

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Вал-шестерня» редуктору Ц2-750 та обґрунтування параметрів різального інструменту за допомогою CAD/CAM/CAE систем

Виконав: здобувач групи ПМ-22ск
Миловзоров А.С.

Керівник випускної роботи:
доцент, к.т.н., Рязанцев А.О.

Кривий Ріг
2025 р.

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

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ**

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення
деталі «Вал-шестерня» редуктору Ц2-750 та обґрунтування
параметрів різального інструменту за допомогою CAD/CAM/CAE
систем

Виконав здобувач гр. ПМ-22ск

(підпис)

Артьом МИЛОВЗОРОВ

Керівник КБР

(підпис)

Антон РЯЗАНЦЕВ

Нормоконтроль

(підпис)

Василь НЕЧАЄВ

Завідувач кафедри

(підпис)

Антон РЯЗАНЦЕВ

м. Кривий Ріг
2025 р.

Криворізький національний університет
Факультет: механічної інженерії та транспорту
Кафедра: технології машинобудування
Ступінь вищої освіти: бакалавр
Спеціальність: 131 Прикладна механіка

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

(дата)

(підпис)

ЗАВДАННЯ **на кваліфікаційну бакалаврську роботу**

Здобувача групи ПМ-22ск Миловзоров Артьом Сергійович

1. Тема: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Вал-шестерня» редуктору Ц2-750 та обґрунтування параметрів різального інструменту за допомогою CAD/CAM/CAE систем.

Керівник проєкту: доц., к.т.н. Рязанцев А.О.

Затверджена наказом по КНУ № _____ від «__» _____ 2025 р.

2. Термін подання здобувачем закінченої роботи «__» _____ 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Найменування вузла. 2. Креслення деталі «Вал-шестерня». 3. Річна програма випуску деталей.

4. Зміст пояснювальної записки: 1. Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі. 2. Підготовка виробничого процесу для виготовлення деталі. 3. Вибір основного та допоміжного інструменту відповідно до міжнародних стандартів. 4. Проектування та інженерний аналіз різального інструменту. 5. Моделювання та програмування операцій механічної обробки. 6. Організаційно-економічна підготовка виробництва.

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Вал-шестерня. 2. Інструментальне налагодження. 3. Черв'ячна фреза. 4. Інженерний аналіз спеціального різального інструменту. 5. Моделювання процесорізальної механічної обробки.

6. Календарний план:

№ з/п	Етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання
1.	Розробка та узгодження технічного завдання	
2.	Технічне завдання та аналіз вихідних даних	
3.	Призначення об'єкту виробництва	
4.	Аналіз технологічності деталі.	
5.	Креслення деталі (А1-А4).	
6.	Вибір та обґрунтування послідовності обробки поверхонь деталі.	
7.	Розробка технологічного маршруту обробки деталі.	
8.	Вибір параметрів ріжучої частини інструментів.	
9.	Розрахунок конструктивних параметрів ріжучої частини інструменту.	
10.	Вибір розмірів ріжучого інструменту.	
11.	Креслення спеціального ріжучого інструменту (А2-А4).	
12.	Креслення з інженерним аналізом спеціального різального інструменту	
13.	Вибір допоміжних інструментів.	
14.	Розробка та креслення об'єднаного верстатно-інструментального (А1-А2)	
15.	Моделювання та програмування операцій механічної обробки	
16.	Креслення змодельованого процесу обробки (А1-А2)	
17.	Організаційно-економічна підготовка виробництва.	
18.	Висновки	
19.	Оформлення РПЗ	
20.	Попередній захист	

Дата видачі завдання: « ____ » _____ 2025 р.

Завдання видав керівник КБР

/Рязанцев А.О./

Завдання отримав
здобувач освіти

/Миловзоров А.С./

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка		
Додат. №						Документація				
		A4		1	КНУ.КБР.131.25.2-05.ПЗ	Пояснювальна записка	68			
						Креслення				
		A3		2	КНУ.КБР.131.25.2-05.ВШ	Вал-шестерня	1			
		A1		3	КНУ.КБР.131.25.2-05.ІН	Інструментальне налагодження	1			
		A2		4	КНУ.КБР.131.25.2-05.ЧФ	Черв'ячна фреза	1			
		A3		5	КНУ.КБР.131.25.2-05.ІАСРІ	Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	1			
		A3		6	НУ.КБР.131.25.2-05.МПМО	Моделювання процесорізальної механічної обробки	1			
Підп. та дата										
Інв. № додл.										
Взам. інв. №										
Підп. та дата										
Інв. № подл.										
		Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підп.	Дата	КНУ.КБР.131.25.2-05.ВМ			
		Розрад.		Миловзоров			Відомість матеріалів КБР	Літ.	Арк.	Арк.шіт
		Перевір.		Рязанцев				Н		1
								Кафедра ТМ гр. ПМ-22ск		
Н.контр.		Нечаєв								
		Затв.		Рязанцев						

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна бакалаврська робота містить 6 розділів, до яких увійшли: 14 таблиць, 69 рисунків, 5 креслень.

Метою дослідження є оптимізація технологічного процесу виготовлення деталі шляхом вдосконалення кожного етапу – від проектування заготовки до фінальної обробки, зосереджуючись на спеціалізованому різальному інструменті, який забезпечує підвищення продуктивності та точності обробки. Виробничий процес передбачає багатоступеневу обробку з дотриманням суворих технологічних норм, використанням сучасного обладнання та інструменту, при цьому ключовим фактором успіху є комплексний підхід, що дозволяє досягти високої якості виробу при мінімізації витрат часу та ресурсів, що в подальшому підвищує ефективність та конкурентоспроможність виробництва.

Правильно підібраний високоякісний різальний інструмент грає вирішальну роль у виготовленні вал-шестерні редуктора, оскільки він забезпечує точність обробки, довговічність деталі та ефективність виробничого процесу. Від якості інструменту залежать критичні параметри, такі як форма зубців, шорсткість поверхні та відсутність дефектів, що безпосередньо впливає на міцність і ресурс шестерні. Використання сучасних матеріалів та оптимальних геометрій різання дозволяє зменшити термомеханічні навантаження, уникнути перегріву та деформацій, забезпечуючи стабільну якість при серійному виробництві. Крім того, високопродуктивний інструмент знижує витрати часу на обробку, що підвищує економічну ефективність виготовлення деталі.

****Використання моделювання в SolidWorks Simulation та автоматизованих розрахунків у Excel дозволило комплексно оцінити технологічні та економічні аспекти застосування сучасного станка.**** Моделювання допомогло проаналізувати напружено-деформований стан деталі та оптимізувати режими обробки, а розрахунки в Excel дали змогу точно визначити економічну доцільність інвестування в нове обладнання, враховуючи собівартість, продуктивність та строк окупності. Це забезпечило обґрунтованість прийнятих технологічних рішень.

					КНУ.КБР.131.25.2-05.Р						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Миловзоров			Реферат				Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Рязанцев									
Реценз.											
Н. Контр.		Нечаєв									
Зав. каф.		Рязанцев									
					Кафедра ТМ гр. ПМ-22ск						

ABSTRACT

The bachelor's qualification thesis consists of 6 sections, which include: 14 tables, 69 figures, and 5 drawings.

The aim of the research is to optimize the technological process of manufacturing a part by improving each stage—from blank design to final machining—with a focus on specialized cutting tools that enhance productivity and machining accuracy. The production process involves multi-stage machining in compliance with strict technological standards, utilizing modern equipment and tools. A key success factor is an integrated approach, ensuring high product quality while minimizing time and resource costs, thereby improving production efficiency and competitiveness.

A properly selected high-quality cutting tool plays a crucial role in manufacturing a reducer gear shaft, as it ensures machining precision, part durability, and production efficiency. The tool's quality directly affects critical parameters such as tooth profile, surface roughness, and defect-free machining, which significantly impact the gear's strength and service life. The use of advanced materials and optimal cutting geometries reduces thermomechanical loads, prevents overheating and deformations, and ensures consistent quality in mass production. Additionally, high-performance tools reduce machining time, enhancing the economic efficiency of part manufacturing.

The use of SolidWorks Simulation modeling and automated Excel calculations allowed for a comprehensive evaluation of the technological and economic aspects of implementing modern machine tools. The simulations helped analyze stress-strain conditions in the part and optimize machining parameters, while Excel calculations enabled precise assessment of the economic feasibility of investing in new equipment, considering production costs, efficiency, and payback period. This ensured well-founded technological decision-making.

					KHU.3П.131.25.2-05.P	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА ТА ДЕТАЛІ	9
1.1 Визначення технічних умов і аналіз наданої інформації	9
1.2 Функціональне призначення виробничого елементу як складової частини вузла, механізму або машини із зазначенням його конструктивних особливостей та принципу дії.	10
1.3 Розрахунок параметр точності шпонкового з'єднання.....	12
2 ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ.	14
2.1 Функціональне призначення деталі. Обґрунтування вибору матеріалу та можливих варіантів його заміни.....	14
2.2 Оцінка якості обробки поверхонь деталей	15
2.3 Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі та обґрунтування вибору обладнання.....	17
3. ВИБІР ОСНОВНОГО ТА ДОПОМІЖНОГО ІНСТРУМЕНТУ ВІДПОВІДНО ДО МІЖНАРОДНИХ СТАНДАРТІВ	26
3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі	26
3.3 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту.....	42
3.4 Вибір типорозміру допоміжних інструментів.....	44
3.5 Формування інструментального оснащення та розробка налаштувань для технологічної операції обробки деталі	46
4. ПРОЕКТУВАННЯ ТА ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ	47
4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту	47
4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	51
5 Моделювання та програмування операцій механічної обробки.....	55
5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм.....	55
6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА	62
6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників.....	62
6.2 Охорона праці та екологія виробництва	70
6.2.1 Охорона праці на машинобудівному підприємстві	70
6.2.2 екологія виробництва.....	70
ВИСНОВОК.....	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	72

					КНУ.КБР.131.25.2-05.3						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Миловзоров			Зміст				Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Рязанцев									
Реценз.											
Н. Контр.		Нечаєв							Кафедра ТМ гр. ПМ-22ск		
Зав. каф.		Рязанцев									

ВСТУП

У сучасних умовах стрімкого розвитку промисловості особливого значення набуває питання підвищення ефективності виробничих процесів шляхом впровадження новітніх технологій обробки, автоматизації та цифровізації виробництва. Одним із ключових напрямів у цьому контексті є комплексна конструкторсько-технологічна підготовка виробництва, що ґрунтується на використанні інтегрованих CAD/CAM/CAE систем.

Редуктори, зокрема циліндричні двоступеневі типу Ц2-750, широко застосовуються в галузях, де необхідна передача великих крутних моментів при зниженій частоті обертання, зокрема в крановому обладнанні. Однією з основних деталей у складі такого редуктора є вал-шестерня, яка поєднує функції передачі та перетворення крутного моменту, і, відповідно, піддається значним навантаженням. Висока точність виготовлення та якість поверхонь цієї деталі визначають надійність і довговічність усього механізму.

Мета цієї кваліфікаційної бакалаврської роботи полягає у розробці ефективного процесу виготовлення деталі «Вал-шестерня» редуктора Ц2-750 з використанням сучасних CAD/CAM/CAE систем, а також в обґрунтуванні параметрів різального інструменту, що забезпечує якісну та точну обробку. Для досягнення поставленої мети здійснюється повний цикл підготовки виробництва — від створення 3D-моделі до вибору інструментів, режимів обробки та економічного аналізу.

Актуальність теми зумовлена необхідністю скорочення часу підготовки виробництва, підвищення точності виготовлення деталей та зменшення витрат, що є можливим лише за умови використання сучасних інженерних підходів та програмного забезпечення.

					КНУ.КБР.131.25.2-05.В		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вступ		
Розроб.		Миловзоров					
Перевір.		Рязанцев					
Реценз.							
Н. Контр.		Нечаєв					
Зав. каф.		Рязанцев					
					Літ.	Арк.	Аркушів
					Кафедра ТМ гр. ПМ-22ск		

Конструктивний аналіз:

- Довжина деталі 858 мм, максимальний діаметр 139,5 мм, а її маса 52,12 кг;
- На даній деталі присутня метрична різьба M56×4;
- На деталі присутня конусна поверхня (конусність 1:10), також на цій поверхні розташований - Шпонковий паз B=20, R=10, H = 6,12;
- На деталі є дві шевронні шестерні, одна з яких направлена вправо, а інша вліво кількість - - - зубів $z = 18$, модуль $m = 6$, кут нахилу зуб'єв $29^{\circ}32'29''$;
- Фаски розміром 3×45.
- Галтель R=3;
- Деталь виготовлена зі Сталі 40Х (ДСТУ 7806).

На основі 2-D креслення було створена 3-D модель деталі «Вал-шестерня редуктора Ц2-750», вона відображена на рисунку 1.2.

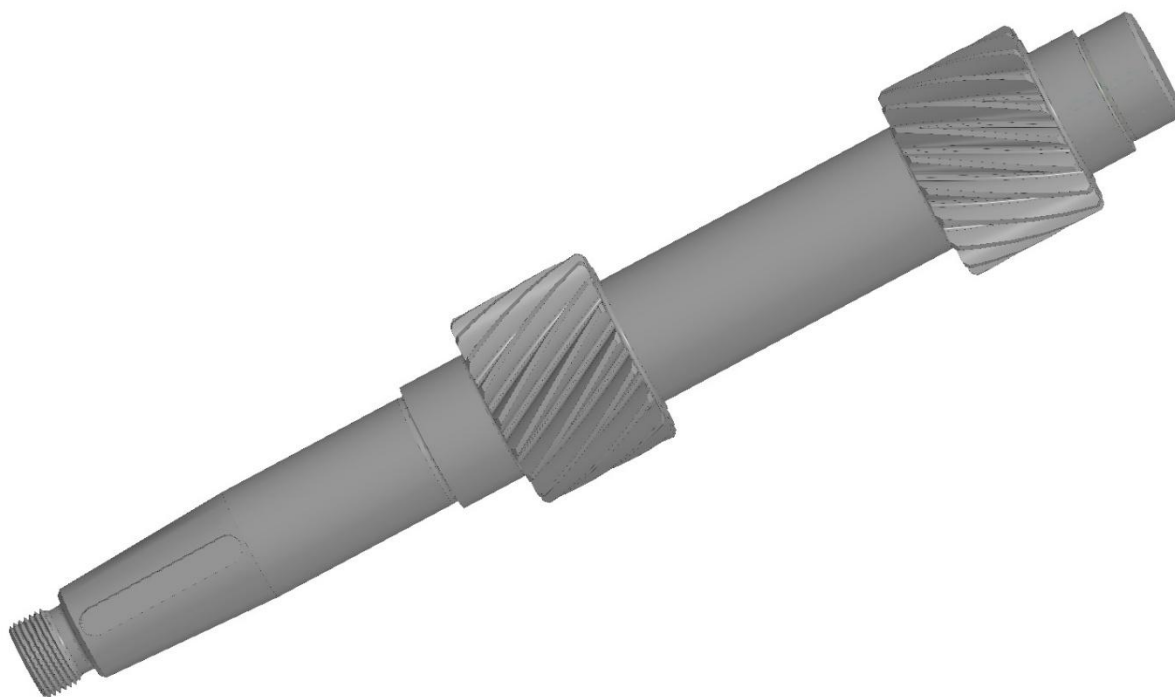


Рисунок 1.2 – 3-D модель вал-шестерні

1.2 Функціональне призначення виробничого елементу як складової частини вузла, механізму або машини із зазначенням його конструктивних особливостей та принципу дії

Вал-шестерня є одним із ключових елементів редуктора Ц2-750. Вона виконує подвійну функцію: поєднує у собі властивості ведучого вала та

					КНУ.КБР.131.25.2-05.01.АПМВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зубчастого колеса. Завдяки такій конструкції забезпечується передача обертального моменту від вхідного вала до наступної ступені редуктора з одночасним зменшенням частоти обертання і підвищенням крутного моменту. Вал-шестерня виготовляється з високоякісної сталі та піддається термічній обробці, що забезпечує її міцність і довговічність при інтенсивних навантаженнях.

Циліндричний редуктор Ц2-750 (рисунок 1.3) — крановий двоступеневий редуктор, який застосовується при повторно-короткочасних режимах роботи. Основна сфера використання — приводи вантажопідіймальних кранів. Цей тип редуктора виготовляється з роздвоєним шевронним зачепленням на першому ступені, що забезпечує підвищену плавність ходу та суттєво подовжує термін експлуатації.



Рисунок 1.3 – Загальний вигляд редуктора Ц2-750

Таблиця 1.1 – Характеристики редуктора Ц2-750

Типорозмір редуктора	Номінальне передаточне число	Номінальне радіальне навантаження на тихохідному валу, Н	Номінальний крутний момент на тихохідному валу, Н·м	Вага, кг	ККД

					КНУ.КБР.131.25.2-05.01.АПМВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ц2-750	8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50	32000	23000	1650	0,96
--------	---	-------	-------	------	------

Технічні характеристики циліндричного редуктора Ц2-750 визначають допустимі режими експлуатації:

- Допустиме постійне та плаваюче навантаження;
- Можливе реверсивне включення;
- Максимальна швидкість на вході – 1500 об/хв;
- Концентрація пилу до 10 мг/м³.

1.3 Розрахунок параметр точності шпонкового з'єднання.

Основним критерієм оцінки ефективності шпонкових з'єднань виступає їх здатність витримувати навантаження. З'єднання з призматичними шпонками перевіряють на міцність при стисненні та зсуві.

- Для виконання розрахунку з'єднання надаються такі вихідні дані:
- Діаметр на якому розташований шпонковий паз – 80 мм;
- Обертаючий момент – 23000 Нм;
- Матеріал шпонки - Сталь 40Х;
- Матеріал вал-шестерні – Сталь 40Х;
- Матеріал колеса – Сталь 45;
- Довжина маточини – 130 мм.

На основі наведених даних необхідно підібрати відповідну шпонку та здійснити перевірку її міцності на стискання та зсув.

Спершу необхідно визначити розміри поперечного перерізу призматичної шпонки відповідно до стандарту СТ СЕВ 189-75. Для діаметра вал-шестерні $d = 80$ мм рекомендованими розмірами шпонки є: ширина $b = 20$ мм, висота $h = 14$ мм.

Також слід використати довідкове значення коефіцієнта $K = 7$.

Довжину шпонки l визначаємо як на 10 мм меншу за довжину маточини колеса, після чого звіряємо зі стандартним рядом довжин шпонок. У результаті вибираємо робочу довжину шпонки $l_p = 130$ мм (оскільки $130 - 10 = 120$ мм). Таким чином, обраний типорозмір шпонки становить $20 \times 14 \times 120$ мм.

Умову міцності на зминання визначають за формулою:

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot T}{d \cdot l_p \cdot K} \leq [\sigma_{зм}]$$

де T — обертовий момент;

d — діаметр вала;

					КНУ.КБР.131.25.2-05.01.АПМВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

l_p — робоча довжина шпонки;

K — висота шпонки, що працює на зминання.

Здійснюємо перевірку обраної шпонки на міцність при зминанні:

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 23000}{80 \cdot 120 \cdot 7} = 6,8 \text{ МПа}$$

$$6,8 \text{ МПа} \leq [\sigma_{зм}] = 130 \text{ МПа}$$

Умова виконана.

Умови міцності на зріз визначаються за формулою:

$$\tau_{зр} = \frac{2 \cdot T}{d \cdot l_p \cdot b} \leq [\tau_{зр}]$$

Здійснюємо перевірку обраної шпонки, міцність на зріз:

$$\tau_{зр} = \frac{2 \cdot 23000}{80 \cdot 120 \cdot 20} = 20,4 \text{ МПа}$$

$$20,4 \text{ МПа} \leq [\tau_{зр}] = 70$$

Умова виконана.

					КНУ.КБР.131.25.2-05.01.АПМВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ.

2.1 Функціональне призначення деталі. Обґрунтування вибору матеріалу та можливих варіантів його заміни

Вал-шестерня є складовою частиною редуктора типу Ц2-750. Його основне завдання — передача обертового моменту від одного ступеня редуктора до іншого із зміною напрямку обертання та зменшенням швидкості обертання для подальшої передачі на робочий механізм.

Під час експлуатації вал-шестерня редуктора Ц2-750 зазнає різних видів навантажень. Основними є крутний момент, який передається через шестерню від одного ступеня редуктора до іншого, осьові сили, що виникають через шевронне зачеплення зубців, радіальні сили, спричинені взаємодією зубців під навантаженням, а також вібраційні та ударні навантаження, що виникають під час зміни режимів роботи. Завдяки конструкції шевронних шестерень, де одна шестерня направлена вліво, а інша вправо, осьові сили частково компенсуються, що сприяє стабільній роботі механізму.

Для виготовлення вал-шестерні обрано сталь 40Х ДСТУ 7806, оскільки вона має високі механічні властивості після термічної обробки, зокрема високу міцність, зносостійкість. Сталь 40Х добре витримує ударні та циклічні навантаження, має баланс міцності й пластичності, а також достатню оброблюваність у незагартованому стані, що робить її економічно вигідною і технологічно зручною для виробництва деталей із підвищеними вимогами до витривалості.

У разі потреби заміни матеріалу можуть бути використані аналоги сталі 40Х, такі як 40Cr (китайський стандарт GB), 41Cr4 (європейський стандарт EN 10083), 5140 (американський стандарт AISI/SAE), а також сталь 38ХС, яка має підвищену твердість для роботи в особливо складних умовах експлуатації.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад Сталі 40Х (ДСТУ 7806)

Хімічний елемент	Назва елемента	Вміст (%)
1	2	3
С	Вуглець	0,36–0,44

					КНУ.КБР.131.25.2-05.02.ПВПВД			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Підготовка виробничого процесу для виготовлення деталі	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Миловзоров						
Перевір.		Рязанцев						
Реценз.								
Н. Контр.		Нечаєв						
Зав. каф.		Рязанцев				Кафедра ТМ гр. ПМ-22ск		

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
Si	Кремній	0,17–0,37
Mn	Марганець	0,5–0,8
Ni	Нікель	$\leq 0,3$
Cr	Хром	0,8–1,1
Cu	Мідь	$\leq 0,3$
P	Фосфор	$\leq 0,035$
S	Сірка	$\leq 0,035$

Таблиця 2.2 – Механічні властивості Сталі 40Х (ДСТУ 7806)

Показник	Значення
Термічна обробка	Загартування від 860 °С в маслі, відпуск при 500 °С
Межа плинності, (МПа)	≥ 785
Тимчасовий опір, (МПа)	≥ 980
Мінімальне відносне подовження, %	≥ 10
Відносне звуження, %	≥ 45

2.2 Оцінка якості обробки поверхонь деталей

Загальний показник шорсткості поверхонь становить Ra 12,5. Такі поверхні потребують лише чорнової обробки.

Поверхні з шорсткістю Ra 0,8 відносяться до 6-го квалітету точності, тому для їх обробки необхідно виконати чорнове точіння, на пів чистове точіння, чистове точіння, а також попереднє та остаточне шліфування.

Для виконання вимог точності та якості поверхонь на деталі вал-шестерня, потрібно обрати технічні методи обробки. Це дозволить дотриматися вимог креслення, які стосуються якості і точності поверхні.

					КНУ.КБР.131.25.2-05.02.ПВПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3 - Технологічні процеси, що застосовуються для досягнення необхідної чистоти та точності поверхонь.

№п	Розмір, мм	Шоркість Ra, мкм	Допуск, IT	Технологічні методи обробки
1	2	3	4	5
1,21	L858	12,5	h14	Чорнове підрізання торця
2	M56	12,5	7h	Чорнове точіння; Нарізання різьби
3	L40	12,5	h14	Чорнове підрізання торця
4	D1 Ø80 D2 Ø67,32	12,5	h14	Чорнове точіння
		6,3	h12	Пів чистове точіння
		3,2	h10	Чистове точіння
		1,6	h8	Шліфування
		0,8	h6	Фінальне шліфування
5	Ø80	12,5	d14	Чорнове точіння
		6,3	d11	Пів чистове точіння
6	Ø80	12,5	k14	Чорнове точіння
		6,3	k12	Пів чистове точіння
		3,2	k10	Чистове точіння
		1,6	k8	Шліфування
		0,8	k6	Фінальне шліфування
7	L70	12,5	h14	Чорнове підрізання торця
		6,3	h12	Пів чистове підрізання торця
		3,2	h10	Чистове підрізання торця
8	Ø92	12,5	h14	Чорнове точіння
9	L49,5	12,5	h14	Чорнове підрізання торця
10	Ø139,5	12,5	h12	Чорнове точіння
		6,3	h10	Пів чистове точіння
		3,2	h8	Чистове точіння
11	Ø124,13 m6, z18	12,5	h14	Чорнове фрезерування
		6,3	h12	Пів чистове фрезерування
		3,2	h10	Чистове фрезерування
12	L100	12,5	h14	Чорнове підрізання торця
13	Ø92	12,5	h14	Чорнове точіння
14	L100	12,5	h14	Чорнове підрізання торця

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5
15	Ø139,5	12,5	h12	Чорнове точіння
		6,3	h10	Пів чистове точіння
		3,2	h8	Чистове точіння
16	Ø124,13 m6, z18	12,5	h14	Чорнове фрезерування
		6,3	h12	Пів чистове фрезерування
		3,2	h10	Чистове фрезерування
17	L35,5	12,5	h14	Чорнове точіння
18	Ø92	12,5	h14	Чорнове точіння
19	L35,5	12,5	h14	Чорнове підрізання торця
		6,3	h12	Пів чистове підрізання торця
		3,2	h10	Чистове підрізання торця
20	Ø80	12,5	k14	Чорнове точіння
		6,3	k12	Пів чистове точіння
		3,2	k10	Чистове точіння
		1,6	k8	Шліфування
		0,8	k6	Фінальне шліфування
22	3x45°	12,5	h14	Чорнове точіння фаски
23	R3	12,5	h14	Чорнове точіння галтелі
24	L8	12,5	h14	Чорнове шліфування канавки
25	L5	12,5	h14	Чорнове шліфування канавки
		6,3	h12	Пів чистове шліфування канавки
		3,2	h10	Чистове шліфування канавки
26	R10, B20, L125, H8	12,5	p12	Чорнове фрезерування паза
		6,3	p9	Пів чистове фрезерування паза
		3,2	p8	Чистове фрезерування паза

2.3 Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі та обґрунтування вибору обладнання

					КНУ.КБР.131.25.2-05.02.ПВПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виготовлення деталі вал-шестерня із заготовки відповідно до всіх вимог креслення та технологічних методів обробки, наведених у таблиці 2.3, необхідно підібрати відповідне обладнання для виконання операцій точіння, фрезерування та шліфування.

Для точильних операцій було обрано токарний горизонтальний обробний центр з ЧПУ LEADWELL LTC-25iXXL (рисунок 2.1). Основним аргументом на користь вибору цього верстата є його здатність обробляти деталі розмірів, що відповідають вимогам креслення, без необхідності зміни базування або додаткової переналадки. Верстат має достатню довжину обробки, діаметр обертання та високу точність позиціонування, що дозволяє виконувати як чорнову, так і чистову обробку валів середньої довжини. Завдяки системі ЧПУ забезпечується висока стабільність розмірних параметрів і повторюваність при серійному виготовленні. Крім того, LEADWELL LTC-25iXXL має потужний привід головного шпинделя, що дає змогу обробляти заготовки зі складними профілями та значним навантаженням на різальний інструмент. Додатковими перевагами є наявність автоматичної зміни інструменту, що скорочує час обробки, та можливість інтеграції з іншими системами автоматизації виробництва, що підвищує загальну ефективність роботи. Враховуючи ці характеристики, LEADWELL LTC-25iXXL є оптимальним вибором для виготовлення деталі типу вал-шестерня в умовах сучасного виробництва.



Рисунок 2.1 – токарний горизонтальний обробний центр з ЧПУ LEADWELL LTC-25iXXL.

					КНУ.КБР.131.25.2-05.02.ПВПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.4 – Характеристика токарного горизонтального обробного центру з ЧПУ LEADWELL LTC-25iXXL.

Характеристика	Значення
Поперечний перетин державки різця круглого перетину, мм	Ø40
Тип торця шпинделя	A2-8
Вага верстата, кг	8100
Висота верстата, мм	2140
Довжина верстата, мм	4625
Ширина верстата, мм	1930
Потужність головного двигуна шпинделя (S1), кВт	15
Потужність підключення, КВА	40
Розмір патрона шпинделя, дюйми	10
Діаметр пінолі задньої бабки, мм	Ø100
Отвір у пінолі задньої бабки	MT5
Хід пінолі задньої бабки, мм	100
Переміщення задньої бабки, мм	1520
Максимальна довжина точіння, мм	1520
Максимальний діаметр обертання при встановленні деталі в центрах, мм	440
Максимальний діаметр точіння, мм	450
Максимальна швидкість обертання шпинделя, об/хв	3500
Максимальне навантаження в центрах, кг	1200
Переміщення по осі X, мм	225 + 25
Переміщення по осі Z, мм	1550
Швидкість прискореного переміщення по осі X, м/хв	15
Швидкість прискореного переміщення по осі Z, м/хв	20
Кількість позицій інструменту	12
Поперечний перетин державки різця квадратного перетину, мм	25×25

Для зубофрезерних операцій було обрано зубофрезерний верстат Höfler HF 1250 (рисунок 2.2), тому що він поєднує високу точність, універсальність і надійність. Верстат дозволяє обробляти великі заготовки діаметром до 1250

					КНУ.КБР.131.25.2-05.02.ПВПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мм, нарізати як зовнішні, так і внутрішні зуби, а також працювати з деталями вагою до 10 тонн. Потужність шпинделя до 52 кВт і швидкість обертання столу до 25 об/хв забезпечують високу продуктивність. Це перевірене рішення, яке гарантує якісну обробку зубчастих коліс і ефективну роботу на сучасному виробництві.



Рисунок 2.2 – зубофрезерний верстат Höfler HF 1250

Таблиця 2.5 – Характеристики зубофрезерного верстата Höfler HF 1250.

Параметр (з одиницями)	Значення
1	2
Діаметр заготовки, мм	150
Відстань між віссю заготовки і фрези (мін. – макс.), мм	50 – 825
Осевий хід салазок по столу (макс.), мм	[1000] [1760*]
Найнижче положення фрези над столом (мін.), мм	150
Вертикальний хід контрпори над столом (мін. – макс.), мм	[800 – 1800] [2300*]
Тангенціальне зміщення інструмента (макс.), мм	400
Кут повороту фрезерної головки (макс.), °	±45
Діаметр фрези (макс.), мм	Ø 385
Довжина фрези (макс.), мм	450
Діаметр столу, мм	Ø 980
Діаметр отвору, мм	Ø 400

					КНУ.КБР.131.25.2-05.02.ПВПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.5

1	2
Глибина отвору, мм	1325
Число обертів столу (макс.), об/хв	25
Потужність фрезерного шпинделя, кВт	[37] [52*]
Навантаження на стіл (макс.), кг	10000
Вага нетто (прибл.), кг	55000 – 57000
Габарити верстата (Д × Ш × В) (прибл.), мм	9700 × 6800 × 4500
Комбінована, опціональна внутрішня фрезерна головка	F2/F3

Для виконання фрезерних операцій було обрано п'ятиосьовий обробний центр Ibarmia ZVN EXTREME, оскільки він забезпечує високу точність, дозволяє обробляти великогабаритні заготовки (до 12 000 мм по осі X) та виконує складну обробку за одну установку завдяки поворотній шпиндельній голові. Потужність шпинделя до 74 кВт та швидкі подачі до 45 м/хв дозволяють ефективно здійснювати як чорнову, так і чистову обробку. Завдяки широкому функціоналу та п'ятиосьовій обробці верстат є оптимальним рішенням для забезпечення якості й продуктивності при фрезеруванні складних деталей.

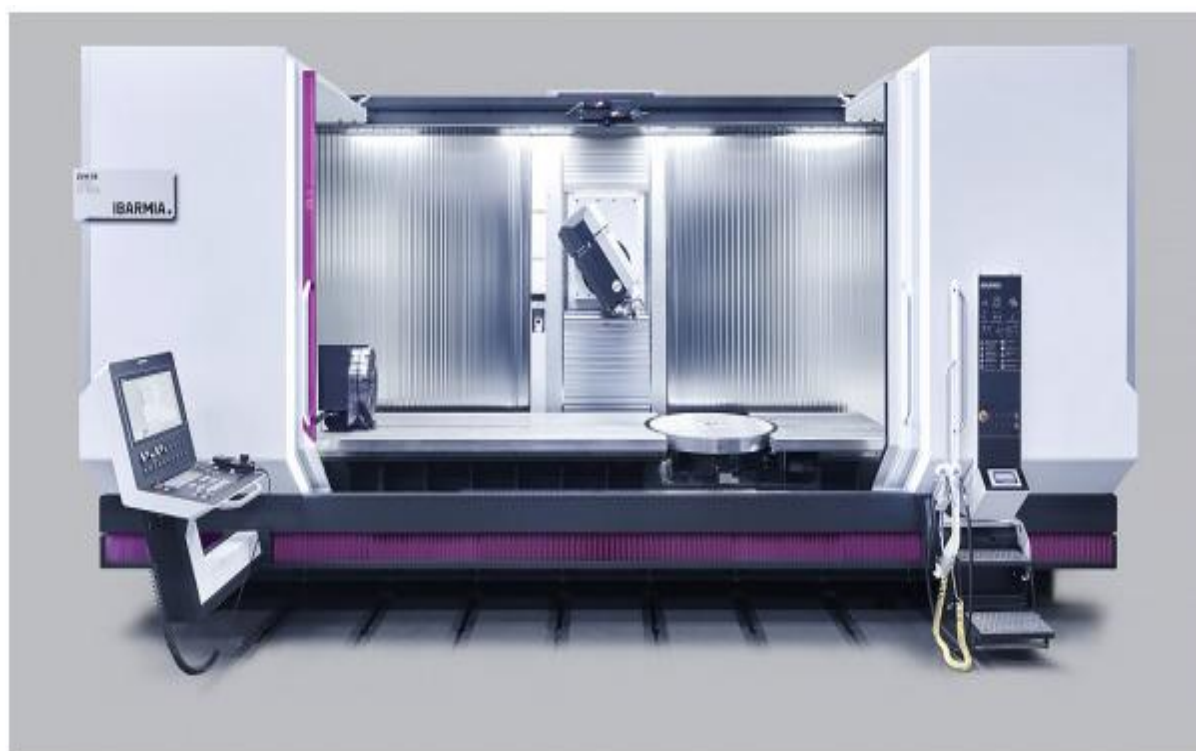


Рисунок 2.3 - П'ятиосьовий обробний центр Ibarma ZVN EXTREME

					КНУ.КБР.131.25.2-05.02.ПВПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.6 — характеристики фрезерного верстата Ibarma ZVN EXTREME.

Параметр	Значення
Виробник	Ibarma
Переміщення по осі X, мм	12000
Переміщення по осі Y, мм	1300
Переміщення по осі Z, мм	1000
Конус шпинделя	SK50
Діапазон ходу поворотної голови, °	±105
Розміри робочого столу, мм	12600×1050
Макс. навантаження на стіл, кг/мІ	2000
Макс. діаметр деталі, мм	1500
Потужність шпинделя S1 100%, S6 40%, кВт	74, 84
Макс. крутний момент S1 100%, S6 40%, Нм	300, 452
Макс. оберти шпинделя, об/хв	20000
Макс. швидкість швидкої подачі, м/хв	45
Кількість інструментів в магазині, шт.	60
Модель стійки управління	Siemens 840D

Для операцій шліфування та полірування було обрано Плоскошліфувальний верстат Cormak 400x1000 (рисунки 2.4).

Детальне обґрунтування вибору плоскошліфувального верстата Cormak 400x1000 для виконання шліфувальних та полірувальних операцій базується на його технічних характеристиках, що ідеально підходять для обробки заготовок певних габаритів. Зокрема, робоча поверхня столу розміром 400×1000 мм забезпечує можливість якісної обробки заготовок середніх та великих розмірів, що повністю відповідає вимогам даного технологічного процесу. Крім того, цей верстат забезпечує високу точність позиціонування та стабільність при виконанні операцій, що є критично важливим при досягненні високої якості поверхні під час шліфування і особливо полірування. Потужна та надійна конструкція, в поєднанні з ефективною системою приводу, гарантує стабільну роботу та довговічність обладнання. Додатковою перевагою є можливість автоматизації процесів подачі та управління, що підвищує продуктивність і комфорт роботи оператора. Таким чином, вибір Cormak 400x1000 є технічно обґрунтованим і доцільним рішенням для забезпечення якісного шліфування та полірування заготовок відповідних розмірів.

					КНУ.КБР.131.25.2-05.02.ПВПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.4 – Плоскошліфувальний верстат Cormak 400x1000

Таблиця 2.7 – Характеристики Плоскошліфувальний верстат Cormak 400x1000.

Характеристика	Показник
Розмір магнітного столу, мм	406 x 1000
Максимальне навантаження на стіл, кг	500
Розміри шліфувального круга, мм	350 x 40 x 127
Макс. відстань осі шпинделя від столу, мм	580
Швидкість переміщення столу, мм/хв	7 – 25
Поперечна автоматична подача, мм	0,1 – 8
Прискорена поперечна подача, мм/хв	990
Ціна поділки шкали по осі Y, мм	0,02
Ціна поділки шкали по осі Z, мм	0,005
Прискорена вертикальна подача, мм/хв	480
Автоматична вертикальна подача, мм	0,005 – 0,05
Потужність двигуна шпинделя, кВт	4
Загальна потужність двигунів, кВт	7
Розміри підстави, мм	3600 x 2400
Вага, кг	3350

Після вибору та обґрунтування необхідних для обробки заготовки верстатів, потрібно призначити кожен обраний верстат для обробки відповідної поверхні.

Таблиця 2.8 – Підбір верстатів для обробки поверхонь заготовки Вал-шестерня редуктора типу Ц2-750.

Номер поверхні	Операція	Верстат
1	2	3
1,3,7,9,12,14,17,19,21	Чорнове підрізання торця	ЧПУ LEADWELL LTC-25iXXL
7,19	Пів чистове підрізання торця	ЧПУ LEADWELL LTC-25iXXL
7,19	Чистове підрізання торця	ЧПУ LEADWELL LTC-25iXXL
2,4,5,6,8,10,13,15,18,20	Чорнове точіння	ЧПУ LEADWELL LTC-25iXXL
4,5,6,10,15,20	Пів чистове точіння	ЧПУ LEADWELL LTC-25iXXL
4,6,10,15,20	Чистове точіння	ЧПУ LEADWELL LTC-25iXXL
4,6,20	Шліфування	Cormak 400x1000
4,6,20	Фінальне шліфування	Cormak 400x1000
11,16	Чорнове фрезерування	Höfler HF 1250
11,16	Пів чистове фрезерування	Höfler HF 1250
11,16	Чистове фрезерування	Höfler HF 1250
24,25	Чорнове шліфування канавки	Cormak 400x1000
25	Шліфування канавки	Cormak 400x1000
25	Остаточне шліфування канавки	Cormak 400x1000
22	Чорнове точіння фаски	ЧПУ LEADWELL LTC-25iXXL
23	Чорнове точіння округлення	ЧПУ LEADWELL LTC-25iXXL

Продовження таблиці 2.8

1	2	3
26	Чорнове фрезерування паза	Ibarmia ZVH EXTREME
26	Пів чистове фрезерування паза	Ibarmia ZVH EXTREME
26	Чистове фрезерування паза	Ibarmia ZVH EXTREME

					КНУ.КБР.131.25.2-05.02.ПВПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. ВИБІР ОСНОВНОГО ТА ДОПОМІЖНОГО ІНСТРУМЕНТУ ВІДПОВІДНО ДО МІЖНАРОДНИХ СТАНДАРТІВ

3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі

З огляду на кількість та характер раніше визначених технологічних операцій з обробки поверхонь, здійснюється вибір сучасних типів інструментів. Для кожної оброблюваної поверхні деталі підбирається відповідний тип інструменту. Данні вносимо в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Вибір типу інструменту по обробці поверхонь.

Номер поверхні	Операція	Верстат
1	2	3
1,3,7,9,12,14,17,19,21	Чорнове підрізання торця	Підрізний різець
7,19	Пів чистове підрізання торця	Підрізний різець
7,19	Чистове підрізання торця	Підрізний різець
2,4,5,6,8,10,13,15,18,20	Чорнове точіння	Прохідний різець
4,5,6,10,15,20	Пів чистове точіння	Прохідний різець
4,6,10,15,20	Чистове точіння	Прохідний різець
2	Чорнове нарізання різьби	Різець для нарізання різьби
4,6,20	Шліфування	Шліфувальне коло
4,6,20	Фінальне шліфування	Шліфувальне коло
11,16	Чорнове фрезерування	Черв'ячна фреза
11,16	Пів чистове фрезерування	Черв'ячна фреза
11,16	Чистове фрезерування	Черв'ячна фреза
24,25	Чорнове шліфування канавки	Шліфувальне коло

					КНУ.КБР.131.25.2-05.03.ВОДІ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Миловзоров			Вибір основного та допоміжного інструменту відповідно до міжнародних стандартів	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Рязанцев						
Реценз.						Кафедра ТМ гр. ПМ-22ск		
Н. Контр.		Нечаєв						
Зав. каф.		Рязанцев						

Продовження таблиці 3.1

1	2	3
25	Пів чистове шліфування канавки	Шліфувальне коло
25	Чистове шліфування канавки	Шліфувальне коло
22	Чорнове точіння фаски	Фасонний різець
23	Чорнове точіння галтелі	Фасонний різець
26	Чорнове фрезерування паза	Фреза пазова
26	Пів чистове фрезерування паза	Фреза пазова
26	Чистове фрезерування паза	Фреза пазова

Обираємо різці та пластини до них:

Чорнове підрізання торця. Поверхні: 1,3,7,9,12,14,17,19,21

Шифр державки: SCLCR2020K09

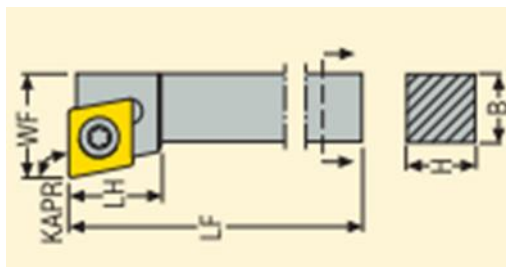


Рисунок 3.1 – Державка SCLCR2020K09 [2 с.259]

Геометричні параметри державки: H=20 мм; B=20 мм; LF=125 мм; WF=25 мм; LH=20 мм; KARP=95°.

Шифр пластини: CCMT09T308-M5

Матеріал пластини: TP2501 – сплав з високою опірністю зносу та міцною кромкою, застосовується в широкому діапазоні токарних операцій зі сталі, нержавіючої сталі та чавуну. [2 с.50]

Стружколом: M5 – переважний вибір для чорнової обробки двосторонніми пластинами. Призначений для відповідальних операцій

					КНУ.КБР.131.25.2-05.03.ВОДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обробки сталей, нержавіючих сталей та чавунів з високою подачею. Поєднує високу міцність кромки із відносно низькими силами різання.

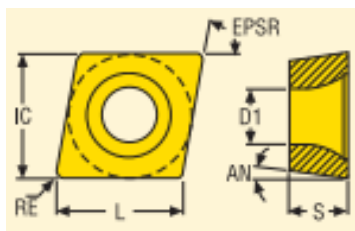


Рисунок 3.2 – Пластина CCMT09T308-M5 [2 с. 423]

Геометричні параметри пластини: IC=9,53 мм; L=9,7 мм; S=3,97 мм; D1=4,5 мм; RE=0,8; AN=7°; EPSR=80°.



Рисунок 3.3 – Стружколом М5 [2 с. 45]

Пів чистове підрізання торця. Поверхні: 7,19
Шифр державки: SCLCR2020K09

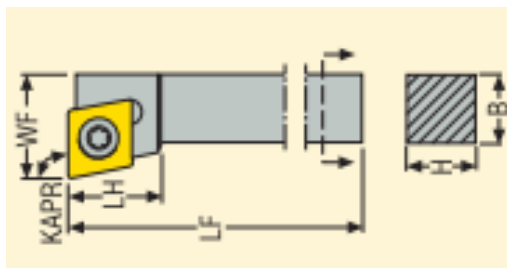


Рисунок 3.4 – Державка SCLCR2020K09 [2 с.259]

Геометричні параметри державки: H=20 мм; B=20 мм; LF=125 мм; WF=25 мм; LH=20 мм; KARP=95°.

Шифр пластини: CCMT09T308-MF2

Матеріал пластини: TP1020 – зносостійкий кермет, призначений для чистових операцій з високою продуктивністю та передбачуваністю, головним чином по сталі та нержавіючої сталі. [с.53]

					КНУ.КБР.131.25.2-05.03.ВОДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стружколом: MF2 – переважний вибір для чистових операцій із негативними пластинами. Підходить для глибин різання до 0,25 мм, забезпечуючи подачу понад 0,25 мм/об. Хороша можливість для напівчорнової обробки.

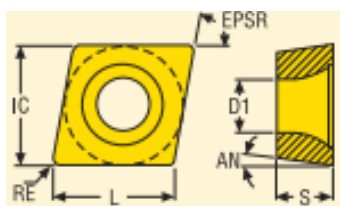


Рисунок 3.5 – Пластина CCMT09T308-MF2 [2 с. 422]

Геометричні параметри пластини: IC=9,53 мм; L=9,7 мм; S=3,97 мм; D1=4,5 мм; RE=0,4; AN=7°; EPSR=80°.



Рисунок 3.6 – Стружколом MF2 [2 с. 44]

Чистове підрізання торця. Поверхні: 7,19

Шифр державки: SCLCR2020K09

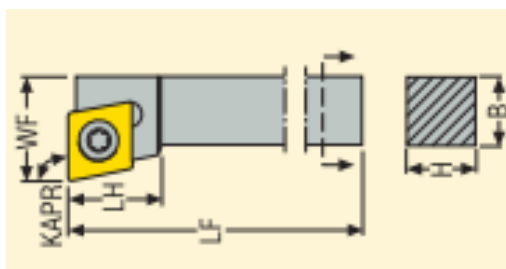


Рисунок 3.4 – Державка SCLCR2020K09 [2 с.259]

Геометричні параметри державки: H=20 мм; B=20 мм; LF=125 мм; WF=25 мм; LH=20 мм; KARP=95°.

Шифр пластини: CCMT09T308W-MF2

Матеріал пластини: CP500 – міцний мікрозернистий сплав, призначений для чистової та проміжної обробки нержавіючих сталей, також застосовується для обробки сталей та алюмінієвих сплавів. Демонструє особливо хороші показники обробки при уривчастому різанні. [2 с.52]

					КНУ.КБР.131.25.2-05.03.ВОДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стружколом: MF2 – переважний вибір для чистових операцій із негативними пластинами. Підходить для глибин різання до 0,25 мм, забезпечуючи подачу понад 0,25 мм/об. Хороша можливість для напівчорнової обробки.

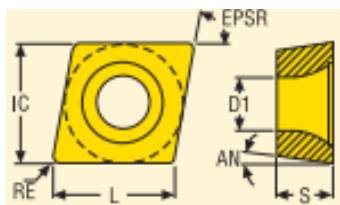


Рисунок 3.5 – Пластина CCMT09T308W-MF2 [2 с. 422]

Геометричні параметри пластини: IC=9,53 мм; L=9,7 мм; S=3,97 мм; D1=4,5 мм; RE=0,8; AN=7°; EPSR=80°.



Рисунок 3.6 – Стружколом MF2 [2 с. 44]

Чорнове точіння. Поверхні: 2,4,5,6,8,10,13,15,18,20
Шифр державки: SCLCR2020K09JET

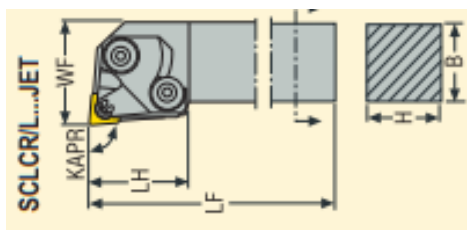


Рисунок 3.7 – Державка SCLCR2020K09JET [2 с. 222]

Геометричні параметри державки: H=20 мм; B=20 мм; LF=125 мм; WF=27 мм; LH=33 мм; KARP=95°.

					КНУ.КБР.131.25.2-05.03.ВОДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Шифр пластини: CCMT09T308-M5

Матеріал пластини: TP2501 – сплав з високою опірністю зносу та міцною кромкою, застосовується в широкому діапазоні токарних операцій зі сталі, нержавіючої сталі та чавуну. [2 с.50]

Стружколом: M5 – переважний вибір для чорнової обробки двосторонніми пластинами. Призначений для відповідальних операцій обробки сталей, нержавіючих сталей та чавунів з високою подачею. Поєднує високу міцність кромки із відносно низькими силами різання.

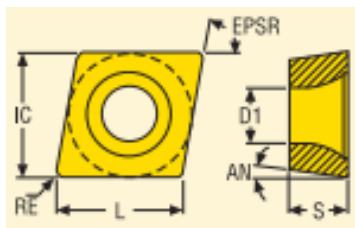


Рисунок 3.8 – Пластина CCMT09T308-M5 [2 с. 423]

Геометричні параметри пластини: IC=9,53 мм; L=9,7 мм; S=3,97 мм; D1=4,5 мм; RE=0,8; AN=7°; EPSR=80°.



Рисунок 3.9 – Стружколом M5 [2 с. 45]

Пів чистове точіння. Поверхні: 4,5,6,10,15,20

Шифр державки: SCLCR2020K09JET

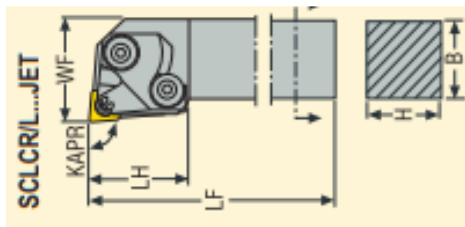


Рисунок 3.10 – Державка SCLCR2020K09JET [2 с. 222]

Геометричні параметри державки: H=20 мм; B=20 мм; LF=125 мм; WF=27 мм; LH=33 мм; KARP=95°.

					КНУ.КБР.131.25.2-05.03.ВОДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Шифр пластини: CCMT09T304-MF2

Матеріал пластини: CP500 – міцний мікрозернистий сплав, призначений для чистової та проміжної обробки нержавіючих сталей, також застосовується для обробки сталей та алюмінієвих сплавів. Демонструє особливо хороші показники обробки при уривчастому різанні.^[2 с.52]

Стружколом: MF2 – переважний вибір для чистових операцій із негативними пластинами. Підходить для глибин різання до 0,25 мм, забезпечуючи подачу понад 0,25 мм/об. Хороша можливість для напівчорнової обробки.

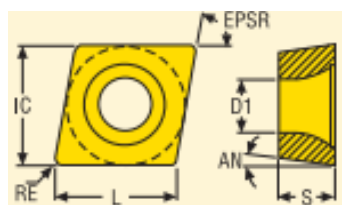


Рисунок 3.5 – Пластина CCMT09T308W-MF2 ^[2 с. 422]

Геометричні параметри пластини: IC=9,53 мм; L=9,7 мм; S=3,97 мм; D1=4,5 мм; RE=0,8; AN=7°; EPSR=80°.



Рисунок 3.6 – Стружколом MF2 ^[2 с. 44]

Чистове точіння. Поверхні: 4,5,6,10,15,20

Шифр державки: SCLCLR2020K09JET

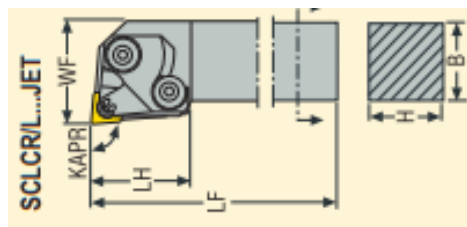


Рисунок 3.13 – Державка SCLCLR2020K09JET ^[2 с. 222]

					КНУ.КБР.131.25.2-05.03.ВОДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Геометричні параметри державки: $H=20$ мм; $B=20$ мм; $LF=125$ мм; $WF=27$ мм; $LH=33$ мм; $KARP=95^\circ$.

Шифр пластини: CCMT09T308W-MF2

Матеріал пластини: CP500 – міцний мікрозернистий сплав, призначений для чистової та проміжної обробки нержавіючих сталей, також застосовується для обробки сталей та алюмінієвих сплавів. Демонструє особливо хороші показники обробки при уривчастому різанні.^[2 с.52]

Стружколом: MF2 – переважний вибір для чистових операцій із негативними пластинами. Підходить для глибин різання до 0,25 мм, забезпечуючи подачу понад 0,25 мм/об. Хороша можливість для напівчорнової обробки.

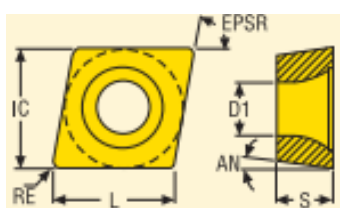


Рисунок 3.14 – Пластина CCMT09T308W-MF2 ^[2 с. 422]

Геометричні параметри пластини: $IC=9,53$ мм; $L=9,7$ мм; $S=3,97$ мм; $D1=4,5$ мм; $RE=0,8$; $AN=7^\circ$; $EPSR=80^\circ$.



Рисунок 3.15 – Стружколом MF2 ^[2 с. 44]

Чорнове точіння фасок. Поверхня: 22

Шифр державки: PSDNN2020K12

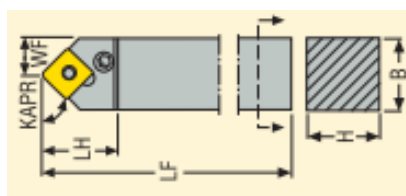


Рисунок 3.16 – Державка PSDNN2020K12 ^[2 с. 248]

					КНУ.КБР.131.25.2-05.03.ВОДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Геометричні параметри державки: $H=20$ мм; $B=20$ мм; $LF=125$ мм; $WF=10$ мм; $LH=26$ мм; $KARP=45^\circ$.

Шифр пластини: SNMG120408-M6

Матеріал пластини: TP2501 – сплав з високою опірністю зносу та міцною кромкою, застосовується в широкому діапазоні токарних операцій зі сталі, нержавіючої сталі та чавуну. [2 с.50]

Стружколом: M6 – міцний двосторонній стружколом для напівчорнової та чорнової обробки сталі. Гарне стружкоутворення та низькі сили різання, що забезпечує надійність обробки як при безперервному, і при переривчастому різанні. Також підходить для обробки феритних та мартенситних нержавіючих сталей.

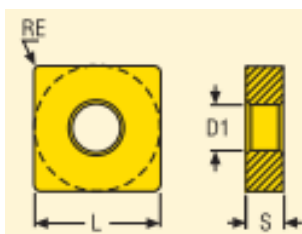


Рисунок 3.17 – Пластина SNMG120408-M6 [2 с. 451]

Геометричні параметри пластини: $L=12,7$ мм; $S=4,76$ мм; $D1=5,15$ мм; $RE=0,8$; $AN=0^\circ$; $EPSR=90^\circ$.



Рисунок 3.18 – Стружколом M6 [2 с. 45]

Чорнове точіння галтелі. Поверхня: 23.

Шифр державки: DVJBR2020X16JETI

					КНУ.КБР.131.25.2-05.03.ВОДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

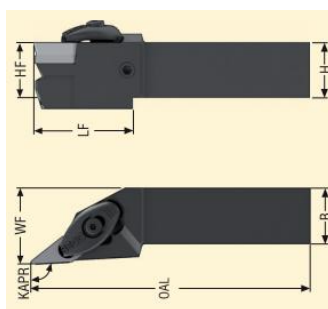


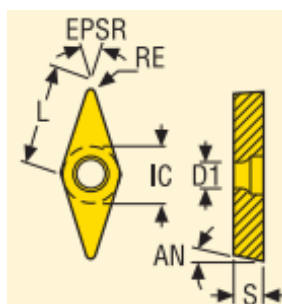
Рисунок 3.19 – Державка DVJBR2020X16JETI [2 с. 212]

Геометричні параметри державки: $H=20$ мм; $B=20$ мм; $OAL=100$ мм; $LF=36$ мм; $WF=27,2$ мм; $HF=20$ мм; $KARP=93^\circ$.

Шифр пластини: VBMT160408-M5

Матеріал пластини: TP2501 – сплав з високою опірністю зносу та міцною кромкою, застосовується в широкому діапазоні токарних операцій зі сталі, нержавіючої сталі та чавуну. [2 с.50]

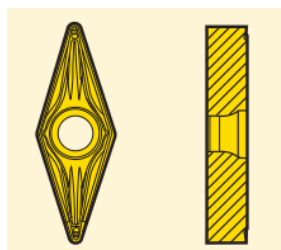
Стружколом: M5 – переважний вибір для чорнової обробки двосторонніми пластинами. Призначений для відповідальних операцій обробки сталей, нержавіючих сталей та чавунів з високою подачею. Поєднує високу міцність кромки із відносно низькими силами різання.



Р

Рисунок 3.20 – Пластина VBMT160408-M5 [2 с. 468]

Геометричні параметри пластини: $IC=9,53$ мм; $L=16,6$ мм; $S=4,76$ мм; $D1=4,5$ мм; $RE=0,8$; $AN=5^\circ$; $EPSR=35^\circ$.



					КНУ.КБР.131.25.2-05.03.ВОДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 3.21 – Стружколом М5 [2 с. 45]

Чорнове нарізання різьби. Поверхня: 2
 Шифр державки: MMTER2020K16-C

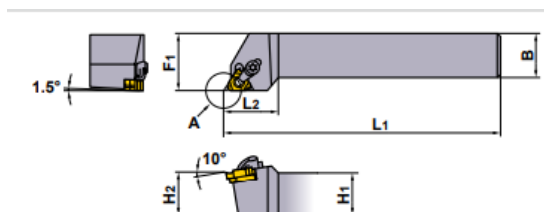


Рисунок 3.22 – Державка MMTER2020K16-C [4 с. 445]

Геометричні параметри державки: $H_1=20$ мм; $B=20$ мм; $L_1=125$ мм; $L_2=26$ мм; $H_2=12$ мм; $F_1=25$ мм.

Шифр пластини: MMT16ERG55-S
 Матеріал пластини: VP15TF

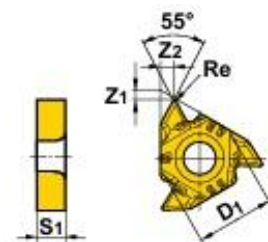


Рисунок 3.23 – Пластина MMT16ERG55-S [4 с. 447]

Геометричні параметри пластини: $D_1=9,525$ мм; $S_1=3,44$ мм; $z_1=1,2$ мм; $z_2=1,7$ мм; $Re=0,23$ мм; $EP5R=55^\circ$.

Обираємо фрезу та пластини до неї:

Чорнове фрезерування шпонкового паза. Поверхня: 26.
 Шифр фрези: R217.69-1820.0-06-4AN

					КНУ.КБР.131.25.2-05.03.ВОДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

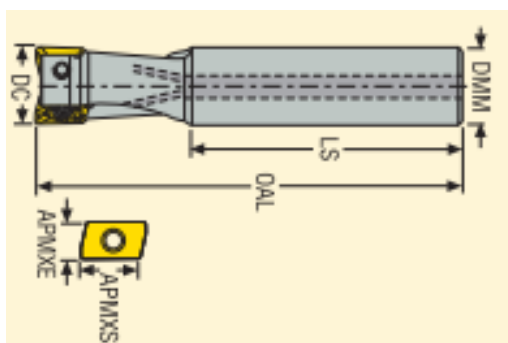


Рисунок 3.24 – Фреза R217.69-1820.0-06-4AN [3 с. 24]

Геометричні параметри фрези: DC=20 мм; DMM=18 мм; OAL=200 мм; LS=180 мм.

Шифр пластини: ХОМХ060202R-M05

Матеріал пластини: МР3000 - високо зносостійкий метал для робіт по сталі. [с 14]

Стружколом: М05

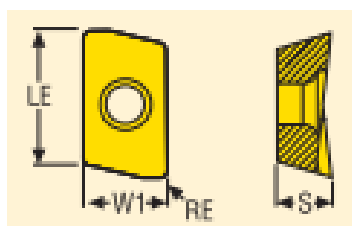


Рисунок 3.25 – Пластина ХОМХ060202R-M05 [3 с. 661]

Геометричні параметри пластини: W1=4,1 мм; S=2,45 мм; LE=5,5 мм; BS=1,1 мм; RE=0,2 Передній кут 20,2°.

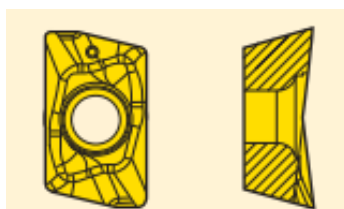


Рисунок – 3.26 – Стружколом М05 [с. 661]

Пів чистове фрезерування шпонкового пазу. Поверхня: 26.

Шифр фрези: : R217.69-1820.0-06-4AN

					КНУ.КБР.131.25.2-05.03.ВОДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

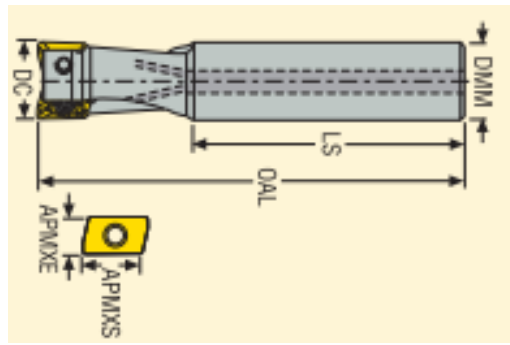


Рисунок 3.27 – Фреза R217.69-1820.0-06-4AN [3 с. 24]

Геометричні параметри фрези: DC=20 мм; DMM=18 мм; OAL=200 мм; LS=180 мм.

Шифр пластини: ХОЕХ060204FR-E03

Матеріал пластини: F40M - сплав з покриттям PVD для чистового та напівчорнового фрезерування. Перший вибір для фрезерування з малими подачами та/або низькими швидкостями різання. Відмінно підходить для операцій, коли є небезпечний вібрації. [с. 14]

Стружколом: E03.

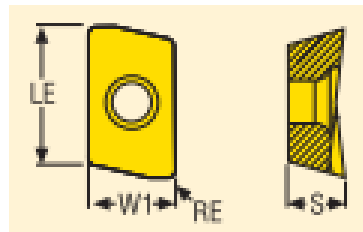
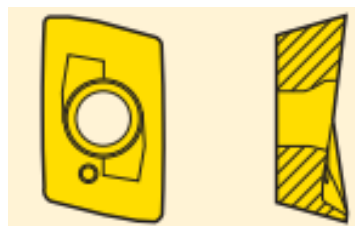


Рисунок 3.28 – Пластина ХОЕХ060204FR-E03

Геометричні параметри пластини: W1=4,1 мм; S=2,45 мм; LE=6 мм; BS=0,9 мм; RE=0,4 Передній кут 29,2°.



					КНУ.КБР.131.25.2-05.03.ВОДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 3.29 – Стружколом E03 [З с. 661]

Чистове фрезерування шпонкового пазу. Поверхня: 26.
Шифр фрези: : R217.69-1820.0-06-4AN

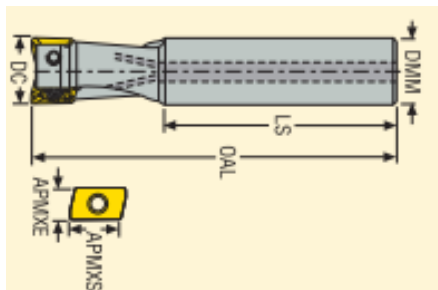


Рисунок 3.30 – Фреза R217.69-1820.0-06-4AN [З с. 24]

Геометричні параметри фрези: DC=20 мм; DMM=18 мм; OAL=200 мм;
LS=180 мм.

Шифр пластини: ХОЕХ060204FR-E03

Матеріал пластини: F40M - сплав з покриттям PVD для чистового та напівчорнового фрезерування. Перший вибір для фрезерування з малими подачами та/або низькими швидкостями різання. Відмінно підходить для операцій, коли є небезпечний вібрації. [с. 14]

Стружколом: E03.

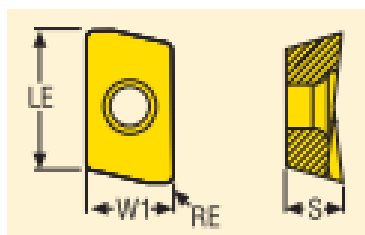


Рисунок 3.31 – Пластина ХОЕХ060204FR-E03

Геометричні параметри пластини: W1=4,1 мм; S=2,45 мм; LE=6 мм;
BS=0,9 мм; RE=0,4 Передній кут 29,2°.

					КНУ.КБР.131.25.2-05.03.ВОДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

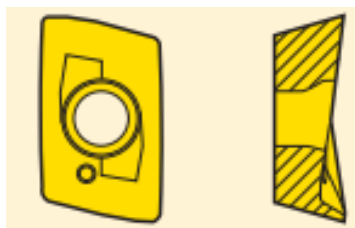


Рисунок 3.32 – Стружколом Е03 [3 с. 661]

Обираємо шліфувальні кола:

Шліфування. Поверхні: 4,6,20

Шифр шліфувального кола: 300×40×127 89A602K5AV21750

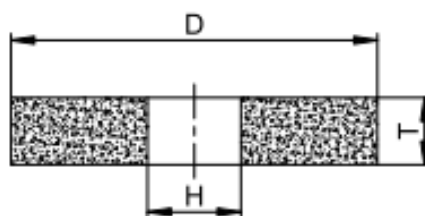


Рисунок 3.33 – Шліфувальне коло 300×40×127 89A602K5AV21750 [5 с. 189]

Геометричні параметри шліфувального кола: $D=300$ мм; $H=127$ мм;
 $T=40$ мм.

Фінальне шліфування. Поверхні: 4,6,20

Шифр шліфувального кола: 300×40×76,2 89A802J5AV21750

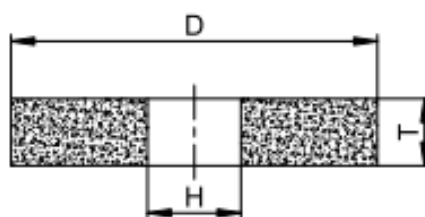


Рисунок 3.34 – Шліфувальне коло 300×40×76,2 89A802J5AV21750 [5 с. 188]

Геометричні параметри шліфувального кола: $D=300$ мм; $H=76,2$ мм;
 $T=40$ мм.

Шліфування канавок. Поверхні: 24,25.

Шифр шліфувального кола: 41 300×4×32 14A80-H41BFM80 м/с 2кл

					КНУ.КБР.131.25.2-05.03.ВОДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

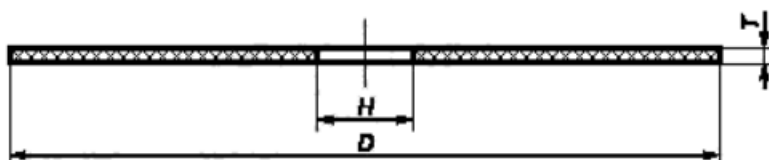


Рисунок 3.35 - Шліфувальне коло 41 300×40×32 14A80-H41BFM80 м/с 2кл

Геометричні параметри шліфувального кола: D=300 мм; H=32 мм; T=4 мм.

3.2 Вибір параметрів різальної частини інструменту

Таблиця 3.2 - Підбір параметрів різучої частини інструментів.

№ Пов.	Тип інструмента	Матеріал різучої частини інструменту	Матеріал державки (корпуса, хвостовика) інструмента	Геометричні параметри різальної частини інструмента
1,3,7,9,12,14,17,19,21	Підрізний різак	TP2501 - чорнове	Сталь 45	EPSR=80°; AN=7°;KAR P=95°
7,19	Підрізний різак	TP1020 - пів чистове	Сталь 45	EPSR=80°; AN=7°;KAR P=95°
7,19	Підрізний різак	CP500 - чистова	Сталь 45	EPSR=80°; AN=7°;KAR P=95°
2,4,5,6,8,10,13,15,18,20	Прохідний різак	TP2501 - чорнове	Сталь 40	EPSR=80°; AN=7°;KAR P=95°
4,5,6,10,15,20	Прохідний різак	CP500 - пів чистове	Сталь 40	EPSR=80°; AN=7°;KAR P=95°
4,5,6,10,15,20	Прохідний різак	CP500 - чистова	Сталь 40	EPSR=80°; AN=7°;KAR P=95°
2	Різьбо нарізний різак	VP15TF - чорнова	Сталь 41	EPSR=55°
22	Різок для фаски	TP2501 - чорнове	Сталь 40	EPSR=90°; AN=0°; KARP=45°.
23	Різок для галтелі	TP2501 - чорнове	Сталь 45	EPSR=35°; AN=5°; KARP=93°.

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5
26	Кінцева фреза	МР3000 - чорнове	Сталь У10А	Передній кут 20,2°.
26	Кінцева фреза	F40М - пів чистове	Сталь У10А	Передній кут 29,2°.
26	Кінцева фреза	F40М - чистове	Сталь У10А	Передній кут 29,2°.
4,6,20	Шліфувальн е коло	89А	-	-
4,6,20	Шліфувальн е коло	89А	-	-
24,25	Шліфувальн е коло	14А	-	-

3.3 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту

У цій роботі потрібно зосередити увагу на одному з обраних типів інструментів, що використовуються під час чорнової обробки — етапу, на якому виникають найбільші навантаження. Щоб забезпечити точність і обґрунтованість розрахунків, я детально враховую фізико-механічні характеристики матеріалу заготовки, технічні параметри конкретного верстата, а також режими різання, встановлені для цього виду операцій. Для підвищення ефективності та швидкості розрахунків бажано застосувати автоматизований підхід — використання спеціалізованого програмного забезпечення, яке допомагає розрахувати режими різання з урахуванням усіх вхідних даних.

Далі виконано перевірку вибраного інструменту на міцність у рамках найбільш навантажених умов роботи. Це дозволяє не тільки переконатися в надійності конструкції інструменту, а й адаптувати його під конкретні виробничі завдання, враховуючи особливості чорнового різання на конкретному обладнанні. Таким чином, підхід до вибору та перевірки інструменту набуває індивідуального характеру, заснованого на реальних виробничих умовах.

Для проведення розрахунків обирається прохідний різець з шифром: SCLCL2020K09JET, оскільки саме він використовується для зняття найбільшого припуску під час механічної обробки та працює в умовах

					КНУ.КБР.131.25.2-05.03.ВОДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підвищених навантажень. Основні геометричні параметри цього різця: $H=20$ мм; $B=20$ мм; $LF=125$ мм; $WF=27$ мм; $LH=33$ мм.

Матеріал різця Сталь 40: межа міцності $\sigma=650$ МПа; допустима напруга $\sigma=200$ МПа.

Матеріал заготовки 40Х: межа міцності $\sigma=900$ МПа; допустима напруга $\sigma=300$ МПа.

Діаметр заготовки – 155 мм, припуск на обробку 0,75 на сторону, подача $S=0,6$ мм/об, виліт різця $l=15$ мм.

3.3.1 Сила різання:

$$P_z = 9,8 C_{Pz} t^{x_{Pz}} S^{y_{Pz}} K_{Pz}; H$$

де $K_{Pz}=1$ – сумарний поправчий коефіцієнт;

$X_{Pz}=0,20$ – показник степені при глибині різання;

$Y_{Pz}=0,50$ – показник степені при подачі.

$$P_z = 9,8 \cdot 600 \cdot 1,5^{0,20} \cdot 0,6^{0,5} \cdot 1 = 4940 H$$

3.3.2 Міцність і жорсткість різця:

Максимальне навантаження, допустима міцність різання:

$$P_{z\text{доп}} = \frac{bh^2 \sigma_{\text{дп}}}{6l}; H$$

$$P_{z\text{доп}} = \frac{20 \cdot 10^{-3} \cdot (20 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 200 \cdot 10^6}{6 \cdot 15 \cdot 10^{-3}} = 17777 H$$

Максимальне навантаження, допустима жорсткість різця:

$$P_{z\text{жор}} = \frac{3fEj}{l^3}; H$$

$$P_{z\text{жор}} = \frac{3 \cdot 0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 1,3 \cdot 10^{-8}}{(15 \cdot 10^{-3})^3} = 231111 H$$

де $f=0,1$ – допустима стріла прогину при чорновому точінні;

$E=2 \cdot 10^{11}$ – модуль пружності матеріалу державки;

j – момент інерції прямокутного перетину державки:

$$j = \frac{bh^3}{12}; \text{мм}^4$$

$$j = \frac{20 \cdot 20^3}{12} = 13333 \text{мм}^4$$

3.3.3 Перевірка на міцність і жорсткість:

$$P_{z\text{доп}} > P_z < P_{z\text{жор}}$$

$$17777 > 4940 < 231111$$

Умова виконується. З чого можна зробити висновок, що різець витримає роботу в даних умовах.

					КНУ.КБР.131.25.2-05.03.ВОДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.4 Вибір типорозміру допоміжних інструментів

Інструментальне налагодження являє собою комплекс, що включає ріжучі та допоміжні інструменти, які підбираються й компонуються залежно від конструкції деталі та особливостей технологічної операції. Такий комплекс будується послідовно — від основного ріжучого інструмента через допоміжні елементи аж до посадочних поверхонь верстата (наприклад, шпинделя). При розробці налагодження враховуються тип виробництва, необхідна точність обробки, продуктивність та зручність обслуговування інструментального комплексу.

З огляду на характеристики оброблюваної поверхні, метод базування заготовки, тип верстата та основні розміри обраного стандартного ріжучого інструмента, підбирається відповідний допоміжний інструмент із зазначенням його конструктивних параметрів.

Допоміжний інструмент різців. Поверхні: 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,12,13,14,15, 17,18,19,20,21.

Шифр допоміжного інструмента: 9 C1.30.20

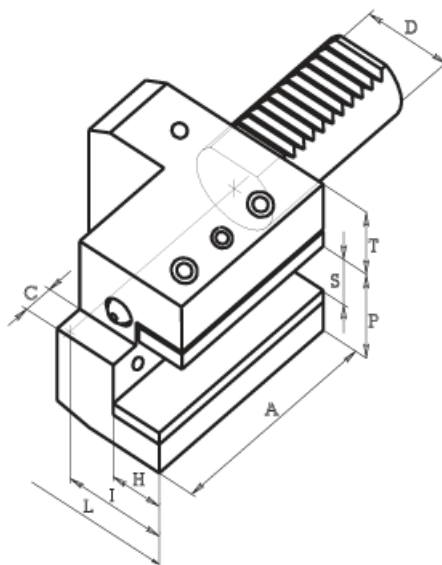


Рисунок 3.36 – Різцетримач 9 C1.30.20 [7 с. 47]

Геометричні параметри різцетримача: D=30 мм; S=20/16 мм; P=38 мм; T=28 мм; L=70 мм; I=35 мм; H=18 мм; A=70 мм; C=10 мм.

Допоміжний інструмент фрез. Поверхня: 26.

Шифр допоміжного інструменту: 591 014 – 40 (DIN 69871-AD)

					КНУ.КБР.131.25.2-05.03.ВОДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

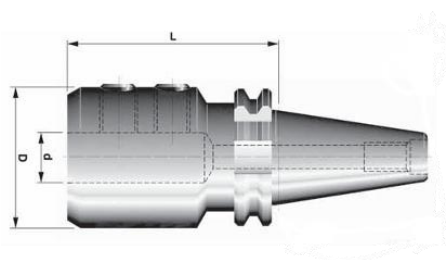


Рисунок 3.37 – Оправка 591 014 – 40 (DIN 69871-AD)^[6 с.3]

Геометричні параметри оправки: d=20 мм; D=52 мм; L=63 мм; M16.

Таблиця 3.3 – Організація інструментального забезпечення.

Найменування операції	№ з/п поверхні	Металорізальний верстат (тип, модель)	Ріжучий інструмент (шифр інструменту)	Допоміжний інструмент (Шифр інструменту)
Точиння	1,3,7,9,12,14,17,19,21	ЧПУ LEADWELL LTC-25iXXL	SCLCR2020K09	9 C1.30.20
	7,19	ЧПУ LEADWELL LTC-25iXXL	SCLCR2020K09	9 C1.30.20
	7,19	ЧПУ LEADWELL LTC-25iXXL	SCLCR2020K09	9 C1.30.20
	2,4,5,6,8,10,13,15,18,20	ЧПУ LEADWELL LTC-25iXXL	SCLCR2020K09JET	9 C1.30.20
	4,5,6,10,15,20	ЧПУ LEADWELL LTC-25iXXL	SCLCR2020K09JET	9 C1.30.20
	4,6,10,15,20	ЧПУ LEADWELL LTC-25iXXL	SCLCR2020K09JET	9 C1.30.20
	22	ЧПУ LEADWELL LTC-25iXXL	PSDNN2020K12	9 C1.30.20
	23	ЧПУ LEADWELL LTC-25iXXL	DVJBR2020X16JETI	9 C1.30.20
Нарізання рьзби	2	ЧПУ LEADWELL LTC-25iXXL	MMTER2020K16-C	9 C1.30.20
Фрезерування	26	Ibarmia ZVH EXTREME	R217.69-1820.0-06-4AN	591 014 – 40 (DIN 69871-AD)
	26	Ibarmia ZVH EXTREME	R217.69-1820.0-06-4AN	591 014 – 40 (DIN 69871-AD)
	26	Ibarmia ZVH EXTREME	R217.69-1820.0-06-4AN	591 014 – 40 (DIN 69871-AD)

					КНУ.КБР.131.25.2-05.03.ВОДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. ПРОЕКТУВАННЯ ТА ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту

Для операції з зубонарізання на заготівці, проводимо розрахунок спеціального інструменту – черв'ячна фреза.

Вхідні данні:

- Кут зачеплення $\alpha=20^\circ$;
- Модуль $m=6$ мм;
- Ступінь точності 7-С
- Матеріал заготовки Сталь 40Х
- Станок ...

За ДСТУ (ГОСТ 9324:2015), обираємо черв'ячну фрезу 2510-4044.

Параметри:

- Модуль $m=6$
- Зовнішній діаметр $d_{a0}=160$ мм;
- Діаметр буртика $d_1=90$ мм;
- Ширина буртика $l=6$;
- Діаметр посадкового отвору $d=60$ мм;
- Довжина черв'ячної фрези $L=155$ мм;
- Кількість стружкових канавок $z_0=12$

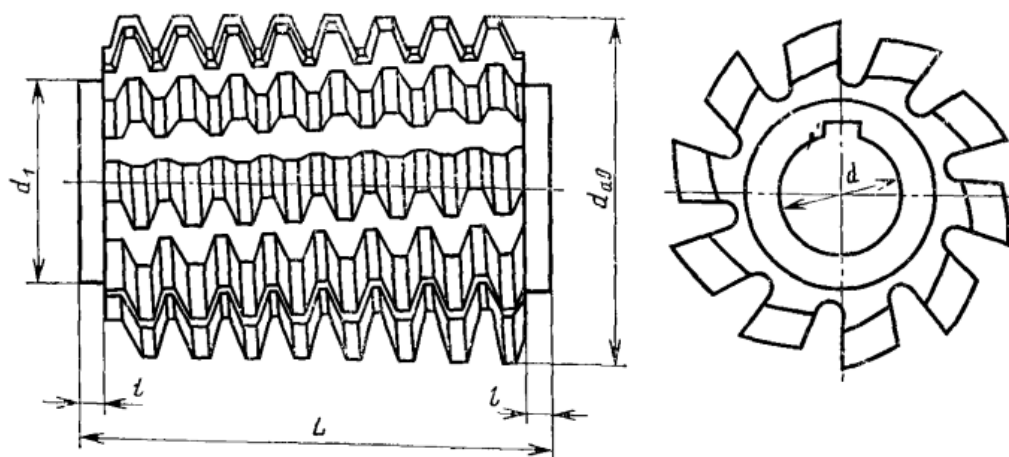


Рисунок 4.1 – Основні конструктивні параметри черв'ячної фрези.

					КНУ.КБР.131.25.2-05.04.ПІАРІ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проектування та інженерний аналіз різального інструменту	Літ.	Арк.	Аркушів	
Розроб.		Миловзоров							
Перевір.		Рязанцев							
Реценз.									
Н. Контр.		Нечаєв							
Зав. каф.		Рязанцев							
						Кафедра ТМ гр. ПМ-22ск			

Визначимо основні конструктивні параметри фрези.

Зовнішній діаметр черв'ячної фрези:

$$d_{a0} \geq 2H_k + 2p + d$$

де d – діаметр посадкового отвору;

H_k – глибина канавки;

p – розмір корпусу $0,3d$.

Проводимо розрахунок посадкового отвору черв'ячної фрези:

$$d = (0,2 - 0,45)d_{a0}$$

$$d = 0,375 \cdot 160 = 60 \text{ мм}$$

Проводимо розрахунок корпусу черв'ячної фрези:

$$p = (0,25 - 0,3) \cdot d$$

$$p = 0,3 \cdot 60 = 18 \text{ мм}$$

Проводимо розрахунок глибини канавки черв'ячної фрези:

$$H_k = h_0 + k + r$$

де h_0 – повна висота профілю зубів черв'ячної фрези;

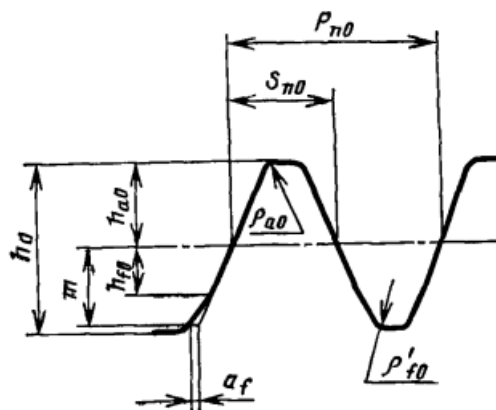
r – радіус закруглення дна канавки, який приймаємо рівним 3 мм;

k – величина затилювання зуба.

Підбираємо розміри нормального профілю черв'ячної фрези.

Параметри:

- Крок профілю зубів $P_{n0}=18,85$ мм;
- Товщина зуба $S_{n0}=9,425$ мм;
- Висота зуба $h_0=15$ мм;
- Висота головки зуба $h_{a0}=7,5$ мм;
- Висота ніжки зуба до фланку $h_{f0}=3,3$ мм;
- радіус закруглення зуба $r_{a0}=2,28$ мм;
- Радіус закруглення ніжки зуба $r_{f0}=1,8$ мм, $r_{f0}'=1,2$ мм;
- Товщина фланку $a_f=0,054$ мм.



					КНУ.КБР.131.25.2-05.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 4.2 – Профіль зубів у нормальному перетині

Підбираємо розмір профіль черв'ячної фрези в осьовому перетині.

Параметри:

- Крок профілю зубів $P_{n0}=18,85$ мм;
- Профільний кут правої сторони зуба $\alpha_{np}=20^{\circ}04'$;
- Профільний кут лівої сторони зуба $\alpha_{lp}=19^{\circ}58'$.

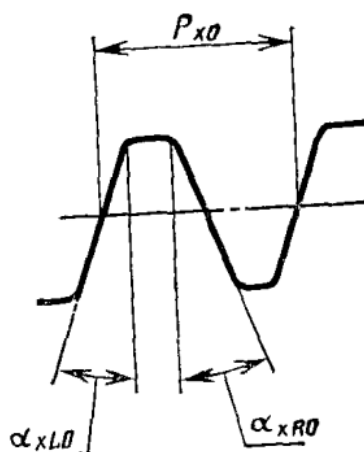


Рисунок 4.3 – Розмір профілю зубів в осьовому перетині

Розрахуємо величину затилування:

$$k = \frac{\pi \cdot d_{a0}}{z_u} \cdot \operatorname{tg} \alpha_B$$

$$k = \frac{3,14 \cdot 160}{12} \cdot \operatorname{tg} 12^{\circ} = 8,89 \text{ мм}$$

де α_B – величина заднього кута в перерізі, приймаємо $\alpha_B=12^{\circ}$;

z_0 – кількість стружкових канавок, $z_0=12$.

Розраховуємо повну висоту профілю зубів фрези:

$$h_0 = h_0' + h_0''$$

де h_0' – висота головки зуба черв'ячної фрези;

h_0'' – висота ніжки зуба черв'ячної фрези з урахуванням зазору.

Розрахуємо висоту головки зуба:

$$h_0' = 1,25m - \Delta y \cdot m$$

де Δy – коефіцієнт який назначили рівним 0,1;

m – модуль.

$$h_0' = 1,25 \cdot 6 - 0,1 \cdot 6 = 6,9 \text{ мм}$$

Розрахуємо висоту ніжки зуба з урахуванням зазору:

$$h_0'' = 1,25m$$

					КНУ.КБР.131.25.2-05.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$h_0'' = 1,25 \cdot 6 = 7,5 \text{ мм.}$$

Розрахунок повної висоти профілю зубів черв'ячної фрези:

$$h_0 = 6,9 + 7,5 = 14,4 \text{ мм}$$

Розрахунок глибини канавки черв'ячної фрези:

$$H_k = 14,4 + 8,89 + 3 = 26,29 \text{ мм}$$

Виконаємо перевірку:

$$160 \geq 2 \cdot 26,29 + 2 \cdot 18 + 60$$

$$160 \geq 148,58$$

Умова дотримується, розрахунок вірний.

Довжину черв'ячної фрези можна розрахувати за формулою:

$$L = 2 \left[\frac{h_1}{\sin 2\alpha_u} (1 + \sin^2 \alpha_u) + S_u \right]$$

$$L = 2 \left[\frac{12,9}{\sin 2 \cdot 12^\circ} (1 + \sin^2 12^\circ) + 11,1 \right] = 163,52$$

Приймаємо $L=155$ мм.

Розраховуємо висоту нарізного зуба за формулою:

$$h_1 = 2,25m - \Delta y \cdot m$$

$$h_1 = 2,25 \cdot 6 - 0,1 \cdot 6 = 12,9 \text{ мм}$$

Товщина зуба фрези вираховується за формулою:

$$S_u = S_{u \text{ усх}} + 2 \cdot \xi \cdot m \cdot \operatorname{tg} \alpha_d$$

Вихідна товщина зуба по ділильному колу, можна розрахувати по формулі:

$$S_{u \text{ усх}} = \frac{\pi \cdot m}{2} - \Delta S_u$$

де ΔS_u – потовщення зубів, яке приймаємо рівним 0,5.

$$S_{u \text{ усх}} = \frac{3,14 \cdot 6}{2} - 0,5 = 8,92 \text{ мм}$$

$$S_u = 8,92 + 2 \cdot 0,5 \cdot 6 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 11,1$$

Проводимо розрахунок профілю зубу у нормальному перерізі:

$$P_{n0} = \pi \cdot m \cdot z_3$$

де z_3 – кількість заходів черв'ячної фрези.

$$P_{n0} = 3,14 \cdot 6 \cdot 1 = 18,85 \text{ мм}$$

Товщина зубу у нормальному перерізі можна визначити за формулою:

$$S_{n0} = P_{n0} - S_{u \text{ усх}}$$

$$S_{n0} = 18,85 - 8,92 = 9,93 \text{ мм}$$

Розраховуємо розмір профілю зубів в осьовому перерізі.

Розраховуємо осьовий крок:

					КНУ.КБР.131.25.2-05.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{x0} = \frac{P_{n0}}{\cos \gamma_m}$$

де γ – передній кут в 5° .

$$P_{x0} = \frac{18,85}{\cos 5^\circ} = 18,9 \text{ мм}$$

Розрахуємо середній діаметр за формулою:

$$d_{cp} = d_{a0} - 2 \cdot h_0 - 2 \cdot \sigma \cdot k$$

де σ – коефіцієнт, приймаємо $\sigma=0,2$.

$$d_{cp} = 160 - 2 \cdot 6,9 - 2 \cdot 0,2 \cdot 8,89 = 142,45 \text{ мм}$$

Розрахуємо кут підйому лінії витка:

$$\sin \gamma = \frac{m \cdot z_3}{d_{cp}}$$

$$\sin \gamma = \frac{6 \cdot 1}{142,45} = 0,042 = 2^\circ 41'$$

Розрахуємо кут нахилу стружкових канавок:

$$\gamma = \lambda = 0,042 = 2^\circ 41'$$

Проводимо розрахунок ходу гвинтової стружкової канавки:

$$P_z = \pi \cdot d_{cp} \cdot \operatorname{ctg} \gamma$$

$$P_z = 3,14 \cdot 142,45 \cdot \operatorname{ctg} 2^\circ 41' = 9543,82 \text{ мм}$$

Розрахуємо закруглення на головці зуба черв'ячної фрези:

$$P_{eu} = \frac{C}{1 - \sin \alpha_d}$$

де C – зазор, який рівний 0,25м.

$$P_{eu} = \frac{0,25 \cdot 6}{1 - \sin 20^\circ} = 2,28 \text{ мм.}$$

4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту

Щоб перевірити працездатності розробленого різального інструменту «Черв'ячна фреза», проводимо аналіз використовуючи програму моделювання SolidWorks Simulation. Митою дослідження, буде перевірка фрези на: напруження, переміщення та навантаження. Для цього, завантажуюмо створену 3д модель у програмне середовище SolidWorks, призначаємо матеріал деталі DIN 1.2210 (115CrV2) або ХГВ ДСТУ 4543:2009 (рисунок 4.4).

					КНУ.КБР.131.25.2-05.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

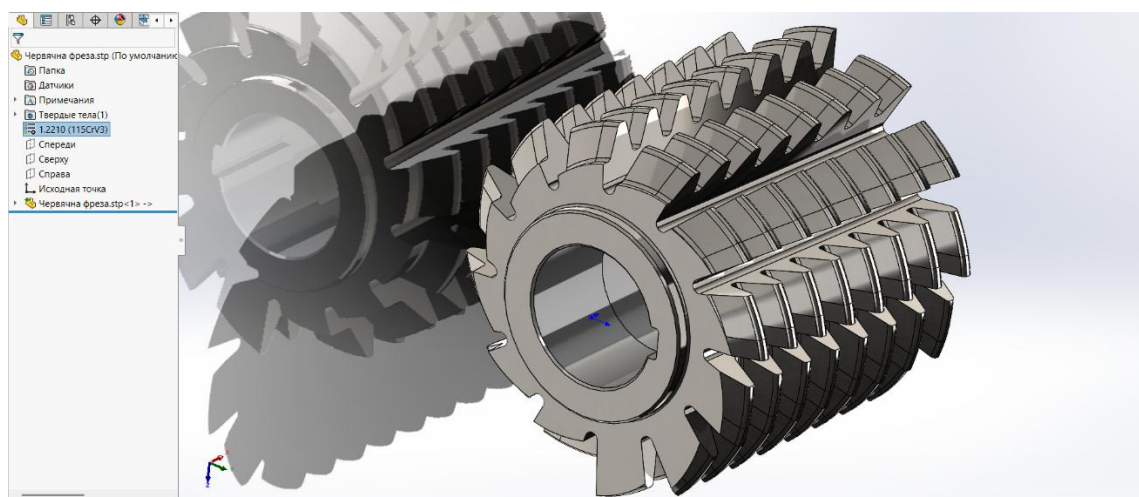


Рисунок 4.4 – 3д модель черв'ячної фрези у програмному середовищі SolidWorks

Переходимо на вкладку Simulation та створюємо нову симуляцію типу «Статична». Додаємо фіксоване закріплення, а також прикладаємо зовнішні навантаження: обертовий момент величиною 1000 Н·м і силу 6000 Н (рисунок 4.4).

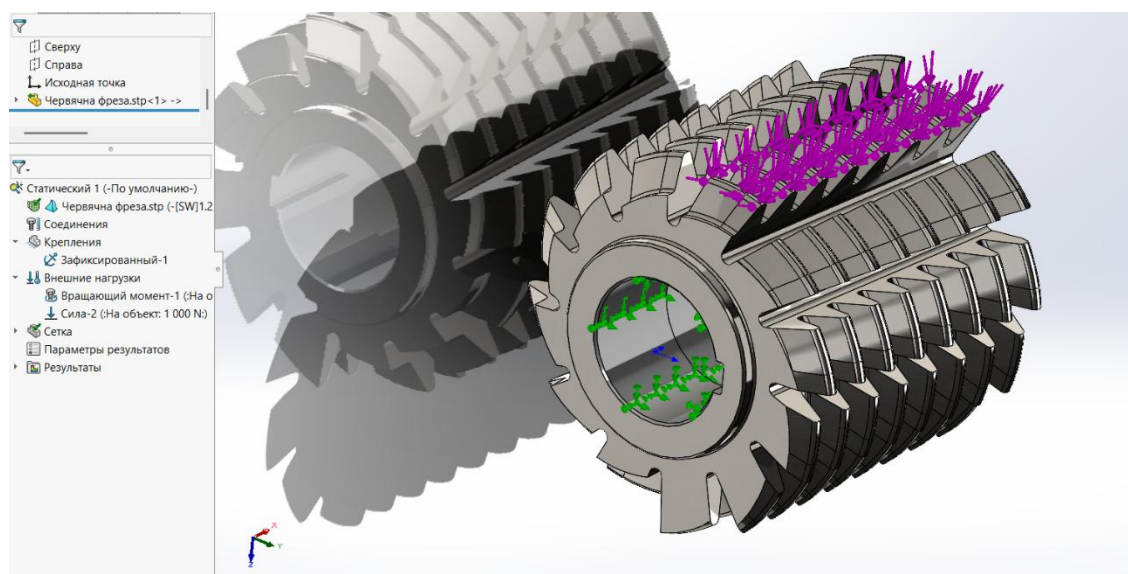


Рисунок 4.5 – 3д модель на вкладці Simulation

Після встановлення початкових даних на поверхні деталі, створюємо на ній сітку кінцевих елементів (рисунок 4.6).

					КНУ.КБР.131.25.2-05.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

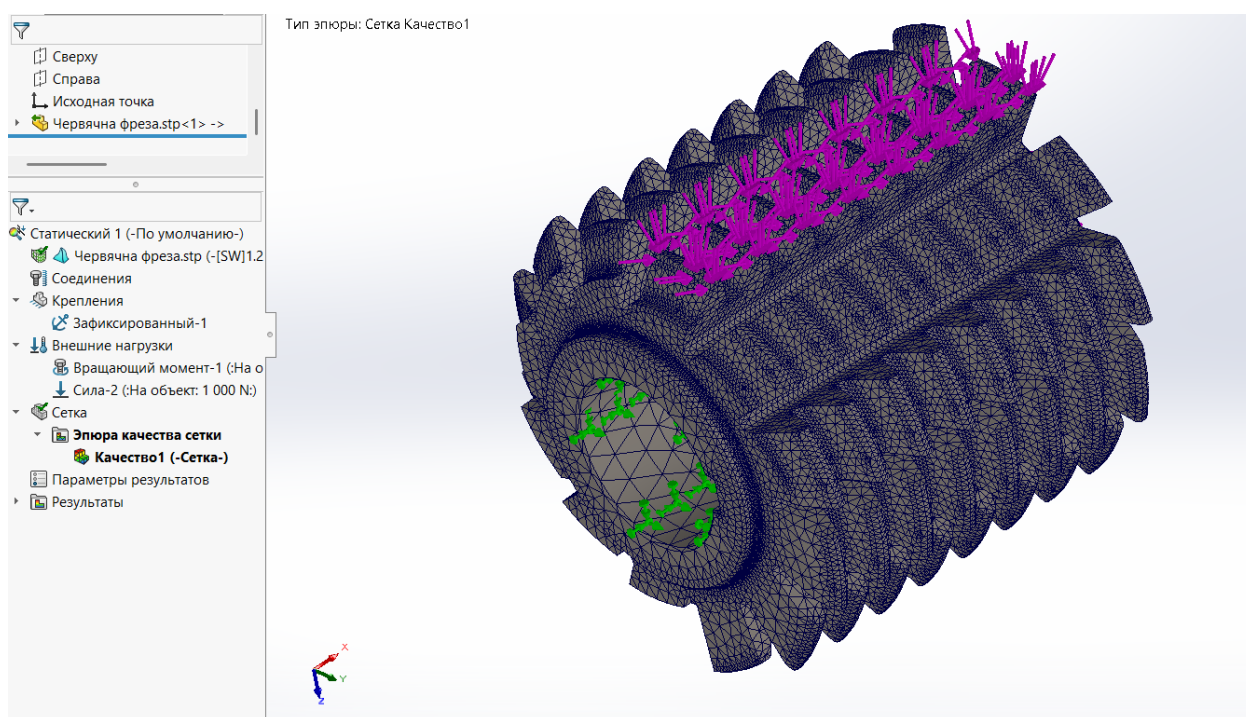


Рисунок 4.6 – 3д модель з сіткою кінцевих елементів

Проводимо запуск симуляції та отримуємо 3 типи епюр: напруження, переміщення та навантаження (рисунок 4.7-4.9).

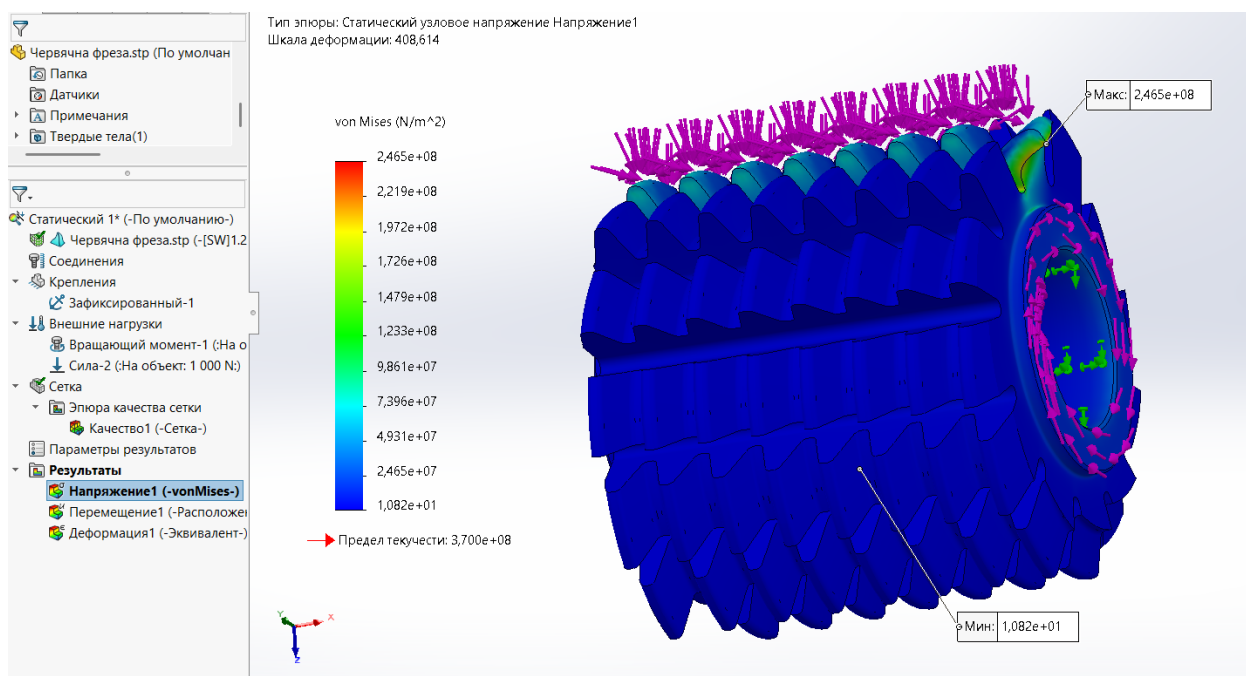


Рисунок 4.7 – Дослідження деформації

					КНУ.КБР.131.25.2-05.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

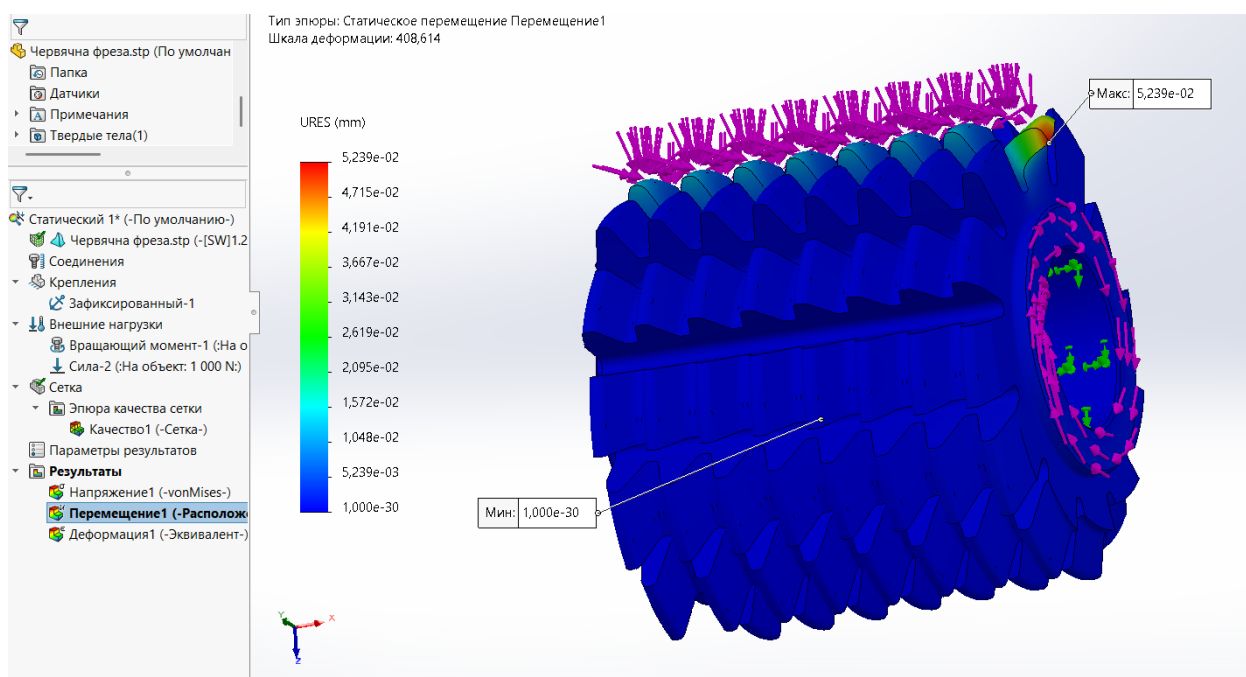


Рисунок 4.8 – Дослідження переміщення

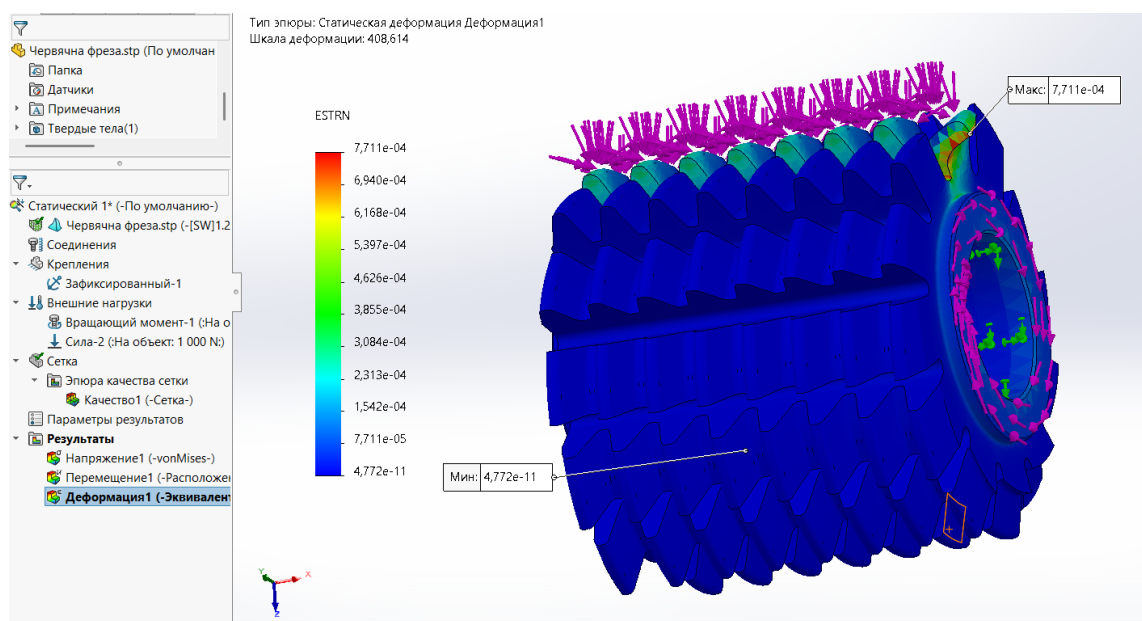


Рисунок 4.9 – Дослідження деформації

Після проведення симуляції та аналізу побудованих епюр можна визначити зони, на які найбільше впливають навантаження, зміщення та деформації. Це дозволяє оцінити критичні ділянки впливу на черв'ячну фрезу. За результатами моделювання можна зробити висновок, що при заданих силах межа міцності матеріалу фрези не перевищена, отже, вона може працювати в подібних умовах.

					КНУ.КБР.131.25.2-05.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора

Розробимо керуючу програму на токарну обробку вал-шестерні за дві установи. В реальних умовах виробництва деталь встановлюється в трикулачковому патроні з підтисканням заднім центром через відношення довжини до діаметру більше, ніж 3 (5,7). Тому в керуючій програмі необхідно передбачити торцювання до певного діаметра так, щоб різець не врізався у задній центр.

Обробка здійснюється на токарному верстаті з ЧПУ LEADWELL LTC-25iXXL. Даний верстат обладнаний системою Fanuc. Програмування процесу обробки виконується в САМ-системі FeatureCAM. Опції постпроцесора наведені на рисунку 5.1.

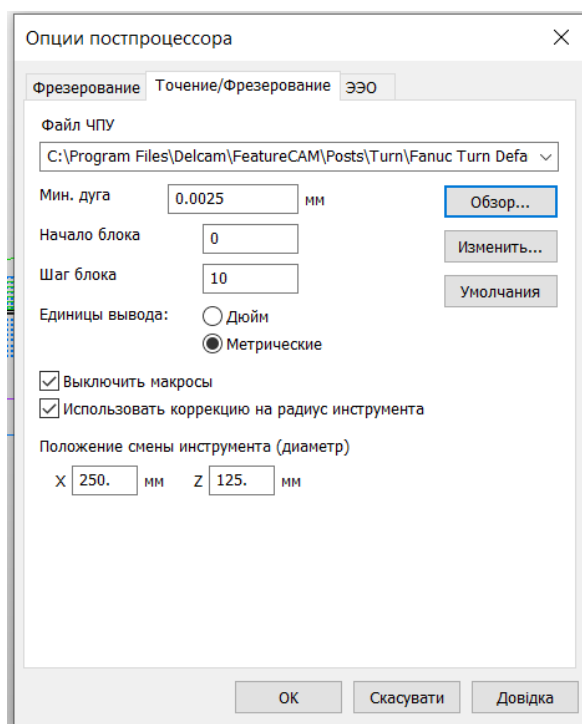


Рисунок 5.1 – Опції постпроцесора

5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм

					КНУ.КБР.131.25.2-05.05.МПОМО		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Миловзоров			Моделювання та програмування операцій механічної обробки	Літ.	Арк.
Перевір.		Рязанцев					Аркушів
Реценз.							
Н. Контр.		Нечаєв					
Зав. каф.		Рязанцев				Кафедра ТМ гр. ПМ-22ск	

Розміри заготовки визначаємо виходячи з припусків на механічну обробку і стандартних діаметрів прокату: призначаємо припуск на максимальний діаметр 10 мм, на торці – по 2 мм. Звідки розміри заготовки: $\varnothing 150$ мм, $L = 862$ мм.

Імпортуємо в проєкт модель деталі для пришивдшення розробки керуючої програми за рахунок автоматизації створення керуючих кривих та елементів. Результат наведено на рисунку 5.2.

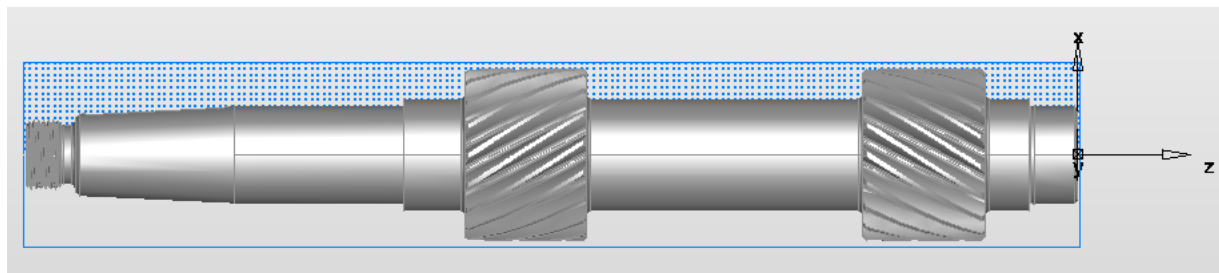


Рисунок 5.2 – Імпорт деталі у Autodesk FeatureCAM

Розробляємо операції першого установа:

- 1) підрізання торця;
- 2) точіння зовнішніх поверхонь з припуском на шліфування з підрізанням фасок;
- 3) прорізання канавок.

Вікно створення нового інструменту зображено на рисунку 5.3., результат обробки – на рис. 5.4, траєкторії переміщень інструментів – рис. 5.5.

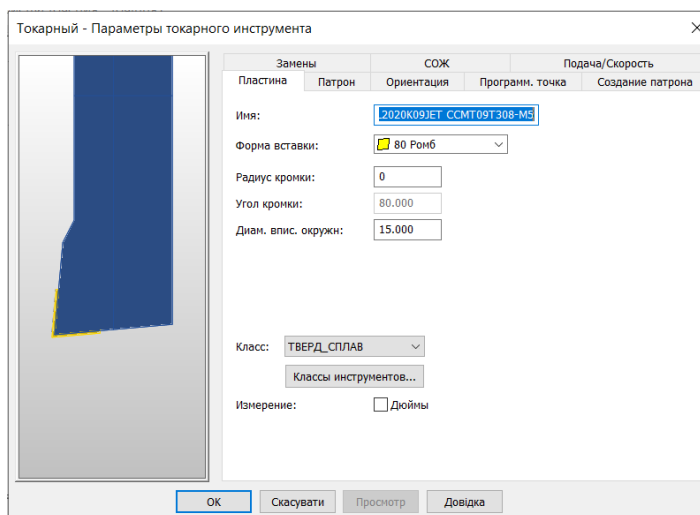


Рисунок 5.3 – Створення нового інструменту

					КНУ.КБР.131.25.2-05.05.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

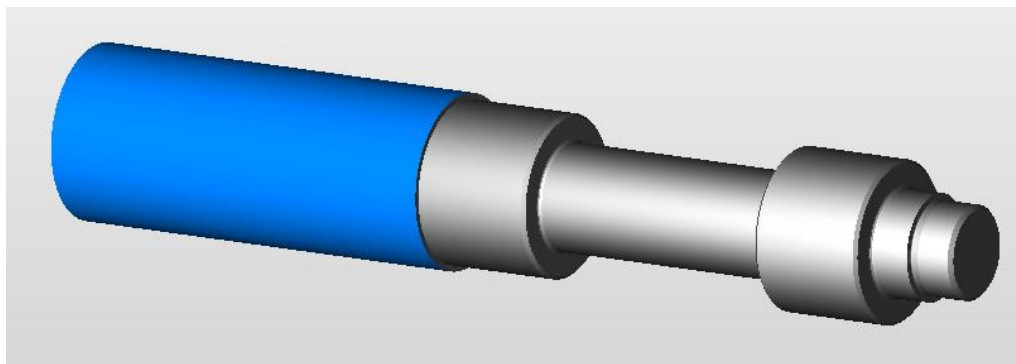


Рисунок 5.4 – Результат обробки першого установа

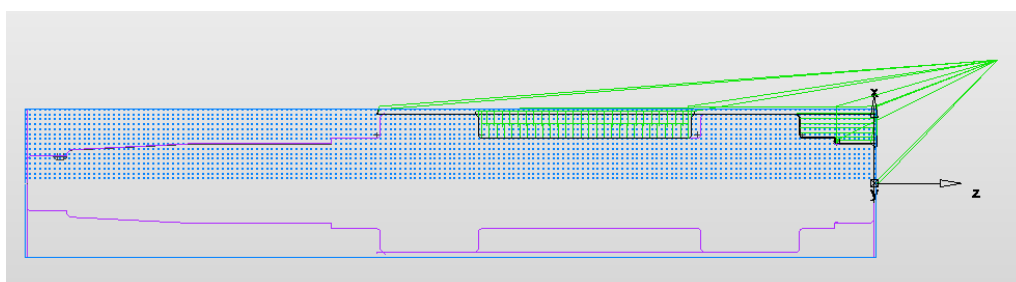


Рисунок 5.5 – Траєкторії переміщень інструментів на першому установі

Розробляємо операції другого установа:

- 1) підрізання торця;
- 2) точіння зовнішніх поверхонь з припуском на шліфування з підрізанням фасок;
- 3) прорізання канавок;
- 4) нарізання різьблення.

Результат обробки другого установа наведено на рис. 5.6, траєкторії переміщень інструментів – рис. 5.7, перелік створених операцій з режимами різання – рис. 5.8.

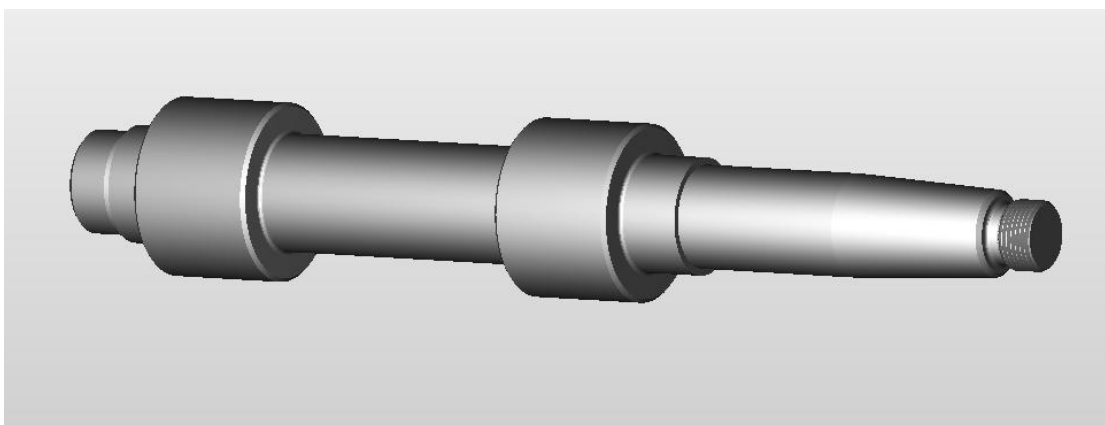


Рисунок 5.7 – Результат обробки другого установа

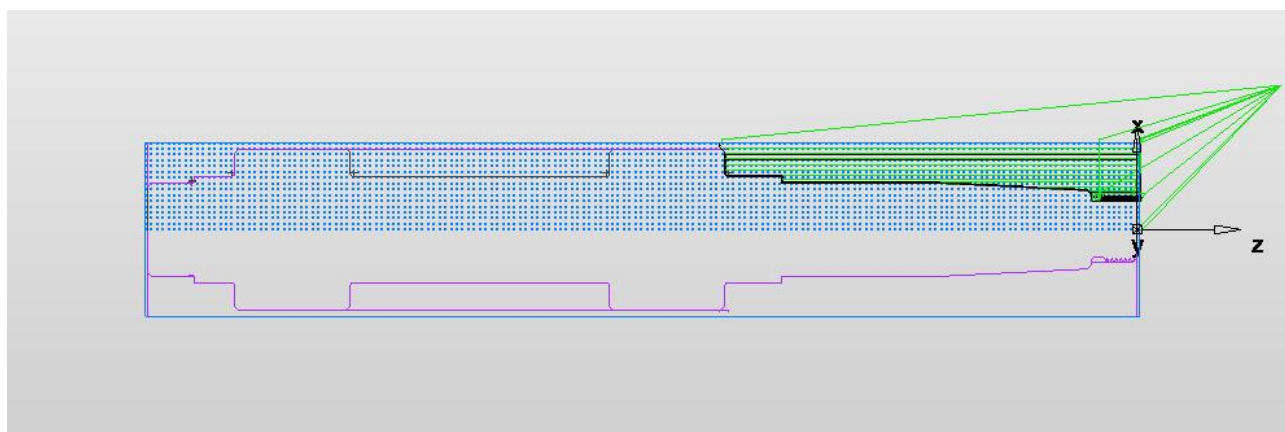


Рисунок 5.8 – Траєкторії переміщень інструментів на другому установі

Упорядочить вручную						
С	Операция	Элемент	Инструмент	Подача	Скорость	Глубина
	черн. прох...	торець1	* SCLCL2020...	0.381 мм/об	171 м/мин ...	75.000 мм
	чист.	торець1	* SCLCL2020...	0.152 мм/об	247 м/мин ...	75.000 мм
	черн. прох...	точіння1	* SCLCL2020...	0.381 мм/об	171 м/мин ...	34.000 мм
	чист.	точіння1	* SCLCL2020...	0.152 мм/об	247 м/мин ...	34.000 мм
	черн. прох...	канавка1	* SCLCL2020...	0.381 мм/об	171 м/мин ...	1.600 мм
	черн. прох...	канавка2	* SW_Grv_1...	0.381 мм/об	171 м/мин ...	23.750 мм
	с_остановом	с_останово...				
	черн. прох...	торець2	SCLCL2020...	0.381 мм/об	171 м/мин ...	75.000 мм
	чист.	торець2	SCLCL2020...	0.152 мм/об	247 м/мин ...	75.000 мм
	черн. прох...	точение2	SCLCL2020...	0.381 мм/об	171 м/мин ...	46.750 мм
	чист.	точение2	SCLCL2020...	0.152 мм/об	247 м/мин ...	46.750 мм
	черн. прох...	канавка3	* SW_CutGn...	0.381 мм/об	171 м/мин ...	3.850 мм
	резьба	різьба1	OD_Metric...	4.000 мм/об	970 об/мин ...	3.031 мм
	Результаты					

Рисунок 5.9 – Перелік створених операцій

Розробимо симуляцію обробки на верстаті – на рис. 5.10, 5.11.

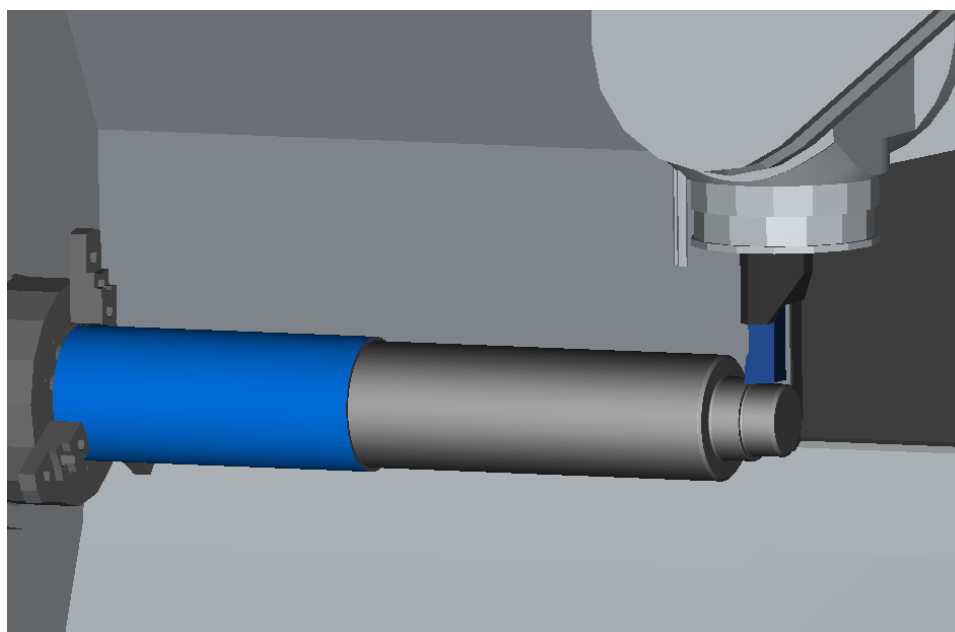


Рисунок 5.10 – Симуляція обробки на верстаті першого установка

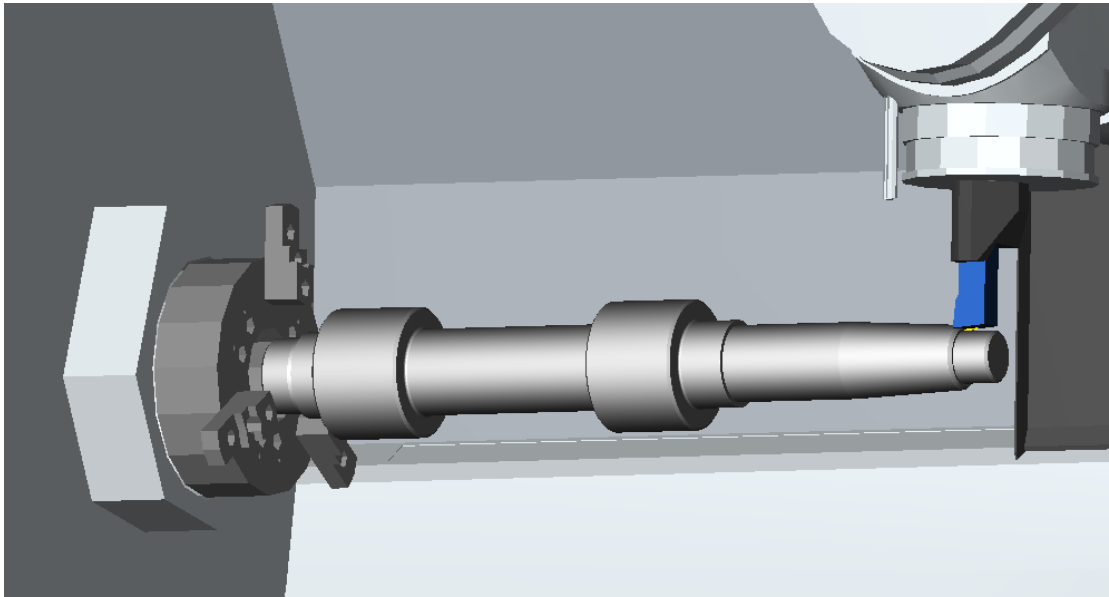


Рисунок 5.11 – Симуляція обробки на верстаті другого установа

Після моделювання обробки генеруємо керуючу програму, фрагмент якої наведено на рис. 5.12. Для скорочення кількості кадрів користуємось токарними циклами повздовжнього багатопрохідного точіння G71.

Загальна кількість кадрів – 397. Машинний час обробки – 44 хв 10 с.

```
%
O0001(Val-shesternya)
N20 G21 G40
N30 G28 U0
N40 G28 W0
(ROUGH FACE)
N60 T101
N70 G50 S3000
N80 G96 S170 M4
N90 G0 X156.0 Z0.1 M8
N100 G1 X0. F0.381
N110 Z2.0
N120 X0.707 Z2.354
N130 G0 Z5.0
N140 G28 U0
N150 G28 W125.0
(FINISH FACE)
N170 T202
N180 G50 S3000
N190 G96 S246 M4
N200 G0 X156.0 Z0. M8
N210 G1 X0. F0.152
N220 X4.243 Z2.121
N230 G28 U0
N240 G28 W125.0
(ROUGH TURN)
N260 T303
N270 G50 S3000
N280 G96 S170 M4
N290 G0 X150.0 Z-500.5 M8
N300 X156.0 Z3.0
N310 G71 U5.0 R0.5
N320 G71 P330 Q440 U1.0 W0.5 F0.381
N330 G1 X74.0 F0.152
N340 Z0.
```

Рисунок 5.12 – Фрагмент згенерованої керуючої програми

					КНУ.КБР.131.25.2-05.05.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатково перевіримо створену керуючу програму у програмному забезпеченні CIMCO Edit. Траєкторії переміщень інструментів першого установу наведено на рис. 5.13, другого – 5.14, твердотільна верифікація – 5.15.

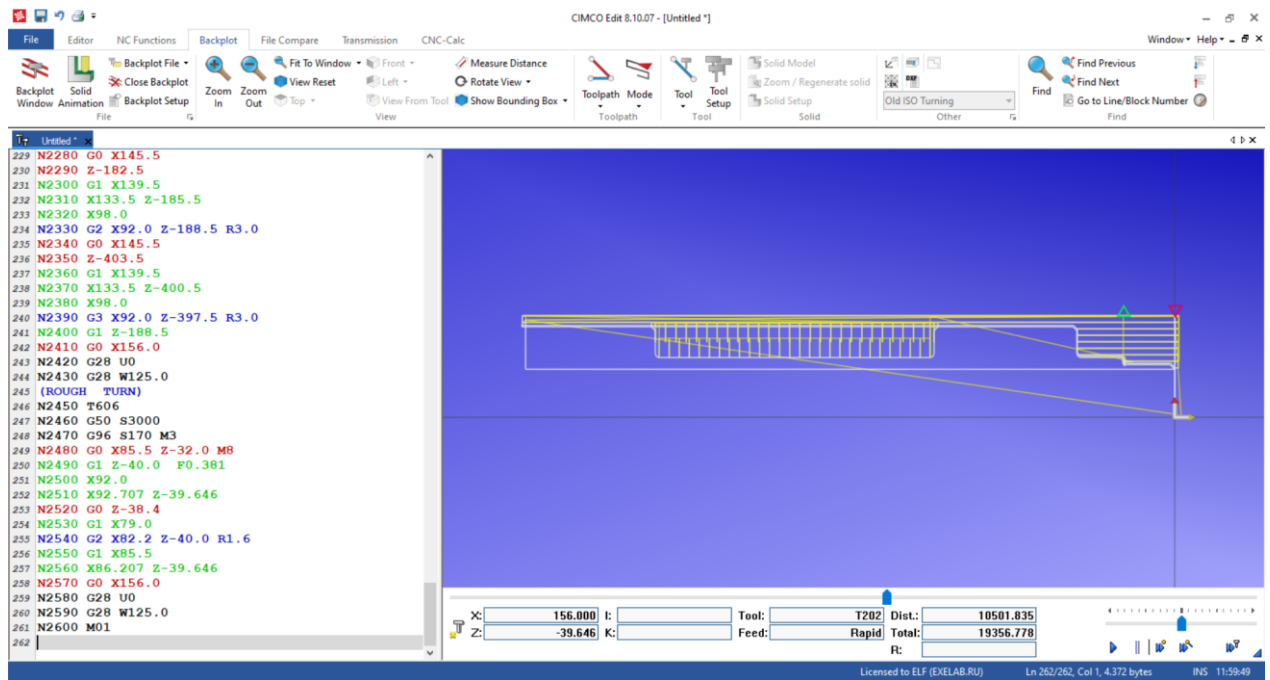


Рисунок 5.13 – Траєкторії переміщень інструментів першого установу у CIMCO Edit

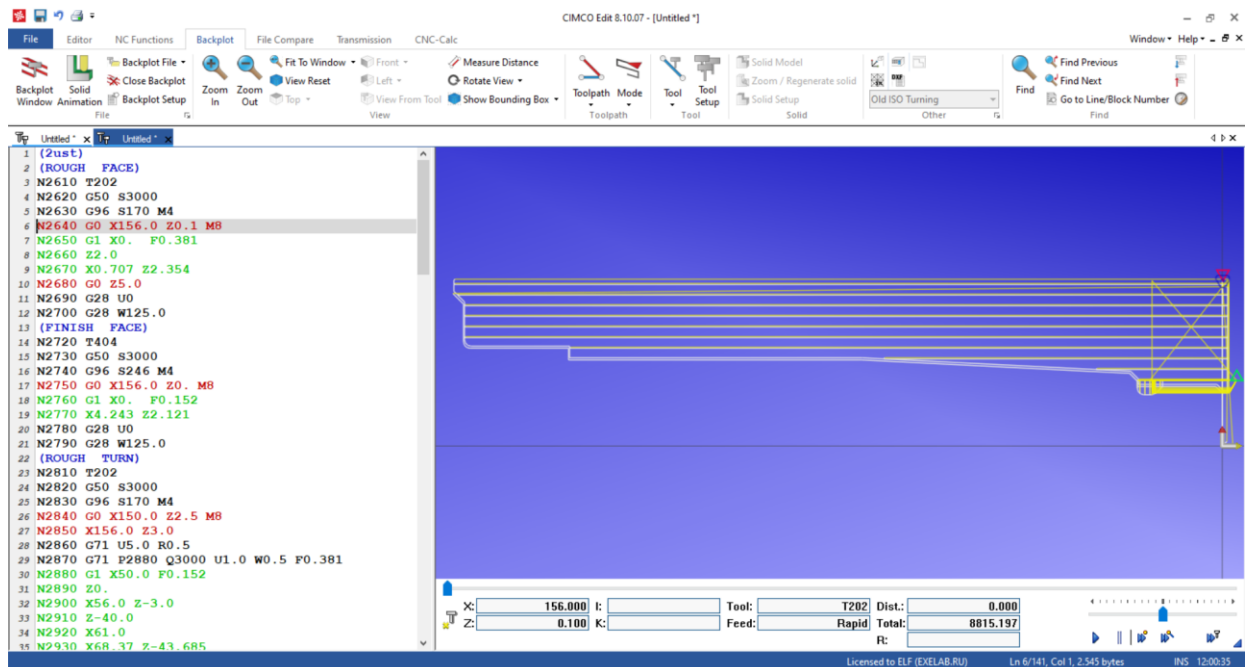


Рисунок 5.14 – Траєкторії переміщень інструментів другого установу у CIMCO Edit

					КНУ.КБР.131.25.2-05.05.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

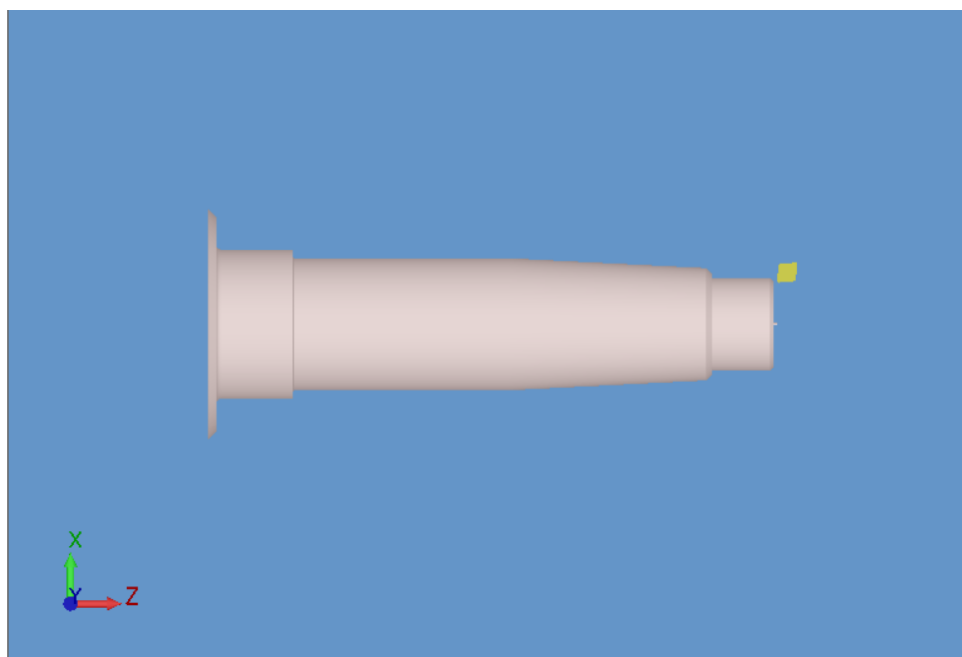


Рисунок 5.15 – Твердотільна верифікація обробки другого установа у CIMCO Edit

					КНУ.КБР.131.25.2-05.05.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Технологічна собівартість (ТС) є одним із головних показників при аналізі витрат у виробництві. Вона охоплює лише ті витрати, що змінюються залежно від характеру технологічних процесів, кількості операцій або можливого їх об'єднання.

Розрахунок ТС забезпечує можливість:

- Визначити найбільш економічно доцільні технологічні рішення;
- Підвищити загальну ефективність виробництва шляхом скорочення операцій та зростання продуктивності;
- Оцінити, як зміни у технологічних процесах впливають на кінцеву собівартість продукції;
- Зменшити витрати на виробництво та запропонувати більш конкурентоспроможні ціни.

Під час розрахунку технологічної собівартості слід враховувати такі складові:

- Вартість сировини та матеріалів;
- Оплата праці виконавців;
- Витрати на використання обладнання, інструментів та допоміжної техніки;
- Споживання енергії та інших ресурсів;
- Затрати на створення програмного забезпечення для верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК);
- Витрати, пов'язані з утриманням виробничих приміщень;
- Інші супутні витрати.

Оцінка техніко-економічної ефективності базується на порівнянні собівартості обробки продукції на верстатах з ЧПК та без їх використання.

					КНУ.КБР.131.25.2-05.06.ОЄПВ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Миловзоров			Організаційно-економічна підготовка виробництва			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Рязанцев								
Реценз.								Кафедра ТМ гр. ПМ-22ск		
Н. Контр.		Нечаєв								
Зав. каф.		Рязанцев								

Таблиця 6.1 – Вихідні дані деталі

Вихідні дані					
Дані	Базовий варіант				Несаний варіант
	1K62	TOS SN40	CU580 M	Weiler Condor	LEADWELL LTC-25iXXL
Деталь					
Річний обсяг випуску деталей N, шт.	1550				1550
Кількість запусків партій деталей в рік, шт.	22				22
Тривалість випуску деталей Z, рік	4				4
Штучний час обробки деталі $t_{шт}$, хв.	10	9	8	11	4
Час наладки верстата, хв.	16	16	4	8	20
Розряд:					
контролера	5				5
верстатника	4	3	4	3	2
наладчика	3	3	3	3	5
наладчика інструменту		4			4
Кількість кадрів програми, шт.					300
Вартість заготовки S_{zg} , грн.	3824				3824
Вартість комплексу спец. пристосувань $K_{пр}$, грн	38000	47500	30000	60000	100000
Оптова ціна на прокат одного УСП $\Pi_{усп}$, грн					
Середній час налагодження за прибором одного інструменту поза верстатом, хв.	1,5	0,5	0,5	1,5	1
Середній період стійкості інструменту, хв.	55	40	45	60	130
Середня кількість граней пластинки, шт.	1	1	1	1	3
Коефіцієнт, що враховує питому вагу основного часу в штучному $K_{г}$	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083
Вартість одного кадру ПК, грн.					8,9
Вартість розробки ПК $K_{пк}$, грн.					3550
Середньочасова зарплатня робітника, грн:					
верстатника $H_{ст}$	150	140	140	150	185
наладчика $H_{нал}$	130	130	130	140	150
наладчика інструмента $H_{ин}$	115	115	115	120	140
контролера H_k	110				140

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.25.2-05.06.ОЄПВ

Арк.

Таблиця 6.2 – Вихідні данні верстати.

Верстати					
Клас точності верстата	Н	Н	Н	Н	А
Маса верстата, т	2,9	2,4	3,7	2,3	8,1
Габарити верстата (довжина x ширина), м.	5,5 x 3,2	5,825 x 2	2,56 x 2,26	2,665 x 1	5,59 x 2,45
Габарити пристрою ЧПК, м					0,5 x 0,5
Тип пристрою ЧПК					Fanuc Oi-TF Plus
Строк служби верстата до капітального ремонту $T_{\text{пл}}$, років	7	7	7	7	10
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	10	10	10	10	50
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:					
механічної частини R_m	19,4	28,8	16	18,6	27,86
електротехнічної частини R_e	14,4	13	8,8	7,7	21,77
Кількість верстатів, що обслуговує один робочий d , шт	1	1	1	1	2
Оптова ціна верстата C , грн.	80 000	143 000	244 800	462 000	2900000
Коефіцієнт завантаження верстата η_v	0,78	0,78	0,78	0,78	0,95
Площа верстата за габаритами A , м. кв.	3,0	2,3	3,6	1,5	9,2
Площа пристрою ЧПК A_y , м. кв.					0,25
Витрати на одну одиницю ЕРС верстата, грн.					
механічної частини H_m	361	362	363	364	364
електротехнічної частини H_e	90	91	92	93	91
Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК Q , грн.	1150	2000	2000	1500	2210
Коеф., що враховує додаткову площу верстата, γ	4,5	2,5	2,5	1,5	3,5
Коеф., що враховує клас точності верстата, μ	1	1	1	1	1,8
Ефективний річний фонд часу роботи верстата $\Phi_{\text{об}}$, год	4055	3975	3975	3975	3845

Таблиця 6.3 – Вихідні данні виробничих площ.

Виробничі та інші площі					
Вартість 1 м. кв. площі механічної Ц _{мех.пл.} , грн	525				525
Вартість 1 м. кв. площі, що займають службово-побутові приміщення Ц _{сл. поб.} , грн	1150				1150
Площа службово-побутових приміщень, що приходяться на одного робочого А _б , м. кв.	7				7
Витрати на утримання та амортизаційні витрати на 1 м. кв. цеху Н _{пл} , грн.	180	180	180	180	200

Таблиця 6.4 – Вихідні данні допоміжних показників.

Розрахунок допоміжних показників					
Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	2622	1A64	6P13П	2M55	Hi-TECH 550BL/MC
Трудомісткість обробки Т _{шт} , год	400	400	206,667	284,167	1500
Час наладки верстата впродовж року Т _н , год	5,8667	5,86667	1,46667	2,93333	7,333333333
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року Т _{н.пл} , год	0	0,00	2,38815	7,38833	20,00
Час контролю деталей впродовж року Т _к , год	33,2	33,2	17,1533	23,5858	
Кількість верстатників Р _{ст} , чол. (розрах.)	0,22	0,22	0,11	0,15	0,40
(дійсна)	1	1	1	1	1
Кількість наладчиків верстатів Р _н , чол. (розрахункова)	0,0032	0,0032	0,0008	0,0016	0,0039
(дійсна)	1	1	1	1	1
Кількість наладчиків інструмента поза верстатом Р _{н.пл} , чол. (розрахункова)	0	0,0000	0,00128	0,00397	0,01075
(дійсна)	1	0	1	1	
Кількість контролерів Р _к , чол. (розрах.)	0,02	0,02	0,009	0,01	0,07
(дійсна)	1				1
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК Р _{доп} , чол. (розрахункова)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21
(дійсна)	0	0	0	0	1
Загальна кількість працівників на річну програму випуску деталей, чол.	12				5
Частка завантаження верстата обробкою деталі в обсязі річного випуску β	0,13	0,18	0,0671	0,093	0,41

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Для розрахунку використовуємо автоматизований розрахунок в Excel.

Собівартість механічної обробки річного випуску деталей

$$C = I_3 + I_4 + I_5 + I_{пк} + I_{пр} + I_{усп} + I_6 + I_{пл} + I_{сл} + I_7 + I_8 + I_9$$

де I_3 – зарплатня верстатника;

I_4 – зарплатня за наладку верстата;

I_5 – зарплатня налагоджувальника інструмента поза верстатом; $I_{пк}$ – витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання;

$I_{пк}$ – витрати на підготовку та поновлення керуючої програми; I_7 – витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК;

$I_{пр}$ – витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань; I_8 – зарплатня контролера

$I_{усп}$ – витрати на прокат універсально-збірних пристосувань при їх використанні;

I_6 – амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання;

$I_{пл}$ – витрати на утримання приміщення, яке займає верстат;

$I_{сл}$ – витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень;

$$C_1 \text{ на деталь} = 312,11$$

$$C_2 \text{ на деталь} = 234,53$$

	I_3	I_4	I_5	$I_{пк}$	$I_{пр}$	$I_{усп}$	I_6	$I_{пл}$	$I_{сл}$	I_7	I_8		
$C_1 =$	310111	+	3344,14	+	1161,24	+	0,00	+	50895	+	0	+	4162,99 + 640,10 + 96600 + 4292,0 + 780,7 + ##### = 483773,00
$C_2 =$	230619	+	1729,73	+	234,00	+	887,5	+	29000	+	0	+	30432,60 + 3024,00 + 40250 + 9004,1 + 912,0 + 17430 = 363523,05

1. Зарплатня верстатника (основна та додаткова) I_3

$$I_3 = N_{ст.мг} \cdot T_{шт} / d$$

де $N_{ст.мг}$ – середньочасова заробітна платня верстатників зі усіма нарахуваннями, грн.;

$T_{шт}$ – час обробки деталей в обсязі їх річного випуску, год;

d – кількість верстатів, які обслуговує один робочий

$$N_{ст.мг} = N_{ст} + Z_d + C_{впр} + C_{прм}$$

де $N_{ст}$ – тарифна ставка верстатника, грн;

Z_d – додаткова заробітна платня, 8%

$C_{впр}$ – відрахування на соціальне страхування, 12%

$C_{прм}$ – преміальні доплати, 35%

$$T_{шт} = t_{шт} \cdot N / 60$$

Базовий варіант					Новий варіант				
1K62	$I_3 = N_{ст.мг} \cdot T_{шт} / d$				LEADWELL LTC-25iXXL	$I_3 = N_{ст.мг} \cdot T_{шт} / d$			
	99727	249,32	400	1		230619	307,49	1500	2
TOS SN40	$I_3 = N_{ст.мг} \cdot T_{шт} / d$				Всього I_{Σ}	230619			
	91446	228,61	400	1					
CUS80M	$I_3 = N_{ст.мг} \cdot T_{шт} / d$								
	48091	232,70	206,667	1					
Weiler Condor	$I_3 = N_{ст.мг} \cdot T_{шт} / d$								
	70848	249,318	284,167	1					
Всього I_{Σ}	310111								

2. Зарплатня за наладку верстата I_4

$$I_4 = N_{нал.мг} \cdot T_n$$

де $N_{нал.мг}$ – середньочасова зарплатня наладчиків з усіма нарахуваннями, грн;

T_n – час наладки верстата впродовж року, год

$$N_{нал.мг} = N_{нал} + Z_d + C_{впр} + C_{прм}$$

де $N_{нал}$ – тарифна ставка наладчика, грн;

Z_d – додаткова заробітна платня, 8%

$C_{впр}$ – відрахування на соціальне страхування, 12%

$C_{прм}$ – преміальні доплати, 30%

$$T_n = t_n \cdot j_p / 60$$

де t_n – час наладки верстата для обробки партії деталей, хв;

j_p – кількість запусків партій деталей за рік

Базовий варіант				Новий варіант			
1K62	$I_{\text{ш}} =$	$N_{\text{ш.л}}$	$T_{\text{ш}}$	LEADWELL LTC-25iXXL	$I_{\text{ш}} =$	$N_{\text{ш.л}}$	$T_{\text{ш}}$
	1199,28	204,42	5,86667		1729,73	235,87	7,33
TOS SN40	$I_{\text{ш}} =$	$N_{\text{ш.л}}$	$T_{\text{ш}}$	Всього $I_{\text{ш}}$	1729,73		
	1199,28	204,42	5,86667				
CUS80M	$I_{\text{ш}} =$	$N_{\text{ш.л}}$	$T_{\text{ш}}$				
	299,82	204,42	1,46667				
Weiler Condor	$I_{\text{ш}} =$	$N_{\text{ш.л}}$	$T_{\text{ш}}$				
	645,77	220,15	2,93333				
Всього $I_{\text{ш}}$	3344,14						

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.25.2-05.06.ОЄПВ

Арк.

3. Зарплатня наладжувальника інструмента поза верстатом, $I_{нл}$

$$I_{нл} = N_{нл} \cdot T_{нл}$$

де $N_{нл}$ – середньочасова зарплатня наладчика, грн;

$T_{нл}$ – час, який затрачується на налагодження інструмента поза верстатом, хв

$$T_{нл} = 1,3 \cdot t_{нл} \cdot T_{шт} \cdot k_{т} / (T \cdot n_{г})$$

де 1,3 – коеф., що враховує випадкову втрату інструменту та його вихід з ладу;

$t_{нл}$ – середній час налагодження за прибором одного інструмента, хв.;

$T_{шт}$ – час обробки деталей в обсязі їх річного випуску поза верстатом з ЧПК, год;

$k_{т}$ – коеф., який враховує питому вагу основного часу в штучному і дорівнює 0,7...0,85;

T – середній період стійкості інструменту, хв.;

$n_{г}$ – кількість граней пластинки, що не переточується

Базовий варіант			Новий варіант		
1K62	$I_{нл} = N_{нл} \cdot T_{нл}$		LEADWELL LTC-25iXXL	$I_{нл} = N_{нл} \cdot T_{нл}$	
	0	115	0	1112,00	55,6
TOS SN40	$I_{нл} = N_{нл} \cdot T_{нл}$		Всього $I_{нл2}$	1112,00	20,00
	0,00	140	0,00		
CU580M	$I_{нл} = N_{нл} \cdot T_{нл}$				
	274,64	115	2,38815		
Weiler Condor	$I_{нл} = N_{нл} \cdot T_{нл}$				
	886,60	120	7,38833		
Всього $I_{нл1}$	1161,24				

4. Витрати на підготовку та поновлення керуючої програми $I_{пк}$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

Базовий варіант			Новий варіант		
CU580M	$I_{пк} = K_{пк} / Z$		1K62	$I_{пк} = K_{пк} / Z$	
	0	0	1550	0	0
Weiler Condor	$I_{пк} = K_{пк} / Z$		TOS SN40	$I_{пк} = K_{пк} / Z$	
	0	0	1550	0,00	0
			Всього $I_{пк1}$	0,00	

5. Витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань $I_{пр}$

$$I_{пр} = K_{пр} (1/Z + 0,04)$$

де 0,04 – коеф., що враховує витрати на ремонт спеціальних пристосувань

Базовий варіант			Новий варіант		
1K62	$I_{пр} = K_{пр} \cdot (1/Z + 0,04)$		LEADWELL LTC-25iXXL	$I_{пр} = K_{пр} \cdot (1/Z + 0,04)$	
	11020	38000	0,25	29000	100000
TOS SN40	$I_{пр} = K_{пр} \cdot (1/Z + 0,04)$		Всього $I_{пр2}$	29000	0,25
	13775	47500	0,25		
CU580M	$I_{пр} = K_{пр} \cdot (1/Z + 0,04)$				
	8700	30000	0,25		
Weiler Condor	$I_{пр} = K_{пр} \cdot (1/Z + 0,04)$				
	17400	60000	0,25		
Всього $I_{пр1}$	50895				

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.25.2-05.06.ОЄПВ

Арк.

6. Витрати на прокат універсально-збірних пристосувань при їх використанні $I_{усп}$

$$I_{усп} = C_{усп} \cdot j_p$$

де $C_{усп}$ – оптова ціна за прокат одного пристосування, грн

Базовий варіант			Новий варіант		
1K62	$I_{усп} = C_{усп} \cdot j_p$		LEADWELL LTC-25XX	$I_{усп} = C_{усп} \cdot j_p$	
	0	0	22	0	0
TOS SN40	$I_{усп} = C_{усп} \cdot j_p$				
	0	0	22		
CU580M	$I_{усп} = C_{усп} \cdot j_p$				
	0	0	22		
Weiler	$I_{усп} = C_{усп} \cdot j_p$				
Condor	0	0	22		
Всього $I_{усп1}$		0			

7. Амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання I_a
 $I_a = K_6 \cdot A$

де A – норма амортизаційних відрахувань на повне відновлення верстата, що приймається:

- для верстатів масою до 10 т, які оброблюють деталі металевими та абразивними інструментами, відповідно – 0,053 та 0,056;
- для верстатів масою вище 10 т – 0,04 та 0,042 відповідно

Базовий варіант			Новий варіант		
1K62	$I_a = K_6 \cdot A$		LEADWELL LTC-25XX	$I_a = K_6 \cdot A$	
	606,32	11440	0,053	30432,60	574200
TOS SN40	$I_a = K_6 \cdot A$				
	1132,56	28314	0,04		
CU580M	$I_a = K_6 \cdot A$				
	0,00	18850	0		
Weiler	$I_a = K_6 \cdot A$				
Condor	2424,11	45738	0,053		
Всього I_{a1}		4162,99			

8. Витрати на утримання приміщення, яке займає верстат $I_{м1}$

$$I_{м1} = H_{м1} \cdot (A + A_0) \cdot \gamma \cdot \beta$$

де $H_{м1}$ – вартість амортизації та утримання 1 м. кв. площі механічного цеху

- для верстатів класів точності Н та П – 180 грн
- для верстатів класів точності В та ОВ – 200 грн

Базовий варіант							Новий варіант						
1K62	$I_{м1} = H_{м1} \cdot (A + A_0) \cdot \gamma \cdot \beta$						LEADWELL LTC-25XX	$I_{м1} = H_{м1} \cdot (A + A_0) \cdot \gamma \cdot \beta$					
	308,70	180	2,97	0	4,5	0,13		2730	200	9,2	0,25	3,5	0,41
TOS SN40	$I_{м1} = H_{м1} \cdot (A + A_0) \cdot \gamma \cdot \beta$												
	186,30	180	2,3	0	2,5	0,18							
6P13П	$I_{м1} = H_{м1} \cdot (A + A_0) \cdot \gamma \cdot \beta$												
	107,84	180	3,37	0	2,5	0,07							
2M55	$I_{м1} = H_{м1} \cdot (A + A_0) \cdot \gamma \cdot \beta$												
	37,25	180	1,49	0	1,5	0,09							
Всього $I_{м1}$													

9. Витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень $I_{с1}$

$$I_{с1} = H_{с1} \cdot A_{с1} \cdot (P_{с1} + P_{с2} + P_{с3} + P_{с4})$$

Базовий варіант						
$K_{с1} = C_{с1,6} \cdot A_{с1} \cdot (P_{с1} + P_{с2} + P_{с3} + P_{с4})$						
96600	1150	7	4	7	0	1
Всього $K_{с1}$						

Новий варіант						
$K_{с1} = C_{с1,6} \cdot A_{с1} \cdot (P_{с1} + P_{с2} + P_{с3} + P_{с4})$						
40250	1150	7	1	2	1	1
Всього $K_{с1}$						

10. Витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання I_p

$$I_p = (H_p \cdot R_p + H_e \cdot R_e) \cdot \mu \cdot \beta$$

де H_p, H_e – витрати на однією ремонтної складності відповідно механічної та електротехнічної частин, грн;
 R_p, R_e – ремонтна складність відповідно механічної та електротехнічної часток, що приймається за паспортом верстата, а для деяких верстатів ЧПК;
 μ – коефіцієнт, який враховує клас точності верстата, що приймається для класів точності Н, П, В, А, С – відповідно 1, 1,2, 1,5, 1,8, 2,2

Базовий варіант							Новий варіант						
1K62	$I_p = (H_p \cdot R_p + H_e \cdot R_e) \cdot \mu \cdot \beta$						LEADWELL LTC-25XX	$I_p = (H_p \cdot R_p + H_e \cdot R_e) \cdot \mu \cdot \beta$					
	1065,0	361	19,4	90	14,4	1	0,13	9004,1	364	27,86	91	21,77	1,8
TOS SN40	$I_p = (H_p \cdot R_p + H_e \cdot R_e) \cdot \mu \cdot \beta$												
	2089,5	362	28,8	91	13	1	0,18						
6P13П	$I_p = (H_p \cdot R_p + H_e \cdot R_e) \cdot \mu \cdot \beta$												
	444,2	363	16	92	8,8	1	0,07						
2M55	$I_p = (H_p \cdot R_p + H_e \cdot R_e) \cdot \mu \cdot \beta$												
	693,2	364	18,6	93	7,7	1	0,09						
Всього I_{p1}													

11. Витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК I_y

$$I_y = Q \cdot \beta$$

де Q – річні витрати при експлуатації у дві зміни і повній загрузці верста з ЧПК, грн

Базовий варіант			Новий варіант		
1K62	$I_y = Q \cdot \beta$		LEADWELL LTC-25XX	$I_y = Q \cdot \beta$	
	147,5692	1150	0,13	912,0	2210
TOS SN40	$I_y = Q \cdot \beta$				
	360	2000	0,18		
6P13П	$I_y = Q \cdot \beta$				
	134,2579	2000	0,07		
2M55	$I_y = Q \cdot \beta$				
	138,897	1500	0,09		
Всього I_{y1}		780,7			

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.25.2-05.06.ОЄПВ

Арк.

12. Зарплатня контролера Ік

$$I_k = H_k \cdot T_k$$

де H_k – середньочасова заробітна платня контролера 5-го розряду, грн.;

T_k – час контролю деталей впродовж року, год.

Для базових верстатів:

$$T_{k1} = 0,083 \cdot T_{шт}$$

де 0,083 – середньостатистична частка трудомісткості контрольних операцій

Для обробки на верстатах з ЧПК

$$T_{k1} = 0,2 \cdot T_{шт}$$

Базовий варіант				Новий варіант			
1K62	$I_k = H_k \cdot T_k$			LEADWEL	$I_k = H_k \cdot T_k$		
	3652,00	110	33,20	L LTC-	17430	140	124,5
TOS SN40	$I_k = H_k \cdot T_k$			Всього Ік ₂	17430		
	3652,00	110	33,20				
6P13П	$I_k = H_k \cdot T_k$						
	1886,87	110	17,15				
2M55	$I_k = H_k \cdot T_k$						
	2594,44	110	23,59				
Всього Ік ₁	11785,31						

Капітальні вкладення споживача

$$K = K_0 + K_{м1} + K_{с1} + K_{м2} + K_{р1} + K_{л1}$$

де K_0 – балансова вартість верстата, грн;

$K_{м1}$ – вартість приміщення, яке займає верстат, грн.;

$K_{с1}$ – вартість службово-побутових приміщень, грн.;

$K_{м2}$ – обігові кошти в незапущеному виробництві, грн.;

$K_{р1}$ – вартість комплексу спеціальних пристосувань, які використовуються на верстатах при обробці деталей, грн.;

$K_{л1}$ – витрати на створення керуючої програми (КП), грн.

$$K_0 = 104342 + 1867 + 96600 + 393740 + 175500 + 0 = 772049$$

$$K_1 = 514200 + 3125,59 + 32200 + 299894 + 100000 + 3550 = \text{#####}$$

Приведені витрати				
$3_1 = C_1 + E_0 \cdot K_1$				
599580	483773	0,15	772049	
$3_2 = C_2 + E_0 \cdot K_2$				
515469	363523	0,15	1012970	

Строк окупності				
$T_{ок} = (K_2 - K_1) / (C_1 - C_2)$				
2,004	#####	772049	483773,00	363523,05

Річний економічний ефект				
$E = 3_1 - 3_2$				
3411,82578	599580	5E+05		

1. Балансова вартість верстата К₀

$$K_0 = C \cdot \alpha \cdot \beta$$

де C – оптова ціна верстата, грн

α – коеф., що враховує витрати на доставку та встановлення верстата та приймається рівним 1,1;

β – частка завантаження верстата

$$\beta = T_{шт} + T_{н} / (\Phi_{об} \cdot \eta)$$

Базовий варіант					Новий варіант				
1K62	$K_0 = C \cdot \alpha \cdot \beta$				LEADWEL	$K_0 = C \cdot \alpha \cdot \beta$			
	11440	80 000	1,1	0,13	LTC-25XXL	574200	2900000,00	1,1	0,18
TOS SN40	$K_0 = C \cdot \alpha \cdot \beta$				Всього К ₀	574200			
	28314	143 000	1,1	0,18					
CUS80M	$K_0 = C \cdot \alpha \cdot \beta$								
	18850	244 800	1,1	0,07					
Weiler Condor	$K_0 = C \cdot \alpha \cdot \beta$								
	46738	462 000	1,1	0,09					
Всього К ₀	104342								

2. Вартість приміщення, яке займає верстат К_{м1}

$$K_{м1} = C_{пл.м} (A + A_0) \cdot \gamma \cdot \beta$$

де $C_{пл.м}$ – вартість 1 м. кв. площі механічного цеху;

A – площа, яку займає верстат по габаритам, м. кв.;

A_0 – площа, яку займають вносні, допоміжні пристрої, м. кв.;

γ – коефіцієнт, який враховує додаткову площу

Базовий варіант							Новий варіант						
1K62	$K_{м1} = C_{пл.м} (A + A_0) \cdot \gamma \cdot \beta$						LEADWEL LTC	$K_{м1} = C_{пл.м} (A + A_0) \cdot \gamma \cdot \beta$					
	900	525	2,97	0	4,5	0,13	25XXL	3125,5975	525	9,2	0,25	3,5	0,18
TOS SN40	$K_{м1} = C_{пл.м} (A + A_0) \cdot \gamma \cdot \beta$						Всього К _{м1}	3125,59					
	543	525	2,3	0	2,5	0,18							
CUS80M	$K_{м1} = C_{пл.м} (A + A_0) \cdot \gamma \cdot \beta$												
	315	525	3,57	0	2,5	0,07							
Weiler Condor	$K_{м1} = C_{пл.м} (A + A_0) \cdot \gamma \cdot \beta$												
	109	525	1,49	0	1,5	0,09							
Всього К _{м1}	1867												

3. Вартість службово-побутових приміщень К_{с1}

$$K_{с1} = C_{пл.б} \cdot A_0 \cdot (P_{ст} + P_0 + P_{пол} + P_0)$$

де $C_{пл.б}$ – вартість 1 м. кв. службово-побутових приміщень, грн;

A_0 – площа службово-побутових приміщень, яка приходить на одного робочого;

$P_{ст}$, P_0 , $P_{пол}$ – кількість відповідно верстатників, наладчиків та додаткових робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК;

P_k – кількість контролерів

Базовий варіант							
$K_{с1} = C_{пл.б} \cdot A_0 \cdot (P_{ст} + P_0 + P_{пол} + P_k)$							
96600	1150	7	4	7	0	1	
Всього К _{с1}	96600						

Новий варіант							
$K_{с1} = C_{пл.б} \cdot A_0 \cdot (P_{ст} + P_0 + P_{пол} + P_k)$							
32200	1150	7	1	2	0	1	
Всього К _{с1}	32200						

4. Обігові кошти в незапущеному виробництві К_{м2}

$$K_{м2} = 3 \cdot n'' \cdot (S_{шт} + C / N_{пр} \cdot 0,5) \cdot \beta$$

де 3 – число партій деталей, які приходяться всередньому на одне робоче місце;

n'' – розмір налагодочної партії деталей (партії запуску), шт;

$$n'' = N_{пр} / j_p$$

$S_{шт}$ – вартість заготовки, грн;

C – собівартість механічної обробки річного випуску деталей, грн;

0,5 – коеф. наростання витрат

Базовий варіант						
$K_{м2} = 3 \cdot n'' \cdot (S_{шт} + C / N_{пр} \cdot 0,5) \cdot \beta$						
393740,25	70,45	3824	483773,00	1550	0,47	
Всього К _{м2}	393740					

Новий варіант						
$K_{м2} = 3 \cdot n'' \cdot (S_{шт} + C / N_{пр} \cdot 0,5) \cdot \beta$						
299894,47	70,45	3824	363523,05	1550	0,36	
Всього К _{м2}	299894					

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.2 Охорона праці та екологія виробництва

6.2.1 Охорона праці на машинобудівному підприємстві

Безпека праці на машинобудівному підприємстві починається з правильної організації робочого процесу. Оператори верстатів повинні проходити інструктаж, навчання з техніки безпеки та мати доступ до індивідуальних засобів захисту — окулярів, рукавиць, навушників. Обов'язковою є наявність справних витяжок, заземлення обладнання та аварійних кнопок зупинки.

Особливу увагу слід приділяти психофізіологічному стану працівника: тривала концентрація уваги та шум можуть викликати втому, що збільшує ризик травматизму. Тому важливо регламентувати тривалість змін та впроваджувати елементи ергономіки.

6.2.2 екологія виробництва

Машинобудівні процеси нерідко супроводжуються викидами стружки, мастильно-охолоджувальних рідин (МОР), а також пилу й шуму. Для зменшення екологічного навантаження впроваджують системи замкнутого водопостачання, очищення повітря та утилізації відходів. Використання сучасного ЧПК-обладнання дозволяє значно зменшити кількість помилок і витрат матеріалів, що теж позитивно впливає на довкілля.

Крім того, варто враховувати вимоги міжнародних екологічних стандартів (ISO 14001), які стимулюють підприємства впроваджувати більш екологічні технології, а також вести облік і контроль шкідливих викидів.

					КНУ.КБР.131.25.2-05.06.ОЄПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК

У результаті виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи було всебічно проаналізовано процес виготовлення деталі типу вал-шестерня редуктора Ц2-750. У першому розділі визначено службове призначення деталі, її функціональні характеристики та технічні вимоги, що дозволило чітко сформулювати вимоги до технологічного процесу. У другому розділі розроблено детальний технологічний маршрут виготовлення із врахуванням обраного матеріалу (сталь 40Х), шорсткості поверхонь, допусків і необхідного обладнання. Особлива увага приділялася вибору верстатів із ЧПК, що забезпечують точність і повторюваність обробки.

У третьому розділі проведено ретельний аналіз і підбір основного та допоміжного інструменту відповідно до міжнародних стандартів. Підібрані інструменти були проаналізовані на предмет відповідності умовам різання, що дозволило оптимізувати процес обробки. У четвертому розділі здійснено інженерне проектування та розрахунок спеціального різального інструменту — черв'ячної фрези, призначеної для нарізання зубців вал-шестерні. Окрім того, у середовищі SolidWorks Simulation було проведено симуляцію навантажень, яка дозволила оцінити напружено-деформований стан інструменту й переконатися у його працездатності та надійності в умовах серійного виробництва.

П'ятий розділ був присвячений моделюванню та програмуванню технологічних операцій у САМ-середовищі FeatureCAM. Результати верифікації та симуляції підтвердили ефективність розробленої керуючої програми та відповідність геометрії деталі. У шостому розділі проведено економічну оцінку проекту, розрахунок технологічної собівартості, а також розглянуто заходи з охорони праці та мінімізації екологічного навантаження. Впровадження сучасного обладнання дозволило знизити витрати та забезпечити конкурентоспроможність продукції.

Таким чином, у дипломній роботі реалізовано комплексний підхід до оптимізації технологічного процесу виготовлення вал-шестерні редуктора з урахуванням виробничих, інженерних, економічних і екологічних аспектів, що забезпечує високу якість, ефективність та надійність серійного виробництва.

					КНУ.КБР.131.25.2-05.В					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Миловзоров			Висновок			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Рязанцев								
Реценз.								Кафедра ТМ гр. ПМ-22ск		
Н. Контр.		Нечаєв								
Зав. каф.		Рязанцев								

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Нефьодов Н.А., Осипов К.А. Збірник задач і прикладів по різанню металів і ріжучому інструменту: Навчальний посібник - М.: Машинобудування, 1990. - 448с
2. Каталог токарної обробки SECO 2020 рік.
3. Каталог фрезерування SECO 2020 рік.
4. Каталог ріжучого інструменту Mitsubishi 2014 року.
5. Каталог абразивного інструменту Tyrolit.
6. Каталог допоміжного інструменту для фрезерування МСТ.
7. Каталог допоміжного інструменту CHIA-МО 2008 року.
8. Гасанова І.Г. Цифрова модель та технологія виготовлення вал-шестерні з використанням CAD/CAM/CAE-систем / І.Г. Гасанова. – Х. : ХДМА, 2019. – 112 с.
9. Збірник матеріалів XI міжнар. наук.-практ. конференції “Проблеми конструювання і виробництва...”, 2022. – К. : КНТУ. – С. 123–128.

					КНУ.КБР.131.25.2-05.СВР					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Список використаних джерел			Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Миловзоров								
Перевір.		Рязанцев								
Реценз.								Кафедра ТМ гр. ПМ-22ск		
Н. Контр.		Нечаєв								
Зав. каф.		Рязанцев								

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

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-
ЗАСВІДЧУЮЧИХ АРКУШІВ**

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення
деталі «Вал-шестерня» редуктору Ц2-750 та обґрунтування
параметрів різального інструменту за допомогою CAD/CAM/CAE
систем

Виконав здобувач гр. ПМ-22ск

(підпис)

Артьом МИЛОВЗОРОВ

Керівник КБР

(підпис)

Антон РЯЗАНЦЕВ

Нормоконтроль

(підпис)

Василь НЕЧАЄВ

Завідувач кафедри

(підпис)

Антон РЯЗАНЦЕВ

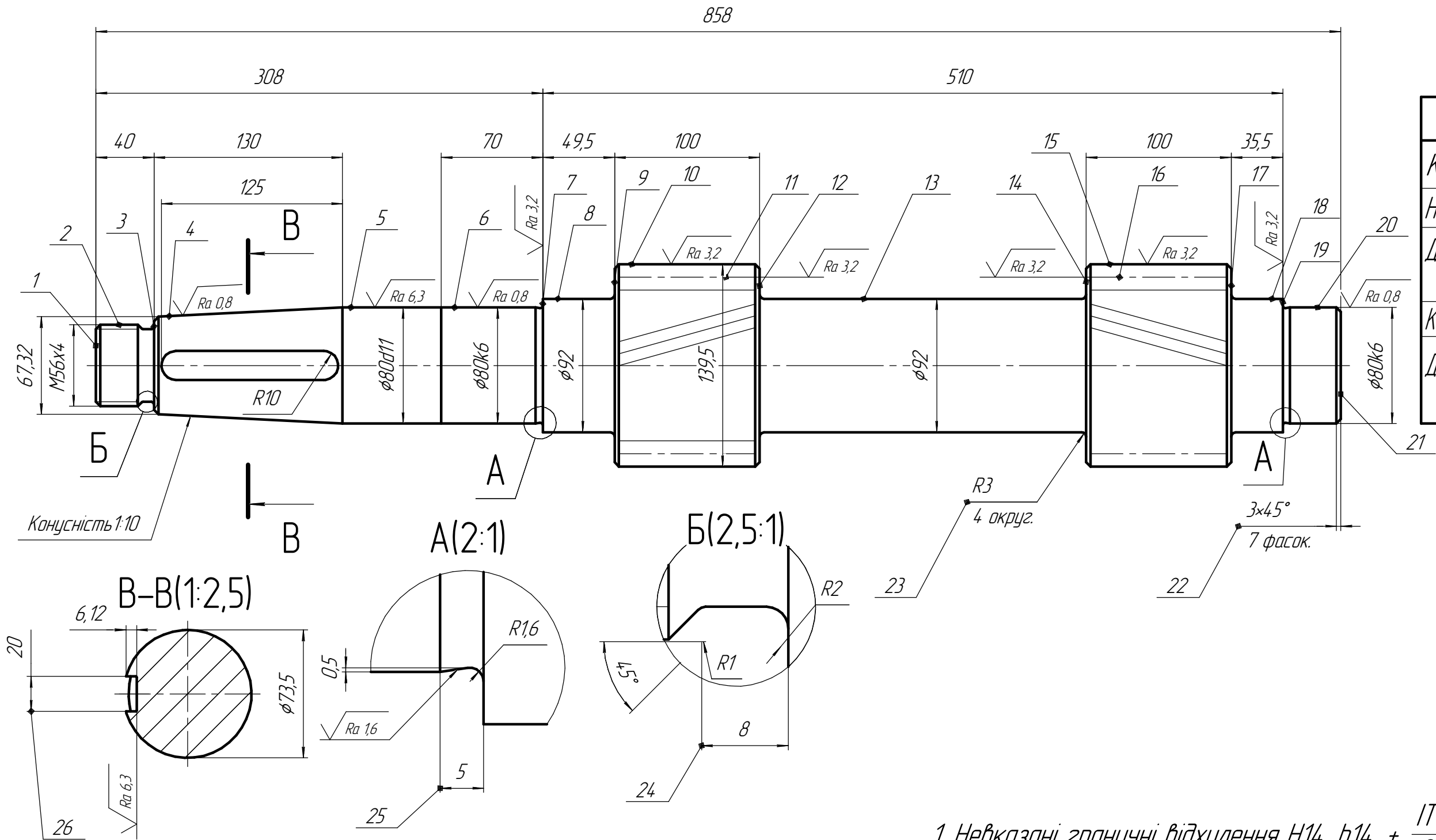
Кривий Ріг
2025 р.

Перв. примен.	Довід. №	Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
						Креслення		
		A3		1	КНУ.КБР.131.25.2-05.ВШ	Вал-шестерня	1	
		A1		2	КНУ.КБР.131.25.2-05.ІН	Інструментальне налагодження	1	
		A2		3	КНУ.КБР.131.25.2-05.ЧФ	Черв'ячна фреза	1	
		A3		4	КНУ.КБР.131.25.2-05.ІАСРІ	Інженерний аналіз спеціального	1	
						різального інструменту		
		A3		5	НУ.КБР.131.25.2-05.МПМО	Моделювання процесорізальної	1	
						механічної обробки		
Підп. та дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. та дата	КНУ.КБР.131.25.2-02.ВЕД				
				Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
Інв. № подл.	Розрад.	Миловзорав			Відомість електронних документів КБР	Літ.	Арк.	Аркцшів
	Перевір.	Рязанцев				Н		1
	Н.контр.	Нечаєв				Кафедра ТМ		
	Затв.	Рязанцев				гр. ПМ-22ск		

Довід. №	Перш. примен.
Підп. та дата	Інв. № докл.
Взам. інв. №	Інв. №
Підп. та дата	Інв. №
Інв. № подл.	Інв. №

КНУ.КБР.131.25.2-05.ВШ

✓ Ra 12,5 (✓)



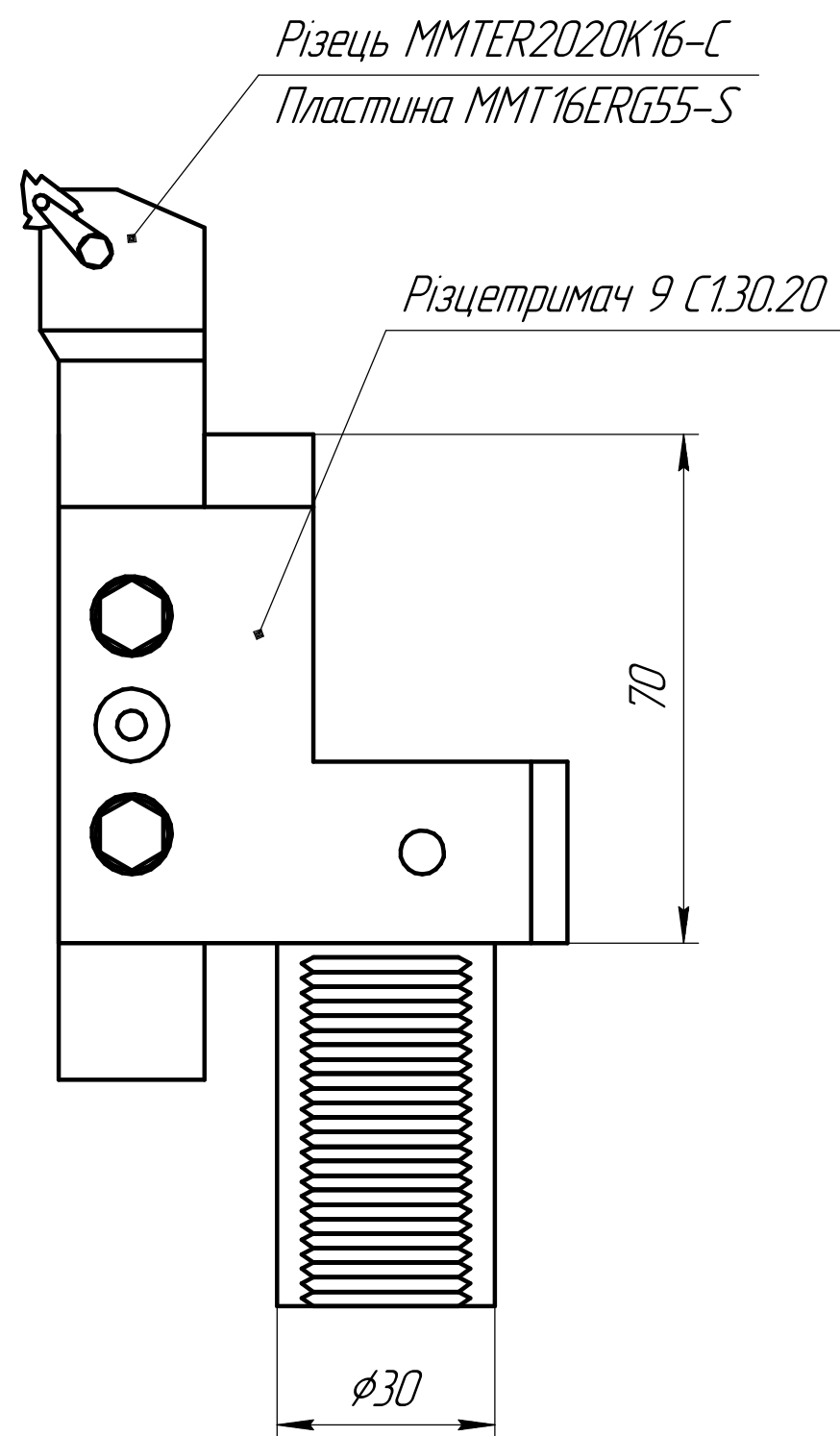
Модуль	m	6
Кількість зубів	z	18
Направлення зубів	-	Шевронне
Довжина спільної нормалі	W	65,38
Коефіцієнт зміщення	x	+0,28
Діаметр ділільної окружності	d	124,1

1 Невказані граничні відхилення H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.

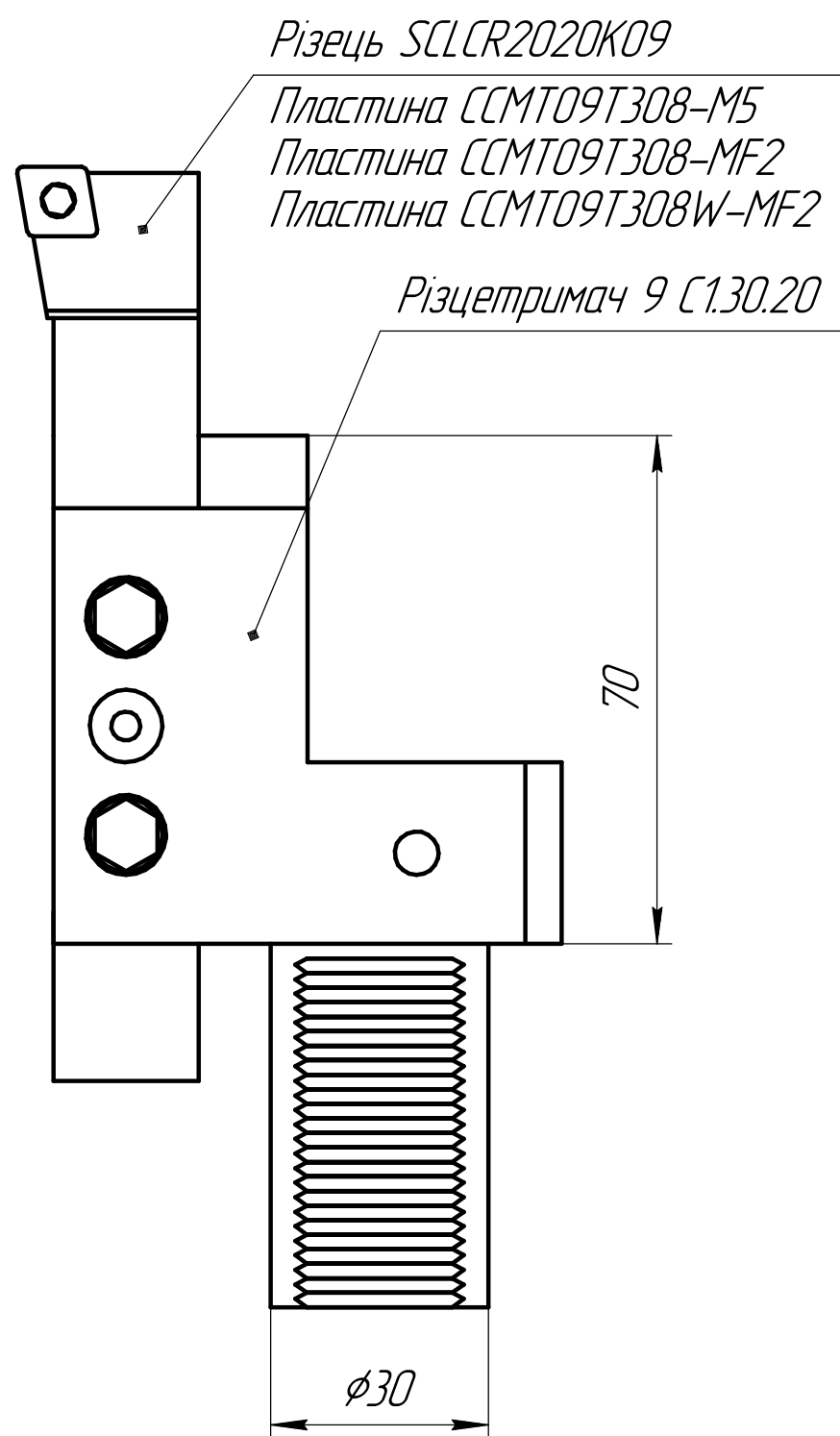
					КНУ.КБР.131.25.2-05.ВШ										
					Вал-шестерня					Літ.		Маса		Масштаб	
										Н		52,12		1:3	
										Аркцш			Аркцш 1		
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	Сталь 40X ДСТУ 2651:2015					Каф. ТМ					
Розраб.		Миловзоров								гр. ПМ-22ск					
Перевір.		Рязанцев													
Т.контр.															
Н.контр.		Нечаєв													
Затв.		Рязанцев													

Операція токарна з ЧПК, верстат моделі LEADWELL TC-25iXXL

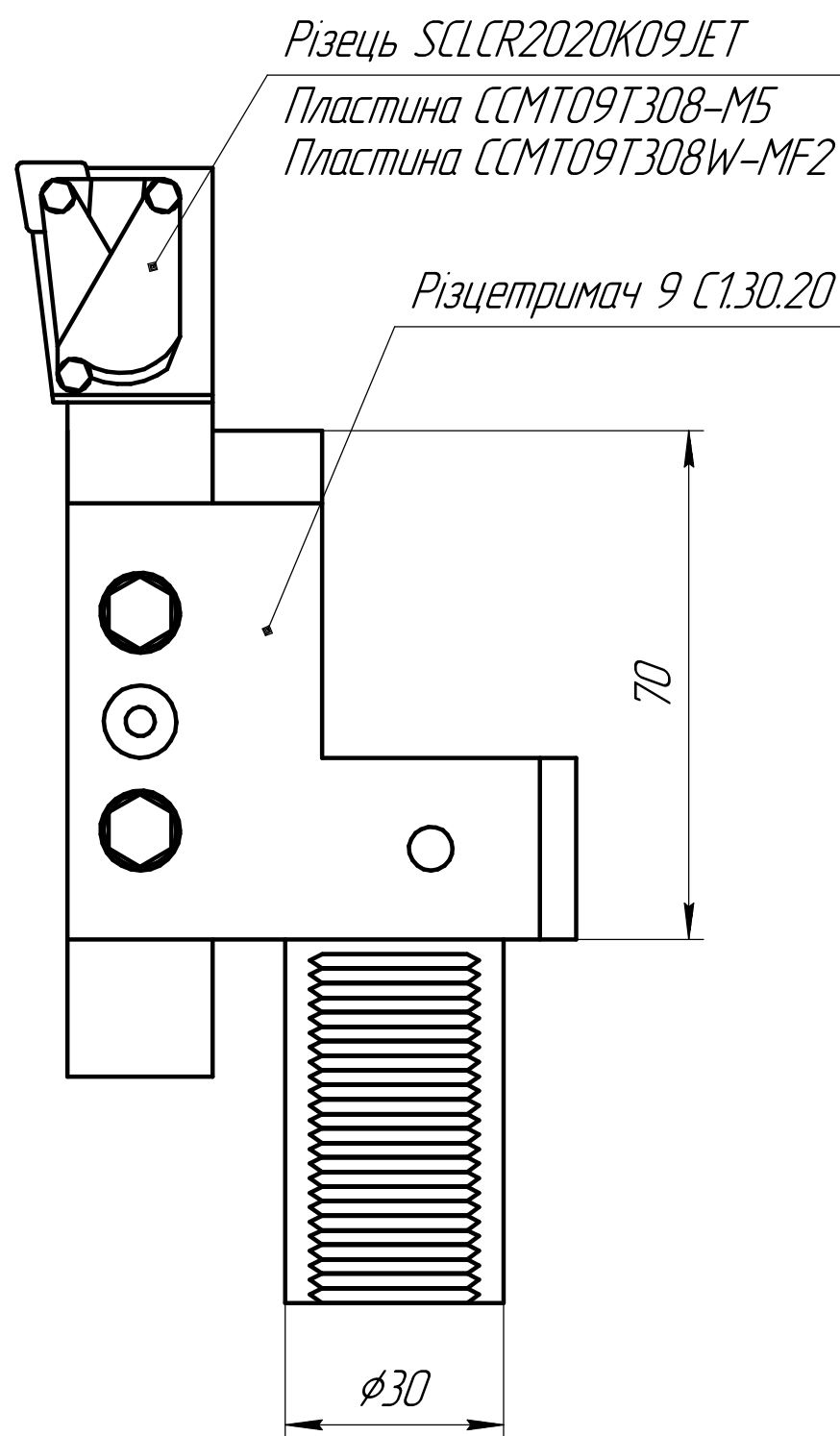
Поверхня обробки 2



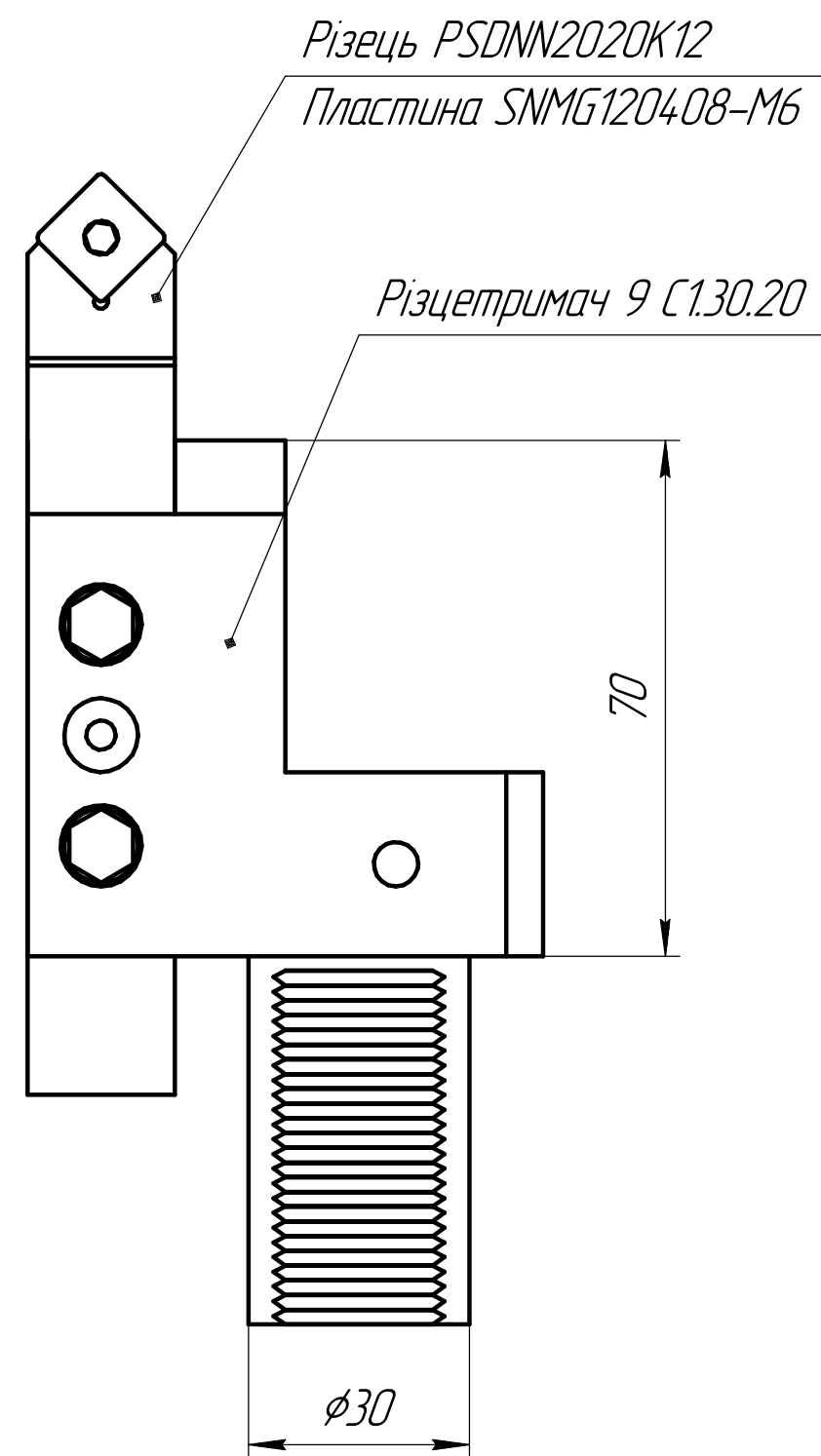
Поверхні обробки 1,3,7,9,12,14,17,19,21



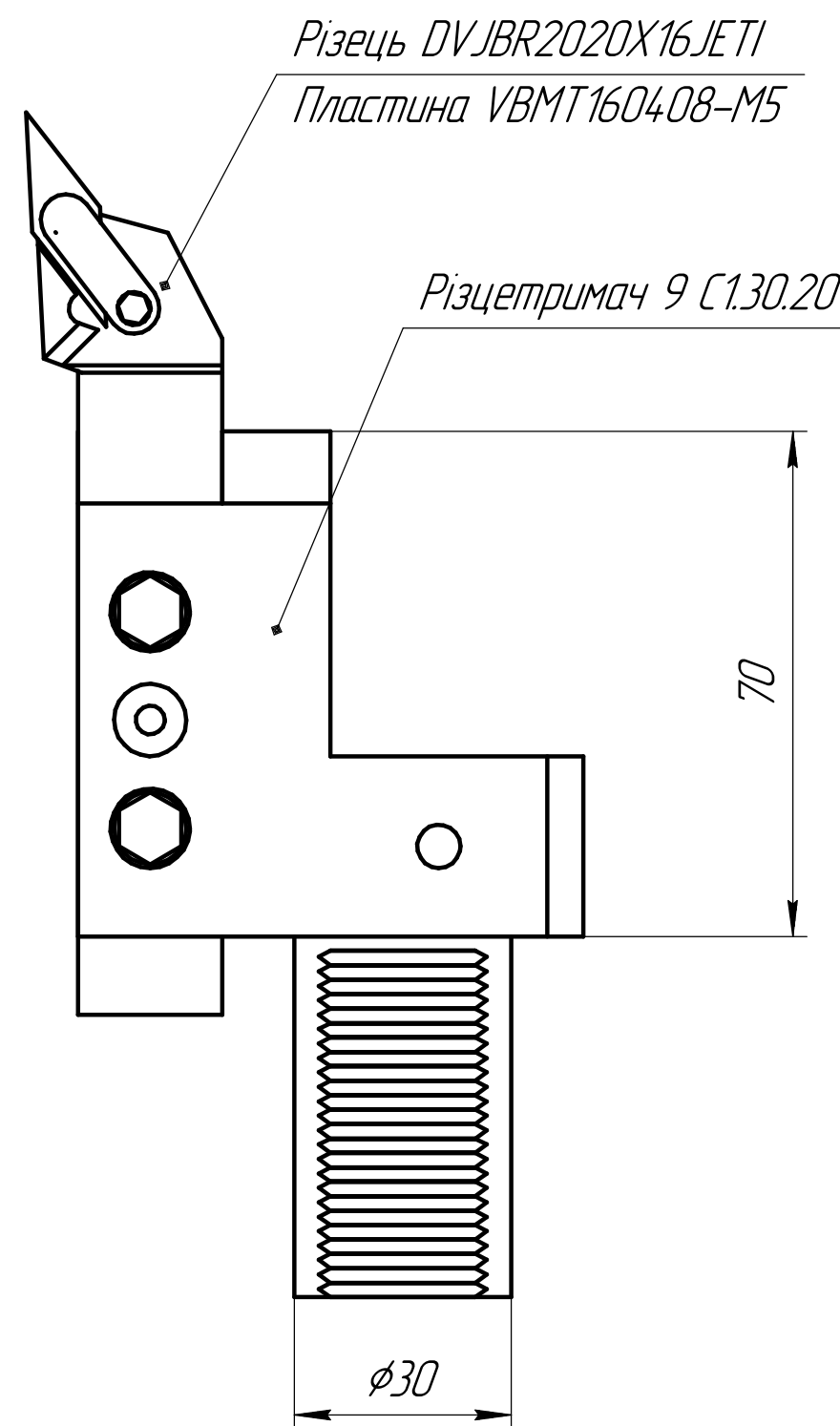
Поверхні обробки 2,4,5,6,8,10,13,15,18,20



Поверхня обробки 22



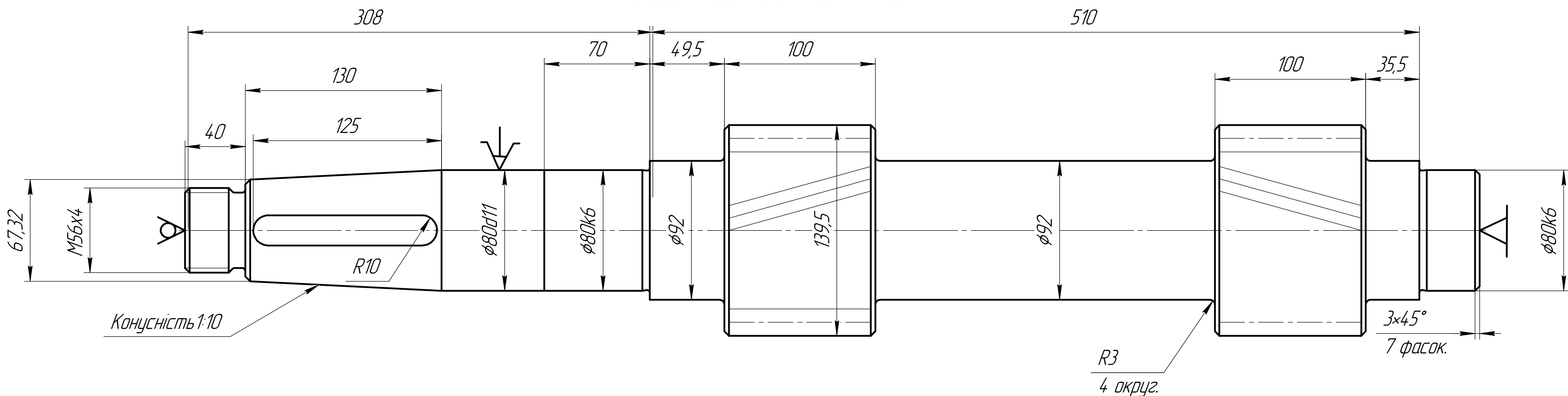
Поверхня обробки 23



Інструментальний комплекс

Інструмент	Пластина	Матеріал пластини	Допоміжний інструмент
Підрізний різець SCLCR2020K09	CCMT09T308-M5	TP2501	Різцетримач 9 C1.30.20
Підрізний різець SCLCR2020K09	CCMT09T308-MF2	TP1020	Різцетримач 9 C1.30.20
Підрізний різець SCLCR2020K09	CCMT09T308W-MF2	CP500	Різцетримач 9 C1.30.20
Прохідний різець SCLCR2020K09JET	CCMT09T308-M5	TP2501	Різцетримач 9 C1.30.20
Прохідний різець SCLCR2020K09JET	CCMT09T308W-MF2	CP500	Різцетримач 9 C1.30.20
Різець для точіння фаски PSDNN2020K12	SNMG120408-M6	TP2501	Різцетримач 9 C1.30.20
Різець для точіння галтелі DVJBR2020X16JETI	VBMT160408-M5	TP2501	Різцетримач 9 C1.30.20
Різьбонарізний різець MMTER2020K16-C	MMT16ERG55-S	VP15TF	Різцетримач 9 C1.30.20

Масштаб деталі 1:2



Верстат моделі LEADWELL TC-25iXXL

КНУ.КБР.131.25.2-05.ІН				Лист	Маса	Масштаб
Зм.	Арх.	№ док.	Підпис	Дата	Н	1:1
Розроб.	Милошаров					
Перевір.	Рязанцев					
Т.контр.						
Н.контр.	Нечаев					
Затв.	Рязанцев					
Інструментальне налагодження				Архив	Архив	1
				Каф. ТМ гр. ПМ-22скк		

Перш. примір.

Додат. №

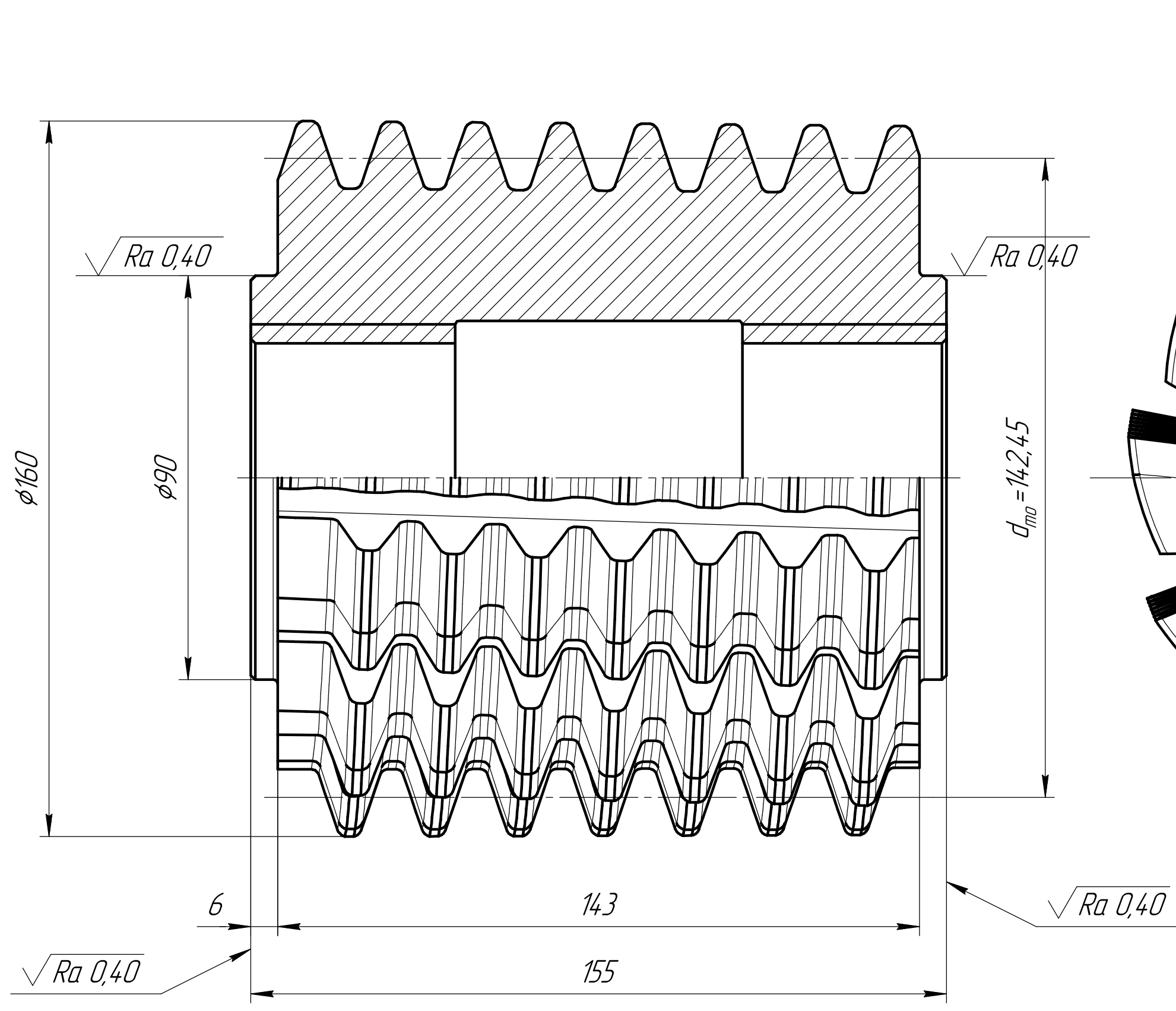
Підп. та дата

Інв. № дод.

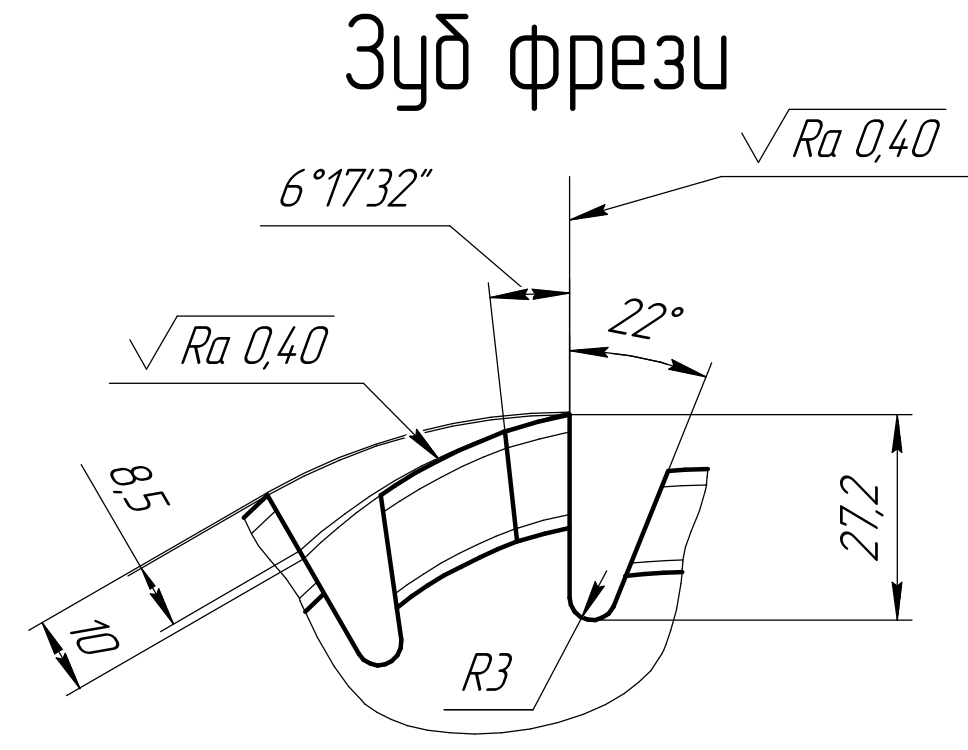
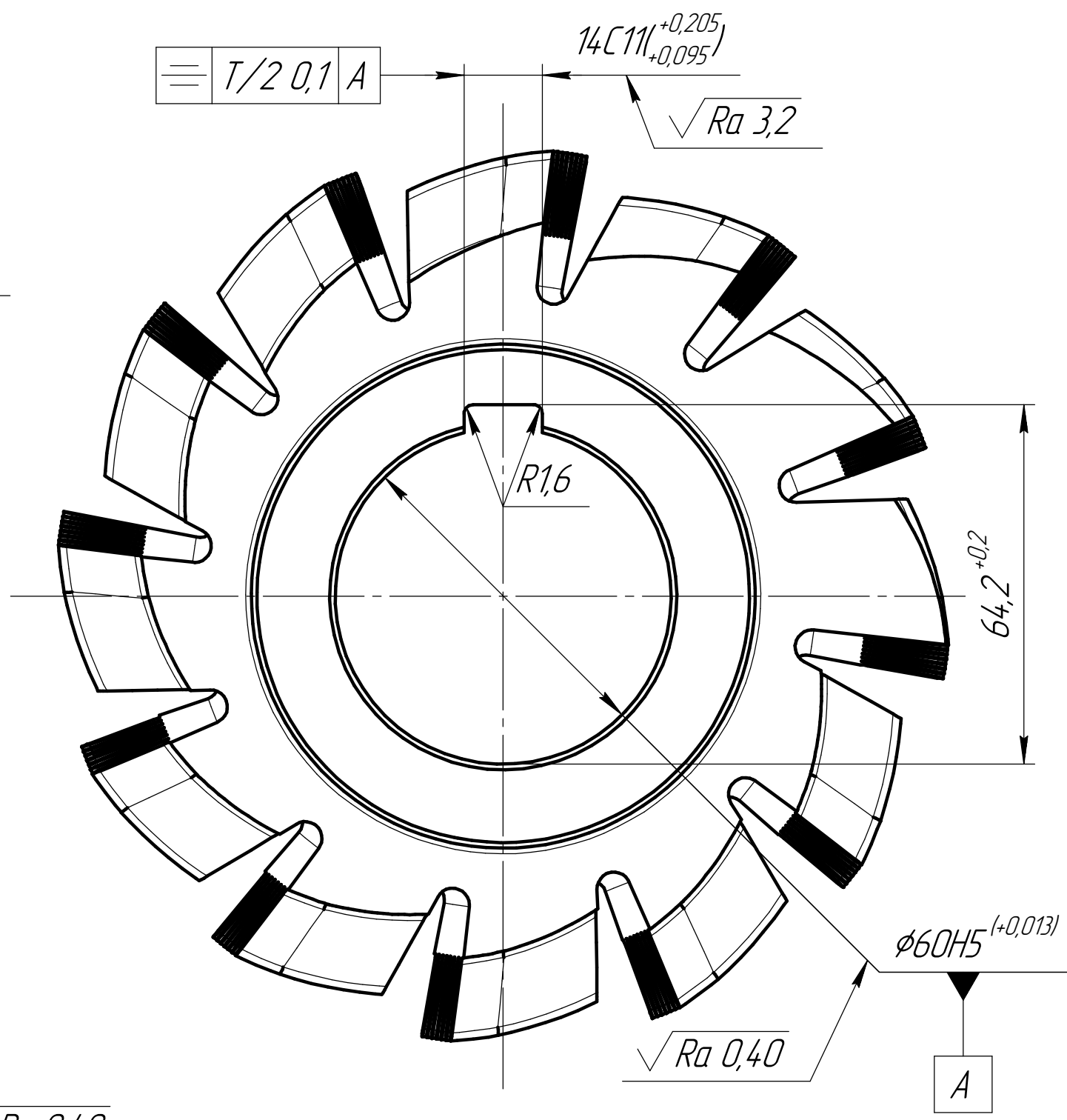
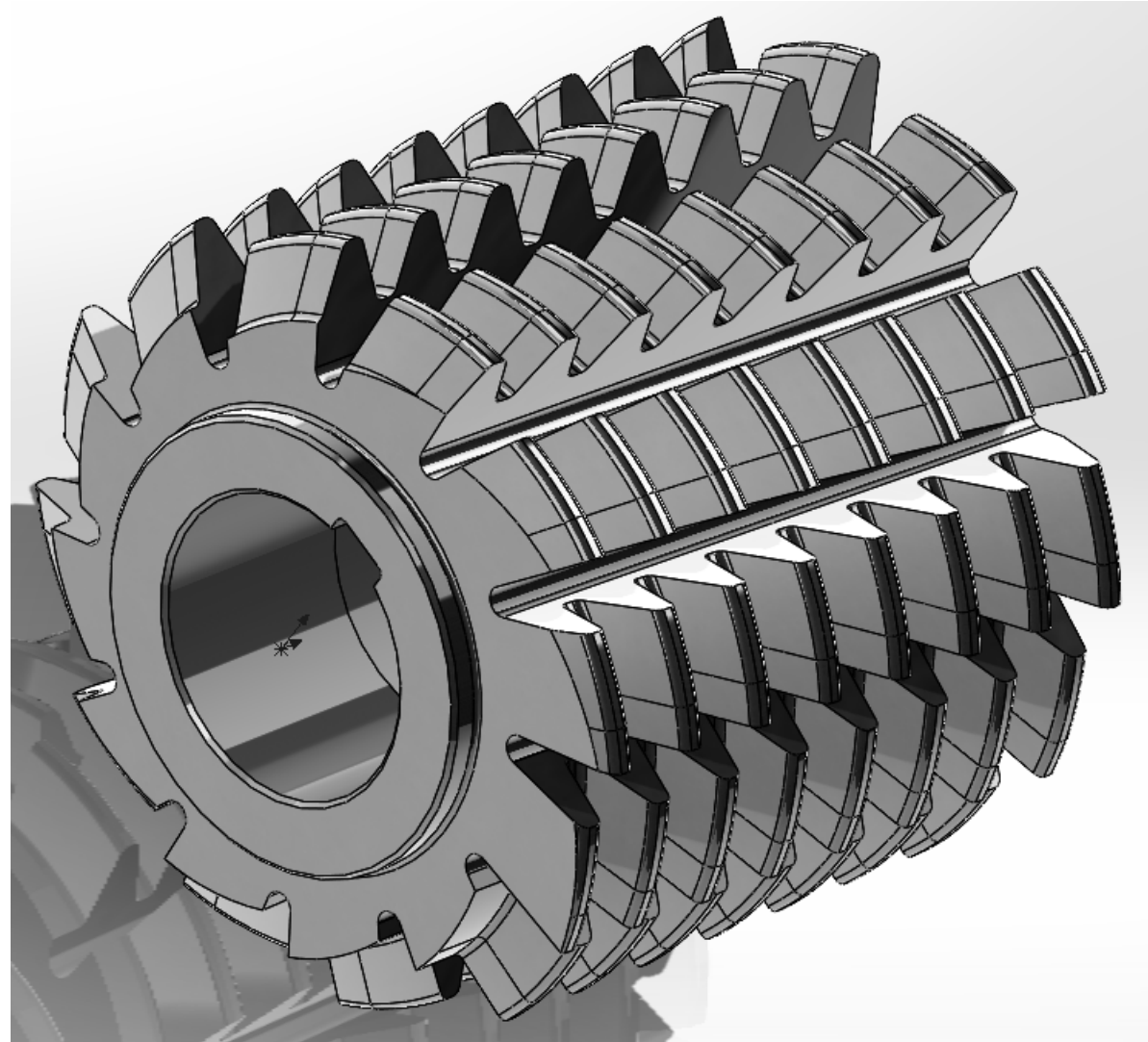
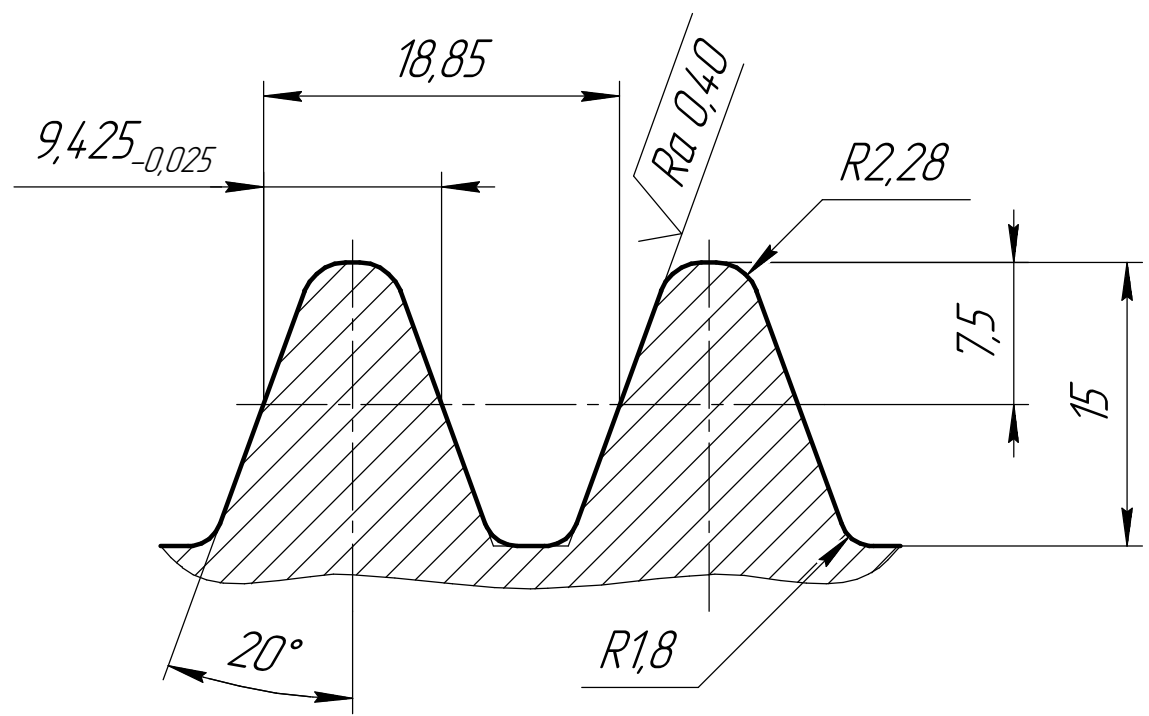
Взам. інв. №

Підп. та дата

Інв. № подл.



Профіль зуба в нормальному перерізі (2,5:1)



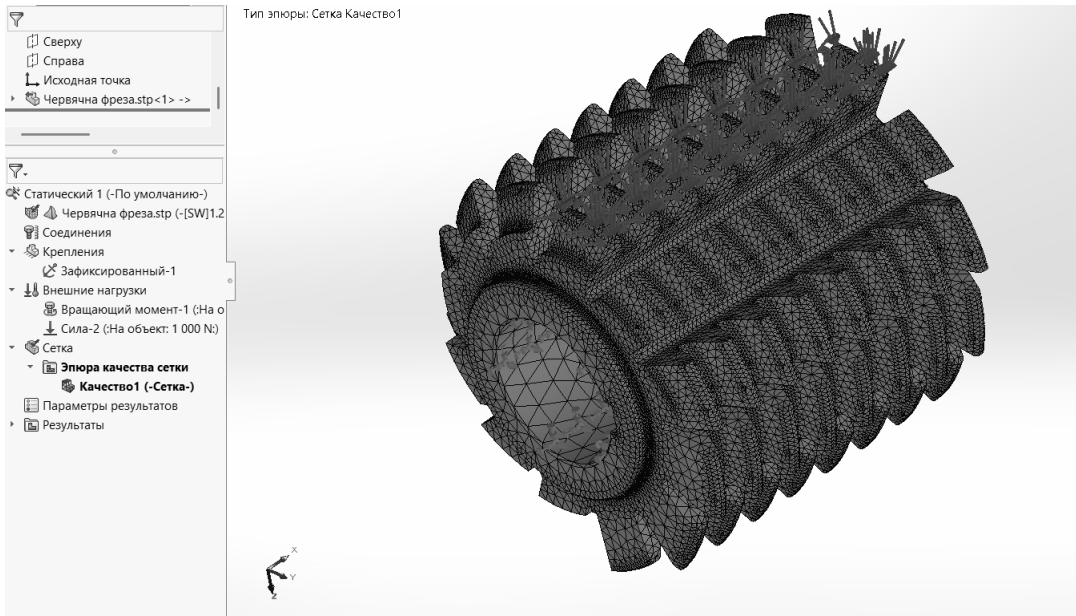
Фреза 2510-4044 АА		
Модуль	<i>m</i>	6
Кількість стружкових канадок	<i>z₀</i>	12
Кількість заходів	<i>n</i>	1
Напрямок витків фрези	-	ліве
Кут підйому витка фрези на середньому розрахунковому діаметрі	γ_{mo}	2°25'
Напрямок стружкових канадок	-	праве
Кут нахилу лінії канадки на середньому розрахунковому діаметрі	λ_{mo}	2°25'
Хід гвинтових стружкових канадок	<i>p_{z0}</i>	106,15
Початковий контур зубчастих коліс	-	-
Клас точності	-	АА
Накопичення похибки окружного кроку стружкових канадок	<i>F_{P0}</i>	0,04
Відхилення передньої поверхні стружкових канадок від номінального розташування	<i>f_x</i>	±0,063
Відхилення товщини зуба, розпорошене на висоті головки в нормованому перерізі	<i>T_{so}</i>	-0,025
Похибка зацеплення від зуба к зубу	<i>F_{Pb10}</i>	0,012
Похибка зацеплення	<i>F_{Pp0}</i>	0,012

- 1 Невказані граничні відхилення: H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.
2 Твердість 60..61 HRC.

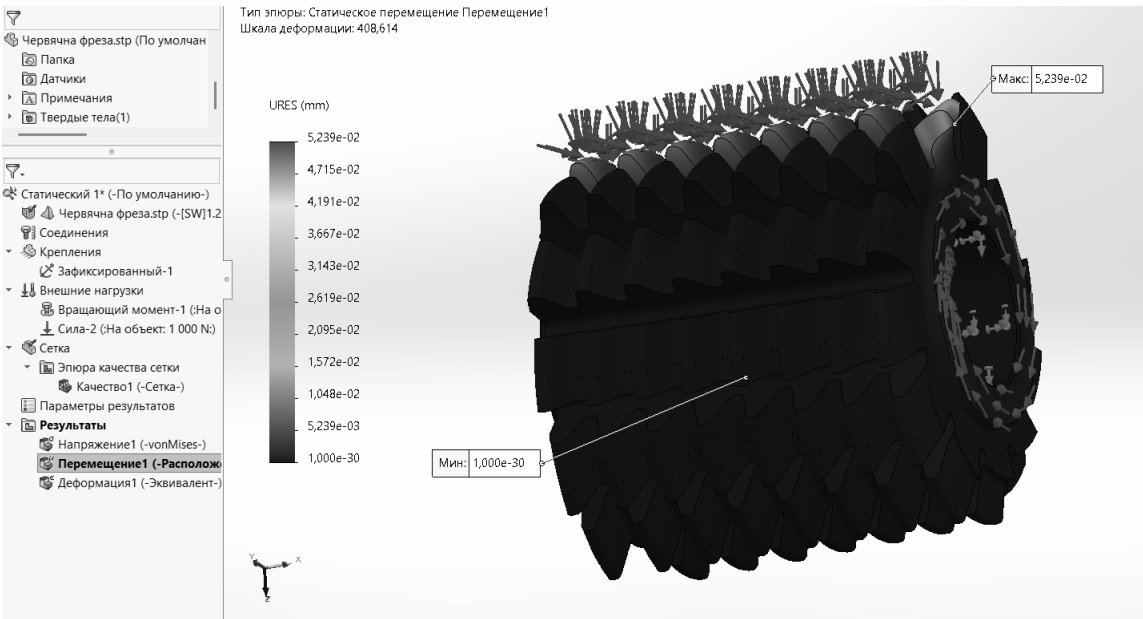
КНУ.КБР.131.25.2-05.ЧВ				Лит.	Маса	Масштаб
Черв'ячна фреза				H	11,85	1:1
Сталь ХГВ ДСТУ 1435:2005				Аркцш	Аркцш	1
				Каф. ТМ гр. ПМ-22ск		

Перш. примен.	Довід. №	Підп. та дата	Інв. № додл.	Інв. №	Взам. інв. №	Підп. та дата	Інв. № подл.

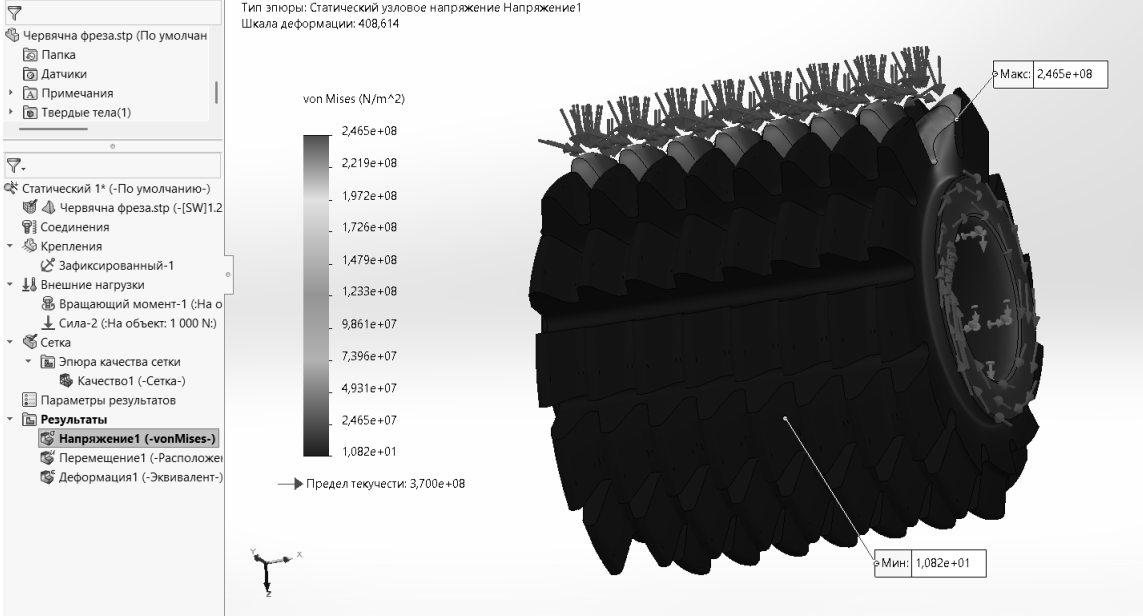
КНУ.КБР.131.25.2-05.ІАСРІ



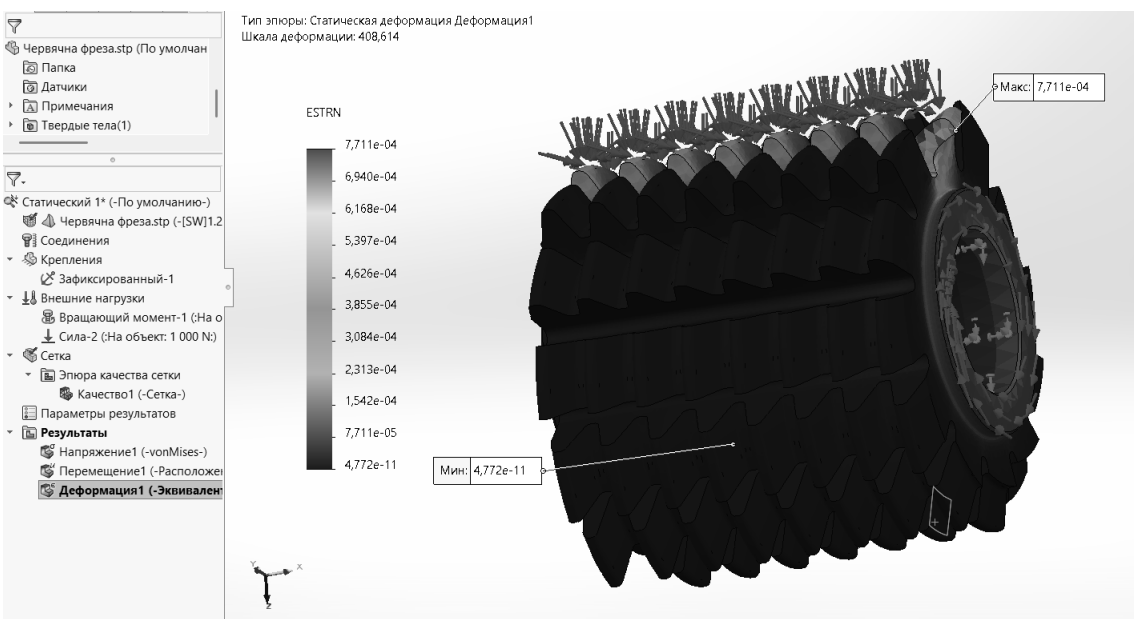
3D модель з сіткою кінцевих елементів



Дослідження переміщення

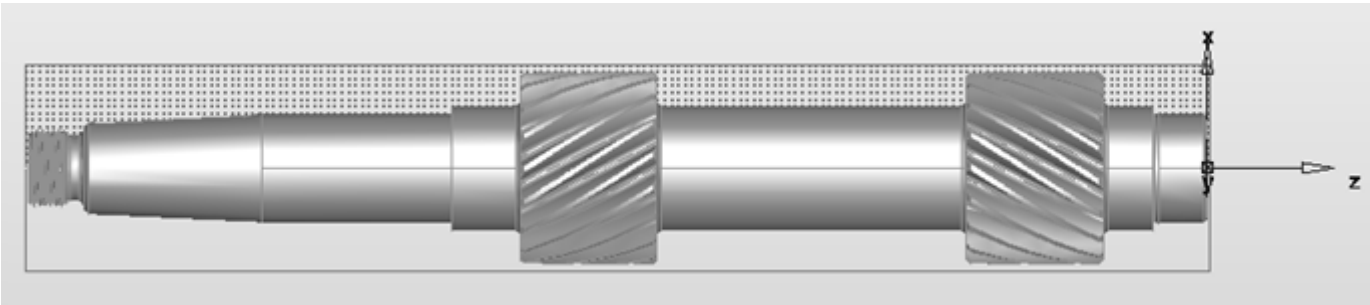
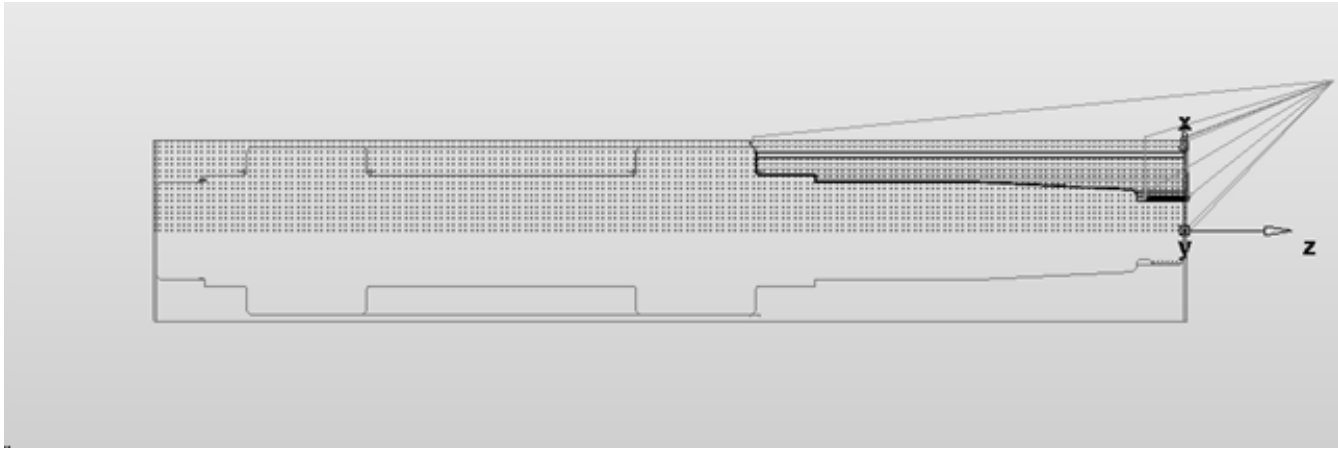
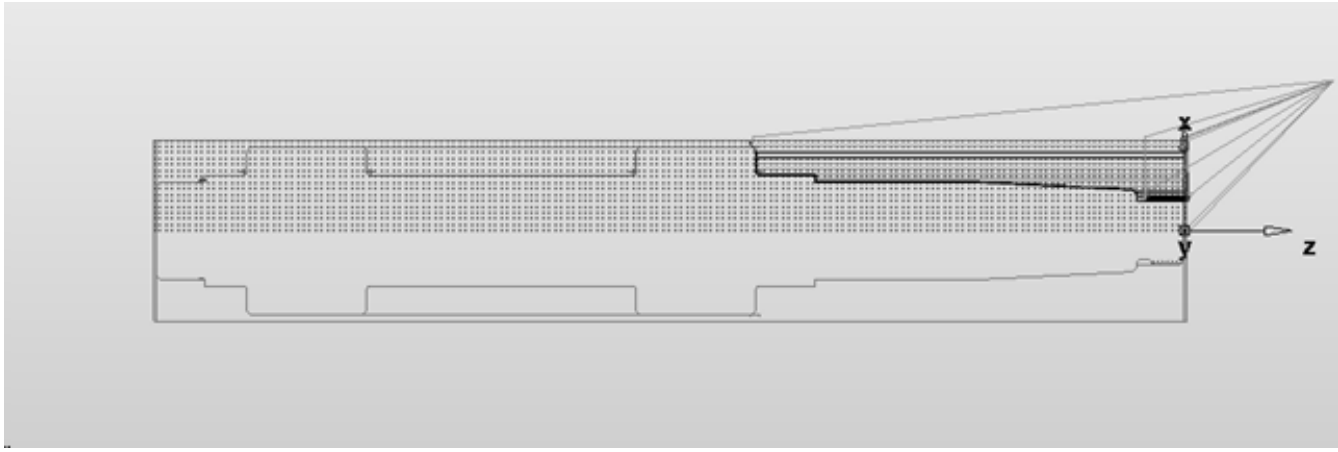
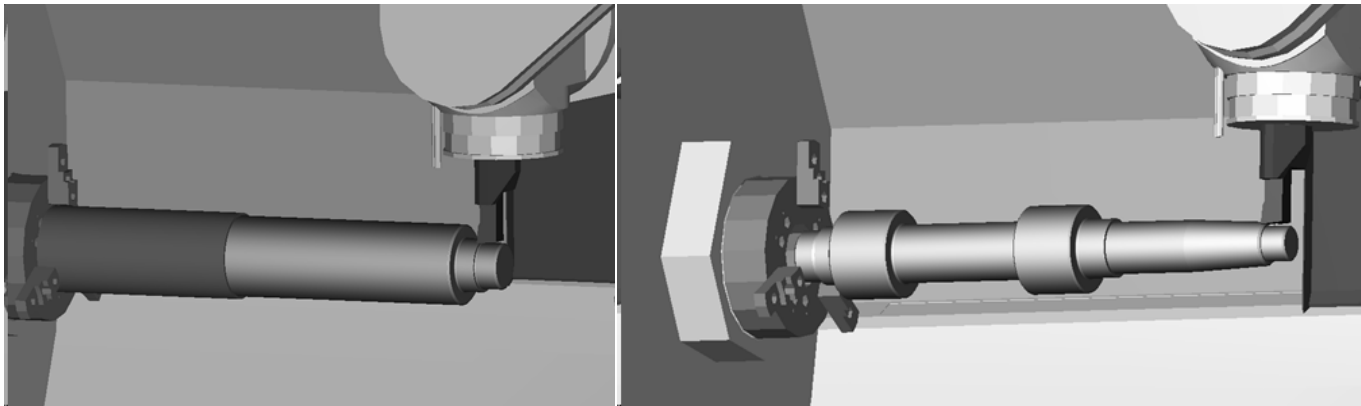


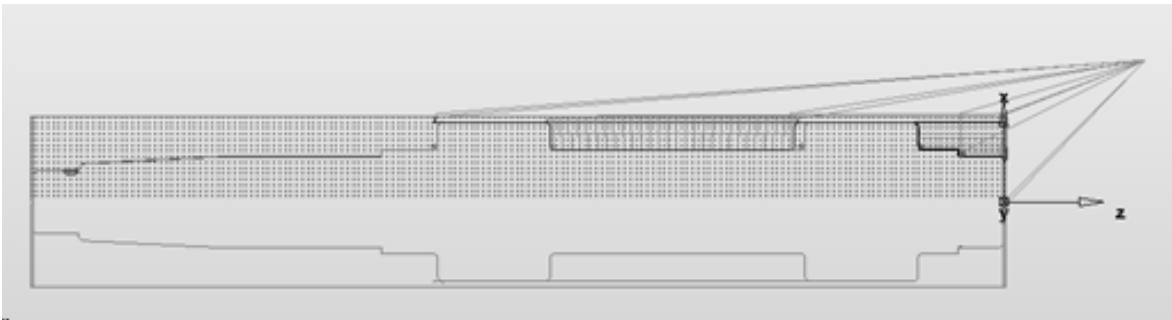
Дослідження деформації



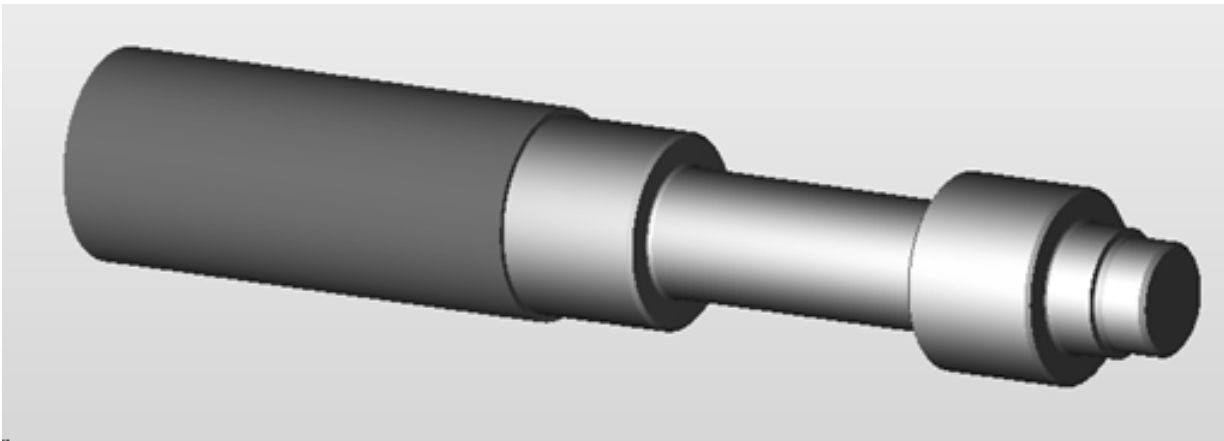
Дослідження навантаження

					КНУ.КБР.131.25.2-05.ІАСРІ			
Зм. Арк	№ док-м.	Підпис	Дата	Інженерний аналіз спеціального різального інструменту		Літ.	Маса	Масштаб
						Н		1:1
						Аркцш	Аркцш	1
Н.контр.	Нечаєв					Каф. ТМ гр. ПМ-22ск		
Затв.	Рязанцев							

Перш. примен.	КНУ.КБР.131.25.2-05.МПМО				
Довід. №	 Імпорт 3d моделі у FeatureCAM				
Підп. та дата	 Троекторія переміщення інструменту на першій установі				
Інв. № додл.	 Троекторія переміщення інструменту на другій установі				
Взам. інв. №	 Симуляція обробки на верстаті				
Інв. № подл.					



Троекторія переміщення інструменту на першій установі



Результат обробки на першій установі

					КНУ.КБР.131.25.2-05.МПМО				
					Моделювання процесорізаційної механічної обробки	Літ.	Маса	Масштаб	
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		Н		1:1	
Розраб.	Миловзоров								
Перевір.	Рязанцев								
Т.контр.						Аркцш	Аркцшів	1	
						Каф. ТМ ПМ-22ск			
Н.контр.	Нечаєв								
Затв.	Рязанцев								