

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

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

Бакалаврська кваліфікаційна робота

на тему:

ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ
ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «ВАЛ-ШЕСТЕРНЯ КПП» З ВИКОРИСТАННЯМ
CAD/CAM-СИСТЕМ

Виконав: студент курсу, групи ІПМ-23мс
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
(шифр і назва спеціальності)

 ДМИТРО ЛУК'ЯНОВ
(підпис) (ім'я та прізвище)

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

« 06 » 06 2025 р.

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

« 13 » 06 2025 р.

Допущено до захисту
Зав. кафедри ТАМ Козлов Л. Г.
« 16 » 06 2025р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
(повне найменування інституту, факультету)
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(повна назва кафедри)
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань 13 «Механічна інженерія»
(шифр і назва)
Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»
(шифр і назва спеціальності)
Освітньо-професійна програма – Комп'ютеризовані технології та механотронні системи в машинобудуванні
(назва освітньо-професійної програми)

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри ТАМ
д. т. н., професор Козлов Л. Г.
« 20 » 03 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Лук'янову Дмитру Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Вал-шестерня КПП» з використанням САПР/СІАМ-систем.

Керівник роботи Піонткевич Олег Володимирович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від « 20 » березня 2025 року № 97

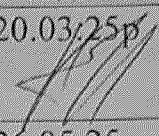
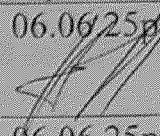
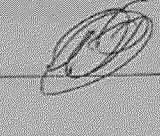
2. Термін подання студентом роботи: 16 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи): креслення деталі: «Вал-шестерня КПП»
матеріал: Сталь 25ХГТ ДСТУ 7806:2015; річна програма випуску: 500 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 «Вал-шестерня КПП» 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.

Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Олег ПОНТКЕВИЧ, доцент кафедри ТАМ	20.03.25р 	06.06.25р 
Охорона праці	Олег БЕРЕЗІЮК, професор кафедри БЖД ПБ	26.05.25р 	06.06.25р 

7. Дата видачі завдання «09» березня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційного проекту (роботи)	Терміни виконання		Примітка
		початок	закінчення	
1	Формування та затвердження теми бакалаврської кваліфікаційної роботи (БКР)	18.03.24р	20.03.24р	Вик
2	Виконання спеціальної частини БКР. Перший рубіжний контроль виконання БКР	22.03.24р	25.04.24р	Вик
3	Виконання спеціальної частини БКР. Другий рубіжний контроль виконання БКР	26.05.24р	28.05.24р	Вик
4	Виконання розділу «Охорона праці»	26.05.24р	06.06.24р	Вик
5	Перевірка на антиплагіат	05.06.24р	09.06.24р	Вик
6	Нормоконтроль БКР	10.06.24р	07.06.24р	Вик
7	Попередній захист БКР	10.06.24р	11.06.24р	Вик
8	Рецензування БКР	12.06.24р	13.06.24р	Вик
9	Захист БКР	17.06.24р	19.06.24р	Вик

Студент

(підпис)

Дмитро ЛУК'ЯНОВ

(ім'я та прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Олег ПОНТКЕВИЧ

(ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

УДК 621

Лук'янець Д. В. Проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Вал-шестерня КПП» з використанням CAD/CAM-систем. Бакалаврська кваліфікаційна робота зі спеціальності 131 – Прикладна механіка, освітня програма – Комп'ютеризовані технології та механотронні системи в машинобудуванні, Вінниця: ВПТУ, 2025. 83 с.

На укр.мові. Бібліогр.: 27 назв; рис.: 13; табл.: 36.

У роботі спроектовано технологічний процес механічної обробки заготовки деталі «Вал-шестерня КПП» 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, вал-шестерня.

ABSTRACT

Lukyanov D. V. Design of the technological process of machining the workpiece of the part "Gearbox shaft" using CAD/CAM systems. Bachelor's thesis in specialty 131 - Applied Mechanics, educational program - Computerized technologies and mechatronic systems in mechanical engineering, Vinnytsia: VNTU, 2025. 83 c.

In Ukrainian language. Bibliography: 27 titles; Figs. 13; Tables: 36.

The paper designs the technological process of machining the workpiece of the part "Gearbox shaft" 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, gearbox shaft.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА І ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ.....	6
2 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ І ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ ДЕТАЛІ	12
3 ПРОЄКТУВАННЯ ВИХІДНОЇ ЗАГОТОВКИ	18
3.1 Аналіз двох альтернативних способів виготовлення заготовки	19
3.2 Розрахунок розмірів для вибраного способу виготовлення заготовки.....	19
4 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ	22
4.1 Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва	22
4.2 Розрахунок кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні $\varnothing 75k6$	24
4.3 Вибір чистових та чорнових технологічних баз з обґрунтуванням їх вибору	25
4.4 Проектування двох варіантів маршруту механічної обробки	25
4.5 Порівняння маршрутів механічної обробки й вибір кращого з них за мінімумом зведених витрат	37
4.6 Розмірний аналіз технологічного процесу	39
4.7 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні	47
4.8 Визначення за нормативами режимів різання на обробку конструкторських баз і кріпильних отворів	52
4.9 Визначення технічних норм часу для всіх операцій	57
5 РОЗРОБКА КЕРУВАЛЬНОЇ ПРОГРАМИ В МОДУЛІ САМ-СИСТЕМИ	58
6 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	60
6.1 Причини виникнення, дія на організм людини та нормування шкідливих та небезпечних факторів факторів у приміщенні	60
6.2 Карта умов праці	67

6.2.1 Оцінка факторів трудового та виробничого процесів	67
6.2.2 Гігієнічна оцінка умов праці	68
6.2.3 Оцінка технічного й організаційного рівня	69
6.2.4 Атестація робочого місця	69
6.2.5 Рекомендації щодо покращення умов праці	69
6.3 Пожежна безпека	69
ВИСНОВКИ	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	72
ДОДАТКИ.....	74
ДОДАТОК А (обов'язковий). ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ	75
ДОДАТОК Б (обов'язковий). Графічна частина	77

ВСТУП

Актуальність проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі "Вал-шестерня КПП" з використанням CAD/CAM-систем зумовлена стрімким розвитком сучасного машинобудування. Впровадження нових технологій, матеріалів та методів виробництва вимагає постійного покращення ефективності, що досягається завдяки своєчасному вдосконаленню технологічних процесів, оптимізації робочих режимів, методів обробки та використанню перспективних інструментів і обладнання.

Темою бакалаврської кваліфікаційної роботи є: «Проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Вал-шестерня КПП» з використанням CAD/CAM-систем»

У процесі її виконання було ретельно проаналізовано та обрано найбільш оптимальний технологічний процес, відповідне високопродуктивне металорізальне обладнання (переважно верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК), що відповідають розрахованому типу виробництва) та оснастка, а також методи отримання заготовки. Важливим аспектом роботи стало врахування вимог з охорони праці та розробка всієї необхідної конструкторської документації.

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 «Вал-шестерня КПП»: 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 500 шт, а дійсний річний фонд часу складає 3800 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	$C_{пр}$	$\eta_{зр}, \%$	$K_{зо}$
010	3,69	1,54	5,68	0,02	1	2	30
015	1,45	1,5	2,18	0,008	1	0,8	75
020	1,85	1,5	2,78	0,01	1	1	60
025	4,45	1,5	6,68	0,023	1	2,3	26
030	1,46	1,5	2,19	0,008	1	0,8	75
035	12,49	1,66	20,73	0,067	1	6,7	9
040	5,66	1,66	9,4	0,033	1	3,3	18
050	3,9	2,3	8,97	0,03	1	3	20
055	1,96	1,6	3,14	0,011	1	1,1	54
060	9,26	2,3	21,3	0,073	1	7,3	8

Необхідна кількість верстатів по кожній операції [6] при нормативному коефіцієнті завантаження обладнання $m=60\%$:

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

$$C_{p010} = \frac{T_{\text{шт-к.р.нр010}} \cdot N_{\text{нр}}}{F_{\delta} \cdot m \cdot 60} = \frac{5,68 \cdot 500}{3890 \cdot 0,6 \cdot 60} = 0,02;$$

$$C_{p015} = \frac{T_{\text{шт-к.р.нр015}} \cdot N_{\text{нр}}}{F_{\delta} \cdot m \cdot 60} = \frac{2,18 \cdot 500}{3890 \cdot 0,6 \cdot 60} = 0,008;$$

$$C_{p020} = \frac{T_{\text{шт-к.р.нр020}} \cdot N_{\text{нр}}}{F_{\delta} \cdot m \cdot 60} = \frac{2,78 \cdot 500}{3890 \cdot 0,6 \cdot 60} = 0,01;$$

$$C_{p025} = \frac{T_{\text{шт-к.р.нр025}} \cdot N_{\text{нр}}}{F_{\delta} \cdot m \cdot 60} = \frac{6,68 \cdot 500}{3890 \cdot 0,6 \cdot 60} = 0,023;$$

$$C_{p030} = \frac{T_{\text{шт-к.р.нр030}} \cdot N_{\text{нр}}}{F_{\delta} \cdot m \cdot 60} = \frac{2,19 \cdot 500}{3890 \cdot 0,6 \cdot 60} = 0,008;$$

$$C_{p035} = \frac{T_{\text{шт-к.р.нр035}} \cdot N_{\text{нр}}}{F_{\delta} \cdot m \cdot 60} = \frac{20,73 \cdot 500}{4060 \cdot 0,6 \cdot 60} = 0,067;$$

$$C_{p040} = \frac{T_{\text{шт-к.р.нр040}} \cdot N_{\text{нр}}}{F_{\delta} \cdot m \cdot 60} = \frac{9,4 \cdot 500}{4060 \cdot 0,6 \cdot 60} = 0,033;$$

$$C_{p050} = \frac{T_{\text{шт-к.р.нр050}} \cdot N_{\text{нр}}}{F_{\delta} \cdot m \cdot 60} = \frac{8,97 \cdot 500}{4060 \cdot 0,6 \cdot 60} = 0,03;$$

$$C_{p055} = \frac{T_{\text{шт-к.р.нр055}} \cdot N_{\text{нр}}}{F_{\delta} \cdot m \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 500}{3890 \cdot 0,6 \cdot 60} = 0,011;$$

$$C_{p060} = \frac{T_{\text{шт-к.р.нр060}} \cdot N_{\text{нр}}}{F_{\delta} \cdot m \cdot 60} = \frac{21,3 \cdot 500}{4060 \cdot 0,6 \cdot 60} = 0,073.$$

Прийнята кількість обладнання на кожній операції механічної обробки складає:

$$C_{np010} = 1; \quad C_{np015} = 1; \quad C_{np020} = 1; \quad C_{np025} = 1; \quad C_{np030} = 1; \quad C_{np035} = 1; \quad C_{np040} = 1;$$

$$C_{np050} = 1; \quad C_{np055} = 1; \quad C_{np060} = 1.$$

Приймаємо 10 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 010:

$$\eta_{з.} = \frac{0,02}{1} \cdot 100\% = 2\%;$$

Для операції 015:

$$\eta_{з.} = \frac{0,008}{1} \cdot 100\% = 0,8\%;$$

Для операції 020:

$$\eta_{з.} = \frac{0,01}{1} \cdot 100\% = 1\%;$$

Для операції 025:

$$\eta_{з.} = \frac{0,023}{1} \cdot 100\% = 2,3\%;$$

Для операції 030:

$$\eta_{з.} = \frac{0,008}{1} \cdot 100\% = 0,8\%;$$

Для операції 035:

$$\eta_{з.} = \frac{0,067}{1} \cdot 100\% = 6,7\%;$$

Для операції 040:

$$\eta_{з.} = \frac{0,033}{1} \cdot 100\% = 3,3\%;$$

Для операції 050:

$$\eta_{з.} = \frac{0,03}{1} \cdot 100\% = 3\%;$$

Для операції 055:

$$\eta_{з.} = \frac{0,003}{1} 11 \cdot 100\% = 1,1\%;$$

Для операції 060:

$$\eta_{з.} = \frac{0,044}{1} \cdot 100\% = 7,3\%.$$

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

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

Для операції 010:

$$\eta_{з.о.} = \frac{3,69}{5,68} \cdot 100\% = 65\%;$$

Для операції 015:

$$\eta_{з.о.} = \frac{1,45}{2,18} \cdot 100\% = 67\%;$$

Для операції 020:

$$\eta_{з.о.} = \frac{1,85}{2,78} \cdot 100\% = 67\%;$$

Для операції 025:

$$\eta_{з.о.} = \frac{4,45}{6,68} \cdot 100\% = 67\%;$$

Для операції 030:

$$\eta_{з.о.} = \frac{1,46}{2,19} \cdot 100\% = 67\%;$$

Для операції 035:

$$\eta_{з.о.} = \frac{12,49}{20,73} \cdot 100\% = 60\%;$$

Для операції 040:

$$\eta_{з.о.} = \frac{5,96}{9,4} \cdot 100\% = 60\%;$$

Для операції 050:

$$\eta_{з.о.} = \frac{3,9}{8,97} \cdot 100\% = 43\%;$$

Для операції 055:

$$\eta_{з.о.} = \frac{1,96}{3,14} \cdot 100\% = 62\%;$$

Для операції 060:

$$\eta_{з.о.} = \frac{9,26}{21,3} \cdot 100\% = 43\%;$$

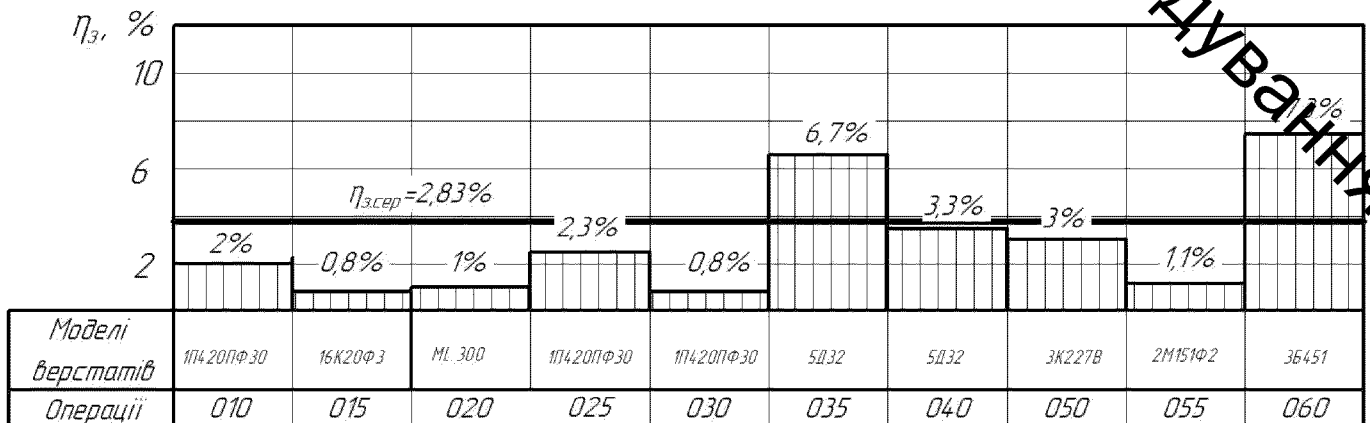


Рисунок 1.1 – Графік завантаження верстатів

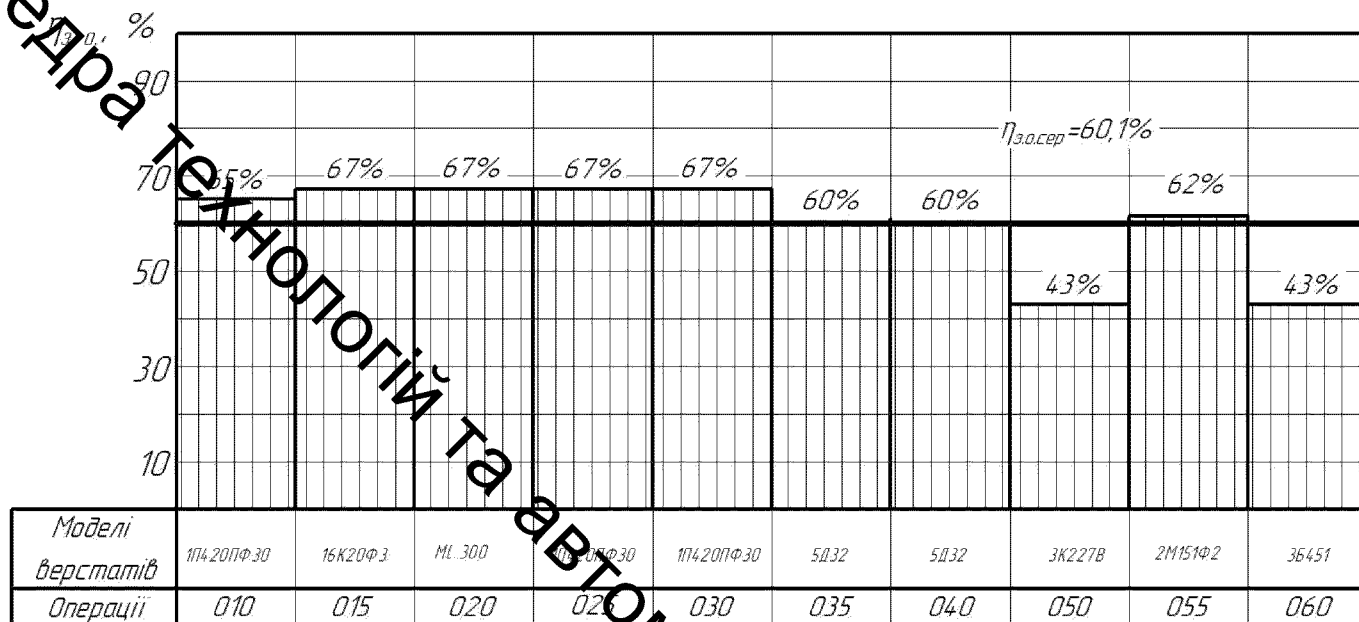


Рисунок 1.2 – Графік використання верстатів за основним часом

Розрахуємо коефіцієнт закріплення операцій при нормативному коефіцієнті завантаження обладнання 60%:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O_i}{\sum P_i} = \frac{30 + 75 + 60 + 26 + 75 + 9 + 18 + 20 + 5 + 8}{1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1} = 37,5.$$

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

Заданий добовий випуск виробів за формулою:

$$N_d = \frac{N}{250} = \frac{500}{250} = 2 \text{ шт.} \quad (1.5)$$

Приймаємо $N_d = 2$ шт.

Добова продуктивність потокової лінії за формулою:

$$Q_d = \frac{F_d}{T_{шт-к.ср}} \cdot \eta_z = \frac{3890}{83,05} \cdot 0,60 \approx 29 \text{ шт.} \quad (1.6)$$

де $T_{шт-к.ср}$ згідно таблиці 1.1.

Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

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:

$$n = \frac{N_n \cdot a}{250} = \frac{500 \cdot 5}{250} \approx 10 \text{ шт.}$$

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

Отже, кількість деталей у партії 10 шт, а тип виробництва дрібносерійний при формі організації роботи – групова.

2 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ І ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ ДЕТАЛІ

На рисунку 2.1 показано механічну коробку перемикавання передач, що забезпечує водію керування швидкістю та маневреністю автомобіля на дорозі. Деталі в коробці перемикавання передач є дуже відповідальні, мають високу твердість, постійно навантажені, тому постійно змащуються. Сучасні коробки перемикавання передач оснащуються електронікою, сенсорами та системами керування, що додають їй точності під час роботи та підвищують ефективність.

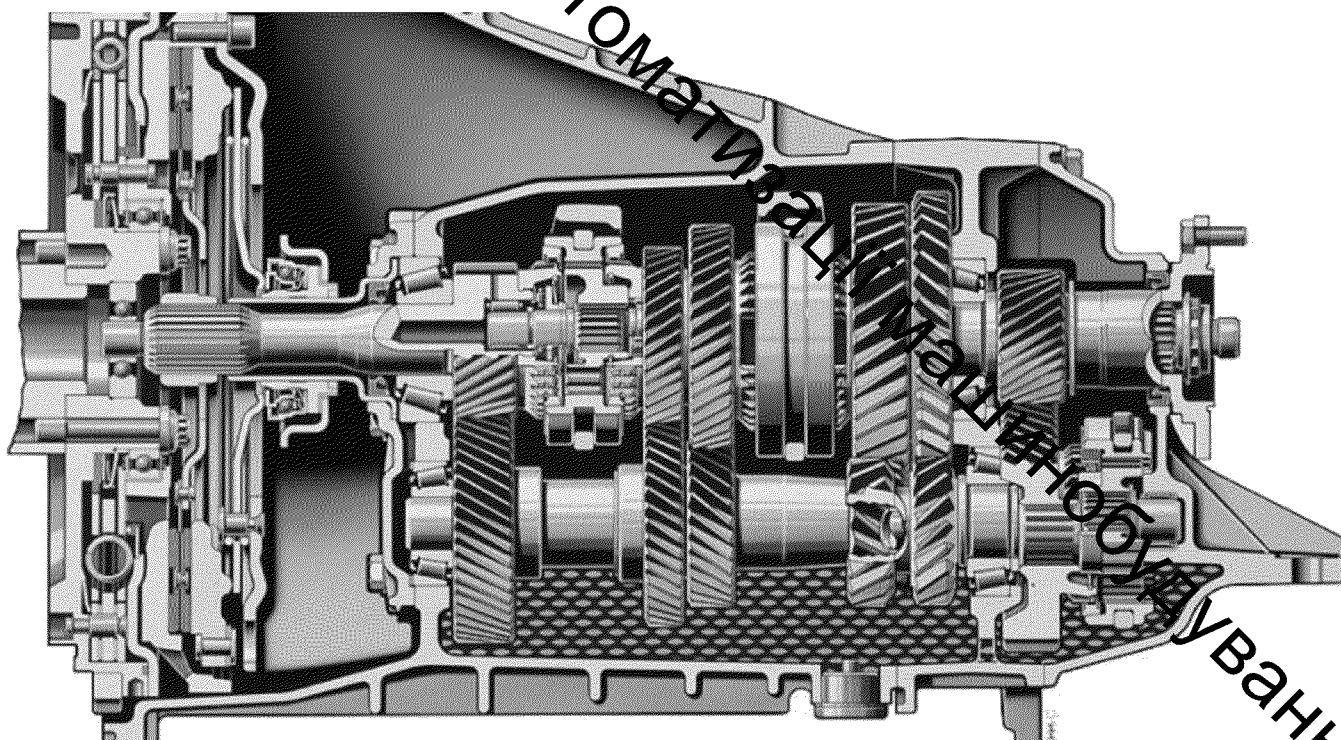


Рисунок 2.1 – Коробка перемикавання передач

На рисунку 2.2 показано 3D-модель деталі «Вал-шестерня КПП». Основна функція цього валу полягає у передачі крутного моменту від одного валу до іншого. Конструкція вал-шестерні має витримувати суттєві динамічні навантаження, тому використано леговану конструкційну якісну сталь 25ХГТ згідно з ДСТУ 7806:2015.

Матеріал сталь 25ХГТ добре обробляється механічно та піддається штампуванню, що дає виготовити заготовку методом штампування, а також вальцюванню, що дає можливість використовувати штучний круглий сортовий

прокат. Термічна обробка для деталі «Вал-шестерня КПП» передбачена складна, для забезпечення нітроцементування на глибину 0,8...1,3 мм із отриманням твердості ядра HRCe 30...46, твердості поверхні зубів HRCe 57...64, твердості поверхні шліців HRCe мінімум 51 та твердості інших поверхонь HRCe мінімум 47.

Згідно робочого креслення деталі «Вал-шестерня КПП» найбільш точними поверхнями є: зовнішня циліндрична поверхня під посадку підшипника $\varnothing 75k6$, а також внутрішня - $\varnothing 95K7$. До зовнішнього діаметра поверхні $\varnothing 75k6$ задано допуск циліндричності 0,005 мм, співвісності 0,008 мм та радіального биття 0,03 відносно осі обертання вала-шестерні (баз Г та Д). Аналогічно до внутрішнього діаметра поверхні $\varnothing 95K7$ задано допуск циліндричності 0,009 мм, співвісності 0,016 мм та радіального биття 0,054 відносно осі обертання вала-шестерні (баз Г та Д). Запропоновані вимоги по якості та допуск можна забезпечити саме після термічної обробки за рахунок шліфування. Всі решта поверхонь обробляються по 8-14-му квалітетах, що досягається вибором відповідних інструментів та лезових методів обробки.

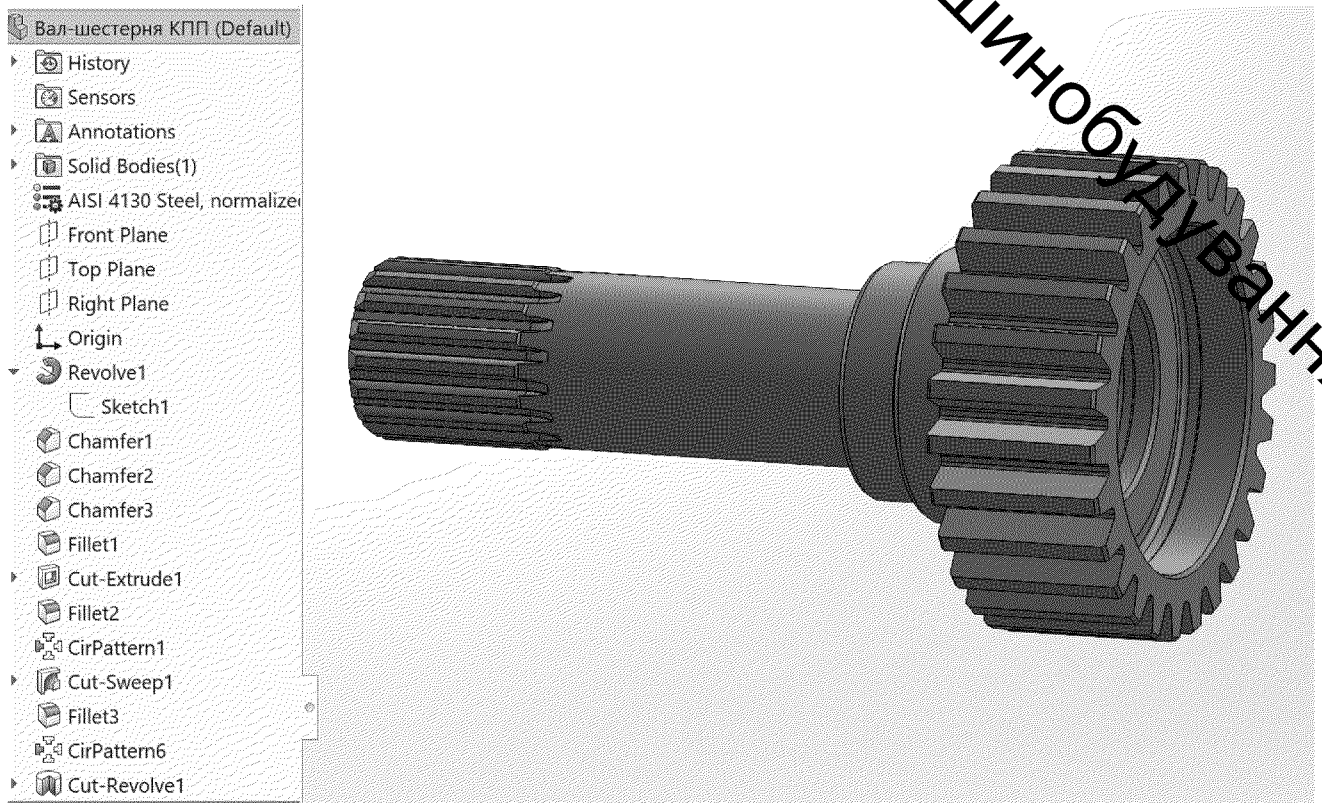


Рисунок 2.2 – Просторове зображення деталі «Вал-шестерня КПП» в CAD-системі «Solidworks»

Основними конструкторськими базами для деталі «Вал-шестерня КПП» механізму, є плоска поверхня поверхні під підшипники.

Допоміжними конструкторськими базами, якими деталь «Вал-шестерня КПП» з'єднується із іншими деталями, є шліцьова поверхня D-16x46a11x50f7x5g6, внутрішня поверхня $\varnothing 36H8$ та $\varnothing 58H9$ з відповідними торцями та зубчаста поверхня. Усі інші поверхні є вільними.

Значні технічні вимоги обумовлені службовим призначенням деталі «Вал-шестерня КПП» і точністю розміщення інших деталей для приєднання. Необхідна точність механічної обробки знаходиться від 6 до 14 квалітетів, а шорсткість в свою чергу від 0,63 до 6,3 мкм неможливо досягнути на звичайних верстатах із нормальною точністю (Н), тому буде використано фінішну обробку на шліфувальних верстатах.

Деталь «Вал-шестерня КПП» має уніфіковані елементи: скруглення, фаски, канавки тощо. Це дозволяє застосовувати стандартні ріжучі інструменти. Більшість поверхні доступні для механічної обробки та для їх контролю, окрім внутрішніх канавок для виходу різального інструменту.

Легована конструкційна сталь 25ХГТ ДСТУ 7806:2015 використовується в основному для реалізації відповідальних деталей. Вона хорошої якості і добре підлягає обробці різанням лезовим інструментом. Хімічний склад та механічні властивості згідно ДСТУ 7806:2015 представлено в таблицях 2.1 та 2.2.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 25ХГТ ДСТУ 7806:2015, %

C	Si	Mn	Ni	Cr	Cu	P	S
						не більше	
0,22 – 0,29	0,17 – 0,37	0,8 – 1,1	До 0,3	1 – 1,3	До 0,3	0,035	0,035

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 25ХГТ ДСТУ 7806:2015

Твердість	σ_B , МПа (кг/мм ²)	σ_T , МПа (кг/мм ²)	Відносне видовження, %	Відносне звуження, %	Ударна в'язкість, кДж/м ²
HB217 (поліпшена)	1270	980	10	50	690

Розрахуємо параметри технологічності деталі «Вал-шестерня КПП» 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
0,5 (3 пов)*	R0,5 (5 пов.)*		30° (6 пов.)*	0.63*
1×45° (2 пов)*	R1,6 (3 пов.)*		45° (8 пов.)*	1.6 (4 пов.)*
1,5 (4 пов)*	R2 (2 пов.)*		60°*	2,5 *
1,6*	Ø36H8*			3,2 *
3*	Ø48 (2 пов.)*			6.3 (36 пов)*
5*	Ø58H9			
19,5	Ø59			
20*	Ø65h10			
31,5	Ø74			
38*	Ø75k6*			
49	Ø92			
50 (2 пов.)*	Ø95K7*			
75*	Ø96			
235	Ø130,5			
Σзаг.=21	Σзаг.=22	Σзаг.=0	Σзаг.=15	Σзаг.=43
Σуніф.=17	Σуніф.=15	Σуніф.=0	Σуніф.=15	Σуніф.=43

Примітка: позначення «*» мають усі уніфіковані розміри.

$$K_{ye} = \frac{Q_{ey}}{Q_e} = \frac{32}{43} = 0,744.$$

Таблиця 2.4 – Визначення коефіцієнта точності обробки

Квалітет (розміри)	Кількість поверхонь	Розрахунок
6 ($\phi 75k6$ (1 пов.))	1	$6 \cdot 1 = 6$
7 ($\phi 95K7$ (1 пов.))	1	$7 \cdot 1 = 7$
8 ($\phi 36H8$ (1 пов.))	1	$8 \cdot 1 = 8$
9 ($\phi 58H9$ (1 пов.))	1	$9 \cdot 1 = 9$
10 ($\phi 65h10$ (1 пов.))	1	$10 \cdot 1 = 10$
11 ($\phi 130.5h11$ (1 пов.), $50h11$ (1 пов.))	2	$11 \cdot 2 = 22$
12 ($49h12$ (1 пов.))	1	$12 \cdot 1 = 12$
Усі інші поверхні	35	$14 \cdot 35 = 490$
Сума	43	564

$$K_{\text{т.ч.}} = 1 - \frac{1}{T_{\text{ср}}} = \frac{1}{13,12} = 0,924,$$

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{564}{43} = 13,12$$

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 ($\phi 65h10$ (1 пов.))	1	$0,63 \cdot 1 = 0,63$
1,6 ($50h11$, $\phi 58H9$, $\phi 75k6$, $\phi 95K7$)	4	$1,6 \cdot 4 = 6,4$
2,5 ($\phi 130.5h11$ (1 пов.))	1	$2,5 \cdot 1 = 2,5$
3,2 ($\phi 130.5h11$ (1 пов.))	1	$3,2 \cdot 1 = 3,2$
Всі інші поверхні	36	$6,3 \cdot 36 = 226,8$
Сума	43	239,53

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{\text{Ш}_{\text{ср}}} = \frac{1}{5,57} = 0,179,$$

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

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{239,53}{43} = 5,57 ,$$

де $Ш_i$ – шорсткість поверхонь деталі після обробки, мкм;

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

Тоді $K_y = 0,744 > 0,6$; $K_T = 0,924 > 0,8$; $K_{ш} = 0,179 < 0,32$. Отже, деталь «Вал-шестерня КПП» 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 25ХГТ. Також аналізуючи складну форму деталі «Вал-шестерня КПП» маємо, що для її заготовки оптимальним способом виготовлення є штампування у кривошипному гарячештампувальному (ГКМ) пресі у відкритому штампі, а також як більш універсальним способом – це кування. З огляду на дорогий вартісний процес виготовлення заготовок при штампуванні на ГКМ, найбільш раціональним є вибір виготовлення деталі «Вал-шестерня КПП» куванням, тому обираємо його. Виконаємо якісний аналіз способу виготовлення заготовки:

Таблиця 3.1 – Якісні показники способів виготовлення заготовки

Спосіб	Суть способу	Переваги	Недоліки	Способи застосування
Кування	Один із видів гарячої обробки металів, при якому метал деформується діючи універсальним інструментом. Нагріту заготовку вкладають у нижній бойок і універсальним інструментом (верхнім бойком) послідовно деформують на відповідних ділянках заготовки. При цьому метал вільно тече в сторони, де не обмежений робочими поверхнями інструменту, у якого використовують прості чи фігурні бойки, та ще різний підкладний інструмент	Виготовлення досить важких по масі та крупногабаритних заготовок, простота способу та процесу, піддаються цьому способу різні матеріали із різними технологічними властивостями.	Висока вартість універсального обладнання (бойків), великий об'єм наступної мехобробки, високі параметри якості та шорсткості поверхні, великий квалітет точності, низька точність виготовлення заготовок, порівняно не низька собівартість способу.	Ротори гідротурбін, колеса, фланці, вали, диски

3.2 Розрахунок розмірів для вибраного способу виготовлення заготовки

Проводимо розрахунок розмірів заготовки деталі «Вал-шестерня КПП». Призначення припусків (табличних) на мехобробку та розраховуємо граничні розміри заготовки деталі «Вал-шестерня КПП». Результат визначення необхідних параметрів заносимо у таблицю 3.2 для операції кування.

На рисунку 3.1 показано виготовлену заготовку її наступну форму при куванні.

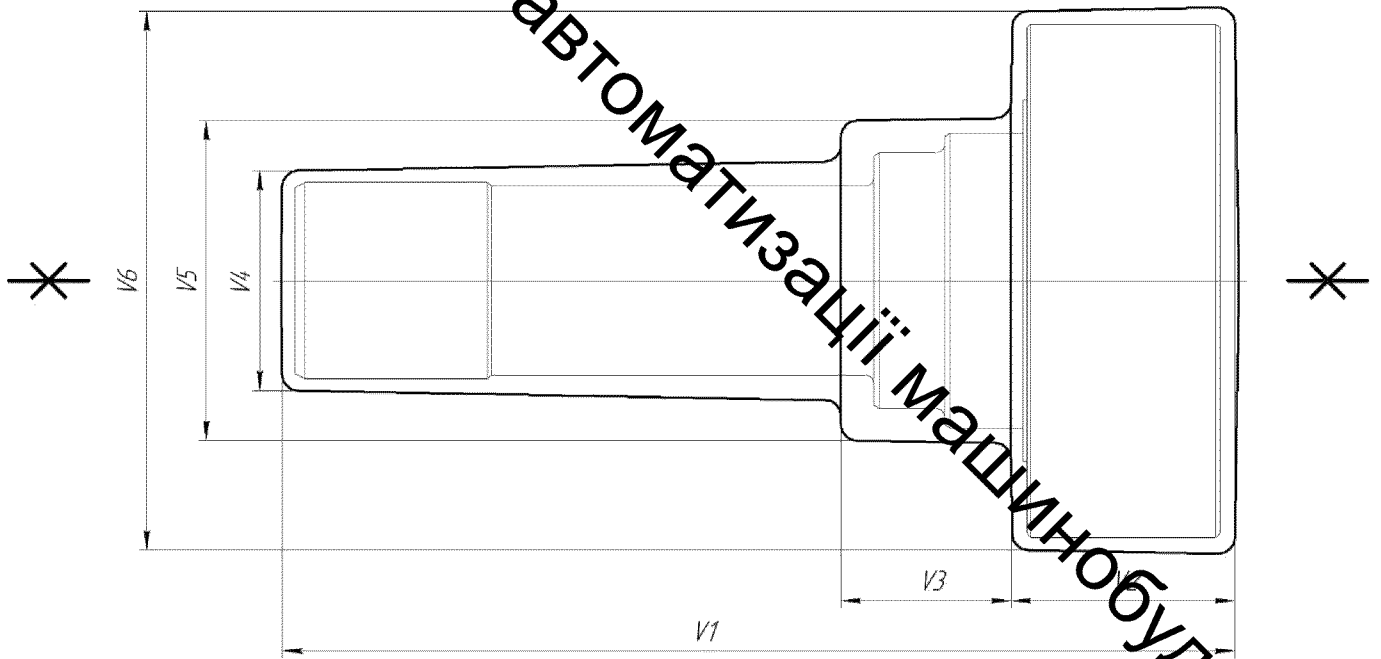


Рисунок 3.1 - Зображення форми заготовки

Отже, що необхідно забезпечити розрахунок виконання 6-х розмірів (діаметральних та 3 лінійний), для яких здійснюємо розрахунок та заносимо отримані дані у таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 - Розрахунок розмірів заготовки деталі «Вал-шестерня КПП»

Вихідні дані (норми точності)	Обробка куванням					
	Згідно з ГОСТ 7505-89				Прийнято	
Клас точності	Т4 – Т5				Т4	
Група матеріалу	М1				М1	
Ступінь складності	С2				С2	
Індекс	14				14	
Конфігурація поверхні роз'єднання штампа	П				П	
Припуски:	Розрахункові розміри, мм					
	Ø50f7	Ø75k6	Ø130.5h11	50h11	38±0.12	235
Основні	2,0	2,2	2,3	2,0	1,8	2,5
Додаткові на зміщення по поверхні роз'єднання штампа	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Для врахування вигнутості і відхилення від площинності, прямолінійності	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Допуски:	Розміри заготовки, мм					
	Ø55,8	Ø81,2	Ø136,9	56,3	43,6	241,8
Розмірів	2,8 ^{+1,8 -1,0}	2,8 ^{+1,8 -1,0}	3,2 ^{+2,1 -1,2}	2,8 ^{+1,8 -1,0}	2,5 ^{+1,6 -0,9}	3,6 ^{+2,4 -1,2}
на зміщення по поверхні роз'єднання штампа	1,0					
по вигнутість, відхилення від площинності і прямолінійності	0,5					
радіусів заокруглень	4,0					
величини залишкового облою	1,2					
висота облою	4,0					
на відхилення від концентричності отворів	1,5					

Під час оформлення креслення заготовки деталі «Вал-шестерня КПП» призначаємо такі технічних вимог на заготовку на форматі листа А3:

1. Клас точності штамповки – Т4, група сталі – М1, ступінь складності – С2.

2. Не вказані штампувальні нахили 2° , радіуси $r4\text{мм}$.

3. Допустиме зміщення по площині роз'єднання штампа $1,0\text{мм}$.

4. Не вказані допуски радіусів заокруглень $0,5\text{ мм}$.

5. Допустиме відхилення від площинності $0,5\text{ мм}$.

6. Допустимі відхилення штампувальних нахилів $30'$.

Знайдемо коефіцієнт точності маси M деталі «Вал-шестерня КПП» розрахувавши масу заготовки із 3-D моделі в програмному пакеті «Solidworks» (див. рис. 3.2).

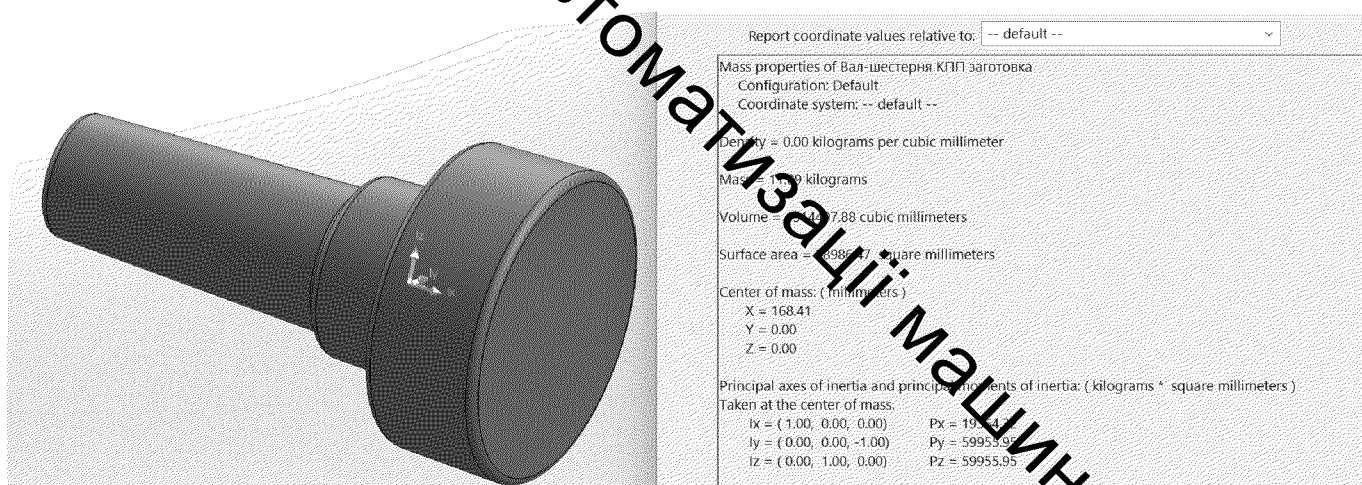


Рисунок 3.2 – 3-D модель заготовки в «Solidworks»

Отже, коефіцієнт точності маси деталі знайдемо за формулою:

$$M = \frac{M_o}{M_3} = \frac{4,48}{11,89} = 0,38. \quad (3.1)$$

4 РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

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

Для аналізу обробки деталі «Вал-шестерня КПП», можна взяти типову деталь валу, що має подібну форму. У таблиці 4.1 показано типовий маршрут мехобробки деталі «Шліцьовий вал», а на рисунку 4.1 – її робочий кресленик згідно з [3]. Технологічний процес для деталі «Шліцьовий вал» виконано згідно з принципами «Єдина система технологічної документації» за ДСТУ ГОСТ 3.1128:2014.

Типовий техпроцес забезпечує однотипний підхід в виготовленні деталі, скорочує різновиди операцій та термінологію оформлення, а також підвищення якості техпроцесу.

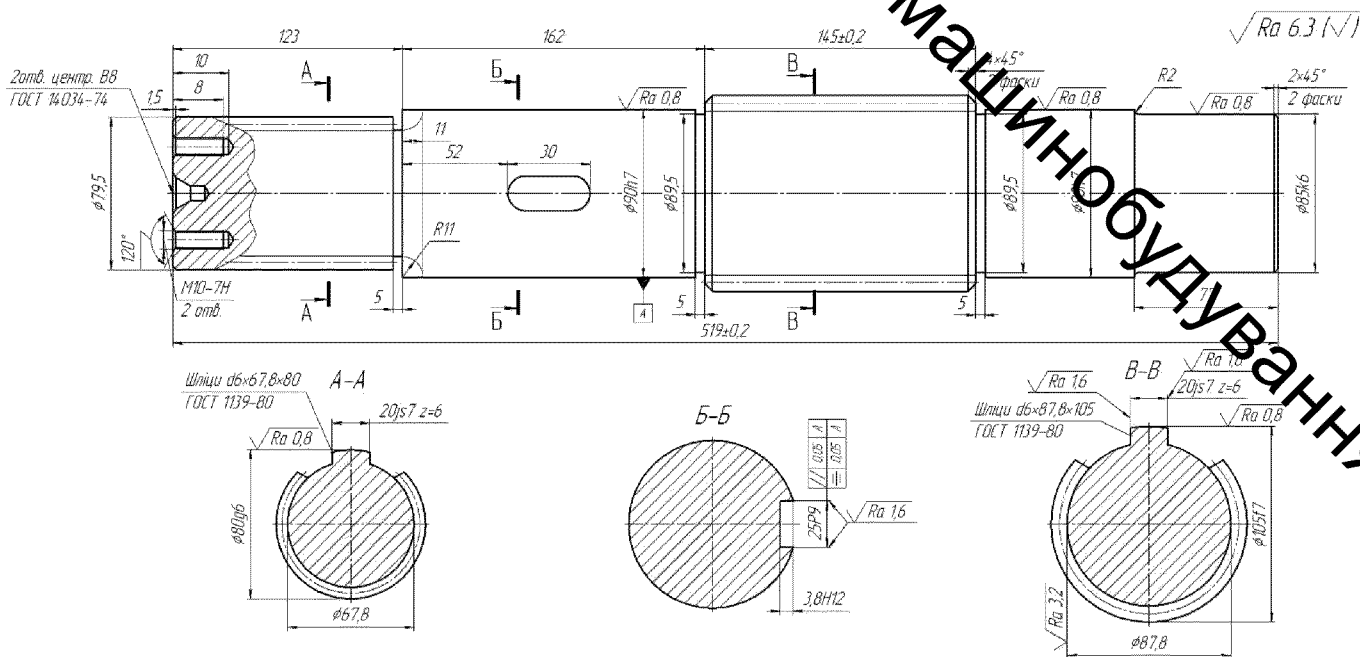


Рисунок 4.1 – Робочий кресленик деталі «Шліцьовий вал»

Таблиця 4.1 – Маршрут мехобробки деталі «Шліцьовий вал»

Операція	Зміст або найменування операції	Верстат, обладнання	Оснащення
1	2	3	4
005	Відрізати заготовку	Фрезерно-відрізний	Призматичні тиски
010	Термінна обробка		
015	Фрезерувати торці в розмір $519 \pm 0,2$ і центрувати з двох сторін одночасно	Фрезерно-центруючий 2Г942	Прийомники при верстаті
020	Точити: шийки $\varnothing 80g6$ до $\varnothing 85$; $\varnothing 90h7$ до $\varnothing 95$ і фаски	Токарний 16К20Ф3	Обертальний центр, повідковий патрон
025	Точити: шийки $\varnothing 85k6$ до $\varnothing 90$; $\varnothing 90h7$ до $\varnothing 95$ і фаски Точити: шийки $\varnothing 80g6$ до $\varnothing 80$; $\varnothing 105f7$ до $\varnothing 105,5h4$, фаски, $\varnothing 90h6$ до $\varnothing 90,5h4$, проточити дві канавки $B=5$	Токарний 16К20Ф3	Те саме
030	Точити шийки $\varnothing 80g6$ до $\varnothing 85,5h4$; $\varnothing 90h6$ до $\varnothing 90,5h14$, фаски, канавки $B=5$	Токарний 16К20Ф3	Те саме
035	Фрезерувати шпонковий паз 6	Шпоночно-фрезерний 6930	Самоцентруючі тиски
040	Обробити два різьбових отвори М10 на глибину 10	Радіально-свердлильний 2А554	Прийомники для свердління на торцях валів
045	Фрезерувати шість шліців в розмір 20js, до $\varnothing 87,8$	Шліцефрезерний горизонтальний напівавтомат 5А352ПФ2	Центри, повідок
050	Фрезерувати шість шліців в розмір 20js, до $\varnothing 67,8$	Те саме	Те саме
055	Зачистити заусенці	Механізований верстат	
060	Шліфувати шийки $\varnothing 80g6$, $\varnothing 90h7$, $\varnothing 105f7$; торець Д	Круглошліфувальний 3М53ДФ2	Центри, повідок
065	Шліфувати шийки $\varnothing 85k6$ і $\varnothing 90h7$	Те саме	Те саме

Отже, маршрут мехобробки заготовки деталі «Вал-шестерня КПП» буде розроблено подібно до типового маршруту для деталі «Шліцьовий вал», який наведено в таблиці 4.1, однак матиме незначні відмінності за структурою та кількістю операцій.

4.2 Розрахунок кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні $\phi 75k6$

Вибір кількості переходів мехобробки будемо знаходити за формулою (4.1):

$$\varepsilon = \frac{T_3}{T_d} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \dots \frac{T_{i-1}}{T_i} \dots \frac{T_4}{T_d} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \dots \varepsilon_i \dots \varepsilon_n = \prod_{i=1}^n \varepsilon_i \quad (4.1)$$

Для розміру $\phi 75k6$ мм допуск заготовки – 2,8 мм, а допуск деталі «Вал-шестерня КПП» – 19 мкм.

Уточнення для розміру $\phi 75k6$:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}} = \frac{2800}{19} = 147,4.$$

Вибираємо $n = 4$ ступеня мехобробки, призначивши $\varepsilon_1 = 6$; $\varepsilon_2 = 5$; $\varepsilon_3 = 3$. Для останній перехід розрахуємо за формулою:

$$\varepsilon_4 = \frac{\varepsilon_{\Sigma}}{\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3} = \frac{147,4}{6 \cdot 5 \cdot 3} = 1,64.$$

Допуски розмірів розраховуємо на кожний перехід відповідно з [6]:

- після першого переходу: $T_1 = \frac{T_{\text{заг}}}{\varepsilon_1} = \frac{2800}{6} = 467$ (мкм) (ІТ 14);
- після другого переходу: $T_2 = \frac{T_1}{\varepsilon_2} = \frac{467}{5} = 93$ (мкм) (ІТ 10);

- після третього переходу: $T_3 = \frac{T_2}{\varepsilon_3} = \frac{93}{3} = 31$ (мкм) (ІТ 8);

- після четвертого переходу: $T_4 = \frac{T_3}{\varepsilon_4} = \frac{31}{2} = 19$ (мкм) (ІТ 6).

Приймаємо такі ступені мехобробки: чорнове точіння; чистове точіння, чорнове та чистове шліфування.

4.3 Вибір чистових та чорнових технологічних баз з обґрунтуванням їх вибору

Для деталі «Вал-шестерня КПП» чистовими технологічними базами приймаємо зовнішні циліндричні поверхні, які підготовлюються після чорнового обточування заготовки. Базування здійснюється в трьохкулачковому патроні для основної більшості операцій. При цьому способі закріплення поверхні забезпечується закріплення та обробку деталі «Вал-шестерня КПП» відносно осі з досягненням необхідної ступені точності точності. Тому при використанні цих чистових баз забезпечено принцип постійності базування, а також значно мінімізуються похибки базування. Це дозволяє досягнути всі необхідних допусків форми і розташувань.

Чорновою базою в даному випадку ми приймаємо класичну схему базування. Для токарної операції закріплюємо за зовнішній діаметр заготовки для утворення чистових баз, що зменшує припуски на обробку зубчастої поверхні. Підібрані чистові і чорнові бази забезпечують всі поставлені вимоги до деталі «Вал-шестерня КПП».

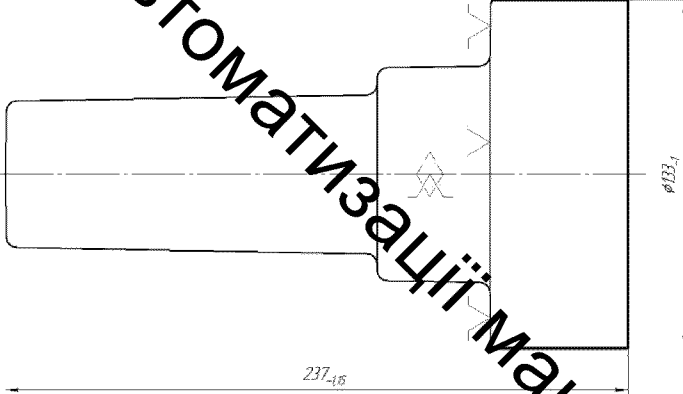
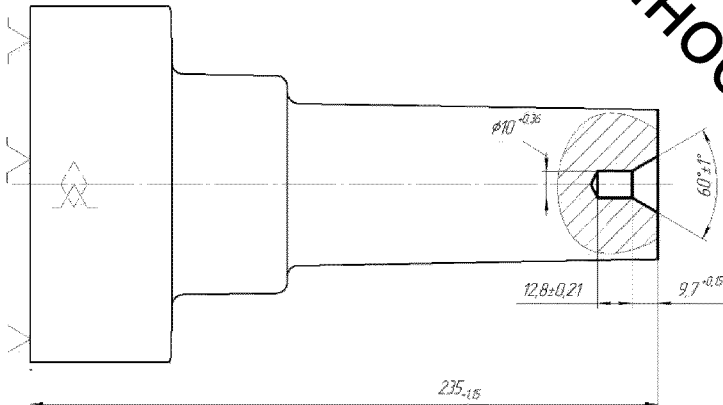
Проведемо аналіз похибок під час базування, що виникають на усіх операціях. Похибка базування на токарній, фрезерній та шліфувальній операції відсутні через принцип постійності баз, обробки діаметральних розмірів та співпадіння конструкторської і технологічної баз.

4.4 Проектування двох варіантів маршруту механічної обробки

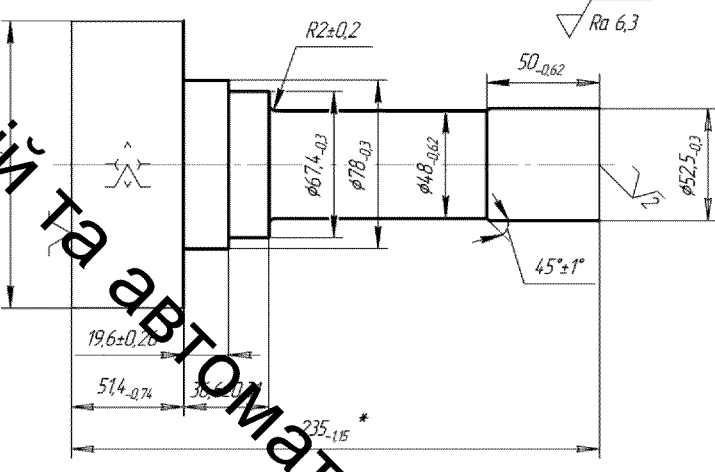
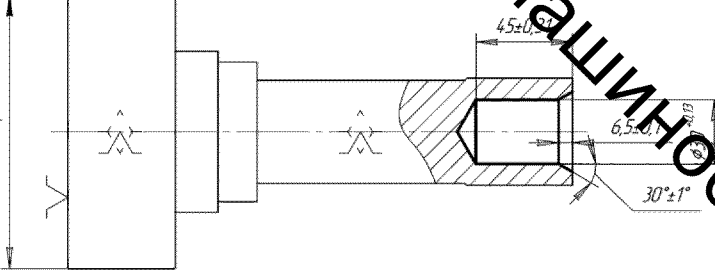
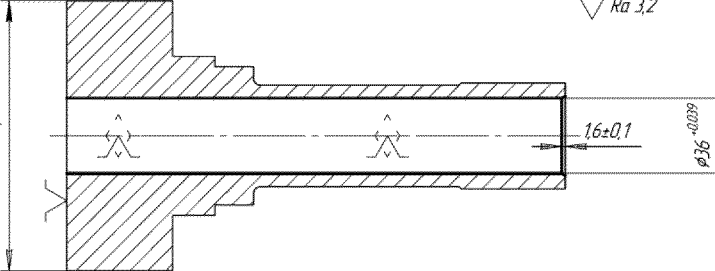
Проектуючи маршрути мехобробки поверхонь деталі, виходять з того, що кожен наступний метод обробки повинен бути більш точнішим ніж попередній. Технологічні допуски на проміжні розміри і якість поверхонь, що отримані на

на попередньому етапі обробки, повинні мати числові значення, за яких можливе нормальне використання дальшого методу обробки, що намічається.

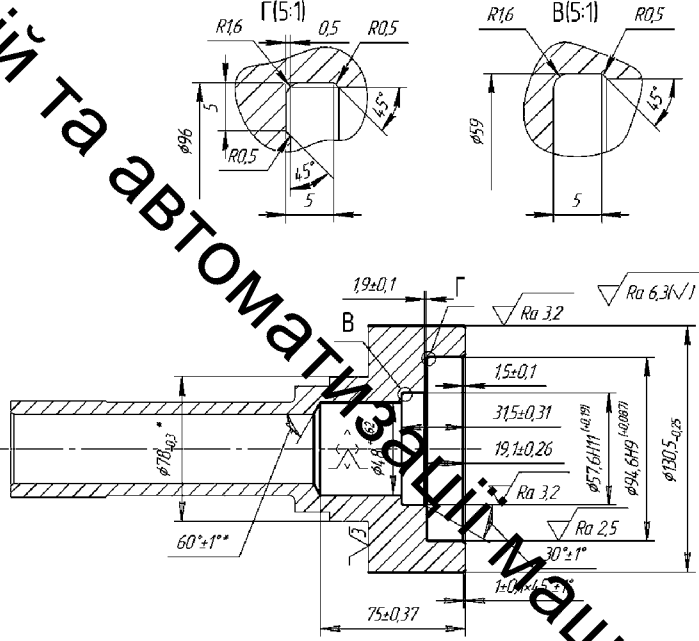
Таблиця 4.2 – Маршрут механічної обробки (Перший варіант)

Номер, назва і зміст операції	Ескіз обробки зі схемою базування	Тип і модель верстата
1	2	3
005 Термічна	Нормалізація	
010 Токарно-револьверна з ЧПК 1. Установити і закріпити заготовку. 2. Точити правий торець в розмір 237 мм. 3. Точити зовнішню циліндричну поверхню Ø133 мм. 4. Переустановити деталь. 5. Точити торець витримуючи розмір 235 мм. 6. Центрувати отвір Ø10 мм. 7. Зняти деталь.	Установ 1  Установ 2 	Токарно-револьверний з ЧПК 1П420ПФ30

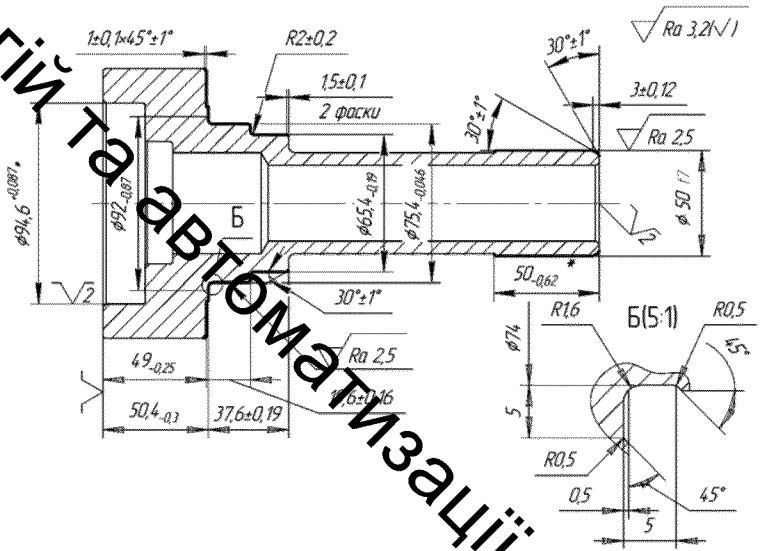
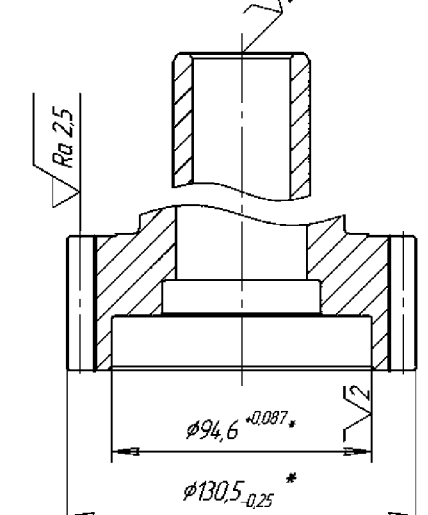
Продовження таблиці 4.2

1	2	3
015 Токарна з ЧПК 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Точити зовнішню поверхню по контуру $\varnothing 52,5$ мм, $\varnothing 67,4$ мм, $\varnothing 78$ мм з підрізанням торця та витримуванням розмірів 51,4 мм, 36,6 мм, 19,6 мм. 3. Точити зовнішню поверхню $\varnothing 48$ мм та радіус R2. 4. Підрізати торець, витримуючи розмір під шліці 50 мм. 5. Зняти деталь.		Токарно-гвинторізний верстат з ЧПК 16K20Ф3
020 Токарна 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Свердли отвір $\varnothing 30$ мм на глибину 45 мм. 3. Зенкувати фаску шириною 6,5 під кутом 30°. 4. Зняти деталь.		Токарно-гвинторізний верстат 16K20
025 Токарна з ЧПК 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Свердли отвір $\varnothing 36$ мм наскрізь. 5. Зняти деталь.		Верстат для глибокого свердління з ЧПК ML 300

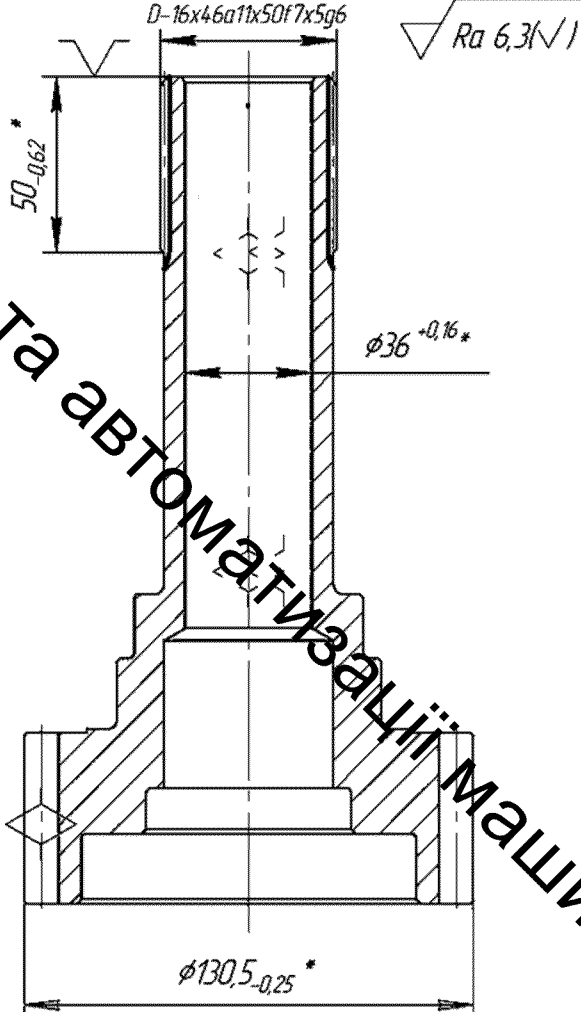
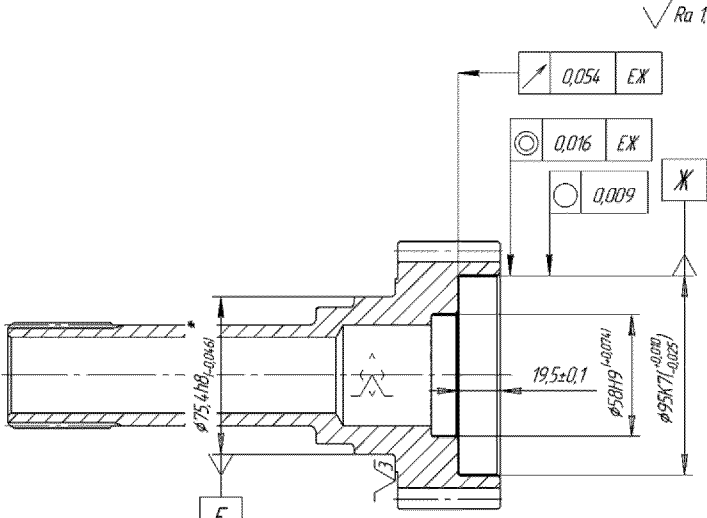
Продовження таблиці 4.2

1	2	3
030 Токаря з ЧПК 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Точити зовнішню поверхню остаточно $\varnothing 130,5$ мм з утворенням фасок $1 \times 45^\circ$. 3. Розсвердлити отвір $\varnothing 48$ мм на глибину 75 мм. 4. Розточити отвір $\varnothing 55,6$ мм попередньо на глибину 31,5 мм. 5. Розточити отвір $\varnothing 91,6$ мм попередньо на глибину 19,1 мм. 6. Розточити канавки В та Г в розмір $\varnothing 59$ мм та $\varnothing 96$ мм, відповідно. 7. Розточити отвір $\varnothing 57,6$ мм остаточно з утворенням фаски 30°. 8. Розточити отвір $\varnothing 93,6$ мм попередньо. 9. Розточити отвір $\varnothing 94,6$ мм остаточно з утворенням фаски 30°. 10. Зняти деталь.		Токарно-револьверний з ЧПК 1П420ПФ30

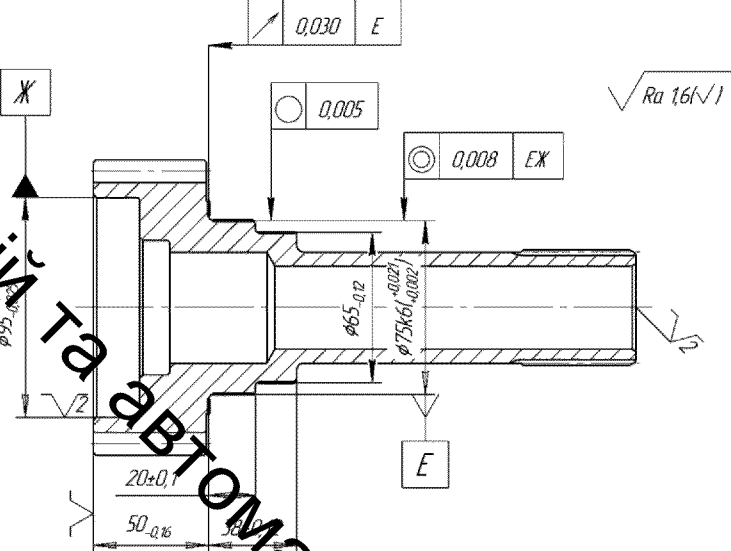
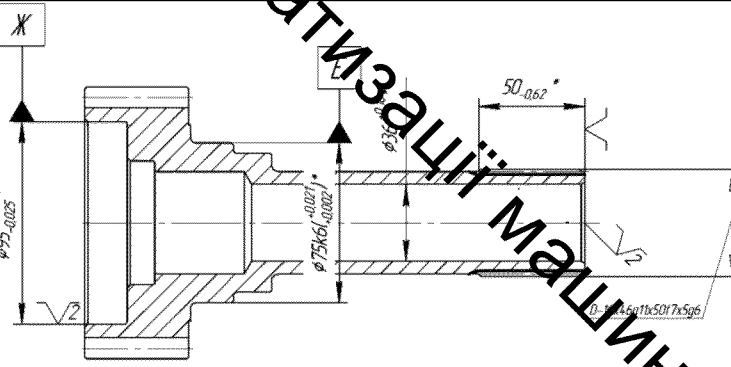
[illegible]

035 Токарна з ЧПК 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Точити поверхню під шліці Ø50,5 мм. 3. Точити по контуру Ø65,4 мм, Ø76 мм і радіус R2 мм з підрізкою торця, витримуючи розміри 50,4 мм, 37,6 мм, 19,6 мм. 4. Точити канавку Б. 5. Точити уступ Ø92 мм витримуючи розмір 49 мм із зняттям фаски 1x45°. 6. Точити поверхню під шліці Ø50f7 мм з утворенням фасок під кутом 30°. 7. Зняти деталь.	2  Technical drawing of a turned part. The main view shows a stepped shaft with the following dimensions: total length 130.5 ± 0.25 mm, outer diameter Ø94.6 ± 0.087 mm, inner diameter Ø50.4 ± 0.12 mm, and a central section with diameter Ø65.4 ± 0.08 mm. Surface finish requirements include Ra 3.2 for the outer surface and Ra 2.5 for the inner surface. A detail view shows a cross-section of a hole with a diameter of Ø76 mm and a depth of 5 mm, with a fillet radius R0.5 and a chamfer of 1x45°.	3 Токарно-револьверний з ЧПК 1П420ПФ30
040 Зубофрезерна 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Фрезерувати зуби згідно модуля 4,5 мм та кількості зубів 27 шт. 3. Зняти деталь.	2  Technical drawing of a gear part. The main view shows a gear with a module of 4.5 mm and 27 teeth. The dimensions include a total length of 130.5 ± 0.25 mm, an outer diameter of Ø94.6 ± 0.087 mm, and a fillet radius R0.5. A detail view shows a cross-section of the gear teeth with a depth of 5 mm and a fillet radius R0.5.	Зубофрезерний верстат 5Д32

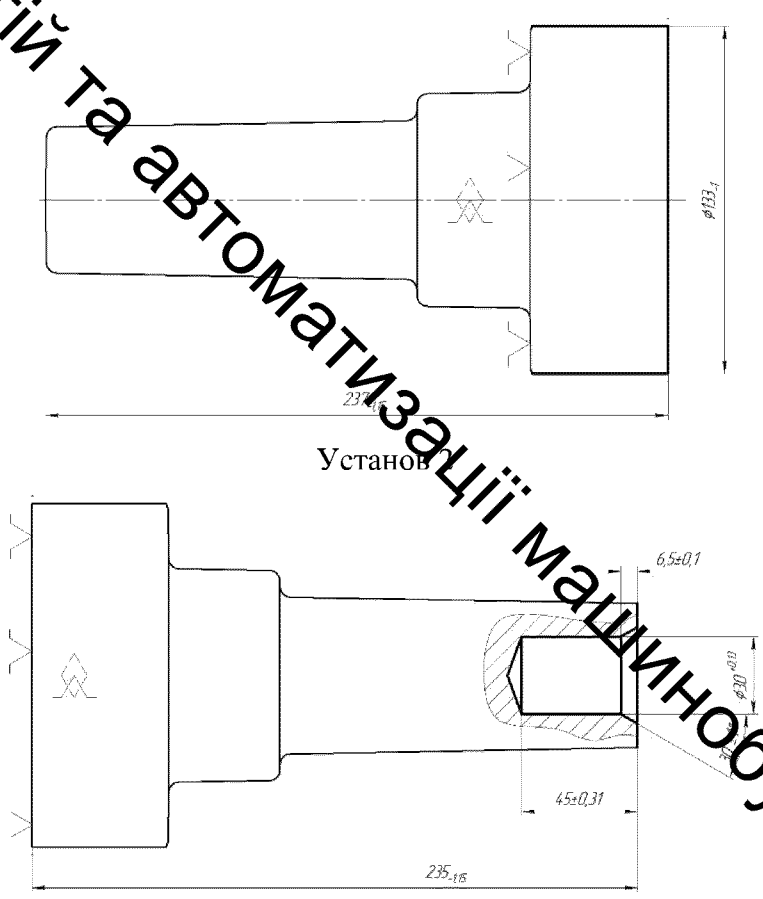
Продовження таблиці 4.2

1	2	3
045 Шліцефрезерна 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Фрезерувати шліць D-16x46a11x50f7x5g6. 3. Зняти деталь.		Зубофрезерний верстат 5Д32
050 Хіміко-термічна	Провести нітоцементацию, загартувати з охолодженням в маслі, відпустити при температура 190-210°C.	
055 Внутрішньошліфувальна 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Шліфувати отвір Ø58 мм та отвір Ø95 мм з підшліфовкою торця. 3. Зняти деталь.		Внутрішньошліфувальний верстат 3К227В

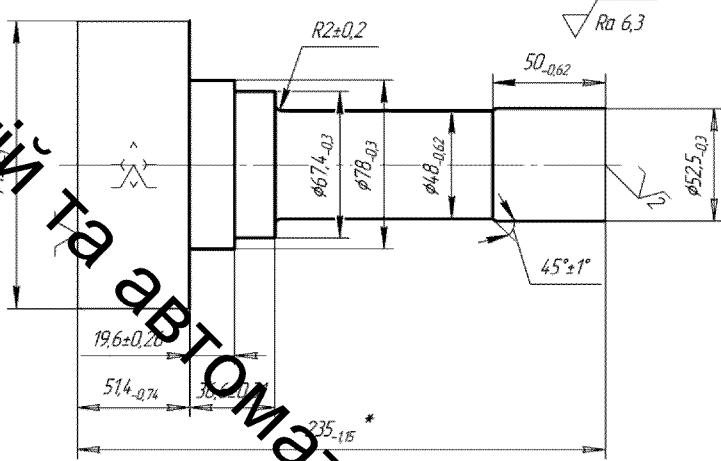
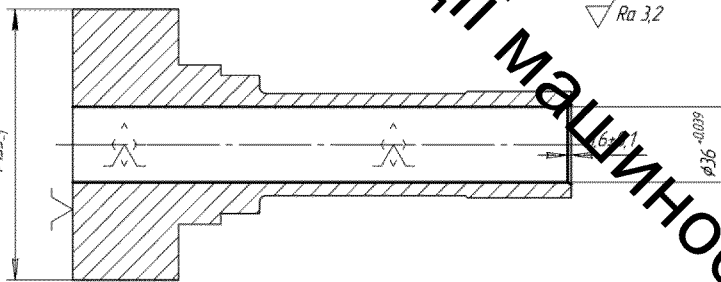
Продовження таблиці 4.2

1	2	3
060 Круглошліфувальна з ЧПК 1. Встановити та закріпити деталь 2. Шліфувати шийку вала з підшліфовкою торців. 3. Зняти деталь.		Круглошліфувальний з ЧПК ЗМ151Ф2
065 Шліцешліфувальна 1. Встановити та закріпити деталь 2. Шліфувати шліці витримуючи розмір D-16x46a11x50f7x5g6. 3. Зняти деталь.		Шліцешліфувальний верстат ЗБ451
070 Промити деталь		
075 Технічний контроль		

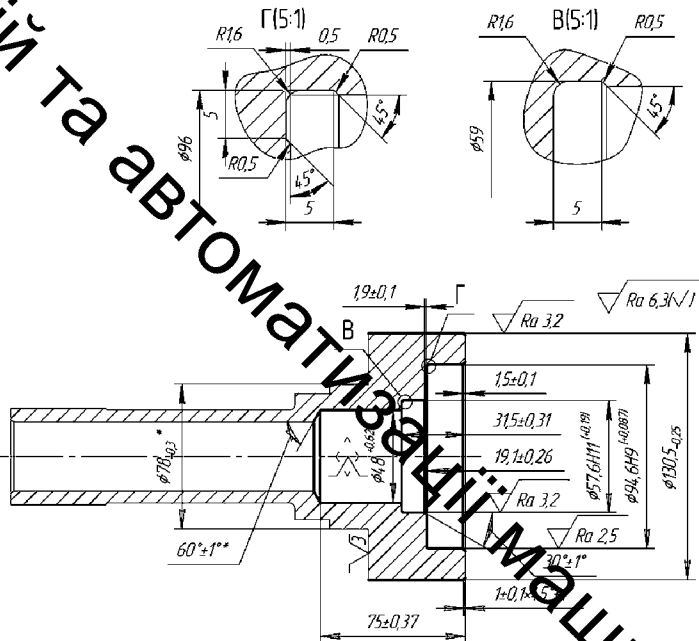
Таблиця 4.3 – Маршрут механічної обробки (Другий варіант)

Номер, назва і зміст операції	Ескіз обробки зі схемою базування	Тип і модель верстата
1	2	3
005 Термічна	Нормалізація	
010 Токарно-револьверна з ЧПК 1. Установити і закріпити заготовку. 2. Точити правий торець в розмір 237 мм. 3. Точити зовнішню циліндричну поверхню Ø133 мм. 4. Переустановити деталь. 5. Точити торець витримуючи розмір 235 мм. 6. Центрувати отвір Ø10 мм. 7. Свердлити отвір Ø30мм на глибину 45 мм. 8. Зенкувати фаску шириною 6,5 під кутом 30°. 9. Зняти деталь.	Установ 1  Установ 2	Токарно-револьверний з ЧПК 1П420ПФ30

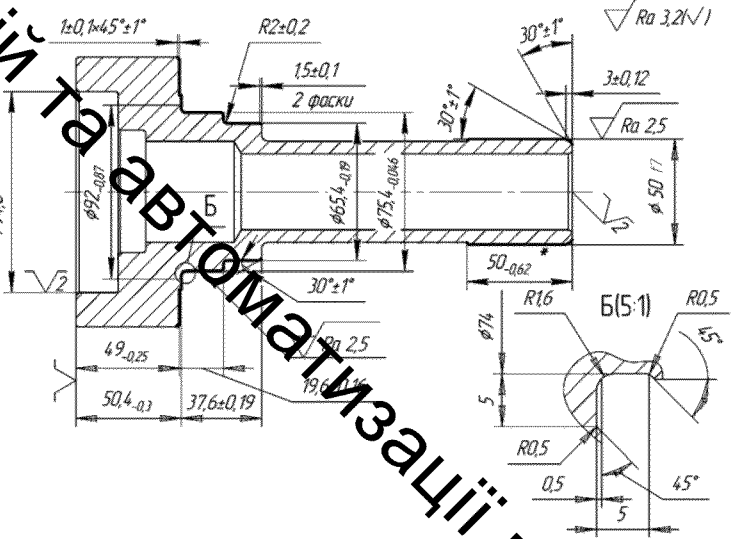
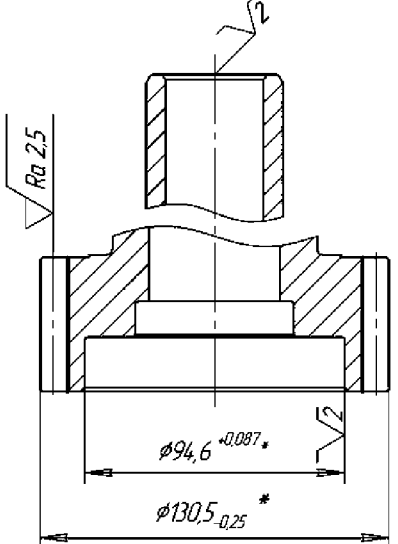
Продовження таблиці 4.3

1	2	3
015 Токарна з ЧПК 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Точити зовнішню поверхню по контуру $\varnothing 52,5$ мм, $\varnothing 67,4$ мм, $\varnothing 78$ мм з підрізанням торця та витримуванням розмірів 51,4 мм, 36,6 мм, 19,6 мм. 3. Точити зовнішню поверхню $\varnothing 48$ мм та радіус R2. 4. Підрізати торець, витримуючи розмір під шліці 50 мм. 5. Зняти деталь.		Токарно-гвинторізний верстат з ЧПК 16К20Ф3
020 Токарна з ЧПК 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Свердлити отвір $\varnothing 36$ мм наскрізь. 3. Зняти деталь.		Верстат для глибокого свердління з ЧПК ML 300

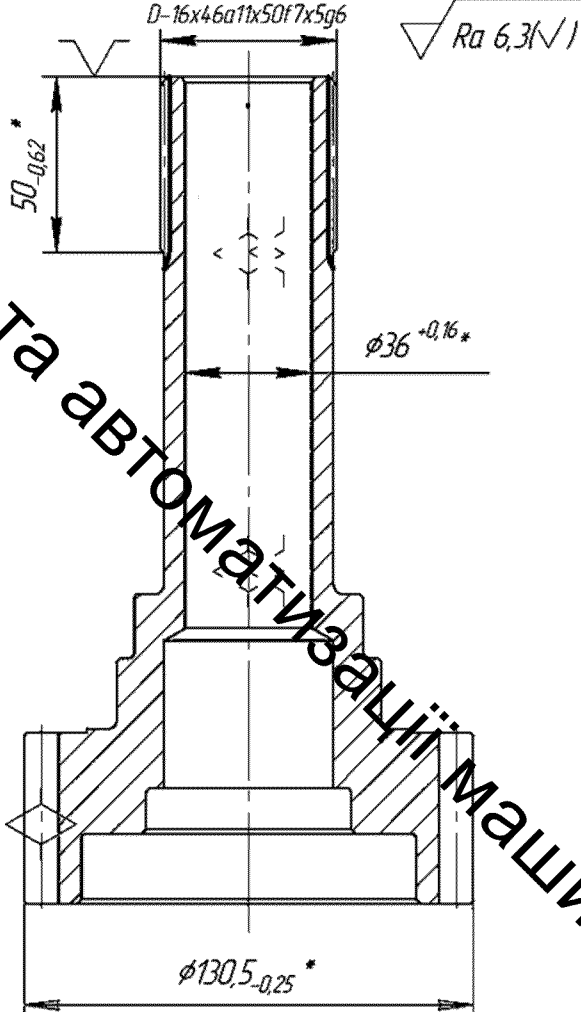
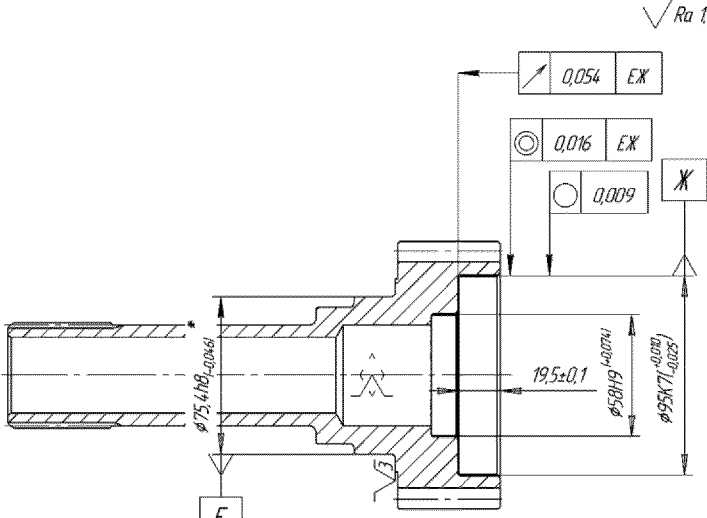
Продовження таблиці 4.3

1	2	3
025 Токарно-револьверний з ЧПК 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Точити зовнішню поверхню остаточно $\varnothing 130,5$ мм з утворенням фасок $1 \times 45^\circ$. 3. Розсвердлити отвір $\varnothing 48$ мм на глибину 75 мм. 4. Розточити отвір $\varnothing 55,6$ мм попередньо на глибину 31,5 мм. 5. Розточити отвір $\varnothing 91,6$ мм попередньо на глибину 19,1 мм. 6. Розточити канавки В та Г в розмір $\varnothing 59$ мм та $\varnothing 96$ мм, відповідно. 7. Розточити отвір $\varnothing 57,6$ мм остаточно з утворенням фаски 30°. 8. Розточити отвір $\varnothing 93,6$ мм попередньо. 9. Розточити отвір $\varnothing 94,6$ мм остаточно з утворенням фаски 30°. 10. Зняти деталь.		Токарно-револьверний з ЧПК 1П420ПФ30

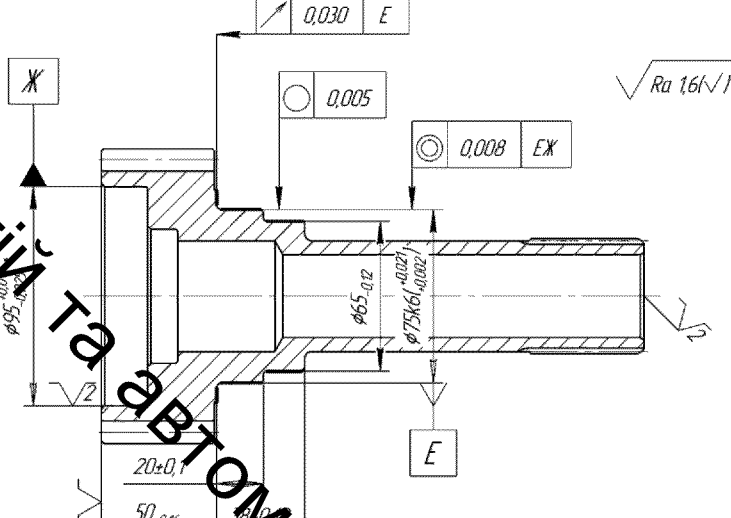
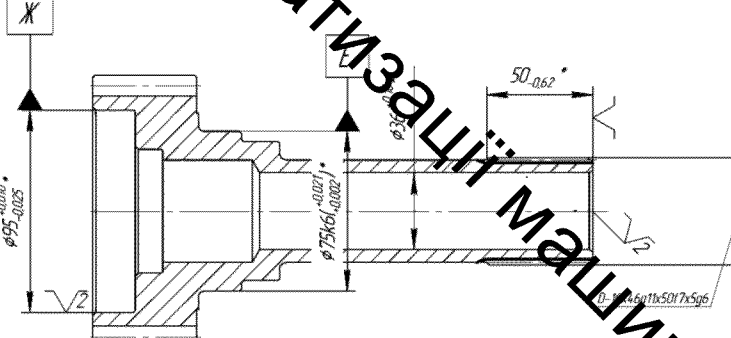
Продовження таблиці 4.3

	2	3
030 Токарно-револьверний з ЧПК 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Точити поверхню під шліці Ø50,5 мм. 3. Точити по контуру Ø65,4 мм, Ø76 мм і радіус R2 мм з підрізкою торця, витримуючи розміри 50,4 мм, 37,6 мм, 19,6 мм. 4. Точити канавку Б. 5. Точити уступ Ø92 мм витримуючи розмір 49 мм із зняттям фаски 1x45°. 6. Точити поверхню під шліці Ø50f7 мм з утворенням фасок під кутом 30°. 7. Зняти деталь.		Токарно-револьверний з ЧПК 1П420ПФ30
035 Зубофрезерна 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Фрезерувати зуби згідно модуля 4,5 мм та кількості зубів 27 шт. 3. Зняти деталь.		Зубофрезерний верстат ДБЗ

Продовження таблиці 4.3

1	2	3
040 Шліцефрезерна 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Фрезерувати шліць D-16x46a11x50f7x5g6. 3. Зняти деталь.		Зубофрезерний верстат 5Д32
045 Хіміко-термічна	Провести нітоцементацию, загартувати з охолодженням в маслі, відпустити при температура 190-210°C.	
050 Внутрішньошліфувальна 1. Встановити та закріпити деталь. 2. Шліфувати отвір Ø58 мм та отвір Ø95 мм з підшліфовкою торця. 3. Зняти деталь.		Внутрішньошліфувальний верстат 3К227В

Продовження таблиці 4.3

1	2	3
055 Круглошліфувальна з ЧПК 1. Встановити та закріпити деталь 2. Шліфувати шийку вала з підшліфовкою торців. 3. Зняти деталь.		Круглошліфувальний з ЧПК ЗМ151Ф2
060 Шліцешліфувальна 1. Встановити та закріпити деталь 2. Шліфувати щіці витримуючи розмір D-16x46a11x50f7x5g6. 3. Зняти деталь.		Шліцешліфувальний верстат ЗБ451
065 Промити деталь		
070 Технічний контроль		

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

Основним критерієм раціонального вибору та порівняння двох варіантів мехобробки є мінімум приведених затрат на одиницю виробу. Приведені затрати за годину можна розрахувати по формулі (4.3):

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

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

Оскільки при обробці поверхонь в першому варіанті використовується тільки універсальний токарно-гвинторізний верстат 16K20, а в другому – ці роботи перекинуто на токарно-револьверний верстати з ЧПК 1П420ПФ30, то визначимо собівартість операцій.

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

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

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 та прискорених розрахунків використаємо укрупнені нормативи. Проводимо аналогічне нормування всіх переходів, дані занесено до таблиці 4.4.

Штучно-калькуляційний час визначається по формулі (4.5):

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

Таблиця 4.4 – Основний час маршруту мехобробки (1-й та 2-й варіанти)

Назва переходу, операції	Основний час на виконання переходу, t_0 , хв.			
	Формула	Розміри		Результат
		d	l	
Операція 020 (1-й варіант) та операція 005 (2-й варіант)				
2. Свердли́ти отвір Ø30мм на глибину 45 мм.	0,00056dl	30	45	0,76
3. Зенкувати фаску шириною 6,5 під кутом 30°.	0,00021dl	45	6,5	0,06

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	0,82	1,36	1,12
<u>Другий варіант</u>			
005	0,82	1,30	1,07

Таблиця 4.6 – Приведені годинні витрати

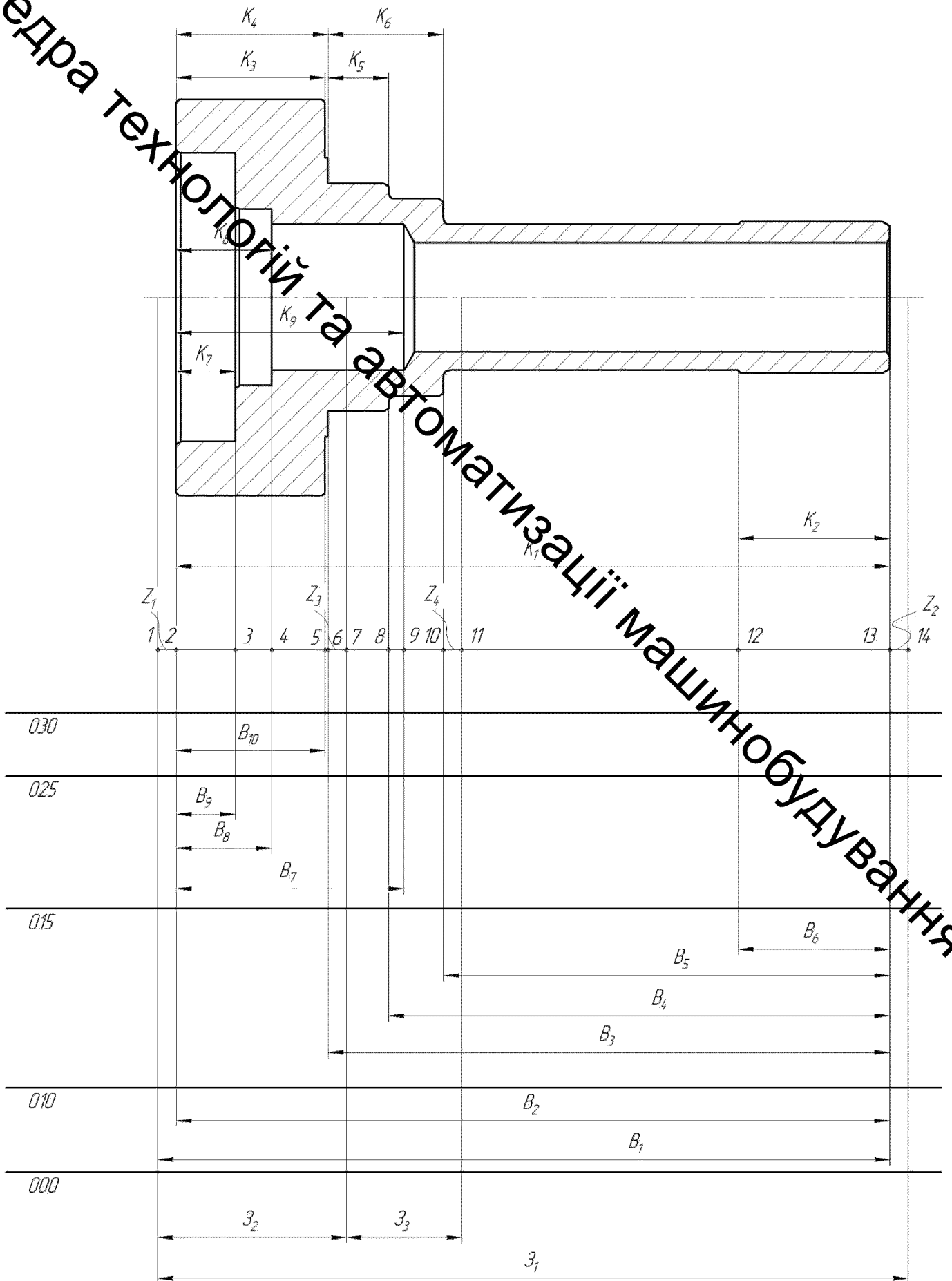
Тип верстату	Штучний час $t_{шт}$, хв	Годинні приведені витрати $C_{п.з.}$	Технологічна собівартість C_o , грн
<u>Перший варіант</u>			
16K20	1,12	54,6	0,784
<u>Другий варіант</u>			
1П420ПФ30	1,07	42,5	0,583

Отже, вироби виготовлені за першим із запропонованих техпроцесів буде мати більшу собівартість у порівнянні із деталлю виготовленою за другим варіантом маршруту техобробки, що на 0,2 грн є дорожчим. Тому обираємо 2-й маршрут техобробки деталі.

4.6 Розмірний аналіз технологічного процесу

Згідно з [9], доцільно розташовувати необхідні технологічні розміри (див. табл. 4.7) таким чином, щоб вони співпадали з відповідними конструкторськими розмірами тому, що це зменшує кількість розрахунків для визначення граничних технологічних розмірів.

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



Рисунки 4.3 – Розмірна схема технологічного процесу

Таблиця 4.7 – 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	0,74	0,74
B_8	14	0,62	0,62
B_9	12	0,2	0,2
B_{10}	12	0,25	0,25

Вважаємо, що допуски розмірів вихідної заготовки визначені у Розділі 2 складають $T(Z_1) = 3,6$ мм, $T(Z_2) = 2,8$ мм, $T(Z_3) = 2,5$ 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.

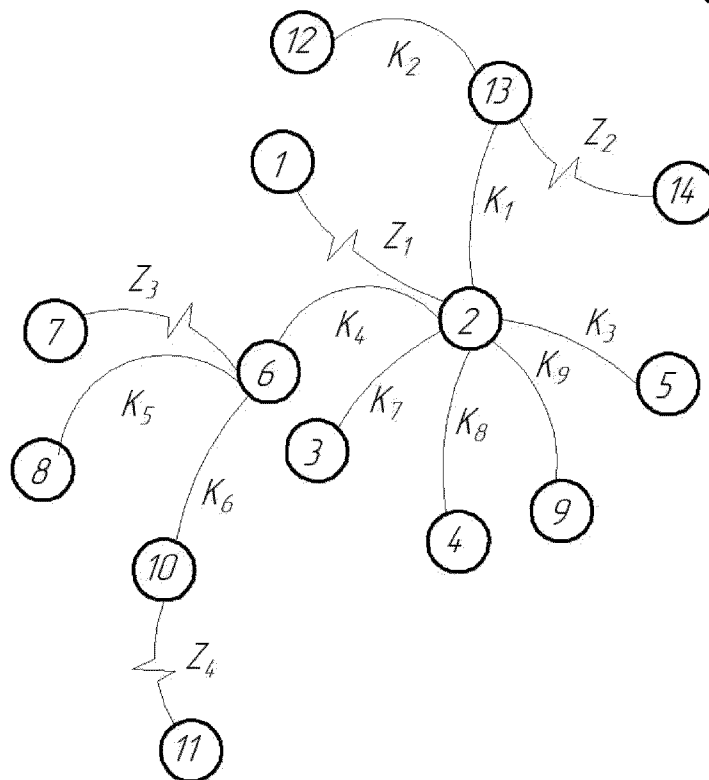


Рисунок 4.4 – Вихідний граф

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.

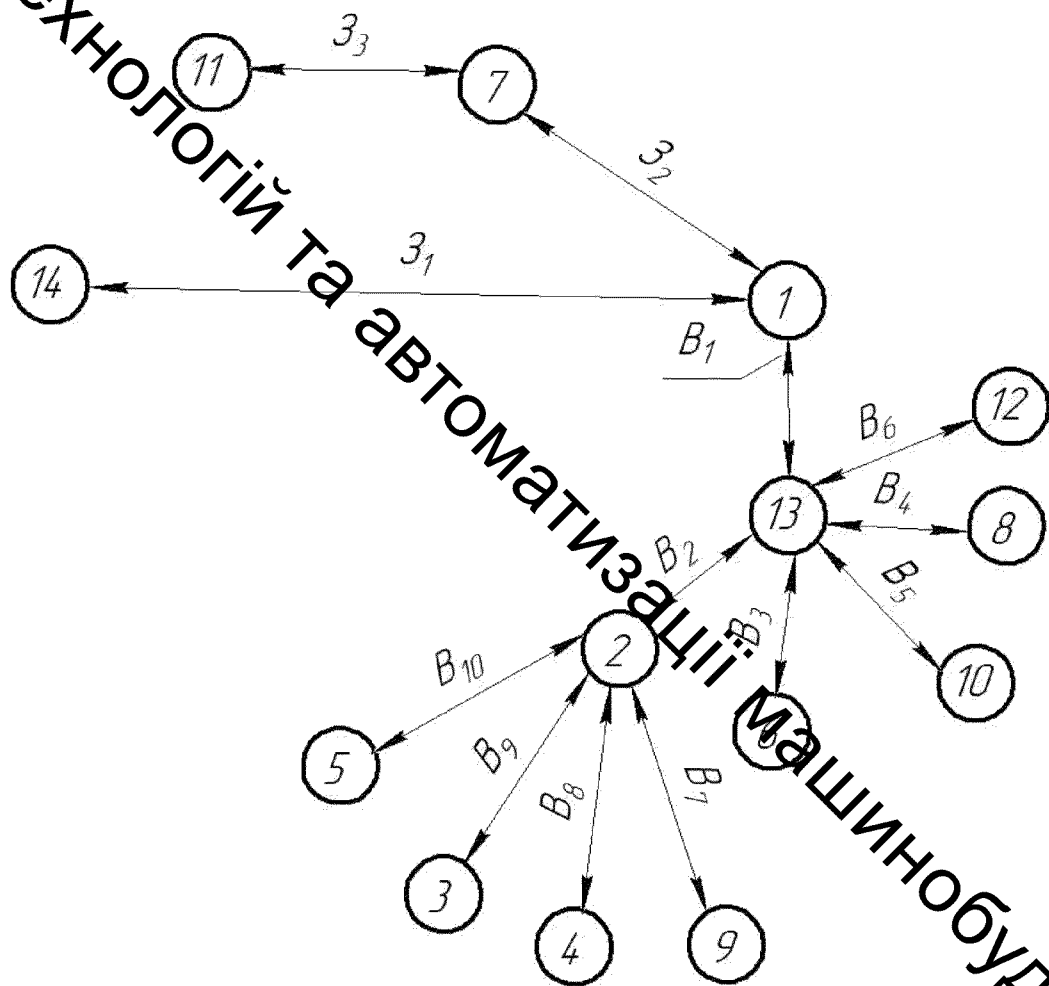


Рисунок 4.5 – Похідний граф

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

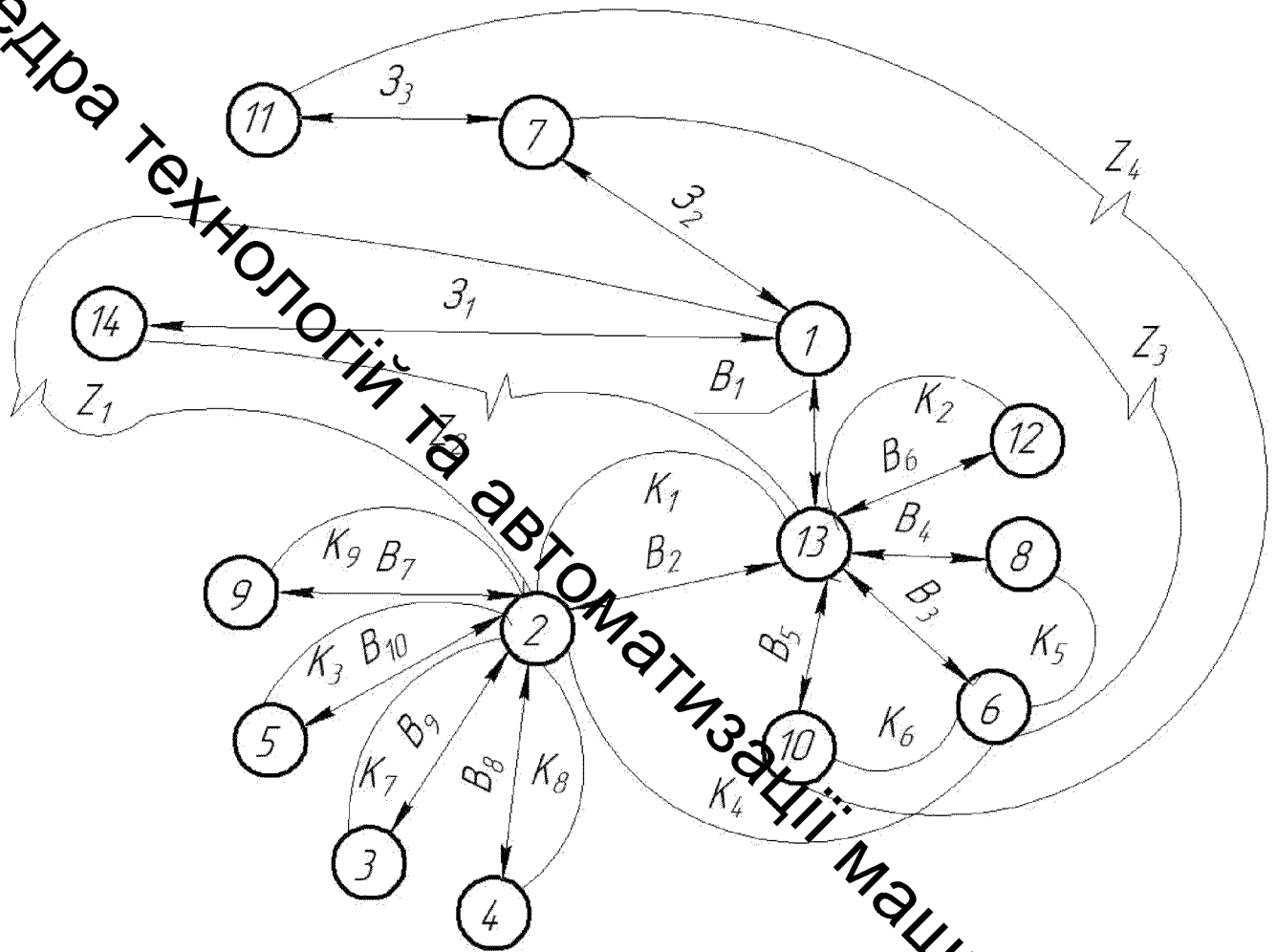


Рисунок 4.6 – Суміщене граф-дерево

Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь. Дані припусків зводимо в таблицю 4.8.

Таблиця 4.8 – Мінімальні припуски

Отримуваний технол. розмір	Спосіб обробки	Позначення припуску	Кількісне значення мінімального припуску, мм
Z_1	Точіння	Z_{2min}	3,4
B_1	Точіння	Z_{1min}	3,4
Z_2	Точіння	Z_{3min}	2,9
Z_3	Точіння	Z_{4min}	2,7

Проведемо розрахунок усіх рівнянь розмірних ланцюгів, використовуючи граф-дерева. Отримані рівняння внесемо в таблицю 4.9.

Таблиця 4.9 – Рівняння розмірів ланцюгів

№ ланцюга	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	$-K_9 + B_7 = 0$	$K_9 = B_7$	B_7
2	$-K_3 + B_{10} = 0$	$K_3 = B_{10}$	B_{10}
3	$-K_7 + B_9 = 0$	$K_7 = B_9$	B_9
4	$-K_8 + B_8 = 0$	$K_8 = B_8$	B_8
5	$-K_1 + B_2 = 0$	$K_1 = B_2$	B_2
6	$-K_2 + B_6 = 0$	$K_2 = B_6$	B_6
7	$-K_4 + B_2 - B_3 = 0$	$K_4 = B_2 - B_3$	B_3
8	$-K_6 + B_3 - B_5 = 0$	$K_6 = B_3 - B_5$	B_5
9	$-K_5 + B_4 - B_3 = 0$	$K_5 = B_3 - B_4$	B_4
10	$-Z_1 - B_2 + B_1 = 0$	$Z_1 = B_1 - B_2$	B_1
11	$-Z_2 - Z_1 + B_1 = 0$	$Z_2 = Z_1 - B_1$	Z_1
12	$-Z_3 - B_1 + B_3 + Z_2 = 0$	$Z_3 = B_3 + Z_2 - B_1$	Z_2
13	$-Z_4 + B_5 - B_1 + Z_2 + Z_3 = 0$	$Z_4 = B_5 + Z_2 + Z_3 - B_1$	Z_3

Визначаємо технологічні розміри для вихідної заготовки та максимальних припусків:

1. $K_9 = B_7$

Звідки знаходимо $B_7 = K_9 = 75 \pm 0,37$ мм.

2. $K_3 = B_{10}$

Звідки знаходимо $B_{10} = K_3 = 49_{-0,25}$ мм.

3. $K_7 = B_9$

Звідки знаходимо $B_9 = K_7 = 19,5 \pm 0,1$ мм.

4. $K_8 = B_8$

Звідки знаходимо $B_8 = K_8 = 31,5 \pm 0,31$ мм.

5. $K_1 = B_2$

Звідки знаходимо $B_2 = K_1 = 235_{-1,15}$ мм.

6. $K_2 = B_6$

Звідки знаходимо $B_6 = K_2 = 50 \pm 0,31$ мм.

7. $K_4 = B_2 - B_3$

$$B_{3\min} = B_{2\min} - K_{4\max}.$$

Отже:

$$B_{3\min} = 233.85 - 50 = 183.85 \text{ (мм)};$$

$$B_{3\max} = B_{3\min} + T(B_3) = 183.85 + 1,15 = 185 \text{ (мм)}.$$

Звідки знаходимо $B_3 = 184.425 \pm 0,575 \text{ мм}$.

$$8. K_6 = B_5 - B_3$$

$$B_{5\min} = B_{3\min} - K_{6\max}.$$

Отже:

$$B_{5\min} = 183.85 - 38.12 = 145.73 \text{ (мм)};$$

$$B_{5\max} = B_{5\min} + T(B_5) = 145.73 + 1,0 = 146.73 \text{ (мм)}.$$

Звідки знаходимо $B_5 = 146.23 \pm 0,5 \text{ мм}$.

$$9. K_5 = B_4 - B_3$$

$$B_{4\min} = B_{3\min} - K_{5\max}.$$

Отже:

$$B_{4\min} = 183.85 - 20.1 = 163.75 \text{ (мм)};$$

$$B_{4\max} = B_{4\min} + T(B_4) = 163.75 + 1,0 = 164.75 \text{ (мм)}.$$

Звідки знаходимо $B_4 = 164.25 \pm 0,5 \text{ мм}$.

$$10. Z_{1\min} = B_{1\min} - B_{2\max}$$

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

Отже:

$$B_{1\min} = 235 + 3.4 = 238.4 \text{ (мм)};$$

$$B_{1\max} = B_{1\min} + IT(B_1) = 238.4 + 1,15 = 239.55 \text{ (мм)}.$$

$$B_1 = 239.55_{-1,15}$$

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

$$Z_{2\max} = 239.5 - 233.85 = 5.64 \text{ мм}.$$

$$11. Z_{2\min} = B_{1\min} - B_{2\max}$$

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

Отже:

$$Z_{1\min} = 239.55 + 3.4 = 242.95 \text{ (мм)};$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + IT(Z_1) = 242.95 + 3.6 = 246.55 \text{ (мм)}.$$

$$Z_1 = 246.55_{-3.6}$$

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

$$Z_{2\max} = 246.55 - 238.4 = 8.15 \text{ мм}.$$

$$12. Z_{3\min} = B_{3\min} + Z_{2\min} - B_{1\max}$$

$$Z_{2\min} = B_{1\max} - B_{3\min} + Z_{3\min}.$$

Отже:

$$Z_{2\min} = 239.55 - 183.85 + 2.9 = 58.6 \text{ (мм)};$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + T(Z_2) = 58.6 + 2.8 = 61.4 \text{ (мм)}.$$

$$Z_2 = 61.4_{-2.8} \text{ мм}.$$

$$Z_{3\max} = B_{3\max} + Z_{2\max} - B_{1\min}$$

$$Z_{3\max} = 185 + 61.4 - 238.4 = 8 \text{ (мм)}.$$

$$13. Z_{4\min} = B_{5\min} - B_{1\max} + Z_{2\min} + Z_{3\min}.$$

$$Z_{3\min} = B_{1\max} - B_{5\min} + Z_{4\min} - Z_{2\min}.$$

Отже:

$$Z_{3\min} = 239.55 - 145.73 + 2.7 - 58.6 = 37.92 \text{ (мм)};$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + T(Z_3) = 37.92 + 2.5 = 40.42 \text{ (мм)}.$$

$$Z_3 = 40.42_{-2.5} \text{ мм}.$$

$$Z_{3\max} = B_{5\max} - B_{1\min} + Z_{2\max} + Z_{3\max}$$

$$Z_{3\max} = 146.73 - 238.4 + 61.4 + 40.42 = 10.15 \text{ (мм)}.$$

Таблиця 4.10 – Значення розрахованих технологічних розмірів, розмірів заготовки, а також усіх їх допусків, мм

Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номінальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на креслені вихідної заготовки
	Мінімальний розмір	Максимальний розмір				
З ₁	242,95	246,55	3,6	246,55		246,55 _{-3,6}
З ₂	58,6	61,4	2,8	61,4		61,4 _{-2,8}
З ₃	37,92	40,42	2,5	40,42		40,42 _{-2,5}
В ₁	238,4	239,55	1,15	239,55	239,55 _{-1,15}	
В ₂	233,85	235	1,15	235	235 _{-1,15}	
В ₃	183,85	185	1,15	184,425	184,425 ± 0,575	
В ₄	163,75	164,75	1,0	164,25	164,25 ± 0,5	
В ₅	145,73	146,73	1,0	146,23	146,23 ± 0,5	
В ₆	50,69	50,31	0,62	50	50 ± 0,31	
В ₇	74,63	75,37	0,74	75	75 ± 0,37	
В ₈	31,19	31,81	0,62	31,5	31,5 ± 0,31	
В ₉	19,4	19,6	0,2	19,5	19,5 ± 0,1	
В ₁₀	48,75	49	0,25	49	49 _{-0,25}	

В результаті розрахунку визначено технологічні розміри для мехобробки, а також необхідні припуски та розміри для заготовки. На їх основі в подальшому буде розроблено техпроцес та уся документація пов'язана з ним.

4.7 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні

Поверхня $\varnothing 75k6^{+0,021}_{+0,002}$ мм обробляється на операції 015 (чорнове точіння, напівчистове точіння точіння) і операції 030 (чистове точіння) та 035 (чорнове шліфування).

Визначення значень Rz і T проводимо згідно до рекомендацій списку літературних джерел. Заготовка в нашому випадку – це отримана методом кування.

Таблиця 4.11 – Параметри поверхонь

Стан поверхні	Параметр шорсткості R_z	Параметр точності T
Заготовка	200	2800
Чорнове точіння	150	467
Попереднє точіння	100	93
Остаточне точіння	50	31
Чорнове шліфування	30	19

Визначимо мінімальний припуск на мехобробку для чорнового точіння (операція 015).

Розрахуємо мінімальне значення міжопераційних припусків за формулою (4.5):

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

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:

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

де Δ_k — питома кривизна;

l — довжина обробки, дорівнює 20 мм за один установ;

ρ_c — відхилення, розраховується за формулою (4.7):

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

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

$$\rho_{\text{ц}} = \sqrt{\left(\frac{2,8}{2}\right)^2 + 0,25^2} = 1,42 \text{ [мм]}.$$

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

Таким чином:

$$\rho = \sqrt{(1,3 \cdot 20)^2 + 1420^2} = 1420 \text{ [мкм]}.$$

Остаточні просторові відхилення:

- після точіння чорнового $\rho_1 = 0,06 \cdot \rho = 0,06 \cdot 1420 = 85,2 \text{ (мкм)}$;
- після точіння попереднього $\rho_2 = 0,05 \cdot \rho_1 = 0,05 \cdot 85,2 = 4,26 \text{ (мкм)}$;
- після точіння остаточного $\rho_3 = 0,05 \cdot \rho_2 = 0,05 \cdot 4,26 = 0,21 \text{ (мкм)}$;
- після шліфування чорнового $\rho_4 = 0,05 \cdot \rho_3 = 0,05 \cdot 0,21 = 0,01 \text{ (мкм)} \approx 0$.

Мінімальний припуск:

- на точіння чорнове: $2Z_{\min 1} = 2 \cdot (200 + 2800 + 1420) = 2 \cdot 4420 \text{ (мкм)}$;
- на точіння попереднє: $2Z_{\min 2} = 2 \cdot (150 + 467 + 85,2) = 2 \cdot 702,2 \text{ (мкм)}$;
- на точіння остаточне: $2Z_{\min 3} = 2 \cdot (50 + 93 + 4,26) = 2 \cdot 147,26 \text{ (мкм)}$;
- на шліфування чорнове: $2Z_{\min 4} = 2 \cdot (30 + 31 + 0,21) = 2 \cdot 61,21 \text{ (мкм)}$;
- отримана деталь: $2Z_{\min 5} = 2 \cdot (5 + 19 + 0) = 2 \cdot 24 \text{ (мкм)}$.

Розрахунковий діаметр:

- шліфування чорнове: $d_{p4} = 75,021 \text{ мм}$ – розмір, який вказано на кресленні.
- точіння остаточне:

$$d_{p3} = d_{p4} + 2z_{\min 4} = 75,021 + 2 \cdot 0,061 = 75,143 \text{ (мм)}.$$

- точіння попереднє:

$$d_{p2} = d_{p3} + 2z_{\min 3} = 75,143 + 2 \cdot 0,147 = 75,437 \text{ (мм)}.$$

- точіння чорнове:

$$d_{p1} = d_{p2} + 2z_{min2} = 75,437 + 2 \cdot 0,702 = 76,841 \text{ (мм)}.$$

для вихідної заготовки:

$$d_{pзаг} = d_{p1} + 2z_{min1} = 76,841 + 2 \cdot 4,42 = 85,861 \text{ (мм)}.$$

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

Таблиця 4.12 – Визначення найбільших граничних розмірів

Вид переходу	Розміри	
	Розрахунковий	Прийнятий
Шліфування чорнове		$d_{max4} = 75,021 \text{ мм}$
Остаточне точіння	$d_3 = 75,143 \text{ мм}$	$d_{max3} = 75,143 \text{ мм}$
Попереднє точіння	$d_2 = 75,437 \text{ мм}$	$d_{max2} = 75,437 \text{ мм}$
Чорнове точіння	$d_1 = 76,841 \text{ мм}$	$d_{max1} = 76,841 \text{ мм}$
Заготовка	$d_{заг} = 85,861 \text{ мм}$	$d_{maxзаг} = 85,861 \text{ мм}$

Мінімальні та максимальні граничні розміри припусків:

$$2Z_{max4}^{rp} = 75,143 - 75,024 = 0,112 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{max3}^{rp} = 75,437 - 75,143 = 0,294 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{max2}^{rp} = 76,841 - 75,437 = 1,368 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{max1}^{rp} = 85,861 - 76,841 = 9,02 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{min4}^{rp} = 75,021 - 75,002 = 0,019 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{min3}^{rp} = 75,143 - 75,021 = 0,112 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{min2}^{rp} = 75,437 - 75,143 = 0,294 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{min1}^{rp} = 76,841 - 75,437 = 1,368 \text{ (мм)}.$$

Таблиця 4.13 – Результати розрахунку припусків, технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки (Ø75k6^{+0,021}_{+0,002})

Технологічні переходи обробки поверхні Ø75k6 ^{+0,021} _{+0,002}	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий розмір d_p , мм	До-пуск T , мкм	Граничні значення технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки, мм	Граничні значення припусків, мкм		
	R_z	h	ρ	ε_B				d_{min}	d_{max}	
								$2z_{min}$	$2z_{max}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12
Заготовка (круглий сортовий прокат)	200		1420	-	-	85,861	280	76,841	85,861	-
Чорнове точіння	150		85,2		2 · 4420	76,841	467	75,437	76,841	2 · 684
Попереднє точіння	50	-	4,26	-	2 · 702,2	75,437	93	75,143	75,437	2 · 684
Остаточне точіння	30	-	0,21	-	2 · 147,26	75,143	31	75,021	75,143	2 · 147
Чорнове шліфування	5	-	0	-	2 · 61,2	75,021	19	75,002	75,021	2 · 56
Загальний припуск								2 · 895,5		2 · 5397

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

Визначимо режими різання для 2 переходу операції 010 Токарно-револьверна з ЧПК для 1 установка. 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 Р6М5.

Вибір подачі: подача для чорнової обробки з глибиною точіння $t = 2$ мм та діаметром різця 133 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 даних параметрів 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: $K_{V_m} = \left(\frac{750}{860}\right) = 0,9$; $K_{VN} = 1,15$ (Р6М5); $K_{V\Pi} = 0,8$ (прокат); $K_{Vr} = 1,00$ (2-й ум.); $K_{V\varphi} = 1,00$ ($\varphi = 45$ 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):

Таблиця 4.15 – Режими різання, операція 015 – Токарна з ЧПК (верстат 16K20Ф3)

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
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2 перехід Точити зовнішню поверхню по контуру Ø52,5 мм, Ø67,4 мм, Ø78 мм з підрізанням торця та витримуванням розмірів 51,4 мм, 36.6 мм, 19,6 мм.	78	2,6	3	0,8	81.31	2,9	332	164	1.31
3 перехід Точити зовнішню поверхню Ø48 мм та радіус R2.	48	2	2,25	0,8	96.46	-	640	52,5	0,11
4 перехід Підрізати торець, витримуючи розмір під шліці 50 мм.	52,5	2	2	0,6	43,9	-	800	7	0,03
Основний час виконання операції									1.45

Таблиця 4.16 – Режими різання, операція 020 – Токарна з ЧПК (верстат ML 300)

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 Свердли отвір Ø36 мм наскрізь	36	18	18	0,15	100	2,9	884	23,5	1,85
Основний час виконання операції									1,85

Таблиця 4.17 – Режими різання, операція 025 – 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 зовнішню поверхню остаточно Ø130,5 мм з утворенням фасок 1x45°	133	1,25	1,25	0,4	152	2,9	364	51,2	0,39
3 перехід Розсвердли отвір Ø48 мм на глибину 75 мм	36	6	6	0,3	35	-	200	75	1,33

Продовження таблиці 4.17.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4 перехід Розточити отвір Ø55,6 мм попередньо на глибину 31,5 мм	48	1,9	1,9	0,2	88,8	-	589	31,5	0,91
5 перехід Розточити отвір Ø91,6 мм попередньо на глибину 19,1 мм	55,6	2	2	0,2	96	-	550	19,1	0,44
6 перехід Розточити канавки В та Г в розмір Ø59 мм та Ø96 мм, відповідно	91,6	2,2	2,2	0,2	138	-	480	5	0,17
7 перехід Розточити отвір Ø57,6 мм остаточно з утворенням фаски 30°.	55,6	1	1	0,1	122,3	-	700	12,4	0,25
8 перехід Розточити отвір Ø93,6 мм попередньо.	91,6	1	1	0,1	129,5	-	450	19,1	0,54
9 перехід Розточити отвір Ø94,6 мм остаточно з утворенням фаски 30°	93,6	0,5	0,5	0,1	170,5	-	580	19,1	0,42
Основний час виконання операції									4,45

Таблиця 4.18 – Режими різання, операція 030 – 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 під шліці Ø50,5 мм	52,5	0,5	0,5	0,4	131,8	2,9	800	50	0,38
3 перехід Точити по контуру Ø65,4 мм, Ø76 мм і радіус R2 мм з підрізкою торця, витримуючи розміри 50,4 мм, 37,6 мм, 19,6 мм	76	1	1	0,2	147	-	600	50	0,5
4 перехід Точити канавку Б	76	1	1	0,1	146,5	-	614	5	0,16
5 перехід Точити уступ Ø92 мм витримуючи розмір 49 мм із зняттям фаски 1x45°.	130,5	1,2	1,2	0,3	173,4	-	600	19,3	0,14

Продовження таблиці 4.18

[illegible]

Таблиця 4.19 – Режими різання, операція 035 – Зубофрезерна (верстат 5Д32)

[illegible]

Таблиця 4.20 – Режими різання, операція 040 – Шліфувальна (верстат 5Д32)

[illegible]

Таблиця 4.21 – Режими різання, операція 050 – Внутрішньошліфувальна (верстат 3К227В)

[illegible]

Таблиця 4.22 – Режими різання, 055 – Круглошліфувальна з ЧПК (верстат 3М151Ф2)

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
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2 перехід Шліфувати шийку вала з підшліфовкою торців.	75,4	0,2	0,2	0,006	25	3,5	1700	20	1,96
Основний час виконання операції									1,96

Таблиця 4.23 – Режими різання, операція 060 – Шліцешліфувальна (верстат 3Б451)

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 Шліфувати шліці витримуючи розмір D-16x46a11x50f7x5g6.	49,5	0,1	0,1	0,0033	25	3,5	5760	50	9,26
Основний час виконання операції									9,26

Визначення технічних норм часу для всіх операцій

В таблиці 4.24 вказано результати розрахунку технологічних норм часу.

Таблиця 4.24 – Норми часу

Номер і назва операції	$T_{\text{осн}}$, хв.	Фк	$T_{\text{шт-к}}$, хв.
010 Токарно-револьверна з ЧПК	3,69	1,54 (фактичний) 1,5 (табличний)	5,68
015 Токарна з ЧПК	1,45	1,5	2,18
020 Токарна з ЧПК	1,85	1,5	2,78
025 Токарно-револьверна з ЧПК	4,45	1,5	6,68
030 Токарно-револьверна з ЧПК	1,46	1,5	2,19
035 Зубофрезерна	12,49	1,66	20,73
040 Шліцефрезерна	5,66	1,66	9,4
050 Внутрішньошліфувальна	3,9	2,3	8,97
055 Круглошліфувальна з ЧПК	1,96	1,6	3,14
060 Шліцешліфувальна	9,26	2,3	21,3

РОЗРОБКА КЕРУВАЛЬНОЇ ПРОГРАМИ В МОДУЛІ САМ-СИСТЕМИ

Вихідною документацією для підготовки нашої керуючої програми є кресленик деталі «Вал-шестерня КПП» та розрахунки техпереходів, а також інформація про заготовку, верстат з ЧПК, використовуване пристосування, методи і режими обробки, безпосередньо різальний та допоміжний інструменти, послідовність технологічних основних 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 «Вал-шестерня КПП» 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 «Вал-шестерня КПП».

На рисунку 5.1 показано ескіз деталі із необхідними техрозмірами, 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 «Вал-шестерня КПП» на 015 операції «Токарна з ЧПК» на верстаті 16K20Ф3 показано нижче в таблиці 5.1. Керуючу програму отримано за рахунок моделювання процесів обробки в прикладній програмі SolidWorks CAM.

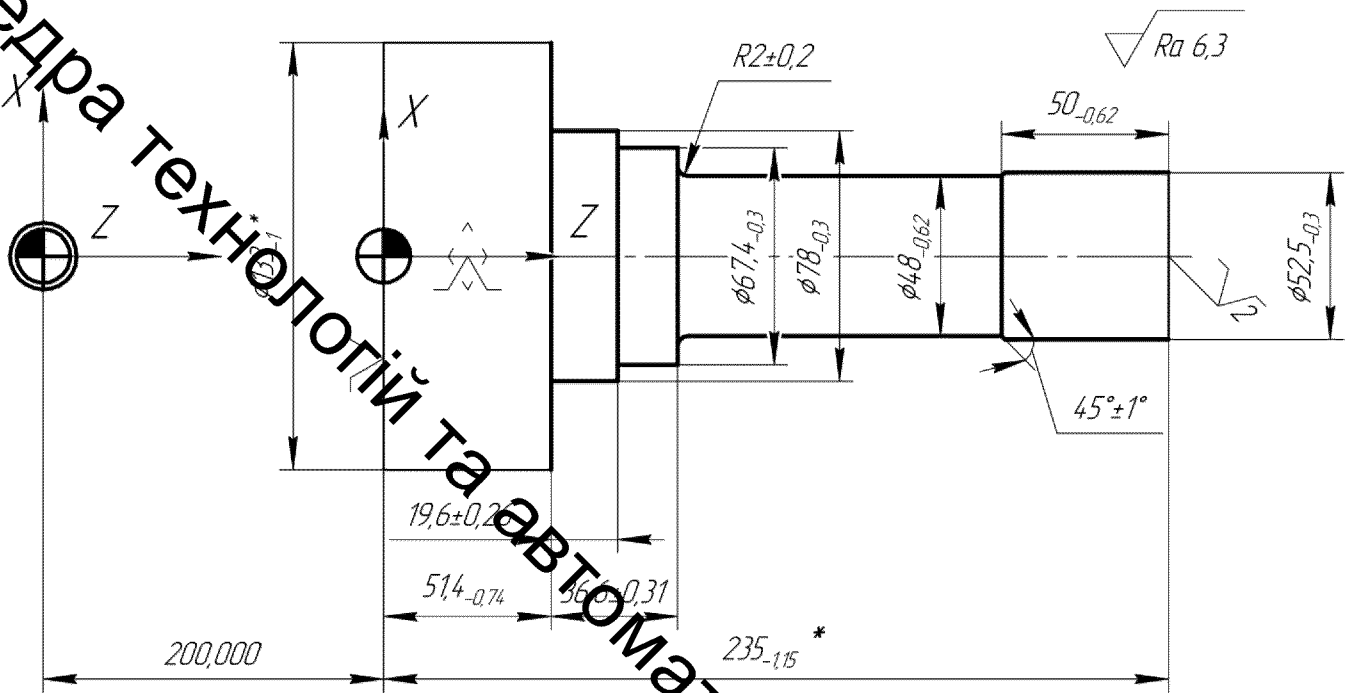


Рисунок 5.1 – Ескіз деталі на операцію 015 Токарна з ЧПК на верстаті 16К20Ф3

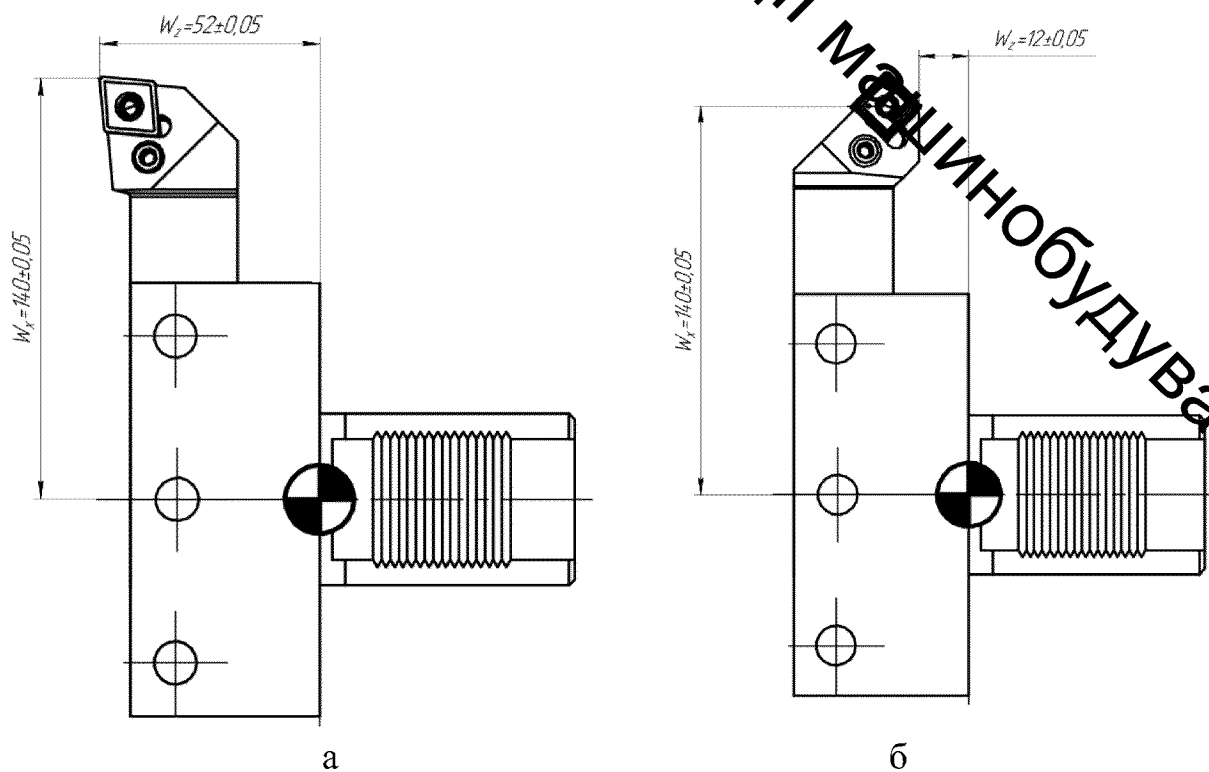
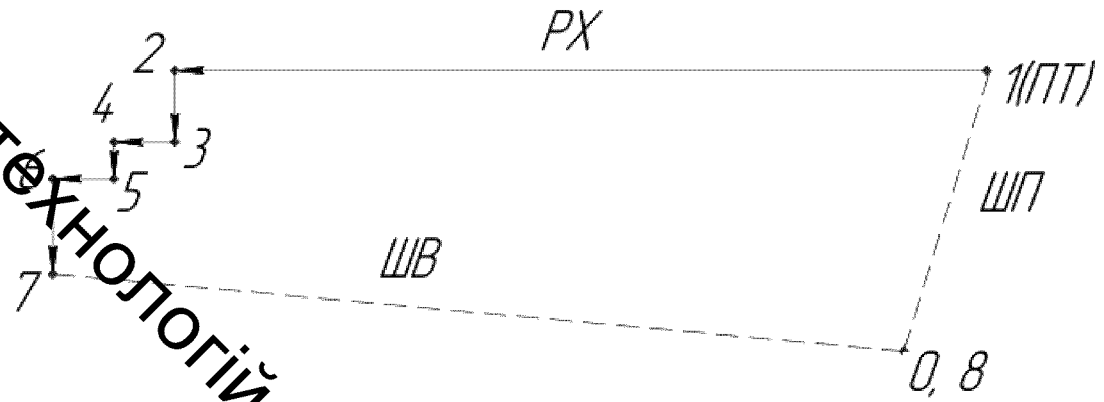


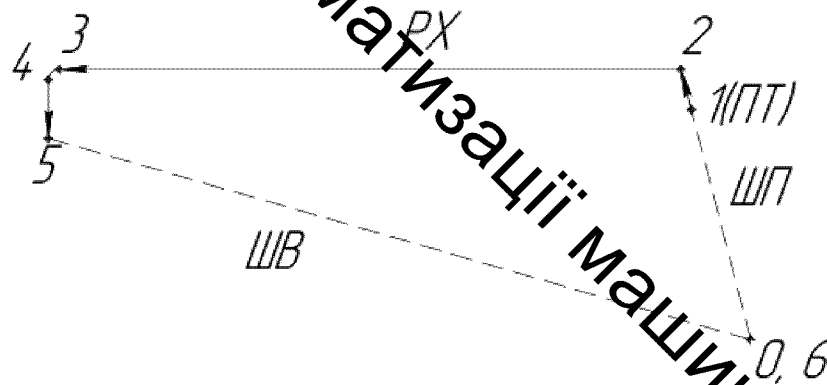
Рисунок 5.2 – Різальний інструмент в супорті для операції 015 Токарна з ЧПК на верстаті 16К20Ф3: а) підрізний та б) прохідний різці

Розпочнемо формування кадрів програми, для цього вкажемо початкові дані.

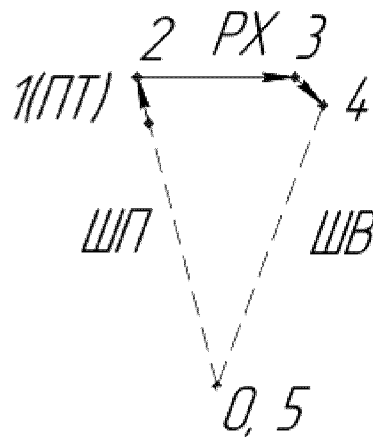
Різальні інструменти із траєкторією їх руху:



2 перехід – підрізний різець, матеріал – Т5К10;



3 перехід – підрізний різець, матеріал – Т15К6;



4 перехід – прохідний різець, матеріал – Т15К6.

Режими обробки представлені в таблиці 4.15 в попередньому розділі.

Таблиця 5.1 – Керуюча програма для операції 015 Токарна з ЧПК

1	2
%_N_15.MPF	N260 X55.231
;Naruzhn. chernove tochinna 1	N270 G1 X54.524 Z235.024 F0.8
N10 M6 T1 D1	N280 Z51.4
N20 M4 S223	N290 X55.531 Z52.407
N30 G17 G54	N300 G1 Z235.731 F100
N40 G1 X100 Z300 F1000	N310 X52.131
N50 X70.024 Y0 Z235.731	N320 G1 X51.424 Z235.024 F0.8
N60 X67.631	N330 Z51.4
N70 G1 X66.924 Z235.024 M8 F0.8	N340 X52.431 Z52.407
N80 Z51.4	N350 G1 Z235.731 F1000
N90 X67.931 Z52.407	N360 X49.031
N100 G1 Z235.731 F1000	N370 G1 X48.324 Z235.024 F0.8
N110 X64.531	N380 Z51.4
N120 G1 X63.824 Z235.024 F0.8	N390 X49.331 Z52.407
N130 Z51.4	N400 G1 Z235.731 F1000
N140 X64.831 Z52.407	N410 X45.931
N150 G1 Z235.731 F1000	N420 G1 X45.224 Z235.024 F0.8
N160 X61.431	N430 Z51.4
N170 G1 X60.724 Z235.024 F0.8	N440 X46.231 Z52.407
N180 Z51.4	N450 G1 Z235.731 F1000
N190 X61.731 Z52.407	N460 X42.831
N200 G1 Z235.731 F1000	N470 G1 X42.124 Z235.024 F0.
N210 X58.331	N480 Z51.4
N220 G1 X57.624 Z235.024 F0.8	N490 X43.131 Z52.407
N230 Z51.4	N500 G1 Z235.166 F100
N240 X58.631 Z52.407	N510 X39.731
N250 G1 Z235.731 F1000	N520 G1 X39.024 Z234.459 F0.8

Продовження таблиці 5.1

1	2
N530 Z51.4	N790 G1 X26.275 Z234.459 F0.
N540 X40.031 Z52.407	N800 Z88.02
;Naruzhn. chernove tochinna 2	N810 X26.575 Z88.32
N550 M4 S432	N820 X27.282 Z89.02
N560 G1 X39.035 Z235.73 F1000	;Naruzhn. chernove tochinna 4
N570 X37.092	N830 M4 S640
N580 G1 X36.385 Z235.024 F0.8	N840 G1 X34 Z152 F1000
N590 Z71	N850 G1 X24 Z141.6 F0.8
N600 X37.392 Z72.007	N860 Z90.605
N610 G1 Z235.176 F1000	N870 G2 G18 X26.606 Z88 I=AC(26.6) K=AC(90.6)
N620 X34.442	N880 G1 X33.3
N630 G1 X33.735 Z234.469 F0.	N890 X25.821 Z90.121
N640 Z71	N900 M5 M9
N650 X34.742 Z72.007	;Naruzhn. chernove tochinna 5
;Naruzhn. chernove tochinna	N910 M6 T2 D1
N660 M4 S491	N920 M4 S800
N670 G1 X33.745 Z235.731 F1000	N930 G17 G54
N680 X31.962	N940 G1 X26.275 Y0 Z141.257 F1000
N690 G1 X31.255 Z235.024 F0.8	N950 X24.732
N700 Z88	N960 G1 X24.025 Z141.964 M8 F0.6
N710 X32.262 Z89.007	N970 Z184.693
N720 G1 Z235.731 F1000	N980 X24.325 Z184.393
N730 X29.472	N990 X25.032 Z185.1
N740 G1 X28.765 Z235.024 F0.8	N1000 M5 M9
N750 Z88	N1010 M3
N760 X29.772 Z89.007	
N770 G1 Z235.166 F1000	
N780 X26.982	

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

В даному розділі при використанні нормативної літератури проводиться аналіз небезпечних та шкідливих виробничих чинників у виробничому приміщенні; здійснюється заповнення карти умов праці; вказуються рекомендації стосовно покращення умов праці, а також розглядаються протипожежні норми.

6.1 Причини виникнення, дія на організм людини та нормування шкідливих та небезпечних факторів у приміщенні

При роботі в даному приміщенні, виникають ряд небезпечних та шкідливих виробничих факторів, що класифікуються за [17].

Дане приміщення характеризується небезпечними та шкідливими виробничими факторами фізичної, хімічної, біологічної та психофізіологічної груп [17, 18], які класифікуються таким чином:

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

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

3) Біологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори – відсутні.

4) Психофізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори:

а) фізичні перевантаження – відсутні.

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

Вкажемо імовірні підстави появи цих факторів та стисло опишемо їхній вплив на організм працівника.

Високий рівень шуму і вібрації робочої зони може бути спричинений роботою таких елементів комп'ютерів, як жорсткий диск, вентилятори блоку живлення, охолодження мікропроцесора, швидкісні пристрої для зчитування та запису інформації з оптичних носіїв, механічні сканери, пересувні механічні частини принтера, що може спровокувати швидку стомленість працюючого, погіршення слуху, нервові розлади.

Високий рівень інфразвуку може бути спричинений інфразвуковими складовими, що як правило, присутні у спектрі шуму, який генерується промисловими установками і транспортними засобами, що може викликати нездужання типу морської хвороби, нервову втому.

Високий рівень ультразвуку може бути викликаний як супутній фактор при експлуатації технологічного і вентиляційного устаткування, що може спровокувати функціональні порушення нервової системи, головний біль, зміну тиску, складу і властивостей крові, втрату слухової чутливості, підвищену втомлюваність.

Підвищений рівень електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону може бути спричинений лабораторними та вимірними приладами різного призначення, персональними комп'ютерами та інше, що може спровокувати катаракту, при якій помутніння розвивається на мембрані кришталика, підвищену частоту захворювання глаукомою, а під дією підвищеної концентрації поля поблизу екрана дисплея підвищується імовірність виникнення дерматитів обличчя (лищі, екземи, свербіж шкіри).

Підвищений рівень електромагнітних випромінювань промислової частоти може бути спричинений будь-якими електроустановками та струмоведучими частинами промислової частоти, що може спровокувати злоякісні пухлини. Найбільш сильна дія цих полів виявляється на відстані до 30 см від екрана. Не меншої інтенсивності досягають ці поля із задньої сторони дисплея (джерело рядковий трансформатор) – їхній шкідливий вплив поширюється на відстань до 0,7-1 м.

Підвищена або понижена температура повітря робочої зони може бути спричинена тим, що робота ПК приводить до підвищення температури в приміщенні, тому що високопродуктивна техніка працює на надвисоких частотах, що викликає

сильне нагрівання елементів. Це може спровокувати тепловий удар, який супроводжується втратою свідомості, блювотою, судомами.

Підвищена або понижена відносна вологість повітря робочої зони може бути спричинена різною кількістю води, що випаровується у приміщенні, метеорологічними умовами поза приміщенням, що може спровокувати зменшення або збільшення тепловіддачі організмом працівника, що сприяє його перегріванню або переохолодженню.

Підвищена або понижена швидкість руху повітря робочої зони може бути спричинена нераціональними параметрами системи вентиляції або її відсутністю, що може спровокувати порушення реакції терморегуляції організму людини.

Підвищена інтенсивність теплового випромінювання може бути спричинена теплом, що потрапляє у виробниче приміщення від обладнання, опалювальних приладів, людей тощо, що може спровокувати підвищення температури повітря в приміщенні вище допустимих меж.

Відсутність або недостатність природного освітлення може бути спричинена відсутністю або недостатніми розмірами віконних проїмів. Відсутність або недостатність природного освітлення ускладнює виконання роботи, може призвести до нещасного випадку і захворюванню органів зору працюючого.

Недостатня освітленість робочої зони може бути спричинена малою потужністю ламп та світильників штучного освітлення і може стати причиною багатьох важких травм і смертельних випадків на виробництві.

Шкідливі хімічні речовини в повітрі робочої зони можуть бути спричинені виділенням такої речовини, як оксид азоту в процесі роботи за ПК. Потенційним джерелом оксидів азоту на робочому місці є викиди автомобільного транспорту, які можуть проникнути у приміщення через відкриті вікна, квартирки тощо. Оксиди азоту викликають подразливу дію на органи дихання, викликаючи блювоту, кашель, часом головний біль.

Перенапруження аналізаторів може бути спричинене невисокою якістю первинного документа при введенні даних, яскравими плямами на клавіатурі й екрані від зовнішніх джерел світла, великою різницею в яскравості між робочою поверхнею

висточенням, нерівномірною чи недостатньою освітленістю на робочому місці, що призводить до різкої втоми органів зору працівника і навіть до погіршення зору.

Монотонність праці може бути спричинена розвитком напівавтоматичного виробництва і автоматизованих систем керування, оскільки основними функціями працівника за таких умов стають нескладні, одноманітні рухи, які повторюються тисячі разів за зміну, або функції спостереження, керування і контролю за роботою системи і викликає у працівника гіподинамію, підвищену текучість кадрів, розвиток неврозів.

Обґрунтуємо вибір нормованих значень небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

Відповідно до [19] для такої шкідливої речовини, як оксид азоту, визначаємо, що вона відноситься до 2-го класу безпеки і $\text{має ГДК} = 5 \text{ мг/м}^3$.

Враховуючи вид вібрації – загальна, вибираємо нормований еквівалентний рівень віброприскорення 33 дБ [20].

Після врахування призначення приміщення – престутування і вид шуму – непостійний, вибираємо нормований еквівалентний рівень шуму 45 дБА [21].

Відповідно до рекомендацій [25] нормований загальний рівень інфразвуку 110 дБ, нормований рівень ультразвуку 110 дБ.

Для частоти електричного поля радіочастотного діапазону 230,532 МГц нормована напруженість електричного поля восьмигодинного робочого дня складає 10 В/м відповідно до [22].

Нормована напруженість електричного поля промислової частоти для 8-ми годинного робочого дня складає 5 кВ/м [22].

За показником енерговитрат 134 Вт відповідно до [23] встановлюємо категорію важкості робіт за фізичним навантаженням – Іа, для якої в холодний період року для постійних робочих місць допустима температура повітря становить 21...25 °С, допустима швидкість руху повітря 0,1 м/с, а допустима відносна вологість повітря не повинна перевищувати 75 %. Інтенсивність теплового випромінювання допускається не більше ніж 140 Вт/м².

Враховуючи найменший розмір об'єкта розрізнення 0,68 мм, вибираємо розряд зорових робіт – 4, для якого нормоване КПО для бокового освітлення складає 1,5 % [24].

Оскільки приміщення знаходиться у м. Вінниця (2-га група забезпеченості природним світлом), а вікна орієнтовані за азимутом 259° , то для таких умов нормоване КПО перераховуватиметься за формулою [24]:

$$e_N = e_n m_N [\%]; \quad (6.1)$$

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

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

m_N – коефіцієнт світлового клімату;

N – порядковий номер групи забезпеченості природним світлом.

Враховуючи співвідношення контрасту (середній) та фону (темний), встановлюємо підрозряд зорових робіт – 6, в межах якого вибираємо нормовану освітленість для загального штучного освітлення – 200 лк.

6.2 Карта умов праці

6.2.1 Оцінка факторів трудового та виробничого процесів

Таблиця 6.1 містить оцінку чинників трудового та виробничого процесів [24].

Таблиця 6.1 – Оцінка чинників трудового та виробничого процесів

Номер	Фактори виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення (ГДР, ГДК)		Фактичне значення	Ступінь 3-го класу: шкідливі умови і характер праці		
		ни-жнє	вер-хнє		І	ІІ	ІІІ
1	Шкідливі хімічні речовини:						
	1-й клас небезпек		—	—			
	2-й клас небезпек		5	4,52			
	3-й, 4-й класи небезпек		—	—			
2	Вібрація		33	58			+
3	Шум		45	11			
4	Інфразвук		110	95			
5	Ультразвук		110	71			
6	Неіонізуючі випромінювання:						
	• радіочастотний діапазон		19	19	+		
	• промислової частоти		5	4,63			
	• оптичний діапазон		0				
7	Мікроклімат у приміщенні:						
	• температура повітря, °С	21	25	8			+
	• швидкість руху повітря, м/с		0,1	0,4		+	
	• відносна вологість повітря, %		75	59			
	• інтенсивність теплового випромінювання, Вт/м ²		140	2592		+	
8	Виробниче освітлення:						
	• розряд зорових робіт	4		4			
	• КПО для природного освітлення, %	1,28		2,5			
	• освітленість для штучного освітлення, лк	200		979			
	Кількість факторів	—	—	—	1	2	2

6.2.2 Гігієнічна оцінка умов праці

Підвищений рівень вібрації – 3 ст.

Підвищений рівень неіонізуючих випромінювань радіочастотного діапазону – 1 ст.

Знижена температура в холодний період року – 3 ст.

Підвищена швидкість руху повітря в холодний період року – 2 ст.

Підвищена інтенсивність теплового випромінювання – 2 ст.

6.2.3 Оцінка технічного й організаційного рівня

Технічний рівень робочого місця не відповідає нормативним вимогам.

6.2.4 Атестація робочого місця

Робоче місце атестовано за третім ступенем шкідливості.

6.2.5 Рекомендації щодо покращення умов праці

З метою забезпечення нормованих параметрів вібрації в приміщенні доцільно застосувати активний віброзахист шляхом введення додаткового джерела вібрації, яке діє у протифазі.

З метою забезпечення нормованих параметрів неіонізуючих випромінювань радіочастотного діапазону в приміщенні необхідно застосувати захист часом або відстанню.

Для забезпечення нормованих параметрів температури повітря в приміщенні потрібно використати систему опалення.

З метою забезпечення допустимих параметрів інтенсивності теплового випромінювання в приміщенні доцільно застосувати механічну загальноробінну вентиляцію.

6.3 Пожежна безпека

Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій приміщення, що розглядається наведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Мінімальні межі вогнестійкості приміщення [26]

Ступінь вогнестійкості будівель	Стіни				Колони	Східчасті майданчики	Плити та інші несучі конструкції	Елементи покриття	
	Несучі та східчасті майданчики	Самонесучі	Зовнішні несучі	Перегородки				Плити, прогони	Балки, ферми
3	REI 120 M0	REI 60 M0	EI 15 M0	EI 15 M1	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	нн нн	нн нн

Примітки: R – втрати несучої здатності; E – втрати цілісності; I – втрати теплоізолювальної спроможності; M – показник здатності будівельної конструкції поширювати вогонь (межа поширення вогню); M0 – межа поширення вогню дорівнює 0 см; M1 – $M \leq 25$ см – для горизонтальних конструкцій; $M \leq 40$ см – для вертикальних і похилих конструкцій; нн – не нормується.

В таблиці 6.3 наведено протипожежні норми проектування будівель і споруд.

Таблиця 6.3 – Протипожежні норми проектування будівель і споруд [26]

Об'єм приміщення, тис. м ³	Категорія пожежної небезпеки			Ступінь вогнестійкості			Кількість людей на 1 м ширини евакуиходу	Відстань між будівлями та спорудами, м, для ступеня їх вогнестійкості			Найбільша кількість поверхів	Максимально допустима площа поверху, м ² , для кількості поверхів			
до 15	Г	3	не обмежується	до 1	2-3	4-5		I,II	III	IV,V		3	6500	5200	3500
							260	9	12	15					

ВИСНОВКИ

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

Для розробленої деталі «Вал-шестерня КПП» було встановлено, що деталь дрібносерійного виробництва технологічна за критеріями по уніфікації, точності обробки та шорсткості поверхні.

В якості найбільш оптимального способу виготовлення заготовка для дрібносерійного виробництва обрано кування, а коефіцієнт використання матеріалу склав 0,38.

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 «Вал-шестерня КПП».

Крім цього проаналізовано стан охорони праці під час виготовлення заготовки деталі типу «Вал-шестерня КПП». Було опрацьовано такі питання охорони праці, як причини виникнення, дія на організм людини та нормування небезпечних та шкідливих виробничих факторів у виробничому приміщенні; карта умов праці (оцінка факторів виробничого і трудового процесів, гігієнічна оцінка умов праці, оцінка технічного і організаційного рівня, атестація робочого місця); заходи стосовно покращення умов праці, а також наведено протипожежні норми.

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. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1 : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2013. 125 с.
4. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Штамповані заготовки: навч. посіб. / Дусанюк Ж. П. та ін. Вінниця : ВНТУ, 2009. 199 с.
5. Боровик А. І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва / А. І. Боровик. К. : Кондор. 2008. 728 с.
6. Петров О. В., Сухоруков С. І. Технологічна оснастка : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2018. 123 с.
7. Гевко Б.М., Дичковський М.Г., Матвійчук А.В. Технологічна оснастка. Контрольні пристрої : навч. посіб. Київ : Кондор, 2009. 220 с.
8. Рудь В. Д., Герасимчук О. О., Маркова Т. П. Розмірно-технічний аналіз конструкцій та технологій : навч. посіб. Луцьк : ЛДТУ, 2008. 344 с.
9. Буренніков Ю. А., Лозінський Д. О. Технологічні основи машинобудування. Самостійна та індивідуальна робота студентів: н. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2017. 105 с.
10. 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.
11. Павленко І.І., Мажара В.А. Роботизовані технологічні комплекси : навч. посіб. Кіровоград : КНТУ, 2010. 392 с.
12. Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні : практикум / Дусанюк Ж. П., Репінський С. В., Савуляк В. В., Сердюк О. В. Вінниця : ВНТУ, 2016. 148 с.

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

14. Дерібо 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. ДСТУ 2293-99. Охорона праці. Терміни і визначення.

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

19. Міністерство охорони здоров'я України. Наказ № 1596 від 14.07.2020 "Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони". 81 с.

20. ДСН 3.3.6.039-99. Санітарні норми виробничої та загальної вібрацій.

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

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

23. ДСН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

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

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

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

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

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

ДОДАТКИ

Додаток А

Перевірка на плагіат

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Вал-шестерня КПП» з використанням CAD/CAM-систем

Тип роботи: бакалаврська кваліфікаційна робота

Підрозділ кафедра технологій та автоматизації машинобудування

(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism 23,37 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

- ☐ Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту
- ☐ У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.
- ☐ У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

Леонід КОЗЛОВ, завідувач кафедри ТАМ, гарант ОПП

(ім'я, прізвище, посада)

(підпис)

Дмитро ЛОЗІНСЬКИЙ, доцент кафедри ТАМ

(ім'я, прізвище, посада)

(підпис)

Особа, відповідальна за перевірку _____
(підпис)

Дмитро ЛОЗІНСЬКИЙ
(ім'я, прізвище)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник _____
(підпис)

Олег ШОНТКЕВИЧ, доцент кафедри ТАМ

(ім'я, прізвище, посада)

Здобувач _____
(підпис)

Дмитро ЛУК'ЯНОВ

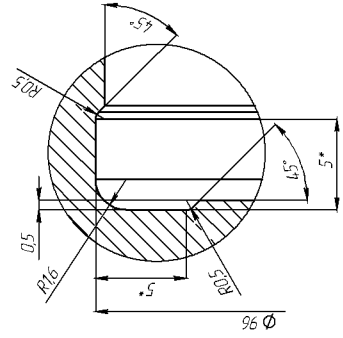
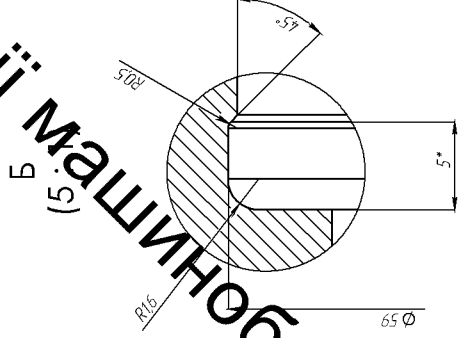
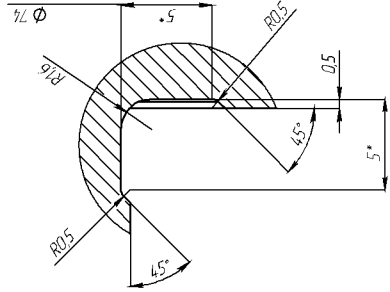
(ім'я, прізвище)

Додаток Б

Графічна частина

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

Лобид. №	
Непр. заимован	

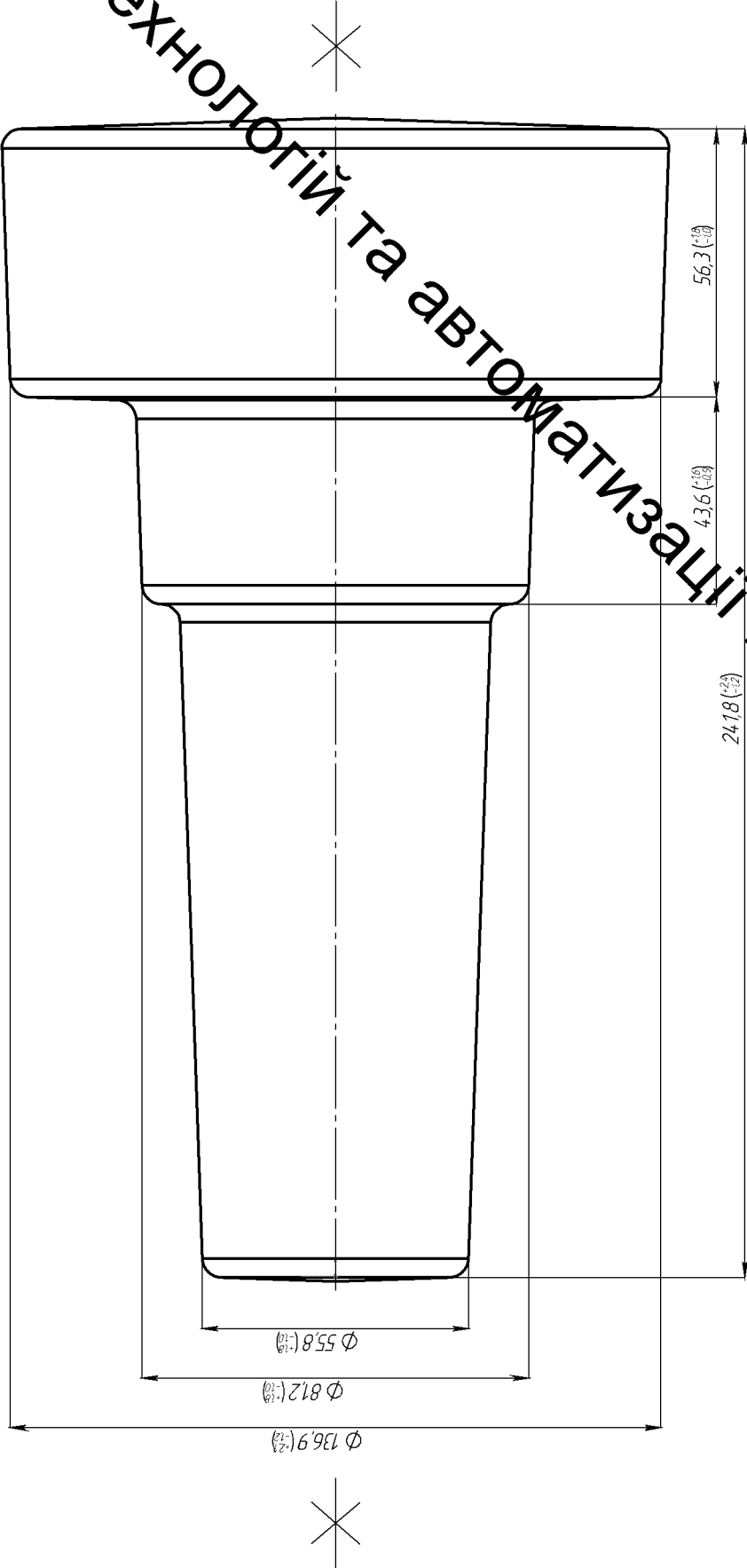


1. Розміри для дубляж
2. Нитроцелюлозна пл. 0,8-1,3 мм поверхні Г. Д. 1-0,6 мм. Поверхні: зверху НРСе 57,54, поверхніні шпироків НРСе 51,01, знизу НРСе 30,46. нити шпироків: поверхніні НРСе 47 тит
3. Невказані радіуси скруглення 2 мм. тож.
4. Невказані з'явичні відхилення розмірів: отворів НН, валів НН, інших $\pm 0,17$ мм.

[illegible]

08-64.БКР.026.00.00.002

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування



- 1. Клас точності штампівки – Т4, група сталі – М1 ступінь квалітності – С2.
- 2. Не вказані штампувальні нахили 2°, радіуси 4 мм.
- 3. Допустиме зміщення по площині роз'єднання штампів 10 мм.
- 4. Не вказані допуски радіусів загартівки 0,5 мм.
- 5. Допустиме відхилення від площинності 0,5 мм.
- 6. Допустимі відхилення штампувальних нахилів 30°.

Інв. № опус.	Взам. Інв. №	Інв. № дубл.	Підпис та дата
--------------	--------------	--------------	----------------

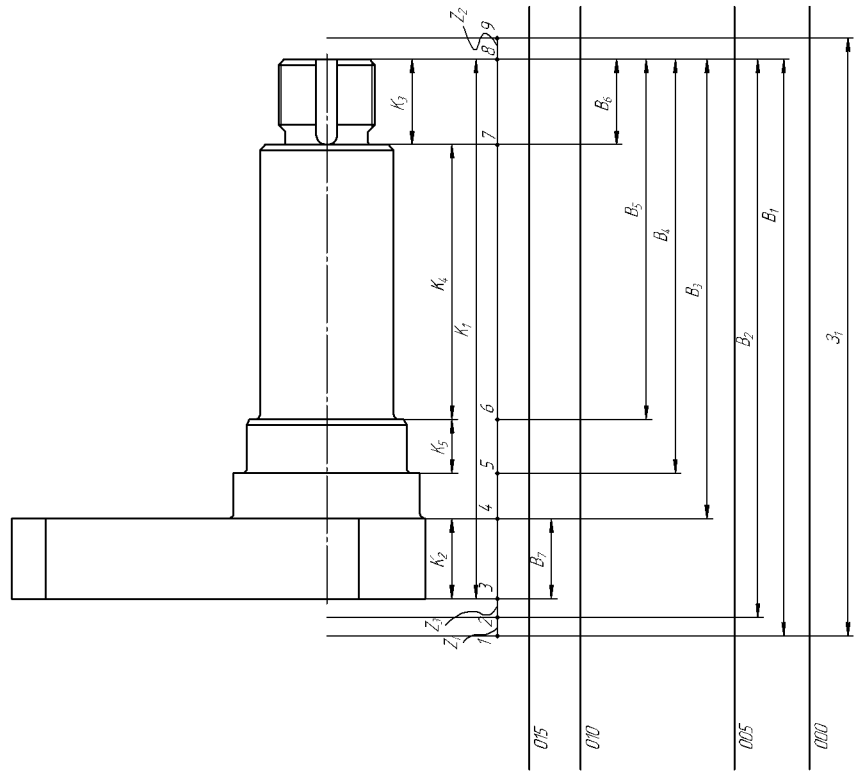
08-64.БКР.026.00.00.002				Лім.				Масштаб			
								Маса			
								11.89			
								1:1			
								Аркуш			
								Аркушів 1			
								ВНТУ, см. гр. ІПМ-23мс			
								Сталь 25ХГТ ДСТУ 7806:2015			
								Вал-шестерня КПП (заготовка)			
								08-64.БКР.026.00.00.002			

№ опер	Найменування операції Зміст переходу	Схема установки деталі та ескіз обробки	Об'єднання	№ опер	Найменування операції Зміст переходу	Схема установки деталі та ескіз обробки	Об'єднання
005	Термічна	Нормалізація	Токрно-револьверний верстат з ЧПК №1,20ПФ30	035	Зідбавлення 1. Установити і закріпити заготовку 2. Фрезерувати згідь згідно малюнк 4,5 по кінцевості згідь 2° шп. 3. Зняти деталь	Зідбавлення Верстат моделі 5Л22	Зідбавлення Верстат моделі 5Л22
010	Токарно-револьверна з ЧПК	Установ А Установ Б Некасові значення відхилення розмірів отворів Н7, валів h7, шліш ±7	Токрно-револьверний верстат з ЧПК №1,20ПФ30	040	Шлицевий 1. Установити і закріпити заготовку 2. Фрезерувати шлиці D-16x46H7x50f7 3. Зняти деталь	Шлицевий Верстат моделі 5Л22	Шлицевий Верстат моделі 5Л22
015	Токарна з ЧПК	1. Установити і закріпити заготовку 2. Точити зовнішню поверхню по контуру $\phi 52,5_{-0,3}^{+0,2}$ мм 3. Точити зовнішню циліндричну поверхню $\phi 67,4_{-0,3}^{+0,2}$ мм з підтриманням торця по діаметричному розміру $514_{-0,3}^{+0,2}$ мм, $36,6_{\pm 0,31}$ мм, $19,6_{\pm 0,26}$ мм 4. Підготувати торцеву діаметричну поверхню $\phi 48,6_{\pm 0,2}$ мм по радіусу $R2_{\pm 0,2}$ 5. Зняти деталь	Токрно-револьверний верстат з ЧПК №1,20ПФ30	045	Хіміко-термічна	Хіміко-термічна	Хіміко-термічна
020	Токарна з ЧПК	1. Установити і закріпити заготовку 2. Свердлити отвір $\phi 36_{-0,035}^{+0,035}$ мм наскрізь 3. Зняти деталь	Верстат для зливкого свердління з ЧПК №1,20ПФ30	050	Внутрішній шлицевий	Внутрішній шлицевий Верстат моделі 5Л22	Внутрішній шлицевий Верстат моделі 5Л22
025	Токарно-револьверна з ЧПК	1. Установити і закріпити заготовку 2. Точити зовнішню поверхню останочно $\phi 130,5_{-0,25}^{+0,25}$ мм з утворенням фаски 145° 3. Розсвердлити отвір $\phi 48_{-0,2}^{+0,2}$ мм на глибину $75_{\pm 0,37}$ мм 4. Розточити отвір $\phi 55,6H13$ мм попередньо на глибину $315_{\pm 0,31}$ мм 5. Розточити отвір $\phi 71,6H13$ мм попередньо на глибину $191_{\pm 0,26}$ мм 6. Розточити канавки В та Г в розмір $\phi 59$ мм та $\phi 46$ мм відповідно 7. Розточити отвір $\phi 57,6H11$ мм останочно з утворенням фаски 30° 8. Розточити отвір $\phi 93,6H11$ мм попередньо 9. Розточити отвір $\phi 94,6H9$ мм останочно з утворенням фаски 30° 10. Зняти деталь	Токрно-револьверний верстат з ЧПК №1,20ПФ30	060	Круглошлицевий	Круглошлицевий Верстат з ЧПК моделі 5Л15Ф2	Круглошлицевий Верстат з ЧПК моделі 5Л15Ф2
030	Токарно-револьверна з ЧПК	1. Установити і закріпити заготовку 2. Точити поверхню під шліш $\phi 50,5H9$ мм 3. Точити по контуру $\phi 65,4_{-0,8}^{+0,8}$ мм, $\phi 76H9$ мм і радіус $R2_{\pm 0,2}$ мм з підтриманням торця, діаметричні розміри $50,4_{\pm 0,3}$ мм, $31,6_{\pm 0,19}$ мм, $19,6_{\pm 0,16}$ мм 4. Точити канавки Б 5. Точити отвір $\phi 92_{-0,27}^{+0,27}$ мм діаметричний розмір $4,9_{-0,25}^{+0,25}$ мм із зняттям фаски 145° 6. Точити поверхню під шліш $\phi 50,7$ мм з утворенням фаски під кутом 30° 7. Зняти деталь	Токрно-револьверний верстат з ЧПК №1,20ПФ30	065	Промітний контроль	Промітний контроль	Промітний контроль
070	Технічний контроль	Технічний контроль	Технічний контроль	070	Технічний контроль	Технічний контроль	Технічний контроль

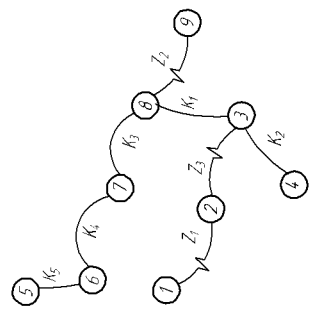
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

Розмірний аналіз технологічного процесу

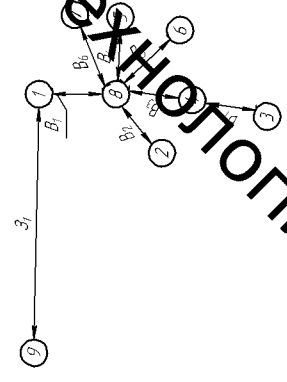
Розмірна схема технологічного процесу



Вихідний граф



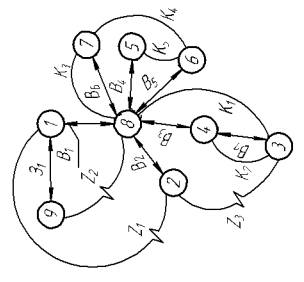
Похідний граф

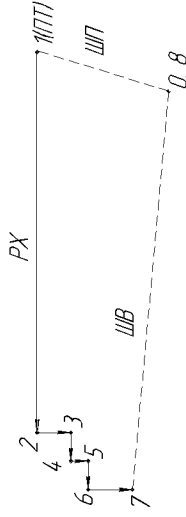


Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

№ 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	$-K_5 - B_3 + B_4 = 0$	$K_5 = B_4 - B_3$	B_4
6	$-Z_3 - B_2 - B_3 - B_7 = 0$	$Z_3 = B_2 - B_7 - B_3$	B_2
7	$-Z_1 - B_1 = 0$	$Z_1 = B_1 - B_2$	B_1
8	$-Z_2 - B_1 + B_3 = 0$	$Z_2 = B_3 - B_1$	B_1

Суміщений граф



[illegible]