

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вишого навчального закладу)

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

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

Бакалаврська дипломна робота

на тему:

«РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ "КОРПУС-КК-01К"
З ВИКОРИСТАННЯМ САД/САМ СИСТЕМ»

Виконав: студент 4 курсу, групи 1ПМ-206
спеціальності 131 – Прикладна
механіка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)


(підпис)

Станіслав КУМАНЬ
(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

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

« 06 » 06 2024 р.

Рецензент: к.т.н., доц. каф. АТМ


(підпис)

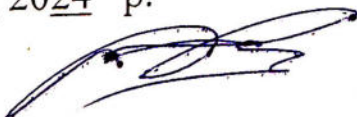
Микол МИТКО
(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

« 12 » 06 2024 р.

Допущено до захисту

Зав. кафедри

« 7 » 06 2024 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

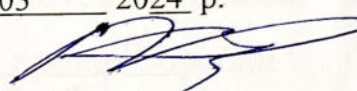
(назва освітньо - професійної програми)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

д.т.н., професор Козлов Л.Г.

« 11 » 03 2024 р.



З А В Д А Н Н Я НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Куманю Станіславу Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Корпус-КК-01К» 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 « 11 » 03 2024 року №80

2. Термін подання студентом роботи 14.06.24р.

3. Вихідні дані до роботи Креслення деталі: Корпус-КК-01К

Матеріал: Чавун СЧ20 ГОСТ 1412-85, Програма випуску: 1500 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;

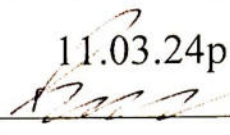
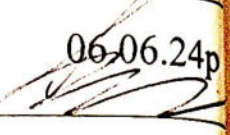
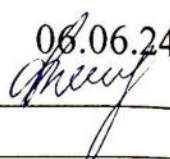
робоче креслення заготовки;

маршрут механічної обробки деталі;

розмірний аналіз технологічного процесу; карта налагоджень

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, доцент кафедри ТАМ	11.03.24р 	06.06.24р 
Охорона праці	Інна ВІШТАК, доцент кафедри БЖД ПБ	27.05.24р 	06.06.24р 

7. Дата видачі завдання «11» 03 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Приміт
		початок	закінчення	
	Формування та затвердження теми бакалаврської дипломної роботи (БДР)	11.03.24р	20.03.24р	
	Виконання спеціальної частини БДР. Перший рубіжний контроль виконання БДР	23.04.24р	26.04.24р	
	Виконання спеціальної частини БДР. Другий рубіжний контроль виконання БДР	27.05.24р	29.05.24р	
	Виконання розділу «Охорона праці»	27.05.24р	06.06.24р	
	Перевірка на антиплагіат	06.06.24р	07.06.24р	
	Нормоконтроль БДР	06.06.24р	07.06.24р	
	Попередній захист БДР	10.06.24р	11.06.24р	
	Рецензування БДР	11.06.24р	12.06.24р	
	Захист БДР	18.06.24р.	21.06.24р.	

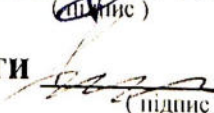
Студент


(підпис)

Станіслав КУМАНЬ

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи


(підпис)

Дмитро ЛОЗІНСЬКИЙ

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська дипломна робота складається з 77 сторінок формату А4, на яких є 19 рисунків, 22 таблиці, список використаних джерел містить 26 найменувань.

Метою роботи є розробка технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Корпус К-02А" 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 К-02А", 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 77 A4 pages, which have 19 figures, 22 tables, the list of sources used contains 26 items.

The purpose of the work is to develop a technological process of mechanical processing of the workpiece "Housing K-02A " 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 K-02A" 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 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.....	14
1.4 Огляд відомих технологічних процесів обробки типових деталей.....	17
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	31
2.4 Розмірний аналіз технологічного процесу	39
2.5 Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 52H8^{(+0,046)}$	45
2.6 Визначення режимів різання.....	51
3 РОЗРОБКА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ НА ВЕРСТАТІ З ЧПК.....	56
3.1 Розробка 3D-моделі деталі.....	56
3.2 Методика створення 3D-моделі деталі (вузла) із докладним описом дій побудови.	56
3.3 Розробка керуючої програми для верстата з ЧПК за допомогою САМ- систем	60
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	64
4.1 Аналіз умов праці	64
4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	66
4.3 Пожежна безпека.....	71
ВИСНОВКИ	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	75

ДОДАТКИ	78
Додаток А. ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА	79
Додаток Б. Програма обробки деталі на верстаті з ЧПК	86
Додаток В. ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ.....	91

ВСТУП

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

Основоположним елементом життєвого циклу виробу у машинобудування є виробничий процес, безпосередньою складовою якого є технологічний процес.

Актуальність теми. Створення нових виробів завжди пов'язане з певними складнощами вибору вдаліших варіантів певних процесів та раціоналізації виробництва в цілому. Задачі покращення як окремих елементів виробництва та виробництва в цілому є типовою задачею на виробництві, яке прагне розвиватися та ставати більш ефективним саме тому впровадження спеціалізованого програмного забезпечення, як CAD/CAM системи 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 К-02А" з використанням CAD/CAM систем.

Для досягнення необхідної мети робіт 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

Задана деталь – корпус. Виготовляється в умовах дрібносерійного виробництва з матеріалу Сталь 30Л ГОСТ977-88 і призначена для монтажу підшипника у вузлі, також для приєднання іншого обладнання. Заготовка отримується литтям, що дає змогу отримати максимально наближену конфігурацію деталі.

Деталь має циліндричну форму, що сполучена з плитою. Внутрішня поверхня – циліндричний ступінчастий отвір.

У зв'язку з тим, що розвиток технологій обробки чи верстатного обладнання є досить повільним у порівнянні з розвитком спеціалізованого програмного забезпечення саме завдяки застосуванню та вдосконаленню останнього, як певного виробничого комплексу забезпечує можливість покращення продуктивності та ефективності розробки виробів та їх виготовлення [1-3].

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

Найбільш характерні переходи механічної обробки поверхонь деталі:

- фрезерувати площину 100×74 попередньо(згідно 14 квалітету);
- фрезерувати площину 100×74 попередньо(згідно 14 квалітету);
- фрезерувати паз 8Н8 попередньо(згідно 14 квалітету);
- фрезерувати торець $\varnothing 80h14$ попередньо(згідно 14 квалітету);
- фрезерувати торець $\varnothing 68$ однократно(згідно 14 квалітету);
- фрезерувати торець $\varnothing 80$ остаточно(згідно 14 квалітету);
- розточити отвір $\varnothing 42$ (згідно 14 квалітету);
- свердлити 4 отвори $\varnothing 4$ (згідно 14 квалітету).

Норми часу $T_{осн}$ необхідного для обробки вказаних поверхонь визначається за формулами наближеного нормування:

Фрезерувати площину 100×74 попередньо(згідно 14 квалітету):

$$T'_{осн1} = 6 \cdot l = 6 \cdot 95,5 \cdot 10^{-3} = 0,573 \text{ (хв.)}.$$

Фрезерувати площину 100×74 попередньо(згідно 14 квалітету):

$$T'_{осн2} = 6 \cdot l = 6 \cdot 95,5 \cdot 10^{-3} = 0,573 \text{ (хв.)}.$$

Фрезерувати паз 8Н8 попередньо(згідно 14 квалітету):

$$T'_{осн3} = 6 \cdot l = 6 \cdot 95,5 \cdot 10^{-3} = 0,573 \text{ (хв.)}.$$

Фрезерувати торець Ø80h14 попередньо(згідно 14 квалітету):

$$T'_{осн4} = 6 \cdot l = 6 \cdot 80 \cdot 10^{-3} = 0,48 \text{ (хв.)}.$$

Фрезерувати торець Ø68 однократно(згідно 14 квалітету):

$$T'_{осн5} = 6 \cdot l = 6 \cdot 68 \cdot 10^{-3} = 0,408 \text{ (хв.)}.$$

Фрезерувати торець Ø80 остаточно(згідно 14 квалітету):

$$T'_{осн6} = 4 \cdot l = 4 \cdot 80 \cdot 10^{-3} = 0,32 \text{ (хв.)}.$$

Розточити отвір Ø42(згідно 14 квалітету):

$$T_{осл7} = 0,18 \cdot d \cdot l = 0,18 \cdot 42 \cdot 42 \cdot 10^{-3} = 0,317 \text{ (хв.)}.$$

Свердли 4 отвори Ø4 (згідно 14 квалітету):

$$T_{осл8} = 4 \cdot 0,52 \cdot d \cdot l = 4 \cdot 0,52 \cdot 9 \cdot 10^{-3} = 1,893 \text{ (хв.)}.$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час $T_{шт-к}$. При програмі випуску $N=3000$ шт і масі деталі – 2,187 кг згідно [5] виробництво дрібносерійне. Для дрібносерійного виробництва за таблицею вибрано ϕ_k .

Фрезерувати площину 100×74 попередньо(згідно 14 квалітету):

$$T_{шт-к1} = T_{осл1} \cdot \phi_k = 0,573 \cdot 1,84 = 1,05 \text{ (хв.)}.$$

Фрезерувати площину 100×74 попередньо(згідно 14 квалітету):

$$T_{шт-к1} = T_{осл1} \cdot \phi_k = 0,573 \cdot 1,84 = 1,05 \text{ (хв.)}.$$

Фрезерувати паз 8Н8 попередньо(згідно 14 квалітету):

$$T_{шт-к1} = T_{осл1} \cdot \phi_k = 0,573 \cdot 1,84 = 1,05 \text{ (хв.)}.$$

Фрезерувати торець Ø80h14 попередньо(згідно 14 квалітету):

$$T_{шт-к4} = T_{осл4} \cdot \phi_k = 0,480 \cdot 3,25 = 1,56 \text{ (хв.)}.$$

Фрезерувати торець Ø68 однократно(згідно 14 квалітету):

$$T_{шт-к5} = T_{осл5} \cdot \phi_k = 0,408 \cdot 3,25 = 1,33 \text{ (хв.)}.$$

Фрезерувати торець $\varnothing 80$ остаточно(згідно 14 квалітету):

$$T_{\text{шт-к6}} = T_{\text{осн6}} \cdot \phi_k = 0,32 \cdot 3,25 = 1,04 \text{ (хв.)}.$$

Розточити отвір $\varnothing 42$ (згідно 14 квалітету):

$$T_{\text{шт-к7}} = T_{\text{осн7}} \cdot \phi_k = 0,317 \cdot 3,25 = 1,03 \text{ (хв.)}.$$

Свердли 4 отвори $\varnothing 4$ (згідно 14 квалітету):

$$T_{\text{шт-к8}} = T_{\text{осн8}} \cdot \phi_k = 1,893 \cdot 3,25 = 3,48 \text{ (хв.)}.$$

Кількість верстатів для виконання кожного переходу механічної обробки:

Фрезерувати площину 100×74 попередньо(згідно 14 квалітету):

$$C_{p1} = \frac{N \cdot T_{\text{шт-к1}}}{60 \cdot F_q \cdot m \cdot \eta_s} = \frac{3000 \cdot 1,05}{60 \cdot 3890 \cdot 0,8} = 0,0168.$$

Фрезерувати торець $\varnothing 80$ h14 попередньо(згідно 14 квалітету):

$$C_{p2} = \frac{N \cdot T_{\text{шт-к2}}}{60 \cdot F_q \cdot m \cdot \eta_s} = \frac{3000 \cdot 1,56}{60 \cdot 3890 \cdot 0,8} = 0,025.$$

Фрезерувати торець $\varnothing 68$ однократно(згідно 14 квалітету):

$$C_{p3} = \frac{N \cdot T_{\text{шт-к3}}}{60 \cdot F_q \cdot m \cdot \eta_s} = \frac{3000 \cdot 1,33}{60 \cdot 3890 \cdot 0,8} = 0,0213.$$

Фрезерувати торець $\varnothing 80$ остаточно(згідно 14 квалітету):

$$C_{p4} = \frac{N \cdot T_{um-к4}}{60 \cdot I_q \cdot m \cdot \eta_s} = \frac{3000 \cdot 1,04}{60 \cdot 3890 \cdot 0,8} = 0,0166.$$

Розточити отвір $\varnothing 42$ (згідно 14 квалітету):

$$C_{p5} = \frac{N \cdot T_{um-к5}}{60 \cdot I_q \cdot m \cdot \eta_s} = \frac{3000 \cdot 1,03}{60 \cdot 3890 \cdot 0,8} = 0,0165.$$

Свердли 4 отвори $\varnothing 4$ (згідно 14 квалітету):

$$C_{p6} = \frac{N \cdot T'_{um-к6}}{60 \cdot F_q \cdot m \cdot \eta_s} = \frac{3000 \cdot 3,48}{60 \cdot 3890 \cdot 0,8} = 0,056.$$

Для виконання кожного з механічних переходів достатньо одного верстата:

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = P_6 = 1.$$

Коефіцієнт завантаження фактичний визначається:

Фрезерувати площину 100×74 попередньо(згідно 14 квалітету):

$$\eta_{зф1} = \frac{C_{p1}}{P_1} = \frac{0,168}{1} = 0,0168.$$

Фрезерувати торець $\varnothing 80h14$ попередньо(згідно 14 квалітету):

$$\eta_{зф2} = \frac{C_{p2}}{P_2} = \frac{0,25}{1} = 0,025.$$

Фрезерувати торець $\varnothing 68$ однократно(згідно 14 квалітету):

$$\eta_{\phi 3} = \frac{C_{p3}}{P_3} = \frac{0,213}{1} = 0,0213.$$

Фрезерувати торець $\varnothing 80$ остаточно(згідно 14 квалітету):

$$\eta_{\phi 4} = \frac{C_{p4}}{P_4} = \frac{0,166}{1} = 0,0166.$$

Розточити отвір $\varnothing 42$ (згідно 14 квалітету):

$$\eta_{\phi 5} = \frac{C_{p5}}{P_5} = \frac{0,165}{1} = 0,0165.$$

Свердли 4 отвори $\varnothing 4$ (згідно 14 квалітету):

$$\eta_{\phi 6} = \frac{C_{p6}}{P_6} = \frac{0,56}{1} = 0,056.$$

Кількість операцій закріплених за кожним робочим місцем визначається за формулою, що представлена нижче. Одержане число округляється до найближчого більшого цілого, яке є прийнятою кількістю робочих місць Р.

Фрезерувати площину 100×74 попередньо(згідно 14 квалітету):

$$O_1 = \frac{\eta_3}{\eta_{\phi 1}} = \frac{0,8}{0,168} = 48$$

Фрезерувати торець $\varnothing 80h14$ попередньо(згідно 14 квалітету):

$$O_2 = \frac{\eta_3}{\eta_{\phi 2}} = \frac{0,8}{0,25} = 32$$

Фрезерувати торець $\varnothing 68$ однократно(згідно 14 квалітету):

$$O_3 = \frac{\eta_s}{\eta_{зф3}} = \frac{0,8}{0,213} = 38$$

Фрезерувати торець $\varnothing 80$ остаточно(згідно 14 квалітету):

$$O_4 = \frac{\eta_s}{\eta_{зф4}} = \frac{0,8}{0,166} = 49$$

Розточити отвір $\varnothing 42$ (згідно 14 квалітету):

$$O_5 = \frac{\eta_s}{\eta_{зф5}} = \frac{0,8}{0,165} = 49$$

Свердли 4 отвори $\varnothing 4$ (згідно 14 квалітету):

$$O_6 = \frac{\eta_s}{\eta_{зф6}} = \frac{0,8}{0,56} = 15$$

Таким чином, коефіцієнт закріплення операцій.

$K_{с.м.} = \frac{\sum O_o}{P_{дл}} = \frac{48+32+38+49+49+15}{1+1+1+1+1+1} = 39,27 - 20 \leq K_{с.м.} < 40$ - виробництво дрібно-серійне.

Заданий добовий випуск виробів

$$N_o = \frac{N}{254} = \frac{3000}{254} = 11,81 \text{ шт. Приймаємо } N_o = 12 \text{ шт.}$$

Добова продуктивність потокової лінії:

$$Q_o = \frac{F_o}{T'_{шт-к.ср}} \cdot \eta_3 = \frac{3890}{1,51} \cdot 0,8 = 2576 \text{ (шт.)}; \text{ Приймаємо } Q_o = 2576 \text{ (шт.)}.$$

де $T'_{шт-к.ср}$ – середній штучно-калькуляційний час, який визначається за формулою:

$$T'_{шт-к.ср} = \frac{\sum_i^n T'_{шт-к.i}}{n} = \frac{1,05 + 1,56 + 1,33 + 1,04 + 1,03 + 3,48}{6} = 1,51 (\text{хв.})$$

де $T'_{шт-к.i}$ – штучний час i -ої основної операції;

n – кількість основних переходів механічної обробки.

Так як $N_o \leq Q_o$, то організація потової лінії недоцільна.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску допускається визначати спрощеним способом за формулою:

$$n = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{3000 \cdot 6}{254} = 71 \text{ (шт.)}.$$

де a – періодичність запуску в днях (прийнято $a = 6$)

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

$$c = \frac{T'_{шт-к.ср} \cdot n}{476 \cdot 0,8} = \frac{1,51 \cdot 71}{476 \cdot 0,8} = 0,28.$$

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

$$n_{np} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot c_{np}}{T'_{шт-к.ср}} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot 1}{1,51} = 253 \text{ (шт.)}$$

Приймаємо кількість деталей у партії 253 шт.

Висновок: тип виробництва дрібносерійний, форма організації роботи групова, кількість деталей в партії, що запускається на обробку одночасно $n=253$ штуки.

1.3 Огляд можливих методів та способів отримання заготовки

Заготовка деталі є важливим компонентом технологічної підготовки виробництва, оскільки саме параметри заготовки визначають можливі припуски, напуски, стан поверхні та інші важливі параметри, які впливають на алгоритм обробки та його кількісні показники [6-8].

Так як матеріал деталі Сталь 30Л, то методом виготовлення деталі лиття, через те, що матеріал має добрі ливарні властивості. Можливі способи лиття:

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

Для виготовлення даної деталі пропоную 2 варіанти виготовлення — це лиття в піщано-глинисті форми та в оболонкові форми.

Таблиця 1.1 - Порівняльні характеристики способів отримання заготовки

Спосіб одержання поковки	Маса поковки	Припуск на сторону, мм	Досягнення точності розмірів, квалітет	Шорсткість поверхні
кривошипні гарячоштампувальні преси	0,1...1000	0,5...3,0	13...17	160...20
на гвинтових пресах	0,1...1000	0,5...3,0	13...17	160...20
на молотах	0,1...2000	0,75...4,25	15...17	320...40
кування	0,5...250000	2...70	16...17	320...40

Таблиця 1.2 - Якісний аналіз виготовлення заготовки обробкою тиском

Суть способу	Переваги	Недоліки	Область застосування
Лиття в оболонкові форми Заключається у тому, що розплавлений метал заливається у разову форму виготовлену із терморективної смоло- піщаної суміші. Форма виготовляється роз'ємною на гарячому модельному оснащенні при температурі 200-250°C на протязі 15-25 сек., шляхом оплавлення смоло-піщаної суміші, товщина стінок форми 6-10 мм. Модельна плита разом із формою підсушується при температурі 300-350°C Форма безповоротно затвердіває на протязі 50-60 сек., після чого знімається за допомогою виштовхувачів із модельної плити. Аналогічно виготовляються стержні, напівформи складаються із розміщеними у них стержнями і встановлюються у опоці, яка засипається піском. Після охолодження та кристалізації металу форма втрачає свою міцність за рахунок поглинання теплоти розплаву і легко руйнується.	Значна економія металу. Висока точність, низька шорсткість. В 10-20 разів нижчі витрати формувальних матеріалів. Форми негігроскопічні і можуть зберігатися тривалий час. Процес механізований та автоматизований. Менші витрати праці на обробку та очищення.	Втрата точності розмірів при виготовленні великих габаритних виливків. Робота із гарячим оснащенням. Висока вартість терморективної смоли.обладнання оснащення,що призводить до підвищення вартості.	Лиття в оболонкові форми застосовується в основному для виготовлення малих і середніх виливків. Добре ллються тонкостінні виливки із чавуну, вуглецевої і легированої сталі, кольорових металів.

Продовження таблиці 1.2

Суть способу	Переваги	Недоліки	Область застосування
В піщано – глинисті форми Заключається у тому, що по дерев'яних чи металевих моделях в опоках ручним або механізованим способом трамбуванням із піщано-глинистої суміші виготовляють напівформи (форми). При необхідності формування отворів, порожнин у виливках виготовляють стержні із піщано-глинистої суміші, які армують металом. Після сушіння напівформ(форм) напівмоделі вилучають. Напівформи складають розміщуючи в них при необхідності стержні і в утворену порожнину по сформованих у верхній напівформі каналах заливають метал. Метал разом із формою охолоджується на повітрі до повної кристалізації, після чого форма руйнується і вилучається виливок, відділяється ливникова система шляхом відрізання.	Простота способу. Дешевизна та доступність матеріалів. Можливість використання у будь-якому типі виробництва. Порівняно просте та недороге обладнання та інструмент. Можливість виготовлення досить складних за конфігурацією та великих по масі виливків.	Низька точність, велика шорсткість. Великі припуски та допуски на механічну обробку. Великий об'єм послідуєчої механічної обробки. Низький коефіцієнт точності маси. Великі площі зайняті процесом виготовлення. Екологічно брудне виробництво і важкі умови праці.	Переважно застосовують у дрібно-серійному, серійному, одиничному та виконують заготовки будь-якої конфігурації.

Обрано лиття в піщано – глинисті форми тому, що це простий та відносно дешевий спосіб. Можливість використання у середньо серійному виробництві. Порівняно просте та недороге обладнання. Можливість виготовлення досить складних за конфігурацією та великих по масі виливків.

Було вибране також лиття в оболонкові форми тому, що буде значна економія металу та висока точність. Форми можуть зберігатися тривалий час. Процес механізований та автоматизований. Менші витрати праці на обробку та очищення.

1.4 Огляд відомих технологічних процесів обробки типових деталей

Технологічний процес механічної обробки деталі «Корпус К-02А» буде проектуватись на основі типових або групових ТП обробки подібних деталей в залежності від типу виробництва [9-11].

Типізація 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 К-02А» подібною є деталь корпус (рис. 1.3), типовий маршрут обробки якої наведений в таблиці 1.3.

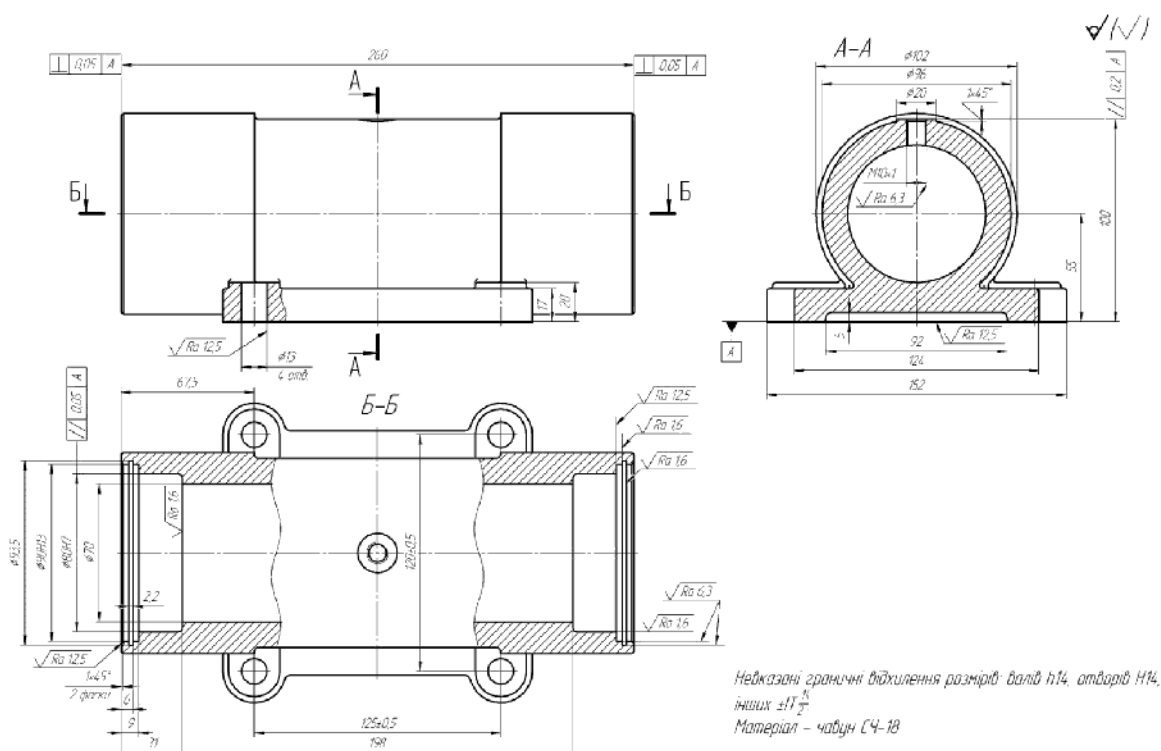


Рисунок 1.1 – Ескіз маршруту механічної обробки деталі "Корпус"

Таблиця 1.3 – Маршрут механічної подібної деталі

Операція	Зміст і найменування операції	Верстат, обладнання	Пристосування
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° . 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 ИР500МФ4	Наладка УВПО (УПВО)
020	Притупити гострі кромки	Верстак	
025	Технічний контроль		
030	Нанесення антикорозійного покриття		

Висновки

Встановлено, що за коефіцієнтом закріплення операцій виробництво дрібно-серійне.

Проаналізувавши різні способи отримання заготовок, і 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 чорнових баз, а саме площини плити та отворів. Деталь, що аналізується – це поєднання частини, що є тілом обертання та плоскої частини, що є основою. 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]

Основні конструкторські бази деталі – це нижня площина основи та отвори, Допоміжні - внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 36H7$, що слугує для правильної підшипників у вузлі та торець із різцевими отворами М6, також лиски із різцевими отворами М5. Решта поверхонь є вільними.

У відповідності з призначенням поверхонь до них ставляться такі вимоги: найбільш точними є виконавчі, основні та допоміжні конструкторські бази (діаметральні розміри). До них ставиться вимога обробки по 7 квалітету з шорсткістю $R_a = 2,5$ мкм ($\varnothing 36H7$), вимога обробки по 9 квалітету з шорсткістю $R_a = 3,2$ мкм (22,5).

Поставлені вимоги щодо взаємного розміщення поверхонь:

- перпендикулярність торця до поверхні $\varnothing 36H7$;
- паралельність лисок 22,5 поверхні $\varnothing 36H7$;
- позиційний допуск отворів М6 до поверхні $\varnothing 36H7$.

Квалітети точності та шорсткість оброблюваних поверхонь можуть бути забезпечені при застосуванні відповідних методів обробки та кількості переходів. Взаємне розміщення поверхонь може бути забезпечене за рахунок застосування відповідних схем базування при механічній обробці та правильної організації змісту операцій.

Проаналізувавши умови роботи та річну програму випуску, а також існуючу конструкцію можна зробити висновок, проте що дана деталь має не складну конфігурацію тому необхідності у спрощенні конструкції немає.

Запровадження нових високопродуктивних методів обробки може не принести бажаного покращення якості та зменшення собівартості даного виробу, оскільки заготовка може бути виконана методом штампування, а поверхні, що обробляються можуть бути виконані на верстатах з числовим програмним керуван-

ням.

Вимоги взаємного розташування оброблених поверхонь вказані у відповідності з їх службовим призначенням, також можуть бути забезпеченими при механічній обробці, оскільки геометричні похибки верстатів, на яких виконується обробка, нижчі цих відхилень.

Врахувавши конфігурацію деталі, а також розглянувши відомі методи проведення вимірювання та асортимент доступного вимірювального інструменту робимо висновок, що при обробці всіх зовнішніх та внутрішніх поверхонь можна виконати безпосереднє вимірювання одержаних розмірів.

Разом з тим мають місце деякі нетехнологічні елементи в конструкції деталі, а саме глухі різеві отвори М6.

2.2.2 Кількісний аналіз

Кількісний аналіз технологічності конструкції деталі необхідно провести за трьома показниками.

Таблиця 2.1 – Загальна кількість конструктивних елементів

Розміри								Шорсткість, Ra, мкм	
Лінійні, мм		Діаметральні, мм		Різь, метрична		Кути, °			
P _д	P _{д.у.}	P _д	P _{д.у.}	P _р	P _{р.у.}	P _к	P _{к.у.}	Ш	Ш _у
0,5 (12 пов.)	0,5 (12 пов.)	Ø36H7	Ø36H7	M5 (6 пов.)	M5 (6 пов.)	45 (12пов.)	45 (12пов.)	2,5 (2пов.)	2,5 (2пов.)
7	–			M6 (6 пов.)	M6 (6 пов.)	45	45	3,2 (2пов.)	3,2 (2пов.)
11	11								
20±0,35	20±0,35								
22	22								
22,5±0,03 (2пов.)	–							12,5 (14пов.)	12,5 (14пов.)
24	24								
25±0,35	25±0,35								
37	–								
Σ21	Σ18	Σ1	Σ1	Σ12	Σ12	Σ13	Σ13	Σ18	Σ18

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

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

Q_e – загальна кількість елементів.

$$K_y = 62/65 = 0,95.$$

Деталь технологічна по коефіцієнту уніфікації, тому що виконується умова $K_y \geq 0,6$.

Коефіцієнт шорсткості

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}} = \frac{1}{12,86} = 0,08.$$

Середній клас шорсткості складає:

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{5 + 6,4 + 400}{2 + 2 + 32} = 12,86.$$

Таблиця 2.2 – Шорсткість поверхонь деталі

Шорсткість Ra, мкм	Кількість поверхонь	Розрахунок
2,5 (Ø30H7, торець)	2	$2,5 \times 2 = 5$
3,2 (22,5±0,03 2 пов.)	2	$3,2 \times 2 = 6,4$
12,5 (представлені в табл. 3.1)	32	$12,5 \times 32 = 400$
	$\Sigma 36$	$\Sigma 411,4$

Деталь технологічна по коефіцієнту шорсткості, тому що виконується перевірка $0,08 < 0,32$ ($K_{ш} < 0,32$).

Коефіцієнт точності

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{1}{13,53} = 0,926,$$

де T_{cp} – середній квалітет точності

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{7 + 18 + 462}{1 + 2 + 33} = 13,53.$$

Таблиця 2.3 – Квалітети точності поверхонь деталі

Квалітет	Кількість поверхонь	Розрахунок
7 (Ø36H7)	1	$7 \times 1 = 7$
9 (22,5±0,03)	2	$9 \times 2 = 18$
14 (представлені в табл. 2.1)	33	$14 \times 33 = 462$
	$\Sigma 36$	$\Sigma 487$

Деталь технологічна по коефіцієнту точності, тому що виконується умова $0,926 > 0,8$ ($K_T > 0,8$).

Оскільки усі вище розглядувані вимоги технологічності виконуються для даної деталі. То її можна вважати технологічною.

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.

Таблиця 2.4 – Розрахунок розмірів литих заготовок

Вихідні дані	Лиття в піщано-глинисті форми									
	Згідно ГОСТ 26645-85					Прийнято				
Клас розмірної точності виливків	6-11т					8				
Ступінь жолоблення елементів виливків	5-8					6				
Ступінь точності поверхонь виливків	8-15					11				
Шорсткість поверхонь виливків	Ra=20мкм									
Клас точності маси виливків	5-13т					9т				
Ряд припусків на обробку виливків	4-7					5				
Розрахункові розміри	95,5	55	Ø52H8	Ø 42	33	20,5	20	10	7	

Продовження таблиці 2.4

Допуски:									
розмірів	1,4	1,2	1,2	1,2	1,1	1	1	0,8	0,8
форми чи розміщення	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
зміщення по площині роз'єму	4,0	4,0	-	-	4,0	4,0	4,0	2,0	2,0
зміщення через перекіс стержня	-	-	2,8	1,8	-	-	-	-	-
нерівностей	0,5								
маси	10								
Загальний допуск	1,6	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1
Припуски:									
мінімальний	0,4								
	Кількість переходів механічної обробки								
За точністю розмірів	1	4	1	2	3	2	1	1	1
за відхиленнями форми і взаємного розміщення поверхонь	1	3	1	2	1	2	1	1	1
прийнята кількість переходів	3	4	1	2	3	2	1	1	1
Загальний припуск	3,2	1,2	1,2	1,6	1,8	1,4	1,8	1,2	1,4
Розміри заготовки:									
розраховані	98,7	56,2	Ø49,6	Ø38,8	29,4	17,7	21,8	11,2	8,4

Таблиця 2.5 – Розрахунок розмірів литих заготовок

Вихідні дані	Лиття в оболонкові форми	
	Згідно ГОСТ 26645-85	Прийнято
Клас розмірної точності виливків	8-13т	10
Ступінь жолоблення елементів виливків	5-8	6
Ступінь точності поверхонь виливків	7-13	9

Продовження таблиці 2.5

Вихідні дані	Лиття в оболонкові форми								
	Згідно ГОСТ 26645-85				Прийнято				
Шорсткість поверхонь випливів	Ra=12,5мкм								
Клас точності маси випливів	6-13				6-13				
Ряд припусків на обробку випливів	3-6				3-6				
Розрахункові розміри	95,5	55	Ø52H8	Ø 42	33	20,5	20	10	7
Допуски:									
розмірів	2,8	2,4	2,4	2,4	2,2	2	2	1,6	1,6
форми чи розміщення	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
зміщення по площині роз'єму	4,0	4,0	-	-	4,0	-	4,0	-	
зміщення через перекіс стержня	-	-	2,8	1,8	-	-	-	2,0	
нерівностей	0,32								
маси	12								
Загальний допуск	3,2	2,4	2,4	2,4	2,4	2	2	1,8	1,8
Припуски:									
мінімальний	0,4								
	Кількість переходів механічної обробки								
За точністю розмірів	1	4	1	2	3	2	1	1	1
за відхиленнями форми і взаємного розміщення поверхонь	1	2	1	2	2	2	1	1	1
прийнята кількість переходів	1	4	1	2	3	2	1	1	1
Загальний припуск	5,4	1,5	2,6	1,9	3,1	2,3	3,1	1,5	1,3
Розміри заготовки:									
розраховані	100,9	56,5	Ø46,8	Ø38,2	29,9	18,2	23,1	11,5	9,3

2.2.2 Оформлення ескізів обох варіантів заготовки

Після виконання розрахунку розмірів заготовки, вибору конструктивних елементів заготовки (для двох найбільш доцільних способів її виготовлення) не-

обхідно зобразити ескізи заготовок.

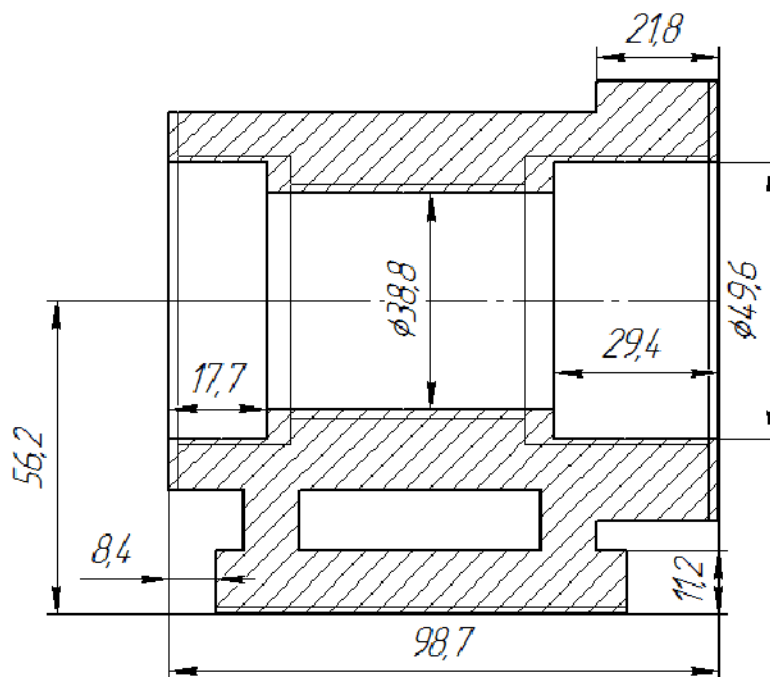


Рисунок 2.1– Ескіз заготовки при литті в піщано-глинисті форми

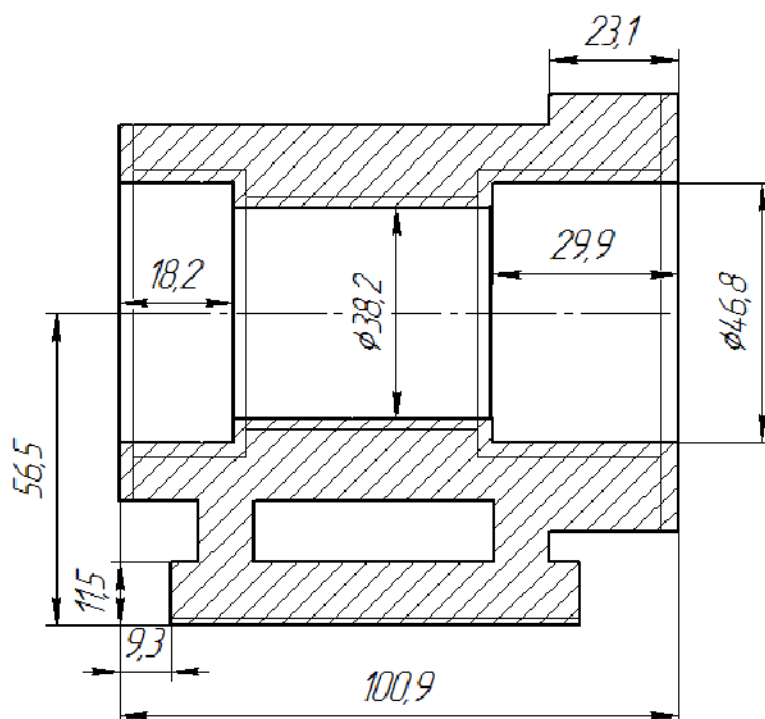


Рисунок 2.2- Ескіз заготовки при литті в оболонкові форми

2.2.3 Розрахунок маси і коефіцієнтів використання матеріалу для обох варіантів заготовки

Масу заготовки визначаємо методом створення 3d моделі.

При литті в піщано-глинисті форми маса заготовки складає 3,08 кг

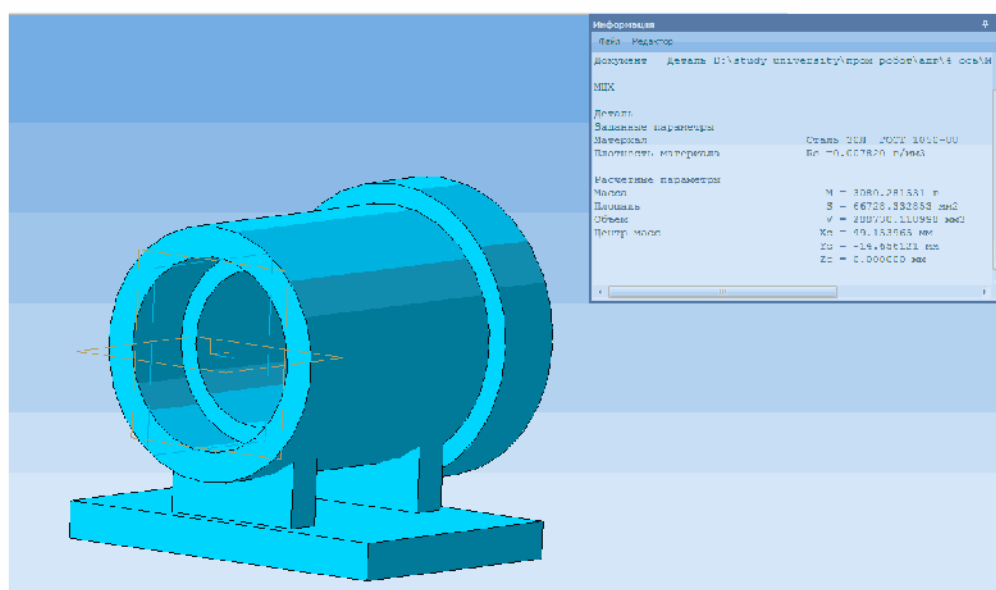


Рисунок 2.3 - 3d модель заготовки при литті в піщано-глинисті форми

При литті в оболонкові форми маса заготовки складає 3,645 кг

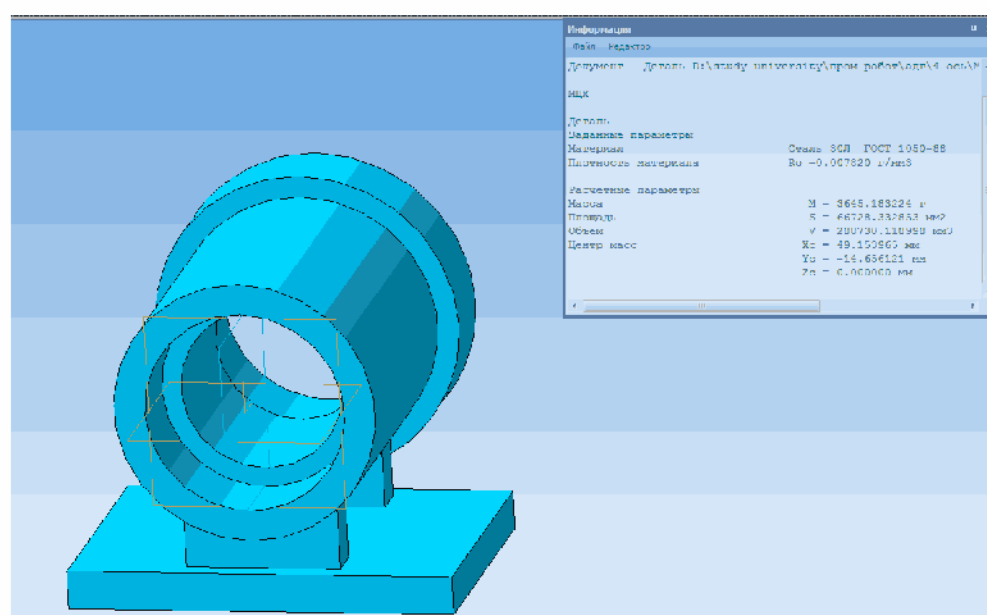


Рисунок 2.4 - 3d модель заготовки при литті в оболонкові форми форми

Коефіцієнт точності маси визначається за формулою:

$$K_{T.M.} = \frac{G_{дет}}{G_{загот}}$$

При литті в піщано-глинисті форми:

$$K_{T.M.1} = \frac{G_{дет}}{G_{загот}} = \frac{2,187}{3,08} = 0,71$$

З порівняльної таблиці бачимо, що рекомендований коефіцієнт точності маси складає 0,71...0,75, за розрахунками 0,71. Можна зробити висновок, що спроектована заготовка входить в ці межі, тому можна зробити висновок ДОБРЕ.

В оболонковій формі:

$$K_{T.M.2} = \frac{G_{дет}}{G_{загот}} = \frac{2,187}{3,645} = 0,60$$

З порівняльної таблиці бачимо, що середній коефіцієнт точності маси складає 0,95...0,98, за розрахунками 0,60.

2.5 Техніко-економічне порівняння обох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого

Остаточний вибір заготовки проводимо на основі порівняння собівартості.

Собівартість заготовки визначається за формулою:

$$C_{заг.лит} = \frac{(G_{заг} \cdot C_{л} \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{П})}{1000} - \frac{(G_{заг} - G_{дет}) \cdot C_{відк}}{1000} [\text{грн}]. \quad (2.2)$$

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

$K_T, K_M, K_C, K_B, K_{\text{л}}$ – коефіцієнти, що залежать відповідно від класу точності виливка, марки матеріалу, групи складності, маси і об'єму виробництва заготовок.

При литті в піщано-глинисті форми:

Базова вартість 1 т заготовок складає 18600 грн.

Для 8 класу розмірної точності коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок $K_T = 1,05$;

Для сталі коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки $K_M = 1,22$;

Для сталі коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки $K_C = 1$

Для маси виливка в 3,08 кг коефіцієнт, що враховує масу заготовки $K_B = 1,0$.

Для визначення коефіцієнта $K_{\text{л}}$, що залежить від об'єму виробництва, тобто розміру річної програми випуску заготовок, потрібно визначити спочатку групу серійності за ГОСТ 26645-85.

Група серійності за ГОСТ 26645-85 складає 3.

Для сталі коефіцієнт, що враховує об'єм виробництва заготовок $K_{\text{л}} = 1$.

Вартість відходів $C_{\text{відх}} = 2000$ грн.

$$C_{\text{зод. литт}} = \frac{(3,08 \cdot 18600 \cdot 1,05 \cdot 1,22 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1)}{1000} - \frac{(3,08 - 2,187) \cdot 2000}{1000} = 65,31 (\text{грн}).$$

В оболонковій формі:

Собівартість заготовки визначається за формулою (3.1):

Базова вартість 1 т заготовок складає 27400 грн.

Для 10 класу розмірної точності коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок $K_T = 1,0$;

Для сталі коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки $K_M = 1,36$;

Для сталі коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки $K_C = 1$

Для маси виливка в 3,645 кг коефіцієнт, що враховує масу заготовки $K_B = 1,0$.

Для визначення коефіцієнта K_{II} , що залежить від об'єму виробництва, тобто розміру річної програми випуску заготовок, потрібно визначити спочатку групу серійності за ГОСТ 26645-85.

Група серійності за ГОСТ 26645-85 складає 5.

Для сталі коефіцієнт, що враховує об'єм виробництва заготовок $K_{II}=1$.

Вартість відходів $C_{відх}=2000$ грн.

$$C_{заг.лит} = \frac{(3,645 \cdot 27400 \cdot 1 \cdot 1,36 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1)}{1000} - \frac{(3,645 - 2,187) \cdot 2000}{1000} = 92,2(\text{грн.}).$$

Визначаємо економічний ефект:

$$E = (C_{заг.обол} - C_{заг.літ}) \cdot N = (92,2 - 65,31) \cdot 3000 = 80670(\text{грн.}).$$

Де N – річна програма випуску.

Аналізуючи дану ситуацію пропоную остаточним методом лиття вибрати лиття в піщано-глинисті форми, адже воно є дешевшим за лиття в оболонкові форми. Дивлячись на коефіцієнти точності маси при литті в оболонкові форми, то він складає 0,60 і тому відходи складуть 40%, а при литті в піщано-глинисті форми 0,71 – 29%. Так як, кількість відходів при литті в піщано-глинисті форми менша ніж при литті в оболонкові форми та лиття в піщано-глинисті форми є дешевшим, я пропоную вибрати оптимальний спосіб лиття в піщано-глинисті форми.

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 $\varnothing 36H7$.

Способи обробки зовнішніх та внутрішніх поверхонь залежать від точності механічної обробки, матеріалу і інших факторів.

Для точних поверхонь згідно [11] існує ряд етапів механічної обробки: чорнова, чистова, доводочна. При чорновій обробці знімається максимальна кількість металу, залишаючи тільки припуск на чистову обробку. Точність механічної обробки зростає з кожним переходом.

Найбільш продуктивним способом обробки являється точіння або розточування на токарних верстатах. Після термообробки деталі її необхідно шліфувати. Отвори малих діаметрів зенкерують, розвертають і т. ін.

Необхідна і достатня кількість переходів механічної обробки для одержання заданих характеристик точності може бути знайдена двома способами:

табличний, згідно таблиць економічної доцільності;

по формулам загального уточнення.

Визначимо загальне уточнення для заданої циліндричної поверхні $\varnothing 52H8$:

$$\varepsilon_z = \frac{T'_{\text{заг}}}{T'_{\text{дет}}} = \frac{1200}{46} \approx 26,$$

де $T'_{\text{заг}} = 1200$ мкм – допуск заготовки;

$T'_{\text{дет}} = 46$ мкм – допуск деталі;

Приймаємо $n = 3$ ступені механічної обробки даної поверхні, призначивши $\varepsilon_1 = 6$; $\varepsilon_2 = 3$. Тоді уточнення останнього переходу визначається, так:

$$\varepsilon_3 = \frac{\varepsilon_z}{\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2} = \frac{26}{6 \cdot 3} = 1,44.$$

Визначаємо допуски на кожний перехід:

– після першого переходу: $T'_1 = \frac{T'_{\text{заг}}}{\varepsilon_1} = \frac{1200}{6} = 200$ мкм (IT 12);

– після другого переходу: $T'_2 = \frac{T'_1}{\varepsilon_2} = \frac{200}{3} = 67$ мкм (IT 10);

– після третього переходу: $T_3 = T_{\text{дет}} = \frac{T_2}{\varepsilon_3} = \frac{67}{1.44} = 46 \text{ мкм (IT 8)}$.

Остаточно приймаємо наступні ступені механічної обробки циліндричної поверхні $\varnothing 52\text{H8}$:

допуск після першого переходу згідно [11] відповідає 12 квалітету точності, після другого – 10 квалітету, після третього – 8 квалітету.

Визначимо припуски на циліндричні поверхні даної деталі.

Таблиця 2.6 – Визначення способів і кількості ступенів механічної обробки

Розмір деталі	Стадія обробки	Припуск на перехід, мм	Отримуваний розмір, мм
М4	Заготовка	-	-
	Центрування	1	$\varnothing 2$
	Свердління	0,6	$\varnothing 3,2$
	Нарізання різі	0,4	М4
$\varnothing 42$	Заготовка	-	$\varnothing 38,8$
	Розточування	1,6	$\varnothing 42$
$\varnothing 52\text{H8}$	Заготовка	-	$\varnothing 49,6$
	Розточування	0,9	$\varnothing 51,5$
	Розточування	0,2	$\varnothing 51,9$
	Розточування	0,05	$\varnothing 52\text{H8}$
$\varnothing 9$	Заготовка	-	-
	Центрування	2	$\varnothing 4$
	Свердління	2,5	$\varnothing 9$

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.

У процесі розробки технологічних процесів, вирішуючи питання вибору баз, слід прагнути до дотримання принципів суміщення баз і сталості баз (табл. 2.7).

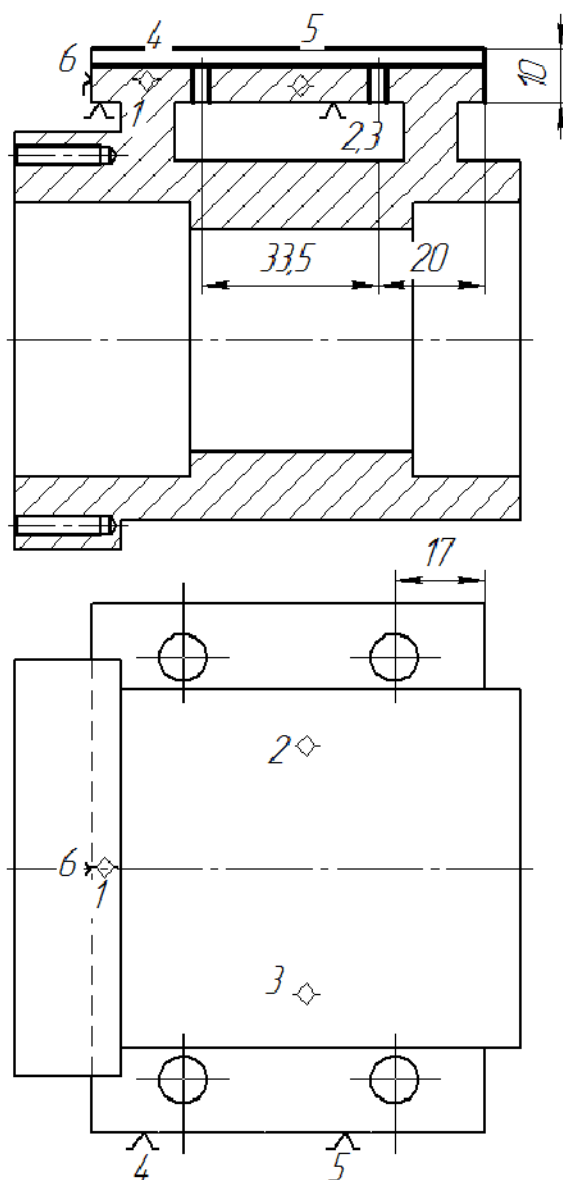


Рисунок 2.5 - Чорнові технологічні бази (операція 005)

Таблиця 2.7 -Аналіз вибору технологічних баз на операції 005

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Вертикально-фрезерна з ЧПК	Розмір 33,5	відсутня	Обробка з одного установка
	Розмір 20	відсутня	Обробка з одного установка
	Розмір 20	відсутня	Виконання принципу суміщення баз
Вертикально-фрезерна з ЧПК	Розмір 17	відсутня	Виконання принципу суміщення баз
	Розмір 10	відсутня	Виконання принципу суміщення баз

Вибір чистових технологічних баз

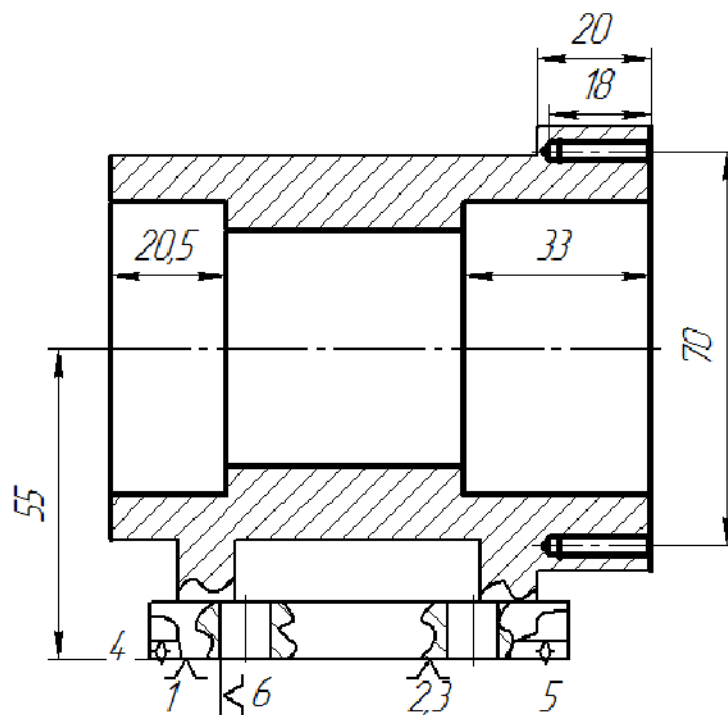


Рисунок 2.6 – Чистові технологічні бази (операція 010)

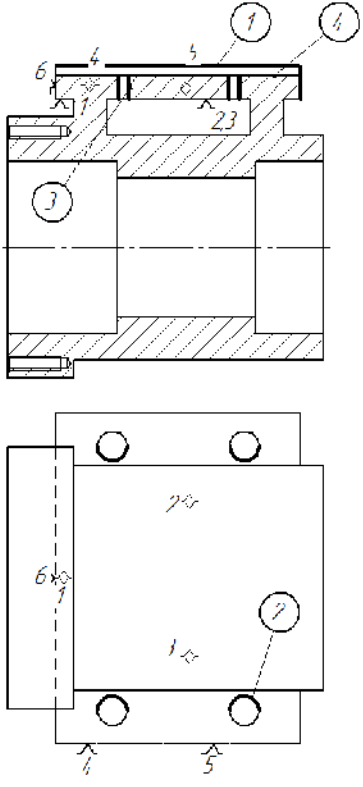
Таблиця 2.8 -Аналіз вибору технологічних баз на операції 010

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Горизонтально-розточувальна з ЧПК	Розмір 33	відсутня	Обробка з одного установова
	Розмір 20,5	відсутня	Обробка з одного установова
	Розмір 20	присутня	Невиконання принципу суміщення баз
	Розмір 70	відсутня	Обробка з одного установова
Горизонтально-розточувальна з ЧПК	Розмір 55	відсутня	Виконання принципу суміщення баз
	Розмір 18	відсутня	Обробка з одного установова

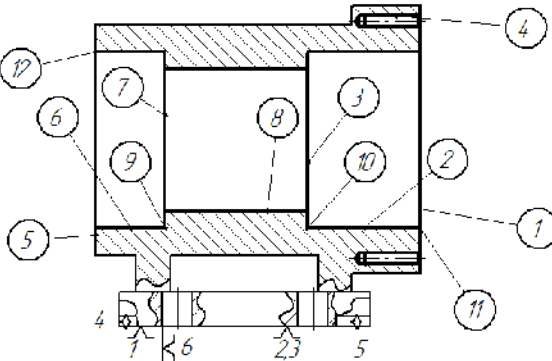
2.3.3 Проектування маршрутів механічної обробки з розробкою змісту операцій, попереднім вибором верстатів та зображенням схем базування (табл. 2.9).

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 передуює 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 2.9 – Маршрут механічної обробки деталі Корпус К-02А

Номер, назва і зміст операції	Ескіз обробки зі схемою базування	Тип і модель верстата
005 Вертикально-фрезерна з ЧПК 1. Встановити та закріпити заготовку 2. Фрезерувати пов. 1 попередньо 3. Центрувати отвори 2 однократно 6 4. Свердлити отвори 2 однократно 6 4. Фрезерувати пов. 4 попередньо 5. Фрезерувати пов. 4 остаточно 6. Центрувати 2 отвори 3 7. Свердлити 2 отвори 3 8. Нарізати різь в 2 отв. 3 9. Фрезерувати пов. остаточно 10. Зняти заготовку		Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК ГФ2171Ф3

Продовження таблиці 2.9

Номер, назва і зміст операції	Ескіз обробки зі схемою базування	модель верстата
010 Горизонтально-розточувальна з ЧПК 1. Встановити та закріпити заготовку Позиція 1 2. Фрезерувати пов. 1 попередньо Повернути робочий стіл на 180° Позиція 2 3. Фрезерувати пов. 5 однократно Позиція 1 4. Фрезерувати пов. 1 остаточно 5. Розточити отв. 8 однократно 6. Розточити пов. 2,3 попередньо Позиція 2 7. Розточити пов. 6,7 попередньо 8. Розточити пов. 6,7 попередньо Позиція 1 9. Розточити пов. 2,3 попередньо 10. Розточити фаску 11 однократно 11. Фрезерувати канавку 10 однократно Позиція 2 12. Розточити фаску 12 однократно 13. Фрезерувати канавку 9 однократно 14. Розточити пов. 6,7 остаточно Позиція 1 15. Розточити пов. 2,3 остаточно 16. Центрувати 4 отв. 4 17. Свердлити 4 отв. 4 18. Зенкувати 4 отв. 4 19. Нарізати різь в 4 отв. 4		Горизонтально-розточувальний верстат з ЧПК ИР320ПМФ 4

2.4 Розмірний аналіз технологічного процесу

2.4.1 Попереднє призначення допусків технологічних розмірів.

Допуски технологічних розмірів визначаються виходячи з точності механічної обробки. Таблиці економічної точності на металорізальних верстатах наведені у відповідних таблицях. Згідно цим таблицям середня точність однократної обробки відповідає 14-му квалітету. Тому приймаємо допуски розмірів після чорнкової (однократної) обробки по 14-му квалітету згідно [11] і записуємо в таблицю 2.10.

Таблиця 2.10 – допуски технологічних розмірів

Розміри заготовки	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈	B ₉	B ₁₀	B ₁₁	З ₁	З ₂	З ₃	З ₄
Попередні знач. допусків	0,87	0,52	0,87	0,12	0,52	0,12	0,21	0,1	0,1	0,52	0,43	2,2	1,6	1,3	1,3

Розмірна схема технологічного процесу:

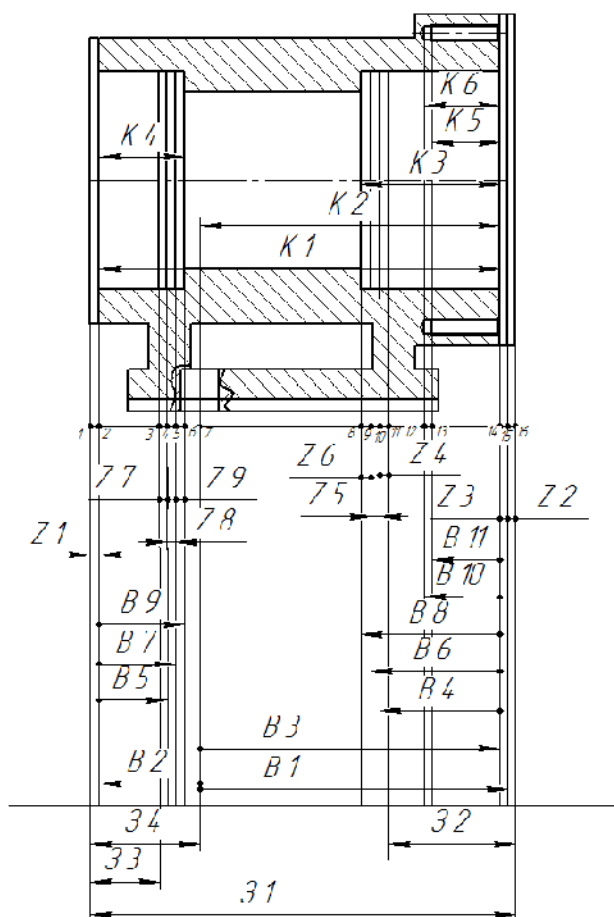


Рисунок 2.7 – Розмірна схема технологічного процесу

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.

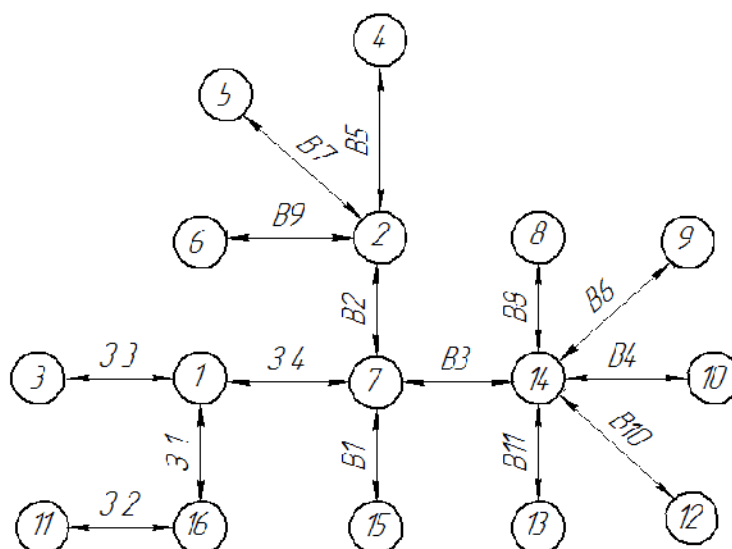


Рисунок 2.8 – Похідний граф-дерево

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

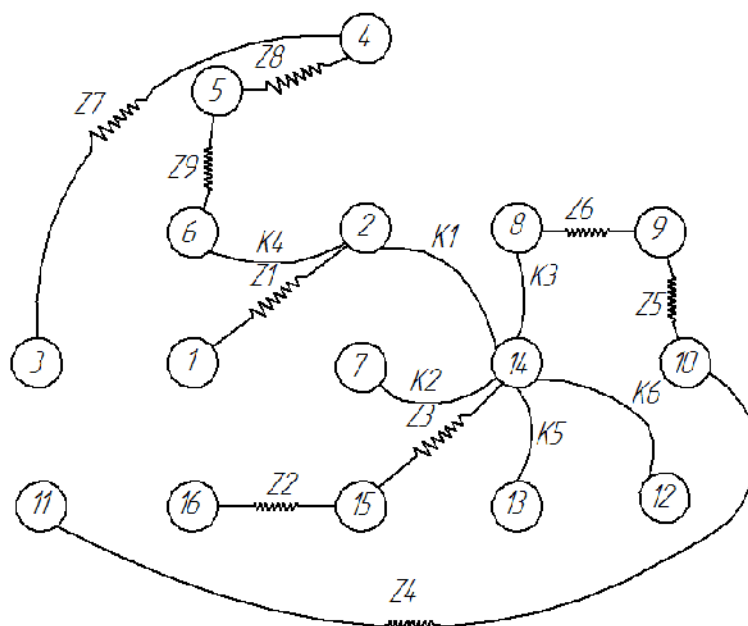


Рисунок 2.9 – Вихідний граф-дерево

Суміщений граф являє собою графічне зображення технологічного процесу механічної обробки.

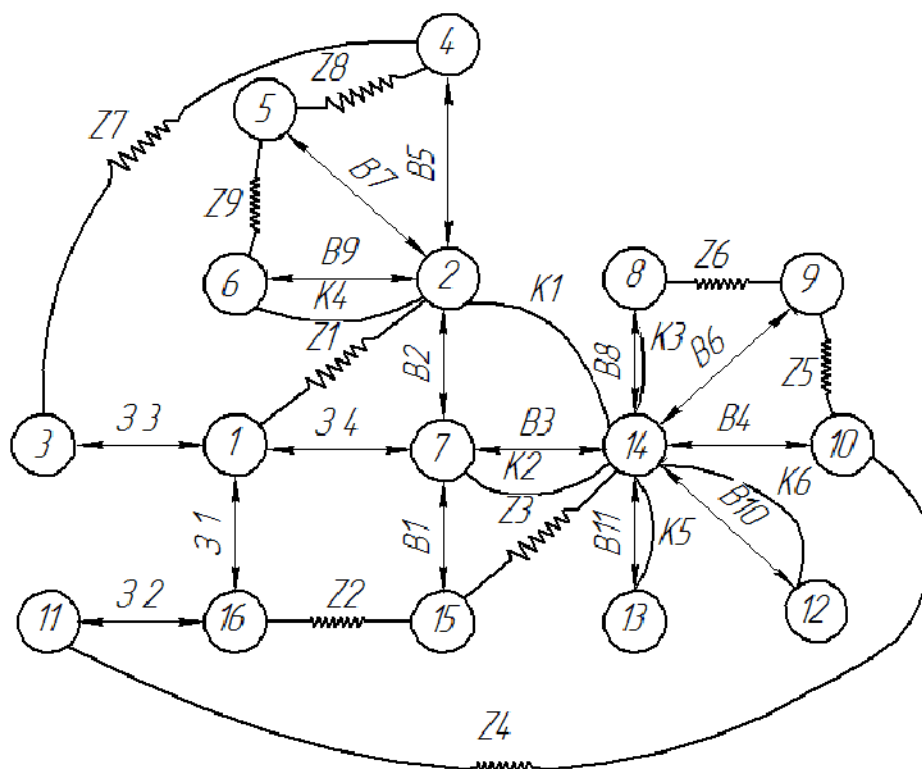


Рисунок 2.10 – Суміщений граф-дерево

Користуючись граф-деревами складемо рівняння технологічних розмірних ланцюгів та занесемо їх до табл. 2.11.

Таблиця 2.11 – Рівняння технологічних розмірних ланцюгів

№ n/n	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідомий розмір
1	$B_3 + K_2 = 0$	$B_3 = K_2$	B_3
2	$B_8 + K_3 = 0$	$B_8 = K_3$	B_8
3	$B_9 + K_4 = 0$	$B_9 = K_4$	B_9
4	$B_{10} + K_6 = 0$	$B_{10} = K_6$	B_{10}
5	$B_{11} + K_5 = 0$	$B_{11} = K_5$	B_{11}
6	$B_2 + B_3 - K_1 = 0$	$B_3 = K_1 - B_2$	B_2
7	$B_1 - B_3 - Z_3 = 0$	$B_1 = B_3 + Z_3$	B_1
8	$B_6 - B_8 - Z_6 = 0$	$B_6 = B_8 + Z_6$	B_6
9	$B_6 - B_4 - Z_5 = 0$	$B_6 = B_4 + Z_5$	B_4
10	$B_9 - B_7 - Z_9 = 0$	$B_9 = B_7 + Z_9$	B_7
11	$B_7 - B_5 - Z_8 = 0$	$B_7 = B_5 + Z_8$	B_5
12	$3_4 - B_2 - Z_1 = 0$	$3_4 = B_2 + Z_1$	3_4
13	$3_4 - 3_3 - B_2 + B_5 - Z_7 = 0$	$3_4 = 3_3 + B_2 - B_5 + Z_7$	3_3
14	$3_4 - 3_1 + B_1 - Z_2 = 0$	$3_4 = 3_1 - B_1 + Z_2$	3_1
15	$3_1 - 3_4 - 3_2 - B_3 + B_4 - Z_4 = 0$	$3_1 = 3_4 + 3_2 + B_3 - B_4 + Z_4$	3_2

Визначимо проміжні мінімальні припуски на механічну обробку плоских поверхонь наступні:

$$Z_{\min 1} = 1,5 \text{ мм};$$

$$Z_{\min 2} = 1,2 \text{ мм};$$

$$Z_{\min 3} = 0,3 \text{ мм};$$

$$Z_{\min 4} = 1,2 \text{ мм};$$

$$Z_{\min 5} = 0,5 \text{ мм};$$

$$Z_{\min 6} = 0,1 \text{ мм};$$

$$Z_{\min 7} = 1,2 \text{ мм};$$

$$Z_{\min 8} = 0,5 \text{ мм};$$

$$Z_{\min 9} = 0,1 \text{ мм}.$$

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

$$1. B_3 + K_2 = 0;$$

$$B_{3 \max} = K_{2 \max} = 71,935 \text{ (мм)};$$

$$B_{3 \min} = B_{3 \max} - T(B_3) = 71,935 - 0,87 = 71,065 \text{ (мм)};$$

$$B_3 = 71,5^{+0,435}_{-0,435} \text{ (мм)}.$$

$$2. B_8 + K_3 = 0;$$

$$B_{8 \max} = K_{3 \max} = 33,05 \text{ (мм)};$$

$$B_{8 \min} = B_{8 \max} - T(B_8) = 33,05 - 0,1 = 32,95 \text{ (мм)};$$

$$B_8 = 33^{+0,05}_{-0,05} \text{ (мм)}.$$

$$3. B_9 + K_4 = 0;$$

$$B_{9 \max} = K_{4 \max} = 20,55 \text{ (мм)};$$

$$B_{9 \min} = B_{9 \max} - T(B_9) = 20,55 - 0,1 = 20,45 \text{ (мм)};$$

$$B_9 = 20,5^{+0,05}_{-0,05} \text{ (мм)}.$$

$$4. B_{10} + K_6 = 0;$$

$$B_{10 \max} = K_{6 \max} = 18,26 \text{ (мм)};$$

$$B_{10 \min} = B_{10 \max} - T(B_{10}) = 18,26 - 0,52 = 17,74 \text{ (мм)};$$

$$B_{10} = 18^{+0,26}_{-0,26} \text{ (мм)}.$$

$$5. B_{11} + K_5 = 0;$$

$$B_{11 \max} = K_{5 \max} = 16,215 \text{ (мм)};$$

$$B_{11 \min} = B_{11 \max} - T(B_{11}) = 16,215 - 0,43 = 15,785 \text{ (мм)};$$

$$B_{11} = 16^{+0,215}_{-0,215} \text{ (мм)}.$$

$$6. B_2 + B_3 - K_1 = 0;$$

$$B_{2 \max} = K_{1 \max} - B_{3 \min} = 95,5 - 71,065 = 24,435 \text{ (мм)};$$

$$B_{2 \min} = B_{2 \max} - T(B_2) = 24,435 - 0,52 = 23,915 \text{ (MM)};$$

$$B_2 = 23,655^{+0,26}_{-0,26} \text{ (MM)}.$$

$$7. B_1 - B_3 - Z_3 = 0;$$

$$B_{1 \min} = B_{3 \max} + Z_{3 \min} = 71,935 + 0,3 = 72,235 \text{ (MM)};$$

$$B_{1 \max} = B_{1 \min} + T(B_1) = 72,235 + 0,87 = 73,105 \text{ (MM)};$$

$$B_1 = 72,67^{+0,435}_{-0,435} \text{ (MM)}.$$

$$Z_{3 \max} = B_{1 \max} - B_{3 \min} = 73,105 - 71,065 = 2,04 \text{ (MM)}.$$

$$8. B_6 - B_8 - Z_6 = 0;$$

$$B_{6 \max} = B_{8 \min} - Z_{6 \min} = 32,95 - 0,1 = 32,85 \text{ (MM)};$$

$$B_{6 \min} = B_{6 \max} - T(B_6) = 32,85 - 0,25 = 32,6 \text{ (MM)};$$

$$B_1 = 32,725^{+0,125}_{-0,125} \text{ (MM)}.$$

$$Z_{6 \max} = B_{8 \max} - B_{6 \min} = 33,05 - 32,6 = 0,45 \text{ (MM)}.$$

$$9. B_6 - B_4 - Z_5 = 0;$$

$$B_{4 \max} = B_{6 \min} - Z_{5 \min} = 32,6 - 0,5 = 32,1 \text{ (MM)};$$

$$B_{4 \min} = B_{4 \max} - T(B_4) = 32,1 - 0,62 = 31,48 \text{ (MM)};$$

$$B_4 = 31,79^{+0,31}_{-0,31} \text{ (MM)}.$$

$$Z_{5 \max} = B_{6 \max} - B_{4 \min} = 32,85 - 31,48 = 1,37 \text{ (MM)}.$$

$$10. B_9 - B_7 - Z_9 = 0;$$

$$B_{7 \max} = B_{9 \min} - Z_{9 \min} = 20,45 - 0,1 = 20,35 \text{ (MM)};$$

$$B_{7 \min} = B_{7 \max} - T(B_7) = 20,35 - 0,21 = 20,14 \text{ (MM)};$$

$$B_7 = 20,245^{+0,105}_{-0,105} \text{ (MM)}.$$

$$Z_{9 \max} = B_{9 \max} - B_{7 \min} = 20,55 - 20,14 = 0,41 \text{ (MM)}.$$

$$11. B_7 - B_5 - Z_8 = 0;$$

$$B_{5 \max} = B_{7 \min} - Z_{8 \min} = 20,14 - 0,5 = 19,64 \text{ (MM)};$$

$$B_{5 \min} = B_{5 \max} - T(B_5) = 19,64 - 0,52 = 19,12 \text{ (MM)};$$

$$B_5 = 19,38^{+0,26}_{-0,26} \text{ (MM)}.$$

$$Z_{8 \max} = B_{7 \max} - B_{5 \min} = 20,35 - 19,12 = 1,23 \text{ (MM)}.$$

$$12. 3_4 - B_2 - Z_1 = 0;$$

$$3_{4 \min} = B_{2 \max} + Z_{1 \min} = 24,435 + 1,5 = 25,935$$

$$3_{4 \max} - 3_{4 \min} + T(3_4) = 25,935 + 1,3 = 27,235$$

$$3_4 = 26,585^{+0,65}_{-0,65}(\text{мм});$$

$$Z_{1 \max} = 3_{4 \max} - B_{2 \min} = 27,235 - 23,915 = 3,32 (\text{мм}).$$

$$13. 3_4 - 3_3 - B_2 + B_5 - Z_7 = 0;$$

$$3_{3 \max} = 3_{4 \min} - B_{2 \max} + B_{5 \min} - Z_{7 \min} = 19,595$$

$$3_{3 \min} = 3_{3 \max} - T(3_3) = 19,595 - 1,3 = 18,295$$

$$3_3 = 18,845^{+0,65}_{-0,65}(\text{мм});$$

$$Z_{7 \max} = 3_{4 \max} - B_{2 \min} + B_{5 \max} - 3_{3 \min} = 5,015 (\text{мм}).$$

$$14. 3_4 - 3_1 + B_1 - Z_2 = 0;$$

$$3_{1 \min} = 3_{4 \max} + B_{1 \max} + Z_{2 \min} = 101,54$$

$$3_{1 \max} - 3_{1 \min} + T(3_1) = 101,54 + 2,2 = 103,74$$

$$3_1 = 103,74_{-2,2}(\text{мм});$$

$$Z_{2 \max} = 3_{1 \max} - B_{1 \min} - 3_{4 \min} = 5,015 (\text{мм}).$$

$$15. 3_1 - 3_4 - 3_2 - B_3 + B_4 - Z_4 = 0;$$

$$3_{2 \max} = 3_{1 \min} - 3_{4 \max} - B_{3 \max} + B_{4 \min} - Z_{4 \min} = 32,65$$

$$3_{2 \min} = 3_{2 \max} - T(3_2) = 32,65 - 1,6 = 31,05$$

$$3_2 = 31,85^{+0,8}_{-0,8}(\text{мм});$$

$$Z_{4 \max} = 3_{1 \max} - B_{3 \min} + B_{4 \max} - 3_{4 \min} - 3_{2 \min} = 7,79 (\text{мм}).$$

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 $\varnothing 52\text{H}8^{(+0,046)}$

Визначення значень R і T проводимо відповідно до рекомендацій, враховуючи, що для заготовки дані параметри рівні 200 і 150 . При попередньому розто-

чуванні приймаємо $R_L = T = 50$ мкм, а при остаточному розточуванні $R_L = 20$ мкм, $T = 25$ мкм, при тонкому – $R_L = 5$ мкм, $T = 10$ [11].

Сумарне значення просторових відхилень для заготовки даного типу визначається по формулі:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{ж\text{козл}}^2 + \rho_{зм}^2}, [\text{мкм}] \quad (2.8)$$

$$\rho_{ж\text{козл}} = \sqrt{(\Delta_k d)^2 + (\Delta_k l)^2} = \sqrt{(1,0 \cdot 52)^2 + (1,0 \cdot 33)^2} = 61,59 \text{ (мкм)}.$$

де $d = 52$ мм – діаметр оброблюваної деталі;

$\Delta_k = 1,0$ – питома кривизна заготовки.

При визначенні $\rho_{зм}$ в даному випадку слід брати до уваги точність розміщення базових поверхонь, які використовуються при даній схемі установки і отриманих на попередніх операціях, відносно оброблюваної в даній установці поверхні.

$$\rho_{зм} = \delta(33) = 520 \text{ мкм. (мкм)};$$

$$\rho_3 = \sqrt{61,59^2 + 520^2} = 523,6 \text{ (мкм)}.$$

При подальших переходах механічної обробки:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1}. [\text{мкм}] \quad (2.9)$$

$$\rho_2 = 0,06 \cdot 523,6 = 31,42 \text{ (мкм)};$$

$$\rho_3 = 0,06 \cdot 31,41 = 1,88 \text{ (мкм)};$$

$$\rho_3 = 0,05 \cdot 1,88 = 0,094 \text{ (мкм)}.$$

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

$$2Z_{\min} = 2(R_{zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), [\text{мкм}] \quad (2.10)$$

ε_1 – похибка установки при чорновому точінні

Похибка установки при попередньому точінні:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2}, [\text{мкм}] \quad (2.11)$$

де ε_{δ} – похибка базування;

ε_3 – похибка закріплення.

При обробці даної поверхні $\varepsilon_{\delta} = 0$, $\varepsilon_3 = 120$ мкм [11].

$$\varepsilon_1 = \sqrt{0 + 120^2} = 120 \text{ (мкм)}.$$

ε_2 – похибка установки при чистовому точінні.

$$\varepsilon_2 = 0.05 \cdot \varepsilon_1; [\text{мкм}] \quad (2.12)$$

$$\varepsilon_2 = 0.05 \cdot 120 = 6 \text{ (мкм)}.$$

Мінімальний припуск

Попереднє розточування:

$$2Z_{1\min} = 2(200 + 150 + \sqrt{523,6^2 + 120^2}) = 2 \cdot 887 \text{ (мкм)}.$$

Попереднє розточування:

$$2Z_{2\min} = 2(50 + 50 + \sqrt{31,42^2 + 120^2}) = 2 \cdot 224 \text{ (мкм)}.$$

Остаточне розточування:

$$2Z_{3\min}=2(25+20+\sqrt{1,88^2+6^2})=2\cdot 51,3 \text{ (мкм)}.$$

Розрахункові розміри

При остаточному розточуванні маємо отримати розмір вказаний на креслені:
 $D = 52,046 \text{ мм}.$

Наступні розміри отримуємо послідовним відніманням розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу. Таким чином отримуємо:
 для остаточного розточування:

$$D_1 = 52,046 - 2\cdot 0,051 = 51,944 \text{ (мм)};$$

для попереднього розточування:

$$D_2 = 51,944 - 2\cdot 0,224 = 51,496 \text{ (мм)};$$

для попереднього розточування:

$$D_3 = 51,496 - 2\cdot 0,887 = 49,722 \text{ (мм)}.$$

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

Для остаточного розточування допуск складає 46 мкм, відповідно для 8 квалітету, для попереднього розточування допуск складає 67 мкм, відповідно для 10 квалітету; для попереднього розточування, відповідно для 12 квалітету, допуск складає 200 мкм та для заготовки, що має 14 квалітет точності, допуск складає 1200 мкм.

Максимальні граничні розміри отримуються по розрахунковим розмірам заокругленим до точності допуску відповідного переходу.

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

Тобто:

$$D_3 = 49,722 - 0,200 = 49,522 \text{ (мм)}.$$

$$D_2 = 51,496 - 0,067 = 51,429 \text{ (мм)};$$

$$D_1 = 51,944 - 0,046 = 51,898 \text{ (мм)};$$

для заготовки

$$D_4 = 49,722 - 1,2 = 48,522 \text{ (мм)}.$$

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

Отже, для остаточного розточування:

$$2Z_{\min 3} = 52 - 51,944 = 0,056 \text{ (мм)} ;$$

$$2Z_{\max 3} = 52,046 - 51,898 = 0,148 \text{ (мм)};$$

для попереднього розточування:

$$2Z_{\min 2} = 51,898 - 51,496 = 0,402 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\max 2} = 51,944 - 51,376 = 0,568 \text{ (мм)}.$$

для попереднього розточування:

$$2Z_{\min 1} = 51,376 - 49,722 = 1,654 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\max 1} = 51,496 - 49,522 = 2,074 \text{ (мм)}.$$

Всі результати проведених розрахунків записано в таблицю 2.12

Таблиця 2.12 – Розрахунок припусків та граничних розмірів по технологіч-

ним переходам на обробку отвору Ø52H8

Технологічні переходи обробки поверхні Ø52H8	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск, $2Z_{\min}$	Розрахунковий розмір, D_p	Допуск, δ , мм	Граничний Розмір		Граничні значення припусків	
	R_z	T	ρ	ε				$D_{\min}$	$D_{\max}$	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
Заготовка	150	200	523,6	-	—	49,722	1,2	49,522	49,722	—	—
розточування попереднє	50	50	31,42	120	2,887	49,422	0,2	51,429	51,496	2,074	1,654
розточування попереднє	50	50	1,88	120	2,224	51,376	0,067	51,898	51,944	0,568	0,402
розточування остаточне	20	25	0,094	6	2,51,3	51,898	0,046	52	52,046	0,148	0,56
Всього										2,79	2,112

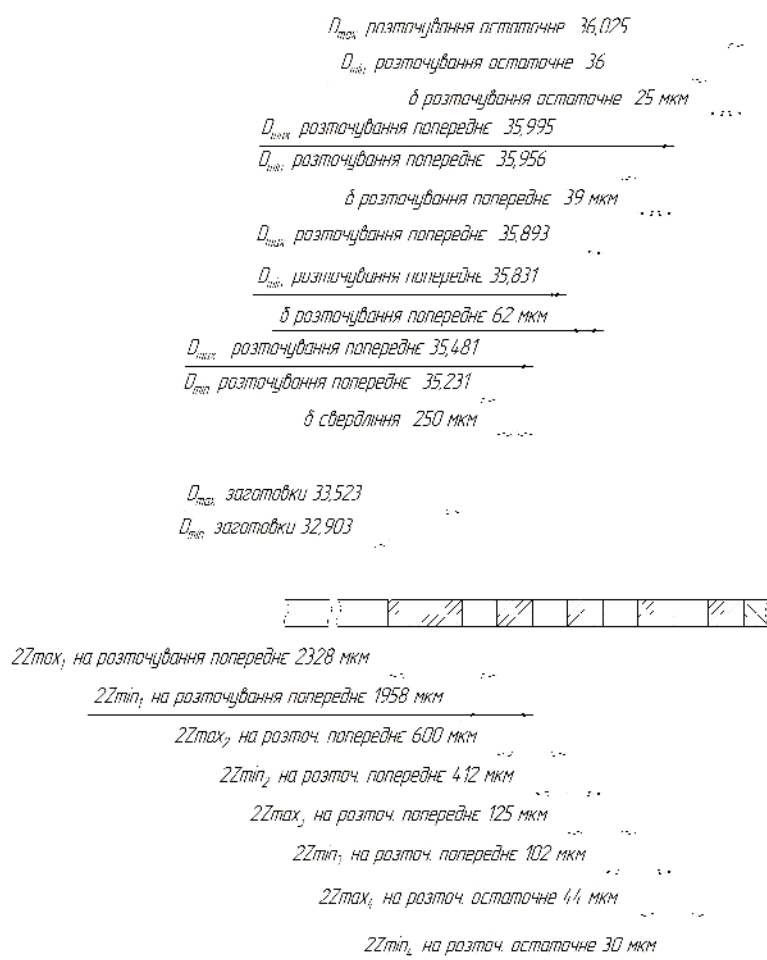


Рисунок 2.11 – Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку зовнішньої циліндричної поверхні отвору Ø52H8

2.6 Визначення режимів різання

Режими обробки деталі – найважливіший фактор протікання технологічного процесу. Режим різання визначаються такими основними елементами:

- глибина різання t , мм;
- подача s , мм/об;
- швидкість різання v , м/хв (частота обертання шпинделя верстата n , об/хв, або число подвійних ходів n , подв. х/хв).

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

Всі отримані дані зводимо до таблиць, де розміщуємо величини режимів різання, які вибираємо за нормативними таблицями.

Приведемо приклад розрахунку режимів різання для фрезерування конструкторської поверхні паза 8Н8 та кріпильних отворів Ø9.

Розраховуємо режими різання для фрезерування паза 8Н8

Вхідні дані:

- верстат: ГФ2171Ф3, $N_b = 11$ кВт;
- інструмент: фреза кінцева, Т15К6 (Ø8), $z = 6$;
- глибина різання: $t = 3,0$ мм.

Подача: 0,01-0,03 приймаємо - 0,02мм/зуб;

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_x^y \cdot B^u \cdot Z^P} \cdot K_v \text{ [м/хв]}, \quad (2.13)$$

де $C_v = 145$ – коефіцієнт для визначення швидкості різання [13];

$T = 80$ хв. – період стійкості інструменту;

$x = 0,24$; $y = 0,26$; $u = 0,1$; $m = 0,37$; $q = 0,44$; $p = 0,13$ – показники степені для визначення швидкості різання;

$s = 0,12$ мм/об – подача при фрезеруванні;

$t = 2,5$ мм – глибина різання при фрезеруванні;

K_v – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання.

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Tv} \cdot K_{Iv},$$

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

$$K_{Mv} = \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = \left(\frac{750}{390} \right)^{0,9} = 1,78,$$

$$K_v = 1,78 \cdot 0,85 \cdot 1,15 = 1,74.$$

Тоді:

$$v = \frac{145 \cdot 8^{0,44}}{80^{0,37} \cdot 2,50^{0,24} \cdot 0,02^{0,26} \cdot 74^{0,1} \cdot 6^{0,13}} \cdot 1,74 = 136,23 \text{ (м/хв.)}.$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 136,23}{\pi \cdot 8} = 1446,18 \text{ (об/хв.)}$$

за паспортом верстата приймаємо: $n_{np} = 1440 \left(\frac{\text{об}}{\text{хв}} \right)$.

Корегуємо швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 8 \cdot 1440}{1000} = 135,65 \text{ (м/хв.)}$$

Сила різання:

$$P_z = \frac{10C_P \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP}, \text{ (Н)} \quad (4.5)$$

$$C_P = 12,5; x = 0,85; y = 0,75; u = 1; q = 0,73; w = -0,13;$$

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{фр} \cdot K_{гп} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{гр}, \quad (4.6)$$

$$K_P = 1,78 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,87 = 1,37.$$

Тоді:

$$P_z = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 3,0^{0,85} \cdot 0,02^{0,75} \cdot 8^1 \cdot 6}{8^{0,73} \cdot 1440^{-0,13}} \cdot 1,37 = 627,38 \text{ (Н)}$$

Потужність різання:

$$N = \frac{627,38 \cdot 135,65}{1020 \cdot 60} = 1,4 \text{ (кВт)}.$$

$N_b > N$ (11 кВт > 1,4 кВт) – обробка заданої поверхні можлива.

Розраховуємо режими різання для свердлильної операції (свердління отвору Ø9)

- верстат: ГФ2171Ф3, $N_b = 11$ кВт;
- інструмент: свердло, Р6М5 (Ø9);

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m s^y} K_v, \text{ (м/хв);} \quad (4.7)$$

де $C_v = 7,0$ – коефіцієнт для визначення швидкості різання;

$T = 25 \text{ хв}$ – період стійкості інструменту;

$m = 0,20$; $q = 0,40$; $y = 0,70$ – показники степені для визначення швидкості різання;

$s = 0,15 \text{ мм/об}$ – подача [13];

$t = 10 \text{ мм}$ – глибина різання;

K_v – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання.

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

$$K_{Mv} = \left(\frac{750}{\sigma_b} \right)^{n_v} = \left(\frac{750}{390} \right)^{0,9} = 1,78,$$

$$K_v = 1,78 \cdot 0,85 \cdot 1,15 = 1,74,$$

$$v = \frac{7,0 \cdot 9^{0,40}}{25^{0,20} \cdot 0,15^{0,70}} \cdot 1,74 = 58,14 \text{ (м/хв)}.$$

Поправочний коефіцієнт і показники степенів визначаємо із довідника [13, 14]: осьова сила при свердлінні:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 9^{1,0} \cdot 0,15^{0,7} \cdot 1,37 = 2222 \text{ (Н)}$$

Визначаємо частоту обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 58,14}{\pi \cdot 9} = 2057,32 \text{ (об/хв)}.$$

за паспортом верстата приймаємо: $n_{пр} = 2000 \text{ (об/хв)}$.

Корегуємо швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 9 \cdot 2000}{1000} = 56,52 \text{ (м/хв)}.$$

Потужність різання:

$$N = \frac{2222 \cdot 56,52}{1020 \cdot 60} = 2,05 \text{ (кВт)}.$$

$N_{\text{в}} > N$ (11 кВт > 2,05 кВт) – обробка заданої поверхні можлива.

Таблиця 2.13 – Режими різання

	Операції та переходи	t, мм	S, мм/об	n _{ір} , об/хв	V _{ір} , м/хв
	005				
1	Фрезерувати пов. 1 попередньо	1,2	0,2	630	99
2	3. Центрувати отвори 2 однократно 6	2	0.2	1460	18.3
3	4. Свердлити отвори 4 однократно 6	4,5	0.15	2000	58,14
4	4. Фрезерувати пов. 4 попередньо	2,5	0,12	1440	135,65
5	5. Фрезерувати пов. 4 остаточно	0,5	0,15	2000	188,4
6	6. Центрувати 2 отвори 3	2	0.2	1460	18.3
7	7. Свердлити 2 отвори 3	4,5	0.15	2000	58,14
5	8. Нарізати різь в 2 отв. 3	0.3	0.24	350	39.4
6	9. Фрезерувати пов. остаточно	0,3	0,15	860	135,14

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 SolidWorks [3, 15,16].

3.1.1 Коротка характеристика обраної CAD-системи [16]

З 1997 року Dassault Systèmes проводить розробку системи SOLIDWORKS.

Dassault Systèmes – компанія-розробник програмного забезпечення, є лідером в області розробки інженерного програмного забезпечення, що використовується в різних галузях світової промисловості, в т.ч. для авіаційної та автомобілебудування.

SolidWorks є потужним засобом для проектування двовимірних та тривимірних моделей виробів різної складності [16].

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

Для створення 3Д– 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.

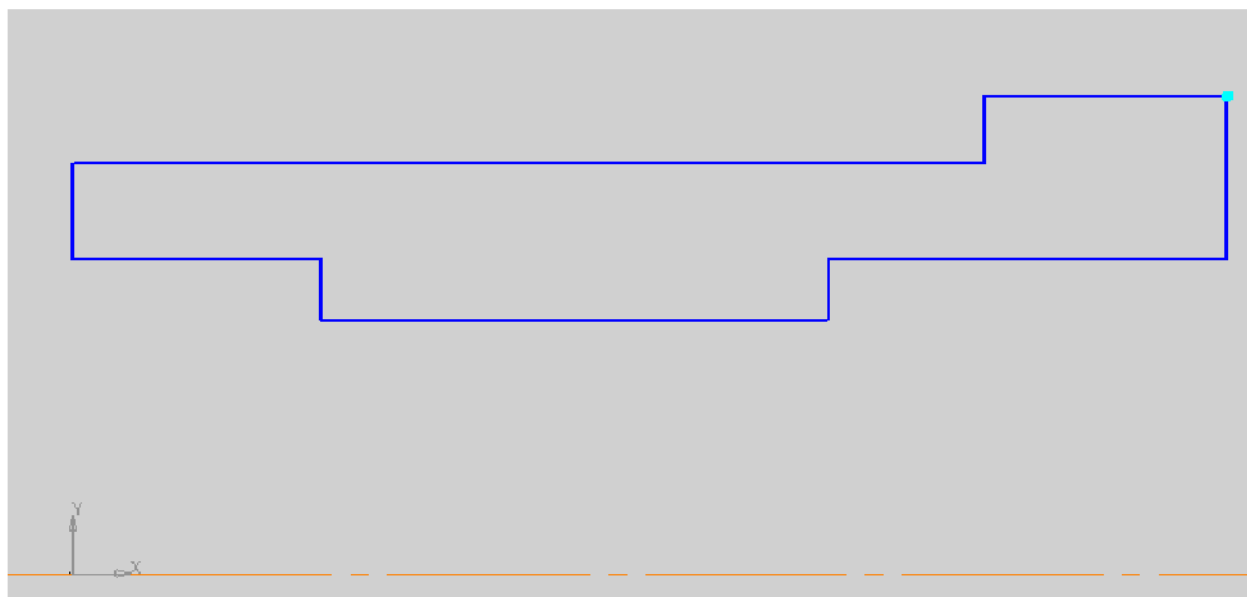


Рисунок 3.1 – Ескіз операції обертання

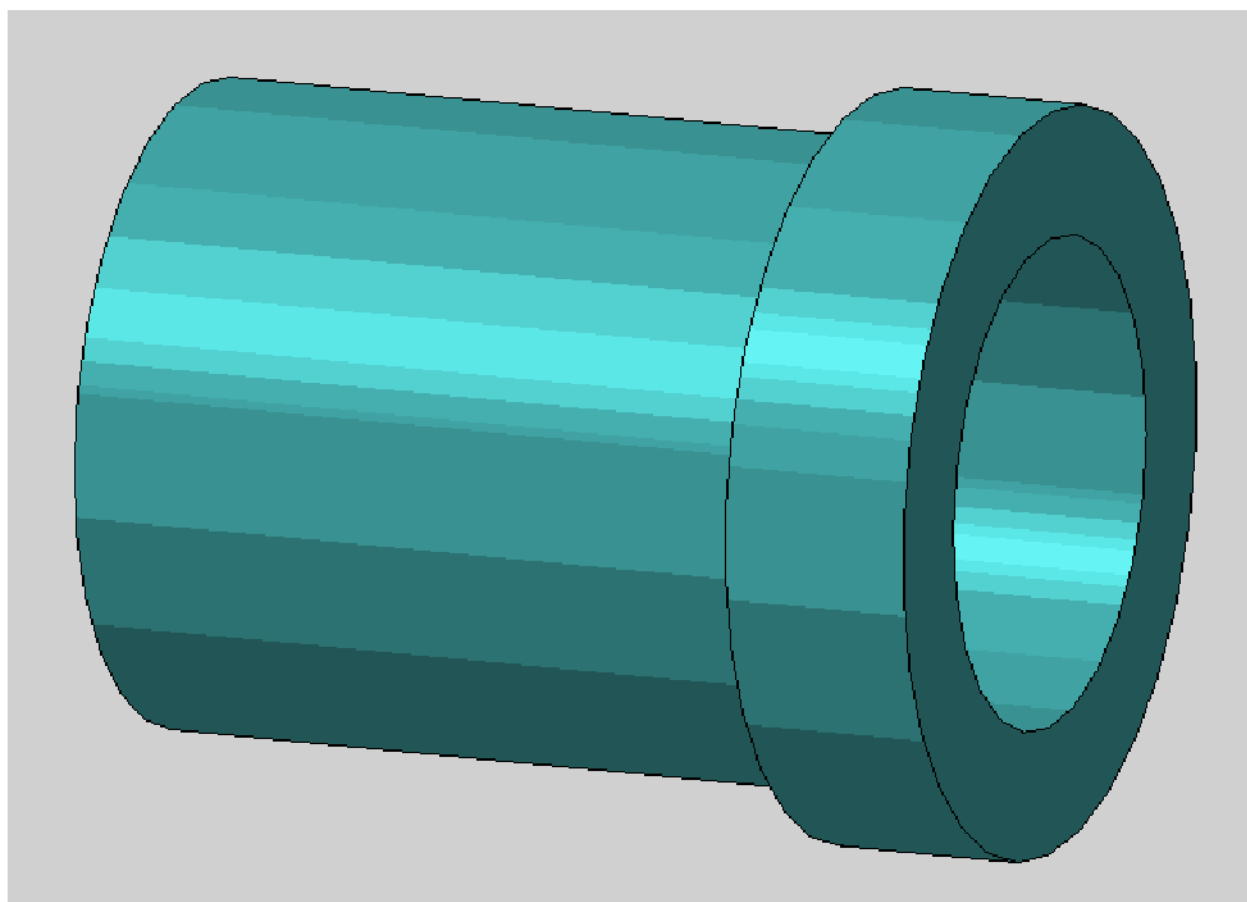


Рисунок 3.2 – Створення основної частини деталі

Наступним кроком створюємо елементи на яких буде розташована основа деталі, створена попередньо (рис. 3.3).

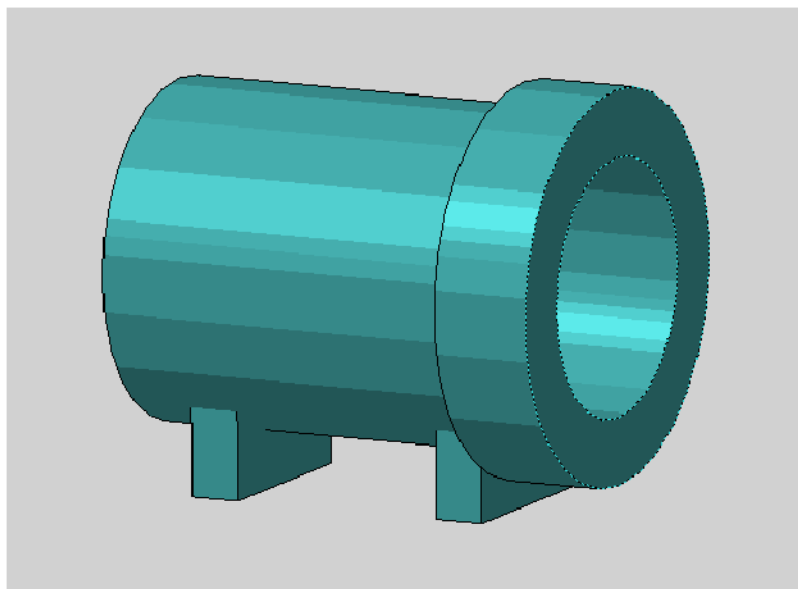


Рисунок 3.3 – Створення опорних елементів деталі

Далі потрібно створити саму основу з отворами (рис. 3.4), оскільки вони мають наскрізний характер та шпоночний паз, як наступну операцію (рис. 3.5).

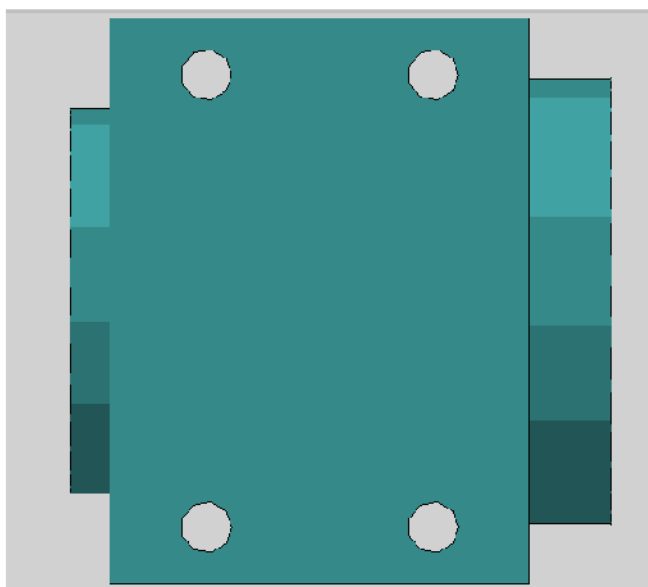


Рисунок 3.4 – Створення основи деталі

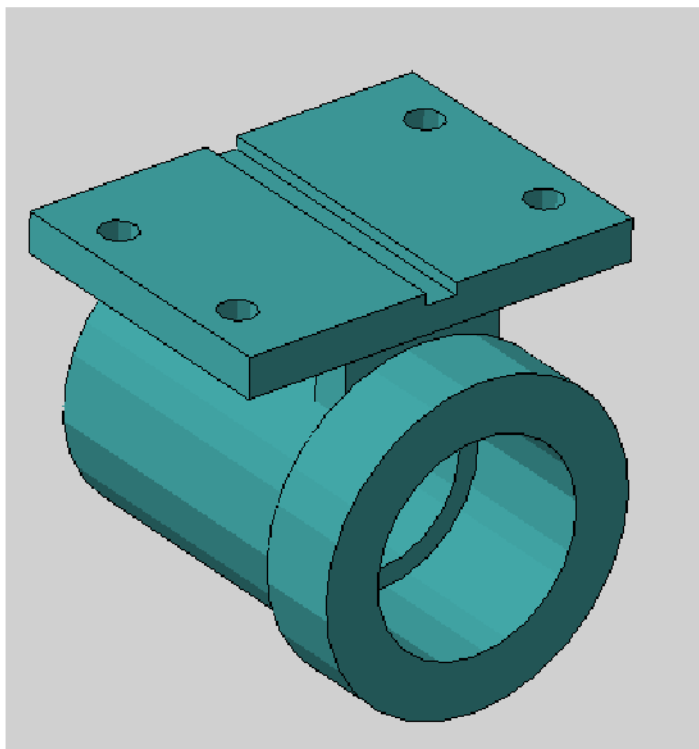


Рисунок 3.5 – Створення шпоночного пазу

Для створення різцевих отворів використаємо операцію "отвір" за відповідним ескізом, який вказує на місця розташування отворів (рис. 3.6).

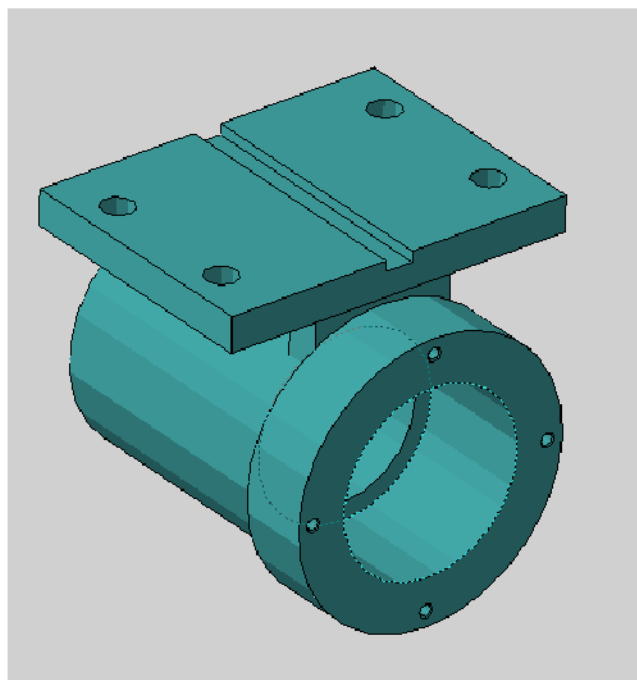


Рисунок 3.6 – Виконання отворів

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 ГФ2171Ф3, операція 005.

Алгоритм розробки коду програми для верстату у середовищі ArtCAM наступний [17]. Маючи тривимірну модель, створюємо відповідний ескіз для обробки та імпортуємо до програми (рис. 3.7)

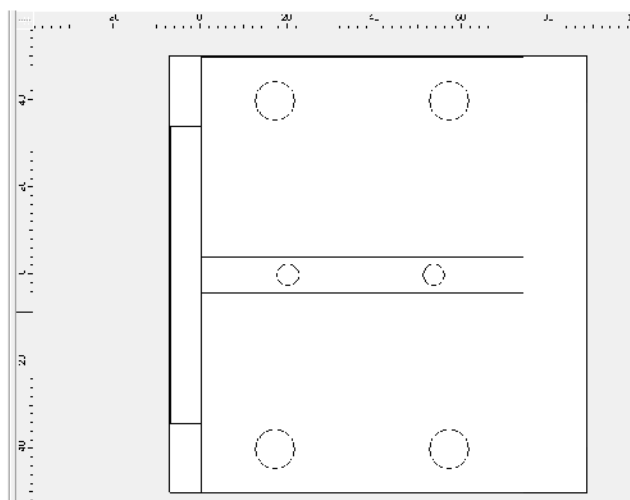


Рисунок 3.7 – Профіль контурів для обробки

Далі потрібно почергово створювати переходи для обробки, бажано в послідовності, яка в маршруті обробки. В кожному переході вводимо відповідні дані для обробки (рис. 3.8).

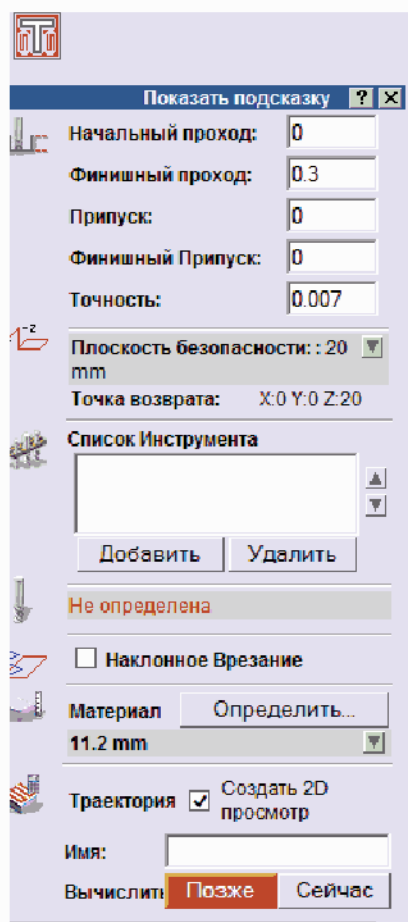


Рисунок 3.7 – Введения початкових даних

Також в програмі є можливість вибрати чи створити інструмент, вказавши його геометричні параметри та режими роботи(рис. 3.8).

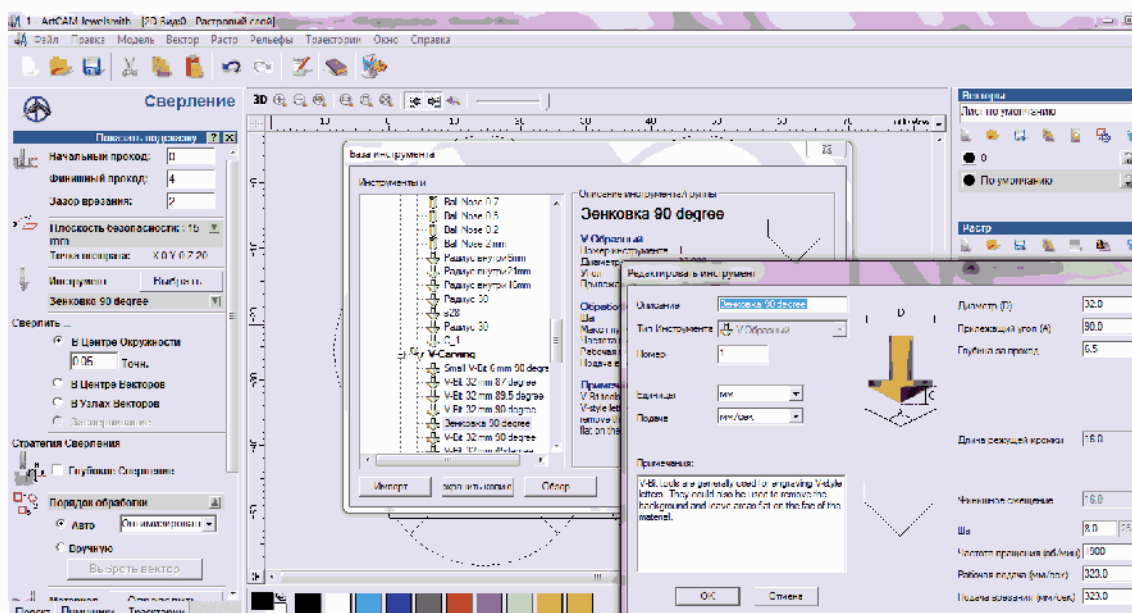


Рисунок 3.8 – Вибір інструмента

Після введення усіх необхідних даних потрібно провести розрахунок траєкторій та можна переглянути 3D рухи інструменту які показані на рисунку 3.9.

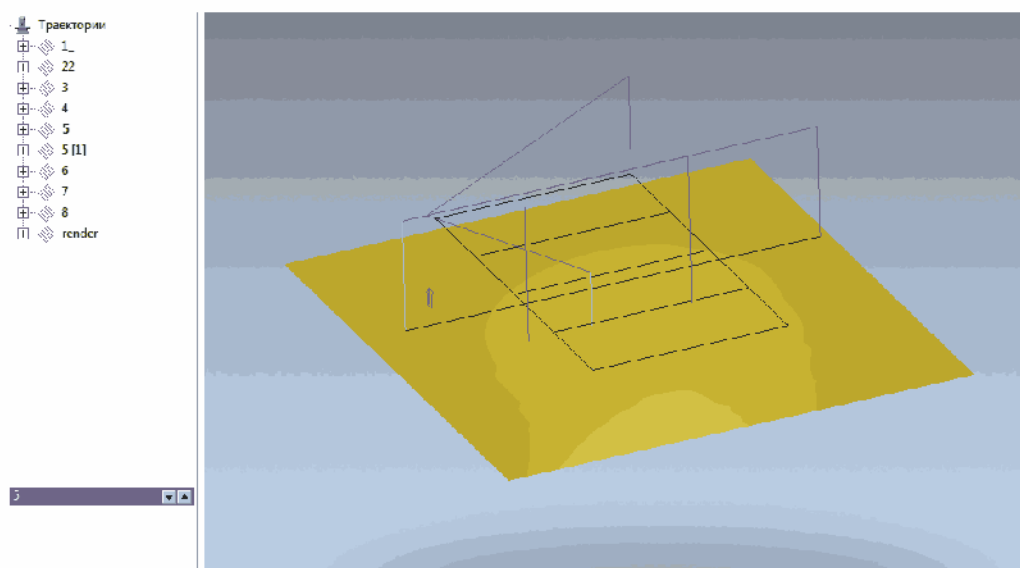


Рисунок 3.9 – 3D Рухи інструмента

Після введення усіх переходів можемо переглянути імітацію обробки та при необхідності вести корективи в програми (рис. 3.10).

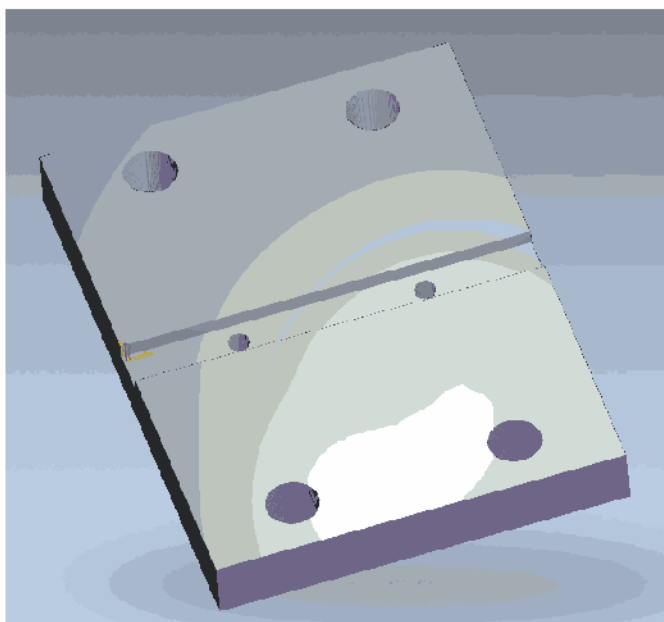


Рисунок 3.10 – Симуляція обробки

Якщо в створенні програми не було помилок, виявлених на етапі симуляції,

ми можемо зберегти її для подальшого використання на верстаті з ЧПК (рис. 3.11). Розроблені програми представлені в додатку В.

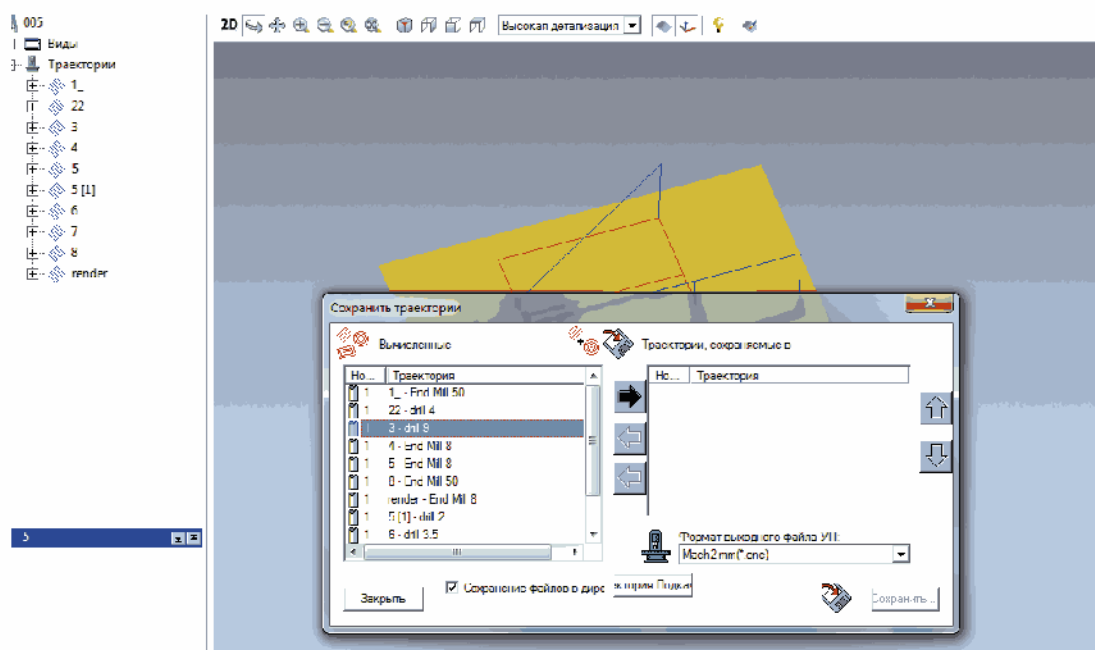


Рисунок 3.11 – Збереження готових програм

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз умов праці

В бакалаврській роботі розглядаються умови праці на дільниці механічної обробки деталі «Корпус К-02А» з використанням CAD/CAM систем..

При роботі на механічній ділянці виникає ряд фізичних, хімічних, психофізіологічних небезпечних та шкідливих виробничих факторів:

1. Рухомі частини виробничого обладнання, пересуваємі вузли і агрегати.
2. Відлітаючі частини інструментів, який зруйнувався під час роботи.
3. Підвищена напруга в електричній мережі, замикання якої може відбутись через тіло людини.
4. Підвищена загазованість повітря робочої зони парами і газами, які виділяються при технологічних процесах.
5. Підвищений рівень шуму і вібрації на робочих місцях від працюючого обладнання.
6. Відсутність або недостатня освітленість природним світлом.
7. Недостатня освітленість робочої зони від світильників штучного освітлення.
8. Зміна мікроклімату робочої зони.
9. Фізичні динамічні та статичні навантаження.
10. Монотонність праці.

При відсутності засобів захисту запиленність повітряного середовища в зоні дихання верстатників може перевищувати граничне допустимі концентрації.

На дільниці обладнання живиться від трифазної чотирипровідної мережі з заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Дільниця знаходиться в одноповерховому виробничому приміщенні.

У цехах, що мають велику ширину, шкідливі роботи необхідно розташовувати поблизу зовнішніх стін для кращого забезпечення природної вентиляції приміщення. При внутрішньому плануванні приміщення повинні бути передбачені достатня ши-

рина і число проходів, сходів, дверей із метою можливого усунення зустрічних людських потоків у періоди початку і закінчення змін, а також у випадку аварійних ситуацій.

Обсяг виробничих приміщень повинен бути таким, щоб на кожного працюючого припадало не менше $4,5 \text{ м}^2$ площі, 15 м^3 об'єму, висота виробничого приміщення повинна бути не менше 3,2 м. Площа ділянки 60 м^2 , об'єм – 192 м^3 , тобто вимоги виконуються.

4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Електробезпека забезпечується конструкцією електроустановок, організаційними та технічними заходами, технічними способами та засобами захисту.

Приміщення з ділянкою відноситься до класу приміщення підвищеної електробезпеки, так як на ділянці є струмопровідні заземлені частини обладнання які можуть проводити струм. Тому все електрообладнання повинно відповідати правилам пристроїв електроустановок [ПУЕ], а його експлуатація - правилам технічної експлуатації електроустановок споживачів та правилам техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів.

Технічні способи та засоби забезпечення електробезпеки розділені на дві групи:

- ті, що забезпечують захист при випадковому доторканні до струмопровідних частин;
- ті, що захищають від ураження струмом при доторканні до металічних не струмопровідних частин які можуть опинитися під напругою в результаті пошкодження ізоляції.

Електробезпека

На ділянці застосовується трифазна чотирьохпровідна електромережа з заземленою нейтраллю. Для попередження ураження електричним струмом все обладнання повинно бути заземлене. Стан заземлення перевіряють не рідше одного разу в квартал. Електроустановки, електрообладнання та проводку дозволяється ремонтувати тільки після відключення їх від мережі.

Джерела освітлення, проводка та силові двигуни повинні бути надійно ізолювані.

Забороняється експлуатація несправного обладнання, технічного інструменту, тощо. При несправному обладнанні вирішується табличка „Працювати заборонено” або „Не працює”.

Забороняється застосування саморобних нагрівальних пристроїв.

Робітники повинні забезпечуватись справними інструментами та інвентарем.

Відходи виробництва, обтирочні матеріали, повинні прибиратися після кожної зміни.

Для миття та знежирення повинні застосовуватись негорючі суміші і розчинники. Мийні ванни з часом після закінчення роботи повинні закриватись. Підлога має бути горизонтальною, рівною без вибоїн. Біля верстатів і стендів повинні бути дерев'яні трапи на всю ширину робочої зони.

Особливу увагу необхідно приділяти при роботі з кран-балкою.

Необхідно дотримуватись інструкцій по роботі з обладнанням.

Нормативні умови на ділянці забезпечуються такими засобами:

- механізацією;
- встановлення ефективної вентиляції;
- встановлення опалення;
- застосування засобів особистої гігієни.

Для захисту рук від агресивних середовищ застосовують рукавиці і спецодяг.

4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Роботи, що виконуються на механічній ділянці обробки деталі відносяться до категорії робіт ІІб – середньої важкості. Ці роботи пов'язані з середнім фізичним навантаженням.

Параметри, що характеризують мікроклімат в приміщенні є: температура,

відносна вологість, швидкість руху повітря [18].

Оптимальні і допустимі норми цих параметрів визначаються в залежності від категорії робіт, періоду року. Числові значення мікрокліматичних норм в приміщенні виробничого цеху де знаходиться механічна дільниця наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Оптимальні і допустимі норми параметрів мікроклімату в виробничому приміщенні

Період року	Категорія	Температура, °C			Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/хв	
		Оптим.	Допустима		Оптим.	Допуст.	Оптим.	Допуст.
			Верхня гран.	Нижня гран.				
Холод	Пб	17-19	21	15	40-60	75	0.3	0.4
Тепло	Пб	20-22	27	16	40-60	70	0.4	0.5

Для нормалізації мікроклімату в виробничому приміщенні необхідно улаштувати вентиляцію і опалення. Інтенсивність опромінення 100Вт/.

Опромінення людського тіла не більше 25%.

На дільниці характерне забруднення повітря виробничих приміщень отруйними газами та парами [19].

Попадаючи в організм людини шкідливі речовини негативно діють на людину. Концентрація шкідливих речовин у повітрі робочої зони не повинна перевищувати значень приведених у табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Допустимі показники шкідливих речовин повітря робочої зони

Назва речовини	Величина ГДК, мг/м ³	Переважаючий агрегатний стан в умовах виробництва	Клас небезпеки	Особливості дії на організм
Масла мінеральні нафтові	5	а	III	
Бензапірен	0,00015	а	I	К
Альдегід масляний	5	п	III	
Вуглеводні аліфатичні C ₁ -C ₁₀ (в перерахунку на С)	300	п	IV	
Молібдену розчинні з'єднання у вигляді аерозолі конденсації	2	а	III	

Система вентиляції приміщення буде комбінована, тобто буде поєднувати в собі механічну і природну, організовану вентиляцію.

Механічна вентиляція буде здійснюватиметься за рахунок вентилятора з приводом від електродвигуна. При обертанні вентилятора створюється різниця тиску, в результаті чого повітря переміщується з переміщення (витяжна вентиляція) і в приміщення (поточна вентиляція).

Приточна вентиляція забезпечуватиме приток чистого повітря в приміщення, а витяжна вентиляція забезпечуватиме видалення забрудненого повітря назовні.

Природна вентиляція здійснюватиметься за рахунок різниці густини повітря, що виникатиме за рахунок різниці температури повітря, а також за рахунок енергії вітру.

4.2.2 Освітлення

Кількісні і якісні характеристики освітлення регламентовані [20].

Природне освітлення забезпечується подвійними вікнами.

Роботи, що виконуються при механічній обробці деталі «Хрестовина 10.20» відносяться до розряду зорової роботи – 4а.

Коефіцієнт природного освітлення:

$$e^4 = e_H^3 \cdot m \cdot C_K, \quad (4.1)$$

де $e_H^3 = 1.5$ - нормоване значення коефіцієнта природного освітлення;

$m = 0.9$ – коефіцієнт світлового клімату;

$C_K = 0.75$ - коефіцієнт сонячності клімату;

$$e^4 = 1,5 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 1,01$$

Штучне освітлення в виробничих приміщеннях повинно задовольняти вимогам, що наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Норми освітленості приміщень і виробничих дільниць механічної обробки деталі

Приміщення	Площина нормування освітленості	Розряд зорової роботи	Освітленість	
			норма	діюче
Механічна дільниця	Горизонтальна 0,8м	4а	300(750)	250(700)

Штучне освітлення проводиться світильниками з лампами розжарення. Вони забезпечують усунення сліпучої дії джерела світла. Освітленість проходів в виробничому приміщенні повинна складати – 75 Лк. Світильники місцевого освітлення живляться від мережі напругою 36 В, загального 220 В. Всі світильники повинні мати заземлення і бути герметичними по ступені захисту IP65.

4.2.3 Шум

Джерелом шуму на дільниці є працююче обладнання, інструмент та системи вентиляції.

За характером спектру шум на ділянці широкосмуговий із безперервним спектром шириною більше октави. За часовими характеристиками шум постійний, так як рівень звуку за восьмигодинний робочий день змінюється в часі не більш, ніж на 5 дБА. За походженням шум механічний (від працюючого обладнання) і аеродинамічний (від вентиляційних установок). Характеристикою шуму на робочих місцях є рівні звукового тиску (дБ) в октавних смугах з середньгеометричними частотами 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Допускається в якості характеристики постійного широкосмугового шуму на робочих місцях при орієнтовній оцінці приймати рівень звуку (дБА), виміряний на тимчасовій характеристиці "повільно" шумоміра [21].

Гранично допустимий спектр шуму на робочих місцях на ділянці відновлення приведений у табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Допустимий спектр шуму на робочих місцях

Вид трудової діяльності	Октавні рівні звукового тиску, дБ на середньгеометричних частотах, Гц									Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
На постійних робочих місцях	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Для зменшення шуму на ділянці використовують архітектурно-планувальні методи захисту. Сюди відноситься раціональне розміщення технологічного обладнання, верстатів, раціональне розміщення робочих місць, раціональне акустичне планування зон і режиму руху транспорту, створення різних шумозахищених зон в різних місцях знаходження людей.

4.2.4 Вібрації

Від систем вентиляції та іншого обладнання на працюючих може діяти загальна та локальна вібрація. Вібрація характеризується такими показниками як віброшвидкість, віброприскорення, рівень віброшвидкості, рівень віброприскорення

[22].

Категорія вібрації 3 тип "а" - технологічна на робочих місцях. Критерій оцінки - межа зниження продуктивності праці. На працюючих діє локальна і загальна вібрація. Вона передається через руки працюючих і через підшви ніг.

Санітарні норми одночислових показників вібраційного навантаження на працюючого при тривалості зміни 8 год приведені в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Норми вібраційного навантаження

Вид вібрації	Категорія вібрації за санітарними нормами	Напрямок дії	Нормативні коректовані за частотою та еквівалентні коректовані значення			
			Віброприскорення		Віброшвидкість	
			м/с ²	дБ	м/с · 10 ⁻²	дБ
Локальна	-----	X _n ; Y _n ; Z _n	2,0	126	2,0	112
Загальна	3 тип "а"	X ₀ ; Y ₀ ; Z ₀	0,1	100	0,2	92

Для зменшення вібрації, яка передається на робочі місця, обладнання на ділянці встановлено на віброізолятори. Вентилятори систем вентиляції також встановлюють на віброізолятори і розміщують поза приміщеннями.

4.3 Пожежна безпека

Приміщення віднесено до категорії Д, а будівля, де вона розміщується, має I-й ступінь вогнестійкості - незгораємі стіни, перегородки і покриття з межею вогнестійкості не менш 1 години. Всі стіни, перегородки і покриття відповідають цій вимозі. Ступінь вогнестійкості будівлі – II, для якої наведені мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у год.) і максимальні межі розповсюдження полум'я по них (у см) для різних ступенів вогнестійкості будівель у таблиці 4.6 [23-26].

Таблиця 4.6 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у год.) і максимальні межі розповсюдження полум'я по них (у см) для різних ступенів вогнестійкості будівель

Ступінь вогнестійкості будівлі	Стіни				Колони	Сходові площадки, балки, козоури, марші сходових кліток	Плити, настили, (з утеплювачем), інші несучі конструкції перекриття	Елементи перекриття	
	Несучі	Самонесучі	Зовнішні ненесені	Внутрішні ненесені (перегородки)				Плити, настили, прогони	Балки, ферми, арки, рами
II	$\frac{2}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{0.2}{50}$	$\frac{0.2}{50}$	$\frac{2}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{0.75}{0}$	$\frac{0.25}{0}$	$\frac{0.25}{0}$

Примітка:

У чисельнику вказуються межі вогнестійкості будівельних конструкцій; у знаменнику - межі розповсюдження полум'я по них.

Основними причинами виникнення пожеж є коротке замикання в електропроводниках, самозаймання ганчір'я, паління в недозволених місцях, розряди блискавки і порушення правил пожежної безпеки.

Обладнання повинно бути виконано в вибухобезпечному виконанні. Необхідно своєчасно проводити протипожежний інструктаж і встановлювати жорсткий протипожежний режим. Для паління відводяться та обладнуються спеціальні місця.

Для використаного обтирочного матеріалу передбачають металеві ящики з кришками та цей матеріал зберігається не більше однієї зміни.

Для запобігання пожежі від короткого замикання в провідниках їх необхідно розміщувати в металевих трубах, або гнучких, металевих кожухах.

Для захисту від блискавок, застосовують металеві стержні, які розташовані вище даху приміщення та з'єднані із землею дротом. Для оповіщення відповідних служб про пожежу застосовують телефони та теплові повідомлювачі максимальної дії ДІЛ, які спрацьовують, коли температура, навколишнього середовища досягає критичної.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання бакалаврської дипломної роботи розроблено технологічний процес механічної обробки заготовки деталі “Корпус К-02А” 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 піщано-глинисті форми, адже воно є дешевшим за лиття в оболонкові форми.

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: ГФ2171Ф3 та ІР320ПМФ4.

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 SolidWorks, які є вхідними даними для розробки керувальних про-

грам для верстатів з ЧПК.

За допомогою САМ-системи ArtCam 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.

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. Лапковський, М. О. Солдатова // Адаптивні системи автоматичного управління: міжвідомчий науково-технічний збірник. – 2010. – № 17(37). – С. 109–117.
3. Лозінський Д.О., Болячок А.Б., Михальський Б.О., Яворський А.А., Гончарук М.В. Застосування CAD -систем для проектування технологічного оснащення в машинобудуванні. ВНТКП ВНТУ. Факультет машинобудування та транспорту: зб. матеріалів конференції. Вінниця, 2024. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2024/paper/view/20982/17382>. (дата звернення: 12.06.2024).
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 механоскладальних дільниць 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. 876 с.

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

16. Learning SOLIDWORKS 2022 Modeling, Assembly and Analysis / Randy H. Shih: SDC Publications, 2022.-542 p.

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

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

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

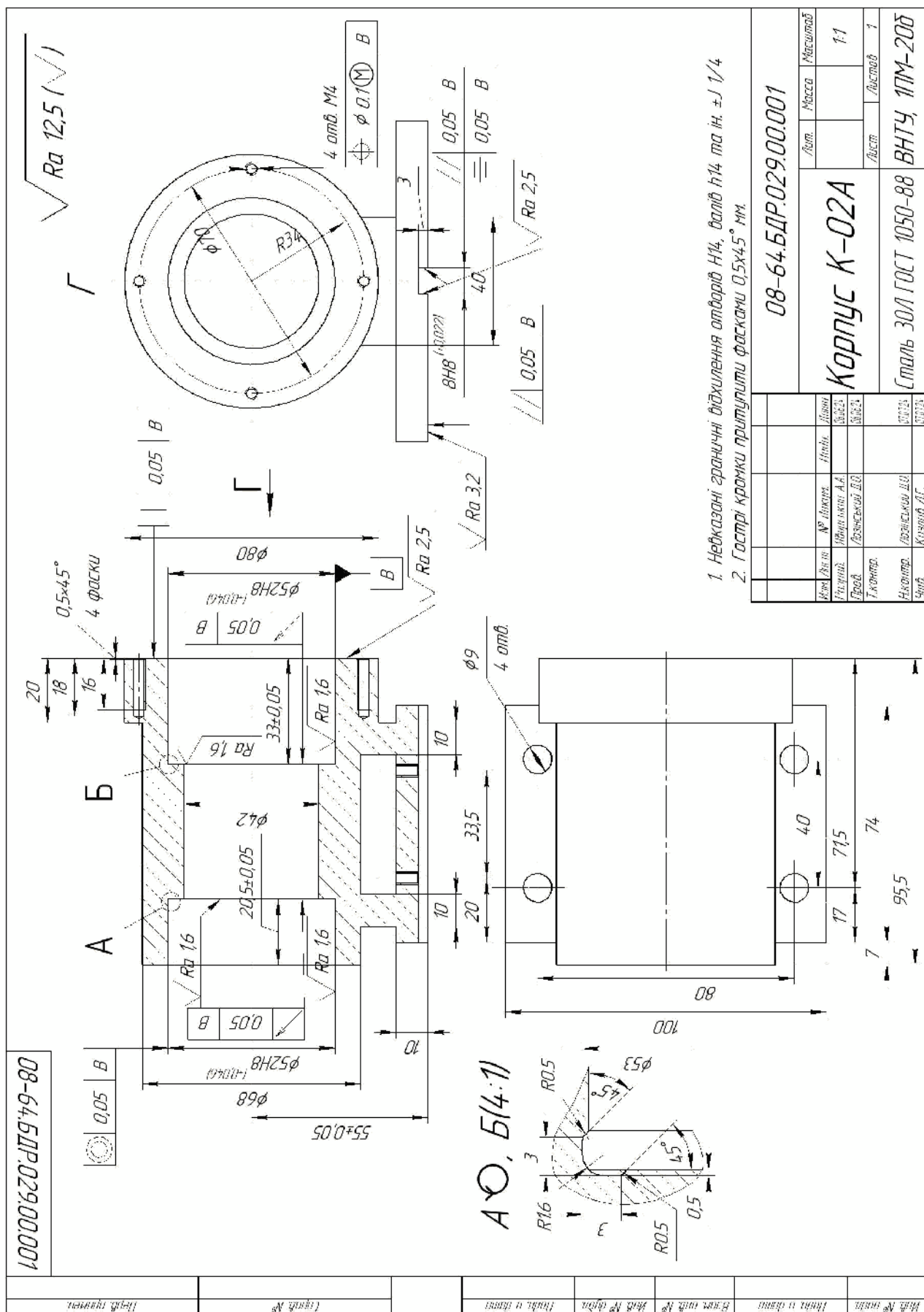
21. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
22. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.
23. ДСТУ 2272:2006 Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять. URL: https://ammokote.com/wp-content/uploads/2020/08/DSTU_2272_2006.pdf.
24. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125>.
25. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.
26. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759.

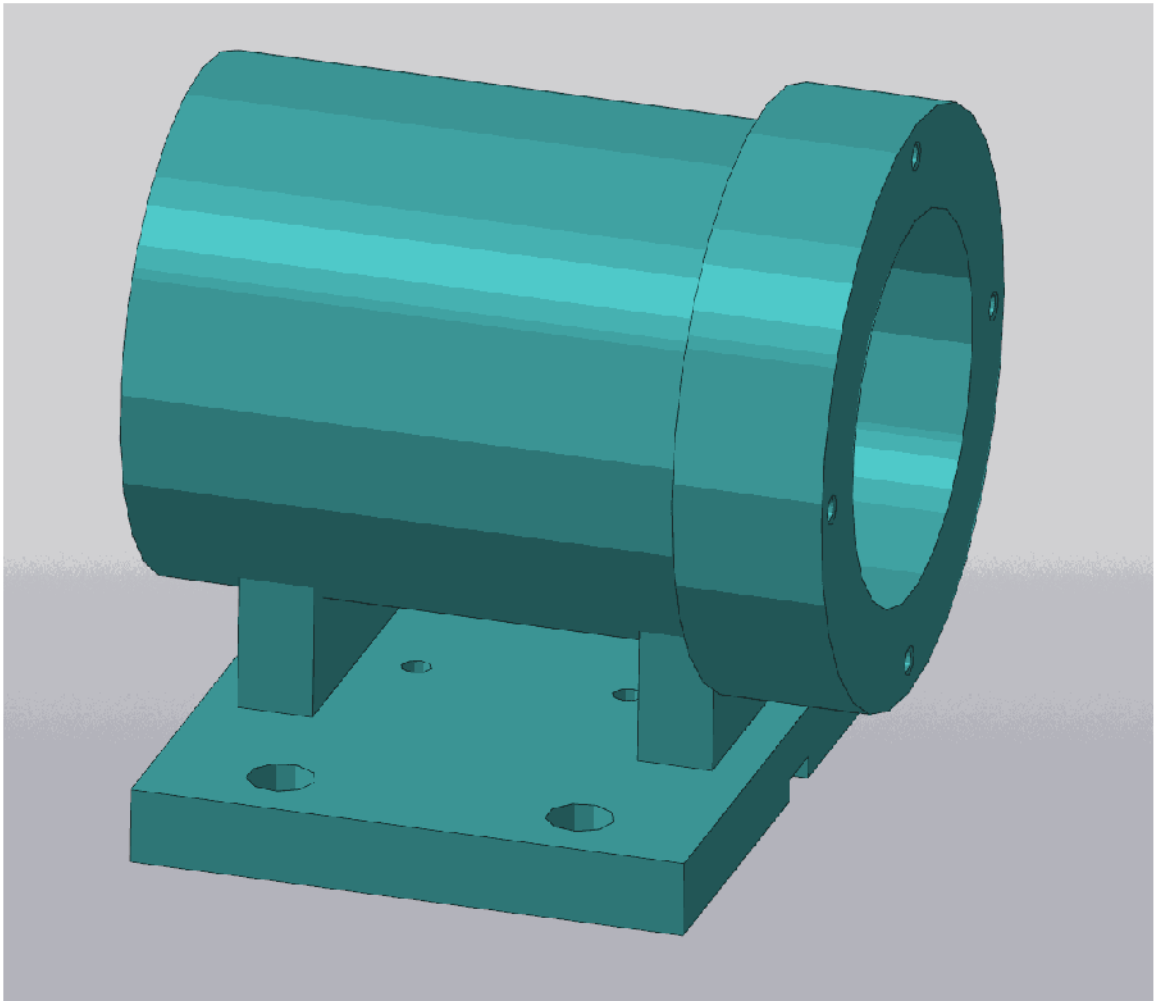
ДОДАТКИ

Додаток А

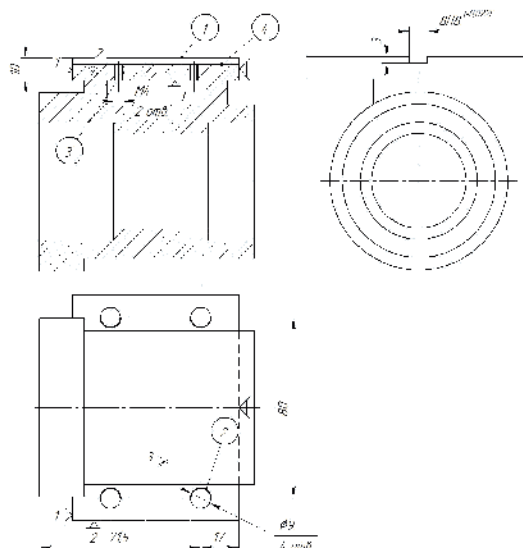
ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

Розробка технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Корпус К-02А" з використанням CAD/CAM систем



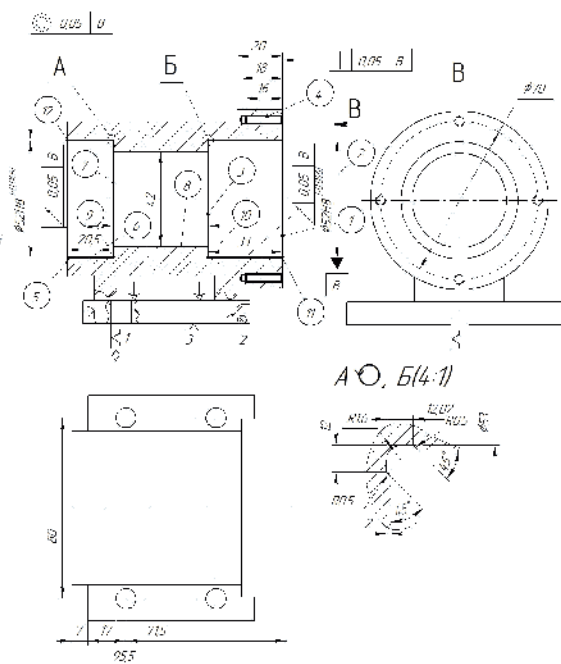


- Вертикальний-фрезерний з ЧПК
1. Встановити та закріпити заготовку
 2. Фрезерувати пов. 1 попередньо в р-р 10,9мм
 3. Центрувати 4 отвори 2 в р-р $\varnothing 4$ мм $l=5$ мм
 4. Свердлити 4 отвори 2 в р-р вказаний на ескізі
 5. Фрезерувати пов. 4 попередньо в р-р 2,5мм
 6. Фрезерувати пов. 4 остаточно в р-р вказаний на ескізі
 7. Центрувати 2 отвори 3 в р-р $\varnothing 2$ мм $l=2$ мм
 8. Свердлити 2 отвори 3 в р-р вказаний на ескізі
 9. Нарізати різь в 2 отв. 3 однократно в р-р вказаний на ескізі
 10. Фрезерувати пов. 1 остаточно в р-р вказаний на ескізі
 11. Зняти заготовку



Верстат
вертикальний-фрезерний
з ЧПК 1 Ф21/1Ф3

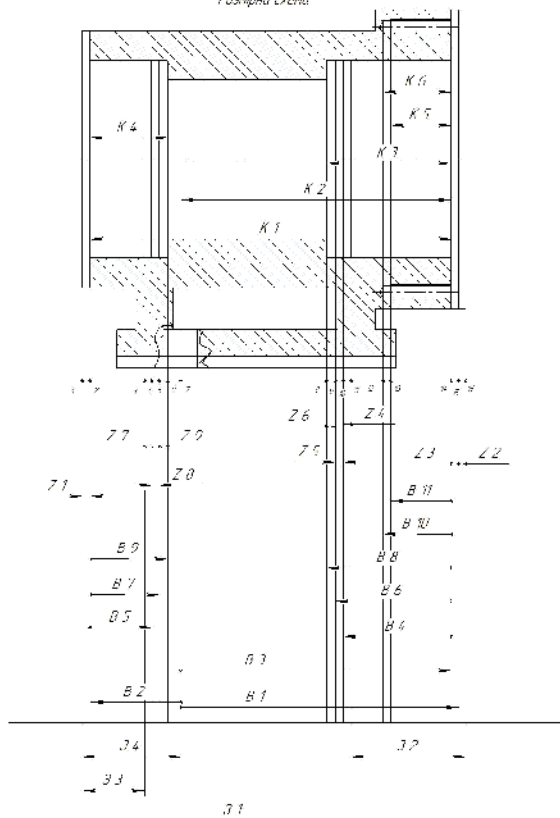
- Горизонтально-розточувальна з ЧПК
1. Встановити та закріпити заготовку
 - Позиція 1
 2. Фрезерувати пов. 1 попередньо в р-р 97,2мм
 - Покрутити робочий стіл на 180°
 - Позиція 2
 3. Фрезерувати пов. 5 однократно в р-р 95,7мм
 - Позиція 1
 4. Фрезерувати пов. 1 остаточно в р-р вказаний на ескізі
 5. Розточити отв. 8 однократно в р-р вказаний на ескізі
 6. Розточити пов. 2,3 попередньо в р-р $\varnothing 51,4$ мм
 - Позиція 2
 7. Розточити пов. 6,7 попередньо в р-р $\varnothing 51,3$ мм
 8. Розточити пов. 6,7 попередньо в р-р $\varnothing 51,9$ мм
 - Позиція 1
 9. Розточити пов. 2,3 попередньо в р-р $\varnothing 51,9$ мм
 10. Розточити фаску 11 однократно
 11. Фрезерувати канавку 10 однократно
 - Позиція 2
 12. Розточити фаску 12 однократно
 13. Фрезерувати кінцівку 9 індукційно
 14. Розточити пов. 6,7 остаточно в р-р вказаний на ескізі
 - Позиція 1
 15. Розточити пов. 2,3 остаточно в р-р вказаний на ескізі
 16. Центрувати 4 отв. 4 в р-р $\varnothing 7$ мм $l=2$ мм
 17. Свердлити 4 отв. 4 в р-р вказаний на ескізі
 18. Зенкувати 4 отв. 4 в р-р вказаний на ескізі
 19. Нарізати різь в 4 отв. 4 однократно в р-р вказаний на ескізі



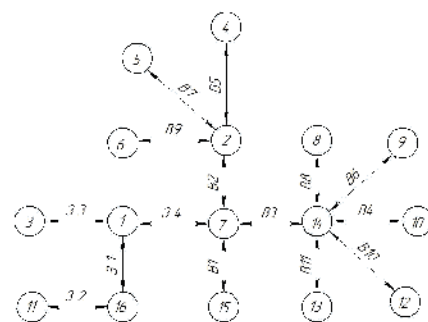
Верстат
горизонтально-розточувальний
МР3201/МФ4

Розмірний аналіз технологічного процесу

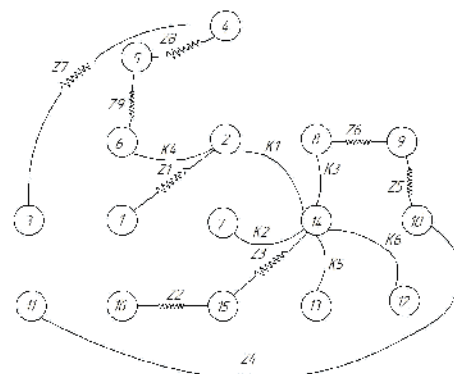
Результаты эксперимента



ಗಿರಗುಡಿಯಲ್ಲಿನ ಪ್ರಾಚೀನ ವಿಗ್ರಹ



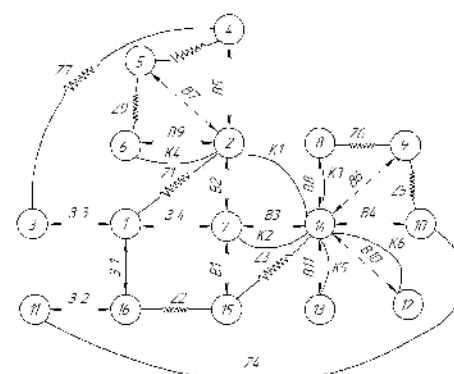
Deixidne zyxu-depudu



Рівняння прикладних розмірів

№	Разработчик руководитель	Время руководитель	Рекоменду- емый
1	03-02-0	03-02	03
2	08-01-0	08-01	08
3	07-06-0	07-06	07
4	08-03-0	08-03	08
5	08-03-0	08-03	08
6	02-01-0	02-01-02	02
7	01-03-03-0	01-03-03	01
8	06-08-02-0	06-08-02	06
9	06-04-03-0	06-04-03	06
10	00-01-03-0	00-01-03	00
11	07-05-03-0	07-05-03	07
12	04-02-01-0	04-02-01	04
13	04-03-04-00-01-0	04-03-04-00-01	04
14	04-04-01-00-0	04-04-01-00	04
15	04-03-04-00-01-0	04-03-04-00-01-0	04

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ
ՏՐԱՆՍՊՈՐՏԱՆԻ ՎԵՐԻՄՈՒԹՅՈՒՆ



Гривний привуски

Испытание	21	22	23	24	25	26	27	28	29
min	15	12	0,3	12	0,5	0,1	12	0,5	0,1
max	132	50,5	204	7,79	137	0,45	50,5	123	0,4

Pravoslavni pravopis

	θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	θ_5	θ_6	θ_7	θ_8	θ_9	θ_{10}	θ_{11}	θ_{12}	θ_{13}	θ_{14}	
min	72.235	23.945	71.065	314.8	93.12	32.6	20.14	32.95	20.45	17.74	15.785	101.54	31.05	18.295	25.935
max	74.835	24.435	71.935	32.1	19.64	32.95	20.15	31.05	20.55	18.26	16.275	101.74	32.65	19.595	27.235
γ	0.57	0.52	0.87	0.62	0.52	0.25	0.21	0.1	0.1	0.52	0.43	2.2	1.6	1.3	1.3

Алгоритм створення керуючої програми для верстата з ЧПК

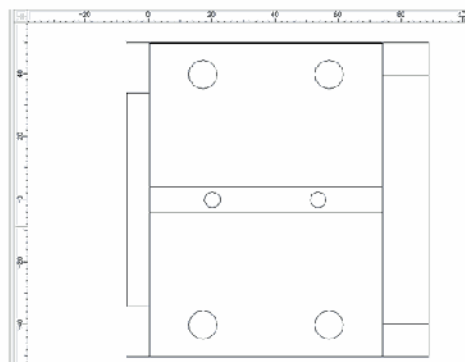


Рисунок 1 – Введення початкових даних

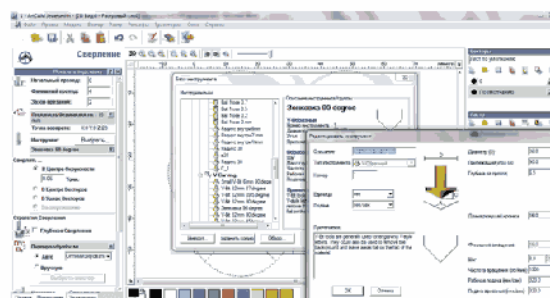


Рисунок 2 – Вибір інструмента

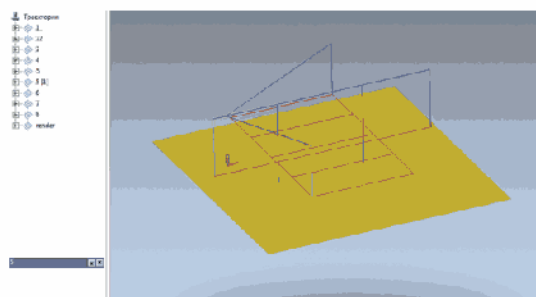


Рисунок 3 – 3D Рухи інструмента

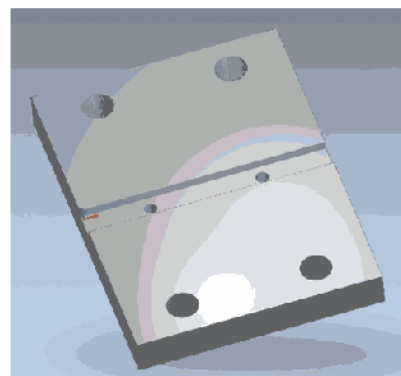


Рисунок 4 – Симуляція обробки

Додаток Б

Програма обробки деталі на верстаті з ЧПК

%
 G90
 G49
 M3 S15000
 G0 X17.370 Y-35.051 Z20.000
 G1 Z-0.300 F160
 G1 X57.370
 Y-17.551
 X17.370
 X17.370 Y-0.051
 X57.370
 Y17.449
 X17.370
 Y34.949
 X57.370 Y34.949
 X17.370
 X17.370 Y-35.051
 X57.370
 Y34.949
 G0 Z20.000
 G0 X0.000 Y0.000
 G0Z20.000
 X0.000Y0.000
 M05
 M02
 %

%
 G90
 G49
 M3 S15000
 G0 X17.000 Y-40.051 Z20.000
 Z2.000
 G1 Z-0.500 F292
 G0 Z20.000
 G0 X57.000
 Z2.000
 G1 Z-0.500 F292
 G0 Z20.000
 G0 Y39.949
 Z2.000
 G1 Z-0.500 F292
 G0 Z20.000
 G0 X17.000

```

    Z2.000
G1  Z-0.500 F292
G0  Z20.000
G0 X0.000 Y0.000
G0Z20.000
X0.000Y0.000
M05
M02
%

%
G90
G49
M3 S15000
G0 X17.000 Y-40.051 Z20.000
    Z2.000
G1  Z-11.000 F150
G0  Z20.000
G0 X57.000
    Z2.000
G1  Z-11.000 F150
G0  Z20.000
G0 Y39.949
    Z2.000
G1  Z-11.000 F150
G0  Z20.000
G0 X17.000
    Z2.000
G1  Z-11.000 F150
G0  Z20.000
G0 X0.000 Y0.000
G0Z20.000
X0.000Y0.000
M05
M02
%

%
G90
G49
M3 S15000
G0 X-5.000 Y-0.000 Z20.000
G1  Z-2.500 F150
G1 X80.000
G0  Z20.000

```

G0 X0.000 Y0.000
 G0Z20.000
 X0.000Y0.000
 M05
 M02
 %

%
 G90
 G49
 M3 S15000
 G0 X20.000 Y-0.051 Z20.000
 Z-1.000
 G1 Z-5.000 F200
 G0 Z20.000
 G0 X53.500
 Z-1.000
 G1 Z-5.000 F200
 G0 Z20.000
 G0 X0.000 Y0.000
 G0Z20.000
 X0.000Y0.000
 M05
 M02
 %

%
 G90
 G49
 M3 S15000
 G0 X20.000 Y-0.051 Z20.000
 Z-1.000
 G1 Z-11.000 F200
 G0 Z20.000
 G0 X53.500
 Z-1.000
 G1 Z-11.000 F200
 G0 Z20.000
 G0 X0.000 Y0.000
 G0Z20.000
 X0.000Y0.000
 M05
 M02
 %

%
 G90
 G49
 M3 S15000
 G0 X20.000 Y-0.051 Z20.000
 Z-1.000
 G1 Z-11.000 F50
 G0 Z20.000
 G0 X53.500
 Z-1.000
 G1 Z-11.000 F50
 G0 Z20.000
 G0 X0.000 Y0.000
 G0Z20.000
 X0.000Y0.000
 M05
 M02
 %

%
 G90
 G49
 M3 S15000
 G0 X17.370 Y-35.051 Z20.000
 G1 Z-0.500 F160
 G1 X57.370
 Y-17.551
 X17.370
 X17.370 Y-0.051
 X57.370
 Y17.449
 X17.370
 Y34.949
 X57.370 Y34.949
 X17.370
 X17.370 Y-35.051
 X57.370
 Y34.949
 G0 Z20.000
 G0 X0.000 Y0.000
 G0Z20.000
 X0.000Y0.000
 M05
 M02
 %

Додаток В

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Розробка технологічного процесу механічної обробки заготовки
деталі "Корпус К-02А" з використанням CAD/CAM систем.

Тип роботи: БДР
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра ТАМ
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 81.1% Схожість 18,9%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☐ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку _____ Дмитро ЛОЗІНСЬКИЙ
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи _____ Артем ЯВОРСЬКИЙ
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____ Дмитро ЛОЗІНСЬКИЙ
(підпис) (прізвище, ініціали)