленість робочої зони може бути спричинена відсутністю або недостатністю природного освітлення і може стати причиною низької продуктивності праці, оскільки очі працівника перенапружуються, при цьому стає складно відрізнити оброблювані предмети.

Шкідливі хімічні речовини в повітрі робочої зони можуть бути спричинені утворенням такої речовини, як пил зерновий під час роботи за ПК. В приміщеннях із персональними комп'ютерами оператори підпадають впливу пилу, що притягається до працівника та дуже наелектризованого обладнання. У деяких людей вплив сильної запиленості приміщення може викликати алергію.

Перенапруження аналізаторів може бути спричинене інтенсивною роботою за ЕОМ, що призводить до різкої втоми очей працюючого, а часом до погіршення зору.

Монотонність праці може бути спричинена одноманітністю роботи працюючого і призводить до швидкого розвитку втоми в зв'язку з локалізацією

м'язових і нервових навантажень, незадоволення роботою і зниження творчої активності працівника.

Обґрунтуємо вибір нормованих значень шкідливих та небезпечних виробничих чинників.

Відповідно до [13] для такої шкідливої речовини, як пил зерновий, визначаємо, що вона відноситься до 2-го класу небезпеки, а її ГДК = 4 мг/м³.

Для виду вібрації – загальна, встановлюємо нормований еквівалентний рівень віброприскорення 33 дБ [14].

Після врахування призначення приміщення – виготовлення і вид шуму – постійний, вибираємо нормований еквівалентний рівень шуму 80 дБА [5].

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

При частоті електричного поля радіочастотного діапазону 287,501 МГц нормована напруженість електричного поля восьмигодинного робочого дня складає 10 В/м відповідно до [16].

Допустима напруженість електричного поля промислової частоти для восьмигодинного робочого дня становить 5 кВ/м [16].

За величиною енерговитрат 224 Вт відповідно до [17] встановлюємо категорію важкості робіт за фізичним навантаженням – Па, для якої в теплий період року для постійних робочих місць допустима температура повітря становить 18...27 °С, допустима швидкість руху повітря 0,2...0,4 м/с, а допустима відносна вологість повітря не повинна перевищувати 65 %. Інтенсивність теплового випромінювання не повинна перевищувати 140 Вт/м².

За найменшим розміром об'єкта розрізнення 0,88 мм, вибираємо розряд зорових робіт – 4, для якого нормоване КПО для бокового освітлення становить 1,5 % [8].

Так як приміщення знаходиться в м. Вінниця (2-га група забезпеченості природним світлом), а вікна розташовані за азимутом 89°, то для таких умов нормоване КПО визначатиметься за формулою [18]:

$$e_N = e_h m_N [\%]; \quad (4.1)$$

$$e_N = 1,5 \cdot 0,9 = 1,4 (\%),$$

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

m_N – коефіцієнт світлового клімату;

N – порядковий номер групи забезпеченості природним світлом.

Враховуючи співвідношення контрасту (малий) та фону (темний), встановлюємо підрозряд зорових робіт – а, в межах якого вибираємо нормовану освітленість для загального штучного освітлення – 300 лк.

4.2 Карта умов праці

4.2.1 Оцінка факторів виробничого і трудового процесів

В таблиці 4.1 наведено оцінку факторів виробничого і трудового процесів [19].

Таблиця 4.1 – Оцінка факторів виробничого і трудового процесів

Номер	Фактори виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення (ГДК, ГДР)		Фактичне значення	Ступінь 3-го класу: шкідливі умови і характер праці		
		нижнє	верхнє		I	II	III
1	Шкідливі речовини						
	1-й клас небезпеки		-	-			
	2-й клас небезпеки		4	23,89			+
	3-й, 4-й клас небезпеки		-	-			
2	Вібрації		33	63			+
3	Шум		80	61			
4	Інфразвук		110	34			
5	Ультразвук		110	40			
6	Неонізуючі випромінювання						
	Радіочастотний діапазон		10	16	+		
	Промислової частоти		5	6,31	+		
	Оптичний діапазон		0,0	0			
7	Мікроклімат у приміщенні						

	Температура повітря, С	18	27	36			+
	Швидкість руху повітря, м/с	0,2	0,4	1,5		+	
	Відносна вологість повітря, %		65	33			
	Інтенсивність теплового випромінювання, Вт/м		140	1382		+	
8	Виробниче освітлення						
	Розряд зорових робіт	4		4			
	КПО для природного освітлення	1,4		1,5			
	Освітленість для штучного освітлення, лк	300		300			
	Кількість факторів	-	-	-	2	2	3

4.2.2 Гігієнічна оцінка умов праці

Підвищена концентрація шкідливої хімічної речовини 2-го класу небезпеки – 3 ст.

Підвищений рівень вібрації – 3 ст.

Підвищений рівень неіонізуючих випромінювань радіочастотного діапазону – 1 ст.

Підвищений рівень неіонізуючих випромінювань промислової частоти – 1 ст.

Підвищена температура в теплий період року – 3 ст.

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

Підвищена інтенсивність теплового випромінювання – 2 ст.

4.2.3 Оцінка технічного й організаційного рівня

Технічний рівень робочого місця не відповідає нормативним вимогам.

4.2.4 Атестація робочого місця

Робоче місце атестовано за третім ступенем шкідливості.

4.2.5 Рекомендації щодо покращення умов праці

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

З метою забезпечення нормованих параметрів вібрації в приміщенні доцільно застосувати активний віброзахист шляхом введення додаткового джерела вібрації, яке діє у протифазі.

З метою забезпечення нормованих параметрів неіонізуючих випромінювань радіочастотного діапазону в приміщенні необхідно застосувати захист часом або відстанню.

З метою забезпечення нормованих параметрів неіонізуючих випромінювань промислової частоти в приміщенні необхідно застосувати захист відстанню.

Для забезпечення нормованих параметрів температури повітря в приміщенні потрібно використати кондиціонування повітря.

З метою забезпечення допустимих параметрів швидкості руху повітря в приміщенні доцільно зменшити продуктивність вентиляції.

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

4.3 Пожежна безпека

Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій приміщення, що розглядається наведені в таблиці 4.2. В таблиці 4.3 приведено протипожежні норми проектування будівель і споруд.

Таблиця 4.2 – Мінімальні межі вогнестійкості приміщення [10]

Ступінь вогнестійкості будівлі	Стіни				Колони	Східчасті майданчики	Плити та інші несучі конструкції	Елементи покриття	
	Несучі та східчасті клітки	Самонесучі	Зовнішні несучі	Перегородки				Плити, прогони	Балки, ферми
3	REI 120	REI 60	E 15	EI 15	R 120	R 60	REI 45	нн	нн
	M0	M0	M0	M1	M0	M0	M1	нн	нн

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

Таблиця 4.3 – Протипожежні норми проектування будівель і споруд [11]

Об'єм приміщення, тис. м ³	Категорія пожежної небезпеки	Ступінь вогнестійкості	Відстань, м, для щільності людського потоку в загальному проході, осіб/м ²			Кількість людей на 1 м ширини евакуиходу	Відстань між будівлями та спорудами, м, при ступені їх вогнестійкості			Найбільша кількість поверхів	Максимально допустима площа поверху, м ² , для числа поверхів		
			до 1	2-3	4-5		I, II	III	IV, V		1	2	3 і більше
до 15	Г	3	н.о.	н.о.	н.о.	260	9	12	15	3	6500	5200	3500

Примітки: н.о. – не обмежується.

Під час написання даного розділу опрацьовано такі аспекти охорони праці, як причини виникнення, дія на організм людини та нормування шкідливих та небезпечних виробничих факторів у виробничому приміщенні (описання і класифікація потенційно шкідливих та небезпечних факторів, визначення можливих причини виникнення цих чинників і короткий опис їхньої дії на організм працівника, обґрунтування вибору нормованих значень шкідливих та небезпечних виробничих чинників); карта умов праці, рекомендації щодо покращення умов праці, а також розглянуто протипожежні норми.

ВИСНОВКИ

В результаті виконаної бакалаврської дипломної роботи, яка присвячена проектуванню технологічного процесу механічної обробки деталі типу «Корпус АР.7», виконано наступне:

- зроблений аналіз конструкції та технологічності деталі;
- визначено тип виробництва і форму організації на ній;
- з двох альтернативних запропонованих варіантів на базі техніко–економічного порівняння визначено спосіб виготовлення заготовки;
- виконано аналітичний огляд відомих та типових маршрутів обробки подібних до заданої деталі;
- визначено способи та кількість етапів обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності;
- обґрунтовано вибрані технологічні бази деталі;
- запропоновано маршрут механічної обробки;
- виконано розмірний аналіз технологічного припуску;
- аналітично визначено припуски та технологічні розміри на одну з найбільш точних поверхонь – циліндричну поверхню $\varnothing 15H7$;
- аналітичним способом визначені режими обробки;
- спроектована діляниця механічної обробки, для чого розрахована приведена програма, визначено верстатів та їх коефіцієнти завантаження, розрахована кількість працюючих;
- розроблена графічна частина, до складу якої увійшли креслення деталі та заготовки, плакати з технологічним маршрутом та розмірним аналізом процесу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дусанюк Ж.П.. Посібник до практичних занять з дисципліни "Механо-складальні дільниці та цехи в машинобудуванні" / Дусанюк Ж.П., Савуляк В.В., Репінський С.В., Сердюк О.В - Вінниця: ВНТУ, 2016. — 148 с
2. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні./ Руденко П. О. — К. : Вища школа, 1993. — 414 с.
3. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок / Боженко Л. І. — Львів : Світоч, 1996. — 348 с.
4. Руденко П. О. Вибір, проектування і виробництво заготовок деталей машин / П. О. Руденко, Ю. О. Харламов, О. Г. Шустик. — К. : ІСДО, 1993. — 304 с.
5. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Лигі заготовки: навчальний посібник / Ж. П. Дусанюк, О. П. Шиліна, С. В. Репінський, С. В. Дусанюк. — Вінниця : ВНТУ, 2009. — 199 с.
6. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Гаряче об'ємне штампування : навчальний посібник / Ж. П. Дусанюк, І. О. Сивак, С. В. Дусанюк, С. В. Репінський. — Вінниця : ВНТУ, 2006. — 106 с.
7. Григурко І. О. Технологія машинобудування (дипломне проектування). Навчальний посібник / І. О. Григурко, М. Ф. Брендюля, С. М. Доценко. — Львів : «Новий світ 2000», 2007. — 768 с.
8. Дерібо О.В. Основи технології машинобудування. Частина 1 : навчальний посібник / О.В. Дерібо — Вінниця: ВНТУ, 2013. — 125 с.
9. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2 : навчальний посібник / О. В. Дерібо Вінниця: ВНТУ, 2015. — 116 с.
10. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1: практикум / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський — Вінниця: ВНТУ, 2017. — 106 с.
11. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2: практикум / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. І. Сухоруков — Вінниця: ВНТУ, 2015. — 116 с.
12. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування: навчальний посібник. / О.В. Дерібо, Ж.П. Дусанюк, В.П. Пурдик — Вінниця: ВНТУ, 2012.

– 122 с.

13. Когут, М.С. Механоскладальні цехи та дільниці у машинобудуванні: Підручник [Текст] / М. С. Когут – Львів: Видавництво Державного університету «Львівська політехніка», 2000. – 352 с.

14. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/vie>.

15. ДБНВ.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013.

16. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

17. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

18. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.

19. ДСТУ 2272:2006 Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять. URL: https://ammokote.com/wp-content/uploads/2020/08/DSTU_2272_2006.pdf.

20. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125>.

21. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.

22. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759.

131 – Прикладна механіка Кафедра ТАМ

Додатки

Додаток А

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус АР.7».

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

Підрозділ кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism 32,96 %

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. Робота 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 Дмитро ЛОЗІНСЬКИЙ
(підпис) (ім'я, прізвище)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

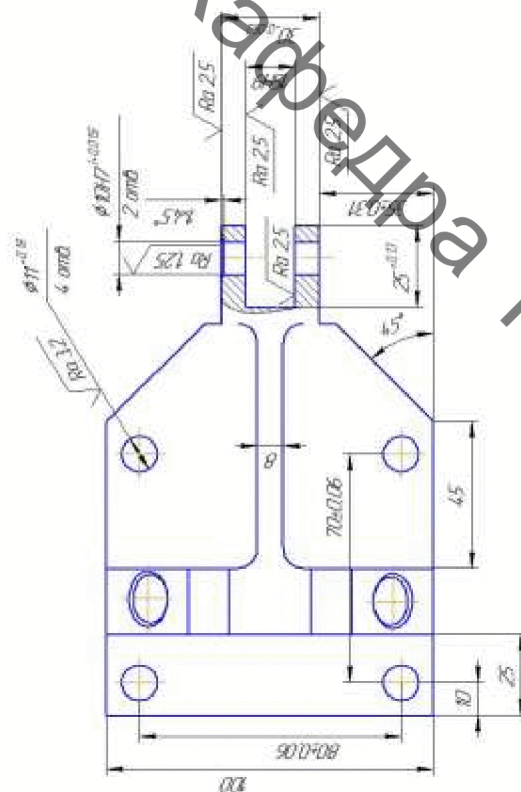
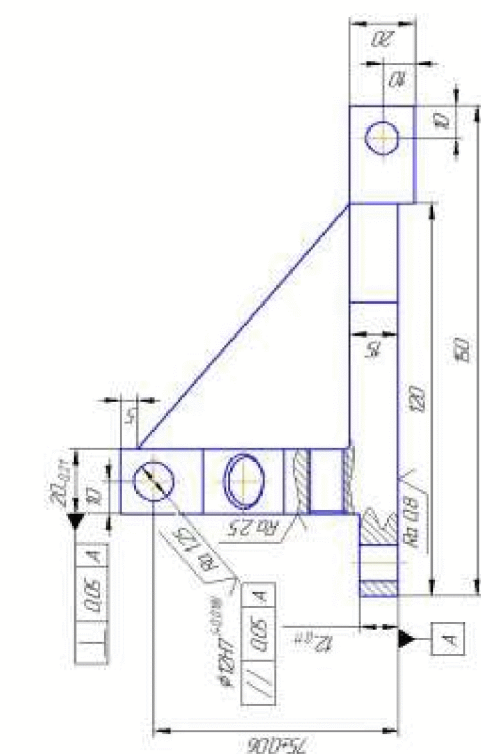
Керівник Сердюк ОЛЬГА
(підпис) (ім'я, прізвище, посада)

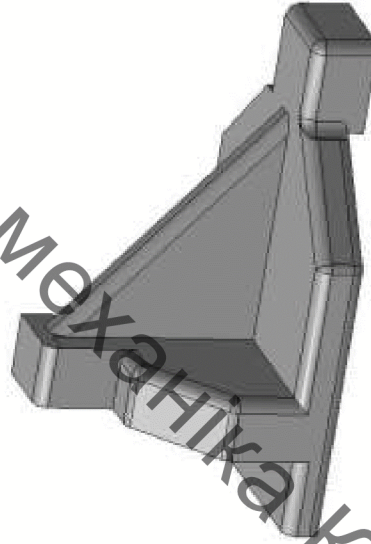
Здобувач Захар БОБІКОВ
(підпис) (ім'я, прізвище)

Додаток Б

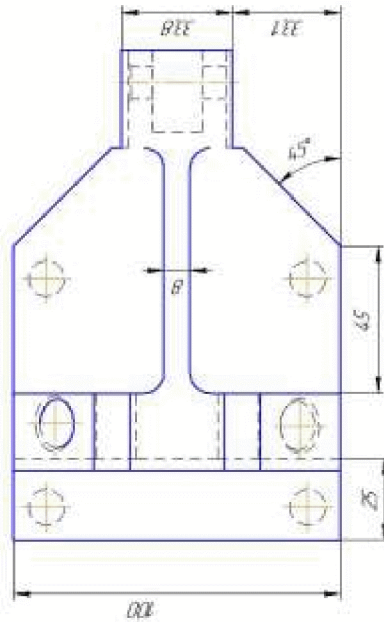
Графічна частина

131 – Прикладна механіка Кафедра ТАМ

[illegible][illegible]



1. Товарищество, founded 10-7-11-4, NUT 26645-85
2. NUT 26645-85
3. NUT 26645-85

[illegible]

[illegible]



Елементи ділянки механічної обробки

Таблиця 1 - Розрахунок кількості обладнання

N _{оп}	Назва операції	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	Коефіцієнт завантаження верстатів	Коефіцієнт завантаження	Середній коефіцієнт завантаження	Коефіцієнт завантаження по основному часу
005	Фрезерні з ЧПК	0.88	1	1	0.88	65,12	0.768
010-015							
020	Свердління з ЧПК	0.42	1	1	0.42		0.739

Таблиця 2 – Кількість робітників –верстатників

Назва верстатів	Прийнята кількість верстатів, C _{пр}	Ф _в , год	K _з	K _м	P, чел	P _{пр} , чел
Фрезерний з ЧПК	1		0.88	1	1.86	2
Свердильний з ЧПК	1	1840	0.42	1	0.83	1

Таблиця 3 – Відомість складу працюючих ділянки

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Прийнята кількість
Основні робітники-верстатники		3
Допоміжні робітники	20...25%	1
ІТР	15...21%	1
СКП	2...2%	1
МОП	2%	1

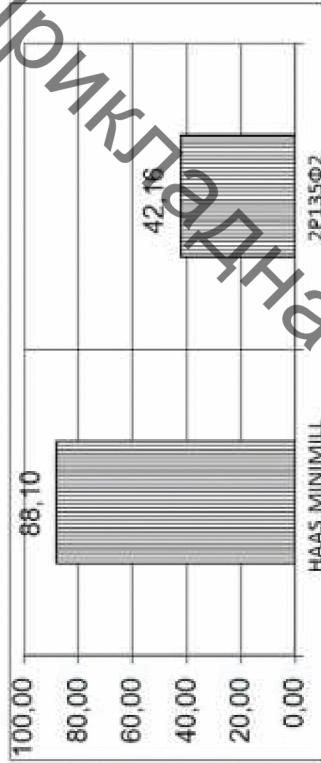


Рисунок 1 – Графік завантаження обладнання

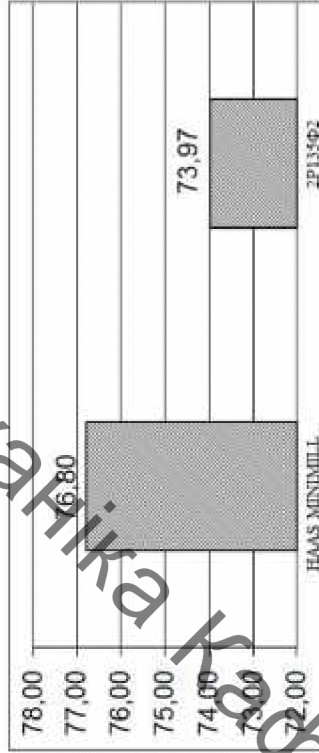
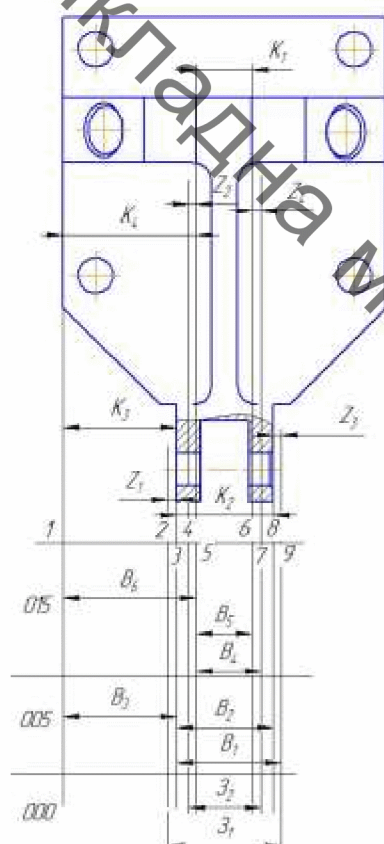


Рисунок 2 – Графік використання обладнання за основним часом

Розмірний аналіз технологічного процесу



Таблиця 1 – Рівняння розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

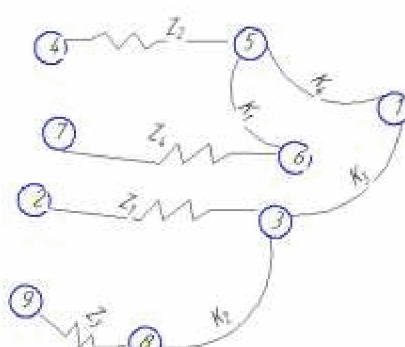
№	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідома ланка
1	$B_5 - K_1 = 0$	$B_5 = K_1$	B_5
2	$B_2 - K_2 = 0$	$B_2 = K_2$	B_2
3	$B_3 - K_3 = 0$	$B_3 = K_3$	B_3
4	$B_6 - K_4 = 0$	$B_6 = K_4$	B_6
5	$B_4 - Z_4 - B_5 = 0$	$Z_4 = B_4 - B_5$	B_4
6	$B_1 - Z_2 - B_2 = 0$	$Z_2 = B_1 - B_2$	B_1
7	$B_1 + Z_1 - 3_1 = 0$	$Z_1 = 3_1 - B_1$	3_1
8	$B_2 + Z_3 - 3_2 = 0$	$Z_3 = 3_2 - B_2$	3_{12}

Таблиця 2 – Значення технологічних розмірів, розмірів заготовки та їх допуски

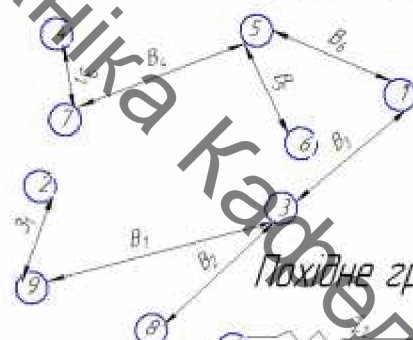
Позначення розміру	Граничні значення розмірів	Допуск	Номинальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на креслет вихідної заготовки
3_1	30,73	31,85	0,52	31,85	31,85 $^{+0,52}_{-0,52}$
3_2	26,38	26,9	0,52	26,9	26,9 $^{+0,52}_{-0,52}$
B_1	30,6	30,73	0,13	30,73	30,73 $^{+0,13}_{-0,13}$
B_2	29,948	30	0,052	30	30 $^{+0,052}_{-0,052}$
B_3	34,69	25,31	0,62	35	35 $^{+0,62}_{-0,62}$
B_4	25,652	25,782	0,13	125,65	25,65 $^{+0,13}_{-0,13}$
B_5	25	25,052	0,052	25	25 $^{+0,052}_{-0,052}$
B_6	37,19	37,81	0,62	37,5	37,5 $^{+0,62}_{-0,62}$

Таблиця 3 – Припуски на механічну обробку

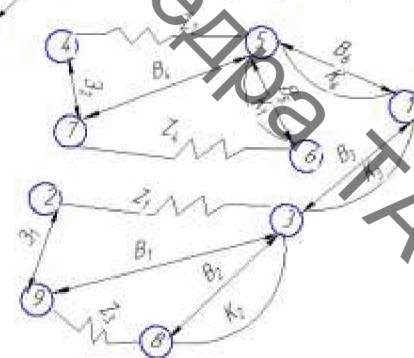
Припуски	Z_1	Z_3	Z_3	Z_4
$Z_{\min}$	0,6	0,6	0,6	0,6
$Z_{\max}$	1,25	0,782	1,248	0,782



Вихідне граф-дерево



Похідне граф-дерево



Суміщений граф