

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 «КРОНШТЕЙН Д02116.1» З
ВИКОРИСТАННЯМ CAD/CAM-СИСТЕМ

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


(підпис)

Артем МЕЛЬНИК
(ім'я та прізвище)

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

« 06 » 06 2024 р.

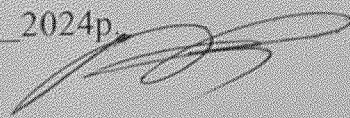
Рецензент: к.т.н., ст. викл. каф. АТМ
Олег АНТОНЮК
(підпис) (ім'я та прізвище)

« 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 Д. Г.

« 11 » 03 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Мельник Артем Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Кронштейн Д02116.1» 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: «Кронштейн Д02116.1»; матеріал: Сталь 40Х ДСТУ 7806:2015; річна програма випуску: 800 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 «Кронштейн Д02116.1» в САМ-системах; охорона праці; перелік посилань

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

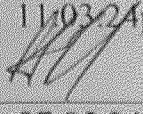
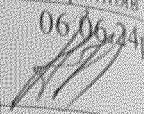
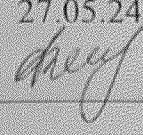
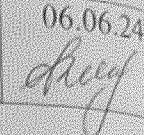
робоче креслення заготовки;

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)

Артем МЕЛЬНИК

(ім'я та прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Олег ПІОНТКЕВИЧ

(ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

УДК 621

Мельник А. С. Проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Кронштейн Д02116.1» 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. 75 с.

На укр.мові. Бібліогр.: 23 назв; рис.: 15; табл.: 37.

У роботі спроектовано технологічний процес механічної обробки заготовки деталі «Кронштейн Д02116.1» 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, кронштейн.

ABSTRACT

Melnyk A. S. Designing the technological process of machining the workpiece of the part "Bracket D02116.1" 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. 75 c.

In Ukrainian language. Bibliography: 23 titles; Figs. 15; Tables: 37.

The paper designs the technological process of machining the workpiece of the part "Shaft D02118.1" 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, bracket.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА І ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ.....	6
2 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ І ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ ДЕТАЛІ	11
3 ПРОЄКТУВАННЯ ВИПІДНОЇ ЗАГОТОВКИ	18
3.1 Аналіз двох альтернативних способів виготовлення заготовки	18
3.2 Розрахунок розмірів для вибраного способу виготовлення заготовки.....	19
3.3 Розробка ескізу заготовки	20
4 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ	21
4.1 Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва	21
4.2 Розрахунок кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні $\varnothing 50k6$	23
4.3 Вибір чистових та чорнових технологічних баз з обґрунтуванням їх вибору	24
4.4 Проєктування двох варіантів маршруту механічної обробки.....	25
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	42
4.8 Визначення за нормативами режимів різання на обробку конструкторських баз і кріпильних отворів	47
4.9 Визначення технічних норм часу для всіх операцій	51
5 РОЗРОБКА КЕРУВАЛЬНОЇ ПРОГРАМИ В МОДУЛІ САМ-СИСТЕМИ	52
6 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	57
6.1 Аналіз умов праці	57
6.2 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць	58

6.3 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	59
6.3.1 Мікроклімат	59
6.3.2 Освітлення	60
6.3.3 Шум	61
6.3.4 Виробничі вібрації	62
6.4 Технічні рішення з пожежної безпеки	63
ВИСНОВКИ	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	65
ДОДАТКИ.....	67
ДОДАТОК А (обов'язковий). ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ПОЗИЧЕНЬ	68
ДОДАТОК Б (обов'язковий). Графічна частина	70

ВСТУП

Галузь машинобудування на сьогоднішній день стрімко розвивається, реалізуються нові технології та матеріали, а також нові методи виробництва. Підвищення ефективності виробництва в машинобудівній галузі вимагає своєчасного покращення технологічних процесів, оптимізації робочих режимів та методів обробки, використання перспективних інструментів і обладнання. Тому виникла актуальність проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Кронштейн Д02116.1» з використанням CAD/CAM-систем.

Темою бакалаврської дипломної роботи є: «Проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Кронштейн Д02116.1» з використанням CAD/CAM-систем»

Під час виконання бакалаврської оцінено та обрано найбільш оптимальний варіант технологічний процес, обладнання та оснастка для нього, а також та методи отримання заготовки. При цьому використано високопродуктивне металорізне обладнання, а саме, верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК) для розрахованого типу виробництва. Враховано вимоги з охорони праці. Розроблено 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 ІІІ 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 6 операцій мехобробки деталі «Кронштейн Д02116.1»: основний час на кожну операцію та кількість верстатів на ній; розраховані коефіцієнти завантаження вибраного обладнання та кількість операцій на відповідному обладнанні. Річна програма випуску деталей становить 800 шт, а дійсний річний фонд часу складає 3890 год (при двозмінній роботі для верстатів з ЧПК) та 4060 год (при двозмінній роботі для універсальних верстатів).

Таблиця 1.1 – Розрахунок коефіцієнту закріплення операцій

Мех. Обробка	Тосн, хв	ϕ_k	$T_{шт-к}, хв$	C_p	$C_{пр}$	$\eta_{зр}, \%$	$K_{зо}$
005	3,7	1,54	5,7	0,02	1	2	25
010	36,8	1,5	55,2	0,19	1	19	3
015	21,2	1,65	35,0	0,12	1	12	4,7
020	7,9	1,84	14,5	0,05	1	5	10,7
030	0,83	1,6	1,33	0,005	1	0,5	125
035	2,5	1,6	4	0,013	1	1,3	41,7

Необхідна кількість верстатів по кожній операції [6]:

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

$$C_{p005} = \frac{T_{шт-к.р.пр005} \cdot N_{пр}}{F_{\partial} \cdot m \cdot 60} = \frac{5,7 \cdot 800}{3890 \cdot 60} = 0,02;$$

$$C_{p010} = \frac{T_{\text{шт-к.р.пр010}} \cdot N_{\text{пр}}}{F_{\phi} \cdot m \cdot 60} = \frac{55,2 \cdot 800}{3890 \cdot 60} = 0,19;$$

$$C_{p015} = \frac{T_{\text{шт-к.р.пр015}} \cdot N_{\text{пр}}}{F_{\phi} \cdot m \cdot 60} = \frac{35 \cdot 800}{3890 \cdot 60} = 0,12;$$

$$C_{p020} = \frac{T_{\text{шт-к.р.пр020}} \cdot N_{\text{пр}}}{F_{\phi} \cdot m \cdot 60} = \frac{14,5 \cdot 800}{4060 \cdot 60} = 0,05;$$

$$C_{p030} = \frac{T_{\text{шт-к.р.пр030}} \cdot N_{\text{пр}}}{F_{\phi} \cdot m \cdot 60} = \frac{1,33 \cdot 800}{3890 \cdot 60} = 0,005;$$

$$C_{p035} = \frac{T_{\text{шт-к.р.пр035}} \cdot N_{\text{пр}}}{F_{\phi} \cdot m \cdot 60} = \frac{4 \cdot 800}{3890 \cdot 60} = 0,013.$$

Прийнята кількість обладнання на кожній операції механічної обробки складає:

$$C_{\text{пр005}} = 1; \quad C_{\text{пр010}} = 1; \quad C_{\text{пр015}} = 1; \quad C_{\text{пр020}} = 1; \quad C_{\text{пр030}} = 1; \quad C_{\text{пр035}} = 1.$$

Приймаємо 6 верстатів.

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

Коефіцієнт для розрахунку завантаження верстата η_z знаходиться:

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

Для операції 005:

$$\eta_z = \frac{0,02}{1} \cdot 100\% = 2\%;$$

Для операції 010:

$$\eta_z = \frac{0,19}{1} \cdot 100\% = 19\%;$$

Для операції 015:

$$\eta_z = \frac{0,12}{1} \cdot 100\% = 12\%;$$

Для операції 020:

$$\eta_z = \frac{0,05}{1} \cdot 100\% = 5\%;$$

Для операції 030:

$$\eta_z = \frac{0,005}{1} \cdot 100\% = 0,5\%;$$

Для операції 035:

$$\eta_{з.} = \frac{0,013}{1} \cdot 100\% = 1,3\%.$$

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

$$\eta_{з.о.} = \frac{T_o}{T_{шт-к.}}; \quad (1.4)$$

Для операції 005:

$$\eta_{з.о.} = \frac{3,7}{5,7} \cdot 100\% = 65\%;$$

Для операції 010:

$$\eta_{з.о.} = \frac{36,8}{55,2} \cdot 100\% = 67\%;$$

Для операції 015:

$$\eta_{з.о.} = \frac{11,2}{18,5} \cdot 100\% = 61\%;$$

Для операції 020:

$$\eta_{з.о.} = \frac{7,9}{14,5} \cdot 100\% = 54\%;$$

Для операції 030:

$$\eta_{з.о.} = \frac{0,83}{1,33} \cdot 100\% = 62\%;$$

Для операції 035:

$$\eta_{з.о.} = \frac{2,5}{4} \cdot 100\% = 60\%;$$

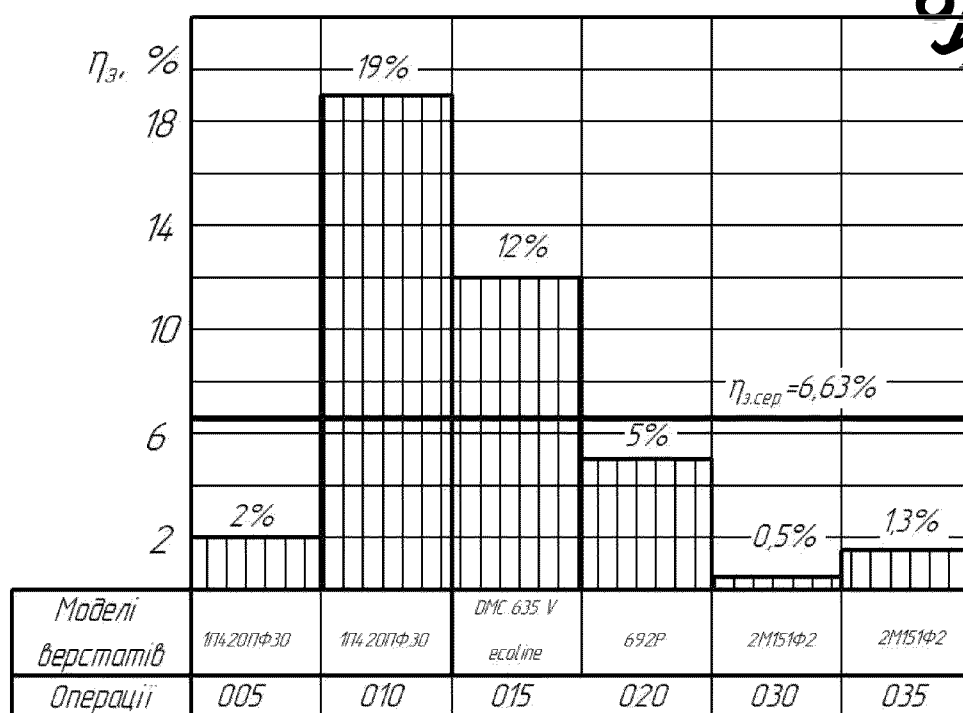


Рисунок 1.1 – Графік завантаження верстатів

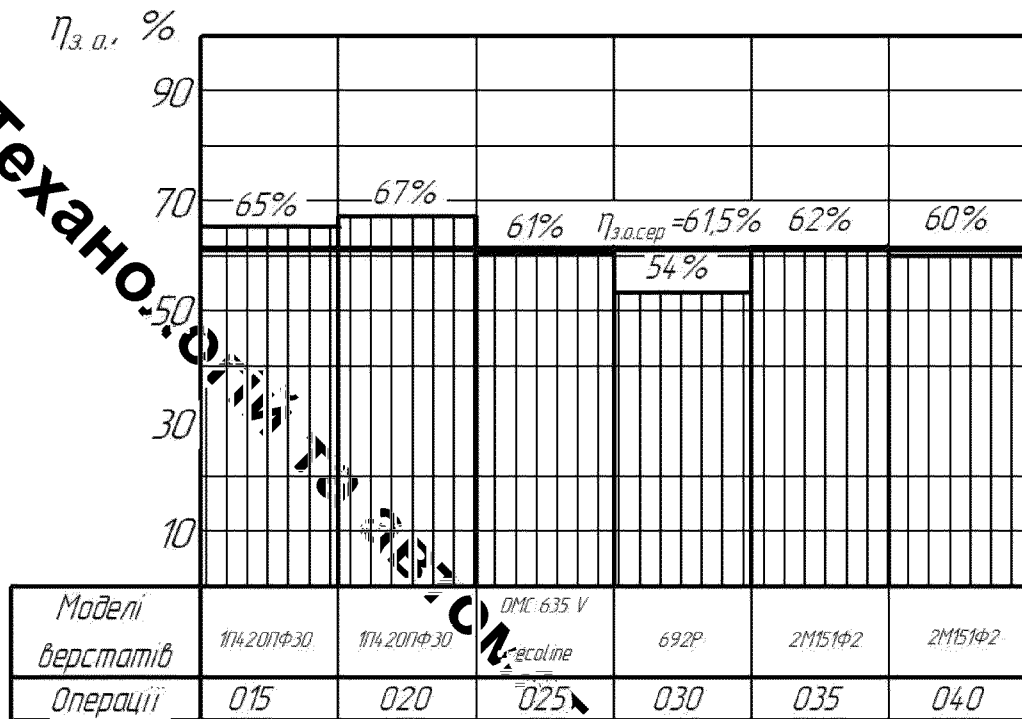


Рисунок 1.2 – Графік використання верстатів за основним часом

Розрахуємо коефіцієнт закріплення операції:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O_i}{\sum P_i} = \frac{25 + 3 + 4,7 + 10,7 + 125 + 41,7}{1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1} = 35,7$$

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

Заданий добовий випуск виробів за формулою:

$$N_{\partial} = \frac{N}{250} = \frac{800}{250} = 3,2 \text{ шт.} \quad (1.5)$$

Приймаємо $N_{\partial} = 3$ шт.

Добова продуктивність потокової лінії за формулою:

$$Q_{\partial} = \frac{F_{\partial}}{T_{ум-к.ср}} \cdot \eta_z = \frac{3890}{19,3} \cdot 0,80 \approx 161 \text{ шт.} \quad (1.6)$$

де $T_{шт-к.ср}$ згідно таблиці 1.1.

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

$$n = \frac{N_n \cdot a}{250} = \frac{800 \cdot 5}{250} \approx 16 \text{ шт.}$$

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

Отже, кількість деталей у партії 16 шт, а тип виробництва дрібносерійний при формі організації роботи – групова.

2 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ І ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ ДЕТАЛІ

На рисунку 2.1 подано 3D-модель деталі «Кронштейн Д02116.1». Основна функція кронштейну полягає у розміщенні підшипників для шківів у дробарці. Крім цього, кронштейн має витримувати помірні статичні та динамічні навантаження. Саме тому для нього використано легована конструкційна сталь 40Х згідно з ДСТУ 7806:2015.

Матеріал сталь 40Х добре обробляється та піддається штампуванню, що дозволяє виготовити штамповку, а також вальцюванню, що дає можливість використовувати штучний круглий сортовий прокат. Термічна обробка для цієї деталі передбачена загартування до твердості 40...65 HRC на глибину 0,5 мм, яка проводиться при температурі 860 °С. Деталь відповідальною, то якість механічної обробки є важливою, і визначає якість роботи механізму.

Згідно робочого креслення деталі «Кронштейн Д02116.1» найбільш точними поверхнями є: циліндричні поверхні під посадку підшипників $\varnothing 50k6$. До зовнішнього діаметра поверхні $\varnothing 50k6$ задано допуск радіального биття 0,01 мм відносно осі обертання кронштейна (бази А). Таку якість та допуск можна забезпечити після термічної обробки за рахунок шліфування в центрах з одного установа. Всі решта поверхонь обробляються по 14-му квалітету, що досягається вибором відповідних інструментів та методів обробки.

Основними конструкторськими базами за рахунок яких деталь «Кронштейн Д02116.1» базується у вузлі механізму, є плоска поверхні 155x134 та 4-х різьбових отворів М16-6Н.

Допоміжними конструкторськими базами, якими деталь «Кронштейн Д02116.1» з'єднується із іншими деталями, є різьбова поверхня М36x2-6g, торці та шпонковий паз шириною 8 мм. Решта поверхонь є вільними.

Не передбачено використання опорних шийок кронштейна як технологічні бази, тому для більшості операцій використовують центрові отвори А6,3 і торці як бази.

Значні технічні вимоги обумовлені службовим призначенням деталі «Кронштейн Д02116.1» і точністю розміщення інших деталей, що приєднуються.

Необхідна точність механічної обробки варіює від 6 до 14 квалітети, а шорсткість від 0,63 до 6,3 мкм неможливо досягнути на звичайних верстатах із нормальною точністю (Н), тому необхідно використати фінішну обробку на шліфувальних верстатах.

Кронштейн жорсткої конструкції, відношення $L / d_{cp} = 200 / 50 = 4$, що є менше 6, тому його можна обробляти на підвищених режимах різання.

Деталь «Кронштейн Д02116.1» має уніфіковані елементи: шпонка, різі, канавки, фаски і т. ін., що дозволяє застосовувати стандартні ріжучі інструменти. Усі поверхні доступні для механічної обробки та для їх контролю. Загальний вигляд деталі «Кронштейн Д02116.1» показано на рисунку 2.1.

Легована конструкційна сталь 40Х ДСТУ 7806:2015 використовується в основному для виготовлення відповідальних деталей. Вона має хороші якості для обробки різанням лезовим інструментом. Легко піддається штампуванню, вальцюванню та зміцнюється за рахунок термічної обробки. Хімічний склад та механічні властивості згідно ДСТУ 7806:2015 представлено в таблицях 2.1 та 2.2.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 40Х ДСТУ 7806:2015, %

C	Si	Mn	Ni	Cr	Cu	P	S
0,36 – 0,44	0,17 – 0,37	0,50 – 0,80	До 0,3	0,80 – 1,1	До 0,3	0,03	0,035

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 40Х ДСТУ 7806:2015

Твердість	σ_b , МПа (кг/мм ²)	σ_t , МПа (кг/мм ²)	Відносне видовження, %	Відносне звуження, %	Ударна в'язкість
HB265 (поліпшена)	860	720	14	60	147

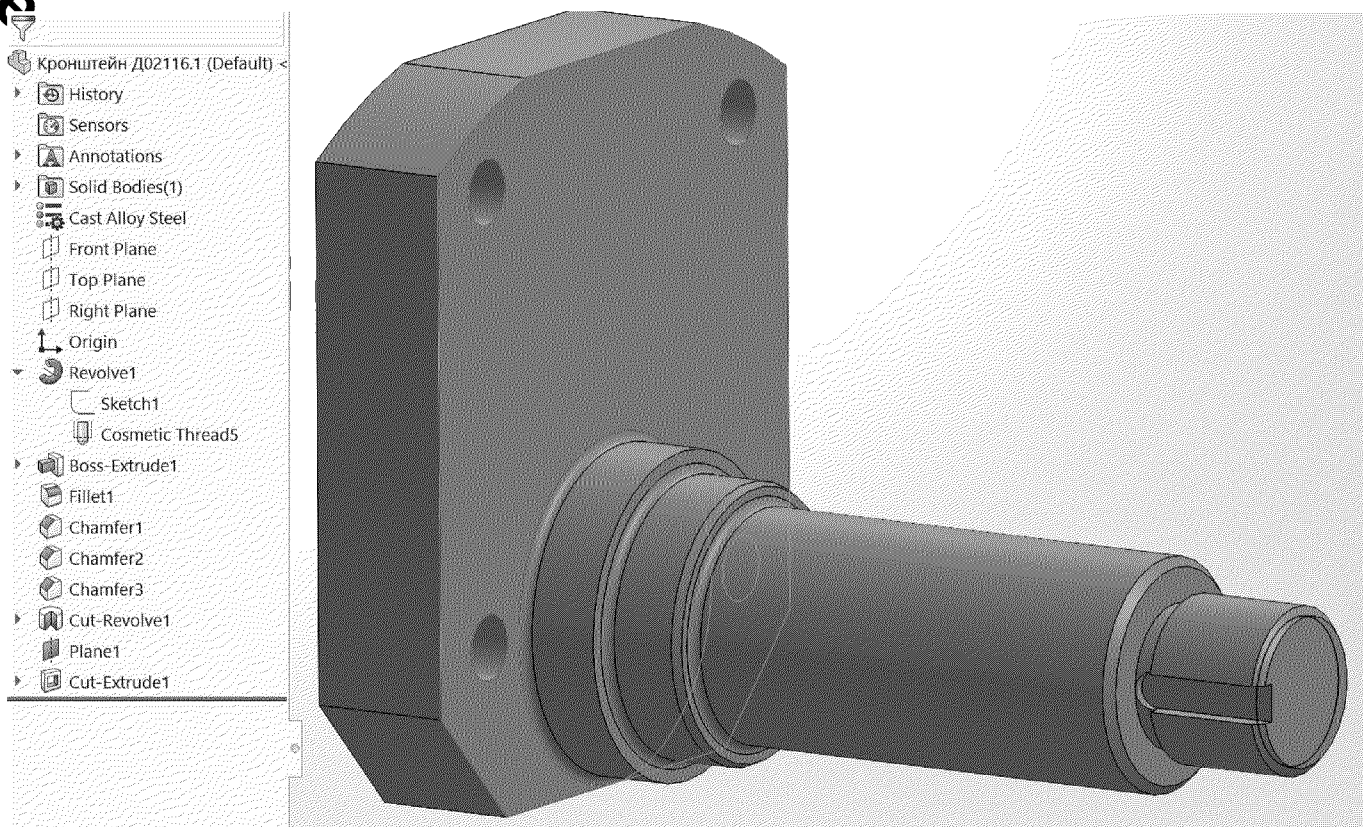


Рисунок 2.1 – Просторове зображення деталі «Кронштейн Д02116.1» в САД-системі «SolidWorks»

Для визначення впливу зовнішніх навантажень на деталь «Кронштейн Д02116.1» необхідно провести аналіз на міцність. Перевірку на міцність деталі виконаємо за допомогою САЕ-системи «SolidWorks» модуля Simulation. При цьому виконаємо навантаження $P=20$ кН в місцях розміщення підшипників, а кріплення деталі виконуємо за 4 різьбові отвори М16-6Н та торець 200 мм. Наступним кроком, використовуючи метод скінченних елементів, створюємо поділ деталі на скінченне число елементів, які будуть взаємодіяти один з одним та передавати отримане навантаження. В місцях гантельних переходів використаємо більш якісну структуру скінченних елементів, а накладання всіх початкових параметрів розрахунку із сіткою скінченних елементів показано на рисунку 2.2. Результати імітаційного моделювання показано на рисунку 2.3 та 2.4.

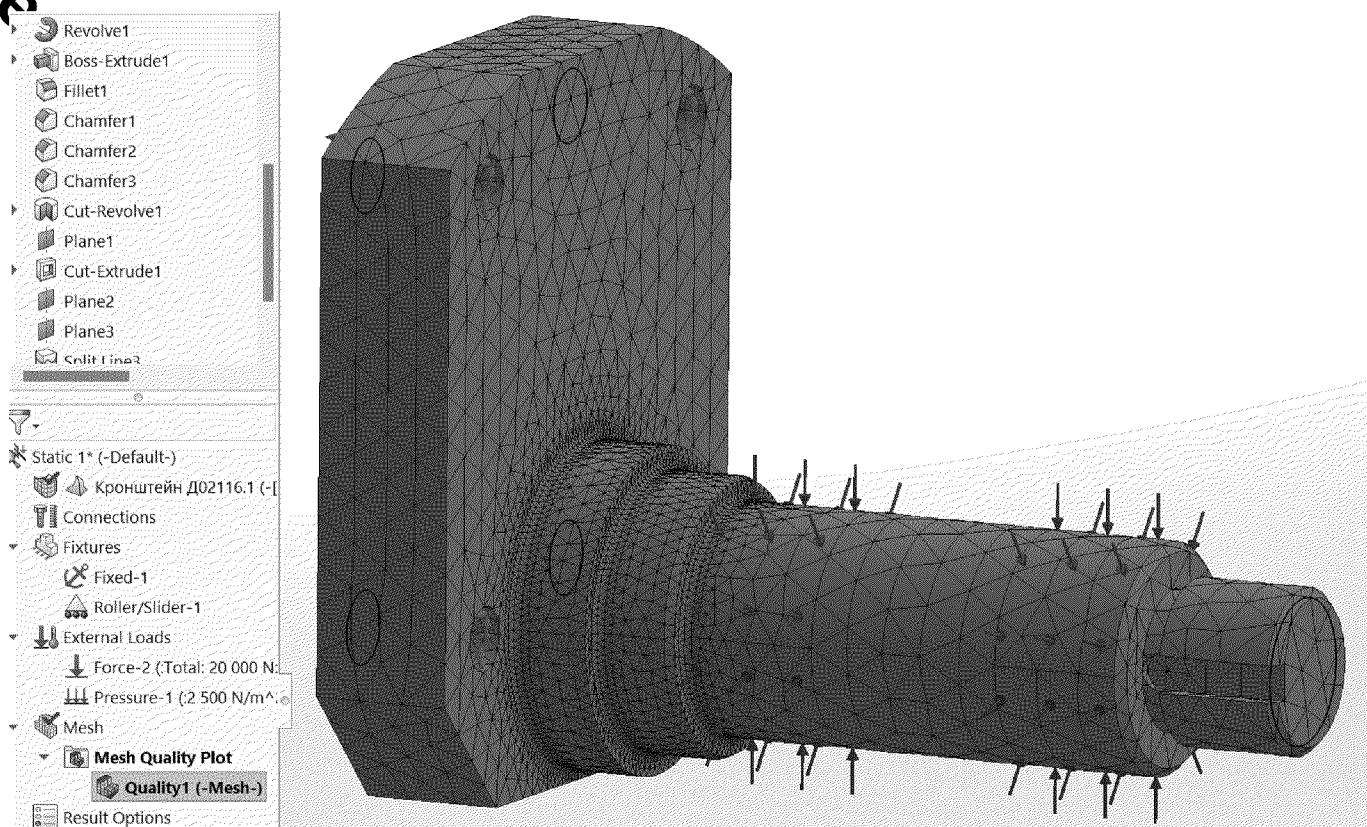


Рисунок 2.2 – Початкові налаштування для деталі «Кронштейн Д02116.1» в САЕ-системі «SolidWorks»

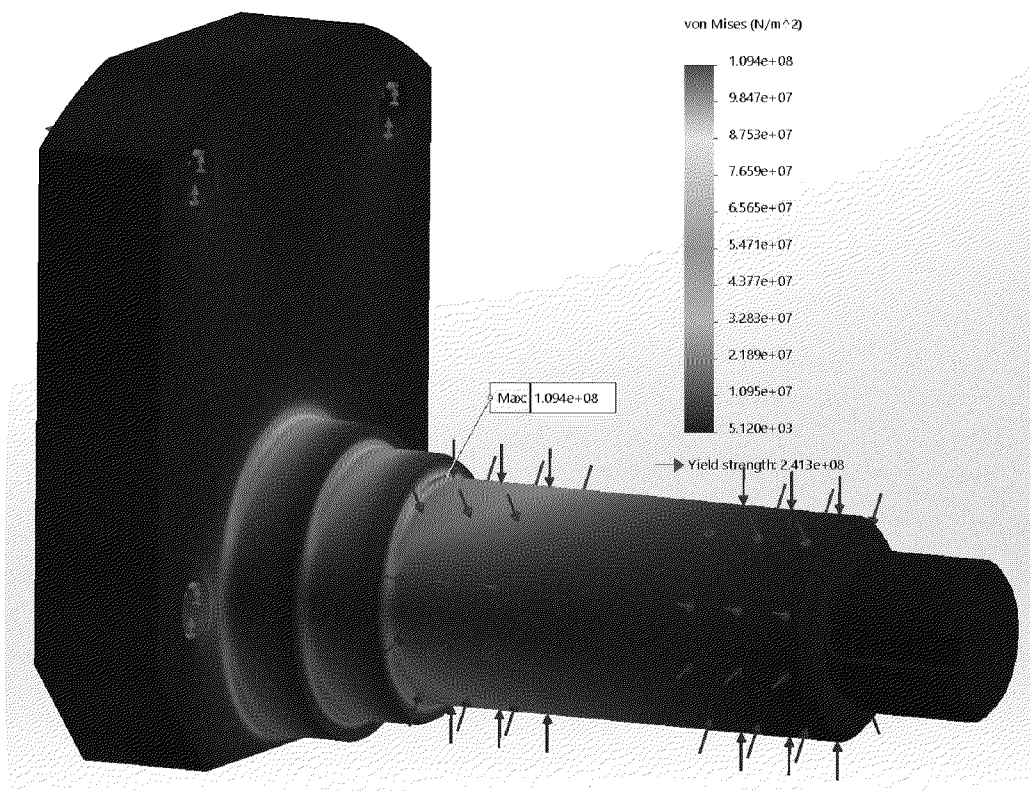


Рисунок 2.3 – Найбільші напруження по Мізесу для деталі «Кронштейн Д02116.1»

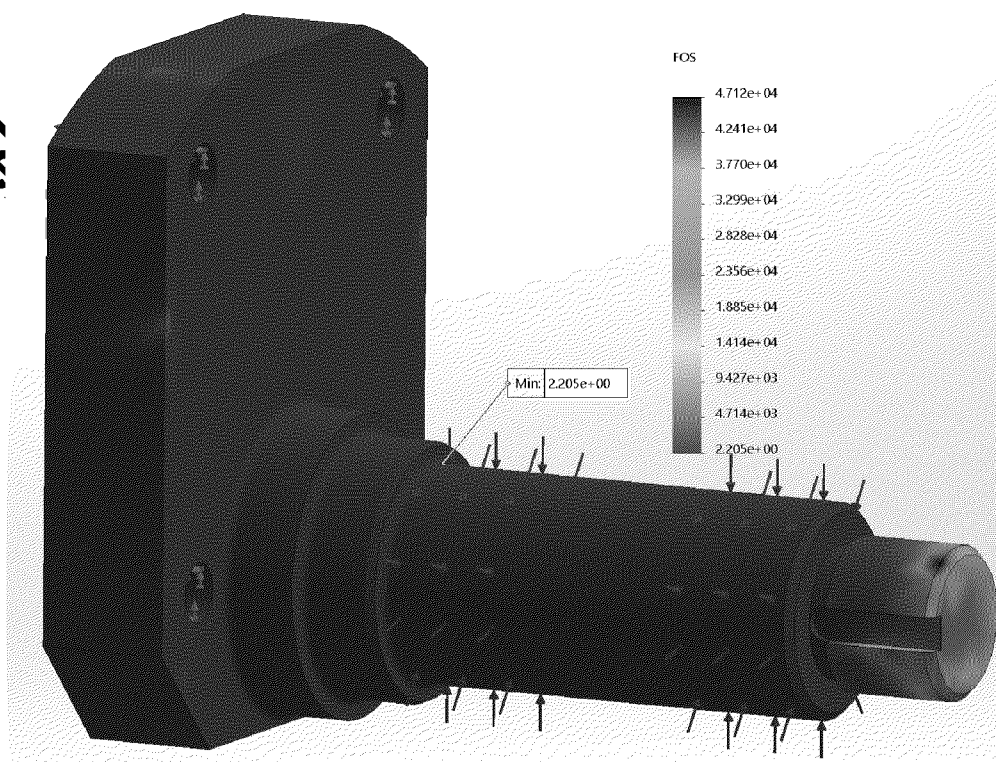


Рисунок 2.4 – Коефіцієнт запасу міцності для деталі «Кронштейн Д02116.1»

В результаті імітаційного моделювання показують, що кронштейн забезпечує коефіцієнт запасу міцності 2.205 рази, що достатньо для роботи при динамічних навантаженнях.

Визначимо технологічність деталі 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
1,6×45° (4 пов)*	Ø31	M16-6H (4 пов.)*	25°*	0.63 (2 пов.) *
2×45° (2 пов)*	Ø50d11*	M36x2-6g*		1.6*
2,5*	Ø50k6 (2 пов.)*			3,2 (5 пов.)*
5*	Ø58			6.3 (29пов)*
18*	Ø60*			
25×45° (2 пов)*	Ø70*			
30 (3 пов)*	R125 (2 пов)*			
31				
33				

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5
96,5 (2 пов.)				
103				
118				
155*				
134				
200*				
Σзаг.=23	Σзаг.=9	Σзаг.=2	Σзаг.=1	Σзаг.=37
Σуніф.=16	Σуніф.=7	Σуніф.=2	Σуніф.=1	Σуніф.=37

Примітка: позначення «*» мають уніфіковані розміри.

$$K_{ye} = \frac{Q_{ey}}{Q_e} = \frac{62}{72} = 0,861.$$

Таблиця 2.4 – Визначення коефіцієнта точності обробки

Квалітет (розміри)	Кількість поверхонь	Розрахунок
6 (Ø50k6 (2 пов.))	2	6 · 2 = 12
11 (Ø50d11 (1 пов.), 96,5±0,1 (2 пов))	3	11 · 3 = 33
14 (1,6×45° (4 пов), 2×45° (2 пов), 2,5, 5, 18, 25×45° (2 пов), 30 (3 пов), 31, 33, 103, 118, 155, 134, 200, Ø31, Ø58, Ø60, Ø70, R125 (2 пов), M16-6H (4 пов.), M36x2-6g)	32	14 · 32 = 448
Сума	37	493

$$K_{т.ч.} = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{1}{13,32} = 0,924,$$

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{493}{37} = 13,32$$

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
0,63 ($\phi 50 \times 6$ (2 пов.))	2	$0,63 \cdot 2 = 1,26$
1,6 (200)	1	$1,6 \cdot 1 = 1,6$
3,2 (M16-6H (4 пов.), M36x2-6g)	5	$3,2 \cdot 5 = 16,0$
6,3 ($1,6 \times 45^\circ$ (4 пов.), $2 \times 45^\circ$ (2 пов.), 2,5, 5, 18, $25 \times 45^\circ$ (2 пов.), ($\phi 50 \times 1,1$ (1 пов.), $96,5 \pm 0,1$ (2 пов.), 30 (3 пов.), 31, 33, 103, 118, 155, 134, 200, $\phi 31$, $\phi 58$, $\phi 60$, $\phi 70$, R125 (2 пов))	29	$6,3 \cdot 29 = 182,7$
Сума	37	201,56

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{\text{Ш}_{\text{ср}}} = \frac{1}{5,45} = 0,183,$$

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

$$\text{Ш}_{\text{ср}} = \frac{\sum \text{Ш}_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{201,56}{37} = 5,45,$$

де Ш_i – шорсткість поверхонь деталі після обробки, мкм;

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

Тоді $K_y = 0,861 > 0,6$; $K_T = 0,924 > 0,8$; $K_{\text{ш}} = 0,183 < 0,32$. Отже, деталь «Кронштейн Д02116.1» 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 40Х. 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 розрахунок розмірів заготовок деталей та вибір їх точності. Для вибору норм точності заготовки прокату необхідно розрахувати номінальні розміри сортового прокату за формулою (3.1):

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

$$L_1 = 200 + 8 + 2 = 210 \text{ (мм)}.$$

Припуск на діаметр $\varnothing 185$ при довжині обробки більше 200 мм – 4 мм.

Отже, за ДСТУ 4738:2007 прийнято прячекатаний прокат $\varnothing 185$ мм. Довжина сортаменту також визначається за ДСТУ 4738:2007 в залежності від матеріалу, тобто для легованої сталі 40Х прокат виготовляють довжиною від 2 до 6 метрів, тоді приймаємо $L = 6000$ мм.

Точність припуску для розміру: $\varnothing 185_{-2,5}^{+0,9}$ мм при точності прокатки В1.

Розрахуємо кількість заготовок із одного кругляка сортаменту. Щоб визначити необхідну кількість заготовок, що можна отримати із одного сортаменту кругляка:

$$\frac{L}{L_1} = \frac{6000}{210} = 28,57.$$

Отже, приймаємо 28 шт. заготовок для одного сортаменту і визначаємо залишок:

$$l_{\text{залишок}} = L - 28 \cdot L_1 = 6000 - 28 \cdot 210 = 120 \text{ (мм)}.$$

Розпишимо технічні вимоги для заготовки із прокату:

1. Клас точності прокату В.
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 «Кронштейн Д02116.1», було оформлено її ескіз:

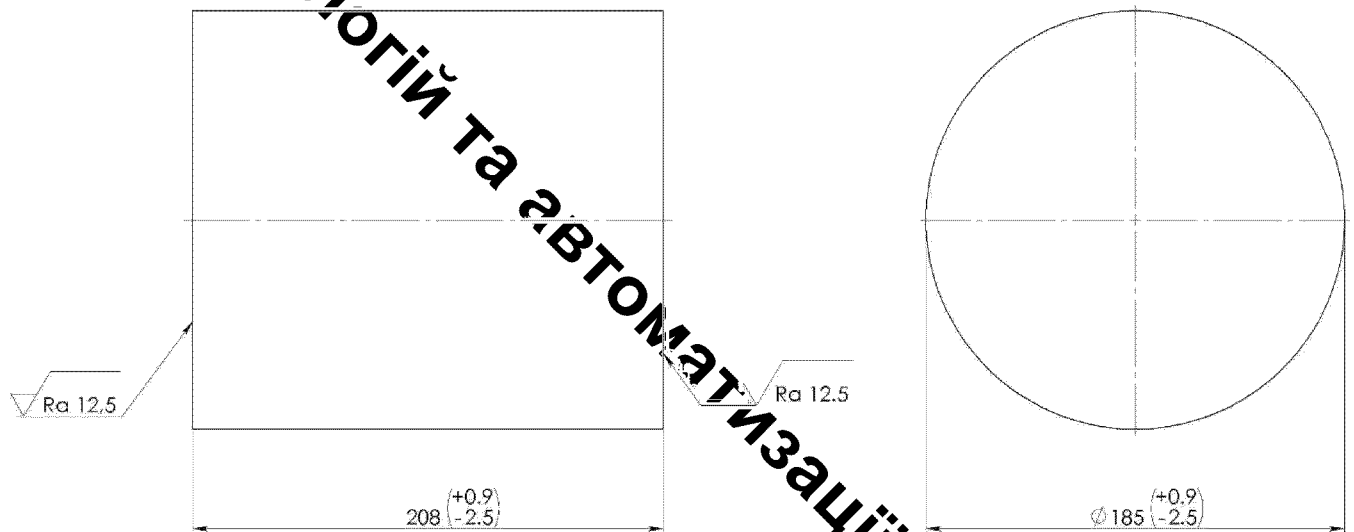


Рисунок 3.1 – Заготовка деталі «Кронштейн Д02116.1» із штучного круглого сортового прокату

Коефіцієнт точності маси визначається за формулою:

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

Так як маса заготовки дорівнює $m_{\text{заг}} = 40,8$ кг, а маса деталі – $m_{\text{дет}} = 6,75$ кг, розрахуємо коефіцієнт точності маси:

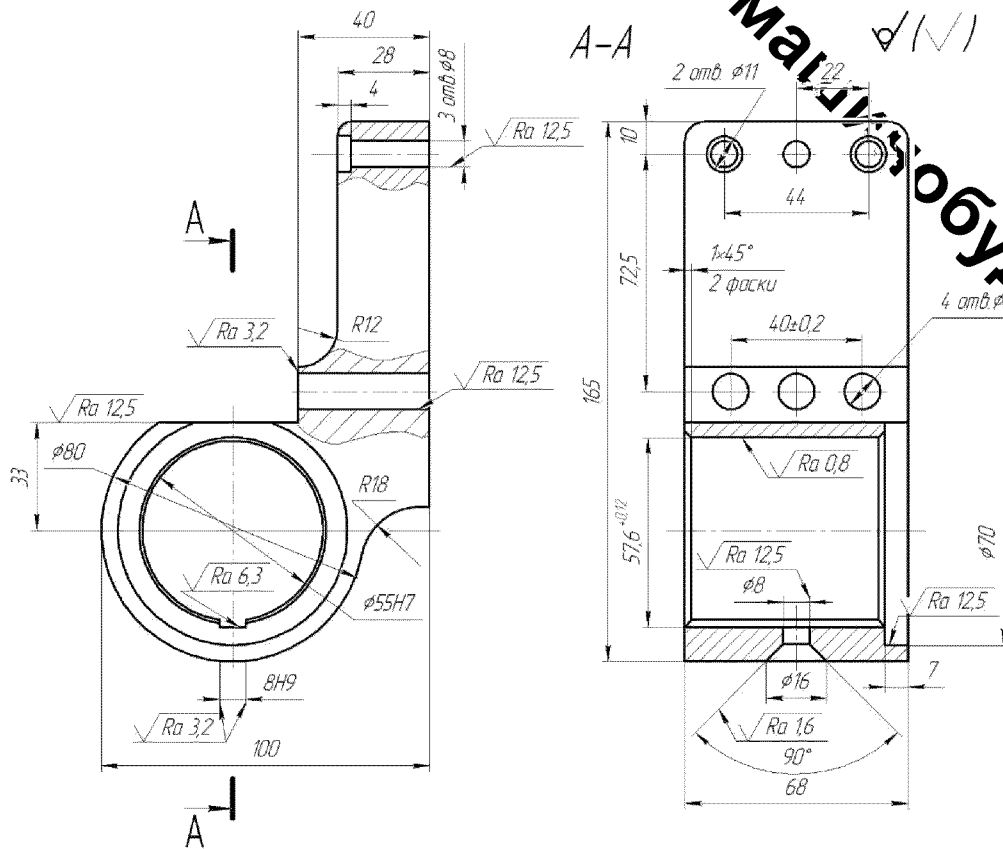
$$\gamma = \frac{6,75}{40,8} \times 100\% = 16,5\%.$$

4 РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

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

Для аналізу обробки деталі «Кронштейн Д02116.1», можна взяти типову деталь кронштейна, що має подібну форму. У таблиці 4.1 показано типовий маршрут механічної обробки деталі «Кронштейн», а на рисунку 4.1 – її робоче креслення згідно з [3]. Технологічний процес для деталі «Кронштейн» виконано згідно з принципами «Єдиної системи технологічної підготовки виробництва» за ЄСТПВ ГОСТ 14.201-73.

Типовий технологічний процес забезпечує один підхід в виготовленні деталі, скорочення різновидів операцій та термінології, а також підвищення якості технологічного процесу.



Невказані граничні відхилення розмірів: валів $h14$, отворів $H14$, інших $\pm \frac{IT14}{2}$.

Матеріал – чавун СЧ 20.

Рисунок 4.1 – Робоче креслення деталі «Кронштейн»

Таблиця 4.1 – Маршрут мехобробки деталі «Кронштейн»

Операція	Зміст або найменування операції	Верстат, обладнання	Оснащення
005	Лиття		
010	Обробка та очищення виливка		
015	Малярна		
020	Нанести бирку з номером деталі на тару		
025	В першій позиції: фрезерувати площину прилягання в розмірі 100 і 28 остаточно. Свердлимо чотири отвори $\varnothing 11$. Свердлимо і розвернути два отвори $\varnothing 8$ до $\varnothing 8H7$ технологічно. У другій позиції: фрезерувати уступ в розмірі 40 і 73 (R40+33) остаточно. Зенкувати два отвори $\varnothing 11$ до $\varnothing 20$ остаточно. В третій позиції: розточити отвір $\varnothing 55H7$, виточку $\varnothing 70$ з пропіловкою торця $\varnothing 55H7/\varnothing 70$ остаточно.	Розточувально-свердлильно-фрезерний з ЧПК і інструментальним магазином 2254ВМФ4	Наладка УСПО (УВПО) трьохпозиційна
030	Зенкувати фаску $1 \times 45^\circ$ в отворі $\varnothing 55H7$	Вертикально-свердлильний 2Н135-1	Підставка
035	Протягнути паз $b=8H9$ остаточно	Горизонтально-протягувальний 7512	Приспосовування
040	Притупити гострі кромки	Машина для зняття заусенців	
045	Промити деталь	Машина для миття	
050	Технічний контроль		
055	Нанесення антикорозійного покриття		

Отже, маршрут механічної обробки заготовки деталі «Кронштейн Д02116.1» буде подібний до типового маршруту для деталі «Кронштейн», наведеного в таблиці 4.1, однак матиме відмінності за структурою та кількістю операцій.

4.2 Розрахунок кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні

Ø50k6

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

$$\varepsilon = \frac{T_3}{T_d} = \frac{T_3}{T_2} \cdot \frac{T_1}{T_2} \dots \frac{T_{i-1}}{T_i} \dots \frac{T_n}{T_d} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \dots \varepsilon_i \dots \varepsilon_n = \prod_1^n \varepsilon_i \quad (4.1)$$

Для розміру Ø50k6 мм допуск заготовки – 3,4 мм, а допуск деталі – 16 мкм.

Уточнення для розміру Ø50k6:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}} = \frac{3400}{16} = 212,5.$$

Вибираємо $n = 5$ ступеня механічної обробки, призначивши $\varepsilon_1 = 6$; $\varepsilon_2 = 5$; $\varepsilon_3 = 3$, $\varepsilon_4 = 2$. Тоді останній перехід дорівнює:

$$\varepsilon_4 = \frac{\varepsilon_{\Sigma}}{\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \varepsilon_4} = \frac{212,5}{6 \cdot 5 \cdot 3 \cdot 2} = 1,18.$$

Допуски розмірів на кожний перехід згідно з [6]:

- після першого переходу: $T_1 = \frac{T_{\text{заг}}}{\varepsilon_1} = \frac{3400}{6} = 567$ (мкм) (ІТ 14);
- після другого переходу: $T_2 = \frac{T_1}{\varepsilon_2} = \frac{567}{5} = 113$ (мкм) (ІТ 11);
- після третього переходу: $T_3 = \frac{T_2}{\varepsilon_3} = \frac{113}{3} = 38$ (мкм) (ІТ 9);
- після четвертого переходу: $T_4 = \frac{T_3}{\varepsilon_4} = \frac{38}{2} = 19$ (мкм) (ІТ 7);
- після п'ятого переходу: $T_5 = \frac{T_4}{\varepsilon_5} = \frac{19}{1,18} = 16$ (мкм) (ІТ 6).

Приймаємо такі ступені механічної обробки: чорнове точіння; напівчистове точіння; чистове точіння, чорнове та чистове шліфування.

4.3 Вибір чистових та чорнових технологічних баз з обґрунтуванням їх вибору

Для деталі «Кронштейн Д02116.1» чистовими технологічними базами прийнято допоміжні бази у вигляді центрованих отворів А6,3 ГОСТ 14034-74. Базування здійснюється в центрах з повідковим патроном для більшості операцій. При цьому поверхні забезпечують закріплення та обробку деталі «Кронштейн Д02116.1» відносно осі з досягненням відповідної точності. Тому при використанні відповідних чистових баз забезпечено принцип постійності баз, а також мінімізуються похибки базування. Це дозволяє досягнути всіх допусків форми і розташувань.

Чорною базою в даному випадку приймаємо класичну схему базування для токарної операції за зовнішній діаметрготовки для утворення центрального отвору, що зменшує припуски на обробку. Вибрані чистові і чорнові бази забезпечують всі необхідні вимоги до деталі.

Проведемо аналіз похибок, що виникають на операціях. Похибка базування на токарній, фрезерній та шліфувальній операціях відсутня через принцип постійності баз завдяки використанню центрованих отворів А6,3 ГОСТ 14034-74.

Похибка базування має місце для фрезерування шпонкового пазу в призмах на розмір $31_{-0,62}$ мм. Як видно із схеми базування (рис. 4.2), де 1 – призма, а 2 – деталь, установочна база і вимірювальна для розміру $31_{-0,62}$ мм не співпадають.

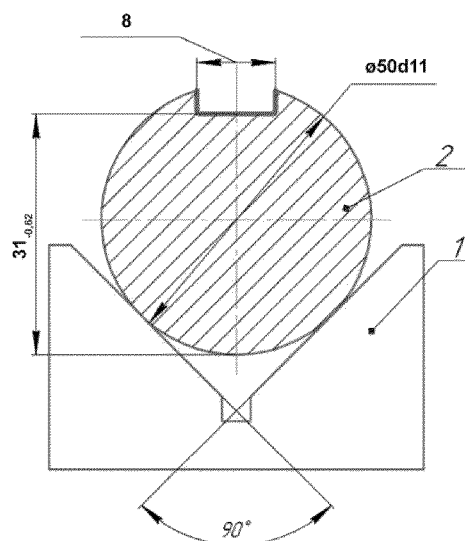


Рисунок 4.2 – Реалізація схеми базування на розмір $31_{-0,62}$ мм

Це означає, що похибка базування має місце. Знайдемо похибку базування за формулою (4.2):

$$\xi_{31} = 0,5 \cdot TD \cdot \left(\frac{1}{\sin \frac{90}{2}} - 1 \right) [\text{мм}], \quad (4.2)$$

де TD – допуск базового розміру $\phi 50d11$, дорівнює 0,16 мм.

Отже,

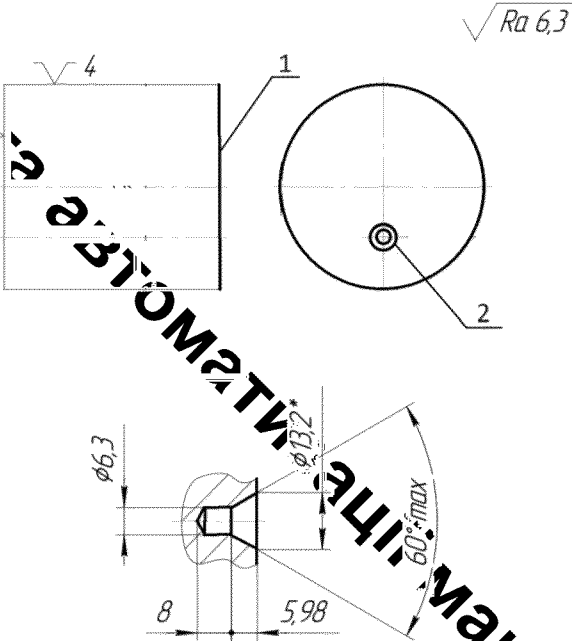
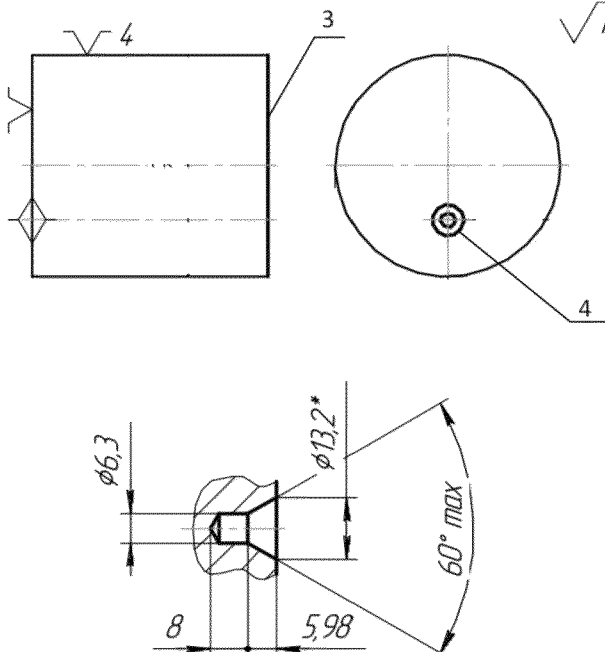
$$\xi_{31} = 0,5 \cdot 0,16 \cdot \left(\frac{1}{\sin \frac{90}{2}} - 1 \right) = 0,03 \text{ (мм)}.$$

Похибка базування має значення $\xi_6 = 0,03$ мм, що є допустимо при допуску на розмір 0,62 мм. Значення похибок базування не перевищує допуску на розмір 31 та запропоновані схеми базування будуть використовуватися у маршруті мехобробки деталі.

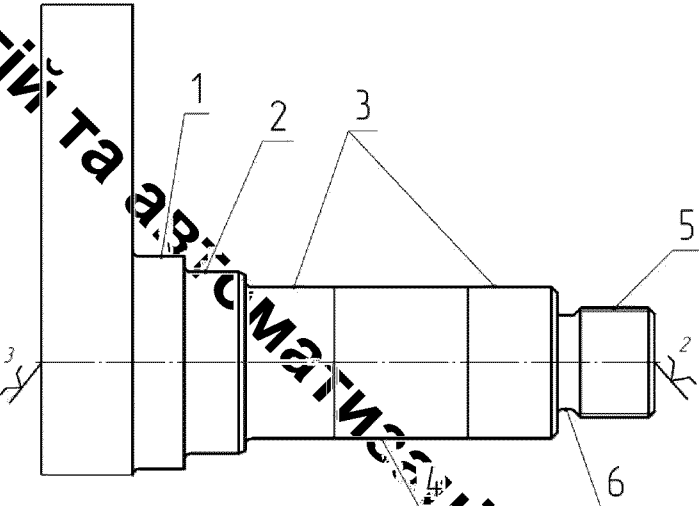
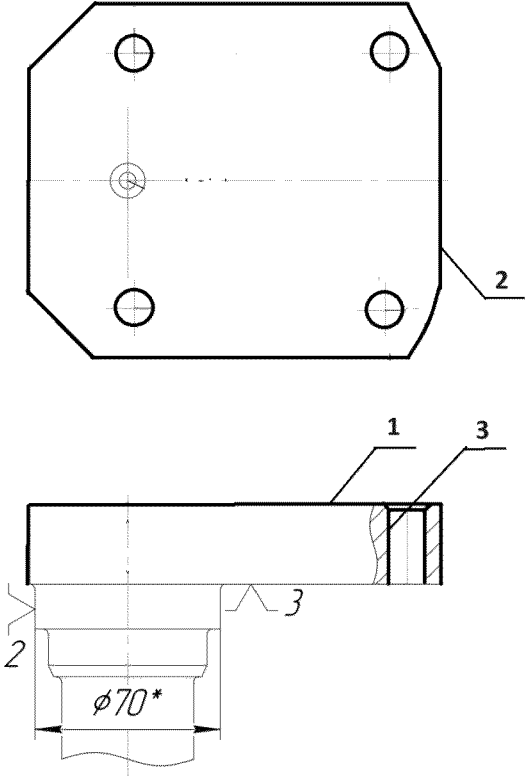
4.4 Проектування двох варіантів маршруту механічної обробки

Проектуючи маршрути мехобробки поверхонь деталі, виходять з того, що кожен наступний метод обробки повинен бути більш точнішим ніж попередній. Технологічні допуски на проміжні розміри і якість поверхонь, що отримані на попередньому етапі обробки, повинні мати числові значення, за яких можливе нормальне використання дальшого методу обробки, що намічається.

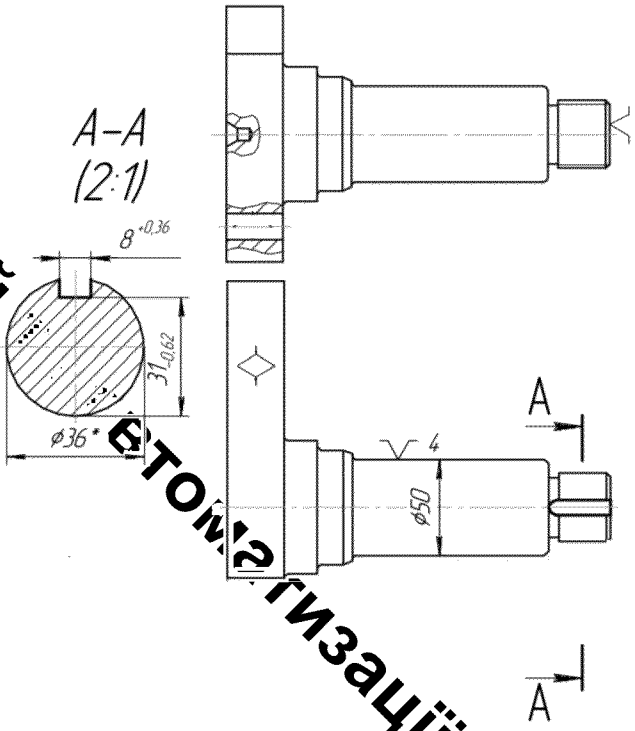
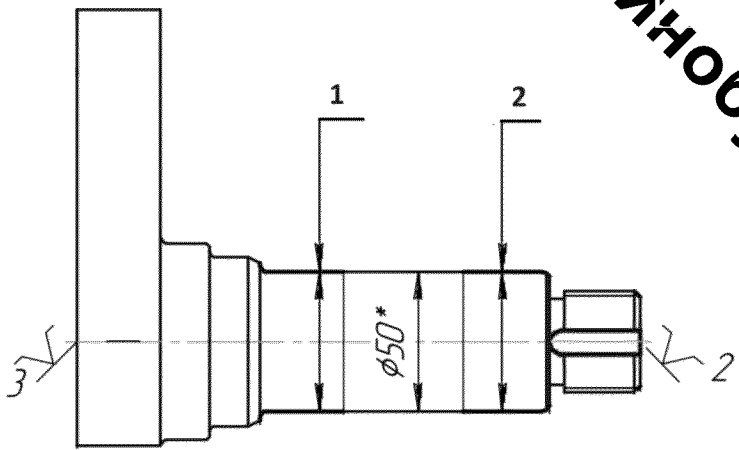
Таблиця 4.2 – Маршрут механічної обробки (Перший варіант)

Номер, назва і зміст операції	Ескіз обробки зі схемою базування	Тип і модель верстата
1	2	3
005 Токарно-револьверна з ЧПК 1. Установити і закріпити заготовку. 2. Точити торець 1. 3. Центрувати отвір 2. 4. Переустановити деталь. 5. Точити торець 3. 6. Центрувати отвір 4. 7. Зняти деталь.	Установ 1  Установ 2 	Токарно-револьверний з ЧПК 1П420ПФ30

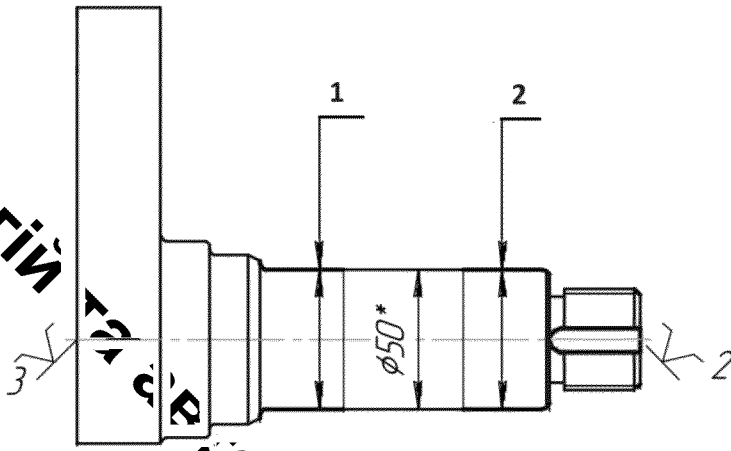
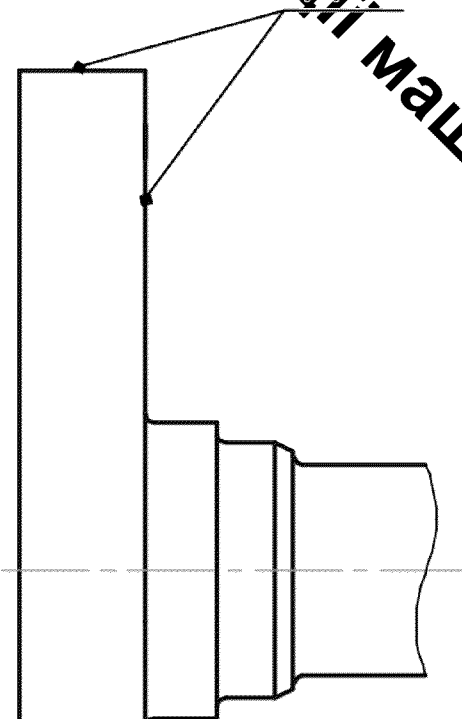
Продовження таблиці 4.2

1	2	3
010 Токарна з ЧПК 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Точити поверхню 1 з підрізанням торця, поперечно. 3. Точити поверхню 2 поперечно. 4. Точити поверхню 3 поперечно. 5. Точити поверхню 3 та поверхню 4 поперечно. 6. Точити поверхню 5 поперечно. 7. Точити канавки 6 одноразово. 8. Точити поверхні 1, 2, 3, 4, 5 по контуру з підрізанням торців і виконанням фасок та гантель. 9. Точити різьбу на поверхні 5. 10. Зняти деталь.		Токарно-револьверний з ЧПК 1П420ПФ30
015 Фрезерна з ЧПК 1. Встановити та закріпити деталь 2. Фрезерувати поверхню 1 поперечно. 3. Фрезерувати поверхню 2 по контуру одноразово. 4. Центрувати 4 отвори 3 з утворенням фасок. 5. Свердлити 4 отвори 3 наскрізь. 6. Нарізати різь в 4-х отворах 3. 7. Фрезерувати поверхню 1 остаточно. 8. Зняти деталь.		Фрезерний верстат з ЧПК БМ С 635 V есол

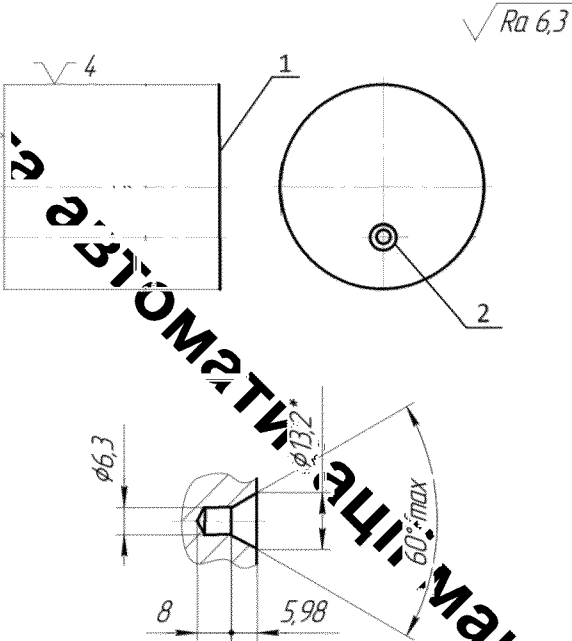
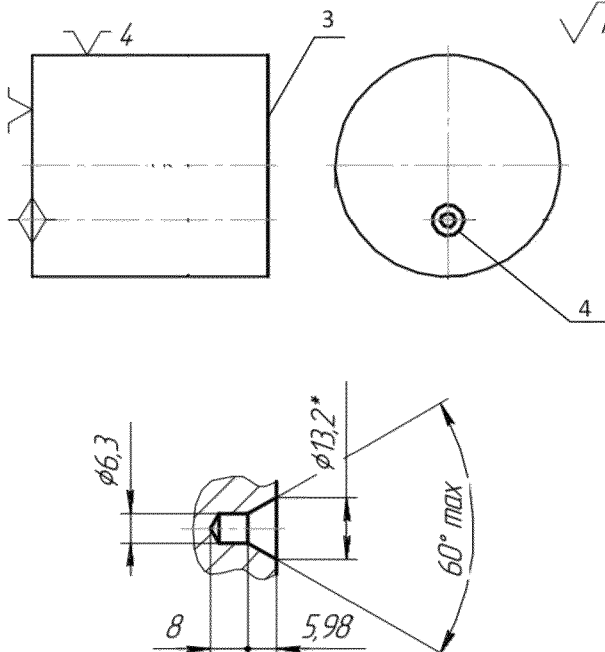
Продовження таблиці 4.2

1	2	3
020 Шпонково-фрезерна 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Фрезерувати шпонковий паз 1. 3. Зняти деталь.		Шпонково-фрезерний 692P
025 Термічна	Гартування за допомогою ВЧ	
030 Шліфувальна 1. Встановити та закріпити деталь 2. Шліфувати поверхню 1 та поверхню 2 одноразово. 3. Зняти деталь.		Круглошліфувальний з ЧПК 3M151Ф2

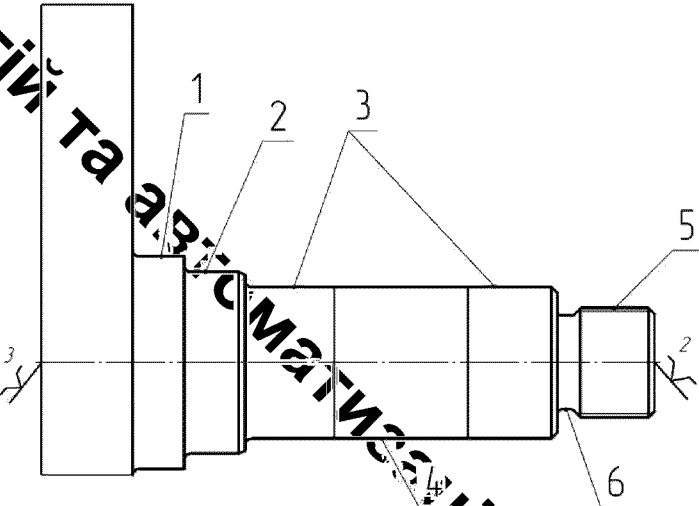
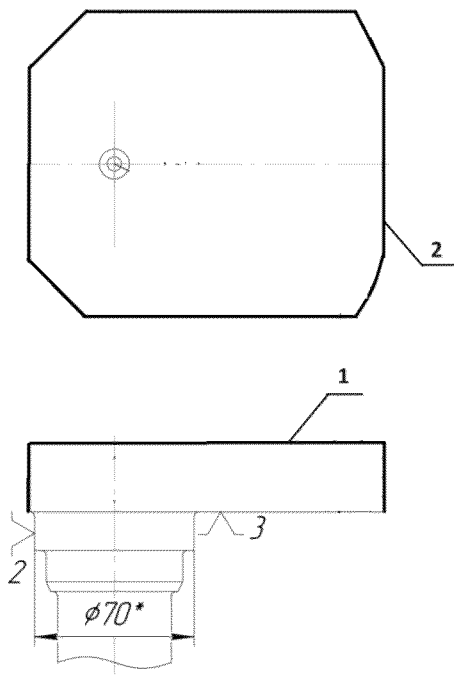
Продовження таблиці 4.2

1	2	3
<u>035 Шліфувальна</u> 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Шліфувати поверхню 1 та поверхню одноразово. 3. Зняти деталь.		Круглошліфувальний з ЧПК 3М151Ф2
<u>040 Промити деталь</u>		
<u>045 Технічний контроль</u>		
<u>050 Нанесення антикоризійного покриття</u> 1. Покрити поверхні А Грунт ГФ-021. 2. Покрити поверхні А Емаль ПФ-115, зелений.		

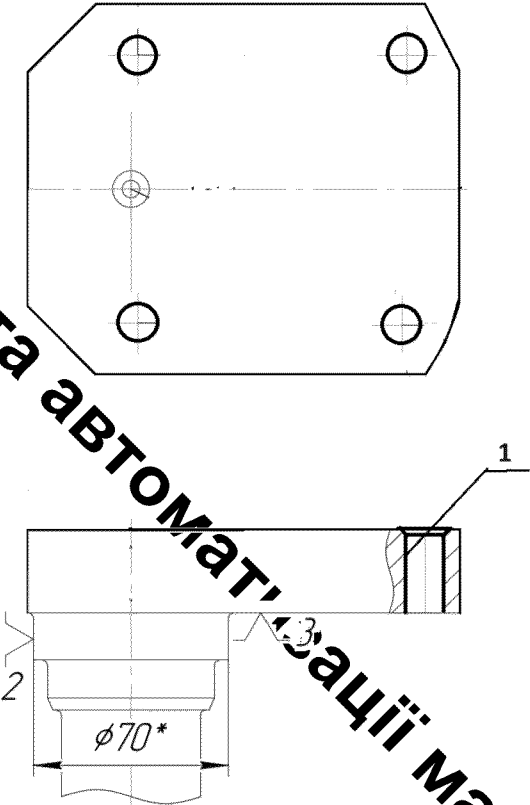
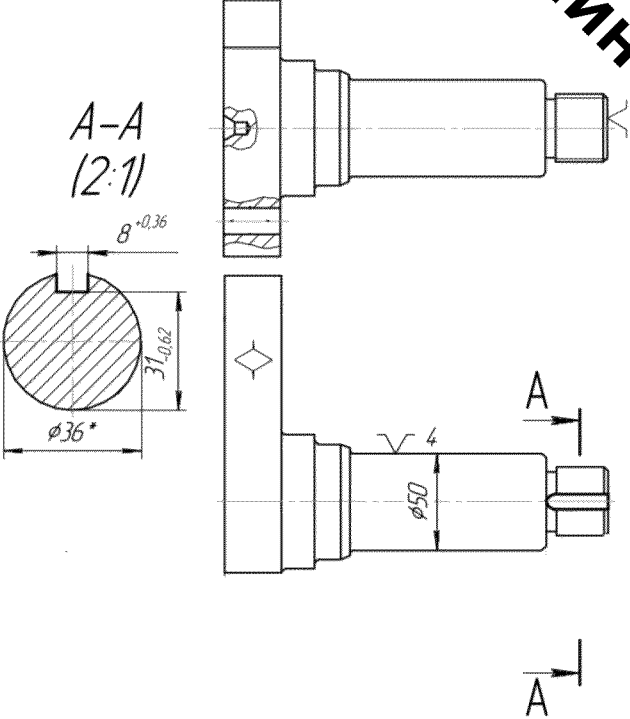
Таблиця 4.3 – Маршрут механічної обробки (Другий варіант)

Номер, назва і зміст операції	Ескіз обробки зі схемою базування	Тип і модель верстата
1	2	3
005 Токарно-револьверна з ЧПК 1. Установити і закріпити заготовку. 2. Точити торець 1. 3. Центрувати отвір 2. 4. Переустановити деталь. 5. Точити торець 3. 6. Центрувати отвір 4. 7. Зняти деталь.	Установ 1  Установ 2 	Токарно-револьверний з ЧПК 1П420ПФ30

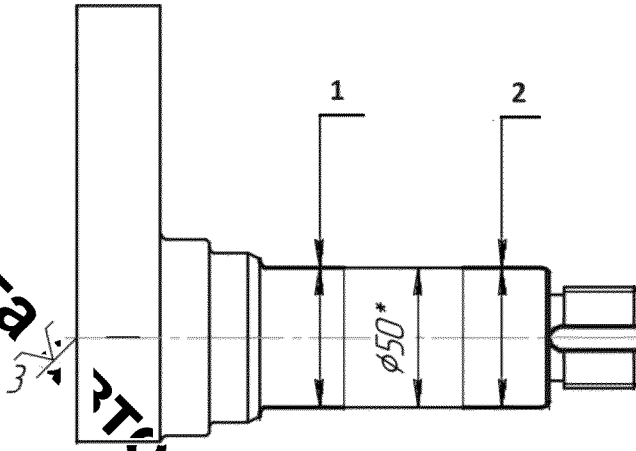
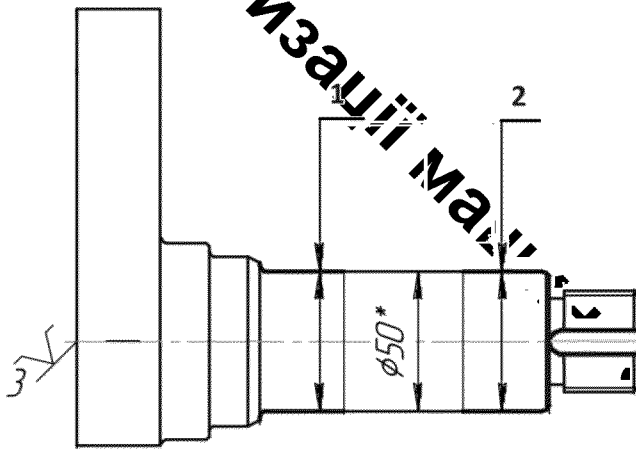
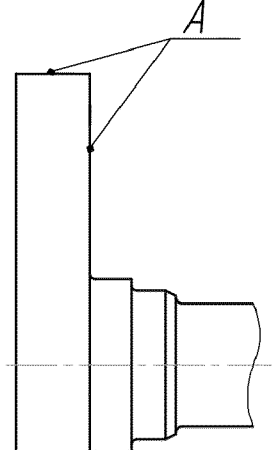
Продовження таблиці 4.3

1	2	3
010 Токарна з ЧПК 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Точити поверхню 3 підрізанням торця, попередньо. 3. Точити поверхню 2 попередньо. 4. Точити поверхні 3 попередньо. 5. Точити поверхню 3 та поверхню 4 попередньо. 6. Точити поверхню 5 попередньо. 7. Точити канавки 6 одноразово. 8. Точити поверхні 1, 2, 3, 4, 5 по контуру з підрізанням торців і виконанням фасок та гантель. 9. Точити різьбу на поверхні 5. 10. Зняти деталь.		Токарно-револьверний з ЧПК 1П420ПФ30
015 Фрезерна з ЧПК 1. Встановити та закріпити деталь 2. Фрезерувати поверхню 1 попередньо. 3. Фрезерувати поверхню 2 по контуру одноразово. 4. Фрезерувати поверхню 1 остаточно. 5. Зняти деталь.		Фрезерний верстат з ЧПК 6М13РФЗ

Продовження таблиці 4.3

1	2	3
020 Свердильна з ЧПК 1. Встановити та закріпити деталь 2. Центрувати 4 отвори 1 з утворенням фасок. 3. Свердлити 4 отвори 1 наскрізь. 4. Нарізати різь в 4-х отворах 1. 5. Зняти деталь.		Вертикально-свердильний верстат з ЧПК 2P135Ф2
025 Шпонково-фрезерна 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Фрезерувати шпонковий паз 1. 3. Зняти деталь.		Шпонково-фрезерний 692P
030 Термічна	Гартування за допомогою СВЧ	

Продовження таблиці 4.3

1	2	3
035 Шліфувальна 1. Встановити та закріпити деталь 2. Шліфувати поверхню 1 та поверхню 2 одноразово. 3. Зняти деталь.		Круглошліфу вальний з ЧПК 3М151Ф2
040 Шліфувальна 1. Встановити та закріпити деталь 2. Шліфувати поверхню 1 та поверхню 2 одноразово. 3. Зняти деталь.		Круглошліфу вальний з ЧПК 3М151Ф2
045 Промити деталь		
050 Технічний контроль		
055 Нанесення антикоризійного покриття 1. Покрити поверхні А Грунт ГФ-021. 2. Покрити поверхні А Емаль ПФ-115, зелений.		

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

Критерієм оптимальності для порівняння двох варіантів мехобробки є мінімум приведених затрат на одиницю виробу. Приведені затрати за годину можна визначити за формулою (4.3):

$$C_{\text{п.з.}} = C_3 + C_{\text{ч.з.}} + E_H \cdot (K_c + K_3), \quad (4.3)$$

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

Оскільки при обробці поверхонь в першому варіанті використовується тільки фрезерний верстат, а в другому – фрезерний і верстально-свердлильний верстати.

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

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

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

$t_{\text{шт}}$ – 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.

Штучно-калькуляційний час визначається за формулою (4.5):

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

Таблиця 4.4 – Основний час маршруту механічної обробки (1-й варіант)

Назва переходу, операції	Основний час на виконання переходу, t_o , хв.			
	Формула	Розміри		Результат
		d	l	
015				
2. Фрезерувати поверхню 1 попередньо.	0,0059l	-	230	1,357
3. Фрезерувати поверхню 2 по контуру одноразово.	0,0059l	-	580	3,422
4. Центрувати 4 отвори 3 з утворенням фасок.	4·0,00056dl	5	7	0,0784
5. Свердлити 4 отвори 3 наскрізь.	4·0,00056dl	14	35	1,0976
6. Нарізати різь в 4-х отворах 3.	4·0,00063dl	16	35	1,4112
7. Фрезерувати поверхню 1 остаточно.	0,0048l	-	230	1,104

Таблиця 4.5 – Основний час маршруту механічної обробки (2-й варіант)

Назва переходу, операції	Основний час на виконання переходу, t_o , хв.			
	Формула	Розміри		Результат
		d	l	
015				
2. Фрезерувати поверхню 1 попередньо.	0,0059l		585	3,4515
3. Фрезерувати поверхню 2 по контуру одноразово.	0,0059l	-	580	3,422
4. Фрезерувати поверхню 1 остаточно.	0,0048l	-	585	2,308
020				
2. Центрувати 4 отвори 1 з утворенням фасок.	4·0,00056dl	5	7	0,0784
3. Свердлити 4 отвори 1 наскрізь.	4·0,00056dl	14	35	1,0976
4. Нарізати різь в 4-х отворах 1.	4·0,00063dl	16	35	1,4112

Таблиця 4.6 – Штучно-калькуляційний час

№ операцій	Основний час t_o , хв	Коефіцієнт ϕ_k	Штучний час $t_{шт}$, хв
<u>Перший варіант</u>			
015	8,47	1,65	13,98
<u>Другий варіант</u>			
015	9,68	1,65	15,97
020	2,59	1,45	3,76

Таблиця 4.7 – Приведені годинні витрати

Тип верстату	Штучний час $t_{шт}$, хв	Годинні приведені витрати $C_{п.з.}$	Технологічна собівартість C_0 , грн
<u>Перший варіант</u>			
DMC 635 ecoline	13,98	87,0	15,59
<u>Другий варіант</u>			
6P13PФ3	15,97	83,1	17,01
2P135Ф2	3,76	36,5	1,76

Отже, вироби виготовлені за першим із запропонованих технологічних процесів буде мати меншу собівартість у порівнянні із деталлю виготовленою за другим варіантом маршруту технологічної обробки, що на 3,18 грн є дешевшим.

4.6 Розмірний аналіз технологічного процесу

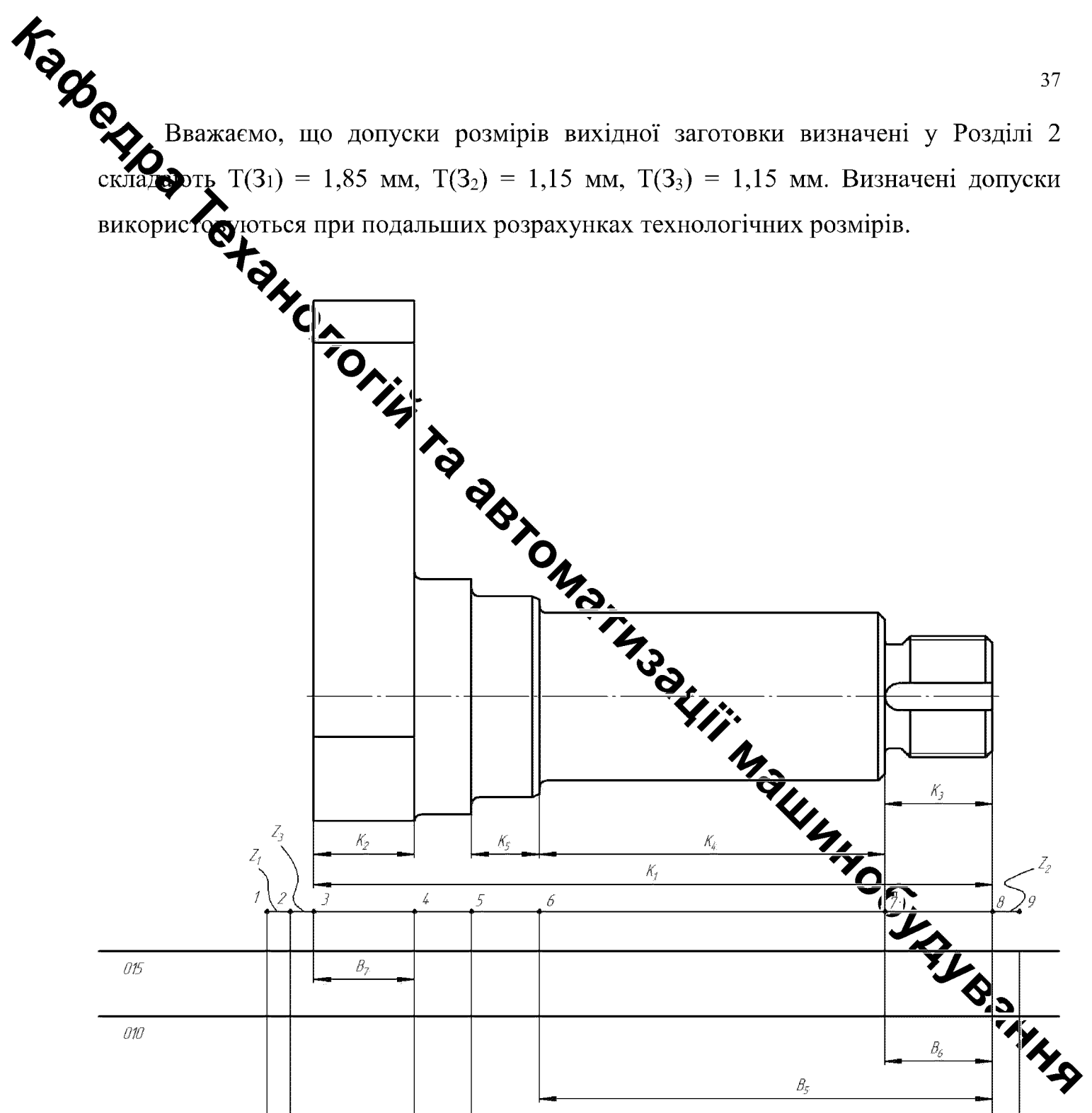
Згідно з [9], доцільно розташовувати технологічні розміри (див. табл 4.8) таким чином, щоб вони співпадали з конструкторськими розмірами тому, що це зменшує кількість розрахунків для визначення технологічних розмірів.

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

Таблиця 4.8 – Допуски технологічних розмірів

Технологічний розмір	Квалітет точності	Попереднє значення допуску, мм	Остаточне значення допуску, мм
B_1	14	1,15	1,15
B_2	14	1,15	1,15
B_3	14	1,15	1,15
B_4	14	1,0	1,0
B_5	14	1,0	1,0
B_6	14	0,62	0,62
B_7	14	0,62	0,62

Вважаємо, що допуски розмірів вихідної заготовки визначені у Розділі 2 складуться $T(Z_1) = 1,85$ мм, $T(Z_2) = 1,15$ мм, $T(Z_3) = 1,15$ мм. Визначені допуски використовуються при подальших розрахунках технологічних розмірів.



Вважаємо, що допуски розмірів вихідної заготовки визначені у Розділі 2 складуться $T(Z_1) = 1,85$ мм, $T(Z_2) = 1,15$ мм, $T(Z_3) = 1,15$ мм. Визначені допуски використовуються при подальших розрахунках технологічних розмірів.

Вихідний граф (дерево) складений із конструкторських розмірів $K_1 K_2 \dots$ і припусків. Вихідний граф зображено на рисунку 4.4.

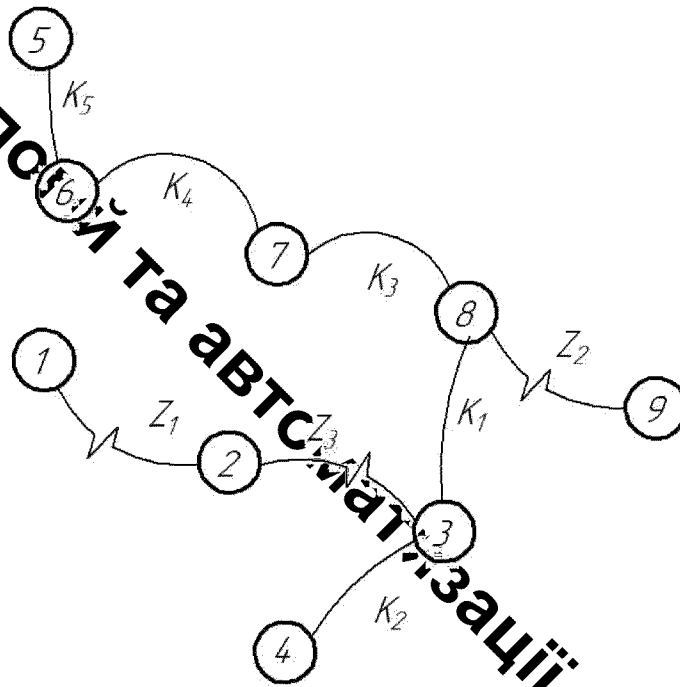


Рисунок 4.4 – Вихідний граф

Граф, який складений із технологічних розмірів $B_1, B_2 \dots$ і розміру заготовки $Z_1 \dots$ називається похідним графом (деревом). Похідний граф зображено на рисунку 4.5.

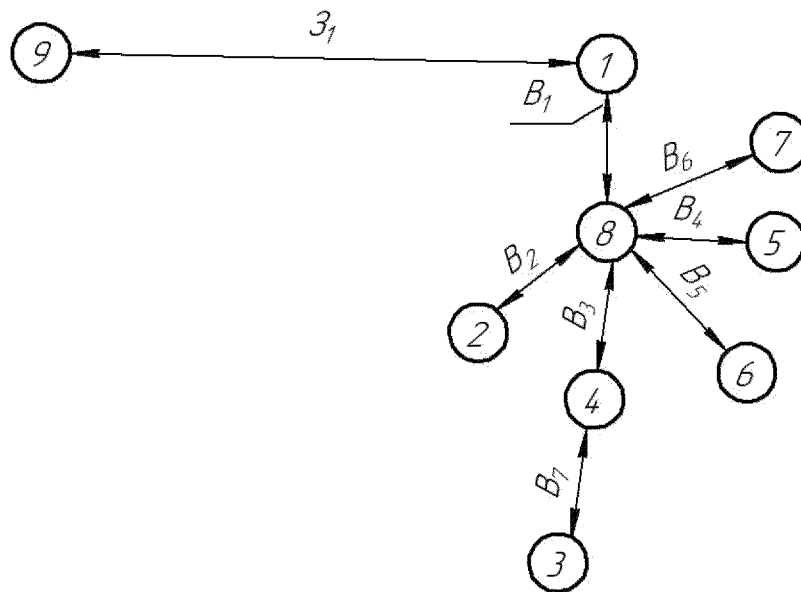


Рисунок 4.5 – Похідний граф

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

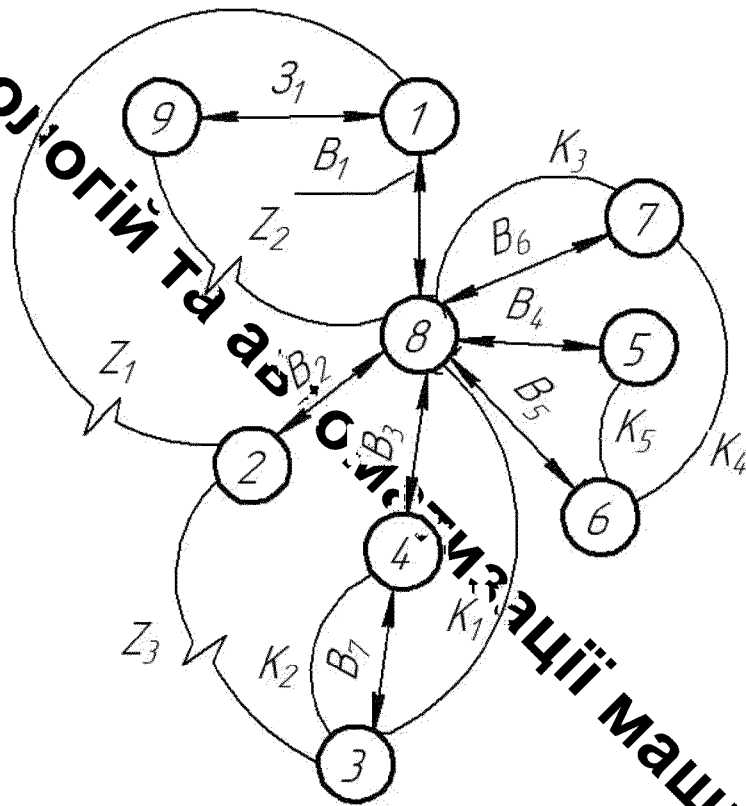


Рисунок 4.6 – Суміщене граф-дерево

Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь. Дані припусків зводимо в таблицю 4.9.

Таблиця 4.9 – Мінімальні припуски

Отримуваний технол. розмір	Спосіб обробки	Позначення припуску	Кількісне значення мінімального припуску, мм
Z_1	Чорнове точіння	Z_{2min}	4
B_1	Чорнове точіння	Z_{1min}	2,5
B_2	Чистове фрезерування	Z_{3min}	1,5

Проведемо розрахунок рівнянь розмірних ланцюгів, використовуючи граф-дерева. Отримані рівняння занесемо в таблицю 4.10.

Таблиця 4.10 – Рівняння розмірів ланцюгів

№	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	$-K_2 + B_7 = 0$	$K_2 = B_7$	B_7
2	$-K_3 + B_6 = 0$	$K_3 = B_6$	B_6
3	$-K_1 + B_7 + B_3 = 0$	$K_1 = B_3 + B_7$	B_3
4	$K_4 - B_6 + B_5 = 0$	$K_4 = B_5 - B_6$	B_5
5	$-K_5 + B_5 + B_4 = 0$	$K_5 = B_4 - B_5$	B_4
6	$-Z_3 - B_7 + B_3 + B_2 = 0$	$Z_3 = B_2 - B_7 - B_3$	B_2
7	$-Z_1 - B_1 + B_2 = 0$	$Z_1 = B_1 - B_2$	B_1
8	$-Z_2 - Z_1 + B_1 = 0$	$Z_2 = Z_1 - B_1$	Z_1

Визначаємо технологічні розміри для вихідної заготовки та максимальних припусків:

1. $K_2 = B_7$

Звідки знаходимо $B_7 = K_2 = 30 \pm 0,31$ мм.

2. $K_3 = B_6$

Звідки знаходимо $B_6 = K_3 = 32 \pm 0,31$ мм.

3. $K_1 = B_3 + B_7$

$B_{3min} = K_{1min} - B_{7max}$.

Отже:

$B_{3min} = 199,48 - 29,69 = 169,79$ (мм);

$B_{3max} = B_{3min} + T(B_3) = 169,79 + 1,15 = 170,94$ (мм).

Звідки знаходимо $B_3 = 170,36 \pm 0,58$ мм.

4. $K_4 = B_5 - B_6$

$B_{5min} = K_{4min} + B_{6min}$.

Отже:

$B_{5min} = 102,5 - 31,69 = 134,19$ (мм);

$B_{5max} = B_{5min} + T(B_5) = 134,19 + 1,0 = 135,19$ (мм).

Звідки знаходимо $B_5 = 134,69 \pm 0,5$ мм.

$$5. K_5 = B_4 - B_5$$

$$B_{4min} = K_{5min} + B_{5min}$$

Отже:

$$B_{4min} = 17,76 + 134,19 = 151,93 \text{ (мм)};$$

$$B_{4max} = B_{4min} + T(B_4) = 151,93 + 1,0 = 152,93 \text{ (мм)}.$$

$$\text{Звідки знаходимо } B_4 = 152,43 \pm 0,5 \text{ мм.}$$

$$6. z_{3min} = B_{2min} - B_{7max} - B_{5max};$$

$$B_{2min} = B_{7max} + B_{3max} + z_{3min}.$$

Отже:

$$B_{2min} = 30,31 + 170,94 + 1,5 = 202,75 \text{ (мм)};$$

$$B_{2max} = B_{2min} + T(B_2) = 202,75 + 1,15 = 203,9 \text{ (мм)}.$$

$$B_2 = 203,9_{-1,15} \text{ мм.}$$

$$Z_{2max} = B_{2max} - B_{7min} - B_{3min}$$

$$Z_{2max} = 203,9 - 29,69 - 169,79 = 4,42 \text{ (мм)}.$$

$$7. z_{1min} = B_{1min} - B_{2max}$$

$$B_{1min} = B_{2max} + z_{1min}$$

Отже:

$$B_{1min} = 203,9 + 2,5 = 206,4 \text{ (мм)};$$

$$B_{1max} = B_{1min} + T(B_1) = 206,4 + 1,15 = 207,55 \text{ (мм)}.$$

$$B_1 = 207,55_{-1,15}$$

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

$$Z_{1max} = 207,55 - 202,75 = 4,8 \text{ (мм)}.$$

$$8. z_{2min} = z_{1min} - B_{1max}$$

$$z_{1min} = B_{1max} + z_{2min}$$

Отже:

$$z_{1min} = 207,55 + 4 = 211,55 \text{ (мм)};$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + IT(Z_1) = 211,55 + 1,85 = 213,4 \text{ (мм)}.$$

$$Z_1 = 213,4_{-1,85}$$

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

$$Z_{2\max} = 213,4 - 206,4 = 7 \text{ мм}.$$

Таблиця 4.11 – 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	211,55	213,4	1,85	213,4		$213,4_{-1,85}$
B_1	206,4	207,55	1,15	207,55	$207,55_{-1,15}$	
B_2	202,75	203,9	1,15	203,9	$203,9_{-1,15}$	
B_3	169,79	170,94	1,15	170,94	$170,94 \pm 0,58$	
B_4	151,93	152,93	1,0	152,93	$152,93 \pm 0,5$	
B_5	134,19	135,19	1,0	134,69	$134,69 \pm 0,5$	
B_6	31,69	32,31	0,62	32	$32 \pm 0,31$	
B_7	29,69	30,31	0,62	30	$30 \pm 0,31$	

Отже, визначено технологічні розміри для мехобробки, а також припуски та розміри для заготовки. На їх основі в подальшому буде розроблено технологічний процес та уся документація пов'язана з ним.

4.7 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні

Поверхня $\varnothing 50k6^{+0,018}_{+0,002}$ мм обробляється на операції 010 (чорнове точіння, напівчистове точіння і чистове точіння) і операції 030 та 035 (чорнове та чистове шліфування).

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

Таблиця 4.12 – Параметри поверхонь

Стан поверхні	Параметр шорсткості R_z	Параметр точності T
Заготовка	200	3400
Чорнове точіння	150	567
Попереднє точіння	100	118
Остаточне точіння	50	38
Чорнове шліфування	30	19
Чистове шліфування	5	16

Визначимо мінімальний припуск для чорнового точіння (операція 010).

Розрахуємо мінімальне значення міжопераційних припусків за формулою (4.5):

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

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 60 мм за один установ;

$\rho_{ц}$ — відхилення, розраховується за формулою (4.7):

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

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

$$\rho_{\text{ц}} = \sqrt{\left(\frac{3,4}{2}\right)^2 + 0,25^2} = 1,72 \text{ [мм]}.$$

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

Таким чином:

$$\rho = \sqrt{(1,3 \cdot 60)^2 + 1720^2} = 1722 \text{ [мкм]}.$$

Остаточні просторові відхилення:

- після точіння чорнового $\rho_1 = 0,06 \cdot \rho = 0,06 \cdot 1722 = 103,32 \text{ (мкм)}$;
- після точіння попереднього $\rho_2 = 0,05 \cdot \rho_1 = 0,05 \cdot 103,32 = 5,17 \text{ (мкм)}$;
- після точіння остаточного $\rho_3 = 0,05 \cdot \rho_2 = 0,05 \cdot 5,17 = 0,26 \text{ (мкм)}$;
- після шліфування чорнового $\rho_4 = 0,05 \cdot \rho_3 = 0,05 \cdot 0,26 = 0,01 \text{ (мкм)}$;
- після шліфування остаточного $\rho_5 = 0,04 \cdot \rho_4 = 0,04 \cdot 0,01 = 0,001 \text{ (мкм)} \approx 0$.

Мінімальний припуск:

- на точіння чорнове: $2Z_{\min 1} = 2 \cdot (200 + 3400 + 1722) = 2 \cdot 5322 \text{ (мкм)}$;
- на точіння попереднє: $2Z_{\min 2} = 2 \cdot (150 + 567 + 103,32) = 2 \cdot 820,32 \text{ (мкм)}$;
- на точіння остаточне: $2Z_{\min 3} = 2 \cdot (100 + 118 + 5,17) = 2 \cdot 223,17 \text{ (мкм)}$;
- на шліфування чорнове: $2Z_{\min 4} = 2 \cdot (50 + 38 + 0,26) = 2 \cdot 88,26 \text{ (мкм)}$;
- на шліфування остаточне: $2Z_{\min 5} = 2 \cdot (30 + 19 + 0) = 2 \cdot 49 \text{ (мкм)}$.

Розрахунковий діаметр:

- шліфування остаточне: $d_{p5} = 50,018 \text{ мм}$ – розмір, який вказано на кресленні.
- шліфування чорнове:

$$d_{p4} = d_{p5} + 2z_{\min 5} = 50,018 + 2 \cdot 0,049 = 50,116 \text{ (мм)}.$$

- точіння остаточне:

$$d_{p3} = d_{p4} + 2z_{\min 4} = 50,116 + 2 \cdot 0,088 = 50,292 \text{ (мм)}.$$

- точіння попереднє:

$$d_{p2} = d_{p3} + 2z_{min3} = 50,292 + 2 \cdot 0,223 = 50,738 \text{ (мм)}.$$

- точіння чорнове:

$$d_{p1} = d_{p2} + 2z_{min2} = 50,738 + 2 \cdot 0,82 = 52,378 \text{ (мм)}.$$

- для вихідної заготовки:

$$d_{заг} = d_{p1} + 2z_{min1} = 52,378 + 2 \cdot 5,322 = 63,022 \text{ (мм)}.$$

Найбільші граничні розміри d_{max} та розрахункові розміри (див. таблицю 4.13):

Таблиця 4.13 – Визначення найбільших граничних розмірів

Вид переходу	Розміри	
	Розрахунковий	Прийнятий
Шліфування чистове		$d_{max5} = 50,018 \text{ мм}$
Шліфування чорнове	$d_4 = 50,116 \text{ мм}$	$d_{max4} = 50,116 \text{ мм}$
Остаточне точіння	$d_3 = 50,292 \text{ мм}$	$d_{max3} = 50,292 \text{ мм}$
Попереднє точіння	$d_2 = 50,738 \text{ мм}$	$d_{max2} = 50,738 \text{ мм}$
Чорнове точіння	$d_1 = 52,378 \text{ мм}$	$d_{max1} = 52,378 \text{ мм}$
Заготовка	$d_{заг} = 63,022 \text{ мм}$	$d_{maxзаг} = 63,022 \text{ мм}$

Мінімальні та максимальні граничні розміри припусків:

$$2Z_{max5}^{rp} = 50,116 - 50,018 = 0,098 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{max4}^{rp} = 50,292 - 50,116 = 0,176 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{max3}^{rp} = 50,738 - 50,292 = 0,446 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{max2}^{rp} = 52,378 - 50,738 = 1,64 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{max1}^{rp} = 63,022 - 52,378 = 10,284 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{min5}^{rp} = 50,018 - 50,002 = 0,016 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{min4}^{rp} = 50,116 - 50,018 = 0,098 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{min3}^{rp} = 50,292 - 50,116 = 0,176 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{min2}^{rp} = 50,738 - 50,292 = 0,446 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{min1}^{rp} = 52,378 - 50,738 = 1,64 \text{ (мм)}.$$

Таблиця 4.14 – Результати розрахунку припусків, технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки (Ø50k6^{+0,018}_{+0,002})

Технологічні переходи обробки поверхні Ø60k6 ^{+0,021} _{+0,002}	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий мінімальний припуск Z _{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	11	12
Заготовка (круглий сортовий прокат)	200		1722	-	-	63,022	340,567	52,378	63,022	-
Чорнове точіння	150		103,32		2 · 5322	52,378	567	50,738	52,378	2 · 5322
Попереднє точіння	100	-	5,17	-	2 · 820,32	50,292	118	50,292	50,738	2 · 820,32
Остаточне точіння	50	-	0,26	-	2 · 223,17	50,292	38	50,116	50,292	2 · 223,17
Чорнове шліфування	30	-	0,01	-	2 · 88,26	50,116	19	50,018	50,116	2 · 88,26
Чистове шліфування	5	-	-	-	2 · 49	50,018	16	50,002	50,018	2 · 49
Загальний припуск									2 · 6503	2 · 12644

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

Визначимо режими різання для 2 переходу операції 005 Токарно-револьверна з ЧПК. На даному переході виконується чорнове підрізання торця підрізним різцем, глибина точіння $t = 2$ мм.

Вибір інструменту: вибрані наступні параметри інструмента: різець підрізний, матеріал ріжучої частини P6M5.

Вибір подачі: подача для чорнової обробки з глибиною точіння $t = 2$ 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 $t_{max} = 2$ мм. Тоді потужність різання згідно нормативів становить $N = 2,9$ 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); $K_{Vr} = 1,00$ (2 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):

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

$$n = \frac{1000 \cdot 138}{\pi \cdot 185} = 238 \left(\frac{\text{об}}{\text{хв}} \right).$$

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

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

де $l_0 = 92,5$ мм – довжина оброблюваної поверхні;

$l_1 = 5$ мм — довжина підводу;

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

$i = 2$ – кількість проходів.

Тоді розрахуємо основний час для 2-го переходу:

$$T_{\text{очн2}} = \frac{(92,5 + 5 + 7) \cdot 2}{238 \cdot 0,4} = 2,2 \text{ (XB)}.$$

Інші режими різання для нашої деталі обираємо аналогічно, результати розрахунків у таблицях 4.15 – 4.21.

Таблиця 4.15 – Режими різання, операція 005 – Токарно-револьверна з ЧПК
(верстат 1П420ПФ30)

[illegible]

Таблиця 4.16 – Режими різання, операція 010 – Токарно-револьверна з ЧПК (верстат 1П420ПФ30)

Технологічні переходи і робочі ходи	d , мм	t , мм	$t_{\max}$, мм	s , мм/об	v , м/хв	$N_{\text{різ}}$, кВт	n , об/хв	L , мм	T_o , хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2 перехід Точити поверхню 1 з підрізанням торця, попередньо.	165	2	60	0,8	45	2,9	240	182	28,4
3 перехід Точити поверхню 2 попередньо.	70	1,0	5	0,3	120	-	600	165	4,6
4 перехід Точити поверхні 3 попередньо.	60	1,0	4,75	0,3	203	-	1100	147	2,2
5 перехід Точити поверхню 3 та поверхню 4 попередньо.	51	0,25	0,25	0,3	201	-	1600	147	0,3
6 перехід Точити поверхню 5 попередньо.	50,5	0,5	7	0,3	180	-	1000	44	0,2
7 перехід Точити канавки 6 одноразово.	36	2,5	2,5	0,3	135	-	800	5	0,02
8 перехід Точити поверхні 1, 2, 3, 4, 5 по контуру з підрізанням торців і виконанням фасок та гантель.	70	0,25	0,25	0,3	145	-	1200	200	0,6
9 перехід Точити різьбу на поверхні 5.	36	0,5	2	2	30	-	165	37	0,48
Основний час виконання операції									36,8

Таблиця 4.17 – Режими різання, операція 015 – Фрезерна з ЧПК (верстат DMC 635 V ecoline)

Технологічні переходи і робочі ходи	d , мм	t , мм	$t_{\max}$, мм	s , мм/об	v , м/хв	$N_{\text{різ}}$, кВт	n , об/хв	L , мм	T_o , хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2 перехід Фрезерувати поверхню 1 попередньо.	150	1,0	1,0	0,12	196	9	420	240	4,8

Продовження таблиці 4.17.

[illegible]

Таблиця 4.18 – Режими різання, операція 020 – Шпонково-фрезерна (верстат 692Р)

[illegible]

Таблиця 4.19 – Режими різання, операція 030 – Шліфувальна (верстат 3М151Ф2)

[illegible]

Таблиця 4.20 – Режими різання, операція 030 – Шліфувальна (верстат 3М151Ф2)

[illegible]

Визначення технічних норм часу для всіх операцій

В таблиці 4.21 вказано результати розрахунку технологічних норм часу.

Таблиця 4.21 – Норми часу

Номер і назва операції	$T_{осн}$, хв.	Φ_K	$T_{шт-к}$, хв.
005 Токарно-револьверна з ЧПК	3,7	1,54 (фактичний) 1,5 (табличний)	5,7
010 Токарна з ЧПК	36,8	1,5	55,2
015 Фрезерна з ЧПК	21,2	1,65	35,0
020 Шпонково-фрезерна	7,9	1,84	14,5
030 Шліфувальна	0,9	1,6	1,33
035 Шліфувальна	2,5	1,6	4

5 РОЗРОБКА КЕРУВАЛЬНОЇ ПРОГРАМИ В МОДУЛІ САМ-СИСТЕМИ

Видною документацією для підготовки керуючої програми є креслення деталі «Кронштейн Д02116.1» та розрахунки технологічних переходів, а також інформація про заготовку, верстат з ЧПК, використовуване пристосування, методи і режими обробки, безпосередньо різальний та допоміжний інструменти, послідовність технологічних і допоміжних переходів [24, 25].

Розробка програми включає кілька етапів:

- вибір систем координат деталі та інструментів;
- вибір центрів інструментів що застосовується, розробка траєкторій їх рухів і розрахунок координат їхніх опорних точок;
- кодування інформації про переміщення різального інструментів і умови обробки, формування кадрів програми;
- введення програми в пристрій ЧПК.

Нуль деталі «Кронштейн Д02116.1» повинен займати найбільш стабільне положення в робочій зоні верстату, а такою стабільною точкою є точка перетину технологічних баз, положення яких визначається незмінним (у межах партії) верстатним пристосуванням. Центри інструментів знаходяться на вершині ріжучого леза. Траєкторія руху інструментів буде збігатися з контуром деталі «Кронштейн Д02116.1».

На рисунку 5.1 показано ескіз деталі із необхідними технологічними розмірами, точками базування та центром координат для деталі, інструменту та пристосування. На рисунку 5.2 показано різальний інструмент для обробки деталі із центрами координат та їхніми габаритами.

Розроблений код програми для обробки деталі «Кронштейн Д02116.1» на 015 операції «Фрезерна з ЧПК» на верстаті DMC 635 V ecoline показано нижче в таблиці 5.1. Керуючу програму отримано за рахунок моделювання процесів обробки в прикладній програмі SolidWorks CAM.

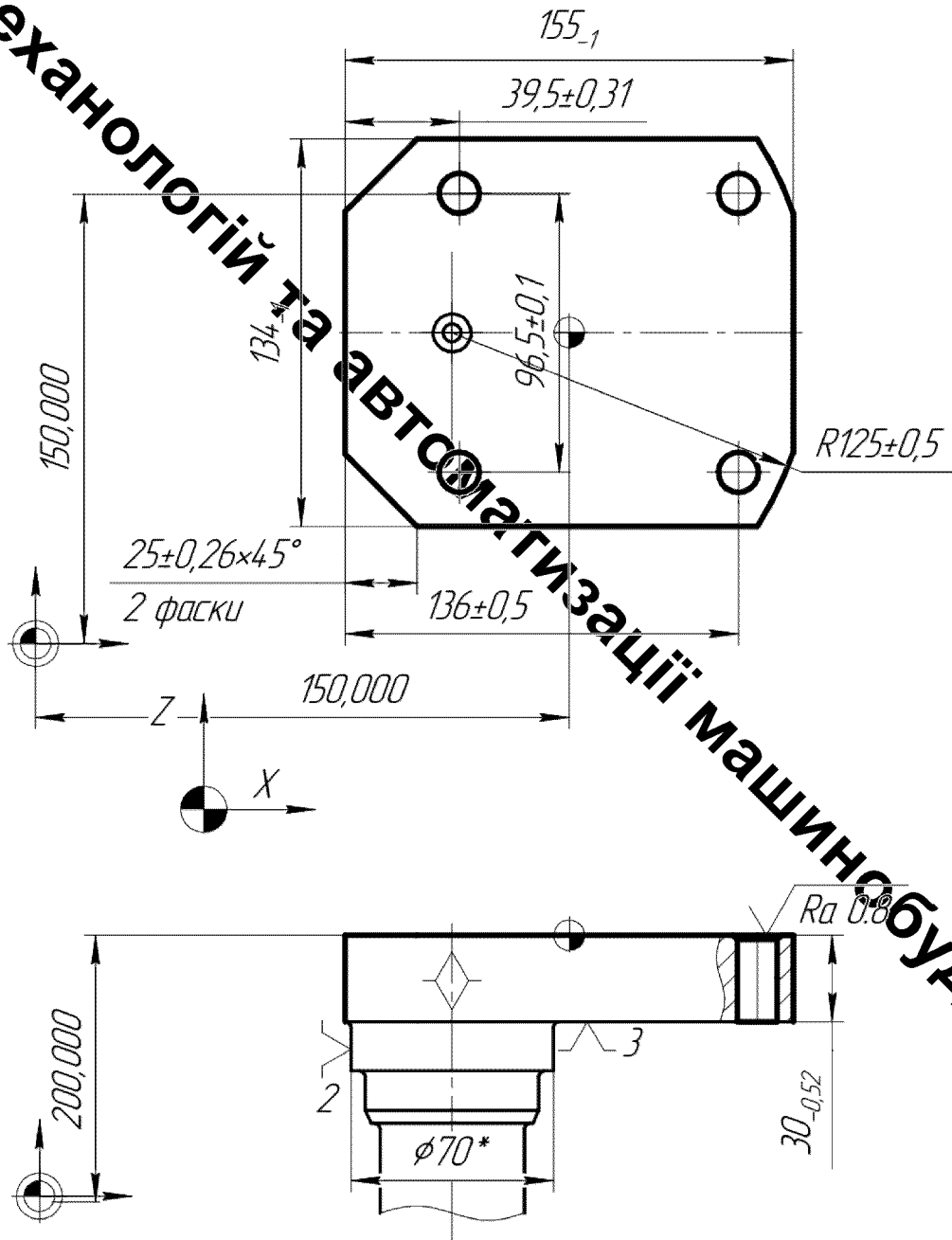
$\sqrt{Ra\ 3,2}$


Рисунок 5.1 – Ескіз деталі на операцію 015 Фрезерна з ЧПК на верстаті DMC 635 V ecoline

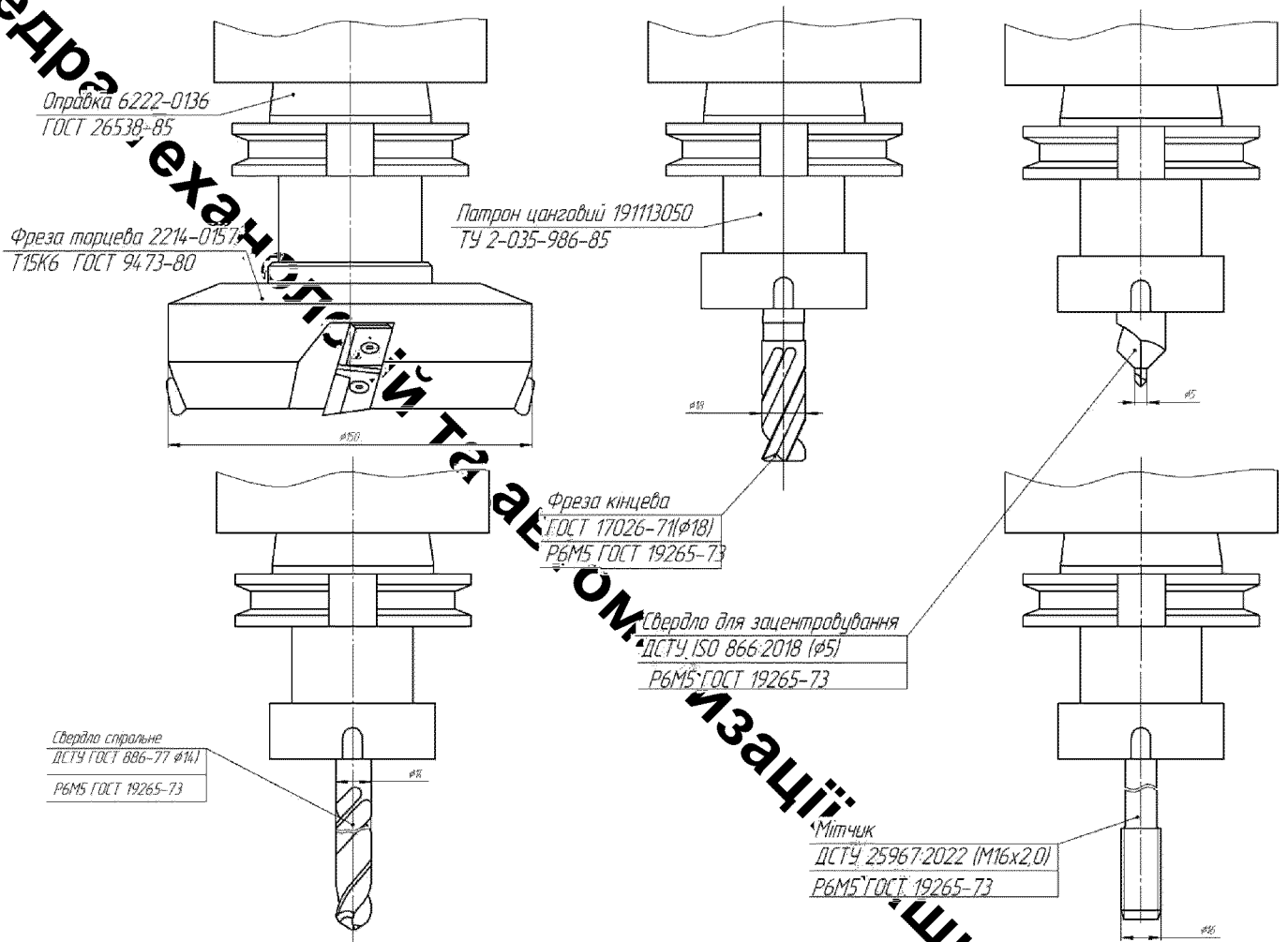


Рисунок 5.2 – Різальний інструмент з оправками для операції 01.2. Фрезерна з ЧПК на верстаті DMC 635 V ecoline

Розпочнемо формування кадрів програми, для цього вкажемо початкові дані.

Різальні інструменти:

- 2 перехід – фреза торцева, матеріал – T5K10;
- 3 перехід – фреза кінцева, матеріал – P6M5;
- 4 перехід – свердло для зацентрування, матеріал – P6M5;
- 5 перехід – свердло спіральне, матеріал – P6M5;
- 6 перехід – мітчик, матеріал – P6M5;
- 7 перехід – фреза торцева, матеріал – T5K10.

Режими обробки представлені в таблиці 4.17 в попередньому розділі.

Таблиця 5.1 – Керуюча програма для операції 015 Фрезерна з ЧПК

1	2
%	N0320 X=IC(0) Y=IC(0)
N0060 G53	N0325 MCALL
N0065 T1 M6	N0330 X58.5
N0070 G95S54F0.5M3	N0335 G0Z1.0
N0075 G0 X130.0 Y45.0	N0340 MCALL CYCLE83(25.0,-2.0,3.0,,35.606, , 14.0,14.0,0,0,1,1)
N0080 G0Z3.0	N0345 X=IC(0) Y=IC(0)
N0085 G1 Z-1.0	N0350 MCALL
N0090 X-130.0	N0355 X-38.0 Y-48.25
N0095 G0Z25.0	N0360 G0Z1.0
N0100 X130.0 Y40.0	N0365 MCALL CYCLE83(25.0,-2.0,3.0,,35.606, , 14.0,14.0,0,0,1,1)
N0105 G0Z3.0	N0370 X=IC(0) Y=IC(0)
N0110 G1 Z-1.0	N0375 MCALL
N0115 X-130.0	N0380 X58.5
N0120 G0Z25.0	N0385 G0Z1.0
N0125 M1	N0390 MCALL CYCLE83(25.0,-2.0,3.0,,35.606, , 14.0,14.0,0,0,1,1)
N0155 T2 M6	N0395 X=IC(0) Y=IC(0)
N0160 G95S4138F0.1M3	N0400 MCALL
N0165 G0 X-38.0 Y48.25	N0405 M1
N0170 G0Z1.0	N0435 T4 M6
N0175 MCALL CYCLE82 (25.0,-2.0,3.0,,6.732,0)	N0440 G95S614F0.1M3M9
N0180 X=IC(0) Y=IC(0)	N0445 G0 X-38.0 Y48.25
N0185 MCALL	N0450 G0Z1.0
N0190 X58.5	N0455 MCALL CYCLE82 (25.0,-2.0,3.0,,9.725,2)
N0195 G0Z1.0	N0460 X=IC(0) Y=IC(0)
N0200 MCALL CYCLE82 (25.0,-2.0,3.0,,6.732,0)	N0465 MCALL
N0205 X=IC(0) Y=IC(0)	N0470 X58.5
N0210 MCALL	N0475 G0Z1.0
N0215 X-38.0 Y-48.25	N0480 MCALL CYCLE82 (25.0,-2.0,3.0,,9.725,2)
N0220 G0Z1.0	N0485 X=IC(0) Y=IC(0)
N0225 MCALL CYCLE82 (25.0,-2.0,3.0,,6.732,0)	N0490 MCALL
N0230 X=IC(0) Y=IC(0)	N0495 X-38.0 Y-48.25
N0235 MCALL	N0500 G0Z1.0
N0240 X58.5	N0505 MCALL CYCLE82 (25.0,-2.0,3.0,,9.725,2)
N0245 G0Z1.0	N0510 X=IC(0) Y=IC(0)
N0250 MCALL CYCLE82 (25.0,-2.0,3.0,,6.732,0)	N0515 MCALL
N0255 X=IC(0) Y=IC(0)	N0520 X58.5
N0260 MCALL	N0525 G0Z1.0
N0265 M1	N0530 MCALL CYCLE82 (25.0,-2.0,3.0,,9.725,2)
N0295 T3 M6	N0535 X=IC(0) Y=IC(0)
N0300 G95S25F0.28M3M8	N0540 MCALL
N0305 G0 X-38.0 Y48.25	N0545 M1
N0310 G0Z1.0	N0575 T5 M6
N0315 MCALL CYCLE83(25.0,-2.0,3.0,,35.606, , 14.0,14.0,0,0,1,1)	N0580 G94S213F107.M3M9

Продовження таблиці 5.1.

1	2
N0585 G0 X-93.75 Y0.	N0700 G1 X65.027 F213.
N0590 G0 Z-11.0	N0705 G2 X77.691 Y75.04 I0. J-15.0 F320.
N0595 G1 Z-4.97	N0710 G2 X91.66 Y46.192 I-118.191 J-75.04 F239.
N0600 X-106.234 Y27.279 Z-4.28	N0715 G2 X92.5 Y41.243 I-14.16 J-4.949 F320.
N0605 X-93.75 Y0. Z-6.59	N0720 G1 Y-41.243 F213.
N0610 X-106.234 Y27.279 Z-8.9	N0725 G2 X91.66 Y-46.192 I-15.0 J0. F320.
N0615 X-93.75 Y0. Z-11.0	N0730 G2 X77.691 Y-75.04 I-132.16 J46.192 F239.
N0620 X-106.234 Y27.279 Z-13.52	N0735 G2 X65.027 Y-82.0 I-12.663 J8.04 F320.
N0625 X-93.75 Y0. Z-15.83	N0740 G1 X-52.5 F213.
N0630 X-106.234 Y27.279 Z-18.14	N0745 G2 X-63.107 Y-77.607 I0. J15.0 F320.
N0635 X-93.75 Y0. Z-20.45	N0750 G1 X-88.107 Y-52.607 F213.
N0640 X-106.234 Y27.279 Z-22.76	N0755 G2 X-92.5 Y-42.0 I10.607 J10.607 F320.
N0645 X-93.75 Y0. Z-25.07	N0760 G1 Y7.366 F213.
N0650 X-106.234 Y27.279 Z-27.38	N0765 G3 X-92.819
N0655 X-93.75 Y0. Z-29.69	Y9.637 I-8.25 J0. F107.
N0660 X-106.234 Y27.279 Z-32.0	N0770 G1 X-93.75 Y11.732 F213.
N0665 X-93.75 Y0. F213	N0775 G0 Z25.0
N0670 X-92.819 Y2.095	N0780 M9 M5
N0675 G3 X-92.5 Y4.366 I-7.931 J2.271 F107.	N0785 G0 Z25
N0680 G1 Y42.0 F213.	N0790 T8 J16
N0685 G2 X-88.107 Y52.607 I15.0 J0. F320.	N0795 M30
N0695 G2 X-52.5 Y82.0 I10.607 J-10.607 F320.	

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Аналіз умов праці

В даному розділі розглядаються умови роботи на механічній дільниці, де відбувається технологічний процес механічної обробки заготовки деталі «Кронштейн Д02116.1» з використанням CAD/CAM-систем. Дільниця розташована безпосередньо в механічному цеху.

Будівля є залізобетонною конструкцією та має один поверх. Освітлення на дільниці природне бокове та штучне комбіноване.

Обладнання живиться напругою 380 В від трифазної чотирипровідної мережі з заземленою нейтраллю.

На дільниці використовується природна вентиляція та механічна приточно-витяжна система.

Обладнання живиться напругою 380 В від трифазної чотирипровідної мережі з заземленою нейтраллю. На робітників можуть діяти небезпечні та шкідливі фізичні виробничі фактори:

- високий рівень шуму та вібрацій на робочому місці;
- підвищена напруга в електричній мережі;
- недостатня освітленість робочої зони;
- підвищена концентрація пилу;
- виліт матеріалу з зони обробки;
- гострі кромки, заусениці і шорсткість на поверхнях заготовок, інструмента, обладнання.

Хімічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори: токсичні; подразнюючі.

Ці фактори виникають внаслідок застосування у виробництві ЗОР для нормальної роботи ріжучого інструменту і можуть бути причиною хронічних та гострих отруєнь.

Психофізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори, що можуть бути на дільниці: фізичні перевантаження, монотонність роботи.

6.2 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

При організації робочих місць величезне значення має їх спеціалізація, встановлення чіткого виробничого профілю (того чи іншого) робочого місця.

Спеціалізація робочих місць значною мірою залежить від типу виробництва, рівня і характеру спеціалізації підприємства в цілому і по структурних підрозділах, до яких відноситься те чи те робоче місце.

На спеціалізованих робочих місцях виконується обмежене коло робіт (операцій). Такі робочі місця переважають на масовому і крупносерійному виробництві. Вони оснащуються спеціалізованим обладнанням. Універсальні робочі місця пристосовані для виконання широкого кола робіт, вони організовуються переважно на одиничних виробництвах і оснащуються універсальним устаткуванням; за рівнем механізації розрізняються робочі місця.

Організація та обслуговування робочих місць значною мірою залежить від типу виробництва. В одиничному і дрібносерійному виробництвах на робочому місці виконується велике число різноманітних операцій; робочі місця оснащені універсальним обладнанням, різноманітною технологічною оснасткою та інвентарем. У серійному виробництві переважають робочі місця, на яких виконується обмежене число технологічних операцій. Такі робочі місця оснащуються спеціалізованим обладнанням, оснащенням та інструментом.

Для масового виробництва характерне закріплення за робочими місцями однієї технологічної операції, що дозволяє оснащувати її спеціальним обладнанням та інструментом.

Увесь комплекс функцій обслуговування можна поділити на три групи: обслуговування засобів праці; обслуговування предметів праці; обслуговування працівників.

Електробезпека. Розглянемо питання електробезпеки та захисту робочих від ураження електричним струмом. Для цього визначимо клас приміщення по ступеню небезпеки ураження електричним струмом. Дільниця відноситься до особливо

небезпечних приміщень, що характеризуються наявністю слідуючих умов, що чинять особливу небезпеку:

- стромопровідні поли (залізобетонні);
- можливість одночасного дотику людини до маючих з'єднання з землею

механізмів з одного боку та металевим корпусом електрообладнання з іншого.

В електроустановках змінного струму в мережах з заземленою нейтраллю повинно бути застосоване занулення та повторне заземлення нульового провідника.

6.3 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

6.3.1 Мікроклімат

Показники мікроклімату в виробничих приміщеннях нормуються для теплового та холодного періодів року згідно категорій робіт [1]. Роботи, які виконуються відносяться до категорії Пб (табл. 6.1).

Таблица 6.1 – Показники мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура t , °C					Відносна вологість, %		Швид. повітря, м/с	
		Оптимальна	На робочих місцях				Оптимальна	Допустима на роб. місці	Оптимальна	Допустима на роб.
			Верхня межа		Нижня межа					
			пост.	непост.	пост.	непост.				
Холодний	П б	17...19	21	23	15	13	40...60	75	0,2	0,2...0,3
Теплий		20...22	27	29	16	15	40...60	70(1=25°C)	0,3	0,2...0,3

Інтенсивність теплового випромінювання працівників від нагрітих поверхонь технологічного обладнання, освітлювальних пристроїв на постійних робочих місцях не повинна перевищувати 100 Вт/м² при опроміненні 25% поверхні тіла.

Оптимальні параметри мікроклімату підтримувати економічно недоцільно, тому підтримують допустимі параметри.

В повітрі робочої зони в результаті технологічних процесів та роботи обладнання виділяються шкідливі речовини [2].

Таблиця 6.2 – Питома кількість шкідливих речовин, що виділяються в зоні обробки

Технологічний процес	Шкідлива речовина	m_s , мг/м ³
Обробка різанням	Пари мастил	15
	Окис заліза FeO	8,0
	Двоокис кремнію SiO ₂	16

Таблиця 6.3 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин [2]

Речовина	Агрегатний стан	Клас безпеки	Величина ГДК, мг/м ³	Дія на організм
Пари мастил	Аерозоль	II	6,0	Ф
Окис заліза FeO (пил)	Аерозоль	III	6,0	Ф
Двоокис кремнію SiO ₂ (пил)	Аерозоль	III	1,0	Ф

Примітка. «Ф» – аерозоль фіброгенної дії.

Як видно з таблиці 6.2, величина виділення шкідливих речовин перевищує допустиму, тому потрібно вживати наступні заходи: застосування приточно-витяжної вентиляційної системи; застосування природної вентиляції.

У механічному цеху застосовують промислову витяжну загальну обмінну вентиляцію.

6.3.2 Освітлення

Освітлення робочої зони дільниці:

- штучне освітлення – освітленість 150 лк;
- природне освітлення – освітленість 300 лк.

Для освітлення приміщення буде використовуватись суміщене освітлення. Природне освітлення буде здійснюватись комбінованим світлом-через вікна в зовнішніх стінах і ліхтар у перекриттях. Штучне освітлення буде комбінованим. Джерелами загального штучного освітлення будуть газорозпорядні лампи, а місцевого – лампи розжарення.

Таблиця 6.4 – Нормування освітленості

Характер зорової роботи	Найменший розмір об'єкту	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкту розрізнено	Характер фону	Штучне,	Природне,
						Комб.	Комб.
Високоточне	Більше 0,15 до 0,5	2	в	Середній	Середній	750	2,5

Стосовно природного освітлення: освітлення бічне; географічна широта 48°; орієнтація вікон – на захід.

Так як маємо одностороннє бічне природне освітлення, то міні значення КПО нормується в точці, розміщеній на відстані 1 м від стіни, найбільш віддаленої від світлових проїомів, на перетині вертикальної площини характерного перерізу приміщення та умовної робочої поверхні (пола).

На верстатах використовуємо для місцевого освітлення лампи розжарювання.

6.3.3 Виробничий шум

Основним джерелом шуму на ділянці є: приводи пристроїв та процес обробки. Допустимі рівні звукового тиску згідно [4] наведені в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Допустимі рівні звукового тиску

Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньогеометричними частотами, Гц									Рівні звуку і еквівалентні рівні звуку, дБ(А)
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	80
107	95	87	82	78	75	73	71	69	

Для зниження шуму у виробничих приміщеннях застосовують різні методи: зменшення рівня шуму в джерелі його виникнення; звукопоглинання і звукоізоляція; установка глушників шуму; раціональне розміщення обладнання; застосування засобів індивідуального захисту.

6.3.4 Виробничі вібрації

У дільниці діє вібрація, джерелом якої є працююче обладнання. В механічному цеху має місце локальна вібрація, яка передається через руки робітника, що працює за верстатом. Напрямок дії: Хл, Ул, Зл. Нормовані значення відповідно до [5] наведені в таблиці 6.6 для локальної вібрації Хл, Ул, Зл – напрямках.

Таблиця 6.6 – Рівень вібрації

Середньо геометрична частота октавних смуг, Гц	Нормативні значення			
	випроприскорення		віброшвидкість	
	м/с ²	дБ	м/с×10 ⁻²	дБ
8	1,4	123	2,8	115
16	1,4	123	1,4	109
31,5	2,7	125	1,4	109
63	5,4	136	1,4	109
125	10,7	141	1,4	109
250	21,3	147	1,4	109
500	42,5	153	1,4	109
1000	85	150	1,4	109

Загальні методи боротьби з вібрацією у виробничих умовах класифікуються наступним чином:

- зниження вібрацій в джерелі виникнення шляхом зниження або усунення збуджувальних сил;
- відлагодження від резонансних режимів раціональним вибором приведеної маси або жорсткості системи, котра коливається;
- вібродемпфування – зниження вібрацій за рахунок тертя демпферного пристрою, тобто переведення коливної енергії в тепло;
- динамічне гасіння – введення в коливну систему додаткові мас або збільшення жорсткості системи
- віброізоляція – введення в коливну систему додаткового пружного зв'язку, з метою послаблення передавання вібрацій, суміжному елементу конструкції;

- використання індивідуальних засобів захисту.

6.4 Технічні рішення з пожежної безпеки

За ступенем вогнестійкості приміщення відносяться до I ступеню – приміщення з несучими і огорожуючими конструкціями з природних чи штучних матеріалів, бетону, залізобетону з використанням листових чи плитних перегороджуючих матеріалів [9].

Дільниця механічної обробки відноситься до категорії виробництва «Д» – виробництва, в якому оброблюються горючі речовини і матеріали в холодному стані (табл. 6.7). Границі вогнестійкості наведені в таблиці 6.8.

Таблиця 6.7 – Визначення категорії приміщення

Категорія будівлі	Допустима кількість поверхів	Ступінь вогнестійкості	Площа поверхів в межах пожежного відділення, м ²
Д	6	I	не обмежується

Таблиця 6.8 – Мінімальні границі вогнестійкості і максимальні границі розповсюдження вогню, см

Стіни				Колони	Поверхові площадки, косоури, балки, марші сходові	Елементи покриття
Несучі та сходових клітин	Само-несучі	Зовнішні не несучі	Внутрішні не несучі (перегородки)			
2,5/0	1,25/0	0,5/0	0,5/0	2,5/0	1/0	0,5/0

Для запобігання пожеж в механічному цеху необхідно провести ряд заходів: встановити пожежні сповіщувачі; навчити робітників елементарним правилам та основам вогнегасіння; проводити своєчасні профілактичні огляди і випробовування обладнання; підвести на дільницю аварійне водопостачання; встановити повний комплекс пожежного щита.

ВИСНОВКИ

Під час виконання бакалаврської дипломної роботи було прийнято рішення щодо вибору технологічних процесів, обладнання та методів отримання заготовки. Дані рішення були засновані на техніко-економічних розрахунках, що дозволило запропонувати оптимальні варіанти вибору.

Для розробленої деталі «Кронштейн Д02116.1» було встановлено, що деталь дрібносерійного виробництва є технологічна за критеріями по уніфікації, точності обробки та шорсткості поверхні.

В якості найбільш оптимального способу виготовлення заготовка для дрібносерійного виробництва обрано прескат, а коефіцієнт використання матеріалу склав 0,17.

Розроблено два маршрути механічної обробки даної деталі, із яких було вибрано кращий за мінімальними витратами по собівартості виготовлення деталі. Були розглянуті типові маршрути механічної обробки подібних деталей 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 технологічні розміри деталі. 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 «Кронштейн Д02116.1», середнє значення якого склало 61,5%.

Крім цього проаналізовано стан охорони праці під час виготовлення заготовки деталі типу «Кронштейн Д02116.1». 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. Ісєїнський 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. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/>
11. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885
12. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumuultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4>

13. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>

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

15. Буренніков А. А., Лозінський Д. О. Технологічні основи машинобудування. Самостійна та індивідуальна робота студентів: н. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2017. 105 с.

16. Клименко В.М., Ширіна О.П., Осадчук А.Ю. Технологія конструкційних матеріалів: частина третя. Основи механічної обробки матеріалів : навч. посіб. Вінниця: УНІВЕРСУМВінниця, 2008. 73 с.

17. Павленко І.І., Мажара В.А. Роботизовані технологічні комплекси : навч. посіб. Кіровоград : КНТУ, 2010. 392 с.

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

19. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2 : навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2015. 116 с.

20. Дерібо О. В., Лозінський Д. О., Сердюк О. В. Технології для верстатів з числовим програмним керуванням : ел. навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2024. 116 с.

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

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

23. Соколовський М. Є., Мельник А. С., Маслов Я. В. Проектування технологічних процесів механічної обробки заготовок деталей з використанням CAD/CAM-систем. Матеріали ІІІ 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

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 «Кронштейн Д02116.1» 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 88,92 Схожість 9,08

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)

Мельник А.С.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Піонткевич О.В.
(прізвище, ініціали)

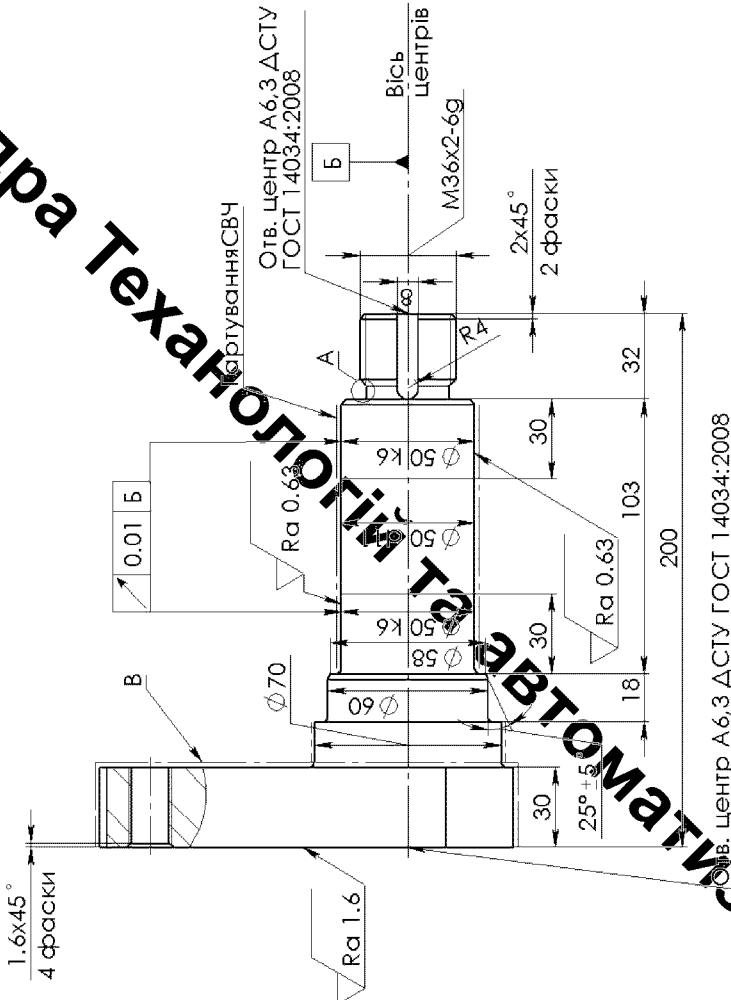
Додаток Б

Графічна частина

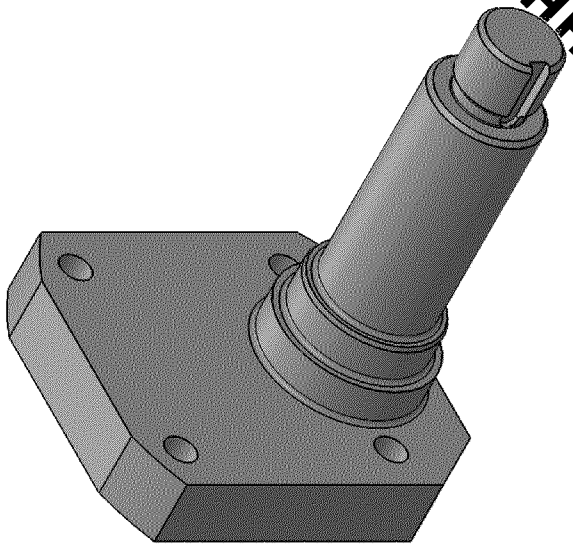
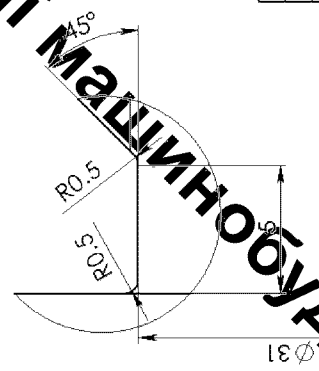
Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

000 00 00 51 179 79-80

Кафедра Теханології та Автоматизації машинобудування



A (5:1)



1. Твердість після гартування СВЧ 40...60 HRC на глибину 0,5 мм.
2. Різьба по ДСТУ ГОСТ 16093:2018.
3. Гострі кромки притупити в розмір 0,6 мм.
4. Кутове положення пазу шириною 8 мм відносно осі симетрії деталі любе, на торцевій поверхні $\varnothing 50$ допускається слід від фрези.
5. Покриття поверхні В - Грунт ГФ-021/Емалі ПФ-115 ГОСТ 6465-76, зелений.
6. Невказані радіуси 2 мм.
7. Невказані розміри циліндричних поверхонь H14 та h14, а інші $\pm IT/2$.

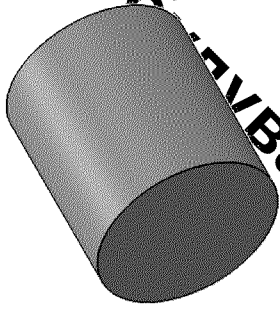
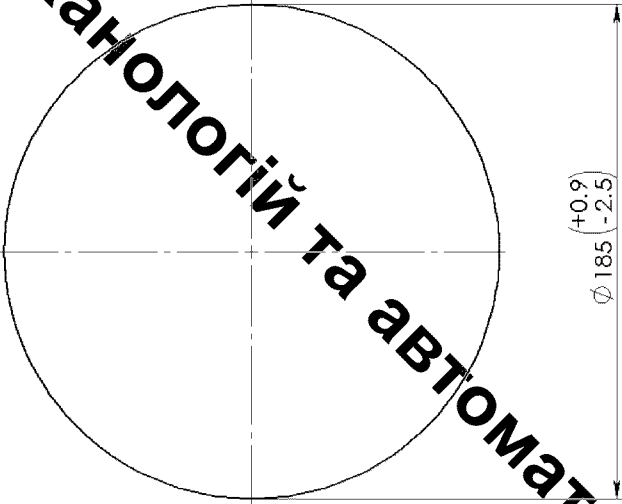
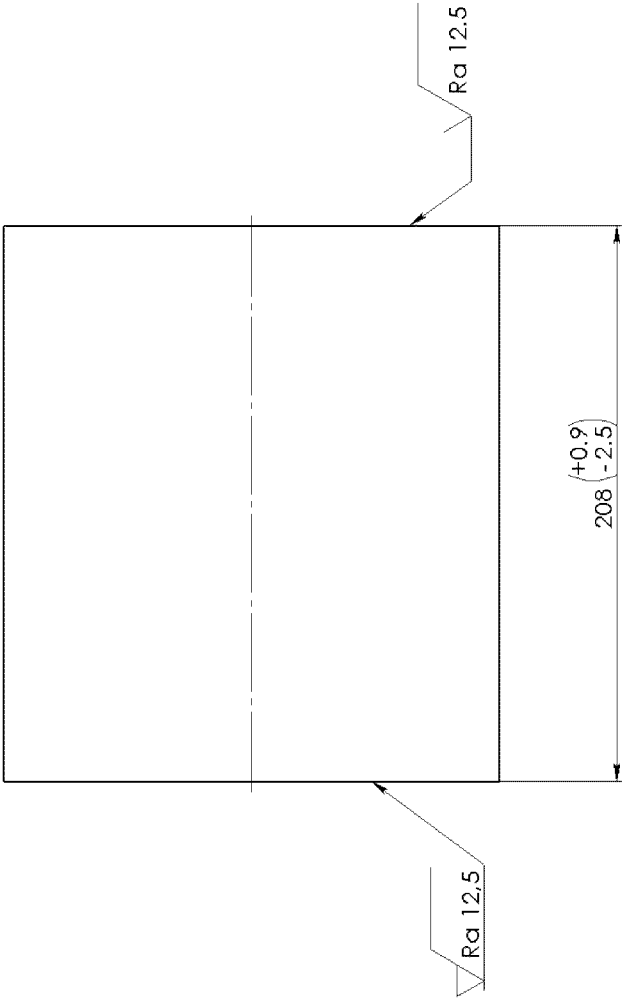
08-64.БДР.15.00.00.000				Кронштейн Д02116.1		Маса	6,75	1/2	Сталь 40Х ДСТУ 7806:2015		ВНТУ, ст. гр. ІПМ-206
						Літ					Формат А3
						Аркуш		Аркушів			
						Дата	06.06				
						Розроб.	Мельник				
						Перев.	Піонкевич				
						Т. контр.					
						Н. контр.	Лозинський				
						Утв.	Козлов				

Кронштейн Д02116.1

Копія

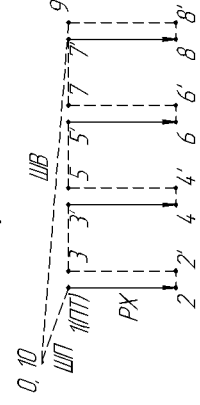
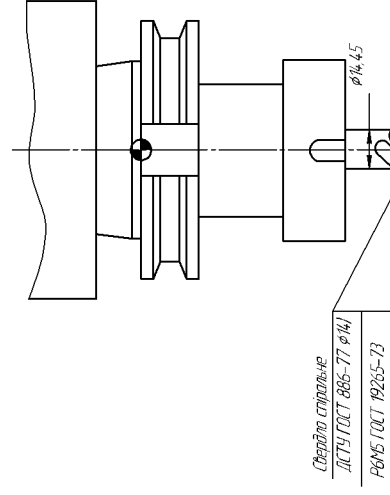
08-64.БДР.15.00.00.002

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

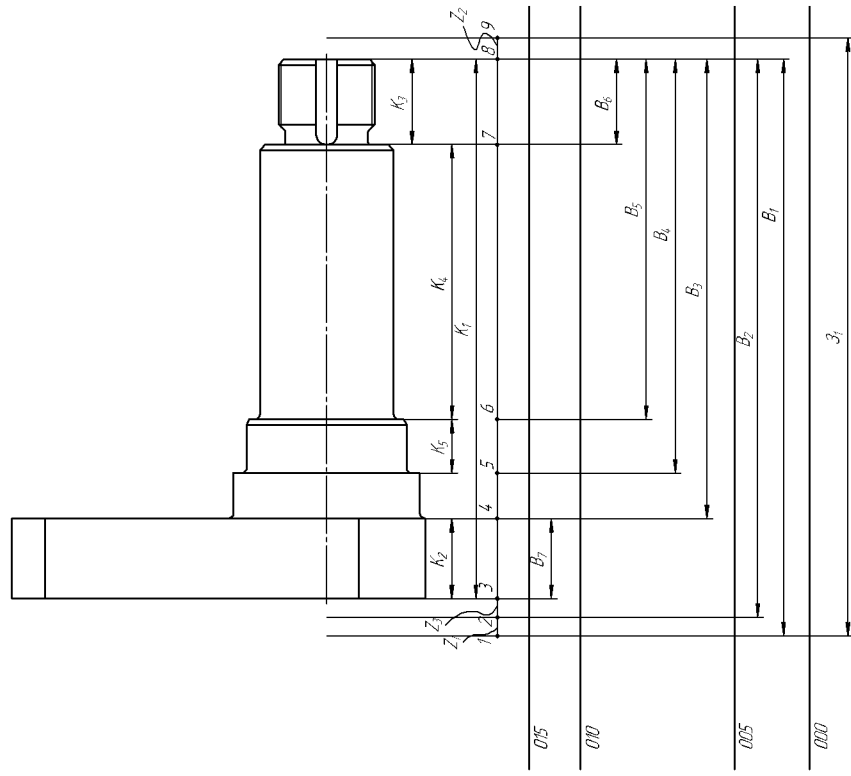


- 1. Клас точності прокату В.
- 2. Кривизна прокату - не більше 0,45 мм.
- 3. Паралельність торців - 0,45 мм.

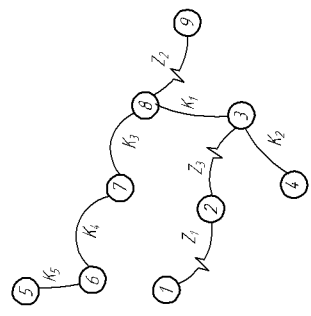
08-64.БДР.15.00.00.002									
		Лит.		Маса		Масштаб			
				40,8		1:2			
						Аркуш		Аркушів 1	



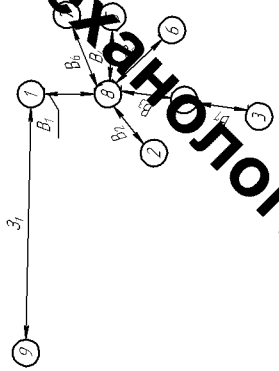
[illegible]



Вихідний граф



Похідний граф



Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

№ п/п	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	$-K_2 + B_7 = 0$	$K_2 = B_7$	B_7
2	$-K_3 + B_6 = 0$	$K_3 = B_6$	B_6
3	$-K_1 + B_7 + B_3 = 0$	$K_1 = B_3 + B_7$	B_3
4	$-K_4 - B_6 + B_5 = 0$	$K_4 = B_5 - B_6$	B_5
5	$-K_5 - B_5 + B_4 = 0$	$K_5 = B_4 - B_5$	B_4
6	$-Z_3 - B_5 + B_2 = 0$	$Z_3 = B_2 - B_5$	B_2
7	$-Z_1 - B_2 + B_1 = 0$	$Z_1 = B_1 - B_2$	B_1
8	$-Z_2 - 3B_1 + B_3 = 0$	$Z_2 = 3B_1 - B_3$	$3B_1$

Суміщений граф

