

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 «Шестерня» та обґрунтування параметрів різального інструменту за допомогою CAD/CAM/CAE систем

Виконав: здобувач
групи ПМ-20
Васильєв Д.Д.
Керівник випускної роботи:
к.т.н., доцент
Рязанцев А.О.

Кривий Ріг
2024 р.

ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

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

Виконав здобувач гр. ПМ-20

(підпис)

Васильєв Д.Д.

Керівник КБР

(підпис)

Рязанцев А.О.

Нормоконтроль

(підпис)

Рязанцев А.О.

Завідувач кафедри

(підпис)

Нечасєв В.П.

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., Нечаєв В.П.

(підпис)

(дата)

ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну бакалаврську роботу

Здобувач гр. ПМ-20 Васильєв Денис Дмитрович

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

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

Затверджена наказом по КНУ № _____ від «__» _____ 2024 р.

2. Термін подання здобувачем закінченої роботи _____ р.

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

4. Зміст пояснювальної записки: 1. Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі. 2. Технологічна підготовка виробництва деталі. 3. Вибір різучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами. 4. Проектування та інженерний аналіз різального інструменту. 5. Моделювання та програмування операцій механічної обробки. 6. Організаційно-економічна підготовка виробництва.

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Шестерня ведуча. 2. Верстатно-інструментальне налагодження. 3. Фреза черв'ячна. 4. Моделювання процесу обробки. 5. Інженерний аналіз спеціального різального інструменту.

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: « ____ » _____ 2024 р.

Завдання видав керівник КБР

/Рязанцев А.О./

Завдання отримав
здобувач освіти

/Васильєв Д.Д./

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документація		
A4		1	КНУ.КБР.131.24.1-04.ПЗ	Пояснювальна записка	44	
				Креслення		
A3		2	КНУ.КБР.131.24.1-04.Ш	Шестерня	1	
A2		3	КНУ.КБР.131.24.1-04.ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження	1	
A2		4	КНУ.КБР.131.24.1-04.ФЧ	Фреза черв'ячна	1	
A3		5	КНУ.КБР.131.24.1-04.ІАСРІ	Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	1	
A3		6	КНУ.КБР.131.24.1-04.МПМО	Моделювання процесу механічної обробки	1	
КНУ.КБР.131.24.1-04.ВМКБР						
Изм. Лист		№ докум.		Подп.	Дата	
Разрад.		Васильєв				
Проб.		Рязанцев				
И.контр.		Рязанцев				
Утв.		Нечаєв				
Відомість матеріалів КБР				Лит.	Лист	Листов
				Н		1
Кафедра ТМ гр. ПМ-20				Формат А4		
				Копировав		

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до КРБ містить: 44 стор., 29 рисунки, 8 таблиць, 5 листів графічної частини.

Мета роботи: розробка конструкторсько-технологічної підготовки для виготовлення деталі «Шестерня» механізму зворотного ходу, а також обґрунтування оптимального різального інструменту для цього процесу.

Об'єкт дослідження – конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Шестерня» механізму зворотного ходу.

Предмет дослідження – різальний інструмент та технологічні процеси виготовлення шестерень з використанням цього інструменту.

У сучасному індустріальному виробництві конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталей відіграє важливу роль у забезпеченні якості та ефективності виробничих процесів. Однією з ключових деталей механізмів є шестерня, яка використовується в різних галузях промисловості для передачі руху та забезпечення необхідної швидкості та обертового моменту.

В умовах постійного розвитку технологій та підвищеної конкуренції на ринку продукції, важливість оптимізації виробничих процесів та зниження витрат стає все більш суттєвою. Особливе значення набуває розробка та застосування ефективних методів виготовлення шестерень, що дозволяє забезпечити якісний та економічний виробничий процес.

Ця робота спрямована на покращення якості та ефективності виробничого процесу виготовлення шестерень для механізму зворотного ходу, що в свою чергу сприятиме підвищенню конкурентоспроможності підприємств, що здійснюють їх виробництво.

Реалізація поставленої мети в цій роботі відбулася завдяки використанню систем САЕ/CAD/CAM, зокрема Solid Works та Autodesk Feature CAM. Відповідно до тематики дослідження, за допомогою Solid Works було розроблено спеціальний різальний інструмент (свердло-зенківка), який потім був проаналізований за допомогою інструменту Simulation. З використанням Feature CAM було проведено моделювання токарної обробки і згенеровано відповідну керуючу програму.

ШЕСТЕРНЯ, РІЗАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ, ПРОДУКТИВНІСТЬ, ШВИДКОЗМІННІСТЬ, СОБІВАРТІСТЬ.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-04.Р</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Реферат</i>			
Розроб.		<i>Васильєв</i>						
Перевір.		<i>Рязанцев</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>						
Зав. каф.		<i>Нечасєв</i>			Літ.	Арк.	Аркушів	
						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		

ABSTRACT

The explanatory note to QBW contains: 44 pages, 63 figures, 8 tables, 5 sheets of the graphic part.

The purpose of the work: the development of design and technological preparation for the manufacture of the "Gear" part of the reverse mechanism, as well as the justification of the optimal cutting tool for this process.

The object of the research is the design and technological preparation for the manufacture of the "Gear" part of the reversing mechanism.

The subject of the research is a cutting tool and technological processes of manufacturing gears using this tool.

In modern industrial production, the design and technological preparation for the production of parts plays an important role in ensuring the quality and efficiency of production processes. One of the key parts of mechanisms is the gear, which is used in various industries to transmit motion and provide the required speed and torque.

In the conditions of constant development of technologies and increased competition in the product market, the importance of optimizing production processes and reducing costs is becoming more and more important. Of particular importance is the development and application of effective methods of manufacturing gears, which allows to ensure a high-quality and economical production process.

This work is aimed at improving the quality and efficiency of the production process of manufacturing gears for the reverse mechanism, which in turn will contribute to increasing the competitiveness of the enterprises that manufacture them.

The realization of the set goal in this work took place thanks to the use of CAE/CAD/CAM systems, in particular Solid Works and Autodesk Feature CAM. In accordance with the research topic, a special cutting tool (sink drill) was developed using Solid Works, which was then analyzed using the Simulation tool. With the use of Feature CAM, the simulation of turning processing was carried out and the corresponding control program was generated.

GEAR, CUTTING TOOL, PRODUCTIVITY, QUICK CHANGE, COST.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-04.P</i>	Арк.
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Вступ	8
1 Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі	9
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних	9
1.2 Призначення об'єкту виробництва, як елементу вузла, механізму машини з характеристикою будови, принципів роботи, характеристикою кінематичних та силових ланцюгів та передач машини	10
1.3 Розрахунок параметрів точності з'єднання з підшипником	12
2 Технологічна підготовка виробництва деталі	13
2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів заміन	13
2.2 Аналіз якості поверхонь деталей	13
2.3 Технічний контроль робочого креслення	16
2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання	16
3 Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами	21
3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі	21
3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів	22
3.3 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту	25
3.4 Вибір типорозміру допоміжних інструментів	26
3.5 Компоновка інструментального комплексу та розробка інструментального налагодження на технологічну операцію деталі	27
4 Проектування та інженерний аналіз різального інструменту	29
4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту	29
4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	30
5 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	35
5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора	35
5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм	36
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	39
6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників	39
6.2 Охорона праці та екологія виробництва	41
Висновки	43
Список використаних джерел	44

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-04.3</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Васильєв</i>			<i>Зміст</i>	Літ.	Арк.	Архувів
Перевір.		<i>Рязанцев</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Зав. каф.		<i>Нечаєв</i>						

ВСТУП

Метало різальний інструмент - інструмент, призначений для зміни форми та розмірів заготовки шляхом видалення частини матеріалу у вигляді стружки, або шламу, тобто різальний інструмент використовується для оброблення матеріалів різанням. Оброблення різанням – вид механічного оброблення, яке полягає в утворенні нових поверхонь шляхом відділення поверхневих шарів матеріалу з утворенням стружки. Способи обробки металів тиском і литтям, як правило, не дають необхідної точності розмірів і чистоти поверхні заготовок (винятки складають спеціальні види лиття і холодне штампування). Тому куванням, штампуванням і литтям в більшості випадків виготовляють заготовки (напівфабрикати), що потребують додаткової обробки. Остаточна обробка виконується різанням, яке полягає в знятті з поверхонь заготовки визначеного шару металу, що залишається спеціально для цього. Шар металу, що знімається з металу, називається припуском на обробку. В результаті видалення припуску заготовка набуває точніших форми, розмірів та заданої шорсткості поверхонь, тобто перетворюється в деталь.

На цей вид оброблення припадає понад 90 % трудомісткості виготовлення більшості деталей. Для його реалізації існує ціла низка різноманітного металорізального обладнання, різного за розмірами, продуктивністю, ступенем автоматизації, яке забезпечує здійснення різних способів обробки різанням практично в усіх типах виробництва.

Обробка різанням є складним і дорогим процесом, який відрізняється значною трудомісткістю і значними втратами металу (при масовому виробництві зі стружкою втрачається 5 – 15 % металу, а при дрібносерійному і одиничному – до 25 %).

Обробка різанням включає дві множини способів її реалізації: лезову та абразивну обробки. Лезова обробка передбачає оброблення поверхонь заготовки одно- та багатолезовими інструментами – різцями, свердлами, фрезами, розвертками, протяжками та ін. Абразивна обробка – це обробка поверхонь абразивними інструментами, виготовленими з природних або штучних абразивних матеріалів, – абразивними кругами, сегментами, брусками, стрічками та вільними абразивами у вигляді порошків, паст тощо

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-04.В</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		<i>Васильєв</i>			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Рязанцев</i>					
Реценз.					<i>Вступ</i>		
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>					
Зав. каф.		<i>Нечаєв</i>					
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА ТА ДЕТАЛІ

1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

Вихідними матеріалами для написання випускної кваліфікаційної роботи бакалавра служить малюнок деталі «Шестерня». На рис. 1.1 показана тривимірна модель цієї деталі.

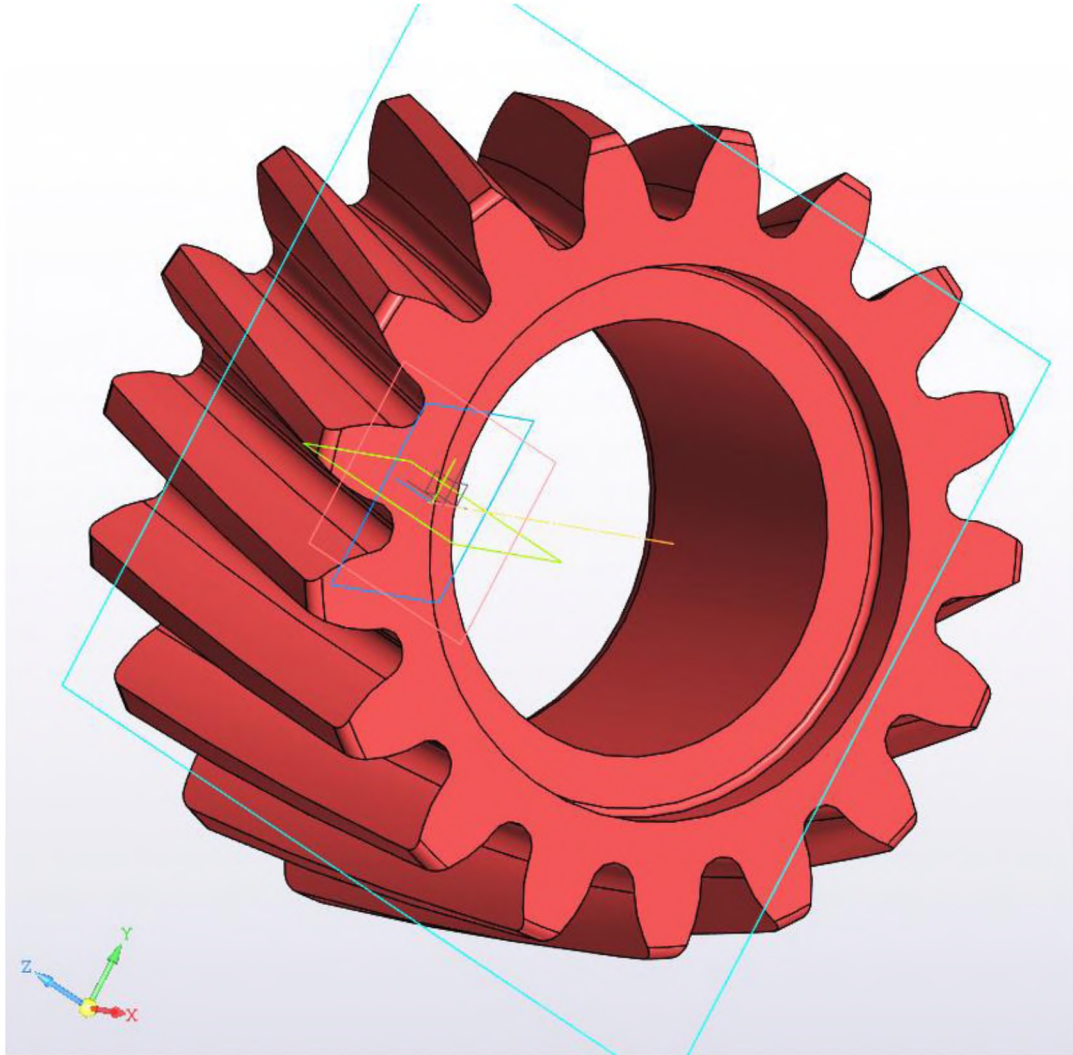


Рисунок 1.1 – Креслення 3D деталі «Шестерня»

Технічне завдання полягає у розробці конструкторсько-технологічної підготовки для виготовлення деталі «Шестерня» механізму зворотного ходу, а також обґрунтування оптимального різального інструменту для цього процесу.

Партія замовлення – 1500 штук на рік.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-04.01.АСПМ</i>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі</i>					
Розроб.		<i>Васильєв</i>						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Рязанцев</i>								
Реценз.								<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>								
Зав. каф.		<i>Нечасєв</i>								

У відповідності до технічного завдання передбачено вирішення наступних задач:

1. Аналіз сучасного стану та перспектив розвитку технологій виготовлення шестерень.
2. Визначення основних параметрів та вимог до шестерень для механізму зворотного ходу.
3. Розробка конструкторсько-технологічної схеми виготовлення деталі «Шестерня».
4. Вибір оптимального різального інструменту та обґрунтування його використання.

Об'єктом дослідження є конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Шестерня» механізму зворотного ходу.

Предметом дослідження є різальний інструмент та технологічні процеси виготовлення шестерень з використанням цього інструменту.

1.2 Призначення об'єкту виробництва, як елемента вузла, механізму машини з характеристикою будови, принципів роботи, характеристикою кінематичних та силових ланцюгів та передач машини

Шестерня є складовою частиною механізму зворотного ходу (МЗХ) львівського автонавантажувача АП-40814 (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Львівський автонавантажувач АП-40814

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-04.01.АСПМ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

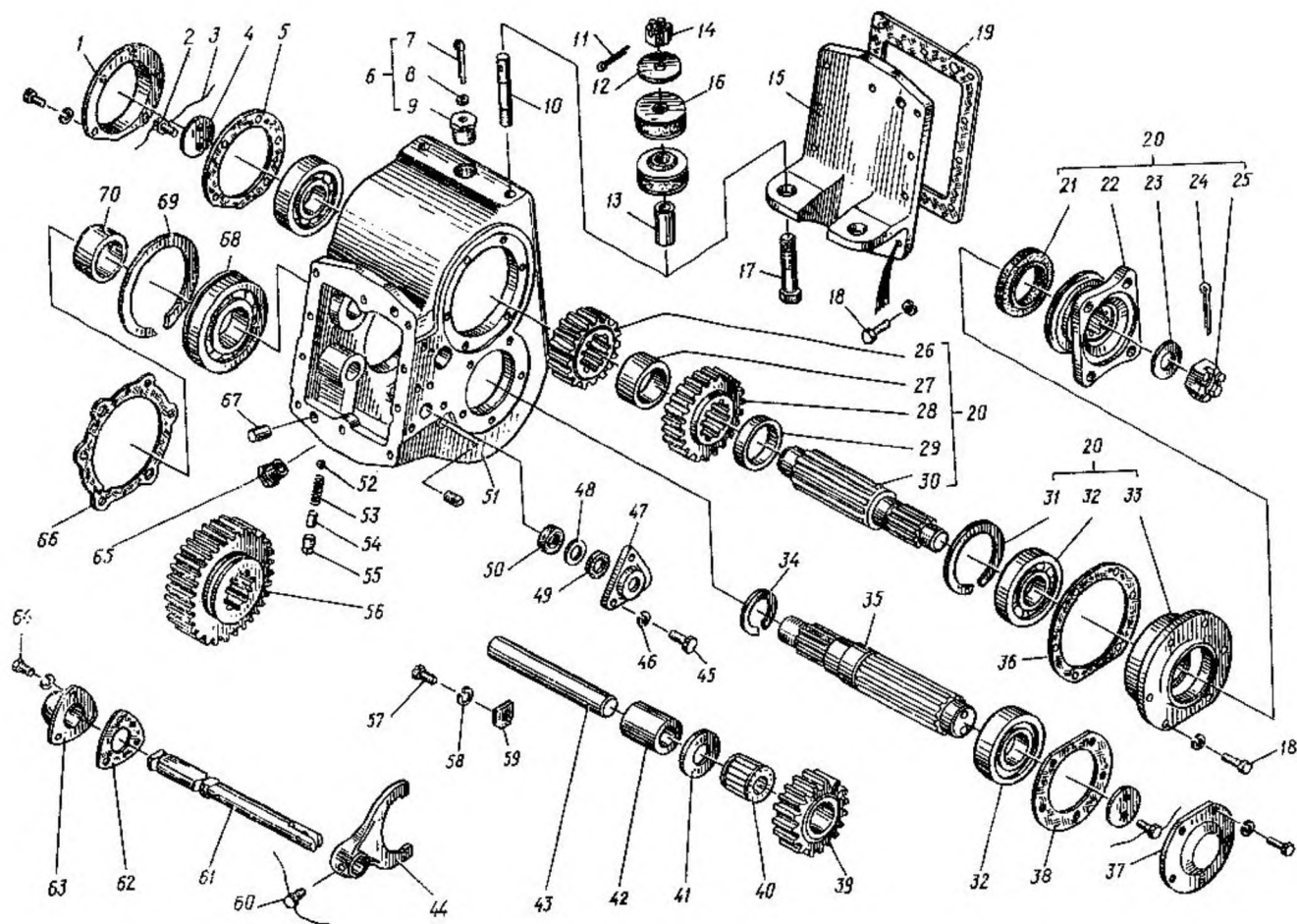


Рисунок 1.3 – Механізм зворотного ходу: 1 – Кришка; 2 – Болт М8х20; 3 – Шплінт 1,2 x175; 4 - Шайба упорна; 5 – Прокладка; 6 - Пробка-віддушина у зборі; 7 - Шплінт 4x32; 8 - Шайба 4; 9 – Пробка; 10 - Шпилька М16х1, 5х68; 11 - Шплінт 3,2 x32; 12 - Шайба; 13 - Розпірна втулка; 14 - Гайка М16х1, 5; 15 - Кришка люка; 16 - Подушка підвіски; 17 - Болт М16х1, 5х80; 18 - Болт М8х28; 19 – Прокладка; 20 - Вал ведучий у зборі; 21 - Сальник у зборі; 22 - Фланець у зборі; 23 - Шайба 25; 24 - Шплінт 4х40; 25 - Гайка М24х1, 5; 26 - Шестерня мала; 27 – Втулка; 28 - Шестерня велика; 29 – Втулка; 30 - Вал ведучий; 31 - Кільце ВК-90; 32 - Підшипник кульковий; 33 – Корпус; 34 - Кільце стопорне; 35 - Вал ведений; 36 – Прокладка; 37 – Кришка; 38 – Прокладка; 39 - Шестерня проміжна; 40 - Підшипник роликовий; 41 - Шайба упорна; 42 - Розпірна втулка; 43 – Вісь; 44 - Вилка перемикавання ходу; 45 - Болт М8х22 46 - Шайба 8; 47 - Кришка штока; 48 – Шайба; 49 - Сальник штока; 50 - Кільце ущільнювальне; 51 – Картер; 52 - Кулька IV 11,113мм Н; 53 - Пружина фіксатора; 54 - Упор пружини; 55 - Корок До 1/4"; 56 - Шестерня ведена; 57 - Болт М10х20; 58 - Шайба 10; 59 - Стопор осі; 60 - Гвинт стопорний; 61 – Шток; 62 – Прокладка; 63 - Кожух штока; 64 - Болт М8х16; 65 - Корок КГ 1/2"; 66 – Прокладка; 67 – Штифт; 68 - Підшипник кульковий; 69 - Кільце стопорне; 70 - Розпірна втулка

Львівський навантажувач можна назвати універсальним, оскільки є можливість його використання для роботи з вантажами різних видів. Найбільш

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.1-04.01.АСПМ					

поширеними видами змінного обладнання для львівських автонавантажувачів є вилочні підхвати, поворотні у вертикальній площині ковші та безблочні стріли.

Львівський автонавантажувач моделі АП-40814 – це самохідна пневмоколісна безпружинна машина для навантаження, вивантаження, укладання в штабелі та переміщення штучних сипучих вантажів в основному на відкритих майданчиках. Для львівських навантажувачів характерне передне (фронтальне) розташування вантажопідйомника. На каретці, що переміщається вертикально по рамі вантажопідйомника, встановлюються різні вантажозахоплювальні пристрої.

Можливість застосування львівських автонавантажувачів у приміщеннях з вузькими проїздами та на майданчиках визначається маневреністю, яка залежить від габариту та радіусу повороту, що описується найбільш виступаючою точкою машини.

Машина має такі параметри:

- маса без заправки - 6400 кг;
- довжина без навісного обладнання – 390 см;
- довжина з вилами - 510 см;
- ширина - 235 см;
- висота навантажувача - 265 см;
- колісна база - 230 см;
- кліренс - 20 см.

На львівських автонавантажувачах із коробкою передач, що входить до силового агрегату, встановлюється додаткова коробка передач механізму зворотного ходу МЗХ (реверс, роздатка – рис. 1.3), що містить передачі переднього та заднього ходу. МЗХ призначений для зміни напрямку обертання ведучих коліс, а також підвищення тягового зусилля на них.

1.3 Розрахунок параметрів точності з'єднання з підшипником

Шестерня встановлюється на роликівий підшипник. Шестерня суміщується з підшипником внутрішньою поверхнею, яка має поле допуску $H9$, а підшипник має нульовий клас точності ($I0$). Виконаємо розрахунок параметрів точності з'єднання шестерні з підшипником. Визначимо найбільший та найменший зазор при посадці зовнішнього кільця підшипника в шестерню. Для цього визначаємо граничні відхилення для зовнішнього діаметру підшипника та для шестерні.

Величина граничних відхилень:

для зовнішнього діаметру підшипника $\varnothing 105$: $es = 0$, $ei = -15$ мкм;

для шестерні $\varnothing 105H9$ $ES = +87$ мкм, $EI = 0$.

В з'єднанні підшипник – шестерня зазори дорівнюють:

$$S_{\max} = ES - ei = 87 - 0 = 87 \text{ мкм}$$

$$S_{\min} = EI - es = 0 - (-0,015) = 15 \text{ мкм}$$

Схема полів допусків з'єднання підшипник (зовнішнє кільце) – шестерня показано на рис. 1.4.

					КНУ.КБР.131.24.1-04.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

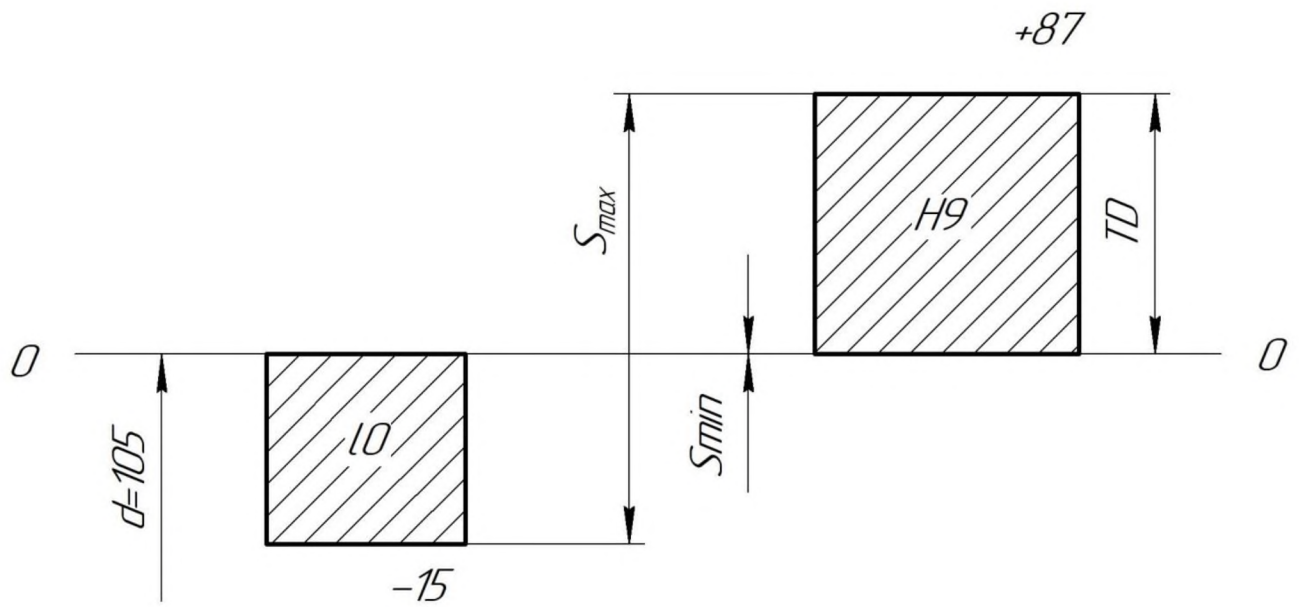


Рисунок 1.4 – Схема полів допусків з'єднання деталі з підшипником

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-04.01.АСПМ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

Зубчасте колесо або Шестерня – це найважливіша деталь, яка застосовується в механізмах зубчастої передачі і виконує основну функцію - передає обертальний рух між валами, за допомогою зачеплення з зубами сусідньої шестерні.

Виглядає шестерня як диск з конічною або циліндричною поверхнею на якій на рівній відстані розташовані зуби. У зубчастій передачі шестернею називають мале зубчасте колесо з невеликою кількістю зубів, а велика - зубчастим колесом. У разі застосування пари шестерень з однаковою кількістю зубів, що веде називають шестернею, а провідну – зубчастим колесом. Але найчастіше все зубчасті колеса і малі і великі називають шестернями (шестернями).

Деталь виготовлена зі сталі 18ХГТ. Конструкційна легована хромомарганцова сталь 18ХГТ використовується для виготовлення відповідальних деталей, які після покращення/цементування мають високу міцність, зносостійкість і в'язкість, а також для виробів, що піддаються високим динамічним і вібраційним навантаженням.

Інформація про матеріал деталі наведена у табл. 2.1. та 2.2.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 18ХГТ за ДСТУ 7806:2015 в %

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Ti	Fe
0,17 - 0,23	0,17 - 0,37	0,8 - 1,1	до 0,3	до 0,035	до 0,035	1 - 1,3	до 0,3	0,03 - 0,09	~96

Таблиця 1.2. – Механічні властивості сталі 18ХГТ

Матеріал	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ_5 , %	Ψ , %	КСУ Дж/м ²	Твердість, МПа	Термообробка
Пруток	980	885	9	50	780	217	Гартування та відпуск

2.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Беручи до уваги остаточні вимоги до точності та якості поверхонь деталей, ми обираємо послідовне застосування технологічних методів обробки. Цей підхід гарантує досягнення запланованої якості поверхні відповідно до робочого креслення.

Запропонована послідовність обробки поверхонь деталі наведена в табл. 2.3. Нумерація поверхонь деталі показана на рис. 2.1.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-04.02.ТПВД</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Васильєв</i>			<i>Технологічна підготовка виробництва деталі</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Рязанцев</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Зав. каф.		<i>Нечасів</i>						

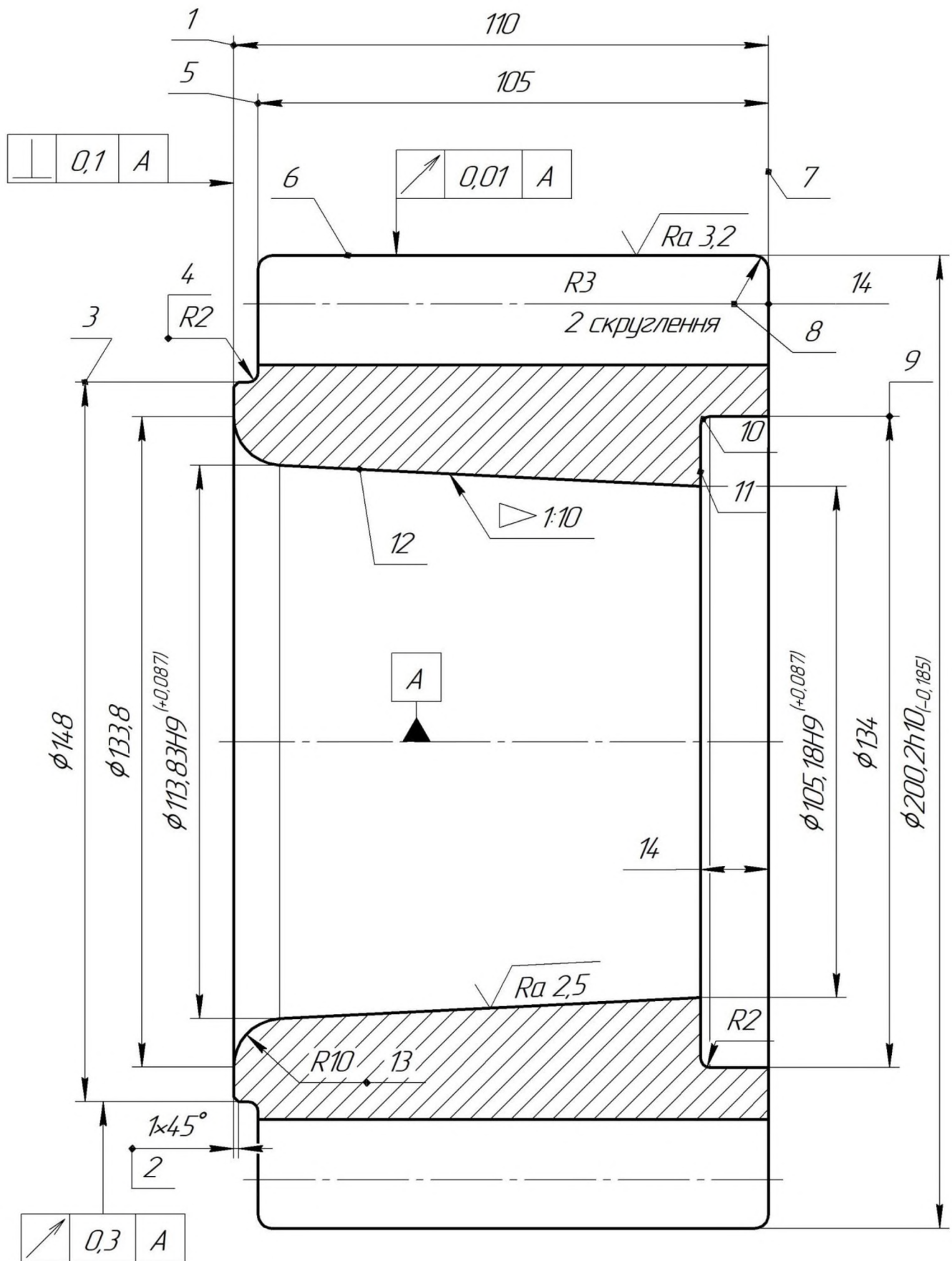


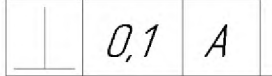
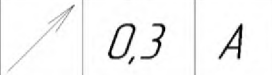
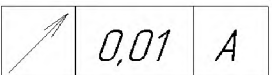
Рисунок 2.1 – Нумерація поверхонь деталі «Шестерня»

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.1-04.02.ТПВД

Арк.

Таблиця 2.3 – Вибір послідовності обробки поверхонь деталі

№	Розмір	Шорсткість Ra	Граничні відх	Послідовність обробки	Примітки
1,7	110	12.5 6.3	IT14 h14	Підрізання торцю чорнове напівчистове	
2	1x45	12.5 6.3	IT14 h14	Точіння чорнове напівчистове	
3	Ø148	12.5 6.3	IT14 h14	Точіння чорнове напівчистове	
4	R2	12.5 6.3	IT14 h14	Точіння чорнове напівчистове	
5	5	12.5 6.3	IT14 h14	Точіння чорнове напівчистове	
6	Ø200.2	12.5 6.3 3.2	IT14 IT10 h10	Точіння чорнове напівчистове чистове	
7	105	12.5 6.3	IT14 h14	Точіння чорнове напівчистове	
8	R3	12.5 6.3	IT14 h14	Точіння чорнове напівчистове	
9	Ø134	12.5 6.3	IT14 H14	Розточування чорнове напівчистове	
10	R2	12.5 6.3	IT14 H14	Розточування чорнове напівчистове	
11	14	12.5 6.3	IT14 H14	Розточування чорнове напівчистове	
12	Конус 1:10 Ø133.83 Ø105.18	12.5 6.3 2.5	IT14 H14 H9	Розточування чорнове напівчистове чистове	
13	R10	12.5 6.3	T14 H14	Розточування чорнове напівчистове	
14	m10 z17	12.5 6.3 2.5 1.25	IT14 IT10 IT7 8-A	Фрезерування чорнове напівчистове чистове фінішне	

					КНУ.КБР.131.24.1-04.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3 Технічний контроль робочого креслення

На кресленні зображено головний вид деталі «Шестерня» в розрізі з масштабом 1:1. Додатково, для кращого розуміння форми, представлено зуби шестерні. Має місце детальна таблиця з параметрами зубчастого зачеплення. Проставлені всі необхідні розміри з полями допусків та шорсткість (невказана шорсткість – Ra 6,3) поверхонь, які необхідні для виготовлення. Показана база деталі, та проставлено параметри радіального та торцевого биття окремих поверхонь деталі. Деталь є досить жорсткою, та не потребує спеціального обладнання.

2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання

Маршрутний технологічний процес обробки деталі «Шестерня»:

005 – Токарна чорнова операція з ЧПК (2 установи).

010 – Термообробна операція.

015 – Токарна чистова з ЧПК операція (2 установи).

020 – Зубофрезерна операція.

Для токарних та розточних операцій був обраний верстат Challenger 52HT/HTL виробництва компанії Microcut (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Microcut Challenger 52HT/HTL

Технічні характеристики верстата

Зона обробки

Макс діаметр над станиною	600	мм
Макс діаметр над супортом	450	мм
Максимальна довжина точіння	750	мм
Кут нахилу станини	45	°

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-04.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Шпиндель

Корпус шпинделя А2-6
 Макс частота обертання 4500 об/мин
 Потужність головного двигуна Fanuc 11/15 кВт
 Потужність головного двигуна Siemens 17/22,5 кВт
 Потужність головного двигуна Fagor 12/18,5 кВт
 Діаметр гідр патрона 200(250) мм
 Діаметр отвору в шпинделі 51 мм

Переміщення

По осі X 305 мм
 По осі Y 750 мм

Подачі

Прискорена подача по X 24 м/мин
 Прискорена подача по Y 24 м/мин

Револьверні головки

Кількість позицій 8/12 шт
 Січення державки 25x25, Ø40 мм

Револьверна головка з приводом

Кріплення інструменту VDI40
 Кількість позицій 12 шт
 Потужність приводу вісі 3.7 кВт
 Макс швидкість обертання приводного інструменту 4000 Об/хв

Задня бабка

Переміщення пінолі 120 мм
 Ø Пінолі 90 мм
 Конус пінолі Морзе 5

Точність

Точність позиціювання $\pm 0,01 / 300$ мм
 Повторюваність $\pm 0,01$ мм

Вага та габарити

Вага 5400 / 6400 кг
 Довжина з конвеєром для стружки 4310 / 5110 мм
 Довжина без конвеєра для стружки 3175 / 4050 мм
 Ширина 1946 / 1811 мм
 Висота 2030 мм

Для зуборізних операцій був обраний верстат 53A50 (рис. 2.3).

Технічні характеристики

Найбільша довжина зуба циліндричних косозубих коліс (60°),
 що нарізаються, мм 130
 Найменша кількість зубів, що нарізаються 12

Стіл

Діаметр столу, мм 560
 Відстань між осями столу та фрези, мм 60..350
 Відстань від площини столу та осі фрези, мм 195..595

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-04.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Прискорене переміщення столу, мм/хв.	200
Ручне переміщення столу за один оберт лімба, мм	0,5
Супорт	
Найбільше вертикальне переміщення фрезерного супорта, мм	400
Прискорене переміщення каретки супорта, мм/хв.	660
Найбільший діаметр різального інструменту (черв'ячної фрези), мм	180
Найбільша довжина різального інструменту (черв'ячної фрези), мм	200
Діаметри фрезерних оправок, мм	32, 40
Прискорене переміщення шпинделя вздовж осі, мм/хв.	43
Найбільше осьове переміщення фрези, мм	200
Найбільша величина вертикального переміщення супорта при куті нахилу 0°, мм	410
Найбільший кут повороту супорта, град	±60
Швидкість переміщення повзушки, мм/хв.	230
Автоматичне повернення інструменту	є
Запобіжник від навантаження	є
Найбільший модуль колеса, що нарізається, мм	8
Найбільший діаметр нарізних циліндричних прямозубих коліс (0°) із задньою стійкою (з контрпідтримкою), мм	500
Найбільший діаметр циліндричних косозубих коліс (30°), що нарізаються, мм	400
Найбільший діаметр циліндричних косозубих коліс (45°), що нарізаються, мм	300
Найбільша довжина зуба циліндричних прямозубих коліс (0°), що нарізаються, мм	350
Найбільша довжина зуба циліндричних прямозубих коліс (30°), що нарізаються, мм	230
Найбільша довжина зуба циліндричних косозубих коліс (45°), що нарізаються, мм	180
Межі оборотів фрези, об/хв.	40..405
Число ступенів оборотів фрези	11
Межі поздовжніх (вертикальних) подач, мм/об	0,75..7,5
Межі радіальних подач, мм/об	0,2..2,25
Межі тангенційних подач, мм/об	0,13..2,6
Число ступенів подач	16
Кількість електродвигунів, встановлених на верстаті	6
Електродвигун головного приводу, кВт	8, 10, 12,5
Електродвигун швидких переміщень, кВт	3
Електродвигун приводу гідронасосу, кВт	1,1
Електродвигун насоса охолодження, кВт	0,75
Електродвигун насоса мастила, кВт	0,25
Електродвигун транспортера стружки, кВт	0,4
Сумарна потужність електродвигунів, кВт	17,85

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-04.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.2 – Верстат мод. 53А50

Таблиця 2.4 – Вибір металорізальних верстатів та інструментів по обробці поверхонь деталі

№ поверхні	Найменування операції	Тип і модель верстата	Примітка
1	2	3	4
1,7	Підрізання торцю чорнове напівчистове	Microcut Chalenger 52HT/HTL	
2	Точіння чорнове напівчистове	Microcut Chalenger 52HT/HTL	
3	Точіння чорнове напівчистове	Microcut Chalenger 52HT/HTL	
4	Точіння чорнове напівчистове	Microcut Chalenger 52HT/HTL	
5	Точіння чорнове напівчистове	Microcut Chalenger 52HT/HTL	
6	Точіння чорнове напівчистове чистове	Microcut Chalenger 52HT/HTL	
7	Точіння чорнове напівчистове	Microcut Chalenger 52HT/HTL	
8	Точіння чорнове напівчистове	Microcut Chalenger 52HT/HTL	

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-04.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4
9	Розточування чорнове напівчистове	Microcut Challenger 52HT/HTL	
10	Розточування чорнове напівчистове	Microcut Challenger 52HT/HTL	
11	Розточування чорнове напівчистове	Microcut Challenger 52HT/HTL	
12	Розточування чорнове напівчистове чистове	Microcut Challenger 52HT/HTL	
13	Розточування чорнове напівчистове	Microcut Challenger 52HT/HTL	
14	Зубонарізання	Зубофрезерний верстат 53A50	

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-04.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З ВИБІР РІЖУЧИХ ТА ДОПОМІЖНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ЗА МІЖНАРОДНИМИ СТАНДАРТАМИ

3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі

Враховуючи різноманітність та зміст раніше визначених технологічних методів обробки поверхонь, ми обираємо сучасні інструменти, що пропонуються як вітчизняними, так і зарубіжними виробниками. Для кожної поверхні деталі ми підбираємо відповідний інструмент і обґрунтовуємо цей вибір, подаючи його ескіз. Відповідні дані занесені в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Вибір типів інструментів по обробці поверхонь деталі

№ пов.	Найменування операції	Тип інструменту
1	2	3
1,9	Підрізання торцю чорнове напівчистове	Різець для контурного точіння
2	Точіння чорнове, напівчистове	Різець для контурного точіння
3	Точіння чорнове, напівчистове	Різець для контурного точіння
4	Точіння чорнове, напівчистове	Різець для контурного точіння
5	Точіння чорнове, напівчистове	Різець для контурного точіння
6	Точіння чорнове, напівчистове, чистове	Різець для контурного точіння
7	Точіння чорнове, напівчистове	Різець для контурного точіння
8	Точіння чорнове, напівчистове	Різець для контурного точіння
9	Розточування чорнове, напівчистове	Різець для контурного розточування
10	Розточування чорнове, напівчистове	Різець для контурного розточування
11	Розточування чорнове, напівчистове	Різець для контурного розточування
12	Розточування чорнове, напівчистове, чистове	Різець для контурного розточування
13	Розточування чорнове, напівчистове	Різець для контурного розточування
14	Фрезерування чорнове, напівчистове, чистове	Фреза черв'ячна

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-04.03.ВРДІ</i>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами</i>					
Розроб.		<i>Васильєв</i>						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Рязанцев</i>								
Реценз.								<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>								
Зав. каф.		<i>Нечаєв</i>								

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
9	Розточування чистове	Державка A12N-SDUCR07 Пластина DCGT070201-F1 Покриття CP500	
11	Протягування пазу начорно Протягування пазу напівначисто Протягування пазу начисто	Протяжка шпонкова P6M5 ДСТУ ГОСТ 18217:2008	-
12	Точіння чорнове	Прохідний прямий різець T5K10 ДСТУ ISO 241:2015	-
	Точіння напівчистове	Державка MCLNR2525M16, Пластина CNMG 160608-M3 Покриття TP 1500	
13	Зубофрезерування чорнове Зубофрезерування чистове	Фреза черв'ячна спеціальна P5M5	-

3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів

Встановлюємо та пояснюємо вибір матеріалів для різальної частини інструментів, а також відповідні геометричні параметри згідно з актуальними каталогами інструментів.

Використовуємо каталог металорізального інструменту виробника «SECO» 2019р. [1].

Позиції 1-8 – контурне точіння (рис. 3.1, 3.2).

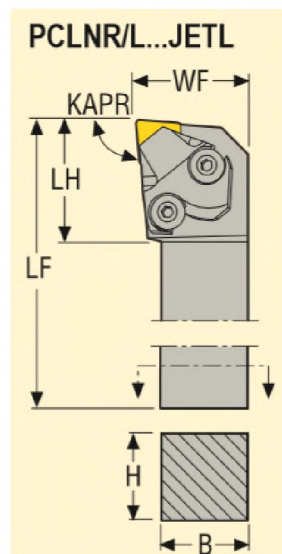


Рисунок 3.1 – державка «PCLNR2525M12JETL» [1, с.137]

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>КНУ.КБР.131.24.1-04.03.ВРДІ</i>				

Геометричні параметри: $h=25\text{мм}$; $b=25\text{мм}$; $LF=150\text{мм}$; $WF=32\text{мм}$; $LH=34\text{мм}$, $KARP=95^\circ$; передній кут $=-6^\circ$; кут нахилу $=-6^\circ$.

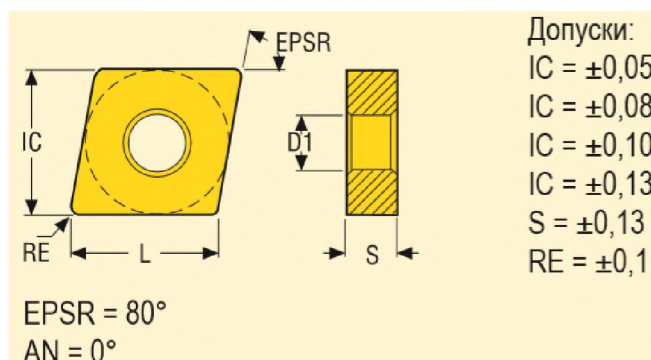


Рисунок 3.2 – Пластина «CNMG120402-FF2» з покриттям TP2501 [1, с.398]

Позиції 9-13 – розточування (рис. 3.3, 3.4).

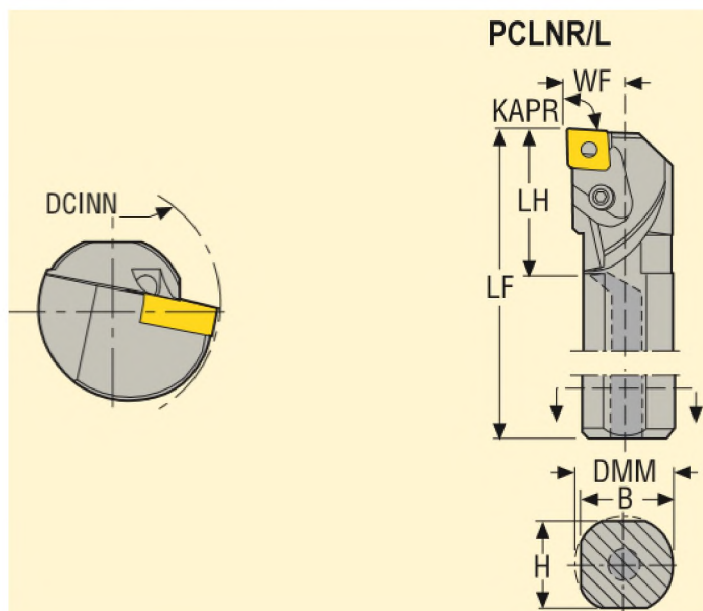


Рисунок 3.3 – державка внутрішня «A40U-PCLNR12» [1, с.320]

Геометричні параметри: $DMM=40\text{мм}$; $LF=300\text{мм}$; $WF=27\text{мм}$; $LH=60\text{мм}$, $KARP=95^\circ$; передній кут $=-6^\circ$; кут нахилу $=-8^\circ$.

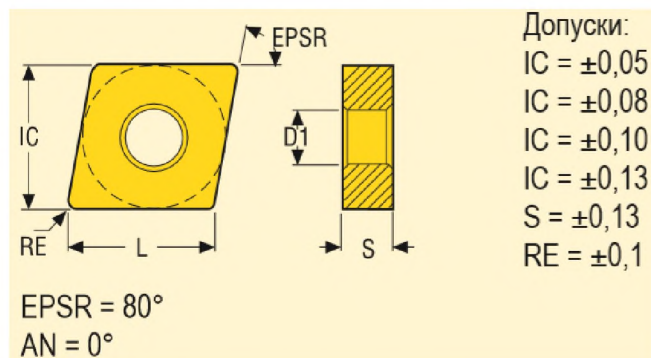


Рисунок 3.4 – Пластина «CNMG120402-FF2» з покриттям TP2501 [1, с.398]

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-04.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.2 – Вибір параметрів різальної частини інструментів

№ пов.	Тип інструменту	Матеріал різальної частини інструменту	Матеріал державки (корпуса, хвостовика) інструменту	Геометричні параметри різальної частини інструмента
1	2	3	4	5
1.9	Різець для контурного точіння	TP2501	PCLNR2525M12JETL	h=25мм; b=25мм; LF=150мм; WF=32мм; LH=34мм KARP=95°; $\gamma = -6^\circ$; $\lambda = -6^\circ$
2	Різець для контурного точіння	TP2501	PCLNR2525M12JETL	DMM=40мм; LF=300мм; WF=27мм; LH=60мм; KARP=95°; $\gamma = -8^\circ$; $\gamma = -6^\circ$
3	Різець для контурного точіння	TP2501	PCLNR2525M12JETL	DMM=40мм; LF=300мм; WF=27мм; LH=60мм; KARP=95°; $\gamma = -8^\circ$; $\gamma = -6^\circ$
4	Різець для контурного точіння	TP2501	PCLNR2525M12JETL	DMM=40мм; LF=300мм; WF=27мм; LH=60мм; KARP=95°; $\gamma = -8^\circ$; $\gamma = -6^\circ$
5	Різець для контурного точіння	TP2501	PCLNR2525M12JETL	DMM=40мм; LF=300мм; WF=27мм; LH=60мм; KARP=95°; $\gamma = -8^\circ$; $\gamma = -6^\circ$
6	Різець для контурного точіння	TP2501	PCLNR2525M12JETL	DMM=40мм; LF=300мм; WF=27мм; LH=60мм; KARP=95°; $\gamma = -8^\circ$; $\gamma = -6^\circ$
7	Різець для контурного точіння	TP2501	PCLNR2525M12JETL	DMM=40мм; LF=300мм; WF=27мм; LH=60мм; KARP=95°; $\gamma = -8^\circ$; $\gamma = -6^\circ$
8	Різець для контурного точіння	TP2501	PCLNR2525M12JETL	DMM=40мм; LF=300мм; WF=27мм; LH=60мм; KARP=95°; $\gamma = -8^\circ$; $\gamma = -6^\circ$
9	Різець для контурного розточування	TP2501	A40U-PCLNR12	DMM=40мм; LF=300мм; WF=27мм; LH=60мм; KARP=95°; $\gamma = -8^\circ$; $\gamma = -6^\circ$

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-04.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5
10	Різець для контурного розточування	TP2501	A40U-PCLNR12	DMM=40мм; LF=300мм; WF=27мм; LH=60мм; KARP=95°; $\gamma = -8^\circ$; $\gamma = -6^\circ$
11	Різець для контурного розточування	TP2501	A40U-PCLNR12	DMM=40мм; LF=300мм; WF=27мм; LH=60мм; KARP=95°; $\gamma = -8^\circ$; $\gamma = -6^\circ$
12	Різець для контурного розточування	TP2501	A40U-PCLNR12	DMM=40мм; LF=300мм; WF=27мм; LH=60мм; KARP=95°; $\gamma = -8^\circ$; $\gamma = -6^\circ$
13	Різець для контурного розточування	TP2501	A40U-PCLNR12	DMM=40мм; LF=300мм; WF=27мм; LH=60мм; KARP=95°; $\gamma = -8^\circ$; $\gamma = -6^\circ$

3.3 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту

Для одного з прийнятих типів інструментів вибираються найбільш навантажені умови роботи (чорнова обробка). З урахуванням умов різання (фізико-механічні властивості матеріалу деталі, характеристики верстата і режими різання) визначаються сили різання. Бажано включити автоматизований розрахунок режимів різання. Прийнятий інструмент перевіряється на міцність для найбільш навантажених умов обробки.

Для розрахунку обираємо прохідний різець PCLNR2525M12JETL, так як він знімає найбільший припуск на механічну обробку та працює в найбільш тяжких умовах. Розміри різця: $h=25\text{мм}$; $b=25\text{мм}$; $l_1=150\text{мм}$.

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; font-weight: bold; font-size: 24px;">P</div>	Низколегированная сталь улучшенная (HB 300, Rm 1013 N/mm ²)		Диаметр заготовки	Скорость резания	Частота вращения, об./мин
			205.00	1159	1800
Глубина резания		Главный угол в плане	Дс mm	vc m/min	n RPM
3.00		90	0.02	38	105
ар mm		k °	fn mm/rev	vf mm/min	lm mm
Передний угол		КПД станка	Критерий износа	Формулы расчета	
-6		90	10	<div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; display: inline-block;">f_x</div>	
γ °		η %	%		
			<div style="background-color: #4CAF50; color: white; padding: 5px;"> Сила резания 434.87 Fc N Удельный съём материала 72.34 cm³/min Время обработки 2 Минут 45 Секунд Момент 39.55 Mc Nm Мощность 8.28 Pmot KW </div>		

Рисунок 3.5 – Розрахунок режимів різання для чорнової обробки

					КНУ.КБР.131.24.1-04.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Визначаємо силу різання: визначена розрахунком режимів різання

$$P_z = 434.87\text{Н}$$

2. Ширина і висота перетину державки $h=25$ мм, $b=25$ мм.

3. Перевіряємо міцність і жорсткість державки різця:

а) максимальне навантаження, допустима міцність різця:

$$P_{z\text{доп}} = \frac{bh^2\sigma_{\text{и.д.}}}{6l} = \frac{25 \times 25^2 \times 300}{6 \times 150} = 5200\text{Н}$$

б) максимальне навантаження, допустима жорсткість різця:

$$P_{z\text{жорст}} = \frac{3fEJ}{l^3} = \frac{3 \times 0.1 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^{11} \times 1.34 \times 10^{-8}}{(150 \times 10^{-3})^3} = 238.2\text{Н}$$

де: $f=0.1$ – допустима стріла прогину при чорновому точінні;

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

J – момент інерції прямокутного перетину державки:

$$J = \frac{bh^3}{12} = \frac{25 \times 25^3}{12} = 325522.08\text{мм}^4$$

Перевірка різця на міцність і жорсткість:

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

$$5200 > 238.2 < 434.87$$

Умова виконана. Різець володіє достатньою міцністю і жорсткістю.

3.4 Вибір типорозміру допоміжних інструментів

Враховуючи характеристики посадочних місць верстатів для різального інструменту та характеристики поверхонь посадочних місць різальних інструментів, ми призначаємо відповідні типи допоміжних інструментів відповідно до міжнародних стандартів для кожного обраного різального інструменту. Цю інформацію будемо внесено у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Вибір типу допоміжного інструменту

№ з пов.	Метало-різальний верстат (тип, модель)	Параметри посадочного місця верстата під інструмент	Тип ріжучого інструменту	Параметри посадочного місця ріжучого інструменту	Допоміжний інструмент за міжнародними стандартами
1-9	Microcut Challenger 52HT/HTL	DMM=40мм	PCLNR2525 M12JETL	$h=25$ мм; $b=25$ мм.	ASHN-VDI40-25-JETI
10-13	Microcut Challenger 52HT/HTL	DMM=80	A40U-PCLNR12	DMM=40мм	C8-131-00112-40

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-04.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.5 Компоновка інструментального комплексу та розробка інструментального налагодження на технологічну операцію деталі

Розробка інструментального налагодження здійснюється для одного з етапів технологічного процесу на сучасному верстаті для металорізання з ЧПК під назвою «Microcut Challenger 52HT/HTL». Вона базується на використанні передових інструментів, що виробляються за кордоном. Складові інструментального комплексу відповідають характеристикам, зазначеним у таблицях 3.1, 3.2, 3.3, що відображають різні аспекти технологічної операції. Отримані дані систематизуються у таблиці 3.4.

Інструментальне налагодження — це асортимент інструментів, які включають в себе різні ріжучі та допоміжні засоби, розташовані таким чином, щоб відповідати конкретній конструкції деталі та вимогам технологічної операції.

Таблиця 3.4 – Структура інструментального комплексу

Найменування операції	№ пов.	Металорізальний верстат (тип, модель)	Ріжучий інструмент (шифр інструмента - державки, пластини)	Допоміжний інструмент (шифр інструмента)
1	2	3	4	5
Контурне точіння	1-9	Microcut Challenger 52HT/HTL	PCLNR2525M12JETL	ASHN-VDI40-25-JETI
Контурне розточування	10-13	Microcut Challenger 52HT/HTL	A40U-PCLNR12	C8-131-00112-40

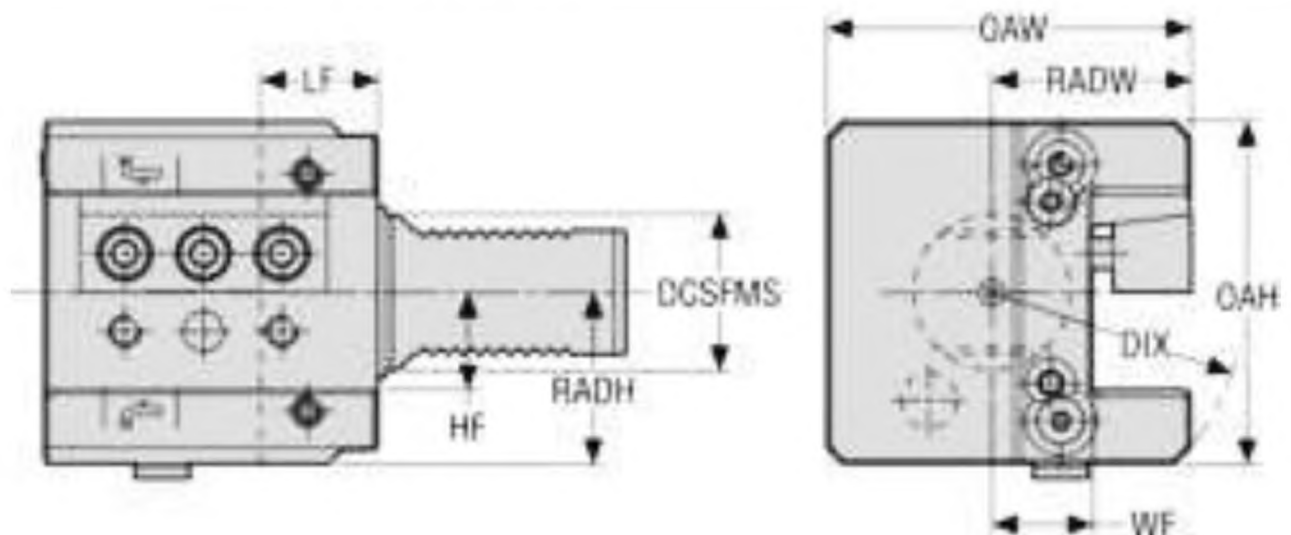


Рисунок 3.6 – допоміжний інструмент «ASHN-VDI40-25-JETI» [2]

Основні геометричні параметри допоміжного інструменту «ASHN-VDI40-25-JETI»: $DCSFMS=40$; $LF=30$; $HF=25$; $OAD=92.75$; $RADW=50.75$; $OAH=88$.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-04.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

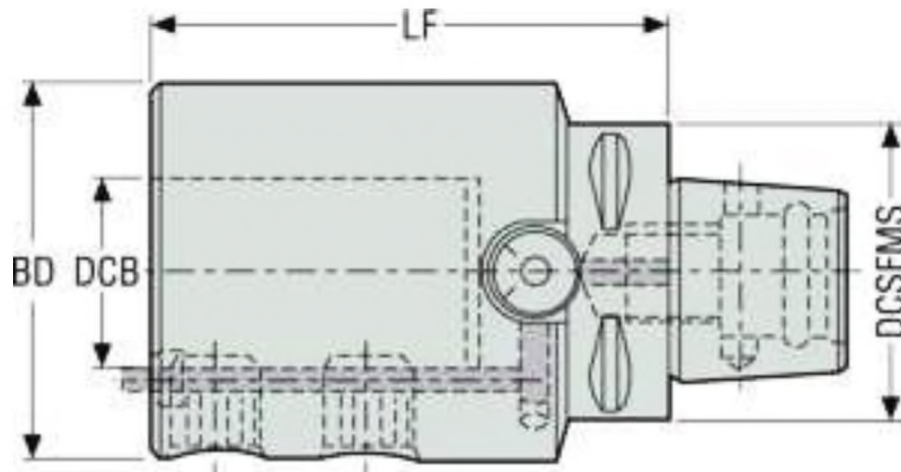


Рисунок 3.7 – допоміжний інструмент «С8-131-00112-40» [3]

Основні геометричні параметри допоміжного інструменту «С8-131-00112-40»: $BD=80\text{мм}$; $LF=120\text{мм}$; $DCB=40\text{мм}$; $DCSFMS=80\text{мм}$.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-04.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ПРОЕКТУВАННЯ ТА ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту

На підставі аналізу методів обробки поверхонь та вибору певних типів різучих інструментів проводимо розрахунок для створення спеціального різучого інструменту – черв'ячної фрези.

Вихідні дані:

Фреза – двухзаходна;

Модуль – $m = 10$;

Матеріал заготовки – Сталь 18ХГТ;

Матеріал фрези – Р6М5

Верстат – GearSpect SF 800/1250 CNC.

Конструювання і розрахунок черв'ячної фрези для обробки деталі «шестерня» виконуємо за ISO 2490:2007.

Порядок розрахунку:

1. Основні конструктивні та розрахункові розміри фрези – фреза класу АА, тип 2:

- зовнішній діаметр фрези – $d_{a0} = 180$ мм;
- діаметр посадочного отвору – $d = 60$ мм;
- діаметр буртика – $d_1 = 90$ мм;
- довжина фрези – $L = 180$ мм;
- ширина буртиків – $l = 6$ мм;
- число зубів – $Z_0 = 12$.

2. Розміри профіля зубів в нормальному розрізі:

- крок профіля зуба – $P_{n0} = 31,416$ мм;
- товщина зуба – $S_{n0} = 15,93$ мм;
- висота зуба – $h_0 = 25$ мм;
- висота головки зуба – $h_{a0} = 12,5$ мм;
- радіус заокруглення головки зуба – $r_a = 3,8$ мм;
- радіус заокруглення зуба – $r_f = 3$ мм.

3. Розміри профілю зуба в осьовому розрізі:

- крок профілю зуба – $P_{x0} = 31,416$ мм;
- профільний кут сторони зуба – 20° ;
- середній розрахунковий діаметр фрези – $d_{m0} = 130,7$ мм;
- кут підйому витка рівний куту нахилу стружечних канавок – $\gamma_{m0} = \lambda_{m0} = 4^\circ 50'$;
- затилування – $K = 9$;

<i>КНУ.КБР.131.24.1-04.04.ПІАРІ</i>				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		<i>Васильєв</i>		
Перевір.		<i>Рязанцев</i>		
Реценз.				
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>		
Зав. каф.		<i>Нечасєв</i>		
<i>Проектування та інженерний аналіз різального інструменту</i>				
		Літ.	Арк.	Аркушів
				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>

- додаткове затилування – $K_1 = 1,4 * K = 1,4 * 9 = 12,6$;

- хід гвинтової стружкової канавки – $P_z = 4861$ мм.

4. Елементи стружкових канавок фрези:

Глибина канавки: $H = 25$ мм

Кут профілю стружечної канавки – $\theta = 20^\circ$ (для $Z_0 = 12$)

Радіус заокруглення для канавок: $= 3$

5. Розміри посадочного отвору та шпонкового пазу за ISO 2490:2007:

$d = 50$ H5^(+0,013)

$C_1 = 64.2$ H6^(+0,3)

$a = 14$ H6^(+0,205)
H6^(+0,095)

6. Технічні вимоги на фрезу приймаємо за ISO 2490:2007.

7. Виконуємо креслення фрези з вказанням всіх граничних відхилень та технічних вимог.

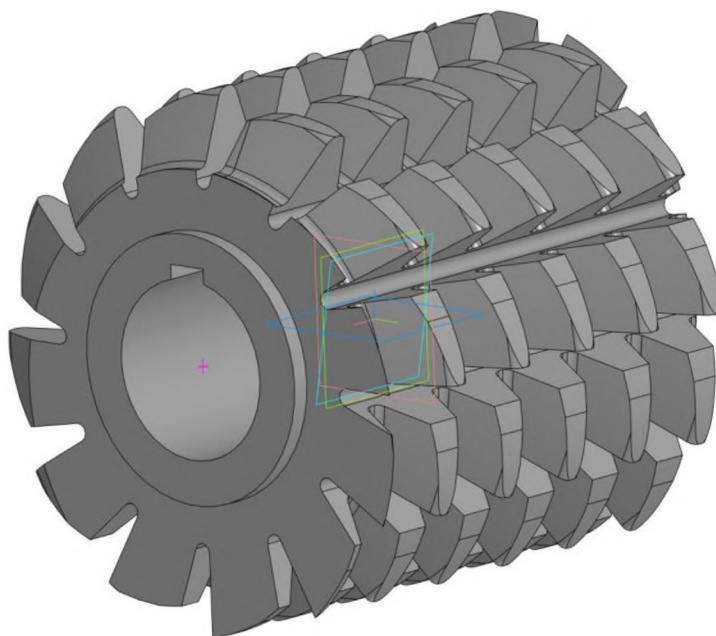


Рисунок 4.1 – Твердотільна модель інструменту

4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту

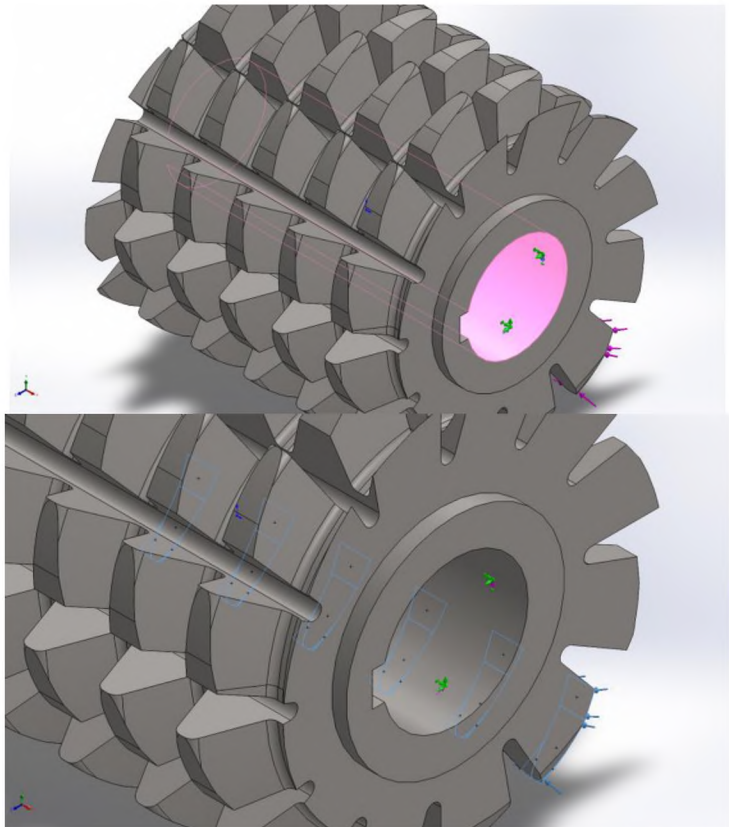
Для детальнішого розуміння характеристик різального інструмента ми використали програмне забезпечення SolidWorks Simulation з методом кінцевих елементів. Початкові дані були відображені на рисунку 4.1.

У програмі ми встановили положення та рух інструмента під час обробки, як показано на рисунку 4.2. Після цього була створена сітка кінцевих елементів, яка зображена на рисунку 4.3.

Після запуску симуляції ми отримали епюри, представлені на рисунках 4.4-4.6. Під час аналізу напружень ми досліджували місця виникнення тиску у ріжучій частині інструмента та його вплив на форму фрези.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-04.04.ПІАРІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обертальний момент



Сила

Рисунок 4.1 – Прикладення відповідної сили різання та обертального моменту

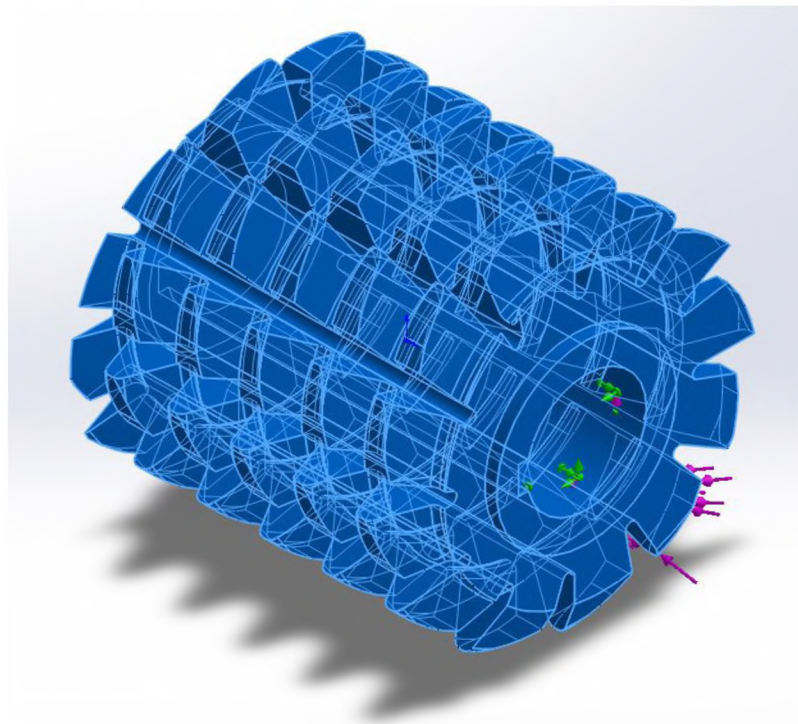


Рисунок 4.2 – Відображення фіксації інструменту

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.1-04.04.ПІАРІ

Арк.

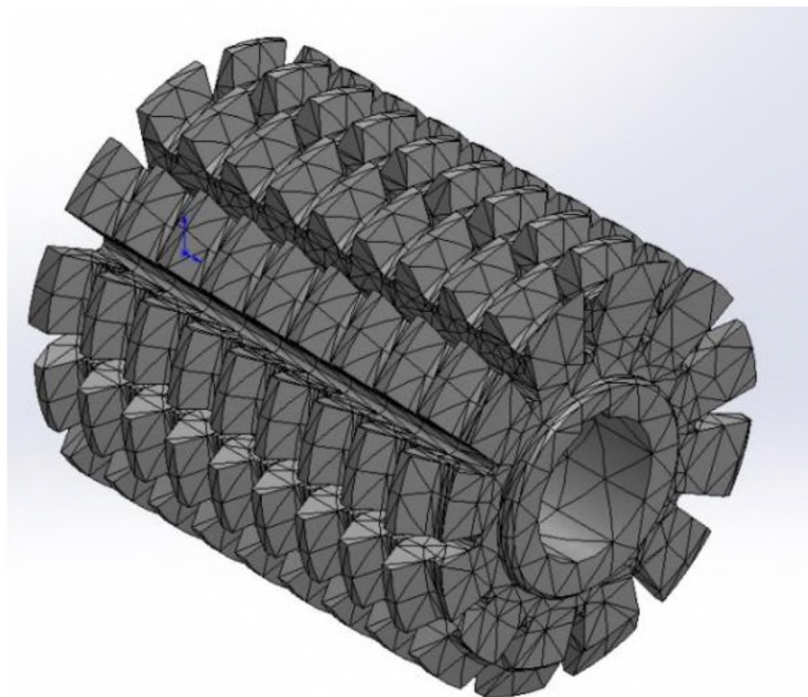


Рисунок 4.3 – Відображення сітки кінцевих елементів

Имя модели: Фреза
 Название исследования: Статичний (По умолчанию)
 Тип эл.орг: Статический, узловые напряжения: Напряжение1
 Шкала деформации: 466,212

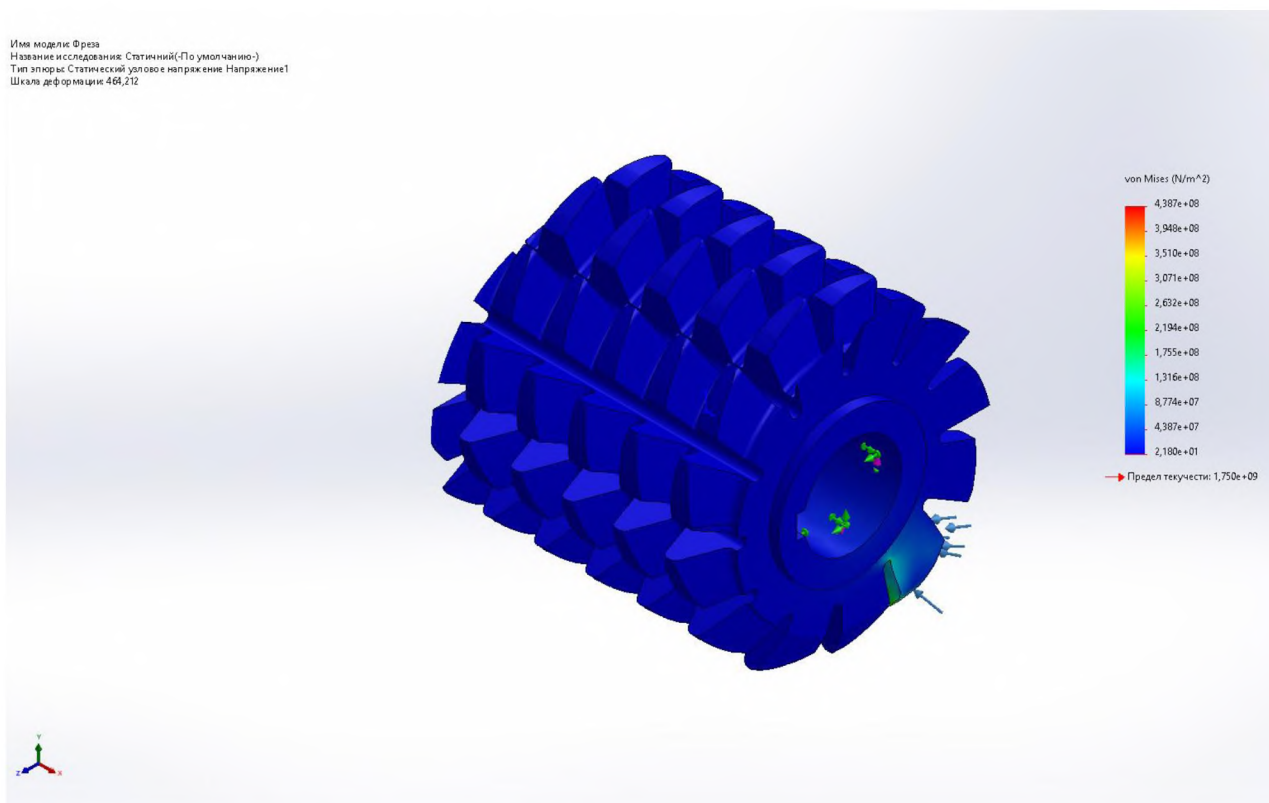


Рисунок 4.4 – Епюра «Напруження» в модулі Simulation

Симуляція переміщень дозволила нам вивчити зсув ріжучої кромки в порівнянні з її початковим станом. Під час дослідження деформацій ми вивчали можливі зміни форми ріжучої частини інструмента у зонах, що піддаються навантаженню під час різання.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.1-04.04.ПІАРІ

Арк.

Имя модели: Фрез
 Название исследования: Статичний (По умолчанию)
 Тип эпюра: Статическое перемещение Перемещение1
 Шкала деформации: 464,212

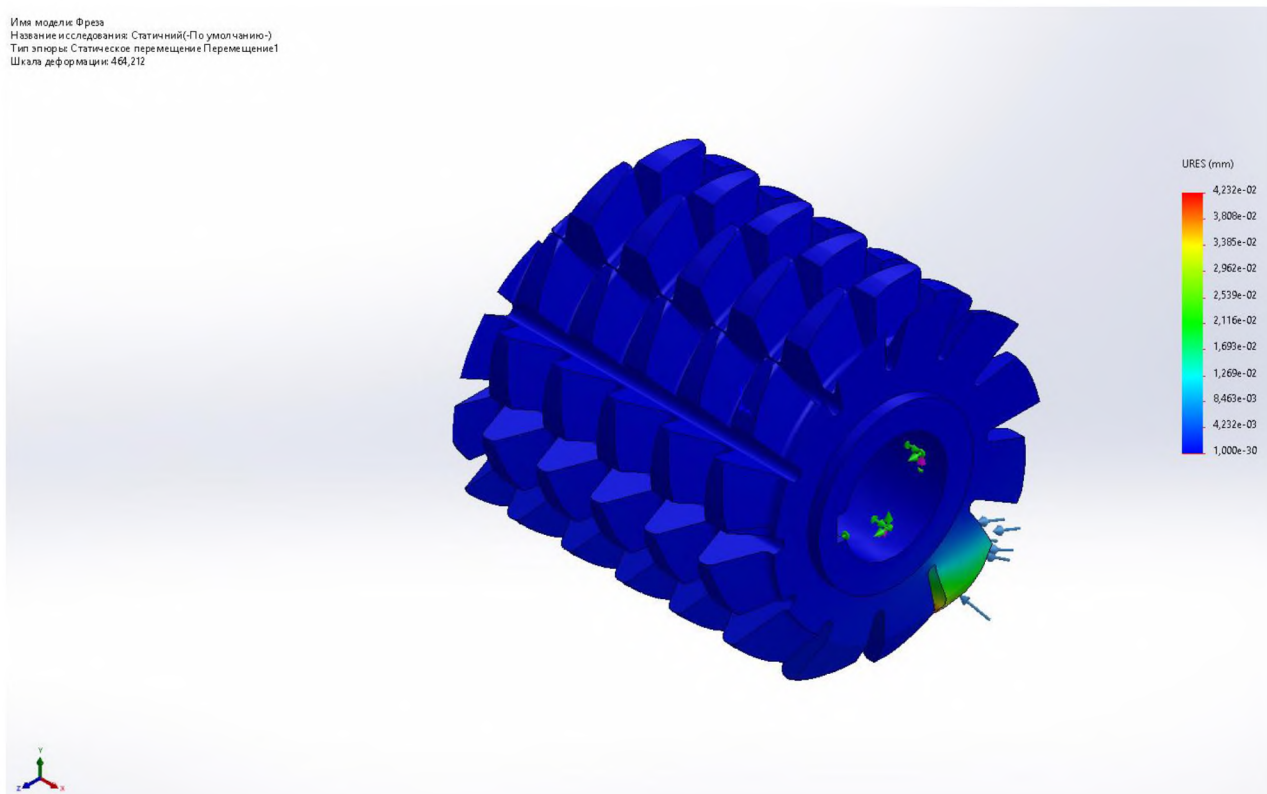


Рисунок 4.5 – Епюра «Переміщення» в модулі Simulation Симуляція

Имя модели: Фрез
 Название исследования: Статичний (По умолчанию)
 Тип эпюра: Статическая деформация Деформация1
 Шкала деформации: 464,212

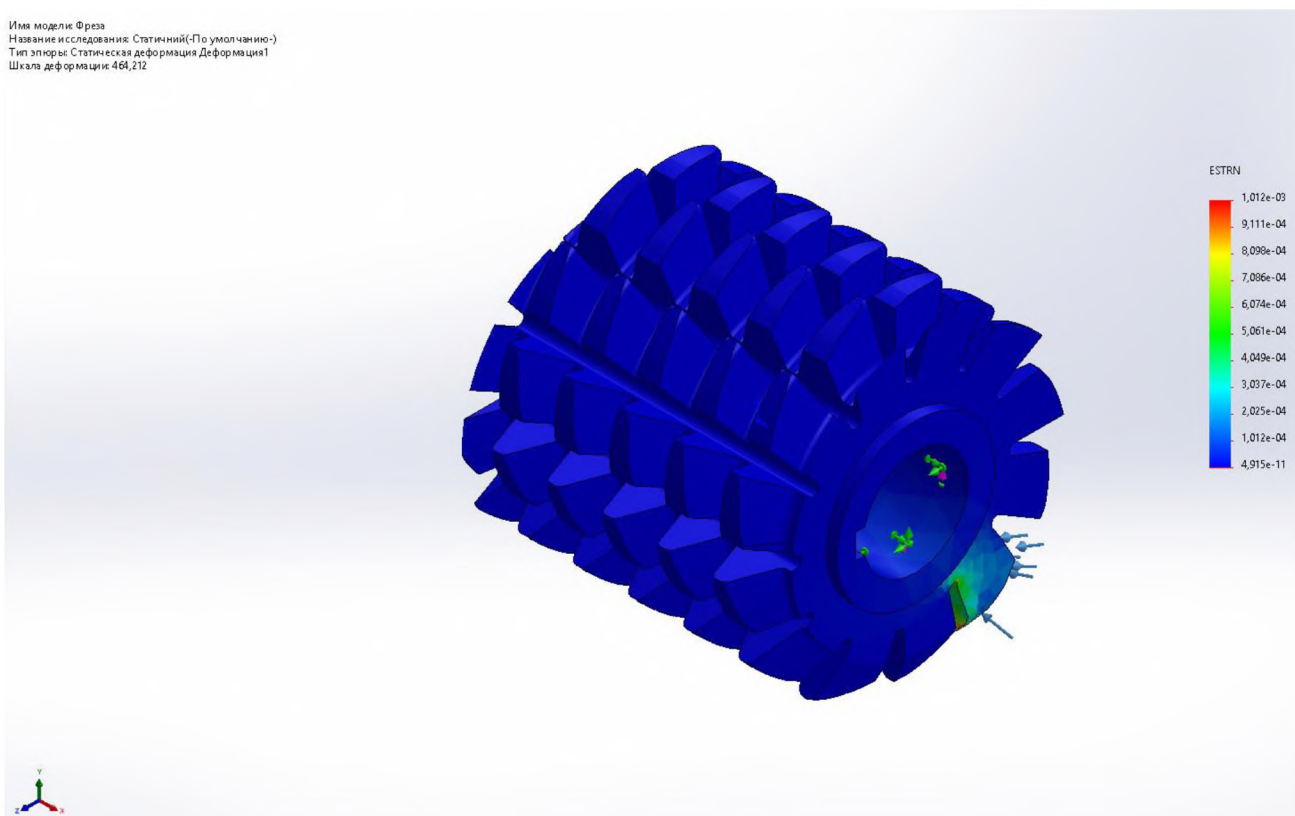


Рисунок 4.6 – Епюра «Деформація» в модулі Simulation

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-04.04.ПІАРІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, на основі цих симуляцій ми отримали уявлення про місця, де черв'ячна фреза найбільш вразлива. У цьому випадку найбільш вразливою є кромка. Для запобігання таким вразливим місцям необхідно проводити додаткові дослідження збіжності сітки.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-04.04.ПІАРІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора

Плануємо моделювання та програмуємо обробку деталі "Шестерня" для проведення токарних операцій. Цей процес відбувається на токарному обробному центрі Microcut Chalenger 52HT/HTL, обладнаному системою керування ЧПК Fanuc (рис. 2.2), ключові характеристики якого детально описані у другому розділі.

Система числового програмного керування (ЧПК) Fanuc широко використовується в токарних операціях, і вона має кілька технічних характеристик та особливостей, які роблять її популярною серед виробників та операторів станків. Ось деякі з них:

1. Простота використання: Fanuc відомий своєю інтуїтивно зрозумілою і легкою у використанні інтерфейсною системою. Це робить його досить популярним серед операторів, навіть серед тих, хто має обмежені технічні навички.

2. Висока точність: Система Fanuc забезпечує високу точність обробки, що є важливим для токарних операцій, де потрібно досягти високих стандартів якості обробки.

3. Великий діапазон швидкостей і жорсткість: Fanuc пропонує широкий діапазон швидкостей і можливостей контролю жорсткості, що дозволяє налаштовувати операції залежно від потреб виробництва та конкретного матеріалу.

4. Підтримка G-кодів та M-кодів: Fanuc підтримує стандартні G-коди і M-коди, що дозволяє операторам використовувати різноманітні команди для програмування та керування процесом обробки.

5. Можливості інтерполяції: Система Fanuc підтримує різні типи інтерполяції, такі як лінійна, кругова, гелікальна тощо, що дозволяє створювати складні та точні обробки.

6. Системи автоматизації та управління: Fanuc може бути інтегрований з різними системами автоматизації, включаючи роботизовані системи, що робить його відмінним вибором для виробництва з високим рівнем автоматизації.

7. Надійність: Fanuc відомий своєю надійністю і тривалим терміном служби, що є важливим аспектом для виробництва, де недоступність станку може призвести до значних втрат.

Система Fanuc продовжує розвиватися, додаючи нові функції та покращення, які роблять її ще більш ефективною для виробничих потреб.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-04.05.МПОМО</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Васильєв</i>			<i>Моделювання та програмування операцій механічної обробки</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Рязанцев</i>						
Реценз.						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>						
Зав. каф.		<i>Нечасєв</i>						

5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм

Згідно з технічними характеристиками запропонованого верстату та системи ЧПК, спільно з раніше обраним металорізальним верстатом, ми плануємо створити керуючу програму та моделювати процес обробки за допомогою Feature CAM. Завдання, які перед нами стоять, проілюстровані на рисунках 5.1-5.6.

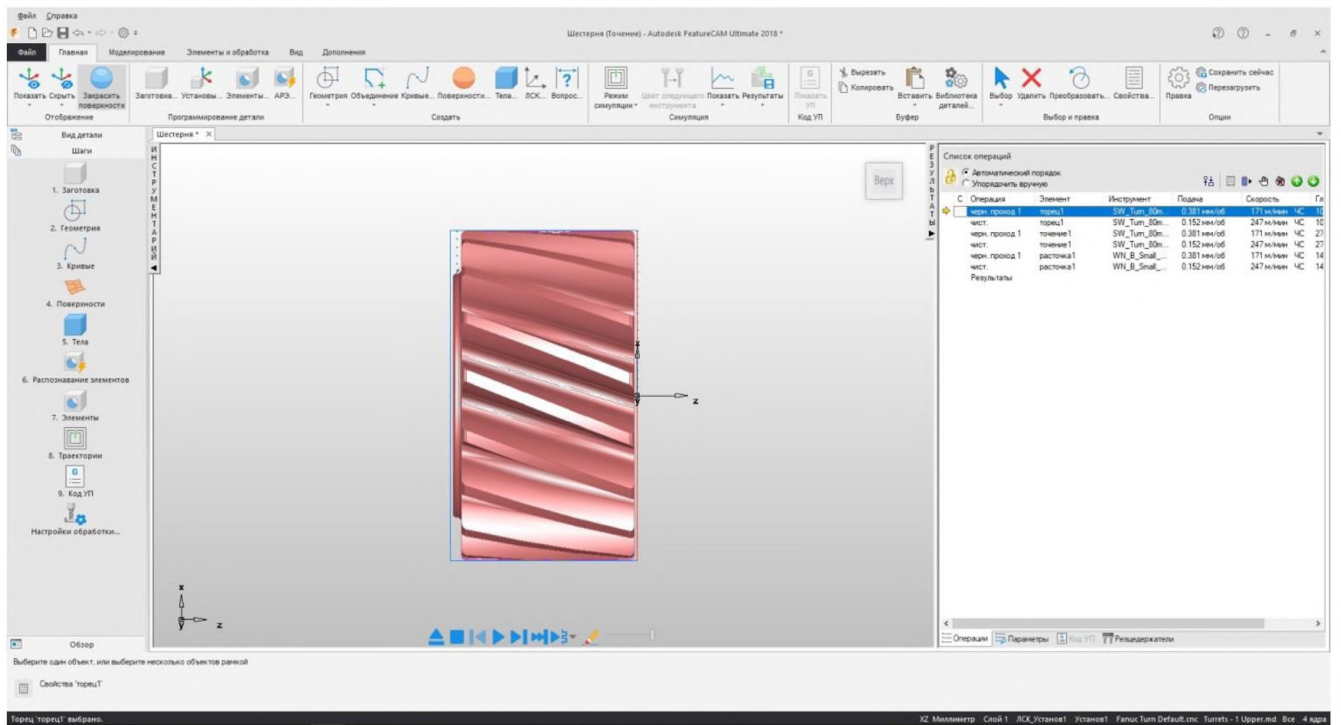


Рисунок 5.1 – Об'ємна модель деталі «Шестерня» у вікні Feature CAM

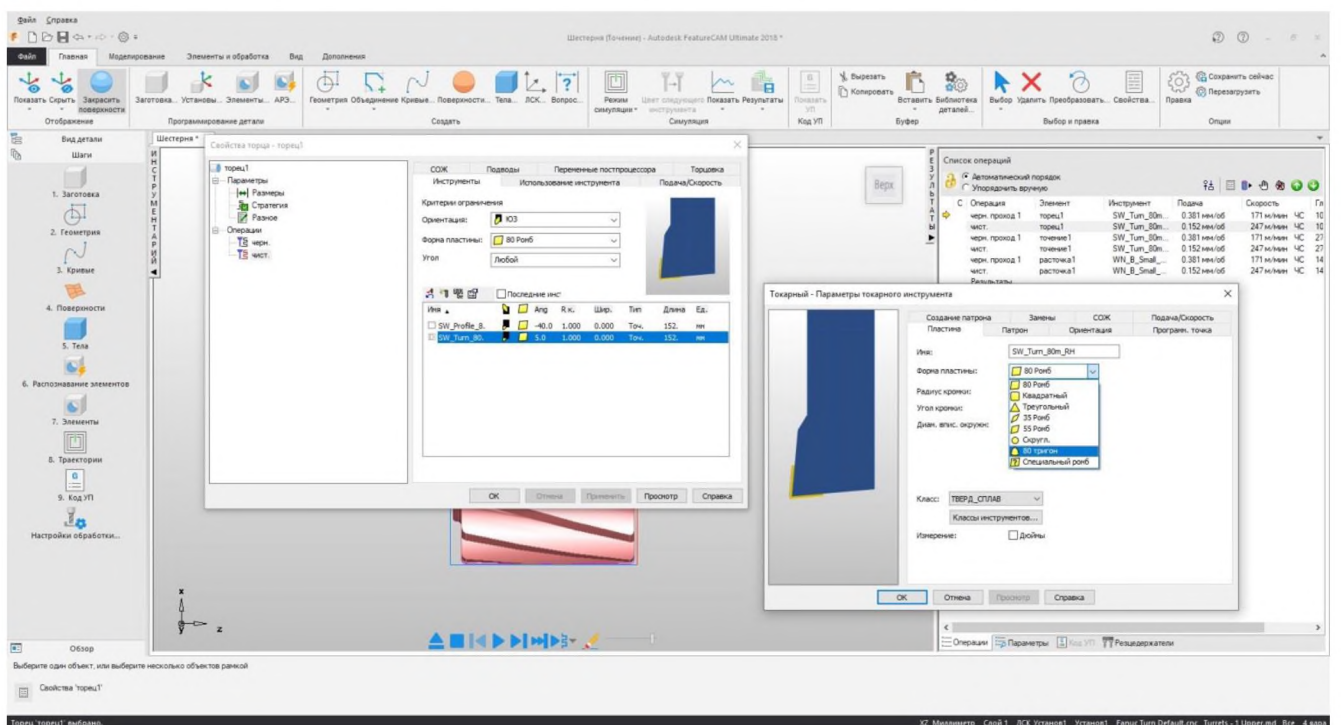


Рисунок 5.2 – Анализ инструмента для обработки детали «Шестерня»

						КНУ.КБР.131.24.1-04.05.МПОМО	Арк.
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

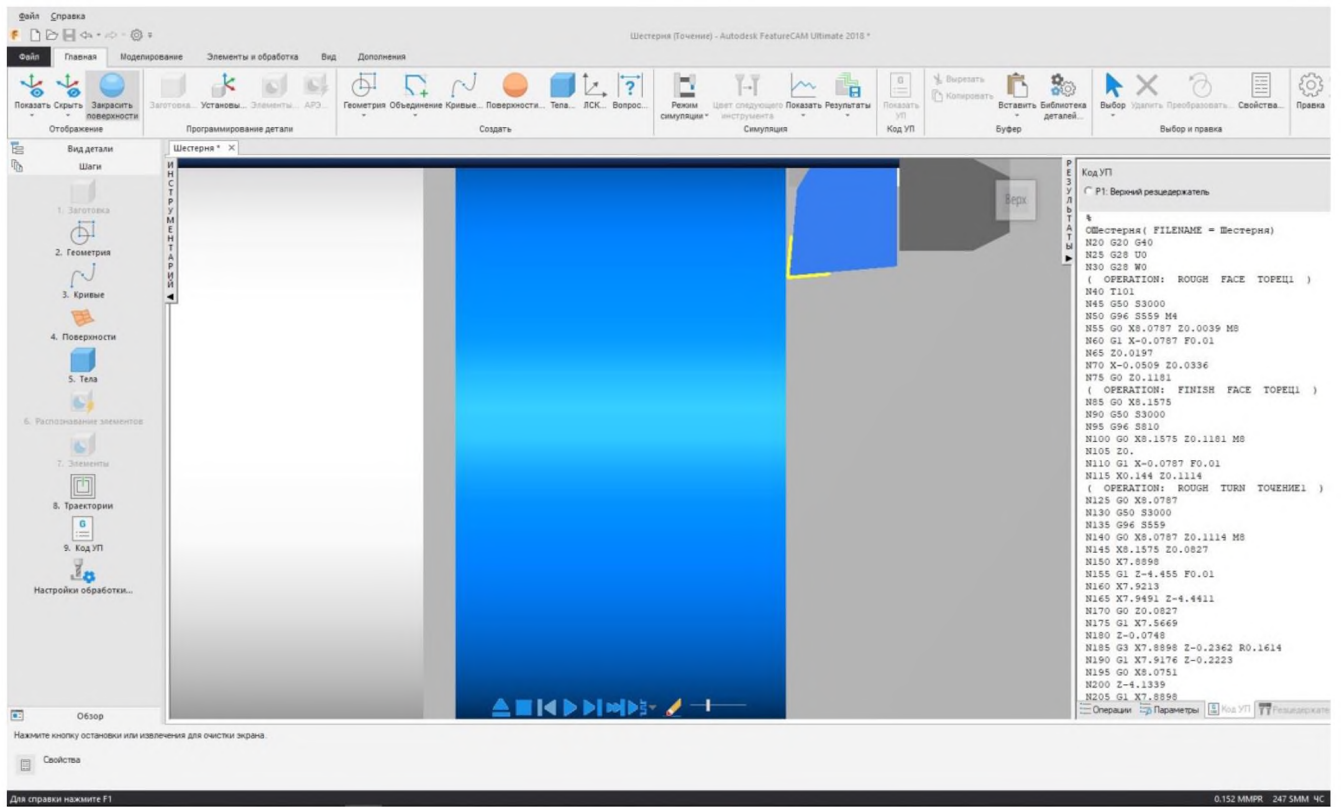


Рисунок 5.3 – Процес обробки деталі «Шестерня» на віртуальному верстаті у Feature CAM – підрізка торця

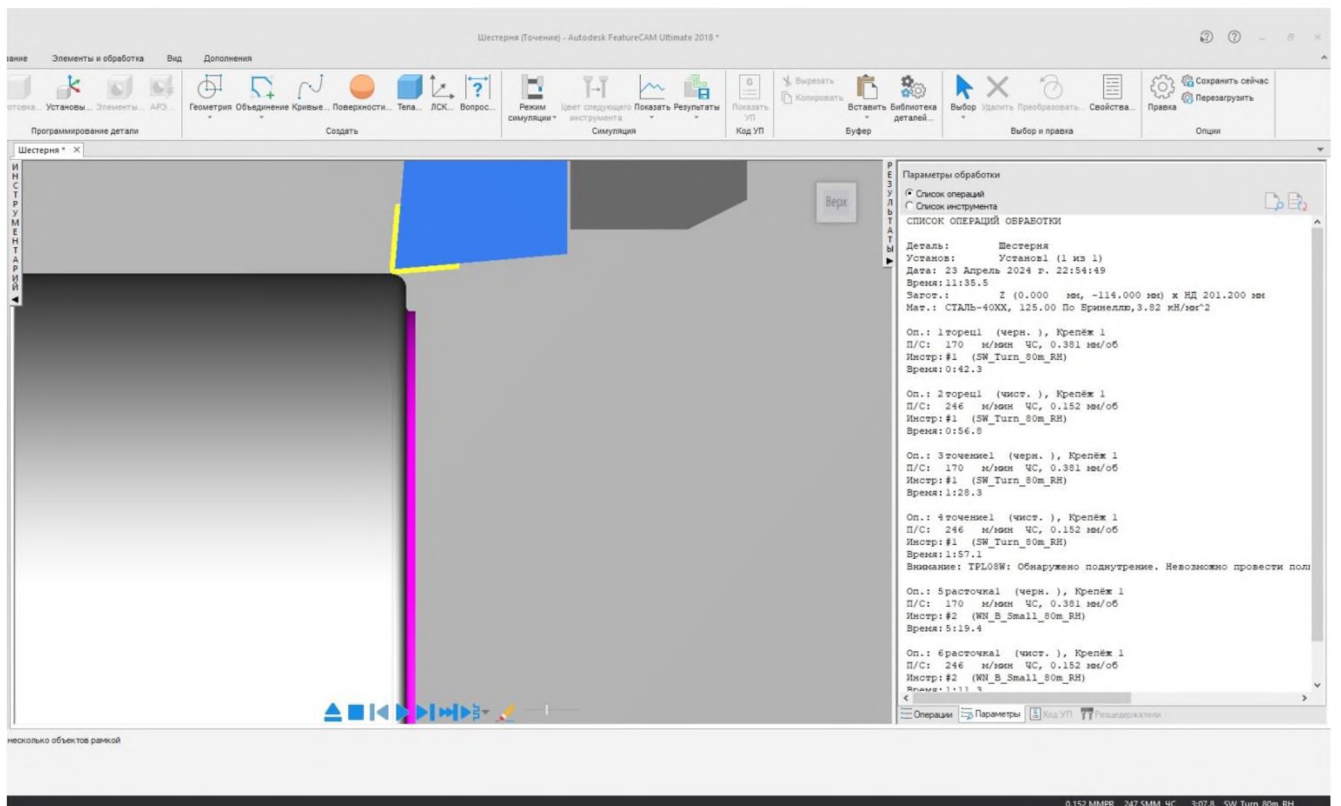


Рисунок 5.4 – Процес обробки деталі «Шестерня» на віртуальному верстаті у Feature CAM – точіння поверхні

						<i>КНУ.КБР.131.24.1-04.05.МПОМО</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

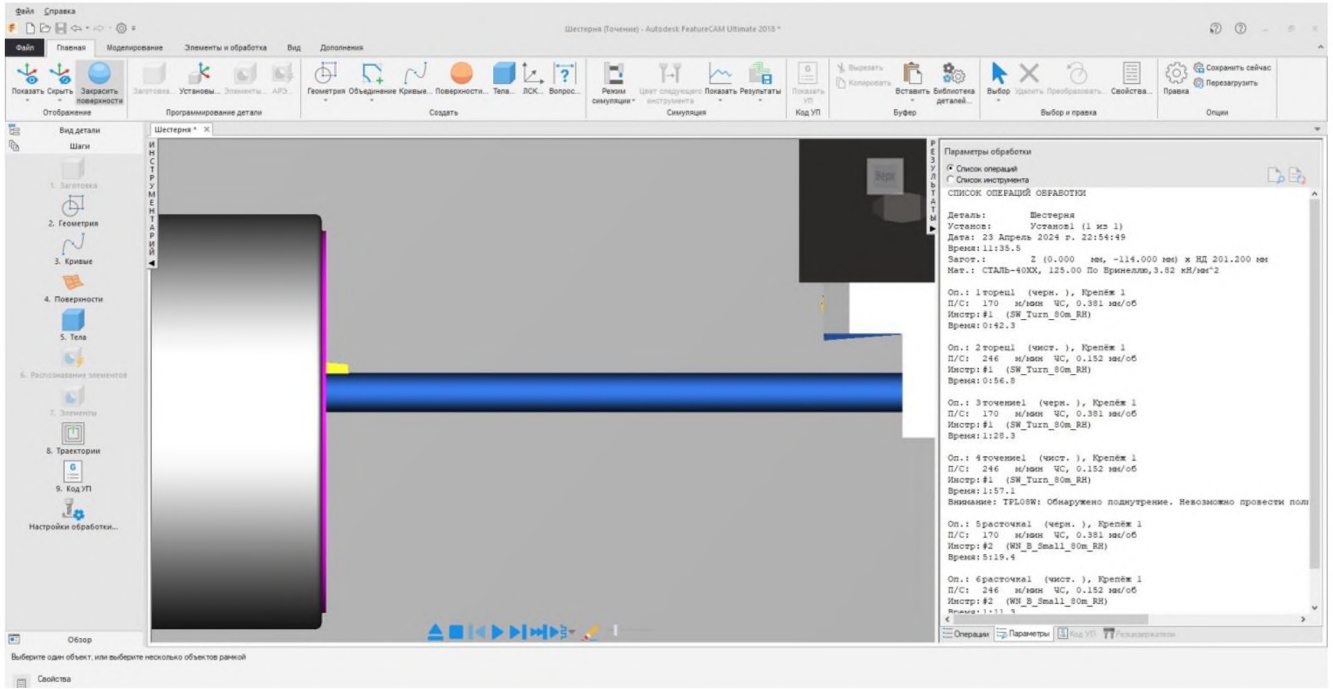


Рисунок 5.5 – Процес обробки деталі «Шестерня» на віртуальному верстаті у Feature CAM – розточування центрального отвору

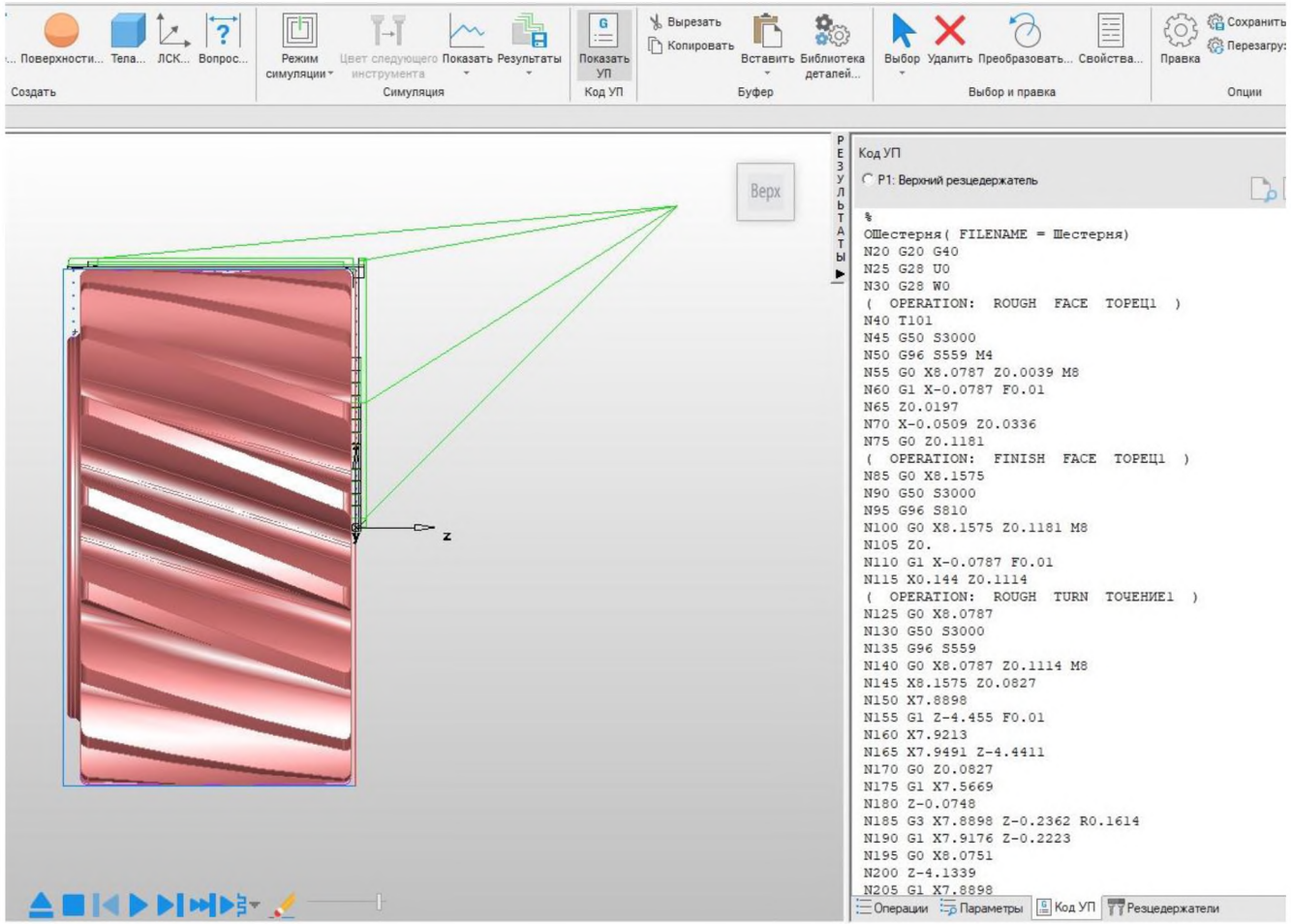


Рисунок 5.6 – Деталь «Шестерня» з траєкторією руху інструмента та фрагментом згенерованої керуючої програми обробки

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

КНУ.КБР.131.24.1-04.05.МПМО

Арк.

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Проведемо аналіз двох можливих способів обробки деталі «Шестерня», використовуючи програмний засіб Economical Linksmoon (див. рисунки 6.1-6.4).

Будемо порівнювати витрати за двома сценаріями: заготовки шестерні залишаються однаковими, але використовуються різні верстати. Конкретно, ми порівняємо два універсальні токарні верстати 1А64 та 16К30Ф3 з токарним обробним центром Microcut Challenger 52НТ/НТЛ, щоб розрахувати технологічну собівартість.

Трудоёмкость		Базовый вариант	Станок с ЧПУ
Годовой объём выпуска деталей, шт		1500	1500
Штучное время обработки детали, мин		25	14
Время настройки станка в течение года			
Количество запусков, шт		12	12
Время наладки станка, мин		125	60.5
Время настройки инструмента вне станка на протяжении года			
Среднее время настройки по прибору одного инструмента вне станка, мин		14	4
Среднее количество граней пластинки, шт		1	3
Средний период стойкости инструмента, мин		60	90
Количество станочников			
Количество станков, обслуживаемых одним рабочим		1	2
Дополнительное количество рабочих по обслуживанию станков с ЧПУ			
Эффективный годовой фонд времени работы станка		3955	3955
Коэффициент загрузки станка		0.8	0.88
Балансовая стоимость станка			
Оптовая цена станка		379000	3066000
Масса станка, т		11	5.5

Рисунок 6.1 – Вікно 1 програми Economical_Linksmoon

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-04.06.0ЕПВ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		<i>Васильєв</i>			<i>організаційно- економічна підготовка виробництва</i>		
Перевір.		<i>Рязанцев</i>					
Реценз.							
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>					
Зав. каф.		<i>Нечасєв</i>					
					Літ.	Арк.	Аркуші
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		

Входные данные		
Стоимость помещения		
Площадь станка по габаритам	16.6	7.7
Козфициент, учитывающий доп. площадь станка	3	4
Площадь устройства ЧПУ, м	1.8	2
Стоимость 1 м.кв. площади мех. цеха, грн.	1595	1595
Площадь служебно-бытовых помещений, приходящаяся на одного рабочего, м.кв.	4	4
Стоимость 1 м.кв. площади, занятой служебно-бытовыми помещениями (грн.)	318	318
Стоимость разработки ПУ		
Стоимость разработки ПУ, грн.	800	1500
Оборотные средства в незавершённом производстве		
Стоимость заготовки Szag, грн.	863	863
Себестоимость обработки		
Среднегодовая зарплата станочника, грн.	13000	14000
Среднегодовая зарплата наладчика, грн.	15500	15500
Среднегодовая зарплата настройщика инструмента, грн.	11000	11000
Среднегодовая зарплата контролёра, грн.	12000	12000
Затраты на подготовку и обновление ПУ, грн.		
Длительность выпуска деталей Z (3-5 лет)	3	3
Затраты на ремонт и ТО оборудования		
Категория сложности ремонта станка ЕРС (механическая часть)	12	21
Категория сложности ремонта станка ЕРС (электротехническая часть)	15	42

Далее

Назад

Выход

Рисунок 6.2 – Вікно 2 програми Economical_Linksmoon

Входные данные		
Затраты на одну единицу ЕРС станка, грн (механическая часть)	130.1	140.3
Затраты на одну единицу ЕРС станка, грн. (электротехническая часть)	27.4	47.7
Козфициент, учитывающий класс точности станка	1	1.2
Затраты на содержание и амортизационные расходы на 1 м.кв. цеха Нпл, грн (10% от стоимости)	595	595
Затраты на ТО и ремонт устройства ЧПУ, грн.		
Норматив годовых затрат на текущее обслуживание и ремонт УЧПУ, грн.	3680	6860

Далее

Назад

Выход

Рисунок 6.3 – Вікно 3 програми Economical_Linksmoon

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>КНУ.КБР.131.24.1-04.06.0ЕПВ</i>					

Входные данные

Версия программы от 17.10.2005

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

3970135,5 грн

Срок окупаемости, лет

0,89 лет

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

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

Далее

Назад

Выход

Рисунок 6.4 – Результати розрахунків програми Economical_Linksmoon

Після аналізу поданих у програмі кадрів стає очевидним, що використання верстату з ЧПК (Microcut Challenger 52HT/HTL) призводить до отримання економічного ефекту в розмірі 3970135,5 гривень. При цьому, проект повертає інвестиції протягом 0,89 року. Отже, введення верстату Microcut Challenger 52HT/HTL можна вважати обґрунтованим і доцільним.

6.2 Охорона праці та екологія виробництва

Охорона праці в машинобудівному виробництві є ключовим аспектом для забезпечення безпеки та здоров'я працівників у цій галузі. З огляду на постійні зміни в технологіях, процесах виробництва та стандартах безпеки, необхідно систематично аналізувати та удосконалювати підходи до охорони праці. У цій доповіді розглянемо основні тенденції, виклики та рекомендації з охорони праці в машинобудівному виробництві.

6.2.1 Тенденції

1. Автоматизація та роботизація: Зростання використання автоматизованих систем та роботів у виробництві машинобудівних виробів сприяє зменшенню ризиків для працівників у шкідливих умовах праці.

2. Ергономіка робочих місць: Зосередження на розробці ергономічних робочих місць допомагає зменшити травми та стрес, пов'язані з неправильним положенням тіла під час виконання роботи.

3. Використання новітніх матеріалів: Впровадження новітніх матеріалів з високою міцністю та низькою вагою допомагає зменшити фізичні навантаження на працівників при монтажі та обслуговуванні обладнання.

4. Навчання та підвищення кваліфікації: Забезпечення навчання працівників з питань безпеки та використання новітніх технологій є важливим кроком для забезпечення їхньої безпеки на робочому місці.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-04.06.06.06ПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.2.2 Виклики

1. Ризик травматизму: Машинобудівні процеси часто пов'язані з важкими та небезпечними обладнанням, що може призвести до серйозних травм при неправильному використанні.

2. Експозиція до шкідливих речовин: Деякі процеси виробництва можуть випускати шкідливі речовини, які можуть негативно впливати на здоров'я працівників, якщо вони не захищені належним чином.

3. Ергономічні проблеми: Неправильне розташування обладнання та незручна організація робочого простору можуть призвести до розвитку м'язово-скелетних захворювань серед працівників.

4. Психосоціальні фактори: Висока інтенсивність роботи, строгі терміни виробництва та великі навантаження можуть викликати стрес та впливати на психічне здоров'я працівників.

6.2.3 Рекомендації

1. Регулярні перевірки та обслуговування обладнання: Важливо регулярно перевіряти та обслуговувати машини та обладнання, щоб уникнути аварій та травм.

2. Використання засобів індивідуального захисту: Забезпечення працівників необхідними засобами індивідуального захисту (захисні окуляри, респіратори тощо) допомагає знизити ризик експозиції до шкідливих речовин.

3. Навчання та тренінги з охорони праці: Регулярні тренінги з питань охорони праці допомагають підвищити усвідомленість працівників щодо можливих ризиків та способів їх уникнення.

4. Стимулювання здорового робочого середовища: Створення комфортного та безпечного робочого середовища сприяє підвищенню продуктивності та зниженню відпусток через травми та захворювання.

Висновок

Охорона праці в машинобудівному виробництві є важливим аспектом підтримки безпеки та здоров'я працівників. Зростання уваги до цього питання та впровадження сучасних підходів допоможе знизити ризики травм та захворювань серед персоналу, покращити робочі умови та забезпечити стабільну та продуктивну діяльність машинобудівних підприємств.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-04.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Тема кваліфікаційної роботи роботи – конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Шестерня» та обґрунтування параметрів різального інструменту за допомогою CAD/CAM/CAE систем. Мій дослід включав аналіз цієї деталі та розрахунок параметрів точності з'єднання з підшипником. З огляду на стан поверхонь деталі я розробив послідовність операцій обробки та вибрав сучасне обладнання для їх виконання.

Враховуючи характеристики матеріалу деталі та її поверхонь, я вибрав необхідний різальний та допоміжний інструмент. Для найбільш важливої операції – чорнової токарної обробки – я докладно проаналізував різальний інструмент для встановлення меж міцності.

Також була спроектована черв'ячна фреза для формування зубчастого профілю деталі, аналіз якої був проведений за допомогою SolidWorks Simulation. Результати симуляції дозволили виявити слабкі місця інструменту, зокрема крайку фрези.

З використанням технічних характеристик верстата та інструментів я провів моделювання процесу обробки та розробив керуючу програму за допомогою Autodesk FeatureCAM. Також я здійснив економічні розрахунки з використанням програми "Economical Linksmoon", порівнявши витрати для двох варіантів обробки деталі «Шестерня». Це дозволило визначити доцільність удосконалення технологічного процесу шляхом заміни універсальних верстатів на токарний обробний центр з ЧПК Microcut Challenger 52HT/HTL.

Також було розглянуто питання охорони праці в машинобудівному виробництві. Зростання уваги до цього питання та впровадження сучасних підходів допоможе знизити ризики травм та захворювань серед персоналу, покращити робочі умови та забезпечити стабільну та продуктивну діяльність машинобудівних підприємств.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-04.В</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Васильєв</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>					
<i>Реценз.</i>					<i>Висновки</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Нечаєв</i>					
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. «SECO» Каталог + Технічне керівництво 2019.2 Токарна обробка.
2. «SECO» Каталог + Технічне керівництво 2019.2 Токарна обробка.
3. https://www.secotools.com/article/p_03200451
4. https://www.secotools.com/article/p_02590013
5. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної випускної роботи бакалавра для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми Прикладна механіка усіх форм навчання. Укладачі: Кіяновський М.В., Нечаєв В.П., Пікільняк А.В., Цивінда Н.І., Бондар О.В., Рязанцев А.О., Кравцова Д.Ю. 2022. Кривий Ріг, КНУ.
6. Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: Учебное пособие – М.: Машиностроение, 1990. – 448с.
7. Технологія машинобудування Горбатюк Е.О. Мазур М.П.,Зенкін А.С., Каразей В.Д. Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-360 с.
8. ДСТУ 3.1001:2014 Єдина система технологічної документації. Загальні положення.
9. ДСТУ 2391-94 Система технологічної документації. Терміни та визначення
10. ДСТУ 3.1127:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання текстових технологічних документів.
11. ДСТУ 3.1128:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання графічних технологічних документів.
12. ДСТУ ISO 2768-1-2001. Основні допуски. Частина 1. Допуски на лінійні та кутові розміри без спеціального позначення допусків (ISO 2768–1:1989, IDT). [Чинний від 2003-01-01] – К. :Держстандарт України, 2002. – 10 с.
13. ДСТУ ISO 2768-2-2001. Основні допуски. Частина 2. Допуски геометричні для елементів без спеціального позначення допусків (ISO 2768–2:1989, IDT). [Чинний від 2003-01-01] – К. :Держстандарт України, 2001. – 15 с.
14. ДСТУ ISO 286-1-2002. Допуски і посадки за системою ISO. Частина 1. Основи допусків, відхилень та посадок (ISO 286–1:1988, IDT). [Чинний від 2003-10-01] – К. :Держспоживстандарт України, 2003. – 37 с.
15. ДСТУ 3321-96 Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-04.СВД</i>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Список використаних джерел</i>					
Розроб.		<i>Васильєв</i>						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Рязанцев</i>								
Реценз.										
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Зав. каф.		<i>Нечаєв</i>								

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ЗАСВІДЧУЮЧИХ
АРКУШІВ**

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

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

Виконав здобувач гр. ПМ-20

(підпис)

Васильєв Д.Д.

Керівник КБР

(підпис)

Рязанцев А.О.

Нормоконтроль

(підпис)

Рязанцев А.О.

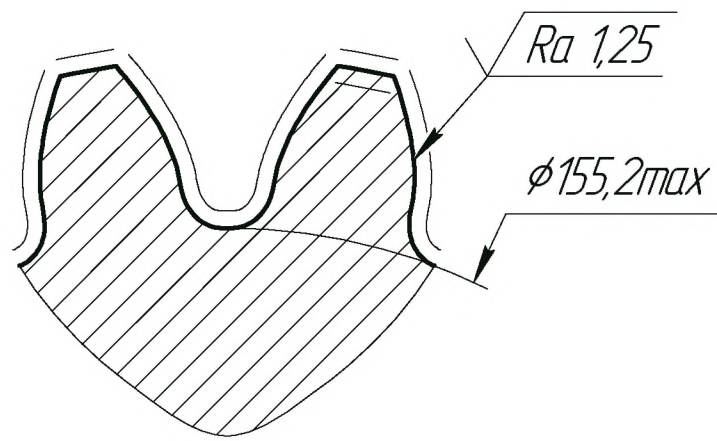
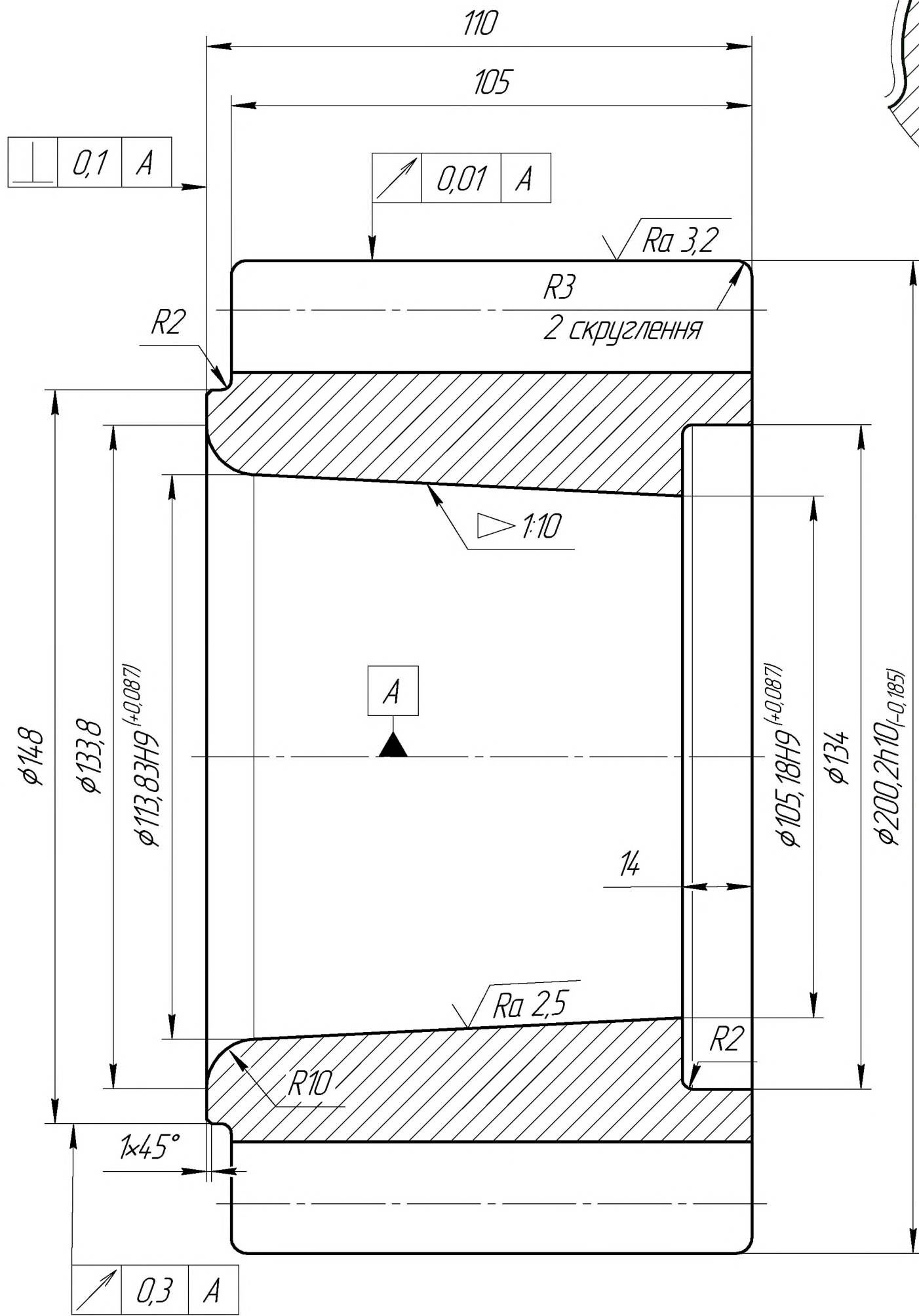
Завідувач кафедри

(підпис)

Нечасєв В.П.

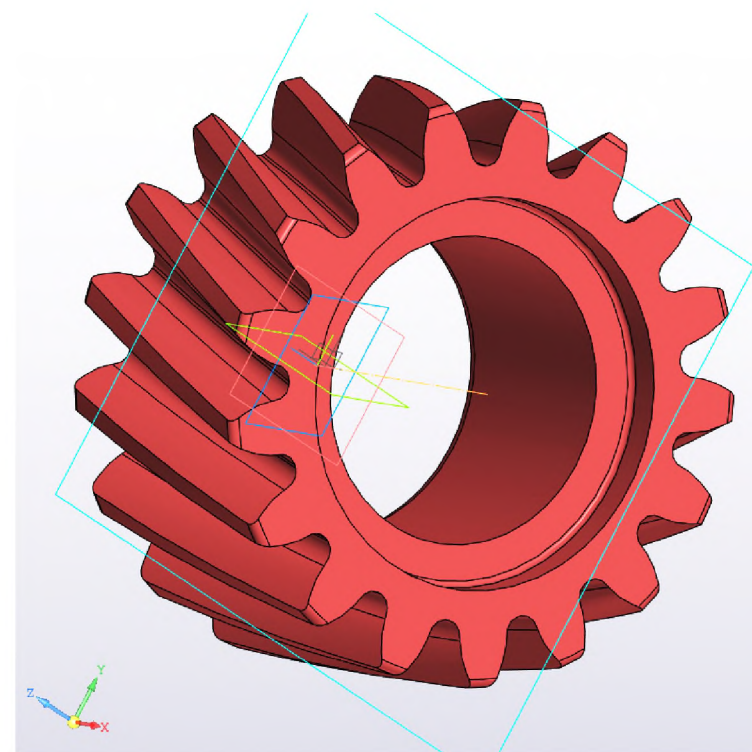
Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.		Справ. №		Подп. и дата		Инв. № дубл.		Взам. инв. №		Подп. и дата		Инв. № подл.			
				Креслення																		
A3		1	КНУ.КБР.131.24.1-04.Ш	Шестерня	1																	
A2		2	КНУ.КБР.131.24.1-04.ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження	1																	
A2		3	КНУ.КБР.131.24.1-04.ФЧ	Фреза черв'ячна	1																	
A3		4	КНУ.КБР.131.24.1-04.ІАСРІ	Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	1																	
A3		5	КНУ.КБР.131.24.1-04.МПМО	Моделювання процесу механічної обробки	1																	
			КНУ.КБР.131.24.1-04.ВЕД																			
			Изм. Лист		№ докум.		Подп.		Дата		Відомість електронних документів КБР						Лит.		Лист		Листов	
			Разрад.		Васильєв												Н				1	
			Проб.		Рязанцев												Кафедра ТМ гр. ПМ-20					
			Н.контр.		Рязанцев																	
			Утв.		Нечаєв						Копіював						Формат		А4			

КНУ.КБР.131.24.1-04.Ш



$\sqrt{Ra 6,3}$

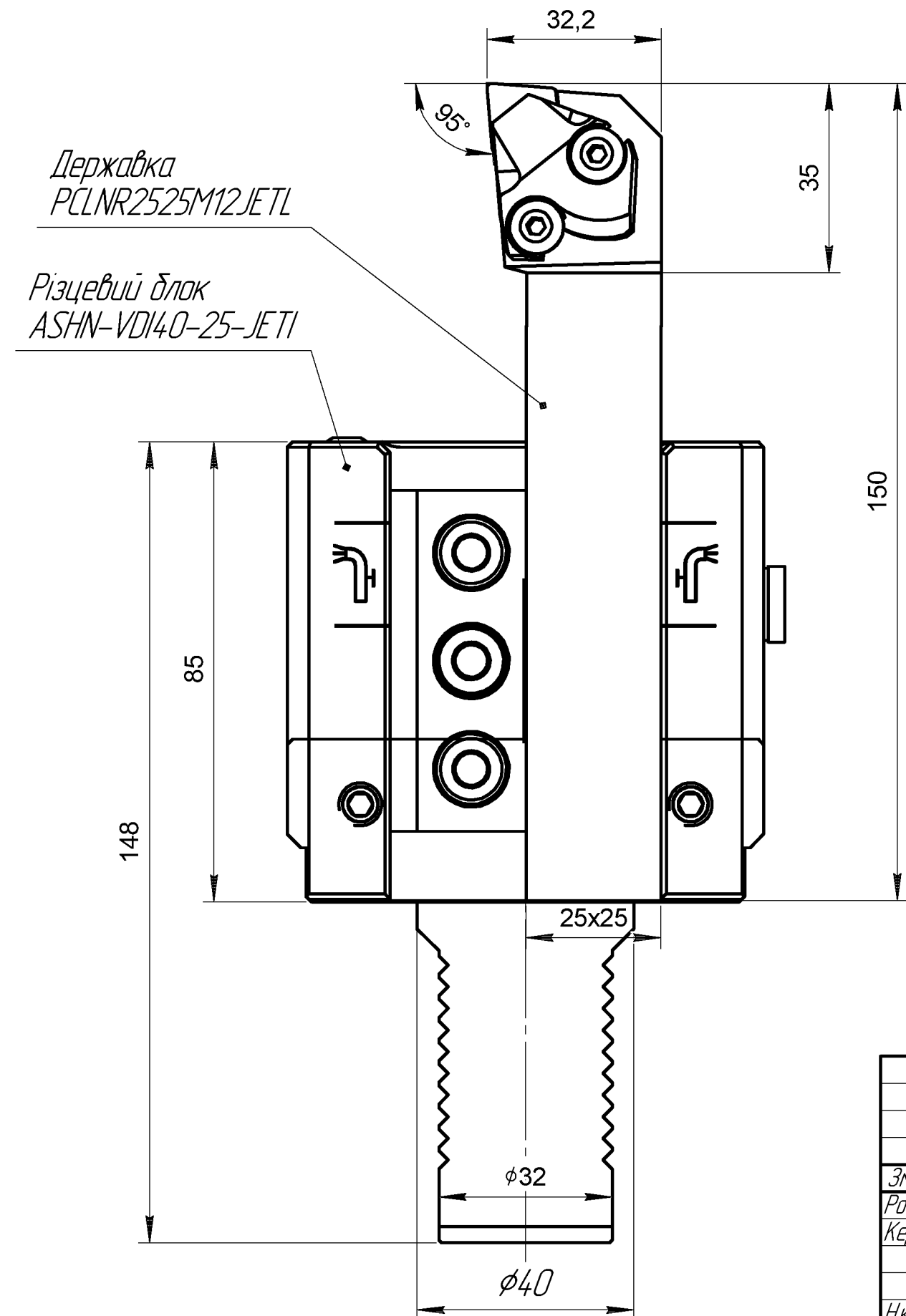
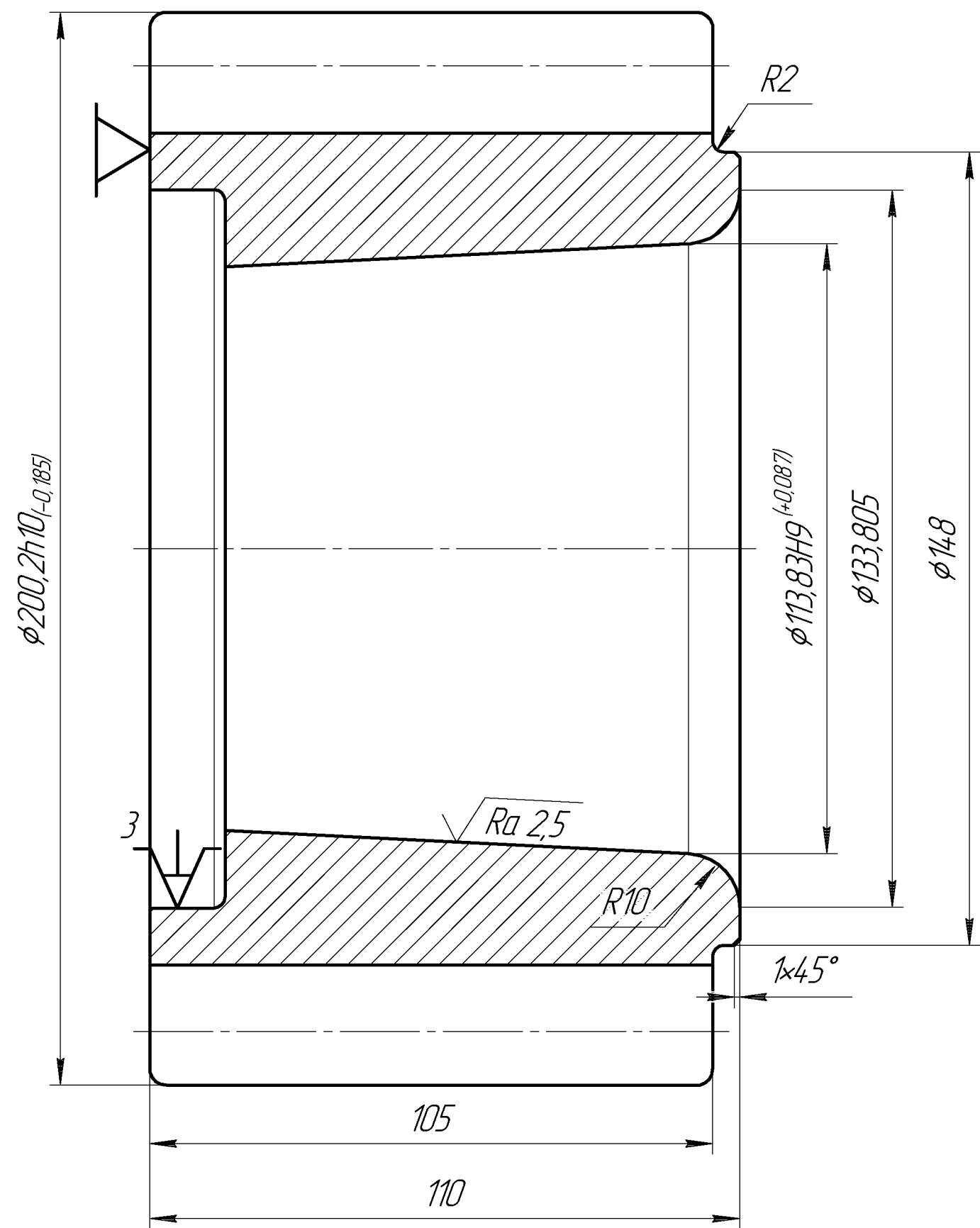
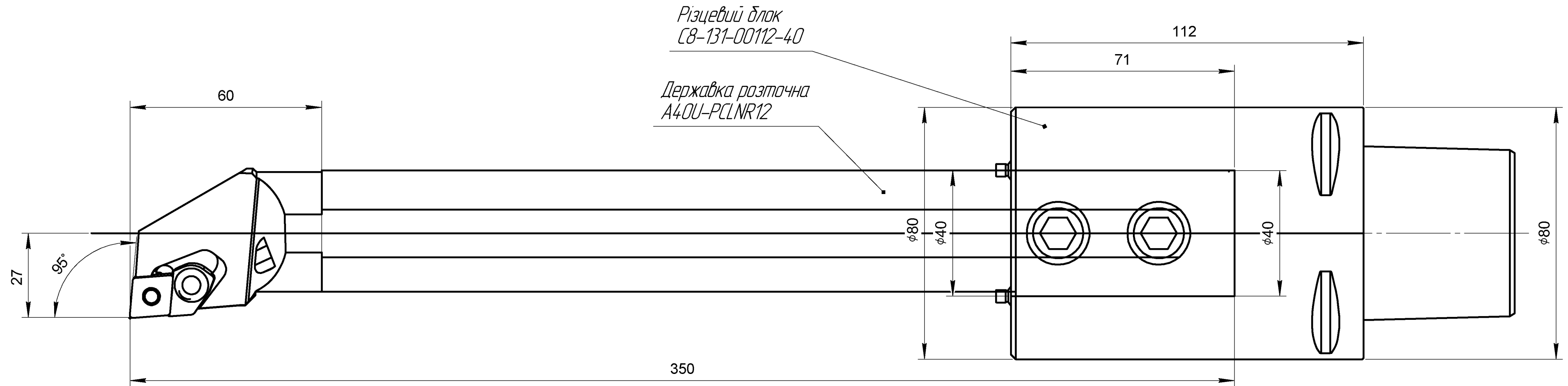
Модуль	<i>m</i>	10	
Число зубів	<i>z</i>	17	
Кут нахилу зубів	β	19°22'12"	
Напрямок лінії зуба	-	ліве	
Коефіцієнт зміщення	<i>x</i>	0	
Ступінь точності за ДСТУ ГОСТ 30803-2018	-	8-A	
Довжина загальної нормалі	<i>W</i>	76,614 ^{-0,25} _{-0,43}	
Допуск на коливання довжини загальної нормалі	<i>F_{vw}</i>	0,05	
Допуск на коливання вимірювальної міжосьової відстані	За одерт колеса	<i>F_i^{''}</i>	0,112
	На одному зубі	<i>f_i^{''}</i>	0,045
Контролювати при відсутності обкатки з вимірювальною шестернею	Допуск на радіальне диття зубчастого вінця	<i>F_r</i>	0,08
	Допуск на похибку профілю зуба	<i>f_f</i>	0,028
	Відхилення основного кроку	<i>f_{pt}</i>	±0,032
Ділильний діаметр	<i>d</i>	180,2	
Допуск на похибку напрямку зуба	<i>F_β</i>	0,032	
Допуск на торцьове диття базової поверхні	<i>F_T</i>	0,023	



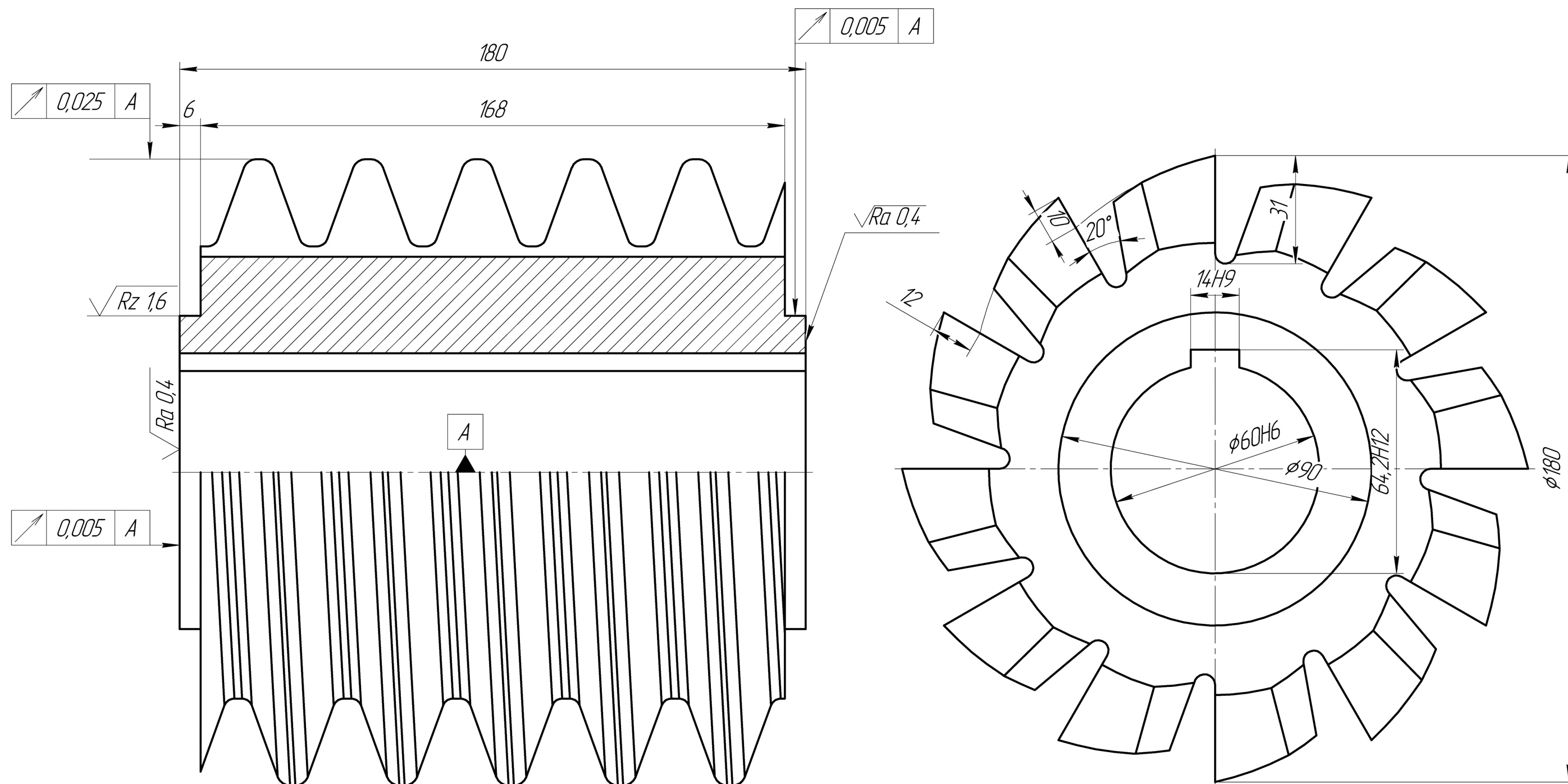
1 Невказані граничні відхилення розмірів: отворів по H14, валів по h14, інші по $\frac{IT14}{2}$.

				КНУ.КБР.131.24.1-04.Ш			
Зм. Лист	№ док.м.	Підпис	Дата	Шестерня	Літ.	Маса	Масштаб
Разробив	Васильєв					12.6	1:1
Керівник	Рязанцев			Лист	Листів 1		
Н.контр.	Рязанцев			Сталь 18ХГТ ДСТУ 7806:2015			Кафедра ТМ гр. ПМ-20
Затв.	Нечаєв						

Токрна операція. Верстат моделі Challenger HT52 HT/HTL

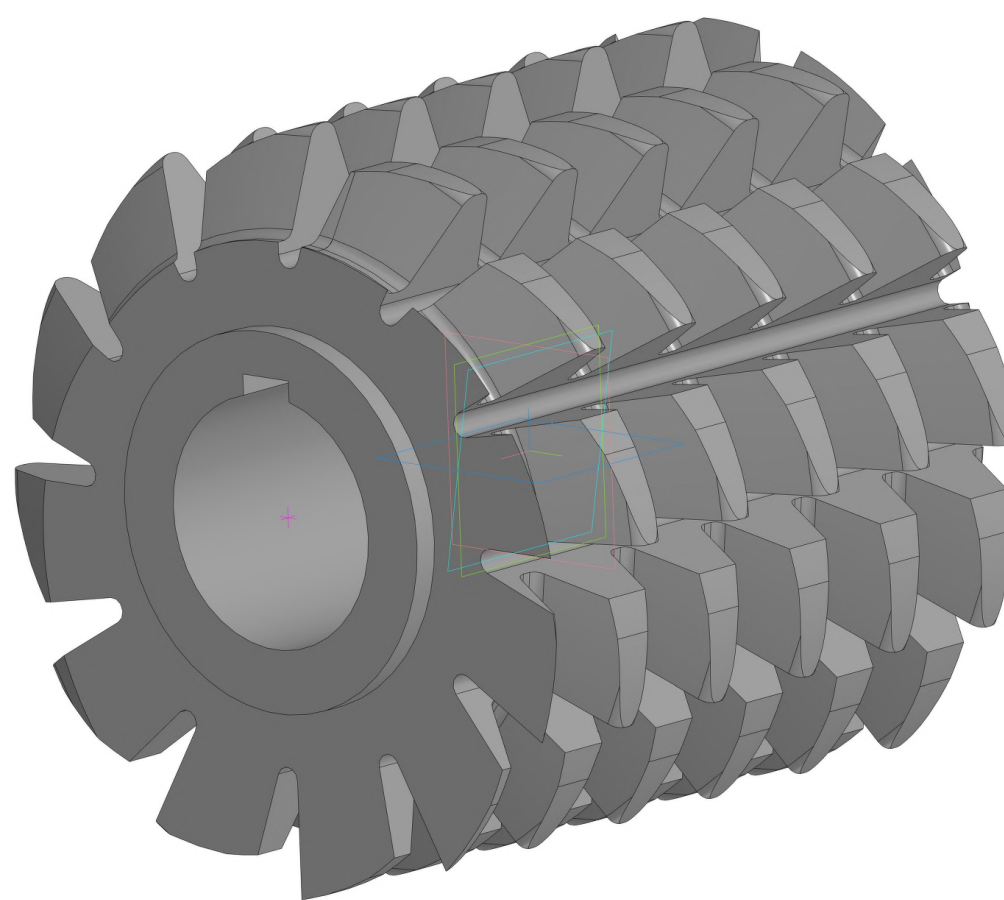
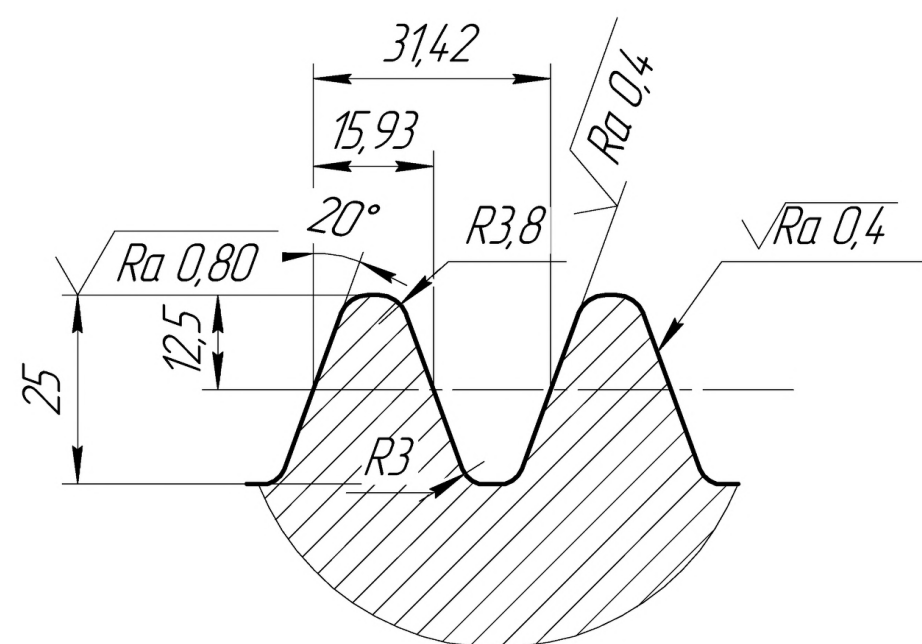


				КНУ.КБР.13124.1-04.ВІН		
Зм. / Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Верстатно інструментальне- налагодження		
Розробив	Васильєв					
Керівник	Рязанцев			Лист	Листів	1
Н.контр.	Рязанцев			Кафедра ТМ гр. ПМ-20		
Затв.	Нечасів					



Кількість зубів фрези	Z_0	12
Модуль	m	10
Кут профілю	\angle	20°
Кількість заходів	z	2
Напрямок витків	-	Правий
Крок по осі	P_x	31,416
Крок по нормалі	P_n	31,416
Кут підйому витка	γ	$3^\circ 6'$
Напрямок канавки	-	Лівий
Крок струж. канавок	P_z	$20^\circ 20'$

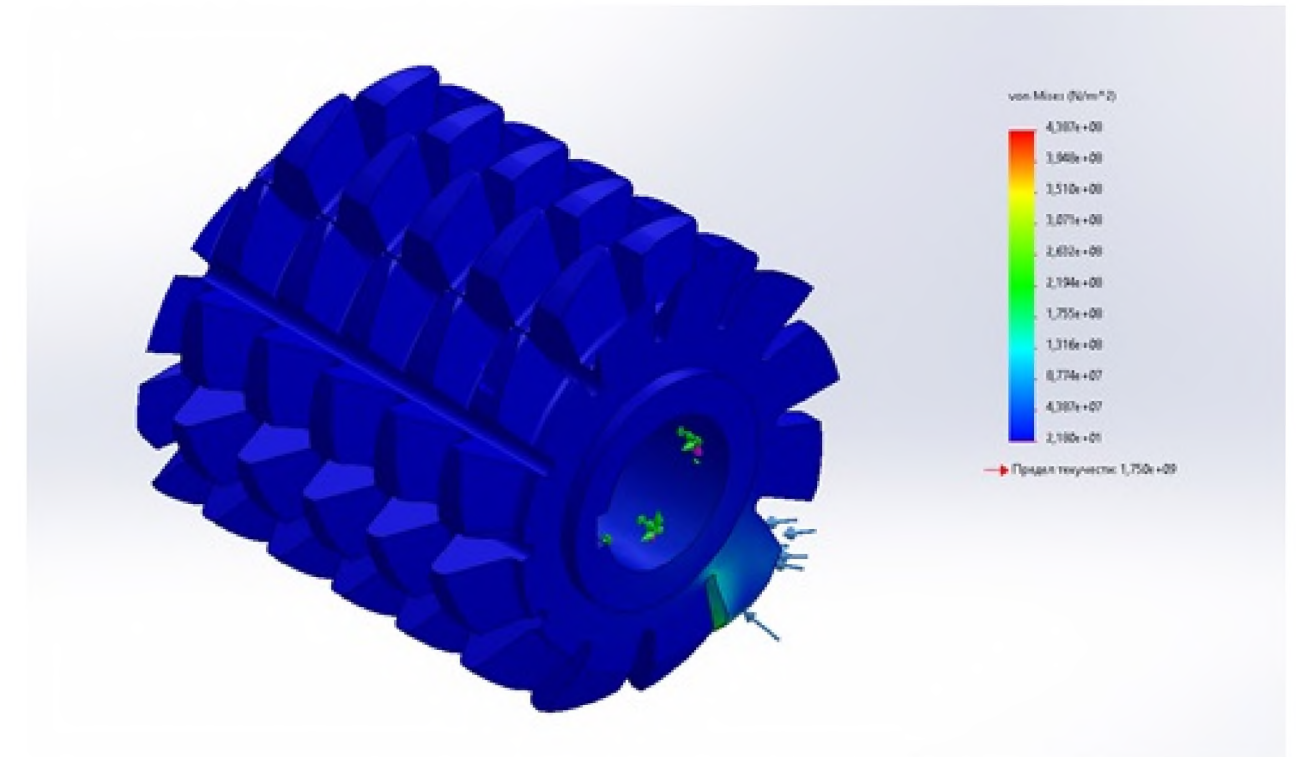
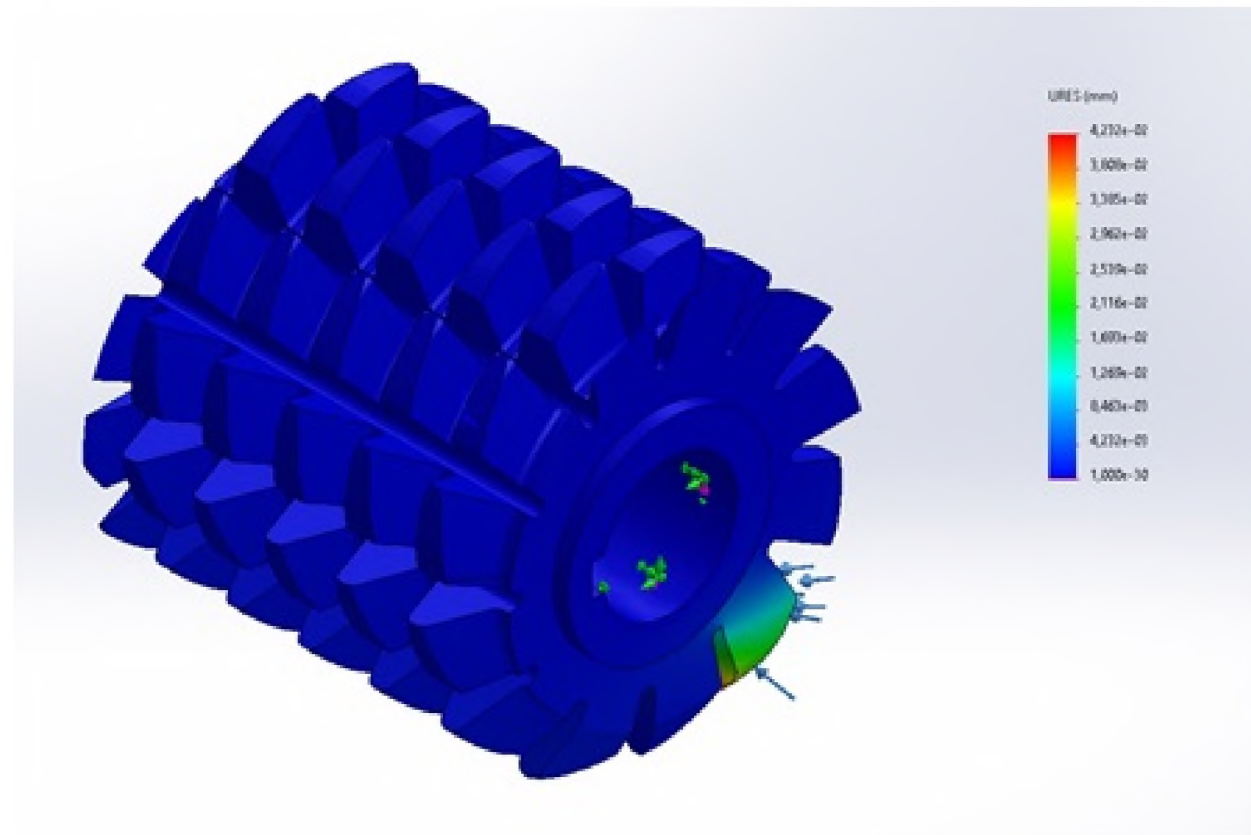
Профіль по нормалі



- 1 Забезпечити твердість 63..66 HRC₃.
- 2 Невказані граничні відхилення: H14; h14; $\pm \frac{IT14}{2}$.
- 3 Допуск відхилення осьового кроку фрези $f_{pxo} = \pm 0,02$ мм.
- 4 Допуск накопиченого відхилення кроку на довжині будьяких трьох кроків $f_{pxlo} = 0,06$ мм.
- 5 Допуск відхилення профілю передньої поверхні $f_y = 0,016$ мм.
- 6 Допуск відхилення напрямку стружкових канавок $f_x = \pm 0,063$ мм на довжині 100мм робочої частини фрези.

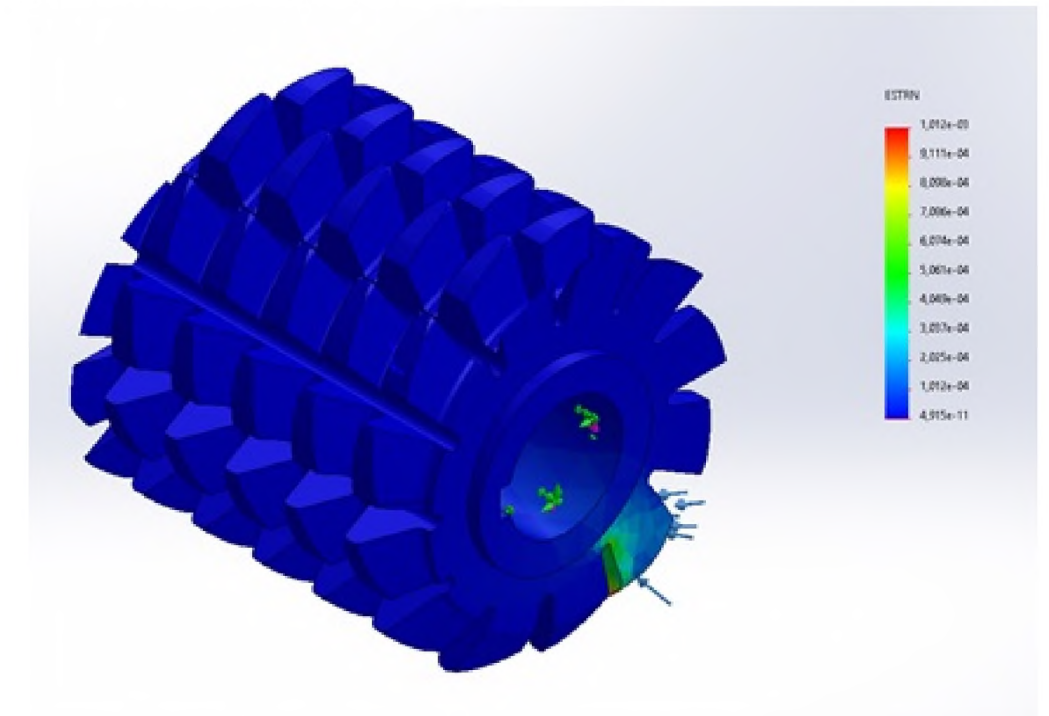
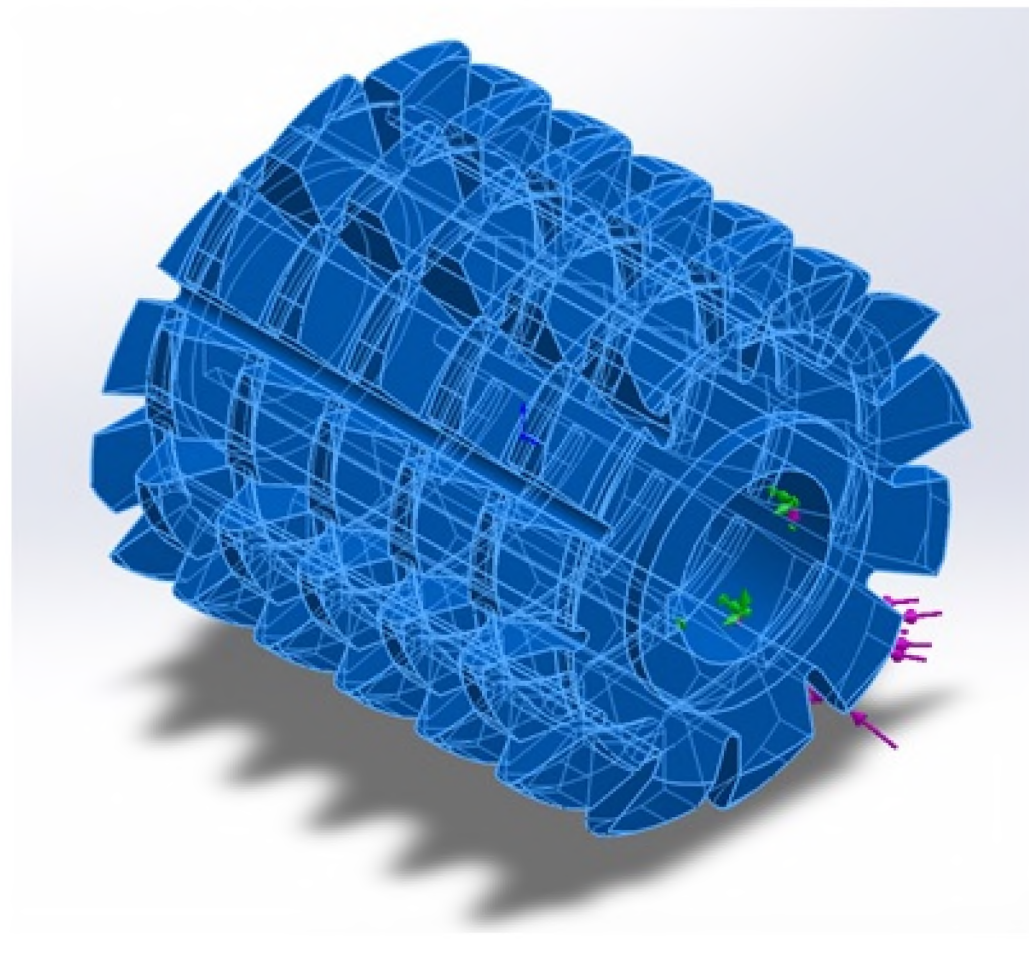
				КНУ.КБР.13124.1-04.ФЧ		
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лит.	Маса	Масштаб
Разрабів	Васильєв			Н	19,8	1:1
Керівник	Рязанцев			Лист	Листів	1
Н.контр.	Рязанцев			Сталь Р6М5 ДСТУ 7304:2013		
Затв.	Нечаєв			Кафедра ТМ гр. ПМ-20		

Симуляція «Переміщення» в SolidWorks Simulation

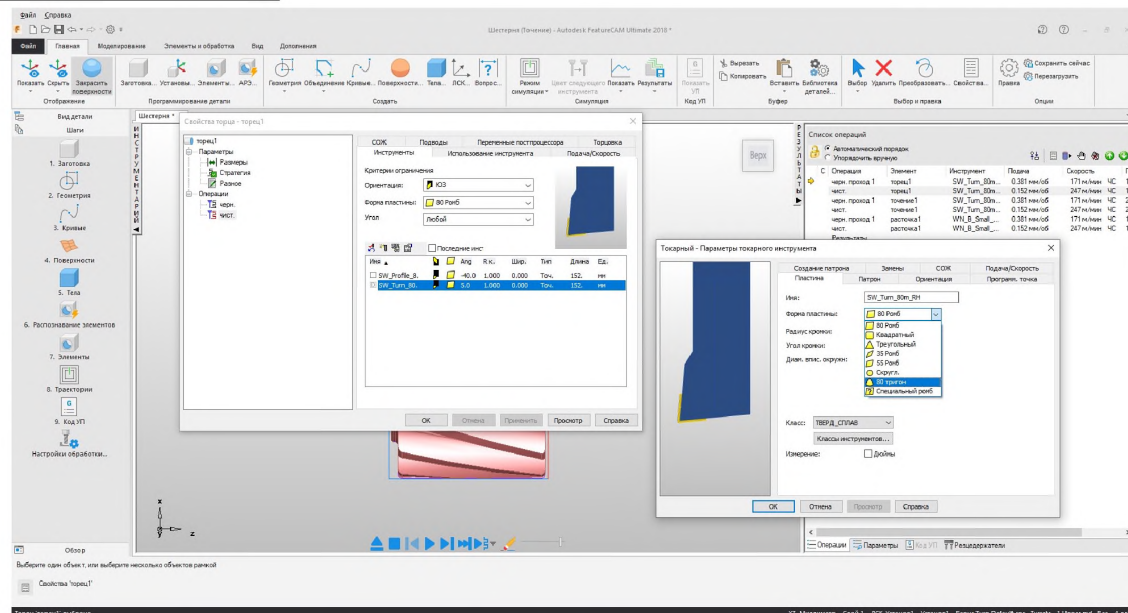


Симуляція «Деформація» в SolidWorks Simulation

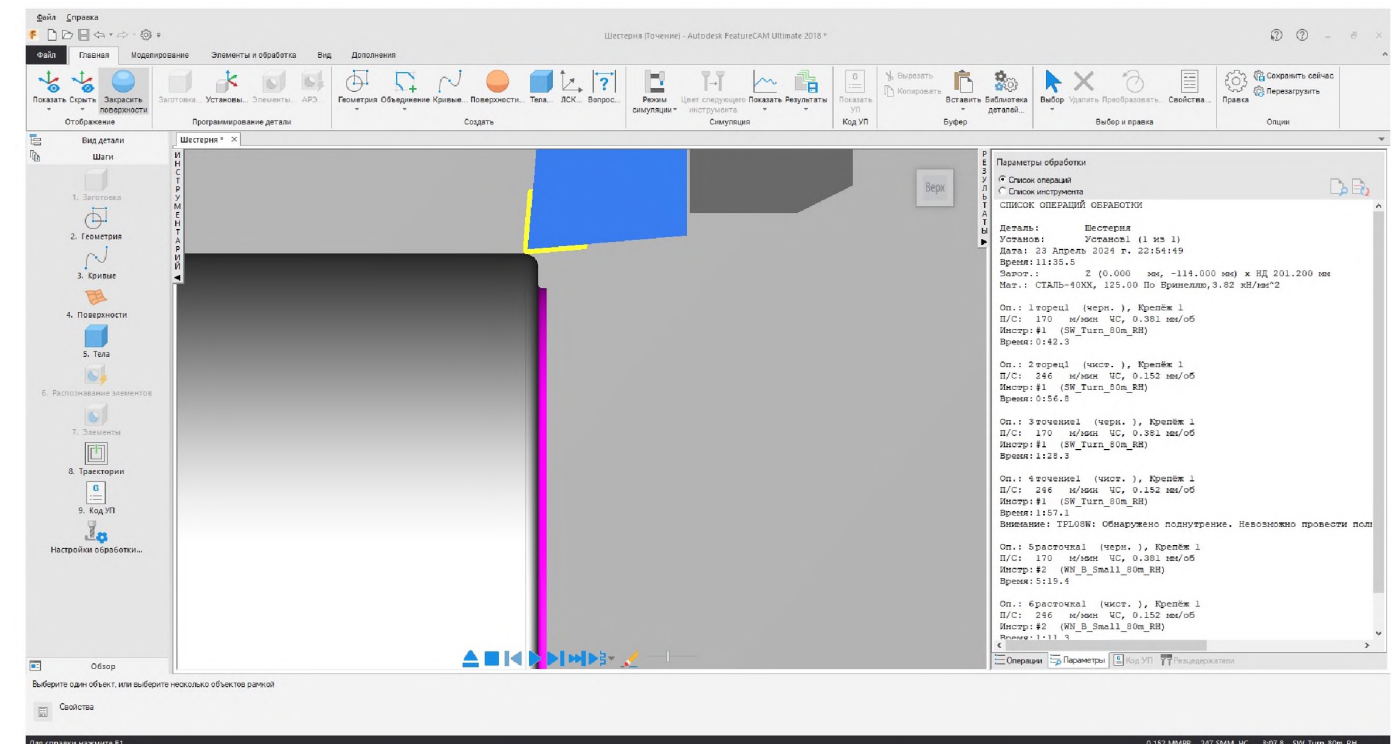
Фіксація та прикладення сил до інструменту



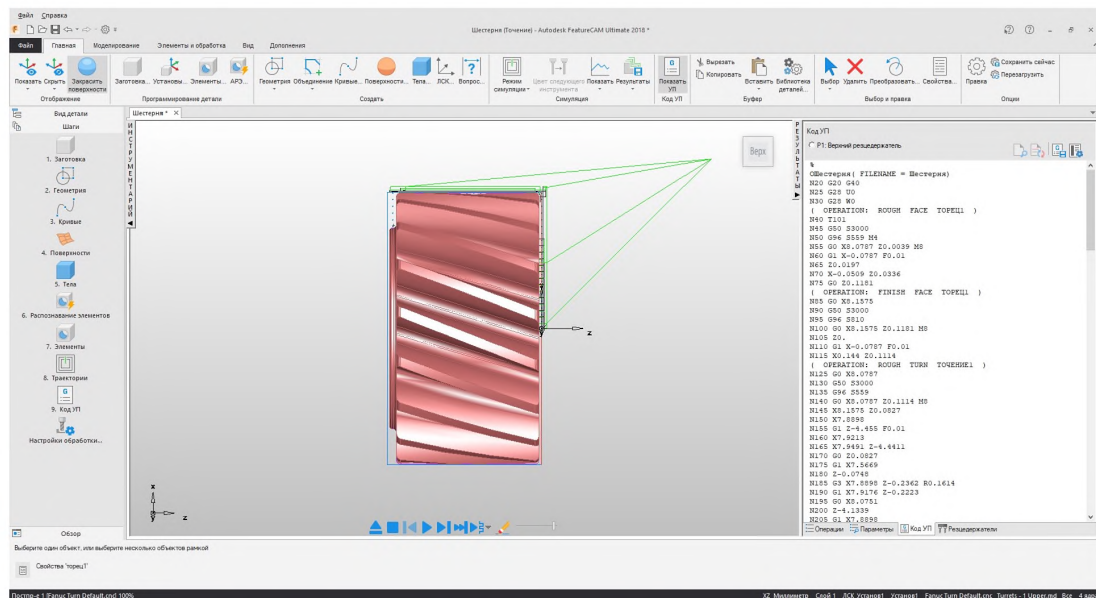
					КНУ.КБР.131.24.1-04.ІАСРІ			
					Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	Літ.	Маса	Масштаб
Зм. Лист	№ докum.	Підпис	Дата			Н		
Розробив	Васильєв				Лист	Листів	1	
Керівник	Рязанцев				Кафедра ТМ гр. ПМ-20			
Н.контр.	Рязанцев							
Затв.	Нечаєв							



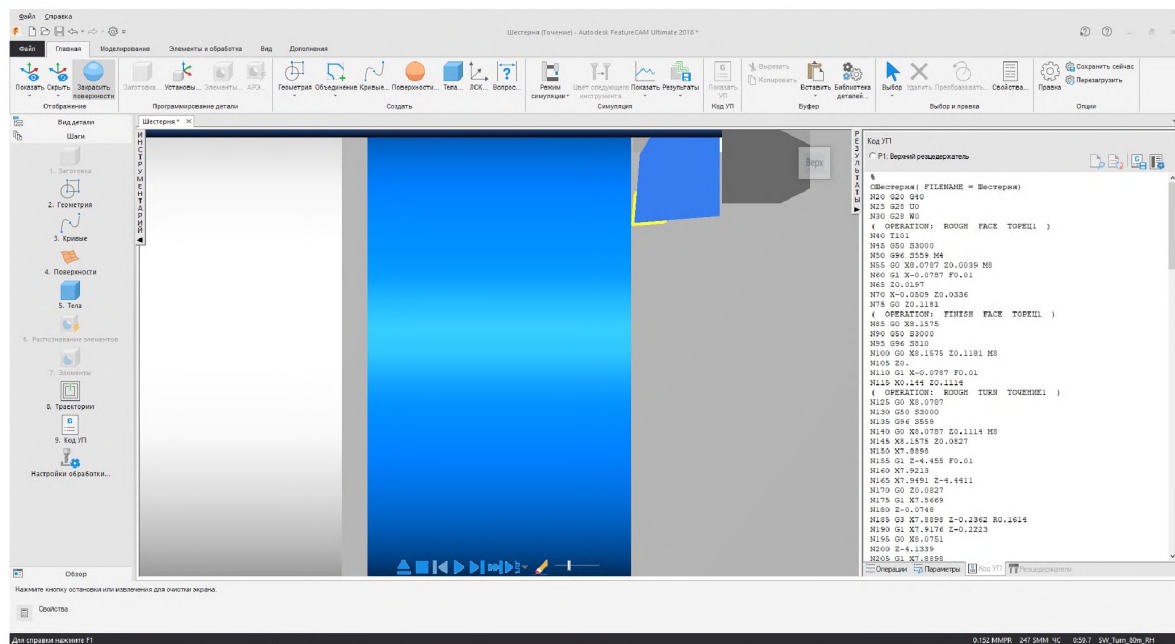
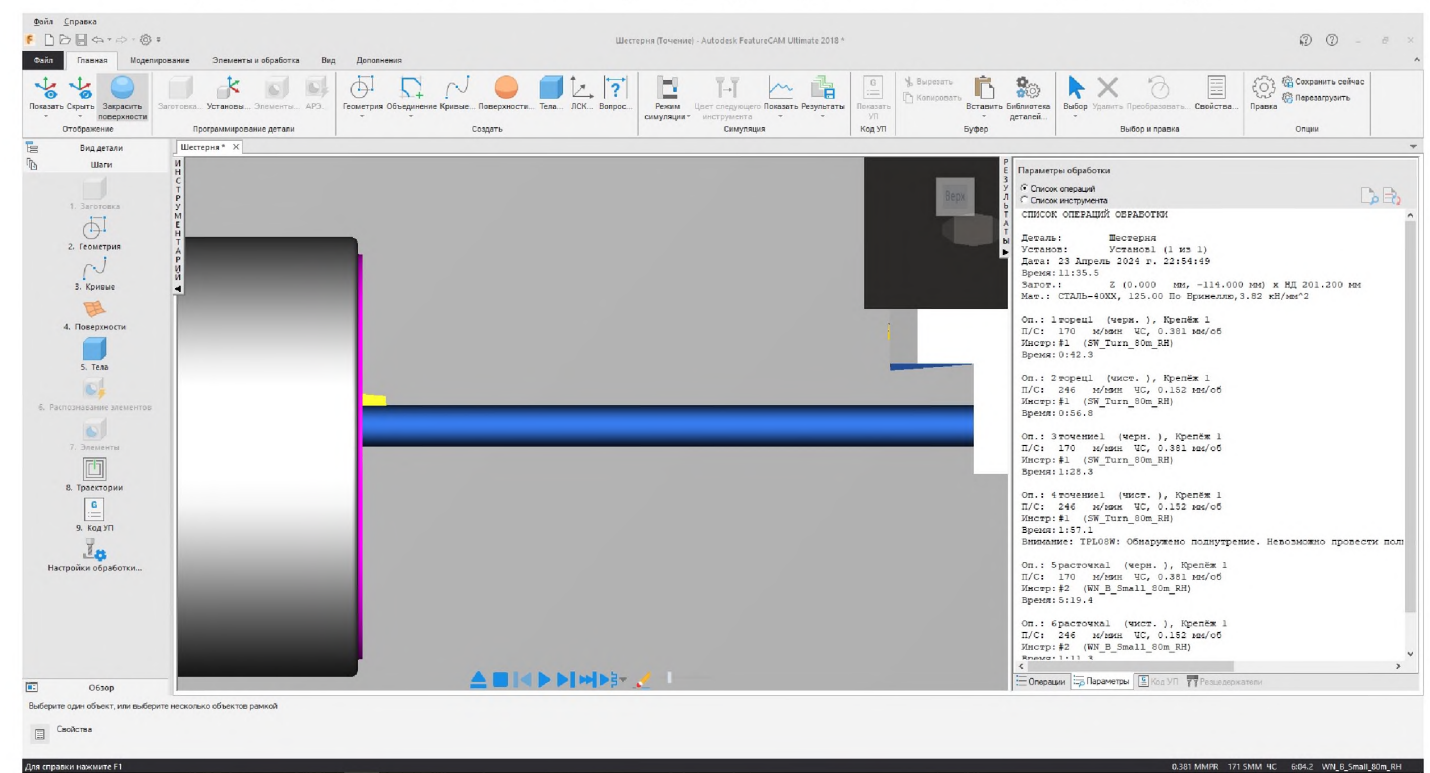
Траєкторія руху інструменту та вікно з фрагментом керуючої програми



Фрагмент моделювання процесу обробки деталі (розточування)



Фрагмент моделювання процесу обробки деталі (підрізання торцю)



				КНУ.КБР.131.24.1-04.МПМО		
Зм.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	Моделювання процесу механічної обробки	
Розробив	Васильєв	Керівник	Рязанцев	Н		
Н.контр.	Рязанцев	Затв.	Нечаєв	Лист		
					1	Кафедра ТМ гр. ПМ-20