

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

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

Бакалаврська дипломна робота

на тему:

ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ
ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «КОРПУС Д02120.1»
З ВИКОРИСТАННЯМ CAD/CAM-СИСТЕМ

Виконав: студент 4 курсу, групи 1ПМ-206
спеціальності 131 – «Прикладна механіка»
(шифр і назва спеціальності)


(підпис)

Ярослав МАСЛОВ
(ім'я та прізвище)

Керівник: к.т.н., доцент кафедри ТАМ
Олег ШОНТКЕВИЧ
(підпис) (ім'я та прізвище)

« 06 » 06 2024 р.

Рецензент: к.т.н., ст. викл. каф. АТМ
Олег АНТОНЮК
(підпис) (ім'я та прізвище)

« 12 » 06 2024 р.

Допущено до захисту

Зав. кафедри ТАМ Козлов Л. Г.

« 12 » 06 2024р.

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

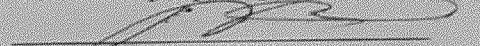
(назва освітньо-професійної програми)

системи в машинобудуванні

ЗАТВЕРДЖУЮ

завідувач кафедри ТАМ

д. т. н., професор Козлов Л. Г.



« 11 » 03 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Маслов Ярослав Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Корпус Д02120.1» з використанням CAD/CAM-систем

Керівник роботи Піонткевич Олег Володимирович, к.т.н.

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

затверджені наказом ВНТУ від « 11 » березня 2024 року № 80

2. Термін подання студентом роботи: 14 червня 2024 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи): креслення деталі: «Корпус Д02120.1»;
матеріал: Сталь 45 ДСТУ 7809:2015; річна програма випуску: 300 шт.

4. Зміст текстової частини: вступ, анотації, визначення типу виробництва і форми організації роботи; аналіз конструкції та технологічності деталі; вибір способу виготовлення заготовки; розробка маршруту механічної обробки; керуюча програма для механічної обробки заготовки деталі «Корпус Д02120.1» в САМ-системах; охорона праці; перелік посилань

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

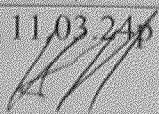
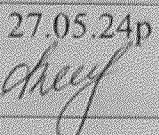
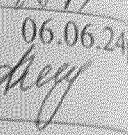
робоче креслення заготовки;

маршрут механічної обробки деталі;

розмірний аналіз технологічного процесу;

карта налагоджень на операцію.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Олег ПІОНТКЕВИЧ, 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 » березня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Терміни виконання		Примітки
		початок	закінчення	
1	Формування та затвердження теми бакалаврської дипломної роботи (БДР)	11.03.24р	20.03.24р	Вик
2	Виконання спеціальної частини БДР. Перший рубіжний контроль виконання БДР	23.04.24р	26.04.24р	Вик
3	Виконання спеціальної частини БДР. Другий рубіжний контроль виконання БДР	27.05.24р	29.05.24р	Вик
4	Виконання розділу «Охорона праці»	27.05.24р	06.06.24р	Вик
5	Перевірка на антиплагіат	06.06.24р	07.06.24р	Вик
6	Попередній захист БДР	06.06.24р	07.06.24р	Вик
7	Нормоконтроль БДР	10.06.24р	11.06.24р	Вик
8	Рецензування БДР	11.06.24р	12.06.24р	Вик
9	Захист БДР	18.06.24р.	21.06.24р.	Вик

Студент

(підпис)

Ярослав МАСЛОВ

(ім'я та прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Олег ПІОНТКЕВИЧ

(ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

УДК 621

Маслов Я. В. Проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Корпус Д02120.1» з використанням CAD/CAM-систем. Бакалаврська дипломна робота зі спеціальності 131 – Прикладна механіка, освітня програма – Комп'ютеризовані технології та механотронні системи в машинобудуванні, Вінниця: ВНТУ, 2024. 76 с.

На укр.мові. Бібліогр.: 26 назв; рис.: 19; табл.: 22.

У роботі спроектовано технологічний процес механічної обробки заготовки деталі «Корпус Д02120.1» з використанням CAD/CAM-систем.

В основній частині роботи виконано аналіз технологічності конструкції деталі; вибрано спосіб виготовлення вихідної заготовки з урахуванням якісного порівняння можливих варіантів; спроектовано технологічний процес; визначені припуски на механічну обробку; виконано розмірний аналіз технологічного процесу механічної обробки; визначено режими різання і технічні норми часу, проведено розрахунки окремих елементів ділянки механічної обробки, а саме визначено приведену програму, розраховано кількість верстатів та робітників на ділянку.

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

В графічній частині розроблено креслення деталі, вихідної заготовки, графічне зображення маршруту механічної обробки заготовки деталі, схеми з таблицями, що демонструють результати розмірного аналізу технологічного процесу механічної обробки, графіки завантаження верстатів.

Ключові слова: технологічний процес, механічна обробка, заготовка, корпус.

ABSTRACT

Maslov Ia. V. Design of the technological process of mechanical processing of the workpiece of the "Body D02120.1" part using CAD/CAM systems. Bachelor's thesis in specialty 131 - Applied Mechanics, educational program - Computerized technologies and mechatronic systems in mechanical engineering, Vinnytsia: VNTU, 2024. 76 c.

In Ukrainian language. Bibliography: 26 titles; Figs. 19; Tables: 22.

The paper designs the technological process of machining the workpiece of the part "Body D02120.1" using CAD/CAM systems.

In the main part of the work, we analyze the manufacturability of the part design; select the method of manufacturing the initial workpiece, taking into account a qualitative comparison of possible options; design the technological process; determine the machining allowances; perform a dimensional analysis of the machining process; determine the cutting modes and technical time standards; calculate the individual elements of the machining section, namely, determine the program, calculate the number of machines and workers at the section.

The occupational health and safety section addresses such issues as the causes, effects on the human body, and regulation of harmful and hazardous production factors in the production facility, provides recommendations for improving working conditions, and considers fire safety standards.

The graphical part includes drawings of the part, the initial workpiece, a graphical representation of the machining route of the workpiece, diagrams with tables showing the results of dimensional analysis of the machining process, and machine tool loading schedules.

Keywords: technological process, machining, workpiece, body.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА І ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ.....	6
2 ПОБУДОВА ТРИМІРНОЇ МОДЕЛІ ДЕТАЛІ ТА ЇЇ АНАЛІЗ	11
3 ПРОЄКТУВАННЯ ВИПІДНОЇ ЗАГОТОВКИ	21
3.1 Аналіз двох альтернативних способів виготовлення заготовки	21
3.2 Розрахунок розмірів для вибраного способу виготовлення заготовки.....	22
4 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ	24
4.1 Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва	24
4.2 Розрахунок кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні $\varnothing 45h6$	25
4.3 Вибір чистових та чорнових технологічних баз з обґрунтуванням їх вибору	26
4.4 Проектування двох варіантів маршруту механічної обробки	27
4.5 Порівняння маршрутів механічної обробки й вибір кращого з них за мінімумом зведених витрат	34
4.6 Розмірний аналіз технологічного процесу	36
4.7 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні	
4.8 Визначення за нормативами режимів різання на обробку конструкторських баз і кріпильних отворів	46
4.9 Визначення технічних норм часу для всіх операцій	50
5 РОЗРОБКА КЕРУВАЛЬНОЇ ПРОГРАМИ В МОДУЛІ САМ-СИСТЕМИ	51
6 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	55
6.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць	55
6.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	58
6.2.1 Мікроклімат	58

6.2.2 Виробниче освітлення	60
6.2.3 Виробничий шум та вібрації	61
6.3 Технічні рішення з пожежної безпеки	62
ВИСНОВКИ	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	65
ДОДАТКИ.....	68
ДОДАТОК А (обов'язковий). ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ	69
ДОДАТОК Б (обов'язковий). Графічна частина.....	71

ВСТУП

Виготовлення нових корпусів в машинобудування потребує сучасних підходів до проектування їхніх технологічних процесів. Огляд аналогів технологічних процесів для зменшення номенклатури інструментів та кількості операцій з переходами. Врахування серійності виробництва. Всі ці аспекти є надзвичайно важливими для забезпечення ефективного виготовлення конкурентного продукту на ринку. Тому актуальним для сучасного інженера є проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Корпус Д02120.1» з врахуванням вище перерахованих аспектів та використанням CAD/CAM-систем.

Темою бакалаврської дипломної роботи є: «Проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Корпус Д02120.1» з використанням CAD/CAM-систем»

Під час виконання бакалаврської дипломної роботи виконано тривимірне моделювання деталі «Корпус Д02120.1» та її заготовки з обґрунтуванням методі отримання. Оцінено та обрано найбільш раціональний варіант технологічного процесу, обладнання для нього, інструмент та оснастка. Розраховано режими різання та норми часу. Використано високопродуктивне металорізне обладнання, а саме, верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК) для розрахованого типу виробництва. Проведено аналіз вимог до охорони праці. Розроблено відповідну конструкторську документацію.

Апробація результатів роботи. Доповіді на конференціях:

Соколовський М. Є., Мельник А. С., Маслов Я. В. Проектування технологічних процесів механічної обробки заготовок деталей з використанням CAD/CAM-систем. Матеріали ЛІІІ науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 20-22 березня 2024 р. Електрон. текст. дані. 2024. URI: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2024/paper/view/20429>.

1 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ

Визначимо тип виробництва по формулі 1.1:

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

В таблицю 1.1 перенесено розраховані параметри для з 5 операцій мехобробки деталі «Корпус Д02120.1»: основний час на кожну операцію та кількість верстатів на ній; розраховані коефіцієнти завантаження нашого обладнання та кількість операцій на ньому. Річна програма випуску деталей становить 400 шт, а дійсний річний фонд часу складає 3890 год (при двозмінній роботі для верстатів з ЧПК).

Таблиця 1.1 – Розрахунок коефіцієнту закріплення операцій

Мех. Обробка	Тосн, хв	ϕ_k	$T_{шт-к}$, хв	C_p	$C_{пр}$	$\eta_{зр}$, %	O	$K_{зо}$
005	14.47	1,54	22.28	0,053	1	5,3	4	30,6
010	3.03	1,5	4.55	0,011	1	1,1	68	30,6
015	16.47	1,65	27.18	0,061	1	6,1	12	30,6
020	5.83	1,6	9.33	0,021	1	2,1	36	30,6
025	8.75	1,6	14	0,032	1	3,2	23	30,6

Необхідна кількість верстатів по кожній операції [6]:

$$C_p = \frac{T_{шт-к.р.пр} \cdot N_{пр}}{F_0 \cdot m \cdot 60}. \quad (1.2)$$

де m – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання, $m=0,75$,

$$C_{p005} = \frac{T_{\text{ит-к.р.пр005}} \cdot N_{\text{пр}}}{F_{\delta} \cdot m \cdot 60} = \frac{22,28 \cdot 400}{3890 \cdot 0,75 \cdot 60} = 0,053;$$

$$C_{p010} = \frac{T_{\text{ит-к.р.пр010}} \cdot N_{\text{пр}}}{F_{\delta} \cdot m \cdot 60} = \frac{4,55 \cdot 400}{3890 \cdot 0,75 \cdot 60} = 0,011;$$

$$C_{p015} = \frac{T_{\text{ит-к.р.пр015}} \cdot N_{\text{пр}}}{F_{\delta} \cdot m \cdot 60} = \frac{27,18 \cdot 400}{3890 \cdot 0,75 \cdot 60} = 0,061;$$

$$C_{p020} = \frac{T_{\text{ит-к.р.пр020}} \cdot N_{\text{пр}}}{F_{\delta} \cdot m \cdot 60} = \frac{9,33 \cdot 400}{3890 \cdot 0,75 \cdot 60} = 0,021;$$

$$C_{p025} = \frac{T_{\text{ит-к.р.пр025}} \cdot N_{\text{пр}}}{F_{\delta} \cdot m \cdot 60} = \frac{14 \cdot 400}{3890 \cdot 0,75 \cdot 60} = 0,032.$$

Прийнята кількість обладнання на кожній операції механічної обробки складає:

$$C_{np005} = 1; \quad C_{np010} = 1; \quad C_{np015} = 1; \quad C_{np020} = 1; \quad C_{np025} = 1.$$

Приймаємо 5 верстатів.

Також виконаємо побудову графіки завантаження (див. рис. 1.1 та 1.2).

Коефіцієнт для розрахунку завантаження верстата η_z знаходиться

$$\eta_z = \frac{C_p}{C_{np}}, \quad (1.3)$$

Для операції 005:

$$\eta_z = \frac{0,053}{1} \cdot 100\% = 5,3\%;$$

Для операції 010:

$$\eta_z = \frac{0,011}{1} \cdot 100\% = 1,1\%;$$

Для операції 015:

$$\eta_z = \frac{0,061}{1} \cdot 100\% = 6,1\%;$$

Для операції 020:

$$\eta_z = \frac{0,021}{1} \cdot 100\% = 2,1\%;$$

Для операції 025:

$$\eta_{з.} = \frac{0,032}{1} \cdot 100\% = 3,2\%.$$

Визначаємо число операцій на робочому місці за спец. формулою 1.4, а результат записуємо в таблицю 1.1:

$$O = \frac{m}{\eta_{з.}}; \quad (1.4)$$

Розрахуємо коефіцієнт закріплення операції:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O_i}{\sum P_i} = \frac{14 + 68 + 12 + 36 + 23}{1 + 1 + 1 + 1 + 1} = 30,6.$$

Так як $20 < K_{з.о.} < 40$ це означає, що виробництво дрібносерійне.

Коефіцієнт використання обладнання за основним часом $\eta_{з.о.}$ визначаємо:

$$\eta_{з.о.} = \frac{T_o}{T_{шт-к.}}; \quad (1.5)$$

Для операції 005:

$$\eta_{з.о.} = \frac{14,47}{22,28} \cdot 100\% = 65\%;$$

Для операції 010:

$$\eta_{з.о.} = \frac{3,03}{4,55} \cdot 100\% = 67\%;$$

Для операції 015:

$$\eta_{з.о.} = \frac{16,47}{27,18} \cdot 100\% = 61\%;$$

Для операції 020:

$$\eta_{з.о.} = \frac{5,83}{9,33} \cdot 100\% = 63\%;$$

Для операції 025:

$$\eta_{з.о.} = \frac{8,75}{14} \cdot 100\% = 63\%;$$

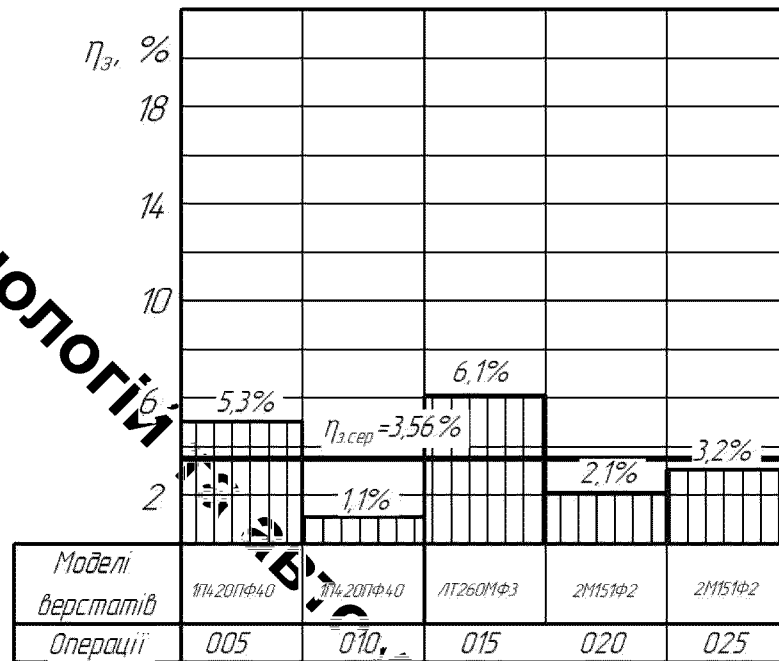


Рисунок 1.1 – Графік завантаження верстатів

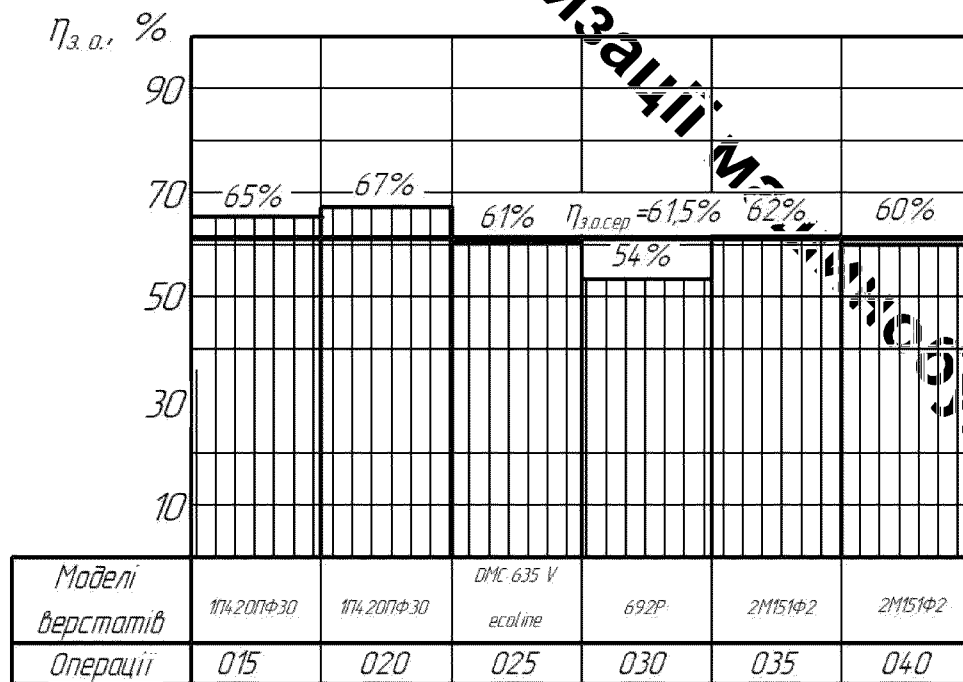


Рисунок 1.2 – Графік використання верстатів за основним часом

Заданий добовий випуск виробів за формулою:

$$N_d = \frac{N}{250} = \frac{400}{250} = 1,6 \text{ шт.} \quad (1.6)$$

Приймаємо $N_{\partial} = 2$ шт.

Добова продуктивність потокової лінії за формулою:

$$Q_{\partial} = \frac{F_{\partial}}{T_{\text{шт-к.ср}}} \cdot \eta_z = \frac{3890}{15,47} \cdot 0,75 \approx 189 \text{ шт.} \quad (1.7)$$

де $T_{\text{шт-к.ср}}$ згідно з таблиці 1.1.

Так як $N_{\partial} \leq Q_{\partial}$ маємо неможливість, то не можлива організація потової лінії. Отже, обираємо групову форму організації роботи. Кількість деталей в партії:

$$n = \frac{N_n \cdot a}{250} = \frac{400 \cdot 5}{250} \approx 8 \text{ шт.}$$

де a – періодичність запуску в днях (прийнято $a = 5$);

Отже, кількість деталей у партії 8 шт, а тип виробництва дрібносерійний при формі організації роботи – групова.

2 ПОБУДОВА ТРИВИМІРНОЇ МОДЕЛІ ДЕТАЛІ ТА ЇЇ АНАЛІЗ

Сучасні CAD-системи забезпечують високу продуктивність праці інженерно-конструкторського персоналу, наприклад, для розробки тривимірних моделей та виконання їх креслеників. Сюди може входити позначення точності форми і шорсткості, а також безпосереднє оперативне їх редагування. Тривимірною моделлю деталі «Корпус Д02120.1» будемо використовувати таку сучасну програму CAD-системи, як «SolidWorks». Під час побудови тривимірної моделі користуємося ескізами, які в подальшому або зберігати, або видавлювати. На основі тривимірної моделі деталі «Корпус Д02120.1» в подальшому виготовлено конструкторську та технологічну документацію, що дозволило зменшити кількість механічних помилок. На рис. 2.1 показано діалогове вікно «Material» для вибору безпосередньо матеріалу деталі «Корпус Д02120.1». Отже, обираємо матеріал Сталь 45 по ДСТУ 7809:2015, або аналог AISI 1045.

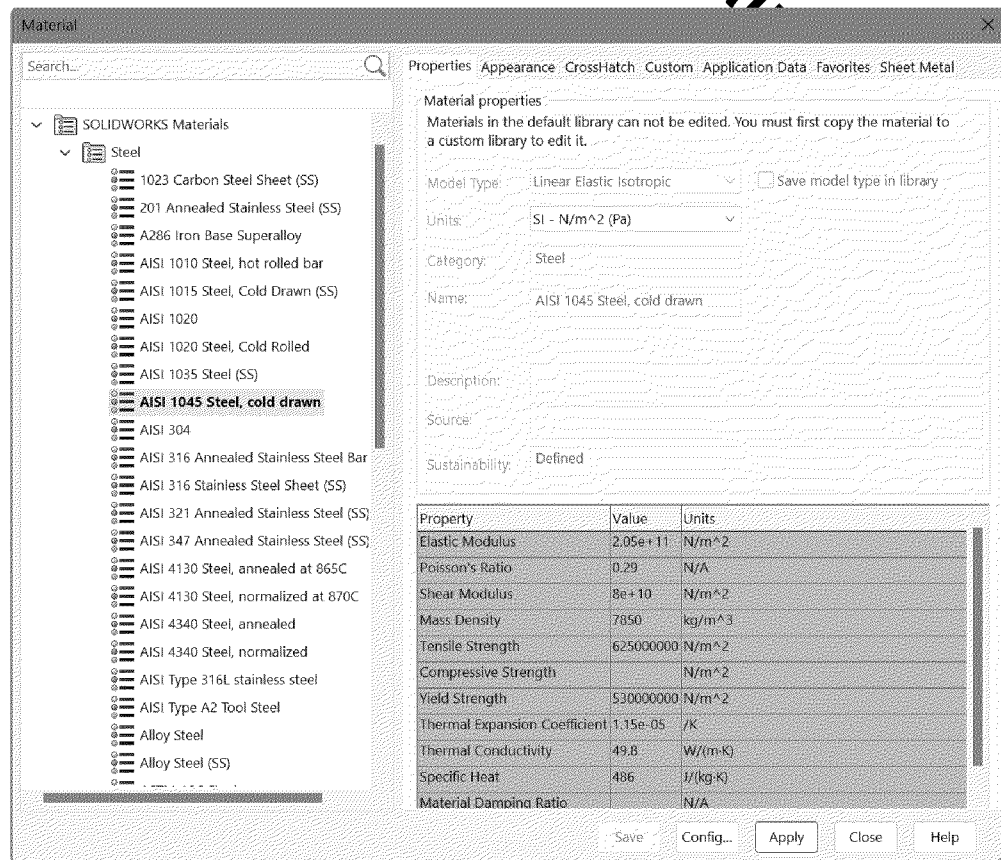


Рисунок 2.1 – Вибір матеріалу деталі AISI 1045

Тривимірну модель деталі «Корпус Д02120.1» починаємо будувати з ескізу її контуру і використовуємо функцію «Revolved Base/Base» так як наша деталь має форму тіла обертання. Для цього робимо на ескізі лише половину перерізу деталі та вісь обертання. Після побудови ескізу із розмірами, застосуємо вказану вище функцію, та проведемо обертання нашого ескізу на 360 градусів (див. рис. 2.2).

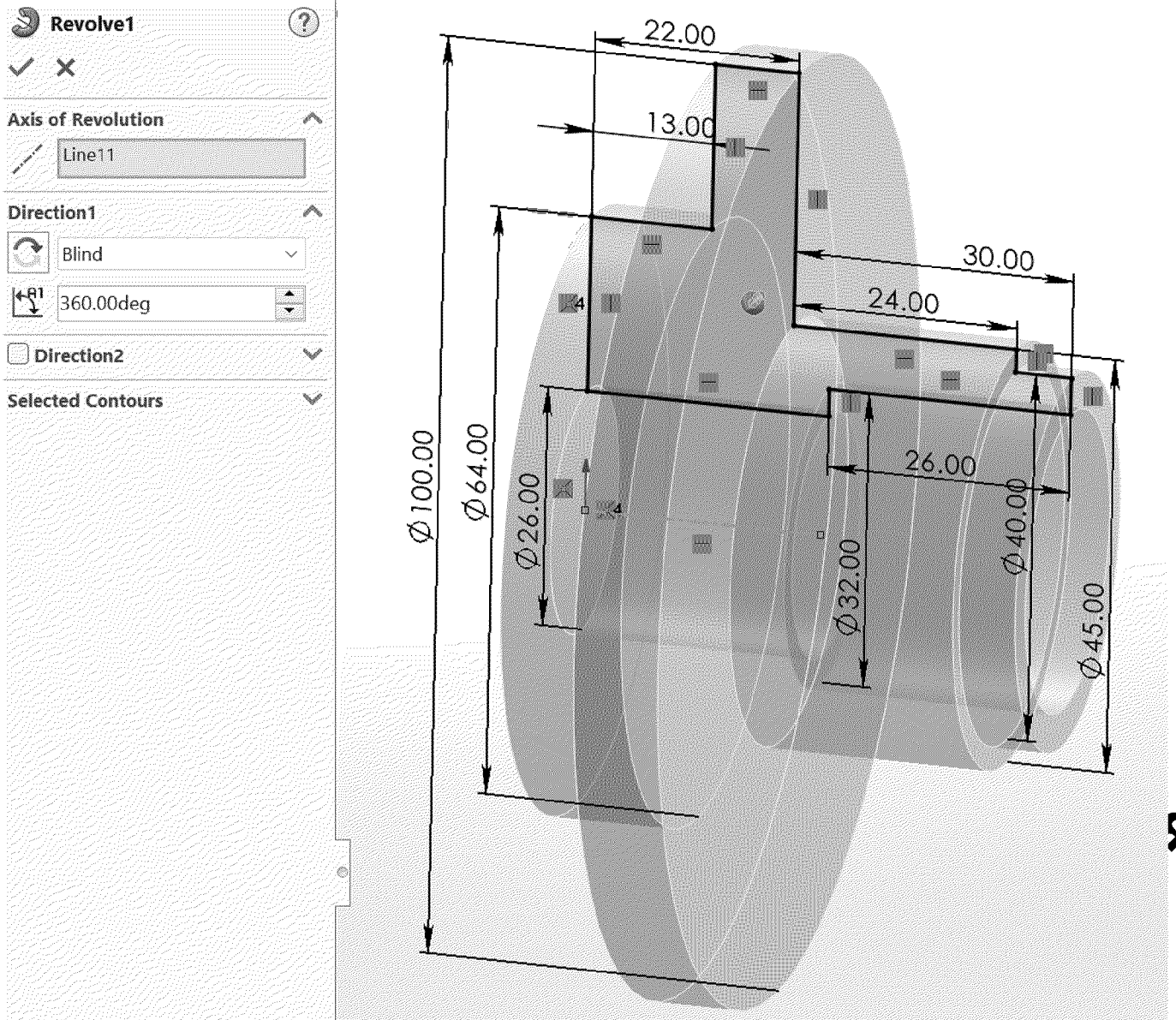


Рисунок 2.2 – Побудова форми тіла деталі «Корпус Д02120.1» за допомогою функції «Revolved Base/Base»

Потім виконуємо побудову наскрізних двох вирізів та двох отворів $\varnothing 8$ мм на фланці деталі «Корпус Д02120.1» (див. рис. 2.3).

На рис. 2.4 показано етап побудови пазу шляхом вирізання його на глибину 2 мм.

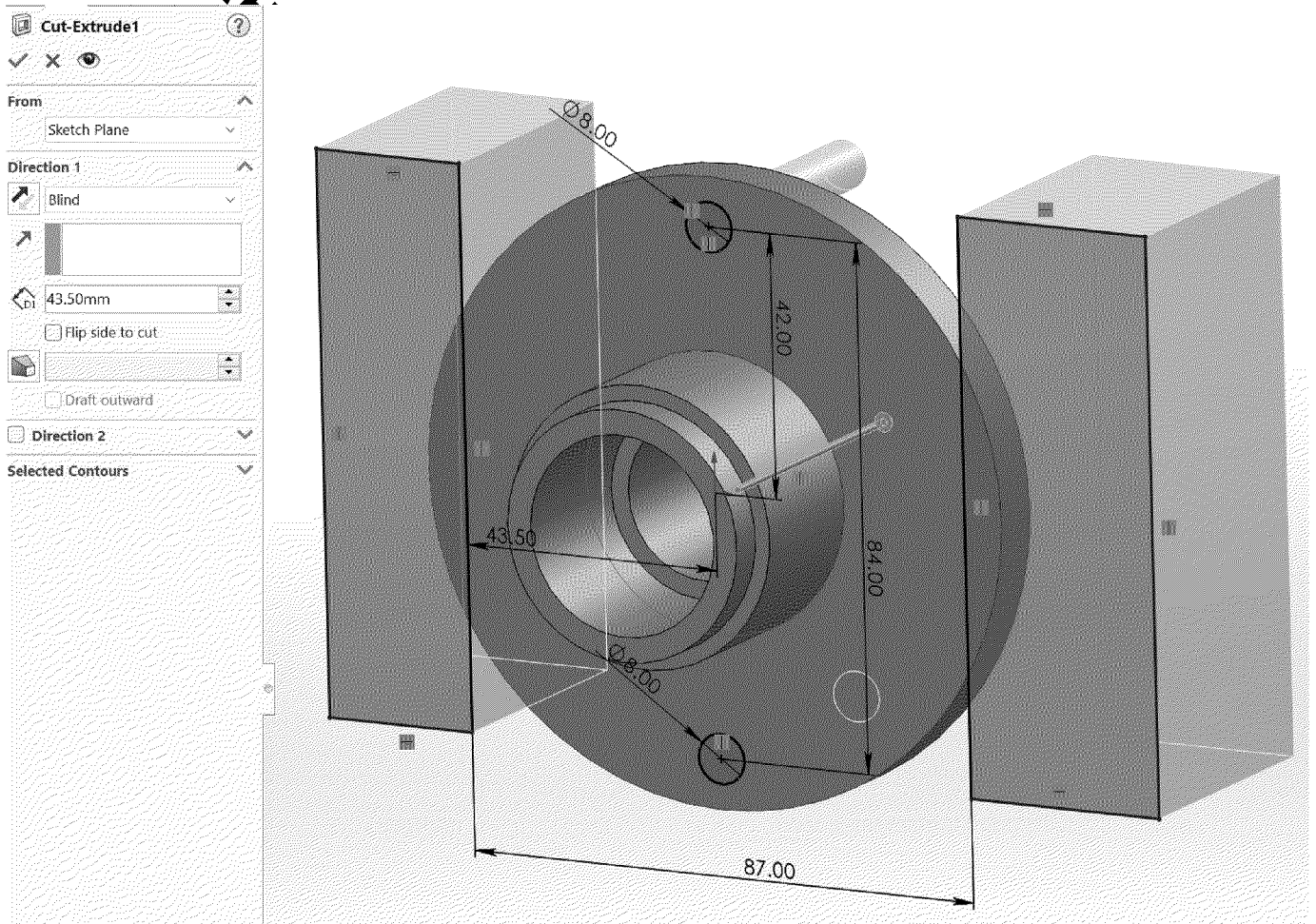


Рисунок 2.3 – Побудова вирізів та отворів на фланці деталі

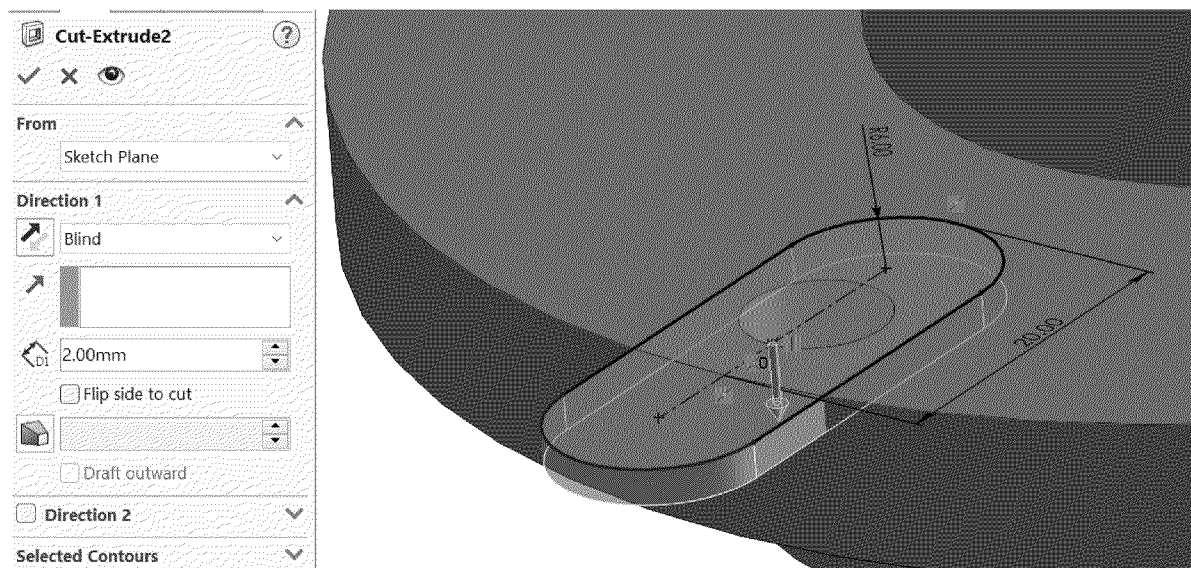


Рисунок 2.4 – Побудова пазу R 6 мм на глибину 2 мм

Наступним кроком створюємо фаски за допомогою інструменту «Chamfer», а також вирізаємо методом обертання канавки для виходу різального інструменту (див. рис. 2.5).

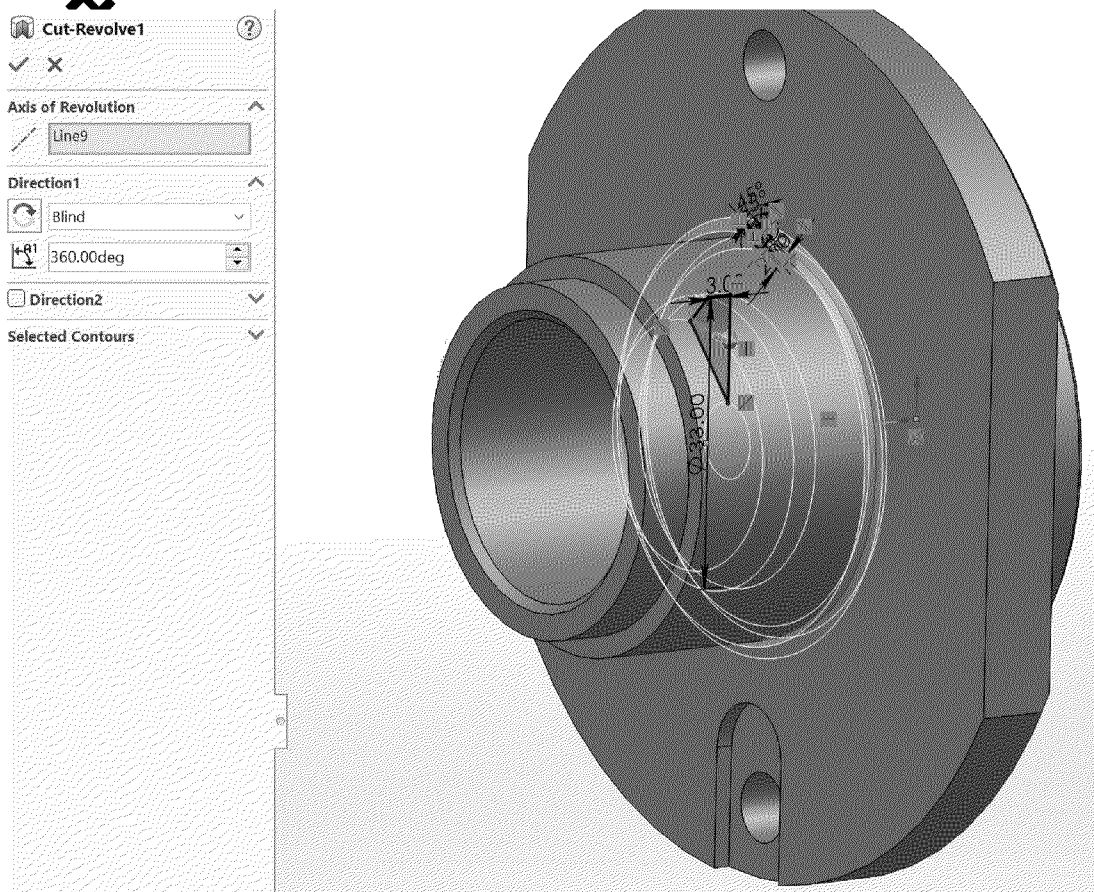


Рисунок 2.5 – Побудова канавок для виходу різального інструменту

На останньому етапі створення шпонкового пазу виконуємо побудову допоміжної площини «Plane1» відносно верхньої площини деталі на висоту 18,5 мм. На створеній додатковій площині «Plane1» виконуємо побудову шпонкового пазу та вирізаємо його через всю деталь у вертикальному напрямку – вгору (див. рис. 2.6).

Після виконання усіх продемонстрованих операцій побудована тривимірна модель заданої деталі «Корпус Д02120.1». В подальшому для неї можна буде виконати конструкторську та технологічну документацію, а також розробити керуючі програми в модулі CAM-системи програми «SolidWorks».

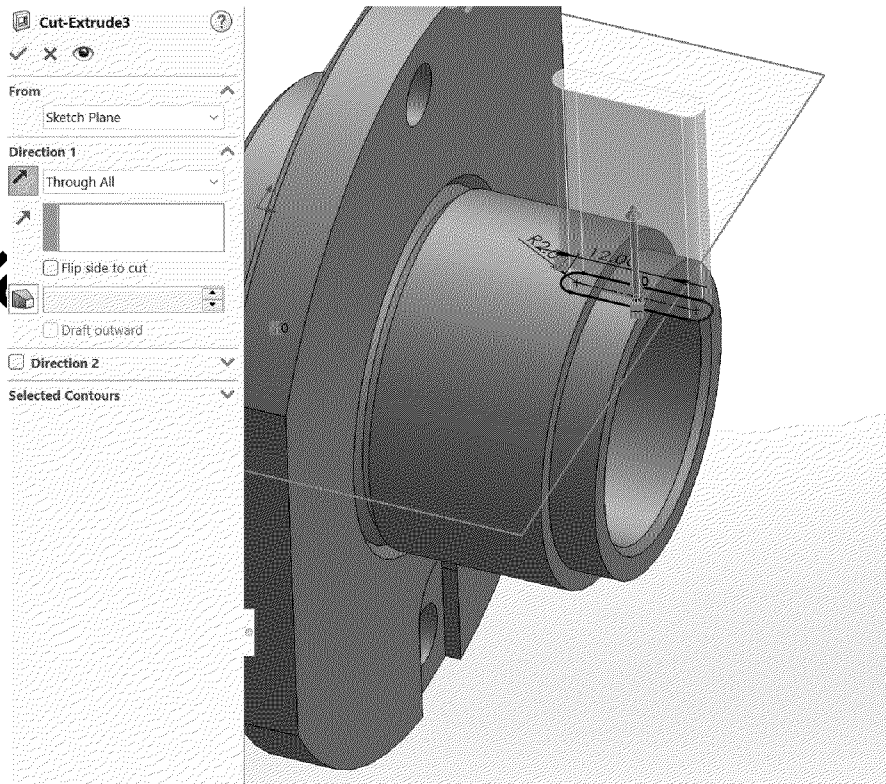


Рисунок 2.6 – Створення шпоночного пазу R 2 мм

На даний момент під час моделювання визначаємо, що маса деталі «Корпус Д02120.1» важить 0,92 кг, як показано на рис. 2.7.

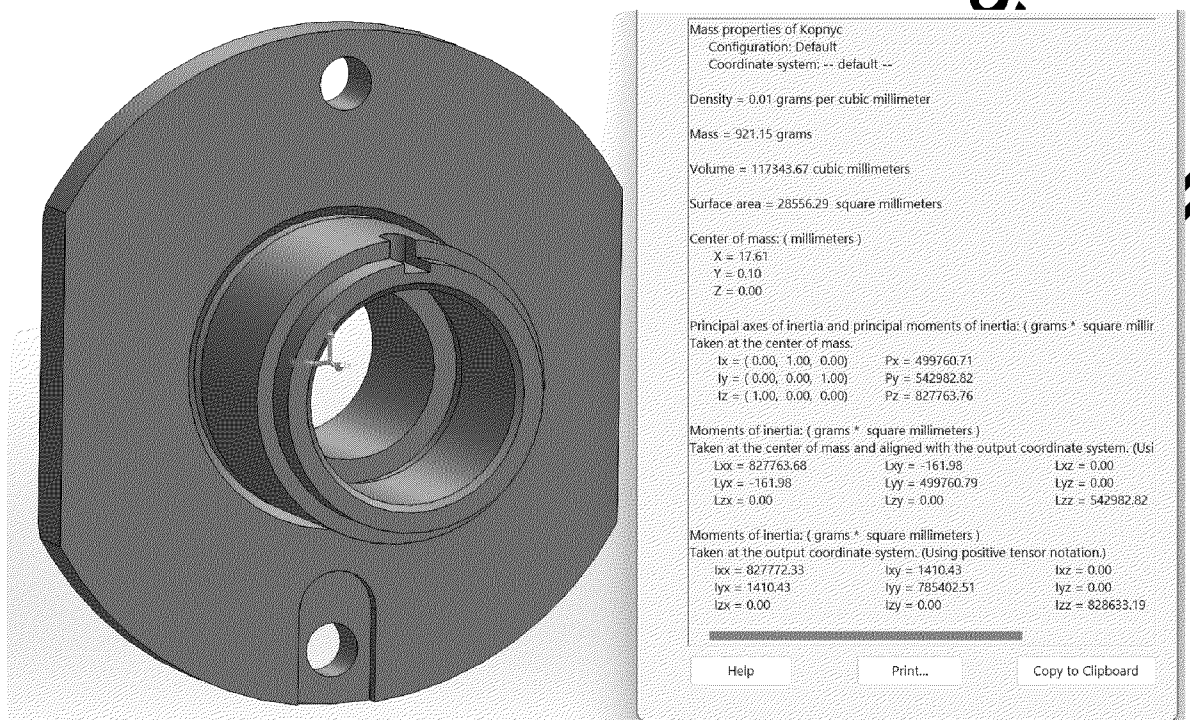


Рисунок 2.7 – Тривимірна модель деталі «Корпус Д02120.1»

Основна функція деталі «Корпус Д02120.1» полягає у розміщенні золотника та герметизації робочої рідини під тиском в гідророзподільнику. Тобто, деталь «Корпус Д02120.1» має витримувати значні статичні та динамічні навантаження від тиску робочої рідини. В результаті використано якісну конструкційну сталь 45 згідно із ДСТУ 7809:2015.

Матеріал сталь 45 добре обробляється і також піддається обробці тиском, що дозволяє виготовити заготовку із штамповки. Однак, розглядається за основу розглядався варіант вальцювання, що дає можливість використовувати штучний круглий сортовий прокат, що підходить для одиничного або дрібносерійного виробництва. Термічна обробка для даної деталі не передбачена.

Згідно робочого кресленика деталі «Корпус Д02120.1» найбільш точними поверхнями є: циліндричні поверхні під посадку з іншими деталями $\varnothing 45h6$ та $\varnothing 40h8$, а також внутрішня поверхня $\varnothing 32H9$. До зовнішньої поверхні $\varnothing 45 h6$ задано допуск радіального биття в 0,02 мм, циліндричності 0,01 мм та до її торця – допуск торцевого биття 0,015 мм. Заплановану якість та допуск можливо забезпечити за рахунок тонкого точіння або шліфування. Всі інші поверхні обробляються по 14-му квалітету, що досягається при лезових методах обробки за декілька переходів.

Головними конструкторськими базами для деталі «Корпус Д02120.1» для базування у вузлі гідророзподільника, є циліндричні поверхні $\varnothing 45h6$ та $\varnothing 40h8$ та відповідний торець 100/45 мм.

Допоміжними конструкторськими базами, якими деталь «Корпус Д02120.1» з'єднується із іншими деталями, є циліндричні поверхні $\varnothing 8$ мм та $\varnothing 32H9$, та їх торці. Решта поверхонь є вільними.

Технічних вимог для деталі обумовлено її службовим призначенням і точністю розміщення складових гідророзподільника. Необхідна точність механічної обробки варіює від 6 до 14 квалітетів, а шорсткість від 1,6 до 12,5 мкм, яку можливо досягнути на верстатах із підвищеною точністю (П) або шліфувальних.

Деталь «Корпус Д02120.1» має уніфіковані елементи: канавки, фаски і т. ін., що дозволяє застосовувати стандартні ріжучі інструменти. Усі поверхні доступні для мехобробки чи для їх контролю.

Матеріал якісна конструкційна сталь 45 ДСТУ 7809:2015 застосовують в основному для виготовлення відповідальних і важливих деталей. Для неї характерні хороша якісна обробка металорізальними лезовими інструментами. Такі заготовки піддаються пресуванню, вальцюванню, а також зміцненню за рахунок термічної обробки. Хімічний та мехвластивості згідно ДСТУ 7809:2015 представлено в таблицях 2.1 та 2.2.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 45 ДСТУ 7809:2015, %

C	Si	Mn	Ni	Cr	Cu	P	S
						не більше	
0,42 – 0,5	0,17 – 0,37	0,5 – 0,8	До 0,3	До 0,25	До 0,3	0,035	0,035

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 45 ДСТУ 7809:2015

Твердість	σ_b , МПа (кг/мм ²)	σ_T , МПа (кг/мм ²)	Відносне видовження, %	Відносне звуження, %
НВ (поліпшена)	600	355	40	40

Для визначення впливу діючих навантажень на деталі «Корпус Д02120.1» необхідно провести її аналіз на міцність. Перевірку на міцність даної деталі виконаємо в моделі «Simulation», що входить до САЕ-системи «SolidWorks». При цьому виконаємо навантаження на торець та зовнішню поверхню $\varnothing 45$ корпусу від дії тиску $p=2$ МПа, а кріплення деталі виконуємо за отвори $\varnothing 8$ мм. Використовуючи метод скінченних елементів, а в модулі «Simulation» створюємо поділ деталі на скінченне число елементів.

Результат моделювання показано на рисунку 2.8. Найбільші показники від навантаження спостерігаються в місцях кріплення. Значення максимального напруження становить 225,4 МПа.

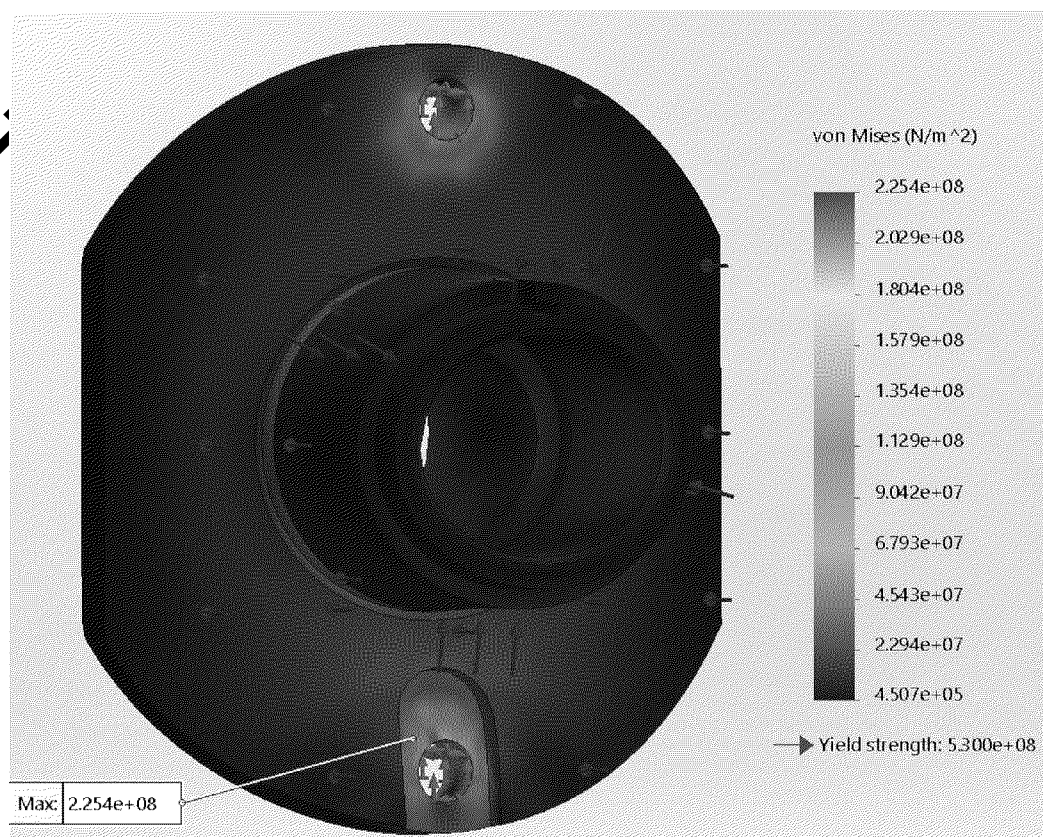


Рисунок 2.8 – Найбільші напруження по Мізесу для деталі «Корпус Д02120.1»

В результаті нашого імітаційного моделювання маємо, що деталь «Корпус Д02120.1» забезпечує коефіцієнт запасу міцності 2,35 разів, що є достатнім. Однак, саме така форма деталі «Корпус Д02120.1» обумовлено процесом під час експлуатації.

Визначимо технологічність деталі «Корпус Д02120.1» згідно конструктивного аналізу його поверхонь (див. табл. 2.3-2.5).

Таблиця 2.3 – Визначення коефіцієнту уніфікації

Лінійні розміри	Діаметральні розміри	Різь метрична	Кутові розміри	Шорсткість
1	2	3	4	5
1×45° (4 пов)*	∅8 (2 пов)*		45° (4 пов)*	1,6 (2 пов.) *
2 (2 пов)*	∅26*			2,5 *
3*	∅32*			3,2*

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5
6*	∅33			12.5 (21пов)*
7	∅40*			
12*	∅45*			
13*	∅60*			
26*	∅82			
30*	∅100*			
52	R6 *			
Σзаг.=14	Σзаг.=11	Σзаг.=0	Σзаг.=4	Σзаг.=25
Σуніф.=12	Σуніф.=8	Σуніф.=0	Σуніф.=4	Σуніф.=25

Примітка: позначення «*» мають уніфіковані розміри.

$$K_{ye} = \frac{Q_{ey}}{Q_e} = \frac{49}{54} = 0,907$$

Таблиця 2.4 – Визначення коефіцієнта точності обробки

Квалітет (розміри)	Кількість поверхонь	Поразунок
6 (1 пов.)	1	6 · 1 = 6
8 (1 пов.)	1	8 · 1 = 8
9 (1 пов.)	1	9 · 1 = 9
14 (22 пов.)	22	14 · 22 = 504
Сума	25	331

$$K_{т.ч.} = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{1}{13,24} = 0,924 ,$$

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{331}{25} = 13,24$$

де T_i – квалітет точності поверхонь для деталі;

n_i – кількість поверхонь на деталі з відповідною точністю.

Таблиця 2.5 – Коефіцієнт шорсткості поверхні

Шорсткість (розміри)	Кількість поверхонь	Розрахунок
1.6 (2 пов.)	2	$1,6 \cdot 2 = 3,2$
2.5	1	$2,5 \cdot 1 = 2,5$
3,2	1	$3,2 \cdot 1 = 3,2$
12.5 (21 пов.)	21	$12,5 \cdot 21 = 262,5$
Сума	25	271,4

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{\text{Ш}_{\text{ср}}} = \frac{1}{10,86} = 0,092,$$

де $\text{Ш}_{\text{ср}}$ – середня шорсткість поверхонь деталі, мкм;

$$\text{Ш}_{\text{ср}} = \frac{\sum \text{Ш}_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{271,4}{25} = 10,86,$$

де Ш_i – шорсткість поверхонь деталі після обробки, мкм;

n_i – кількість поверхонь, яких аналізується шорсткість з числовим значенням параметра R_a , мкм.

Тоді $K_y = 0,907 > 0,6$; $K_T = 0,924 > 0,8$; $K_{\text{ш}} = 0,092 < 0,32$. Отже, деталь «Корпус Д02120.1» за кількісними показниками є технологічною.

3 ПРОЄКТУВАННЯ ВИХІДНОЇ ЗАГОТОВКИ

3.1 Аналіз двох альтернативних способів виготовлення заготовки

Із попереднього розділу 1 встановлено, що серійність виробництва – дрібносерійне, а матеріал деталі – сталь 45. Також аналізуючи складну форму деталі можна зробити висновок, що для її заготовки оптимальним способом виготовлення є штампування в кривошипному гарячештампувальному (ГКМ) пресі у відкритому штампі, а також як більш універсальним способом – це прокат. З огляду на дорого вартісний процес виготовлення заготовок при штампування на ГКМ, найбільш раціональним є вибір виготовлення деталі з прокату, тому обираємо його. Виконаємо якісний аналіз способу виготовлення заготовки.

Таблиця 3.1 – Якісні показники способів виготовлення заготовки

Спосіб	Суть способу	Переваги	Недоліки	Способи застосування
Прокат	Полягає у пластичній деформації металу між валками, що обертаються. Процес прокатки передбачає безперервне втягування металу в зазор між валками під дією сил тертя між металом та валками.	Може зруйнувати організацію розливу сталевих злитків, очистити сталеве зерно та усунути дефекти мікроструктури, так що сталева структура щільна та механічні властивості покращені. Бульбашки, тріщини та пухкі частинки, що утворилися під час заливання металу, можуть бути зварені разом при високих температурах та тиску.	Ламінація; локальна деформація, спричинена стиском зварного шва, часто у кілька разів перевищує межу плинності, що набагато більше, ніж деформація, спричинена навантаженням; залишкові напруги.	Використання прокату як заготовки для створення різних конструкцій вузлів і деталей. Також використовується як початковий матеріал в ковальсько-штампувальному виробництві для виготовлення заготовок шляхом кування, штампування та застосування інших спеціальних методів обробки.

3.2 Розрахунок розмірів для вибраного способу виготовлення заготовки

В цьому підрозділі проведемо сам розрахунок розмірів заготовок деталей «Корпус Д021-20.1» та вибір їх точності. Для вибору норм точності заготовки прокату необхідно розрахувати номінальні розміри сортового прокату за формулою (3.1):

$$L_1 = L_0 + 2l_1 + l_2 \text{ [мм]}, \quad (3.1)$$

$$L_1 = 52 + 6 + 2 = 60 \text{ (мм)}.$$

Припуск на діаметр $\varnothing 105$ при довжині обробки більше 100 мм – 3 мм.

Отже, за ДСТУ 4738:2007 прийнято прячекатаний прокат $\varnothing 105$ мм. Довжина сортаменту також визначається за ДСТУ 4738:2007 в залежності від матеріалу, тобто для нелегованої сталі 45 прокат виготовляють довжиною від 2 до 6 метрів, тоді приймаємо $L = 6000$ мм.

Точність припуску для розміру: $\varnothing 105_{-1,7}^{+0,4}$ мм при точності прокатки Б1.

Розрахуємо загальну кількість заготовок із одного кругляка сортаменту та визначимо необхідну кількість заготовок, щоб отримати їх із одного сортаменту кругляка:

$$\frac{L}{L_1} = \frac{6000}{60} = 100.$$

Отже, приймаємо 100 шт. заготовок для одного сортаменту і при цьому залишку не буде.

Розпишімо технічні вимоги для заготовки із прокату:

1. Клас точності прокату Б.
2. Кривизна прокату – не більше 0,45 мм.
3. Паралельність торців – 0,45 мм.

3.3 Розробка ескізу заготовки

Беручи до уваги обґрунтовані технічні вимоги заготовки деталі «Корпус Д02120.1», було оформлено її ескіз:

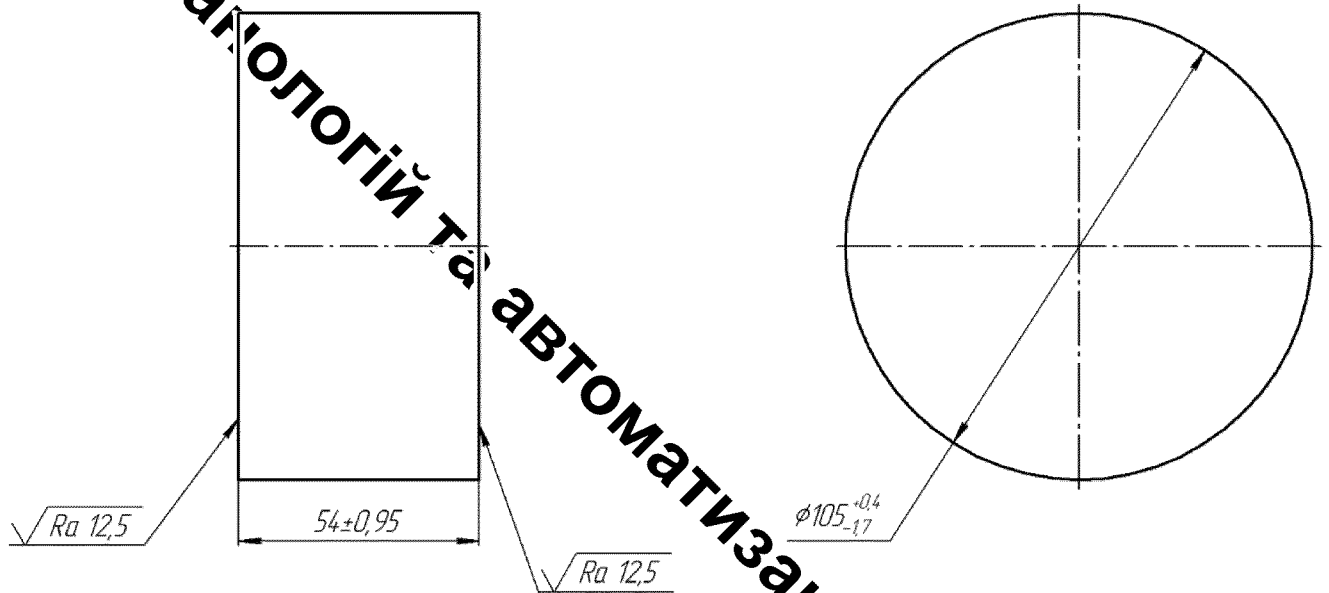


Рисунок 3.1 – Заготовка деталі «Корпус Д02120.1» із штучного круглого сортового прокату

Коефіцієнт точності маси визначається за формулою:

$$\gamma = \frac{m_{\text{дет}}}{m_{\text{заг}}} \times 100\%. \quad (3.2)$$

Так як маса заготовки дорівнює $m_{\text{заг}} = 3,65$ кг, а маса деталі – $m_{\text{дет}} = 0,92$ кг, розрахуємо коефіцієнт точності маси:

$$\gamma = \frac{0,92}{3,65} \times 100\% = 25,2\%.$$

4 РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

4.1 Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах заданого типу виробництва

Для аналізу обробки деталі «Корпус Д02120.1», можна взяти типову деталь кронштейна, що має необхідну подібну форму. У таблиці 4.1 показано розроблений типовий маршрут механічної обробки деталі «Корпус», а на рисунку 4.1 – його робочий кресленик згідно з [3]. Технологічний процес для деталі «Корпус» виконано згідно з принципами «Єдиної системи технологічної підготовки виробництва» за ЄСТПВ ГОСТ 14.201-73.

Типовий технологічний процес забезпечує в основному один підхід в виготовленні деталей, скорочені різновидів операцій та термінологій, а також підвищує якість технологічного процесу.

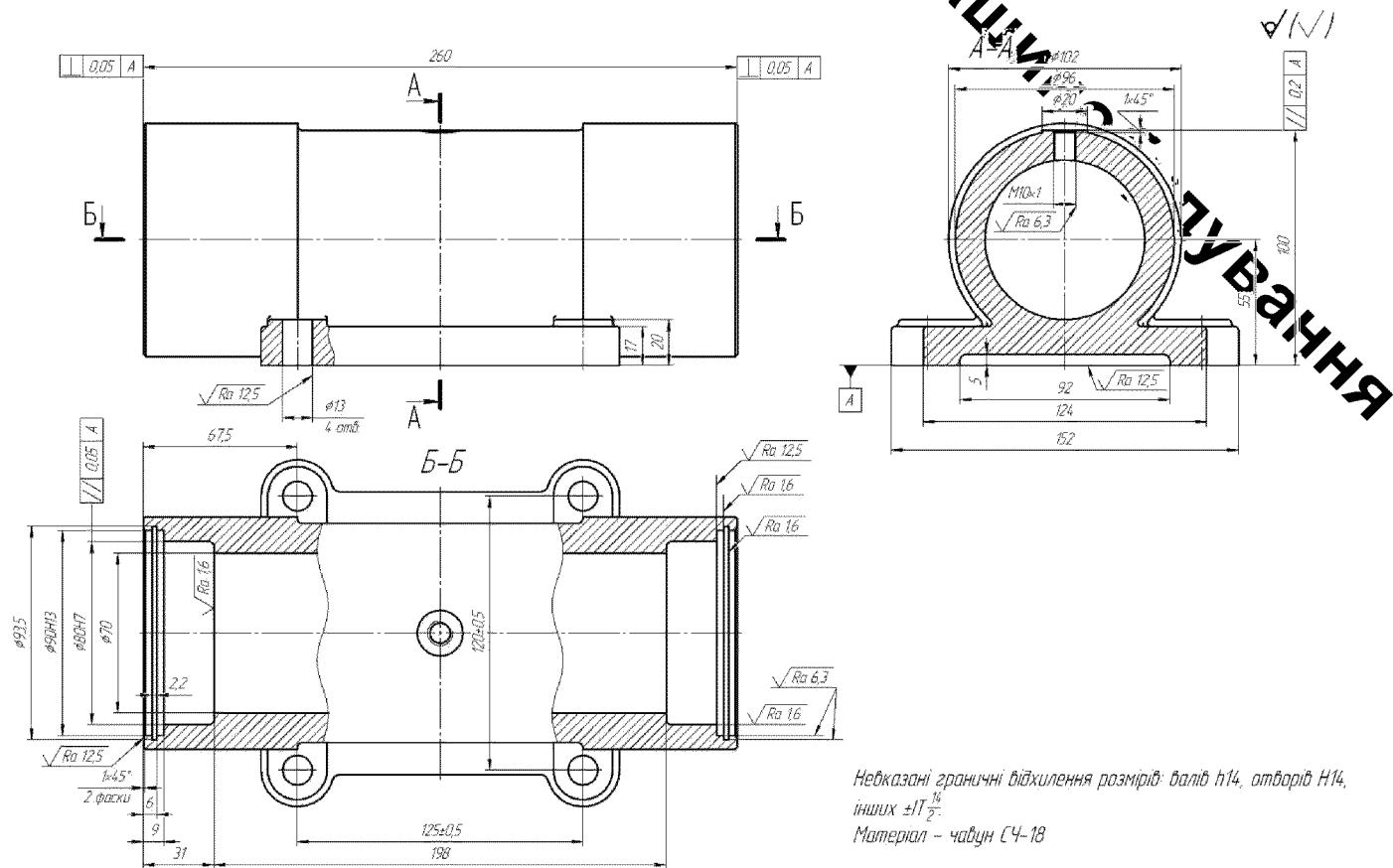


Рисунок 4.1 – Робоче креслення деталі «Корпус»

Таблиця 4.1 – Маршрут мехобробки деталі «Корпус»

Операція	Зміст або найменування операції	Верстат, обладнання	Оснащення
005	Лиття		
010	Обрубка та очищення виливка		
015	Фрезерувати площину основи остаточно. Свердлити чотири отвори Ø13 остаточно. Фрезерувати площину бобики Ø20 остаточно, свердлити і нарізати різьбу M10×1-7H в одному отворі остаточно. Фрезерувати торець Ø102, витримуючи розмір 200 остаточно. Розточити виточки Ø80H7; Ø90H13 і фаску 1×45° остаточно. Фрезерувати канавку b=2,2±0,5 остаточно. Повернути стіл на 180°. Розточити виточки Ø80H7; Ø90H13 і фаску 1×45° остаточно. Фрезерувати канавку 2,2±0,5 остаточно	Багатоцільовий з ЧПК і інструментальним магазином IP500MФ4	Наладка УСПО (УПВО)
020	Притупити гострі кромки	Верстак	
025	Технічний контроль		
030	Нанесення антикорозійного покриття		

Отже, маршрут механічної обробки заготовки деталі «Корпус 102120.1» буде подібний до типового маршруту для деталі «Корпус», наведеного в таблиці 4.1, однак матиме відмінності за структурою та кількістю операцій.

4.2 Розрахунок кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні Ø45h6

Вибір кількості переходів механічної обробки знайдемо за формулою (4.1):

$$\varepsilon = \frac{T_3}{T_d} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \cdots \frac{T_{i-1}}{T_i} \cdots \frac{T_n}{T_d} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdots \varepsilon_i \cdots \varepsilon_n = \prod_{i=1}^n \varepsilon_i \quad (4.1)$$

Для розміру Ø45h6 мм допуск заготовки – 2,1 мм, а допуск деталі – 16 мкм.

Уточнення для розміру $\phi 45h6$:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}} = \frac{2100}{16} = 131,25.$$

Вибираємо $n = 4$ ступеня механічної обробки, призначивши $\varepsilon_1 = 6$; $\varepsilon_2 = 5$; $\varepsilon_3 = 3$.

Тоді останній перехід дорівнює:

$$\varepsilon_4 = \frac{\varepsilon_{\Sigma}}{\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \varepsilon_4} = \frac{131,25}{6 \cdot 5 \cdot 3} = 1,46.$$

Допуски розмірів на кожний перехід згідно з [6]:

- після першого переходу: $T_1 = \frac{T_{\text{заг}}}{\varepsilon_1} = \frac{2100}{6} = 350$ (мкм) (ІТ 13);
- після другого переходу: $T_2 = \frac{T_1}{\varepsilon_2} = \frac{350}{5} = 70$ (мкм) (ІТ 10);
- після третього переходу: $T_3 = \frac{T_2}{\varepsilon_3} = \frac{70}{3} = 23$ (мкм) (ІТ 7);
- після четвертого переходу: $T_4 = \frac{T_3}{\varepsilon_4} = \frac{23}{1,46} = 16$ (мкм) (ІТ 6).

Приймаємо ступені для механічної обробки: чорнове та чистове точіння, чорнове та чистове шліфування.

4.3 Вибір чистових та чорнових технологічних баз з обґрунтуванням їх вибору

Для деталі «Корпус Д02120.1» чистовими технологічними базами прийнято зовнішні циліндричні поверхні та їхні торці. Закріплення деталі здійснюється в трикулачковому патроні для більшості операцій. При цьому поверхні забезпечують закріплення та обробку деталі «Корпус Д02120.1» відносно осі з досягненням відповідної точності. Тому при використанні цих чистових баз забезпечено принцип постійності баз, а також мінімізуються похибки базування. Це дозволяє досягнути усі допусків форми та розташування.

Чорною базою в даному випадку приймаємо звичайну схему базування для токарної операції за зовнішній діаметр заготовки, що зменшує припуски на обробку. Вибрані чистові і чорнові бази дають всі необхідні вимоги до деталі.

Проводимо аналіз похибок, що виникають на можливих операціях. Похибка базування на токарній і шліфувальній операції буде відсутня через принципи сумісності та постійності баз.

Похибка базування має місце для фрезерування пазу на оправці для розміру $20^{+0,52}$ мм. Вона буде залежати від точності оправки, отвору та зазору між ними.

Точність отвору $\phi 26H14(\frac{+0,02}{-0,033})$ мм, точність оправки $\phi 26f6(\frac{-0,02}{-0,033})$ мм. Отже, розраховуємо похибку базування за наступною формулою:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{20} &= T_{H14} + T_{f6} + S \text{ [мм]} \\ \varepsilon_{20} &= 0,52 + 0,031 + 0,02 = 0,571(\text{мм}).\end{aligned}\tag{4.2}$$

Похибка базування має значення $\xi_{20} = 0,571$ мм, що є допустимо при допуску 0,52 мм на розмір. Приймаємо рішення зменшити точність ширини пазу до 15 квалітету, тоді похибка базування в ходитиме в допуск 0,84 мм на розмір. Тепер значення похибок базування не перевищує допуску на розмір 20 та запропоновані нами схеми базування будуть використані у маршруті мехобробки деталі.

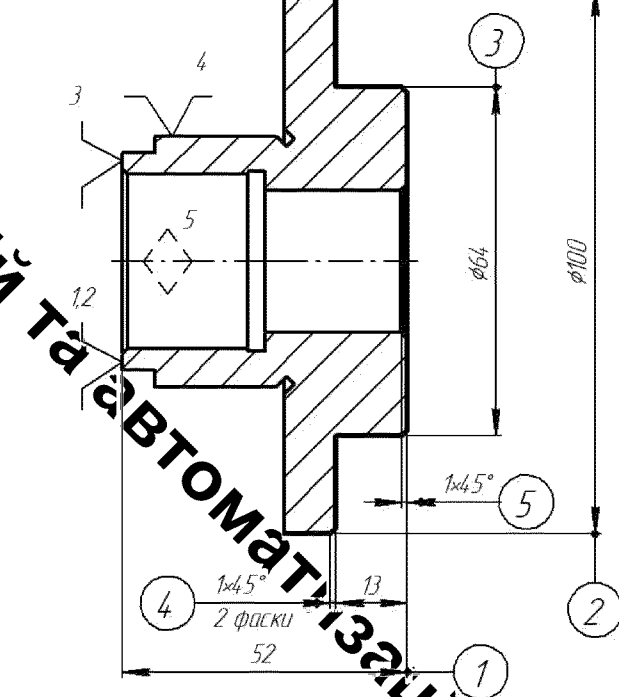
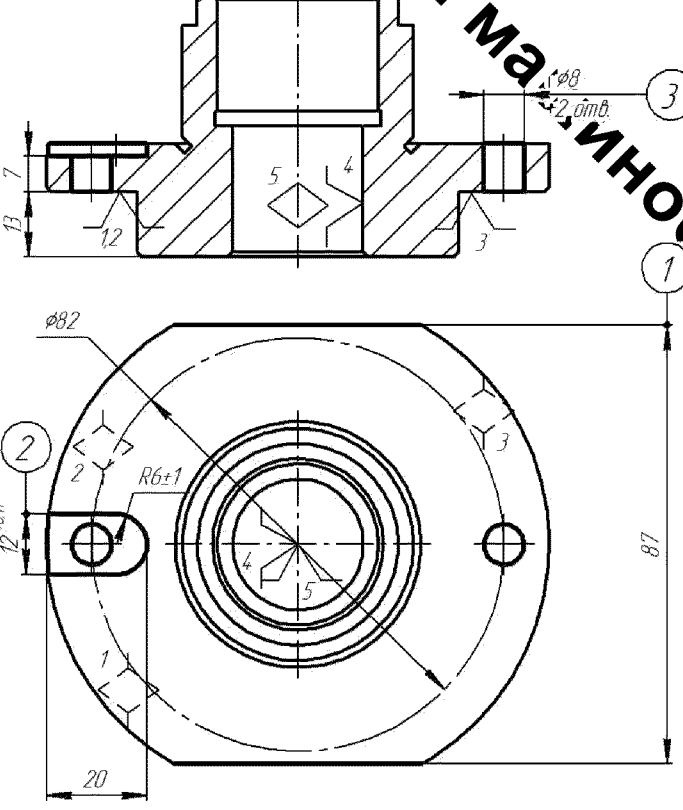
4.4 Проектування двох варіантів маршруту механічної обробки

Проектуючи маршрути механічної обробки поверхонь нашої деталі, виходимо з таких тверджень, що для кожного наступного методу обробки повинен бути більш точніший метод обробки ніж попередній. А також, технологічні допуски на проміжні розміри і якість поверхонь, які можуть бути отримані на попередньому етапі обробки, повинні обов'язково мати числові значення, за яких можливо нормальне використання дальшого методу механічної обробки, що намічається.

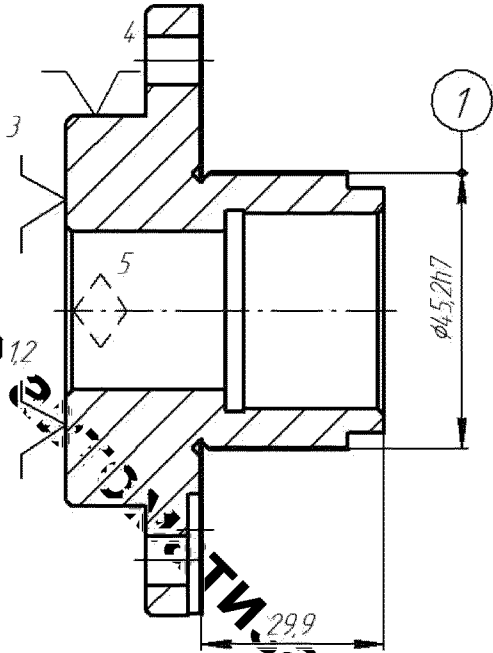
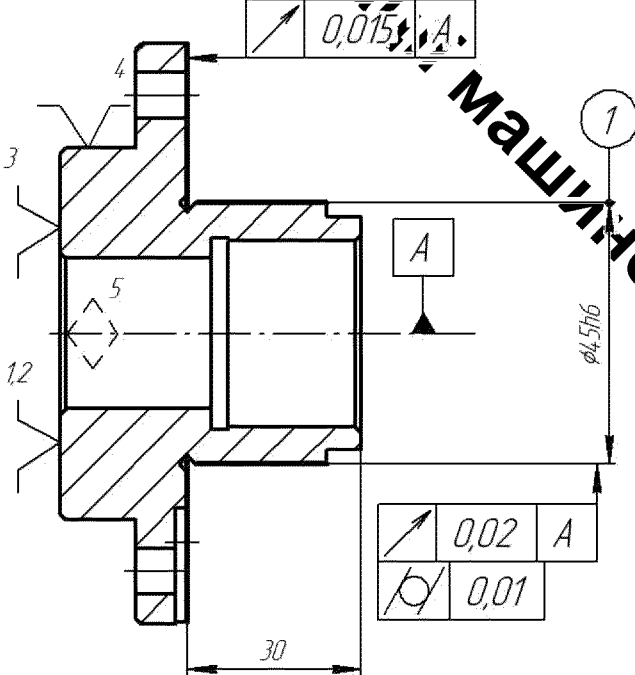
Таблиця 4.2 – Маршрут механічної обробки (Перший варіант)

Номер, назва і зміст операції	Ескіз обробки зі схемою базування	Тип і модель верстата
	2	3
005 Токарна з ЧПК 1. Установити і закріпити заготовку. 2. Підрізати торець $\Phi 105\text{мм}$ витримавши розмір 53мм однократно; 3. Точити зовнішню циліндричну поверхню $\Phi 47\text{ мм}$, на глибину 29 мм, поперечно; 4. Точити зовнішню циліндричну поверхню $\Phi 41\text{ мм}$, на глибину $5,5\text{ мм}$, поперечно; 5. Точити по контуру поверхні 2, 3; 6. Центрувати отвір $\Phi 5\text{ мм}$; 7. Свердлити отвір $\Phi 20\text{ мм}$ наскрізь; 8. Розточити отвір $\Phi 26\text{ мм}$, наскрізь; 9. Розточити отвір $\Phi 32\text{H9}$ витримуючи розмір 26мм; 10. Розточити внутрішню канавку $\Phi 33$ в розмір 3мм; 11. Розточити фаску $1 \times 45^\circ$; 12. Точити зовнішню канавку витримуючи розміри 2 мм та $2,7\text{ мм}$. 13. Зняти деталь.		Токарно-револьверний з ЧПК 1П420ПФ40

Продовження таблиці 4.2

1	2	3
010 Токарна з ЧПК 1. Установити та закріпити заготовку. 2. Підрізати торець $\phi 105$ мм в розмір 52 мм однократно; 3. Точити $\phi 100$ однократно; 4. Точити $\phi 64$ витримуючи розмір 13 мм однократно; 5. Точити 2 зовнішні фаски $1 \times 45^\circ$; 6. Розочити внутрішню фаску $1 \times 45^\circ$; 7. Зняти деталь.		Токарно-револьверний з ЧПК 1П420ПФ40
015 Фрезерна з ЧПК 1. Встановити та закріпити деталь 2. Фрезерувати лиски в розмір 87 мм; 3. Фрезерувати паз в розміри R6 1 мм, 12 мм та 20 мм; 4. Центрувати 2 отвори $\phi 3$ мм; 5. Свердлити 2 отвори $\phi 8$ наскрізь; 6. Зняти деталь.		Багатоцільовий верстат з ЧПК моделі ЛТ260МФ3

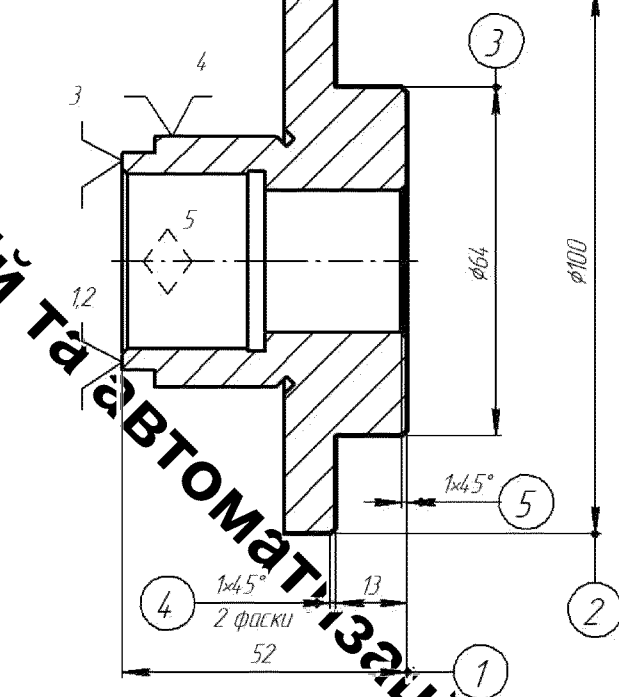
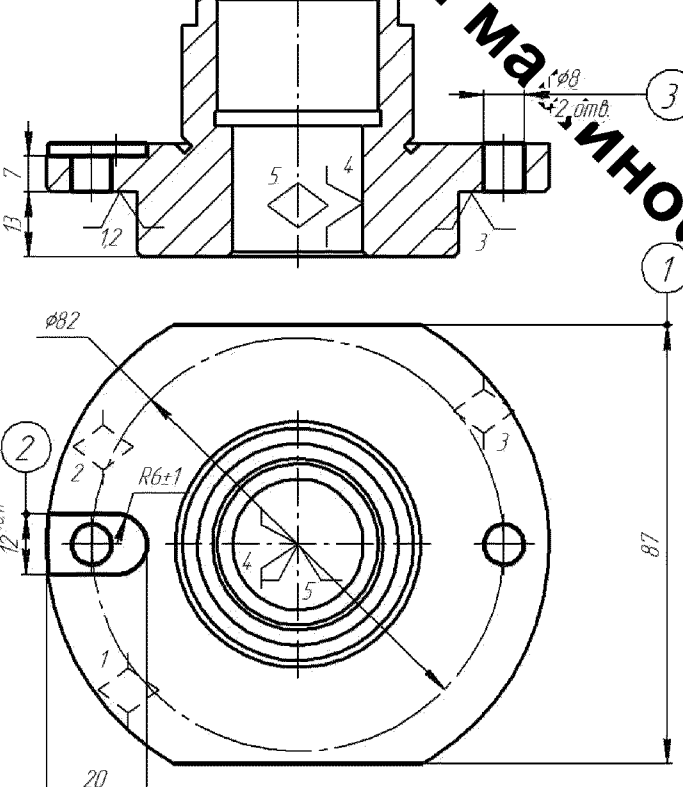
Продовження таблиці 4.2

1	2	3
020 Шліфувальна з ЧПК 1. Встановити та закріпити деталь 2. Шліфувати поверхні $\phi 45,2h7$ витримуючи 29,9мм. 3. Зняти деталь.		Круглошліфу вальний з ЧПК 3М151Ф2
025 Шліфувальна з ЧПК 1. Встановити та закріпити деталь 2. Шліфувати поверхні $\phi 45h6$ витримуючи 30мм. 3. Зняти деталь.		Круглошліфу вальний з ЧПК 3М151Ф2
030 Промити деталь		
035 Технічний контроль		

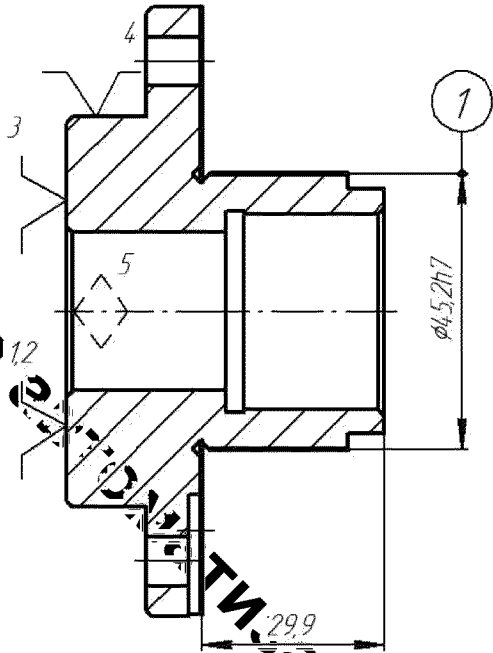
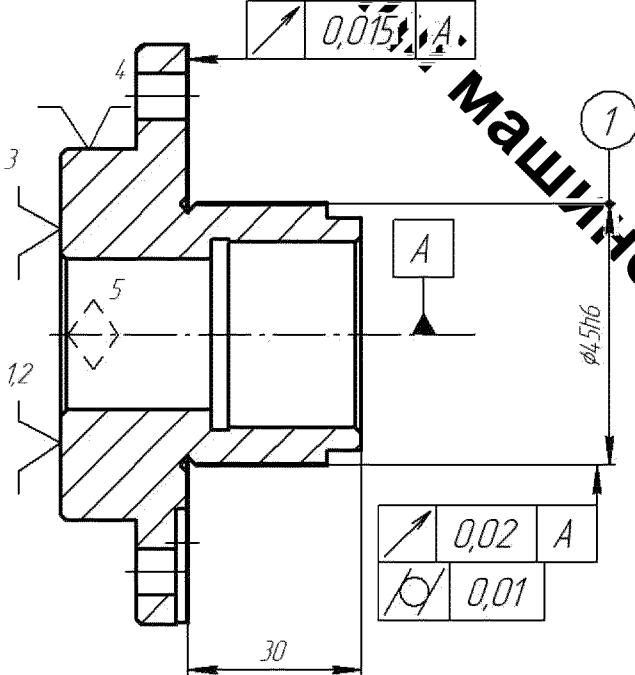
Таблиця 4.3 – Маршрут механічної обробки (Другий варіант)

Номер, назва і зміст операції	Ескіз обробки зі схемою базування	Тип і модель верстата
	2	3
005 Токарна з ЧПК 1. Установити і закріпити заготовку. 2. Підрізати торець $\Phi 105\text{мм}$ витримавши розмір 53мм однократно; 3. Точити зовнішню циліндричну поверхню $\Phi 47\text{ мм}$, на глибину 29 мм, поперечно; 4. Точити зовнішню циліндричну поверхню $\Phi 41\text{ мм}$, на глибину $5,5\text{ мм}$, поперечно; 5. Точити по контуру поверхні 2, 3; 6. Центрувати отвір $\Phi 5\text{ мм}$; 7. Свердлити отвір $\Phi 20\text{ мм}$ наскрізь; 8. Розточити отвір $\Phi 26\text{ мм}$, наскрізь; 9. Розточити отвір $\Phi 32\text{H9}$ витримуючи розмір 26мм; 10. Розточити внутрішню канавку $\Phi 33$ в розмір 3мм; 11. Розточити фаску $1\times 45^\circ$; 12. Точити зовнішню канавку витримуючи розміри 2 мм та $2,7\text{ мм}$. 13. Зняти деталь.		Токарно-револьверний з ЧПК 1П420ПФ40

Продовження таблиці 4.2

1	2	3
010 Токарна з ЧПК 1. Установити та закріпити заготовку. 2. Підрізати торець $\phi 105$ мм в розмір 52 мм однократно; 3. Точити $\phi 100$ однократно; 4. Точити $\phi 64$ витримуючи розмір 13 мм однократно; 5. Точити 2 зовнішні фаски $1 \times 45^\circ$; 6. Розочити внутрішню фаску $1 \times 45^\circ$; 7. Зняти деталь.		Токарно-револьверний з ЧПК 1П420ПФ40
015 Фрезерна з ЧПК 1. Встановити та закріпити деталь 2. Фрезерувати лиски в розмір 87 мм; 3. Фрезерувати паз в розміри R6 1 мм, 12 мм та 20 мм; 4. Центрувати 2 отвори $\phi 3$ мм; 5. Свердлити 2 отвори $\phi 8$ наскрізь; 6. Зняти деталь.		Багатоцільовий верстат з ЧПК моделі ЛТ260МФ3

Продовження таблиці 4.2

1	2	3
020 Шліфувальна 1. Встановити та закріпити деталь 2. Шліфувати поверхні $\phi 45,2h7$ витримуючи 29,9мм. 3. Зняти деталь.		Круглошліфу вальний верстат 3М151
025 Шліфувальна 1. Встановити та закріпити деталь 2. Шліфувати поверхні $\phi 45h6$ витримуючи 30мм. 3. Зняти деталь.		Круглошліфу вальний верстат 3М151
030 Промити деталь		
035 Технічний контроль		

4.5 Порівняння маршрутів механічної обробки й вибір кращого з них за мінімумом зведених витрат

Критерієм раціонального порівняння двох варіантів механічної обробки є мінімум приведених затрат на одиницю виробу. Приведені затрати за одну годину можна визначити за формулою (4.3):

$$C_{п.з.} = C_з + C_{ч.з.} + E_H \cdot (K_c + K_з), \quad (4.3)$$

де E_H – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень, який для машинобудування складає 0,15.

Оскільки при обробці поверхонь в першому варіанті використовується тільки верстати з ЧПК, а в другому – універсальні верстати на фінішні операції.

Технологічна собівартість відповідної операції мехобробки визначимо за формулою (4.4):

$$C_o = \frac{C_{п.з.} \cdot t_{шт}}{60 \cdot K_B} \text{ [грн]}, \quad (4.4)$$

де K_B – коефіцієнт виконання норм, що приймається рівним 1,3;

$t_{шт}$ – штучно-калькуляційний час на виконання відповідної операції.

В подальшому для наближених розрахунків використаємо укрупнені нормативи. Проводимо аналогічне нормування всіх переходів, дані занесено до таблиці 4.4. При чому основний час на обробку для першого і другого маршрутів буде однаковий.

Штучно-калькуляційний час визначається за формулою (4.5):

$$t_{шт} = t_o \cdot \varphi_K \text{ [хв]} \quad (4.5)$$

Також зведемо результати в таблицю по розрахунку штучно-калькуляційного часу операції в таблицю 4.5.

Таблиця 4.4 – Основний час маршруту механічної обробки

Назва переходу, операції	Основний час на виконання переходу, t_0 , хв.			
	Формула	Розміри		Все
		d	l	
020				
2. Шліфувати поверхні $\phi 45_{h7}$ витримуючи 29,9мм..	0,00023Dl	45.2	29.9	0,31
025				
2. Шліфувати поверхні $\phi 45_{h6}$ витримуючи 30мм	0,00036Dl	45	30	0,49

Таблиця 4.5 – Штучно-калькуляційний час

№ операцій	Основний час t_o , хв	Коефіцієнт ϕ_k	Штучний час $t_{шт}$, хв
<u>Перший варіант</u>			
020+025	0,8	1,6	1,28
<u>Другий варіант</u>			
020+025	0,8	2,1	1,68

Таблиця 4.6 – Приведені годинні витрати

Тип верстату	Штучний час $t_{шт}$, хв	Годинні приведені витрати $C_{п.з.}$	Технологічна собівартість C_o , грн
<u>Перший варіант</u>			
3М151Ф2	1,28	42,0	0,69
<u>Другий варіант</u>			
3М151	1,68	57,7	1,24

Отже, вироби виготовлені за нашим першим із запропонованих технологічних процесів буде мати меншу собівартість у порівнянні із деталлю виготовленою за нашим другим варіантом маршруту технологічної обробки, що на 0,55 грн є дешевшим.

4.6 Розмірний аналіз технологічного процесу

Розмірний аналіз— це метод оцінки і контролю точності виготовлення деталей на всіх етапах технологічного процесу, що забезпечує відповідність кінцевих виробів необхідним геометричним розмірам і формі. Основною метою розмірного аналізу є забезпечення якості виробництва і зменшення відхилень у розмірах, що можуть впливати на функціональність і сумісність деталей.

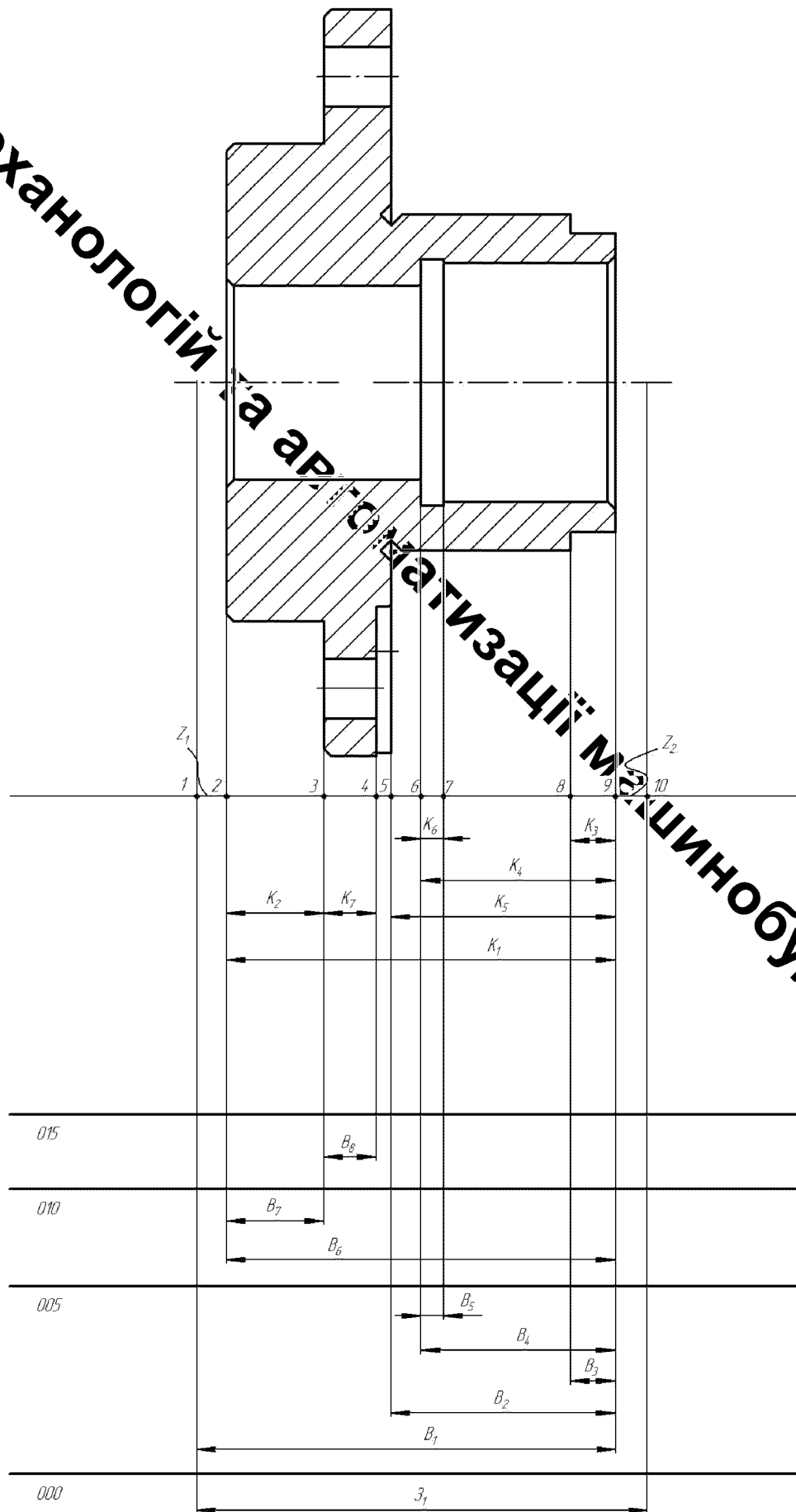
Згідно з [9], доцільно розраховувати технологічні розміри (див. табл 4.7) таким чином, аби вони співпадали з конструкторськими розмірами тому, що це зменшує кількість різних розрахунків для визначення технологічних розмірів.

При інших випадках технологічні розміри необхідно призначати відповідно до технологічних баз і побудови розмірних ланцюгів, де ці розміри стануть їх складовими ланками.

Таблиця 4.7 – Допуски технологічних розмірів

Технологічний розмір	Квалітет точності	Попереднє значення допуску, мм	Остаточне значення допуску, мм
B_1	14	0,87	0,87
B_2	14	0,74	0,74
B_3	14	0,43	0,43
B_4	14	0,74	0,74
B_5	14	0,3	0,3
B_6	14	0,87	0,87
B_7	14	0,52	0,52
B_8	14	0,43	0,43

Вважаємо, що допуски розмірів вихідної заготовки визначені у Розділі 3 складають $T(3_1) = 1,9$ мм. Визначені допуски використаємо при подальших розрахунках інших технологічних розмірів.



Рисунки 4.3 – Розмірна схема технологічного процесу

Таким чином вихідний граф (дерево) складений в основному із конструкторських розмірів $K_1 \dots$ і припусків. Вихідний граф зображено на рисунку 4.4.

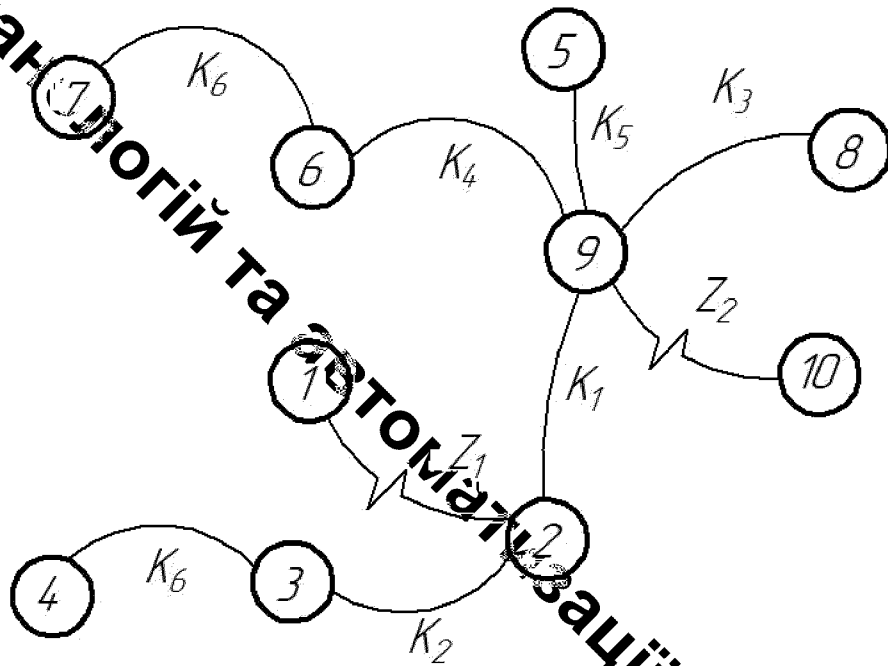


Рисунок 4.4 – Вихідний граф

Граф, який складений із технологічних розмірів $B_1 \dots$ і розміру заготовки Z_1 , називається похідним графом (деревом). В результаті похідний граф зображено на рисунку 4.5.

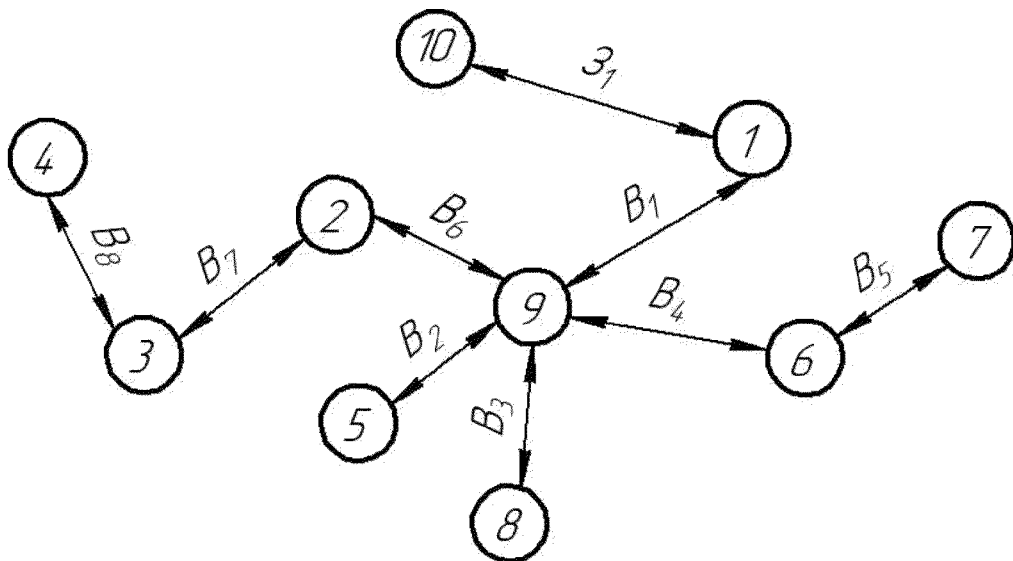


Рисунок 4.5 – Похідний граф

Суміщений граф-дерево є графічним зображенням технологічного процесу механообробки. Суміщене граф-дерево зображено на рисунку 4.6.

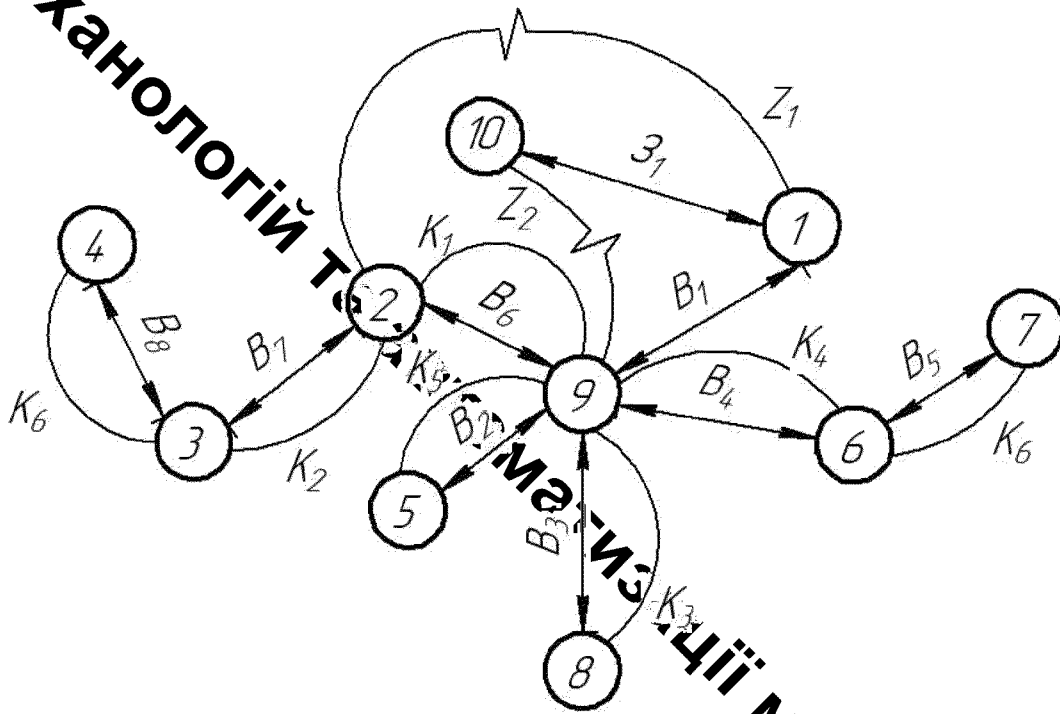


Рисунок 4.6 – Суміщене граф-дерево

Тепер визначення проміжних мінімальних припусків для механічної обробки для плоских поверхонь. Дані припусків зводимо в таблицю 4.8.

Таблиця 4.8 – Мінімальні припуски

Отримуваний технол. розмір	Спосіб обробки	Позначення припуску	Кількісне значення мінімального припуску, мм
Z_1	Чорнове точіння	Z_{2min}	1
B_1	Чорнове точіння	Z_{1min}	1

Проведемо розрахунок рівнянь розмірних ланцюгів, використовуючи наявні граф-дерева на рис. 4.4 – 4.6. Отримані рівняння занесемо до таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 – Рівняння розмірів ланцюгів

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

Визначаємо технологічні розміри для вихідної заготовки та максимальних припусків:

1. $K_6 = B_8$

Звідки знаходимо $B_8 = K_6 = 7 - 0,36$ мм.

2. $K_2 = B_7$

Звідки знаходимо $B_7 = K_2 = 13 + 0,43$ мм.

3. $K_5 = B_2$

Звідки знаходимо $B_2 = K_5 = 30 + 0,52$ мм.

4. $K_3 = B_3$

Звідки знаходимо $B_3 = K_3 = 6 + 0,3$ мм.

5. $K_4 = B_4$

Звідки знаходимо $B_4 = K_4 = 26 + 0,52$ мм.

6. $K_6 = B_5$

Звідки знаходимо $B_5 = K_6 = 3 \pm 0,125$ мм.

7. $K_1 = B_6$

Звідки знаходимо $B_6 = K_1 = 52 - 0,87$ мм.

8. $Z_{1min} = B_{1min} - B_{6max}$

$B_{1min} = B_{6max} + Z_{1min}$

Отже:

$B_{1min} = 52 + 1 = 53$ (мм);

$B_{1max} = B_{1min} + T(B_1) = 53 + 0,87 = 53,87$ (мм).

$$B_1 = 53,87_{-0,87}$$

$$Z_{1\max} = B_{1\max} - B_{6\min}$$

$$Z_{1\max} = 53,87 - 51,23 = 2,64 \text{ (мм)}.$$

$$9. Z_{2\min} = B_{1\min} - B_{1\max}$$

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

Отже:

$$Z_{1\min} = 53,87 + 1 = 54,87 \text{ (мм)};$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + IT(Z_1) = 54,87 + 0,87 = 55,74 \text{ (мм)}.$$

$$Z_1 = 55,74_{-0,87}$$

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

$$Z_{2\max} = 55,74 - 53 = 2,74 \text{ мм}.$$

Таблиця 4.10 – Значення технологічних розмірів, розмірів заготовки та їх допуски, мм

Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номінальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на креслені вихідної заготовки
	Мінімальний розмір	Максимальний розмір				
Z_1	54,87	55,74	0,87	55,87	-	$55,74_{-0,87}$
B_1	53	53,87	0,87	53,87	$53,87_{-0,87}$	-
B_2	30	30,52	0,52	30	$30^{+0,52}$	-
B_3	6	6,3	0,3	6	$6^{+0,3}$	-
B_4	26	26,52	0,52	26	$26^{+0,52}$	-
B_5	2,875	3,125	0,26	3	$3 \pm 0,125$	-
B_6	51,23	52	0,87	52	$52_{-0,87}$	-
B_7	13	13,43	0,43	13	$13^{+0,43}$	-
B_7	6,64	7	0,36	7	$7_{-0,36}$	-

За результатами кропітких розрахунків визначено технологічні розміри на мехобробку, а також припуски та розміри для нашої заготовки. На їх основі в подальшому будуть розроблені технологічна документація, що пов'язана з виготовленням деталі.

4.7 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні

Поверхня $\varnothing 45h6_{-0.016}$ мм обробляється на операціях 005 (чорнове точіння та чистове точіння), 020 та 025 (чорнове та чистове шліфування).

Визначення значень R_z і T проводимо відповідно до рекомендацій літературних джерел. Заготовка в нашому випадку – це гарячекатаний прокат.

Таблиця 4.11 – Параметри поверхонь

Стан поверхні	Параметр шорсткості R_z	Параметр точності T
Заготовка	400	2100
Чорнове точіння	100	350
Остаточне точіння	50	70
Чорнове шліфування	30	23
Чистове шліфування	5	16

Визначимо мінімальний припуск для чорнового точіння (операція 005).

Розрахуємо мінімальне значення міжопераційних припусків за формулою (4.5):

$$2Z_{imin} = 2 \left(R_{z_i} - 1 + T_i - 1 + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) [\text{мкм}] \quad (4.5)$$

Встановлено, що схема базування забезпечує відсутність похибки базування. Тобто, величина похибки базування не впливає в формулі розрахунку мінімального припуску.

Величину просторових відхилень валу оброблюваної поверхні визначимо за формулою 4.6:

$$\rho = \sqrt{(\Delta_k \cdot l)^2 + \rho_{ц}^2} [\text{мкм}], \quad (4.6)$$

де Δ_k — питома кривизна;

l – довжина обробки, дорівнює 30 мм за один установ;

δ_3 – відхилення, розраховується за формулою (4.7):

$$\rho_{\text{ц}} = \sqrt{\left(\frac{\delta_3}{2}\right)^2 + 0,25^2} \text{ [мм]}, \quad (4.7)$$

де δ_3 – допуск на поверхні, дорівнює 3,4 мм;

$$\rho_{\text{ц}} = \sqrt{\left(\frac{3,4}{2}\right)^2 + 0,25^2} = 1,08 \text{ [мм]}.$$

Величина Δ_k для прикладу, що розглядається, складає 1,3 мкм/мм.

Таким чином:

$$\rho = \sqrt{(1,3 \cdot 30)^2 + 1080^2} = 1865 \text{ [мкм]}.$$

Остаточні просторові відхилення:

- після точіння чорнового $\rho_1 = 0,06 \cdot \rho = 0,06 \cdot 1865 = 111,9 \text{ (мкм)}$;
- після точіння остаточного $\rho_2 = 0,05 \cdot \rho_1 = 0,05 \cdot 111,9 = 5,60 \text{ (мкм)}$;
- після шліфування чорнового $\rho_3 = 0,05 \cdot \rho_2 = 0,05 \cdot 5,60 = 0,28 \text{ (мкм)}$;
- після шліфування остаточного $\rho_4 = 0,04 \cdot \rho_3 = 0,04 \cdot 0,28 = 0,01 \text{ (мкм)} \approx 0$.

Мінімальний припуск:

- на точіння чорнове: $2Z_{\text{min1}} = 2 \cdot (400 + 2100 + 1865) = 2 \cdot 4365 \text{ (мкм)}$;
- на точіння остаточне: $2Z_{\text{min2}} = 2 \cdot (100 + 350 + 111,32) = 2 \cdot 561,32 \text{ (мкм)}$;
- на шліфування чорнове: $2Z_{\text{min3}} = 2 \cdot (50 + 70 + 5,6) = 2 \cdot 125,6 \text{ (мкм)}$;
- на шліфування остаточне: $2Z_{\text{min4}} = 2 \cdot (30 + 23 + 0,28) = 2 \cdot 53,28 \text{ (мкм)}$.

Розрахунковий діаметр:

- шліфування остаточне: $d_{p4} = 45 \text{ мм}$ – розмір, який вказано на кресленні.
- шліфування чорнове:

$$d_{p3} = d_{p4} + 2z_{min5} = 45,00 + 2 \cdot 0,053 = 45,106 \text{ (мм)}.$$

- точіння остаточне:

$$d_{p2} = d_{p3} + 2z_{min4} = 45,106 + 2 \cdot 0,126 = 45,356 \text{ (мм)}.$$

- точіння попереднє:

$$d_{p1} = d_{p2} + 2z_{min3} = 45,356 + 2 \cdot 0,561 = 46,478 \text{ (мм)}.$$

- для вихідної заготовки:

$$d_{zar} = d_{p1} + 2z_{min2} = 46,478 + 2 \cdot 4,365 = 55,208 \text{ (мм)}.$$

Найбільші граничні розміри d_{max} та розрахункові розміри (див. таблицю 4.12):

Таблиця 4.12 – Визначення найбільших граничних розмірів

Вид переходу	Розміри	
	Найбільші	Найменші
Шліфування чистове	$d_{max4} = 45 \text{ мм}$	$d_{min4} = 44,984 \text{ мм}$
Шліфування чорнове	$d_{max3} = 45,106 \text{ мм}$	$d_{min3} = 45,083 \text{ мм}$
Остаточне точіння	$d_{max2} = 45,356 \text{ мм}$	$d_{min2} = 45,286 \text{ мм}$
Чорнове точіння	$d_{max1} = 46,478 \text{ мм}$	$d_{min1} = 46,128 \text{ мм}$
Заготовка	$d_{maxzar} = 55,208 \text{ мм}$	$d_{minzar} = 53,108 \text{ мм}$

Мінімальні та максимальні граничні розміри припусків:

$$2Z_{max4}^{rp} = 45 - 45,106 = 0,106 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{max3}^{rp} = 45,356 - 45,106 = 0,25 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{max2}^{rp} = 46,478 - 45,356 = 1,122 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{max1}^{rp} = 55,208 - 46,478 = 8,73 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{min4}^{rp} = 45,083 - 44,984 = 0,099 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{min3}^{rp} = 45,286 - 45,083 = 0,203 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{min2}^{rp} = 46,128 - 45,286 = 0,842 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{min1}^{rp} = 53,108 - 46,128 = 6,98 \text{ (мм)}.$$

Таблиця 4.13 – Результати розрахунку припусків, технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки ($\varnothing 45h6_{-0,016}$)

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 45h6_{-0,016}$	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий мінімальний припуск $2Z_{\min}$, мкм	Розрахунковий розмір d_p , мм	До- пуск T , мкм	Граничні значення технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки, мм	Граничні значення припусків, мкм	
	Rz	h	ρ	ε_B					$d_{\min}$	$d_{\max}$
1	2	3	4	5	6	7	8	10	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка (круглий сортовий прокат)	400		1865	-	-	45	210	44,984	-	-
Чорнове точіння	100		111,9		$2 \cdot 4365$	$45,106$	350	45,083	$2 \cdot 3490$	$2 \cdot 4365$
Остаточне точіння	50	-	5,6	-	$2 \cdot 561,32$	$45,106$	70	45,286	$2 \cdot 421$	$2 \cdot 561$
Чорнове шліфування	30	-	0,28	-	$2 \cdot 125,6$	$45,106$	23	46,128	$2 \cdot 101,5$	$2 \cdot 125$
Чистове шліфування	5	-	-	-	$2 \cdot 53$	55,208	16	53,108	$2 \cdot 49,5$	$2 \cdot 53$
Загальний припуск									$2 \cdot 4062$	$2 \cdot 5104$

4.8 Визначення за нормативами режимів різання на обробку конструкторських баз і шпильних отворів

Визначимо детальний режим різання для 2 переходу на операцію 005 Токарна з ЧПК. На даному переході виконуємо чорнове підрізання лівого торця підрізним різцем, глибина точіння $t = 1$ мм.

Вибір інструменту: Вибрані наступні параметри різального інструменту: різець підрізний, матеріал різальної частини P6M5.

Вибір подачі: подача для чорнової обробки з глибиною точіння $t = 1$ мм та діаметром різця 25 мм згідно нормативів $S = 0,25 \dots 0,5$ мм/об. Оберемо $S = 0,4$ мм/об.

Вибір швидкості та потужності різання: згідно нормативів для чорнової обробки при заданих параметрах різання, $V_m = 167$ м/хв. Для визначення потужності врахуємо обрану максимальну глибину різання $t_{max} = 1$ мм. Тоді потужність різання згідно нормативів становить $N = 3,9$ кВт.

Скорегуємо за допомогою поправочних коефіцієнтів швидкість різання: $K_{VM} = \left(\frac{750}{860}\right) = 0,9$; $K_{VN} = 1,15$ (P6M5); $K_{V\Pi} = 0,8$ (прокат); $K_{Vr} = 1,00$ ($Z = 1$ мм); $K_{V\varphi} = 1,00$ ($\varphi = 45$ градусів). Враховуючи коефіцієнтів, швидкість визначається за формулою (4.8):

$$V = V_T \cdot K_{VN} \cdot K_{V\Pi} \cdot K_{V\varphi} \cdot K_{Vr} \left[\frac{\text{м}}{\text{хв}} \right], \quad (4.8)$$

$$V = 167 \cdot 0,9 \cdot 1,15 \cdot 0,8 = 138 \left(\frac{\text{м}}{\text{хв}} \right).$$

Розрахуємо частоту обертання деталі за формулою (4.9):

$$n = \frac{1000v}{\pi D} \left[\frac{\text{об}}{\text{хв}} \right], \quad (4.9)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 138}{\pi \cdot 105} = 419 \left(\frac{\text{об}}{\text{хв}} \right).$$

Основний час для 2 переходу визначаємо за формулою (4.10):

$$T_0 = \frac{(l_0 + l_1 + l_2 + l_3)i}{S_{\text{хв}}} [\text{хв}], \quad (4.10)$$

де $l_0 = 52,2$ мм – довжина оброблюваної поверхні;

$l_1 = 5$ мм – довжина підводу;

$l_2 + l_3 = 7$ мм – довжина врізання та перебігу;

$i = 1$ – кількість проходів.

Тоді розрахуємо основний час для 2-го переходу:

$$T_{\text{осн2}} = \frac{(52,2 + 5 + 7) \cdot 1}{419 \cdot 0,4} = 0,38 (\text{хв}).$$

Інші режими різання для нашої деталі обираємо аналогічно, результати розрахунків у таблицях 4.14 – 4.21.

Таблиця 4.14 – Режими різання, операція 005 – Шліфування з ЧПК (верстат 1П420ПФ40)

Технологічні переходи і робочі ходи	d , мм	t , мм	s , мм/об	v , м/хв	$N_{\text{різ}}$, кВт	n , об/хв	d , мм	T_0 , хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<u>2 перехід</u> Підрізати торець $\phi 105$ мм витримавши розмір 53 мм однократно	105	1	0,4	132	3,9	400	60	0,38
<u>3 перехід</u> Точити зовнішню циліндричну поверхню $\phi 47$ мм, на глибину 29 мм, попередньо	105	29	0,3	99	-	300	35	5.83
<u>4 перехід</u> Точити зовнішню циліндричну поверхню $\phi 41$ мм, на глибину 5,5 мм, попередньо	47	3	0,2	89		600	11	0.18
<u>5 перехід</u> Точити по контуру поверхні 2, 3	105	0,5	0,1	264	-	800	70	0.88
<u>6 перехід</u> Центрувати отвір $\phi 5$ мм	5	2,5	0,05	2	-	30	10	1.33

Продовження таблиці 4.14.

[illegible]

Таблиця 4.15 – Режими різання, операція 010 – Токарна з ЧПК (верстат 1П420ПФ40)

[illegible]

Таблиця 4.16 – Режими різання, операція 015 – Фрезерна з ЧПК (верстат ЛТ260МФЗ)

[illegible]

Таблиця 4.17 – Режими різання, операція 020 – Шліфувальна з ЧПК (верстат 3М151Ф2)

[illegible]

Таблиця 4.18 – Режими різання, операція 025 – Шліфувальна з ЧПК (верстат 3КФ51Ф2)

[illegible]

Визначення технічних норм часу для всіх операцій

В таблиці 4.19 вказано результати розрахунку технологічних норм часу.

Таблиця 4.19 – Норми часу

Номер і назва операції	$T_{осн}$, хв.	Φ_K	$T_{шт-к}$, хв.
005 Токарна з ЧПК	14.47	1,54 (фактичний) 1,5 (табличний)	22.28
010 Токарна з ЧПК	3.03	1,5	4.55
015 Фрезерна з ЧПК	16.47	1,65	27.18
020 Шліфувальна з ЧПК	8.83	1,6	9.33
025 Шліфувальна з ЧПК	8.83	1,6	14

5 РОЗРОБКА КЕРУВАЛЬНОЇ ПРОГРАМИ В МОДУЛІ САМ-СИСТЕМИ

Вихідним джерелом для підготовки керуючої програми є кресленик деталі «Корпус Д02120.1» та розрахунки припусків на технологічні переходи, кресленик заготовки деталі «Корпус Д02120.1», верстати з ЧПК, використовувані пристосування, методи і режими обробки, безпосередньо різальний та допоміжний інструменти, послідовності технологічних і допоміжних переходів [24, 25].

Розробка програми для верстату з ЧПК включає кілька етапів:

- встановлення систем координат деталі та інструментів;
- встановлення центрів інструментів, розробка їх траєкторій руху і розрахунок координат для опорних точок;
- безпосередньо саме кодування інформації про переміщення різального інструментів, умови виробництва та формування кадрів програми;
- безпосереднє введення програми в пристрій ЧПК.

Нуль деталі «Корпус Д02120.1» повинен займати найбільш стабільне положення в робочій зоні верстату та мати стабільну точку перетину технологічних баз. Положення перетину технологічних баз є незмінним (у межах партії) та визначається верстатним пристосуванням. Центри інструментів знаходяться на оправці ріжучих інструментів.

На рисунку 5.1 показано ескіз деталі «Корпус Д02120.1». Зображено необхідні технологічні розміри, точки базування та центр координат для деталі «Корпус Д02120.1», інструменту та пристосування. На рисунку 5.2 показано різальний інструмент для обробки деталі «Корпус Д02120.1» із центрами координат та їхніми габаритами.

Розроблений код програми для обробки деталі «Корпус Д02120.1» на 015 операції «Фрезерна з ЧПК» на верстаті ЛТ260МФ3 показано нижче в таблиці 5.1. Керуючу програму отримано за допомогою аналізу процесів обробки в прикладній програмі SolidWorks CAM.

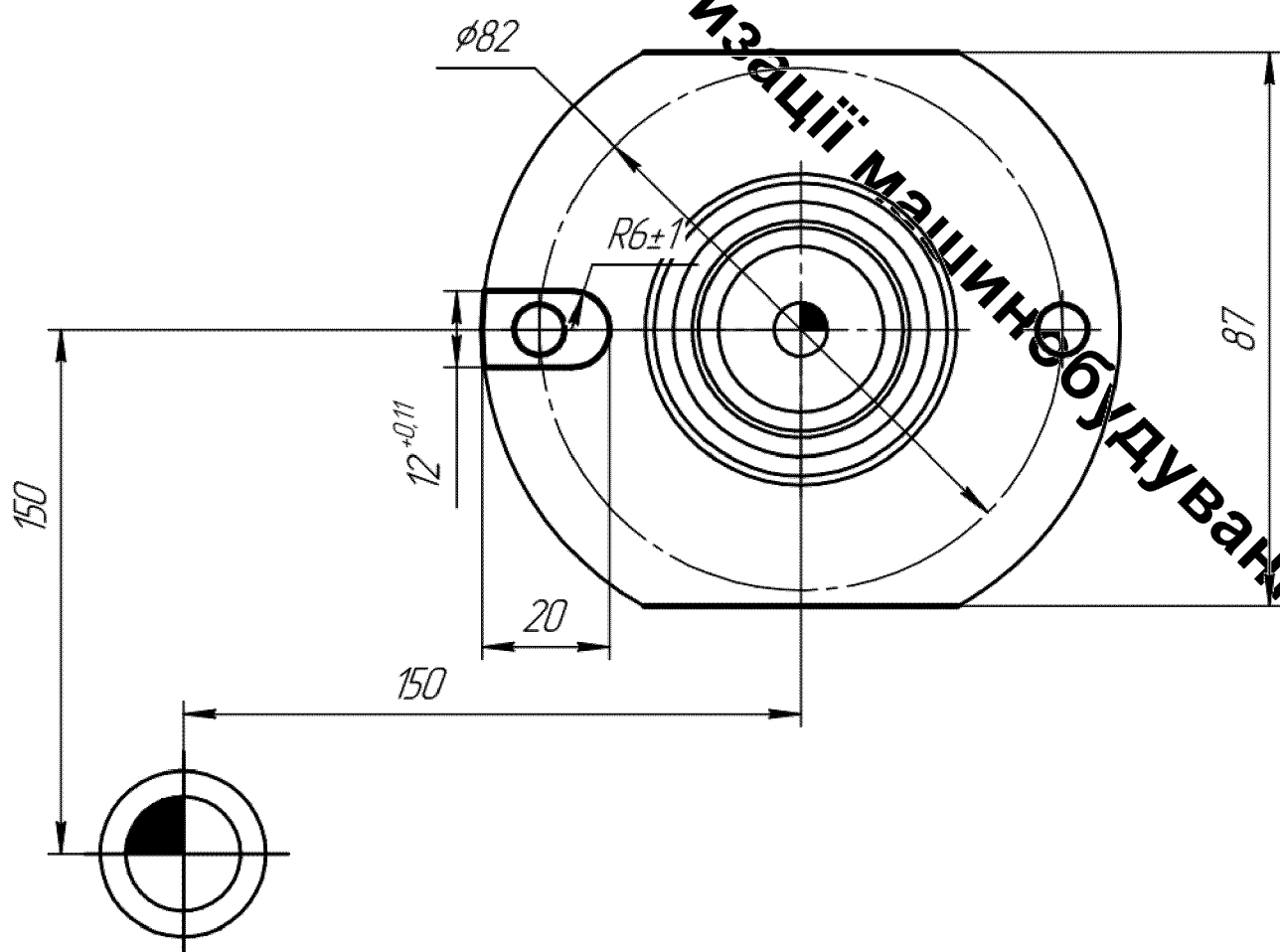
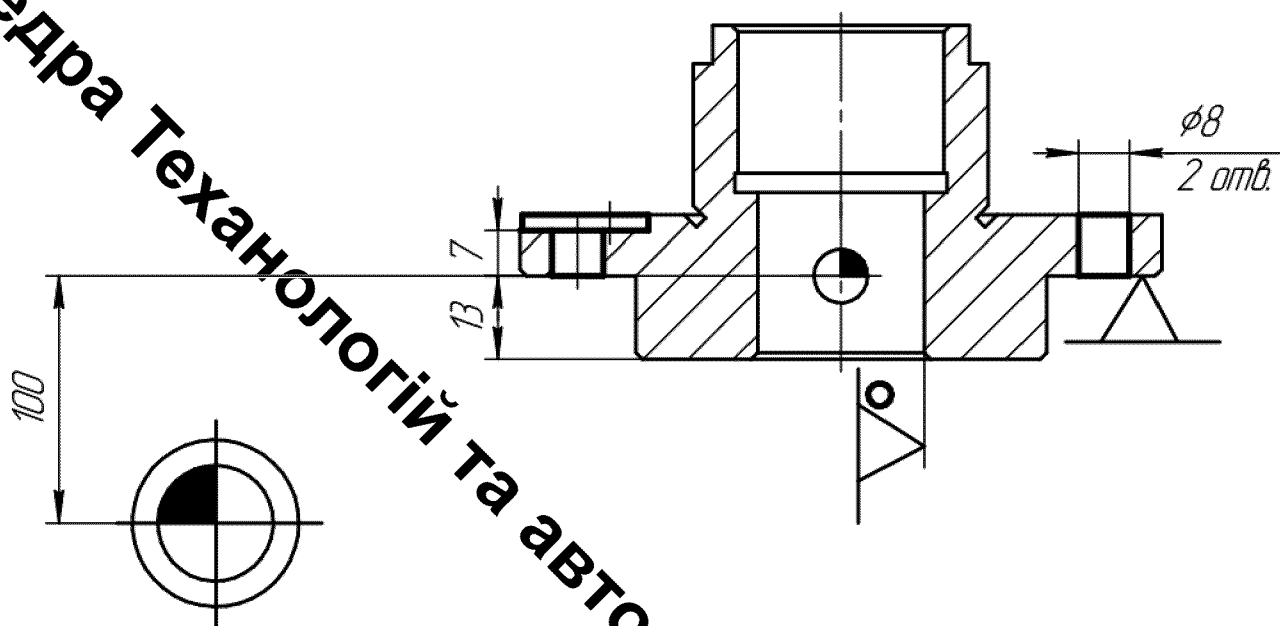


Рисунок 5.1 – Ескіз деталі на операцію 015 Фрезерна з ЧПК
на верстаті ЛТ260МФ3

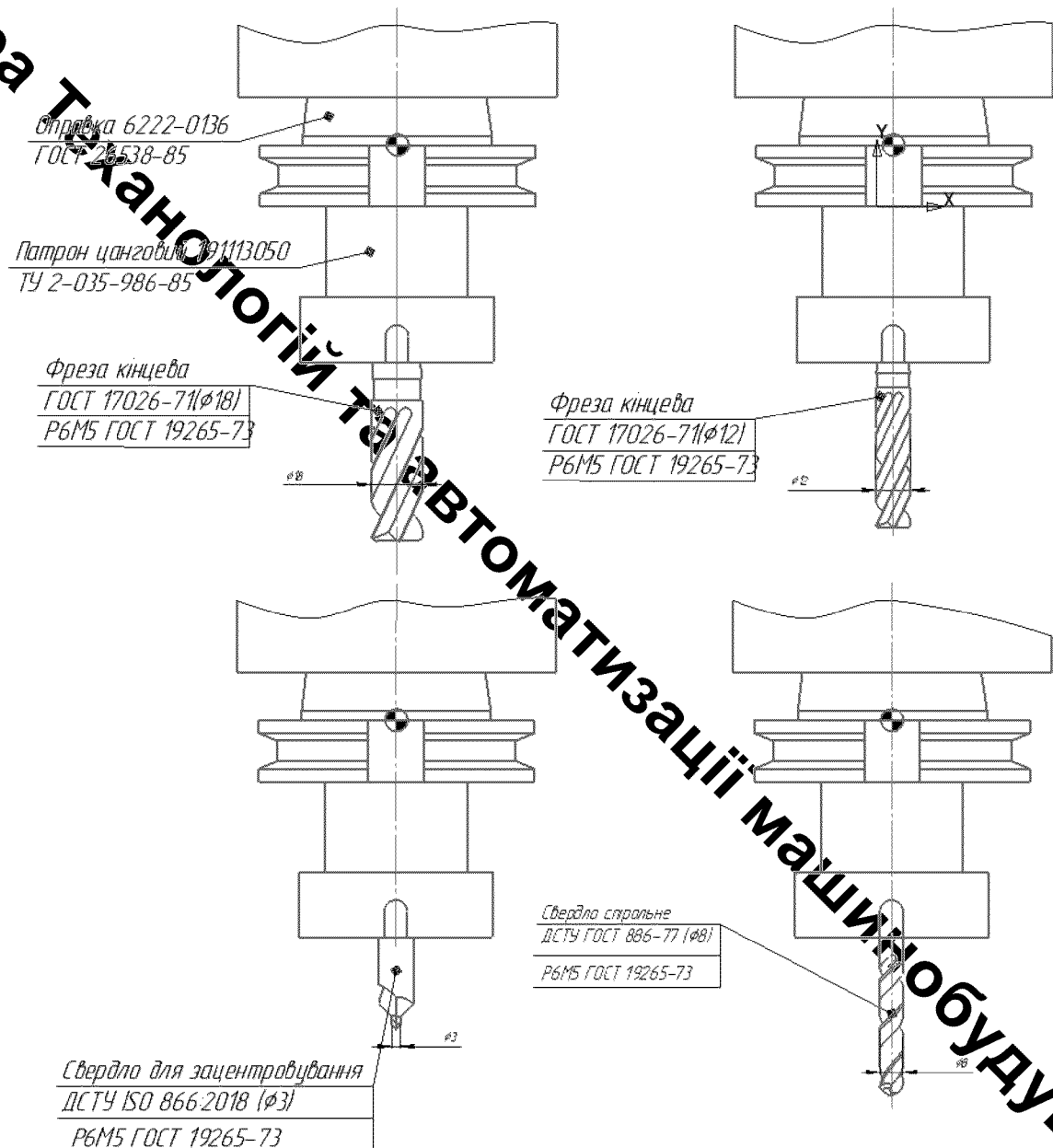


Рисунок 5.2 – Різальний інструмент з оправками для операції 015 Фрезерна з ЧПУ на верстаті ЛТ260МФ3

Розпочнемо формування кадрів програми, для цього вкажемо початкові дані.

Різальні інструменти:

2 перехід – фреза кінцева, матеріал – P6M5;

3 перехід – фреза кінцева, матеріал – P6M5;

4 перехід – свердло для зацентрування, матеріал – P6M5;

5 перехід – свердло спіральне, матеріал – P6M5;

Режими обробки представлені в таблиці 4.16 в попередньому розділі.

Таблиця 5.1 – Керуюча програма для операції 015 Фрезерна з ЧПК

%	N022 G00 X410 Z3500
N001 M06 T01	N023 G01 Z3 F132
N002 G00 G54 G43 H01	N024 Z-3500
N003 M03 S1500	N025 G00 X0
N004 X-410 Y-525 Z3500	N026 M06 T04
N005 G01 X600 F45	N027 G43 H04
N006 G00 G03 X0 Y-550 R1200	N028 M03 S330
N007 G01 X-600 F45	N029 X-410 Z3500
N008 G00 X410 Y-525 Z-3500	N030 G01 Z18 F132
N009 M06 T02	N031 Z-3500
N010 G43 H02	N032 G00 X410 Z3500
N011 M03 S330	N033 G01 Z18 F132
N012 X-600 Z3500	N034 Z-3500
N013 G01 X300 F132	N035 G00 X0
N014 Z-3500	
N015 G00 X300	
N016 M06 T03	
N017 G43 H03	
N018 M03 S1500	
N019 X-410 Z3500	
N020 G01 Z3 F132	
N021 Z-3500	

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

Перелік шкідливих та небезпечних виробничих факторів які можуть виникати на дільниці механічної обробки заготовки деталі «Корпус Д02120.1» з використанням CAD/CAM-системи, що розташована в виробничому цеху одноповерхової будівлі.

У місцях виконання робіт на дільниці можуть мати місце такі основні небезпечні та шкідливі фактори:

- ураження електричним струмом працівників;
- ураження кінцівок ;
- падіння деталей, вузлів, агрегатів;
- знижена температура повітря у холодний період року;
- недостатня освітленість;
- недостатній рівень надходження повітря у приміщенні;
- швидка стомлюваність, послаблення уваги, головний біль, нудота,

порушення координації руху у наслідок дії підвищених рівнів шуму та вібрації.

Крім того, невірне користування органічними розчинниками (бензином, керосином, дизельним паливом), ароматичними вуглеводами (бензол, толуол, ксилол), синтетичними миючими засобами для очистки складальних одиниць, різноманітними герметиками та клеями створює небезпеку отруєнь.

Використання при ремонті легкоспалахуючих та горючих речовин з однієї сторони та джерел струму із можливістю іскріння чи короткого замикання – із іншої створює небезпеку виникнення пожеж і вибухів.

6.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Біля кожного верстата повинна бути вивішена інструкція з безпечної його експлуатації та табличка із зазначенням особи, яка відповідає за його експлуатацію.

На кожному робочому місці біля верстата на підлозі повинні бути дерев'яні трапи на всю довжину робочої зони і шириною не менше 0,6 м від частин верстата, що виступають.

Робоче місце повинно мати достатнє освітлення, в тому числі і місцеве.

Пускові пристрої, електродвигуни, а також металеве обладнання, яке може опинитись під напругою, повинні бути заземленими.

Пускові ящики електродвигунів повинні мати блокування, яке дозволяє відкривати ящик тільки після виключення рубильника.

Пускові кнопки повинні бути заглиблені, що виключає самовільне вмикання при випадковому дотику.

Для запобігання шкірних захворювань при користуванні охолоджуючими рідинами (емульсії, масла та інше) необхідно перед початком роботи змастити руки спеціальними пастами.

Прутковий матеріал, що подається до верстата для обробки, не повинен мати кривизни.

Перед початком роботи потрібно одягти спецодяг, застібнутися, заправити одяг так, щоб не було звисаючих кінців, одягти головний убір.

Перевірити наявність, справність інструменту і розкласти його в порядку, зручному для роботи.

Відрегулювати освітлення так, щоб робоча зона була достатньо освітлена, а світло не засліплювало очі.

Перевірити верстат на холостому ході: справність органів керування (механізмів головного руху, подачі, пуску, зупинки та інше), справність системи змащення і охолодження, справність фіксації важелів включення і переключення (впевнитись, що можливість самовільного переключення з холостого ходу на робочий виключена), відсутність слабини в рухомих частинах верстата, особливо в шпинделі, подовжніх і поперечних полозках супорта.

Перевірити справність та наявність усіх огорожень і пристроїв, надійність закріплення різального інструменту.

При виявленні несправностей інструменту, обладнання верстата, не приступаючи до роботи, необхідно повідомити про це керівника робіт.

Під час установки (нагвинчування) патрона чи планшайби на шпindel необхідно підкласти під них на верстат дерев'яні прокладки з виїмкою по формі патрона (планшайби); нагвинчувати тільки вручну.

Потрібно надійно та жорстко закріплювати деталі в патроні верстата. Після закріплення деталі виїняти з патрона торцевий ключ. Не допускати, щоб кулачки виступали за бокову поверхню патрона. Якщо кулачки виступають, необхідно замінити патрон або встановити спеціальні захисні пристосування.

Під час обробки заготовок в центрах необхідно застосовувати безпечні хомути або повідкові патрони.

Під час швидкісної обробки забороняється працювати з нерухомим центром.

Під час обробки металів, котрі дають стружку, не допускати намотування її на заготовку, що обробляється, інструмент, патрон; в цих випадках користуються спеціальними різцями. Скидати стружку необхідно від себе в бік від патрона.

Поверхню заготовки, що обробляється, необхідно розміщувати ближче до патрону.

Для захисту очей від стружки та бризок охолоджувальної рідини необхідно користуватися захисним екраном або окулярами.

Під час центрування деталей на верстаті та їх вимірюванні, а також при виконанні операцій по шліфуванню наждаком, зачищенню або відпилюванню - різці необхідно відводити від патрона на безпечну відстань.

У разі вібрації верстата його необхідно зупинити та ліквідувати причини вібрації (змінити режим обробки, перевірити правильність закріплення деталі та ін.).

Електробезпека. Дільниця відноситься до приміщень з особливою небезпекою враження людей електричним струмом.

Враження електричним струмом може статися в результаті:

- випадкового дотику до струмонесучих частин, які знаходяться під напругою;
- виникнення напруги на металевих конструкціях електрообладнання (корпусах, кожухах, тощо), внаслідок пошкодження ізоляції;

- порушення правил безпечної експлуатації електроустановок.

Для захисту людей від небезпеки враження електричним струмом проведені такі заходи:

- 1) занулення корпусів електричних машин, електричних апаратів, освітлювачів, каркасів розподільчих щитів, щитів керування, металевих кабельних конструкцій;
- 2) захисне відключення стенду для перевірки форсунок та ТНВД;
- 2) застосування працюючим персоналом засобів захисту: ізолюючих підставок, діелектричних рукавиць, інструмента з ізолюючими ручками.

6.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

6.2.1. Мікроклімат

Метеорологічні умови (мікроклімат) виробничого приміщення визначаються діючими на організм людини сукупністю температури, вологості, та швидкості руху повітря, а також температури оточуючих поверхонь.

Допустимі та дійсні значення температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні станції з урахуванням теплонавантажень, важкості виконуваної роботи та періоду року встановлені санітарними нормами [23].

Роботи на ремонті автомобілів відносяться до категорії – Пб. Для якої згідно [23]. визначені допустимі і оптимальні параметри, наведені в табл. 6.1.

Інтенсивність теплового випромінювання не повинна перевищувати 140 Вт/м^2 при опроміненні до 25% поверхні тіла.

Нормальні метеорологічні умови в приміщенні станції забезпечуються раціональною вентиляцією і опаленням на рівні допустимих значень температури повітря, відносної вологості та швидкості руху повітря.

Шкідливі речовини на станції, які виділяються показані в таблиці 6.2.

Це в основному речовини, які містяться в матеріалах для очищення забруднених зовні форсунок та для очищення внутрішніх деталей елементів паливних систем в ультразвуковій ванні, а також матеріалах та речовинах що безпосередньо використовуються для ремонту та перевірки форсунок.

Таблиця 6.1 – Характеристика умов на ділянці

Категорія робіт	Період року	Температура, °C		Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с	
		Дійсна	Допустима на постійних робочих місцях		Дійсна	Допустима на постійних робочих місцях	Дійсна
			Верхня межа	Нижня межа			
Середньої важкості ІІб	Холодний	18÷20	21	15	40÷60	75	Не більше 0,3
	Теплий	21÷23	27	16	40÷60	Примітка 1	0,2÷0,4

Таблиця 6.2 – шкідливі речовини та їх ГДК

№ п/п	Найменування речовини	Величина ГДК, мг/м ³	Класи небезпеки
1	Бензин паливний	100	IV
2	Уайт-спірит	300	IV
3	Луги їдкі	0,5	II
4	Сірки моно хлорид +	0,3	II
5	Сірковуглець (CS)	0,03	II

Для захисту від шкідливих речовин, що знаходяться в повітрі робочої зони ділянки застосовують такі заходи:

- 1) Обладнано місцевою витяжною вентиляцією для видалення шкідливих речовин безпосередньо з місць їх утворення;
- 2) Попереджувальні та періодичні медичні огляди, профілактичне харчування і дотримання правил особистої гігієни.

При виконанні вказаних заходів і при працюючій загально-обмінній та місцевій вентиляції концентрація шкідливих речовин в повітрі ділянки значно менша від норм ГДК.

Перед запуском в експлуатацію заново змонтованих вентиляційних установок, а також після їх реконструкції і ремонту, вони проходять наладку і випробування.

Викиди в атмосферу із системи вентиляції розташовані на відстані від приймальних пристроїв для зовнішнього повітря більше 10 м. по горизонталі, викиди із системи місцевого відсмоктувача розташовані на висоті більше 2 м. над найвищою точкою покрівлі.

В мережу вентиляції необхідно встановити:

- 1) Фільтр для очистки подаваного повітря;
- 2) Колорифер для обігріву подаваного повітря в холодну пору року.

6.2.2 Виробниче освітлення

Згідно [24] приміщення з постійним перебуванням людей повинно мати, як правило, природне освітлення. Роботи на ділянці по ремонту паливної апаратури відносяться до розряду зорових робіт – III

Таблиця 6.3 – Освітлення згідно [24]

Розряд та під розряд зорової роботи	Комбіноване освітлення, лк	Загальне освітлення, лк	КПО, $e_n^{3, 0}$, %
III	2000	500	2

Нормативне значення КПО e_n для будинків, розташованих в 1,2,4,5 поясах світлового клімату слід визначати формулою:

$$e_n^{1,2,4,5} = e_n^{3, 0} \cdot m \cdot c, \quad (6.1)$$

де m – коефіцієнт світлового клімату;

C – коефіцієнт сонячності клімату.

На дільниці використовується комбіноване освітлення і природне бічне, штучне загальне освітлення здійснюється лампами розжарювання,

6.2.3 Виробничий шум та вібрації

На дільниці працюючі постійно піддаються впливу дії шуму та вібрації. Джерелами шуму та вібрації є верстати, компресори, вентиляційні системи, обладнання.

Шум та вібрації погіршують умови праці.

Допустимі значення шуму згідно з [25] вказані в таблиці 6.4, а вібрації згідно з [26] – в таблиці 6.5.

Таблиця 6.4 – Значення шуму на робочих місцях дільниці

Значення	Рівні звукового тиску, дБ і активні полоси, з середньогеометричними частотами, Гц									Рівні звука і еквівалентність рівня звука, дБ
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	10000	
Нормативні	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
Фактичні	80 ÷ 93	62 ÷ 88	54 ÷ 76	35 ÷ 69	38 ÷ 70	29 ÷ 67	15 ÷ 55	18 ÷ 55	25 ÷ 59	70

Таблиця 6.5 – Санітарні норми одно чисельних показників вібраційного навантаження на оператора при тривалості зміни 8 год

Вид вібрації	Категорія	Напрямок дії	Значення	Нормативні коректовані по частоті та еквіваленті коректовані значення			
				Віброприскорення		Віброшвидкість	
				$A_n, \text{м/с}^2$	$L_{an}, \text{дБ}$	$V_n 10^{-2} \text{м/с}$	$L_{vn}, \text{дБ}$
Локаль-на		X_p, Y_p, Z_p	нормативне	2,0	126	2,0	112
			фактичне	$1 \div 1,7$	$10 \div 116$	$0 \div 18$	$0 \div 105$
Загаль-на	3 тип «а»	X_0, Y_0, Z_0	нормативне	0.10	100	0.2	92
			фактичне	$0.07 \div 0.08$	$10 \div 84$	$0.05 \div 0.14$	$39 \div 78$

На ділянці рівень шуму та вібрації знаходяться в допустимих межах і загрозу здоров'ю працюючих не створюють, це було досягнуто раціональними акустичними рішеннями планування будівлі, раціональним розміщенням робочих зон, та правильним розміщенням необхідного для роботи обладнання.

Крім того, з метою покращення умов праці робочого персоналу для захисту від надмірного шуму були застосовані засоби звукоізоляції та звукового абсорбування, а від вібрації – засоби віброізоляції та демпфірування.

6.3 Технічні рішення з пожежної безпеки

Будівля станції технічного обслуговування автомобілів має несучі стіни з кам'яних матеріалів товщиною 0,6 м., та залізобетонну стіну посередині вздовж будівлі, в якості перегородки, товщиною 0,6 м., що відповідає [31]. Перекриття будівлі виконане залізобетонними плитами – відповідно будівля відноситься до І категорії пожежостійкості.

У виробничому приміщенні в повітрі присутній горючий пил, легкозаймисті рідини з температурою спалаху більше 28°C , горючі рідини такі як бензин, дизельне

Кажливо, в такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні пилоповітряні або пароповітряні суміші, у разі займання яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху у приміщенні, що перевищує 5 кПа. згідно НАПБ Б.03.002-2007 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою» відповідна категорія приміщення – Б - Вибухопожежо-небезпечна.

Приміщення підприємства має один евакуаційний вихід, відповідно на його території дозволяється одночасно розміщувати (дозволяється перебування) не більше 50 осіб.

Двері на шляхах евакуації відкриваються в напрямку виходу з приміщення підприємства.

Для підвищення рівня пожежостійкості здійснено нанесення вогнезахисного покриття. Відповідно після цього повинні здійснюватись заходи щодо підтримання його у відповідному технічному стані

На станції технічного обслуговування автомобілів забороняється:

- прибирати приміщення і прати одяг із застосуванням бензину, гасу та інших легкозаймистих речовин та горючих рідин, а також відігрівати замерзлі труби із застосуванням відкритого вогню;
- розкидати й залишати неприбраними промаслені обтиральні матеріали. Їх необхідно прибирати в металеві ящики, щільно закривати кришками. Після закінчення роботи видаляти з приміщення у спеціально відведені за межами будівель місця, забезпечені негорючими збірниками з кришками, які щільно закриваються;

Не допускається:

- улаштовувати на шляху евакуації пороги, виступи, турнікети, які перешкоджають вільній евакуації людей;
- захащувати шляхи евакуації меблями, обладнанням, різними матеріалами;
- заміняти скло, що не дає скалок при руйнуванні, на звичайне у дверях

ВИСНОВКИ

Для розробленої деталі «Корпус Д02120.1» розраховано дрібносерійний тип виробництва. Форма організації праці – групова, а кількість деталей в партії 4 шт. Деталь «Корпус Д02120.1» є загалом технологічна за критеріями по уніфікації, точності обробки та шорсткості поверхні, однак має канавки, які є не технологічними і потребують додаткових пристроїв для вимірювання.

Заготовку деталі «Корпус Д02120.1» для дрібносерійного виробництва обрано із прокату 105 мм, а коефіцієнт використання матеріалу склав більше 25%.

Запропоновано два маршрути механічної обробки для виготовлення деталі «Корпус Д02120.1», але обрано кращий з мінімальними витратами по собівартості виготовлення. Також розглянуті типовий маршрут механічної обробки подібної деталі «Корпус» для даного типу виробництва, щоб зменшити номенклатуру використовуваних інструментів до типових варіантів.

Проведено розмірний аналіз для технологічного процесу, складено розмірну схему технологічного процесу, визначено припуски на технологічні розміри деталі «Корпус Д02120.1». Розраховано режими різання на обробку конструкторських розмірів аналітичним та спрощеним методами, а також технічні норми часу для всіх операцій.

Визначено використання верстатів за основним часом для ділянки механічної обробки деталі «Корпус Д02120.1».

Розроблено карту налагодження для фрезерної з ЧПК операції 015 з інструментами та їх переміщеннями, а також складено керуючу програму.

Проведено аналіз стану охорони праці під час виготовлення заготовки деталі типу «Корпус Д02120.1». Прийняті показники по мікроклімату, освітленню, шумо- та звукоізоляції. Розроблено рекомендації по техніці безпеки: електробезпеці та пожежній безпеці для створення безпечних умов роботи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Лозінський Д. О., Козлов Л. Г., Петров О. В. Методичні вказівки до виконання бакалаврських дипломних робіт для студентів спеціальності 131 – «Прикладна механіка». Вінниця : ВНТУ, 2018. 44 с.
2. Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Пурдик В. П. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2012. 122 с.
3. Практикум з навчальної дисципліни «Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування» : навч. посіб. / Веселовська Н.Р., Шаргородський С.А., Руткевич В.С., Моторна О.О. Вінниця : ТВОРИ, 2020. 354 с.
4. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1 : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2013. 125 с.
5. Проектування та виробництво заготовки деталей машин. Штамповані заготовки: навч. посіб. / Дусанюк Ж. П. та ін. Вінниця : ВНТУ, 2009. 199 с.
6. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2 : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2014. 114 с.
7. Петров О. В., Сухоруков С. І. Технологічна оснастка : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2018. 123 с.
8. Гевко Б.М., Дичковський М.Г., Матвійчук А.В. Технологічна оснастка. Контрольні пристрої : навч. посіб. Київ : Кондор, 2009. 220 с.
9. Рудь В. Д., Герасимчук О. О., Маркова Т. П. Розмірно-точнісний аналіз конструкцій та технологій : навч. посіб. Луцьк : ЛДТУ, 2008. 344 с.
10. Буренніков Ю. А., Лозінський Д. О. Технологічні основи машинобудування. Самостійна та індивідуальна робота студентів: н. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2017. 105 с.
11. Клименко В.М., Шиліна О.П., Осадчук А.Ю. Технологія конструкційних матеріалів: частина третя. Основи механічної обробки матеріалів : навч. посіб. Вінниця: УНІВЕРСУМВінниця, 2008. 73 с.
12. Павленко І.І., Мажара В.А. Роботизовані технологічні комплекси : навч. посіб. Кіровоград : КНТУ, 2010. 392 с.

13. Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні : практикум / Дусанчук Ж. П., Репінський С. В., Савуляк В. В., Сердюк О. В. Вінниця : ВНТУ, 2016. 148 с.

14. Дерідо О. В., Лозінський Д. О., Сердюк О. В. Технології для верстатів з числовим програмним керуванням : ел. навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2023. 116 с.

15. Ткачов Ю.В., Джур Є.О., Ніколенко Є.Ю. Технологічні основи вибору обладнання машинобудівних цехів : навч. посіб. Дніпро : РВВ ДНУ, 2006. 136 с.

16. Ткачов Ю.В., Стасюк Ю.М. Проектування технологічних процесів обробки матеріалів та їх техніко-економічне обґрунтування : навч. посіб. Дніпро : РВВ ДНУ, 2008. 168 с.

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

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

19. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=40885

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

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

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

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

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

25. 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.

26. Соколовський М. Є., Мельник А. С., Маслов Я. В. Проектування технологічних процесів механічної обробки заготовок деталей з використанням CAD/CAM систем. Матеріали LIII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 20-22 березня 2024 р. Електрон. текст. дані. 2024. URI: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2024/paper/view/20429>.

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

ДОДАТКИ

Додаток А

Перевірка на плагіат

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Корпус Д02120.1» з використанням CAD/CAM-систем

Тип роботи: Бакалаврська кваліфікаційна робота

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

Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність 92,9 Схожість 7,1

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 _____
(підпис)

Лозінський Л.О.
(прізвище, ініціали)

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

Автор роботи _____
(підпис)

Маслов Я.В.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Піонткевич О.В.
(прізвище, ініціали)

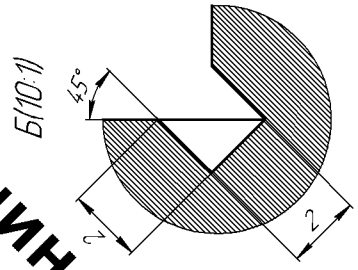
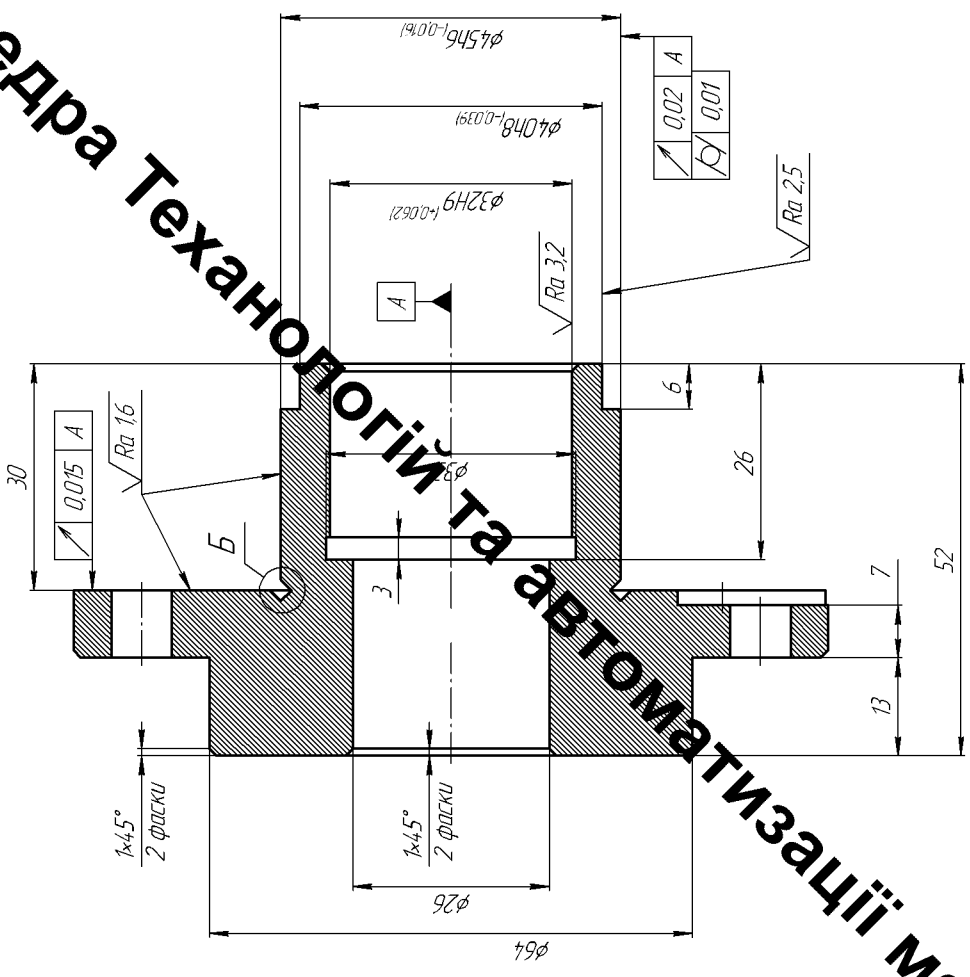
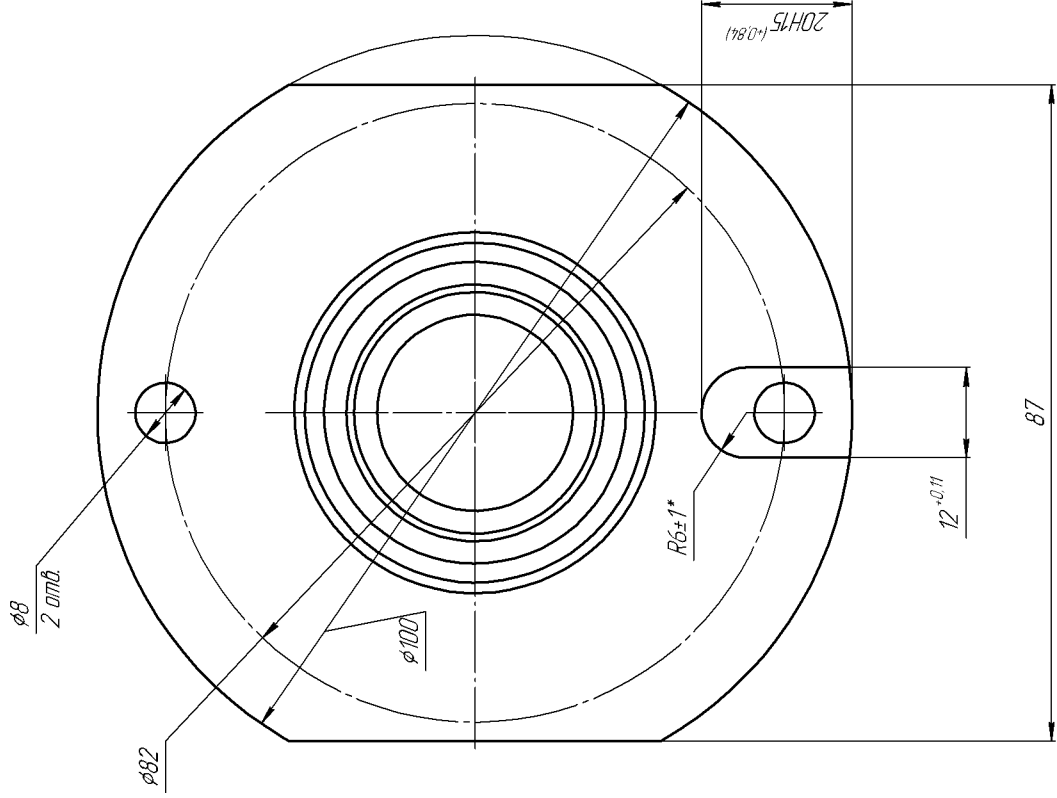
Додаток Б

Графічна частина

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

08-64.БДР.14.00.00.0001

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування



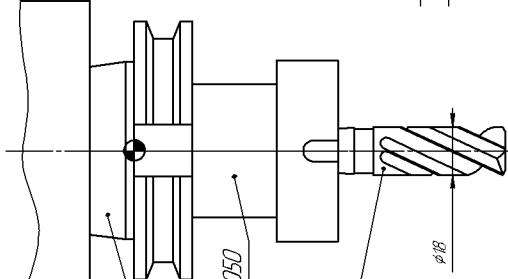
1 * Розміри для зовнішніх
2. H14, h14, $\frac{IT14}{2}$

									08-64.БДР.14.00.00.0001				

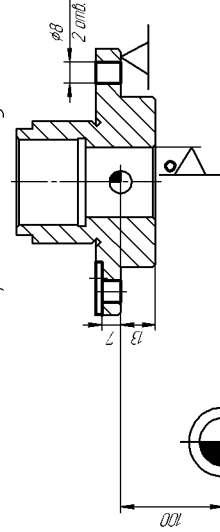
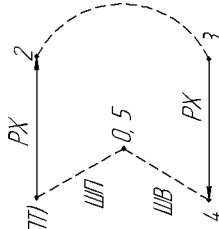
Оправка 6222-0136
ГОСТ 26538-85

Патрон цанговый 191113050
ТУ 2-035-986-85

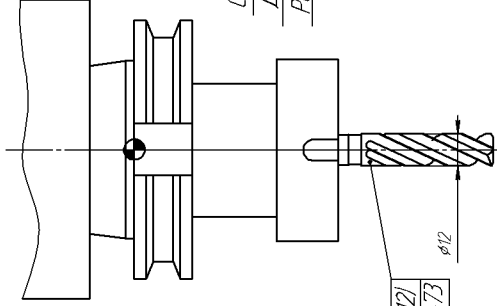
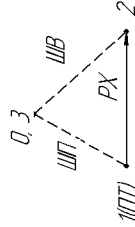
Фреза кінцева
ГОСТ 17026-71(φ18)
Р6М5 ГОСТ 19265-73



Перехід 2



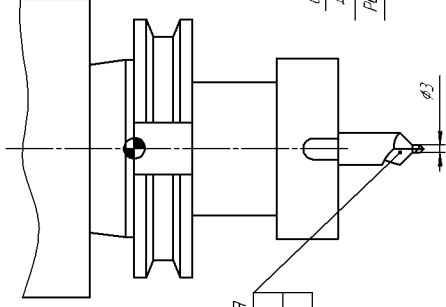
Перехід 3



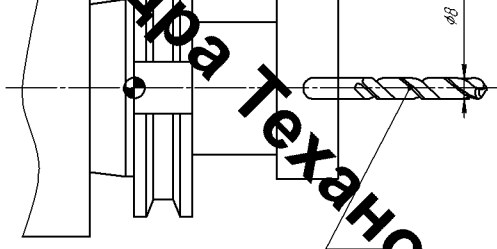
Перехід 4



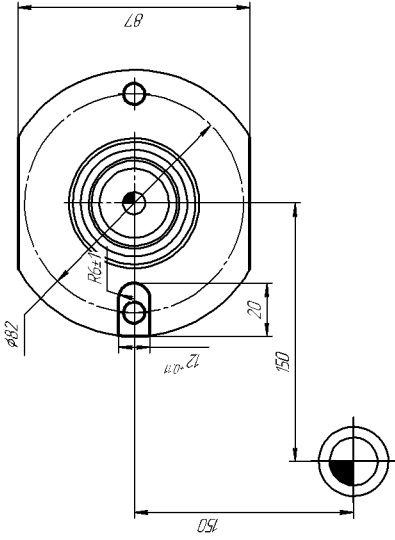
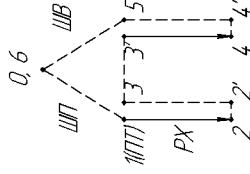
Свердло для эсцентровування
ДСТУ ISO 866:2018 (φ3)
Р6М5 ГОСТ 19265-73



Свердло спиральне
ДСТУ ГОСТ 886-77 (φ8)
Р6М5 ГОСТ 19265-73



Перехід 5



Нуль верстату



Нуль заготовки



Нуль інструменту

мірний аналіз технологічного процесу

Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

Вихідний граф

Розрахункові рівняння

Розмір, що визначається

№ п/п	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Розмір, що визначається
1	$-K_6 + B_8 = 0$	$K_6 = B_8$	B_8
2	$-K_2 + B_7 = 0$	$K_2 = B_7$	B_7
3	$-K_5 + B_2 = 0$	$K_5 = B_2$	B_2
4	$-K_3 + B_3 = 0$	$K_3 = B_3$	B_3
5	$-K_4 + B_4 = 0$	$K_4 = B_4$	B_4
6	$-K_6 + B_8 = 0$	$K_6 = B_8$	B_8
7	$-K_1 + B_1 = 0$	$K_1 = B_1$	B_1
8	$-Z_1 + B_1 - B_6 = 0$	$Z_1 = B_1 - B_6$	B_1
9	$-Z_2 + 3 \cdot B_1 - B_1 = 0$	$Z_2 = 3 \cdot B_1 - B_1$	$3 \cdot B_1$

Похідний граф

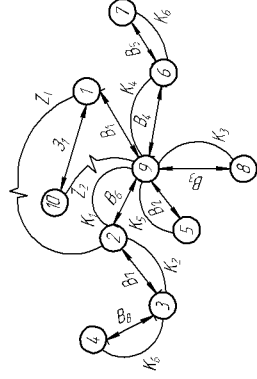
Суміщений граф

Классификация



Таблиця рівнянь механічних розмірів

Смещение граф



№ опер	Найменування операції Зміст переходу	Схема установочні деталі та ескіз обробки	Обладнання	№ опер	Найменування операції Зміст переходу	Схема установочні деталі та ескіз обробки
005	Токарна з ЧПК 1. Установити і закріпити заготовку. 2. Підрізати торець $\phi 105$ мм. Випірковий розмір 53 мм однократно. 3. Точити задній циліндричний поверхню $\phi 64,7$ мм на глибину 29 мм попередньо. 4. Точити задній циліндричний поверхню $\phi 64,1$ мм на глибину 5,5 мм попередньо. 5. Точити по конусу поверхню 2, 3. 6. Центрувати отвір $\phi 5$ мм. 7. Сферувати отвір $\phi 20$ мм наскрізь. 8. Розточити отвір $\phi 26$ мм наскрізь. 9. Розточити отвір $\phi 32H11$ випіркуючи розмір 26 мм. 10. Розточити внутрішню канавку $\phi 33$ в розмір 3мм. 11. Розточити фаску $1 \times 45^\circ$. 12. Точити задній канавку випіркуючи розміри 2 мм та 2,7 мм. 13. Зняти деталь.		Токарно-револьверний верстат з ЧПК модель ПН-20ПФ40	020	Шліфувальна з ЧПК 1. Установити і закріпити заготовку. 2. Шліфувати поверхні $\phi 45,2 \pm 0,017$ випіркуючи 29,9 мм. 3. Зняти деталь.	
010	Токарна з ЧПК 1. Установити і закріпити заготовку. 2. Підрізати торець $\phi 105$ мм. в розмір 52 мм однократно. 3. Точити $\phi 100$ однократно. 4. Точити $\phi 64$ випіркуючи розмір 13 мм однократно. 5. Точити 2 задні фаски $1 \times 45^\circ$. 6. Розточити внутрішню фаску $1 \times 45^\circ$. 7. Зняти деталь.		Токарно-револьверний верстат з ЧПК модель ПБ340Ф30	025	Шліфувальна з ЧПК 1. Установити і закріпити заготовку. 2. Шліфувати поверхні $\phi 45,16$ випіркуючи 30 мм. 3. Зняти деталь.	
015	Фрезерна з ЧПК 1. Установити і закріпити заготовку. 2. Фрезерувати лиски в розмір 87 мм. 3. Фрезерувати поз в розміри $R_{6 \times 1}$ мм 12 мм та 20 мм. 4. Центрувати 2 отвори $\phi 3$ мм. 5. Сферувати 2 отвори $\phi 8$ наскрізь. 6. Зняти деталь.		Безплатильовий верстат з ЧПК модель ЛТ60ПФ3	030	Промити деталь	
				035	Технічний контроль	