

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування університету, назва університету (абревіатура))

Факультет машинобудування та транспорту

(повне найменування факультету, назва факультету (абревіатура))

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

(повна назва кафедри, абревіатура, повна назва кафедри)

**Бакалаврська кваліфікаційна робота**

на тему:

«ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ  
ТИПУ «КОРПУС АС-4»

Виконав студент 4 курсу, групи 1ПМ-216  
спеціальності 131 – Прикладна  
механіка

(повне найменування спеціальності, абревіатура спеціальності)

Владислав БОНДАР

(підпис)

(підпис) (ПРИЗНАЧЕННЯ)

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ

Ольга СЕРДЮК

(підпис)

(підпис) (ПРИЗНАЧЕННЯ)

« 06 » 06 2025 р.

Рецензент: к.т.н., доц. каф. АТМ

Зелінський В.С.

(підпис)

(підпис) (ПРИЗНАЧЕННЯ)

« 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 – 13 Механічна інженерія

Спеціальність – 131 – «Прикладна механіка»

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

д.т.н., професор Козлов Л.Г.

« 20 » 03 2025 р.

### ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Бондар Владислав Валерійович

1. Тема роботи Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус АС.4»

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

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 АС.4

Матеріал: С418 ГОСТ 1412-85

Програма випуску: 2000шт

4. Зміст текстової частини

1. Аналіз методів виготовлення та обробки заготовок деталей типу " Корпус АС.4"

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;

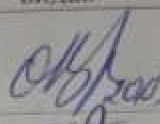
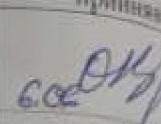
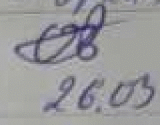
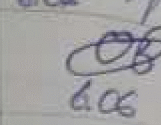
робоче креслення заготовки;

маршрут механічної обробки деталі;

розмірний аналіз технологічного процесу;



# 6. Консультанти розділів роботи

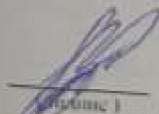
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Спеціальна частина	Ольга СЕРДЮК, доцент кафедри ТАМ		
Охорона праці	Олег БЕРЕЗЮК, професор кафедри БЖД ІБ	 26.03	 6.06

7. Дата видачі завдання « 20 » 03 2025 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

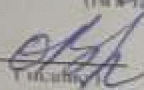
№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітка
		початок	закінчення	
	Формування та затвердження теми бакалаврської кваліфікаційної роботи (БКР)	18.03.25р	20.03.24р	виз.
	Виконання спеціальної частини БКР. Перший рубіжний контроль виконання БКР	22.04.25р	25.04.25р	виз.
	Виконання спеціальної частини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

Студент



Бондар В.  
(Ім'я та прізвище)

Керівник роботи



Ольга СЕРДЮК  
(Ім'я та прізвище)

## АНОТАЦІЯ

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

Метою роботи є розробка технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу корпус АС.4, що дозволить отримати деталь із вказаними на кресленнях параметрами точності та шорсткості.

У загальній частині роботи визначено тип виробництва, що необхідно для подальших розрахунків та виконано аналіз технологічності конструкції деталі. У технологічній частині виконана розробка маршруту механічної обробки. Для цього розроблено технологічний процес, розраховано режими обробки та норми часу, визначено кількість верстатів, що розташовуються на ділянці механічної обробки та площі основних її відділів. Виконано планування ділянки механічної обробки.

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, ділянка механічної обробки.



## ABSTRACT

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

The purpose of the work is to develop a technological process of mechanical processing of a part such as a body AC.4, which will allow to obtain a part with the parameters of accuracy and roughness indicated on the drawings.

In the general part of the work, the type of production is determined, which is necessary for further calculations, and an analysis of the manufacturability of the design of the part is performed. In the technological part, the mechanical processing route was developed. For this, a technological process has been developed, processing modes and time norms have been calculated, the number of machines located in the mechanical processing section and the area of its main departments have been determined. The planning of the mechanical processing section has been completed.

In the section on labor protection, such issues as the causes of occurrence, effects on the human body, and regulation of harmful and dangerous production factors in the production premises are elaborated, recommendations are given for improving working conditions, and fire safety standards are also considered.

Key words: body, technological process, workpiece, mechanical processing, dimensional analysis, layout, mechanical processing section.



## ЗМІСТ

Вступ	4
1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИКОТОВЛЕННЯ ТА ОБРОБКИ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ ТИПУ «КОРПУС АС.4»	6
1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи	6
1.2 Огляд можливих методів та способів отримання заготовки	12
1.3 Огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва, їх аналіз на предмет використання при проектуванні маршруту механічної обробки	12
2 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ	15
2.1. Аналіз конструкції і технологічності деталі	15
2.2. Розрахунок розмірів заготовки.	16
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	29
2.3.3 Проектування маршруту механічної обробки з розробкою змісту операцій, попереднім вибором верстатів та зображенням схем базування	33
2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу	36
2.3.5. Розрахунок припусків	43
2.3.6. Визначення режимів різання на обробку конструкторських баз та кріпильних отворів	48
2.3.7. Визначення технічних норм часу для всіх операцій. Для однієї операції детально, решта у вигляді підсумкової таблиці	55
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ	59
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ	68
ВИСНОВКИ	77



СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	78
ДОДАТКИ	80
ДОДАТОК А (обов'язковий) Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	81
ДОДАТОК Б (обов'язковий). Графічна частина	82

131 - Прикладна механіка Кафедра ТАМ



## ВСТУП

*Актуальність.* В умовах ринкової економіки й боротьби за ринки збуту важливу роль відіграє якість і собівартість продукції машинобудування. Вироби повинні бути конкурентноспроможними. А для цього необхідно домагатися прискорення темпів зростання продуктивності праці, удосконалювати організацію виробництва, застосовувати комплексну механізацію і автоматизацію технологічних і допоміжних операцій. У серійному виробництві є необхідність постійного оновлення продукції. Це зумовлює використання автоматизованого обладнання з можливістю швидкого переналагодження. Цим вимогам повністю відповідають верстати з ЧПК і роботизовані комплекси, створені на основі цих верстатів. Для розвитку галузі машинобудування необхідно також покращувати структуру обладнання, що випускається, збільшуючи частку сучасних ливарних машин, ковальсько-пресового і зварювального обладнання, верстатів високої точності, верстатів з ЧПК, промислових роботів тощо.

*Мета і завдання дослідження.* Мета бакалаврської дипломної роботи – удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус АС.4» 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 АС.4»;
- обґрунтувати вибір чистових та чорнових технологічних баз;
- розробити удосконалений варіант маршруту механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус АС.4»;

- 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 АС.4».

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

131 - Прикладна механіка кафедра ТАМ



# 1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИКОТОВЛЕННЯ ТА ОБРОБКИ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ ТИПУ "КОРПУС АС.4"

## 1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи

Тип виробництва згідно ГОСТ 3.1121-84 визначається за коефіцієнтом закріплення операцій:

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

де  $\sum O_i$  – кількість операцій, які виконуються на дільниці;

$\sum P_i$  – кількість робочих місць на дільниці.

Прийняті такі коефіцієнти закріплення операцій:

$K_{з.о.} = 1$  – масове виробництво;

$1 < K_{з.о.} \leq 10$  – великосерійне виробництво;

$10 < K_{з.о.} \leq 20$  – середньосерійне виробництво;

$20 < K_{з.о.} \leq 40$  – дрібносерійне виробництво.

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 АС.4" і занесені до таблиці 1.1, це:

- розточування попереднє отворів Ø35
- свердління та зенкерування отвору під різь М20
- фрезерування торцю
- свердління та розвертання отворів Ø9.

Для записаних в таблиці 1.1 переходів механічної обробки наближено визначено основний час механічної обробки  $T_{осн}$ , наприклад для розточування поверхні Ø35 довжиною 66:

$$T_{\text{осн}} = 0,21 \cdot 35 \cdot (45 + 15) \cdot 0,001 = 0,44 \text{ (хв)}$$

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

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

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

Відповідно отримаємо:

$$T_{\text{шт-к}} = 0,44 \cdot 1,84 = 0,81 \text{ (хв)}$$

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

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

де  $N = 3000$  шт. – річна програма випуску деталі “Корпус АС.4”;

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

$F_d$  – дійсний фонд роботи обладнання ( $F_d = 2040$  год);

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

Відповідно, наприклад для точіння поверхні  $\varnothing 35$  необхідна кількість верстатів складає:

$$C_{p1} = 3000 \cdot 0,81 / 60 \cdot 2040 \cdot 0,75 = 0,03$$



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.

При точінні поверхні Ø35 він рівен 0,03.

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 обробці отворів отримаємо:

$$O_1 = 0,75 / 0,03 = 28,28$$

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

$$\sum O_i = 28,28 + 12,6 + 24,96 + 6,7 = 72,5$$

Сумарна кількість прийнятих верстатів  $\sum P=4$

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

$$K_{3,0}=72,5/4=18,13$$

Таблиця 1.1 – Визначення типу виробництва

№ п/п	Зміст техно- логічних операцій	Тос, хв	фк	Тшт.к , хв	N	Ср	P	h з.ф.	O
1.	Розточування отво- рів Ø35	0,44	1,84	0,81	300 0	0,03	1	0,03	28,28
2.	Свердління та зен- керування отвору під різь M20	0,99	1,84	1,82	300 0	0,06	1	0,06	12,6
3.	Фрезерування торця	0,5	1,84	0,92	300 0	0,03	1	0,03	24,9
4	Свердління та роз- вертання отвору	1,86	1,84	3,43	300 0	0,4	1	0,4	6,7
	Всього						4		72,5

Отже тип виробництва –серійне. 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 поточкову лінію використовувати недоцільно. Добовий випуск виробів і добову продуктивність лінії розраховують за формулами:



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

де 254 кількість робочих днів в році;

$$Q_{\partial} = \frac{F_{\partial}}{T_{шт-к_{сер}} \cdot \eta_z}, \quad (1.7)$$

де  $T_{шт-к_{сер}}$  – середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів, хв.;  $\eta_z$  – 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:

$$T_{шт-к_i} = (0,81 + 1,82 + 0,92 + 3,43) / 4 = 1,75 \text{ (хв)}$$

Отже добова продуктивність лінії становитиме:

$$Q_{\partial} = \frac{952}{1,75 \cdot 0,8} = 436,39$$

Потрібний добовий випуск виробів:

$$N_{\partial} = \frac{3000}{254} = 11,81$$

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).

$$n = \frac{3000 \cdot 6}{254} = 70,87$$

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

$$c = \frac{1,75 \cdot 71}{476 \cdot 0,75} = 0,32$$

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

$$n_{np} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot c_{np}}{T_{шт-к, ср}} \quad (1.11)$$

$$n_{np} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot 1}{1,75} = 218 \text{ шт}$$

Приймаємо кількість деталей у партії 218 шт. Отже тип виробництва – серійне, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 218 шт.



## 1.2 Огляд можливих методів та способів отримання заготовки

Виробництво дрібносерійне, тому можливі способи лиття – в піщано-глинисті, оболонкові форми, кокіль, за виплавними моделями, під тиском. Лиття в піщано-глинисті, оболонкові форми, за виплавними моделями – це лиття в разові форми. Лиття в кокіль – це лиття в постійні форми.

Орієнтуючись на робоче креслення деталі, масу та серійність виробництва встановлюємо метод одержання заготовки згідно [3] – лиття, так як деталь виготовляється з матеріалу сірий чавун.

Проаналізувавши всі можливі способи лиття, ми обираємо лише два найоптимальніші з них. В даному випадку це буде лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням та оболонкові форми

## 1.3 Огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей

в умовах даного типу виробництва, їх аналіз на предмет використання при проектуванні маршруту механічної обробки

Деталь «Корпус АС.4» належить до класу корпусних деталей гр. 2 з центральним і вертикальним отворами. Для обробки деталей даного класу розроблені сучасні типові маршрутні технології [2]. Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі «Корпус цангового пристосування» розроблено 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 верстати з ЧПК, гнучкі переналагоджувані лінії, уніфіковане та спеціалізоване оснащення. Це дозволяє швидко переналагоджувати виробництво на виготовлення інших виробів.

Для розробки маршруту обробки розглянуто типові технологічні процеси [3]. За прототип вибрано маршрут механічної обробки заготовки деталі «Корпус».

Типовий технологічний процес представлений в таблиці 1.1.

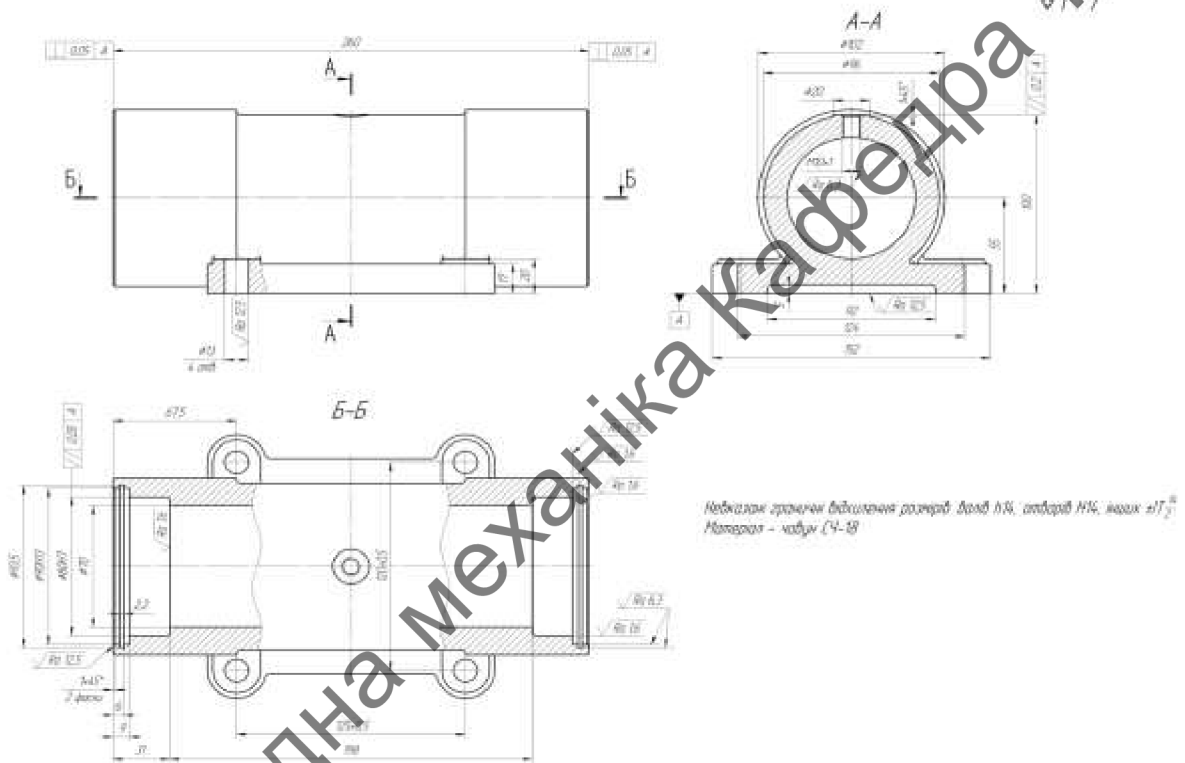


Рисунок 1.1 – Деталь типу «Корпус»

В деталі «Корпус АС.4» так, як і в деталі «Корпус» конструкторськими базами є площина і кріпильні отвори, на яку базується деталь. Допоміжними конструкторськими базами в обох деталях є отвори з високими вимогами точності. Для виготовлення обох деталей використовуються подібні методи обробки. з використання обладнання з ЧПК.

Типовий технологічний процес наведений у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 –Технологічний процес (типовий) виготовлення деталі «Корпус підшипників»

№ операції	Зміст і назва операції	Верстат
005	Багатоцільова з ЧПК Встановити і закріпити заготовку. Фрезерувати площину основи попередньо і остаточно. Центрувати 4 отв. Ø13. Свердлити 4 отв. Ø13.	Багатоцільовий з ЧПК ИР500ПМФ4
010	1.Фрезерувати площину бобишки Ø20 одноразово. Свердлити і нарізати різьбу М10•1-7Н. Фрезерувати торець Ø120, витримуючи розмір 230 попередньо, остаточно. Розточити отвори Ø80Н7, Ø90Н13 і фаску 1××45° попередньо і остаточно. Фрезерувати канавку 2,2±0,5 остаточно.	Багатоцільовий з ЧПК ИР500ПМФ4

Типовий технологічний процес побудований по принципу концентрації операцій. Це є досить позитивним, так як верстати типу оброблюваний центр мають магазини інструментів великої місткості (до 76 інструментів), що дозволяє обробляти всі поверхні з одного установа, крім основних конструкторських баз. Отже, точність обробки є досить високою, трудомісткість значно нижчою (в порівнянні з іншими верстатами), собівартість обробки при цьому зменшується.

## 2 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ

### 2.1. Аналіз конструкції і технологічності деталі

Деталь корпус має досить складну форму. До нетехнологічних елементів відносяться глухі отвори. Крім того нетехнологічними є і отвори М6, які є глухими, що призводить до ускладненого виведення стружки і нагріву інструменту.

В якості технологічних баз може бути використано площину та два отвори Ø9H8.

До найбільш точних поверхонь відносяться отвори Ø30H7, Ø35H7 та Ø9H8.

Задані вимоги точності та шорсткості можуть бути забезпечені на токарних та свердлильних операціях механічної обробки, тому немає необхідності використовувати додаткові трудомісткі технологічні операції. А поверхні з підвищеними вимогами точності мають отримуватися на шліфувальних верстатах, або верстатах з підвищеними вимогами точності.

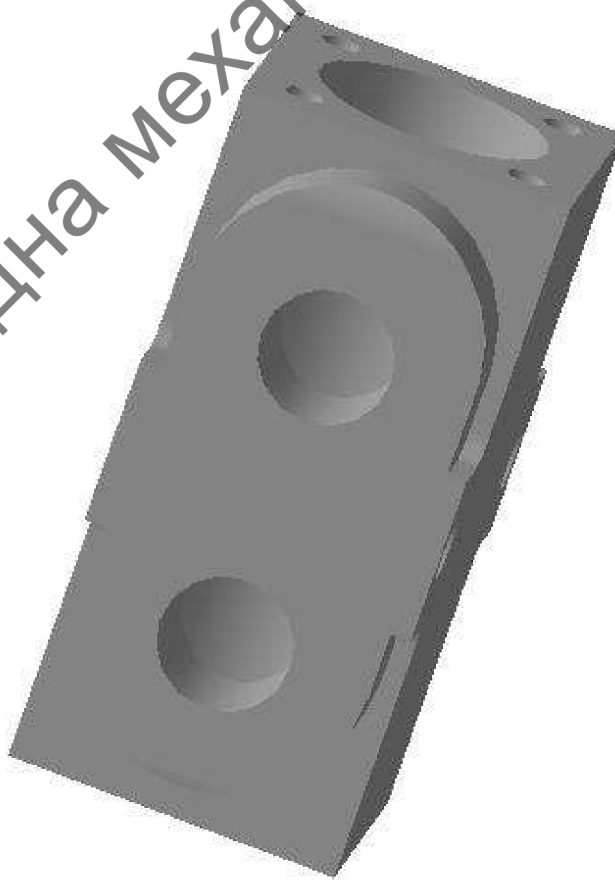


Рисунок 2.1 – Корпус

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

## 2.2. Розрахунок розмірів заготовки

Оскільки матеріал заготовки – сталь СЧ-18, що має досить гарні ливарні властивості, тому метод виготовлення заготовки обираємо лиття.

Лиття в піщано-глинясті форми -це найбільш розповсюджений спосіб лиття. Можна отримати відливки різноманітної конфігурації і маси. Отримані заготовки характеризуються низькою точністю, високими параметрами шорсткості і великими припусками на механічну обробку. Собівартість виготовлення виливків мінімальна, але витрати на механічну обробку найбільші із усіх інших методів. Враховуючи, що тип виробництва даної деталі – дрібносерійне, то робимо висновок, що даний спосіб виготовлення використовувати вигідно з точки зору серійності виробництва, даний спосіб є найдешевшим і добре підходить для виготовлення даної заготовки.

При використанні лиття в оболонкові форми можна досягти точність розмірів, що відповідає 12-му квалітету і параметр шорсткості  $Rz\ 20\ldots 10$ . При цьому зменшується об'єм обрубних і очисних робіт, витрати металу, скорочується об'єм механічної обробки. Процес може бути повністю механізований. Однак необхідно передбачити вартість зв'язуючої речовини. Тобто виробництво потребує великих затрат на оснащення. При даному дрібносерійному виробництві ці затрати не досить вагомі, однак розглядаємий варіант способу лиття є можливим і доцільним для виготовлення деталі, що вказана за умовою.



Лиття по виплавним моделям хоч і дозволяє збільшити номенклатуру виготовлення деталі та дає досить точний результат, однак в даному випадку недоцільний, оскільки при цьому необхідно виготовляти разову модель для кожного виливка, тому при дрібносерійному виробництві затрати при такому методі лиття не оправдують себе.

Лиття в кокіль дозволяє багатократно використовувати металеву форму — кокіль. Досить розповсюджений і дешевий спосіб. В результаті можна отримувати стабільні і точні розміри виливків. Досить висока швидкість кристалізації, що підвищує механічні властивості виливка. Але висока вартість виготовлення самої форми і серійність виробництва дає змогу судити про цей спосіб як про недоцільний для виробництва даної деталі з економічної точки зору.

Відцентрове лиття дозволяє отримати високу густину металу виливка, підвищується рідкотекучість, майже відсутні затрати на виготовлення стержнів. Однак внаслідок даного способу лиття необхідний великий об'єм послідовної механічної обробки, що є не бажано при дрібносерійному типі виробництва.

Лиття під тиском забезпечує високу точність розмірів виливка та малі шорсткості. Однак потрібно врахувати, що присутня складність виготовлення прес-форми, її висока вартість і невелика стійкість. Можливе виникнення залишкових напружень, що може мати відображення на подальшій обробці. Також такий матеріал, як сталь, при такому способі лиття не бажано використовувати, тому робимо висновок про недоцільність застосування лиття під тиском для заданої умови задачі.

Найбільш оптимальними способами лиття для даної заготовки є: лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням та лиття за виплавними моделями, оскільки лиття в кокіль, вимагає використання додатково облицювання кокіля, що призведе до здорожчання заготовки, відцентрове лиття не дасть можливості отримати ступінчастий отвір, оболонкові форми більш дорогий спосіб ніж лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші.

Результат визначення необхідних параметрів заносимо у таблицю 3.1 та 3.2 відповідно для операцій лиття в піщано-глинисті форми та лиття за виплавними моделями.

При литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням виготовлення виливок матиме конфігурацію показану на рисунку 3.1.

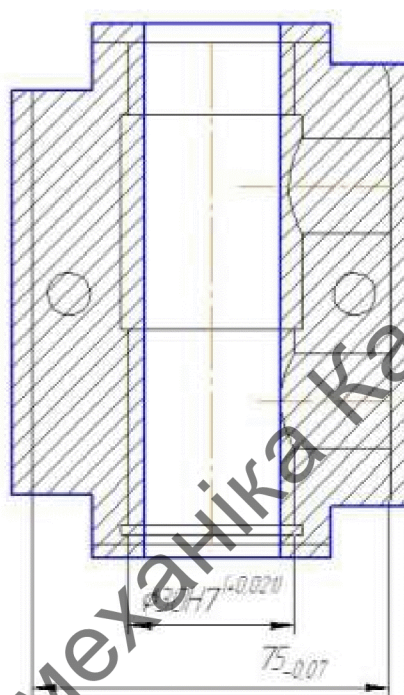


Рисунок 2.2 – Конфігурація виливка отриманого литтям в піщано-глинисті форми з машинним формуванням

В залежності від технологічного процесу лиття, найбільшого габаритного розміру деталі - 105 мм, та типу сплаву (нетермооброблюваний чорний) обираємо діапазон значень, із яких визначатимемо відповідне оптимальне число. Враховуючи, що тип виробництва –серійне, то серед рекомендованих за ГОСТ 26645-85 значень обираємо серед більших із них.

Для лиття в піщано-глинисті форми із машинним формуванням рекомендовано 7т-11, отже приймаємо для серійного виробництва 9 клас розмірної точності. Для лиття за виплавними моделями рекомендовано 5т-9т, прийнято відповідно 7т

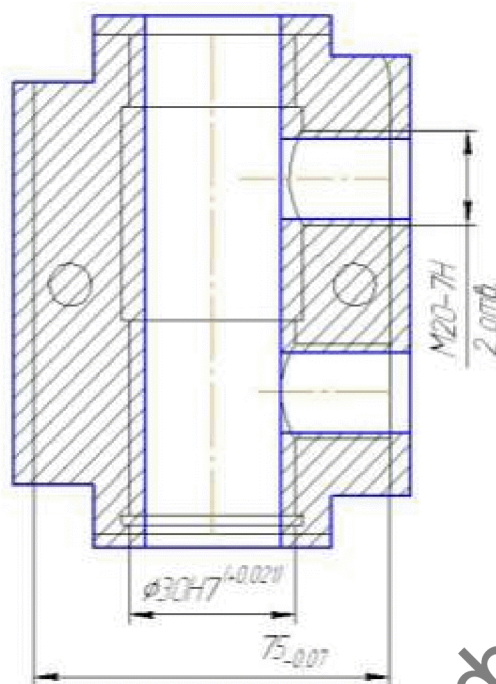


Рисунок 2.3 – Конфігурація виливка отриманого лиття за виплавними моделями

Ступінь жолоблення елементів виливка 10 мм — найменший, 105 мм — найбільший, їх співвідношення становитиме

$$10/105=0,095$$

І якщо на робочому кресленні твердість не вказана, то це значить, що термічна обробка попередньо не відбувалася, форми разові. Значить отримаємо певний діапазон значень 5-8. Оскільки даний матеріал – чавун, то обираємо більші числа із проміжку: 7, при литті в піщано-глинисті форми машинним формуванням, та 6 – при за виплавними моделями.

Ступінь точності поверхонь виливка обираємо у відповідності до технологічного процесу лиття, враховуючи що найбільший габаритний розмір виливка становить 105 мм, тип сплаву – чавун, не відбувалася попередня термічна обробка. Значить в результаті отримаємо діапазони: при литті в піщано-глинисті форми машинним формуванням 9-16, та 5-10– при литті за виплавними моделями. Приймаємо 12 та 7 ступінь точності відповідно

Таблиця 2.1 - Лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням і вологістю до 2,8%

Вихідні дані (норми точності)	Згідно з ГОСТ 26645-85		Прийнято
Клас розмірної точності	7т-11		9
Ступінь жолоблення елементів	5-8		7
Ступінь точності поверхонь виливка	9-16		12
Шорсткість поверхонь виливка	Ra = 25 мкм		Ra = 25 мкм
Клас точності маси	5-13т		9т
Ряд припусків	4-7		6
Розрахункові розміри	105	75	Ø30
Допуски:			
розмірів	2,4	2,2	1,8
форми чи розміщення	0,5	0,5	0,5
зміщення по площині роз'єму	1,6	1,6	
зміщення через перекося стержня			1,0
маси	10		
нерівностей	0,64		
загальний допуск	2,4	2,4	2,2
Припуски:			
мінімальний	0,6		
Розрахункові розміри	105	75	Ø30
	Кількість переходів механічної обробки		
за точністю розмірів	1	3	4
за відхиленнями форм, взаємним розміщенням поверхонь	-	-	--
прийнята кількість переходів	1	3	4
загальний припуск	2,1	3,3	3,4
Розміри заготовки	109,2	81,6	Ø23,2

Таблиця 2.2 - Лиття за виплавними моделями

Вихідні дані (норми точності)	Згідно з ГОСТ 26645-85			Прийнято
Клас розмірної точності	5т-9т			7т
Ступінь жолоблення елементів	5-8			6
Ступінь точності поверхонь виливка	5-10			7
Шорсткість поверхонь виливка	Ra = 8 мкм			Ra = 8 мкм
Клас точності маси	4-11т			7
Ряд припусків	2-5			4
Розрахункові розміри	105	75	Ø30	M20
Допуски:				
розмірів	1,0	0,9	0,7	0,64
форми чи розміщення	0,4	0,4	0,4	0,4
зміщення по площині роз'єму	0,64	0,64		
зміщення через перекося стержня			0,4	0,4
маси	6,4			
нерівностей	0,2			
загальний допуск	1,1	1,1	0,9	0,8
Припуски:				
мінімальний	0,4			
Розрахункові розміри	105	75	Ø30	M20
	Кількість переходів механічної обробки			
за точністю розмірів	1	3	4	4
за відхиленнями форм, взаємним розміщенням поверхонь	-	-	-	-
прийнята кількість переходів	1	3	4	4
загальний припуск	1,2	1,6	1,6	1,5
Розміри заготовки	107,4	78,2	26,8	17



Шорсткість поверхонь виливка обираємо згідно із попередньо визначеним ступенем точності поверхонь. При литті в піщано-глинисті форми машинним формуванням ступінь точності складає 12 відповідно шорсткість 25 мкм, при литті за виплавними моделями ступінь точності складає 7 відповідно шорсткість 8,0 мкм.

Клас точності маси приймаємо в залежності від технологічного способу лиття, враховуючи, що номінальна маса виливка становить 1,67 кг. Також враховуємо в залежності від типу сплаву та наявності термічної обробки. При литті в піщано-глинисті форми машинним формуванням інтервал 5-13 т приймаємо 9 т, та при за виплавними моделями 4-11 т (приймаємо 7).

Ряд припусків приймаємо згідно із ступенем точності поверхні. Враховуючи, що матеріал – чавун і температура плавлення досить висока, то приймаємо середні значення і вказаних проміжків 6 і 4 при литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням та при литті за виплавними моделями відповідно.

Допуски розмірів виливка вибираємо у відповідності з номінальним розміром деталі та вже отриманих необхідних класів точності.

Допуски форми чи розміщення встановлюємо згідно із отриманими номінальними розмірами та ступенем жолоблення елементів виливка. Зазначимо, що за номінальний розмір нормованої ділянки беремо найбільший з розмірів даної ділянки елемента виливка, для якого регламентується відхилення форми і розташування поверхні.

Допуски зміщення по площині роз'єму встановлюється по відповідному класу розмірної точності для найбільш тонкої стівки виливка. Для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням і за виплавними моделями складає 1,62 та 0,64 мм відповідно.

Допуск зміщення через перекіс стержня приймаємо на 1 клас точніше класу розмірної точності виливка, за номінальним розміром найбільш тонкої із стінок виливка, що формується з участю стержня, а саме  $(50-30)/2=10$  мм. Для лиття в піщано-глинисті форми з машинним складає 1,0 та для лиття за виплавними моделями 0,4 мм відповідно.

Призначаємо в залежності від маси виливка та класу точності маси. Оскільки на даному етапі маса виливка ще невідома, то її визначаємо наближено за масою деталі  $Q_{дет}$  та коефіцієнтом використання матеріалу заготовки  $\gamma$ , що для лиття в піщано-глинисті форми дорівнює 0,75 та  $Q_{дет}$  при цій операції рівне 1,67 кг. Тоді  $Q_{заг} = 1,67/0,75 = 2,2$  кг. Отже маса лежить у проміжковій від 1 до 4 кг У відповідності з цими числами обираємо необхідні нам дані. Для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням і за виплавними моделями складає 10% та 6,4% мм відповідно.

Допуск нерівностей вибираємо в залежності від ступеня точності поверхонь виливка, тобто в залежності від вибраної шорсткості.

Загальний допуск в даному випадку враховуємо сумарний вплив допуску розміру і допусків форми чи розміщення поверхні та приймаємо у відповідності до двох найбільших значень, отриманих із усіх попередніх величин допусків різних параметрів.

Мінімальний припуск приймаємо згідно з рядом припусків, що попередньо обрані. Для всіх поверхонь однаковий і призначається для усунення нерівностей, дефектів литої поверхні, зменшення шорсткості у відповідності за ГОСТ 26645-85.

Для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням і за виплавними моделями складає 0,6 та 0,4 мм відповідно.

Кількість переходів механічної обробки за точністю розмірів приймаємо в залежності від допуску розміру виливка та співвідношення між допусками розміру деталі і виливка  $T_{розм.дет.}/T_{розм.вил.}$ . При цьому допуск розміру виливка ми обирали попередньо та заносили значення у таблицю. Допуск розміру деталі знаходимо на робочому кресленні деталі. Отже для лиття в піщано-глинисті форми з ручним формування суміші буде:

$$105 - T_{розм.дет.}/T_{розм.вил.} = 0,5/2,4 = 0,208;$$

$$75 - T_{розм.дет.}/T_{розм.вил.} = 0,07/2,2 = 0,031;$$

$$\varnothing 30 - T_{розм.дет.}/T_{розм.вил.} = 0,021/1,8 = 0,012;$$

І також для операції лиття за виплавними моделями:

$$105 - \text{Трозм.дет.}/\text{Трозм.вил}=0,5/1,0=0,5;$$

$$75 - \text{Трозм.дет.}/\text{Трозм.вил}=0,07/0,9=0,078;$$

$$\varnothing 30 - \text{Трозм.дет.}/\text{Трозм.вил}=0,021/0,7=0,03;$$

$$M20 \text{ Трозм.дет.}/\text{Трозм.вил}=0,021/0,64=0,033$$

Кількість переходів механічної обробки за точністю форми і розміщення оброблюваної поверхні деталі.

Приймаємо в залежності від допуску розміру виливка та співвідношення між допусками форми і розташування оброблюваної поверхні деталі та виливка:  $T_{ф.дет.}/T_{ф.вил.}$

Прийнята остаточна кількість переходів механічної обробки за більшим числом у порівнянні із двома попередніми пунктами.

Загальний припуск обираємо в залежності від загального допуску, виду остаточної механічної обробки та ряду припусків. Всі ці показники попередньо визначені і за допомогою вже вказаних параметрів обираємо остаточні результати.

Після формування контура виливків в місцях переходу від одного елемента до другого призначаємо радіуси заокруглень, які в значній степені визначають якість литої заготовки. Їх величина повинна бути оптимальною. Радіуси заокруглень у спряженнях залежать від матеріалу виливка, товщини спряжених стінок і кута, що утворюється між ними. Вибір здійснюємо по графікам.

Їм відповідають наступні радіуси заокруглень для чавуна при діапазоні кутів  $75...105^\circ$ : 1)  $r = 5\text{мм}$ , 2)  $r = 5\text{мм}$ ,

Призначаємо на вертикальних стінках поверх припуску на механічну обробку. Необхідні величини нахилів для обраних операцій вибираємо із таблиці нормованих значень. Вибираємо в залежності від висоти формоутворювальної поверхні та способу лиття. Отже на ділянці 105мм нахил складатиме  $4^\circ 34'$ .

Мінімальна товщина стінок призначається так, щоб забезпечити необхідну розрахункову міцність і задовольнити потребам технології обраного способу лиття.

Найменшу товщину стінок вибираємо в залежності від приведеного габариту заготовки, який обраховуємо за наступною формулою:

$$N = \frac{2l + b + h}{4} = \frac{2 \cdot 105 + 75 + 75}{4} = 90$$

мм, цьому значенню відповідає мінімальна товщина стінки  $\delta = 8$  мм.

Мінімальний діаметр стінки визначаємо за формулою:

$$d_{\min} = d_0 + 0,1 \cdot s \text{ [мм]}$$

При  $d_0 = 7$  мм – для чавуна і  $s = 75/2 - 30/2 = 22,5$  мм, значення мінімального діаметра буде дорівнювати:

$$d_{\min} = d_0 + 0,1 \cdot s = 7 + 0,1 \cdot 22,5 = 9,25 \text{ (мм)}.$$

Отже отвір M20 буде проливатися.

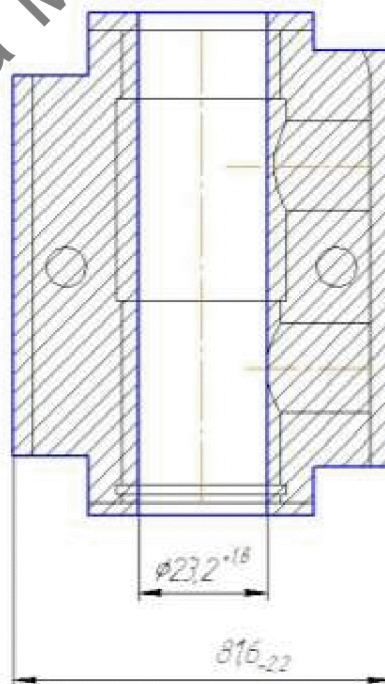


Рисунок 2.4 – Ескіз заготовки отриманої литтям в піщано-глинисті форм з машинним формуванням суміші

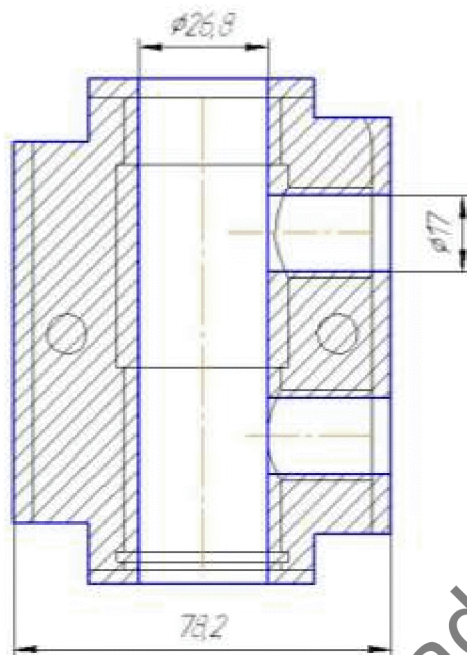


Рисунок 2.5 – Ескіз заготовки отриманої литтям за виплавними моделями

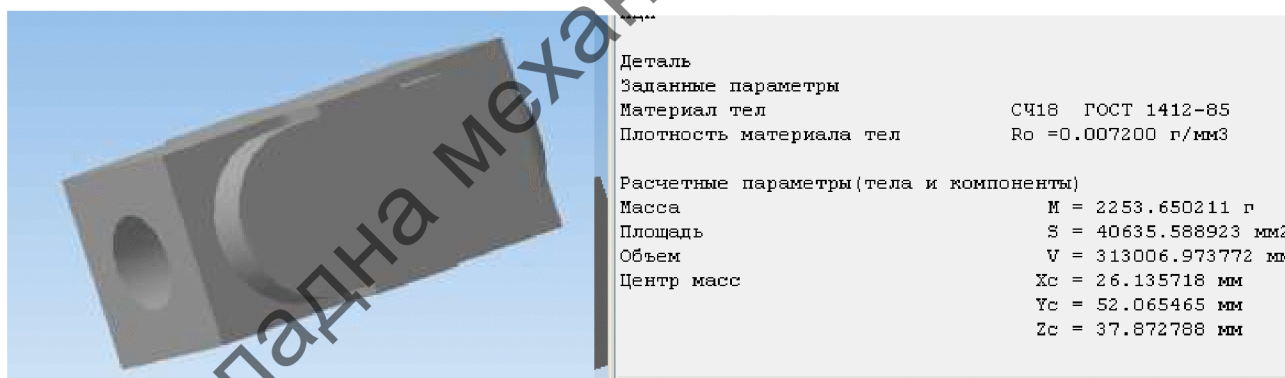


Рисунок 2.6 – Визначення маси заготовки для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу як відношення маси деталі до маси заготовки

$$\gamma = \frac{G_d}{G_z} = 1.67 / 2.25 = 0.74$$



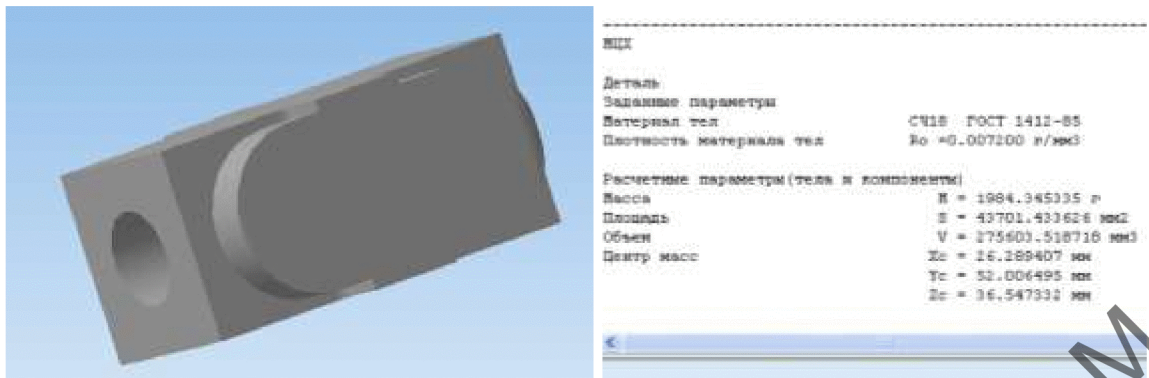


Рисунок 2.7 - Визначення маси заготовки для лиття за виплавними моделями

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу як відношення маси деталі до маси заготовки

$$\gamma = \frac{G_d}{G_z} = 1.67 / 1.98 = 0.84$$

Вартість заготовки визначаємо за формулою:

Вартість заготовок, що отримуються такими способами, як лиття в оболонкові форми та в піщано-глинисті форми можна визначити за формулою:

$$C_{\text{заг.лит}} = \frac{(Q_{\text{заг}} \cdot C_{\text{л}} \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{н}} \cdot K_{\text{с}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{п}})}{1000} - \frac{(Q_{\text{заг}} - Q_{\text{дет}}) \cdot C_{\text{відх}}}{1000} \quad [\text{грн}] \quad (2.1)$$

Де  $C_{\text{відх}}$  – заготівельні ціни на стружку чорних і кольорових металів по прейскурантах, грн.о, при матеріалі сталь ця величина становить 390 грн.

$C_{\text{л}}$  – базова вартість 1т заготовок, грн.о, для лиття в піщано-глинисті форми – 15600 грн.

$C_{\text{л}}$  – базова вартість 1т заготовок, грн.о, для лиття за виплавними моделями – 32000 грн.

$K_{\text{т}}, K_{\text{н}}, K_{\text{с}}, K_{\text{в}}, K_{\text{п}}$  – коефіцієнти, що залежать відповідно від класу точності вилівка, марки матеріалу, групи складності, маси і об'єму виробництва заготовок.

Для лиття в піщано-глинисті форми:

$K_T, K_H, K_C, K_B, K_P$  відповідно рівні  $1,0 - 1,0 - 1,2 - 0,96 - 1,0$ .

Для лиття за виплавними моделями:

$K_T, K_H, K_C, K_B, K_P$  відповідно рівні  $1,0 - 1,0 - 1,12 - 0,62 - 1,0$ .

Тоді вартість заготовок для лиття в піщано-глинисті форми

$$C_{\text{заг. лит}} = \frac{2.25 \cdot 15600 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 0,91 \cdot 1,0}{1000} - \frac{(2.25 - 1.67) \cdot 2500}{1000} = 36.88 \text{ (грн.)};$$

Тоді вартість заготовок для лиття за виплавними моделями

$$C_{\text{заг. лит}} = \frac{1.98 \cdot 32000 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,12 \cdot 0,62 \cdot 1,0}{1000} - \frac{(1.98 - 1.67) \cdot 2500}{1000} = 43.21 \text{ (грн.)}$$

Тобто за основний спосіб отримання заготовки лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням.

## 2.3 Розробка маршруту механічної обробки

### 2.3.1 Вибір способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності визначення кількості ступенів механічної обробки поверхні

Створюючи маршрут обробки поверхні виходять з того, що кожен наступний метод повинен бути більш точним ніж попередній. Технологічний допуск на проміжний розмір і якість поверхні, що отримані на попередньому етапі обробки повинні мати числові значення, за яких можливе. Відповідно до наведених вище вимог визначимо кількість переходів і способи та методи попередньої та остаточної обробки для отвору  $\varnothing 30H7$ , враховуючи, що допуск точності заготовки (допуск після чорного точіння) складає 0,021 мм:

$$\varepsilon = 0,84 / 0,021 = 40$$

Отже можна проводити обробка за чотири переходи і призначаємо:

$$\varepsilon_1=5,8$$

$$\varepsilon_2=4$$

Відповідно тоді ступень уточнення другого переходу складатиме:

$$\varepsilon_3=\varepsilon/\varepsilon_1\cdot\varepsilon_2$$

Тобто:

$$\varepsilon_3=40/5,8\cdot4=1.72$$

Допуск складатиме:

$$T_1=0,84/5,8=0,144 \text{ (мм)}$$

$$T_2=0,144/4=0,036 \text{ (мм)}$$

$$T_3=0,036/1,72=0,021 \text{ (мм)}$$

Остаточню приймаємо наступні переходи механічної обробки даної поверхні: розточування попереднє (13 квалітет точності); розточування попереднє (8 квалітет точності); розточування остаточне (7 квалітет точності)

### 2.3.2 Вибір чистових і чорнових технологічних баз

Правильність вибору технологічних баз на даному етапі проектування в значній мірі визначає досягнення необхідної точності деталі в процесі її виготовлення та економічність процесів.

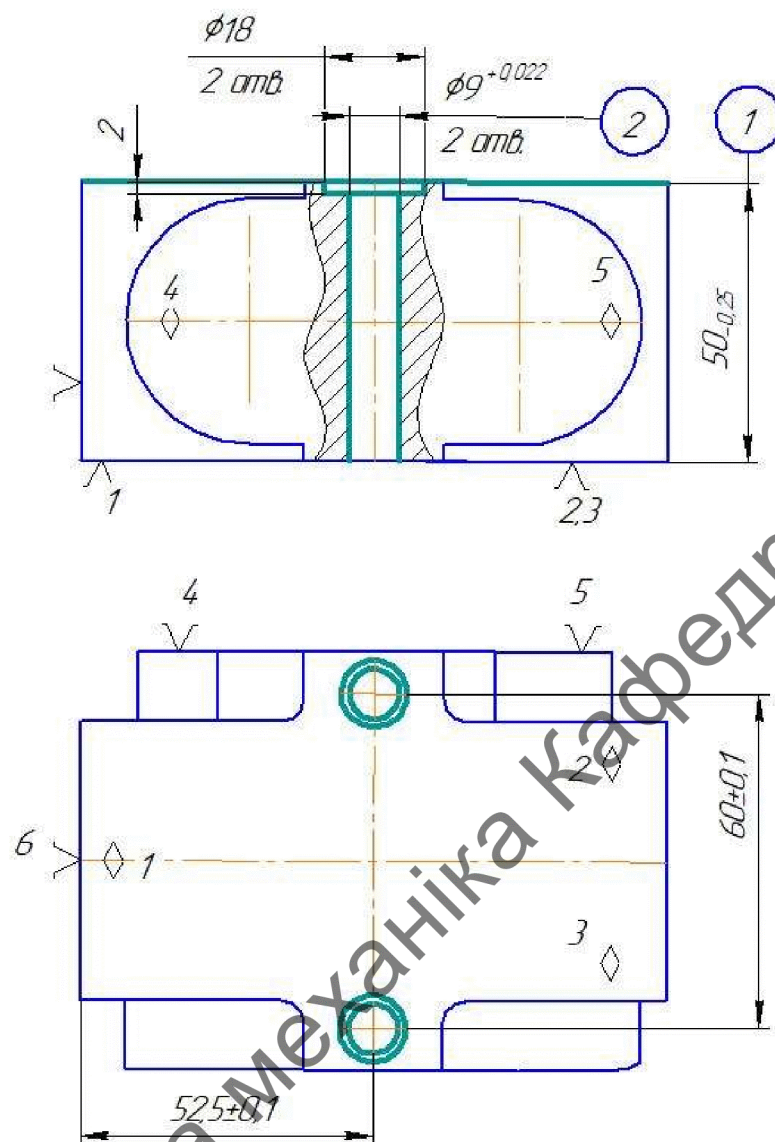
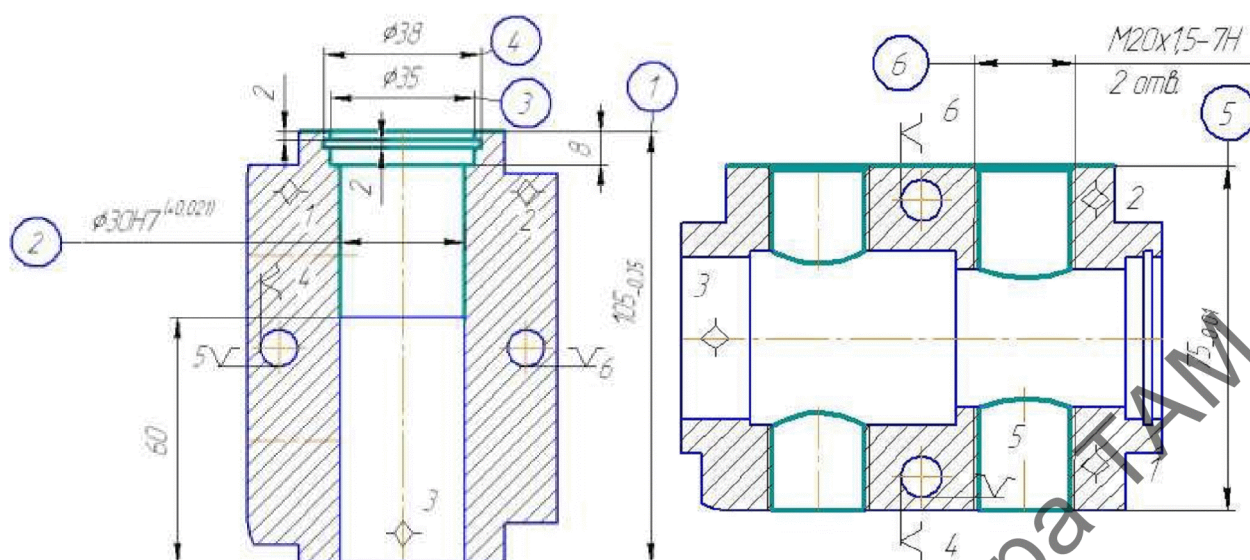


Рисунок 2.8 – Чорнові технологічні бази

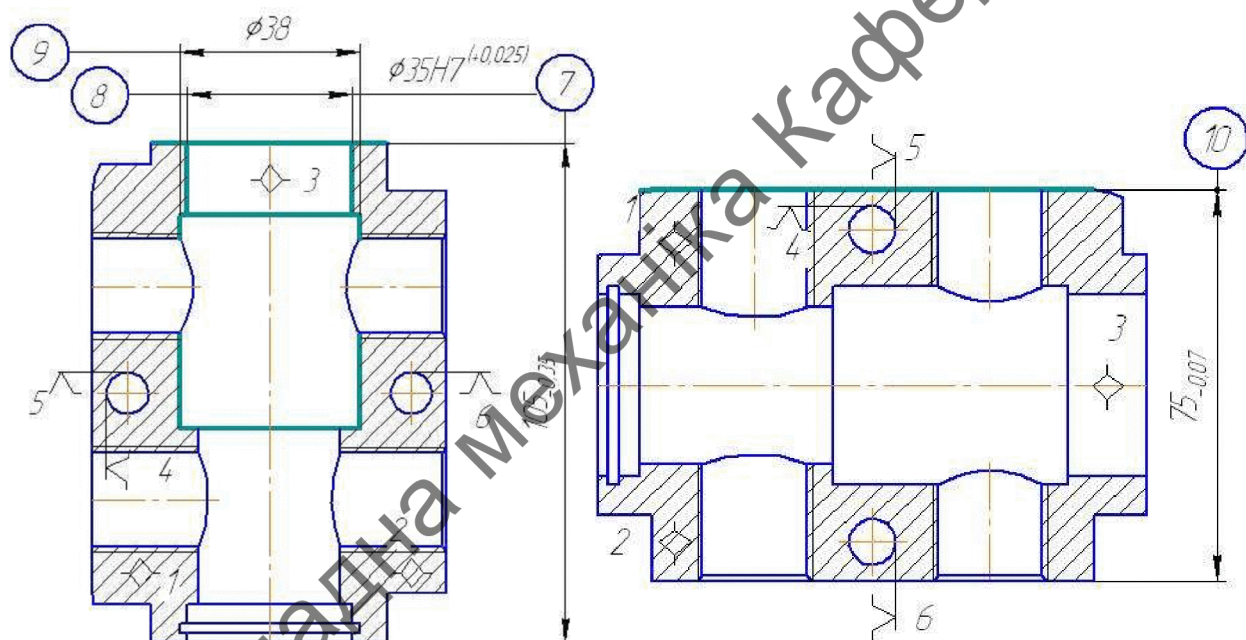
Згідно з рекомендаціями проектування технологічних процесів механічної обробки спочатку виконується вибір чистових технологічних баз, тобто таких поверхонь, які використовуються при виконанні більшості операцій технологічного процесу. При цьому вирішується задача забезпечення похибок базування виконуваних розмірів рівною нулю або ж зведення їх до мінімальних значень.

В якості чорнових технологічних баз використовується площина та два торці. При цьому вирішується задача зняття мінімального рівномірного припуску при подальшій механічній обробці вказаних площини та торців.



Позиція 1

Позиція 2



Позиція 3

Позиція 4

Рисунок 2.9 – Схема базування на операції 010



Таблиця 2.3– Аналіз вибору технологічних баз на операції 010

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Багатоцільова з ЧПК	Ø35, Ø38, Ø30	відсутня	Діаметральний розмір
	8,2	відсутня	Обробка з одного установова
	M20	відсутня	Діаметральний розмір
	Ø38, Ø35	відсутня	Діаметральний розмір
	105, 75	відсутня	Виникає, рівна зазоріві між отвором і установочним пальцем

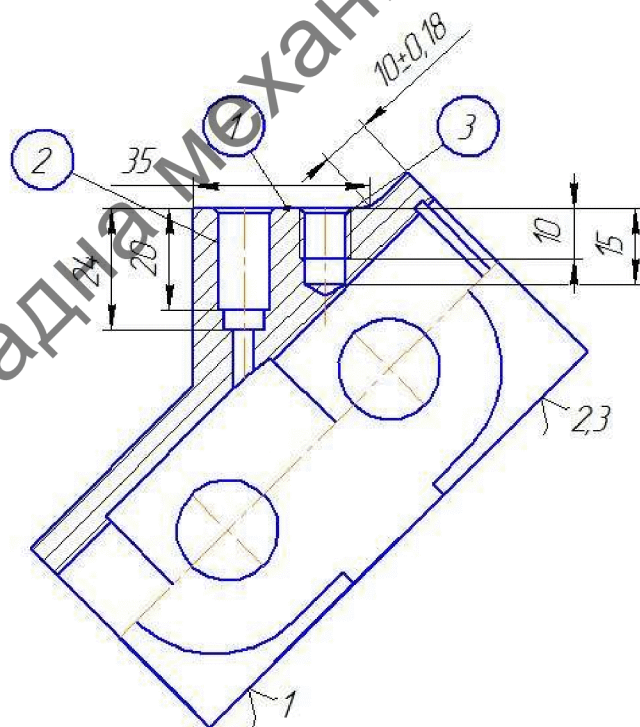


Рисунок 2.10 – Схема базування на операції 015

Таблиця 2.4— Аналіз вибору технологічних баз на операції 015

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Багатоцільова з ЧПК	Ø10, Ø8, M8	відсутня	Діаметральний розмір
	10, 15, 24, 20	відсутня	Обробка з одного установова

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

Відповідно до службового призначення різні поверхні деталі виконують різні функції. Тому вимоги до них можуть бути найрізноманітніші: за точністю, шорсткістю, твердістю тощо. Забезпечуються ці вимоги використанням різних технологічних методів обробки. Їх вибирають з врахуванням габаритних розмірів, характеру та точності вихідної заготовки, властивостей матеріалу, наявності обладнання та інших факторів.

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

Маршрут механічної обробки показано в таблиці 4.4, він складається із чотирьох операцій, три з яких виконуються на верстатах з ЧПК.

Таблиця 2.5 -Маршрут механічної обробки

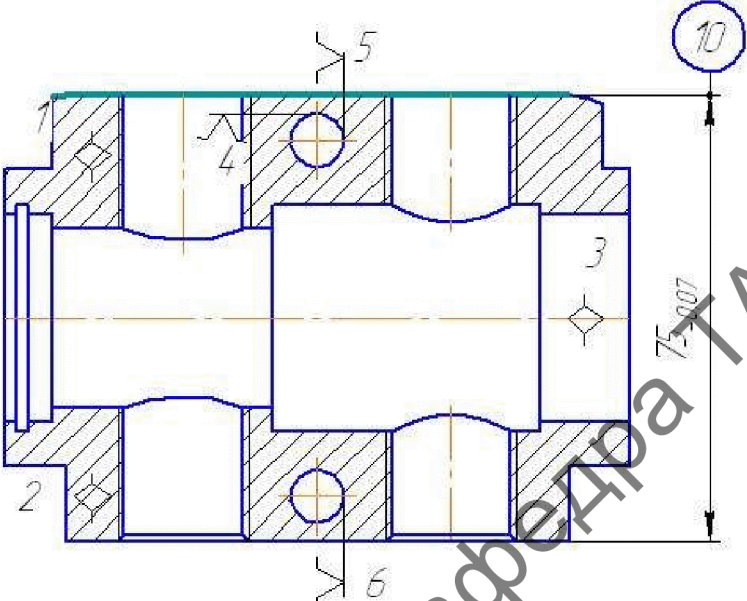
№ операцій	Зміст операцій та переходів	Схема базування	Мо-дель вер-стата
1	2	3	4
005	<p><u>Фрезерна з ЧПК</u></p> <p>1 Встановити і закріпити заготовку</p> <p>2 Фрезерувати поверхню 1</p> <p>3 Центрувати 2 отвори</p> <p>4 Свердлити 2 отвори</p> <p>5 Цекувати 2 отвори</p> <p>6 Зенкерувати 2 отвори</p> <p>7 Розвернути 2 отвори</p> <p>8 Фрезерувати площину 1 остаточно</p> <p>9 Зняти заготовку</p>		Вертикально-фрезерний з ЧПК 6Р13РФ3
010	<p><u>Багатоцільова</u></p> <p>1 Встановити і закріпити заготовку</p> <p>2 Фрезерувати торець</p> <p>Розточити отвір 2 попередньо</p> <p>3 Розточити отвір 3</p> <p>4 Розточити канавку 4</p> <p>5 Розточити отвір 2 попередньо</p> <p>6 Розточити отвір 2 остаточно</p> <p>7 Фрезерувати торець 1 остаточно</p>		Багатоцільовий ЛТ60МФ3 з поворотним столом

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4
	<p>8 Повернути деталь на 90</p> <p>9 Фрезерувати торець 5 попередньо</p> <p>10 Центрувати 2 отвори 6</p> <p>11 Свердлити 2 отвори 6</p> <p>12 Розсвердлити 2 отвори 6</p> <p>13 Зенкувати фаску в 2 отворах 6</p> <p>14 Нарізати різь в 2 отворах 6</p> <p>15 Фрезерувати остаточно площину 5</p> <p>16 Повернути деталь на 90</p> <p>17 Фрезерувати площину 7 попередньо</p> <p>18 Розточити отвір 8 попередньо</p> <p>19 Розточити отвір 7</p> <p>20 Розточити вір 8 попередньо</p> <p>21 Розточити отвір 8 остаточно</p> <p>22 Фрезерувати торець 7 остаточно</p>		



Продовження таблиці 2.5

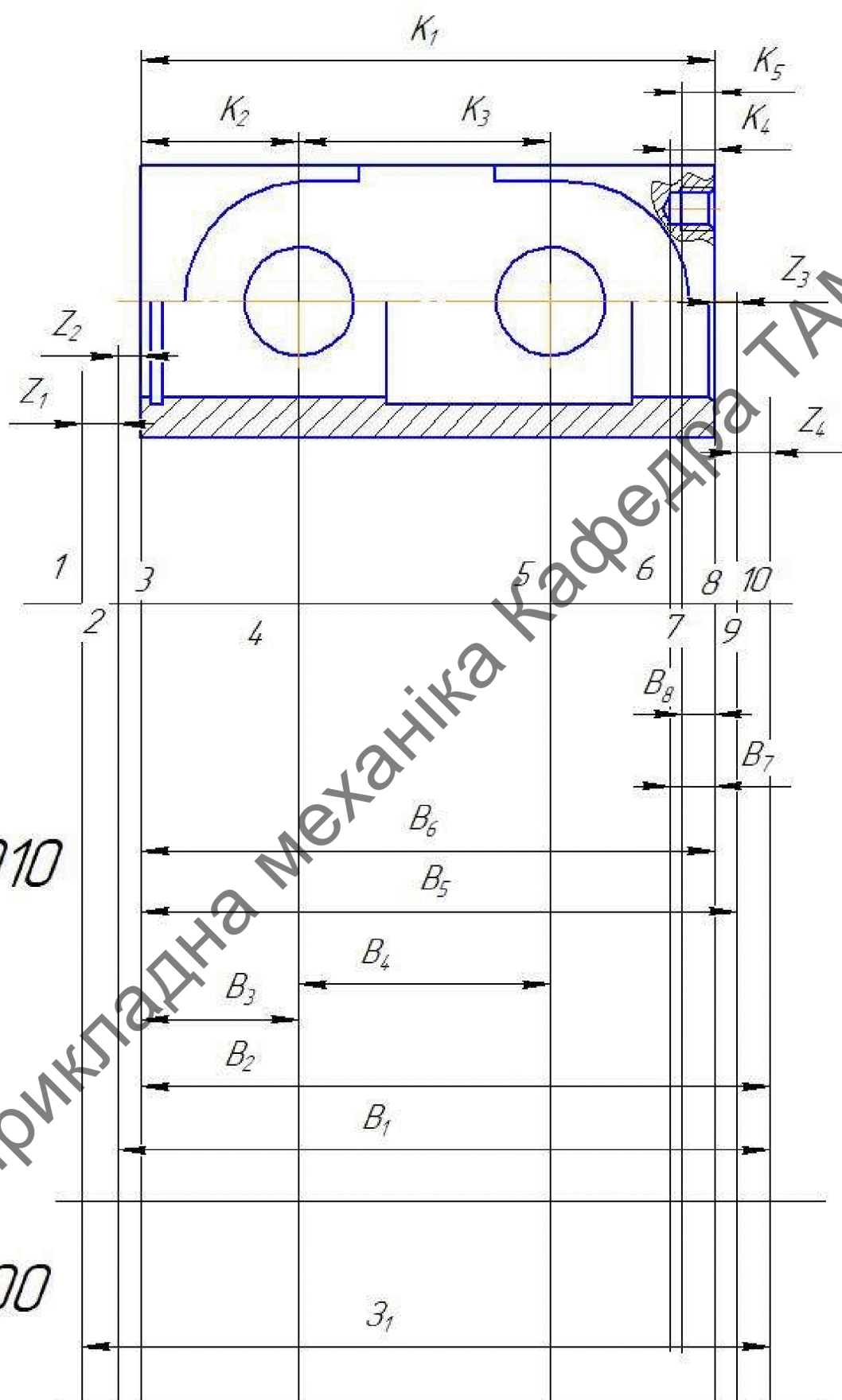
1	2	3	4
	23 Повернути деталь на 90 24 Фрезерувати торець 10 попередньо 25 Фрезерувати торець 10 остаточно		

### 2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу

Технологічні розміри доцільно розміщувати таким чином, щоб вони співпадали з конструкторськими. В таких випадках немає потреби проводити додаткові розрахунки для визначення технологічних розмірів. Це можливо тоді, коли технологічні бази співпадають з вимірювальними або поверхні, між якими заданий конструкторський розмір оброблюється на одній операції.

В решті випадків технологічні розміри необхідно проставляти від технологічних баз і при побудові розмірних ланцюгів, ці розміри будуть складовими ланками. Розмір, що буде отримуватись в ході виконання операції буде замикаючою ланкою. Замикаючими ланками для даної деталі є конструкторські розміри та величини припусків.

Допуски технологічних розмірів визначаються виходячи з точності механічної обробки. Таблиці економічної точності на металорізальних верстатах наведені у відповідних таблицях. Згідно цим таблицям середня точність однократної обробки відповідає 12-му квалітету. Тому приймаємо допуски розмірів після чорнової (однократної) обробки по 12-му квалітету і записуємо в таблицю.



Рисунки 2.11 – Розмірна схема першого технологічного процесу



Таблиця 2.6– Допуски технологічних розмірів

Розміри заготовки	$Z_1$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$B_6$	$B_7$	$B_8$
Попередні значення допусків	2,2	0,87	0,35	0,21	0,25	0,14	0,087	0,36	0,3

Визначені допуски використовуються при подальших розрахунках технологічних розмірів.

Одним із перших етапів розмірного аналізу є побудова розмірної схеми технологічного процесу

Одним із перших етапів розмірного аналізу є побудова розмірної схеми технологічного процесу та виявлення технологічних розмірних ланцюгів (рисунок 4.5). На розмірній схемі вказуються конструкторські розміри, припуски та технологічні розміри.

Деталь у процесі її виготовлення доцільно розглядати як геометричну структуру, яка складається з багатьох поверхонь та зв'язків (розмірів) між ними. Тому таку структуру доцільно вивчати за допомогою графів.

Граф, складений із конструкторських розмірів  $K_1K_2...$  і припусків називається вихідним графом (деревом). Вершинами усіх трьох графів є площини або осі циліндричних поверхонь заготовки і деталі. Ребрами вихідного графа-дерева є конструкторські розміри і припуски.

Ребрами похідного графа-дерева є розміри, які визначаються в результаті виконання розмірного аналізу, а саме технологічні розміри і розміри вихідної заготовки.

Граф, складений із конструкторських розмірів  $K_1K_2...$  і припусків називається вихідним графом (деревом).

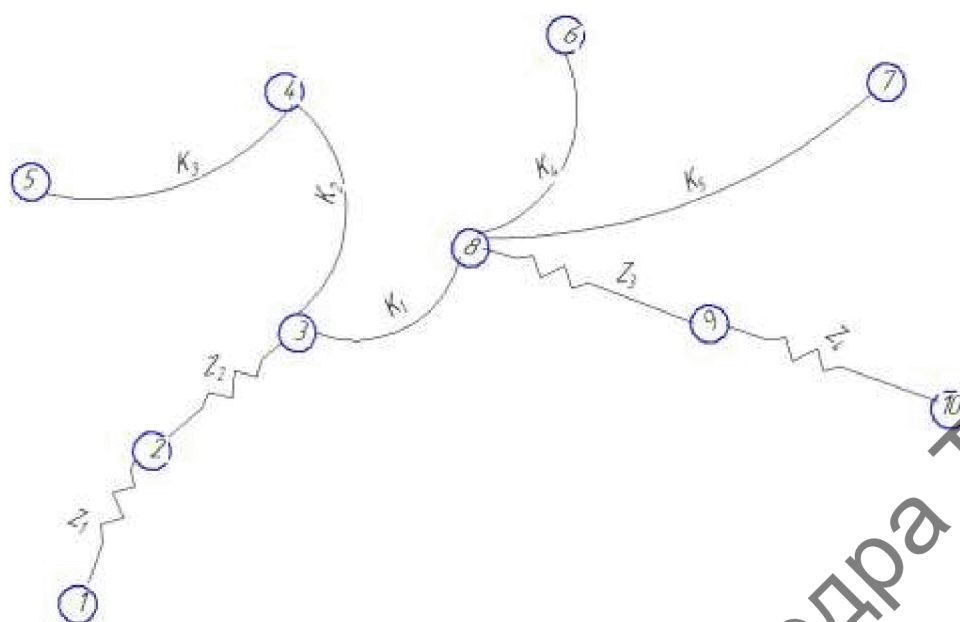


Рисунок 2.12 – Вихідний граф-дерево

Граф, складений із технологічних розмірів  $B_1 B_2 \dots$  і розмірів заготовки  $Z_1 Z_2 \dots$  називається похідним графом.

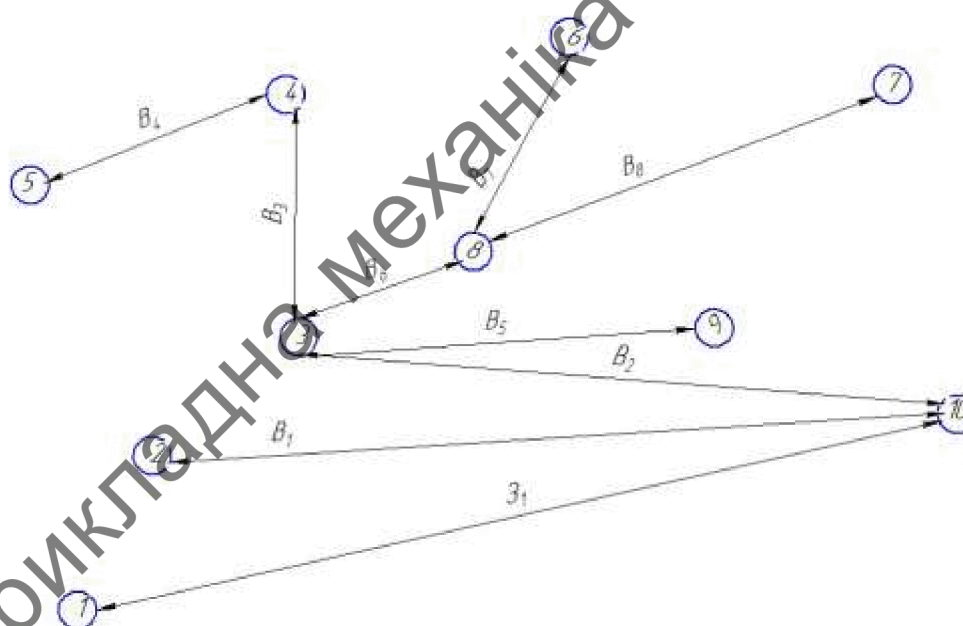


Рисунок 2.13 – Похідний граф-дерево

Суміщений граф являє собою графічне зображення ТП механічної обробки.

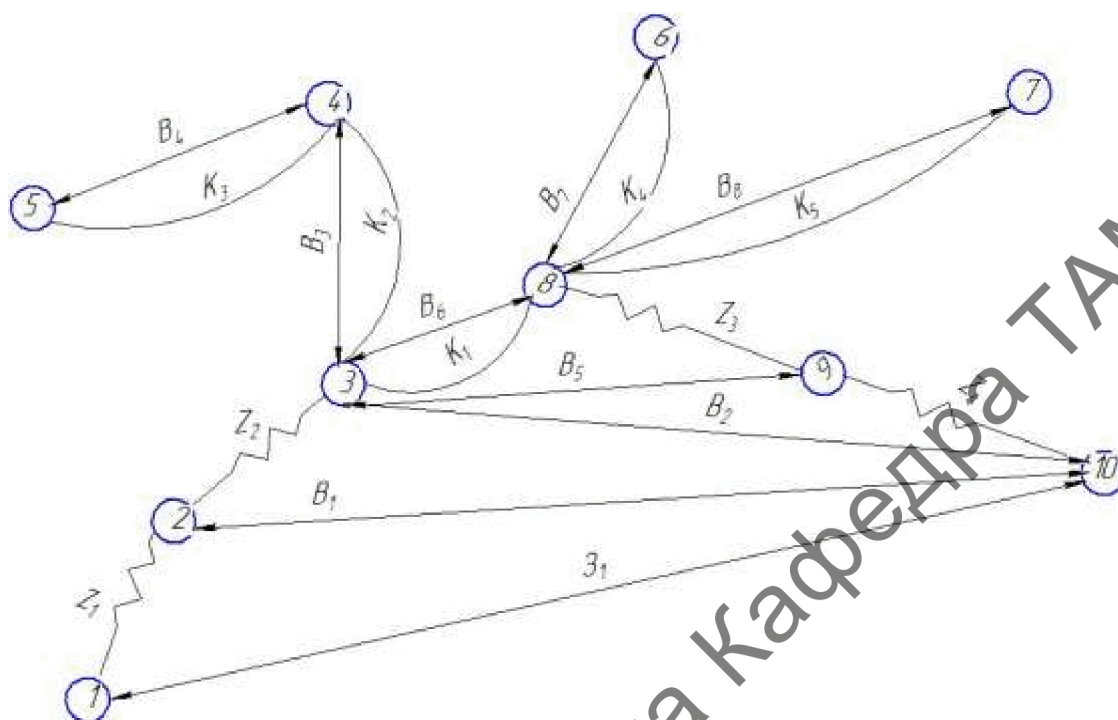


Рисунок 2.14 – Суміщений граф-дерево

#### 4.5.5 Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь

Дані припусків зводимо в таблицю 4.6.

Таблиця 2.7 – Мінімальні припуски

Припуски	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$
$Z_{\min}$	1,2	0,6	0,6	1,2

Використовуючи граф-дерева заносимо розрахункові рівняння до таблиці 4.7

Таблиця 2.8 – Рівняння розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

№	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідома лан- ка
1	2	3	4
1	$B_8 - K_5 = 0$	$B_8 = K_5$	$B_8$
2	$B_7 - K_4 = 0$	$B_7 = K_4$	$B_7$
3	$B_6 - K_1 = 0$	$B_6 = K_1$	$B_6$
4	$B_4 - K_3 = 0$	$B_4 = K_3$	$B_4$
5	$B_3 - K_2 = 0$	$B_3 = K_2$	$B_3$
6	$B_5 - Z_3 - B_6 = 0$	$Z_3 = B_5 - B_6$	$B_5$
7	$B_2 - Z_4 - B_5 = 0$	$Z_4 = B_2 - B_5$	$B_2$
8	$B_1 - Z_2 - B_2 = 0$	$Z_2 = B_1 - B_2$	$B_1$
9	$B_1 + Z_1 - 3_1 = 0$	$Z_1 = 3_1 - B_1$	$3_1$

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

1.  $B_8 = K_5 = 6^{\pm 0,15} \text{ (мм)}$ ;

2.  $B_7 = K_4 = 8^{\pm 0,18} \text{ (мм)}$ ;

3.  $B_6 = K_1 = 105_{-0,087} \text{ (мм)}$ ;

4.  $B_4 = K_3 = 46^{\pm 0,125} \text{ (мм)}$ ;

5.  $B_3 = K_2 = 29^{\pm 0,105} \text{ (мм)}$ ;

6.  $Z_3 \min = B_5 \min - B_6 \max$ ;

$B_{5 \min} = 105 + 0,6 = 105,6 \text{ (мм)}$ ;

$B_{5 \max} = B_{5 \min} + T(B_5) = 105,6 + 0,14 = 105,74 \text{ (мм)}$ ;

$B_5 = 105,74_{-0,14} \text{ (мм)}$ ;

$Z_3 \max = B_5 \max - B_6 \min = 105,74 - 104,913 = 0,827 \text{ (мм)}$ ;

7.  $Z_4 \min = B_2 \min - B_5 \max$ ;

$$B_{2\min} = 105,74 + 1,2 = 106,94 \text{ (мм)};$$

$$B_{2\max} = B_{2\min} + T(B_2) = 106,94 + 0,35 = 107,29 \text{ (мм)};$$

$$B_2 = 107,29_{-0,35} \text{ (мм)};$$

$$Z_{4\max} = B_{2\max} - B_{5\min} = 107,29 - 105,6 = 1,69 \text{ (мм)};$$

$$8. Z_{2\min} = B_{1\min} - B_{2\max};$$

$$B_{1\min} = 107,29 + 0,6 = 107,89 \text{ (мм)};$$

$$B_{1\max} = B_{1\min} + T(B_1) = 107,89 + 0,87 = 108,76 \text{ (мм)};$$

$$B_1 = 108,76_{-0,87} \text{ (мм)};$$

$$Z_{2\max} = B_{1\max} - B_{2\min} = 108,76 - 106,94 = 1,82 \text{ (мм)};$$

$$9. Z_{1\min} = 3_{1\min} - B_{1\max};$$

$$3_{1\min} = 108,76 + 1,2 = 109,96 \text{ (мм)};$$

$$3_{1\max} = 109,96 + 2,2 = 112,16 \text{ (мм)};$$

$$3_1 = 112,16_{-2,2} \text{ (мм)};$$

$$Z_{1\max} = 3_{1\max} - B_{1\min} = 112,16 - 107,89 = 4,27 \text{ (мм)};$$

Таблиця 2.9 – 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				
$3_1$	109,96	112,16	2,2	112,16		$112,16_{-2,2}$
$B_1$	107,89	108,76	0,87	108,76	$108,76_{-0,87}$	
$B_2$	106,94	107,29	0,35	107,29	$107,29_{-0,35}$	
$B_3$	28,895	29,105	0,21	29	$29^{+0,105}$	
$B_4$	45,875	46,125	0,25	46	$46^{+0,125}$	
$B_5$	105,6	105,74	0,14	105,74	$105,74_{-0,14}$	
$B_6$	104,913	105	0,087	105	$105_{-0,087}$	
$B_7$	7,82	8,18	0,36	8	$8^{+0,18}$	
$B_8$	5,85	6,15	0,3	6	$6^{+0,15}$	

Отже визначено технологічні розміри при механічній обробці, припуски та розміри заготовки, на їх основі можна розробляти технологічний процес та усю документацію пов'язану із ним.

### 2.3.5 Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні

Визначення значень  $R_z$  і  $T$  проводимо відповідно до рекомендацій.

Таблиця 2.10 – Параметри поверхонь

Стан поверхні	Параметр шорсткості $R_z$	Параметр точності $T$
Заготовка	40	26
Попереднє розточування	50	50
Попереднє розточування	50	50
Остаточне розточування	20	25

Сумарне значення просторових відхилень визначається:

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{жол}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2} \text{ [мм]}$$

де  $\rho_{\text{жол}}$  – просторові відхилення спричинені жолобленням,

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{\Delta_{\kappa}^2 l^2 + \Delta_{\kappa}^2 d^2} = \sqrt{0.7^2 \cdot 37^2 + 0.7^2 \cdot 30^2} = 33,24 \text{ (мкм)},$$

$$\rho_{\text{зм}} = 0,3 \text{ (мм)}$$

$$\rho = \sqrt{33,24^2 + 300^2} = 301 \text{ (мкм)}$$

При подальших переходах механічної обробки:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1}, \text{ [мм]} \quad (2.2)$$



Таблиця 2.11 – Значення просторових відхилень

Назва переходу	Формула	Значення, мкм
Заготовка	—	$\rho_3 = 301$
Попереднє точіння	$\rho_1 = 0,06 \cdot \rho_3$	18
Попереднє точіння	$\rho_2 = 0,04 \cdot \rho_3$	0,72
Остаточне точіння	$\rho_3 = 0,02 \cdot \rho_3$	0,01

Похибка установки при чорновому розточуванні  $\varepsilon_1$ :

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} \text{ [мм]} \quad (2.3)$$

$\varepsilon_3 = 100$  мкм – похибка закріплення при чорновому розточуванні при закріпленні в пристосуванні з пневмозатиском,

Найбільший зазор між отвором і пальцем складатиме (допуск на отвір по 8 квалітету 0,022 мм, допуск на палець по 6 квалітету 0,009 мм, мінімальний зазор складає 13 мкм:

$$S_{\max} = 0.022 + 0.009 + 0.013 = 0.044 \text{ (мм)}$$

Тоді максимальний кут повороту заготовки на пальцях складатиме:

$$\text{Tg}\alpha = 0.044/6 = 0.007 \text{ мм}$$

Похибка базування на довжині оброблюваного отвору складатиме:

$$\varepsilon_6 = 37 \cdot 0,007 = 0,259 \text{ (мм)}$$

$$\varepsilon_1 = \sqrt{0,259^2 + 0,1^2} = 0,277 \text{ (мм)}$$

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \cdot 0,05 = 277 \cdot 0,05 = 14 \text{ (мкм)}$$

$\varepsilon_2$  – залишкова похибка установки при другому переході.

$$\varepsilon_3 = \varepsilon_2 \cdot 0,05 = 30 \cdot 0,05 = 0,7 \text{ мкм} \approx 0 \text{ (мкм)}$$

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

$$2Z_{imin}=2 \cdot (R_{Zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \text{ [мм]} \quad (2.4)$$

Мінімальний припуск під розточування:

попереднє розточування:

$$2Z_{1min}=2 \cdot (40+26 + \sqrt{301^2 + 277^2}) = 2 \cdot 475 \text{ (мкм)},$$

попереднє розточування:

$$2Z_{1min}=2 \cdot (50+50 + \sqrt{18^2 + 277^2}) = 2 \cdot 123 \text{ (мкм)},$$

О

статочнє розточування:

$$2Z_{1min}=2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{0,72^2 + 14^2}) = 2 \cdot 100,7 \text{ (мкм)},$$

Таблиця 2.12 – Визначення максимальних розмірів

Вид переходу	Розміри	
	Розрахунковий	Прийнятий
Остаточнє розточування		$d_{max1} = 30,021 \text{ мм}$
Попереднє розточування	$d_2 = 30,021 - 2 \cdot 0,1007 = 29,8196 \text{ мм}$	$d_{max2} = 29,8196 \text{ мм}$
Попереднє розточування	$d_4 = 29,8196 - 2 \cdot 0,123 = 29,5736 \text{ мм}$	$d_{max4} = 29,5736 \text{ мм}$
Заготовка	$d_{заг} = 29,5736 - 2 \cdot 0,475 = 28,6236 \text{ мм}$	$d_{maxзаг} = 28,6236 \text{ мм}$

Значення допусків кожного переходу приймаються по таблицям відповідно до квалітету того чи іншого виду обробки:

– для чистового розточування, відповідно для 7 квалітету, допуск складає 21 мкм;

– для попереднього розточування згідно 8 квалітету, допуск складає 33 мкм;

– для попереднього розточування згідно 13 квалітету, допуск складає 330 мкм;

– для попереднього розточування допуск заготовки складає 840 мкм.

Мінімальні граничні розміри визначаються шляхом віднімання від найменших граничних розмірів допусків відповідних переходів.

Таблиця 2.13 – Визначення мінімальних розмірів

Вид переходу	Розміри
Попереднє точіння	$d_{\min 2} = 29,82 - 0,033 = 29,787 \text{ мм}$
Попереднє точіння	$d_{\min 4} = 29,57 - 0,33 = 29,24 \text{ мм}$
Заготовка	$d_{\text{заг}} = 28,62 - 0,84 = 27,78 \text{ мм}$

Мінімальні граничні значення припусків  $Z_{\min}$  рівні різниці найбільших граничних розмірів виконуваного і попереднього переходів, а максимальне значення  $Z_{\max}$  – відповідно різниця найменших граничних розмірів.

Для остаточного точіння:

$$2Z_{\max 2} = 30 - 29,787 = 0,213 \text{ (мм)},$$

$$2Z_{\min 2} = 30,021 - 29,82 = 0,201 \text{ (мм)}.$$

Для попереднього точіння:

$$2Z_{\max 3} = 29,787 - 29,24 = 0,547 \text{ (мм)},$$

$$2Z_{\min 3} = 29,82 - 29,57 = 0,25 \text{ (мм)}.$$

Для попереднього точіння:

$$2Z_{\max 4} = 29,24 - 27,78 = 1,46 \text{ (мм)},$$

$$2Z_{\min 4} = 29,57 - 28,62 = 0,95 \text{ (мм)}.$$

Таблиця 2.14 – Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічним переходам на обробку діаметральної поверхні

Технологічні переходи	Елементи припуску				Розрахунковий припуск	Розрахунковий розмір	Допуск	Граничні розміри		Граничні значення припусків	
	$R_z$	T	$\epsilon$	$\rho$				$d_{\max}$	$d_{\min}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	40	26	-	301		28,6236	0,84	28,62	27,78		
Розточування попереднє	50	50	277	18	2·475	29,5736	0,3	29,57	29,24	0,95	1,46
Розточування попереднє	50	50	14	0,72	2·123	29,8196	0,033	29,82	29,787	0,25	0,547
Розточування остаточне	20	28	-	-	2·100,7	30,021	0,021	30,021	30	0,201	0,213

Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків:

$$2Z_{\max 3} - 2Z_{\min 3} = 1460 - 950 = 510 \text{ (мкм)},$$

$$\delta_3 - \delta_4 = 840 - 330 = 510 \text{ (мкм)},$$

$$2Z_{\max 2} - 2Z_{\min 2} = 547 - 250 = 297 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_4 - \delta_5 = 330 - 33 = 297 \text{ (мкм)},$$

$$2Z_{\max 1} - 2Z_{\min 1} = 213 - 201 = 12 \text{ (мкм)},$$

### 2.3.6 Визначення режимів різання на обробку конструкторських баз і кріпильних отворів

Режими обробки деталі – найважливіший фактор протікання технологічного процесу. Режим різання металу містить такі основні елементи:

глибина різання  $t$ , мм;

подача  $s$ , мм/об;

швидкість різання  $v$ , м/хв ( частота обертання шпинделя верстата  $n$ , об/хв, або число подвійних ходів  $n$ , подв. х/хв).

Елементи режимів різання повинні підбиратися так, щоб досягти бажаної продуктивності праці при найменшій собівартості операції. Ця вимога досягається використанням інструмента раціональної конструкції (правильно підібраний матеріал ріжучої частини, найвигідніша геометрія, достатня міцність і жорсткість), а також якщо верстат не обмежує його різальних властивостей. Таким чином, режими різання встановлюються виходячи з властивостей оброблюваної деталі, характеристики різального інструмента і верстата. Спочатку встановлюють глибину різання, потім подачу і в останню чергу – швидкість різання.

Приведемо приклад аналітичного розрахунку режимів різання для свердління отворів.

Аналітичний розрахунок режимів різання для свердління отвору розпочинається із визначення глибини різання, яка рівна половині діаметру отвору, який свердлиться і в даному випадку складає 4,5 мм.

Подачу рекомендують приймати в межах від 0,36 до 0,57 мм/об при заданих умовах обробки. Приймаємо подачу рівною 0,5 мм/об.

Швидкість різання визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v D^{q_v}}{T^m t^{x_v} s^{y_v}} K_v [\text{м/хв}] \quad (2.5)$$

де  $T$  - стійкість інструменту, 60 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:

$$C_v=34,2; x_v=0; y_v=0,3; m=0,2, q_v=0.45.$$

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

$$K_v=K_{Mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv} \quad (2.6)$$

Всі складові відображають вплив певного фактора на швидкість різання:

$K_{Mv}$  – якість оброблюваної поверхні, 1;

$K_{uv}$  – матеріал ріжучої частини, 0,83 (P18);

$K_{lv}$  – глибину отвору, що свердлиться, 0,85.

Отже загальний поправочний коефіцієнт:

$$K=1 \cdot 0,83 \cdot 0,85=0,7055$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{34,2 \cdot 9^{0,45}}{60^{0,2} 9^{0,5} 0,5^{0,3}} \cdot 0,7055 = 48,15 \text{ (м/хв.)}.$$

Круний момент при свердлінні розраховується за формулою:

$$M=C_m D^{q_m} S^{y_m} K_p \quad [H] \quad (2.7)$$

де  $C_m, q_m, x_m, y_m$  – коефіцієнти і показники степені для розрахунку крутного моменту при свердлінні. Вони рівні:



$$C_M=0,012; q_M=2,2; x_M=0; y_M=0,8.$$

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

$$M = 0,012 \cdot 9^{2,2} \cdot 0,5^{0,8} \cdot 1 = 3,95 (\text{Н} \cdot \text{м})$$

Осьова сила при свердлінні визначається за формулою:

$$P_o = C_p D^{q_p} S^{y_p} K_p \quad (\text{Н}) \quad (2.8)$$

де  $C_M, q_M, x_M, y_M$  – коефіцієнти і показники степені для розрахунку осьової сили при свердлінні. Вони рівні:

$$C_p=42; q_p=1,2; x_p=0; y_p=0,75.$$

З урахуванням цього осьова сила:

$$P_o = 42 \cdot 9^{1,2} \cdot 0,5^{0,75} \cdot 1 = 801,3 (\text{Н})$$

Потужність різання визначається за формулою:

$$N = M \cdot n / 975 \quad (2.9)$$

де  $n$  – число обертів інструмента, що становить:

$$n = 1000 \cdot 48,15 / 3,14 \cdot 18 = 852 \text{ (об/хв.)}$$

Потужність:

$$N=852 \cdot 3,951/975=3,45 \text{ (кВт)}$$

Для отримання розміру деталі 1052, який відповідає 8 квалітету, із заготовки 15 квалітету необхідно провести обробку в 2 стадії

Призначення глибини різання необхідно починати з останньої стадії обробки. Відповідно глибина різання  $t$  для 2-ї стадії обробки складає 0,55 мм, для 1-ї стадії - 4,4 мм..

Вибираємо наступні параметри інструмента: фреза торцева, діаметром 80 мм, матеріал ріжучої частини T15K6, число зубців:

- для 1-ї стадії обробки -  $z = 8$ ,  $\varphi = 67^\circ$ ;
- для чистової стадії обробки -  $z = 10$ ,  $\varphi = 75^\circ$

Подачу на зуб  $S_Z$  для 1-ї стадії вибираємо 0,19 мм/зуб.

Подача на зуб  $S_Z$  для чистової стадії вибираємо 0,15 мм/зуб.

Визначаємо коефіцієнти на подачу:

- коефіцієнт, що враховує твердість оброблюваного матеріала  $K_{s_M}$  рівен 1,3;
- коефіцієнт, що враховує матеріал ріжучої частини фрези  $K_{s_i}$  рівен 1;
- коефіцієнт, що враховує відношення фактичної ширини фрезерування до нормативної  $K_{S_B}$  рівен 1;
- коефіцієнт, що враховує головний кут в плані :
  - для 1-ї стадії  $K_{s_\varphi}$  рівен 1;
  - для 2-ї стадії  $K_{s_\varphi}$  рівен 0,85;
- коефіцієнт, що враховує спосіб кріплення пластини  $K_{s_p}$  рівен 1;
- коефіцієнт, що враховує схему установки фрези  $K_{s_c}$  рівен 1;
- коефіцієнт, що враховує групу оброблюваного матеріала  $K_{s_o}$  рівен 1.

Для 1-ї стадії обробки подача на зуб з врахуванням обраних коефіцієнтів:

$$S_Z = 0,19 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,25 \text{ (мм/зуб)}.$$

Для 2-ї стадії обробки подача на зуб:

$$S_Z = 0,15 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,17 \text{ (мм/зуб)}.$$

Для останньої стадії обробки проводимо перевірку вибраної подачі по забезпеченню потрібної шорсткості поверхні. Подача дорівнює 0,25 мм/зуб [6]. З урахуванням коефіцієнта, що враховує твердість оброблюваного матеріала  $K_{SM}$  рівен 1,3 подача буде рівною 0,33 мм/зуб.

Вибираємо швидкість різання :

для 1-ї стадії обробки  $v_{3T} = 186 \text{ м/хв.}$

для 2-ї стадії обробки  $v_{3T} = 271 \text{ м/хв.}$

Вибрані швидкості різання корегуємо з урахуванням коефіцієнтів:

- коефіцієнт, що враховує твердість оброблюваного матеріала  $K_{VM}$  рівен 1,35;
- коефіцієнт, що враховує матеріал ріжучої частини фрези  $K_{Vi}$  рівен 1;
- коефіцієнт, що враховує стан поверхні  $K_{Vn}$  рівен 1;
- коефіцієнт, що враховує головний кут в плані:  
 для 2-ї, 1-ї стадій обробки  $K_{s\phi}$  рівен 1;  
 для 3-ї стадії обробки  $K_{s\phi}$  рівен 0,95;
- коефіцієнт, що враховує відношення ширини фрезерування до діаметра фрези  $K_{VB}$  рівен 1;
- коефіцієнт, що враховує період стійкості ріжучої частини  $K_{VT}$  рівен 1;
- коефіцієнт, що враховує спосіб кріплення пластини  $K_{VP}$  рівен 1;
- коефіцієнт, що враховує наявність охолоджуючої рідини  $K_{VЖ}$  рівен 1;

- коефіцієнт, що враховує групу оброблюваного матеріалу  $K_{v_0}$  рівен 1.

Для 1-ї стадії обробки:

$$v = 186 \cdot 1,35 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 251,1 \text{ (м/хв.)}.$$

Для 2-ї стадії обробки швидкість:

$$v = 271 \cdot 1,35 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 347,6 \text{ (м/хв.)}.$$

Частоту обертання шпинделя для 1-ї стадії обробки:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 251,1}{3,14 \cdot 80} = 999 \text{ (об/хв.)}.$$

Для 2-ї стадії обробки:

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 347,6}{3,14 \cdot 80} = 1383 \text{ (об/хв.)}.$$

Хвилинну подачу визначаємо за формулою:

$$S_M = S_z \cdot z \cdot n \text{ [мм/хв]} \quad (2.10)$$

Для 1-ї стадії обробки

$$S_M = 0,33 \cdot 8 \cdot 999 = 2637 \text{ (мм/хв.)}.$$

Для 2-ї стадії обробки

$$S_M = 0,17 \cdot 10 \cdot 1383 = 2351 \text{ (мм/хв.)}$$

Таблиця 2.15– Зведена таблиця режимів різання

Операції, переходи	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв.
1	3	4	5
<u>Фрезерна з ЧПК</u>			
2 Фрезерувати поверхню 1	0,7	20	80
3 Центрувати 2 отвори 2	0,7	120	280
4 Свердлити 2 отвори 2	1,25	120	280
5 Цекувати 2 отвори 2	0,7	120	280
6 Зенкерувати 2 отвори 2	0,6	180	319
7 Розвернути 2 отвори 2	0,2	210	340
8 Фрезерувати площину 1 остаточно	0,1	310	420
<u>Багатоцільова</u>			
2 Фрезерувати торець 1	0,3	120	340
Розточити отвір 2 попередньо	0,7	120	319
3 Розточити отвір 3	0,7	120	420
4 Розточити канавку 4	0,7	120	280
5 Розточити отвір 2 попередньо	0,7	120	280
6 Розточити отвір 2 остаточно	0,3	120	280
7 Фрезерувати торець 1 остаточно	0,7	120	200
8 Повернути деталь на 90			
9 Фрезерувати торець 5 попередньо	0,3	180	200
10 Центрувати 2 отвори 6	0,7	210	840
11 Свердлити 2 отвори 6	0,7	110	960
12 Розсвердлити 2 отвори 6	0,7	110	219
13 Зенкувати фаску в 2 отворах 6	0,7	210	219
14 Нарізати різь в 2 отворах 6	0,3	110	200
15 Фрезерувати остаточно площину 5			
16 Повернути деталь на 90			
17 Фрезерувати площину 7 попередньо	0,3	180	840
18 Розточити отвір 8 попередньо	0,7	210	960
19 Розточити отвір 7	2,5	110	219
20 Розточити вір 8 попередньо	2,5	110	219
21 Розточити отвір 8 остаточно	0,7	210	100
22 Фрезерувати торець 7 остаточно	0,7	110	100
23 Повернути деталь на 90			
24 Фрезерувати торець 10 попередньо	0,3	210	240
25 Фрезерувати торець 10 остаточно	0,7	110	260

Режими різання можуть бути оптимізовані по цілому рядові параметрів, зокрема із врахуванням стійкості інструмента, матеріалу який обробляється, швидкості різання і потужності, які може забезпечити верстат, шорсткості та точності поверхні, яка має бути отримана та ряду інших параметрів. В даному випадкові використовується розрахунково-графічний спосіб, який оснований на тому, що відповідно для кожного обмеження будується пряма і визначається область допустимих значень режимів різання. Тобто це ті значення які можуть бути забезпечені верстатом, і використання яких принесе бажану точність поверхні. При цьому із отриманої області обираються максимальні значення подачі і числа обертів інструмента чи деталі, що дозволяє проводити максимально допустиму продуктивну обробку поверхонь.

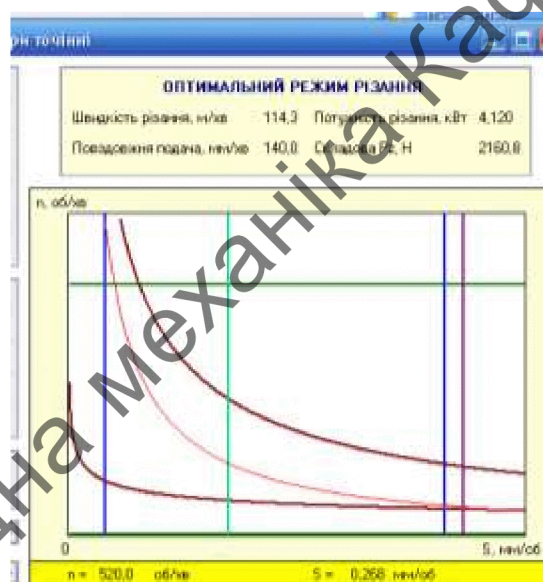


Рисунок 2.15 — Оптимізація режимів різання при напівчистовому фрезеруванні

В даному випадкові виконана оптимізація режимів різання для чистового фрезерування. При оптимізації ці показники зросли, можливо це спричинено більш повним врахуванням умов механічної обробки.

### 2.3.7 Визначення технічних норм часу для всіх операцій

Нормування в машинобудуванні — це встановлення технічно обґрунтованих норм часу. Нормування технологічних процесів здійснюють для кожної операції.



Технічною нормою часу називають час, необхідний для виконання технологічної операції в певних організаційно-технічних умовах конкретного виробництва.

Приведемо приклад розрахунку на операції 005.

Норма штучного часу згідно [23] визначається за формулою:

$$T_{\text{ш}} = (T_{\text{ц.а.}} + T_{\text{в}}) \cdot \left(1 + \frac{a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{від}}}{100}\right) [\text{хв}] \quad (2.11)$$

де  $T_{\text{ц.а.}}$  – час на цикл роботи за програмою, складається із двох складових:

$$T_{\text{ц.а.}} = T_0 + T_{\text{мд}} [\text{хв}] \quad (4.9)$$

$T_0$  – основний час роботи верстата за програмою,  $T_{\text{мд}}$  – машинно-допоміжний час.

При свердлінні, зенкеруванні довжина робочого ходу визначається за формулою:

$$T_0 = (l_0 + l_1 + l_2 + l_3) / S_{\text{м}} [\text{хв}], \quad (2.12)$$

де  $l_0$  – довжина оброблюваної поверхні;  $l_1$  – довжина підводу;  $l_2$  – довжина врізання;  $l_3$  – довжина перебігу;  $S_{\text{м}}$  – хвилинна подача. Відповідні значення та результати розрахунку для всіх переходів механічної обробки отворів Ø7 під різь М8 наведено в таблиці 4.12.

Для визначення машинно-допоміжного часу на виконання автоматичних допоміжних ходів на дані переходи визначають величину швидкого підводу інструмента від вихідної точки (100 мм), величину корекції для розверток, зенкерів – 10 мм. Величина підводу інструмента в вихідну точку для кожного переходу складається із цих двох величин та довжини холостого ходу, що рівна величині робочого ходу. Відповідно отримаємо:

$$T_{\text{мвх1}} = (2 \cdot 100 + 64) / 6000 = 0,04 \text{ (хв.)};$$

Машинно-допоміжний час на автоматичну зміну інструменту складатиме 0,9 хв.

Відповідно час автоматичної роботи верстата по програмі для операції 010 складатиме:

$$T_{\text{ц.а.}} = (0,21 + 0,16) + (0,1 + 0,3 + 0,2 + 0,2) = 1,17 \text{ (хв.)}$$

Допоміжний час  $T_{\text{в}}$  складається із:

$$T_{\text{в}} = T_{\text{вуст}} + T_{\text{воп}} + T_{\text{ввим}} \quad [\text{хв}] \quad (2.13)$$

$T_{\text{вуст}}$  - допоміжний час на установку і зняття деталі, згідно довідника для даної операції складає 0,42хв;

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

- встановлення заданого взаємного розташування деталі і інструмента по координатам – 0,48 хв;
- перевірку приходу інструмента в задану точку після обробки – 0,4 хв.

$$T_{\text{воп}} = 0,18 + 0,1 = 0,28 \text{ (хв.)};$$

$T_{\text{ввим}}$  – допоміжний час на контрольні вимірювання, що складається в даному випадкові із семи заміру штангенциркулем, вісьмох замірів пробкою.

В сумі час затрачений на вимірювальні операції складає:

$$T_{\text{ввим}} = 0,23 \cdot 2 = 0,46 \text{ (хв.)}.$$

Відповідно допоміжний час складатиме:

$$T_B = 1,3 + 0,28 + 0,46 = 2,04 \text{ (хв.)}$$

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

$$a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{від}} = 9\% \quad (2.14)$$

Отже норма штучного часу складатиме:

$$T_{\text{шт}} = (10,64 + 2,04)(1 + 9/100) = 13,83 \text{ (хв.)}$$

Для інших операцій розрахунки проводяться аналогічно, а норми часу занесено до таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 – Норми часу

№ операцій	Основний час $t_o$ , хв	Штучний час $t_{\text{шт}}$ , хв
005	2,119	2,97
010	8,243	10,72

### 3 РОЗРОБКА ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

При серійному типі виробництва можна використати приведену програму для подібних виробів, що дозволить розробляти технологічну документацію відразу на декілька виробів, а точніше розробляється технологічний процес на одну деталь представника, а всі інші приводяться до неї за допомогою коефіцієнта приведення, що визначається за такою формулою:

$$K_{\text{пр}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (3.1)$$

де  $K_1$  – коефіцієнт приведення по масі;

$K_2$  – коефіцієнт приведення по серійності;

$K_3$  – коефіцієнт приведення по складності.

Таблиця 3.1 – Дані для розрахунку приведеної програми

Деталі	Маса	Програма	Точність/Шорсткість									
Корпус АС.4 (розрахунковий представник)	1,7	3000	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			-	2	-	-	9	-	-	-	13	
			0,63	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-	
			1	1	-	7	-	2	13	-	-	
Корпус	2,8	2800	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			-	-	3	-	6	-	1	-	14	
			0,63	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-	
			1	1	1	6	-	1	14	-	-	
Кришка	1,8	2000	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			-	2	2	-	5	-	4	-	15	
			0,63	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-	
			-	2	4	1	2	4	15	-	-	

Розрахуємо коефіцієнт  $K_1$  для кожного з найменувань виробів. Оскільки в групу об'єднані подібні деталі, то  $K_1$  може бути розрахований за формулою

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

де  $m$  – маса деталі розглядуваного виробу;

$m_{p.np}$  – маса розрахункового представника.

Таким чином коефіцієнт  $K_1$  складатиме (для деталей, що приводяться до розрахункового представника)

– для розрахункового представника

$$K_{1\phi} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_C}{m_{p.np}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{1,7}{1,7}\right)^2} = 1,0;$$

– для корпусу

$$K_{1\kappa} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_{\phi}}{m_{p.np}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{1,65}{1,7}\right)^2} = 0,95;$$

– для кришки

$$K_{1K} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_{BK}}{m_{p.np}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{1,4}{1,7}\right)^2} = 0,711$$

Таким чином коефіцієнт  $K_2$  складатиме (для деталей, що приводяться до розрахункового представника)

– для розрахункового представника

$$K_{2\phi} = \left(\frac{N_{p.np}}{N_C}\right)^{\alpha} = \left(\frac{3000}{3000}\right)^{0,15} = 1,0;$$

– для корпусу

$$K_{2K} = \left( \frac{N_{p,np}}{N_{\phi}} \right)^{\alpha} = \left( \frac{3000}{2200} \right)^{0,15} = 1,047;$$

– для кришки

$$K_{2K} = \left( \frac{N_{p,np}}{N_{BK}} \right)^{\alpha} = \left( \frac{3000}{2000} \right)^{0,15} = 1,062;$$

$K_3$  – коефіцієнт, що враховує точність, шорсткість, складність конструкції деталі та конструктивні показники. Для технологічно подібних деталей визначається за формулами (4.11, 4.12, 4.13).

Знайдемо значення коефіцієнта  $K_{3I}$  для кожної деталі

– для розрахункового представника

$$\left( \overline{K_{Tp,np}} \right)^{\alpha_1} = (11,92)^{\alpha_1} = 0,88;$$

– для корпусу

$$\overline{K_{Tp,np}^K} = \frac{\sum K_{\kappa 6} \cdot n_{\kappa 6}}{\sum n_{\kappa 6}} = \frac{8 \cdot 3 + 10 \cdot 6 + 12 \cdot 1 + 14 \cdot 14}{3 + 6 + 1 + 14} = 12,17;$$

$$K_{3I} = \left( \frac{\overline{K_T^{\Phi}}}{\overline{K_{Tp,np}}} \right)^{\alpha_1} = \left( \frac{12,17}{11,92} \right)^{\alpha_1} = \frac{0,88}{0,904} = 0,97;$$

– для кришки

$$\overline{K_{Tp,np}^K} = \frac{\sum K_{\kappa 6} \cdot n_{\kappa 6}}{\sum n_{\kappa 6}} = \frac{7 \cdot 2 + 8 \cdot 2 + 10 \cdot 5 + 12 \cdot 4 + 14 \cdot 5}{2 + 2 + 5 + 4 + 15} = 12,07;$$

$$K_{31} = \left( \frac{\overline{K_T^{BK}}}{K_{Tp.np}} \right)^{\alpha_1} = \left( \frac{12,07}{11,92} \right)^{\alpha_1} = \frac{0,89}{0,904} = 0,985;$$

Знайдемо значення коефіцієнта  $K_{32}$  для кожної деталі

– для розрахункового представника

$$\left( \overline{R_a^C} \right)^{\alpha_2} = (8,103)^{\alpha_2} = 1;$$

– для корпусу

$$\overline{R_a^\Phi} = \frac{\sum R_a \cdot n_{nos}}{\sum n_{nos}} = \frac{1,6 \cdot 3 + 3,2 \cdot 3 + 6,3 \cdot 6 + 12,5 \cdot 14}{1 + 1 + 1 + 6 + 1 + 14} = 8,29;$$

$$K_{32}^\Phi = \left( \frac{\overline{R_a^\Phi}}{\overline{R_a^{p.np}}} \right)^{\alpha_2} = \left( \frac{8,29}{8,1} \right)^{\alpha_2} = 1;$$

– для кришки

$$\overline{R_a^{BK}} = \frac{\sum R_a \cdot n_{nos}}{\sum n_{nos}} = \frac{1,25 \cdot 2 + 1,6 \cdot 2 + 2,5 \cdot 5 + 6,3 \cdot 4 + 12,5 \cdot 15}{2 + 2 + 5 + 4 + 4 + 15} = 7,22;$$

$$K_{32}^{BK} = \left( \frac{\overline{R_a^{BK}}}{\overline{R_a^{p.np}}} \right)^{\alpha_2} = \left( \frac{7,22}{8,1} \right)^{\alpha_2} = 1;$$

Знайдемо значення коефіцієнта  $K_3$  для кожної деталі:

$$K_{3C} = K_{31}^{\alpha_1} \cdot K_{32}^{\alpha_2} = 1,0 \cdot 1,0 = 1,0;$$

$$K_{3\Phi} = K_{31}^{\alpha_1} \cdot K_{32}^{\alpha_2} = 0,97 \cdot 1 = 0,97;$$

$$K_{3BK} = K_{31}^{\alpha_1} \cdot K_{32}^{\alpha_2} = 0,985 \cdot 1 = 0,985$$

Значення коефіцієнта  $K_{np}$  для кожного виробу

$$K_{npP.IIP} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0;$$



$$K_{npK} = 0,955 \cdot 1,047 \cdot 0,97 = 0,97;$$

$$K_{npK} = 0,711 \cdot 1,062 \cdot 0,985 = 0,744;$$

На основі приведених вище розрахунків приведена програма становитиме

$$N_{np} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{npi} = 3000 \cdot 1,0 + 2200 \cdot 0,97 + 2000 \cdot 0,744 = 6624 \text{ (шт)}$$

Таблиця 3.2 – Розрахунок приведеної програми

Найменування виробу	Річний випуск, шт	Маса одного виробу, кг	Коефіцієнт приведення				Приведена програма випуску
			по масі	по серійності	по складності	загальний	
Важіль	3000	1,7	1,0	1,0	1,0	1,0	3000
Корпус	2200	1,65	0,955	1,047	0,97	0,97	2135
Кришка	2000	1,4	0,711	1,062	0,985	0,774	1489
							6624

Кількість верстатів визначається за формулою:

$$C_p = T_{np} / (\Phi_d \cdot m) \quad (3.2)$$

де  $T_{np}$  – сумарна трудомісткість деталей, год;

$\Phi_d$  – ефективний річний фонд часу роботи верстата при роботі в одну зміну, год;

$m$  – кількість робочих змін

$$C_{p005} = \frac{T_{шт-к.р.пр005} N_{np}}{F_d \cdot m \cdot 60} = \frac{2,97 \cdot 6624}{2040 \cdot 60} = 0,9644;$$

$$C_{p020} = \frac{T_{шт-к.р.пр020} \cdot N_{np}}{F_d \cdot m \cdot 60} = \frac{10,7 \cdot 6624}{2040 \cdot 60} = 0,9927$$

Отримані результати занесемо до таблиці 3.3

Таблиця 3.3 - Розрахунок кількості обладнання.

N <sub>оп</sub>	Назва операції	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	Коефіцієнт завантаження	Середній коефіцієнт завантаження	Коефіцієнт завантаження по основному часові.
005	Фрезерна з ЧПК	0.964	1	0.964	98	71
010	Багатоцільова з ЧПК	0.99	1	0.99		77

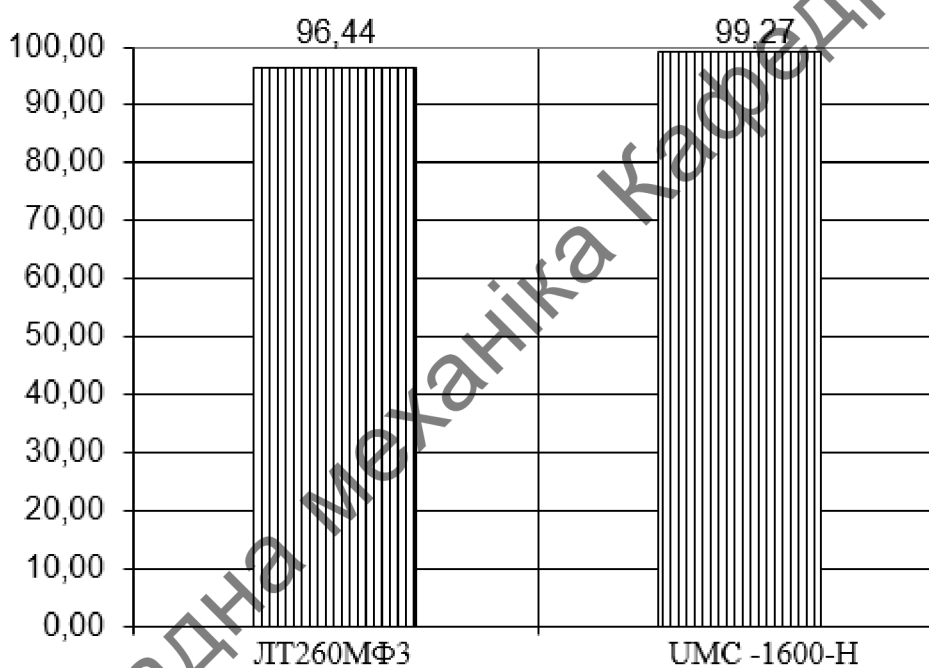


Рисунок 3.1 – Графік завантаження обладнання

Кількість робітників-верстатників дільниці механічного цеху може бути підрахована в залежності від прийнятої кількості верстатів за формулою

$$P = C_{\text{пр}} \cdot \Phi_{\text{д}} \cdot K_{\text{з}} / \Phi_{\text{в}} \cdot K_{\text{м}} \quad (3.3)$$

де  $C_{\text{пр}}$  – прийнята кількість верстатів, шт;  $\Phi_{\text{в}}$  – ефективний річний фонд роботи верстатника, год;  $K_{\text{м}}$  – коефіцієнт багатоверстатного обслуговування.

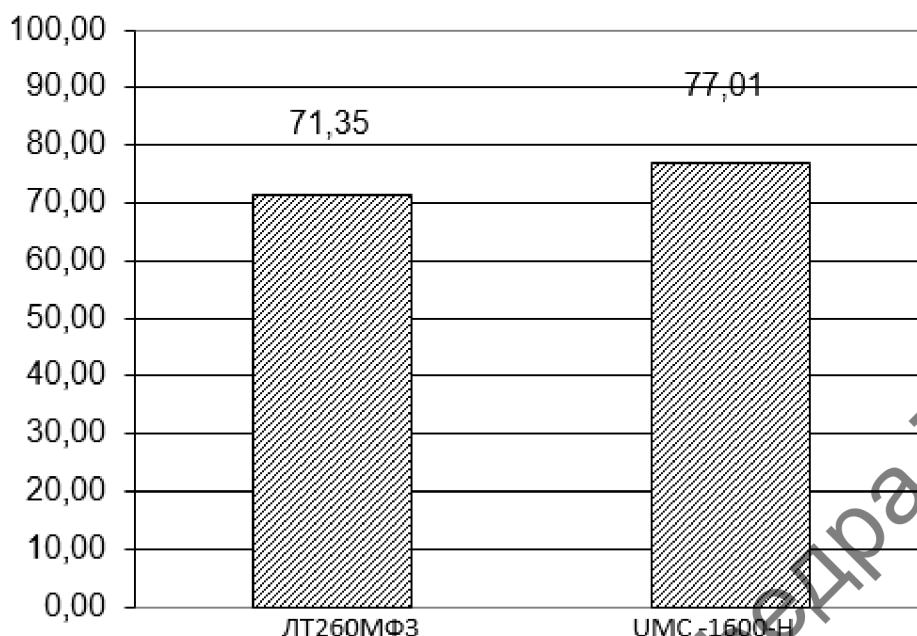


Рисунок 3.2 – Графік використання обладнання за основним часом

Наприклад для роботи на багатоцільовому верстаті необхідно:

$$P = 1 \cdot 2040 \cdot 0,99 / 1 \cdot 1840 = 0,98$$

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

Отже для виконання заданого обсягу роботи необхідний 1 робітник.

Аналогічно поведимо розрахунки для інших операцій, а результати записуємо до таблиці 5.3.

Оскільки вважаємо, що верстати мають довантажуватися іншими деталями, то приймаємо по одному робітнику на кожну операцію.

Згідно таблиці 5.3 сума всіх основних робочих -2 чол.

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

$$P_{\text{др}} = (0,2 \dots 0,25) \cdot 2 = 0,4 \dots 0,5$$

Приймаємо 1 допоміжного робітника на 0,5 ставки.

Таблиця 3.4 – Кількість робітників –верстатників

Назви верстатів	Прийнята кількість верстатів, $C_{пр}$	$\Phi_{д,}$ год	$K_3$	$K_m$	$P,$ чол	$P_{пр},$ чол
Фрезерна з ЧПК	1	1840	0.964	1	0,98	1
Багатоцільова з ЧПК	1		0.99	1	0,99	1

При серійному виробництві кількість ІТР складає 18-24% від кількості верстатів, тобто:

$$P_{ІТР} = (0,18 \dots 0,24) \cdot 2 = 0,36 \dots 0,48$$

Приймаємо 1 чол ІТР.

Таблиця 3.5 – Відомість складу працюючих дільниці

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Прийнята кількість
Основні робітники-верстатники		2
Допоміжні робітники	20...25%	0,5 ставки
ІТР	18...24%	0,5 ставки
СКП	2,2%	0,05 ставки
МОП	2%	0,1 ставки

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

$$P_{СКП} = 0,022 \cdot 2 = 0,044$$

Приймаємо 1 чол.

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

$$P_{\text{МОП}}=0,02 \cdot (2+1+1+1)=0,1$$

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

Отже на дільниці механічної обробки для виготовлення деталі по запропонованому маршруту механічної обробки, має бути розміщено 2 металорізальних верстати, які обслуговуються 2 основними робітниками. Крім того для забезпечення нормальної роботи дільниці необхідно ще 4 робітника, які можуть працювати над обслуговуванням і інших дільниць. Але як показали розрахунки використання даного технологічного процесу забезпечить отримання деталі з відповідними кресленню показниками точності.

.

131 - Прикладна механіка Кафедра ТАМ

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

У даному розділі з використанням нормативної документації проводиться аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів у виробничому приміщенні; здійснюється заповнення карти умов праці (обґрунтування вибору нормованих значень небезпечних та шкідливих виробничих факторів, оцінка факторів виробничого і трудового процесів, гігієнічна оцінка умов праці, оцінка технічного і організаційного рівня, атестація робочого місця); вказуються рекомендації щодо поліпшення умов праці, а також наводяться протипожежні норми.

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

Під час роботи в даному приміщенні, виникають ряд шкідливих та небезпечних виробничих факторів, які регламентуються [11].

Дане 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; підвищена або понижена температура, вологість і швидкість руху 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 – немає.

4) Психофізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори:

а) фізичні перевантаження – немає.

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

Наведемо можливі причини появи цих чинників та коротко опишемо їхній вплив на організм людини, оформивши їх в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Причини виникнення НШВФ та їхня дія на організм людини

НШВФ	Причини виникнення	Дія на організм людини
1	2	3
Підвищений рівень шуму і вібрації	робота 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	швидка стомленість працюючого, погіршення слуху, нервові розлади
Підвищений рівень інфразвуку	інфразвукові складові, що як правило, присутні у спектрі шуму, який генерується промисловими установками і транспортними засобами	може викликати нездужання типу морської хвороби, нервову втому
Підвищений рівень ультразвуку	обладнанням, у якому генеруються ультразвукові коливання для виконання технологічних операцій, а також обладнання, при експлуатації якого ультразвук виникає як побічний фактор	зсуви у стані нервової, серцево-судинної, дихальної, ендокринної системах організму, у обміні речовин та терморегуляції працівника



Продовження таблиці 4.1

1	2	3
Підвищений рівень електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону	лабораторні та вимірювальні прилади різного призначення, персональні комп'ютери тощо	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	будь-які електроустановки та струмоведучі частини 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

Продовження таблиці 4.1

1	2	3
Підвищена або понижена температура повітря робочої зони	спричиняється різкою зміною температури повітря навколишнього середовища, наявністю або відсутністю опалення робочого приміщення тощо.	тепловий удар, який супроводжується втратою свідомості, блювотою, судомами
Підвищена або понижена відносна вологість повітря робочої зони	різна кількість води, що випаровується у приміщенні, метеорологічні умови поза приміщенням	зменшення або збільшення тепловіддачі організмом людини, що сприяє його перегріванню або переохолодженню
Підвищена або понижена швидкість руху повітря робочої зони	нераціональні параметри системи вентиляції або її відсутність	порушення реакції терморегуляції організму людини
Підвищена інтенсивність теплового випромінювання	тепло, що потрапляє у виробниче приміщення від обладнання, опалювальних приладів, людей тощо	перегрівання організму працівника
Недостатність або відсутність природного освітлення	відсутність або недостатні розміри віконних проїм	приводить до напруження зору, послабляє увагу, приводить до настання передчасної стомленості
Недостатня освітленість робочої зони	відсутність або недостатність природного освітлення, нераціональне розташування світильників та ламп штучного освітлення тощо	важкі травми і смертельні випадки на виробництві

Продовження таблиці 4.1

1	2	3
Шкідливі хімічні речовини в повітрі робочої зони	в приміщеннях із персональними комп'ютерами оператори підпадають впливу пилу, який притягається до працюючого та сильно наелектризованого устаткування	У деяких людей вплив сильної запиленості приміщення може викликати алергію
Перенапруження аналізаторів	інтенсивна робота за ЕОМ	швидка втома органів зору працівника, а часом погіршення зору
Монотонність праці	нескладні, одноманітні рухи, які повторюються тисячі разів за зміну, або функції спостереження, керування і контролю за роботою системи	призводить до швидкої втоми працівника, зниження функціональних можливостей організму та інтересу до роботи, сонливості

Обґрунтуємо вибір нормованих значень небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

Згідно [13] для такої шкідливої речовини, як пил зерновий, визначаємо, що вона відноситься до 2-го класу безпеки і має ГДК = 4 мг/м<sup>3</sup>.

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

Після врахування призначення приміщення – виготовлення і вид шуму – непостійний, встановлюємо нормований еквівалентний рівень шуму 75 дБА [5].

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

Для частоти електричного поля радіочастотного діапазону 233,706 МГц нормована напруженість електричного поля 8-ми годинного робочого дня становить 10 В/м відповідно до [16].

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

За величиною енерговитрат 143 Вт відповідно до [17] встановлюємо категорію важкості робіт за фізичним навантаженням – Іб, для якої в холодний період року для постійних робочих місць допустима температура повітря становить 20...24 °С, допустима швидкість руху повітря 0,2 м/с, а допустима відносна вологість повітря не повинна перевищувати 75 %. Інтенсивність теплового випромінювання допускається не більше ніж 140 Вт/м².

За найменшим розміром об'єкта розрізнення 0,82 мм, встановлюємо розряд зорових робіт – 4, для якого нормоване КПО для бокового освітлення складає 1,5 % [18].

Так як приміщення знаходиться в м. Вінниця (2-га група забезпеченості природним світлом), а світлові пройми орієнтовані за азимутом 207°, то для таких умов нормоване КПО визначатиметься за формулою [18]:

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

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

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

$m_N$  – коефіцієнт світлового клімату;

$N$  – порядковий номер групи забезпеченості природним світлом.

За співвідношенням контрасту (малий) та фону (середній), встановлюємо під-розряд зорових робіт – б, в межах якого встановлюємо нормовану освітленість для загального штучного освітлення – 200 лк.

## 4.2 Карта умов праці

## 4.2.1 Оцінка факторів трудового та виробничого процесів

Таблиця 4.2 містить оцінку чинників виробничого і трудового процесів [9].

Таблиця 4.2 – Оцінка чинників виробничого і трудового процесів

Номер	Фактори виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення (ГДР, ГДК)		Фактичне значення	Ступені 3-го класу: шкідливі умови і характер праці		
		ни-жнє	вер-хнє		I	II	III
1	Шкідливі хімічні речовини:						
	1-й клас небезпеки		–	–			
	2-й клас небезпеки		4	19,96		+	
	3-й, 4-й класи небезпеки		–	–			
2	Вібрація		33	32			
3	Шум		75	73			
4	Інфразвук		110	95			
5	Ультразвук		110	41			
6	Неіонізуючі випромінювання:						
	- радіочастотний діапазон		10	136	+		
	- діапазон промислової частоти		5	0,22			
	- оптичний діапазон		0	0			
7	Мікроклімат у приміщенні:						
	- температура повітря, °С	20	24	20			
	- швидкість руху повітря, м/с		0,2	1,6		+	
	- відносна вологість повітря, %		75	88			
	- інтенсивність теплового випромінювання, Вт/м <sup>2</sup>		140	2130		+	
8	Виробниче освітлення:						
	- розряд зорових робіт	4		4			
	- КПО для природного освітлення, %	1,28		2,1			
	- освітленість для штучного освітлення, лк	200		885			
	Кількість факторів	–	–	–	1	3	0

#### 4.2.2 Гігієнічна оцінка умов праці

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

#### 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 другим 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 неіонізуючих випромінювань радіочастотного діапазону в приміщенні необхідно застосувати захист часом або відстанню. Для забезпечення нормованих параметрів інтенсивності теплового випромінювання в приміщенні потрібно використати кондиціонування повітря.

#### 4.3 Пожежна безпека

Мінімальні межі вогнестійкості конструкцій приміщення, що розглядається наведені в таблиці 4.3. В таблиці 4.4 наведено протипожежні норми проектування будівель і споруд.

Таблиця 4.3 – Значення мінімальних меж 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
4	REI 30 M1	REI 15 M1	E 15 M1	EI 15 M1	R 30 M1	R 15 M1	REI 15 M1	nn nn	nn nn

Примітка. R – втрати несучої здатності; E – втрати цілісності; I – втрати теплоізолявальної 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; nn – не нормується.

Під час написання даного розділу опрацьовано такі аспекти охорони праці, як аналіз шкідливих та небезпечних виробничих чинників у виробничому приміщенні; карта умов праці; рекомендації стосовно поліпшення умов праці, а також розглянуто норми пожежної безпеки.



## ВИСНОВКИ

В результаті виконаної бакалаврської дипломної роботи, яка присвячена проектуванню технологічного процесу механічної обробки деталі типу «Корпус АС.4»:

Виконано огляд технологій виготовлення деталей типу корпус.

Визначено, що при даній програмі випуску виробництво буде серійним.

Проведено аналіз технологічності, та визначено нетехнологічні елементи, наприклад глухі отвори

Визначено, що заготовку доцільно отримувати литтям в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші

Визначено кількість переходів та способи обробки для всіх поверхонь

Відповідно до типу виробництва та форми і точності заготовки розроблено маршрут механічної обробки, який складається з 2 операцій.

Обґрунтовано вибір чистових та чорнових технологічних баз та встановлено, що на сві отримувані розміри похибка базування буде рівна 0.

Виконано розмірний аналіз та для всіх операцій визначено технологічні розміри.

Розраховано режими різання та норми часу

З врахуванням того, що дільниця механічної обробки буде довантажуватися іншими подібними деталями виконано розрахунок елементів дільниці механічної обробки, визначено кількість верстатів та їх коефіцієнти завантаження, розрахована кількість працюючих – на дільниці має бути розміщено 2 металорізальних верстати із середнім коефіцієнтом завантаження 97%;

Розроблено заходи з охорони праці на дільниці механічної обробки.

## 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. Листі 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. Брендюла, 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/vic>.

15. ДБНВ.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мін-регіонбуд 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](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](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](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](https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759).

Додатки

## ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус АС.4».

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 34,54 %

- 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)

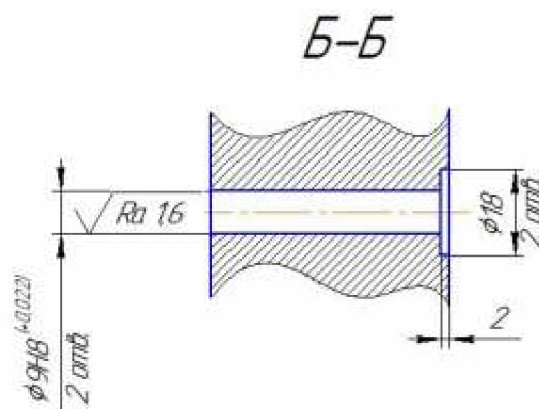
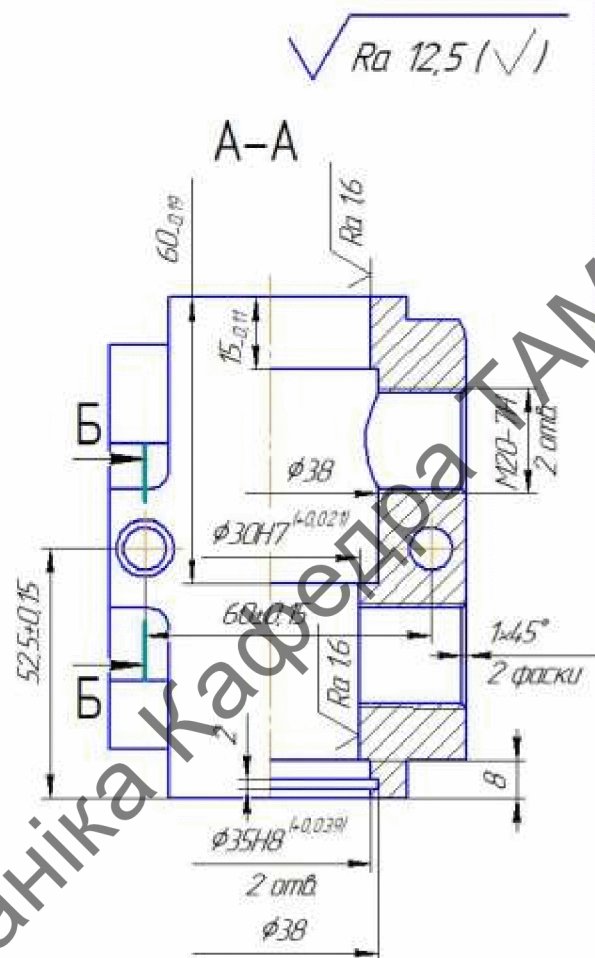
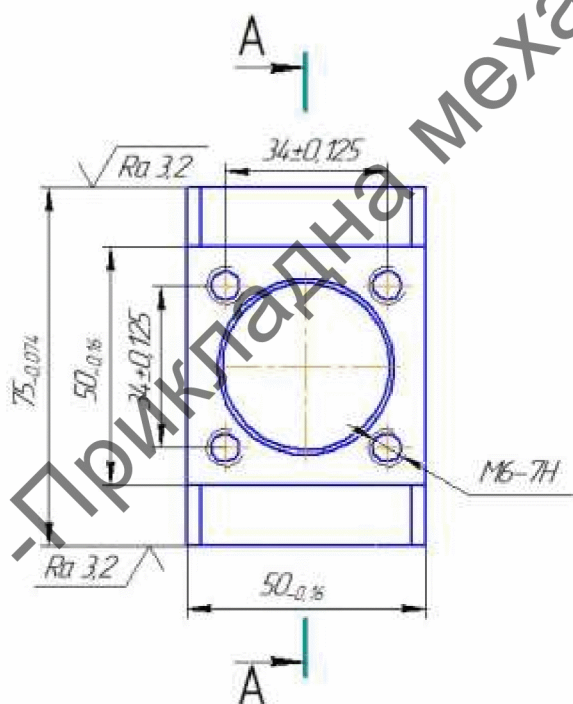
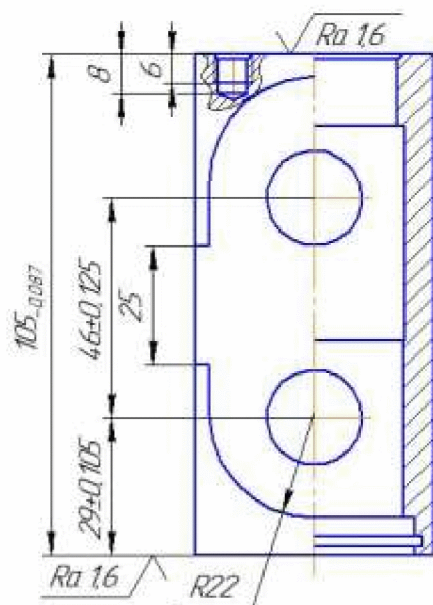
З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник \_\_\_\_\_ Ольга СЕРДЮК  
(підпис) (ім'я, прізвище, посада)

Здобувач \_\_\_\_\_ Владислав БОНДАР  
(підпис) (ім'я, прізвище)

Додаток Б

**ГРАФІЧНА ЧАСТИНА**



1 Неказані граничні відхилення валів h14, отворів H14, інші  $\pm IT 14/2$

08-64.БKP.002.00.001			
Зм.	Арк.	№ докумен	Підпис
Розроб	Бондар В.В.		
Перевір	Сердюк О.В.		
Технік			
Н.контр	Лазинський Д.О.		
Замов	Калашнік Л.Г.		
Корпус АС.4			
СЧ18 ГОСТ 14.12-85			
ВНТУ, зр. ПМ-218			

Каліграф

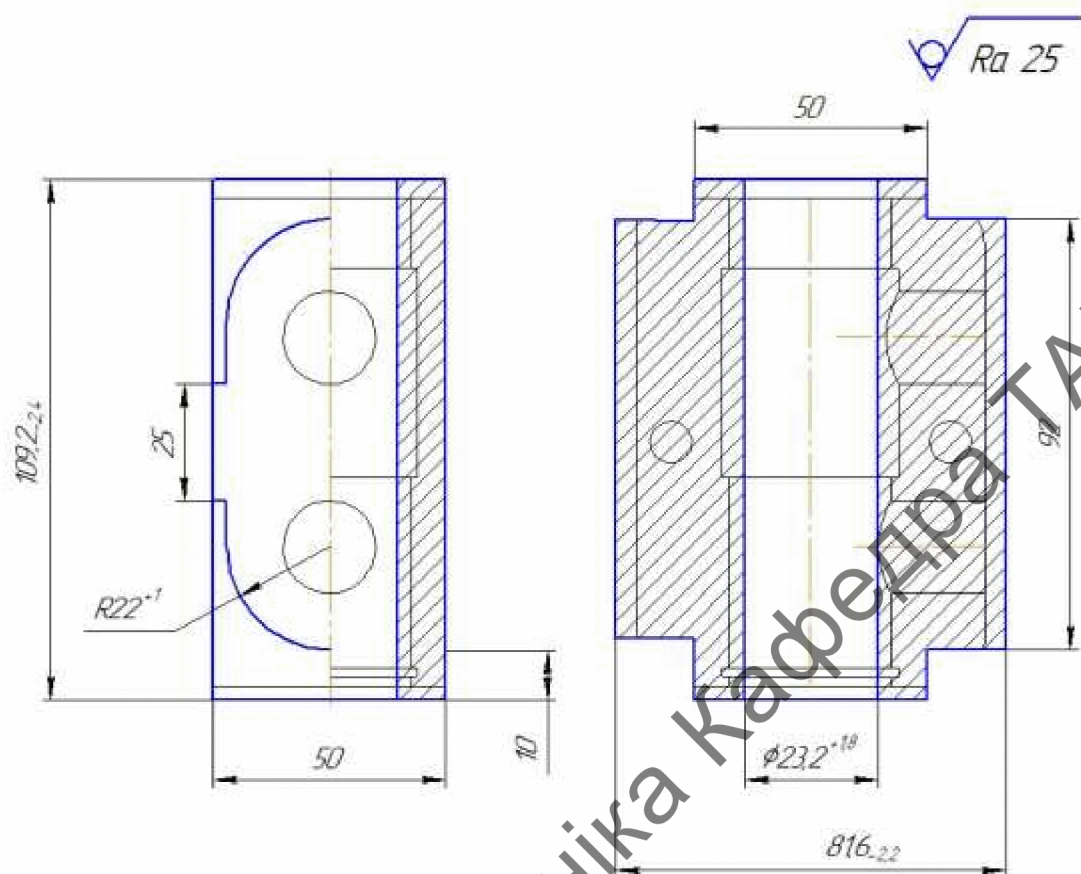
Формат А3



**КОРПУС АС.4**  
(3d- модель)



131 - Прикладна механіка Кафедра ТАМ



08-64.БКР.002.00.002

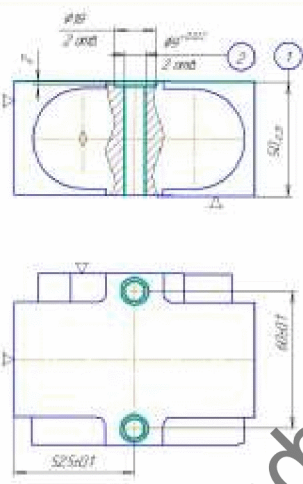
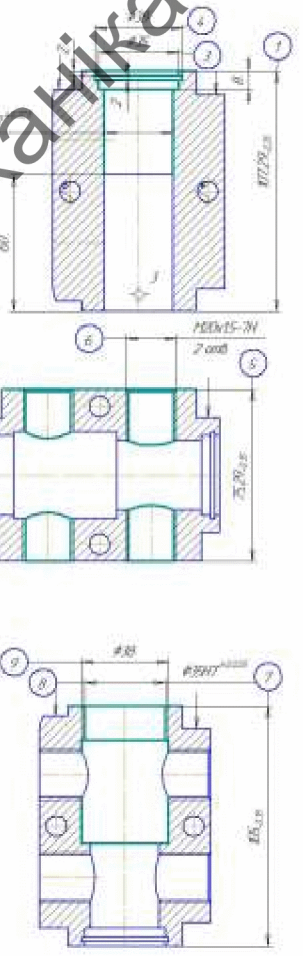
- 1) Клас точності розмірів – 9, клас точності маси – 9т, ступінь жолоблення елементів – 7, ряд припусків на механічну обробку – 6.  
 2) Невказані радіуси заокруглень R5.  
 3) На необроблених поверхнях допускаються раковини до 312мкм, і глибиною не більше 0,9мм.  
 4) Невказані формовочні нахили 14°2, 1°13.

					08-64.БКР.002.00.002			
					Корпус АС.4 (заготовка)	Лист	Маса	Масштаб
Зм. Арк	№ докумен	Підпис	Дата				225	1:1
Розроб	Бондар В.В.							
Перевір	Сердюк О.В.							
Ілюстра								
						Аркуш	Аркуш	1
Ілюстра	Лазинський Д.О.				СЧ18 ГОСТ 14.12-85	ВНТУ, зр. 1ПМ-218		
Затверд	Козлов Л.Г.							

Копіював

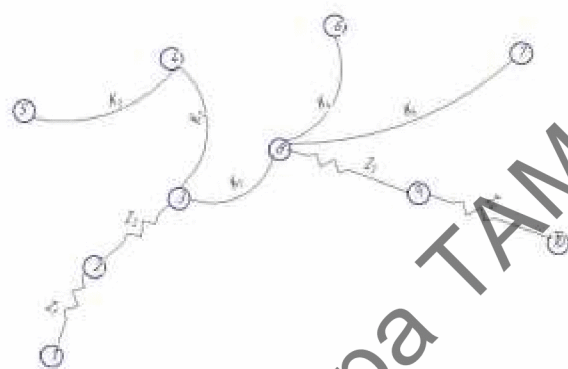
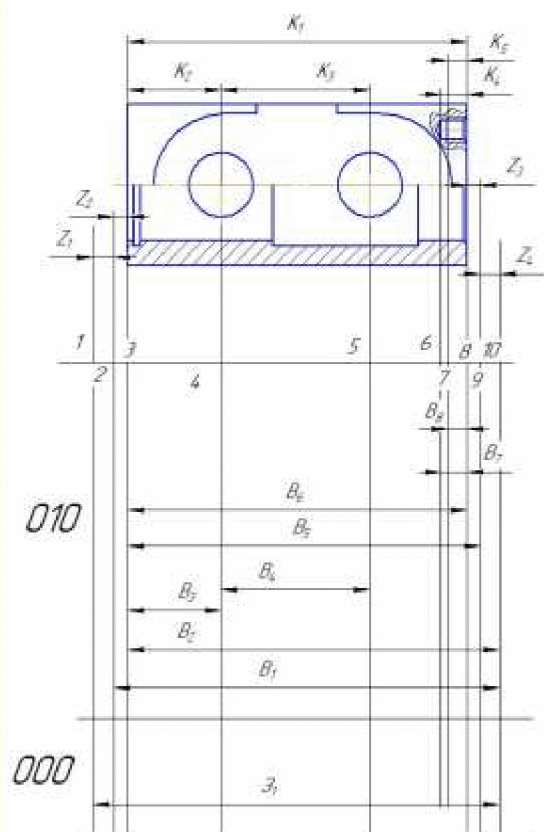
Формат А3

## Маршрут механічної обробки

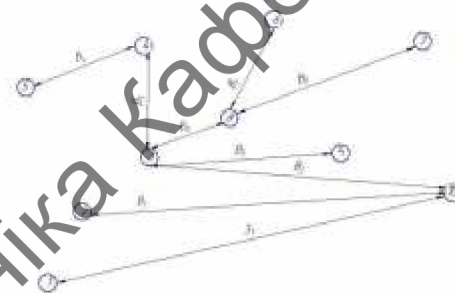
№	Операції, переходи	Ескіз деталі та схема установки	Моделі верстатів
005	<p><b>Фрезерка з ЧПК</b></p> <p>1. Встановити і закрити заготовку 2. Фрезерувати площину 1 попередньо в розмір 50,4(-0,43) 3. Фрезерувати площину 1 остаточно в розмір згідно ескізу 4. Центрувати 2 отвори 2 витримуючи розміри вказані на ескізі 5. Шерділити 2 отвори 2 в розмір <math>\phi 8,2(+0,18)</math> 6. Цекувати 2 отвори 2 витримуючи розміри вказані на ескізі 7. Зенкерувати 2 отвори 2 в розмір <math>\phi 8,6(+0,043)</math> 8. Розвернути 2 отвори 2 витримуючи розміри вказані на ескізі 9. Зняти заготовку</p>	<p style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra\ 6,3}</math></p>  <p style="text-align: center;">Невказані розміри відхилення розмірів отвору IT9, діли IT6, інші IT9/2</p>	<p>Фрезерний з ЧПК 6P13PФ3</p>
010	<p><b>Багатоцільова</b></p> <p>1. Встановити і закрити заготовку 2. Фрезерувати торець 1 в розмір 108,76(-0,87) 3. Розточити отвір 2 попередньо в розмір 29,24(+0,3) 3. Розточити отвір 3 в розмір згідно ескізу 4. Розточити канавку 4 в розмір згідно ескізу 5. Розточити отвір 2 попередньо в розмір 29,787(+0,033) 6. Розточити отвір 2 остаточно в розмір згідно ескізу 7. Фрезерувати торець 1 остаточно в розмір згідно ескізу 8. Підвернути деталь на 90° 9. Фрезерувати торець 5 попередньо в розмір 78,1(-0,87) 10. Центрувати 2 отвори 6 в розмір згідно ескізу 11. Шерділити 2 отвори 6 в розмір <math>10,1(+0,3)</math> 12. Розшарпувати 2 отвори 6 в розмір <math>17,1(+0,3)</math> 13. Зенкерувати фаску в 2 отворах 6 в розмір згідно ескізу 14. Нарізати різь в 2 отворах 6 в розмір згідно ескізу 15. Фрезерувати остаточно площину 5 в розмір згідно ескізу 16. Підвернути деталь на 90° 17. Фрезерувати площину 7 попередньо в розмір 105,74(-0,14) 18. Розточити отвір 8 попередньо в розмір 34,24(+0,3) 19. Розточити отвір 7 в розмір згідно ескізу 20. Розточити вір 8 попередньо в розмір 34,787(+0,033) 21. Розточити отвір 8 остаточно в розмір згідно ескізу 22. Фрезерувати торець 7 остаточно в розмір згідно ескізу</p>	<p style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra\ 6,3}</math></p>  <p style="text-align: center;">Невказані розміри відхилення розмірів отвору IT9, діли IT6, інші IT9/2</p>	<p>Багатоцільова з ЧПК ЛТ260МФ3 з підпоротним столом</p>



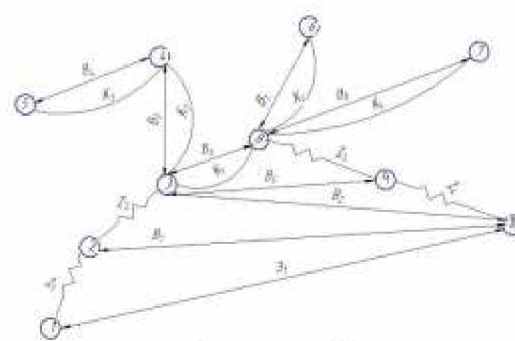
## Розмірний аналіз технологічного процесу



Вихідне граф-дерево



Похідне граф-дерево



Суміщений граф

Таблиця 1 – Рівняння розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

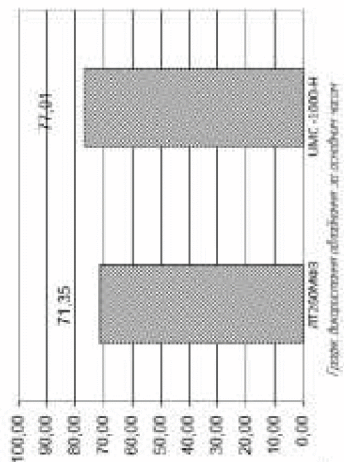
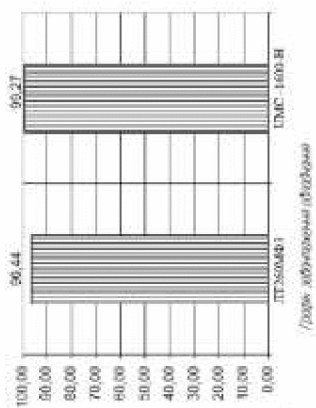
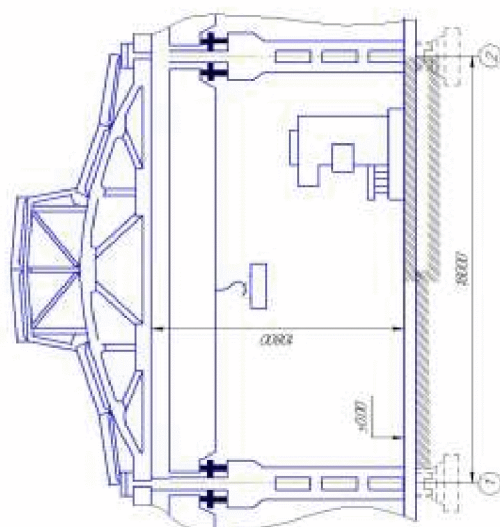
№	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідома ланка
1	$B_6 - K_3 = 0$	$B_6 = K_3$	$B_6$
2	$B_7 - K_4 = 0$	$B_7 = K_4$	$B_7$
3	$B_8 - K_5 = 0$	$B_8 = K_5$	$B_8$
4	$B_4 - K_3 = 0$	$B_4 = K_3$	$B_4$
5	$B_1 - K_3 = 0$	$B_1 = K_3$	$B_1$
6	$B_3 - Z_3 - B_6 = 0$	$Z_3 = B_3 - B_6$	$B_3$
7	$B_2 - Z_4 - B_8 = 0$	$Z_4 = B_2 - B_8$	$B_2$
8	$B_5 - Z_2 - B_7 = 0$	$Z_2 = B_5 - B_7$	$B_5$
9	$B_1 + Z_1 - Z_3 = 0$	$Z_1 = Z_3 - B_1$	$Z_1$

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 кресленні вихідної заготовки
	Мінімальний розмір	Максимальний розмір			
$Z_1$	109,96	112,16	2,2	112,16	112,16 <sub>+0,22</sub>
$B_1$	107,89	108,76	0,87	108,76	108,76 <sub>+0,87</sub>
$B_2$	106,94	107,29	0,35	107,29	107,29 <sub>+0,35</sub>
$B_3$	28,895	29,105	0,21	29	29 <sub>+0,105</sub>
$B_4$	45,875	46,125	0,25	46	46 <sub>+0,125</sub>
$B_5$	105,6	105,74	0,14	105,74	105,74 <sub>+0,14</sub>
$B_6$	104,913	105	0,087	105	105 <sub>+0,087</sub>
$B_7$	7,82	8,18	0,36	8	8 <sub>+0,18</sub>
$B_8$	5,85	6,15	0,3	6	6 <sub>+0,15</sub>

Таблиця 3 – Припуски

Припуски	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$
$Z_{min}$	1,2	0,6	0,6	1,2
$Z_{max}$	4,27	1,82	0,827	1,69

[illegible][illegible]