

Вінницький національний технічний університет  
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

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

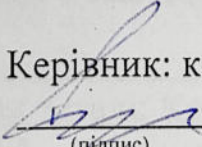
## Бакалаврська кваліфікаційна робота

на тему:

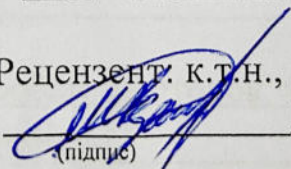
«РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ  
МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ "КОРПУС В.25"  
З ВИКОРИСТАННЯМ САД/САМ СИСТЕМ»

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

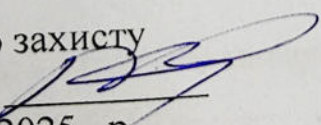
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)  
 Владислав ЦМОКАЛО  
(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник: к.т.н., доц., доцент каф. ТАМ  
 Дмитро ЛОЗІНСЬКИЙ  
(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

« 09 » 06 2025 р.

Рецензент: к.т.н., доц. каф. АТМ  
 Микола МИТКО  
(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

« 12 » 06 2025 р.

Допущено до захисту  
Зав. кафедри   
« 9 » 06 2025 р.



Вінницький національний технічний університет

Факультет машинобудування та транспорту

(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

(повна назва кафедри)

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань – 13 Механічна інженерія

(шифр і назва)

Спеціальність – 131 – «Прикладна механіка»

(шифр і назва спеціальності)

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

(назва освітньо - професійної програми)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

д.т.н., професор Козлов Л.Г.

« 20 » 03 2025 р.

## З А В Д А Н Н Я НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Цмокалу Владиславу Віталійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка технологічного процесу механічної обробки  
заготовки деталі «Корпус В.25» з використанням CAD/CAM  
систем

Керівник роботи Лозінський Дмитро Олександрович, к.т.н., доцент

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

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

2. Термін подання студентом роботи 16.06.25р.

3. Вихідні дані до роботи Креслення деталі: Корпус В.25

Матеріал: Чавун СЧ20 ГОСТ 1412-85, Програма випуску: 2500 шт.

4. Зміст текстової частини

1. Аналіз методів виготовлення та обробки заготовок типових деталей

2. Розробка технологічного процесу обробки

3. Розробка керуючої програми для виготовлення деталі на верстаті з ЧПК

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;

алгоритм створення керуючої програми для верстата з ЧПК;



# 6. Консультанти розділів роботи

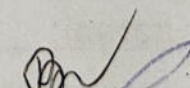
| Розділ             | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                   |
|--------------------|-------------------------------------------|----------------|-------------------|
|                    |                                           | завдання видав | виконання прийняв |
| Спеціальна частина | Дмитро ЛОЗІНСЬКИЙ,<br>доцент кафедри ТАМ  | 20.03.25р      | 06.06.25р         |
| Охорона праці      | Олег БЕРЕЗЮК,<br>професор кафедри БЖД ПБ  | 26.05.25р      | 06.06.25р         |
|                    |                                           |                |                   |
|                    |                                           |                |                   |

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

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

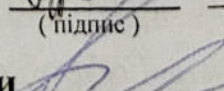
| № з/п | Назва та зміст етапу                                                       | Термін виконання |            | Примі |
|-------|----------------------------------------------------------------------------|------------------|------------|-------|
|       |                                                                            | початок          | закінчення |       |
| 1     | Формування та затвердження теми бакалаврської кваліфікаційної роботи (БКР) | 18.03.25р        | 20.03.25р  |       |
| 2     | Виконання спеціальної частини БКР. Перший рубіжний контроль виконання БКР  | 22.04.25р        | 25.04.25р  |       |
| 3     | Виконання спеціальної частини БКР. Другий рубіжний контроль виконання БКР  | 26.05.25р        | 28.05.25р  |       |
| 4     | Виконання розділу «Охорона праці»                                          | 26.05.25р        | 06.06.25р  |       |
| 5     | Перевірка на антиплагіат                                                   | 05.06.25р        | 09.06.25р  |       |
| 6     | Нормоконтроль БКР                                                          | 09.06.25р        | 10.06.25р  |       |
| 7     | Попередній захист БКР                                                      | 10.06.25р        | 11.06.25р  |       |
| 8     | Рецензування БКР                                                           | 12.06.25р        | 13.06.25р  |       |
| 9     | Захист БКР                                                                 | 17.06.25р.       | 19.06.25р. |       |
|       |                                                                            |                  |            |       |

Студент

  
(підпис)

Владислав ЦМОКА  
(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

  
(підпис)

Дмитро ЛОЗІНСЬКИЙ  
(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

## АНОТАЦІЯ

Бакалаврська дипломна робота складається з 84 сторінок формату А4, на яких є 26 рисунків, 20 таблиці, список використаних джерел містить 27 найменувань.

Метою роботи є розробка технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Корпус В.25" з використанням CAD/CAM систем.

У загальній частині роботи проаналізованого об'єкт виробництва, встановлено серійність та визначено основні методи виготовлення та обробки заготовки деталі "Корпус В.25", встановлено актуальність та перспективи застосування CAD/CAM систем.

В перших розділах проведено якісний та кількісний аналіз виробу, розраховані конструктивні параметри заготовки та розроблений технологічний процес обробки заготовки, який базується на використанні верстатів з ЧПК, розраховано режими різання та припуски на обробку поверхонь.

У третьому розділі розроблено тривимірні моделі деталі та заготовки на основі яких в CAD/CAM системі розроблено програму для обробки деталі на верстаті з ЧПК.

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: технологічний процес, корпус, CAD/CAM системи.

## ABSTRACT

The bachelor's thesis consists of 84 A4 pages, which have 26 figures, 20 tables, the list of sources used contains 27 items.

The purpose of the work is to develop a technological process of mechanical processing of the workpiece "Housing B.25 " using CAD/CAM systems.

In the general part of the work analyzed the object of production, seriality is defined. The basic methods of manufacturing and machining of the workpiece "Housing B.25" and the relevance and prospects of using of CAD/CAM systems are established.

In the first and second sections a qualitative and quantitative analysis of the product are made. The design parameters of the workpiece and the technological process of machining of the workpiece, which is based on the use of machine tools with the CNC was designed. Also have been calculated modes of cutting and allowances for surface machining.

In the third section 3D models of parts and workpieces was made. Based on 3d models using CAD/CAM systems a program for processing a workpiece on a CNC machine was developed.

In the chapter of labor protection such questions are processed as the reasons of occurrence, influence on a human organism and rationing of harmful and dangerous production factors in a production facility; a map of working conditions; recommendations on improvement of working conditions, and also the norms of fire safety are considered.

Keywords: technological process, Housing, CAD/CAM system.

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП.....                                                                                                                                            | 5  |
| 1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ОБРОБКИ ЗАГОТОВОК<br>ТИПОВИХ ДЕТАЛЕЙ.....                                                                            | 6  |
| 1.1 Характеристика об'єкту виробництва та його службове призначення ...                                                                               | 6  |
| 1.2 Визначення типу виробництва .....                                                                                                                 | 6  |
| 1.3 Огляд можливих методів та способів отримання заготовки.....                                                                                       | 15 |
| 1.4 Огляд відомих технологічних процесів обробки типових деталей.....                                                                                 | 18 |
| 2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ .....                                                                                                       | 20 |
| 2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі.....                                                                                                  | 20 |
| 2.2 Розрахунок розмірів заготовки.....                                                                                                                | 23 |
| 2.3 Розробка маршруту механічної обробки .....                                                                                                        | 37 |
| 2.4 Розмірний аналіз технологічного процесу .....                                                                                                     | 42 |
| 2.5 Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну<br>обробку циліндричної поверхні $\varnothing 150^{+0,106}_{-0,043}$ ) ..... | 48 |
| 2.6 Визначення режимів різання.....                                                                                                                   | 51 |
| 3 РОЗРОБКА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ<br>НА ВЕРСТАТІ З ЧПК.....                                                                        | 57 |
| 3.1 Розробка 3D-моделі деталі.....                                                                                                                    | 57 |
| 3.2 Методика створення 3D-моделі деталі (вузла) із докладним описом дій<br>побудови. ....                                                             | 58 |
| 3.3 Розробка керуючої програми для верстата з ЧПК за допомогою САМ-<br>систем .....                                                                   | 61 |
| 4 ОХОРОНА ПРАЦІ .....                                                                                                                                 | 70 |
| 4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів у виробничому<br>приміщенні .....                                                             | 70 |
| 4.2 Карта умов праці .....                                                                                                                            | 75 |
| 4.3 Пожежна безпека.....                                                                                                                              | 77 |
| ВИСНОВКИ .....                                                                                                                                        | 80 |

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....                          | 82 |
| ДОДАТКИ .....                                             | 85 |
| Додаєлк А ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА .....                      | 86 |
| Додаток Б Програма обробки деталі на верстаті з ЧПК ..... | 93 |
| Додаток В Протокол перевірки кваліфікаційної роботи ..... | 98 |

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

## ВСТУП

Машинобудування – це одна з провідних галузей, яка визначає розвиток не тільки промисловості, а й економіки будь-якої країни. Розвиток машинобудівної галузі зазвичай пов'язаний з вирішенням ряду проблем та задач, які постають на його шляху.

Одним із головних частин життєвого циклу виробу є процес виготовлення виробу безпосередньою складовою якого є технологічний процес.

*Актуальність теми.* Виготовлення виробів завжди пов'язаний з вирішенням певних складних задач, як вибір економічно раціональних способів обробки, покращення ефективності тощо. Задачі покращення як окремих елементів виробництва так самого процесу виготовлення виробу є типовими задачами на виробництві. Вони забезпечують можливість покращення та розвитку самого виробництва, саме тому впровадження відповідного програмного забезпечення та CAD/CAM систем для проектування виробів, їх дослідження та розробки технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі є актуальною задачею [1-3].

*Мета і завдання роботи.* Метою даної роботи є розробка технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Корпус В.25" з використанням CAD/CAM систем.

Для досягнення необхідної мети робот потрібно виконати наступні завдання:

- визначити тип виробництва і форми організації роботи;
- провести аналіз існуючих способів виготовлення заготовок подібних деталей;
- виконати аналіз конструкції і технологічності деталі;
- вибрати способи виготовлення заготовки;
- розробити маршрут механічної обробки;
- розробити 3D-модель деталі;
- розробити керуючу програму для виготовлення деталі на верстаті з ЧПК;
- проаналізувати умови охорони праці на виробництві.



## 1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ОБРОБКИ ЗАГОТОВОК ТИПОВИХ ДЕТАЛЕЙ

### 1.1 Характеристика об'єкту виробництва та його службове призначення

Деталь “Корпус В.25” є базовою деталлю насосу. Деталь базується в вузлі по основі і чотирьох отворах Ø18.

В отворах Ø150 встановлені зубчасті колеса. По торцям встановлені кришки, що кріпляться болтами М12-7Н.

Основне службове призначення деталі в забезпеченні необхідної точності розміщення приєднувальних деталей, як в стані спокою, так і в процесі роботи. Крім того деталь виконує роль опори – герметизуючи і захищаючи підшипники від зовнішнього середовища і пошкоджень.

Деталь має складну геометричну форму, тому матеріалом вибраний сірий чавун СЧ20 ГОСТ 1412-85, який дає можливість виготовляти заготовку методом лиття.

По своїй формі конструкції і технологічним ознакам деталь відноситься до складу “Корпусних”. При підготовці до виробництва доцільно орієнтуватися на типові ТП обробки необхідних деталей, що прискорює процес проектування і покращує якість проекту.

В роботі планується застосувати CAD/CAM-системи для розробки тривимірних моделей заготовок виробу та деталей виробу, а також для програмування верстатного обладнання [3, 4].

### 1.2 Визначення типу виробництва

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

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

де  $\Sigma O_1$  – кількість операцій, які виконуються на дільниці;

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

Прийняті такі коефіцієнти закріплення операцій:

$K_{з.о.} \leq 1$  – 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;

$40 < K_{з.о.}$  – одиничне виробництво;

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

Згідно креслення деталі встановлені найбільш характерні переходи механічної обробки деталі "Корпус" поверхні, що оброблюються на переходах, зображено на рисунку 1.1.

Для записаних в таблиці 1.1 переходів механічної обробки наближено визначено основний час механічної обробки  $T_{осн.}$  за формулою:

$$T_o = 6 \cdot l, [\text{хв}] \quad (1.2)$$

де  $l$  – довжина оброблюваної поверхні.

Перехід 1 – Фрезерувати пов. 1 попередньо:

$$T_{осн.1} = 6 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 6 \cdot 150 \cdot 10^{-3} = 1,8 (\text{хв}).$$

Перехід 2 – Фрезерувати пов. 1 остаточно:

$$T_{осн.2} = 7 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 7 \cdot 150 \cdot 10^{-3} = 2,1 (\text{хв}).$$

Перехід 3 – Свердли 4 отв. 2:

$$T_{осн. 3} = 0,52 \cdot d \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 0,52 \cdot 17,5 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 0,728 \text{ (хв)}.$$

Перехід 4 – Розвернути 4 отв. 2:

$$T_{осн. 4} = 0,43 \cdot d \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 0,43 \cdot 18 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 0,62 \text{ (хв)}.$$

Для решти розмірів визначаємо аналогічно.

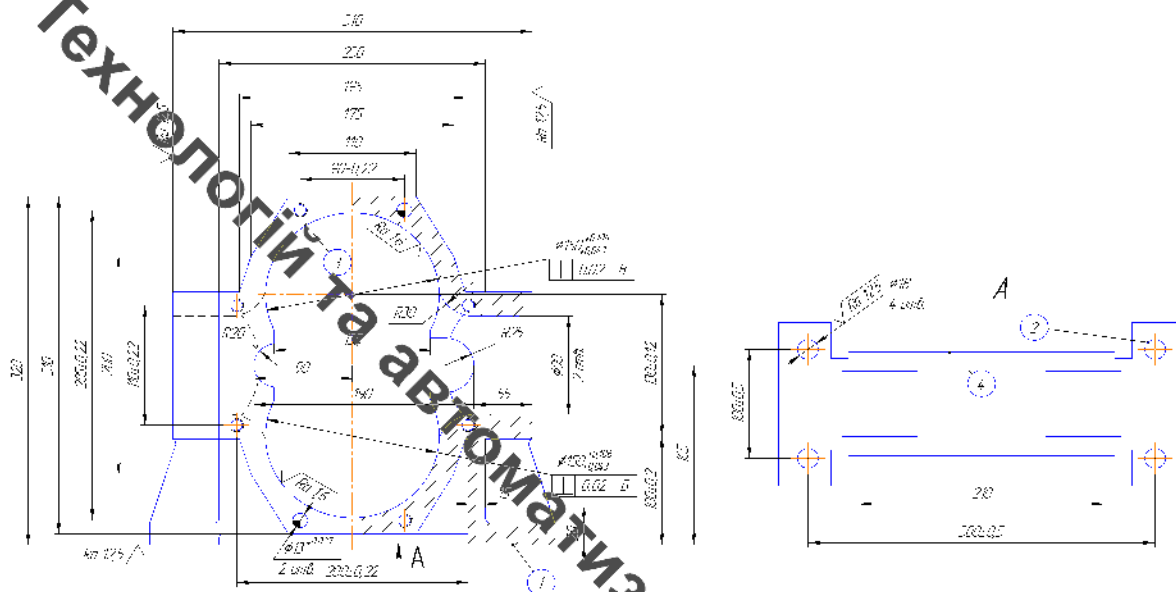


Рисунок 1.1 – Характерні поверхні деталі

Згідно рекомендацій наближено визначено тип виробництва, як середньо-серійний.

Визначено  $T_{шт-к}$ :

$$T_{шт-к} = T_o \cdot \varphi_k, \text{ [хв]} \quad (1.3)$$

де  $\varphi_k$  – коефіцієнт,

$T_o$  – основний час, що витрачається на обробку поверхні.

Перехід 1 – Фрезерувати пов. 1 попередньо:



$$T_{шт-к 1} = 1,8 \cdot 1,84 = 3,312 \text{ (хв)}.$$

Перехід 2 – Фрезерувати пов. 1 остаточно:

$$T_{шт-к 2} = 2,1 \cdot 1,84 = 3,86 \text{ (хв)}.$$

Перехід 3 – Свердлити 4 отв. 2:

$$T_{шт-к 3} = 0,728 \cdot 1,72 = 1,25 \text{ (хв)}.$$

Перехід 4 – Розвернути 4 отв. 2:

Для решти розмірів визначаємо аналогічно.

Для кожного переходу механічної обробки необхідна кількість верстатів:

$$C_{pi} = \frac{N \cdot T_{шт.к.}}{60 F_d \cdot \eta_{з.п.}}, \quad (1.4)$$

де  $N = 2500$  шт. – річна програма випуску деталі "Корпус";

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

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

$\eta_{з.п.}$  – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання (за умов серійного виробництва  $\eta_{з.п.} = 0,75 \dots 0,85$ ).

Розраховуємо необхідну кількість верстатів для переходу 1:

$$C_{p1} = \frac{2500 \cdot 3,312}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,047 \text{ (шт)}.$$

Розраховуємо необхідну кількість верстатів для переходу 2:

$$C_{p2} = \frac{2500 \cdot 3,86}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,055 \text{ (шт.)}.$$

Розраховуємо необхідну кількість верстатів для виконання переходу 3:

$$C_{p3} = \frac{2500 \cdot 1,25}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,018 \text{ (шт.)}.$$

Розраховуємо необхідну кількість верстатів для виконання переходу 4:

$$C_{p4} = \frac{2500 \cdot 1,07}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,015 \text{ (шт.)}.$$

Розраховуємо необхідну кількість верстатів для виконання переходу 5:

$$C_{p5} = \frac{2500 \cdot 1,55}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,165 \text{ (шт.)}.$$

Для решти розмірів визначаємо аналогічно.

Одержану розрахункову кількість верстатів заокруглено до найближчого більшого числа і одержано прийняту кількість верстатів  $P$ .

$P_1 = 1$  верстат;

$P_2 = 1$  верстат;

$P_3 = 1$  верстат;

$P_4 = 1$  верстат;

$P_5 = 1$  верстат;

$P_6 = 1$  верстат;

$P_7 = 1$  верстат;

$P_8 = 1$  верстат;

7. Визначено фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{C_{pi}}{P_i}, \quad (1.5)$$

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

$P_i$  – кількість робочих місць для виконання даної операції.

Розраховуємо фактичний коефіцієнт завантаження обладнання для виконання переходу 1:

$$\eta_{з.ф.1} = \frac{0,047}{1} = 0,047.$$

Розраховуємо фактичний коефіцієнт завантаження обладнання для виконання переходу 2:

$$\eta_{з.ф.2} = \frac{0,055}{1} = 0,055.$$

Розраховуємо фактичний коефіцієнт завантаження обладнання для виконання переходу 3:

$$\eta_{з.ф.3} = \frac{0,018}{1} = 0,018.$$

Аналогічно виконуємо розрахунки для інших переходів, дані розрахунків представлені в таб. 1.1.

8. Встановлено кількість операцій, які виконуються на і-му місці:

$$O_i = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.i}}, \quad (1.6)$$

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

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

Розраховуємо кількість операцій для виконання переходу 1:

$$O_1 = \frac{0,75}{0,047} = 15,96.$$

Розраховуємо кількість операцій для виконання переходу 2:

$$O_2 = \frac{0,75}{0,055} = 13,64.$$

Розраховуємо кількість операцій для виконання переходу 3:

$$O_3 = \frac{0,75}{0,018} = 41,67.$$

Розраховуємо кількість операцій для виконання переходу 4:

$$O_4 = \frac{0,75}{0,015} = 50.$$

Розраховуємо кількість операцій для виконання переходу 5:

$$O_5 = \frac{0,75}{0,165} = 4,55.$$

Аналогічно виконуємо розрахунки для інших переходів, дані розрахунків представлені в таб. 1.1.

Знайдено сумарну кількість операцій, що можуть бути виконані на всіх робочих місцях  $\Sigma O_i$ :

$$\Sigma O_i = 15,96 + 13,64 + 41,67 + 50 + 4,55 + 8,15 + 7,43 + 6,36 = 147,76.$$

Розраховано сумарну кількість прийнятих верстатів:

$$\Sigma P = 8.$$

Встановлено коефіцієнт закріплення  $K_{3,0}$ :

$$K_{3,0} = 147,76/8 = 18,47.$$

Всі розрахункові дані занесені до таблиці 1.1

Згідно отриманого коефіцієнта закріплення операцій тип виробництва – середньосерійне.

Таблиця 1.1 – Визначення коефіцієнта закріплення операцій

| п/п    | Зміст технологічних операцій                        | T <sub>осп</sub> ,<br>хв. | Ф <sub>к</sub> | T <sub>шт.к.</sub> ,<br>хв. | C <sub>p</sub> | P | h <sub>з.п.</sub> | h <sub>з.ф.</sub> | O      | K <sub>з.о.</sub> |
|--------|-----------------------------------------------------|---------------------------|----------------|-----------------------------|----------------|---|-------------------|-------------------|--------|-------------------|
| 1.     | Фрезерувати пов. 1 попередньо                       | 1,8                       | 1,84           | 3,312                       | 0,047          | 1 | 0,75              | 0,047             | 15,96  |                   |
| 2.     | Фрезерувати пов. 1 остаточно                        | 2,1                       | 1,84           | 3,86                        | 0,055          | 1 | 0,75              | 0,055             | 13,64  |                   |
| 3.     | Свердлити 4 отв. 2                                  | 0,728                     | 1,72           | 1,25                        | 0,018          | 1 | 0,75              | 0,018             | 41,67  |                   |
| 4.     | Розвернути 4 отв. 2                                 | 0,62                      | 1,72           | 1,07                        | 0,015          | 1 | 0,75              | 0,015             | 50     |                   |
| 5      | Розточити поверхню 4 (Ø150 дві поверхні) попередньо | 5,4                       | 2,14           | 11,25                       | 0,165          | 1 | 0,75              | 0,165             | 4,55   |                   |
| 6      | Розточити поверхню 4 (Ø150) остаточно               | 3                         | 2,14           | 6,42                        | 0,092          | 1 | 0,75              | 0,092             | 8,15   |                   |
| 7      | Фрезерувати пов. 5 (дві пов.) попередньо            | 3,84                      | 1,84           | 7,06                        | 0,101          | 1 | 0,75              | 0,101             | 7,43   |                   |
| 8      | Фрезерувати пов. 5 (дві пов.) остаточно             | 4,48                      | 1,84           | 8,24                        | 0,118          | 1 | 0,75              | 0,118             | 6,36   |                   |
| Всього |                                                     | 21,97                     |                | 42,762                      |                | 8 |                   |                   | 117,76 | 18,47             |

Заданий добовий випуск виробів

$$N_o = \frac{N}{255}, [\text{шт}] \quad (1.7)$$

де 255 кількість робочих днів в року;



$$N_o = \frac{2500}{255} = 9,8 \text{ (шт.)}.$$

Приймаємо  $N_d = 10$  шт.

$$Q_d = \frac{F_d}{T_{шт-к_{сер}} \cdot \eta_z}, \quad (1.8)$$

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

$F_d$  – добовий фонд часу роботи обладнання ( $F_d = 952$  хв.),

$\eta_z$  – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії ( $\eta_z = 0,6$ ).

$$T_{шт-к_{сер}} = \frac{\sum T_{шт-к_i}}{\sum n_i}, \text{ [хв]} \quad (1.9)$$

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

$\sum n$  – сумарна кількість виконуваних переходів.

$$T_{шт-к_{сер}} = \frac{42.762}{8} = 5.34 \text{ (хв.)};$$

$$Q_o = \frac{952}{5.34 \cdot 0.6} = 297.12 \text{ (шт.)}.$$

Приймаємо  $Q_d = 298$  шт.

Відповідно середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів, добова продуктивність лінії, добовий випуск виробів, наведено в таблиці 1.2.

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

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

$$n = \frac{N \cdot t}{2554} \text{ (шт).,} \quad (1.10)$$

де  $t$  – періодичність запуску деталей на обробку, в днях (3 дні).

$$n = \frac{N \cdot t}{255} = \frac{2500 \cdot 3}{255} = 29,41 \text{ (шт).,}$$

Приймаємо  $n = 30$  шт.

Визначаємо розрахункову кількість змін на обробку всієї партії деталей на основних робочих місцях.

$$C_{зм} = \frac{T_{зм} \cdot K_{сер} \cdot n}{476 \cdot \eta_3}, \quad (1.11)$$

$$C_{зм} = \frac{5,34 \cdot 30}{476 \cdot 0,6} = 0,56.$$

Приймаємо  $C_{зм. пр.} = 1$  зміна.

Визначаємо кількість деталей в партії для одночасного запуску за прийнятою кількістю змін.

$$n_{пр} = \frac{476 \cdot \eta_3 \cdot C_{зм. пр.}}{T_{пт-к_{сер}}}, \quad (1.12)$$

$$n_{пр} = \frac{476 \cdot 0,6 \cdot 1}{5,34} = 53,48 \text{ (шт).}$$

Приймаємо  $n_{пр} = 54$  шт.

Отже тип виробництва – середньосерійне, форма організації роботи – групова, при цьому розмір мінімальної партії виробів складає 54 шт.

### 1.3 Огляд можливих методів та способів отримання заготовки

Заготовка деталі є важливим компонентом технологічної підготовки виробництва, оскільки саме параметри заготовки визначають можливі припуски, напус-

ки, стан поверхні та інші важливі параметри, які впливають на алгоритм обробки та його кількісні показники [6-8].

Орієнтуючись на робоче креслення деталі, масу та серійність виробництва встановлюємо метод одержання заготовки – лиття, так як деталь виготовляється з матеріалу СЧ 18 ГОСТ 1412-85.

Можливі такі способи лиття заготовки:

- в піщано-глинисті форми
- в оболонкові форми
- та інші.

Орієнтуючись на масу та форму деталі, а також на матеріал і серійність виробництва в подальшому приймаємо до розгляду два способи лиття: в піщано-глинисті форми та в оболонкові.

Таблиця 1.2 - Порівняльні характеристики способів отримання заготовки

| Спосіб лиття                 | Тип виробництва | Матеріал виливка                  | Маса виливка, кг | Товщина стінок, мм | Квалітет | Шорсткість поверхні, мкм | Коефіцієнт використання матеріалу | Собівартість лиття                                                           | Технологічні особливості                                           | Область застосування                      |
|------------------------------|-----------------|-----------------------------------|------------------|--------------------|----------|--------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| В піщано-глинясті форми      | О,С             | Чавун, сталь, кольорові матеріали | 10...1000        | >3                 | 14...17  | 320...80                 | 0,55...0,75                       | СЧ-120, КЧ-150, сталі, лиття-100...250                                       | Можливе виготовлення виливків будь-якої конфігурації.              | Фланці, кришки, втулки, станини, корпуси. |
| В оболонкові форми           | М,С             | Сірий чавун, сталь, мідні сплави  | 0,1...80         | 2...4              | 12...15  | 160...20                 | 0,85...0,90                       | Чавун, сталі, кольорові сплави-120...1200                                    | Тонкостінні виливки компактної конфігурації                        | Втулки, муфти, фланці, кронштейни         |
| В кокиль в облицьовані форми | С               | Чавун, сталь, кольорові матеріали | 0,1...50         | >3                 | 12...15  | 80...20                  | 0,71...0,75                       | Сірий чавун 90...150, вуглецеві сталі 150...200, Алюмінієві сплави 600...750 | Виготовлення товстостінних виливків простої і середньої складності | Втулки, муфти, станини, маховики, колеса  |

Таблиця 1.3 Якісний аналіз виготовлення заготовки обробкою тиском

| Спосіб лит-<br>тя              | Суть способу                                                                                                                                                                                                                       | Переваги                                                                                                                                                              | Недоліки                                                                                                                                       | Область застосу-<br>вання                                                                                                 |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| В піщано-<br>глинясті<br>форми | Розплавлений метал заливається в разову піщано - глинясту форму, остигає і кристалізується під дією сили земного тяжіння. Після застигання виливок виймається шляхом руйнування піщано глинястої форми.                            | Можливість отримання складних заготовок. Мінімальні затрати на виготовлення заготовок. Можливість механізації та автоматизації процесу.                               | Низька точність, висока шорсткість, великі припуски на механічну обробку. Найбільші затрати металу.                                            | Одиничне, серійне при ручному формуванні, крупносерійне і масове при машинному. Фланці, кришки, втулки, станини, корпуси. |
| В облицьований<br>кокіль       | Розплавлений метал заливається в багато-разову металеву облицьовану форму, остигає і кристалізується під дією сили земного тяжіння. Після застигання виливок виймається.                                                           | Мала трудомісткість короткого циклу виготовлення, можливість механізації та автоматизації процесу. Точність 12 – 15 квалітету. Шорсткість 120 – 80 мкм                | Обмежена по формі виливків, масі та розмірах, можливість виникнення ливарних дефектів (раковин, пустот) внаслідок швидкого охолодження металу. | Найчастіше у серійному виробництві.                                                                                       |
| В оболон-<br>кові форми        | Виготовляють дві напівформи товщиною 6-20 мм із формування суміші, що складається із піску фенолформальдаїдних смол в якості зв'язки. Після зборки оболонкові форми поміщують в нероз'ємні опоки, які засипаються піском і дробом. | Процес виготовлення може бути повністю механізований. Зменшення об'єму формуючої суміші в 10-20 разів. Зменшення обрубних і очисних робіт на 50%. Шорсткість 20-80мкм | Висока вартість зв'язної речовини. Формоутворення проводиться за допомогою більш дорогого металевого модельного оснащення                      | Крупносерійне, масове. Втулки, муфти, фланці, кронштейни.                                                                 |

З вище розглянутих способів одержання заготовок методом лиття були вибрані наступні: лиття в піщано - глинясті форми та лиття в оболонкові форми.

#### 1.4 Огляд відомих технологічних процесів обробки типових деталей

Технологічний процес механічної обробки деталі «Корпус В.25» буде проектуватись на основі типових або групових ТП обробки подібних деталей в залежності від типу виробництва [9-11].

Типизація технологічного процесу механічної обробки забезпечує уніфікований підхід при розробці технології виготовлення деталей даного типу, скорочує кількість різних варіантів обробки до мінімуму в залежності від типу виробництва, скорочує терміни проектування і покращує якість розробленого ТП.

Для деталі «Корпус В.25» подібною є деталь корпус (рис. 1.2), типовий маршрут обробки якої наведений в таблиці 1.4.

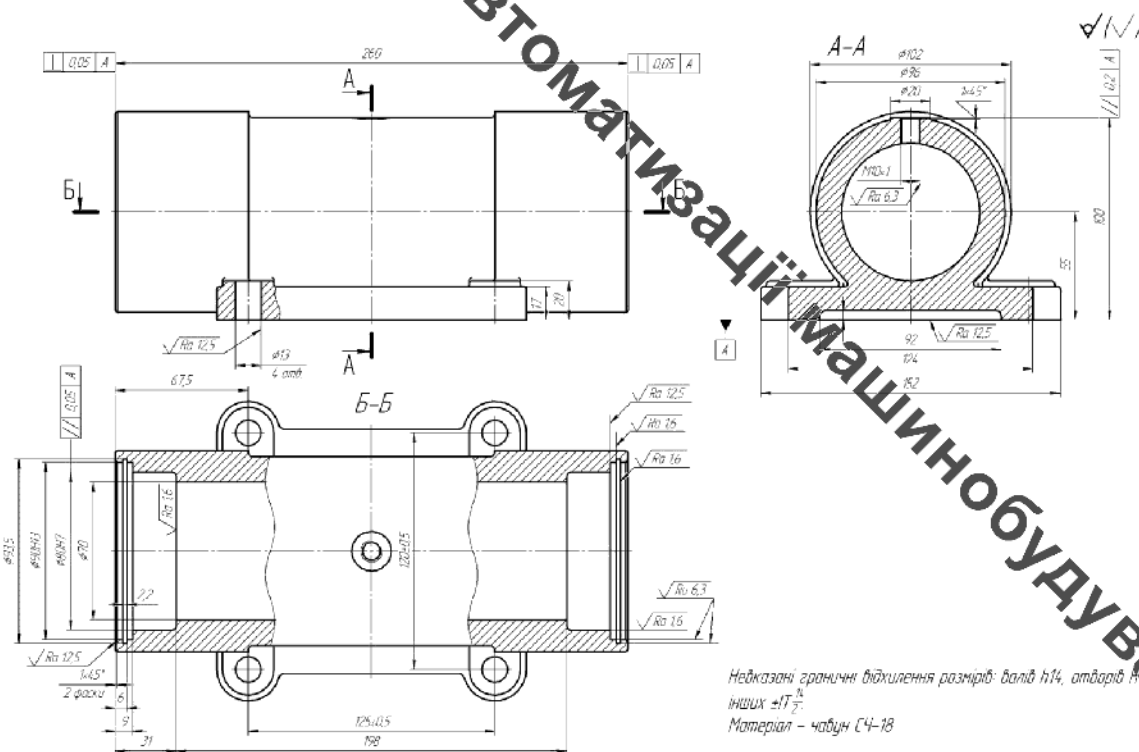


Рисунок 1.1 – Ескіз маршруту механічної обробки деталі "Корпус"

Таблиця 1.4 – Маршрут механічної подібної деталі

| Операція | Зміст і найменування операції                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Верстат, обладнання                                        | Присто-сування      |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------|
| 1        | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 3                                                          | 4                   |
| 005      | Лиття                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                            |                     |
| 010      | Обрубка та очищення виливка                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                            |                     |
| 015      | Фрезерувати площину основи остаточно. Свердлити чотири отвори $\varnothing 13$ остаточно. Фрезерувати площину бобики $\varnothing 20$ остаточно, свердлити і нарізати різьбу $M10 \times 1-7H$ в одному отворі остаточно. Фрезерувати торець $\varnothing 102$ , витримуючи розмір 230 остаточно. Розточити виточки $\varnothing 80H7$ ; $\varnothing 90H13$ і фаску $1 \times 45^\circ$ остаточно. Фрезерувати канавку $b=2,2 \pm 0,5$ остаточно. Повернути стіл на $180^\circ$ . Розточити виточки $\varnothing 80H7$ ; $\varnothing 90H13$ і фаску $1 \times 45^\circ$ остаточно. Фрезерувати канавку $2,2 \pm 0,5$ остаточно | Багатоцільовий з ЧПК і інструментальним магазином IP500MФ4 | Наладка УВПО (УПВО) |
| 020      | Притупити гострі кромки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Верстак                                                    |                     |
| 025      | Технічний контроль                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                            |                     |
| 030      | Нанесення антикорозійного покриття                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                            |                     |

### Висновки

Встановлено, що за коефіцієнтом закріплення операцій виробництво сребньосерійне.

Проаналізувавши різні способи отримання заготовок, врахувавши серійність деталі, її не дуже складну форму, велику шорсткість обираємо такі способи отримання заготовки: лиття в піщано-глинясті форми та оболонкові форми.

Технологічний процес варто зосередити на підготовці початкових чернових баз, а саме площини плити та отворів. Раціональними способами обробки є як операції розточування так і фрезерно-свердлильні операції.



## 2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ

### 2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі

#### 2.1.1 Якісний аналіз [10, 11]

Основними поверхнями, якими деталь базується в вузлі, є основа 1 і 4 отвори Ø18 (рис. 1.1).

Допоміжними поверхнями, якими деталь спрягається із суміжними деталями є 2 отвори Ø90, Ø13, торці.

Кріпильними є різьбові отвори M12-6H, M16-6H, решта поверхонь є вільними.

Групу конструкційних баз складають основні і допоміжні поверхні, визначені раніше. Бажано, щоб при механічній обробці конструкторська та технологічна бази співпадали. При цьому похибка базування  $\xi_b = 0$ .

Досить жорсткі технічні вимоги до точності механічної обробки обумовлені службовим призначенням деталі. Задана точність може бути досягнута на верстаках нормальної точності (Н).

Деталь середніх габаритних розмірів  $330 \times 150 \times 320$  мм. Досить складна конфігурація, наявність багатьох радіусів, діаметральних та криволінійних поверхонь ускладнюють заготовку.

Мінімальна товщина стінок  $S_{\min}=10$  мм, металоємкість деталі явно завищена, що є недоліком. Деталь жорсткої форми і її можна обробляти при підвищених режимах різання.

Отвори M12-6H, M16-6H обробити важче, збільшується трудомісткість обробки.

Деталь має уніфіковані елементи: отвори, різьби, фаски, канавку і т. ін., що дає змогу застосувати стандартний ріжучий інструмент.

Деталь має не досить зручні базові поверхні, всі поверхні доступні для обробки і контролю.

Матеріал деталі сірий чавун СЧ20 ГОСТ 1412-85 добре піддається обробці



Таблиця 2.3 – Різьбові елементи деталі

| Різьба               | M12x12 | M16x8 |
|----------------------|--------|-------|
| Уніфіковані елементи | +      | +     |

Таблиця 2.4 – Загальна кількість елементів

| Лінійні розміри |        | Діаметральні розміри |        | Різьба  |        |
|-----------------|--------|----------------------|--------|---------|--------|
| уніфік.         | неуніф | уніфік.              | неуніф | уніфік. | неуніф |
| 32              | 7      | 14                   | 0      | 20      | 0      |

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

де  $Q_{ye}$  – кількість уніфікованих елементів в конструкції деталі,

$Q_e$  – загальна кількість елементів.

$$K_y = 66 / 73 = 0,9.$$

При  $K_y \geq 0,6$  деталі відносяться до технологічних

Коефіцієнт шорсткості

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}} = \frac{1}{16,18} = 0,06$$

Середній клас шорсткості складає:

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{0,8 \cdot 2 + 1,6 \cdot 2 + 3,2 \cdot 20 + 12,5 \cdot 9 + 25 \cdot 40}{2 + 2 + 20 + 9 + 40} = 16,18$$

Таблиця 2.5 – Шорсткість поверхонь деталі

| Шорсткість, Ra       | 0,8 | 1,6  | 3,2           | 12,5                         | 25   |
|----------------------|-----|------|---------------|------------------------------|------|
| З'єднувальні розміри | 100 | Ø150 | M16x8, M12x12 | 20, 310 x2, Ø18x4,<br>1,6, 2 | інші |
| Кількість поверхонь  | 2   | 2    | 20            | 9                            | 40   |

Деталь технологічна по коефіцієнту шорсткості, тому що виконується умова  $0,074 < 0,32$  ( $K_m < 0,32$ ).

Коефіцієнт точності

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{1}{11,369} = 0,912.$$

де  $T_{cp}$  – середній квалітет точності

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{6 \cdot 20 + 8 \cdot 4 + 12 \cdot 3 + 13 \cdot 2 + 14 \cdot 44}{20 + 4 + 3 + 2 + 44} = 11,369.$$

Таблиця 2.6 – Квалітети точності поверхонь деталі

|                     |    |   |    |    |    |
|---------------------|----|---|----|----|----|
| Квалітет точності   | 6  | 8 | 12 | 13 | 14 |
| Кількість поверхонь | 20 | 4 | 3  | 2  | 44 |

Деталь технологічна по коефіцієнту точності, тому що виконується умова  $0,912 > 0,8$  ( $K_T > 0,8$ ).

Умови виконується по всіх коефіцієнтах, тому деталь технологічна

## 2.2 Розрахунок розмірів заготовки

### 2.2.1 Розрахунок розмірів литих заготовок

Алгоритм розрахунку розмірів заготовки деталі згідно з

[7] включає 4 етапи:

- призначення вихідних даних (норм точності);
- вибір допусків;
- вибір припусків;
- розрахунок розмірів заготовки.

Для призначення норм точності виливків необхідно скористатися вихідною інформацією, що наведена вище (серійність виробництва, матеріал деталі, наявність термічної обробки виливка і т.д.).

За названими вище даними вибрано згідно з [7] норми точності виливків – 1 етап проектування (розрахунків):

клас розмірної точності

ступінь жолоблення

ступінь точності поверхонь виливка

шорсткість поверхонь виливка

клас точності маси виливка

ряд припусків. Дані занесено до таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Класи точності виливка

| Вихідні дані                         | Лиття в піщано-глинясті форми |          | Лиття в оболонкові форми |          |
|--------------------------------------|-------------------------------|----------|--------------------------|----------|
|                                      | Згідно ГОСТ 26645-85          | Прийнято | Згідно ГОСТ 26645-85     | Прийнято |
| Клас розмірної точності              | 9-13                          | 11       | 9т-13                    | 10       |
| Ступінь жолоблення елементів виливки | 6-9                           | 7        | 6-9                      | 7        |
| Ступінь точності поверхонь виливка   | 13-19                         | 16       | 9-15                     | 12       |
| Шорсткість поверхонь виливка         | Ra=63 мкм                     |          | Ra=25 мкм                |          |
| Клас точності маси                   | 8-15                          | 12       | 7-15                     | 11       |
| Ряд припусків                        | 7-10                          | 9т       | 4-7                      |          |

При виборі прийнятих параметрів вхідних даних керуємося примітками до таблиць, де приведені рекомендації по призначенню параметрів точності з врахуванням типу виробництва і складності заготовки.

Клас розмірної точності виливка призначаємо враховуючи спосіб лиття,

найбільший габаритний розмір виливка (350 мм), тип матеріалу. При литті в оболонкові форми: 9т-13 обираємо 10, при литті в піщаноглинисті 9-13 – форми обираємо 11.

Ступінь жолоблення елементів виливка призначаємо згідно відношення найменшого розміру елемента виливка до найбільшого (товщини або висоти до довжини елемента виливка). Найбільший розмір – 350 мм, найменший – 12 мм, отже, відношення –  $12/350=0,0342$ . При литті в оболонкові форми: 6-9 обираємо 7, при литті в піщаноглинисті форми обираємо 7.

Ступінь точності поверхонь виливка призначаємо з врахуванням способу лиття, найбільшого габаритного розміру виливка (350 мм) і тип матеріалу. При литті в оболонкові форми: 9-15 обираємо 12, при литті в піщаноглинисті 13-19 форми обираємо 16.

Шорсткість поверхонь виливка призначаємо, враховуючи прийнятого ступеня точності поверхонь виливка. При литті в оболонковій формі ступінь шорсткості:  $Ra=25$  мкм, при литті в піщаноглинисті форми обираємо 63 мкм.

Клас точності маси виливка призначаємо, враховуючи спосіб лиття, номінальну масу виливка (від 10 до 100 кг для обох способів) і тип матеріалу. При литті в оболонкові форми: 7-15 обираємо 11, при литті в піщаноглинисті форми 8-15 – обираємо 12.

Ряд припусків призначаємо з врахуванням ступеня точності поверхні.

При литті в оболонкові форми: 4-7 обираємо 6, при литті в піщаноглинисті форми – 7-10 обираємо 9т.

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

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

Вибрані данні занесено до таблиць 2.8, 2.9.

Згідно ГОСТ 26645-85 призначаємо наступні дані.

Допуск розмірів, враховуючи клас розмірної точності (Лиття в оболонкові

форми – 10, в піщано-глинясті форми – 11) і номінальний розмір на який призначаємо допуск.

Допуск форми і розміщення – враховуючи ступінь жолоблення (Лиття в оболонкові форми – 7, в піщано-глинясті форми – 7) і номінальний розмір нормованої ділянки.

Допуск нерівностей – враховуємо ступінь точності поверхні виливка (Лиття в оболонкові форми – 12, в піщано-глинясті форми – 16).

Допуск маси – залежно від класу точності маси виливка (Лиття в оболонкові форми – 14, в піщано-глинясті форми – 12) і номінальної маси виливка

Допуск зміщення площини роз'єму – для цього необхідно знати де буде проходити площина роз'єму. При литті в піщано-глинясті форми лінійні розміри 310, 15. Для яких допуск вибираємо враховуючи клас розмірної точності виливка по номінальному розміру найбільш тонкої зі стінок виливка, які виходять на лінію роз'єму. Для нашого випадку розмір найбільш тонкої стінки становить 20 мм.

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

При литті в оболонкові форми допуски на розміри будуть такі:

Ø 150 (найтонша стінка – 19 мм) буде 1,4 мм;

Ø 90 (найтонша стінка – 22.5 мм) буде 1,4 мм;

Ø 18 (найтонша стінка – 11 мм) буде 1,1 мм;

При литті в піщано-глинясті форми допуски на розміри будуть такі:

Ø 150 (найтонша стінка – 19 мм) буде 2,2 мм;

Ø 90 (найтонша стінка – 22.5 мм) буде 2,2 мм;

Загальний допуск призначаємо, враховуючи допуск розмірів і допуск форми і розміщення поверхні.

Таблиця 2.8 – Розрахунок заготовки в піщаноглинисті форми

|                                | Піщаноглинисті форми                      |                |      |               |       |            |       |                    |                     |
|--------------------------------|-------------------------------------------|----------------|------|---------------|-------|------------|-------|--------------------|---------------------|
| Розрахункові розміри           | $\emptyset 150F8$<br>$+0.106$<br>$+0.043$ | $\emptyset 90$ | 20   | $100 \pm 0.2$ | 165   | 320<br>1,4 | 310   | $15h14$<br>$-0.43$ | $100h8$<br>$-0.034$ |
| Допуски:                       |                                           |                |      |               |       |            |       |                    |                     |
| розмірів                       | 6,4                                       | 4,4            | 3,2  | 4,4           | 7,0   | 8,0        | 8,0   | 3,6                | 4,4                 |
| форми чи розміщення            | 0,64                                      | 0,5            | 0,5  | 0,5           | 0,8   | 1,6        | 1,2   | 0,5                | 0,5                 |
| Зміщення по площині роз'єму    | -                                         | -              | -    | -             | -     | -          | 3,2   | 3,2                | -                   |
| Зміщення через перекіс стержня | 2,2                                       | 2,2            | -    | -             | -     | -          | -     | -                  | -                   |
| маси                           | 20%                                       |                |      |               |       |            |       |                    |                     |
| нерівностей                    | 1,6                                       |                |      |               |       |            |       |                    |                     |
| Загальний допуск               | 3,0                                       | 5,0            | 4,0  | 5,0           | 8,0   | 8,0        | 8,0   | 4,0                | 5,0                 |
| Припуски:<br>мінімальний       | 1,2                                       |                |      |               |       |            |       |                    |                     |
| за точністю розмірів           | 4                                         | 1              | 1    | 2             | 1     | 1          | 1     | 2                  | 4                   |
| за відхиленням форми           | 3                                         | 1              | 2    | 2             | 1     | 2          | 1     | 1                  | 3                   |
| Прийнята кількість переходів   | 4                                         | 1              | 2    | 2             | 1     | 2          | 1     | 2                  | 4                   |
| Припуск загальний              | 6,9                                       | 4,0            | 4,9  | 5,5           | 5,6   | 7,5        | 5,6   | 4,9                | 6,9                 |
| Розміри заготовки              | $\emptyset 136,2$                         | $\emptyset 82$ | 27,5 | 107,5         | 172,5 | 317,5      | 321,2 | 20,6               | 113,8               |

Таблиця 2.9 – Розрахунок заготовки в оболонкові форми

|                             | Лиття в оболонкові форми                  |                |                          |     |               |     |            |            |                    |                    |
|-----------------------------|-------------------------------------------|----------------|--------------------------|-----|---------------|-----|------------|------------|--------------------|--------------------|
| Допуски                     | $\emptyset 150F8$<br>$+0.106$<br>$+0.043$ | $\emptyset 90$ | $\emptyset 18$<br>$0.43$ | 20  | $100 \pm 0.2$ | 165 | 320<br>1,4 | 310<br>1,3 | $15h14$<br>$-0.43$ | $100h8$<br>$0.034$ |
| Розмірів                    | 3,2                                       | 2,8            | 2,0                      | 2,0 | 2,8           | 3,6 | 4,0        | 4,0        | 1,8                | 2,8                |
| Форми чи розміщення         | 0,64                                      | 0,5            | 0,5                      | 0,5 | 0,5           | 0,8 | 1,6        | 1,2        | 0,5                | 0,5                |
| Зміщення по площині роз'єму | -                                         | -              | -                        | -   | -             | -   | -          | 3,2        | 3,2                | -                  |



Продовження таблиці 2.9

| Допуски                                | Лиття в оболонкові форми  |      |             |      |         |       |            |            |                |                |
|----------------------------------------|---------------------------|------|-------------|------|---------|-------|------------|------------|----------------|----------------|
|                                        | Ø150F8<br>-0,106<br>0,043 | Ø 90 | Ø18<br>0,43 | 20   | 100±0,2 | 165   | 320<br>1,4 | 310<br>1,3 | 15h14<br>-0,43 | 100h8<br>0,034 |
| Зміщення<br>через пере-<br>кіє стержня | 1,4                       | 1,4  | 1,1         | -    | -       | -     | -          | -          | -              | -              |
| Маси                                   | 16                        |      |             |      |         |       |            |            |                |                |
| Нерівності                             | 0,64                      |      |             |      |         |       |            |            |                |                |
| Загальний<br>допуск                    | 3,2                       | 3,2  | 2,2         | 2,2  | 3,2     | 4,0   | 4,4        | 4,4        | 2,2            | 3,2            |
| Припуски                               |                           |      |             |      |         |       |            |            |                |                |
| Мінімальний                            | 0,6                       |      |             |      |         |       |            |            |                |                |
| Загальний                              | 4,3                       | 2,5  | 2,5         | 2,7  | 3,4     | 2,9   | 4,3        | 3,0        | 2,0            | 4,3            |
| По точності<br>розмірів                | 4                         | 1    | 1           | 1    | 2       | 1     | 1          | 1          | 1              | 4              |
| По відхи-<br>ленням<br>форми           | 3                         | 1    | 1           | 2    | 2       |       | 2          | 1          | 1              | 3              |
| Прийнята<br>кількість                  | 4                         | 1    | 1           | 2    | 2       | 1     | 2          | 1          | 1              | 4              |
| Розміри                                | Ø141,4                    | Ø85  | Ø14         | 24,3 | 104,3   | 169,3 | 324,3      | 316        | 15,2           | 108,6          |

Мінімальний припуск призначаємо залежно від ряду припусків :

при литті в оболонкові форми (для ряду припусків 6) – 0,6 мм;

при литті в піщано-глинясті форми (для ряду припусків 9т) – 1,2 мм.

Загальний припуск на механічну обробку назначають для ліквідації похибки розмірів, форми і розміщення, нерівностей і дефектів оброблюваної поверхні, що

формуються при виготовленні виливка і послідовних переходів її обробки з метою підвищення точності оброблюваного елемента виливка. Значення загального припуску вибираємо в залежності від кількості переходів механічної обробки. Тому для вибору загального припуску спочатку потрібно визначити кількість механічної обробки кожної із оброблюваних поверхонь.

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

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

Лиття в оболонкові форми: для розміру  $\varnothing 150F8$  допуск розмірів виливка 3,2 мм, допуск розмірів деталі 0,063мм, співвідношення  $0,063/3.2 = 0,0197$ , отже, 4 переходи (тонка обробка). Аналогічно вибираємо для всіх інших розмірів:

$\varnothing 90 - 0,87/2,8 = 0,31 \rightarrow 1$  перехід (чорнова обробка);

$\varnothing 18 - 0,43/2,0 = 0,215 \rightarrow 1$  перехід (чорнова обробка);

$20 - 0,52/2,0 = 0,26 \rightarrow 1$  перехід (чорнова обробка);

$100 - 0,4/2,8 = 0,142 \rightarrow 2$  переходи (получистова обробка);

$165 - 1,0/3,6 = 0,27 \rightarrow 1$  перехід (чорнова обробка);

$320 - 1,3/4,0 = 0,325 \rightarrow 1$  перехід (чорнова обробка);

$310 - 1,4/4,0 = 0,35 \rightarrow 1$  перехід (чорнова обробка);

$15 - 0,43/1,8 = 0,238 \rightarrow 1$  перехід (чорнова обробка);

$100 - 0,054/2,8 = 0,019 \rightarrow 4$  переходи (тонка обробка).

Лиття в піщано-глинясті форми: для розміру  $\varnothing 150F8$  допуск розмірів виливка 6,4 мм, допуск розмірів деталі 0,063мм, співвідношення  $0,063/6,4 = 0,0098$ , отже, 4 переходи (тонка обробка). Аналогічно вибираємо для всіх інших розмірів:

$\varnothing 90 - 0,87/4,4 = 0,19 \rightarrow 1$  перехід (чорнова обробка);

$20 - 0,52/3,2 = 0,1625 \rightarrow 1$  перехід (чорнова обробка);

$100 - 0,4/4,4 = 0,09 \rightarrow 2$  переходи (получистова обробка);

$165 - 1,0/7,0 = 0,14 \rightarrow 1$  перехід (чорнова обробка);

$320 - 1,3/8,0 = 0,1625 \rightarrow 1$  перехід (чорнова обробка);

$310 - 1.4/8,0 = 0,175 \rightarrow 1$  перехід (чорнова обробка);

$15 - 0,43/3,6 = 0,119 \rightarrow 2$  переходи (получистова обробка);

$100 - 0.054/4,4 = 0,012 \rightarrow 4$  переходи (тонка обробка).

– по відхиленням форми, взаємного розміщення поверхонь вибираємо в залежності від допуску розміру виливка і співвідношення між допусками форми і розміщення деталі і виливка:

лиття в оболонкові форми для розмірів:

$\varnothing 150 - 0.02/0,64 = 0,031 \rightarrow 3$  переходи (чистова обробка).

$\varnothing 90 - 0.435/0,5 = 0,87 \rightarrow 1$  перехід (чорнова обробка);

$\varnothing 18 - 0,2/0,5 = 0,43 \rightarrow 1$  перехід (чорнова обробка);

$20 - 0,2/0,5 = 0,4 \rightarrow 2$  переходи (получистова обробка);

$100 - 0,2/0,5 = 0,4 \rightarrow 2$  переходи (получистова обробка);

$165 - 0,2/0,8 = 0,4 \rightarrow 1$  перехід (чорнова обробка);

$320 - 0,2/1,6 = 0,125 \rightarrow 2$  переходи (получистова обробка);

$310 - 0,7/1,2 = 0,58 \rightarrow 1$  перехід (чорнова обробка);

$15 - 0,215/0,5 = 0,43 \rightarrow 1$  перехід (чорнова обробка);

$100 - 0.027/0,5 = 0,054 \rightarrow 3$  переходи (чистова обробка).

лиття в піщано-глинясті форми для розмірів:

$\varnothing 150 - 0.02/0,64 = 0,031 \rightarrow 3$  переходи (чистова обробка).

$\varnothing 90 - 0,435/0,5 = 0,87 \rightarrow 1$  перехід (чорнова обробка);

$20 - 0,2/0,5 = 0,4 \rightarrow 2$  переходи (получистова обробка);

$100 - 0,2/0,5 = 0,4 \rightarrow 2$  переходи (получистова обробка);

$165 - 0,2/0,8 = 0,4 \rightarrow 1$  перехід (чорнова обробка);

$320 - 0,2/1,6 = 0,125 \rightarrow 2$  переходи (получистова обробка);

$310 - 0,7/1,2 = 0,58 \rightarrow 1$  перехід (чорнова обробка);

$15 - 0,215/0,5 = 0,43 \rightarrow 1$  перехід (чорнова обробка);

$100 - 0.027/0,5 = 0,054 \rightarrow 3$  переходи (чистова обробка).

Загальний припуск призначаємо, враховуючи загальний допуск виливка, від кінцевої обробки і ряд припуску. При литті в оболонкові форми для розміру

Ø 150: загальний допуск 3,2 мм, тонка обробка, ряд припусків 4 → загальний припуск становить 4,3 мм. Аналогічно вибираємо і для інших розмірів.

При розрахунку внутрішніх діаметральних розмірів заготовки вибраний загальний припуск подвоюється і віднімається від розміру готової деталі:

– при литті в оболонкові форми для розміру Ø 150 загальний припуск становить 4,3 мм:

$$150 - (4,3 \cdot 2) = 141,4 \text{ (мм)}.$$

При визначенні лінійних розмірів потрібно вяснити як формується розмір заготовки:

– якщо лінійний розмір пов'язує дві поверхні, що обробляються, але одна з них охоплювана, а друга – охоплююча, то одне значення припуску додається до розміру деталі, а друге – віднімається.

В разі якщо лінійний розмір пов'язує дві поверхні які оброблюються то припуск додається до кожної із них:

$$310 - (3 \cdot 2) = 316 \text{ (мм)}.$$

Якщо одну з поверхонь пов'язують два лінійні розміри, то до кожного із розмірів додається найбільший припуск із розглянутих розмірів:

$$320 - 4,3 = 324,3 \text{ (мм)}.$$

Аналогічно розраховуємо всі інші розміри, дані розрахунків наведені в табл. 2.8, 2.9.

Мінімальна товщина стінок назначається так, щоб забезпечувати необхідну розрахункову міцність і жорсткість та задовольняти вимогам технології вибраного способу лиття. Вибираємо згідно рекомендацій [3]:

при литті в оболонкові форми – 4 – 5 мм,

при литті в піщано-глинясті – 6 – 8 мм.

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

Радіуси заокруглень згідно рекомендацій [3] вибираємо в залежності від співвідношення  $(S+S_1)/2$  і від матеріалу виливка.

Таблиця 2.10 –Радіуси заокруглень при литті в оболонкові форми

| $\frac{(S+S_1)}{6}$ | Кут між спряженими елементами | Радіус заокруглень |
|---------------------|-------------------------------|--------------------|
| $(15+20)/6 = 6$     | $90^\circ$                    | 6                  |

Таблиця 2.11 –Радіуси заокруглень при литті в піщано-глинясті форми

| $\frac{(S+S_1)}{2}$ | Кут між спряженими елементами | Радіус заокруглень |
|---------------------|-------------------------------|--------------------|
| $(8+6)/2=7$         | $90^\circ$                    | 5                  |

Формовочні нахили призначаються з метою полегшення видалення моделі з форми і стержня. Нахили встановлюються в залежності від розмірів заглиблень, висоти формоутворюючої поверхні, способу лиття і виду модельного комплексу згідно рекомендаціям [3]:

При литті в оболонкові форми для розмірів: 1 –  $3^\circ$

При литті в піщано-глинясті форми: 2 –  $5^\circ$

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





Маса  $Q_{\text{заг}} = 26251.153263 \text{ г};$

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$\gamma = Q_{\text{дет}} / Q_{\text{заг}} = 21 / 26,25 = 0,78.$$

Лиття піщано-глинясті форми:

Площа  $S = 636470.373344 \text{ мм}^2;$

Об'єм  $V = 4182008,33958333 \text{ мм}^3;$

Матеріал СЧ20 ГОСТ 1412-85;

Густина  $R_0 = 0.007200 \text{ г/мм}^3;$

Маса  $Q_{\text{заг}} = 30110.460045 \text{ г};$

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$\gamma = Q_{\text{дет}} / Q_{\text{заг}} = 21 / 30,11 = 0,697.$$

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

2.5 Техніко-економічне порівняння обох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого

Остаточний вибір заготовки проводимо на основі порівняння собівартості.

Собівартість заготовки визначається за формулою:

$$C_{\text{зак. лит}} = \frac{(G_{\text{заг}} \cdot C_{\text{л}} \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{с}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{п}})}{1000} - \frac{(G_{\text{заг}} - G_{\text{дет}}) \cdot C_{\text{відк}}}{1000} [\text{грн}]. \quad (2.3)$$

де  $C_{\text{л}}$  – базова вартість 1 т заготовок, грн.;



$K_T, K_M, K_C, K_B, K_H$  – коефіцієнти, що залежать відповідно від класу точності виливка, марки матеріалу, групи складності, маси і об'єму виробництва заготовок.

$C_{\text{відх}}$  – вартість 1 т. відходів, для чавуну  $C_{\text{відх}} = 2000$  гр.о.

Вартість виготовлення заготовки в піщано-глинисті форми:

Вибираємо:  $C_{\text{л}} = 18000$ ;

$C_{\text{відх}} = 23, K_T = 1,5, K_M = 1,04, K_C = 1, K_B = 0,8, K_H = 1,0$ ;

$$C_{\text{заг.лит.піщан.}} = (30,11 \cdot 18000 \cdot 1,5 \cdot 1,04 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1,0) / 1000 - (30,11 - 21,1) \cdot 2000 / 1000 = 658,4 \text{ (гр.о).}$$

Вартість виготовлення заготовки в оболонкові форми:

Вибираємо:  $C_{\text{л}} = 34000$ ;

$C_{\text{відх}} = 23, K_T = 1, K_M = 1,04, K_C = 1, K_B = 0,78, K_H = 0,88$ ;

$$C_{\text{заг.лит.оболонк.}} = (26,25 \cdot 34000 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 1 \cdot 0,78 \cdot 0,88) / 1000 - (26,25 - 21,1) \cdot 2000 / 1000 = 626,8 \text{ (гр.о).}$$

На основі проведеного аналізу способів одержання заготовок та розрахунку собівартості виготовлення заготовок, для одержання заготовки заданої деталі приймаємо спосіб: лиття в оболонкові форми. Цей спосіб є найбільш раціональним і найбільш доцільним. Лиття в оболонковій формі дозволяє отримати високу якість виливка, можливість виготовлення заготовок складних геометричних форм, тонкостінних, порівняно менші витрати формування сумішей, кращі умови праці, менша потреба у виробничих площах, виробничий процес легко піддається механізації та автоматизації, висока точність розмірів і невелика шорсткість.

Економічний ефект при використанні лиття в оболонкові форми:

$$E = (658,4 - 626,8) \cdot 2500 = 79000 \text{ (гр.о).}$$

## 2.3 Розробка маршруту механічної обробки

2.3.1 Вибір (з обґрунтуванням) способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності. Визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні  $\varnothing 150F8^{(+0,106)}_{(+0,043)}$ .

Допуск заготовки –  $T_z = 1600$  мкм;

Допуск деталі –  $T_d = 63$  мкм;

Загальне уточнення -  $\varepsilon_z = \frac{T_{zag.}}{T_{det.}} = \frac{1600}{63} = 25.4$ .

Обробку можна проводити за три або чотири переходи. Для забезпечення необхідної точності обробки приймаємо три переходи. Відповідно до рекомендацій приймаємо ступені уточнення на переходи механічної обробки:

– на першій  $\varepsilon_1 = 5 \dots 6$ ;

– на другій  $\varepsilon_2 = 1,5 \dots 3$ ;

– на третій  $\varepsilon_3 = 1,2 \dots 2$ .

Допуск розміру деталі:

- після першого переходу:

$$T'_1 = \frac{1600}{5} = 320_{мкм} \text{ ( IT 12 )};$$

- після другого переходу:

$$T_2 = \frac{320}{3} = 106_{мкм} \text{ (IT 10)};$$

- після третього переходу:

$$T_1 = \frac{106}{1,69} = 63_{мкм} \text{ ( IT 8)}.$$

Водячи з виконаних розрахунків призначаємо способи механічної обробки:

– перший перехід – попереднє розточування;

– другий перехід – попереднє розточування;

– третій перехід – остаточне розточування.

Таблиця 2.12 – Визначення способів і кількості ступенів механічної обробки

| Розмір | Допуск заготовки | Допуск деталі | Загальне уточнення         | Кількість ступенів механічної обробки                        | Вид механічної обробки                                                     |
|--------|------------------|---------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| M12    |                  |               |                            |                                                              | центрування<br>свердління<br>нарізування різьби                            |
| M16    |                  |               |                            |                                                              | центрування<br>свердління<br>нарізування різьби                            |
| Ø13H8  | 700              | 27            | $\epsilon_{\Sigma} = 25,9$ | $\epsilon_1 = 5$<br>$\epsilon_2 = 3$<br>$\epsilon_3 = 1,728$ | центрування<br>свердління<br>розвертування<br>зенкерування                 |
| Ø18    |                  |               |                            |                                                              | центрування<br>свердління                                                  |
| Ø90H14 | 1400             | 870           | $\epsilon_{\Sigma} = 1,61$ | $\epsilon_1 = 1,61$                                          | Однократне розточування                                                    |
| Ø150F8 | 1600             | 63            | $\epsilon_{\Sigma} = 25,9$ | $\epsilon_1 = 5$<br>$\epsilon_2 = 3$<br>$\epsilon_3 = 1,69$  | Попереднє розточування<br>Попереднє розточування<br>Остаточне розточування |

Решта отворів є різцевими і обробляються за один прохід на відповідних етапах обробки, а саме: центрування, свердління. Зенкування фасок, нарізання різі.

### 2.3.2 Вибір (з обґрунтуванням) чистових і чорнових технологічних баз

Для того щоб забезпечити правильне взаємне розташування системи оброблених поверхонь деталі щодо необроблених, в якості чорнових технологічних баз доцільно вибирати поверхні, що залишаються необробленими.

Вихідними даними при виборі баз є: робоче креслення деталі, технічні вимоги, метод одержання заготовки та стан її поверхонь.

При виборі чистових баз ми маємо мінімізувати похибку базування на розміри, що утворюються, або звести її до нуля. Ці вимоги забезпечуються за умов співпадання технологічної та вимірювальної баз або зв'язком обробленої поверхні

з необробленою, а також обробка відповідальних поверхонь з одного установа. За умов неможливості забезпечення цих принципів необхідно намагатись виконувати умову використання постійного комплекту баз, це не виключає похибку базування, дозволяє її мінімізувати. Похибка базування на поверхні розміри яких утворюється за рахунок геометрії інструменту дорівнює нулю.

На першій операції ми обробляємо технологічні бази-основу і 2 отвори  $\varnothing 18$ . Базування заготовки здійснюємо по необроблюваним (чорновим) базовим поверхням основи і двом боковим поверхням.

При виборі чорнових баз вирішується дві задачі:

- зняття рівномірного припуску з найбільш відповідальної поверхні;
- зв'язок необроблених поверхонь з обробленими.

За даною схемою, що приведена на рис. 2.3 вирішується задача розмірної привязки оброблених і необроблених поверхонь, що пов'язані розміром 20 тому її приймаємо до розгляду.

Основними конструкторськими базами є основа і 4 отвори  $\varnothing 18$ . Їх бажано приймати в якості чистових технологічних баз. Оптимальним варіантом вибору баз є варіант з мінімальною похибкою базування ( $\xi_6=0$ ), коли вимірювальна та технологічна бази співпадають.

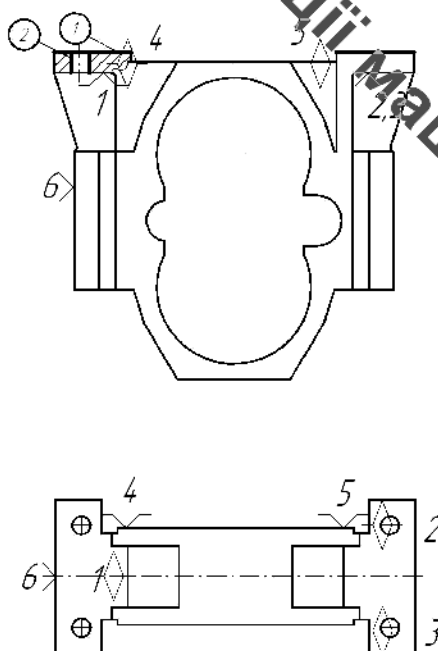


Рисунок 2.3 – Чорнові технологічні бази

З метою вибору кращих варіантів необхідно провести аналіз схем базування (установок) на всіх операціях механічної обробки.

На операції 010 ми обробляємо поверхні, всі отвори (крім  $\varnothing 18$ ), різьбові отвори, фаски і ін. Допуск розташування отворів залежний і рівний 0,2мм відносно посадочних отворів. Обробка з одного установка задовольняє технічним вимогам деталі. Точність на верстатах з ЧПК  $\pm 0,01$  мм (рис. 2.4).

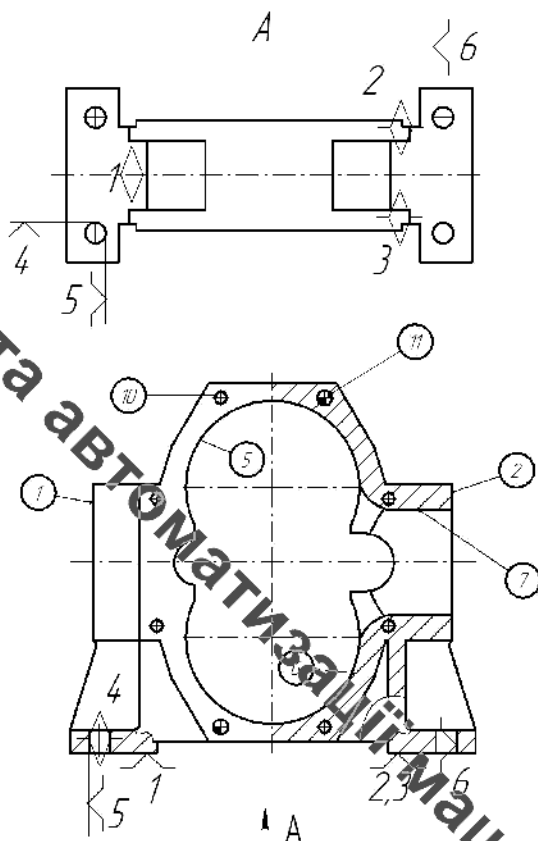


Рисунок 2.4 – Чистові технологічні бази

Деталь базуємо на площину і два пальці: один циліндричний, другий зрізаний. Похибка базування для лінійних розмірів  $\xi_{6100}=0$ ;  $\xi_{6165}=0$ ;  $\xi_{6320}=0$  тому що конструкторська та технологічна бази співпадають.

При установці на два пальці: один циліндричний, другий зрізаний виникає похибка базування у вигляді зміщення осі заготовки (перекосу) в наслідок зазору між пальцем і отвором.

Визначаємо похибки базування:

$\epsilon_{\varnothing 150, \varnothing 90} = 0$  – тому, що діаметральний розмір;

$\varepsilon_{690}, 100, 110, 310, 200, 285, 300, 130, 100 = 0$  – тому, що виконується обробка з одного установива;

$\varepsilon_{6013}, \varnothing 18, M12, M\varnothing 16 = 0$  – тому, що забезпечується мірним інструментом;

Використання даних схем базування дозволяє нам забезпечити необхідні вимоги точності.

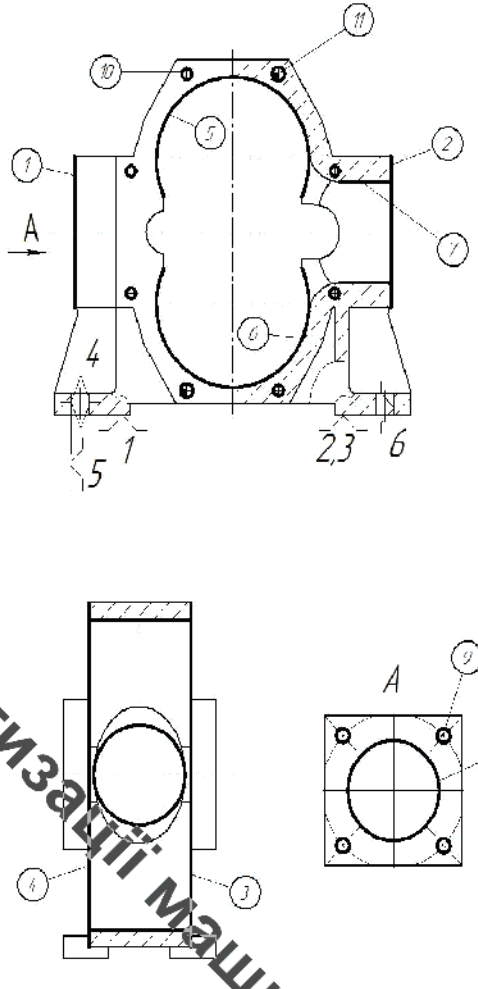
2.3.3 Проектування маршрутів механічної обробки з розробкою змісту операцій, попереднім вибором верстатів та зображенням схем базування (табл. 2.9).

Відповідно до службового призначення згідно [11, 12] 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. При цьому виходять із того, що в кожному із методів остаточної обробки передують один або кілька можливих попередніх (менш точних) методів. Створюючи маршрут обробки поверхні, виходять з того, що кожен наступний метод повинен бути більш точним ніж попередній.

Таблиця 2.13 – Маршрут механічної обробки деталі Корпус

| № операції | Назва операції та зміст переходів                                                                                                                                                                                                                                                                  | Схема базування | Обладнання                |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------|
| 005        | <p><u>Комбінована</u></p> <p>1. Встановити заготовку.</p> <p>2. Фрезерувати поверхню ① попередньо.</p> <p>3. Фрезерувати поверхню ① остаточно.</p> <p>4. Центрувати отвори ②</p> <p>5. Свердлими отвори ②</p> <p>6. Розвернути отвори ②</p> <p>7. Зенкерувати отвори ②</p> <p>8. Зняти деталь.</p> |                 | 6Р13РФ3<br>спец.<br>прис. |

Продовження таблиці 2.13

| №<br>послідовності | Назва операції та<br>зміст переходів                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Схема базування                                                                     | Обладнання                  |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 010                | <p><u>Комбінована</u></p> <p>1. Встановити заготовку</p> <p>2. Фрезерувати пов. ① повернути стіл на 180°, пов. ② в р-р <math>l=310</math> мм<br/>Повернути стіл на 90°</p> <p>3. Фрезерувати пов. ③ повернути стіл на 180°, пов. ④ в р-р <math>l=310</math> мм попередньо</p> <p>4. Розточити отв. ⑤ ⑥ в р-р <math>149.96_{-0.182}</math> попередньо<br/>Повернути стіл на 90°</p> <p>5. Розточити отв. ⑦ ⑧ в р-р <math>90_{-0.087}</math><br/>Повернути стіл на 90°</p> <p>6. Фрезерувати пов. ③ повернути стіл на 180°, пов. ④ в р-р <math>103_{-0.14}</math> попередньо</p> <p>7. Розточити отв. ⑨ ⑩ в р-р <math>148.81_{-0.149}</math> попередньо</p> <p>8. Фрезерувати пов. ③ повернути стіл на 180°, пов. ④ в р-р <math>100_{-0.054}</math> остаточно</p> <p>9. Розточити отв. ⑤ ⑥ в р-р <math>150_{-0.066}^{+0.06}</math> остаточно</p> <p>10. Центрувати 6 отв. ⑪ ⑫ ⑬ повернути стіл на 90°, 4 отв. ⑭ в р-ри 15мм, 15мм, 25мм, повернути стіл на 90°, 6 отв. ⑪ ⑫ ⑬ повернути стіл на 90°, 4 отв. ⑭ в р-ри 15мм, 15мм, 25мм</p> <p>11. Свердлити 4 отв. ⑨ <math>\phi 14_{-0.1}^{+0.1} l=40_{-0.1}^{+0.1}</math><br/>повернути стіл на 180°, 4 отв. ⑨ <math>\phi 14_{-0.1}^{+0.1} l=40_{-0.1}^{+0.1}</math></p> <p>12. Нарізати різь в 4 отв. ⑨ M16 <math>l=35 \pm 0.2</math>, повернути стіл на 180°, в 4 отв. ⑨ M16 <math>l=35 \pm 0.2</math>, Повернути стіл на 90°</p> <p>13. Свердлити 6 отв. ⑪ <math>\phi 10_{-0.1}^{+0.1} l=35_{-0.1}^{+0.1}</math><br/>повернути стіл на 180°, 6 отв. ⑪ <math>\phi 10_{-0.1}^{+0.1} l=35_{-0.1}^{+0.1}</math></p> <p>14. Нарізати різь в 6 отв. ⑪ M12 <math>l=28 \pm 0.2</math>, повернути стіл на 180°, в 6 отв. ⑪ M12 <math>l=28 \pm 0.2</math></p> <p>15. Свердлити 4 отв. ⑪ <math>\phi 12_{-0.1}^{+0.1} l=35_{-0.1}^{+0.1}</math></p> <p>16. Розвернути 4 отв. ⑪ <math>\phi 12.6_{-0.11}^{+0.11} l=35_{-0.1}^{+0.1}</math></p> <p>17. Зенкерувати 4 отв. ⑪ <math>\phi 13_{-0.027}^{+0.027} l=35_{-0.1}^{+0.1}</math></p> <p>18. Зняти деталь</p> |  | 6904ПМФЗ<br>спец.<br>присп. |

## 2.4 Розмірний аналіз технологічного процесу

## 2.4.1 Попереднє призначення допусків технологічних розмірів.

Допуски технологічних розмірів визначаються виходячи з точності механічної обробки. Допуски технологічних розмірів призначаємо попередньо, враховуючи задану точність механічної обробки.

При чорновій обробці ми отримуємо 12 квалітет точності, при чистовій – 9-10 квалітети, при шліфуванні 6-7 квалітети.

Попередньо призначені допуски в подальшому необхідно корегувати в залежності від допуску замикаючої ланки  $K_1, K_2 \dots$

$$K_1 = 90 \pm 0,22 \text{ мм};$$

$$K_2 = 200 \pm 0,22 \text{ мм};$$

$$K_3 = 300 \pm 0,5 \text{ мм};$$

$$K_4 = 310_{-1,3} \text{ мм};$$

$$K_5 = 110_{-0,87} \text{ мм};$$

$$K_6 = 57,5_{-0,74} \text{ мм};$$

$$K_7 = 5_{-0,3} \text{ мм};$$

Співставляючи розташування технологічних розмірів з кресленням деталі можна побачити, що деякі технологічні розміри співпадають з конструкторськими, тому мають однакові допуски.

$$T(B1) = T(300) = 1 \text{ мм};$$

$$T(B4) = T(310) = 1,3 \text{ мм}; (IT14)$$

$$T(B5) = T(200) = 0,44 \text{ мм}.$$

$$T(B6) = T(57,5) = 0,74 \text{ мм}. (IT14)$$

$$T(B7) = T(90) = 0,44 \text{ мм}.$$

$$T(B8) = T(110) = 0,87 \text{ мм}. (IT14)$$

$$T(31) = T(312,8) = 3,2 \text{ мм}.$$

Допуски на технологічний розмір B2 і розмір заготовки 31 призначимо по 14 і 16 квалітету точності відповідно:



$$T(B2) = T(6,4) = 0,3\text{мм};$$

$$T(B3) = T(311,4) = 1,3\text{мм};$$

$$T(31) = T(314,7) = 3,2\text{мм}.$$

Розмірна схема технологічного процесу:

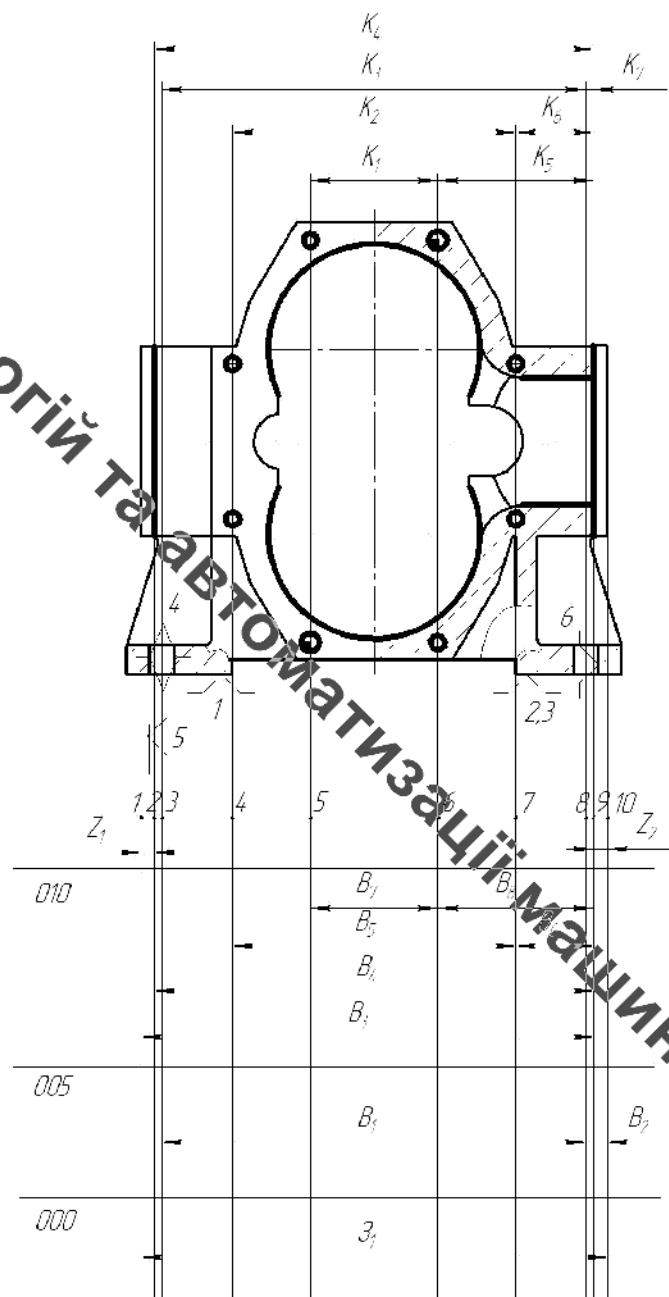


Рисунок 2.5 – Розмірна схема технологічного процесу

Побудуємо похідний, вихідний графів-дерева і суміщений граф.

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

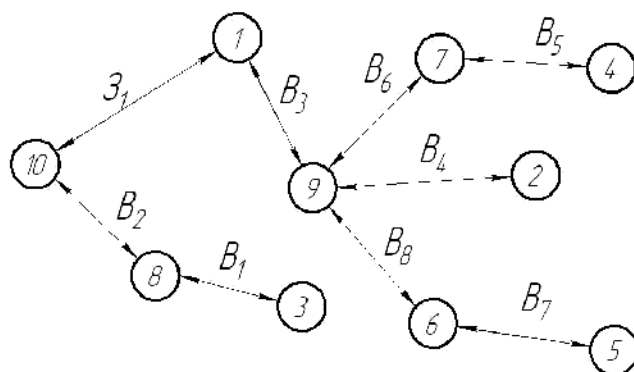


Рисунок 2.6 – Похідний граф-дерево

Граф, складений із конструкторських розмірів  $K_1 K_2 \dots$  і припусків називається вихідним графом (деревом).

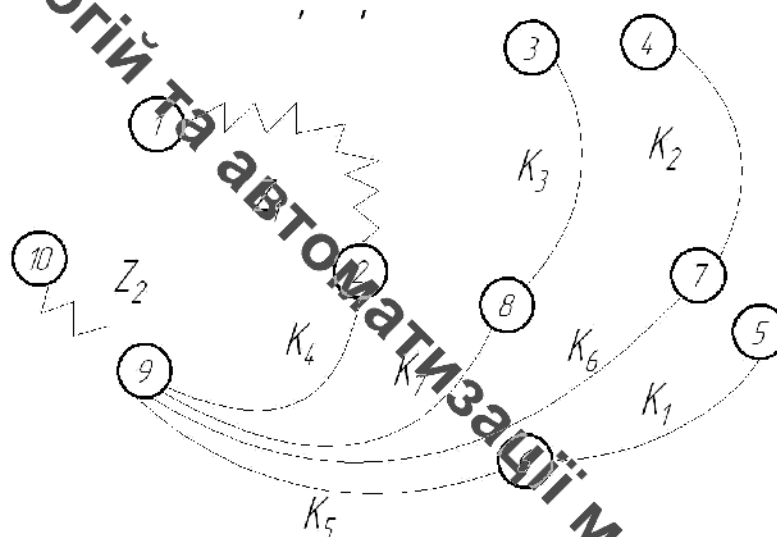


Рисунок 2.7 – Вихідний граф-дерево

Суміщений граф являє собою графічне зображення технологічного процесу механічної обробки.

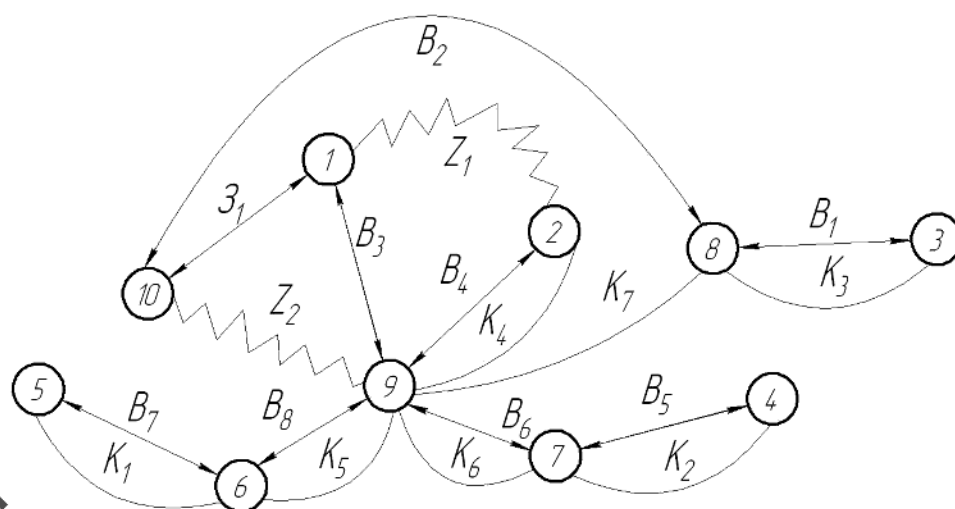


Рисунок 2.8 – Суміщений граф-дерево

Користуючись граф-деревами складемо рівняння технологічних розмірних ланцюгів та занесемо їх до табл. 2.13.

Таблиця 2.13 – Рівняння технологічних розмірних ланцюгів

| № рівняння | Розрахункове рівняння | Вихідне рівняння  | Шуканий розмір |
|------------|-----------------------|-------------------|----------------|
| 1          | $-K_3 + B_1 = 0$      | $K_3 = B_1$       | $B_1$          |
| 2          | $-K_4 + B_4 = 0$      | $K_4 = B_4$       | $B_4$          |
| 3          | $-K_2 + B_5 = 0$      | $K_2 = B_5$       | $B_5$          |
| 4          | $-K_1 + B_7 = 0$      | $K_1 = B_7$       | $B_7$          |
| 5          | $K_6 - B_6 = 0$       | $K_6 = B_6$       | $B_6$          |
| 6          | $B_8 - K_5 = 0$       | $K_5 = B_8$       | $B_8$          |
| 7          | $B_2 - K_7 - Z_2 = 0$ | $Z_2 = B_2 - K_7$ | $B_2$          |
| 8          | $B_3 - B_4 - Z_1 = 0$ | $Z_1 = B_3 - B_4$ | $B_3$          |
| 9          | $Z_1 - Z_2 - B_3 = 0$ | $Z_2 = Z_1 - B_3$ | $Z_1$          |

Проміжні мінімальні припуски на механічну обробку плоских поверхонь присаємо 1,4 мм.

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

$$1. \quad K_3 = B_1;$$

$$B_1 = 300 \pm 0,5 \text{ (мм)}.$$

$$2. \quad K_4 = B_4;$$

$$B_4 = 310_{-1,3} \text{ (мм)}.$$

$$3. \quad K_2 = B_5;$$

$$B_5 = 200 \pm 0,22 \text{ (мм)}.$$

$$4. \quad K_6 = B_7;$$

$$B_7 = 90 \pm 0,22 \text{ (мм)}.$$

$$5. \quad K_6 = B_6;$$

$$B_6 = 57,5_{-0,74} \text{ (мм)}.$$

$$6. \quad K_5 = B_8;$$

$$B_8 = 110_{-0,87} \text{ (мм)}.$$

$$7. \quad Z_{2 \min} = B_{2 \min} - K_{7 \min};$$

$$B_{2 \min} = K_{7 \min} + Z_{2 \min} = 4,7 + 1,4 = 6,1 \text{ (мм)};$$

$$B_{2 \max} = B_{2 \min} + T(B_2) = 6,1 + 0,3 = 6,4 \text{ (мм)}.$$

$$Z_{2 \max} = B_{2 \max} - K_{7 \min} = 6,4 - 4,7 = 1,7 \text{ (мм)}.$$

$$8. \quad Z_1 = B_3 - B_4;$$

$$B_{3 \min} = B_{4 \min} + Z_{1 \min} = 308,7 + 1,4 = 310,1 \text{ (мм)};$$

$$B_{3 \max} = B_{3 \min} + T(B_3) = 310,1 + 1,3 = 311,4 \text{ (мм)};$$

$$Z_{1 \max} = B_{3 \max} - B_{4 \min} = 311,4 - 308,7 = 2,7 \text{ (мм)}.$$

$$9. \quad Z_2 = Z_1 - B_3$$

$$Z_{1 \min} = B_{3 \min} + Z_{2 \min} = 310,1 + 1,4 = 311,5 \text{ (мм)};$$

$$Z_{1 \max} = Z_{1 \min} + T(Z_1) = 311,5 + 3,2 = 314,7 \text{ (мм)}.$$

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.

## 2.5 Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 150F8^{+0,106}_{+0,043}$

Розрахунок проміжних і технологічних розмірів на обробку циліндричної поверхні проводиться згідно рекомендації [3].

Сумарне значення  $R_z$  і  $T$ , які характеризують якість поверхні литих заготовок, складає 600 мкм.

Для зовнішніх і внутрішніх поверхонь розраховуємо мінімальні значення міжопераційних припусків, використовуючи наступну формулу:

$$2Z_{\min} = 2(R_{zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), [\text{мкм}] \quad (2.4)$$

де  $R_z$  – висота мікронерівностей, мкм;

$T$  – глибина дефектного шару, мкм;

$\rho$  – сума просторових відхилень, мкм;

$\xi_i$  – похибка установки, мкм.

Сумарне значення просторових відхилень для заготовки визначається за формулою [3, стр. 83]:

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{зм}^2}, [\text{мкм}] \quad (2.5)$$

де  $\rho_{кор}$  – загальна кривизна заготовки в осьовому і діаметральному напрямках

$$\rho_{кор} = \sqrt{(\Delta k \cdot d)^2 + (\Delta k \cdot l)^2} = \sqrt{(0.7 \cdot 150)^2 + (0.7 \cdot 100)^2} = 126 (\text{мкм})$$

$\rho_{зм}$  – похибка зміщення форми роз'єму

$$\rho_{кор} = \sqrt{\left(\frac{\delta_{250}}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_{250}}{2}\right)^2} = \sqrt{(250)^2 + (250)^2} = 360 (\text{мкм})$$

$$\rho_0 = \sqrt{126^2 + 360^2} = 382 \text{ мкм}$$

$$\rho_1 = K_y \cdot \rho_0 = 0,06 \cdot 382 = 23 \text{ мкм}$$

$$\rho_2 = K_y \cdot \rho_0 = 0,05 \cdot 382 = 19 \text{ мкм}$$

Визначимо похибку установки заготовки за формулою:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_y^2}, [\text{мкм}] \quad (2.6)$$

де  $\varepsilon_{\delta}$  — похибка базування при установці на два пальці  $\varepsilon_{\delta} = 0,123$

$\varepsilon_y$  — похибка закріплення в пристосуванні  $\varepsilon_y = 160 \text{ мкм}$  [3]:

$$\varepsilon_{y1} = \sqrt{0,123^2 + 0,16^2} = 0,2 = 200 (\text{мкм})$$

$$\varepsilon_{y2} = 0,06 \cdot \varepsilon_{y1} + \varepsilon_{\text{мод}} = 0,06 \cdot 200 + 0 = 12 (\text{мкм})$$

$$\varepsilon_{y3} = 0,05 \cdot \varepsilon_{y1} = 0,05 \cdot 200 + 0 = 10 (\text{мкм})$$

Мінімальний припуск під чорнове розточування:

$$2Z_{\min} = 2(600 + \sqrt{382^2 + 200^2}) = 2062 (\text{мкм});$$

мінімальний припуск чистового розточування:

$$2Z_{\min} = 2(50 + 55 + \sqrt{23^2 + 12^2}) = 150 (\text{мкм});$$

для тонкого розточування:

$$2Z_{\min} = 2(50 + 50 + \sqrt{19^2 + 10^2}) = 140 (\text{мкм});$$

Визначаємо максимальні технологічні розміри

$$150,106 - 0,14 = 149,96 \text{ (мм)};$$

$$149,96 - 0,15 = 149,81 \text{ (мм)};$$

$$149,81 - 2,06 = 148,66 \text{ (мм)}.$$

Визначаємо мінімальні технологічні розміри

$$150,106 - 0,063 = 150,043 \text{ (мм)};$$

$$149,96 - 0,185 = 149,778 \text{ (мм)};$$

$$149,81 - 1,15 = 148,661 \text{ (мм)}.$$

Визначаємо розміри заготовки

$$148,661 - 3,3 = 145,361 \text{ (мм)}.$$

Визначаємо максимальні припуски

$$150,043 - 149,778 = 0,265 \text{ (мм)};$$

$$149,778 - 148,661 = 1,117 \text{ (мм)};$$

$$148,661 - 145,361 = 3,3 \text{ (мм)};$$

$$Z_{0\max} = 4,815 \text{ (мм)}.$$

Визначаємо мінімальні припуски

$$150,106 - 149,96 = 0,14 \text{ (мм)};$$

$$149,96 - 149,81 = 0,15 \text{ (мм)};$$

$$149,81 - 145,361 = 4,449 \text{ (мм)};$$

$$Z_{0\min} = 4,699 \text{ (мм)}.$$

Перевірка

$$T_{\text{заг}} - T_{\text{дет}} = 1,2 - 0,063 = 1,137(\text{мм});$$

$$Z_{0\text{max}} - Z_{0\text{min}} = 4,815 - 3,678 = 1,137(\text{мм}).$$

Всі результати проведених розрахунків записано в таблицю 2.12

Таблиця 2.12 – Розрахунок припусків та граничних розмірів по технологічним переходам на обробку отвору Ø150F8

| Технологічні<br>переходи<br>оброб-<br>ки поверхні<br>Ø150F8 | Елементи припу-<br>ску, мкм |     |        |       | Розраху-<br>нковий<br>припуск<br>$2Z_{\text{min}}$ ,<br>мкм | Розра-<br>хунковий<br>розмір<br>$d_p$ , мм | Допуск,<br>$\delta$ , мкм | Гранич-<br>ний розмір |                  | Граничне<br>значення<br>припусків |                     |
|-------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----|--------|-------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------|-----------------------|------------------|-----------------------------------|---------------------|
|                                                             | Rz                          | T   | $\rho$ | $\xi$ |                                                             |                                            |                           | $d_{\text{max}}$      | $d_{\text{min}}$ | $Z_{\text{гр min}}$               | $Z_{\text{гр max}}$ |
| Заготовка                                                   | 600                         | 262 | —      | —     | —                                                           | 145,361                                    | 1200                      | 145,361               | 145,361          | —                                 | —                   |
| Розточування<br>Чорнове<br>Чистове<br>тонке                 | 50                          | 50  | 23     | 200   | 2060                                                        | 149,96                                     | 382                       | 149,96                | 149,778          |                                   |                     |
|                                                             | 30                          | 30  | 19     | 12    | 150                                                         | 149,81                                     | 185                       | 149,81                | 148,66           |                                   |                     |
|                                                             | 10                          | 20  | —      | 10    | 143                                                         | 150,106                                    | 63                        | 150,106               | 150,043          |                                   |                     |
| Всього                                                      |                             |     |        |       |                                                             |                                            |                           |                       |                  | 3,678                             | 4,815               |

## 2.6 Визначення режимів різання

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).

Приведемо приклад розрахунку режимів різання для однократної обробки на фрезерному верстаті отвору Ø 90 (операція 010, перехід 5 Швидкість різання на токарній операції розраховується за формулою:



$$v = \frac{C_v}{T^m f^x s^y} K_v \cdot 0.9, \text{ [м/хв]} \quad (2.7)$$

де  $C_v$  – коефіцієнт для визначення швидкості різання;

$T$  – період стійкості інструменту;

$m, x, y$  – показники степені для визначення швидкості різання;

$s = 1,0$  мм/об – подача при точінні [5];

$f = 2,5$  мм – глибина різання при точінні [5];

$K_v$  – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання.

Значення коефіцієнта  $C_v$  і показників степені вибираємо з таблиць, період стійкості  $T$  також з таблиць. Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, який враховує фактичну умову різання розраховується:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Пv} \cdot K_{Иv}, \quad (2.8)$$

де  $K_{Mv}$  – коефіцієнт, який враховує якість обробки матеріалу і розраховується:

$$K_{Mv} = \left( \frac{190}{HB} \right)^{n_v} = \left( \frac{190}{165} \right)^{1,25} = 1.193,$$

$HB$  – твердість по Брінелю;

$n_v$  – показник степені;

$K_{Пv}$  – коефіцієнт, який враховує якість поверхні заготовки,  $K_{Пv}=0,85$ ;

$K_{Иv}$  – коефіцієнт, який враховує матеріал заготовки,  $K_{Иv}=1,0$ .

$$K_v = 1,193 \cdot 0,85 \cdot 1,0 = 1,014.$$

$$v = \frac{243}{120^{0,2} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 1,0^{0,4}} \cdot 1,014 \cdot 0,95 = 74,19 \text{ (м/хв.)}.$$

Сила різання при точінні розраховується за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p \text{ [Н]} \quad (2.9)$$

де  $C_p$  – коефіцієнт для визначення сили різання;

$n, x, y$  – показники степені для визначення сили різання;

$s = 1,0$  мм/об – подача при точінні;

$K_p$  – загальний поправочний коефіцієнт на силу різання.

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{pp} \cdot K_{rp} \cdot K_{lp} \cdot K_{rp} \quad (2.10)$$

Значення коефіцієнта  $C_p$  і показників степені вибираємо з таблиці [9].

$$K_p = 1,193 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,92.$$

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 2,5^1 \cdot 1,0^{0,75} \cdot 88,14^0 \cdot 0,92 = 2116 \text{ (Н)}.$$

Визначаємо частоту обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 74,19}{\pi \cdot 90} = 262,52 \text{ (об/хв.)}. \quad (2.11)$$

за паспортом верстата приймаємо:  $n_{\text{вр}} = 260 \text{ (об/хв.)}$ .

Корегуємо швидкість різання:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 90 \cdot 260}{1000} = 73,48 \text{ (м/хв.)}.$$

Потужність різання:

$$N = \frac{2116 \cdot 73,48}{1020 \cdot 60} = 2,54 \text{ (кВт)}.$$

$N_{\text{в}} > N$  (10 кВт > 2,54 кВт) – обробка заданої поверхні можлива.

Розраховуємо режими різання для свердлильної операції (операція 010, перехід 16 - свердління отворів під різь M12).

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_v, \text{ [м/хв]} \quad (2.12)$$

де  $C_v$  – коефіцієнт для визначення швидкості різання;

$T$  – період стійкості інструменту;

$q, y$  – показники степені для визначення швидкості різання;

$s = 0,1 \text{ мм/об}$  – подача [5];

$t = 5,25 \text{ мм}$  – глибина різання;

$K_v$  – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання.

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Pv} \cdot K_{Tv}, \quad (2.13)$$

де  $K_{Mv}$  – коефіцієнт, який враховує якість обробки матеріалу і розраховується:

$$K_{Mv} = \left( \frac{190}{HB} \right)^{n_v} = \left( \frac{190}{165} \right)^{0,25} = 1,193,$$

$$K_v = 1,193 \cdot 0,85 \cdot 1,0 = 1,014$$

$$v = \frac{34,2 \cdot 10,5^{0,45}}{35^{0,2} \cdot 0,15^{0,3}} \cdot 1,014 = 86,69 \text{ (м/хв)}.$$

Поправочний коеф. і показники степенів визначаємо із довідників [5]:

Осьова сила при свердлінні:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 42 \cdot 10,5^{1,2} \cdot 0,1^{0,75} \cdot 0,92 = 4992,2 \text{ (Н)}.$$

Визначаємо частоту обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 86,69}{\pi \cdot 10,5} = 2629,4 \text{ (об/хв)}.$$

за паспортом верстата приймаємо:  $n_{np} = 2600$  об/хв.

Корегуємо швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10,5 \cdot 2600}{1000} = 85,72 \text{ (м/хв)}.$$

Потужність різання:

$$N = \frac{4992,2 \cdot 85,72}{1020 \cdot 60} = 7,0 \text{ (кВт)}.$$

$N_s > N$  (10 кВт > 7,0 кВт) – обробка заданої поверхні можлива.

Таблиця 2.13 – Режими різання

|              | Операції та переходи               | Розрахункові розміри |       | При пуск<br>мм | Режими різання |                    |                     | T <sub>ис</sub> , хв |
|--------------|------------------------------------|----------------------|-------|----------------|----------------|--------------------|---------------------|----------------------|
|              |                                    | D/B                  | L, мм |                | S<br>мм/об     | V <sup>M</sup> /хв | n <sup>об</sup> /хв |                      |
| 1            | Фрезерувати пов.1 попередньо       | 323                  | 150   | 3              | 1,5            | 77,7               | 550                 | 0,25                 |
| 2            | Фрезерувати пов.1 остаточно        | 250                  | 150   | 0,3            | 0,2            | 127,5              | 950                 | 0,26                 |
| 3            | Центрувати отв.                    | 12                   | 2,5   | 0,5            | 0,2            | 46,08              | 560                 | 0,24                 |
| 4            | Свердли 4 отвора Ø11               | Ø17                  | 20    | 8,5            | 0,36           | 34,54              | 100                 | 0,25                 |
| 5            | Розвернути 4 отвора попередньо     | Ø17,6                | 20    | 0,3            | 2,4            | 2,91               | 55                  | 0,25                 |
| 6            | Зенкерувати 2 отвора остаточно Ø12 | Ø18                  | 20    | 0,2            | 0,12           | 3,39               | 50                  | 0,25                 |
| Операція 010 |                                    |                      |       |                |                |                    |                     |                      |
| 1            | Фрезерувати торці 1 2 однократно   | 316                  | 135   | 2,5            | 0,2            | 65,278             | 450                 | 0,26                 |
| 2            | Фрезерувати торці 3 4 попередньо   | 108,6                | 320   | 2,8            | 0,1            | 162,53             | 1050                | 0,26                 |
| 3            | Розточити отв. 5 6 попередньо      | 141,4                | 108,6 | 3,1            | 0,5            | 28,21              | 500                 | 0,26                 |
| 4            | Розточити отв.7 8                  | 90                   | 45    | 1,5            | 0,5            | 38,22              | 600                 | 0,26                 |
| 5            | Фрезерувати торці 3 4 попередньо   | 103                  | 320   | 0,5            | 0,2            | 83,29              | 560                 | 0,26                 |
| 6            | Розточити отв. 5 6 попередньо      | 149,4                | 100   | 1,5            | 0,1            | 210                | 750                 | 0,26                 |
| 7            | Фрезерувати торці 3 4 остаточно    | 100                  | 320   | 0,1            | 0,5            | 28,21              | 1100                | 0,26                 |
| 8            | Розточити отв. 5 6 остаточно       | 150                  | 100   | 0,1            | 0,2            | 45,5               | 950                 | 0,26                 |

Продовження таблиці 2.13

|    | Операції та переходи                   | Розрахункові розміри |       | При пуск<br>мм | Режими різання |                    |                     | T <sub>вс</sub> , хв |
|----|----------------------------------------|----------------------|-------|----------------|----------------|--------------------|---------------------|----------------------|
|    |                                        | D/B                  | L, мм |                | S<br>мм/об     | V <sup>м</sup> /хв | n <sup>об</sup> /хв |                      |
| 9  | Центрувати отв. 9                      | 14                   | 0,5   | 0,5            | 0,2            | 46,08              | 730                 | 0,24                 |
| 10 | Центрувати отв. 10 11                  | 5                    | 0,5   | 0,25           | 0,2            | 46,08              | 730                 | 0,24                 |
| 11 | Свердлити отв. 9 під різьбу (8 отв.)   | 14                   | 40    | 7              | 0,06           | 43,2               | 230                 | 0,26                 |
| 14 | Нарізати різьбу в отв. 9 M16-6H        | 16                   | 30    | 1              | 0,06           | 7,2                | 300                 | 0,26                 |
| 15 | Свердлити отв. 10 під різьбу (12 отв.) | 10                   | 35    | 3.15           | 0,06           | 43,2               | 230                 | 0,26                 |
| 16 | Нарізати різьбу в отв. 10 M12-6H       | 12                   | 28    | 0.85           | 0,06           | 7,2                | 300                 | 0,26                 |
| 17 | Свердлити отв. 11                      | Ø12                  | 35    | 6              | 0,36           | 34,54              | 250                 | 0,25                 |
| 18 | Розвернути отв. 11                     | Ø12,6                | 35    | 0,3            | 0,15           | 2,91               | 80                  | 0,25                 |
| 19 | Зенкрувати отв. 11                     | Ø13                  | 35    | 0,2            | 0,06           | 3,39               | 90                  | 0,25                 |

Висновки. Розроблено маршрут механічної обробки та визначено параметри обробки. Отримані дані будуть використані для розробки керуючих програм для верстату з ЧПК на одній з операцій маршруту механічної обробки.

## 3 РОЗРОБКА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ НА ВЕРСТАТІ З ЧПК

### 3.1 Розробка 3D-моделі деталі

Тривимірна модель в сучасному виробництві є імітаційним прототипом майбутнього виробу і дозволяє виконати досконалішу його якісну оцінку. Для розробки моделі використано програмний продукт Cimatron [3, 15,16].

#### 3.1.1 Коротка характеристика обраної CAD-системи [16]

Для виконання дипломного проекту зупинимося на розгляді однієї з відомих CAD/CAM-систем, що набула широке поширення у сфері ТПВ - системі Cimatron (розробка компанії Cimatron Ltd.). Система Cimatron (Cimatron <sup>it</sup>) з'явилася на світовому ринку у середині 80-х років. У 2000 році була створена нова версія CAD/CAM Cimatron E, яка сьогодні активно впроваджується і експлуатується в світовій і вітчизняній промисловості. Її основною особливістю є те, що вона орієнтована не тільки на рішення окремих задач, але і на автоматизацію процесів ТПВ, наприклад: «прийом моделі виробу > проектування формоутворювального оснащення > розробка управляючих програм для виготовлення формоутворювальних елементів оснащення на верстатах з ЧПК». Важливо також, що система забезпечує можливість колективної роботи користувачів над проектом, реалізує можливості паралельного проектування.

Ключовими особливостями Cimatron є:

#### 1. Процесна орієнтація та колективна робота

Cimatron є процесно-орієнтованою системою. Іншими словами, система не тільки має спеціалізовані модулі і підсистеми, але і сам процес розробки оснащення в ній розділений на етапи відповідно до світової практики, що склалися. Можна виділити наступні основні етапи:

- прийом моделі виробу від замовника у форматах Cimatron E або інших CAD-систем;

- створення моделей операційних заготовок (поковок, відливок);
- розділення початкової моделі на набори формоутворювальних поверхонь оснащення;

- проектування формоутворювального оснащення;
- проектування оснащення другого порядку (електроди і ін.);
- випуск креслярсько-графічної документації;
- розробка управляючих програм (УП) для верстатів з ЧПК.

Система забезпечує колективну роботу, тобто, з одного боку, роботу групи фахівців над одним з етапів розробки, а з іншою - одночасне рішення задач декількох етапів робочого процесу. Такі можливості ґрунтуються на інфраструктурі системи і управлінні даними, а також на забезпеченні асоціативності даних незалежно від формату початкової геометрії виробу [16].

### 3.2 Методика створення 3D-моделі деталі (вузла) із докладним описом дій побудови.

Для створення 3D-моделі деталі використовуємо ряд стандартних операцій програми. Для створення основної масивної частини деталі використаємо операцію обертання (по зовнішньому контуру деталі, що ж тілом обертання), ескіз обертання зображено на рис.3.1, а результат операції на рис. 3.2.

Розглянемо послідовність створення тривимірної моделі в CAD системі Cimatron E7 (рис. 3.1 – 3.3).

Важливою особливістю системи Cimatron є те, що вона базується як на кращих в своєму класі компонентах (Microsoft/MFC, OpenGL, ODI/ObjectStore, Smart Solutions/SmartTeam, ACIS, D-Cubed/DCM, Cimatron IT), так і на знаннях компанії Cimatron (20-річний досвід розробок, розширене поверхневе моделювання, інтелектуальна генерація програм для верстатів ЧПК, визнаний у всьому світі рівень розробок).

Оскільки деталь “Корпус В.25” не є тілом обертання, то операцію побудови основи буде операція “витискування”. Для цього виконаємо на площині XY ескіз,

відповідно кресленню деталі та побудуємо основу та опорні площини деталі (рис. 3.1).

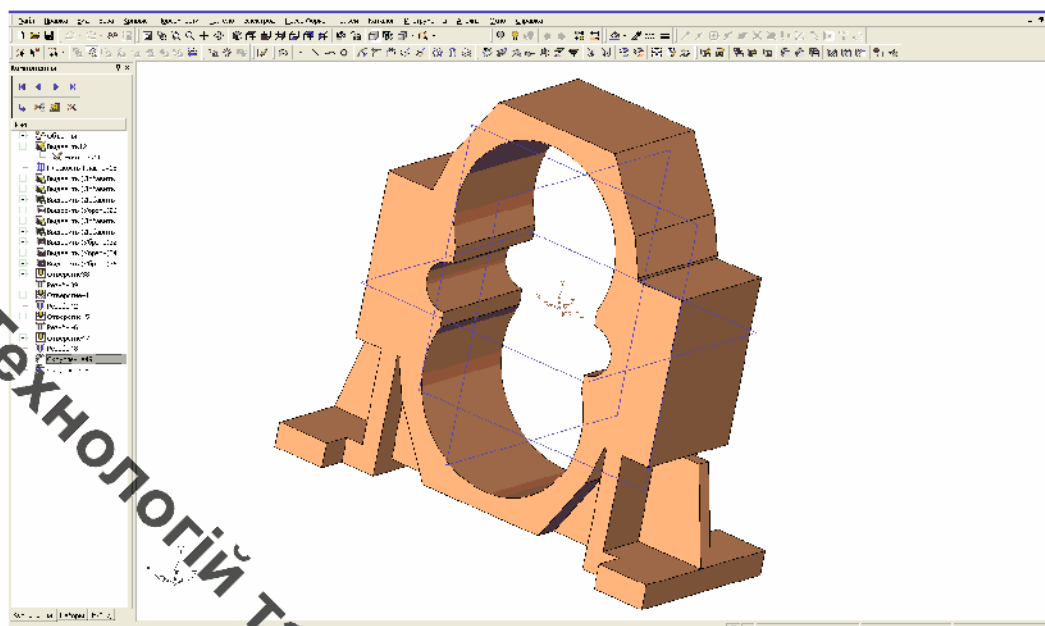


Рисунок 3.1 – Створення основи та корпусу деталі «Корпус В.25»

Для виконання бокових отворів на поверхні деталі побудуємо відповідний ескіз (коло). Далі використаємо операцію “Видалити витискуванням” та задамо параметри операції (рис. 3.2).

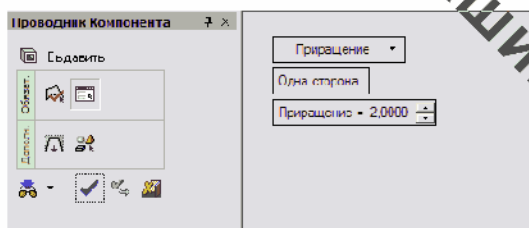


Рисунок 4.2 – Параметры построения отверстия

Аналогічно виконуємо кріпильні отвори деталі.



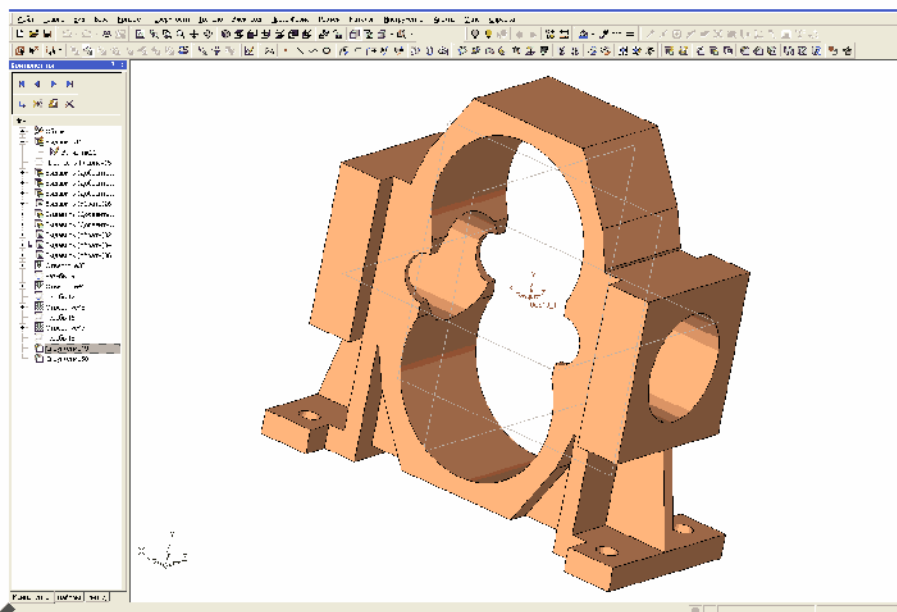


Рисунок 3.3 – Створення бокових та кріпильних отворів деталі «Корпус В.25»

Виконаємо отвори на торцях деталі “Корпус В.25”. Для цього накреслимо необхідний ескіз відповідно розмірам.

Місце під отвір позначимо крапкою, яка задає місце розташування отвору. Вибравши операцію “Отвір” та задамо параметри отвору (рис. 3.4).

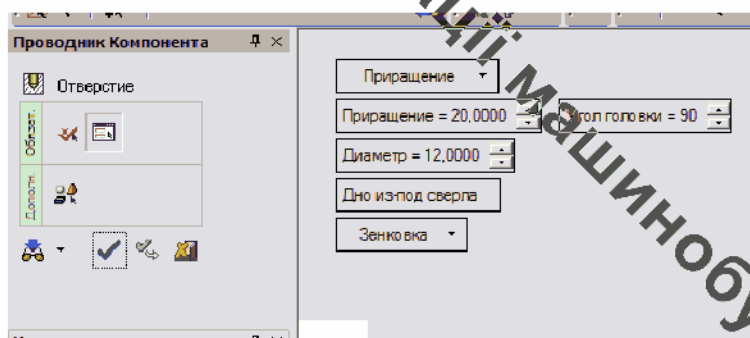


Рисунок 3.4 – Операція “Отвір”, параметри побудови отвору

В результаті виконання операції “Отвір” отримаємо 6 отворів М12 на кожному торці деталі. Аналогічно виконаємо отвори на інших бокових поверхнях деталі (рис. 3.5).

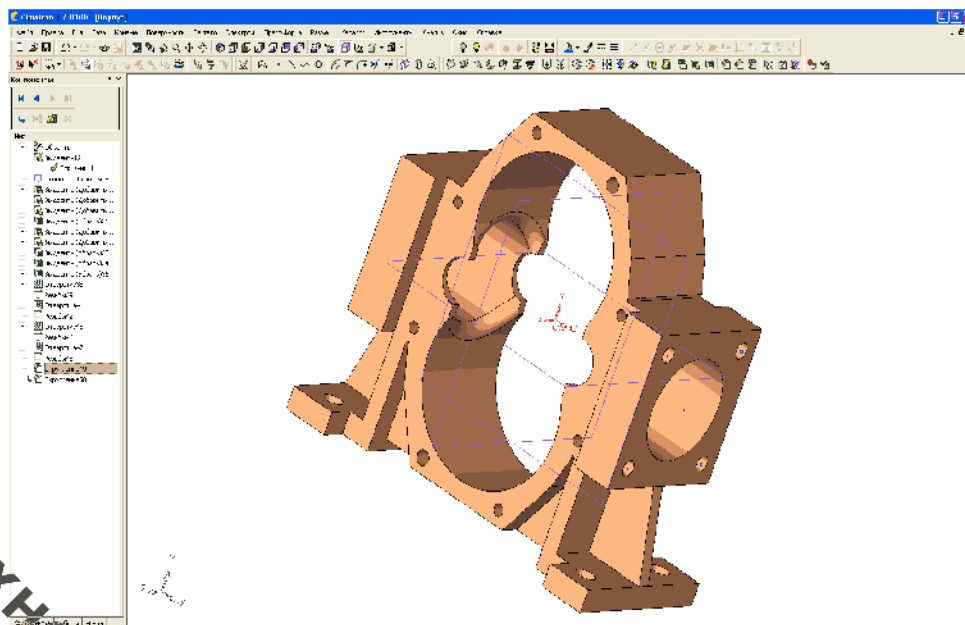


Рисунок 3.5 – Виконання приєднувальних отворів.

В результаті виконання усіх побудов спроектовано тривимірну модель деталі “Корпус В.25 ” за допомогою програми Cimatron E7.

### 3.3 Розробка керуючої програми для верстата з ЧПК за допомогою САМ-систем

В даному розділі роботи виконано розробку керуючої програми для верстата з ЧПК, моделі 6904ПМФ3, операція 010.

Для створення програми відкриємо документ раніше створеної 3D моделі з середовища моделювання Cimatron E натискаємо меню Файл/Експорт/В док. ЧПК. Після цього деталь завантажиться в середовищі NC. У діалозі, що з'явився, натиснемо галочку - це означає підтвердження завантаження нашої деталі в підсистему NC (рис. 3.7).

У меню, що з'явилося, натискаємо кнопку Нова траєкторія (рис. 3.7). У діалозі, що з'явився, задаємо координату площини безпечного переміщення інструменту і погоджуємося з вибором (рис. 3.8).

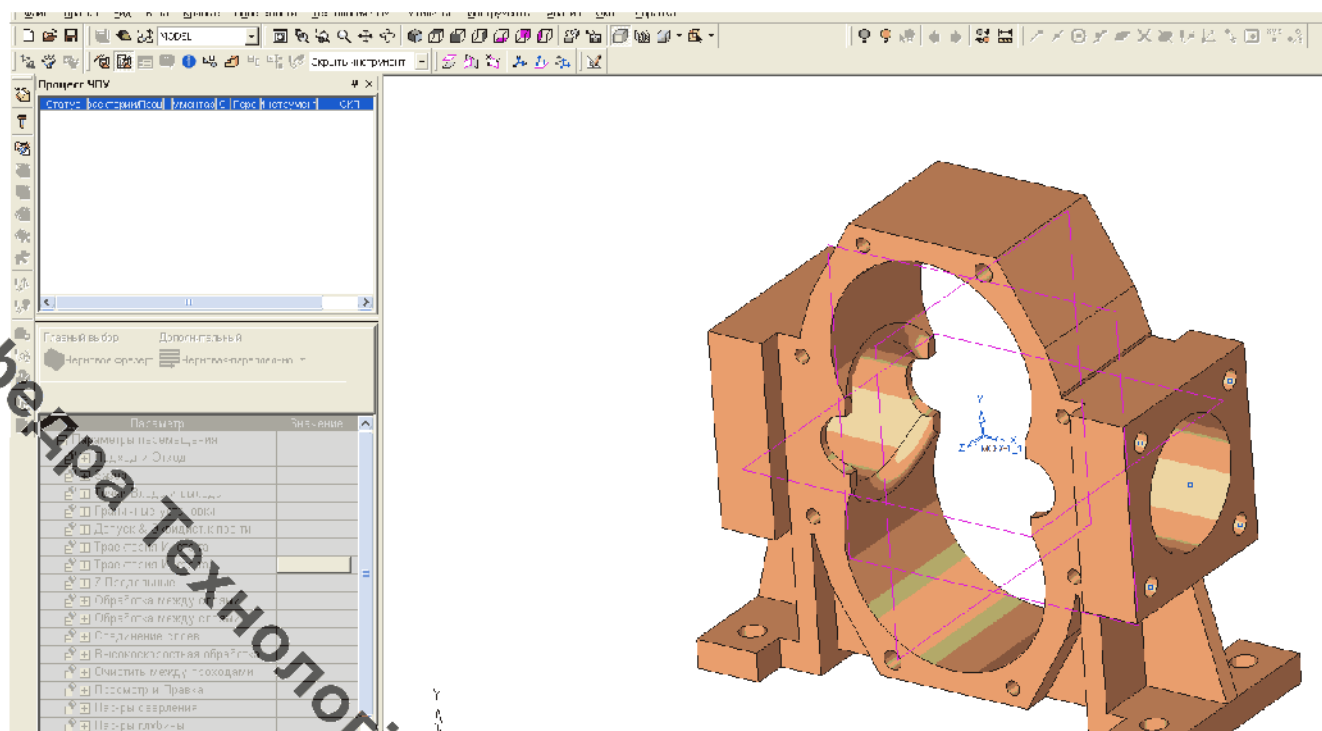


Рисунок 3.6 - Завантаження деталі в підсистему NC

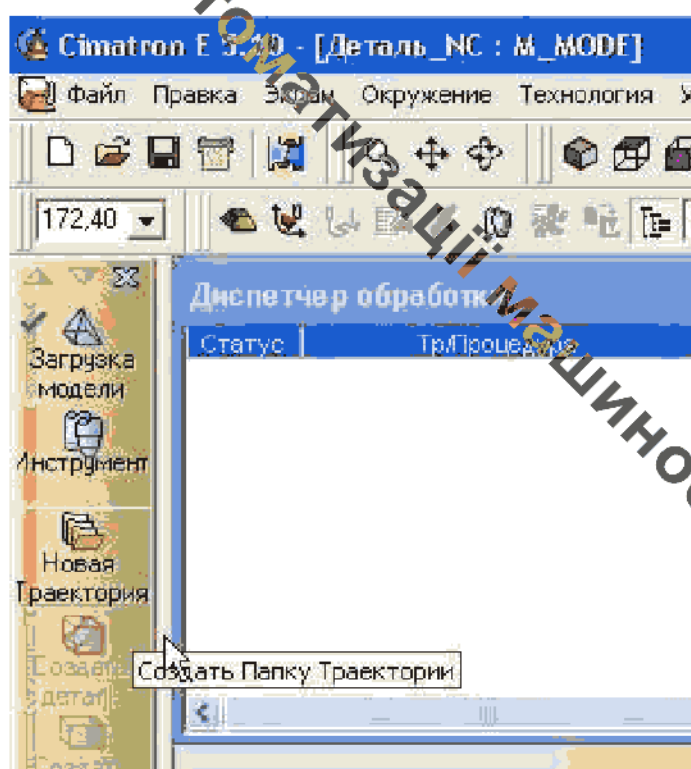


Рисунок 3.7 - Створення траєкторії

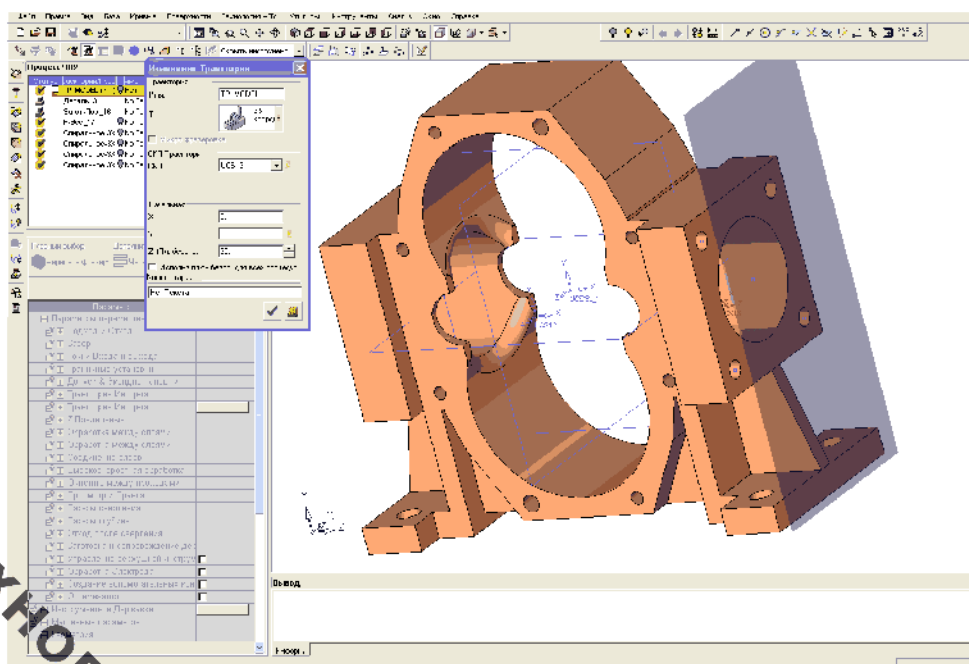


Рисунок 3.8 - Завдання площини безпеки і методу обробки

Далі необхідно задати геометрію деталі. На вертикальному меню натискаємо кнопку , що з'явилася , Створити деталь. У вікні , що з'явилося , натиснемо галку Розрахувати і закрити (рис. 3.9). Автоматично виділиться вся деталь. (Далі операція натиснення на зелену галочку називатиметься Закриваємо вікно).

Після цього необхідно задати заготовку. На вертикальному меню натиснемо кнопку Створити заготовку. У вікні, що з'явилося, зробимо деякі зміни і закриємо вікно (рис. 3.10).

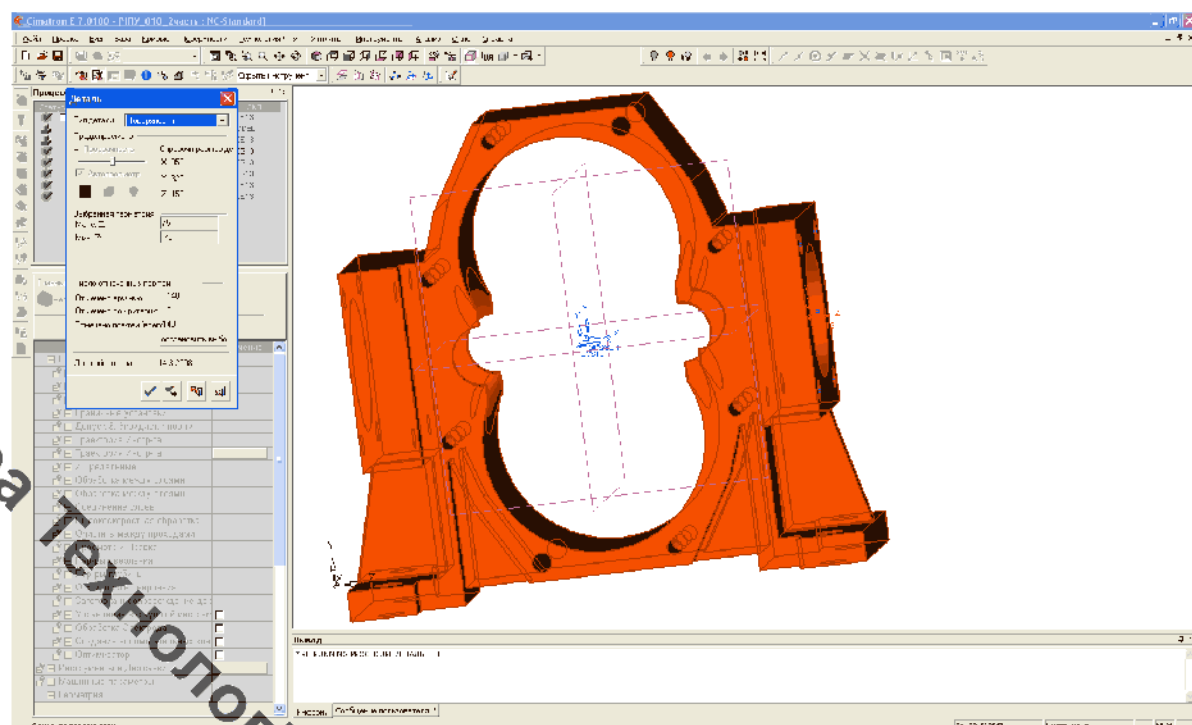


Рисунок 3.9 - Створення форми оброблюваної деталі

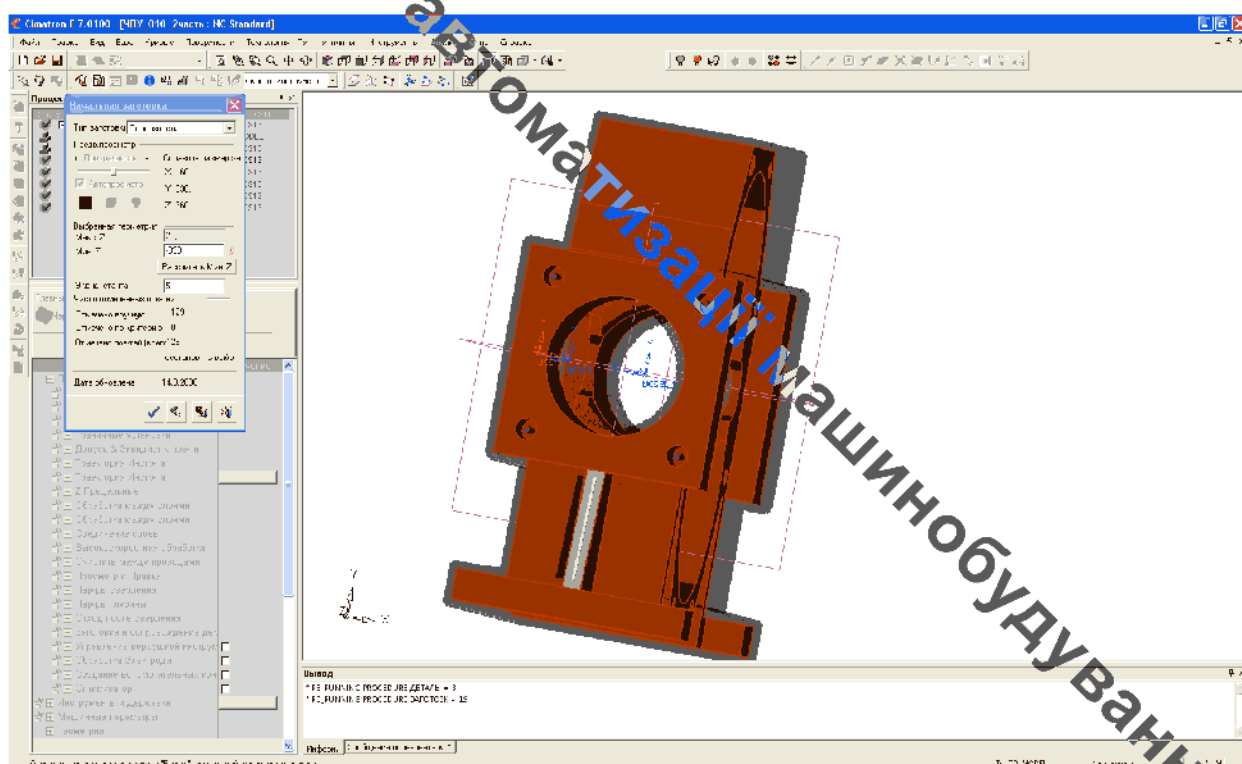


Рисунок 3.10 - Визначення типу і розміру заготовки, що поступає на обробку

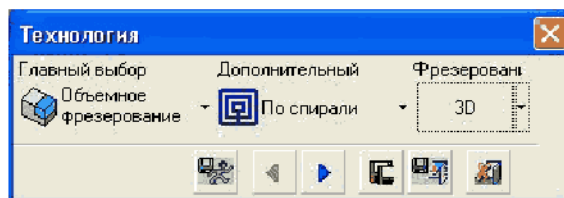


Рисунок 3.11 - Вибір процедури і технології фрезерування

Після виконання вищезгаданих операцій можна вибирати процедури обробки. Натискаємо кнопку Створити процедуру. Вибираємо операції, вікні, що з'явилося, необхідно вибрати інструмент. Натиснемо на кнопку Новий інструмент (рис. 3.11). Задамо тип і параметри нового інструменту.

Натиснемо на зелену галочку «Застосувати». Тепер ми створили інструмент, який використовуватимемо в даній операції. Натискаємо кнопку «Далі».

На даному етапі потрібно вибрати геометрію обробки. Натиснемо на кнопку Контури і виберемо контур, вказаний на рисунку 3.13. Натиснемо двічі на кнопку Вихід (середня кнопка миші) - перший для закінчення вибору першого контура, другий для закінчення вибору контурів обробки. У результаті одержимо один контур обробки деталі. Тепер потрібно вибрати поверхні деталі, для чого натискаємо однойменну кнопку. Натискаємо на робочому полі програми праву кнопку миші і вибираємо Всі видимі. Потім обертаємо деталь і відзначаємо її підставу мишкою, тим самим, знімаючи виділення поверхні. Натискаємо двічі на кнопку Вихід. Натискаємо кнопку Далі.

У меню, що з'явилося, необхідно задати параметри переміщення. Натискаємо на кнопку Зберегти і розрахувати. На екрані з'явиться траєкторія інструменту створеної операції (рис. 3.14).

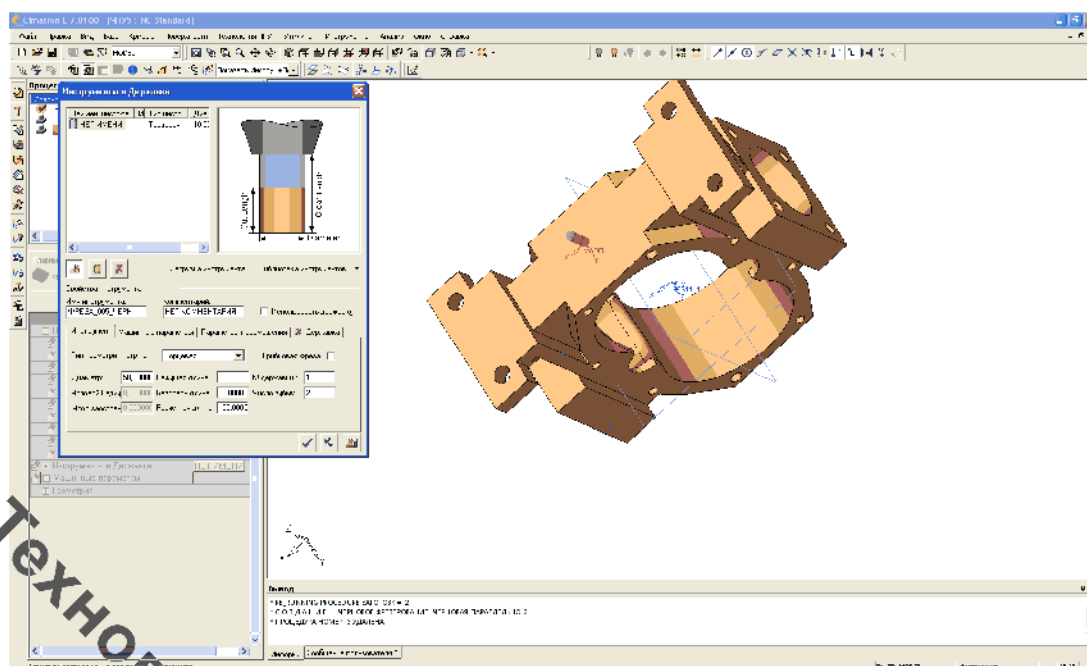


Рисунок 3.12 - Діалог створення і вибору інструменту для обробки

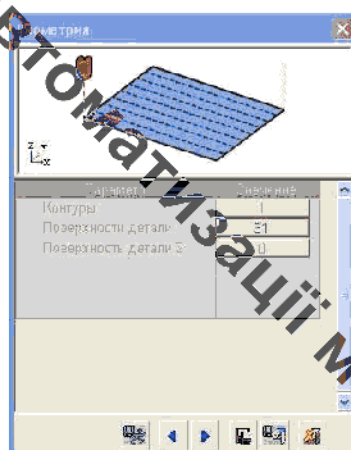


Рисунок 3.13 - Діалог вибору оброблюваної геометрії

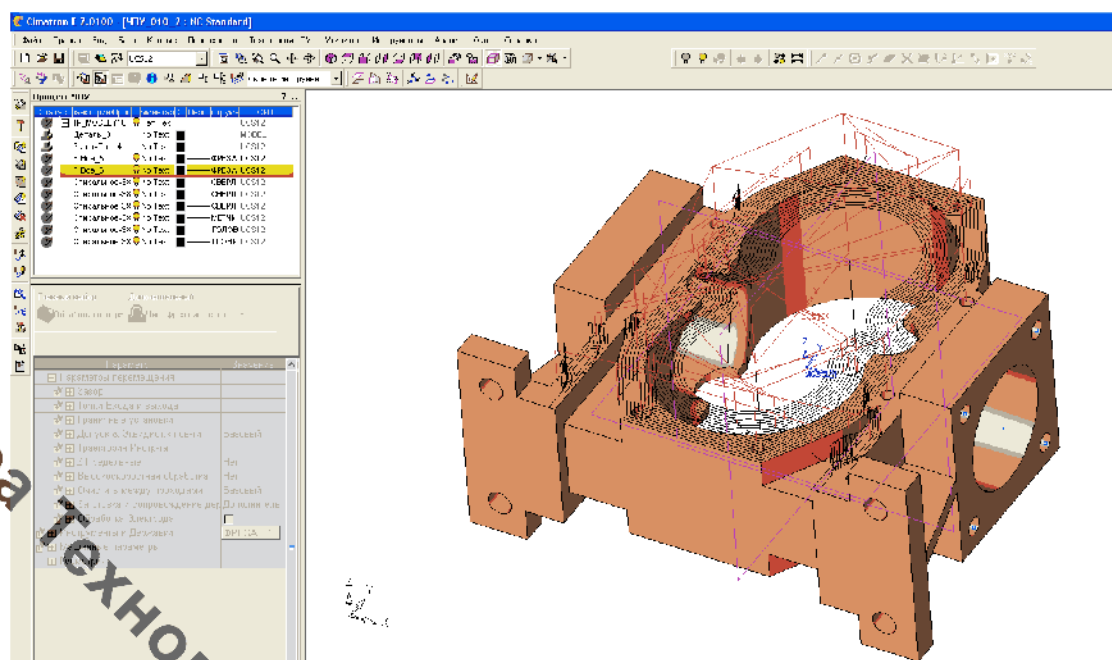


Рисунок 3.14 - Траекторія інструменту створеної операції

Після створення операції можна проглянути результати обробки в симуляторі (рис. 3.15 - 3.17) і при необхідності змінити деякі параметри.

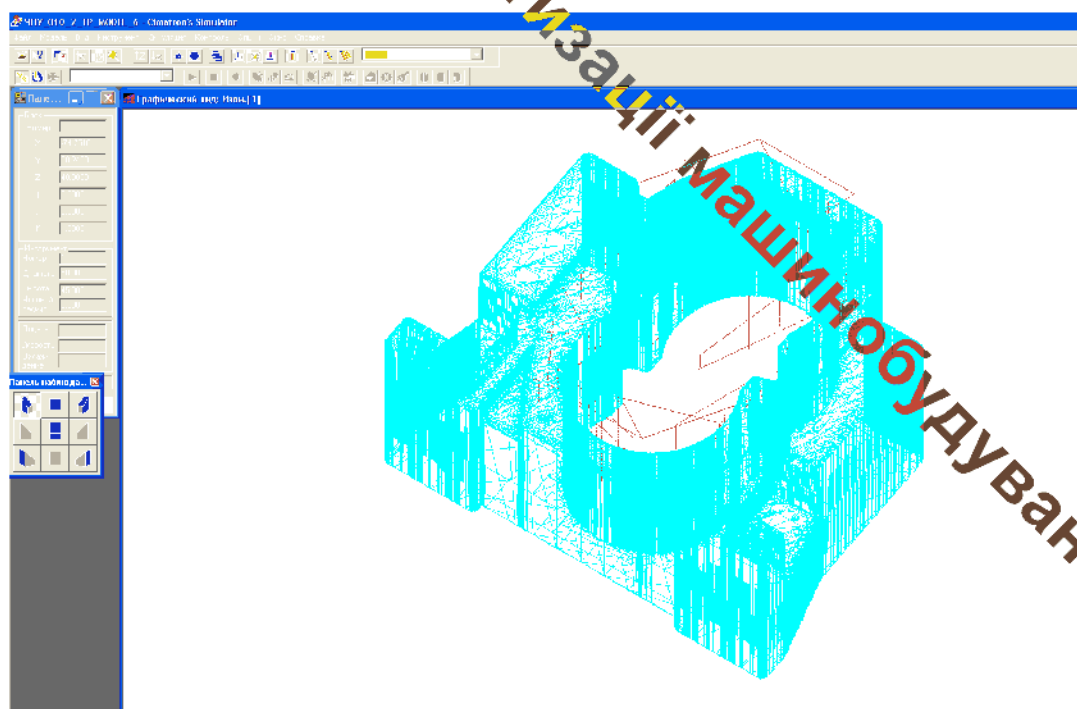


Рисунок 3.15 - Завантаження деталі в симуляторі обробки



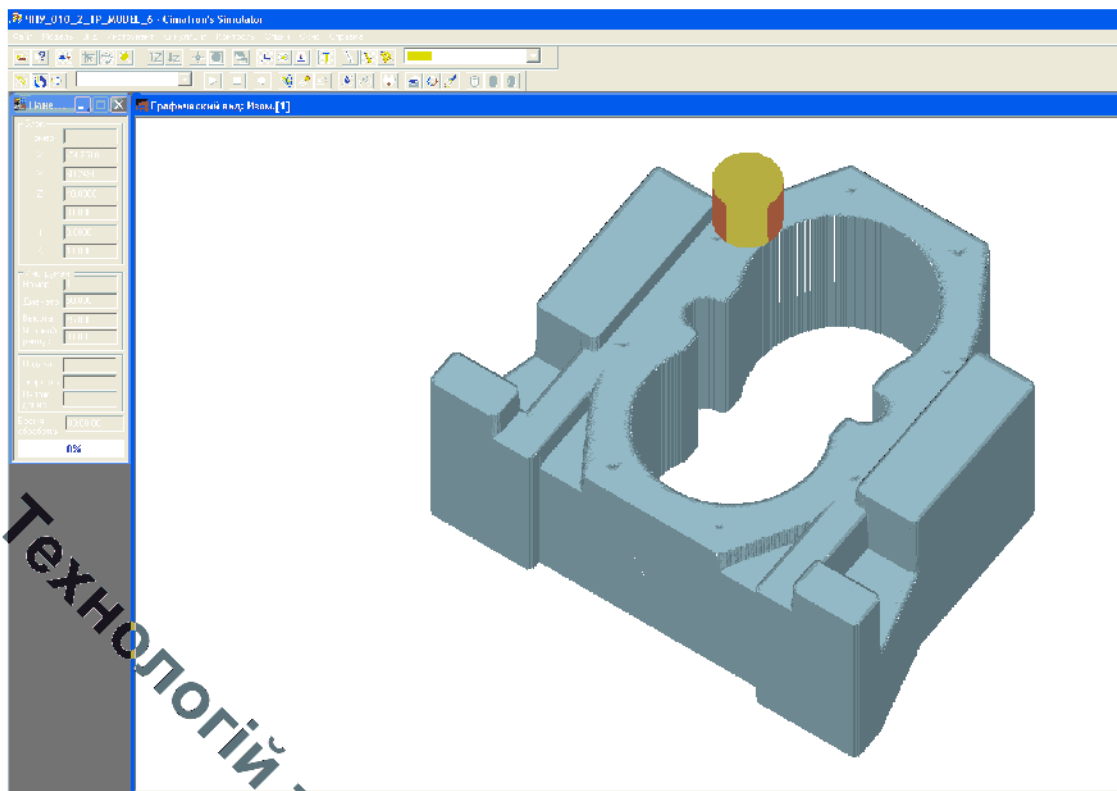


Рисунок 3.16 - Деталь і інструмент в симуляторі до обробки

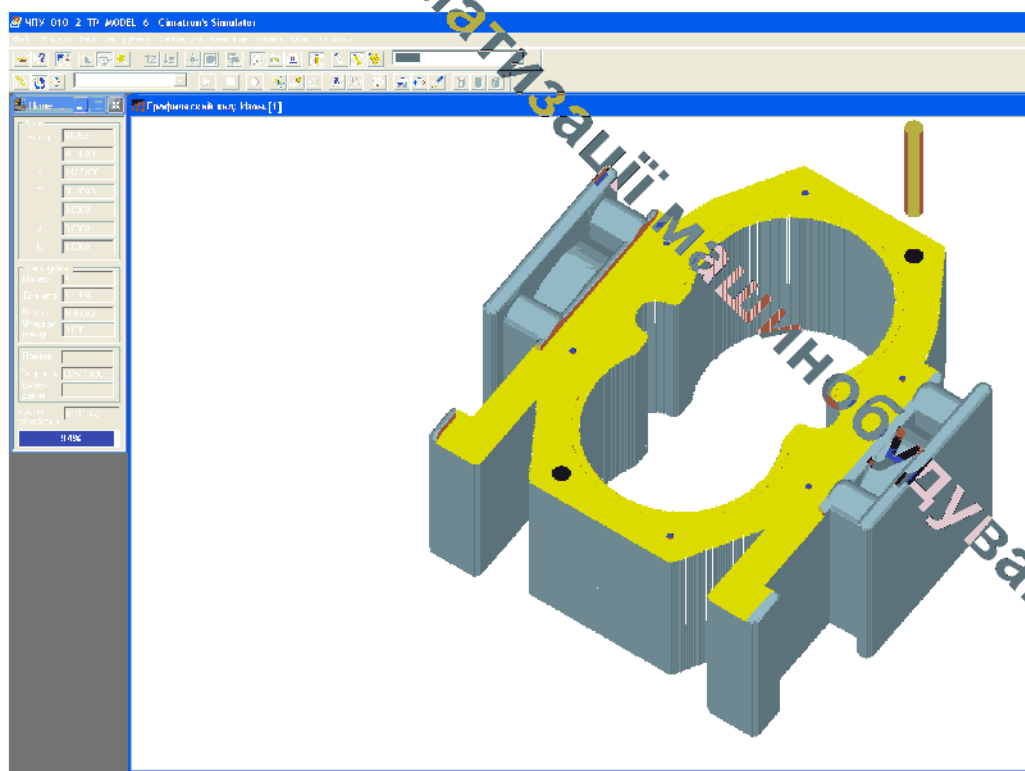


Рисунок 3.17 - Деталь і інструмент в симуляторі після обробки

Після виконання 3D-моделі і операцій вказаних вище можна створити управляючу програму для верстата з ЧПК відповідно техпроцесу. Натиснувши на кнопку Постпроц., у вікні (рис. 3.18) , що з'явилося, натиснемо галочку, відкриється текст програми в текстовому редакторі «Блокнот», який представлений в додатку Б.

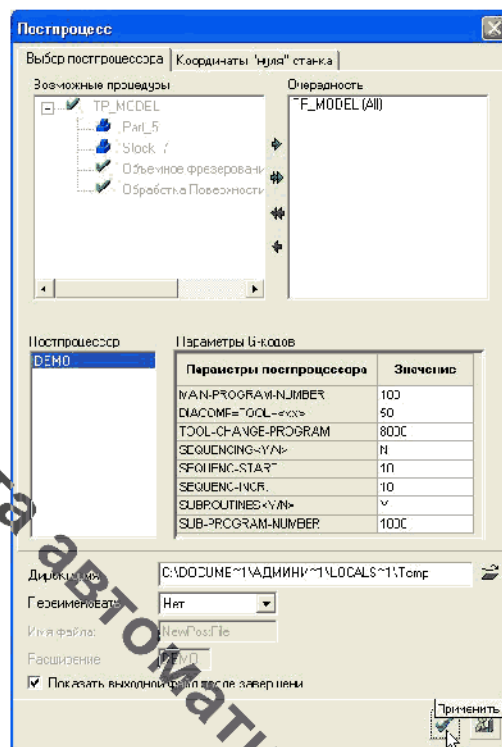


Рисунок 3.18 - Діалог вибору процедур для симуляції

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Головним елементом охорони праці є саме людина під час трудової діяльності. Завданням розділу є здійснення атестації робочого місця за умовами праці, що розміщене в приміщенні, яке зв'язане з напрямком майбутнього фахівця після завершення вищого учбового закладу.

4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів у виробничому приміщенні

Під час роботи в даному приміщенні, виникають ряд шкідливих та небезпечних виробничих факторів, які регламентуються [18].

### 4.1.1 Класифікація потенційно небезпечних та шкідливих факторів

Дане приміщення характеризується небезпечними та шкідливими виробничими факторами фізичної, хімічної, біологічної та психофізіологічної груп [18, 19], які класифікуються так:

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

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

3) Біологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори – відсутні.

4) Психофізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори:

а) фізичні перевантаження – немає.

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

Вкажемо імовірні підстави появи вказаних чинників та коротко опишемо їхній вплив на організм працівника.

#### 4.1.2 Можливі причини виникнення шкідливих та небезпечних виробничих чинників

Підвищений рівень шуму і вібрації робочої зони спричиняється роботою таких елементів комп'ютерів, як жорсткий диск, вентилятори блоку живлення, охолодження мікропроцесора, швидкісні пристрої для зчитування та запису інформації з оптичних носіїв, механічні сканери, пересувні механічні частини принтера.

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

Підвищений рівень ультразвуку може бути викликаний обладнанням, у якому генеруються ультразвукові коливання для виконання технологічних операцій, а також обладнання, при експлуатації якого ультразвук виникає як побічний фактор.

Високий рівень електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону спричиняється вимірювальними та контролюючими пристроями, дослідницькими установками, а також ЕОМ.

Високий рівень електромагнітних випромінювань промислової частоти спричиняється струмоведучими частинами працюючих електроустановок.

Підвищена або понижена температура повітря робочої зони спричиняється різкою зміною температури повітря навколишнього середовища наявністю або відсутністю опалення робочого приміщення тощо.

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

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

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

Недостатність або відсутність природного освітлення спричиняється наявністю конфронтуючих будинків та споруд.

Недостатня освітленість робочої зони спричиняється відсутністю або недостатністю природного освітлення.

Шкідливі хімічні речовини в повітрі робочої зони спричиняються утворенням такої речовини, як озон під час роботи за ПК. Головними джерелами озону на комп'ютеризованих місцях є електронно-променеві трубки моніторів і лазерні принтери.

Перенапруження аналізаторів спричиняється інтенсивною роботою за ЕОМ.

Монотонність праці спричиняється розвитком напівавтоматичного виробництва і автоматизованих систем керування, оскільки основними функціями працівника за таких умов стають нескладні, одноманітні рухи, які повторюються тисячі разів за зміну, або функції спостереження, керування і контролю за роботою системи.

4.1.3 Вплив небезпечних та шкідливих виробничих чинників на організм людини

Підвищений рівень шуму і вібрації робочої зони може спровокувати швидку стомленість працюючого, погіршення слуху, нервові розлади.

Підвищений рівень інфразвуку може викликати нездужання типу морської хвороби, нервову втому.

Підвищений рівень ультразвуку може спровокувати функціональні порушення нервової системи, головний біль, зміну тиску, складу і властивостей крові, втрату слухової чутливості, підвищену втомлюваність.

Високий рівень електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону може спровокувати при постійному впливі стійкі функціональні зміни у центральній нервовій та серцево-судинній системах, а при тривалому впливі – сонливість, порушення сну, зниження кров'яного тиску, зміну температури тіла тощо.

Високий рівень електромагнітних випромінювань промислової частоти може спровокувати порушення регуляції фізіологічних функцій організму, внаслідок дії електричного поля на різні відділи нервової системи і на структури головного і спинного мозку.

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

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

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

Підвищена інтенсивність теплового випромінювання може спровокувати перегрівання організму людини.

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

Недостатня освітленість робочої зони може стати причиною низької продуктивності праці, оскільки очі працівника перенапружуються, при цьому стає складно відрізнити оброблювані предмети.

Шкідливі хімічні речовини в повітрі робочої зони діють таким чином. Особливу небезпеку щодо впливу на здоров'я представляє підвищена концентрація озону – високотоксичного подразнюючого газу. Озон можна виявити за запахом, або за сухістю та подразненням слизових оболонок. При більших концентраціях появляються головні болі, нездужання. При тривалій роботі в високоіонізованому повітряному середовищі може виникнути сильна

перевтома, що може послабити захисні властивості організму та імунітет до інших захворювань.

Перенапруження аналізаторів призводить до різкої втоми органів зору працюючого, а часом до погіршення зору.

Монотонність праці призводить до швидкої втоми працівника, зниження функціональних можливостей організму та інтересу до роботи, сонливості.

4.3.4 Обґрунтування вибору нормованих значень небезпечних та шкідливих виробничих чинників

Згідно [29] для такої шкідливої речовини, як озон, визначаємо, що вона відноситься до 4-го класу небезпеки, а її ГДК = 0,1 мг/м<sup>3</sup>.

Враховуючи вид вібрації – локальна, вибираємо нормований еквівалентний рівень віброприскорення 70 дБ [21].

Після врахування призначення приміщення – розробка і вид шуму – непостійний, встановлюємо нормований еквівалентний рівень шуму 45 дБА [22].

Згідно рекомендацій [26] нормований загальний рівень інфразвуку 110 дБ, нормований рівень ультразвуку 110 дБ.

Для частоти електричного поля радіочастотного діапазону 160,214 МГц нормована напруженість електричного поля восьмигодинного робочого дня становить 10 В/м відповідно до [23].

Допустима напруженість електричного поля промислової частоти для 8-ми годинного робочого дня становить 5 кВ/м [23].

За величиною енерговитрат 95 Вт відповідно до [24] встановлюємо категорію важкості робіт за фізичним навантаженням – Іа, для якої в холодний період року для постійних робочих місць допустима температура повітря становить 21...25°C, допустима швидкість руху повітря 0,1 м/с, а допустима відносна вологість повітря не більше ніж 75 %. Інтенсивність теплового випромінювання допускається не більше ніж 140 Вт/м<sup>2</sup>.

Враховуючи найменший розмір об'єкта розрізнення 0,3 мм, встановлюємо розряд зорових робіт – 2, для якого нормоване КПО для бокового освітлення становить 1,5 % [25].

Так як приміщення знаходиться у м. Вінниця (2-га група забезпеченості природним світлом), а світлові пройми орієнтовані за азимутом  $104^\circ$ , то для таких умов нормоване КПО визначатиметься за формулою [25]:

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

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

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

$m_N$  – коефіцієнт світлового клімату;

$N$  – номер групи забезпеченості природним світлом.

Враховуючи співвідношення контрасту (малий) та фону (середній), встановлюємо підрозряд зорових робіт – 6, в межах якого вибираємо нормовану освітленість для загального штучного освітлення – 750 лк.

## 4.2 Карта умов праці

З метою проведення атестації робочого місця потрібна карта умов праці. Атестацію робочих місць проводять за результатами комплексного обстеження і оцінки характеру та умов праці.

### 4.2.1 Оцінка чинників виробничого і трудового процесів

Оцінювання стану робочого місця за умовами праці здійснюють з урахуванням впливу на працюючих усього комплексу чинників виробничого середовища і трудового процесу, що передбачаються Гігієнічною класифікацією праці [26]. В таблиці 4.1 наведено оцінку факторів трудового та виробничого процесів.



Таблиця 4.1 – Оцінка факторів трудового та виробничого процесів

| Номер | Фактори виробничого середовища і трудового процесу          | Нормативне значення (ГДР, ГДК) |        | Фактичне значення | Ступінь 3-го класу: шкідливі умови і характер праці |    |     |
|-------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------|-------------------|-----------------------------------------------------|----|-----|
|       |                                                             | нижнє                          | верхнє |                   | I                                                   | II | III |
| 1     | Шкідливі хімічні речовини:                                  |                                |        |                   |                                                     |    |     |
| 1.1   | 1-й клас небезпеки                                          |                                | –      | –                 |                                                     |    |     |
| 1.2   | 2-й клас небезпеки                                          |                                | –      | –                 |                                                     |    |     |
| 1.3   | 3-й, 4-й класи небезпек                                     |                                | 0,1    | 10,96             |                                                     |    | +   |
| 2     | Вібрація                                                    |                                | 76     | 51                |                                                     |    |     |
| 3     | Шум                                                         |                                | 45     | 39                |                                                     |    |     |
| 4     | Гіпразвук                                                   |                                | 110    | 89                |                                                     |    |     |
| 5     | Ультразвук                                                  |                                | 110    | 58                |                                                     |    |     |
| 6     | Неіонізуючі випромінювання:                                 |                                |        |                   |                                                     |    |     |
| 6.1   | – радіочастотний діапазон                                   |                                | 10     | 24                | +                                                   |    |     |
| 6.2   | – діапазон промислової частоти                              |                                | 5      | 0,76              |                                                     |    |     |
| 6.3   | – оптичний діапазон                                         |                                | 0,0    | 0                 |                                                     |    |     |
| 7     | Мікроклімат у приміщенні:                                   |                                |        |                   |                                                     |    |     |
| 7.1   | – температура повітря, °C                                   | 21                             | 25     | 21                |                                                     |    |     |
| 7.2   | – швидкість руху повітря, м/с                               |                                | 0,1    | 0,3               | +                                                   |    |     |
| 7.3   | – відносна вологість повітря, %                             |                                | 75     | 95                |                                                     |    |     |
| 7.4   | – інтенсивність теплового випромінювання, Вт/м <sup>2</sup> |                                | 140    | 2671              |                                                     | +  |     |
| 8     | Виробниче освітлення:                                       |                                |        |                   |                                                     |    |     |
| 8.1   | – розряд зорових робіт                                      | 4                              |        | 2                 |                                                     | +  |     |
| 8.2   | – КПО для природного освітлення, %                          | 1,28                           |        | 2,4               |                                                     |    |     |
| 8.3   | – освітленість для штучного освітлення, лк                  | 750                            |        | 520               | +                                                   |    |     |
|       | Кількість факторів                                          | –                              | –      | –                 |                                                     | 2  | 1   |

## 4.2.2 Гігієнічна оцінка умов праці

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

Підвищений рівень неіонізуючих випромінювань радіочастотного діапазону – 1 ст.

Підвищена швидкість руху повітря в холодний період року – 1 ст.

Підвищена інтенсивність теплового випромінювання – 2 ст.

Підвищена напруженість зору – 2 ст.

Недостатня освітленість робочої зони штучним освітленням – 1 ст.

#### 4.2.3 Оцінка технічного й організаційного рівня

Технічний рівень робочого місця не відповідає нормативним вимогам.

#### 4.2.4 Атестація робочого місця

Робоче місце атестовано за третім ступенем шкідливості.

#### 4.2.5 Рекомендації щодо покращення умов праці

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

З метою забезпечення нормованих параметрів 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.

У випадку підвищеної напруженості зору потрібно застосувати систему суміщеного освітлення.

З метою забезпечення допустимих параметрів освітленості для штучного освітлення в приміщенні доцільно доповнити загальне штучне освітлення місцевим, утворивши систему комбінованого штучного освітлення.

#### 4.3 Пожежна безпека

Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій розглядуваного приміщення наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Мінімальні межі вогнестійкості приміщення [27]

| Ступінь вогнестійкості будівлі | Стіни                      |              |                 |             | Колони      | Східчасті майданчики | Плити та інші несучі конструкції | Елементи покриття |              |
|--------------------------------|----------------------------|--------------|-----------------|-------------|-------------|----------------------|----------------------------------|-------------------|--------------|
|                                | Несучі та східчасті клітки | Самонесучі   | Зовнішні несучі | Перегородки |             |                      |                                  | Плити, прогоны    | Балки, ферми |
| 1                              | REI 150<br>M0              | REI 75<br>M0 | E 30<br>M0      | EI 30<br>M0 | R 150<br>M0 | R 60<br>M0           | REI 60<br>M0                     | RE 30<br>M0       | R 30<br>M0   |

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.

В таблиці 4.3 наведено протипожежні норми проектування будівель і споруд.

Таблиця 4.3 – Протипожежні норми проектування будівель і споруд [28]

| Об'єм приміщення, тис. м <sup>3</sup> | Категорія пожежної небезпеки | Ступінь вогнестійкості | Відстань, м, при щільності людського потоку в загальному проході, осіб/м <sup>2</sup> |      |      | Кількість людей на 1 м ширини евакуиходу | Протипожежні розриви, м, при ступені їх вогнестійкості |     |       | Найбільша кількість поверхів | Максимально допустима площа поверху, м <sup>2</sup> , для щільності поверхів |      |            |
|---------------------------------------|------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----|-------|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------|------------|
|                                       |                              |                        | до 1                                                                                  | 2-3  | 4-5  |                                          | I, II                                                  | III | IV, V |                              | 1                                                                            | 2    | 3 і більше |
| до 15                                 | Д                            | 1                      | н.о.                                                                                  | н.о. | н.о. | 260                                      | н.н.                                                   | 9   | 12    | 10                           | н.о.                                                                         | н.о. | н.о.       |

Примітки: н.о. – не обмежується, н.н. – не нормується.

Висновки до розділу

В результаті виконання цього розділу розглянуто такі аспекти охорони праці, як аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів у виробничому приміщенні; карта умов праці; рекомендації щодо поліпшення умов праці, а також розглянуто протипожежні норми.

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

## ВИСНОВКИ

В результаті виконання бакалаврської дипломної роботи розроблено технологічний процес механічної обробки заготовки деталі “Корпус В.25” з використанням CAD/CAM-систем.

В ході роботи встановлено, що застосування сучасного програмного забезпечення, зокрема комплексу CAD/CAM-систем є раціональним рішенням для покращення ефективності підготовки та виробництва в цілому.

Тип виробництва визначений, як дрібносерійний на основі коефіцієнту закріплення операцій. На основі серійності та конструктивних особливостей деталі розглянуто, як можливі способи виготовлення заготовки. Як основний метод обрано лиття. Проаналізувавши програму випуску та врахувавши форму та конструктивні особливості, та врахувавши техніко-економічні показники остаточним методом лиття обрано лиття в оболонковій формі.

Проведено аналіз існуючих типових рішень та визначено основний алгоритм обробки деталі.

В другому розділі проведений аналіз конструкції та технологічності деталі, який показав що конструкція деталі в цілому технологічна. Деталь має хороші базові поверхні для виконання більшості операцій механічної обробки.

Враховуючи серійність, типові маршрути механічної обробки типових деталей та особливості конструкції деталі і її функціонального призначення, запропонований технологічний процес обробки деталі, який орієнтований на використання гнучкого виробництва на базі верстатів з ЧПК: 6P13PФ3 та 6904ЧМФ3.

Проведено розмірний аналіз технологічного процесу, розраховані припуски (аналітичним способом) на обробку отвору, режими різання, норми часу.

Виконання розмірного аналізу дозволило визначити технологічні розміри та розміри заготовки.

В третьому розділі розроблено тривимірні моделі деталей та заготовок в CAD системі Cimatron, які є вхідними даними для розробки керувальних програм для верстатів з ЧПК.

За допомогою САМ-системи Cimatron створено керуючу програму для обробки деталі на операції 010.

В останньому розділі проаналізовано умови праці на виробництві, визначено основні елементи техніки безпеки та пожежної безпеки.

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Павленко П.М. Автоматизація технічної підготовки виробництва. Навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2006. 114с.
2. Стенін О. А. Використання сучасних CAD/CAM/CAE/PLM-систем при крізному паралельному циклі підготовки виробництва / О. А. Стенін, С. В. Ляшковський, М. О. Солдатова // Адаптивні системи автоматичного управління: міжвузівський науково-технічний збірник. – 2010. – № 17(37). – С. 109–117.
3. Лосінський Д.О., Стахміч О.О., Шевцов О.М., Цмокало В.В., Яворський А.А. Застосування CAD/CAM-систем для проектування роботизованих технологічних робочих місць. ВІТКП ВНТУ. Факультет машинобудування та транспорту: зб. матеріалів конференції. Вінниця, 2024. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2025/paper/view/24481>. (дата звернення: 06.06.2025).
4. Остропольська З. М. Системи технологій : навч. посіб. Харк. держ. акад. культури.: ХДАК, 2010. 210 с.
5. Дусанюк Ж.П., Дусанюк С.В. Методичні вказівки до виконання контрольних робіт з дисципліни "Проектування механікозкладальних діляниць та цехів " для студентів заочної форми навчання спеціальностей "Технологія машинобудування" та "Менеджмент організацій машинобудування". Вінниця: ВДТУ, 2002. 58 с.
6. Дусанюк Ж. П., Сивак І.О., Дусанюк С.В. та ін. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Гаряче об'ємне штампування. Навчальний посібник Вінниця: ВНТУ, 2006. 106 с.
7. Дусанюк Ж. П., Шиліна О. П., Репінський С. В. та ін. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки: навчальний. Вінниця : ВНТУ, 2009. 199 с.
8. Поліщук В. А.. Проектування заготовок у машинобудуванні : навчальний посібник. Миколаїв : НУК, 2017 274 с.
9. Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Репінський С. В. Основи технології машинобудування. Частина 1. Вінниця : ВНТУ, 2017. 106 с.

10. Іванов М. І., Дусанюк Ж. П., Дусанюк С. В. та ін. Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування: навчальний посібник. Вінниця: Глобус-Прес, 2011. – 200 с.

11. Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Пурдик В. П. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни „Технологія обробки типових деталей та складання машин” для студентів спеціальностей “Технологія машинобудування” та “Металорізальні верстати та системи”. Вінниця : ВНТУ, 2013. – 123 с.

12. Юрчишин І.І., Литвиняк Я.М., Грицай І.Є., Кукляк М.Л., Кусий Я.М. та ін. Технологія машинобудування: Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт. Навч. посібник. Львів: Видавництво національного університету "Львівська політехніка". 2009. 528с.

13. Буренніков Ю. А., Лозінський Д. О. Технологічні основи машинобудування. Самостійна та індивідуальна робота студентів: навчальний. Вінниця : ВНТУ, 2017. 106 с.

14. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А. Технологія машинобудування. Підручник. Житомир, 2005. 476 с.

15. Пустюльга С.І., Самостян В.Р., Клак Ю.В. Інженерна графіка в SolidWorks: Навчальний посібник– Луцьк: Вежа, 2018. 172 с

16. <https://www.cimatron.com/> [сайт]. Режим доступу: <https://www.cimatron.com/>

17. Лозінський Д. О., Петров О. В., Мироненко О. М. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з дисципліни «САП верстатів з ЧПК. Вінниця : ВНТУ, 2018. 42 с.

18. ДСТУ 2293-99. Охорона праці. Терміни і визначення.

19. Віштак І. В. Охорона праці в галузях механічної інженерії та транспорту : навчальний посібник / І. В. Віштак, О. В. Березюк. – Вінниця : ВНТУ, 2023. – 195с.

МОЗ України. Наказ № 1596 від 14.07.2020 "Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони". – 81 с.



20. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої та загальної вібрацій.

21. ДСН 3.3.6-037-99. Державні санітарні норми виробничого шуму, ультра-звуку та інфразвуку.

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

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

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

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

26. ДБН В.1.1.7–2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва.

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

Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

ДОДАТКИ

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

## Додаток А

**ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА**

Розробка технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Корпус В.25" з використанням CAD/CAM систем

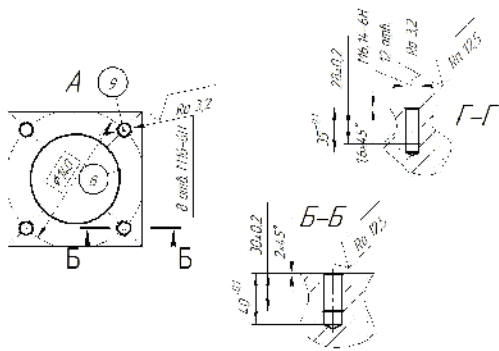
Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

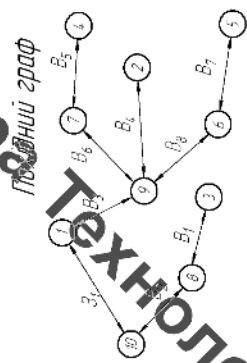
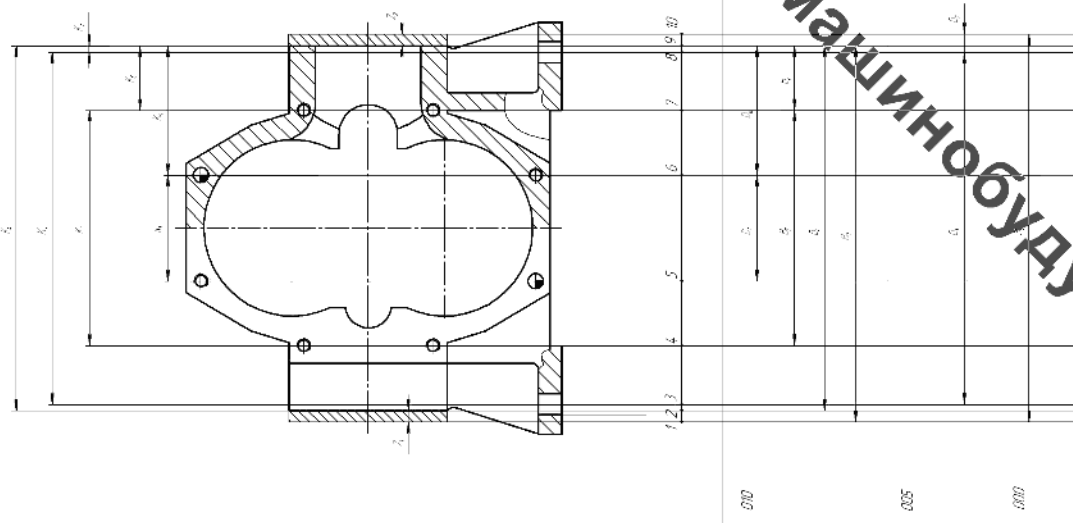
08-64.5KP.023.00.001

[illegible]

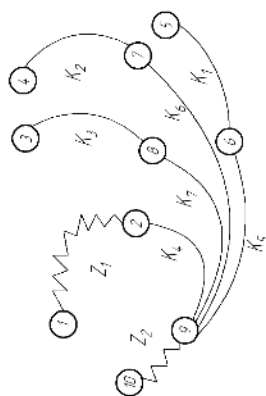
[illegible]

| № операції | Назва операції та зміст переходів                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Схема установки | Обладнання                          |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------------------|
| 005        | <p><u>Комбінована</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку.</li> <li>2. Фрезерувати поверхню 1 попередньо.</li> <li>3. Фрезерувати поверхню 1 остаточно.</li> <li>4. Центрувати отвори 2.</li> <li>5. Свердлити отвори 2.</li> <li>6. Розвернути отвори 2.</li> <li>7. Зенкерувати отвори 2.</li> <li>8. Зняти деталь.</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                 | <p>6Р13РФ3<br/>спец.<br/>прис.</p>  |
| 010        | <p><u>Комбінована</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку.</li> <li>2. Фрезерувати пов. 1, повернути стіл на <math>180^\circ</math>, пов. 2 в р-р <math>l=310</math> мм</li> </ol> <p>Повернути стіл на <math>90^\circ</math></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. Фрезерувати пов. 3, повернути стіл на <math>180^\circ</math>, пов. 4 в р-р <math>l=310</math> мм попередньо</li> <li>4. Розточити отв. 5 6 в. р-р <math>14.9.96_{-0.002}^{+0.002}</math> попередньо</li> </ol> <p>Повернути стіл на <math>90^\circ</math></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>5. Розточити отв. 7 8 в. р-р <math>90_{-0.07}^{+0.07}</math></li> </ol> <p>Повернути стіл на <math>90^\circ</math></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>6. Фрезерувати пов. 3, повернути стіл на <math>180^\circ</math>, пов. 4 в. р-р <math>103_{-0.14}^{+0.14}</math> попередньо</li> <li>7. Розточити отв. 5 6 в. р-р <math>148.81_{-0.149}^{+0.149}</math> попередньо</li> <li>8. Фрезерувати пов. 3, повернути стіл на <math>180^\circ</math>, пов. 4 в. р-р <math>100_{-0.054}^{+0.054}</math> остаточно</li> <li>9. Розточити отв. 5 6 в. р-р <math>150_{-0.043}^{+0.043}</math> остаточно</li> </ol> |                 | <p>6904ПМФ3<br/>спец.<br/>прис.</p> |

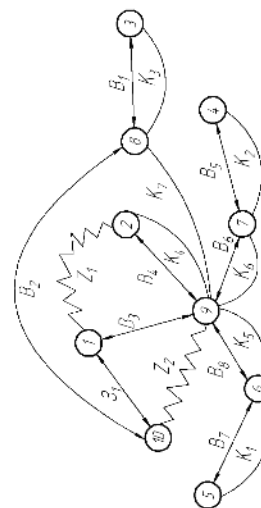
| № операції | Назва операції та зміст переходів                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Схема установки                                                                                                                                                      | Обладнання                  |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
|            | <p>10. Центрувати 6 отв. 10, 2 отв. 11, повернути стіл на <math>90^\circ</math>, 4 отв. 9 в. р-ри 1.5мм, 1.5мм, 2.5мм, повернути стіл на <math>90^\circ</math>, 6 отв. 10, 2 отв. 11, повернути стіл на <math>90^\circ</math>, 4 отв. 9 в. р-ри 1.5мм, 1.5мм, 2.5мм</p> <p>11. Свердлити 4 отв. 9 <math>\phi 14^{+0.1}_{-0}</math> <math>l=40^{+0.1}_{-0}</math>, повернути стіл на <math>180^\circ</math>, 4 отв. 9 <math>\phi 14^{+0.1}_{-0}</math> <math>l=40^{+0.1}_{-0}</math></p> <p>12. Нарізати різь в 4 отв. 9 M16 <math>l=35\pm 0.2</math>, повернути стіл на <math>180^\circ</math>, в 4 отв. 9 M16 <math>l=35\pm 0.2</math></p> <p>Повернути стіл на <math>90^\circ</math></p> <p>13. Свердлити 6 отв. 10 <math>\phi 10^{+0.1}_{-0}</math> <math>l=35^{+0.1}_{-0}</math>, повернути стіл на <math>180^\circ</math>, 6 отв. 10 <math>\phi 10^{+0.1}_{-0}</math> <math>l=35^{+0.1}_{-0}</math></p> <p>14. Нарізати різь в 6 отв. 10 M12 <math>l=28\pm 0.2</math>, повернути стіл на <math>180^\circ</math>, в 6 отв. 10 M12 <math>l=28\pm 0.2</math></p> <p>15. Свердлити 4 отв. 11 <math>\phi 12^{+0.1}_{-0}</math> <math>l=35^{+0.1}_{-0}</math></p> <p>16. Розвернути 4 отв. 11 <math>\phi 12.6^{+0.1}_{-0}</math> <math>l=35^{+0.1}_{-0}</math></p> <p>17. Зенкерувати 4 отв. 11 <math>\phi 13^{+0.027}_{-0}</math> <math>l=35^{+0.1}_{-0}</math></p> <p>18. Зняти деталь</p> |  <p>Наказані граничні відхилення розмірів Н14, Н14, з <math>\frac{2}{2}</math></p> | 6904ПМФЗ<br>спец.<br>прист. |



Вихідний граф



Зуміщений граф



| № рівняння | Розрахункове рівняння    | Система рівняння     | Шуканий розмір |
|------------|--------------------------|----------------------|----------------|
| 1          | $-K_5 + B_1 = 0$         | $K_5 = B_1$          | $B_1$          |
| 2          | $-K_4 + B_2 = 0$         | $K_4 = B_2$          | $B_2$          |
| 3          | $-K_2 + B_3 = 0$         | $K_2 = B_3$          | $B_3$          |
| 4          | $-K_3 + B_7 = 0$         | $K_3 = B_7$          | $B_7$          |
| 5          | $-K_6 + B_6 = 0$         | $K_6 = B_6$          | $B_6$          |
| 6          | $B_3 - K_5 = 0$          | $K_5 = B_6$          | $B_6$          |
| 7          | $B_2 - K_5 - Z_2 = 0$    | $Z_2 = B_2 - K_5$    | $B_2$          |
| 8          | $B_3 - B_4 - Z_1 = 0$    | $Z_1 = B_3 - B_4$    | $B_3$          |
| 9          | $3 \cdot -Z_2 - B_3 = 0$ | $Z_2 = 3 \cdot -B_3$ | $3 \cdot$      |

| Технологічні розміри,<br>розміри заготовки | z <sub>1</sub> | B <sub>1</sub> | B <sub>2</sub> | B <sub>3</sub> | B <sub>4</sub> | B <sub>5</sub> | B <sub>6</sub> | B <sub>7</sub> | B <sub>8</sub> |
|--------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Попередні зняття допусків                  | 3,2            | 1              | 0,3            | 1,3            | 1,3            | 0,44           | 0,74           | 0,44           | 0,87           |
| Квалітет                                   | 14             | 14             | 14             | 12             | 12             | 12             | 14             | 12             | 14             |
| Остаточні зняття допусків                  | 3,2            | 1              | 0,3            | 1,3            | 1,3            | 0,44           | 0,74           | 0,44           | 0,87           |
| Номинальні розміри                         | 314,7          | 300            | 6,4            | 311,4          | 310            | 200            | 57,5           | 90             | 110            |



## Алгоритм створення керуючої програми для верстата з ЧПК

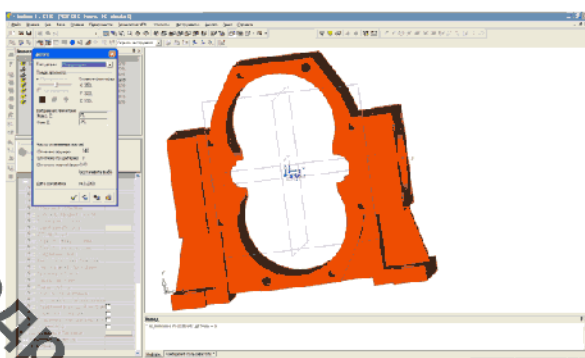


Рисунок 1 – Введення початкових даних

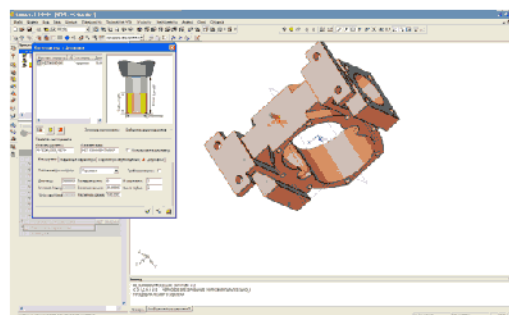


Рисунок 2 – Вибір інструмента

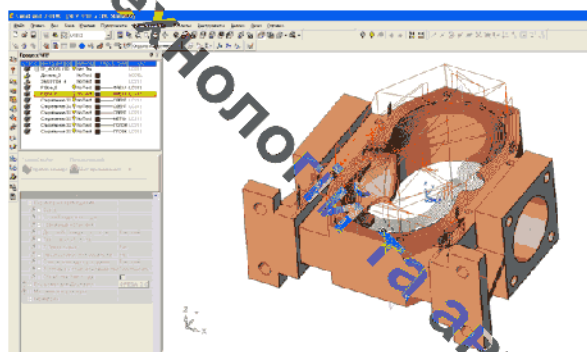


Рисунок 3 – 3D Рухи інструмента

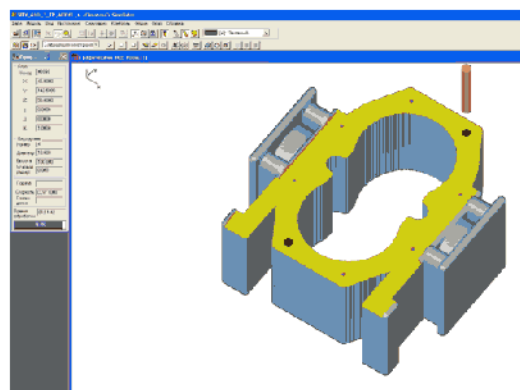


Рисунок 4 – Симуляція обробки

## Додаток Б

Програма обробки деталі на верстаті з ЧПК

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

MW\_UNITS\_METRIC 1

MW\_OP\_START

MW\_OP\_NUMBER 0

MW\_OP\_COMMENT "No Text"

MW\_TOOL\_NUMBER 0

MW\_TOOL\_COMMENT "ФРЕЗА ЧОФН\_005"

MW\_TOOL\_HLD\_DEF 0 0 0 0 0 0

MW\_TOOL\_ARB\_DEF 0 0 0 0 0 0

MW\_TOOL\_DEF\_APT 75.000000 25. 30. 0.000000 0

MW\_TOOL\_PROFILE\_CHORDAL\_TOL 0.1

MW\_TOOL\_LEN\_COMPENSATION 30

MW\_MACHMOVE RAPID X0. Y-30. Z0. B0 C0 F500 BLK11

MW\_MACHMOVE RAPID X-219.7439 Y-30. Z93.8743 B0 C0 F500 BLK12

MW\_MACHMOVE RAPID X-219.7439 Y-7.4679 Z93.8743 B0 C0 F500 BLK13

MW\_MACHMOVE FEED X-219.7439 Y-5.4679 Z93.8743 B0 C0 F500 BLK15

MW\_MACHMOVE FEED X-219.7439 Y-4.9679 Z93.8743 B0 C0 F150 BLK17

MW\_MACHMOVE FEED X-219.7439 Y0. Z93.8743 B0 C0 F500 BLK19

MW\_MACHMOVE FEED X-155.1617 Y0. Z29.292 B0 C0 F500 BLK20

MW\_MACHMOVE FEED X-120.3866 Y0. Z29.292 B0 C0 F150 BLK23

MW\_MACHMOVE FEED X-120.3866 Y0. Z29.292 B0 C0 F155 BLK25

MW\_MACHMOVE RAPID X-120.3866 Y-30. Z29.292 B0 C0 F155 BLK28

MW\_MACHMOVE RAPID X-155.1617 Y-30. Z29.292 B0 C0 F155 BLK30

MW\_MACHMOVE RAPID X-155.1617 Y-27.5 Z29.292 B0 C0 F155 BLK32

MW\_MACHMOVE FEED X-155.1617 Y-25.5 Z29.292 B0 C0 F500 BLK34

MW\_MACHMOVE FEED X-155.1617 Y0. Z29.292 B0 C0 F150 BLK36

MW\_MACHMOVE FEED X-155.1617 Y0. Z-0.5152 B0 C0 F500 BLK38

MW\_MACHMOVE FEED X-120.3866 Y0. Z-0.5152 B0 C0 F466 BLK41

MW\_MACHMOVE RAPID X-120.3866 Y-30. Z-0.5152 B0 C0 F466 BLK44

MW\_MACHMOVE RAPID X-155.1617 Y-30. Z-0.5152 B0 C0 F466 BLK46

MW\_MACHMOVE RAPID X-155.1617 Y-27.5 Z-0.5152 B0 C0 F466 BLK48

MW\_MACHMOVE FEED X-155.1617 Y-25.5 Z-0.5152 B0 C0 F500 BLK50

MW\_MACHMOVE FEED X-155.1617 Y0. Z-0.5152 B0 C0 F150 BLK52

MW\_MACHMOVE FEED X-155.1617 Y0. Z-30.3223 B0 C0 F500 BLK54

MW\_MACHMOVE FEED X-146.4679 Y0. Z-30.3223 B0 C0 F500 BLK57

MW\_MACHMOVE FEED X-120.3866 Y0. Z-30.3223 B0 C0 F500 BLK58

MW\_MACHMOVE RAPID X-120.3866 Y-30. Z-30.3223 B0 C0 F500 BLK61

MW\_MACHMOVE RAPID X-130. Y-30. Z-30.3223 B0 C0 F500 BLK63

MW\_MACHMOVE RAPID X-130. Y-28.5 Z-30.3223 B0 C0 F500 BLK65

MW\_MACHMOVE FEED X-130. Y-26.5 Z-30.3223 B0 C0 F500 BLK67

MW\_MACHMOVE FEED X-130. Y-26. Z-30.3223 B0 C0 F150 BLK69

MW\_MACHMOVE FEED X-130. Y0. Z-30.3223 B0 C0 F500 BLK71

MW\_MACHMOVE FEED X-130. Y0. Z-50. B0 C0 F500 BLK72

MW\_MACHMOVE FEED X-100. Y0. Z-50. B0 C0 F150 BLK75

MW\_MACHMOVE FEED X-100. Y0. Z49.1635 B0 C0 F500 BLK77  
 MW\_MACHMOVE FEED X-100. Y0. Z50. B0 C0 F500 BLK78  
 MW\_MACHMOVE FEED X-100.5152 Y0. Z50. B0 C0 F500 BLK79  
 MW\_MACHMOVE FEED X-125.3545 Y0. Z50. B0 C0 F500 BLK80  
 MW\_MACHMOVE FEED X-130. Y0. Z50. B0 C0 F681 BLK82  
 MW\_MACHMOVE FEED X-130. Y0. Z74.5014 B0 C0 F656 BLK84  
 MW\_MACHMOVE FEED X-130.0049 Y0. Z75. B0 C0 F615 BLK86  
 MW\_MACHMOVE FEED X-175. Y0. Z75. B0 C0 F500 BLK88  
 MW\_MACHMOVE FEED X-175. Y0. Z-75. B0 C0 F500 BLK89  
 MW\_MACHMOVE FEED X-150.1938 Y0. Z-75. B0 C0 F500 BLK90  
 MW\_MACHMOVE FEED X-130. Y0. Z-75. B0 C0 F500 BLK91  
 MW\_MACHMOVE FEED X-130. Y0. Z-50. B0 C0 F500 BLK92  
 MW\_MACHMOVE RAPID X-130. Y-30. Z-50. B0 C0 F500 BLK97  
 MW\_MACHMOVE RAPID X63.4244 Y-30. Z78.9707 B0 C0 F500 BLK99  
 MW\_MACHMOVE RAPID X63.4244 Y-7.4679 Z78.9707 B0 C0 F500 BLK101  
 MW\_MACHMOVE FEED X63.4244 Y-5.4679 Z78.9707 B0 C0 F500 BLK103  
 MW\_MACHMOVE FEED X63.4244 Y-4.9679 Z78.9707 B0 C0 F150 BLK105  
 MW\_MACHMOVE FEED X63.4244 Y0. Z78.9707 B0 C0 F500 BLK107  
 MW\_MACHMOVE FEED X66.9902 Y0. Z76.9203 B0 C0 F500 BLK108  
 MW\_MACHMOVE FEED X118.0709 Y0. Z29.292 B0 C0 F500 BLK109  
 MW\_MACHMOVE FEED X152.846 Y0. Z29.292 B0 C0 F150 BLK112  
 MW\_MACHMOVE RAPID X152.846 Y-30. Z29.292 B0 C0 F150 BLK115  
 MW\_MACHMOVE RAPID X118.0709 Y-30. Z29.292 B0 C0 F150 BLK117  
 MW\_MACHMOVE RAPID X118.0709 Y-27.5 Z29.292 B0 C0 F150 BLK119  
 MW\_MACHMOVE FEED X118.0709 Y-25.5 Z29.292 B0 C0 F500 BLK121  
 MW\_MACHMOVE FEED X118.0709 Y0. Z29.292 B0 C0 F150 BLK123  
 MW\_MACHMOVE FEED X118.0709 Y0. Z-0.5152 B0 C0 F500 BLK125  
 MW\_MACHMOVE FEED X152.846 Y0. Z-0.5152 B0 C0 F466 BLK128  
 MW\_MACHMOVE RAPID X152.846 Y-30. Z-0.5152 B0 C0 F466 BLK131  
 MW\_MACHMOVE RAPID X118.0709 Y-30. Z-0.5152 B0 C0 F466 BLK133  
 MW\_MACHMOVE RAPID X118.0709 Y-27.5 Z-0.5152 B0 C0 F466 BLK135  
 MW\_MACHMOVE FEED X118.0709 Y-25.5 Z-0.5152 B0 C0 F500 BLK137  
 MW\_MACHMOVE FEED X118.0709 Y0. Z-0.5152 B0 C0 F150 BLK139  
 MW\_MACHMOVE FEED X118.0709 Y0. Z-30.3223 B0 C0 F500 BLK141  
 MW\_MACHMOVE FEED X152.846 Y0. Z-30.3223 B0 C0 F500 BLK144  
 MW\_MACHMOVE FEED X132.4699 Y0. Z-45.1484 B0 C0 F500 BLK147  
 MW\_MACHMOVE FEED X131.7549 Y0. Z-45.7598 B0 C0 F500 BLK148  
 MW\_MACHMOVE FEED X131.1442 Y0. Z-46.4756 B0 C0 F500 BLK149  
 MW\_MACHMOVE FEED X130.653 Y0. Z-47.2779 B0 C0 F500 BLK150  
 MW\_MACHMOVE FEED X130.2932 Y0. Z-48.1472 B0 C0 F500 BLK151  
 MW\_MACHMOVE FEED X130.0738 Y0. Z-49.0621 B0 C0 F500 BLK152  
 MW\_MACHMOVE FEED X130. Y0. Z-50. B0 C0 F500 BLK153  
 MW\_MACHMOVE FEED X130. Y0. Z-75. B0 C0 F500 BLK156  
 MW\_MACHMOVE FEED X147.8781 Y0. Z-75. B0 C0 F500 BLK157  
 MW\_MACHMOVE FEED X175. Y0. Z-75. B0 C0 F500 BLK158

MW\_MACHMOVE FEED X175. Y0. Z75. B0 C0 F500 BLK160  
 MW\_MACHMOVE FEED X130. Y0. Z74.9999 B0 C0 F500 BLK161  
 MW\_MACHMOVE FEED X130. Y0. Z50. B0 C0 F500 BLK162  
 MW\_MACHMOVE FEED X100. Y0. Z50. B0 C0 F500 BLK163  
 MW\_MACHMOVE FEED X100. Y0. Z-50. B0 C0 F500 BLK164  
 MW\_MACHMOVE FEED X130. Y0. Z-50. B0 C0 F500 BLK165  
 MW\_MACHMOVE RAPID X130. Y-30. Z-50. B0 C0 F500 BLK170  
 MW\_OP\_END  
 MW\_OP\_START  
 MW\_OP\_NUMBER 1  
 MW\_OP\_COMMENT "No Text"  
 MW\_TOOL\_NUMBER 1  
 MW\_TOOL\_COMMENT "СВЕРЛО\_17\_5"  
 MW\_TOOL\_HLD\_DEF 0 0 0 0 0 0  
 MW\_TOOL\_ARB\_DEF 0 0 0 0 0 0  
 MW\_TOOL\_DEF\_APT 17.500000 25. 30. 0.000000 0  
 MW\_TOOL\_PROFILE\_CHORDAL\_TOL 0.1  
 MW\_TOOL\_LEN\_COMPENSATION 30  
 MW\_MACHMOVE RAPID X-150. Y-35. Z-50. B0 C0 F BLK8  
 MW\_MACHMOVE RAPID X-150. Y-1. Z-50. B0 C0 F BLK8  
 MW\_MACHMOVE FEED X-150. Y25. Z-50. B0 C0 F500 BLK8  
 MW\_MACHMOVE RAPID X-150. Y-35. Z-50. B0 C0 F BLK8  
 MW\_MACHMOVE RAPID X-150. Y-25. Z50. B0 C0 F BLK9  
 MW\_MACHMOVE RAPID X-150. Y-1. Z50. B0 C0 F BLK9  
 MW\_MACHMOVE FEED X-150. Y25. Z50. B0 C0 F500 BLK9  
 MW\_MACHMOVE RAPID X-150. Y-35. Z50. B0 C0 F BLK^ I9  
 MW\_MACHMOVE RAPID X150. Y-35. Z50. B0 C0 F BLK10  
 MW\_MACHMOVE RAPID X150. Y-1. Z50. B0 C0 F BLK10  
 MW\_MACHMOVE FEED X150. Y25. Z50. B0 C0 F500 BLK10  
 MW\_MACHMOVE RAPID X150. Y-35. Z50. B0 C0 F BLK^ I10  
 MW\_MACHMOVE RAPID X150. Y-35. Z-50. B0 C0 F BLK11  
 MW\_MACHMOVE RAPID X150. Y-1. Z-50. B0 C0 F BLK11  
 MW\_MACHMOVE FEED X150. Y25. Z-50. B0 C0 F500 BLK11  
 MW\_MACHMOVE RAPID X150. Y-35. Z-50. B0 C0 F BLK^ I11  
 MW\_OP\_END  
 MW\_OP\_START  
 MW\_OP\_NUMBER 2  
 MW\_OP\_COMMENT "No Text"  
 MW\_TOOL\_NUMBER 2  
 MW\_TOOL\_COMMENT "ЗЕРКАЛО\_005"  
 MW\_TOOL\_HLD\_DEF 0 0 0 0 0 0  
 MW\_TOOL\_ARB\_DEF 0 0 0 0 0 0  
 MW\_TOOL\_DEF\_APT 17.900000 25. 30. 0.000000 0  
 MW\_TOOL\_PROFILE\_CHORDAL\_TOL 0.1  
 MW\_TOOL\_LEN\_COMPENSATION 30

MW\_MACHMOVE RAPID X-150. Y-35. Z-50. B0 C0 F BLK8  
 MW\_MACHMOVE RAPID X-150. Y-1. Z-50. B0 C0 F BLK8  
 MW\_MACHMOVE FEED X-150. Y25. Z-50. B0 C0 F500 BLK8  
 MW\_MACHMOVE RAPID X-150. Y-35. Z-50. B0 C0 F BLK8  
 MW\_MACHMOVE RAPID X-150. Y-35. Z50. B0 C0 F BLK9  
 MW\_MACHMOVE RAPID X-150. Y-1. Z50. B0 C0 F BLK9  
 MW\_MACHMOVE FEED X-150. Y25. Z50. B0 C0 F500 BLK9  
 MW\_MACHMOVE RAPID X-150. Y-35. Z50. B0 C0 F BLK^ I9  
 MW\_MACHMOVE RAPID X150. Y-35. Z50. B0 C0 F BLK10  
 MW\_MACHMOVE RAPID X150. Y-1. Z50. B0 C0 F BLK10  
 MW\_MACHMOVE FEED X150. Y25. Z50. B0 C0 F500 BLK10  
 MW\_MACHMOVE RAPID X150. Y-35. Z50. B0 C0 F BLK^ I10  
 MW\_MACHMOVE RAPID X150. Y-35. Z-50. B0 C0 F BLK11  
 MW\_MACHMOVE RAPID X150. Y-1. Z-50. B0 C0 F BLK11  
 MW\_MACHMOVE FEED X150. Y25. Z-50. B0 C0 F500 BLK11  
 MW\_MACHMOVE RAPID X150. Y-35. Z-50. B0 C0 F BLK^ I11  
 MW\_OP\_END  
 MW\_OP\_START  
 MW\_OP\_NUMBER 3  
 MW\_OP\_COMMENT "No Text"  
 MW\_TOOL\_NUMBER 3  
 MW\_TOOL\_COMMENT "ПАЗБЕРІКА\_005"  
 MW\_TOOL\_HLD\_DEF 0 0 0 0 0 0  
 MW\_TOOL\_ARB\_DEF 0 0 0 0 0 0  
 MW\_TOOL\_DEF\_APT 18.000000 25. 30. 0.000000 0  
 MW\_TOOL\_PROFILE\_CHORDAL\_TOL 0.1  
 MW\_TOOL\_LEN\_COMPENSATION 30  
 MW\_MACHMOVE RAPID X-150. Y-35. Z-50. B0 C0 F BLK8  
 MW\_MACHMOVE RAPID X-150. Y-1. Z-50. B0 C0 F BLK8  
 MW\_MACHMOVE FEED X-150. Y25. Z-50. B0 C0 F500 BLK8  
 MW\_MACHMOVE RAPID X-150. Y-35. Z-50. B0 C0 F BLK8  
 MW\_MACHMOVE RAPID X-150. Y-35. Z50. B0 C0 F BLK9  
 MW\_MACHMOVE RAPID X-150. Y-1. Z50. B0 C0 F BLK9  
 MW\_MACHMOVE FEED X-150. Y25. Z50. B0 C0 F500 BLK9  
 MW\_MACHMOVE RAPID X-150. Y-35. Z50. B0 C0 F BLK^ I9  
 MW\_MACHMOVE RAPID X150. Y-35. Z50. B0 C0 F BLK10  
 MW\_MACHMOVE RAPID X150. Y-1. Z50. B0 C0 F BLK10  
 MW\_MACHMOVE FEED X150. Y25. Z50. B0 C0 F500 BLK10  
 MW\_MACHMOVE RAPID X150. Y-35. Z50. B0 C0 F BLK^ I10  
 MW\_MACHMOVE RAPID X150. Y-35. Z-50. B0 C0 F BLK11  
 MW\_MACHMOVE RAPID X150. Y-1. Z-50. B0 C0 F BLK11  
 MW\_MACHMOVE FEED X150. Y25. Z-50. B0 C0 F500 BLK11  
 MW\_MACHMOVE RAPID X150. Y-35. Z-50. B0 C0 F BLK^ I11  
 MW\_OP\_END

## Додаток В

**ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

Назва роботи: Розробка технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Корпус В.25" з використанням CAD/CAM систем

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

Підрозділ кафедра ТАМ, ФМТ, гр. 1ПМ-216  
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism 28,81 %

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 ОНП  
(ім'я, прізвище, посада)

(підпис)

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

(підпис)

Особа, відповідальна за перевірку

(підпис)

Дмитро ЛОЗІНСЬКИЙ  
(ім'я, прізвище)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник

(підпис)

Дмитро ЛОЗІНСЬКИЙ

(ім'я, прізвище, посада)

Здобувач

(підпис)

Владислав ЦМОКАЛО

(ім'я, прізвище)