

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

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

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Шестерня» та обґрунтування параметрів ріжучих інструментів за допомогою CAD/CAM/CAE систем

Проектував ст.гр. ПМ-21

єрбицький М.В.

Керівник роботи

т.н., проф. Кіяновський М.В.

Кривий Ріг
2025 р

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА
ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

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

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Шестерня» та обґрунтування параметрів ріжучих інструментів за допомогою CAD/CAM/CAE систем

Проектував ст.гр. ПМ-21

Вербицький М.В.

Керівник роботи

д.т.н., проф. Кіяновський М.В.

Нормоконтроль
(підпис)

/ к.т.н., доц. Нечаєв В.П. /
(підпис)

Завідувач кафедри

/ к.т.н., доц. Рязанцев А.О. /
(підпис)

Кривий Ріг
2025 р

Криворізький національний університет

Факультет механічної інженерії та транспорту
Кафедра: технології машинобудування
Освітній рівень: бакалавр
Спеціальність: 131 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма «Прикладна механіка»

Затверджую
Зав. кафедри ТМ к.т.н. доц., Рязанцев А.О.

(підпис)

(дата)

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну бакалаврську роботу

Студент гр. ПМ-22ск Вербицькому Микиті Віталійовичу

Тема: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Шестерня» та обґрунтування параметрів ріжучих інструментів за допомогою CAD/CAM/CAE систем

1. Керівник проекту д.т.н., проф. Кіяновський М.В.

Тема затверджена наказом по КНУ № 45с від “16.01” 2025р.

2. Термін подання студентом закінченого проекту 12 червня 2025р.

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 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ ВУЗЛА

2 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБґРУНТУВАННЯ ВАРІАНТІВ МАРШРУТУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

4 РОЗРОБКА ВЕРСТАТНО-ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО НАЛАГОДЖЕННЯ І РОЗРАХУНКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ ДЛЯ ОПЕРАЦІЇ НА ВЕРСТАТІ З ЧПК У ПРОГРАМНОМУ ПРОДУКТІ FUTURE CAM

5 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ТА КОНТРОЛЬНОГО ПРИСТОСУВАННЯ

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

6. Календарний план:

Етап роботи	Термін виконання
1.Службове призначення вузла. Розмірний аналіз вузла. Статичний аналіз деталі Solid Works Simulation	До 28.01 2025р.
2 Службове призначення деталі 2.1 Службове призначення деталі Аналіз якості поверхонь деталей Технічний контроль робочого креслення Аналіз технологічності деталі Вибір типу виробництва. Задачі проектування. Пропозиції щодо удосконалення 3.1 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовок 3.2 Вибір і обґрунтування баз 3.3 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь 3.4 Розробка маршруту обробки деталі 3.5 Розробка технологічних операцій 3.6 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку щодо удосконалення	02.02 2025р.- 20.03.2025р.
4 Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу	з 31.04.2025р
5Розробка верстатно-інструментального налагодження та керуючої програми у Solid Works Simulation	31.05.2025р
6 Проектування технологічного оснащення	до 03.06 2025р.
Попередній захист	10 .06 2025р.

Дата видачі завдання: “18” 01 2025р.

Студент _____/ Вербицький М.В./
Керівник роботи _____/ Кіяновський М.В./

РЕФЕРАТ

Об'єкт розробки –технологічні процеси виготовлення деталі шестерня .

Мета розробки – удосконалити конструкторсько-технологічну підготовку за допомогою CAD/CAM/CAE систем.

Для реалізації мети для побудови технологічного процесу виготовлення деталі шестерня приближеного до умов підприємства та з розрахунком на збільшення ефективності процесу , був проаналізований матеріал, форма та навантаження, що сприймає деталь у Solid Simulation, метод отримання заготовки, проведений розмірний аналіз. Візуалізацію та побудову керуючої програми на верстат з ЧПК було здійснено у Future CAM. Встановлено оптимальний маршрут обробки, вибрано обладнання та оснащення з обґрунтуванням параметрів ріжучого інструменту на зубофрезерну операцію, пронормовані режими обробки шестерні . Розроблений комплект технологічної документації, розроблені технологічні наладки, зпроектований спеціальний швидкодіючий зажимний пристрій.

МАСЛОСТАНЦІЯ, ШЕСТІРНЯ , ТЕХНОЛОГІЯ, ОБЛАДНАННЯ, РЕЖИМИ, ТЕХНОЛОГІЧНА ДОКУМЕНТАЦІЯ, CAD/CAM/CAE СИСТЕМИ

ABSTRACT

The object of development is the technological processes of manufacturing the gear part of the product .

The purpose of the development is to improve the design and technological preparation using CAD/CAM/CAE systems.

To implement the goal of building a technological process for manufacturing a gear part close to the conditions of the enterprise and with the aim of increasing the efficiency of the process, the material, shape and load that the part perceives in Solid Simulation, the method of obtaining the workpiece, and a dimensional analysis were analyzed. Visualization and construction of the control program for the CNC machine were carried out in Future CAM. The optimal processing route was established, equipment and fixtures were selected with justification of the cutting tool parameters for the gear milling operation, gear processing modes were standardized. A set of technological documentation was developed, technological adjustments were developed, and a special high-speed clamping device was designed.

GEAR, TECHNOLOGY, EQUIPMENT, MODES, TECHNOLOGICAL DOCUMENTATION, CAD/CAM/CAE SYSTEMS

					КНУ.КБР.131.25.2-02.Р			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РЕФЕРАТ			
Розроб.	Вербицький							
Перевір.	Кіяновський							
Н. Контр.	Нечасв							
Затв.	Рязанцев				Каф.ТМ, ПМ-22ск			
					Літ.	Арк.	Аркушів	
						1	1	

№ ряд- ка	Фор мат	Позначення	Назва	Кіл. лис- тів	Прим.			
1								
2			Документація загальна					
3								
4	A4	КНУ.КБР.131.25.2-02.ПЗ	Пояснювальна записка					
5			Технологічний процес	26				
6			виготовлення деталі "шес- тірня "					
8								
9			Графічна частина					
10								
11	A1	КНУ.КБР.131.25.2-02.СВ	Складальний вузол	1				
12	A1	КНУ.КБР.131.25.2-02.Ш	Шестірня	1				
14	A2	КНУ.КБР.131.25.2-02. ШПШ	Шестірня (поковка штам- пована)	1				
15	A3	КНУ.КБР.131.25.2-02.РА	Розмірний аналіз	1				
16	A1	КНУ.КБР.131.25.2-02.НТ	Наладки технологічні шестірні привідної	2				
17	A3	КНУ.КБР.131.25.2-02.ПТ	Програмування техно- логічної Операції в САМ системі	1				
18	A1	КНУ.КБР.131.25.2-02.ВП	Верстатний пристрій	1				
			КНУ.КБР.131.25.2-02.ВОКБР					
Зм.	Літ	№ докум.				Підп	Да- та	
Розробив	Вербиць- кий			ВІДОМІСТЬ ОБ'ЄМУ КБР	Ліме- ра	Лист	Листів	
Керівник	Кіяновський				д	т	1	1
Консульт.					Кафедра ТМ, гр ПМ-22ск			
Н.контр	Нечаєв							
Затвердив	Рязанцев							

ЗМІСТ

Вступ

1. СЛУЖБОВЕ ПРИЗНАЧЕННЯ ВИРОБУ. РОЗМІРНИЙ АНАЛІЗ ВУЗЛА
2. СТАТИЧНИЙ АНАЛІЗ ДЕТАЛІ

1.1 Розрахунок лінійних розмірних ланцюгів

1.2 Статичний аналіз деталі “Шестерня”, розрахунок напруг у Solid Works Simulation

ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ВИРОБУ

2.1 Призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

2.2 Аналіз технологічності деталі

2.2.1 Якісний аналіз технологічності

2.2.2 Кількісний аналіз технологічності

2.3 Визначення виробничої програми цеху

2.3.1 Вибір типу виробництва та методу роботи

2.3.2 Вибір типового технологічного процесу. Задачі проектування

2.4 Проектування технологічного процесу

2.4.1 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовки

2.4.2 Проектування заготовки

2.4.3 Техніко-економічне обґрунтування заготовки

2.5 Визначення послідовності виконання технологічних операцій і вибір устаткування

2.6 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку

2.6.1 Аналітичний розрахунок припусків на одну зовнішню (внутрішню) циліндричну поверхню

2.6.2 Розрахунок міжопераційних лінійних розмірів

2.6.3 Вибір міжопераційних розмірів і припусків на обробку

2.7 Розробка технологічних операцій

2.7.1 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій

2.8 Обґрунтування параметрів різальних інструментів для механічної обробки деталі шестерня

3 РОЗРОБКА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ НА ВЕРСТАТ З ЧПК в CAD/CAM системі – Future CAM.

4 КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБґРУНТУВАННЯ ВАРІАНТІВ МАРШРУТУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Висновки

Список використаних джерел

					КНУ.КБР.131.25.2-02.3		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Вербицкий			ЗМІСТ	Лит.	Лист
Провер.		Кіянновський					7
Реценз.						Листов	
Н. Контр.		Нечасів				7	
Утверд.		Рязанцев				Каф.ТМ, гр ПМ-22ск	

ВСТУП

Розвиток економіки України можливо тільки при реалізації високотехнологічного, ресурсно- і енергозберігаючого виробництва (особливо у зв'язку з поточним і наступним підвищенням вартості природного газу, що є одним з основних видів енергії), здатного в короткий термін забезпечити розробку й впровадження конкурентноздатних виробів нового покоління, орієнтованих на задоволення запитів, внутрішнього й зовнішнього ринків.

Машинобудування в Україні є значимим і має велика питома вага серед інших галузей промисловості. В умовах гнучкого ринково орієнтованого виробництва проблема вдосконалювання технології машинобудування, її ефективності здобуває першорядне значення. Рішення цієї проблеми повинне здійснюватися на всіх етапах виробничого процесу виготовлення виробу з метою підвищення продуктивності праці, якості виробів, зниження їхньої матеріаломісткості, впровадження ресурсозбережних технологій і ін.

У ринкових умовах виробництво повинне швидко реагувати на вимоги, що змінюються, у тому числі міжнародних стандартів, а це вимагає застосування новітніх технологій, устаткування, здатного забезпечити скорочення часу розробки й виробництва нового виробу. Виконання цих завдань вимагає впровадження інтегрованих технологій і вдосконалення традиційних методів виготовлення.

Інтегрований робочий процес прискореного виготовлення деталей являє собою з'єднання можливостей комп'ютерних технологій обробки інформації й трьох координатного моделювання (CAD) і сучасних способів виготовлення (CAM).

Удосконалення традиційних методів виготовлення досягається впровадженням високошвидкісних методів обробки, що неможливо без створення нових інструментальних матеріалів і конструкцій інструментів, а також устаткування, характеризуемого високою точністю, твердістю, динамікою, вібростійкістю, підвищеною частотою обертання й потужністю.

Метою даної роботи є конструкторсько-технологічна підготовка з виготовленню деталі шестірня з обґрунтуванням параметрів ріжучих інструментів за допомогою CAD/ CAM/CAE систем.

					КНУ. КБР.131.25.2-02.В		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Вербицкий			ВСТУП		
Провер.		Кияновский					
Реценз.							
Н. Контр.		Нечаев					
Утверд.		Рязанцев					
					Лит.	Лист	Листов
						8	7
					Каф.ТМ, гр ПМ-22ск		

1 СЛУЖБОВЕ ПРИЗНАЧЕННЯ ВИРОБУ. РОЗМІРНИЙ АНАЛІЗ ВУЗЛА. СТАТИЧНИЙ АНАЛІЗ ДЕТАЛІ

На шахтах Кривого Рогу використовуються конвеєри типу 2ЛТ80У, які призначені для транспортування гірничої маси з розмірами кусків руди до 300 мм і породи до 150 мм у прямолінійних виробках шахт. Вони приймають породу від забійного конвеєра під час розробки лав. До складу їхнього оснащення входить маслостанція [1].

Шестерня, яка є частиною насоса маслостанції. Цей насос має забезпечувати подачу мастила не менше 4,44 кг/с при вихідному тиску 0,7 МПа за максимальної частоти обертання зубчастих коліс.

Хоча технічна документація не передбачає конкретних вимог щодо легкості та плавності обертання зубчастих коліс, з огляду на функціональне призначення маслостанції встановлюється вимога: у зібраному вигляді шестерні повинні вільно обертатися вручну.

1.1 Розрахунок лінійних розмірних ланцюгів

Метою проведення розмірного аналізу є забезпечення таких вимог:

1. наявність допустимого зазору між втулкою та торцем веденої шестірні;
2. дотримання міжосьової відстані в допустимих межах;
3. забезпечення повного контакту зубів у зоні зачеплення.

Виявлений лінійний розмірний ланцюг А дає змогу визначити доцільний метод складання. Згідно зі складальним кресленням, замикальна ланка має значення $A_{\Sigma} = 0^{+0,10}_{+0,04}$ мм. мм. Ланцюг А включає шість окремих елементів.

У цьому випадку найбільш доцільним є використання методу селективного складання. Далі буде проведено розрахунок лінійного розмірного ланцюга А.

Компенсуючою ланкою обрано елемент А2 — товщину буртика втулки. Цей розмір можна легко й точно змінити, наприклад, шляхом шліфування торця на плоскошліфувальному верстаті.

Допуски на розміри ланок призначаються наступним чином: для А1 розмір і допуски беруться безпосередньо з робочого креслення шестірні. Для решти ланок допуски визначаються за аналогією з подібними конструктивними елементами. Для всіх ланок, крім А1, задаються координати центрів полів допусків — ΔC_i .

Для неї ΔC_1 розраховуємо згідно наступної формули:

					КНУ.КБР.131.25.2-02.01.СПВ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СЛУЖБОВЕ ПРИЗНАЧЕННЯ ВИРОБУ.СЛУЖБОВЕ ПРИЗ- НАЧЕННЯ ВУЗЛА		
Розроб.	Вербицький						
Перевір.	Кіяновський						
Н. Контр.	Нечаєв						
Затв.	Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Аркушів
						1	1
					Каф.ТМ, ПМ-22ск		

$$\Delta C_1 = \frac{es+ei}{2}, \text{ мм} \quad (1.1)$$

$$\Delta C_1 = \frac{-0,02+(-0,04)}{2} = -0,03, \text{ мм.}$$

$$\Delta C_2 = -0,06 \text{ мм;}$$

$$\Delta C_3 = +0,026 \text{ мм; } \Delta C_4 = +0,044 \text{ мм, } \Delta C_5 = +0,026 \text{ мм, } \Delta C_6 = -0,006 \text{ мм.}$$

Розраховуємо найбільш вірогідну компенсацію:

$$T_K = \sum_{i=1}^n T_i - T_{\Sigma}, \text{ мм} \quad (1.2)$$

$$T_{\Sigma} = 0,06 \text{ мм.}$$

$$T_K = (0,02 + 0,012 + 0,052 + 0,088 + 0,052 + 0,012) - 0,06 = 0,176 \text{ мм}$$

Розрахуємо величину поправки, яку необхідно внести в координату середини поля допуску компенсуючої ланки A_2 , щоб утворити на ній необхідний для пригону шар матеріалу:

$$\Delta = \frac{T_k}{2} + \sum_{i=1}^n |\Delta C_i| - \Delta C_{\Sigma}, \text{ мм} \quad (1.3)$$

$$\Delta C_{\Sigma} = \frac{0,1 + 0,04}{2} = 0,07 \text{ мм}$$

$$\Delta = \frac{0,176}{2} + (0,03 + 0,006 + 0,026 + 0,044 + 0,026 + 0,006) - 0,07 = 0,156 \text{ мм}$$

Вносимо поправку в координату середини поля допуску компенсуючої ланки A_2 :

$$\begin{aligned} \Delta C'_2 &= \Delta C_2 + \Delta, \text{ мм} \\ \Delta C'_2 &= -0,006 + 0,156 = 0,15 \text{ мм.} \end{aligned} \quad (1.4)$$

Граничні відхилення для ланки-компенсатора розраховуємо по наступним формулам:

$$es_{A_2} = \Delta C'_2 + \frac{T}{2} \quad (1.5)$$

$$ei_{A_2} = \Delta C'_2 - \frac{T}{2} \quad (1.6)$$

$$es_{A_2} = 0,15 + \frac{0,012}{2} = 0,156 \text{ мм;}$$

$$ei_{A_2} = 0,15 - \frac{0,012}{2} = 0,144 \text{ мм.}$$

$$es_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \overrightarrow{es_i} - \sum_{j=1}^m \overleftarrow{ei_j}; \quad (1.7)$$

$$ei_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \overleftarrow{ei_i} - \sum_{j=1}^m \overrightarrow{es_j}, \quad (1.8)$$

$$es_{\Sigma} = (0,052 + 0,088 + 0,052) - (-0,04 + 0,144 - 0,012) = 0,1 \text{ мм.}$$

					КНУ.КБР.131.25.1-02.01.СПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При такому сполученні розмірів складових ланок ніяких робіт з пригону не потребується, тому що розрахункове значення верхнього граничного відхилення замикаючої ланки відповідає заданому.

Розрахуємо нижнє граничне відхилення замикаючої ланки:

$$ei_{\Sigma} = (0 + 0 + 0) - (-0,02 + 0,156) = -0,136\text{мм.}$$

В цьому випадку з компенсуючої ланки A_2 необхідно зняти припуск від 0,176мм (тоді A_{Σ} буде мати мінімально допустиме значення $A_{\Sigma}^{\min} = 0,04\text{мм}$) до 0,236мм (і тоді A_{Σ} буде мати максимально допустиме значення $A_{\Sigma}^{\max} = 0,1\text{мм}$). На компенсуючій ланці для цього є достатній шар матеріалу. Значить, розрахунок розмірного ланцюга методом пригону виконано вірно.

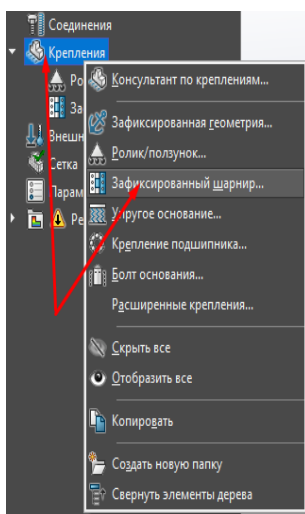
1.2 Статичний та динамічний аналіз деталі “Шестерня”, розрахунок напруг у Solid Works Simulation

Після аналізу матеріалу(табл.1.1) створюємо нове дослідження. Обираємо «Статичний».

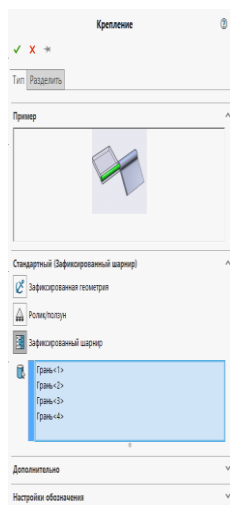
Таблиця 1.1- Властивості матеріалу:

Посилання на модель	Властивості	Компоненти
	Ім'я: 18Х2Н4МА-ГОСТ-4543-71	Тверде тіло 1(Скруглення5)(Шестерня)
	Тип моделі: Лінійний-Пружний-Ізотропний	
	Границя текучесті: 8,35e+08-N/m^2	
	Границя міцності при розтягванні: 1,13e+09-N/m^2	
	Модуль пружності: 2e+11-N/m^2	
	Коефіцієнт Пуассона: 0,3	
	Масова щільність: 7*950-kg/m^3	
	Коефіцієнт теплового розширення: 1,2e-05-/Kelvin	
	Данні кривої: N/A	

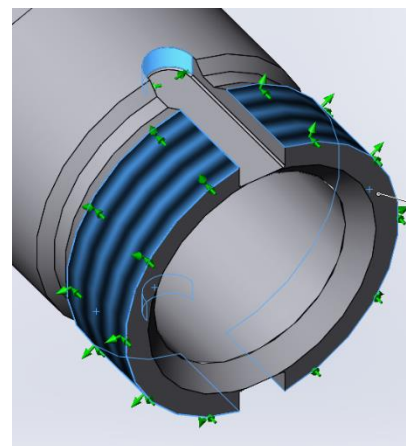
Натискаємо на розділ «Кріплення» обираємо «Зафіксований шарнір» (рис. 1.1). На моделі клацаємо по зовнішній різці та шпонковим пазам шестерні, у полі «Грані, Кромки, Вершини для кріплення» з'являться необхідні поверхні, на моделі з'являться зелені стрілочки.



а



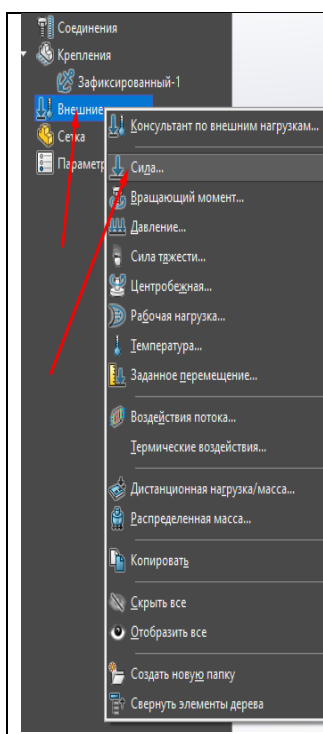
б



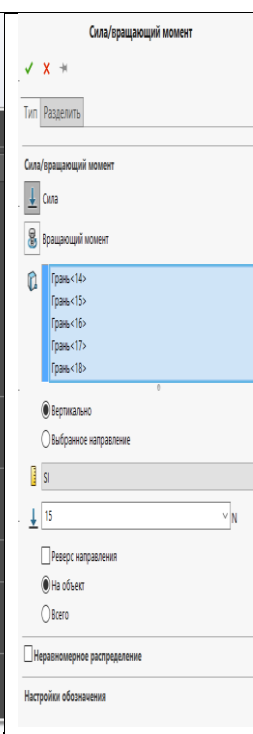
в

Рисунок 1.1 – Створення кріплення

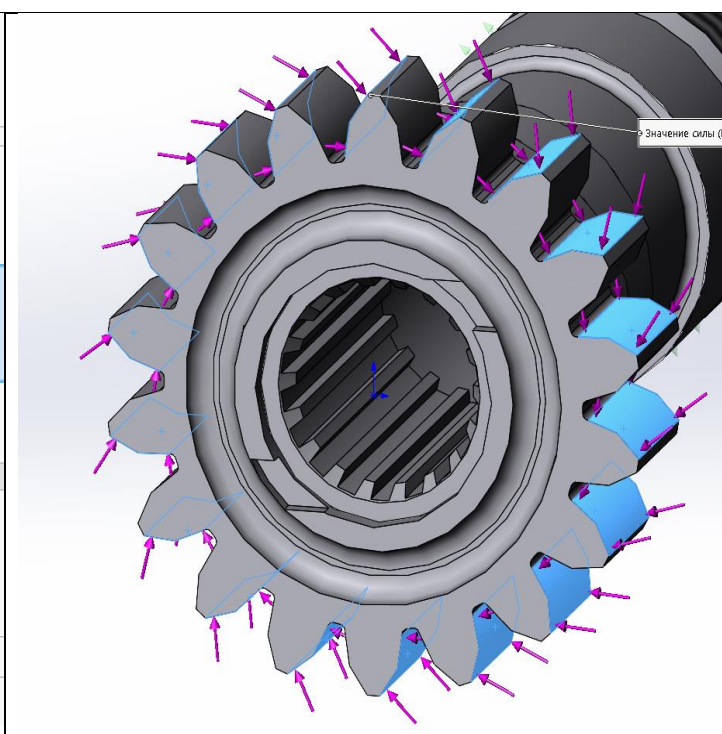
У розділі «Зовнішні навантаження» правою кнопкою миші, обираємо «Сила...» (рис. 1.6а). На моделі клацаємо по торцю зуба, у полі «Грані, Кромки, Вершини для кріплення» з'явиться необхідний список поверхонь. Вводимо значення сили 15Н.



а



б



в

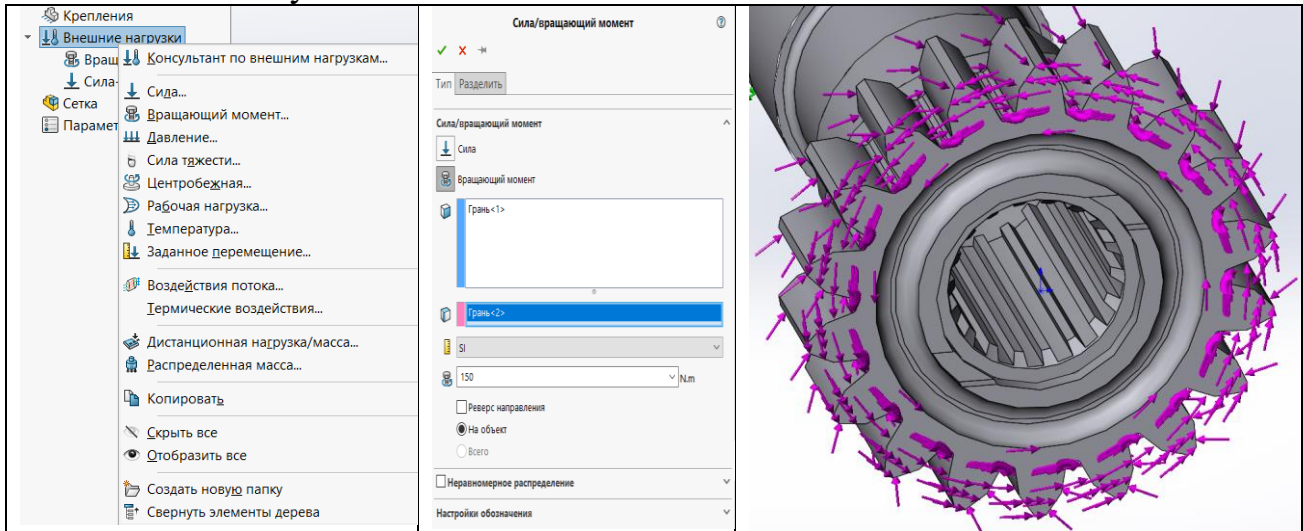
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.25.1-02.01.СПВ

Арк.

Рисунок 1.2 – Задання сили

В розділі «Зовнішні навантаження» обираємо «Обертальний момент...» На моделі клацаємо по торцю шестерні, у полі «Грані, Кромки, Вершини для кріплення» з'явиться необхідний список поверхонь . Вводимо значення бер-тального моменту 150 Нм.



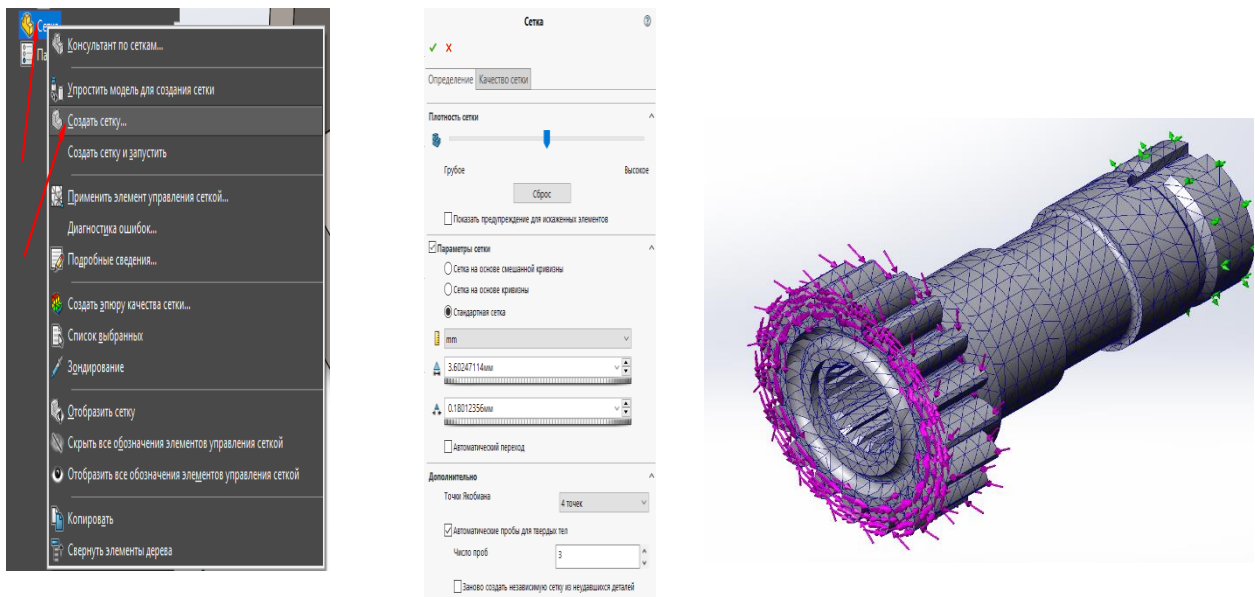
а

б

в

Рисунок 1.3 – Задання обертового моменту

В розділі «Сітка» обираємо «Створити сітку...» За допомогою повзунка налаштовуємо «Щільність сітки» приблизно посередині шкали . Точки Якобіана – 4 точки, пташка—«Автоматичні проби твердих тіл», число проб – 3.



а

б

в

Рисунок 1.4 – Створення сітки

					КНУ.КБР.131.25.1-02.01.СПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розглянемо результати розрахунку на панелі дерева результатів. Налаштуємо шкали (легенди) відображення Напруг по vonMises, щоб вона починалася із нуля, величина напруги відображалася числом із плаваючою комою, кількість цифр після коми – 0. Згенеруємо епюри запасу міцності та епюру Design Insight та налаштуємо останню переміщуючи повзунок.

Досягаємо збіжності сітки для свого дослідження і генеруємо звіт натиснувши кнопку «звіт» на панелі CommandManager.

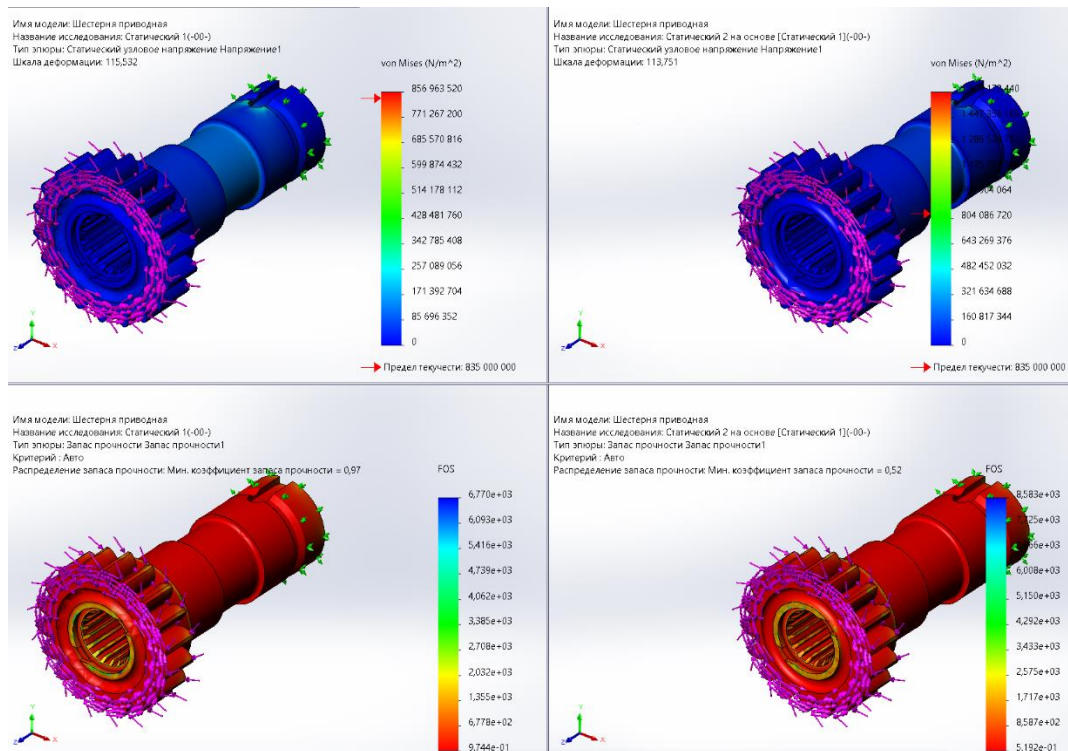


Рисунок 1.5 – Режим порівняння результатів “Напруга - Запас міцності”

Максимальна прикладена напруга $856\,963\,520\text{ Н/м}^2$.

Бачимо що більше проявляється переміщення, а ніж напруга, тому вказуємо порівняння між цими показниками, а після демонструємо порівняння переміщень та запасів міцності між дослідями.

Еквівалентна деформація $2,268 \times 10^{-3}$

					КНУ.КБР.131.25.1-02.01.СПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

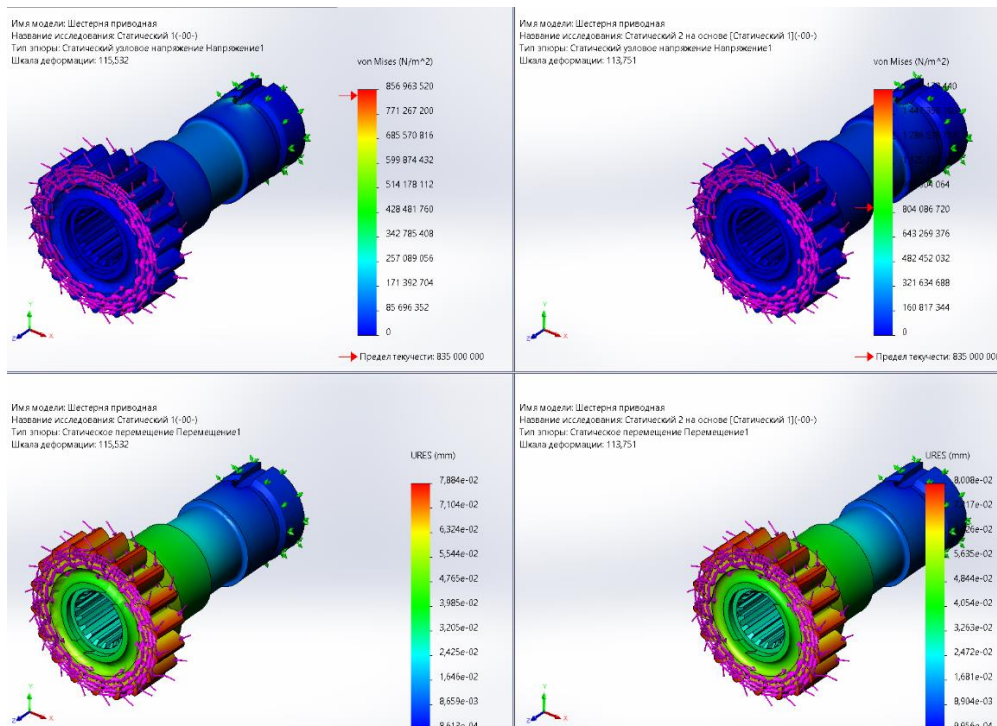


Рис. 1.15 – Режим порівняння результатів “Напряга - Переміщення”

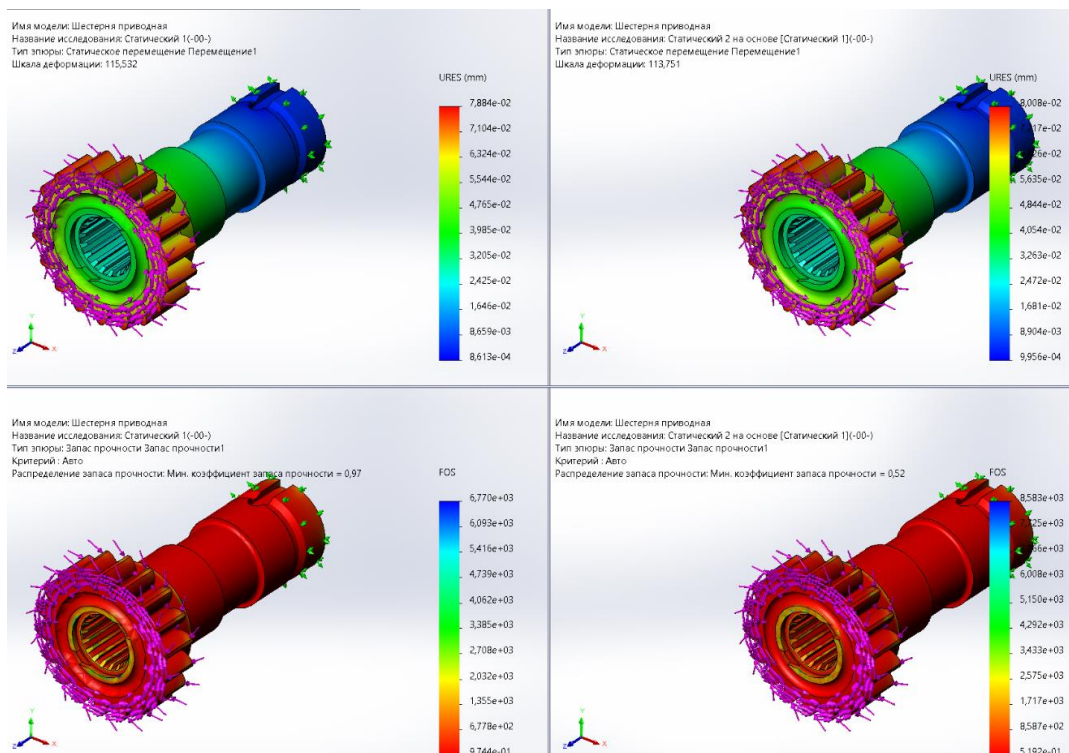


Рисунок 1.16 – Режим порівняння результатів “Переміщення – Запас міцності”

Максимальне результуюче переміщення $7,884 \times 10^{-2}$ мм. Запас міцності 9,7

При дослідженні Design Insight Максимальне результуюче переміщення $8,008 \times 10^{-2}$ мм. Запас міцності 5,192.3 досліджень робимо висновок, що зуб погано сприймає навантаження переміщення, тобто на удар. Необхідно звернути увагу на вибір інструменту для зубообробки, щоб технологічними методами забезпечити надійність поверхні.

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ВИРОБУ

2.1 Службове призначення деталі . Вибір матеріалу і варіантів замін

Шестірня є деталлю насосу маслостанції. Деталь шестірня привідна є привідною й передає крутний момент від вала електродвигуна на ведену шестірню .

По механічних вимогах і вимогам до шліцевої і зубчастої поверхні встановленими на дану деталь можна сказати, що ця деталь відноситься до точної.

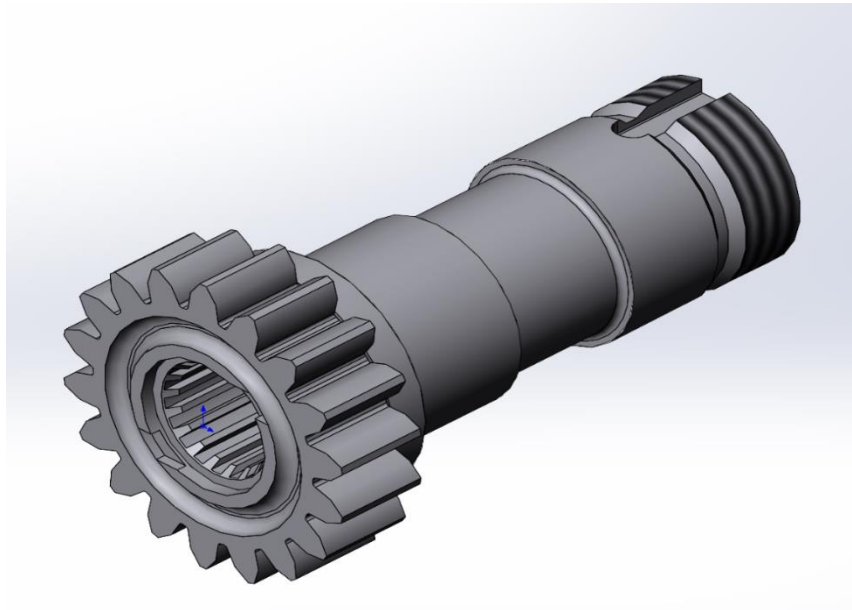


Рисунок 2.1- 3D-модель деталі “Шестерня ”

Основними видами деформацій, які випробовує шестірня привідна, є деформації вигину й крутіння. Основним навантаженням, які створюють деформацію вигину, є зусилля, створювані зубчастим вінцем. Зуби шестірні й шліці також випробовують контактні напруги. Контактні напруги викликають втомлюване викрашування зубів робочих поверхонь, а деформація вигину - втомлюване руйнування зубів і злам.

Для того, щоб цього уникнути, матеріал шестірні приводної повинен бути: зсередини легким, грузлим, еластичним, а зовнішні поверхні повинні бути тверді й зносостійкими. Еластичність забезпечується застосуванням легованої сталі, а твердість і зносостійкість за рахунок термообробки (у цьому випадку загартування й азотування). В процесі виготовлення деталі в ній виникають напруги, тому для їхнього зняття необхідно використати низьку відпустку.

					КНУ.КБР.131.25.2-02.02.ТПВВ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СЛУЖБОВЕ ПРИЗНАЧЕННЯ ВИРОБУ.СЛУЖБОВЕ ПРИЗ- НАЧЕННЯ ВУЗЛА	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.	Вербицький						1	1
Перевір.	Кіяновський							
Н. Контр.	Нечаєв					Каф.ТМ, ПМ-22ск		
Затв.	Рязанцев							

Призначення сталі 18Х2Н4МА - у цементованому і поліпшеному стані застосовується для відповідальних деталей, яким пред'являються вимоги високої міцності, в'язкості й зносостійкості, а також для працюючих з високими вібраціями і динамічним навантаженням.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 18Х2Н4МА ДСТУ 7806:2015 [4]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo	Cu
0.14 - 0.2	0.17 - 0.37	0.25 - 0.55	4 - 4.4	до 0.025	до 0.025	1.35 - 1.65	0.3 - 0.4	до 0.3

Механічні властивості: температура відпустки 400°; НВ 300; σ_B 1280 МПа; σ_5 =12%

Технологічні властивості: температура усадки: початку 1200°С; кінця 800°С.

Зварюваність – складно зварювальна.

Способи зварювання РДС; АДС (під флюсом), ЕШО.

Схильність до відпускнуї крихкості- не схильна.

2.2 Аналіз технологічності шестірні привідної

2.2.1 Якісний аналіз технологічності

Деталь шестірня приводна можна одержати із заготівель, виготовлених штампуванням або із прокату.

У даної деталі є розвинені базові поверхні для установки й закріплення. Ними є циліндричні й торцеві поверхні. За допомогою циліндричних поверхонь можна встановити на призми, у патрони, а торцеві поверхні призначені для установки деталі на настановні плити й для різних упорів.

У даній деталі присутні уніфіковані елементи: фаски, гантелі, скруглення, шліци й т.д.

Жорсткість деталі визначається як[5]:

$$\frac{l}{d} = \frac{91}{30} = 3.03 \quad (2.1)$$

Деталь є жорсткою, тому що $3.03 < 5$. Це говорить про те, що при обробці можна використати підвищені режими різання (подача, глибина).

Конструкція деталі дозволяє здійснювати вільне підведення й відвід різального інструменту й мірального інструмента до всіх поверхонь.

Необхідна точність для нашої деталі не перевищує ІТ6 для валів і ІТ7 для отворів, цю точність можна одержати на верстатах нормальної точності при механічній обробці.

					КНУ.КБР.131.25.1-02.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2.2 Кількісний аналіз технологічності

При кількісному аналізі визначається ряд коефіцієнтів:

Коефіцієнт використання матеріалу [10]:

$$K_{\text{вм}} = \frac{Q_{\text{дет}}}{Q_{\text{заг}}} \quad (2.2)$$

$$K_{\text{им}} = \frac{0,45}{1,01} = 0,45$$

де $Q_{\text{дет}} = 0,45 \text{ кг}$ - маса деталі,

$Q_{\text{заг}} = 1,01 \text{ кг}$ - маса заготовлі.

Коефіцієнт середньої точності [10]:

$$IT_{\text{ср}} = \frac{\sum IT \cdot n}{N} \quad (2.3)$$

де IT -квалітет точності поверхні,

n - кількість поверхонь даної точності,

N - загальна кількість поверхонь.

$$IT_{\text{ср}} = \frac{6 \cdot 2 + 9 \cdot 1 + 10 \cdot 4 + 11 \cdot 4 + 14 \cdot 17 + 10 \cdot 1}{29} = 12,17$$

Деталь шестірня приводна ставиться до грубого по точності, тому що середня точність більше $IT12$.

$$Ш_{\text{ср}} = \frac{\sum R_a}{N} \quad (2.4)$$

$$Ш_{\text{ср}} = \frac{0,8 \cdot 4 + 1,6 \cdot 5 + 3,2 \cdot 1 + 12,5 \cdot 19}{29} = 8,7$$

Деталь відноситься до грубої по шорсткості, тому що середня шорсткість більше $R_a 6.3$.

$$K_y = \frac{n}{N} \quad (2.5)$$

$$K_y = \frac{15}{29} = 0.52$$

Коефіцієнт уніфікації досить високий.

Шестірня приводна являє собою сполучення простих геометричних фігур і не містить складних конструктивних елементів.

У цілому можна сказати, що деталь технологічна, за виключенням деяких поверхонь, а саме: шлицевої поверхні, зубчастого вінця й канавок для

					КНУ.КБР.131.25.1-02.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виходу шліфувального кола й різьбового різця. Ці поверхні є нетехнологічними, тому що для їхнього одержання необхідне застосування спеціального різального інструменту.

2.3 Визначення виробничої програми цеху

Розрахунок наведеної річної програми механічного цеху проводиться відповідно до формул.

Загальний коефіцієнт приведення:

$$K = K_m \cdot K_{сер.} \cdot K_{сл} \quad (2.6)$$

де $K_{сл}=1$.

$$K_m = \sqrt[3]{\left(\frac{m_x}{m}\right)^2} \quad (2.7)$$

$$K_{сер} = \left(\frac{N}{N_x}\right)^{0.15 \div 0.2} \quad (2.8)$$

$$T_{ц.} = \sum N_x^n \cdot T_{шт}^{пред.} \quad (2.9)$$

$$T_{ц.}=32907 \cdot 13,67= 449838,69 \text{ н. годин.}$$

$$T_{\phi} = \frac{T_n \cdot 1000}{B}, \quad (2.10)$$

Таблиця 2.2 - Відомість виробів, що виготовляють

Задана програма				Наведена програма				
Найменування деталі	Позначення деталі	Число деталей	Маса деталі	K_m	$K_{сер}$	$K_{сл}$	K	Наведене число виробів
1	2	3	4	5	6	7	8	10
Корпус	X59070154	2000	1,6	6,2	1	1	6,2	12 308
Шестірня привідна	X59070155	2000	0,45	1,7	1	1	1,7	3 462
Муфта зубчаста	X59070156	2000	0,26	1,0	1	1	1,0	2 000
Шестірня відома	X59070158	2000	0,55	2,1	1	1	2,1	4 231
Кришка	X59070159	2000	0,26	1,0	1	1	1,0	2000
Кришка	X59070152	2000	0,21	0,8	1	1	0,8	1600
Кільце	X59070153	4000	0,05	0,2	2	1	0,4	1 538

					КНУ.КБР.131.25.1-02.02.ТПВВ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Фільтр	X59070157	2000	0,1	0,4	1	1	0,4	769
Кришка фільтру	X59070151	2000	0,2	0,8	1	1	0,8	1 538
Регулятор	X59070149	2000	0,25	1,0	1	1	1,0	1 923
Клапан	X59070148	2000	0,2	0,8	1	1	0,8	1 538
Разом:	X59070146	24000						32907

$$T_{\phi} = \frac{449838,69 \cdot 100}{98} = 459019 \text{ н. годин.}$$

Фактична верстатомісткість $T_{ст}$ у верстато-годинах складе:

$$T_{ст} = T_{\phi} \cdot K_{м. о.}, \quad (2.11)$$

де $K_{м. про} = 1,2$

$$T_{ст} = 459019 \cdot 1,2 = 550822,8 \text{ вс.годин.}$$

2.3.1 Вибір типу виробництва та методу роботи

За орієнтовним даними в нашому випадку серійне виробництво.

Такт випуску визначається за формулою

$$\tau_{\phi} = \frac{60 \cdot F_{\phi}}{N} \quad (2.12)$$

де $F_{\phi} = 4060 \text{ ч.};$

$$\tau_{\phi} = \frac{60 \cdot 4060}{2000} = 121,8 \text{ хв.}$$

Коефіцієнт серійності K_c визначається по формулі [23]:

$$K_c = \frac{\tau_{\phi}}{T_{шт.сп.}} \quad (2.13)$$

$$T_{шт.сп.} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{шт.i}}{\sum n} \quad (2.14)$$

Середній штучний час, по основних операціях на ділянках, дорівнює:

$$T_{шт.сп.уч."Шестерня..."} = \frac{190,5}{29} = 6,57 \text{ хв}$$

$$K_{с.уч."Шестерня..."} = \frac{121,8}{6,57} = 18,53$$

Розмір партії деталей визначається по формулі:

$$n = \frac{N \cdot f}{\Phi}$$

(2.15)

де $f = 20 \text{ днів};$

$\Phi = 252.$

					КНУ.КБР.131.25.1-02.02.ТПВВ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$n = \frac{2000 \cdot 20}{252} = 158,7 \text{ шт.}$$

Приймаємо партію запуску деталей у виробництво $n = 160$ шт.
Для транспортування деталей на ділянках застосовуємо ручні візки.

2.3.2 Вибір типового технологічного процесу. Задачі проектування

Конструкторський код деталі:

Клас 72 - з елементами зубчастого зачеплення тіла обертання;

Підклас 1- з елементами циліндричного зубчастого зачеплення;

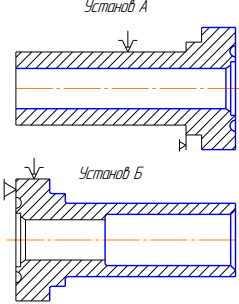
Група 3 - одновенцове з навантаженими прямими зубами з модулем більше 1,0 мм.

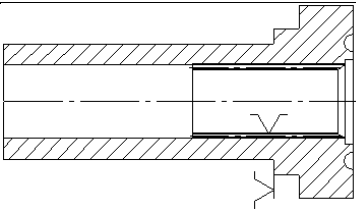
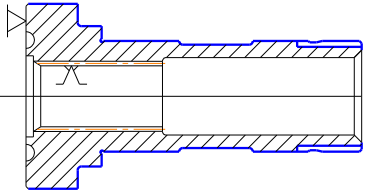
Підгрупа 1- колеса зубчасті з навантаженою основною базою вал-шестірня) з консольним зубчастим вінцем.

Вид 8 - із центральним отвором, без шлиців на зовнішній поверхні.

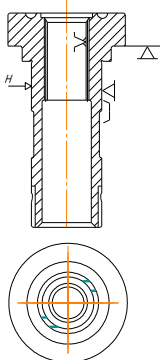
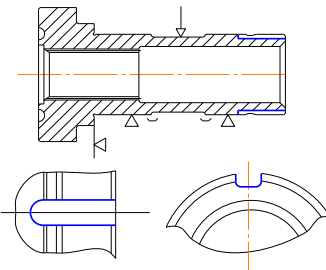
Матеріал- сталь 18Х2Н4МА ДСТУ 7806:2015. Заготовка- прокат (круг Ø52L96)

Таблиця 2.3 –Заводський технологічний процес обробки шестірні

№ операції	Найменування операції	Схема установки заготовки на верстаті	Модель верстата Пристосування, інструмент (ріжучий , вимірювальний.) Зміст переходу
1	2	3	4
005	Заготівельна		Токарно-гвинторізний 16К20 Відрізний різець; штангенциркуль ШЦ-II-160-0,05 ДСТУ ГОСТ 166-80; лінійка 50 ДСТУ ГОСТ 427-75
010	Токарна А. установити, закріпити Підрізати торець Точити пов. Центрувати торець Свердлити отв. Точити пов. Підрізати фаску Точити кан		Токарно-гвинторізний 16К20 Патрон 7102-0073 ДСТУ-ГОСТ 2675-80; штангенциркуль ШЦ-II-160-0,05-ДСТУ ГОСТ 166-80; штангенциркуль ШГ-160 ДСТУ ГОСТ 162-80; лінійка 50 ДСТУ ГОСТ 427-75 Відрізний різець 2112-0057 Т5К10 ДСТУ ГОСТ 18880-73; Прохідний різець 2103-

1	2	3	4
	авку Б. переустан- новити, за- кріпити підрізати торець		0057 Т4К10 ДСТУ- ГОСТ18879-73; Свердло центрувальне за ДСТ 14952-75; Свердло спіральне 2301- 0039
	точити пов. 7,9 з підрізуван- ням торця точити пов. з підрізуван- ням торця розточити пов. підрізати фаску		ДСТУГОСТ 10903-77; різець розточувальної 2141-0201 Т5К10 ГОСТ 18883-73; Прохідний різець 2102- 0075 Т5К10 ДСТУГОСТ 18877-73; Різець спеціальний канав- ковий.
015	Протяжна. установити, закріпити Протягнути шліци		Горизонтально протяжний 7556 Адаптер Кр 505-172; інди- катор И410кл0; штатив ШМ-ІІВ-8
025	Токарна А. установ- ка, за- кріплення Точити пов. з підрізуван- ням торця Точити пов. з підрізуван- ням торця Точити ви- точення Точити еле- мент Точити ка- навку Підрізати		Токарно-гвинторізний 16К20 Патрон 7102-0073 ДСТУ- ГОСТ 2675-80; штанген- циркуль ШЦ-ІІ-160-1,05 ДСТУГОСТ 166-80; штан- ген-глибинометр ШГ-160 ДСТУГОСТ 162-80; ліній- ка 50 ГОСТ 427-75 Різець прохідний 2102- 0075 Т15К6 ДСТУГОСТ 18877-73; різець прохідний 2103-0075 Т15К16 ДСТУ- ГОСТ 18879-73; різець спеціальний канавковий; різець спеціальний канавк

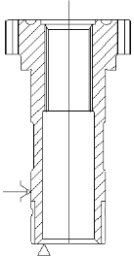
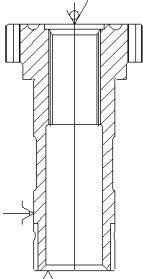
					КНУ.КБР.131.25.1-02.02.ТІВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1	2	3	4
	фаски Нарізати різьблення Б. переуста- новити, за- кріпити точити пов. підрізати фаску		овий; різець різьбової.
030	Слюсарна Обпиляти задирки		Верстат Напилон 2820-001; шабер.
035	Технічний контроль Контролю- вати партію деталей		Стіл ВТК
040	Фрезерна Фрезерувати пази 29		Лещата, фреза пальцева Штангенциркуль ШЦ-II- 160-0,05 ДСТУГОСТ 166- 80; лінійка 50 ДСТУГОСТ 427-75
045	Фрезерна А. установи- ти, закріпити Фрезерувати паз Б. переуста- новити де- таль на 180°, закріпити фрезерувати паз		Спец. пристосування Фреза шпонкова, штанген- циркуль ШЦ-II-160- 0,05ДСТУ ГОСТ 166-80; лінійка 50 ДСТУГОСТ 427-75; штангенциркуль ШГ-160 ДСТУГОСТ 162- 80
050	Слюсарна Обпиляти задирки		Верстат Напилон 2820-0018; шабер

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.25.1-02.02.ТПВВ

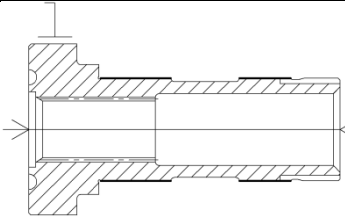
Арк.

1	2	3	4
055	Промивна Промити партію дета- лей		Установка для промивання Ванна
060	Технічний контроль Контролю- вати партію деталей		Стіл ВТК
065	Зубо- фрезерна установити, закріпити Фрезерувати зуби		Зубофрезерний 5К310 Фреза черв'ячна, мікрометр МЗ-25-1
070	Слюсарна На торцях зубів гострі краї приту- пити радіусом 0,1...0,2 мм.		Верстат Напилок 2820-0018; надфіль 2828-0074; шабер; еталон-зразок;
075	Зубошлі- фувальна Шліфувати зуби		Зубошліфовальний 5У832 Оправлення Кр 503-146; коло 1Т225х18х40 24А25ПСМ2 8К5 30 м/с А кг. 1; мікрометр МЗ-25-1
080	Слюсарна На торцях зубів зняти фаски (0,6...0...0,8) х45°; на тор- цях і верши- нах зубів гострі краї притупити радіусом 0,1...0...0,2і заполірува- ти.		Верстат Надфіль 2828-0074; шабер; шкурка шліфування 13620х50П215А25НМА

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.25.1-02.02.ТПВВ

Арк.

1	2	3	4
085	Промивна Промити партію дета- лей		Установити для промиван- ня Ванна
090	Технічний контроль Контролю- вати партію деталей		Стіл ВТК
095	Транспорту- вання Транспорту- вати деталь у цех 15 і назад		Електрокар Тара цехова
100	Олов'яни- рування- ел.хім.		
105	Азотування		
110	Слюсарна Обпиляти задирки		Верстат Надфіль 2828-0074; шабер
115	Круглошли- фовальна Шліфувати пов. з підшлифов- кою торця		Круглошліфовальний Повідковий патрон, коло ПП600x60x305
120	Транспорту- вальна Транспорту- вати деталь		Електрокар Тара цехова
125	Термічна (відпустка низька)		
130	Промивна		Установка для промивання Ванна Промити партію деталей

1	2	3	4
135	Слюсарна На торцях і вершинах гострі краї закруглити радіусом 0,1...0,2 мм і заполірува- ти.		Верстат Надфіль 2828-0074; шабер; шкурка шліфувальна 1Е620х50П215 А25 НМА
140	Окислю- вання хімічне		
145	Технічний контроль Контролю- вати партію деталей тав- рувати клеймо ВТК на бирці		Стіл ВТК

Пропозиції по вдосконаленню заводського техпроцесу

1)Змінюємо вид заготовки. У заводському технологічному процесі як заготівля використовується прокат, ми вибираємо найбільш оптимальний - це штампування .

2)Також змінюємо токарну операцію на токарно-гвинторізному верстаті 16К20 на верстат зі ЧПК

3)Змінюємо послідовність ТП, що забезпечить підвищення ефективності обробки й зменшить час виготовлення даної деталі.

4)Обґрунтуємо вибір інструменту на зубофрезерну операцію

5)Розробимо технологічні налагодження та складемо керуючу програму на верстат з ЧПК.

2.4 Проектування технологічного процесу

2.4.1 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовки

Обґрунтовуємо варіанти одержання заготовки, користуючись матрицею розподілу факторів.

					КНУ.КБР.131.25.1-02.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.4 – Матриця розподілу факторів одержання заготовки шестірні

Спосіб одержання заготовки	фактори							сума
	Форма й розміри заготовки	Необхідна точність і в пов. шару	Технологічні с-ва матеріалу	Річна програма	Функціональне призначення деталі	Маса деталі	Виробничі можливості підприємства	
Сортовий прокат	-	+	+	+	-	+	+	5
Кування: - на молотах	-	-	+	+	-	-	+	3
- у підкладних кільцях	+	-	+	-	+	+	+	5
Штампкування - на ГKM	+	+	+	+	+	+	+	7
- на КГШП	+	+	+	+	-	+	+	6

Аналізуючи ступінь впливу розглянутих вище факторів, робимо висновок, що заготовлю даної деталі можна одержати штампуванням на ГKM і штампуванням на КГШП. Ці два способи є найбільш ефективними, тому що вони дозволяють наблизити форму заготовки до форми готової деталі й забезпечити в заготовці радіально спрямовані - волокна (за винятком штампування на КГШП), що особливо важливо для надійної роботи зубчастого вінця.

2.4.2 Проектування заготовки

Розрахунок заготовки - кування на ГKM.

Штампувальне устаткування - горизонтально-кувальна машина.

Кількість переходів -4.

Нагрівання заготовки – індукційне.

1. Вихідні дані по деталі

1.1. Матеріал - сталь 18X2H4MA (ДСТУ 7806:2015) 0,14-0,2% C ; 0,25-0,55%Mn; 0,17-0,37%Si; 1,35-1,65 Cr; 4-4,5Ni; 0,3-0,4%Mo;

1.2. Маса деталі - 0,45кг.

2. Вихідні дані для розрахунку[34]:

2.1. Маса кування (розрахункова) -0,990 кг, розрахунковий коефіцієнт $K_p=2,2$ - 0,45 $\cdot$ 2,2=0,990 кг.

2.2. Клас точності - T5.

2.3. Група стали M3 - середня масова частка вуглецю в сталі 18X2H4MA: 0,18%; сумарна масова частка легуючих елементів- 6,77%.

2.4. Ступінь складності – C3.

					КНУ.КБР.131.25.1-02.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5. Конфігурація поверхні рознімання штампа - П (пласка).

2.6. Вихідний індекс-14.

3. Припуски й ковальські напуски.

3.1. Основні припуски на розміри.

2,2- діаметри Ø50мм і чистота пов. 0,8.

1,5- діаметр Ø 38мм і чистота пов. 12,5.

2,0- діаметр Ø 30мм і чистота пов. 0,8.

1,5- товщина 14 і чистота пов. 12,5.

1.5; 2,0 - товщина 20,5 і чистота пов. 12,5; 0,8.

2,0 - товщина 91 і чистота пов. 12,5.

3.2. додатковий припуск, що враховують:

- зсув по поверхні рознімання штампа 0,3мм;

- зігнутість, відхилення від площинності й від прямолінійності:
стрижня- 0,4 мм; фланця - 0,4мм.

4. Розміри кування і їхній припуска отклонения:

4.1 розміри кування, мм:

діаметр $50+(2,2+0,3+0,4) \times 2 = 55,8$ мм., приблизно 56мм;

діаметр $38+(1,5+0,3+0,4) \times 2 = 42,4$ мм, приблизно 42,5мм;

діаметр $30+(2,0+0,3+0,4) \times 2 = 35,4$ мм, приблизно 36мм;

товщина $14+(2,0+0,3+0,4) \times 2 = 19,4$ мм, приблизно 19,5мм;

товщина $20,5+(2,0+0,3+0,4) \times 2 = 25,9$ мм, приблизно 26мм;

товщина $91+(2,0+0,3+0,4) \times 2 = 96,4$ мм, приблизно 96,5мм.

4.2 Радіус закруглення зовнішніх кутів:

внутрішніх 6,0мм; зовнішніх 1,6- мінімальний, приймаємо 2мм.

4.2 Штампувальні ухили: на зовнішньої пов.- 5.

4.4 Відхилення розмірів, що допускаються:

Діаметр $56^{+1,8}_{-1,0}$ мм; товщина $19,5^{+1,6}_{-0,9}$ мм;

Діаметр $42,5^{+1,8}_{-1,0}$ мм; товщина $26^{+1,6}_{-0,9}$ мм;

Діаметр $36^{+1,0}_{-0,5}$ мм; товщина $96,5^{+2,1}_{-1,1}$ мм.

4.5 Незазначені допуску радіусів закруглення:

зовнішній ухил – 2,0 мм

внутрішніх кутів – 3,0 мм.

4.6 Висота задирки, у площині рознімання матриць 1,4 мм;

4.7 Висота задирки, що допускає – 4мм.

4.8 Відхилення, що допускають:

- від площинності й від прямолінійності - 0,8мм;

- від зігнутості - 0,8мм.

4.9. величина зсуву по поверхні рознімання штампа 0,5 мм.

4.10. припустиме відхилення штампувальних кутів $5 \pm 1,2^\circ$.

4.11. Відхилення торця стрижня;

x- 2,4мм; y- 30 мм; нахил зрізу- 7° .

дійсна маса заготівлі (без хвостової частини) [34]:

$$m = V \cdot \rho \quad (2.16)$$

					КНУ.КБР.131.25.1-02.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$m = \left(\frac{\pi D_1^2}{4} \cdot h_1 + \frac{\pi D_2^2}{4} \cdot h_2 + \frac{\pi D_3^2}{4} \cdot h_3 \right) \cdot \rho$$

$$m = \left(\frac{3,14 \cdot 5,6^2}{4} \cdot 1,95 + \frac{3,14 \cdot 4,25^2}{4} \cdot 0,65 + \frac{3,14 \cdot 3,6^2}{4} \cdot 7,05 \right) \cdot 7,81$$

$$m = 1010,06 \text{ гр} \approx 1,01 \text{ кг}$$

Розрахунок заготовки – кування на КГШП
Штампувальне встаткування - КГШП.

Нагрівання заготівлі- індукційне.

1. Вихідні дані по деталі
 - 1.1. Матеріал - сталь 18Х2Н4МА (за ДСТУ 7806:2015): 0,14-0,2%С; 0,25-0,55%Mn; 0,17-0,37%Si; 1,35-1,65%Cr; 4-4,5Ni; 0,3-0,4%Mo;
 - 1.2. Маса деталі - 0,45кг.
2. Вихідні дані для розрахунку[34]:
 - 2.1. Маса кування (розрахункова) – 0,990 кг, розрахунковий коефіцієнт $K_p=2,2$ $0,45 \cdot 2,2 = 0,990 \text{ кг.}$
 - 2.2. Клас точності - Т5.
 - 2.3. Група стали - М3 (0,18%З, що легують елементів- 6,77%).
 - 2.4. Ступінь складності С2. Розміри фігури, що описують кування:
Діаметр $50 \cdot 1,05=52,5\text{мм};$
Діаметр $91 \cdot 1,05=92,5 \text{ мм};$
Маса фігури, що описує кування [34]:

$$m = V \cdot \rho = \frac{\pi D^2}{4} \cdot h \cdot \rho \quad (2.17)$$

$$m = \frac{3.14 \cdot 5.25^2}{4} \cdot 9.55 \cdot 7.81 = 1.613 \text{ кг.}$$

$$\frac{m_n}{m_\phi} = \frac{0,990}{1,613} = 0,61 \quad (2.18)$$

- 2.5. Конфігурації поверхні рознімання штампа-п(пласка)
- 2.6. Вихідний індекс 13
3. Припуски й ковальські напуски:
 - 3.1. Основні припуски на розміри:
2,0- діаметр Ø50 і чистота пов 0,8;
1,4- діаметр Ø 38 мм і чистота пов. 12,5;
1,9- діаметр Ø 30мм і чистота пов. 0,8;
1,4- товщина 14мм і чистота пов. 12,5;
1,4; 1,9 - товщина 20,5мм і чистота пов. 12,5;
1,9 - товщина 91 і чистота пов 12,5;
 - 3.2. Додаткові припуску, що враховують:
- зсув по поверхні рознімання штампа - 0,2 мм.
- зігнутість і відхилення від площинності й прямолінійності; 0,4 мм
 - 3.3. штампувальний ухил: на зовнішній пов. не більше 5°.

					КНУ.КБР.131.25.1-02.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. розміри кування і їхній припуск отклонения:
 Діаметр $50+(2,0+0,3) \times 2 = 52,6\text{мм}$, приблизно 53мм;
 Діаметр $38+(1,4+0,3) \times 2 = 41,4\text{мм}$, приблизно 42мм;
 Діаметр $30+(1,9+0,3) \times 2 = 34,4$, приблизно 35мм;
 Товщина $14+(1,9+0,4) \times 2 = 18,6\text{мм}$, приблизно 19мм;
 Товщина $20,5+(1,9+0,4) \times 2 = 25,1$, приблизно 25,5мм;
 Товщина $91+(1,9+0,4) \times 2 = 95,6\text{мм}$ приблизно 96мм.

5. Радіус закруглення зовнішніх кутів ;
 - 1,6 мінімальний, приймаємо 2мм; внутрішній 6,0мм.

6. Відхилення розмірів, що допускаються:
 Діаметр $53^{+1,6}_{-0,9}$ товщина $19^{+1,4}_{-0,8}$;
 Діаметр $42^{+1,6}_{-0,9}$ товщина $25,5^{+1,4}_{-0,8}$;
 Діаметр $35^{+1,4}_{-0,8}$ товщина $96^{+1,8}_{-1,0}$.

7. Незазначені допуску радіусів закруглень; зовнішніх 2,0мм ;
 внутрішніх 3,0мм.

Величина, що допускається, залишкового облоя - 0,7мм.

Допускається відхилення від площинності: 0,8мм

Зсув, що допускається, по поверхні рознімання штампа: 0,5мм

Величина висоти, що допускається, задирки- 2мм

Дійсна маса заготівлі :

$$m = V \cdot \rho = \left(\frac{\pi \cdot D_1^2}{4} \cdot h_1 + \frac{\pi \cdot D_2^2}{4} \cdot h_2 + \frac{\pi \cdot D_3^2}{4} \cdot h_3 \right) \cdot \rho \quad (2.19)$$

$$m = \left(\frac{3,14 \cdot 5,3^2}{4} \cdot 1,9 + \frac{3,14 \cdot 4,2^2}{4} \cdot 0,65 + \frac{3,14 \cdot 3,5^2}{4} \cdot 7,05 \right) \cdot 7,81 = 0,965\text{кг}$$

2.4.3 Техніко-економічне обґрунтування методу одержання заготовки

Якщо найбільш підходящим методом одержання заготівки для даної деталі є кування штампована на КГШП і кування штампована на ГKM, то форми заготівлі будуть однаковими. Відмінність буде лише в тім, що маса кування штампованої на ГKM буде більше, ніж кування штамповане. Таким чином, число операцій при механічній обробці відрізняться не буде, і для техніко-економічного обґрунтування досить знайти тільки вартість самої заготівлі. Інші складові наведених витрат по деталі будуть однакові й тому ми їх умовно не враховуємо.

Вартість заготівлі кування штампованого на КГШП:

$$A = M \cdot C \cdot K_n \cdot K_c \cdot K_{оп} \cdot (M - q) \cdot Ц \quad (2.20)$$

де: $M = 0,965\text{кг}$

$C = 4000\text{ грн/т} = 4\text{ грн/кг}$;

$K_n = 0,9$; $K_c = 1,15$; $K_{оп} = 1,112$; $q = 0,450, \text{ кг}$.

$Ц = 200\text{ грн/тонна} = 0,2\text{ грн/кг}$ - ціна 1 кг відходів.

					КНУ.КБР.131.25.1-02.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді:

$$A=0,965 \cdot 4 \cdot 0,9 \cdot 1,15 \cdot 1,112 - (0,965 - 0,450) \cdot 0,2 = 4,35 \text{ грн.}$$

Вартість заготівлі кування штампованої на ГKM:

$$A = M \cdot C \cdot K_H \cdot K_c \cdot K_{\text{оп}} - (M - q) \cdot \text{Ц} \quad (2.21)$$

де: $M=1,01 \text{ кг}$

$C=4000 \text{ грн/т}=4 \text{ грн/кг};$

$K_H=1,0$

$K_c=1,15$

$K_{\text{оп}}=1,112$

$q=0,450 \text{ кг}$

$\text{Ц}=200 \text{ грн/тонна}=0,2 \text{ грн/кг}$ - ціна 1 кг відходів.

Тоді

$$A=1,01 \cdot 4 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 1,112 - (1,01 - 0,450) \cdot 0,2 = 5,05 \text{ грн.}$$

Виходячи з розрахованого вище, ми бачимо, що вартість заготівлі на ГKM виходила вище, ніж вартість заготівлі виконаної на КГШП. Але ми однаково вибираємо заготівлю виконану на ГKM, тому що цей спосіб забезпечує радіально спрямовані волокна в заготівлі, на відміну від штампування на КГШП (штампується плашмя), тому що нам важлива якість.

Вибір вихідної заготівлі для кування штампованої на ГKM

Маса заготівлі складається з маси самої заготівлі й маси стрижня для затискача в матриці ($m=1,250 \text{ кг}$).

Розрахунок вихідної заготівлі :

1. Визначаємо обсяг висадженої частини:

$$V_B = K_{\text{уг}} \cdot (V_{\text{пок}} + V_{\text{заус}}) \quad (2.22)$$

де: $K_{\text{уг}}=1,02$ - коефіцієнт, що враховує вигар метала;

$$V_{\text{пок}} = \frac{\pi D_1^2}{4} \cdot l_1 + \frac{\pi D_2^2}{4} \cdot l_2 \quad (2.23)$$

$$V_{\text{пок}} = \frac{3,14 \cdot 56^2}{4} \cdot 19,5 + \frac{3,14 \cdot 42,5^2}{4} \cdot 6,5 = 57221 \text{ мм}^3,$$

де D_1 і D_2 і l_1 і l_2 - діаметр і довжини висадженої частини заготівлі

$V_{\text{заус}}$ - обсяг заусенця.

$$V_{\text{заус}} = \left(\frac{\pi (D_{\text{пок}} + 2b_{\text{заус}})^2}{4} - \frac{\pi D_{\text{пок}}^2}{4} \right) \cdot h_{\text{заус}} \quad (2.24)$$

де $D_{\text{пок}}=56 \text{ мм}$ - діаметр кування на якому утворений заусенець.

$b_{\text{заус}}=10 \text{ мм}$ - ширина заусенця.

$h_{\text{заус}}=2,5 \text{ мм}$ - висота заусенця.

Тоді:

					КНУ.КБР.131.25.1-02.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{\text{заус}} = \left(\frac{3,14 \cdot (56 + 2 \cdot 10)^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 56^2}{4} \right) \cdot 2,5 = 5181 \text{ мм}^3$$

Тоді обсяг висадженої частини:

$$V_B = 1,02 \cdot (57221 + 5181) = 63650,04 \text{ мм}^3.$$

2. Визначаємо довжину висадженої частини заготівлі:

$$L_B = \frac{V_B}{F_c} (3.10)$$

$$F_c = \frac{\pi \cdot D_c^2}{4} \quad (2.25)$$

$$F_c = \frac{3.14 \cdot 36^2}{4} = 1017.36 \text{ мм}^2$$

D_c - діаметр недеформованої частини заготівлі (стрижня);

$$D_c = D_{\text{и.з}} = 36 \text{ мм.}$$

$$\text{Тоді } L_B = \frac{63650,04}{1017,36} = 62,56 \text{ мм.}$$

Приймаємо довжину висадженої частини заготівлі

$$L_B = 63 \text{ мм.}$$

3. Визначаємо довжину вихідної заготівлі

$$L_{\text{и.з}} = L_B + L_c, \quad (2.26)$$

де $L_c = 100,5 \text{ мм}$ - довжина недеформованої частини заготівлі (довжина стрижня).

Визначаємо по кресленню кування.

$$\text{Тоді } L_{\text{и.з}} = 63 + 100,5 = 163,5 \text{ мм. приймаємо } 165 \text{ мм.}$$

Висновок: вихідна заготівля - сортовий прокат підвищеної точності групи А, діаметр прокату, $D_{\text{и.з}} = 36_{-0,5}^{+0,1} \text{ мм}$

$$\text{Довжина прокату } L_{\text{и.з}} = 165 \text{ мм.}$$

2.5 Визначення послідовності виконання технологічних операцій

					КНУ.КБР.131.25.1-02.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

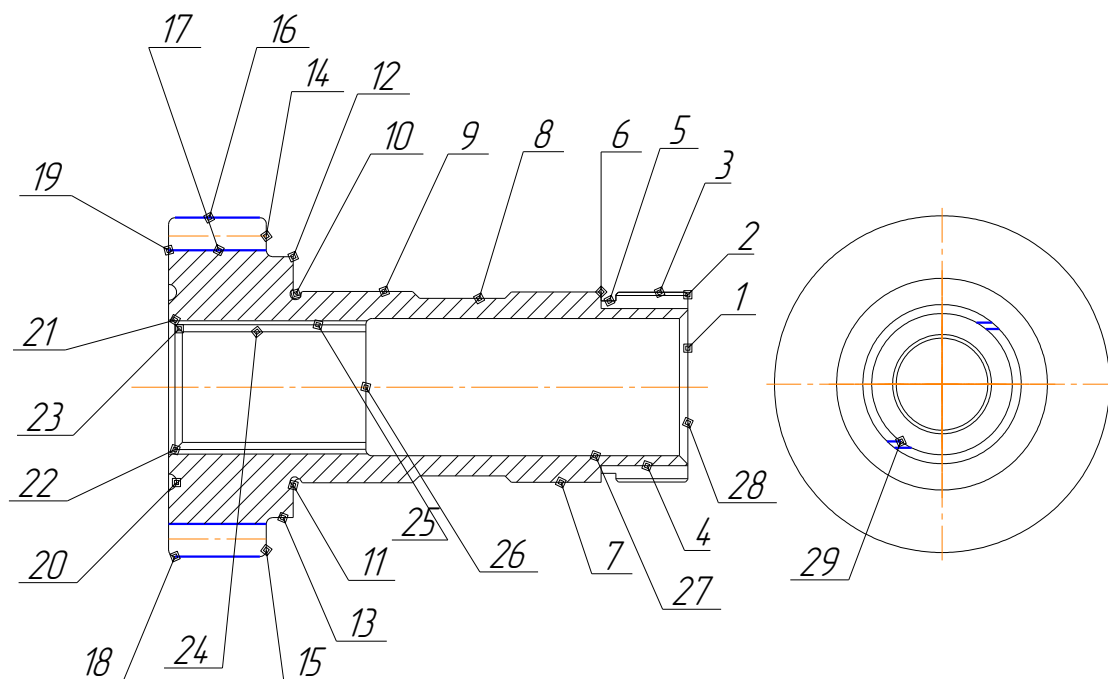


Рисунок 2.2 - Поверхні шестірні

Таблиця 2.5 - План обробки основних поверхонь шестірні

№ поверхня деталі	Конструкторські вимоги до поверхні		Параметри поверхні після обробки		
	Точність	Шорсткість Ra	Технологічні переходи	Точність	Шорсткість Ra
1	2	3	4	5	6
1;19 91	IT14	12,5	Заготівля Точіння чорнове	15 14	25 12,5
3 М30х1,5 -6g	IT 14	12,5	Заготівля Точіння чорнове Нарізування різблення	15 14	25 12,5
5 Канавка 27,7	IT 14	12,5	Заготівля Точіння чорнове	15 14	25 12,5
4 Шпонковий паз 5	IT 9	3,2	Заготівля фрезерування	- 9	- 3,2

7;9 Ø30	IT 6	0,8	Заготівля Точіння чорнове Точіння напівчистове Точіння чистове шліфування	15 12 10 8 6	25 12,5 6,3 3,2 0,8
8 Ø29,5	IT 14	12,5	Заготівля Точіння чорнове	- 14	- 12,5
10 канавка	IT 14	1,6	Заготівля Точіння чорнове	- По ета- лонах	- 1,6
11 56	IT 6	0,8	Заготівля Точіння чорнове Точіння напівчистове Точіння чистове шліфування	15 12 10 8 6	25 12,5 6,3 3,2 0,8
13 Ø 38	IT 14	12,5	Заготівля Точіння чорнове	15 14	25 12,5
14;19 14	IT 14	12,5	Заготівля Точіння чорнове	15 14	25 12,5
16 Ø 50	IT 10	12,5	Заготівля Точіння чорнове Точіння напівчистове	15 14 10	25 12,5 12,5
17 Ø 38,9	IT 10	0,8	Заготівля Фрезерування чорнове Фрезерування- Напівчисто. Фрезерування чистове	15 12 11 10	25 12,5 3,2 0,8
20 Канавка R2	IT 14	12,5	Заготівля Точіння чорнове	- 14	- 12,5
21;22 Ø22	IT 14	12,5	Заготівля Точіння чорнове	15 14	25 12,5
23;28 2x60°	IT 10	1,6	Заготівля Точіння чорнове	- 10	- 1,6
24;25 шліци	IT 11	1,6	Заготівля Свердління протягання	- 12 11	- 12,5 1,6
26 54	IT 14	12,5	Заготівля Свердління Розточування чернове	- 14 14	- 12,5 12,5

					КНУ.КБР.131.25.1-02.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

27 Ø 21	IT 14	12,5	Заготівля Свердління розточування	- 14 14	- 12,5 12,5
------------	-------	------	---	---------------	-------------------

2.6 Вибір і обґрунтування технологічних і вимірювальних баз

При виборі технологічних баз необхідно керуватися рядом технічних вимог і рекомендацій, наведених у літературі.

Деталь шестірня приводна ставиться до деталі типу вал, тому що $l/d = 91/30 = 3.03 > 0.5$.

Торець є установною базою. Поверхні використовувані для установки деталі на першій операції- це циліндричні поверхні й один з торців. Вони цілком придатні для установки деталі в трикулачковому патроні.

На фрезерній операції деталь установлена на призмі із пневматичним притиском.

На токарних операціях установка деталі в трикулачковому патроні та в шліцевій оправці.

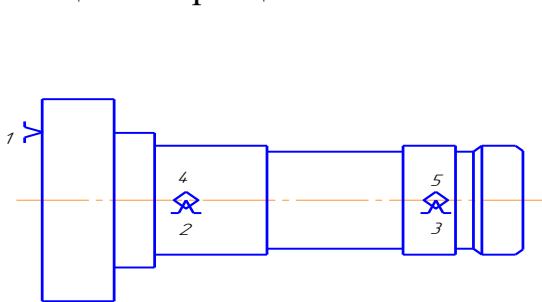


Рисунок 2.2- Теоретична схема базування

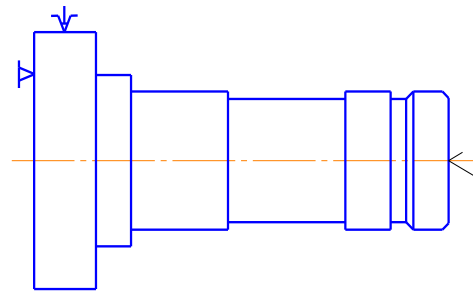


Рисунок 2.3- Умовна схема базування на токарні й шліфувальні операції

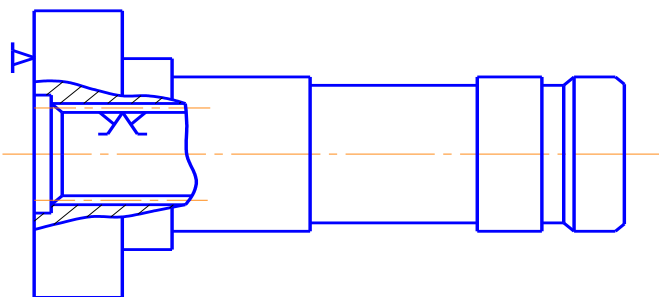


Рисунок 2.4- Умовна схема базування на протяжну операцію

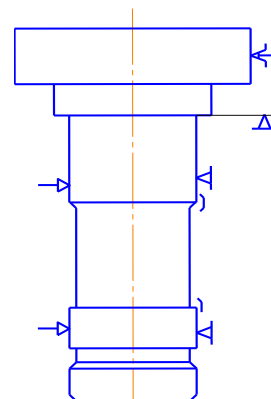


Рисунок 2.5- Умовна схема базування на фрезерну операцію

					КНУ.КБР.131.25.1-02.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

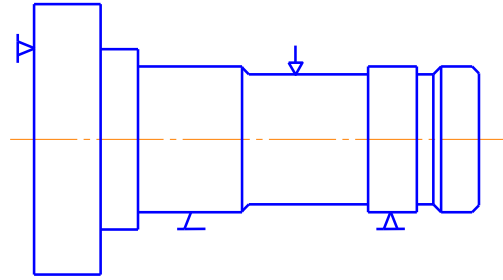


Рисунок 2.7- Умовна схема ба-
зування на фрезерну операцію

2.6.1 Аналітичний розрахунок припусків на зовнішню циліндричну поверхню.

Матеріал обробки деталі	Квал і-тет	Елементи припуску				Розрахунковий припуск 2zmin	Расч. мінімальний розмір мм	Допуску виго- товлення	Прийняті р- ри		отримані пребуд. припуску	
		Rz	h	Δ	ε				dmax	dmin	2zmax	2zmin
1.Заготівля	15	16	25	73	-	-	33,0	84	33,9	33,1	-	-
2.Чорнова	12	0	0	3	-	218	30	0	7	3	3280	219
3.Напівчист	10	50	50	44	-	6	30,5	25	30,9	30,6	640	0
ова	8	30	30	37	-	288	94	0	4	9	307	290
4.Чистова	6	5	5	29		174	30,3	10	30,4	30,3	130	168
5.Шліфуван		5	5	22		78	06	0	0	0		78
ня							30,0	39	30,1	30,0	4357	272
							93	13	32	93		6
							30,0		30,0	30,0		
							02		15	02		

$$\Delta\Sigma = \sqrt{\Delta_{\Sigma_K}^2 + \Delta_{\Sigma_\pi}^2} = 0,250\text{MM} \quad (2.27)$$

$$\Delta_{\Sigma_K} = 1 \cdot \frac{\Delta_K}{\Delta_K^2 + 0.25} \quad (2.28)$$

$$\Delta_{\Sigma_K} = 20,5 \cdot \frac{0,008}{0,008^2 + 0,25} = 0,656 \text{ mm}$$

$$\Delta_{\text{ц}} = 0,25\sqrt{T^2 + 1} \quad (2.29)$$

$$\Delta_{\text{ц}} = 0,25\sqrt{0,84^2 + 1} = 0,326$$

$$\Delta\Sigma = \sqrt{0,656^2 + 0,326^2} = 0,733\text{мм}$$

$$\Delta 1 = 0,06 \cdot 733 = 44\text{мкм}$$

$$\Delta 2 = 0,05 \cdot 733 = 37\text{мкм}$$

$$\Delta 3 = 0,04 \cdot 733 = 29\text{мкм}$$

$$\Delta 4 = 0,03 \cdot 733 = 22\text{мкм}$$

$$2z_{\min} = 2 \left(R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) \quad (2.30)$$

$$2z_{\min 2} = 2 \left(160 + 250 + \sqrt{733^2} \right) = 2186 \text{ мкм}$$

$$2z_{\min 3} = 2 \left(50 + 50 + \sqrt{44^2} \right) = 288 \text{ мкм}$$

$$2z_{\min 4} = 2 \left(25 + 25 + \sqrt{37^2} \right) = 174 \text{ мкм}$$

$$2z_{\min 5} = 2 \left(5 + 5 + \sqrt{29^2} \right) = 78 \text{ мкм}$$

Определяем минимальні та максимальні розміри:

$$d_{p5\min} = 30 + 0,002 = 30,002\text{мм}$$

$$d_{p5\max} = 30,002 + 0,013 = 30,015\text{мм}$$

$$d_{p4\min} = 30,015 + 0,078 = 30,093\text{мм}$$

$$d_{p4\max} = 30,093 + 0,039 = 30,132\text{мм}$$

$$d_{p3\min} = 30,132 + 0,174 = 30,306\text{мм}$$

$$d_{p3\max} = 30,306 + 0,100 = 30,406\text{мм}$$

$$d_{p2\min} = 30,406 + 0,288 = 30,694\text{мм}$$

$$d_{p2\max} = 30,694 + 0,250 = 30,944\text{мм}$$

$$d_{p1\min} = 30,944 + 2,186 = 33,13 \text{ мм}$$

$$d_{p1\max} = 33,13 + 0,840 = 33,97\text{мм}$$

					КНУ.КБР.131.25.1-02.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

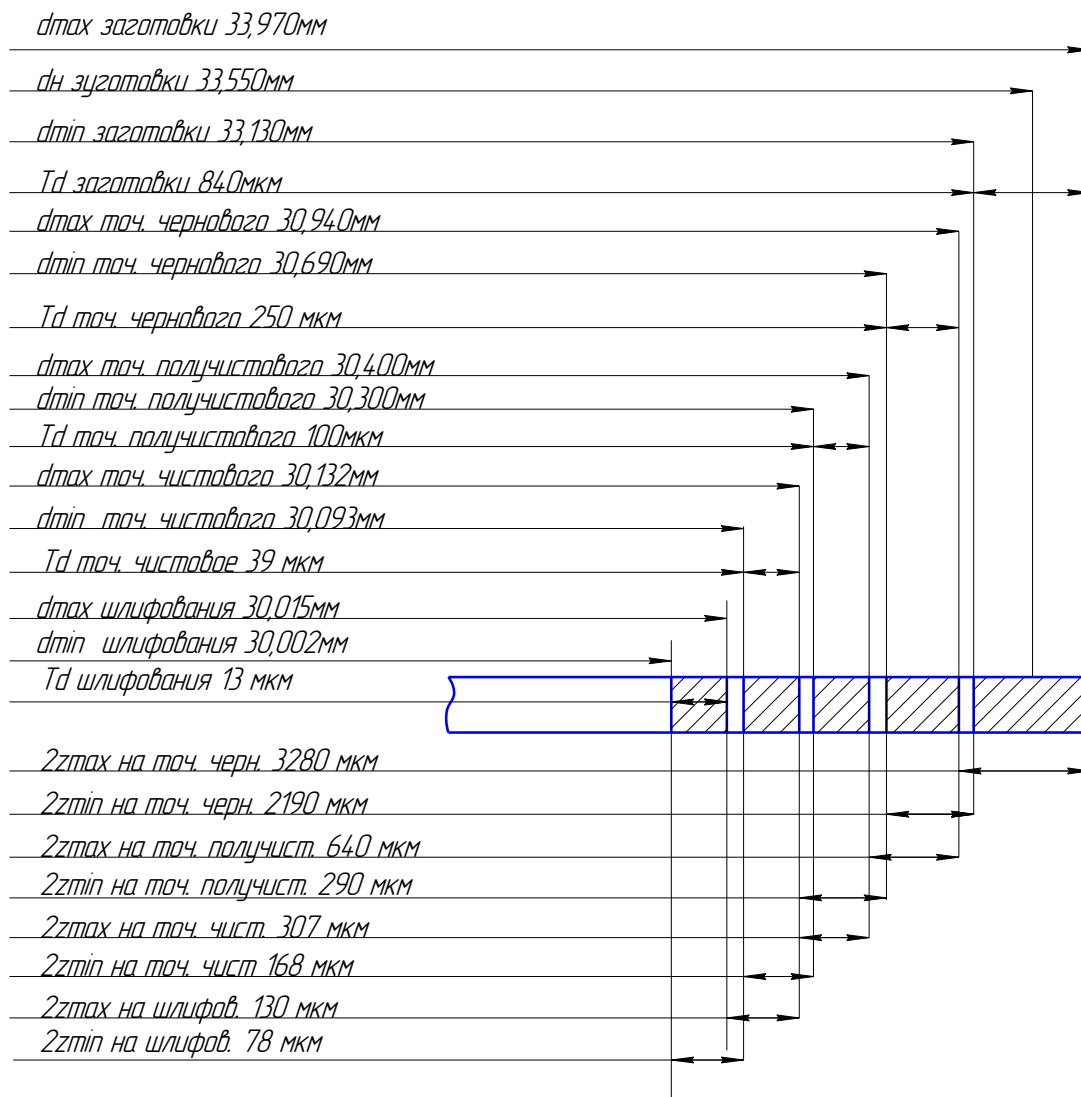


Рисунок 2.3- Схема графічного розташування припусків і допусків

2.6.2 Вибір міжопераційних розмірів і припусків на обробку

На зовнішній, внутрішній і торцевій поверхні визначаємо кількість послідовних переходів з поступовим наближенням до необхідної точності й шорсткості.

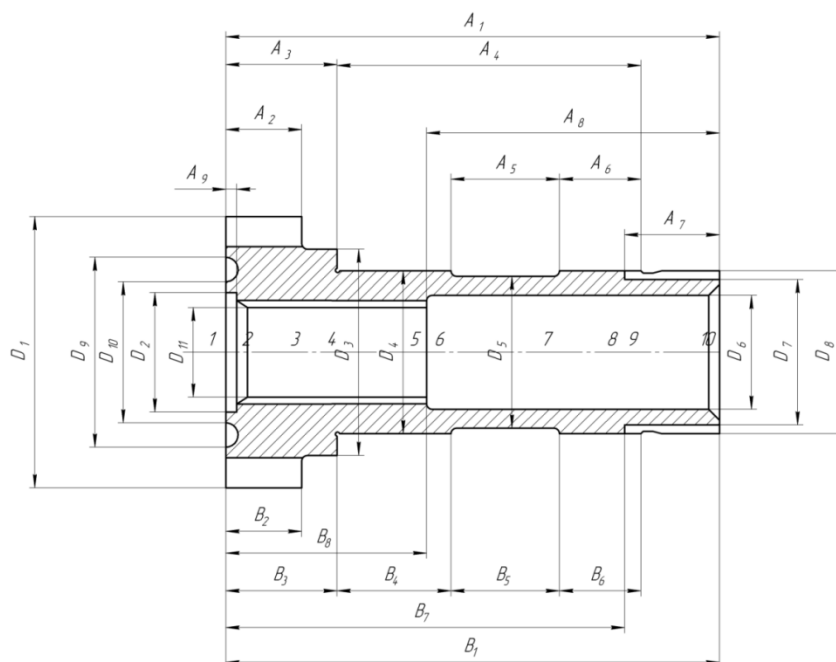


Рисунок 2.9- Шестірня привідна с конструкторськими та технологічними розмірами

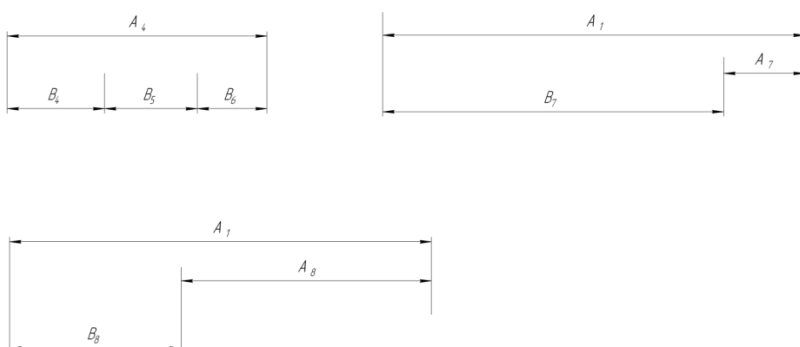


Рисунок 2.10- Розмірні ланцюги

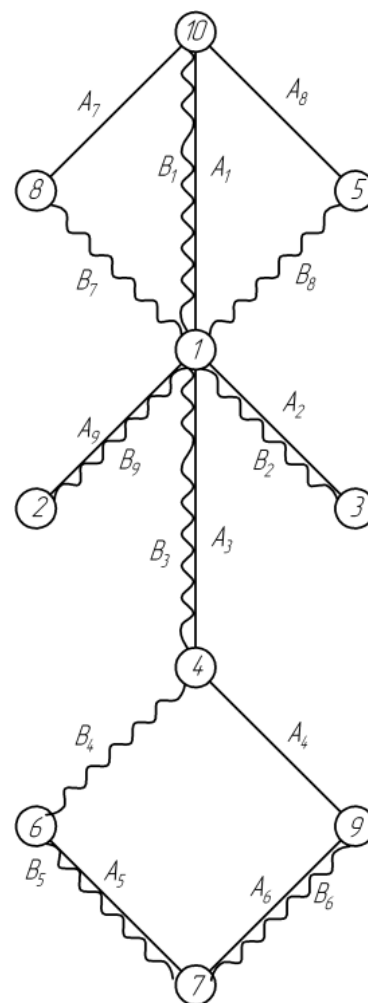


Рисунок 2.11- Граф розмірів шестірні

Операція 060. На цій операції поверхня D_4 обробляється остаточно, тому величину допуску й діаметра приймаємо відповідно до креслення, тобто $D_4^7 = \varnothing 30^{+0,015}_{+0,002}$.

Мінімальний припуск для діаметра D_4 приймаємо 0,5 мм.

Операція 045. Параметри лінійного розміру B_7 визначаємо рішенням розмірного ланцюга. При розрахунку посилюємо допуск на креслярський розмір A_1 і приймаємо $TA_1=0,22$.

$$TB_7=TA_{\Delta 7}-TB_1=0,43-0,22=0,21 \text{ мм};$$

$$ESA_{\Delta 7}=ESB_1-EJB_7;$$

$$+0,215=0-EJB_4 \Rightarrow EJB_4=-0,215 \text{ мм};$$

$$EJA_{\Delta 7}=EJB_1-ESB_7;$$

$$-0,215=-0,22-ESB_4 \Rightarrow ESB_4=-0,005 \text{ мм};$$

$$B_7=73,5^{+0,005}_{-0,215} \text{ мм}.$$

					КНУ.КБР.131.25.1-02.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Операція 030. На цій операції розміри $B_2, B_3, D_5, D_3, D_1, B_4, B_5, B_6$ обробляються остаточно. У зв'язку з тим, що обробка здійснюється на верстаті із ЧПК, допуск для всіх зазначених розмірів буде однаковий і рівним 0,06 мм, а операційний розмір буде дорівнювати не номінальному, а середині поля допуску креслярського розміру.

Параметри лінійного розміру B_4 визначаємо рішенням розмірного ланцюга. При розрахунку посилюємо допуск на креслярський розмір A_6 і приймаємо $TA_6=0,18$.

$$TB_4=TA_{\Delta 5}-TA_4-TA_6=0,52-0,2-0,18=0,14 \text{ мм};$$

$$ESA_{\Delta 5}=ESA_4-EJB_4-EJA_6;$$

$$+0,26=+0,1-EJB_4-(-0,09)\Rightarrow EJB_4=-0,07 \text{ мм};$$

$$EJA_{\Delta 5}=EJA_4-ESB_4-ESA_6;$$

$$-0,26=-0,1-ESB_4-0,09\Rightarrow ESB_4=+0,07 \text{ мм};$$

$$B_4=21\pm 0,07 \text{ мм}.$$

Мінімальні припуски приймаємо:

На діаметр $D_1 - 1,0 \text{ мм}; D_3 - 1,0 \text{ мм}; D_4 - 1,5 \text{ мм}; B_1 - 0,5 \text{ мм}; B_2 - 1,5 \text{ мм}; B_3 - 1,5 \text{ мм}.$

Параметри діаметра D_4^5 визначаємо, виходячи з розміру D_4^7 .

$$2ZM_4^7=0,5 \text{ мм}.$$

$$TD_4^5=0,06 \text{ мм};$$

$$DM_4^5=DB_4^7+2ZM_4^7=30,015+0,5=30,515 \text{ мм} - \text{приймаємо } 30,57;$$

$$DB_4^5=DM_4^5+TB_4^5=30,57+0,06=30,63 \text{ мм};$$

$$D_4^5=30,6\pm 0,03 \text{ мм}.$$

Операція 025. На цій операції розмір D_{11} обробляється остаточно, тому величину допуску й діаметра приймаємо відповідно до креслення $D_{11}^4 = \varnothing 16,5^{+0,36}_{+0,24}$.

Мінімальний припуск приймаємо 0,56 мм.

Операція 010. На цій операції розміри D_{10} і D_9 обробляються остаточно, тому величину допуску й діаметра приймаємо відповідно до креслення, тобто $D_9^2 = \varnothing 35^{+0,62}; D_{10}^2 = \varnothing 26_{-0,52}$.

Розмір B_3^3 визначаємо, виходячи з розміру B_3^5 .

$$ZM_3^5=1,5 \text{ мм}.$$

$$TB_3^3=0,52 \text{ мм};$$

$$BM_3^3=BB_3^5+ZM_3^5=20,53+1,5=22,03 \text{ мм} - \text{приймаємо } 22 \text{ мм}$$

$$BB_3^3=BM_3^3+TB_3^3=22+0,52=22,52 \text{ мм};$$

$$B_3^3=22_{-0,52} \text{ мм}.$$

Розмір B_2^3 визначаємо, виходячи з розміру B_2^5 .

$$ZM_2^5=1,5 \text{ мм}.$$

$$TB_2^3=0,43 \text{ мм};$$

$$BM_2^3=BB_2^5+ZM_2^5=14,03+1,5=15,53 \text{ мм}.$$

$$BB_2^3=BM_2^3+TB_2^3=15,53+0,43=15,96 \text{ мм} - \text{приймаємо } 16,0 \text{ мм};$$

$$B_2^3=16_{-0,43} \text{ мм}.$$

					КНУ.КБР.131.25.1-02.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Параметри лінійного розміру B_8 визначаємо рішенням розмірного ланцюга. Ураховуємо, що допуск на креслярський розмір $A_1-ТА_1=0,22$ мм.

$$TB_8=TA_{\Delta 8}-TB_1=0,74-0,22=0,52 \text{ мм};$$

$$ESA_{\Delta 8}=ESA_1-EJB_8;$$

$$+0,37=0-EJB_8 \Rightarrow EJB_8=-0,37 \text{ мм};$$

$$EJA_{\Delta 8}=EJA_1-ESB_8;$$

$$-0,37=-0,22-ESB_8 \Rightarrow ESB_8=+0,15 \text{ мм};$$

$$B_8=37^{+0,15}_{-0,37} \text{ мм}.$$

Параметри діаметра D_3^3 визначаємо, виходячи з розміру D_3^5 .

$$2ZM_3^5=1,0 \text{ мм}.$$

$$TD_3^3=0,62 \text{ мм};$$

$$DM_3^3=DB_3^5+2ZM_3^5=37,72+1,0=38,82 \text{ мм};$$

$$DB_3^3=DM_3^3+TD_3^3=38,82+0,62=39,44 \text{ мм} - \text{приймаємо } 39,5 \text{ мм};$$

$$D_3^3=39,5_{-0,62} \text{ мм}.$$

Розмір B_1^3 обробляється остаточно, тому $B_1^3=91_{-0,22} \text{ мм}$.

Параметри діаметра D_1^2 визначаємо, виходячи з розміру D_1^5 .

$$2ZM_1^5=1,0 \text{ мм}.$$

$$TD_1^5=0,74 \text{ мм};$$

$$DM_1^2=DB_1^5+2ZM_1^5=49,98+1,0=50,98 \text{ мм};$$

$$DB_1^2=DM_1^2+TD_1^5=50,98+0,74=51,72 \text{ мм} - \text{приймаємо } 52,0 \text{ мм};$$

$$D_1^2=52,0_{-0,74} \text{ мм}.$$

Параметри діаметра D_{11}^2 визначаємо, виходячи з розміру D_{11}^4 .

$$2ZM_{11}^4=0,56 \text{ мм}.$$

$$TD_{11}^2=0,18 \text{ мм};$$

$$DM_{11}^2=DB_{11}^4-2ZM_{11}^4=16,86-0,56=16,30 \text{ мм};$$

$$DB_{11}^2=DM_{11}^2-TD_{11}^2=16,30-0,18=16,12 \text{ мм} - \text{приймаємо } 16,0 \text{ мм};$$

$$D_{11}^2=16,0^{+0,18} \text{ мм}.$$

Розмір B_3^2 визначаємо, виходячи з розміру B_3^3 .

$$ZM_3^3=2,0 \text{ мм}.$$

$$TB_3^2=0,43 \text{ мм};$$

$$BM_3^2=BB_3^3+ZM_3^3=22+2,0=24,0 \text{ мм};$$

$$BB_3^2=BM_3^2+TB_3^2=24+0,43=24,43 \text{ мм};$$

$$B_3^2=24,0_{-0,43} \text{ мм}.$$

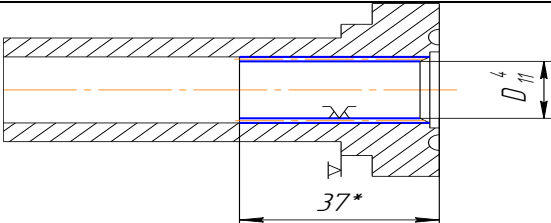
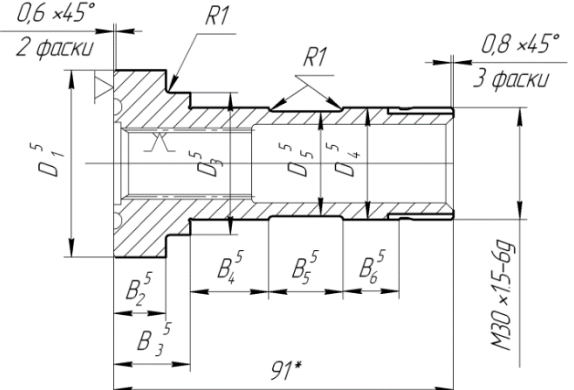
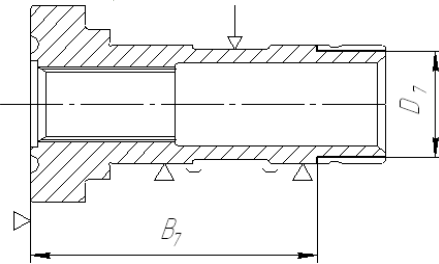
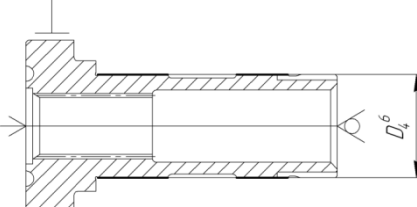
$$\text{Так, } ZB_4^7=0,013+0,555+0,06=0,628 \text{ мм};$$

Максимальний припуск для всіх операцій розраховуємо по формулі

$$ZB_k^i=TB_k^i+ZM_k^i+TB_k^{i-1} \quad (2.31)$$

					КНУ.КБР.131.25.1-02.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[illegible]

№ДЗ	1	2	3	4	5	6	7	8
Арк.	025	Протяжна	протягу- вальний 7Б56		$TD_{11}^4 = 0,120$	$2ZM_{11}^4 = 0,56$	$D_{11}^4 = \varnothing 16,5^{+0,360}_{+0,240}$	$2ZB_{11}^4 = 0,86$
№ док.и.	030	Токарна з ЧПК	Токарний Southwest- ern Indus- tries TRAK TRL 1630S X		$TD^5 = 0,06$ (для всех размеров)	$2ZM_1^5 = 1,0$ $2ZM_3^5 = 1,0$ $2ZM_4^5 = 1,5$ $ZM_2^5 = 1,5$ $ZM_3^5 = 1,5$	$D_1^5 = \varnothing 49,95 \pm 0,03$ $D_3^5 = \varnothing 37,69 \pm 0,03$ $D_4^5 = \varnothing 30,6 \pm 0,03$ $D_5^5 = \varnothing 29,24 \pm 0,03$ $B_2^5 = 14 \pm 0,03$ $B_3^5 = 20,5 \pm 0,03$ $B_4^5 = 21 \pm 0,03$ $B_5^5 = 20 \pm 0,03$ $B_6^5 = 15 \pm 0,03$	$2ZB_1^5 = 2,58$ $2ZB_3^5 = 1,34$ $2ZB_4^5 = 1,93$ $ZB_2^5 = 2,03$ $ZB_3^5 = 1,53$
КД.КБР.131.25.1	45	Фрезерна	Верти- кально- фрезер- ний 6P13		$TB_7^6 = 0,21$		$B_7^6 = 73,5^{+0,005}_{-0,215}$	
Д.02.ТПВВ	00	Шліфуваль- на	Шліфу- вальний 3M151		$TD_4^7 = 0,013$	$2ZM_4^7 = 0,555$	$D_4^7 = \varnothing 30^{+0,015}_{+0,002}$	$2ZB_4^7 = 0,628$
Арк.								

2.7 Розробка технологічних операцій

2.7.1 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій

Визначаємо оптимальний режим різання при точінні Ø42,5мм шестірні
Швидкість різання [9]:

$$v_p = \frac{C_v}{T_m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \quad (2.32)$$

$$v_p = \frac{350 \cdot 0.88 \cdot 0.825 \cdot 0.83}{60^{0.20} \cdot 2.5^{0.15} \cdot 0.9^{0.35}} = 84,0;$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot v_p}{\pi \cdot D} \quad (2.33)$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 84,0}{3.14 \cdot 42,5} = 629,4 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

Приймаємо по паспорту верстата $n_p = \frac{505 \text{об}}{\text{мин}}$

Тоді дійсна швидкість різання:

$$v_3 = \frac{\pi \cdot D \cdot n_3}{1000} \quad (2.34)$$

$$v_3 = \frac{3.14 \cdot 42,5 \cdot 505}{1000} = 67,4 \text{ м/хв};$$

Сила різання: Тангенціальна

$$P_z = 10 C_p t^x S^y v^n R_p; \quad (2.35)$$

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 2^1 \cdot 0,9^{0.75} \cdot 67,4^0 \cdot 1.041 = 1769,9 \text{ Н};$$

Потужність привода

$$N_e = \frac{P_t \cdot v_q}{60 \cdot 1020} \quad (2.36)$$

$$N_e = \frac{1769,9 \cdot 67,4}{60 \cdot 1020} = 1.95 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{пр}} = \frac{N_e}{\eta}; \quad (2.37)$$

$$N_{\text{пр}} = \frac{1,95}{0,8} = 2,44 \text{ кВт};$$

$N_{\text{ст}} > N_{\text{пр}} \quad 10 > 2,44$ - умова дотримується;

На інші операції режими різання визначаються по довідниках і наведені в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 - Зведена відомість режимів обробки шестірні приводної

					КНУ.КБР.131.25.1-02.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Номер		Найменування операцій і переходів	Режими обробки						
Операції	Переходу		D, мм	L, мм	t, мм	i	S, мм/об.	V, м/хв.	n, об./хв.
010		Токарна зЧПК Токарний Southwestern Industries TRAK TRL 1630SX							
	A	Підрізати торець	56	94,4	2,1	1	0,8	41,5	252
		точити пов. Ø52,5	52,5	17,5	1,05	1	0,2	41,5	252
		центровать торець	3	5	1,5	1	0,2	2,4	252
		свердлийтиотвір	16	92,3	8	1	0,2	12,7	252
		Точити поверхню Ø22	22	2	3	1	0,2	17,4	252
		Підрізатифаску	22	2	2	1	0,2	17,4	252
		Точити канавку	35	2	2	1	0,2	27,7	252
	B	підрізатиторець	36	91	1,9/1,5	2	0,2/0,1	40,8	400
		точити пов. Ø32,5з підрізанням торця	32,5	69	1,75	1	0,2	40,8	400
		точити пов. Ø39зпідрізанням торця	39	6	1,25	1	0,2	49,0	400
		розточити пов. Ø21	21	54	2,5	1	0,2	27,6	400
		підрізатифаску	25	2	2	1	0,2	31,4	400
025		Протяжна Горизонтально протяжний 7Б56							
		Протягтишліци	16,5	34	1	1	-	3,5	-
030		Токарна з ЧПК Southwestern Industries TRAK TRL 1630SX							
		Точитиповерхню Ø32,5	30,6	70,5	1,9	1	0,2	38,4	400
		Точитиповерхню Ø39	37,7	7,5	0,65	1	0,2	47,4	400
		Точитиповерхню Ø52,5	49,95	14	1,25	1	0,2	62,7	400
		Точитиповерхню Ø29,5	29,24	20	0,7	1	0,2	36,7	400
		Точитиканавку	30,6	1,75	1,75	1	0,2	38,4	400
		Точитиканавку	30,6	4,6	0,3	1	0,2	38,4	400
		Точитифаску	49,	0,6	0,6		0,1	62,7	400
			95			2			

Арк.

КНУ.КБР.131.25.1-02.02.ТІВВ

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

Номер		Найменування операцій і переходів	Режими обробки						
Операції	Переходу		D, мм	L, мм	t, мм	i	S, мм/об.	V, м/хв.	n, об./хв.
		Точитифаску	30,6	0,8	0,8	3	0,1	38,4	400
		Нарізатирізьблення М30	30,6	14,2				38,4	400
040		Фрезерна Вертикально-фрезерний 6P13							
		Фрезеруватидвашпон-ковихпази	5	17,5	2,6	1	0,12	15,6	180
045		Фрезерна Вертикально-фрезерний 6P13							
		фрезеруватипази	4	6	1,5	1	0,12	12,5	180
065		Зубофрезерна Зубофрезерний 5K310							
		Фрезеруватизуби	39,8	14	5,5	2	0,1	60	
075		Зубошліфувальна Зубошліфуваольний 5B832							
		Шліфуватизуби	39,8	14	0,1		2,5	30	-
110		Шліфувальна							
		Шліфуватиповерхні Ø30мм	30	56	0,3	1	0,4 мм/хв	30 м/с	300

$$T_{т-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_o + (T_{yc} + T_{zo} + T_{yn} + T_{из}) \cdot k + T_{об.от} \quad (2.38)$$

Де h=1,85- коефіцієнт ;

$T_{об.от}$ – час на обслуговування робочого місця.

$$\text{Тоді: } T_{оп} = T_o + T_B \quad (2.39)$$

$$T_{оп} = 0,15 + (0,038 + 0,024 + 0,06 + 0,09) \cdot 1,85 = 0,462 \text{ хв}$$

$$T_{об.от} = T_{оп} \cdot \frac{P_{об.от}}{100} \quad (2.40)$$

$$T_{об.от} = 0,462 \cdot \frac{6\%}{100\%} = 0,03 \text{ хв};$$

$$T_{шт} = T_o + (T_{yc} + T_{zo} + T_{yn} + T_{из}) \cdot k + T_{об.от} \quad (2.41)$$

$$T_{шт} = 0,15 + (0,038 + 0,024 + 0,06 + 0,09) \cdot 1,85 + 0,02 = 0,482 \text{ хв};$$

$$T_{пз} = 14 \text{ хв};$$

$$\text{Тоді } T_{ш-к} = \frac{14}{2000} + 0,15 + (0,038 + 0,034 + 0,06 + 0,09) \cdot 1,85 + 0,02 = 0,492;$$

У серійному виробництві штучно-калькуляційний час на свердлильну операцію.

					КНУ.КБР.131.25.1-02.02.ТПВВ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$T_{ш-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_o + (T_{yc} + T_{зо} + T_{уп} + T_{из}) + T_{тех} + T_{орг} + T_{пер} \quad (2.42)$$

де $T_{п-з}$ - підготовительно заключний час;

n - кількість деталей;

Основний час визначається по формулі:

$$T_o = \frac{L_p}{S_m} \cdot i \quad (2.43)$$

$$T_o = \frac{35}{200} \cdot 1 = 0,2 \text{ хв};$$

$$\text{Тоді: } T_{оп} = T_o + T_B.$$

Вибираємо значення часу з довідника й заносимо в таблицю 2.8

Таблиця 2.8- Значення часу

T_o	T_B		$T_{из}$	$T_{ок}$	$T_{об.ст}$	$T_{шт}$	$T_{п-з}$	n	$T_{ш-к}$
	$T_{yc}+T_{зо}$	$T_{пер}$							
0,07	0,038+0,024	0,06	0,09	0,462	0,03	0,48	14	1500	0,492

T_o - беремо з розрахунків режимів різання;

$T_{yc}+T_{зо}$; $T_{пз}$; $T_{из}$ - вибираємо з довідника;

Оперативний час $T_{оп}=T_o+T_B=0,07+(0,038+0,024+0,06+0,09) \times 1,85=0,462$ хв

$T_{об.ст}=T_{оп} \times \Pi_{об.від}/100=0,462 \times 6\%/100\%=0,03$ хв

$\Pi_{об.від}$ - витрати часу на відпочинок у відсотковому відношенні до оперативно-го (вибираємо з довідника);

$T_{п-з} = 14$ хв – вибираємо з довідника;

Тоді:

$$T_{шк}=14/1500+0,07+(,038+0,24+0,06+0,09) \times 1,85+0,03=0,492 \text{ хв}$$

Норми часу на виконання інших операцій представлені у зведеній відомості норм часу по операціях (таблиця 2.9.)

Таблиця 2.9 - Зведена відомість норм часу по операціях для шестірні

№ опер	Найменування операції	T_o	T_B			$T_{оп}$	$T_{обсл}$		$T_{отд}$	$T_{шт}$
			$T_{уст}$	$T_{пер}$	$T_{изм}$		$T_{тех}$	$T_{орг}$		
010	Токарна	5,64	0,46	0,3	0,55	6,95	0,49			7,44
025	Протяжна	1,49	0,8	-	0,09	2,29	0,18			2,47
030	Токарна	1,48	0,23	0,5	1,01	1,71	0,065	0,04	0,03	1,85
040	Фрезерна	2,56	0,2	0,1	0,57	3,43	0,31			3,74
045	Фрезерна	2,76	0,2	-	0,19	3,17	0,29			3,46
065	Зубофрезерна	33,3	0,27	-	0,11	33,68	2,69			36,37
075	Зубошлифувальна	119	0,27	-	0,7	120,0	9,6			129,6
110	Шліфувальна	1,1	0,26	-	0,19	1,55	0,12			1,67

					КНУ.КБР.131.25.1-02.02.ТПВВ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

2.8 Обґрунтування параметрів різальних інструментів для механічної обробки деталі шестерня

Обґрунтування параметрів різальних інструментів для механічної обробки деталі типу шестерня є критично важливим етапом у технологічному процесі виготовлення, адже від правильного вибору інструменту залежить точність, чистота поверхні, продуктивність і довговічність обладнання. Зробимо обґрунтування параметрів черв'ячної фрези для нарізання зубців шестерні з модулем 2,5 мм із сталі 18Х2Н4МА на зубофрезерному верстаті.

Вихідні дані:

Тип обробки: зубофрезерування методом обкатки

Інструмент: черв'ячна фреза

Модуль шестерні (m): 2,5 мм

Матеріал заготовки: сталь 18Х2Н4МА (після термообробки, HRC ~30)

Тип верстата: зубофрезерний з горизонтальною або вертикальною віссю
наприклад, 5К310

Серійність виробництва: серійне

1. Вибір інструменту – черв'ячна фреза Основні параметри фрези:

Параметр	Значення
Тип інструменту	Черв'ячна фреза
Модуль фрези	2,5 мм
Кут профілю зуба	20° (евольвентний профіль)
Матеріал фрези	Твердий сплав (ВК8, Т15К6) або Р6М5 при меншій твердості деталі
Кількість заходів (західність)	1–3 (залежить від продуктивності й точності)
Кількість витків фрези	3–10 витків
Кількість зубів (ножів)	Залежить від діаметра фрези
Покриття	TiN або TiAlN (рекомендовано)

2. Режими різання (для черв'ячної фрези по сталі 18Х2Н4МА)

Параметр	Орієнтовне значення
Швидкість різання V _c	20–30 м/хв (для Р6М5), до 50 м/хв (для твердого сплаву)
Подача на оберт S	0,08–0,18 мм/об (на один ніж фрези)
Глибина різання t	2,0–2,5 мм (за модулем, одноразово)
Число проходів	1 (можливе дворазове з чорновим і чистовим проходом)
Охолодження	Обов'язкове: емульсія або мастильно-охолоджувальна рідина (МОР)

					КНУ.КБР.131.25.1-02.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обґрунтування вибору

Черв'ячна фреза має безперервний контакт з оброблюваною поверхнею, забезпечує високу точність форми зуба, кращу шорсткість, і вищу продуктивність.

При модулях до 3 мм черв'ячна фреза є економічно доцільною для серійного виробництва.

Матеріал фрези: твердий сплав рекомендований для обробки сталі 18Х2Н4МА після термообробки через зносостійкість. Р6М5 — тільки для менш твердих заготовок.

Кількість заходів (1–3) обирається залежно від необхідної точності та типу обробки (чорнова/чистова).

Охолодження необхідне для уникнення перегріву і збільшення ресурсу фрези.

4. Якість і точність

Показник	Значення
Клас точності зубців	7–8 (за ДСТУГОСТ 1643), може досягати 6-го при чистовому проході
Шорсткість поверхні	$R_a = 1.6\text{--}3.2\text{ мкм}$
Похибка профілю зуба	Мінімальна — завдяки обкатному фрезеруванню

Висновок

Для нарізання зубців шестерні з модулем 2,5 мм зі сталі 18Х2Н4МА доцільно використовувати черв'ячну фрезу з твердого сплаву, з параметрами:

$V_c = 25\text{--}40\text{ м/хв}$

Подача $s = 0.1\text{--}0.15\text{ мм/об}$

Охолодження — емульсія

2 проходи, залежно від вимог до точності

Такий вибір дозволяє досягти високої точності зубчастої передачі, оптимальної продуктивності, і довговічності інструменту.

Ось оптимальний варіант інструмента від Sandvik Coromant для нарізання зубців шестерні з модулем 2,5 мм:

Sandvik CoroMill 161 InvoMilling cutter Ø 80 mm, CW 2.5 mm

Тип: індексована дискова фреза (InvoMilling™)

Модуль: 2–4 мм, підходить і для модулю 2,5 мм (згідно серії CoroMill 161)

Ширина різання (CW): 2.5 мм, Ø 80 мм, 12 зубців (CoroCut XS inserts)

Тип кріплення: стандартний ISO 6462, максимальні обороти 10 000 об/хв

Якість: точність до класу 6 за DIN (InvoMilling™) – забезпечує високу точність та повторюваність

Також можемо проаналізувати зарубіжні аналоги, наприклад, для модуля 2,5 мм • високоточна InvoMilling™, Sandvik CoroMill 161 Ø 80 mm CW 2.5 mm

					КНУ.КБР.131.25.1-02.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1)варіант CoroMill 161:

Флексибільність – підходить для різних профілів без заміни інструменту, добре для дрібносерій та прототипів

Висока точність – відповідає DIN 6 завдяки технології InvoMilling™ Ефективна обробка – 12 зубців забезпечують плавний контакт і високий ресурс фрези

Рекомендовані режими для сталі 18X2H4MA (HRC ~30)

Параметр	Значення
Vc	30–50 м/хв (рекомендовано для твердого сплаву CoroCut XS)
s (подача)	0,1–0,15 мм/об на зуб (≈0,12–0,18 мм/об для фрези з 12 зубцями)
t (глибина)	до 2,5 мм (ширина CW забезпечує повний профіль)
Оберти	≈1200–1600 об/хв (Vc / πD)
Проходи	1 чорновий + 1 чистовий (за потреби)
Охолодження	обов'язково: МОР або масляна емульсія; рекомендовано внутрішнє під тиском

InvoMilling™ технологія від Sandvik дозволяє швидко приступати до обробки без чекання на специфічні фрези під кожен профіль. Фреза з твердого сплаву витримує підвищені навантаження сталі 18X2H4MA та забезпечує добру шорсткість й точність.

Інструмент забезпечує високу ефективність і довговічність завдяки індексованим зубцям.

					КНУ.КБР.131.25.1-02.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 РОЗРОБКА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ НА ВЕРСТАТ З ЧПК В CAD/CAM системі – Future CAM.

Деталь – шестірня

Матеріал – сталь 18Х2НМА ДСТУ7806:2015

Базові поверхні – торці і центрові отвори.

Технологічне устаткування –Токарний Southwestern Industries TRAK TRL 1630SX, Пристосування – Патрон 7102-0073, центр рифлений конус Морзе 4.

Верстатним пристроєм є трьохкулачковий патрон з незалежним переміщенням кулачків, який розташовується на шпинделі верстата. Інструментальним пристроєм є різдетримач з циліндричним хвостовиком з перпендикулярним відкритим пазом для верстатів з ЧПК за ОСТ2 П15-3-84.

Різець прохідний 2102-0075 Т15К6ДСТУ ГОСТ 18877-73; різець прохідний 2103-0075 Т15К16 ДСТУГОСТ 18879-73; різець спеціальний канавковий; різець спеціальний канавковий; різець різьбової.

Склад операції

Токарна з ЧПК

А. установка, закріплення

Точити пов. з підрізуванням торця

Точити виточення

Точити канавку

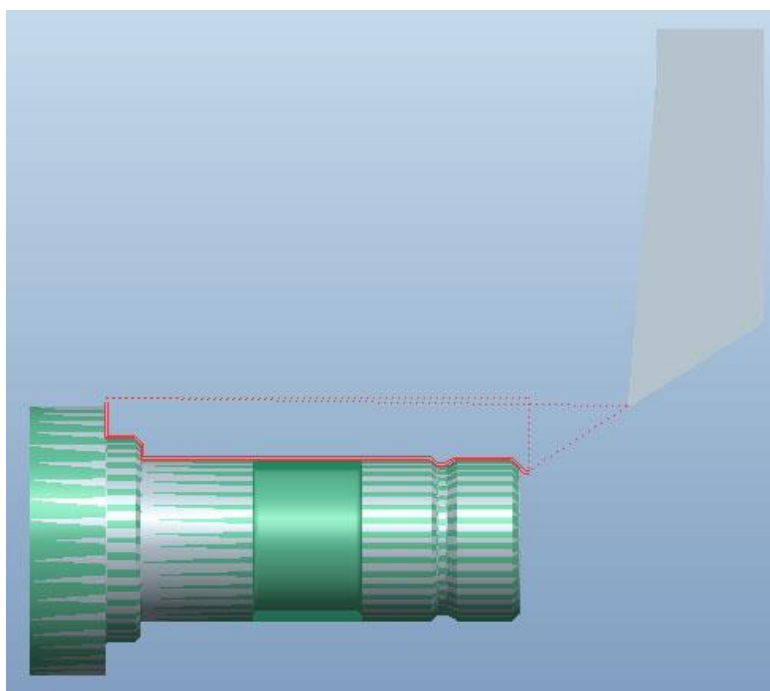
Підрізати фаски

Нарізати різьблення

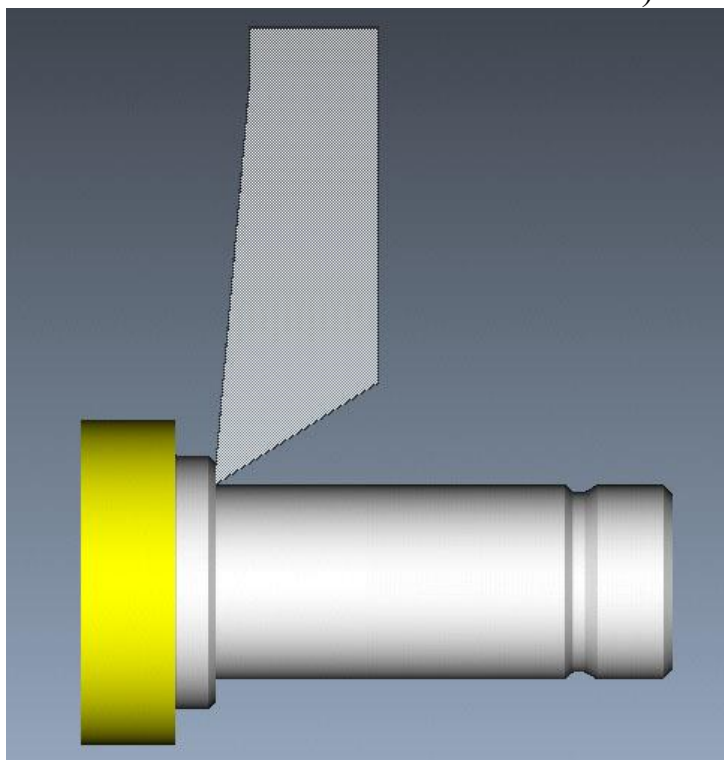
підрізати фаску

Для створення керуючої програми застосовуємо CAD/CAM систему – Future CAM. Отримані траєкторії при створенні керуючої програми, а також твердотільну симуляцію обробки зображуємо на рисунках 3.1–3.3.

					КНУ.КБР.131.25.2-02.03.РКП			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Вербицький				РОЗРОБКА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Кіянський						1	1
Н. Контр.	Нечаєв							
Затв.	Рязанцев					Каф.ТМ, ПМ-22ск		



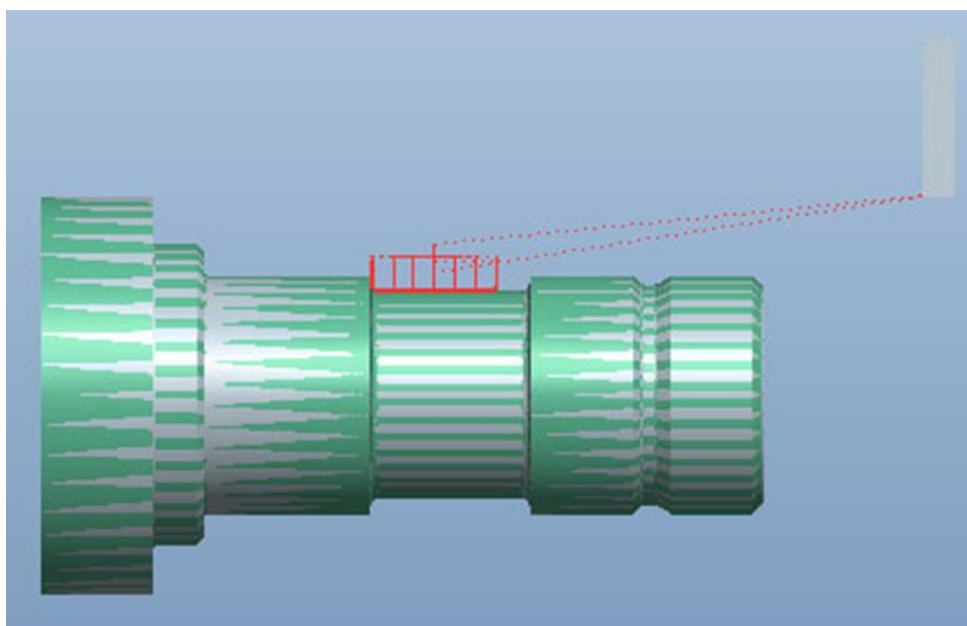
а)



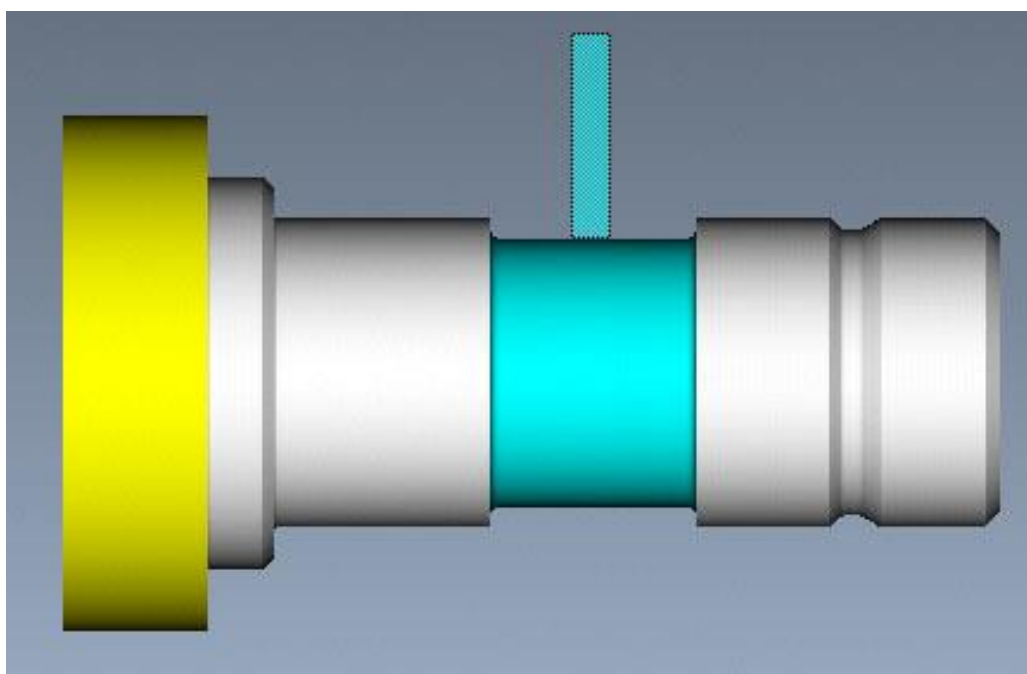
б)

Рисунок 3.1- Точіння циліндричних поверхонь а) траєкторія руху; б) твердотільна симуляція

					КНУ.КБР.131.25.1-02.03.РКП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



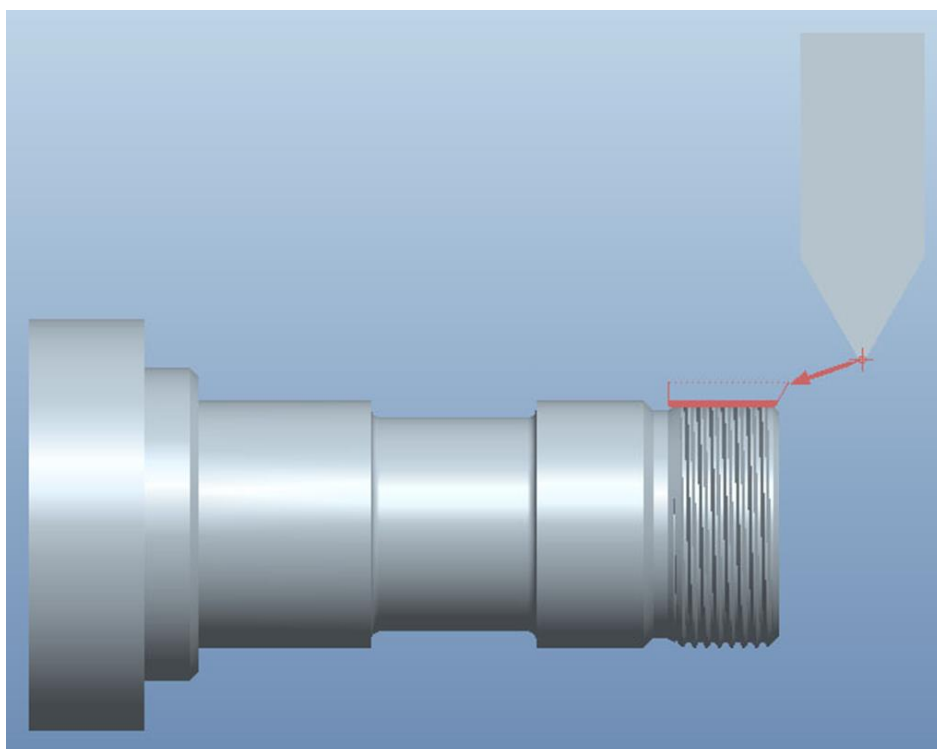
а)



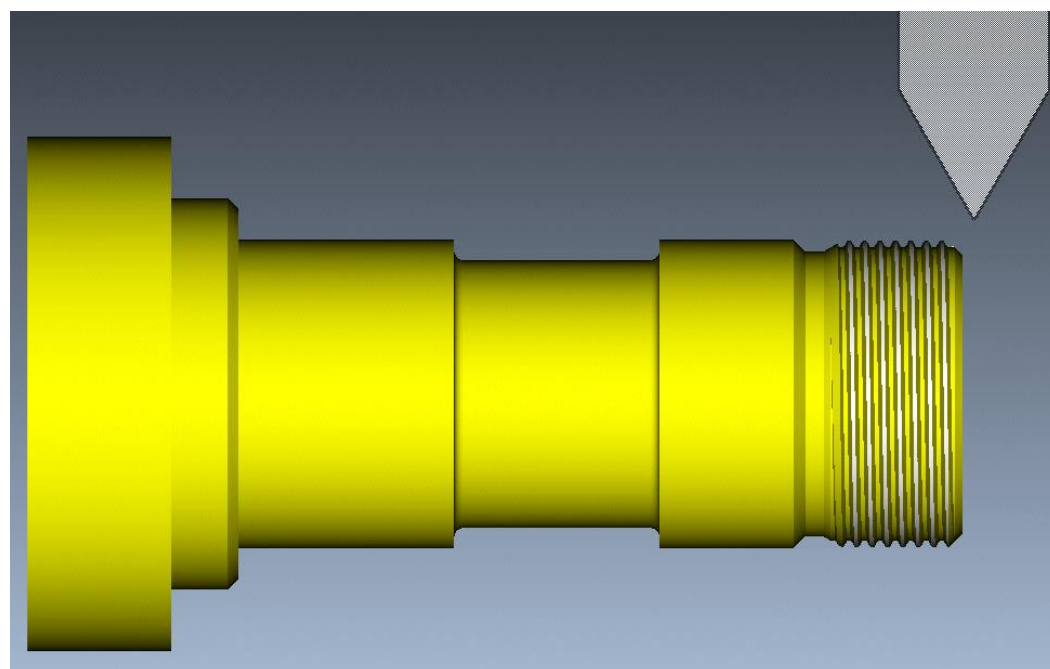
б)

Рисунок 3.2- Точіння канавки: а) траєкторія руху; б) твердотільна симуляція

					КНУ.КБР.131.25.1-02.03.РКП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



а)



б)

Рисунок 3.3- Нарізання різьби: а) траєкторія руху; б) твердотільна симуляція

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.25.1-02.03.РКП

Арк.

Виводимо текст керуючої програми на дану обробку деталі:

N1 G54	N50 Z-41.5
N2 T1 D1	N51 X34.918 F5.
N3 G96 M4 S200	N52 G0 Z-46.7
N4 G0 X60. Z20. M108	N53 G1 X26.6 F.15
N5 G0 X50.	N54 Z-44.1
N6 G0 X26. Z1.559	N55 X34.918 F5.
N7 G1 Z.973 F.2	N56 G0 Z-36.3
N8 X31. Z-1.527	N57 G1 X26.6 F.15
N9 Z-12.19	N58 Z-38.9
N10 X28.7 Z-14.19	N59 X34.918 F5.
N11 Z-15.377	N60 G0 Z-49.3
N12 X31. Z-16.527	N61 G1 X28. F.15
N13 Z-70.	N62 G3 X26.6 Z-48.6 CR=.7
N14 X35.946	N63 G1 Z-46.7
N15 X39. Z-71.527	N64 X34.918 F5.
N16 Z-76.5	N65 G0 Z-33.7
N17 X51.126	N66 G1 X28. F.15
N18 G1 X53.126	N67 G2 X26.6 Z-34.4 CR=.7
N19 G0 Z1.559	N68 G1 Z-36.3
N20 G0 X25.	N69 X34.918 F5.
N21 G1 Z.766 F.2	N70 G0 Z-49.5
N22 X30. Z-1.734	N71 G1 X33.368 F1.
N23 Z-12.057	N72 X30.368 F5.
N24 X27.794 Z-13.976	N73 X27.8 F.15
N25 G2 X27.7 Z-14.15	N74 G3 X26. Z-48.6 CR=.9
CR=.35	N75 G1 Z-41.5
N26 G1 Z-15.439	N76 X26.22 F5.
N27 G2 X27.906 Z-15.687	N77 G0 X30.768
CR=.35	N78 G0 X33.368
N28 G1 X30. Z-16.734	N79 G0 Z-33.5
N29 Z-70.5	N80 G1 X30.368 F5.
N30 X35.532	N81 X27.8 F.15
N31 X38. Z-71.734	N82 G2 X26. Z-34.4 CR=.9
N32 Z-77.	N83 G1 Z-41.5
N33 X51.126	N84 X26.22 F5.
N34 G1 X53.126	N85 G0 X30.768
N35 G0 X50. Z20.	N86 G0 X50. Z20.
N36 M9	N87 M9
N37 T2 D1	N88 M5
N38 G96 M4 S150	N89 M30
N39 G0 X50. Z20. M108	
N40 G0 X37.918 Z-41.5	

					КНУ.КБР.131.25.1-02.03.ПКП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

N41 G1 X34.918 F5.
N42 X26.6 F.15
N43 X34.918 F5.
N44 G0 Z-44.1
N45 G1 X26.6 F.15
N46 Z-41.5
N47 X34.918 F5.
N48 G0 Z-38.9
N49 G1 X26.6 F.15

					КНУ.КБР.131.25.1-02.03.РКП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ

Розроблене пристосування призначене для фрезерування шпонкових пазів у деталі шестірн-привідна на вертикально-фрезерному консольному верстаті 6Р13.¶

Тому що в деталі задана база $\varnothing 30 \text{ кб}$, для одержання необхідної точності обробки цю поверхню необхідно прийняти за базу. При цьому $\varnothing 30$ буде на прямою базою, а торець - упорної. Практична реалізація схеми базування полягає в наступному: деталь установлюється на спеціальну довгу призму двома шийками $\varnothing 30$ (одержуємо 4 точки базування). Торцем деталь упирається в опору зі сферичною головкою (одна точка опори). Зверху деталь притискається пневматичним притиском. Таким чином, деталь надійно закріплена у верстатному пристосуванні.¶

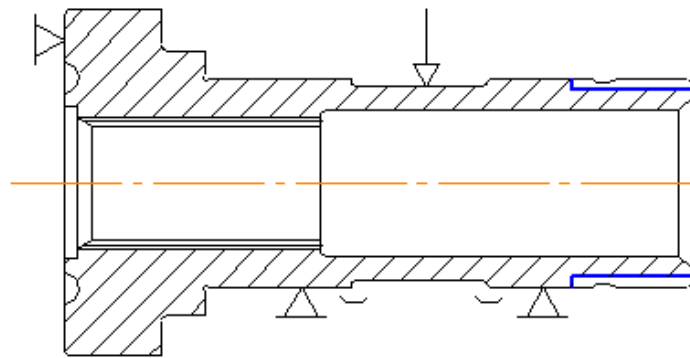


Рисунок 4.1 – Теоретична схема базування шестірні привідної

Погрішність базування в призмах при виконанні розмірів h і L при обробці шпонкового паза буде дорівнює:

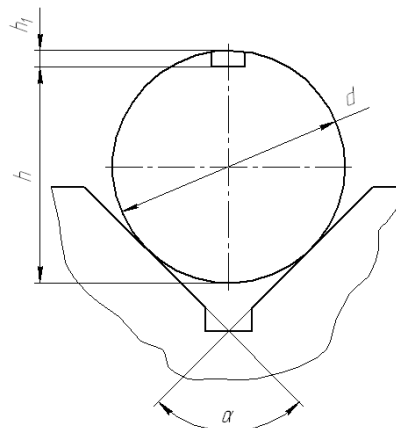


Рисунок 4.2- Схема розташування деталі у призмі

					КНУ.КБР.131.25.2-02.04.ПТО		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-	ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ		
Розроб.	Вербицький						
Перевір.	Кіяновський				Каф.ТМ, ПМ-22ск		
Н. Контр.	Нечаєв						
Затв.	Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Аркушів
						1	1

$$\epsilon_{\delta} = \frac{T_d}{2} \cdot \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} - 1 \right); \quad (4.1)$$

де: $T_d=0,021$ - допуск на діаметр вала.

α – кут у призмі $\alpha=90^\circ$;

$$\epsilon_{\delta} = \frac{0,06}{2} \cdot \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} - 1 \right) = 0,012 \text{ мм}$$

Таким чином, погрішність базування дорівнює $\epsilon_{\delta}=0,012$ мм.

Сила затискача:

$$W = \frac{k}{f} \cdot \sin \alpha \cdot \sqrt{P_x^2 + P_z^2 + P_y^2}; \quad (4.2)$$

де: k - коефіцієнт запасу;

f - коефіцієнт тертя на робочих поверхнях для гладких затискачів;

P_x, P_y, P_z - сили різання.

P_z при фрезеруванні визначається по формулі:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^{n \cdot z}}{D^q \cdot n^w} \quad (4.3)$$

$P_z=267,9$ Н, інші складові:

$$P_y = P_z \cdot 0,4 = 267,9 \cdot 0,4 = 107,16 \text{ Н};$$

$$P_x = P_z \cdot 0,5 = 267,9 \cdot 0,5 = 133,95 \text{ Н}.$$

Сила затискання:

$$W = \frac{3,24}{0,25} \cdot \sin 90^\circ \cdot \sqrt{267,9^2 + 107,16^2 + 133,95^2} = 4,122 \text{ кН};$$

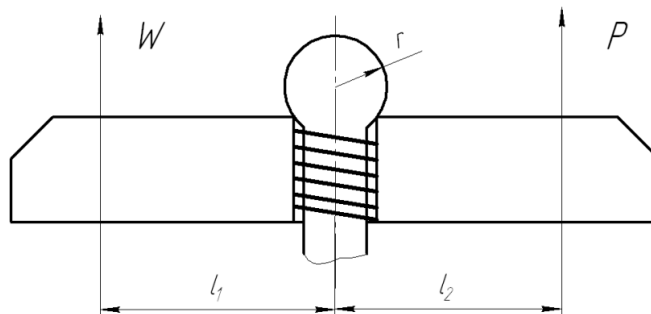


Рисунок 4.3- Схема розташування зусиль

$$P = W \cdot \frac{l_1}{l_2 + 1,41 \cdot r \cdot f_0} \quad (4.4)$$

$$P = 4,122 \cdot \frac{0,4}{0,4 + 1,41 \cdot 0,1 \cdot 0,15} = 3,915 \text{ кН}$$

Визначимо необхідний діаметр пневмоциліндра, необхідного для одержання розрахованої сили затискання, по формулі:

$$d = \sqrt{\frac{P}{p \cdot \eta} + d^2}; \quad (4.5)$$

					КНУ.КБР.131.25.1-02.04.ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де: $p=0,5\text{МПа}$;

$\eta = 0,85 \dots 0 \dots 0,95$;

$D=20\text{ мм}$ - діаметр штока;

$$d = \sqrt{\frac{3.915}{0.5 \cdot 0.9}} + 2^2 = 4.6 \text{ см.}$$

де $\epsilon_\delta=0,012\text{ мм}$;

$\epsilon_3=0,045\text{ мм}$ для закріплення в пневматичному пристосуванні по обробленій поверхні;

$\epsilon_B=0$, тому

$$\epsilon_{\text{и}} = \frac{u}{\sin \alpha}; \quad (4.6)$$

$$u = u_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot \left(\frac{N}{N_0} \right); \quad (4.7)$$

$u_0=0,115$ – для призми зі сталі 40Х;

$k_1=0,97$ – при обробці незагартованих сталей;

$k_2=1,25$ – при обробці на верстаті;

$k_3=0,94$ – для фрезерування сталі з охолодженням;

$k_4=2,4$ для $N=10 \times 10^3$;

$u = 0.115 \cdot 0.97 \cdot 1.25 \cdot 0.94 \cdot 2.4 \cdot 10 \cdot 10^3 / 100 \cdot 10^{-3} = 0.027$;

$$\epsilon_{\text{и}} = \frac{0.027}{\sin 45} = 0.038$$

$\epsilon_{\text{и}}=0.039$ для фрезерування по 8-му квалітеті;

Припустима погрішність пристосування визначимо по формулі:

$$[\epsilon_{\text{пр}}] = T - k_T \cdot \sqrt{(k_{T_1} \cdot \epsilon_\delta)^2 + \epsilon_3^2 + \epsilon_y^2 + \epsilon_{\text{п}}^2 + \epsilon_{\text{пи}}^2 + (k_{T_2} \cdot \omega)^2}; \quad (4.8)$$

Підставивши дані, одержимо:

$$[\epsilon_{\text{пр}}] = 0,250 - 1,1$$

$$\cdot \sqrt{(0,8 \cdot 0,012)^2 + 0,045^2 + 0^2 + 0,038^2 + 0^2 + (0,7 \cdot 0,039)^2} \\ = 0,178 \text{ мм};$$

Тоді сумарна погрішність визначається по формулі:

$$\epsilon_\Sigma = \sqrt{\epsilon_{\text{уст}}^2 + \epsilon_{\text{обр}}^2 + \epsilon_{\text{пр}}^2}; \quad (4.9)$$

$$\epsilon_{\text{уст}} = \sqrt{\epsilon_{\text{баз}}^2 + \epsilon_{\text{закр}}^2 + \epsilon_{\text{и}}^2 + \epsilon_y^2}; \quad (4.10)$$

$$\epsilon_{\text{уст}} = \sqrt{0,012^2 + 0,045^2 + 0^2 + 0,038^2} = 0,060 \text{ мм};$$

Тоді сумарна погрішність дорівнює:

$$\epsilon_\Sigma = \sqrt{0,06^2 + 0,01^2 + 0,178^2} = 0,188$$

					КНУ.КБР.131.25.1-02.04.ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тому що сумарна погрішність 0,188 менше допуску на одержуваний розмір, то необхідна точність буде отримана.

Пристосування складається зі звареного корпусу, на якому встановлена призма, у яку ставиться оброблена деталь. У стійці корпусу є упор, призначений для упору деталі торцем щоб уникнути лінійного переміщення шестірні приводної під дією сил різання. Затискання деталі здійснюється пересувним притиском, що з'єднаний через опору з поршнем пневмопривода.

Для фіксації положення шпонкового паза застосовується підпружинений фіксатор.

Принцип дії пристосування такий: Необхідно установити заготовку на призму, довести її до упору. Притримуючи заготовку, повернути прихват і розташувати його над виточенням деталі Ø29,5. Включити кран пневмоциліндра (відбувається затискання деталі). Зробити фрезерування паза. Виключити кран пневмоциліндра.

Тому що циліндр одnobічної дії, то при припиненні подачі повітря під дією пружини відбувається розжим деталі. Повертаємо деталь по призмі на 180°, поки не відбудеться заклинювання (підпружинений фіксатор не зайде в тільки що оброблений паз).

Цим ми орієнтуємо оброблені пази один відносно одного. Включаємо кран пневмосистеми, відбувається затискання. Обробляємо другий паз. Далі виключаємо кран, відбувається розжим. Відводимо прихват і знімаємо оброблену деталь.

					КНУ.КБР.131.25.1-02.04.ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВАРІАНТІВ МАРШ- РУТУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Проводимо економічне порівняння двох варіантів обробки деталі за допомогою програмного продукту Economical Linksmoon (рисунки 5,1; 5,2; 5,3; 5,4).

Розрахуємо технологічну собівартість за варіантом заготовки - однако-
ві, верстати різні (три верстати 16K20 порівнюється з верстатом Токарний
Southwestern Industries TRAK TRL 1630SX).

Трудоёмкость	Базовый вариант	Станок с ЧПУ		
Годовой объём выпуска деталей, шт	1000	1000	Далее Назад Выход	
Штучное время обработки детали, мин	417.45	264.58		
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	316000	396000		
Масса станка, т				
	9.8	6		

Рисунок 5.1-Перший кадр програми Economical Linksmoon

					КНУ.КБР.131.25.2-02.05.ТЕО				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Вербицький			ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ		Лім.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Кіяновський						1	1
Н. Контр.		Нечаєв					Каф.ТМ, ПМ-22ск		
Затв.		Рязанцев							

Входные данные

Стоимость помещения		
Площадь станка по габаритам	16.29	29.25
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.	5.598	5.598
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

Далее

Назад

Выход

Рисунок 5.2 – Другой кадр програми Economical Linksmoon

Входные данные

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

Далее

Назад

Выход

Рисунок 5.3-Третий кадр програми Economical Linksmoon

Входные данные

Версия программы от 17.10.2005

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

1692,11 грн

Срок окупаемости, лет

1,37 лет

Разработано на основе "Методических указаний ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ СТАНКОВ С ЧПУ".

Составители: проф. Марутов В.А.; ст.преп. Цывинда Н.И., Криворожский Технический Университет

Далее

Назад

Выход

Программный продукт разработан
Linksmoon

Рисунок 5.4-Підсумки

З кадрів програми видно, що економічний ефект введення верстату з ЧПК складає 1692,11гр. А термін окупності проекту складає 1,37 років. Отже введення верстату 16K20Ф3 є доцільним та аргументованим, бо зменшується час обробки, підвищується точність, є можливість налаштування верстата на виробництво інших деталей, що перекине витрати на купівлю і обслуговування верстата.

					КНУ.КБР.131.25.1-02.05.ТЕО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

ВИСНОВКИ

За результатами виконаної роботи пропонується:

1. Заготівлі деталей складної форми одержувати штампуванням для зменшення кількості витраченого матеріалу й поліпшення структури й фізико-механічних властивостей металу деталей.

Запропоновано застосувати прогресивні методи одержання заготовки - штампування на горизонтально-кувальній машині й визначені мінімальні припуски на механічну обробку, що дозволило підвищити коефіцієнт використання матеріалу шестірні привідної з 0,28 до 0,36, а так само дозволило знизити час механічної обробки на 10%.

2. З огляду на, що тип виробництва в цеху середньосерійний, пропонується при виготовленні деталей використане сучасне прогресивне встаткування зі ЧПК, що дозволяє максимально використати принцип концентрації операцій на одному робочому місці.

Економічне обґрунтування застосування в технологічному процесі верстатів із програмним керуванням довело:

- підвищення продуктивності праці на 11%, за рахунок зниження основного й допоміжного часу на обробку, тому що весь цикл обробки автоматизований;

- підвищення точності обробки на складних і трудомістких операціях, що збільшує термін служби агрегатів.

					КНУ.КБР.131.25.1-02.В	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

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

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ЗАСВІДЧУЮЧИХ АР-
КУШІВ**

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

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

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення де-
талі «Шестірня» та обґрунтування параметрів ріжучих інструментів
за допомогою CAD/CAM/CAE систем

Проектував ст.гр. ПМ-22ск

Вербицький М.В.

Керівник роботи

д.т.н., проф. Кіяновський
М.В.

Нормоконтроль

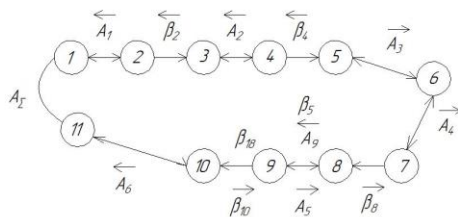
/ к.т.н., доц. Нечаєв В.П. /

Завідувач кафедри

/ к.т.н., доц. Рязанцев А.О. /

Кривий Ріг
2025 р

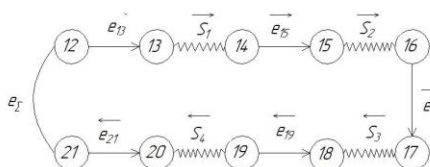
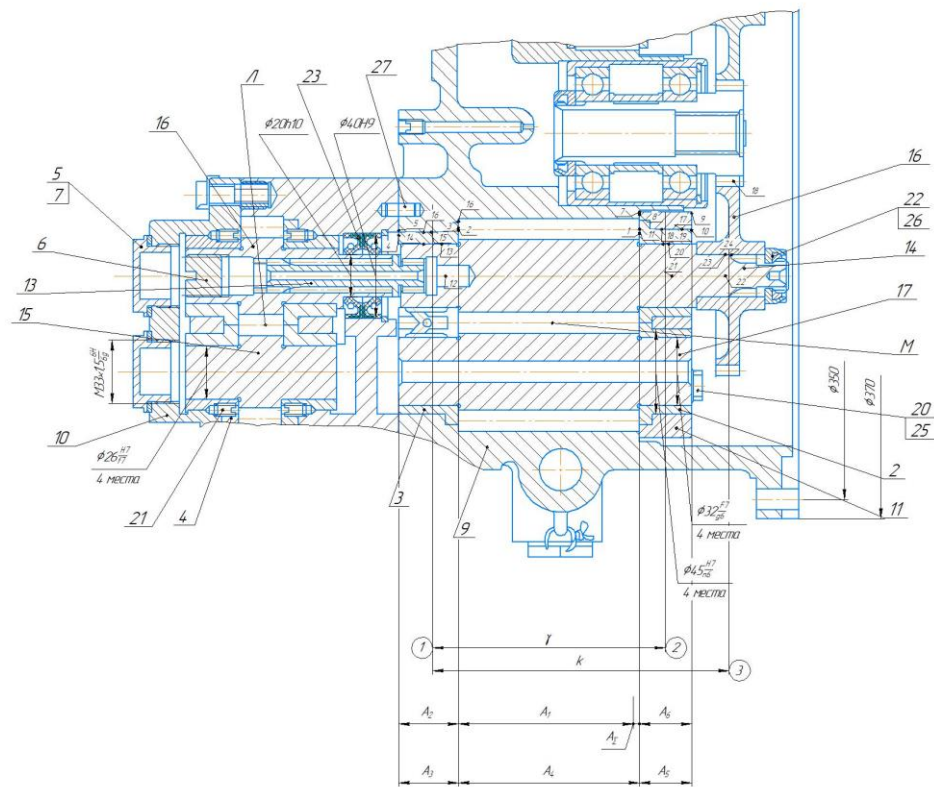
№ рядка	Формат	Позначення			Назва	Кіл. листів	Прим.		
1									
9					<u>Графічна частина</u>				
10									
11	A1	КНУ.КБР.131.25.2-02.СВ			Складальний вузол	1			
12	A1	КНУ.КБР.131.25.2-02.Ш			Шестірня	1			
14	A2	КНУ.КБР.131.25.2-02. ШПШ			Шестірня (поковка штампова- на)	1			
15	A3	КНУ.КБР.131.25.2-02.РА			Розмірний аналіз	1			
16	A1	КНУ.КБР.131.25.2-02.НТ			Наладки технологічні шестірні привідної	2			
17	A3	КНУ.КБР.131.25.2-02.ПТ			Програмування технологічної Операції в САМ системі	1			
18	A1	КНУ.КБР.131.25.2-02.ВП			Верстатний пристрій	1			
21									
22									
23									
					КНУ.КБР.131.25.2-02.ВЗА				
Зм.	Літ	№ докум.	Підп	Да- та					
Розробив		Вербиць- кий			ВІДОМІСТЬ ЗА- СВІДЧУЮЧИХ АР- КУШІВ	Літера	Лист	Листів	
Керівник		Кіяновський				д	т	1	1
Консулт.						Кафедра ТМ, гр ПМ-22ск			
Н.контр		Нечаєв							
Завердив		Рязанцев							



Лінійний розмірний ланцюг А:
мета – забезпечити зазор між втулкою та шестернею

Метод пригонки

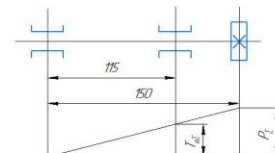
Ланка	Значення
A ₁	65 ^{+0,012} _{-0,012}
A ₂	30 ^{+0,050} _{-0,044}
A ₃	30 ^{+0,052} _{-0,052}
A ₄	65 ^{+0,088} _{-0,088}
A ₅	30 ^{+0,052} _{-0,052}
A ₆	30 ^{+0,042} _{-0,042}



Кутовий розмірний ланцюг γ:
ланцюг – визначення відносного зміщення підшипника ковзання.

Ймовірнісний метод

Ланка	Значення
S ₁	φ32 ^{+0,010} _{-0,008}
S ₂	φ45 ^{+0,010} _{-0,007}
S ₃	φ45 ^{+0,010} _{-0,007}
S ₄	φ32 ^{+0,010} _{-0,008}



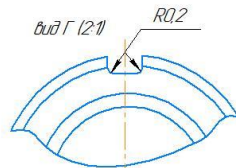
Кутовий розмірний ланцюг κ:
мета – визначення відносного перекошування в зубчастому зачепленні.

Ймовірнісний метод

Ланка	Значення
γ _ε	0,053
ρ _i	0,069

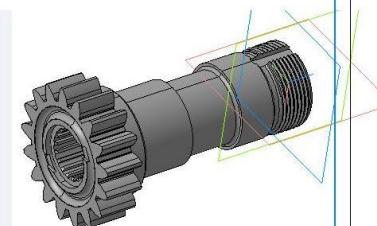
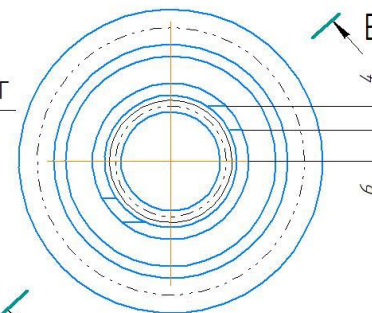
- 1.Робоча рідина –мастило для газових турбін
- 2.Максимальна частота обертання 134,3с⁻¹ (8060об/хв)
- 3.Боковий зазор між зубами привідних шестерен не більше 0,14мм
- 4.Продуктивність насосів при максимальній частоті обертання-0,15 МПа

КНУ.КБР.131.25.2-02М			
Маслостанція (фрагмент)			
Дет.	Маса	Маса	Маса
11			
Карандаш ТМ 20/ПМ-220х			
Формат А1			



число зубів	z	18	
модуль	m	1	
вигідний контур	кут профілю коєф. висоти головки коєф. радіального зазора	α γ^* ζ^*	30 0.75 0.2
ступінь точності по І255.102.070-86	-	-	2
розмір по роликам $D=18$	M	$15.23_{-0.01}^{+0.01}$	
допуск на радіальне біття	F_r	0.10	
допуск на напрямку збита	F_{β}	0.025	
базо	-	-	A

	число зубів	Z	17
	модуль	$\sqrt{Ra}$	$\sqrt{12,5}$
	вихідний контур	—	дату ISO 3302
	коэф. зміцнення вихідного контура	x	0,53
	ступінь точності	—	7-6-6- $\frac{1}{4}$
	довжина загальної нормалі	W	$19,95^{+0,05}_{-0,16}$
допуск на	радіальне відхил. зубчатого вінця	F_r	0,036
	коливання довжини загальної нормалі	F_{v1}	0,022
граничні	кроку зачіплення	$F_{\beta 1}$	0,0095
отклонения	кроку	$F_{\beta 2}$	$\pm 0,010$
	допуск на похибку напружк. зчуда	$F_{\beta 1}$	0,009
	діаметр діальної окружності	d	4,25
	діапаз	—	A

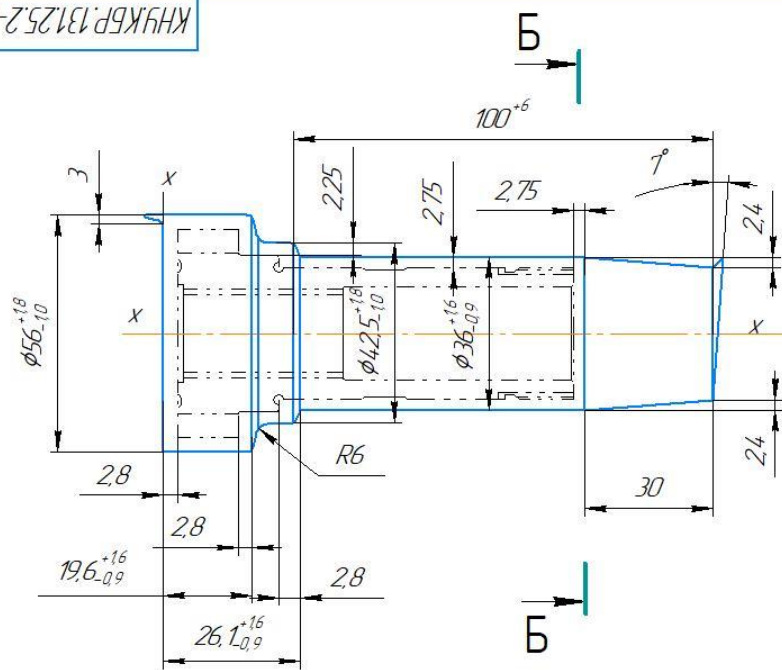


1. На торцях зубів зняти фаски $(0,6-0,8) \text{ мм}$ 45° ; на торцях і вершинах зубів гострі краї притупити радіусом $0,1-0,2 \text{ мм}$ і заполірувати
2. На торцях і вершинах шліца гострі краї закруглити радіусом $0,1-0,2$ і заполірувати
3. На дні западин зубів допускється "чорність" із шорсткістю $Ra0,6$
4. Азотувати накривцю крім різьблення h $0,15-0,25 \text{ мм}$; h $0,1 \text{ мм}$ шліфуваних пов.; HV 650 ; $31\text{Г}388\text{НВ}$ серцевини забезпечити технологічно.
5. Зуби шестірни після азотування не шліфувати
6. * розміри для довідок
7. Незазначені граничні відхилення розмірів, форми і розташування поверхонь валів $h14$; отворів $H14$; інших $IT_{\frac{1}{2}}$

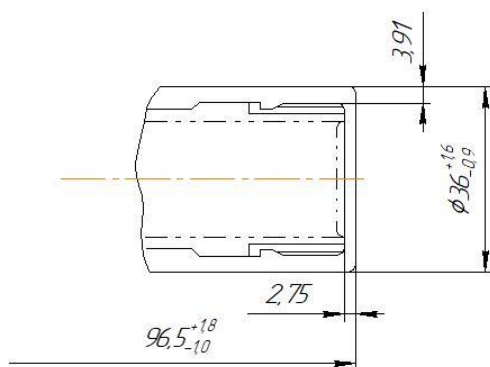
					<i>КНУ.КБР.131.25.2-02...Ш</i>		
					<i>Шестірня</i>		
<i>Вен.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>	<i>Авт.</i>	<i>Маса</i>	<i>Масшт.</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Вердзичський</i>				<i>Q45</i>	<i>2:1</i>
<i>Проб.</i>		<i>Кляновський</i>					
<i>Технотр.</i>					<i>Лист</i>	<i>Листов</i>	
<i>Комп.</i>					<i>Сталь 18Х2Н4МА ДСТУ7806:2015</i>		
<i>Норматр.</i>		<i>Начисл.</i>			<i>кафедра ТМ</i>		
<i>Читб.</i>		<i>Резервув.</i>			<i>до ГИД-22ск</i>		

КНУ.КБР.131.25.2-02.ШПП

✓ Rz 63 (✓)



Виконання хвостової частини після обрізки

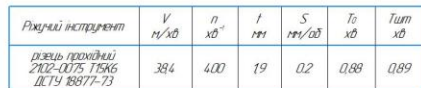
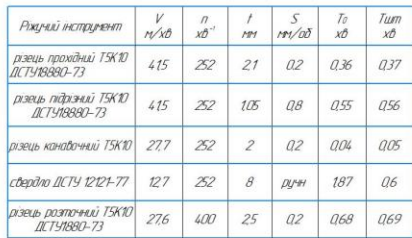


1. Можлива заміна матеріалу на сталь 20Х2Н4А ДСТУ 7806:2015
2. Поверхня заготовки дробеструїти
3. Твердість вимірювати на поверхні А
4. Перед механічної обробкою відрізати хвостову частину в заготовельному відділенні по перетині Б-Б
5. Клас точності – Т5, ступінь складності – 33, група сталі – М3, вихідний індекс – 14
6. Незазначений штампувальний ухил: зовнішній – 5
7. Незазначені радіуси закруглення: зовнішній – 2мм, внутрішній – 6мм
8. Незазначені допуски радіусів закруглення: зовнішній – 2мм, внутрішній – 3мм
9. Величина зсуву по пов. розімання штампа не повинна перевищувати 0.5 мм
10. Відхилення, що допускає, по зігнутості, від площинності і від прямолінійності 0.8мм
11. Висота, що допускає, торцевого заусенця – 4мм
12. Гранична висота заусенця в площині розімання матриці – 1.4мм
13. Контролювати 20% заготовок

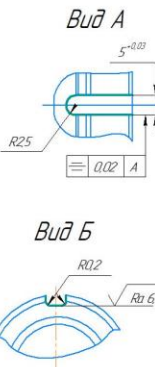
КНУ.КБР.131.25.2-02.ШПП

Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Шестірня привідна (паковка штампована)	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Вербицкий						1.25	1:1
Проб.	Кияновский					Лист	Листов	1
Т.контр.					Сталь 18Х2Н4МА ДСТУ7806:2015	Кафедра ТМ гр.ПМ-22ск		
Авс.						Формат А3		
Н.контр.	Нечасов							
Утв.	Рязанцев							

Капуравал



Рухомий інструмент	V м/хв	n хв ⁻¹	t мм	S мм/хв	T_0 хв	$T_{\text{шт}}$ хв
протяжка	35	-	10		149	24



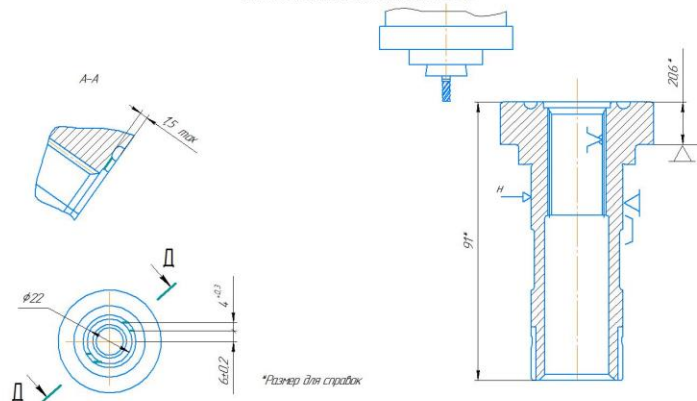
Річний інструмент	V м/хв	n хв ⁻¹	t мм	S мм/хв	T_0 хв	$T_{шт}$ хв
фреза шпорова ЛІСТУ 940-78	15,6	180	26	0,12	256	3,74

[illegible]

КБР.13125.2-02НТ

Операция 065 фрезерная
Верстат вертикально-фрезерный модель 6Р10

√ Ra 12,5

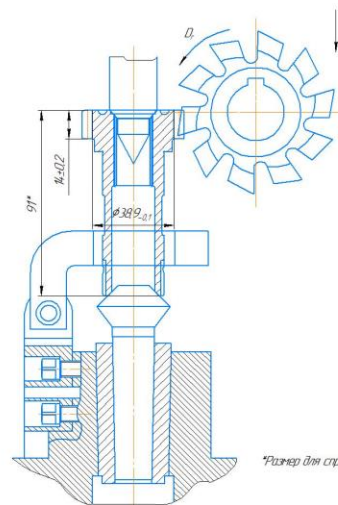


Результат инструмент	V м/хв	n хв ⁻¹	f мм	S мм/об	T ₀ хв	T _{шт} хв
фреза концевая ГОСТ 17025-71	125	180	15	0.06	2.76	3.46

*Размер для справок

Операция 070 зубофрезерная
Станок зубофрезерный модель 5К310

√ Ra 3,2



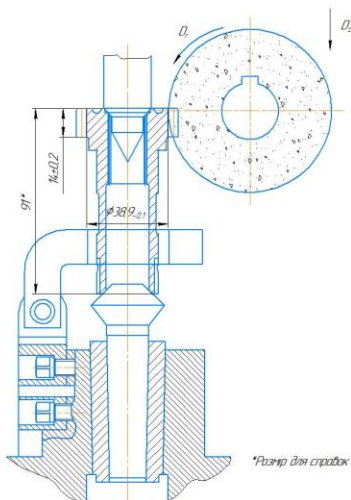
число зубьев	z	17
модуль	m	2,5
внешний контур	-	ДТ500 010001
контур зацепления	x	0,53
внутренний контур	-	7-6-6-B
допуск на заготовку	W	19.95 ^{+0.08} _{-0.8}
допуск на разность длин зубчатого венца	F _r	0.036
коэффициент погрешности	F _α	0.022
допуск на погрешность	f _α	0.0095
допуск на погрешность	f _β	±0.010
допуск на погрешность	f _β	0.009
диаметр делительной окружности	d	4,25
база	-	A

Результат инструмент	V м/хв	n хв ⁻¹	f мм	S мм/об	T ₀ хв	T _{шт} хв
фреза червячная	60	-	55	0.1	33.3	36.37

*Размер для справок

Операция 075 зубошлифовальная
Станок зубошлифовальный модель 5843Е

√ Ra 0,80



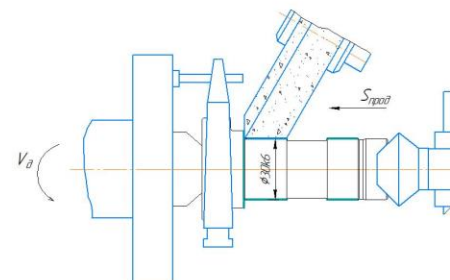
число зубьев	z	17
модуль	m	2,5
внешний контур	-	ДТ500 010001
контур зацепления	x	0,53
внутренний контур	-	7-6-6-B
допуск на заготовку	W	19.95 ^{+0.08} _{-0.8}
допуск на разность длин зубчатого венца	F _r	0.036
коэффициент погрешности	F _α	0.022
допуск на погрешность	f _α	0.0095
допуск на погрешность	f _β	±0.010
допуск на погрешность	f _β	0.009
диаметр делительной окружности	d	4,25
база	-	A

Результат инструмент	V м/с	n хв ⁻¹	f мм	S мм/об	T ₀ хв	T _{шт} хв
колесо шлифовальное специальное	30	-	0.1	25	119	129.6

*Размер для справок

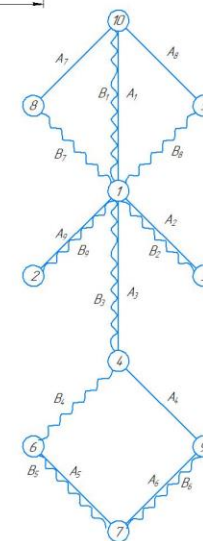
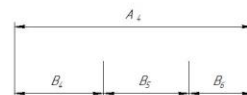
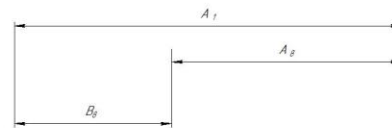
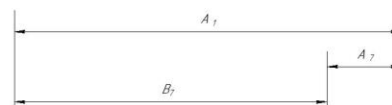
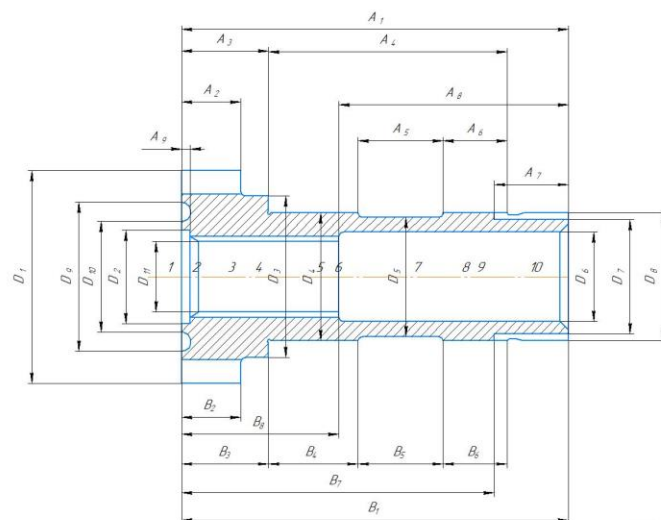
Операция 110 круглошлифовальная
Станок круглошлифовальный модель 3М151

√ Ra 0,80



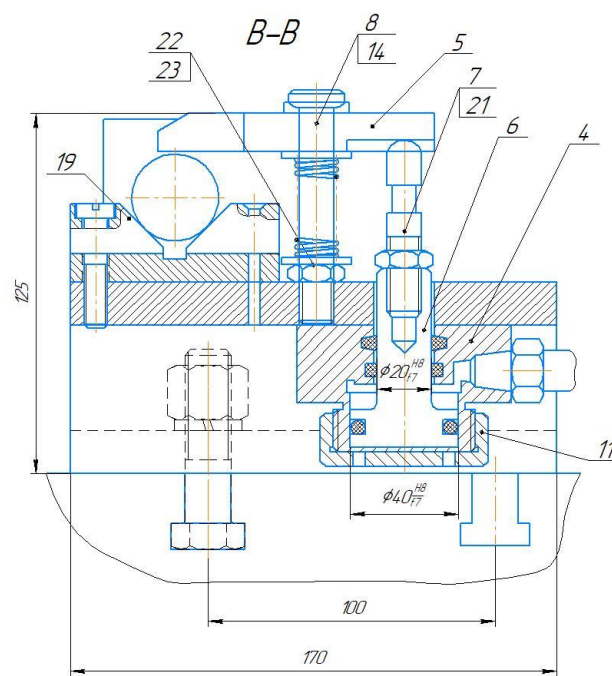
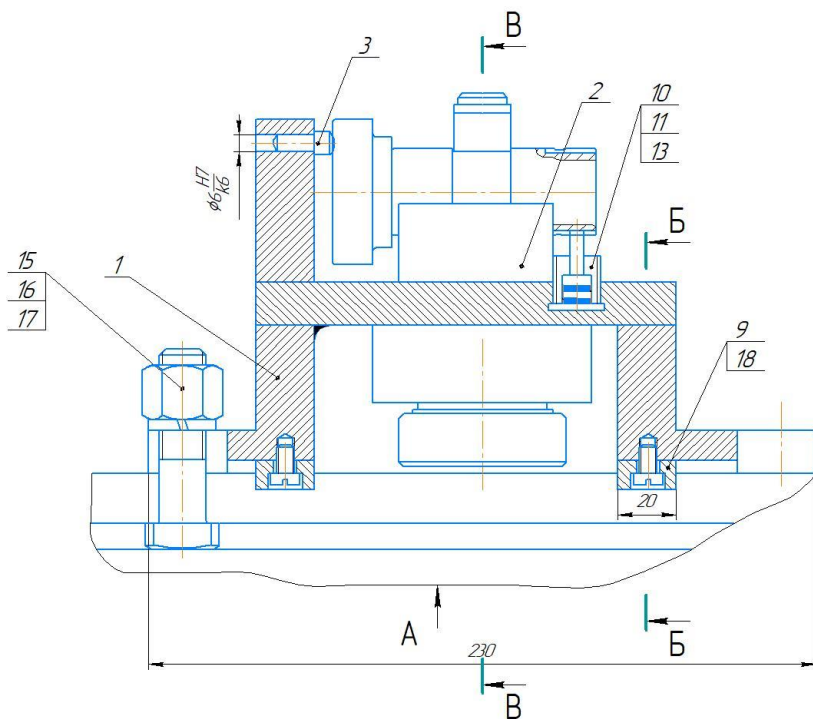
Результат инструмент	V м/с	n хв ⁻¹	f мм	S мм/об	T ₀ хв	T _{шт} хв
колесо шлифовальное ПМ80х25х32 2511 (11-5-к) ДСТ52424-83	30	300	55	0.4	11	16.7

№ опр.	Наименов. опр.	Установ- ка	Операционный эскиз	Длины	Мин. припуск	Операцион- ный размер	Макс. припуск
005	штан- гайба	ТКМ		$D_1^1=28$ $D_2^1=28$ $D_3^1=25$ $B_1^1=28$ $B_2^1=25$ $B_3^1=25$		$D_1^1=\phi 56_{-0.18}^{-0.10}$ $D_2^1=\phi 42.5_{-0.10}^{-0.10}$ $D_3^1=\phi 36_{-0.06}^{-0.06}$ $B_1^1=56.5_{-0.10}^{-0.10}$ $B_2^1=76_{-0.09}^{-0.09}$ $B_3^1=26.1_{-0.08}^{-0.08}$	
010A	машина	Southwestern Industries TRAK TRL 3035X					



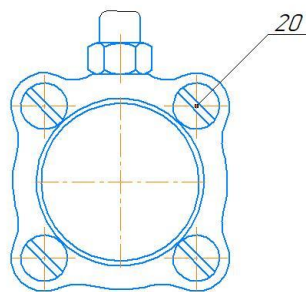
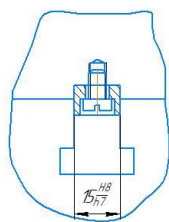
				КНУКБР.131.252-02.ТРА			
				Технологічний розмірний аналіз			
Ім'я	Дат.	№ докум.	Підп.	Дат.	Маса	Маса	1.
Розподіл		Виробничий					
Сорт		Класифікаційний					
Група							
Клас							
Надвирт		Надвирт					
Сорт		Класифікаційний					
				корпусна ТМ ар.П2-28			
				Формат А1			

КНУ.КБР.131.25.2-02.ВП



Вид А

Б-Б



1. Пневмоциліндр працює від мережі $P=0,4 \text{ МПа}$
2. Зусилля зажиму $Q=4,122 \text{ кН}$
3. Хід поршня $L=10 \text{ мм}$
4. Застосувати до вертикально-фрезерного верстата моделі 6Р13

КНУ.КБР.131.25.2-02.ВП				Верстатний пристрій		
Мет. лист	№ докум.	Лист	Дата	Лист	Маса	Масштаб
Розроб	Вардольський					1:1
Пров.	Кітеньський					
Т.контр.						
Контр.						
Н.контр.	Нечасов					
Змб.	Резонцев					
Копіював				кафедра ТМ гр.ПМ-22ск Формат А2		