

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва
деталі «Вал-шестерня гідромотору» за допомогою CAD/CAM-
технологій

Виконав: здобувач групи ПМ-22
Климчук О.О.

Керівник випускної роботи:
д.т.н., проф.Кіяновський М.В.

м.Кривий Ріг
2026 р

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва
деталі «Вал-шестерня гідромотору» за допомогою CAD/CAM-
технологій

Проектував ст.гр. ПМ-22

Олександр КЛИМЧУК

Керівник роботи

Микола КІЯНОВСЬКИЙ

Нормоконтроль

Василь НЕЧАЄВ

Завідувач кафедри

Антон РЯЗАНЦЕВ

м.Кривий Ріг
2026 р

Криворізький національний університет
Факультет механічної інженерії та транспорту
Кафедра: технології машинобудування
Освітній рівень: бакалавр
Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Затверджую
Зав. кафедри доцент, к.т.н., Рязанцев А.О.

(дата)

(підпис)

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну бакалаврську роботу

Здобувача гр. ПМ-22 Олександра Олександровича Климчука

1.Тема: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва деталі «Вал шестерня гідромотору» з використанням CAD/CAM-технологій
Керівник проекту д.т.н., проф.Кіяновський М.В.

Затверджена наказом по КНУ № 130с від “04” 03 2026 р.

2. Термін подання студентом закінченого проекту 12 червня 2026 р.

3. Вихідні дані до проекту: 1. Креслення складального вузла.

2. Креслення деталі. 3. Типовий технологічний процес. 4. Річна програма випуску деталі.

4. Зміст пояснювальної записки:

1 Проектування технологічного процесу складання вузла 2 Техніко-економічний аналіз вихідних даних проекту 3 Проектування технологічного процесу обробки деталі 4 Техніко-економічне обґрунтування маршруту технологічного процесу 5 Розробка верстатно-інструментального налагодження та програмування в програмному продукті FEATURECAM 6 Проектування верстатного та контрольного пристосувань 7 Аналітична оцінка умов праці для обробки валу шестерні в механічному цеху

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Креслення складального вузла. 2. Креслення заготовки 3. Креслення деталі. 4. Ескізи операцій 5. Креслення верстатно - інструментального налагодження. 6. Креслення верстатного оснащення

6. Календарний план:

Етап роботи	Термін виконання
1 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ ВУЗЛА 1.1 Призначення та умови роботи машини 1.2 Схема складання вузла 1. Призначення та умови роботи машини. Схема складання вузла	До 28.01 2026р.
2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ПРОЕКТУ 2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін 2.2 Аналіз якості поверхонь деталей 2.3 Технічний контроль робочого креслення 2.4 Аналіз технологічності деталі 2.5 Вибір типу виробництва 2.6 Вибір типового технологічного процесу. Задачі проектування 3 .ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ 3.1 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовки 3.2 Вибір і обґрунтування баз 3.3 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь 3.4 Розробка маршруту обробки деталі 3.5 Розробка технологічної операції 3.6 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку 3.7 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій	02.02 2026р.- 20.05.2026р.
4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МАРШРУТУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	до 03.04.2026р.
5 РОЗРОБКА ВЕРСТАТНО-ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО НАЛАГОДЖЕННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ В ПРОГРАМНОМУ ПРОДУКТІ FeatureCAM	до 13.04.2026р.
6 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ТА КОНТРОЛЬНОГО ПРИСТОСУВАНЬ	до 23.04.2026р.
7. АНАЛІТИЧНА ОЦІНКА УМОВ ПРАЦІ ДЛЯ ОБРОБКИ ВАЛУ-ШЕСТЕРНІ В МЕХАНІЧНОМУ ЦЕХУ	до 03.05.2026р.
Попередній захист	10 .06 2026р.

Дата видачі завдання: “08” 01 2026р.

Студент _____ /Климчук О.О./
Керівник роботи _____ /Кіяновський М.В./

Перв. примен.	Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
					Документация			
Справ. №	A4	1	КНУ.КБР.131.26.1-11.ПЗ	Пояснительная записка				
	A4	2		Альбом техкарт на ТП.СК.	3			
	A4	3		Альбом тех.карт на ТП				
				выготовления детали	16			
				Кресления				
	A2	4	КНУ.КБР.131.26.1-11.ГМ	Гидромотор ГПА-16	1			
	A1	5	КНУ.КБР.131.26.1-11.Ш	Шестерня	1			
	A3	6	КНУ.КБР.131.26.1-11.ШП	Шестерня (поковка)	1			
Подп. и дата	A1	7	КНУ.КБР.131.26.1-11.ВН	Верстатно-инструментальное				
				наладочення	1			
	A2	8	КНУ.КБР.131.26.1-11.ТО	Технологичне оснащення	1			
	A2	9	КНУ.КБР.131.26.1-11.КП	Контрольне пристосування	1			
	A1	10	КНУ.КБР.131.26.1-11.ЕО	Ескізи операцій	2			
Взам. инв. №								
Подп. и дата								
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	КНУ.КБР.131.26.1-11.ВО		
	Разраб.	Климчук						
	Пров.	Кіянєвський						
	Н.контр.	Нечасєв						
	Утв.	Рязанцев						
Відомість об'єму КБР						Лист.	Лист	Листов
								1
						Каф.ТМ гр ПМ-22		

Копировал

Формат A4

РЕФЕРАТ

Об'єктом проектування є технологічний процес складання гідромотора ГПА-16 та технологічний процес механічної обробки деталі «Вал шестерня гідромотору», що входить до його конструкції.

Мета роботи полягає у розробці прогресивних, високопродуктивних технологічних процесів загального складання зазначеного гідроагрегату та комплексної механічної обробки Вал шестерня гідромотора ГПА-16 для забезпечення заданої точності та експлуатаційної надійності.

Зміст та результати роботи:

Організаційно-технологічне обґрунтування: На основі заданої річної програми випуску визначено й обґрунтовано тип виробництва та організаційну форму роботи дільниці. Розроблено технологічну схему складання вузла, а також маршрутний і операційний технологічні процеси механічної обробки деталі.

Проектування заготовки: Обрано раціональний метод отримання вихідної заготовки та наведено його розгорнуте техніко-економічне обґрунтування з урахуванням коефіцієнта використання матеріалу.

Розрахунково-технологічна частина: Здійснено вибір прогресивного металорізального обладнання та різального інструменту. Проведено аналітичний розрахунок припусків на обробку, визначено оптимальні режими різання та виконано технічне нормування запроєктованих операцій складання й виготовлення.

Застосування САПР: Моделювання геометрії деталі, проектування технологічного оснащення та генерація керуючих програм для верстатів з ЧПК виконані з інтеграцією сучасних CAD/CAM-систем, зокрема SolidWorks, PowerShape та FeatureCAM.

Конструкторська частина: Розроблено та розраховано комплекти спеціальної станочної оснастки (верстатно-інструментальне пристосування) та контрольно-вимірювального пристрою для забезпечення точності виконання окремих операцій техпроцесу.

Економічна ефективність: Проведено порівняльний техніко-економічний аналіз, який довів доцільність та високу ефективність модернізації верстатного парку шляхом заміни базового обладнання на сучасні високотехнологічні аналоги.

**ГІДРОМОТОР, ВАЛ ШЕСТЕРНЯ, СКЛАДАННЯ, ТЕХНОЛОГІЯ,
ЯКІСТЬ, КОНТРОЛЬ, ОСНАЩЕННЯ, ІНСТРУМЕНТ, СОБІВАРТІСТЬ,
ПРОДУКТИВНІСТЬ**

ABSTRACT

The object of the design is the technological process of folding the hydraulic motor GPA-16 and the technological process of mechanical processing of the part “Gear Shaft for the Hydraulic Motor”, which enters its structure.

Meta-robots focus on the development of progressive, highly productive technological processes of external folding of the designated hydraulic unit and complex mechanical processing of the gear shaft of the GPA-16 hydraulic motor to ensure the specified accuracy and operational efficiency. reliability.

Here are the results of the work:

Organizational and technological arrangement: Based on the given river program, the type of production and organizational form of the farm's work are assigned to the outlet. The technological scheme of the folding unit, as well as the route and operational technological processes of mechanical processing of the part, have been broken down.

Design of the workpiece: A rational method has been developed for removing the output workpiece and placing it under fire in a technical and economical manner in accordance with the quality of the material.

Rozhrakhankovo-technological part: The choice of progressive metallurgical equipment and cutting tools is used. An analytical analysis of processing allowances was carried out, optimal cutting modes were determined and technical standards were determined for the design of folding and manufacturing operations.

CAD design: Modeling the geometry of a part, designing technological equipment and generating core programs for desktop computers with the integration of current CAD/CAM systems, SolidWorks, PowerShape and FeatureCAM.

Design part: Sets of special machine equipment (workbench-tool attachment) and control-vibration device were developed and installed to ensure the accuracy of various operations in the technical process.

Economic efficiency: A comprehensive technical and economic analysis was carried out, which ensured the effectiveness and high efficiency of the modernization of the road park by replacing the basic equipment with a modern one. High-tech analogues.

HYDRAULIC MOTOR, GEAR SHAFT, FOLDING, TECHNOLOGY,
YAKIST, CONTROL, EQUIPMENT, TOOLS, COMPLIANCE, PRODUCTIVITY

ЗМІСТ

Вступ

1 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ ВУЗЛА

1.1 Призначення та умови роботи машини

1.2 Схема складання вузла

2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ПРОЕКТУ

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

2.2 Аналіз якості поверхонь деталей

2.3 Технічний контроль робочого креслення

2.4 Аналіз технологічності деталі

2.5 Вибір типу виробництва

2.6 Вибір типового технологічного процесу. Задачі проектування

3 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ

3.1 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовки

3.2 Вибір і обґрунтування баз

3.3 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

3.4 Розробка маршруту обробки деталі

3.5 Розробка технологічної операції

3.6 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку

3.7 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МАРШРУТУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

5 РОЗРОБКА ВЕРСТАТНО-ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО НАЛАГОДЖЕННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ В ПРОГРАМНОМУ ПРОДУКТІ FeatureCAM

6 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ТА КОНТРОЛЬНОГО ПРИСТОСУВАНЬ

6.1 Проектування технологічного оснащення

6.2 Проектування контрольного пристосування

7 АНАЛІТИЧНА ОЦІНКА УМОВ ПРАЦІ ДЛЯ ОБРОБКИ ВАЛУ ШЕСТЕРНІ В МЕХАНІЧНОМУ ЦЕХУ

Висновки

Список використаних джерел

Додатки А.

					КНУ.КБР.131.26.1-11.3			
					ЗМІСТ			
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат				
Розроб.	Климчук							
Перевір.	Кіяновський							
Н. контр.	Нечаєв				Кафедра ТМ зв ПМ-22			
Затверд.	Рязанцев							

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасний етап розвитку вітчизняного машинобудування характеризується стрімким науково-технічним прогресом, спрямованим на безперервне вдосконалення конструкторсько-технологічної підготовки виробництва. В умовах висококонкурентного ринку ключовими критеріями ефективності машинобудівних виробів стають їхня висока надійність, точність, зниження питомої матеріаломісткості (маси на одиницю потужності) та мінімізація витрат суспільної праці на одиницю готової продукції.

Одним із головних інструментів інтенсифікації виробництва та підвищення його технічного рівня є впровадження високоефективних технологічних процесів, комплексної механізації та автоматизації. Особливої ваги ці заходи набувають на тих етапах виробничого циклу, де все ще зберігається значна частка ручної чи малоефективної праці, зокрема на складальних операціях та при фінішній обробці деталей складної геометричної конфігурації.

Гідравлічні машини, до яких належить гідромотор ГПА-16, працюють в умовах знакозмінних динамічних навантажень та високих тисків робочого середовища. Це висуває жорсткі вимоги до точності взаємного розташування елементів вузла. Вал-шестерня є ключовим і найбільш навантаженим компонентом кінематичного ланцюга гідромотора. Забезпечення його заданої експлуатаційної надійності безпосередньо залежить від прогресивності проєктованих технологічних процесів механічної обробки та використання передових засобів автоматизації проєктування (CAD/CAM-систем).

Об'єктом проєктування є технологічний процес загального складання гідромотора ГПА-16 та технологічний процес комплексної механічної обробки деталі «Вал-шестерня гідромотора», що входить до його конструктивного складу.

Мета випускної роботи полягає у розробці прогресивних, високопродуктивних технологічних процесів загального складання зазначеного гідроагрегату та механічної обробки вала-шестерні гідромотора ГПА-16 для забезпечення нормативних показників точності та експлуатаційної надійності виробу при оптимізації техніко-економічних показників дільниці.

Для досягнення поставленої мети у роботі вирішено такі задачі проєктування:

- Організаційно-технологічні: на основі заданої річної програми випуску обґрунтувати тип виробництва та організаційну форму роботи виробничої дільниці; розробити технологічну схему загального складання вузла, а також маршрутний і операційний технологічні процеси механічної обробки вала-шестерні.

					КНУ.КБР.131.26.1-11.В			
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат				
Розроб.	Климчук							
Перевір.	Кіяновський							
Н. контр.	Нечаєв							
Затверд.	Рязанцев							
					Лім.		Арк.	Арквшів
ВСТУП					Кафедра ТМ зп ПМ-22			

- Конструкторсько-заготовчі: обрати раціональний і економічно доцільний метод отримання вихідної заготовки, виконати її проектування та навести розгорнуте техніко-економічне обґрунтування з розрахунком коефіцієнта використання матеріалу.

- Розрахунково-технологічні: здійснити вибір прогресивного металорізального обладнання та різального інструменту; виконати аналітичний розрахунок припусків на обробку, визначити оптимальні (інтенсифіковані) режими різання та провести технічне нормування операцій складання й виготовлення.

- Цифрові (із застосуванням САПР): виконати тривимірне моделювання геометрії деталі, проектування засобів технологічного оснащення та генерацію керуючих програм для верстатів з ЧПК в інтегрованому середовищі сучасних CAD/CAM-систем (SolidWorks, PowerShape, FeatureCAM).

- Конструкторсько-інженерні: розробити та розрахувати (на міцність, точність та зусилля затиску) комплект спеціальної станочної оснастки (верстатно-інструментальне пристосування) та контрольно-вимірювального пристрою для забезпечення точності виконання критичних операцій техпроцесу.

- Економічні: виконати порівняльний техніко-економічний аналіз проекту у порівнянні з базовим варіантом, розрахувати собівартість виготовлення деталі, строк окупності капітальних вкладень та довести доцільність модернізації верстатного парку шляхом заміни застарілого обладнання на сучасні високотехнологічні аналоги.

Практичне значення отриманих результатів полягає у створенні готового до впровадження високоефективного технологічного процесу, що дозволяє скоротити цикл виробництва гідромотора ГПА-16, знизити частку ручної праці за рахунок автоматизації та підвищити якість виготовлення відповідальних деталей машин.

					КНУ.КБР.131.26.1-11.В	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

1 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ ВУЗЛА

1.1 Призначення та умови роботи машини

Деталь шестерня входить до складу Гідромотору ГПА-16, що представлений на рис. 1.1. У конструкції газоперекачуючих агрегатів ГПА 16, що використовується для транспортування природного газу магістральними трубопроводами під високим тиском(5,49-7,45 МПа).

У конструкції ГПА-16 гідромотор використовується у складі систем мащення. Гідромотор забезпечує роботу вузлів під час обертання привідного газотурбінного двигуна типу ДГ90Л2.

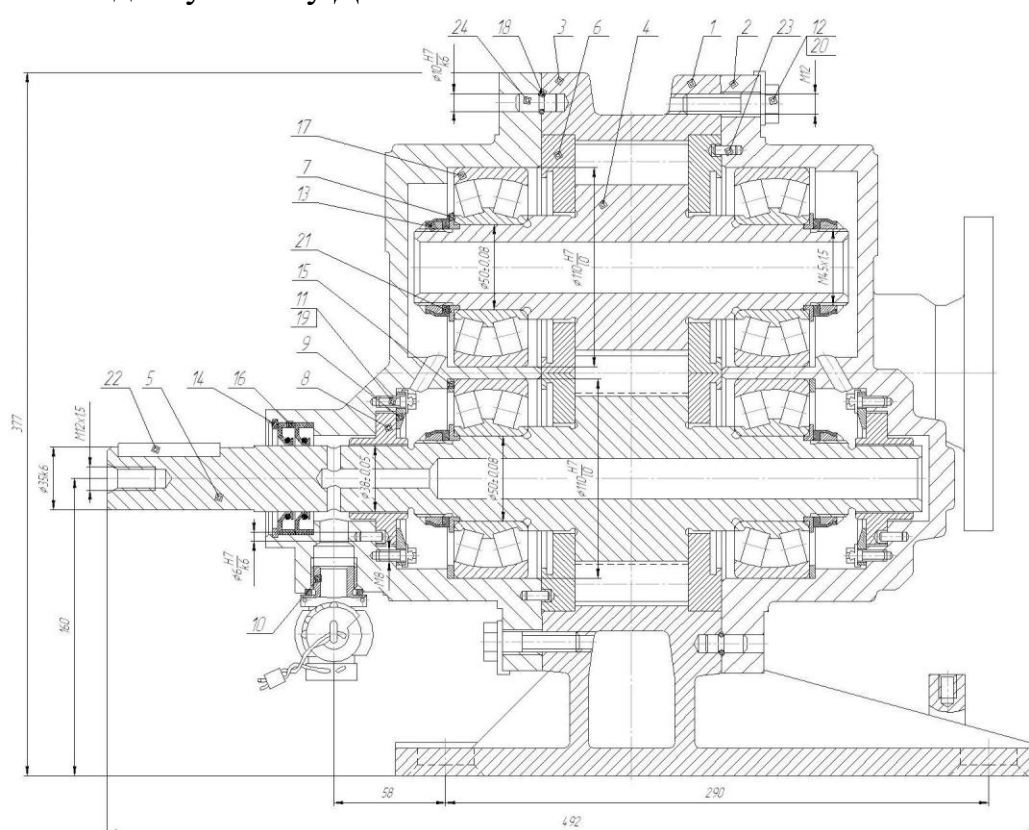


Рисунок 1.1 – Гідромотор ГПА-16

Технічні характеристики вузла приведені у таблиці 1.1

					КНУ.КБР.131.26.1-11.01.ПТПСВ				
					ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ	Лім.	Арк.	Арквшів	
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат					
Розроб.	Климчук								
Перевір.	Кіяновський								
Н. контр.	Нечаєв				Кафедра ТМ зп ПМ-22				
Затверд	Рязанцев								

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики гідромотору ГПА-16

Робоча рідина	Мастило ТМ22 ТУ У 23.2-30802090-015-2003 (оливи виробництва «Агрінол»)
Прокачка мастила	8,9кг/сек (32000кг/год)
Перепад тиску	2,0МПа (20кг/см ²)
Частота обертання не менше	23,6 с ⁻¹ (1415 об/хв.)
Потужність на вихідному валу не менше	12кВт

Даний вузол відноситься до силового. Деталі піддаються значним циклічним навантаженням, абразивному зносу. Для виконання вузлом свого призначення, всі деталі повинні бути виконані з високою точністю та низькою шорсткістю поверхні для забезпечення герметичності.

1.2 Схема складання

Розробляємо технологічний процес складання вузла та представляємо послідовність складання на рисунку 1.2.

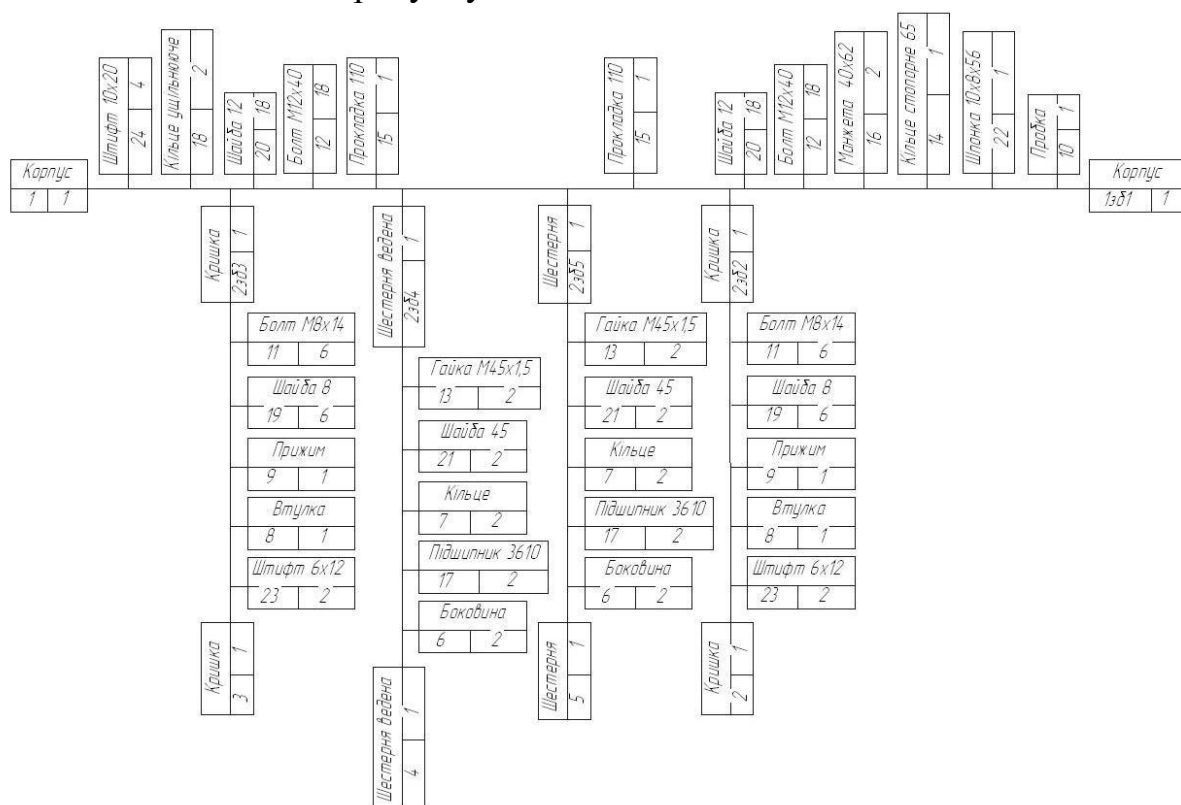


Рисунок 1.2 – Схема складання вузла

На основі схеми складання розроблюємо операційний технологічний процес складання. Послідовність процесу відображаємо у технологічних картах складання.

2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИХІДНИЙ ДАНИХ ПРОЕКТУ

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін.

Деталь вал-шестерня входить до складу гідромотору ГПА-16. Вал-шестерня піддається циклічному навантаженню (має місце втома матеріалу), різним видам зносу (найбільший знос зубчастої поверхні). На рисунку 2.1 приведена деталь шестерня.

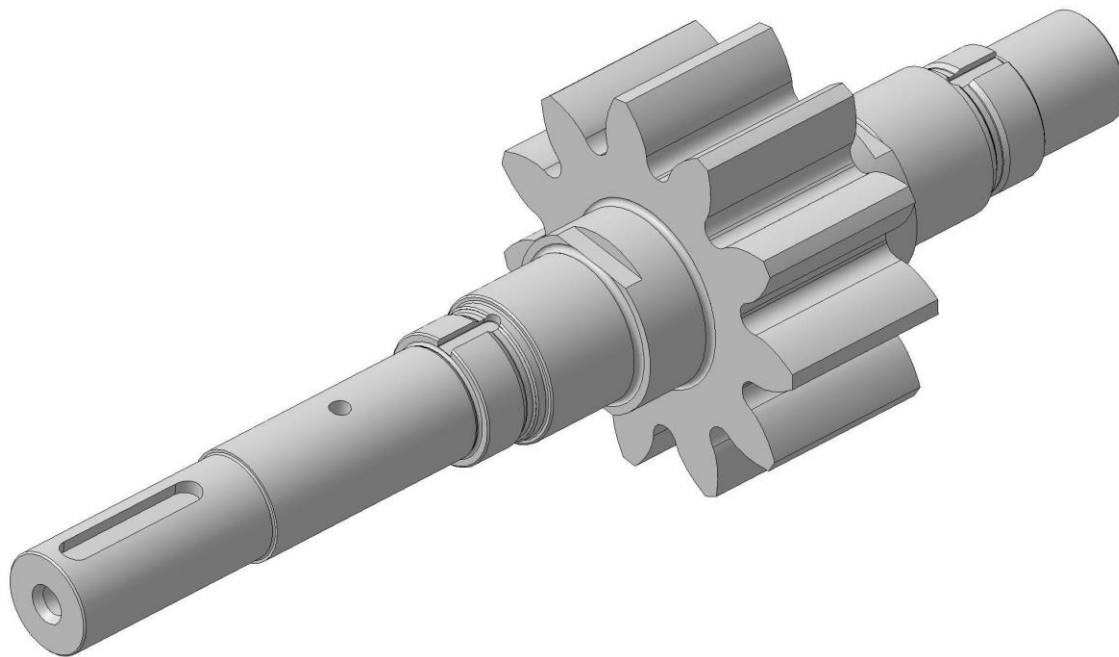


Рисунок 2.1 – Вал- шестерня

Вал-шестерня виготовлена зі сталі 18Х2Н4МА ДСТУ 7806:2015. В таблиці 2.1 та 2.2 приводяться дані про матеріал деталі та заміну відповідно.

Дані леговані сталі піддають термообробці у вигляді гартування при температурі 950°С, відпуску температурі 200°С (на повітрі).

Таблиця 2.1 - Хімічний склад 18Х2Н4МА та її заміників

Склад	C, %	Si, %	Mn, %	Cu, %	Mo, %	Ni, %	S, %	P, %	Cr, %
18Х2Н4МА	0,14-0,2	0,17-0,37	0,25-0,55	0-0,3	0,3-0,4	4-4,6	0-0,025	0-0,025	1,35-1,65
38Х2Н2МА	0,33-0,4	0,17-0,37	0,25-0,5	0-0,3	0,2-0,3	1,3-1,7	0-0,025	0-0,025	1,3-1,7
38ХН3МА	0,33-0,4	0,17-0,37	0,25-0,5	0-0,3	0,2-0,3	2,75-3,25	0-0,025	0-0,025	0,8-1,2

					КНУ.КБР.131.26.1-11.02.ТЕАВДП				
Змі	Аркв	№	Підпис	Дат	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИХІДНИЙ ДАНИХ				
Розроб.	Климчук								
Перевір.	Кіановський				Кафедра ТМ зв ПМ-22				
Н. контр.	Нечаєв								
Затверд.	Рязанцев								

Таблиця 2.2 - Механічні властивості 18Х2Н4МА та її замінників

Властивості	σ_T , МПа	σ_{BP} , МПа	δ_5 , %	ψ , %	Твердість (після термообробки), НВ
18Х2Н4МА	835	1130	12	50	525
38Х2Н2МА	930	1080	12	50	525
38ХН3МА	980	1080	12	50	525

На основі даних, що наведені в таблицях, можна зробити висновок, що сталь 38Х2Н2МА найбільш підходить для заміни, так як має близькі механічні властивості.

2.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Нумеруємо поверхні на кресленні деталі.

Основні поверхні: поверхня 13 та 17, що представлені цапфами шестерні Ø50js6, торці зубчастого вінця 29,30.

Виконавчі поверхні: зубчаста поверхня 32.

Допоміжні поверхні: циліндрична поверхня 20 Ø35k6.

Спряжені поверхні:

- 1,23,8,15 – різьбові отвори М12х1,5 та М24х1,5 відповідно,
- 33,34 – два шпоночні пази,
- 11,19 – різьба М45х1,5 с протилежних кінців шестерні,

Вільні поверхні:

- 24,27,28 – отвори для змащування,
- 14,16 – дві циліндричні поверхня Ø60мм,
- фаски, галтелі,
- 2,40 - торці шестерні.

В таблиці 2.3 приводяться характеристики поверхонь.

Додаток А

Нумерація поверхонь деталі шестерня

					КНУ.КБР.131.26.1-11.02.ТЕАВДП	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

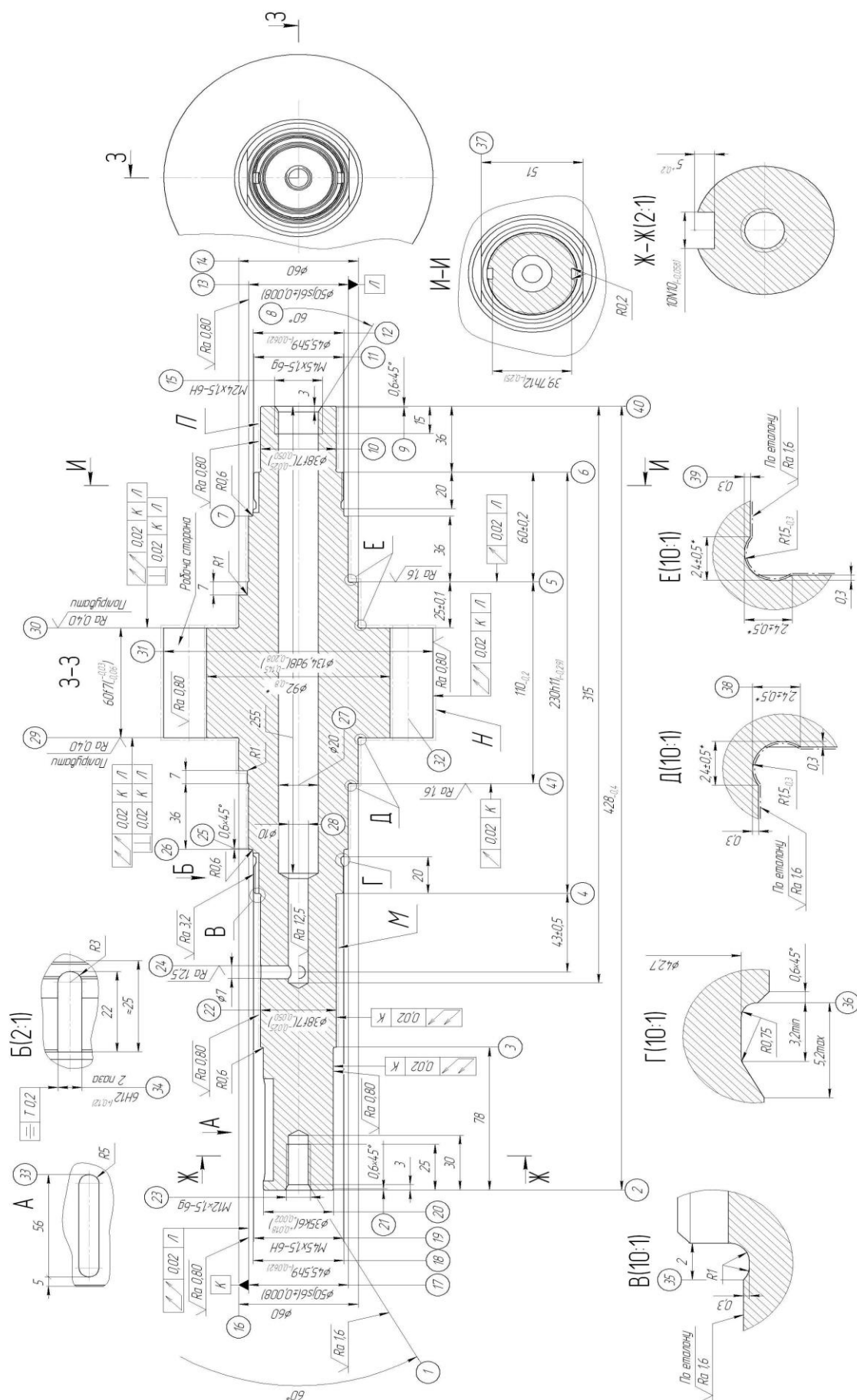


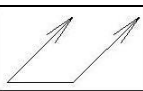
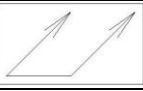
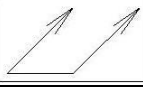
Рисунок А.1 – Нумерація поверхонь деталі шестерня

КНУ.КБР.131.26.1-11.02.ТЕАВДП					Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат	

Таблиця 2.3 – Характеристика поверхонь

№ з/п	Номинальний розмір, мм	Квалітет, ІТ	Допуск Т чи відхилення розміру	Шорсткість, Ra, мкм	Відхилення форми та розташування поверхонь
1	1 60°	ІТ14	-	1,6	-
2	2, 40 428 _{-0,4}	ІТ11	0 -0,4	6,3	-
3	2, 3 78	ІТ14	+0,37 -0,37	6,3	-
4	4,6 230	h11	0 -0,29	6,3	-
5	5,41 110 _{-0,2}	h11	0 -0,2 -0,5	6,3	 0,02 К

Продовження таблиці 2.3

№ п/п	Номинальний розмір, мм	Квалітет, ІТ	Допуск Т чи відхилення розміру	Шорсткість, Ra, мкм	Відхилення форми та розташування поверхонь
6	7,26 36	ІТ14	+0,31 -0,31	6,3	-
7	8 60°	ІТ14	-	6,3	-
8	9, 21, 25 0,6x45°	ІТ14	+0,07 -0,07	6,3	-
9	10,22 Ø 38f7	f7	-0,025 -0,050	0,8	 0,02 К
10	11,19 M45x1,5	-	-	6,3	-
11	12,18 Ø45,5h9	h9	0 -0,062	6,3	-
12	13,17 Ø50js6	js6	+0,008 -0,008	0,8	 0,02 Л
13	14,16 Ø60	h14	0 -0,074	6,3	-
14	15 M24x1,5-6g	6g	-	6,3	-
15	20 Ø35k6	k6	+0,018 +0,002	0,8	 0,02 К

1	2	3	4	5	6
16	23 M12x1,6-6g	6g	-	6,3	-
17	24 Ø7	H14	+0,36 0	12,5	-
18	27 Ø20	H14	+0,52 0	12,5	-
19	28 Ø10	H14	+0,36 0	12,5	-
20	29,30 60f7	f7	-0,03 -0,06	0,4	 0,02 K Л  0,02 K Л
21	31 Ø134,9d8	d8	-0,145 -0,208	0,8	 0,02 K Л
22	32 m=10, z=11	-	-	0,8	-
23	33 10N10	N10	0 -0,058	6,3	-
24	34 6H12	H12	+0,12 0	3,2	 T 0,2
25	35 2	IT14	+0,125 -0,125	6,3	-
26	36 3,2	IT14	+0,125 -0,125	6,3	-
27	37 51	h14	0 -0,74	6,3	-
28	38,39 2,4±0,5	-	+0,5 -0,5	6,3	-

Можна зробити висновок, основні та виконавчі поверхні мають низьку шорсткість, високу точність, зносостійкість, міцність поверхневого шару. Точність та шорсткість вільних поверхонь не висока.

Вимоги до шорсткості, квалітетів допусків, допуски відхилення від форми та розташування поверхонь дають можливість обробки деталі на верстатах нормальної точності, а деяких чистових операцій – на точних верстатах.

2.3 Технічний контроль робочого креслення

На кресленні зображений головний вид шестерні у розрізі, характер якого показаний на виді зліва. Присутні також виносні елементи канавок для виходу шліфувального кола, для виходу різця, виносні елементи шпонкових пазів.

Технічні умови містять інформацію про точність деталі, її термообробку, контроль, маркування. На кресленні позначена невказана шорсткість становить

					КНУ.КБР.131.26.1-11.02.ТЕАВДП	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Ra12,5. Шестерня має всі необхідні розміри. Розміри основних та допоміжних поверхонь мають квалітет допуску, проставлена шорсткість поверхонь.

Основний напис містить всю необхідну інформацію, а саме матеріал деталі 18X2H4MA ДСТУ 7806:2015, маса 8,74кг, масштаб 1:1. Таким чином креслення відповідає вимогам ЄСКД.

2.4 Аналіз технологічності деталі

2.4.1 Якісний аналіз технологічності

Розглянемо та виберемо методи отримання заготовки деталі шестерня.

Оптимальною заготовкою є поковка, бо деталь піддається циклічним навантаженням. Деталь має розвинуті поверхні для установки та закріплення, що представлені циліндричними та торцевими поверхнями.

Деталь жорстка, що дає можливість використання підвищених режимів різання, використання одночасної обробки декількома інструментами. Профіль деталі дозволяє вільне підведення та відведення ріжучого та вимірювального інструмента.

Допуски розмірів поверхонь деталі представлені 6-9 квалітетами. Невказані розміри згідно технічним вимогам мають 14 квалітет. Поверхні деталі з шорсткістю Ra0,4 – 3,2. Невказана шорсткість складає 6,3, отже, ці поверхні піддають чорновій, напівчистовій, чистовій обробці.

Таким чином, маємо в цілому технологічну з декількома нетехнологічними елементами: зубчаста поверхня, осьовий отвір великої довжини.

2.4.1 Кількісний аналіз технологічності

Коефіцієнт використання матеріалу згідно заводського технологічного процесу:

$$K_{B.M.} = \frac{Q_D}{Q_3} = \frac{8,74}{20} = 0,437 \quad (2.1)$$

Коефіцієнт використання матеріалу згідно розробленого технологічного процесу:

$$K_{B.M.} = \frac{Q_D}{Q_3} = \frac{8,74}{17,6} = 0,49 \quad (2.2)$$

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_{yH} = \frac{n}{N} = \frac{25}{41} = 0,61 \quad (2.3)$$

Коефіцієнт уніфікації повинен перевищувати 0,9. В нашому випадку $K_{yH}=0,61$, що говорить про значну кількість розмірів, що не належать до лінійних рядів.

Середня шорсткість

$$Ra_{cp} = \frac{\sum Ra \cdot n}{N} = \frac{0,4 \cdot 1 + 0,8 \cdot 5 + 1,6 \cdot 1 + 3,2 \cdot 1 + 6,3 \cdot 33}{34} = 5,07 \quad (2.4)$$

Отже, вимоги до шорсткості деталі середні.

					КНУ.КБР.131.26.1-11.02.ТЕАВДП	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Середня точність

$$IT_{CP} = \frac{\sum IT \cdot n}{N} = \frac{6 \cdot 2 + 7 \cdot 1 + 8 \cdot 1 + 9 \cdot 1 + 14 \cdot 36}{41} = 11,4 \quad (2.5)$$

Отже, вимоги до точності середні.

Можна зробити висновок, що деталь має середні вимоги до точності (але виконавчі поверхні виконані з високою точністю) та шорсткості.

2.5 Вибір типу виробництва

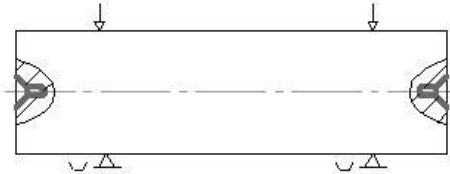
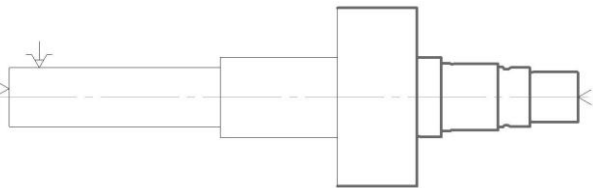
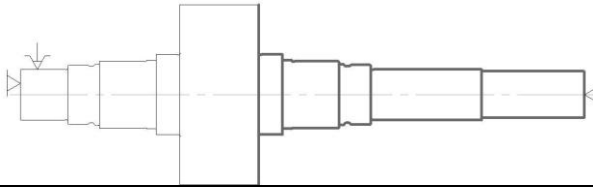
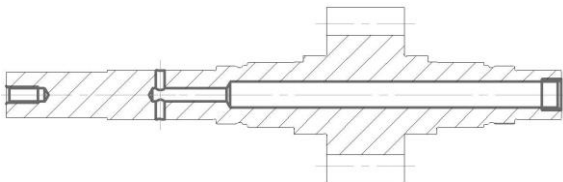
Деталь шестерня виготовляється в умовах серійного типу виробництва. Об'єм випуску складає 500 штук/рік.

2.6 Вибір типового технологічного процесу. Задачі проектування

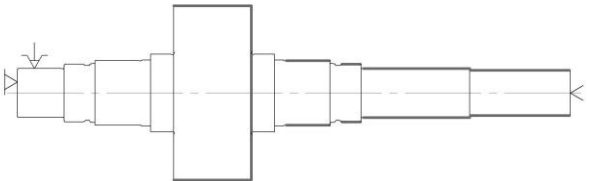
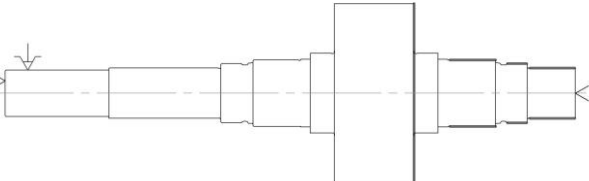
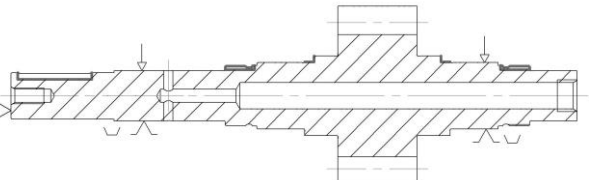
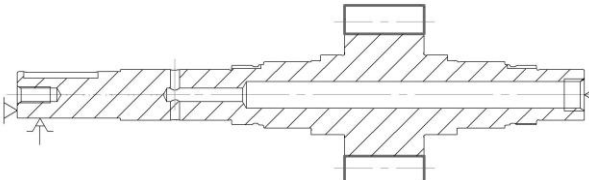
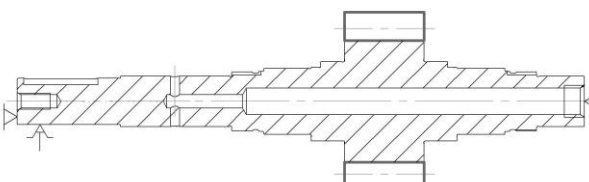
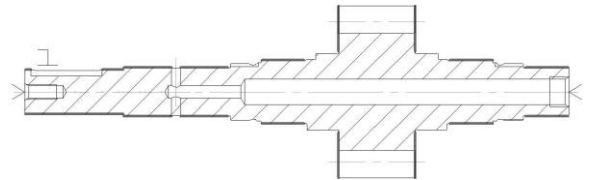
2.6.1 Вибір типового технологічного процесу

За базовий технологічний процес використаємо заводський, що приведений у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Базовий технологічний процес

№ операції	1 Назва операції 2 Верстат 3 Зміст переходів технологічної операції	Ескізи операцій
005	Фрезерно-центрувальна Фрезерно-центрувальний МР71М Центрувати торці	
010	Токарна чорнова Токарно-16K20 Точити ступені валу, канавки для виходу інструменту	Установ А:  Установ Б: 
015	Свердлильна Вертикально-свердлильний 2Н135 Свердлити центрові та радіальний отвори	

Продовження таблиці 2.4

№ операції	1 Назва операції 2 Верстат 3 Зміст переходів технологічної операції	Ескізи операцій
020	Токарна чистова Токарно-гвинторізний 16K20 Точіння профілю деталі	Установ А:  Установ Б: 
025	Фрезерна Вертикально-фрезерний 6P11 Фрезерування лисок та шпоночних пазів	
030	Зубофрезерна Зубофрезерний 53A80 Фрезерування зубчастої поверхні	
035	Азотування	-
040	Окислення хімічне	-
045	Зубошліфувальна Зубошліфувальний 5B835 Шліфування зубчастої поверхні шестерні	
050	Круглошліфувальна Круглошліфувальний 3M153 Шліфування посадочних поверхонь шестерні	
055	Технічний контроль	-

2.6.2 Задачі проектування

					КНУ.КБР.131.26.1-11.02.ТЕАВДП	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Заміна вихідної заготовки на поковку з меншими припусками на обробку.

Заміна верстатів на сучасні з ЧПК, що приведе до скорочення часу на наладку та обробку деталі, зменшення її собівартості.

Виконання токарних та фрезерних робіт на одному токарно-фрезерному верстаті, що збільшить точність обробки завдяки зменшенням кількості переустановив.

					КНУ.КБР.131.26.1-11.02.ТЕАВДП	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

3 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ

3.1 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовки

3.1.1 Вибір і техніко-економічне обґрунтування заготовки

Для обґрунтування варіантів одержання заготовки використовуємо матрицю впливу факторів, що представлена таблицею 3.1.

Таблиця 3.1 – Матриця впливу факторів

Спосіб виготовлення заготовки	Фактори				Сума
	Форма і розміри заготовки	Точність та якість поверхневого шару	Технологічні властивості матеріалу	Економія матеріалу	
Лиття	+	-	-	+	2
Ковка	+	+	+	+	4
Штампування	-	+	+	+	3
Прокат	-	+	+	-	2

Отже, що найбільш оптимальним способом отримання заготовки є поковка. Проводимо техніко-економічне порівняння варіантів одержання заготовки, порівнюючи поковку з прокатом.

Вартість заготовки:

$$A = M \cdot C \cdot K_n \cdot K_c \cdot K_{оп} - (Q - q) \cdot Ц \quad (3.1)$$

де М – маса заготовки,

С – вихідна оптова ціна 1кг заготовки(С=5,82грн),

K_n – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки,

K_c – коефіцієнт, що враховує виготовлення заготовок,

$K_{оп}$ – коефіцієнт, що враховує масу заготовки,

q – чиста маса деталі,

Ц – ціна 1кг відходів(Ц=0,35грн.),

Z_o – заробітна плата по операціям механічної обробки, грн.

Вартість прокату:

$$A = 47,4 \cdot 150,82 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,86 - (47,4 - 8,74) \cdot 60 = 3803,15 \text{ грн}$$

Вартість поковки:

$$A = 17,5 \cdot 150,82 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,86 - (17,5 - 8,74) \cdot 60 = 1290,27 \text{ грн}$$

Отже, вибір поковки в якості заготовки є економічно вигідним.

					КНУ.КБР.131.26.1-11.03.ПТПО			
Змі	Аркв	№	Підпис	Дат				
Розроб.	Климчук				ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ	Літ.	Арк.	Аркшів
Перевір.	Кіяновський							
						Кафедра ТМ з ПМ-22		
Н. контр.	Нечаєв							
Затверд.	Рязанцев							

3.1.2 Проектування заготовок

Проектування поковки проводимо за ДСТУ EN 10250-2 - 2008. На рисунку 3.1 приведений ескіз шестерня.

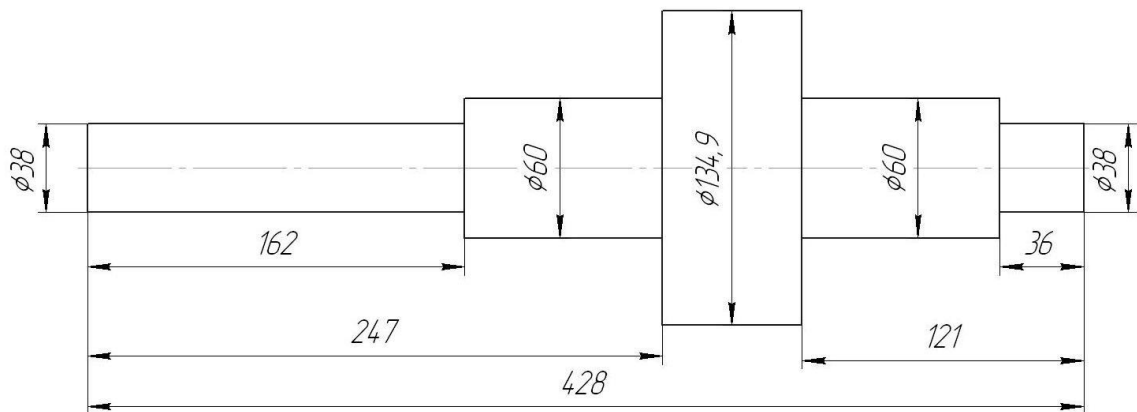


Рисунок 3.1 – Ескіз деталі шестерня

Дані для проектування заготовки заносимо в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 – Дані проектування заготовки

№ п/п	Номінальний розмір, мм	Основний припуск, мм	Граничні відхилення, мм	Додатковий припуск, мм	Розмір заготовки, мм
1	Ø134,9	10	±3	-	Ø145±3
2	Ø60	7	±2	4	Ø71±2
3	Ø38	6	±2	3	Ø47±2
5	36	(25-15)/2=5	±5	-	41±5
6	121	(25-15)/2=5	±5	-	126±5
7	162	(25-15)/2=5	±5	-	167±5
8	247	(25-15)/2=5	±5	-	252±5
9	428	25	±8	-	453±8

Основні припуски і граничні відхилення на діаметри уступів і виступів деталі призначають залежно від загальної довжини деталі L і діаметра D.

Припуск на загальну довжину заготовки:

$$2,5 \left(\delta \pm \frac{\Delta}{2} \right), \quad (3.2)$$

де $\delta \pm \frac{\Delta}{2}$ – основний припуск та граничні відхилення на найбільший розмір перерізу.

					КНУ.КБР.131.26.1-11.03.ПТПО	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

$$2,5 \cdot (10 \pm 3) = 25 \pm 8$$

Припуск на довжину проміжних виступів:

$$1,5 \left(\delta \pm \frac{\Delta}{2} \right), \quad (3.3)$$

$$1,5 \cdot (10 \pm 3) = 15 \pm 5 \text{ мм}$$

Припуски на всі інші розміри розраховуємо згідно правила розмірних ланцюгів.

Ескіз заготовки з основними припусками зображений на рисунку 3.2.

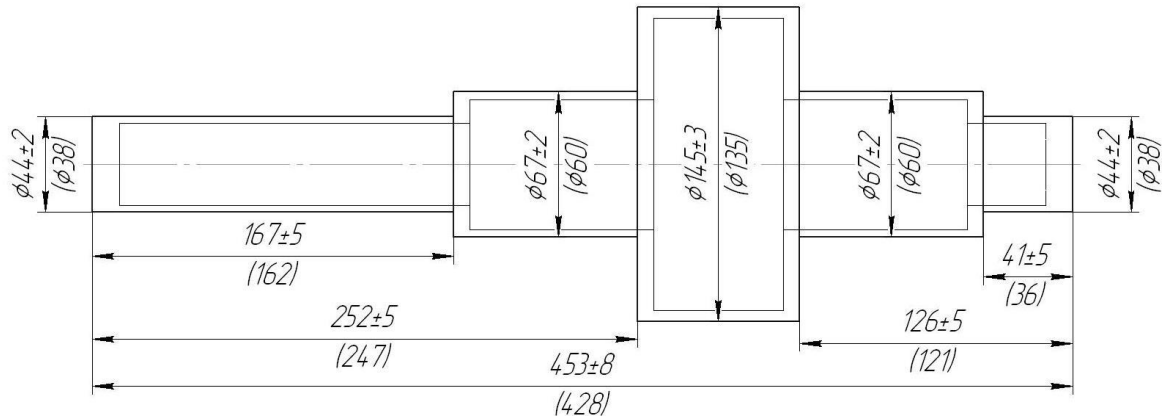


Рисунок 3.2 – Ескіз заготовки з основними припусками

Додатковий припуск S призначаємо на діаметри всіх перетинів, окрім основного, в залежності від різниці діаметрів найбільшого і перерізів деталі, що розглядаються.

За основний переріз приймаємо переріз Ø145±3мм. На рисунку 3.3 зображений ескіз з основними та додатковими припусками.

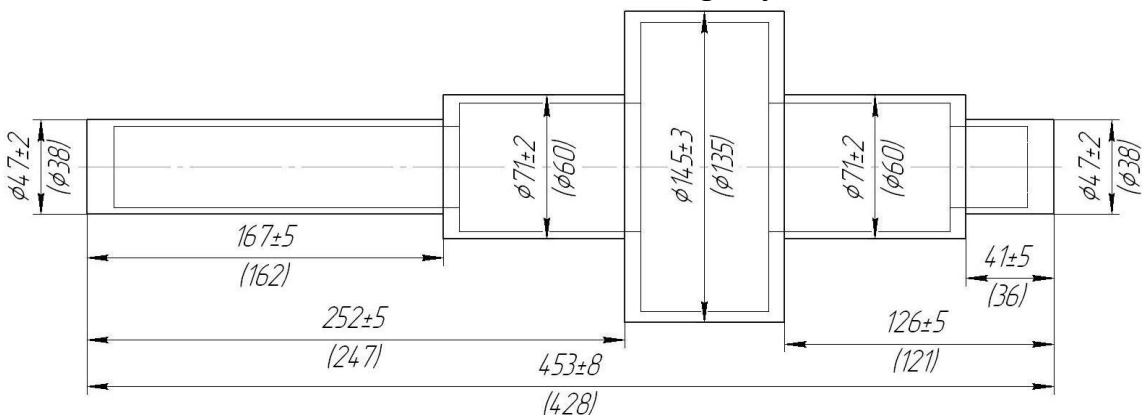


Рисунок 3.3 – Ескіз заготовки з основними припусками та додатковими припусками

Виконуємо остаточний ескіз заготовки, що зображений на рисунку 3.4.

КНУ.КБР.131.26.1-11.03.ПТПО					Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат	

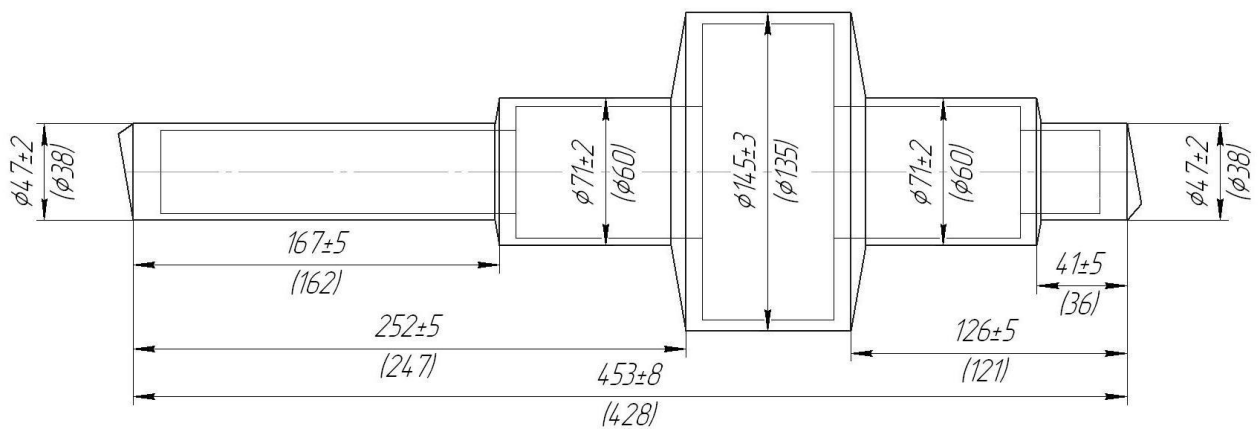


Рисунок 3.4 – Ескіз заготовки.

3.2 Вибір і обґрунтування баз

Конструкторські основні бази:

- циліндричні поверхні 13 та 17 $\varnothing 50js6mm$, $Ra0,8$,
- торці 5, 41, $Ra1,6$.

Конструкторські допоміжні бази:

- торець 3, $Ra6,3$,
- циліндрична поверхня 20 $\varnothing 35k6$, $Ra1,6$.

В якості технологічних баз використовуються поверхні конструкторських баз. Вимірювальні бази співпадають з конструкторськими основними базами.

Теоретична схема базування представлена на рисунку 3.5.

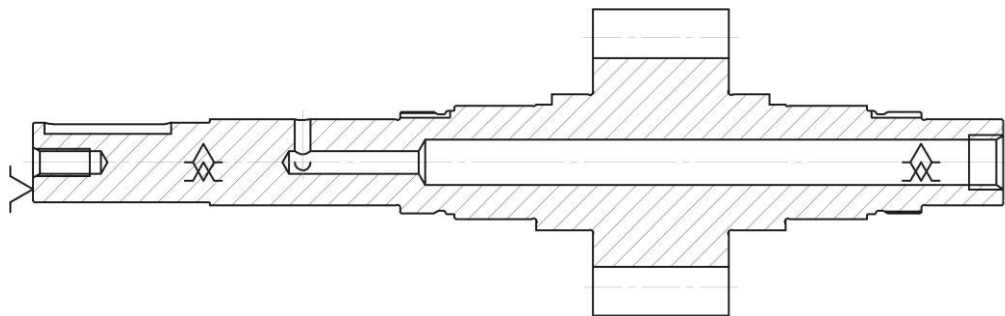


Рисунок 3.5 – Теоретична схема базування

На рисунку 3.6 показана схема базування на верстатах.

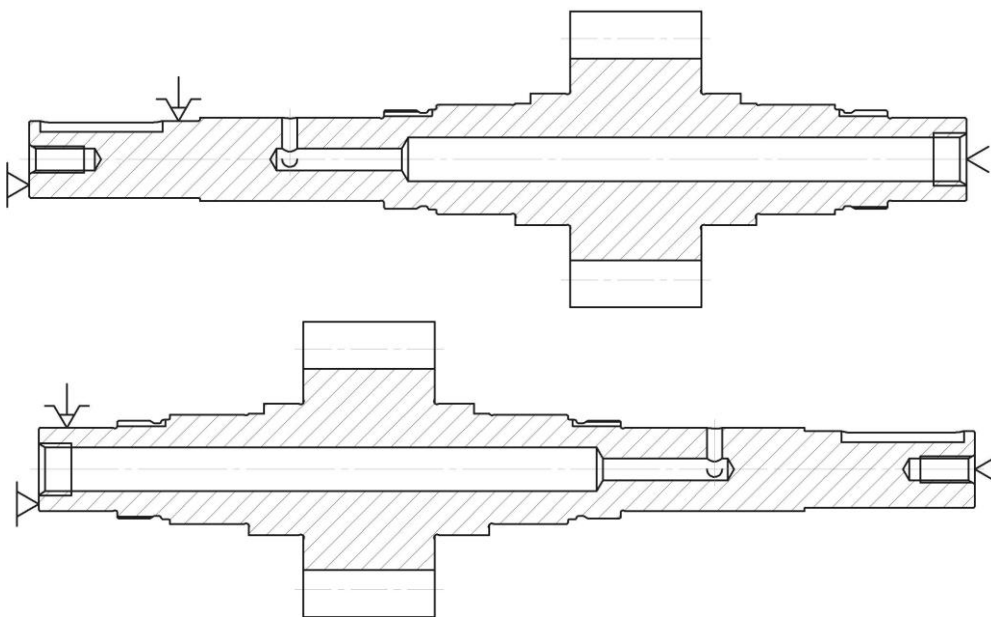


Рисунок 3.6 – Схема базування

Таким чином, принцип єдності баз зберігається.

3.3 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

На зовнішні, внутрішні і торцеві поверхні визначаємо кількість послідовних переходів з поступовим наближенням до необхідної точності і шорсткості. Отримані результати представлені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Послідовність переходів

№ поверхні, розмір	Найменування переходу	Шорсткість, Ra	Точність, IT	Допуск, мкм
1 60°	Заготовка	-	-	-
	Свердління	6,3	14	-
2, 40 428 _{-0,4}	Заготовка	-	-	1600
	Точіння чорнове	12,5	14	1550
	Точіння напівчистове	6,3	11	400
2, 3 78	Заготовка	-	-	-
	Точіння чорнове	6,3	14	740
4,6 230	Заготовка	-	-	-
	Точіння чорнове	6,3	14	1150
	Точіння напівчистове	6,3	11	290
5,41 110 _{-0,2}	Заготовка	-	-	-
	Точіння чорнове	6,3	14	870
	Точіння чистове	1,6	11	200

Продовження таблиці 3.3

№ поверхні, розмір	Найменування переходу	Шорсткість, Ra	Точність, IT	Допуск, мкм
8 60°	Заготовка	-	-	-
	Свердління	6,3	14	-
9, 21, 25 0,6x45°	Заготовка	-	-	-
	Точіння чорнове	12,5	14	140
10,22 Ø 38f7	Заготовка	-	-	4000
	Точіння чорнове	12,5	14	620
	Точіння напівчистове	6,3	9	62
	Точіння чистове	1,6	7	25
	Шліфування	0,8	7	25
11,19 M45x1,5	Заготовка	-	-	4000
	Точіння чорнове	12,5	14	620
	Точіння напівчистове	6,3	9	62
	Нарізання різьби	3,2	-	-
12,18 Ø45,5h9	Заготовка	-	-	4000
	Точіння чорнове	12,5	14	620
	Точіння напівчистове	6,3	12	250
	Точіння чистове	1,6	9	62
13,17 Ø50js6	Заготовка	-	-	4000
	Точіння чорнове	12,5	12	250
	Точіння напівчистове	6,3	9	62
	Точіння чистове	1,6	6	16
	Шліфування	0,8	6	16
14,16 Ø60	Заготовка	-	-	4000
	Точіння чорнове	12,5	14	620
15 M24x1,5-6g	Заготовка	-	-	-
	Свердління	12,5	14	360
	Розсвердлювання	6,3	12	250
	Нарізання різьби	6,3	-	-
20 Ø35k6	Заготовка	-	-	4000
	Точіння чорнове	12,5	12	250
	Точіння напівчистове	6,3	9	62
	Точіння чистове	1,6	6	16
	Шліфування	0,8	6	16
23 M12x1,6	Заготовка	-	-	-
	Свердління	12,5	14	430
24 Ø7	Заготовка	-	-	-
	Свердління	12,5	14	360

Продовження таблиці 3.3

№ поверхні, розмір	Найменування переходу	Шорсткість, Ra	Точність, IT	Допуск, мкм
27 Ø20	Заготовка	-	-	-
	Свердління	12,5	14	360
	Розсвердлювання	6,3	12	250
28 Ø10	Заготовка	-	-	-
	Свердління	12,5	14	360
29,30 60f7	Заготовка	-	-	4000
	Точіння чорнове	12,5	12	250
	Точіння напівчистове	6,3	9	62
	Точіння чистове	1,6	7	30
	Шліфування	0,8	7	30
31 Ø134,9d8	Заготовка	-	-	6000
	Точіння чорнове	12,5	14	1000
	Точіння напівчистове	6,3	10	160
	Точіння чистове	1,6	8	63
32 m=10, z=11	Заготовка	-	-	-
	Нарізання зуб'їв	1,6	-	-
	Шліфування зуб'їв	0,8	-	-
33 10N10	Заготовка	-	-	-
	Фрезерування пазу	6,3	10	58
34 6H12	Заготовка	-	-	-
	Фрезерування пазу	6,3	12	120
35 2	Заготовка	-	-	-
	Точіння канавки	6,3	14	250
36 3,2	Заготовка	-	-	-
	Точіння канавки	6,3	14	300
37 51	Заготовка	-	-	-
	Фрезерування лисок	6,3	14	740
38,39 2,4±0,5	Заготовка	-	-	-
	Точіння канавки	6,3	-	1000

3.4 Розробка маршруту обробки деталі

На основі базового технологічного процесу розроблюємо технологічну послідовність деталі, що представлена у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Маршрут обробки деталі

№	Найменування операції	Номер оброблюємої поверхні	Номер базуючої поверхні	Тип та модель верстата
005	Токарно-фрезерна з ЧПК	2-7,10-14,16-20,22, 25,26,29-31,33-41	-	Doosan Daewoo Puma MX 2500 LST
010	Горизонтально-розточна з ЧПК	1, 8, 9, 15, 21, 23, 24, 27, 28	13, 17, 29	ТХК160
015	Зубофрезерна з ЧПК	32	13, 17	53V80
020	Азотування	-	-	-
025	Окислення хімічне	-	-	-
030	Зубошліфувальна з ЧПК	32	13, 17	5А868Ф
035	Круглошліфувальна	10,13,17,22,29,30	1, 8	RSM 500 CNC
040	Технічний контроль	-	-	-

3.5 Розробка технологічної операції

В залежності від моделі верстата, характеру обробки обираємо ріжучий, допоміжний та вимірювальний інструмент та заносимо до таблиці 3.5

Таблиця 3.5 – Послідовність технологічних операцій

№ операції та переходів	1. Назва операції 2. Верстат 3. Зміст переходів технологічної операції	Інструмент (ріжучий, допоміжний, вимірювальний)
005	Токарно-фрезерна з ЧПК MX 2500 LST	Різець токарний правий з пластинами із твердого сплаву (пластина DCMW1173 ромбічна з кутом $\alpha=93^\circ$) державка SDJCR1616M11-SM, різець лівий - державка SDJCL1616M11-SM (пластина DCMW1173 ромбічна з кутом $\alpha=93^\circ$), фреза кінцева d10мм – ESMCD1000, фреза шпоночка d10мм – E2MCD1000, фреза шпоночка d6мм – E2MCD0600, штангенциркуль ШЦ-II-135-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1.

					КНУ.КБР.131.26.1-11.03.ПТПО	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Продовження таблиці 3.5

№ операції та переходів	1. Назва операції 2. Верстат 3. Зміст переходів технологічної операції	Інструмент (ріжучий, допоміжний, вимірювальний)
010	Горизонтально-розточна з ЧПК ТХК160	Сверло спіральне спеціальне d10мм, довжина ріжучою частини 320мм, матеріал ріжучої пластини Т5К10, конус Морзе №1, сверло спіральне спеціальне d20мм, довжина ріжучою частини 260мм, матеріал ріжучої пластини Т5К10, конус Морзе №2, свердло спіральне d7мм, матеріал ріжучої пластини Р6М5, конус Морзе №1, 2301-3162 ДСТУГОСТ12121-77, свердло спіральне d10мм (під різьбу), матеріал ріжучої пластини Р6М5, конус Морзе №1, 2301-0190 ДСТУГОСТ10903-78, зенківка D=32мм, d=8мм, 2φ=90°, матеріал ріжучої пластини Р6М5, конус Морзе №2, 2352-003 ДСТУГОСТ14953-69, мітчик М24х1,5, матеріал ріжучої пластини Р6М5, 2621-1801 ДСТУГОСТ3266-81, мітчик М12х1,5, матеріал ріжучої пластини Р6М5, 2621-1505 ДСТУГОСТ3266-81, штангенциркуль ШЦ-ІІ-135-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1, штангенциркуль ШЦ-ІІІ-400-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1
015	Зубофрезерна з ЧПК 53V80	Фреза черв'ячна модуль m=10 2510-4223 ДСТУГОСТ 9324-80, штангенциркуль ШЦ-ІІ-135-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1
020	Азотування	-
025	Окислення хімічне	-
030	Зубошліфувальна з ЧПК 5А868Ф	Шліфувальне коло 100х10х20 14А 40-П (чашечний конічний) ДСТУГОСТ 2424-83, штангенциркуль ШЦ-ІІ-135-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1
035	Кругло-шліфувальна RSM 500 CNC	Шліфувальне коло 100х20х32 14А 40-П ДСТУГОСТ 2424-83, штангенциркуль ШЦ-ІІ-135-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1
040	Технічний контроль	Індикатор електронний "GRIFF", штангенциркуль ШЦ-ІІ-135-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1, штангенциркуль ШЦ-ІІІ-500-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1

3.6 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку

3.6.1 Аналітичний розрахунок припусків на внутрішню циліндричну поверхню

Для розрахунку припусків вибираємо зовнішню циліндричну поверхню Ø50js6 ($\pm 0,008$)мм. Розрахунок ведемо аналітичним методом.

Послідовність обробки заносимо в графу 1 таблиці 3.6. Дані для заповнення граф 3,4 для поковки узяті з [2, с. 186, табл. 12]. В графу 9 заносимо величини допусків.

Точіння чорнове

Величину відхилень Δ_Σ поковки визначаємо за формулою

$$\Delta_\Sigma = 0,25\sqrt{T^2 + 1} = 0,25\sqrt{4000^2 + 1} = 1000 \text{ мкм}, \quad (3.3)$$

де T – допуск на розмір, мкм;

Точіння чорнове

$$\Delta_r = K_y \cdot \Delta_\Sigma = 0,6 \cdot 1000 = 600 \text{ мкм}$$

Точіння напівчистове

Величину залишкових просторових відхилень Δ_r визначають по рівнянню:

$$\Delta_r = K_y \cdot \Delta_\Sigma = 0,06 \cdot 600 = 36 \text{ мкм}, \quad (3.4)$$

де $K_y = 0,06$ - коефіцієнт уточнення [2, с. 190, табл. 29].

Точіння чистове: $\Delta_r = K_y \cdot \Delta_\Sigma = 0,05 \cdot 36 = 1,8 \text{ мкм}$.

Шліфування: $\Delta_r = 0$.

Похибка установки заготовки в патроні становить: $\varepsilon_1 = 250 \text{ мкм}$ [2, с. 41, табл. 13]. При відсутності переустановки $\varepsilon_1 = 0$. Результати розрахунків вносимо в графу 6 таблиці 3.6.

Розрахунок мінімальних припусків на діаметральні розміри для кожного переходу виконують по рівнянню:

- кування $2Z_{i\min} = 2(63 + 200 + 1000) = 2526$
- точіння чорнове $2Z_{i\min} = 2(12,5 + 70 + 600 + 200) = 2065 \text{ мкм}$;
- точіння напівчистове $2Z_{i\min} = 2(6,3 + 40 + 36 + 80) = 324,6 \text{ мкм}$;
- точіння чистове $2Z_{i\min} = 2(1,6 + 30 + 1,8 + 80) = 226,8 \text{ мкм}$;
- шліфування $2Z_{i\min} = 2(0,8 + 10) = 21,6 \text{ мкм}$.

Розрахункові значення припусків заносимо в графу 7 (таблиця 3.6)

Розрахунок найменших розрахункових розмірів по технологічних переходах робимо, складаючи значення найменших граничних розмірів, що відповідають попередньому технологічному переходу, з величиною припуску на виконуваний перехід:

$$\begin{aligned} 49,992 + 0,0216 &= 50,014 \text{ мм}, \\ 50,014 + 0,2268 &= 50,241 \text{ мм}, \\ 50,241 + 0,3606 &= 50,602 \text{ мм}, \\ 50,602 + 2,365 &= 52,967 \text{ мм}. \end{aligned}$$

					КНУ.КБР.131.26.1-11.03.ПТПО	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

					КНУ.КБР.131.26.1-11.03.ПТПО	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Точіння чорнове	14	12,5	70	600	200	2065	50,602	620	50,753	50,6	4000	2300
Точіння напівчистове	10	6,3	40	36	80	324,6	50,241	100	50,133	50,2	620	400
Точіння чистове	7	1,6	30	1,8	80	226,8	50,014	25	50,033	50,0	100	200
Шліфування чистове	6	0,8	10	0	0	21,6	49,992	16	50,008	49,9	25	20

Схема припусків на обробку зображена на рисунку 3.7.

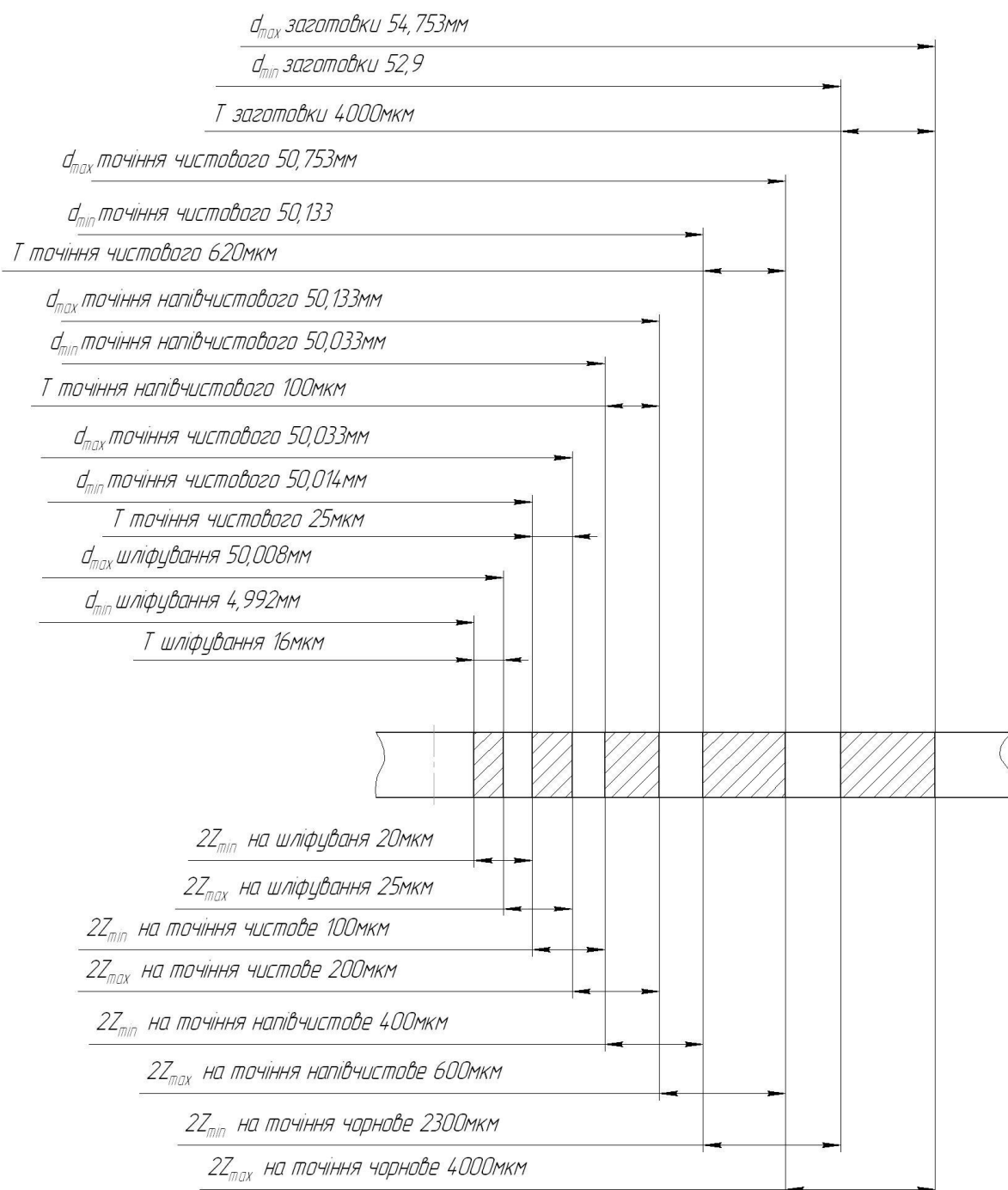


Рисунок 3.7 – Схема припусків на обробку Ø50js6(±0,008)мм

3.6.2 Розрахунок міжопераційних лінійних розмірів

На рисунку 3.8 зображена шестерня з індексацією поверхонь та конструкторських розмірів.

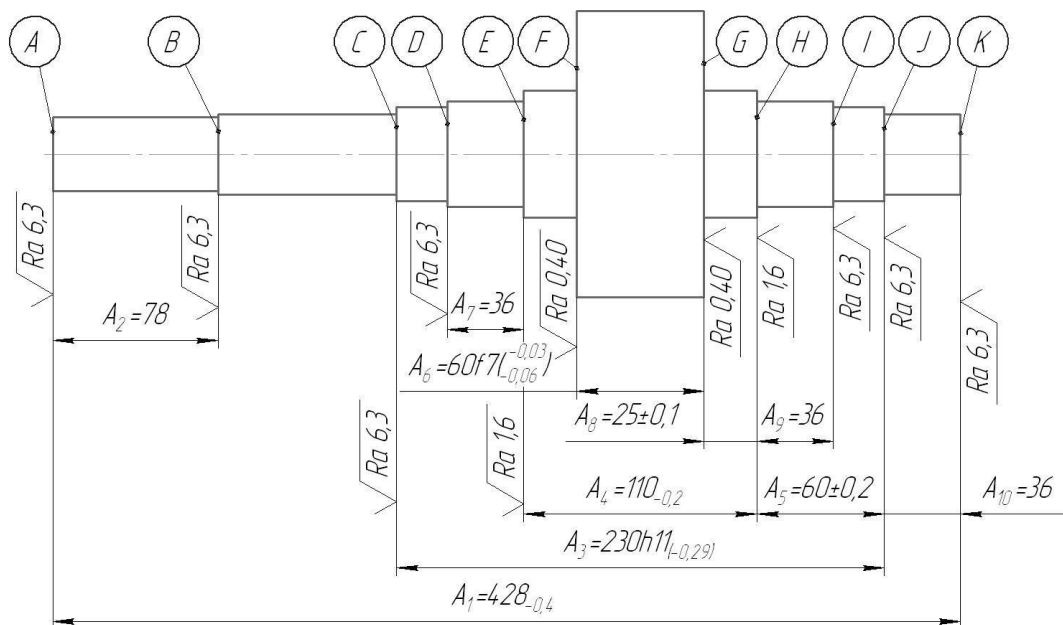


Рисунок 3.8 - Шестерня з індексацією поверхонь та конструкторських розмірів

На рисунку 3.8 зображена шестерня з комплексами конструкторських і технологічних розмірів.

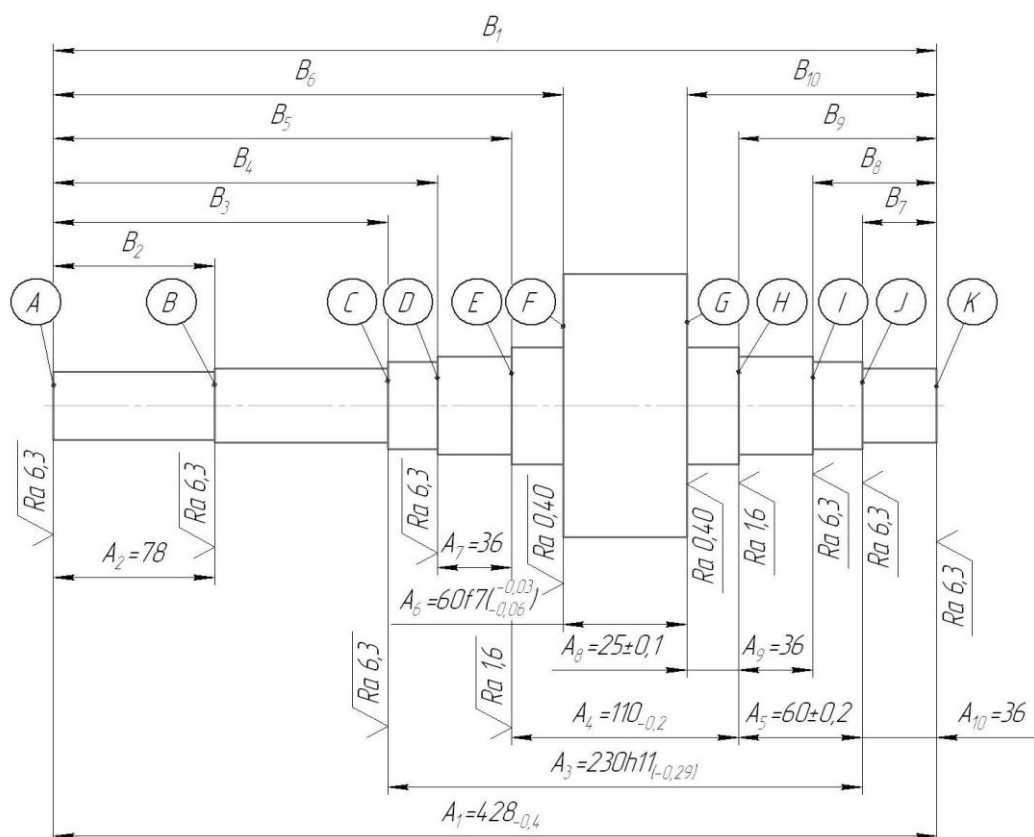


Рисунок 3.8 - Шестерня з комплексами конструкторських (А) і технологічних (В) розмірів

На рисунку 3.9 представлений граф двох комплексів розмірів (конструкторських та технологічних) шестерні.

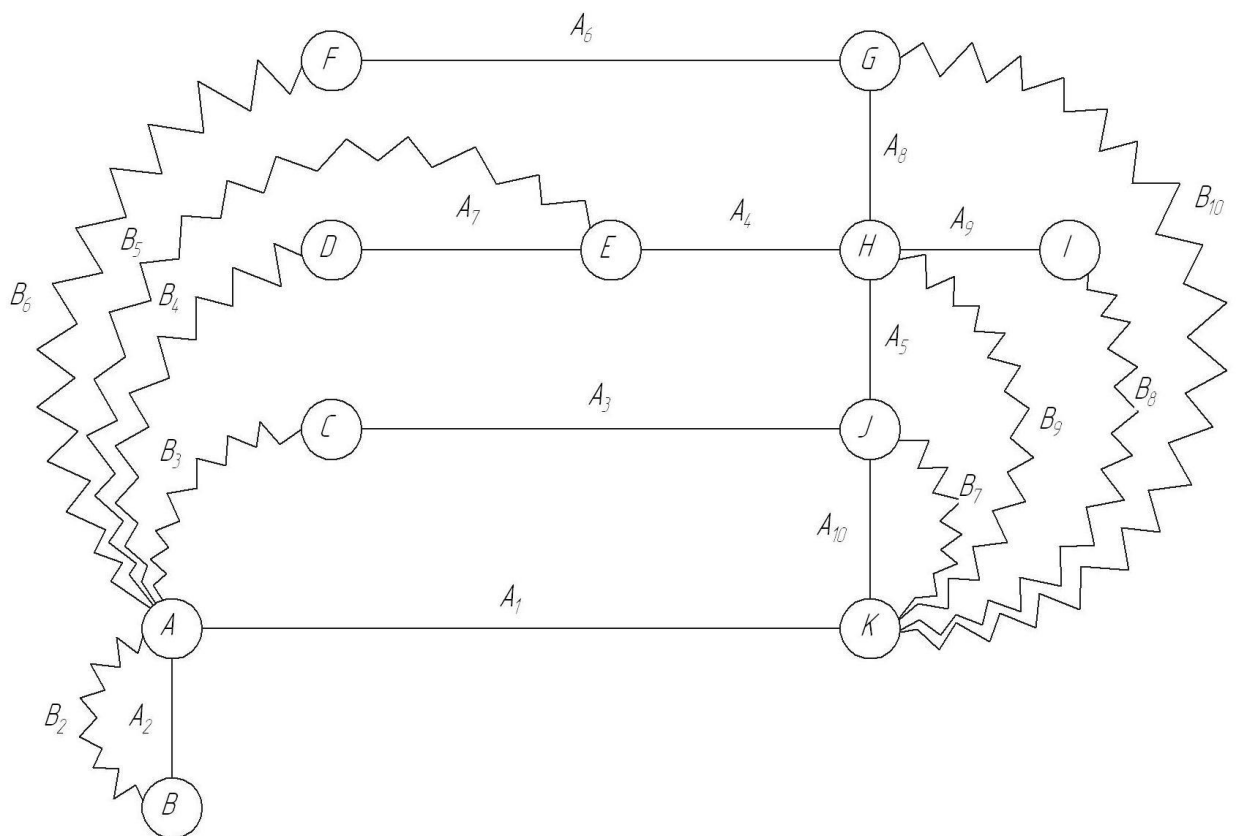
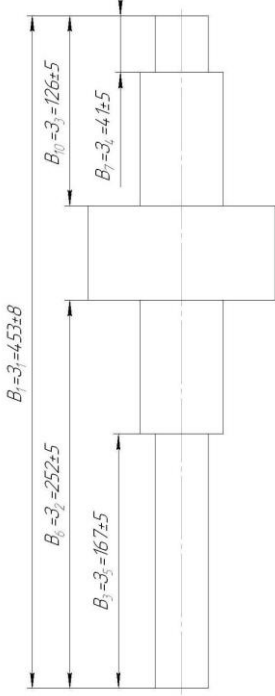
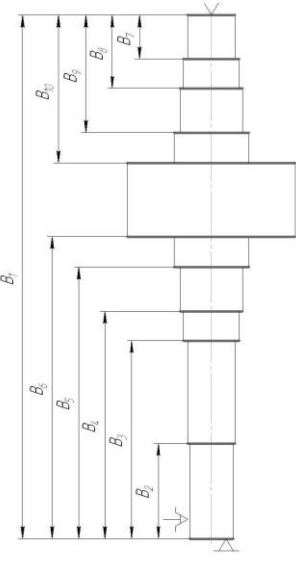


Рисунок 3.9 - Граф двох комплексів розмірів (конструкторських та технологічних) траверси

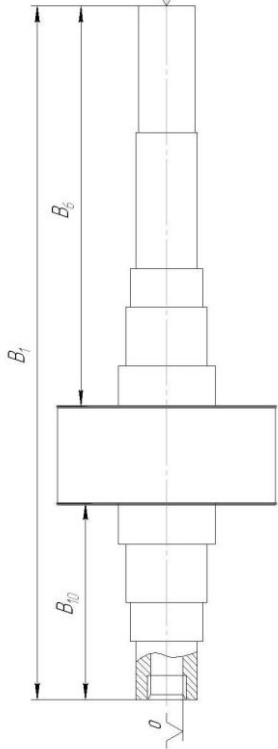
В таблиці 3.6 представлений план обробки торців деталі шестерня та приведений розрахунок припусків на обробку.

					КНУ.КБР.131.26.1-11.03.ПТПО	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Таблиця 3.6 - План обробки торців деталі шестерня

N	Операція	Обладнання	Операційний ескіз	Допуск, TB_K^i , мм	Мін. припуск, ZM_K^i мм	Операційний розмір, мм	Макс. припуск, ZB_K^i , мм
1	2	3	4	5	6	7	8
-	Поковка	-		$TB_1 = 16,$ $TB_3 = 10,$ $TB_6 = 10,$ $TB_7 = 10,$ $TB_{10} = 10$	-	$B_1 = 453 \pm 8,$ $B_3 = 126 \pm 5,$ $B_6 = 252 \pm 5,$ $B_7 = 41 \pm 5,$ $B_{10} = 126 \pm 5$	-
005	Токарно-фрезерна	MX 2500 LST		$TB_1^{005} = 0,4$ $TB_2^{005} = 0,12$ $TB_3^{005} = 0,16$ $TB_4^{005} = 0,185$ $TB_5^{005} = 0,185$ $TB_6^{005} = 0,185$ $TB_7^{005} = 0,1$ $TB_8^{005} = 0,12$ $TB_9^{005} = 0,14$ $TB_{10}^{005} = 0,16$	$ZM_1^{005} = 16,8$ $ZM_2^{005} = 78$ $ZM_3^{005} = 5$ $ZM_4^{005} = 24$ $ZM_5^{005} = 36$ $ZM_6^{005} = 5$ $ZM_7^{005} = 5$ $ZM_8^{005} = 24$ $ZM_9^{005} = 36$ $ZM_{10}^{005} = 5$	$B_1^{005} = 428_{-0,2},$ $B_2^{005} = 78 \pm 0,06$ $B_3^{005} =$ $= 162 \pm 0,08$ $B_4^{005} =$ $= 186 \pm 0,097$ $B_5^{005} =$ $= 222 \pm 0,097$ $B_6^{005} =$ $= 246,5 \pm 0,097$ $B_7^{005} = 36 \pm 0,05$ $B_8^{005} = 60 \pm 0,06$ $B_9^{005} = 96 \pm 0,07$ $B_{10}^{005} =$ $= 120,5 \pm 0,08$	$ZB_1^{005} = 17,0$ $ZB_2^{005} = 78,12$ $ZB_3^{005} = 5,16$ $ZB_4^{005} = 24,16$ $ZB_5^{005} = 36,195$ $ZB_6^{005} = 5,195$ $ZB_7^{005} = 5,1$ $ZB_8^{005} = 24,12$ $ZB_9^{005} = 36,14$ $ZB_{10}^{005} = 5,16$

Продовження таблиці 3.6

N	Операція	Обладнання	Операційний ескіз	Допуск, TB_K^i , мм	Мін. припуск, ZM_K^i мм	Операційний розмір, мм	Макс. припуск, ZB_K^i , мм
1	2	3	4	5	6	7	8
035	Кругло-шліфувальна	RSM 500 CNC		$TB_6^{035}=0,185$ $TB_{10}^{035}=0,16$	$ZM_6^{035}=0,5$ $ZM_{10}^{035}=0,5$	$B_6^{035}=247\pm0,09$ $B_{10}^{035}=121\pm0,08$	$ZB_6^{035}=0,68$ $ZB_{10}^{035}=0,68$

3.6.3 Вибір між операційних розмірів і припусків на обробку

Згідно розрахунків, що приведені вище, заповнюємо таблицю 3.9 на всі поверхні.

Таблиця 3.9 – Міжопераційні розміри та припуски на обробку

№ поверхні, розмір	Найменування переходу	Ra	Точність, IT	Допуск, мкм	Припуск, t, мм	Міжопераційний розмір з допусками, мм
1 60°	Заготовка	-	-	-	-	-
	Свердління	6,3	14	-	-	-
2, 40 428 _{-0,4}	Заготовка	-	-	1600	-	432±0,800
	Точіння чорнове	12,5	14	1550	2,5	429,5±0,750
	Точіння напівчистове	6,3	11	400	1,5	428 _{-0,4}
2, 3 78	Заготовка	-	-	-	-	81
	Точіння чорнове	6,3	14	740	3	78±0,370

Продовження таблиці 3.9

№ поверхні, розмір	Найменування переходу	Ra	Точність, ІТ	Допуск, мкм	Припуск, t, мм	Міжоперацій- ний розмір з допусками, мм
4,6 230	Заготовка	-	-	-	-	-
	Точіння чорнове	6,3	14	1150	3	232 ^{-1,150}
	Точіння напівчистове	6,3	11	290	2	230 ^{-0,290}
5,41 110 ^{-0,2}	Заготовка	-	-	-	-	115
	Точіння чорнове	6,3	14	870	3	112 ^{-0,870}
	Точіння чистове	1,6	11	200	2	110 ^{-0,2}
8 60°	Заготовка	-	-	-	-	-
	Свердління	6,3	14	-	-	-
9, 21, 25 0,6x45°	Заготовка	-	-	-	-	0
	Точіння чорнове	12,5	14	140	0,6	0,6±0,070
10,22 Ø38f7	Заготовка	-	-	4000	-	Ø44,5±2,0
	Точіння чорнове	12,5	14	620	3	Ø41,5 ^{-0,62}
	Точіння напівчистове	6,3	9	62	2	Ø39,5 ^{-0,062}
	Точіння чистове	1,6	7	25	1	Ø38,5 ^{-0,025}
	Шліфування	0,8	7	25	0,5	Ø38 ^{-0,025 -0,050}
11,19 M45x1,5	Заготовка	-	-	4000	-	Ø50±2,0
	Точіння чорнове	12,5	14	620	3	Ø47 ^{-0,62}
	Точіння напівчистове	6,3	9	62	2	Ø45 ^{-0,062}
	Нарізання різьби	3,2	-	-	-	M45x1,5
12,18 Ø45,5h9	Заготовка	-	-	4000	-	Ø50±2,0
	Точіння чорнове	12,5	14	620	2,5	Ø47,5 ^{-0,62}
	Точіння напівчистове	6,3	12	250	1,5	Ø46 ^{-0,250}
	Точіння чистове	1,6	9	62	0,5	Ø45,5 ^{-0,062}
13,17 Ø50js6	Заготовка	-	-	4000	-	Ø56±2,0
	Точіння чорнове	12,5	12	250	3	Ø53 ^{-0,25}
	Точіння напівчистове	6,3	9	62	1,5	Ø51,5 ^{-0,062}
	Точіння чистове	1,6	6	16	1	Ø50,5 ^{-0,016}
	Шліфування	0,8	6	16	0,5	Ø50±0,008
14,16 Ø60	Заготовка	-	-	4000	-	Ø63±2,0
	Точіння чорнове	12,5	14	620	3	Ø60 ^{-0,62}

Продовження таблиці 3.9

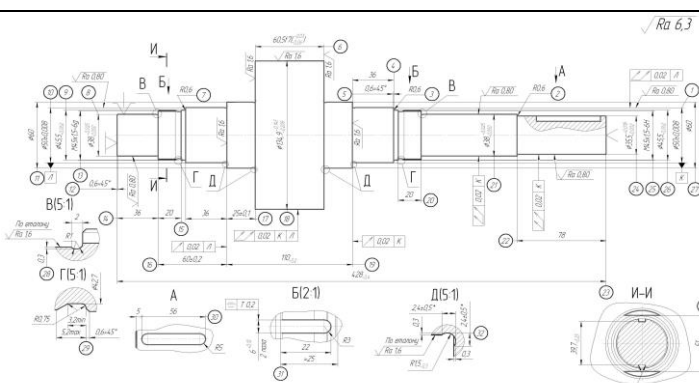
№ поверхні, розмір	Найменування переходу	Ra	Точність, ІТ	Допуск, мкм	Припуск, t, мм	Міжоперацій- ний розмір з допусками, мм
15 M24x1,5-6g	Заготовка	-	-	-	-	0
	Свердління	12,5	14	360	10	$\varnothing 10^{+0,36}$
	Розсвердлюван ня	6,3	12	250	6	$\varnothing 22^{+0,25}$
	Нарізання різьби	6,3	-	-	-	M24x1,5-6g
20 $\varnothing 35k6$	Заготовка	-	-	4000	-	$\varnothing 42 \pm 2,0$
	Точіння чорнове	12,5	12	250	3	$\varnothing 39_{-0,25}$
	Точіння напівчистове	6,3	9	62	2	$\varnothing 37_{-0,062}$
	Точіння чистове	1,6	6	16	1,5	$\varnothing 35,5_{-0,016}$
	Шліфування	0,8	6	16	0,5	$\varnothing 35^{+0,018}_{+0,002}$
23 M12x1,6	Заготовка	-	-	-	-	0
	Свердління	12,5	14	430	5,05	$\varnothing 10,1^{+0,43}$
	Нарізання різьби	12,5	-	-	-	M12x1,6
24 $\varnothing 7$	Заготовка	-	-	-	-	0
	Свердління	12,5	14	360	3,5	$\varnothing 7^{+0,36}$
27 $\varnothing 20$	Заготовка	-	-	-	-	0
	Свердління	12,5	14	360	5	$\varnothing 10^{+0,36}$
	Розсвердлюван ня	6,3	12	250	5	$\varnothing 20^{+0,25}$
28 $\varnothing 10$	Заготовка	-	-	-	-	0
	Свердління	12,5	14	360	5	$\varnothing 10^{+0,36}$
29,30 60f7	Заготовка	-	-	4000	-	$65 \pm 2,0$
	Точіння чорнове	12,5	12	250	2	$63 \pm 0,125$
	Точіння напівчистове	6,3	9	62	1,5	$61,5 \pm 0,062$
	Точіння чистове	1,6	7	30	1	$60,5 \pm 0,015$
	Шліфування	0,8	7	30	0,5	$60_{-0,06}^{-0,03}$
31 $\varnothing 134,9d8$	Заготовка	-	-	6000	-	$\varnothing 141 \pm 3,0$
	Точіння чорнове	12,5	14	1000	3	$\varnothing 138_{-1,0}$
	Точіння напівчистове	6,3	10	160	2	$\varnothing 136_{-0,160}$
	Точіння чистове	1,6	8	63	1,1	$\varnothing 134,9_{-0,208}^{-0,145}$
32 m=10, z=11	Заготовка	-	-	-	-	-
	Нарізання зуб'їв	1,6	-	-	-	-
	Шліфування зуб'їв	0,8	-	-	0,5	-

Продовження таблиці 3.9

№ поверхні, розмір	Найменування переходу	Ra	Точність, IT	Допуск, мкм	Припуск, t, мм	Міжопераційний розмір з допущами, мм
33 10N10	Заготовка	-	-	-	-	0
	Фрезерування пазу	6,3	10	58	10	10 _{-0,058}
34 6H12	Заготовка	-	-	-	-	0
	Фрезерування пазу	6,3	12	120	6	6 ^{+0,120}
35 2	Заготовка	-	-	-	-	0
	Точіння канавки	6,3	14	250	2	2±0,125
36 3,2	Заготовка	-	-	-	-	0
	Точіння канавки	6,3	14	300	3,2	3,2±0,150
37 51	Заготовка	-	-	-	-	60 _{-0,740}
	Фрезерування лисок	6,3	14	740	4,5	51 _{-0,740}
38,39 2,4±0,5	Заготовка	-	-	-	-	0
	Точіння канавки	6,3	-	1000	2,4	2,4±0,5

В таблиці 3.10 приведена послідовність обробки деталі, представлені ескізи операцій

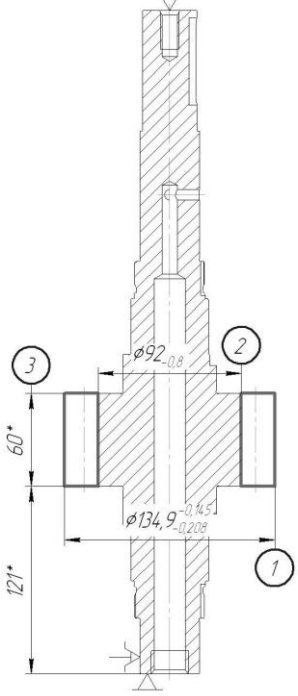
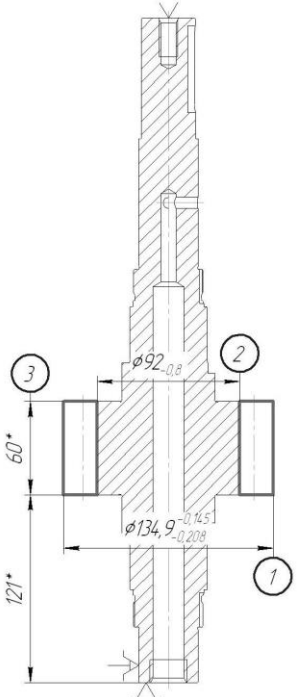
Таблиця 3.10 – Ескізи операцій обробки деталі

№ операції, верстат	Назва операції, верстат, зміст переходів технологічної операції	Ескіз операції
005	Токарно-фрезерна з ЧПК MX 2500 LST 1 Встановити, закріпити, зняти, 2 Точити та фрезерувати поверхні згідно розмірів 1-33	

Продовження таблиці 3.10

№ операції, верстат	Назва операції, верстат, зміст переходів технологічної операції	Ескіз операції
010	Горизонтально-розточна з ЧПК ТХК160 Установ А: 1 Встановити, закріпити, зняти, 2 Свердлити отвір 1 на глибину 2, 3 Розсвердлювати отвір 3 на глибину 4, 4 Зенкувати фаску 5, 5 Нарізати різьбу 6 на глибину 7, Установ Б: 1 Переустановити деталь, 2 Свердлити отвір під різьбу 8, 3 Зенкувати фаску 9, 4 Нарізати різьбу 10 на глибину 11, Установ В: 1 Переустановити деталь, 2 Свердлити наскрізний отвір 12 на відстані 13 від торця з різьбою	

Продовження таблиці 3.10

№ операції, верстат	Назва операції, верстат, зміст переходів технологічної операції	Ескіз операції																																					
015	Зубофрезерна з ЧПК 53V80 1 Встановити, закріпити, зняти, 2 Нарізати зуб'я згідно табличних даних та розмірів 1,2,3	 $\sqrt{Ra\ 1,6}$ <table border="1"> <tr><td>Модуль</td><td>m</td><td>10</td></tr> <tr><td>Число зубів</td><td>z</td><td>11</td></tr> <tr><td>Вихідний контур</td><td>-</td><td>ГОСТ 13755-81</td></tr> <tr><td>Коефіцієнт зміщення</td><td>x</td><td>+0,353</td></tr> <tr><td>Ступінь точності по ГОСТ 1643-81</td><td>-</td><td>8-7-7</td></tr> <tr><td>Довжина загальної нормалі</td><td>W</td><td>48,24^{-0,4}_{-0,5}</td></tr> <tr><td rowspan="2">Допуск на</td><td>радіальне біття зубчастого вінця</td><td>F_r 0,056</td></tr> <tr><td>коливання довжини загальної нормалі</td><td>F_{vw} 0,028</td></tr> <tr><td rowspan="2">Граничні відхилення</td><td>кроку зачеплення</td><td>f_{pb} ±0,019</td></tr> <tr><td>кроку</td><td>f_{pt} ±0,020</td></tr> <tr><td>Діаметр дільного кола</td><td>d</td><td>110</td></tr> <tr><td>Допуск на похибку напрямку зуба</td><td>F_B</td><td>0,016</td></tr> <tr><td>База</td><td>-</td><td>Д, Е</td></tr> </table>	Модуль	m	10	Число зубів	z	11	Вихідний контур	-	ГОСТ 13755-81	Коефіцієнт зміщення	x	+0,353	Ступінь точності по ГОСТ 1643-81	-	8-7-7	Довжина загальної нормалі	W	48,24 ^{-0,4} _{-0,5}	Допуск на	радіальне біття зубчастого вінця	F _r 0,056	коливання довжини загальної нормалі	F _{vw} 0,028	Граничні відхилення	кроку зачеплення	f _{pb} ±0,019	кроку	f _{pt} ±0,020	Діаметр дільного кола	d	110	Допуск на похибку напрямку зуба	F _B	0,016	База	-	Д, Е
Модуль	m	10																																					
Число зубів	z	11																																					
Вихідний контур	-	ГОСТ 13755-81																																					
Коефіцієнт зміщення	x	+0,353																																					
Ступінь точності по ГОСТ 1643-81	-	8-7-7																																					
Довжина загальної нормалі	W	48,24 ^{-0,4} _{-0,5}																																					
Допуск на	радіальне біття зубчастого вінця	F _r 0,056																																					
	коливання довжини загальної нормалі	F _{vw} 0,028																																					
Граничні відхилення	кроку зачеплення	f _{pb} ±0,019																																					
	кроку	f _{pt} ±0,020																																					
Діаметр дільного кола	d	110																																					
Допуск на похибку напрямку зуба	F _B	0,016																																					
База	-	Д, Е																																					
020	Азотування	-																																					
025	Окислення хімічне	-																																					
030	Зубошліфувальна 5A868Ф 1 Встановити, закріпити, зняти, 2 Шліфувати зуб'я згідно табличних даних та розмірів 1,2,3	 $\sqrt{Ra\ 0,8}$ <table border="1"> <tr><td>Модуль</td><td>m</td><td>10</td></tr> <tr><td>Число зубів</td><td>z</td><td>11</td></tr> <tr><td>Вихідний контур</td><td>-</td><td>ГОСТ 13755-81</td></tr> <tr><td>Коефіцієнт зміщення</td><td>x</td><td>+0,353</td></tr> <tr><td>Ступінь точності по ГОСТ 1643-81</td><td>-</td><td>8-7-7</td></tr> <tr><td>Довжина загальної нормалі</td><td>W</td><td>48,24^{-0,4}_{-0,5}</td></tr> <tr><td rowspan="2">Допуск на</td><td>радіальне біття зубчастого вінця</td><td>F_r 0,056</td></tr> <tr><td>коливання довжини загальної нормалі</td><td>F_{vw} 0,028</td></tr> <tr><td rowspan="2">Граничні відхилення</td><td>кроку зачеплення</td><td>f_{pb} ±0,019</td></tr> <tr><td>кроку</td><td>f_{pt} ±0,020</td></tr> <tr><td>Діаметр дільного кола</td><td>d</td><td>110</td></tr> <tr><td>Допуск на похибку напрямку зуба</td><td>F_B</td><td>0,016</td></tr> <tr><td>База</td><td>-</td><td>Д, Е</td></tr> </table>	Модуль	m	10	Число зубів	z	11	Вихідний контур	-	ГОСТ 13755-81	Коефіцієнт зміщення	x	+0,353	Ступінь точності по ГОСТ 1643-81	-	8-7-7	Довжина загальної нормалі	W	48,24 ^{-0,4} _{-0,5}	Допуск на	радіальне біття зубчастого вінця	F _r 0,056	коливання довжини загальної нормалі	F _{vw} 0,028	Граничні відхилення	кроку зачеплення	f _{pb} ±0,019	кроку	f _{pt} ±0,020	Діаметр дільного кола	d	110	Допуск на похибку напрямку зуба	F _B	0,016	База	-	Д, Е
Модуль	m	10																																					
Число зубів	z	11																																					
Вихідний контур	-	ГОСТ 13755-81																																					
Коефіцієнт зміщення	x	+0,353																																					
Ступінь точності по ГОСТ 1643-81	-	8-7-7																																					
Довжина загальної нормалі	W	48,24 ^{-0,4} _{-0,5}																																					
Допуск на	радіальне біття зубчастого вінця	F _r 0,056																																					
	коливання довжини загальної нормалі	F _{vw} 0,028																																					
Граничні відхилення	кроку зачеплення	f _{pb} ±0,019																																					
	кроку	f _{pt} ±0,020																																					
Діаметр дільного кола	d	110																																					
Допуск на похибку напрямку зуба	F _B	0,016																																					
База	-	Д, Е																																					

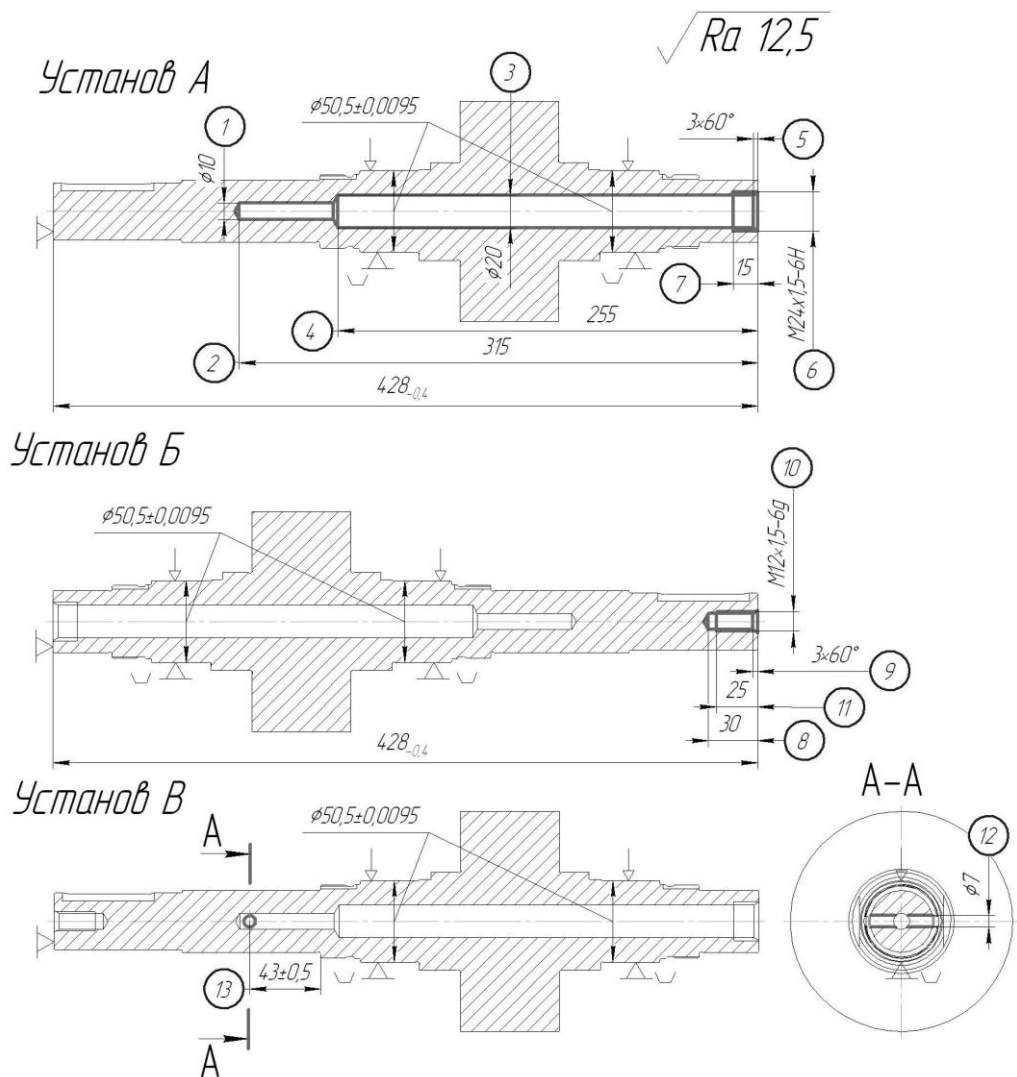
Продовження таблиці 3.10

№ операції, верстат	Назва операції, верстат, зміст переходів технологічної операції	Ескіз операції
035	Круглошліфувальна RSM500CNC 1 Встановити, закріпити, зняти, 2 Шліфувати шейки валу згідно розмірів 1-17	
040	Технічний контроль	-

3.7 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій

3.7.1 Розрахунок і вибір режимів різання

Для розрахунку режимів різання та нормування технологічних операцій візьмемо операцію 010 Горизонтально-розточну, що проводиться на горизонтально-розточному верстаті ТХК160. Ескіз операції зображений на рисунку 3.9.



Вихідні дані: матеріал—18Х2Н4МА, точність обробки IT14, Ra12,5,
Установ А:

перехід 1 – свердління отвору діаметром 10мм глибиною 315мм, свердло спіральне спеціальне d10мм, довжина ріжучою частини 320мм, матеріал ріжучої пластини ВК8,

перехід 2 – розсвердлювання отвору до діаметру 20мм на довжину 255мм, свердло спіральне спеціальне d20мм, довжина ріжучою частини 260мм, матеріал ріжучої пластини ВК8,

перехід 3 – зенкування фаски 3х45°, зенківка 2352-003 ДСТУГОСТ14953-69,

перехід 4 – нарізання різьби M24x1,5 на 15мм, мітчик M24x1,5, 2621-1801 ДСТУГОСТ3266-81,

Установ Б:

перехід 1 – свердління отвору під різьбу M12x1,5, свердло 2301-0190 ДСТУГОСТ10903-78,

перехід 2 – зенкування фаски 3х45°, зенківка 2352-003 ДСТУГОСТ14953-69,

					КНУ.КБР.131.26.1-11.03.ПТПО	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

перехід 3 – нарізання різьби M12x1,5, мітчик M12x1,5, 2621-1505
ДСТУГОСТ3266-81,

Установ В:

перехід 1 – свердління наскрізного отвору Ø7, свердло 2301-3162
ДСТУГОСТ12121-77.

Припуск на обробку поверхонь:

Установ А:

перехід 1 – 5мм,

перехід 2 – 5мм,

перехід 3 – 3мм,

перехід 4 – припуск, відповідний нарізанню різьби M24x1,5,

Установ Б:

перехід 1 – 5мм,

перехід 2 – 3мм,

перехід 3 – припуск, відповідний нарізанню різьби M12x1,5,

Установ В:

перехід 1 – 3,5мм.

Обираємо подачу в залежності від глибини зрізаного шару, діаметру
обробки поверхні:

установ А: $S_1=0,2\text{мм/об}$, $S_2=0,2\text{мм/об}$, $S_3=0,2\text{мм/об}$, $S_4=1, \text{мм/об}$,

установ Б: $S_1=0,2\text{мм/об}$, $S_2=0,2\text{мм/об}$, $S_3=1,5\text{мм/об}$,

установ В: $S_1=0,2\text{мм/об}$.

Швидкість різання при свердлінні визначається за формулою 3.5.

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (3.5)$$

де C_v – коефіцієнт, x, y, m – показники степеню, T – стійкість інструменту, t – глибина різання, S – подача, $K_v = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV}$ – коефіцієнт, що враховує вплив різних факторів ($K_v = 0,8$)

Швидкість різання при розсвердлюванні та зенкуванні визначається за формулою 3.6.

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (3.6)$$

де C_v – коефіцієнт, x, y, m – показники степеню, T – стійкість інструменту, t – глибина різання, S – подача, $K_v = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV}$ – коефіцієнт, що враховує вплив різних факторів ($K_v = 0,8$)

Швидкість різання при нарізанні різьби визначається за формулою 3.7.

					КНУ.КБР.131.26.1-11.03.ПТПО	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V, \quad (3.7)$$

де C_V – коефіцієнт, y, m – показники степеню, T – стійкість інструменту, S – подача, $K_V = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV}$ – коефіцієнт, що враховує вплив різних факторів ($K_V = 0,8$)

Випишуємо табличні значення та розраховуємо швидкість різання.

Установ А:

$$V_1 = \frac{34,2 \cdot 10^{0,45}}{45^{0,2} \cdot 0,2^{0,3}} \cdot 0,8 = 28,36$$

$$V_2 = \frac{10,8 \cdot 20^{0,6}}{45^{0,25} \cdot 5^{0,2} \cdot 0,2^{0,3}} \cdot 0,8 = 23,64$$

$$V_3 = \frac{10,8 \cdot 24^{0,6}}{36^{0,25} \cdot 3^{0,2} \cdot 0,2^{0,3}} \cdot 0,8 = 30,89$$

$$V_4 = \frac{64,8 \cdot 24^{1,2}}{45^{0,9} \cdot 1,5^{0,5}} \cdot 0,8 = 12,37$$

Установ Б:

$$V_1 = \frac{34,2 \cdot 10^{0,45}}{45^{0,2} \cdot 0,2^{0,3}} \cdot 0,8 = 28,36$$

$$V_2 = \frac{10,8 \cdot 12^{0,6}}{36^{0,25} \cdot 3^{0,2} \cdot 0,2^{0,3}} \cdot 0,8 = 20,38$$

$$V_3 = \frac{64,8 \cdot 12^{1,2}}{45^{0,9} \cdot 1,5^{0,5}} \cdot 0,8 = 17,14$$

Установ В:

$$V_1 = \frac{34,2 \cdot 7^{0,45}}{45^{0,2} \cdot 0,2^{0,3}} \cdot 0,8 = 29,71$$

Визначаємо кількість обертів шпинделя за формулою 3

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot d}, \quad (3.8)$$

Установ А:

$$n_1 = \frac{28,36 \cdot 1000}{3,14 \cdot 10} = 903 \text{ об/хв, приймаємо } n_1 = 900 \text{ об/хв,}$$

$$n_2 = \frac{23,64 \cdot 1000}{3,14 \cdot 20} = 376,4 \text{ об/хв, приймаємо } n_2 = 375 \text{ об/хв,}$$

$$n_3 = \frac{30,89 \cdot 1000}{3,14 \cdot 24} = 409,8 \text{ об/хв, приймаємо } n_3 = 400 \text{ об/хв,}$$

$$n_4 = \frac{12,37 \cdot 1000}{3,14 \cdot 24} = 164,15 \text{ об/хв, приймаємо } n_4 = 160 \text{ об/хв,}$$

Установ Б:

$$n_1 = \frac{28,36 \cdot 1000}{3,14 \cdot 10} = 903 \text{ об/хв, приймаємо } n_1 = 900 \text{ об/хв,}$$

					КНУ.КБР.131.26.1-11.03.ПТПО	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

$$n_2 = \frac{20,38 \cdot 1000}{3,14 \cdot 12} = 540,8 \text{ об/хв, приймаємо } n_2 = 540 \text{ об/хв,}$$

$$n_3 = \frac{17,14 \cdot 1000}{3,14 \cdot 12} = 454,8 \text{ об/хв, приймаємо } n_3 = 450 \text{ об/хв,}$$

Установ В:

$$n_1 = \frac{29,71 \cdot 1000}{3,14 \cdot 7} = 1351,6 \text{ об/хв, приймаємо } n_1 = 1350 \text{ об/хв,}$$

Коректуємо значення швидкості різання і отримуємо:

Установ А: $V_1=28,35 \text{ м/хв, } V_2=23,55 \text{ м/хв, } V_3=30,14 \text{ м/хв, } V_4=12,06 \text{ м/хв.}$

Установ Б: $V_1=28,26 \text{ м/хв, } V_2=20,34 \text{ м/хв, } V_3=16,9 \text{ м/хв.}$

Установ В: $V_1=29,67 \text{ м/хв.}$

3.7.2 Нормування технологічного процесу

Основний машинний час обробки:

$$T_o = \frac{L_{p.x.}}{S \cdot n} \cdot i, \quad (3.9)$$

де $L_{p.x.} = L_{рез} + y$ — довжина робочого ходу, S — подача, n — частота обертання шпинделя, i — кількість проходів.

Розраховуємо основний машинний час обробки:

Установ А:

$$T_{o1} = \frac{320}{0,2 \cdot 900} = 1,78 \text{ хв,}$$

$$T_{o2} = \frac{260}{0,2 \cdot 375} = 3,46 \text{ хв,}$$

$$T_{o3} = \frac{8}{0,2 \cdot 400} = 0,1 \text{ хв,}$$

$$T_{o4} = \frac{20}{1,5 \cdot 160} = 0,08 \text{ хв,}$$

Установ Б:

$$T_{o1} = \frac{35}{0,2 \cdot 900} = 0,19 \text{ хв,}$$

$$T_{o2} = \frac{8}{0,2 \cdot 540} = 0,07 \text{ хв,}$$

$$T_{o3} = \frac{30}{1,5 \cdot 450} = 0,04 \text{ хв,}$$

Установ В:

$$T_{o1} = \frac{43}{0,2 \cdot 1350} = 0,16 \text{ хв..}$$

Сумарний основний машинний час:

$$T_o = 1,78 + 3,46 + 0,1 + 0,08 + 0,19 + 0,07 + 0,04 + 0,16 = 5,88 \text{ хв.}$$

					КНУ.КБР.131.26.1-11.03.ПТПО	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Машино-допоміжний час знаходимо з формули:

$$T_d = 6,4 \text{ хв}$$

Таким чином, оперативний час:

$$T_{оп} = T_o + T_d = 5,88 + 6,4 = 12,28 \text{ хв}$$

Час на відпочинок та обслуговування визначається у відсотках від оперативного часу. Для горизонтально-розточної операції він становить 7%

$$T_{відп} + T_{обсл} = 0,07 \cdot 12,28 = 0,86 \text{ хв}, \quad (3.10)$$

Норму штучного часу:

$$T_{шт} = T_o + T_d + T_{відп} + T_{обсл}, \quad (3.11)$$

$$T_{шт} = 5,88 + 6,4 + 0,86 = 13,14 \text{ хв}$$

Норму штучно-калькуляційного часу визначаємо за формулою:

$$T_{шк} = T_{шт} + T_{п-з}/n, \quad (3.12)$$

де $T_{п-з}$ – підготовчо-заключний час, що визначається на всю партію, n – розмір партії.

$$T_{шк} = 13,14 + 14/500 = 13,168 \text{ хв}$$

Отже, загальна тривалість обробки деталі складається з тривалості кожної операції і становить $T = 126,1 \text{ хв}$.

Таблиця 3.11 – Режими різання та норми часу обробки деталі

№ операції	Назва операції, зміст переходів	Режими різання							Норми часу					
		D	l	t	S	V	n	i	T _о	T _д	T _{оп}	T _{відп} , T _{обсл}	T _{шт}	T _{шк}
005 MX 2500 LST	Токарно-фрезерна з ЧПК													
	1 Встановити, закріпити, зняти	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5				
	2 Точити та фрезерувати поверхні по програмі згідно розмірів 1-33: 1) точіння циліндричних поверхонь	35...134,9	-	-	0,2	120	-	-						
	2) фрезерування чотирьох лисок	10			0,1	100	3180	4	66.5	0.1				
	3) фрезерування шпоночного пазу 30	10	-	-	0,1	100	3180	1						
	4) фрезерування чотирьох шпоночних пазів 31	6	-	-	0,1	100	3500	4						
								Σ	66.5	0.6	67.1	6.71	73.81	73.84

					КНУ.КБР.131.26.1-11.03.ПТПО				Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат					

Продовження таблиці 3.11

№ операції	Назва операції, зміст переходів	Режими різання							Норми часу					
		D	l	t	S	V	n	i	T ₀	T _Д	T _{оп}	T _{відп} , T _{обсл}	T _{шт}	T _{шк}
010 ТХК160	Горизонтально-розточна з ЧПК													
	Установ А:													
	1 Встановити, закріпити, зняти	-	-	-	-	-	-	-	-					0,5
	2 Свердлити отвір 1 на глибину 2	10	320	5	0,2	28,35	900	1	1,78					0,17
	3 Розсвердлювати отвір 3 на глибину 4	20	260	5	0,2	23,55	375	1	3,46					0,17
	4 Зенкувати фаску 5	24	8	3	0,2	30,14	400	1	0,1					0,17
	5 Нарізати різьбу 6 на глибину 7	24	20	-	1,5	12,06	160	11	0,8					0,17
010 ТХК160	Установ Б:													
	1 Переустановити деталь	-	-	-	-	-	-	-	-					0,5
	2 Свердлити отвір під різьбу 8	10	35	5	0,2	28,26	900	1	0,19					0,17
	3 Зенкувати фаску 9	12	8	3	0,2	20,34	540	1	0,07					0,17
	4 Нарізати різьбу 10 на глибину 11	12	30	-	1,5	16,9	450	1	0,04					0,17
	Установ В:													
	1 Переустановити деталь,	-	-	-	-	-	-	-	-					0,5
	2 Свердлити наскрізний отвір 12 на відстані 13 від торця з різьбою	7	43	3,5	0,2	29,67	1350	1	0,16					0,17
									Σ					6,6

Продовження таблиці 3.11

[illegible]

					<i>КНУ.КБР.131.26.1-11.03.ПТПО</i>	Арку
<i>Змі</i>	<i>Арку</i>	<i>№</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МАРШРУТУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Проводимо економічне порівняння собівартості по двом варіантам обробки деталі за допомогою спеціальної програми Economical.

Так як дана програма дозволяє вирахувати економічну ефективність та строк окупності проекту при одній заміні верстату на інший, а в нашому випадку – п'ять замін, то визначимо за допомогою цієї програми тільки економічну ефективність окремо від кожної заміни.

4.1 Економічний ефект від введення токарного-фрезерного верстату Doosan Daewoo Puma MX 2500 LST.

Визначаємо економічний ефект завдяки заміні двох токарно-гвинторізних верстатів 16K20 (для чорнової та чистової обробки) та вертикально фрезерного 6P11 на вище вказаний токарно-фрезерний верстат.

Вартість нового токарно-фрезерного верстату – 125000грн.

Вартість двох 16K20 та одного 6P11 базового технологічного процесу – 150000грн.

На рисунках 4.1, 4.2, 4.3 приведені кроки роботи з програмою, де вносяться початкові дані при порівняння заміни верстату.

Трудоёмкость		Базовый вариант	Станок с ЧПУ
Годовой объём выпуска деталей, шт		500	500
Штучное время обработки детали, мин		240	126.1
Время настройки станка в течение года			
Количество запусков, шт		12	12
Время наладки станка, мин		125	60.5
Время настройки инструмента вне станка на протяжении года			
Среднее время настройки по прибору одного инструмента вне станка, мин		14	4
Среднее количество граней пластинки, шт		1	3
Средний период стойкости инструмента, мин		60	90
Количество станочников			
Количество станков, обслуживаемых одним рабочим		1	2
Дополнительное количество рабочих по обслуживанию станков с ЧПУ			
Эффективный годовой фонд времени работы станка		4055	3955
Коэффициент загрузки станка		0.45	0.85
Балансовая стоимость станка			
Оптовая цена станка		150000	125000
Масса станка, т			
		18	10

Рисунок 4.1 – Внесення вихідних даних, сторінка 1

					КНУ.КБР.131.26.1-11.04.ТЕО		
Змін	Архв	№	Підпис	Дат			
Розроб.	Климчук				ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МАРШРУТУ	Літ.	Арк.
Перевір.	Кіяновський						Арквшів
Н. контр.	Нечаєв					Кафедра ТМ зв ПМ-22	
Затверд.	Рязанцев						

Стоимость помещения		
Площадь станка по габаритам	12	5.75
Коэффициент, учитывающий доп. площадь станка	4.5	4
Площадь устройства ЧПУ, м	0	1.42
Стоимость 1 м.кв. площади мех. цеха, грн.	595	595
Площадь служебно-бытовых помещений, приходящаяся на одного рабочего, м.кв.	4	5
Стоимость 1 м.кв. площади, занятой служебно-бытовыми помещениями (грн.)	318	318
Стоимость разработки ПУ		
Стоимость разработки ПУ, грн.	0	116
Оборотные средства в незавершенном производстве		
Стоимость заготовки Sзаг, грн.	7.28	7.28
Себестоимость обработки		
Среднегодовая зарплата станочника, грн.	1.4	1.2
Среднегодовая зарплата наладчика, грн.	1.1	1.2
Среднегодовая зарплата настройщика инструмента, грн.	0	1.2
Среднегодовая зарплата контролёра, грн.	1	1
Затраты на подготовку и обновление ПУ, грн.		
Длительность выпуска деталей Z (3-5 лет)	3	5
Затраты на ремонт и ТО оборудования		
Категория сложности ремонта станка ЕРС (механическая часть)	12	11
Категория сложности ремонта станка ЕРС (электротехническая часть)	9.5	22

Рисунок 4.2 – Внесения вихідних даних, сторінка 2

Затраты на одну единицу ЕРС станка, грн (механическая часть)	30.1	30.3
Затраты на одну единицу ЕРС станка, грн. (электротехническая часть)	7.4	7.7
Коэффициент, учитывающий класс точности станка	1	1.2
Затраты на содержание и амортизационные расходы на 1 м.кв. цеха Нпл, грн (10% от стоимости)	59.5	59.5
Затраты на ТО и ремонт устройства ЧПУ, грн.		
Норматив годовых затрат на текущее обслуживание и ремонт УЧПУ, грн.	0	860

Рисунок 4.3 – Внесения вихідних даних, сторінка 3

В результаті проведення розрахунків програмою отримаємо результат (рисунок 4.4)

Согласно расчётам по введённым данным годовой экономический эффект от введения станка с ЧПУ составит

35580,9 грн

Рисунок 4.4 – Економічний ефект, сторінка 4

4.2 Економічний ефект від введення горизонтально-розточного верстату ТХК160.

Визначаємо економічний ефект завдяки заміні вертикально-свердлильного верстату 2Н135 на горизонтально-розточний ТХК160.

Вартість нового верстату ТХК160 – 185000грн.

Вартість верстату 2Н135 – 25000грн.

На рисунках 4.5, 4.6, 4.7 приведені кроки роботи з програмою, де вносяться початкові дані при порівняння заміни верстату.

Трудоёмкость		Базовый вариант	Станок с ЧПУ
Годовой объём выпуска деталей, шт		500	500
Штучное время обработки детали, мин		14.8	10.12
Время настройки станка в течение года			
Количество запусков, шт		12	12
Время наладки станка, мин		125	60.5
Время настройки инструмента вне станка на протяжении года			
Среднее время настройки по прибору одного инструмента вне станка, мин		14	4
Среднее количество граней пластинки, шт		1	3
Средний период стойкости инструмента, мин		60	90
Количество станочников			
Количество станков, обслуживаемых одним рабочим		1	2
Дополнительное количество рабочих по обслуживанию станков с ЧПУ			
Эффективный годовой фонд времени работы станка		4055	3955
Коэффициент загрузки станка		0.45	0.85
Балансовая стоимость станка			
Оптовая цена станка		25000	185000
Масса станка, т			
		0.8	6

Рисунок 4.5 – Внесення вихідних даних, сторінка 1

Стоимость помещения		
Площадь станка по габаритам	0.87	7.5
Коэффициент, учитывающий доп. площадь станка	4.5	4
Площадь устройства ЧПУ, м	0	1.42
Стоимость 1 м.кв. площади мех. цеха, грн.	595	595
Площадь служебно-бытовых помещений, приходящаяся на одного рабочего, м.кв.	4	5
Стоимость 1 м.кв. площади, занятой служебно-бытовыми помещениями (грн.)	318	318

Стоимость разработки ПУ		
Стоимость разработки ПУ, грн.	0	116

Оборотные средства в незавершённом производстве		
Стоимость заготовки Sзаг, грн.	7.28	7.28

Себестоимость обработки		
Среднегодовая зарплата станочника, грн.	1.4	1.2
Среднегодовая зарплата наладчика, грн.	1.1	1.2
Среднегодовая зарплата настройщика инструмента, грн.	0	1.2
Среднегодовая зарплата контролёра, грн.	1	1

Затраты на подготовку и обновление ПУ, грн.		
Длительность выпуска деталей Z (3-5 лет)	3	5

Затраты на ремонт и ТО оборудования		
Категория сложности ремонта станка ЕРС (механическая часть)	12	11
Категория сложности ремонта станка ЕРС (электротехническая часть)	9.5	22

Рисунок 4.6 – Внесения вихідних даних, сторінка 2

Затраты на одну единицу ЕРС станка, грн (механическая часть)	30.1	30.3
Затраты на одну единицу ЕРС станка, грн. (электротехническая часть)	7.4	7.7
Коэффициент, учитывающий класс точности станка	1	1.2
Затраты на содержание и амортизационные расходы на 1 м.кв. цеха Нпл, грн (10% от стоимости)	59.5	59.5

Затраты на ТО и ремонт устройства ЧПУ, грн.		
Норматив годовых затрат на текущее обслуживание и ремонт УЧПУ, грн.	0	860

Рисунок 4.7 – Внесения вихідних даних, сторінка 3

В результаті проведення розрахунків програмою отримаємо результат (рисунок 4.8)

Согласно расчётам по введённым данным годовой экономический эффект от введения станка с ЧПУ составит

-1887,1 грн

Рисунок 4.8 – Економічний ефект, сторінка 4

4.3 Економічний ефект від введення зубофрезерного верстату з ЧПК 53V80.

Визначаємо економічний ефект завдяки заміні зубофрезерного верстату 53A80 на зубофрезерний з ЧПК 53V80.

Вартість нового верстату 53V80 – 75000грн.

Вартість верстату 53A80 – 48000грн.

На рисунках 4.9, 4.10, 4.11 приведені кроки роботи з програмою, де вносяться початкові дані при порівняння заміни верстату.

Трудоёмкость		Базовый вариант	Станок с ЧПУ
Годовой объём выпуска деталей, шт		500	500
Штучное время обработки детали, мин		15.5	11.42
Время настройки станка в течение года			
Количество запусков, шт		12	12
Время наладки станка, мин		125	60.5
Время настройки инструмента вне станка на протяжении года			
Среднее время настройки по прибору одного инструмента вне станка, мин		14	4
Среднее количество граней пластинки, шт		1	1
Средний период стойкости инструмента, мин		60	60
Количество станочников			
Количество станков, обслуживаемых одним рабочим		1	2
Дополнительное количество рабочих по обслуживанию станков с ЧПУ			
Эффективный годовой фонд времени работы станка		4055	3955
Коэффициент загрузки станка		0.45	0.85
Балансовая стоимость станка			
Оптовая цена станка		48000	75000
Масса станка, т			
		6	6

Рисунок 4.9 – Внесення вихідних даних, сторінка 1

Стоимость помещения		
Площадь станка по габаритам	4.2	4.2
Коэффициент, учитывающий доп. площадь станка	4.5	4
Площадь устройства ЧПУ, м	0	1.42
Стоимость 1 м.кв. площади мех. цеха, грн.	595	595
Площадь служебно-бытовых помещений, приходящаяся на одного рабочего, м.кв.	4	5
Стоимость 1 м.кв. площади, занятой служебно-бытовыми помещениями (грн.)	318	318
Стоимость разработки ПУ		
Стоимость разработки ПУ, грн.	0	116
Оборотные средства в незавершённом производстве		
Стоимость заготовки Sзаг, грн.	7.28	7.28
Себестоимость обработки		
Среднегодовая зарплата станочника, грн.	1.4	1.2
Среднегодовая зарплата наладчика, грн.	1.1	1.2
Среднегодовая зарплата настройщика инструмента, грн.	0	1.2
Среднегодовая зарплата контролёра, грн.	1	1
Затраты на подготовку и обновление ПУ, грн.		
Длительность выпуска деталей Z (3-5 лет)	3	5
Затраты на ремонт и ТО оборудования		
Категория сложности ремонта станка ЕРС (механическая часть)	12	11
Категория сложности ремонта станка ЕРС (электротехническая часть)	9.5	22

Рисунок 4.10 – Внесения вихідних даних, сторінка 2

Затраты на одну единицу ЕРС станка, грн (механическая часть)	30.1	30.3
Затраты на одну единицу ЕРС станка, грн. (электротехническая часть)	7.4	7.7
Коэффициент, учитывающий класс точности станка	1	1.2
Затраты на содержание и амортизационные расходы на 1 м.кв. цеха Нпл, грн (10% от стоимости)	59.5	59.5
Затраты на ТО и ремонт устройства ЧПУ, грн.		
Норматив годовых затрат на текущее обслуживание и ремонт ЧПУ, грн.	0	860

Рисунок 4.11 – Внесения вихідних даних, сторінка 3

В результаті проведення розрахунків програмою отримаємо результат (рисунок 4.12)

Согласно расчётам по введённым данным годовой экономический эффект от введения станка с ЧПУ составит

545,39 грн

Рисунок 4.12 – Економічний ефект, сторінка 4

4.4 Економічний ефект від введення зубошліфувального верстату з ЧПК 5А868Ф.

Визначаємо економічний ефект завдяки заміні зубошліфувального верстату 5В835 на зубошліфувальний з ЧПК 5А868Ф.

Вартість нового верстату 5А868Ф – 35000грн.

Вартість верстату 5В835 – 30000грн.

На рисунках 4.13, 4.14, 4.15 приведені кроки роботи з програмою, де вносяться початкові дані при порівняння заміни верстату.

Трудоёмкость	Базовый вариант	Станок с ЧПУ
Годовой объём выпуска деталей, шт	500	500
Штучное время обработки детали, мин	32	27.47
Время настройки станка в течение года		
Количество запусков, шт	12	12
Время наладки станка, мин	125	60.5
Время настройки инструмента вне станка на протяжении года		
Среднее время настройки по прибору одного инструмента вне станка, мин	14	4
Среднее количество граней пластинки, шт	1	1
Средний период стойкости инструмента, мин	60	90
Количество станочников		
Количество станков, обслуживаемых одним рабочим	1	2
Дополнительное количество рабочих по обслуживанию станков с ЧПУ		
Эффективный годовой фонд времени работы станка	4055	3955
Коэффициент загрузки станка	0.45	0.85
Балансовая стоимость станка		
Оптовая цена станка	4050	26800
Масса станка, т		
	8.5	9

Рисунок 4.13 – Внесення вихідних даних, сторінка 1

Стоимость помещения		
Площадь станка по габаритам	6.2	6.5
Коэффициент, учитывающий доп. площадь станка	4.5	4
Площадь устройства ЧПУ, м	0	1.42
Стоимость 1 м.кв. площади мех. цеха, грн.	595	595
Площадь служебно-бытовых помещений, приходящаяся на одного рабочего, м.кв.	4	5
Стоимость 1 м.кв. площади, занятой служебно-бытовыми помещениями (грн.)	318	318
Стоимость разработки ПУ		
Стоимость разработки ПУ, грн.	0	116
Оборотные средства в незавершённом производстве		
Стоимость заготовки Sзаг, грн.	7.28	7.28
Себестоимость обработки		
Среднегодовая зарплата станочника, грн.	1.4	1.2
Среднегодовая зарплата наладчика, грн.	1.1	1.2
Среднегодовая зарплата настройщика инструмента, грн.	0	1.2
Среднегодовая зарплата контролёра, грн.	1	1
Затраты на подготовку и обновление ПУ, грн.		
Длительность выпуска деталей Z (3-5 лет)	3	5
Затраты на ремонт и ТО оборудования		
Категория сложности ремонта станка ЕРС (механическая часть)	12	11
Категория сложности ремонта станка ЕРС (электротехническая часть)	9.5	22

Рисунок 4.14 – Внесения вихідних даних, сторінка 2

Затраты на одну единицу ЕРС станка, грн (механическая часть)	30.1	30.3
Затраты на одну единицу ЕРС станка, грн. (электротехническая часть)	7.4	7.7
Коэффициент, учитывающий класс точности станка	1	1.2
Затраты на содержание и амортизационные расходы на 1 м.кв. цеха Нпл, грн (10% от стоимости)	59.5	59.5
Затраты на ТО и ремонт устройства ЧПУ, грн.		
Норматив годовых затрат на текущее обслуживание и ремонт УЧПУ, грн.	0	860

Рисунок 4.15 – Внесения вихідних даних, сторінка 3

В результаті проведення розрахунків програмою отримаємо результат (рисунок 4.16)

Согласно расчётам по введённым данным годовой экономический эффект от введения станка с ЧПУ составит

-916,19 грн

Рисунок 4.16 – Економічний ефект, сторінка 4

4.5 Економічний ефект від введення круглошліфувального верстату з ЧПК RSM500CNC.

Визначаємо економічний ефект завдяки заміні круглошліфувального верстату 3М153 на RSM500CNC.

Вартість нового верстату RSM500CNC – 57000грн.

Вартість верстату 3М153 –28000грн.

На рисунках 4.17, 4.18, 4.19 приведені кроки роботи з програмою, де вносяться початкові дані при порівняння заміни верстату.

Трудоёмкость		Базовый вариант	Станок с ЧПУ
Годовой объём выпуска деталей, шт		500	500
Штучное время обработки детали, мин		4.7	3.13
Время настройки станка в течение года			
Количество запусков, шт		12	12
Время наладки станка, мин		125	60.5
Время настройки инструмента вне станка на протяжении года			
Среднее время настройки по прибору одного инструмента вне станка, мин		14	4
Среднее количество граней пластинки, шт		1	1
Средний период стойкости инструмента, мин		60	60
Количество станочников			
Количество станков, обслуживаемых одним рабочим		1	2
Дополнительное количество рабочих по обслуживанию станков с ЧПУ			
Эффективный годовой фонд времени работы станка		4055	3955
Коэффициент загрузки станка		0.45	0.85
Балансовая стоимость станка			
Оптовая цена станка		28000	57000
Масса станка, т			
		4	4.7

Рисунок 4.17 – Внесення вихідних даних, сторінка 1

Стоимость помещения		
Площадь станка по габаритам	6.75	7.14
Коэффициент, учитывающий доп. площадь станка	4.5	4
Площадь устройства ЧПУ, м	0	1.42
Стоимость 1 м.кв. площади мех. цеха, грн.	595	595
Площадь служебно-бытовых помещений, приходящаяся на одного рабочего, м.кв.	4	5
Стоимость 1 м.кв. площади, занятой служебно-бытовыми помещениями (грн.)	318	318
Стоимость разработки ПУ		
Стоимость разработки ПУ, грн.	0	116
Оборотные средства в незавершённом производстве		
Стоимость заготовки Szag, грн.	7.28	7.28
Себестоимость обработки		
Среднегодовая зарплата станочника, грн.	1.4	1.2
Среднегодовая зарплата наладчика, грн.	1.1	1.2
Среднегодовая зарплата настройщика инструмента, грн.	0	1.2
Среднегодовая зарплата контролёра, грн.	1	1
Затраты на подготовку и обновление ПУ, грн.		
Длительность выпуска деталей Z (3-5 лет)	3	5
Затраты на ремонт и ТО оборудования		
Категория сложности ремонта станка ЕРС (механическая часть)	12	11
Категория сложности ремонта станка ЕРС (электротехническая часть)	9.5	22

Рисунок 4.18 – Внесения вихідних даних, сторінка 2

Затраты на одну единицу ЕРС станка, грн (механическая часть)	30.1	30.3
Затраты на одну единицу ЕРС станка, грн. (электротехническая часть)	7.4	7.7
Коэффициент, учитывающий класс точности станка	1	1.2
Затраты на содержание и амортизационные расходы на 1 м.кв. цеха Нпл, грн (10% от стоимости)	59.5	59.5
Затраты на ТО и ремонт устройства ЧПУ, грн.		
Норматив годовых затрат на текущее обслуживание и ремонт УЧПУ, грн.	0	860

Рисунок 4.19 – Внесения вихідних даних, сторінка 3

В результаті проведення розрахунків програмою отримаємо результат (рисунок 4.20)

Согласно расчётам по введённым данным годовой экономический эффект от введения станка с ЧПУ составит

954,7 грн

Рисунок 4.20 – Економічний ефект, сторінка 4

Строк окупності визначається за формулою:

$$T = \frac{(K_1 + K_3 + K_5 + K_7 + K_9) - (K_2 + K_4 + K_6 + K_8 + K_{10})}{E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5} \quad (4.1)$$

де $K_1=125000$ грн – вартість MX 2500 LST ,

$K_2=150000$ грн – вартість двох 16K20 та одного 6P11 ,

$E_1=35580,9$ грн – економічний ефект по першому варіанту,

$K_3=185000$ грн – вартість ТХК160 ,

$K_4=25000$ грн – вартість 2Н135,

$E_2=-1887,1$ грн – економічний ефект по другому варіанту,

$K_5=75000$ грн – вартість 53V80 ,

$K_6=48000$ грн – вартість 53A80,

$E_3=545,39$ грн – економічний ефект по третьому варіанту,

$K_7=35000$ грн – вартість 5A868Ф,

$K_8=30000$ грн – вартість 5B835,

$E_4=-916,19$ грн – економічний ефект по четвертому варіанту,

$K_9=57000$ грн – вартість RSM500CNC,

$K_{10}=28000$ грн – вартість 3M153,

$E_5=-954,7$ грн – економічний ефект по четвертому варіанту,

Підставимо значення у формулу та отримаємо:

$$T = \frac{(125000 + 185000 + 75000 + 35000 + 57000) - (150000 + 25000 + 48000 + 30000 + 28000)}{38580,9 + (-1887,1) + 545,39 + (-916,19) + (-954,7)}$$

$$T = 4,49 \leq 5 \text{ років}$$

Отже, строк окупності становить 4,5 роки.

					КНУ.КБР.131.26.1-11.04.ТЕО	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

5 РОЗРОБКА ВЕРСТАТНО-ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО НАЛАГОДЖЕННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ В ПРОГРАМНОМУ ПРОДУКТІ FeatureCAM.

Проводимо розробку верстатно-інструментального налагодження на токарно-фрезерну операцію, що виконується на токарно-фрезерному верстаті Doosan Daewoo Puma MX 2500 LST.

Верстат представлений на рисунку 6.1. Технічні характеристики представлені у таблиці 6.1



Рисунок 5.1 – Токарно-фрезерний верстат Doosan Daewoo Puma MX 2500 LST

Таблиця 5.1 – Технічні характеристики верстата

Характеристика	Параметр
Тип машини	Doosan Daewoo Puma MX 2500 LST
Керування	FANUC 18iTB
Макс. довжина обточки, мм	1520
Діаметр обточки, мм	550
Отвір шпинделя, мм	76
Макс. частота обертання, об/хв.	3.500
Діаметр проходку прутка, мм	76
Шляхи переміщення:	
вісь X, мм	555
вісь Y, мм	160
вісь Z, мм	1,595
Швидкий хід: (X/Y/Z), м/хв.	24 / 16 / 24
Місткість магазину	40
Габарити	2200x1200x1800
Потужність, кВт	26
Вага, кг	2400

					КНУ.КБР.131.26.1-11.05.РВІН		
					РОЗРОБКА ВЕРСТАТНО-ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО НАЛАГОДЖЕННЯ		
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат			
Розроб.	Климчук						
Перевір.	Кіjanовський						
Н. контр.	Нечаєв						
Затверд.	Рязанцев				Кафедра ТМ з ПМ-22		

Обробка була спроектована у програмному продукті FeatureCAM.
Були обрані інструменти та режими різання. Програма згенерувала траєкторію руху інструменту в процесі обробки деталі.

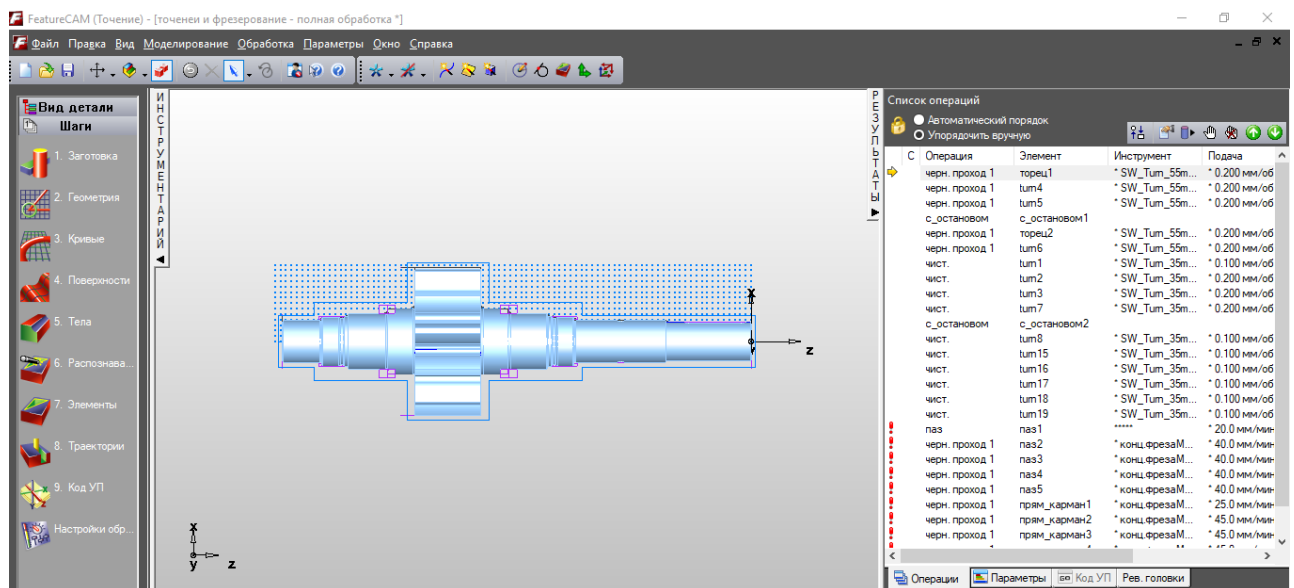


Рисунок 5.1- Вибір осей координат, послідовності переходів, траєкторії точіння

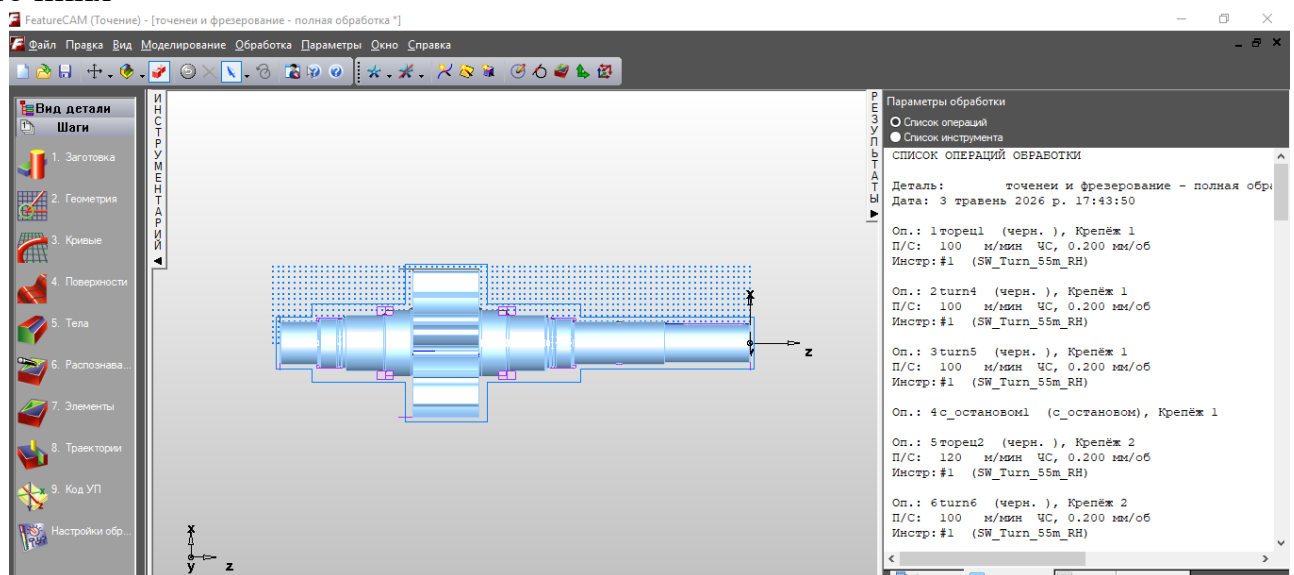


Рисунок 5.2- Вибір режимів різання, траєкторії точіння

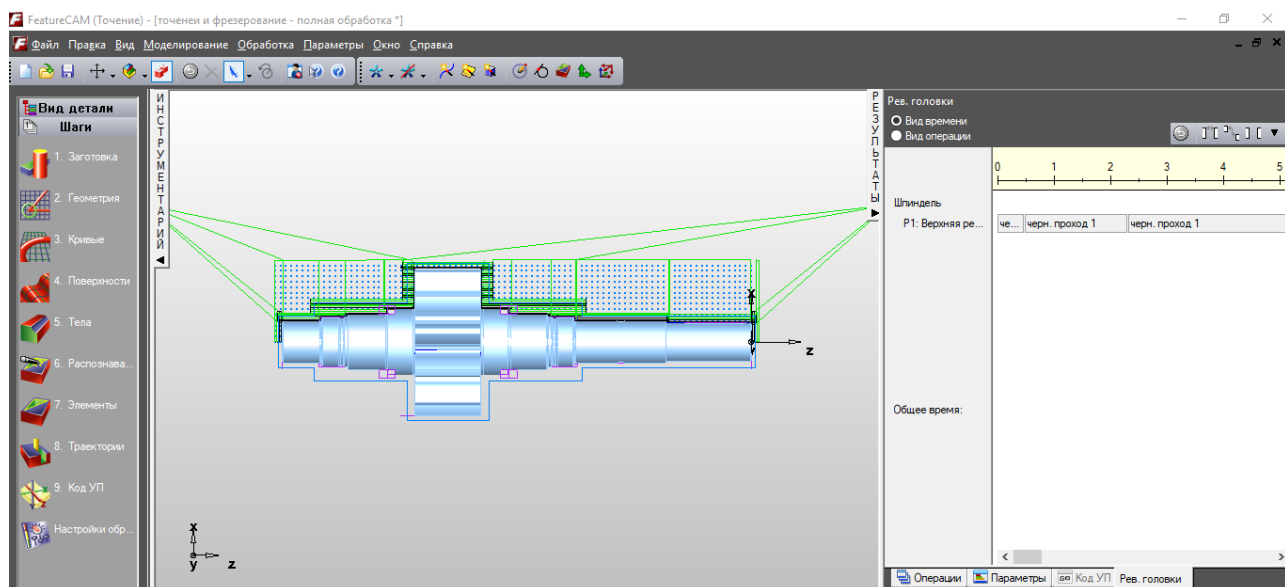


Рисунок 5.3- Вибір основних та допоміжних переходів, траекторії чистового точення

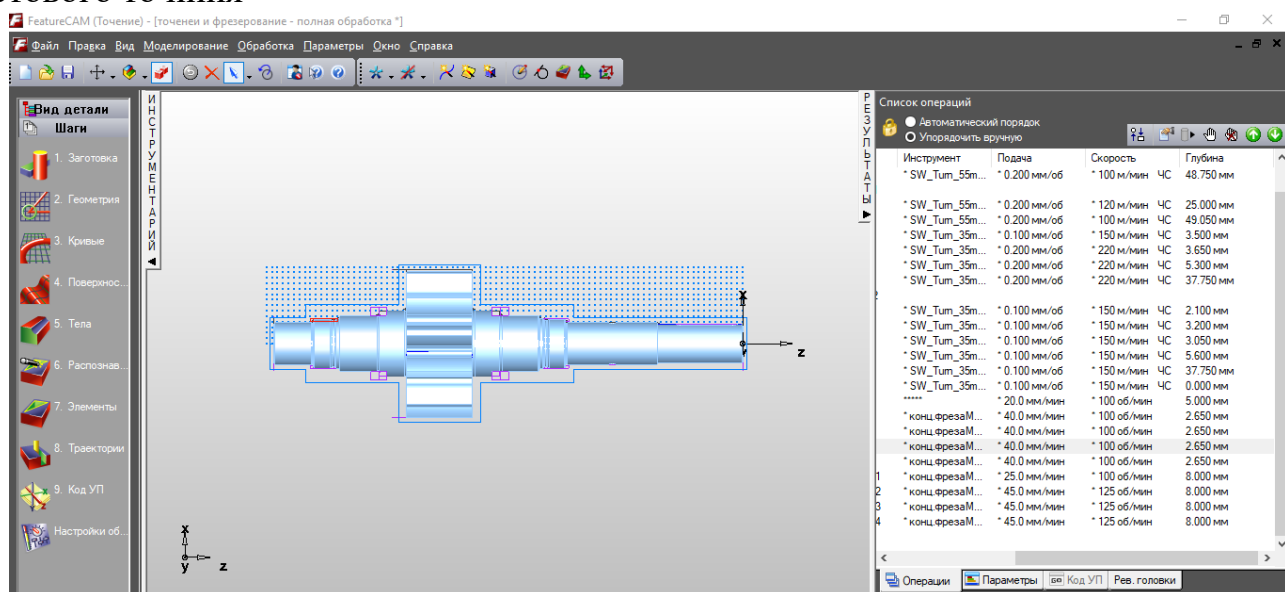


Рисунок 5.4- Вибір переходів на фрезерування чорнове та чистове

Дана послідовність представлена у вигляді програми, що представлена у таблиці 5.2

Таблица 5.2 – Керуюча програма

% 00210 (ТОЧЕНЕИ И ФРЕЗЕРОВАНИЕ 6-2-2010) G20G40G80G99 G50 S5000 G130X10.0Z5.0 (TOOL CHANGE POS) G10P0Z-(WORK SHIFT) G0G30U0W0 N10 (ЧЕРН. ТОРЕЦ ТОРЕЦ1) G50 S5000 T101M8 (SW_TURN_55M_RH) G96S328M03 G0G99X2.0898Z0.0812 G01X-0.0787F0. Z0.1575 X-0.0434Z0.1752 G0X2.0898 G01Z0.005 X-0.0787 Z0.0812 X-0.0434Z0.0989 G0Z0.2575 (ЧЕРН. TURN TURN4) G0X5.7512Z0.2575 X5.8299Z0.1314 X1.6962 G01Z-3.0659 X1.8504 X1.8857Z-3.0482 G0Z0.1314 G01X1.5421 Z-3.0659 X1.6962 X1.7316Z-3.0482 G0Z0.1314 G01X1.388 Z-3.0659 X1.5421 X1.5775Z-3.0482 G0Z0.1314 G01X1.3147 Z-0.008 X1.362Z-0.0316 G03X1.388Z-0.063I-0.0314K-0.0314 G01X1.4233Z-0.0453 G0X5.8299 (ЧЕРН. TURN TURN5) G0X5.8299Z-9.3291 X5.4748 G01Z-12.4213 X5.6299 X5.6653Z-12.4036 G0Z-9.3291 G01X5.3197 Z-9.756 G03X5.321Z-9.7638I-0.0437K-0.0077 G01Z-12.4213 X5.4748 X5.5101Z-12.4036 G0Z-9.3291	G0Z-4.3685 G01X2.9927 Z-4.7677 X3.1479 X3.1832Z-4.75 G0Z-4.3685 G01X2.8376 Z-4.7677 X2.9927 X3.0281Z-4.75 G0Z-1.022 G01X2.6825 Z-4.7677 X2.8376 X2.8729Z-4.75 G0Z-1.022 G01X2.5273 Z-4.7677 X2.6825 X2.7178Z-4.75 G0Z-1.022 G01X2.3722 Z-4.7677 X2.5273 X2.5627Z-4.75 G0Z-1.022 G01X2.241 Z-3.7745 X2.2835 G03X2.3722Z-3.8189I0.K-0.0444 G01Z-4.7205 G03X2.3603Z-4.7427I-0.0444K0. G01X2.3497Z-4.7518 G02X2.3603Z-4.7677I0.0141K-0.0041 G01X2.3722 X2.4076Z-4.75 G0Z-1.022 G01X2.1097 Z-3.7745 X2.241 X2.2763Z-3.7568 G0Z-1.022 G01X1.9785 Z-3.7777 X2.0474Z-3.7747 G03X2.0551Z-3.7745I0.0039K-0.0442 G01X2.1097 X2.1451Z-3.7568 G0Z-1.022 G01X1.8899 Z-2.3572 G03X1.9785Z-2.4016I-0.0001K-0.0444 G01Z-3.7362 G03X1.9666Z-3.7584I-0.0444K0. G01X1.956Z-3.7676 G02X1.9584Z-3.7786I0.0141K-0.0041 G01X1.9785Z-3.7777 X2.0139Z-3.76 G0Z0.1314
--	--

					КНУ.КБР.131.26.1-11.05.РВИН	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

G01X5.1645
Z-9.7194
X5.2323
G03X5.3197Z-9.756I0.K-0.0444
G01X5.355Z-9.7384
G0Z-9.3291
G01X5.0094
Z-9.7194
X5.1645
X5.1999Z-9.7017
G0Z-9.3291
G01X4.8543
Z-9.7194
X5.0094
X5.0448Z-9.7017
G0Z-9.3291
G01X4.6991
Z-9.7194
X4.8543
X4.8896Z-9.7017
G0Z-9.3291
G01X4.544
Z-9.7194
X4.6991
X4.7345Z-9.7017
G0Z-9.3291
G01X4.3889
Z-9.7194
X4.544
X4.5794Z-9.7017
G0Z-9.3291
G01X4.2338
Z-9.7194
X4.3889
X4.4242Z-9.7017
G0Z-9.3291
G01X4.0786
Z-9.7194
X4.2338
X4.2691Z-9.7017
G0Z-9.3291
G01X3.9235
Z-9.7194
X4.0786
X4.114Z-9.7017
G0Z-9.3291
G01X3.7684
Z-9.7194
X3.9235
X3.9589Z-9.7017
G0Z-9.3291
G01X3.6132
Z-9.7194
X3.7684
X3.8037Z-9.7017
G0Z-9.3291
G01X3.4581
Z-9.7194

G01X1.8013
Z-2.3572
X1.8898
X1.8899
X1.9253Z-2.3395
G0Z0.1314
G01X1.7817
Z-2.2398
G03X1.8013Z-2.2677I-0.0345K-0.0279
G01X1.8367Z-2.25
G0Z0.1314
G01X1.6439
Z-1.4123
X1.6457
G03X1.7084Z-1.4253I0.K-0.0444
G01X1.7557Z-1.4489
G03X1.7817Z-1.4803I-0.0314K-0.0314
G01Z-2.0394
G03X1.7698Z-2.0615I-0.0444K0.
G01X1.6911Z-2.13
Z-2.2016
G03X1.7282Z-2.2127I-0.0128K-0.0425
G01X1.7754Z-2.2364
G03X1.7817Z-2.2398I-0.0314K-0.0314
G01X1.817Z-2.2222
G0Z0.1314
G01X1.5061
Z-1.4123
X1.6439
X1.6792Z-1.3946
G0Z0.1314
G01X1.4328
Z-0.008
X1.4801Z-0.0316
G03X1.5061Z-0.063I-0.0314K-0.0314
G01Z-1.378
G03X1.4942Z-1.4001I-0.0444K0.
G01X1.4824Z-1.4103
Z-1.4123
X1.5061
X1.5414Z-1.3946
G0X5.8299
G0G30U0W0
M01
N20 (ЧИСТ. TURN TURN1)
G50 S5000
T202M8 (SW_TURN_35M_RH)
G96S492M03
G0G99X1.2523Z0.0821
G01X1.4327Z-0.0081F0.
X1.4799Z-0.0317F0.
G03X1.4961Z-0.0512I-0.0195K-0.0195
G01Z-1.3661F0.
G03X1.4795Z-1.3858I-0.0276K0.
G02X1.4724Z-1.3943I0.0083K-0.0084
G01Z-1.4055F0.
G02X1.4961Z-1.4173I0.0118K0.
G01X1.6693F0.

					КНУ.КБР.131.26.1-11.05.РВІН	Арху
Змі	Арху	№	Підпис	Дат		

X3.6486Z-9.7017
 G0Z-9.3291
 G01X3.303
 Z-9.7194
 X3.4581
 X3.4935Z-9.7017
 G0Z-9.3291
 G01X3.1479
 Z-9.7194
 X3.303
 X3.3383Z-9.7017

G0X5.8299
 (ЧИСТ. TURN TURN2)
 G96S721
 G0X5.8299Z-1.3352
 X1.5279
 G01X1.7083Z-1.4254F0.
 X1.7555Z-1.449F0.
 G03X1.7717Z-1.4685I-0.0195K-0.0195
 G01Z-2.0276F0.
 G03X1.7643Z-2.0413I-0.0276K0

					КНУ.КБР.131.26.1-11.05.РВІН	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

6 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ТА КОНТРОЛЬНОГО ПРИСТОСУВАНЬ

6.1 Проектування технологічного оснащення

Проектування технологічного оснащення проводимо на операцію горизонтально-розточну з ЧПК, що виконується на верстаті ТХК160. Для закріплення деталі на верстаті необхідно спроектувати спеціальний пристрій, який дасть змогу обробити отвори на торцях валу-шестерні та зробити один радіальний наскрізний отвір.

6.1.1 Розробка схем базування заготовки

На рисунку 6.1 зображена схема базування деталі на столі верстату.

Деталь закріплюється у двох призмах за допомогою прихватів. Всі елементи пристрою монтуються на плиті, що кріпиться на поворотний стіл верстату чотирма пазовими болтами.

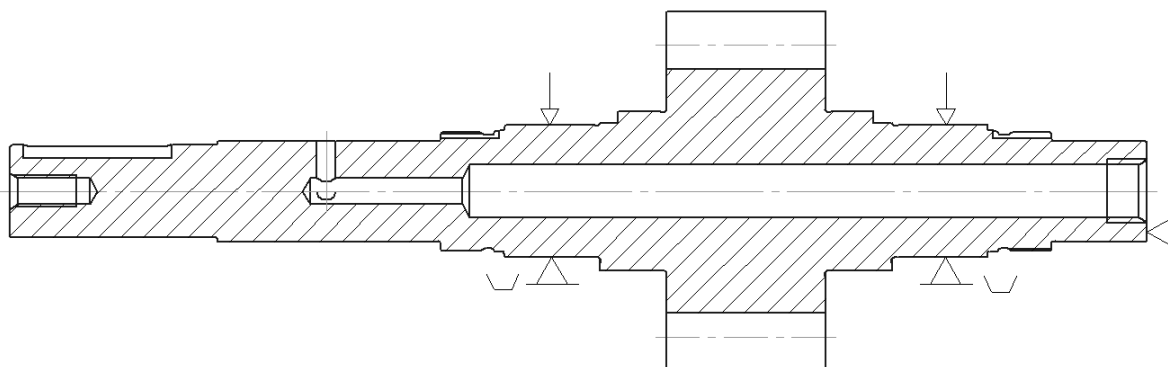


Рисунок 6.1 – Схема базування деталі на столі верстату

6.1.2 Розрахунок похибки базування

В нашому випадку відбувається суміщення технологічної та виміральної бази, тому похибка базування деталі у пристрої $\delta_6 = 0$.

Так як на кресленні не вказані точні вимоги до розташування центральних отворів, то похибку пристрою прирівнюємо до похибки базування, а отже, $\delta_\Sigma = 0$.

6.1.3 Режими різання

Режими різання були розраховані у попередньому розділі. Для

					КНУ.КБР.131.26.1-11.06.ПВКП				
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат	ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ТА КОНТРОЛЬНОГО ПРИСТОСУВАНЬ		Лім.	Арк.	Арквшів
Розроб.		Климчук							
Перевір.		Кіяновський							
Н. контр.		Нечаєв					Кафедра ТМ зв ПМ-22		
Затверд.		Рязанцев							

розрахунку використаємо перехід з найбільшими силовими

характеристиками, тобто свердління розсвердлювання отвору до Ø20мм на торці шестерні.

Були визначені режими різання: $V=23,55\text{м/хв}$, $S=0,2\text{мм/об}$,
 $n=375\text{об/хв}$.

Осьову силу різання визначаємо за формулою:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p,$$

(6.1)

де C_p - постійна, x, y – показники степенів, K_p - поправочний коефіцієнт.

$$P_o = 10 \cdot 143 \cdot 5^{1,2} \cdot 0,2^{0,7} \cdot 0,81 = 2590 \text{ Н}$$

Крутний момент визначаємо за формулою:

$$M_{kp} = 10 \cdot C_M \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p,$$

(6.2)

де C_p - постійна, x, y – показники степенів, K_p - поправочний коефіцієнт.

$$M_{kp} = 10 \cdot 0,041 \cdot 5^{0,9} \cdot 0,2^{0,7} \cdot 0,81 = 4,58 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

6.1.4 Визначення сили закріплення

На деталь діють осьова сила різання та крутний момент свердла. При базуванні на призмах шестерня опирається торцями у бічні поверхні призм, що запобігає осьовому зміщенню деталі. Звідси, розрахуємо необхідну силу затиску, що необхідна для запобігання обертанню деталі навколо своєї вісі через наявність крутного моменту.

На рисунку 6.2 представлена схема дії сил різання та реактивних сил.

					КНУ.КБР.131.26.1-11.06.ПВКП	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

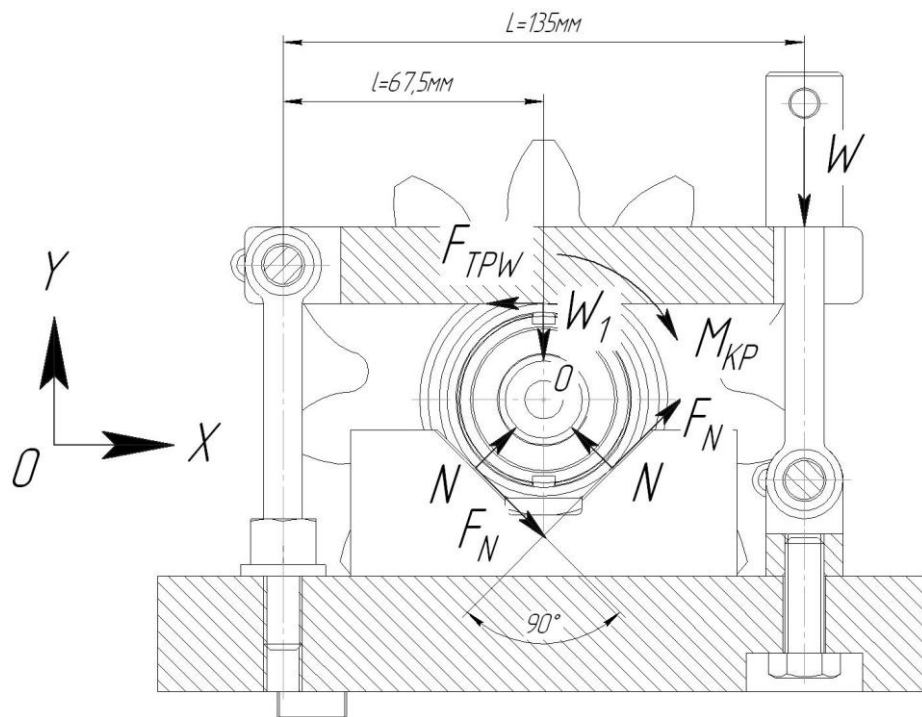


Рисунок 6.2 – Схема дії сил різання та реактивних сил

Складаємо рівняння рівноваги моментів навколо точки 0:

$$\sum M_0 = 0 \quad (6.3)$$

$$k \cdot M_{KP} = n \cdot \left[2 \cdot F_N \cdot \frac{D}{2} + F_{TPW} \cdot \frac{D}{2} \right] \quad (6.4)$$

де k – коефіцієнт запасу, $k=2,5$, M_{KP} – крутний момент, F_N – сила тертя на поверхні контакту деталі з призмою, F_{TPW} – сила тертя на поверхні контакту деталі з прихватом, n – кількість прихватів, $n=2$.

Визначимо значення сил тертя:

$$F_N = N \cdot f \quad (6.5)$$

де N – сила реакції призми на деталь, f – коефіцієнт тертя, $f=0,15$.

$$F_{TPW} = W_1 \cdot f \quad (6.6)$$

де W_1 – сила дії прихватів на деталь.

Силу реакції призми N на деталь визначимо з наступного рівняння рівноваги:

$$\sum F_Y = 0 \quad (6.7)$$

$$W_1 = 2 \cdot N \cdot \cos 45^\circ \quad (6.8)$$

					КНУ.КБР.131.26.1-11.06.ПВКП	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Звідси

$$N = \frac{W_1}{2 \cdot \cos 45^\circ} \quad (6.9)$$

Сила, котру необхідна розвивати гайка прихвату:

$$W = W_1 \cdot \frac{l}{L} = \frac{W_1}{2} \quad (6.10)$$

де L, l – плечі прихвату, що представлені на рисунку 6.3.

Підставимо всі значення у формулу і отримаємо:

$$k \cdot M_{KP} = 2 \cdot D \cdot f \cdot W \left(\frac{1}{\cos 45^\circ} + 1 \right) \quad (6.10)$$

Звідси визначимо необхідне значення сили W :

$$W = \frac{k \cdot M_{KP}}{2 \cdot D \cdot f \left(\frac{1}{\cos 45^\circ} + 1 \right)} \quad (6.12)$$

Підставимо значення у формулу:

$$W = \frac{2,5 \cdot 4,58}{2 \cdot 0,05 \cdot 0,15 \left(\frac{1}{\cos 45^\circ} + 1 \right)} = 316 \text{ Н}$$

Отже, необхідна сила затиску складає $W=316\text{Н}$

По необхідній силі затиску W та допустимим навантаженням визначаємо мінімальний діаметр гвинта

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{\pi \cdot \sigma}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 316}{0,5 \cdot 800 \cdot 10^6}} = 0,0017 = 1,7 \text{ мм} \quad (6.13)$$

Для даної конструкції затискного пристрою необхідний болт М10, що задовольняє умовам міцності.

Визначимо силу Q , що прикладена до рукоятки ключа:

$$Q = \frac{W \cdot r_{CP} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + 0,33 \cdot f \cdot \frac{D_H^3 - D_B^3}{D_H^2 - D_B^2}}{l}, \text{ Н} \quad (6.14)$$

де W – потрібна сила затиску (316Н); r_{CP} – середній радіус різьби ($r_{CP} \approx 10\text{мм}$); l – довжина рукоятки в мм ($l=150\text{мм}$); α – кут підйому різьби ($\alpha \approx 2^\circ 30' \div 3^\circ 30'$), умова самогальмування гвинта, болта ($\alpha \leq 6^\circ 30'$); φ – приведений кут тертя в різьбовій парі ($\varphi \approx 6^\circ 30'$); f – коефіцієнт тертя при плоскому контакті двох сопрягаємих деталей (на нижньому торці гайки або гвинта $f=0,1 \div 0,15$); D_H – наружний діаметр опорного торця гайки в мм ($D_H=20\text{мм}$); D_B – внутрішній діаметр опорного торця гайки в мм ($D_B=12$).

$$Q = \frac{316 \cdot 10 \cdot \operatorname{tg}(3^\circ + 6^\circ 30') + 0,33 \cdot 0,1 \cdot \frac{20^3 - 12^3}{20^2 - 12^2}}{150} = 3,53 \text{ Н}$$

					КНУ.КБР.131.26.1-11.06.ПВКП	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Отже, для розвинення необхідної сили затиску потрібно прикласти до ключа силу $Q=3,5\text{Н}$, тобто створити момент затяжки $0,53\text{Н}\cdot\text{м}$

6.2 Проектування контрольного пристосування

Проводимо проектування контрольного пристосування для контролю відхилення форми та розташування поверхонь деталі Вал шестерня.

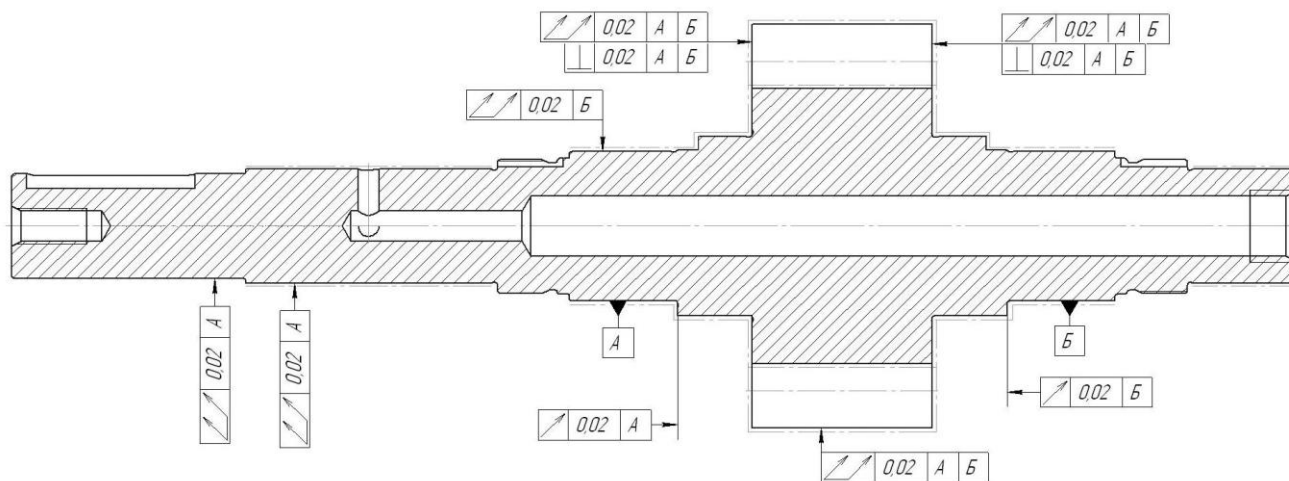


Рисунок 6.3 – Відхилення форми та розташування поверхні деталі вал шестерня

Вимірювальна схема приведена на рисунку 6.4.
Деталь поміщуємо в призмах з роликами.

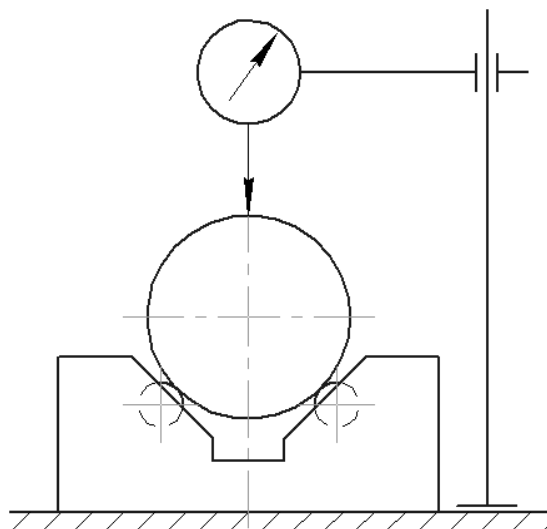


Рисунок 6.4 – Вимірювальна схема

Під час контролю індикатор підводиться до контролюємої поверхні, обертаючи деталь, знімають покази індикатора.

Застосовуємо індикатор електронний "GRIFF" (540-325A), діапазон вимірювання якого 0-25мм, точність 0,001мм, що зображений на рисунку 6.5.

Змі	Арку	№	Підпис	Дат

КНУ.КБР.131.26.1-11.06.ПВКП

Арку

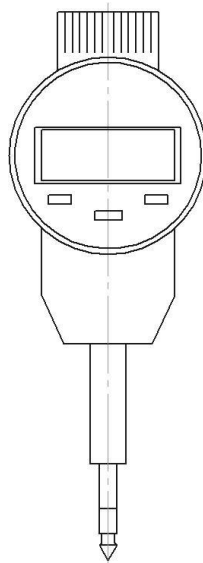


Рисунок 6.5 – Індикатор електронний "GRIFF"

Сумарна похибка контрольного пристрою:

$$\delta_{\Sigma} = K \sqrt{\delta_a^2 + \delta_{\delta.}^2 + \delta_s^2} \quad (6.1)$$

де K – коефіцієнт, що враховує відхилення розсіювання значень складових величин від закону нормального розподілу; $K = 1,1 \dots 1,2$, $\delta_{\delta.}$ – похибка базування заготовки у призмі; $\delta_{\delta.}$ – похибка ролика, що виникає через зазор у з'єднанні ролик-вісь ролика; δ_i – похибка індикатору.

На рисунку 6.6 приведена схема розташування деталі в призмі

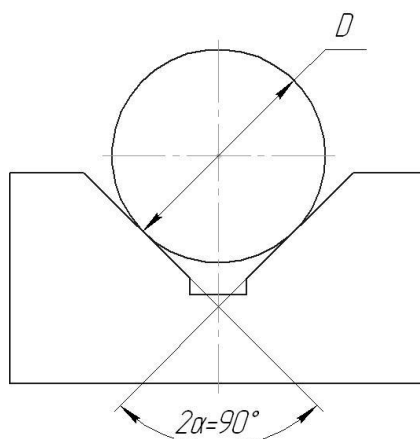


Рисунок 6.6 – Схема розташування деталі в призмі

Похибка базування заготовки у призмі $\delta_{\delta.}$:

$$\delta_A = 0,5 \cdot T_D \cdot \frac{1}{\sin \alpha} = 0,5 \cdot 0,016 \cdot \frac{1}{\sin 45^\circ} = 0,011 \text{ мм} \quad (6.2)$$

					КНУ.КБР.131.26.1-11.06.ПВКП	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Похибка ролика δ_{δ} дорівнює максимальному зазору у з'єднанні ролик-вісь ролика ($\varnothing 5H7/h6$):

$$\delta_p = S_{MAX} = 0,008 + 0,005 = 0,013 \text{ мм} \quad (6.3)$$

Точність контрольного пристрою становить $T=0,001 \text{ мм}=1 \text{ мкм}$

Похибка індикатору становить $\delta_i=0,001 \text{ мм}$.

Підставимо значення у формулу та отримаємо:

$$\delta_{\Sigma} = 1,1\sqrt{0,011^2 + 0,013^2 + 0,001^2} = 0,018 \text{ мм}$$

					КНУ.КБР.131.26.1-11.06.ПВКП	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

7 АНАЛІТИЧНА ОЦІНКА УМОВ ПРАЦІ ДЛЯ ОБРОБКИ ВАЛУ-ШЕСТЕРНІ В МЕХАНІЧНОМУ ЦЕХУ

Виготовлення валу-шестерні за наведеним технологічним маршрутом (ЧПК обробка, азотування, окислення, шліфування) є складним процесом, що поєднує механічні, термічні та хімічні впливи на організм працівника. Аналітична оцінка умов праці спрямована на виявлення потенційних ризиків та розробку заходів щодо їх мінімізації.

7.1. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів

В Україні діють сучасні європейські підходи до оцінки та управління ризиками на виробництві (наприклад, на базі загального стандарту безпеки машин ДСТУ EN ISO 12100). супроводжується дією таких факторів:

- Фізичні: частини обладнання, що рухаються; відлітаюча металева стружка та абразивні частинки; підвищена температура поверхонь заготівель після азотування; рівень шуму від приводів (80-85 дБА).

- Хімічні: аерозолі мастильно-охолоджувальних рідин (МОР) при токарній та шліфувальній обробці; пари аміаку при азотуванні; лужні та кислотні пари при хімічному окисненні.

- Психофізіологічні: інтелектуальне навантаження при налаштуванні програм ЧПК та висока концентрація уваги при технічному контролі.

7.2. Охорона праці при експлуатації верстатів з ЧПК (Токарно-фрезерні, розточні, зубофрезерні)

Сучасні верстатні центри з ЧПК забезпечують високий рівень безпеки завдяки кабінному захисту. Проте, при обробці валу-шестерні критичним моментом залишається встановлення інструменту та перевірка першої деталі. Оператор повинен працювати в захисних окулярах навіть при зачинених дверцятах верстата. Блокувальні пристрої повинні виключати запуск шпинделя при відкритій робочій зоні. Ергономіка пульта керування має забезпечувати огляд зони різання без значного нахилу тулуба оператора.

7.3. Безпека при азотуванні та хімічному окисненні

Азотування: Цей процес відбувається при температурі близько 500-550°C із використанням аміаку. Основна небезпека — отруєння та

					КНУ.КБР.131.26.1-11.07.АОУП			
					АНАЛІТИЧНА ОЦІНКА УМОВ ПРАЦІ	Лім.	Арк.	Арквівів
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат				
Розроб.	Климчук							
Перевір.	Кіjanовський							
Н. контр.	Нечаєв					Кафедра ТМ з ПМ-22		
Затверд	Рязанцев							

термічні опіки. Печі повинні мати надійну теплоізоляцію (температура зовнішньої стінки не вище 45°C). Обов'язковою є наявність автоматичної системи контролю витоку газів та примусової вентиляції.

Хімічне окислення: Процес проводиться в гальванічних ваннах. Вимоги безпеки включають використання бортових відсмоктувачів для видалення шкідливих парів. Працівники забезпечуються ЗІЗ: прогумованими фартухами, чоботами та довгими рукавицями. При потрапленні розчину на шкіру необхідно негайно промити її проточною водою та нейтралізуючим розчином.

7.4. Особливості безпеки при шліфувальних операціях

При зубошліфуванні та круглому шліфуванні основною загрозою є розрив шліфувального круга. Кожен круг перед встановленням повинен бути перевірений на відсутність тріщин «на дзвін» та випробуваний на розривному стенді. Захисні кожухи повинні бути виготовлені згідно з ДСТУ ГОСТ 12.2.001. Використання МОР є обов'язковим для пилоподавлення. Очищення повітря від масляного туману здійснюється за допомогою електростатичних або механічних фільтрів-сепараторів.

7.5. Виробнича санітарія: Організація освітлення та мікроклімату

Показник	Нормативне значення (СНіП)	Засоби забезпечення
Освітленість зони ЧПК	300 - 500 лк	Комбіноване освітлення (загальне + місцеве)
Температура повітря	18 - 22 °C (оптимальна)	Система опалення та кондиціонування
Рівень шуму	Не більше 80 дБА	Звукоізоляція, використання берушів

7.6. Пожежна безпека та електробезпека

Механічний цех класифікується за категорією «В» (пожежонебезпечний) через наявність мастил. Електрообладнання повинно мати ступінь захисту не нижче IP54. Обов'язковим є щозмінний огляд цілісності заземлювальних провідників. Робочі місця мають бути укомплектовані вуглекислотними вогнегасниками (ОУ-5), які не пошкоджують електронні компоненти верстатів з ЧПК.

					КНУ.КБР.131.26.1-11.07.АОУП	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

7.7. Технічний контроль

Кінцевий етап — контроль параметрів валу-шестерні. Ризиком є зорова втома та порізи об гострі краї зубів. Рекомендується використання спеціальних підставок (призм) та засобів вимірювання з цифровою індикацією для зниження навантаження на зір.

					<i>КНУ.КБР.131.26.1-11.07.АОУП</i>	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

ВИСНОВКИ

У випускній кваліфікаційній роботі успішно вирішено комплексне інженерне завдання щодо оптимізації виробництва деталі «вал шестерня», яка є важливим елементом вузла гідромотору ГПА-16. На основі проведеного аналізу було детально спроектовано технологічний процес складання та визначено раціональну послідовність виконання складальних операцій, що гарантує високу точність і надійність кінцевого виробу.

Технологічна та конструкторська модернізація:

Головною перевагою розробленого проекту є кардинальне вдосконалення типового технологічного процесу шляхом заміни застарілих універсальних верстатів на сучасне обладнання з ЧПК. У межах цієї модернізації було створено креслення оптимальної заготовки, сформовано ефективний маршрут механічної обробки, а також розраховано міжопераційні розміри, технологічні припуски, прогресивні режими різання та норми часу. Для забезпечення стабільного технічного контролю геометричних параметрів було розроблено оригінальну конструкцію контрольного пристосування, яке дозволяє оперативно й точно вимірювати радіальне биття шийок шестерні.

Економічна доцільність проекту:

Проведене техніко-економічне обґрунтування повністю підтвердило високу ефективність та перспективність запропонованих інженерних рішень. Впровадження високотехнологічного обладнання з числовим програмним керуванням та оптимізація послідовності обробки дозволили суттєво скоротити час виготовлення деталі та зменшити трудомісткість процесів. Отриманий у результаті розрахунків вагомий економічний ефект переконливо доводить доцільність практичного впровадження розробленого технологічного процесу у реальне виробництво.

					КНУ.КБР.131.26.1-11.B			
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат	ВИСНОВОК	Літ.	Арк.	Аркшів
Розроб.	Климчук							
Перевір.	Кіяновський							
Н. контр.	Нечаєв							
Затверд.	Рязанцев					Кафедра ТМ зв ПМ-22		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1.С.Г. Бондаренко. Розмірні розрахунки механоскладального виробництва. – Київ, 1993.
- 2.Дипломне проектування з технології машинобудування/ Григурко О.І, Брендуля МФ., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-860 с.
3. Інженерна графіка в SolidWorks: Навчальний посібник/ С.І. Пустюльга, В.Р. Самостян, Ю.В. Клак. Луцьк: Вежа, 2018. 172 с. URL: <http://surl.li/fmeiv>
4. ДСТУ 7806:2015 Прокат з легованої конструкційної сталі
5. ДСТУ EN 10250-1:2008 Поковки сталеві ковані для машинобудування
- 6.ДСТУ 2500-94 Основні норми взаємозамінності. Єдина система допусків та посадок. Терміни та визначення. Позначення та загальні норми.
- 7.ДСТУ 2413-94 Основні норми взаємозамінності. Шорсткість поверхні.
- 8.ДСТУ 2498-94 Основні норми взаємозамінності. Допуски форми та розташування поверхонь. Терміни та визначення
9. Методичні вказівки з курсу “Технологія машинобудування“ до практичної роботи “Аналіз технологічності конструкції виробу та деталі при проектуванні технологічних процесів”, для здобувачів спеціальності 131 Прикладна механіка денної та заочної форми навчання /Цивінда Н.І. - Кривий Ріг: КНУ, 2024.
- 10.Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. Навч. посібник - К.: Вища шк. 1993р. - 414с.
11. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок - Львів, Світ ,1996.
- 12.ДСТУ 3.1107-81. Базування та бази в машинобудуванні.
13. Технологія машинобудування Горбатюк Е.О. Мазур М.П.,Зенкін А.С., Каразей В.Д. Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-360 с.
14. Технологія обробки типових деталей (курсове проектування) Григурко О.І, Брендуля МФ., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008, 576 с.
- 15.Залога В. О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні Суми: СумДУ, 2013.

					КНУ.КБР.131.26.1-11.СВД					
Змін	Архв	№	Підпис	Дат	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ			Лім.	Арк.	Архвівів
Розроб.	Климчук									
Перевір.	Кіяновський									
								Кафедра ТМ з ПМ-22		
Н. контр.	Нечаєв									
Затверд	Рязанцев									

18.Методичні вказівки з курсу ”Системи ЧПК та програмування обробки деталей” до практичної роботи ”Розробка верстатно-інструментального налагодження на верстати з ЧПК”, для здобувачів спеціальності 131 Прикладна механіка денної та заочної форми навчання / Цивінда Н.І., - Кривий Ріг: КНУ, 2025.

19. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці: Підручник. – Львів: Афіша, 2005.

20.ДСТУ ГОСТ 3.1127:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання текстових технологічних документів. (ГОСТ 3.1127-93, IDT).

21.ДСТУ ГОСТ 3.1128:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання графічних технологічних документів. (ГОСТ 3.1128-93, IDT).

22.ДСТУ 2974-95. Технологічне підготовлення виробництва. Основні терміни та визначення.

23.ДСТУ 2925-94. Якість продукції. Оцінювання якості. Терміни та визначення.

24.ДСТУ ГОСТ 3.1102:2014 Єдина система технологічної документації. Стадії розробки та види документів. Загальні положення).

25.ДСТУ ГОСТ 3.1105:2014 Єдина система технологічної документації. Форми та правила оформлення документів загального призначення

26.ДСТУ ГОСТ 2.308:2013 ЄСКД. Зазначення допусків форми та розміщення поверхонь (ГОСТ 2.308-2011, IDT).

27.Єдина система конструкторської документації НАНЕСЕННЯ РОЗМІРІВ І ГРАНИЧНИХ ВІДХИЛІВ (ГОСТ 2.307-2011, IDT) ДСТУ ГОСТ 2.307:2013

28.Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи для студентів спеціальності 131“Прикладна механіка ”Освітньо-професійної програми Прикладна механіка усіх форм навчання, Кривий Ріг: КНУ, 2025.

					КНУ.КБР.131.26.1-11.СВД	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

ДОДАТКИ

[illegible]

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Факультет механічної інженерії та транспорту
Кафедра технологія машинобудування

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ЗАСВІДЧУЮЧИХ
АРКУШІВ**

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка
освітньо-професійної програми «Прикладна механіка»

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва
деталі «Вал шестерня гідромотору» за допомогою CAD/CAM-
технологій

Проектував ст.гр. ПМ-22

/Климчук О.О./

Керівник роботи

/д.т.н., проф. Кіяновський
М.В./

Нормоконтроль

/ к.т.н., доц. Нечаєв В.П. /

Завідувач кафедри

/ к.т.н., доц. Рязанцев А.О. /

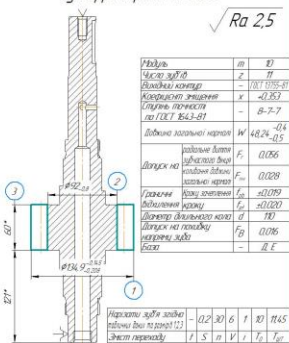
м.Кривий Ріг
2026 р

[illegible]

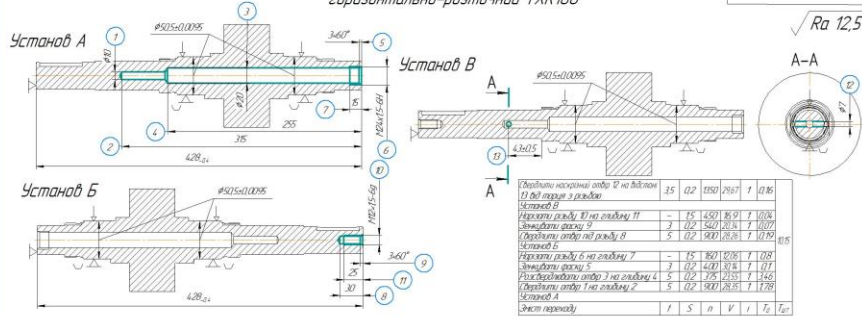
Копировал

Формат А4

Операція 015 Зубофрезерна з ЧПК
зубофрезерний 53V80



Операція 030
Зубошліфувальна з ЧПК
зубошліфувальний 5A868Ф
Рп 08



Модуль	m	87					
Число зубів	z	37					
Кут дотичної контури	α	$19^{\circ}11'55''$					
Коефіцієнт зчеплення	ϵ	0.853					
Кут дотичної контури по ГОСТ 1352-81	α'	8-7-7					
Довжина заходження каретки	W	48.24-0.6					
Довжина на розподілені зуби	F ₁	0.056					
Довжина на розподілені зуби каретки	F ₂	0.0289					
Гранична довжина каретки	f _{гр}	0.0192					
Довжина каретки	f _к	0.0202					
Довжина на повільну каретку	d	187					
Довжина на швидко каретку	F _B	0.016					
Базис	-	2.2					
Швидкість зчеплення швидко каретки до повільної (2)	-	0.2/45					
Ефект передачі	F	S	N	V	I	f ₁	f ₂

2 * Розміри для дітей

2. * Puzosy dno dno dno

[illegible]

Адрес	ИМ-22
Дополн. А/	

Операція 005 Токарно-фрезерна з ЧПК MX2500LST

КНУКБР.13126.1-11ЕО

Установ А

Державка SCLCR1616M11-SM

Пластина DCMT11T3

Державка SCLCR1616M11-SM
Пластина DCMT11T3

Установ Б

Державка SCLCR1616M11-SM
Пластина DCMT11T3

Установ В

Державка SCLCR1616M11-SM

Пластина DCMT11T3

Фреза E2MCD1000

Фреза E2MCD0600

Фреза E2MCD1000

Програма
для токарно-фрезерного верстату

```

%
O0010 (ТОЧЕННЯ І ФРЕЗЕРУВАННЯ 6-3-2010)
C20C40G80G99
G50 S5000
G1X0.1 Z0.5 (TOOL CHANGE POS)
G10P0 (WORK SHEET)
G00Z0.0W0
N10 (ЧЕРН. ТОРЦІЙ ТОРЦІ)
G50 S5000
T11M11 (CHN. TURN_3/SM_3H)
G98S12M10
G00R0.1 D00R0.0812
G01X0.0 Z0.787F0.
Z0.1375
X0.045420.1752
G01Z0.095
G0XZ.088
Z0.0787
Z0.0812
X0.045420.0989
G0Z0.2175

(ЧЕРН. TURN TURN4)
G0XZ.711.220.2175
X1.8390.20.1314
X1.6962
G01Z.1.0659
X1.8394
X1.8812Z.3.0482
G0Z0.1114
G01X1.8421
Z.10659
X1.6962
X1.7116Z.3.0482
G0Z0.1114
G01X1.8484
Z.3.0659
X1.8421
X1.3775Z.3.0482
G0Z0.1114
G01X1.8147
Z.0.008
X1.862Z.0.0316
G01X1.882Z.0.0631Z.0.0314Z.0.0314
G0XZ.8299
G0XZ.8299

(ЧЕРН. TURN TURN5)
G0XZ.8592Z.9.3291
XZ.4748
G01Z.12.4213
XZ.6296
XZ.6612Z.12.4036
G0Z.9.3291
G01XZ.3197
Z.9.7194
G01XZ.312Z.9.76381Z.0.0437K.0.0077
G01Z.12.4213
XZ.4748
XZ.5101Z.12.4036
G0Z.9.3291
G01XZ.1645
Z.9.7194
XZ.2322
G01XZ.1197Z.9.7509K.0.0444
G0XZ.3532Z.9.7584
G0Z.9.3291
G01XZ.6094
Z.9.7194
XZ.1645
XZ.1986Z.9.7017
G0Z.9.3291
G01XZ.14143
Z.9.7194
XZ.6094
XZ.0448Z.9.7017
G0Z.9.3291
G01XZ.6991
Z.9.7194
XZ.8345
XZ.8896Z.9.7017
G0Z.9.3291
G01XZ.144
Z.9.7194
XZ.8991
XZ.1745Z.9.7017
G0Z.9.3291
G01XZ.1889
Z.9.7194
XZ.544
XZ.5794Z.9.7017
G0Z.9.3291
G01XZ.2338
Z.9.7194
XZ.3889
XZ.4342Z.9.7017
G0Z.9.3291
G01XZ.0786
Z.9.7194
XZ.3889
XZ.3961Z.9.7017
G0Z.9.3291
G01XZ.8235
Z.9.7194
XZ.0786
XZ.1142Z.9.7017
Z.9.7194
XZ.9215
XZ.9388Z.9.7017
G0Z.9.3291
G01XZ.8132
Z.9.7194
XZ.7684
XZ.8032Z.9.7017
G0Z.9.3291
G01XZ.4681
Z.9.7194
XZ.8132
XZ.8488Z.9.7017
G0Z.9.3291
G01XZ.301
Z.9.7194
XZ.4681
XZ.4932Z.9.7017
G0Z.9.3291
G01XZ.1479
Z.9.7194
XZ.301
XZ.3388Z.9.7017
G0Z.9.3291
G01XZ.9927
Z.9.7194
XZ.1479
XZ.1832Z.9.7017
G0Z.9.3291
G01XZ.8176
Z.9.7194
XZ.9927
XZ.0381Z.9.7017
G0Z.9.3291
G01XZ.8825
Z.9.7194
XZ.8176
XZ.8794Z.9.7017
G0Z.9.3291
G01XZ.3273
Z.9.7194
XZ.8825
XZ.7178Z.9.7017
G0Z.9.3291
G01XZ.1722
Z.9.7228
XZ.4411Z.9.7196
G01XZ.4488Z.9.7194Z.0.0398K.0.0442
G01Z.3.075
XZ.3612Z.9.7017
G0Z.9.3291
G01XZ.241
Z.9.7192
XZ.2815
G01XZ.1722Z.9.77938K.0.0444
G01Z.6.8811
...
    
```

КНУКБР.13126.1-11ЕО				Верстатно-інструментальне підприємство		Лист	Масштаб	Масштаб	11
Деталь	Вид	Вид	Вид	Деталь	Вид	Лист	Масштаб	Масштаб	1
Технік	Технік	Технік	Технік	Технік	Технік	Лист	Масштаб	Масштаб	1
Інженер	Інженер	Інженер	Інженер	Інженер	Інженер	Лист	Масштаб	Масштаб	1
Мастер	Мастер	Мастер	Мастер	Мастер	Мастер	Лист	Масштаб	Масштаб	1

Копія 41

