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: Спеціальний різальний інструмент для обробки поверхонь деталі «Вісь» та його інженерний аналіз за допомогою CAE систем

Виконав: здобувач групи ПМ-21
Волошин С.О.

Керівник випускної роботи:
доцент, к.т.н., Нечаєв В.П.

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: Спеціальний різальний інструмент для обробки поверхонь деталі «Вісь» та його інженерний аналіз за допомогою CAE систем

Виконав здобувач гр. ПМ-21 _____ Сергій ВОЛОШИН
(підпис)

Керівник КБР _____ Василь НЕЧАЄВ
(підпис)

Нормоконтроль _____ Василь НЕЧАЄВ
(підпис)

Завідувач кафедри _____ Антон РЯЗАНЦЕВ
(підпис)

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-21 Волошина Сергія Олексійович
1. Тема: Спеціальний різальний інструмент для обробки поверхонь деталі «Вісь» та його інженерний аналіз за допомогою CAE систем

Керівник проэкту: доц., к.т.н. Нечаєв В.П.

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 зубчастий». 3. Річна програма випуску деталей

4. Зміст пояснювальної записки: 1. Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі. 2. Технологічна підготовка виробництва деталі. 3. Вибір ріжучих 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. Вісь. 2. Верстатно-інструментальне налагодження. 3. Різець фасонний призматичний. 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	25.02.2025
2.	Технічне завдання та аналіз вихідних даних	01.03.2025
3.	Призначення об'єкту виробництва	03.03.2025
4.	Аналіз технологічності деталі.	10.03.2025
5.	Креслення деталі (А1-А4).	18.03.2025
6.	Вибір та обґрунтування послідовності обробки поверхонь деталі.	24.03.2025
7.	Розробка технологічного маршруту обробки деталі.	05.04.2025
8.	Вибір параметрів ріжучої частини інструментів.	12.04.2025
9.	Розрахунок конструктивних параметрів ріжучої частини інструменту.	19.04.2025
10.	Вибір розмірів ріжучого інструменту.	25.04.2025
11.	Креслення спеціального ріжучого інструменту (А2-А4).	01.05.2025
12.	Креслення з інженерним аналізом спеціального різального інструменту	04.05.2025
13.	Вибір допоміжних інструментів.	08.05.2025
14.	Розробка та креслення об’єднаного верстатно-інструментального налагодження (А1-А2)	12.05.2025
15.	Моделювання та програмування операцій механічної обробки	15.05.2025
16.	Креслення змодельованого процесу обробки (А1-А2)	22.05.2025
17.	Організаційно-економічна підготовка виробництва.	27.05.2025
18.	Висновки	01.06.2025
19.	Оформлення РПЗ	07.06.2025
20.	Попередній захист	15.06.2025

Дата видачі завдання: «____» _____ 2025 р.

Завдання видав керівник КБР _____ / Нечаєв В.П./

Завдання отримав
здобувач освіти _____ / Волошин С.О./

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Документація		
А4		1	КНУ.КБР.131.25.1-02.ПЗ	Пояснювальна записка	52	
				Креслення		
А2		2	КНУ.КБР.131.25.1-02.В	Вісь	1	
А3		3	КНУ.КБР.131.25.1-02.РФП	Різець фасонний призматичний	1	
А2		4	КНУ.КБР.131.25.1-02.ВІН	Верстатно-інструментальне	1	
				налагодження		
А3		5	КНУ.КБР.131.25.1-02.ІАСРІ	Інженерний аналіз спеціального	1	
				різального інструменту		
А3		6	КНУ.КБР.131.25.1-02.МПМО	Моделювання процесу	1	
				механічної обробки		

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Волошин		
Пров.		Нечаєв		
Н.контр.		Нечаєв		
Утв.		Рязанцев		

КНУ.КБР.131.25.1-02.ВМКБР

Відомість матеріалів КБР

Лит.	Лист	Листов
Н		1

Каф. ТМ
гр. ПМ-21

Копировал

Формат А4

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до КРБ містить: 52 стор., 36 рисунків, 20 таблиць, 5 листів графічної частини.

Метою кваліфікаційної бакалаврської роботи є розробка спеціального різального інструменту для обробки поверхонь деталі типу «Вісь» та проведення його інженерного аналізу з використанням CAE-систем для забезпечення оптимальних техніко-економічних показників обробки.

Об'єктом дослідження є процес механічної обробки поверхонь деталі типу „Вісь“, що виконується на верстатному обладнанні.

Предметом дослідження виступає спеціальний різальний інструмент та методика його інженерного аналізу за допомогою CAE-систем, з метою підвищення точності, надійності та продуктивності процесу обробки.

У сучасному машинобудуванні важливе значення має ефективність процесів механічної обробки деталей, які визначають якість продукції, ресурс обладнання та загальну економічність виробництва. Однією з таких критично важливих деталей є «вісь», що використовується в широкому спектрі механізмів – від транспортних систем до промислового обладнання. Обробка поверхонь таких деталей вимагає застосування високоефективного спеціального різального інструменту, здатного забезпечити необхідну точність, шорсткість поверхні та тривалу експлуатаційну надійність.

У зв'язку з цим тема КБР присвячена розробці та інженерному аналізу спеціального різального інструменту для обробки поверхонь деталі «Вісь», із застосуванням CAE-систем.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю підвищення продуктивності та якості механічної обробки деталей складної форми, а також вимогами до скорочення часу виготовлення і зниження виробничих витрат. Стандартний інструмент не завжди забезпечує оптимальні технологічні показники, особливо при обробці деталей зі складним профілем або високими вимогами до точності.

Упровадження спеціального різального інструменту, адаптованого до конкретної геометрії деталі, дозволяє значно підвищити ефективність технологічного процесу. Застосування CAE-систем, таких як системи кінематичного та силового аналізу, моделювання термомеханічних процесів та оптимізації геометрії інструменту, відкриває нові можливості для інженерного обґрунтування рішень ще на етапі проектування.

ВІСЬ, ОПОРНО-ПРИВОДНЕ КОЛЕСО, ФАСОННИЙ ПРИЗМАТИЧНИЙ РІЗЕЦЬ, МОДЕЛЮВАННЯ, СОБІВАРТІСТЬ.

ABSTRACT

The explanatory note to QBW contains: 52 pages, 36 figures, 20 tables, 5 sheets of the graphic part.

The purpose of the work is to develop a special cutting tool for machining the surfaces of a shaft-type part and to carry out its engineering analysis using CAE systems to ensure optimal technical and economic machining performance.

The object of the study is the process of mechanical machining of surfaces of a “shaft”-type part performed on machine-tool equipment.

The subject of the research is a special cutting tool and the methodology of its engineering analysis using CAE systems, with the aim of improving the accuracy, reliability, and productivity of the machining process.

In modern mechanical engineering, the efficiency of machining processes plays a vital role, as it determines product quality, equipment lifespan, and overall production economy. One such critically important component is the shaft, which is widely used in a broad range of mechanisms – from transport systems to industrial equipment. The machining of such part surfaces requires the use of highly efficient special cutting tools capable of ensuring the required dimensional accuracy, surface finish, and long-term operational reliability.

In this regard, the topic of the diploma project is dedicated to the development and engineering analysis of a special cutting tool for machining the surfaces of the “shaft” part, using CAE systems.

The relevance of the research lies in the need to enhance productivity and quality in the machining of complex-shaped parts, as well as the demand to reduce manufacturing time and production costs. Standard tools do not always ensure optimal technological performance, especially when machining parts with complex profiles or high accuracy requirements.

The implementation of a special cutting tool adapted to the specific geometry of the part allows for a significant increase in the efficiency of the technological process. The use of CAE systems – such as kinematic and force analysis tools, thermomechanical process simulation, and tool geometry optimisation – opens up new opportunities for engineering-based decision-making at the design stage.

SHAFT, SUPPORT-DRIVE WHEEL, PROFILED PRISMATIC TOOL, MODELLING, COST PRICE.

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 різьбового з'єднання	12
2 Технологічна підготовка виробництва деталі	14
2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін	14
2.2 Аналіз якості поверхонь деталей	15
2.3 Технічний контроль робочого креслення	18
2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання	18
3 Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами	24
3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі	24
3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів	24
3.3 Вибір типорозміру допоміжних інструментів	33
4 Проектування та інженерний аналіз різального інструменту	35
4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту	35
4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	37
5 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	40
5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора	40
5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм	41
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	44
6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників	44
6.2 Екологія виробництва та охорона праці при виготовленні деталей зі сталі 38Х2МЮА	49
Висновки	51
Список використаних джерел	52

ВСТУП

Машинобудування є провідною галуззю промисловості. Рівень його розвитку визначає рівень розвитку держави на світовому рівні. Суспільство потребує постійного зміну асортименту товарів та послуг або зменшення витрат на виробництво вже існуючих. Ці потреби можуть бути задоволенні шляхом нових технологічних процесів та створення нових машин.

Науково-технічний прогрес, що відбувається в нашій країні, приводить до інтенсифікації всього виробництва. Один з головних напрямків інтенсифікації виробництва є створення систем високопродуктивних машин і приладів, підвищення їхнього технічного рівня. Серед них потужні трактори та турбіни, автоматичні лінії та верстати для електрофізичних та електрохімічних методів обробки металів, обчислювальні машини, автоматизовані системи керування тощо.

В умовах сучасного виробництва росте продуктивність, економічність і надійність машин, знижується їх маса на одиницю потужності, підвищується точність виробів. Сучасне машинобудування випускає вироби з високими експлуатаційними даними при мінімальних витратах суспільної праці.

У числі основних факторів підвищення технічного рівня машинобудування велику роль грає впровадження високоефективних технологічних процесів, комплексної механізації та послідовне проведення автоматизації виробництва. Особливо важливе здійснення цих заходів у тих виробничих процесах, у яких в цей час ще використовується ручна праця, недостатні механізація й автоматизація.

На сучасному розвитку машинобудування головними засобами підвищення ефективності виробництва є автоматизація виробничого процесу.

Застосування сучасного програмного забезпечення (Solid Works, Autodesk FeatureCAM) дає змогу автоматизувати майже всі етапи проектування та скоротити час конструкторсько-технологічного проектування.

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА ТА ДЕТАЛІ

1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

Вихідною інформацією для виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи слугують креслення деталі «Вісь» і річна програма її виготовлення, яка становить 2000 штук. На рисунку 1.1 представлено тривимірну модель зазначеної деталі.

Рисунок 1.1 – Тривимірна модель деталі «Вісь» та загальний вигляд

У рамках роботи було сформовано технічне завдання для розробки оптимального технологічного процесу виготовлення осі опорно-приводного колеса сіялки СПМ-8, а також здійснено підбір найбільш ефективного різального інструменту для цього процесу.

Для досягнення поставленої мети необхідно розглянути наступні завдання:

- аналіз конструктивно-технологічних особливостей деталі «Вісь»;
- обґрунтування доцільності застосування спеціального різального інструменту;
- розробка конструкції інструменту з урахуванням вимог до обробки;
- моделювання роботи інструменту в CAE-системах (аналіз навантажень, температурних впливів, зносостійкості тощо);
- оптимізація геометричних параметрів інструменту для підвищення ефективності обробки.

Об’єктом дослідження є процес механічної обробки поверхонь деталі типу «Вісь», що виконується на верстатному обладнанні.

Предметом дослідження виступає спеціальний різальний інструмент та методика його інженерного аналізу за допомогою CAE-систем, з метою підвищення точності, надійності та продуктивності процесу обробки.

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

Задана деталь вісь, використовується в механізмі опорно-приводного колеса сіялки СПМ-8 (УПС-8, УПС-8-02).

Сіялки СПМ-8 (рис. 1.2) призначені для посіву каліброваних насіння кукурудзи, соняшнику, рицини, кормових бобів, квасолі та сої. Сіялки застосовуються в усіх ґрунтово-кліматичних зонах, крім зон гірського землеробства. Технічні характеристики сіялки СПМ-8 наведено в таблиці 1.1.

Рисунок 1.2 – Сіялка СПМ-8

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики сіялки СПМ-8

Показники	Параметри
Ширина міжрядь	450-700 мм
Робоча ширина захоплення	5,6 м
Глибина закладення насіня та добрив (мінімум-максимум)	40 – 120 мм
Потужність трактору, з яким агрегатується	80 к.с.
Робоча швидкість руху на основних операціях	2,5-9 км/ч
Транспортна швидкість, не більше	15 км/ч
Продуктивність за 1 годину основного часу	1,5-5,0 га/ч
Дорожній просвіт, не менше	300 мм
Габаритні розміри сіялки в робочому положенні (ДхШхВ)	6,15х3,7х1,7 м
Вага сіялки	1,25 т

Опорно-приводне колесо (рис. 1.3) призначене для робот:

- у робочому положенні сіялки для передачі крутного моменту через механізми передач на диски висівних апаратів і механізми передач туковисівних апаратів;

- у положенні далекого транспорту сіялки - для транспортування сіялки по дорогах загального призначення.

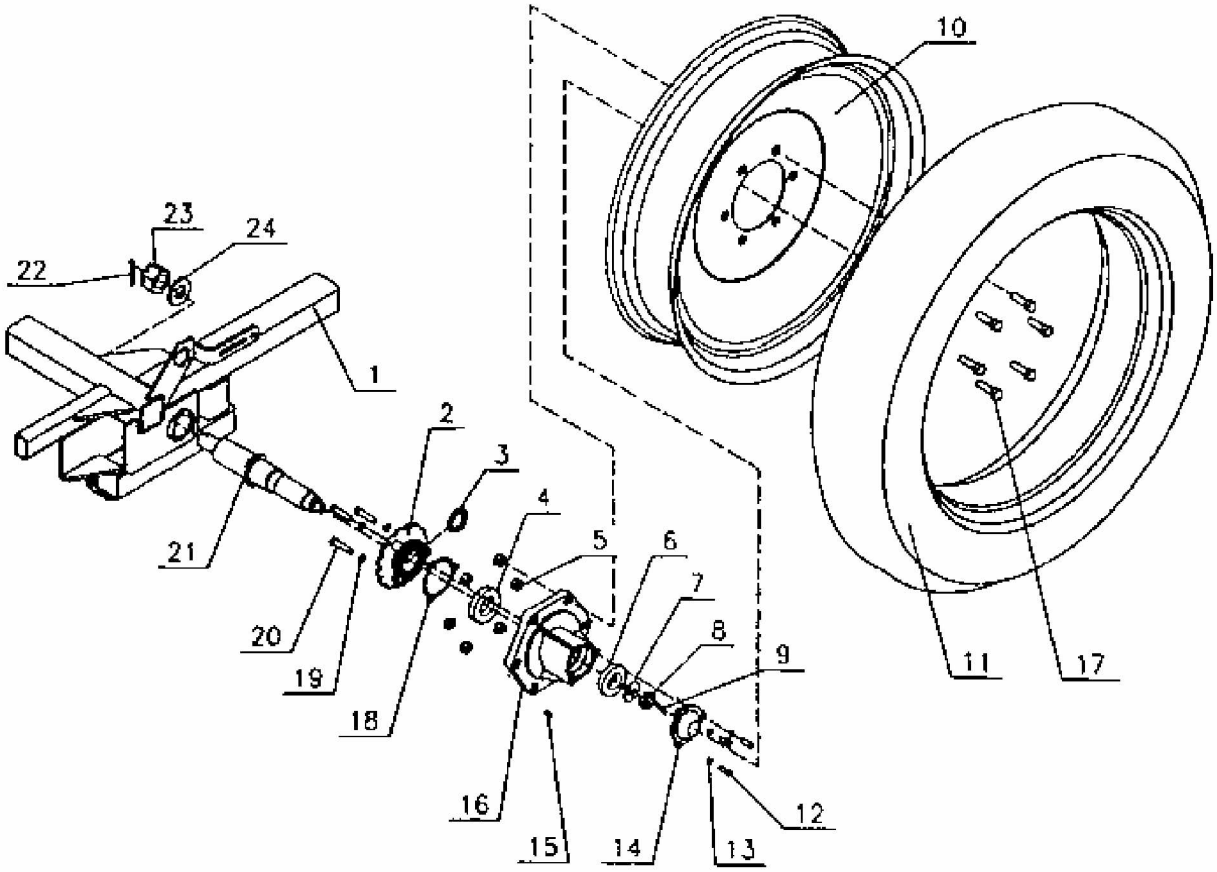


Рисунок 1.3 – Опорно-привідне колесо сіялки СПМ-8:
1 – рама; 2 – зірочка; 3 – кільце; 4 – підшипник; 5 – гайка; 6 – підшипник; 7 – шайба; 8 – гайка; 9 – шплинт; 10 – обід колеса в зборі; 11 – шина; 12 – болт; 13 – шайба; 14 – кришка; 15 – маслянка; 16 – ступиця; 17 – гвинт; 18 – прокладка; 19 – шайба; 20 – болт; 21 – вісь; 22 – шплінт; 23 – гайка; 24 – шайба

1.3 Розрахунок параметрів точності різьбового з'єднання

Вісь включає конструктивні елементи у вигляді різьбових поверхонь. Виконаємо розрахунок параметрів точності різьбового з'єднання.

Вихідні данні: розрахувати параметри різьби М36-6g

М – метрична різьба;

36 – номінальний діаметр різьби, мм;

4 – крок різьби Р, мм;

6g – поле допуску середнього діаметру;

6g – поле допуску зовнішнього діаметру.

1.3.1 Визначаємо номінальні значення діаметрів різьби

Зовнішній – $d = 36$ мм.

Середній – $d_2 = d - 1 + 0{,}350 = 36 - 3 + 0{,}402 = 33{,}402$ мм.

Внутрішній – не нормується.

1.3.2 Визначення граничних відхилень діаметрів

Граничні відхилення встановлюються з урахуванням кроку різьби, номінального діаметра та обраного поля допуску:

Для d_2 – поле допуску 6g;

для d – поле допуску 6g.

Ø33,402 – 6g; $es_2 = -60$ мкм; $ei_2 = -284$ мкм.

Ø36 – 6g; $es = -60$ мкм; $ei = -535$ мкм.

1.3.3 Визначаємо граничні розміри та величини допусків

$d_{2max} = d_2 + es_2 = 33{,}402 + (-0{,}060) = 33{,}342$;

$d_{2min} = d_2 + ei_2 = 33{,}402 + (-0{,}284) = 33{,}118$;

$d_{max} = d + es = 36 + (-0{,}060) = 35{,}940$;

$d_{min} = d + ei = 36 + (-0{,}535) = 35{,}465$.

$Td_2 = d_{2max} - d_{2min} = 33{,}342 - 33{,}118 = 0{,}224$;

$Td_2 = es_2 - ei_2 = -60 - (-284) = 224$ мкм;

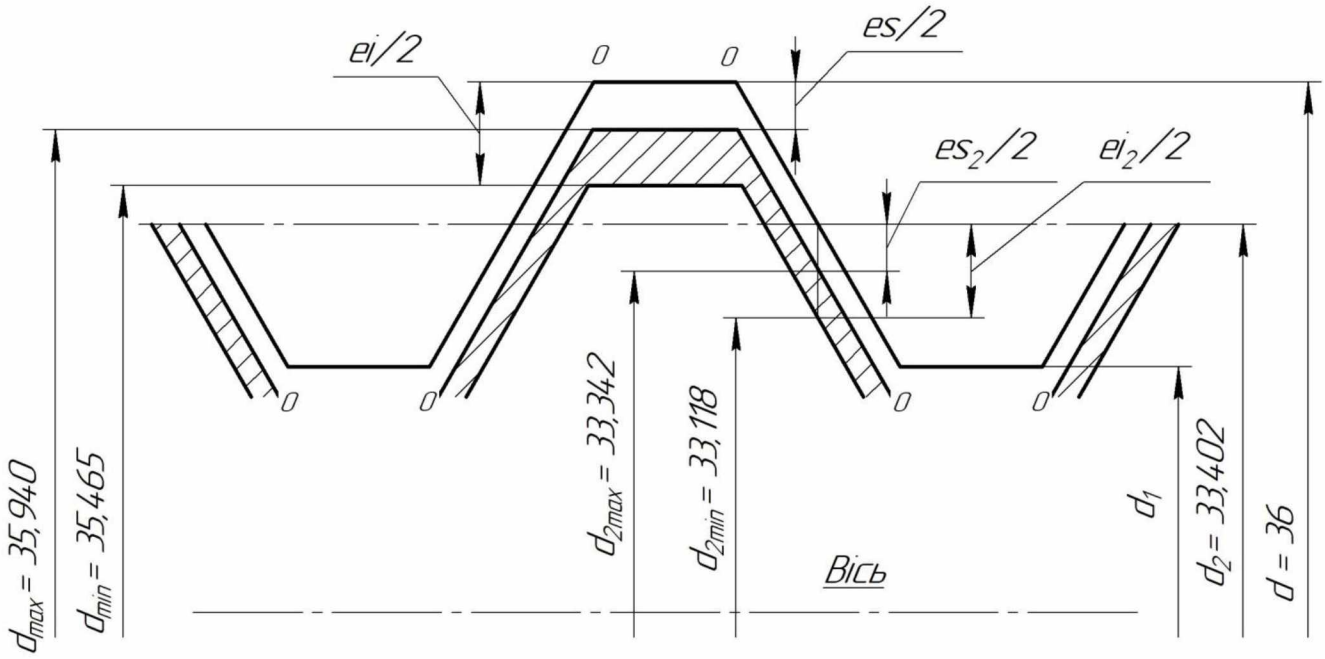
$Td = d_{max} - d_{min} = 35{,}940 - 35{,}465 = 0{,}475$;

$Td = es - ei = -60 - (-535) = 475$ мкм.

Таблиця 1.2 – Результати розрахунку параметрів різьби

Позначення різьби	Елементи різьби	Розміри (мм)			Допуск, мм
		номінальний	найбільший	найменший	
М36-6g	d	36	35,940	35,465	0,475
	d_2	33,402	33,342	33,118	0,224
	d_1	не нормується			

Схема полів допусків різьбової поверхні наведена на рис. 1.4.



Рисунку 1.4 – Схема полів допусків різьбової поверхні (типу болт)

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

Задана деталь вісь використовується в механізмі опорно-приводного колеса сіялки СПМ-8 (УПС-8, УПС-8-02). Основне призначення вісі це:

1) підтримка обертових елементів, забезпечує їхню фіксацію та утримує в певному положенні; 2) передача руху; 3) фіксація та орієнтація деталей – забезпечує правильне розташування частин механізму відносно одна одної; 4) сприйняття навантажень – приймає на себе згинальні сили та вагу деталей, які на ній розташовані.

Деталь виготовлена зі сталі 38Х2МЮА – хромоалюмінієва з молібденом, жароміцна, релаксаційностійка. Застосування: шестерні, валки, пальці, втулки і т.д., що працюють при температурах до 450 градусів.

Замінники сталі: 38Х2ЮА, 38ХВФЮ, 20Х3МВФ. 38Х2Ю

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 38Х2МЮА (ДСТУ 7806:2015), %

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu
0.35 - 0.42	0.2 - 0.45	0.3 - 0.6	до 0.025	до 0.025	1.35 - 1.65	до 0.3	до 0.3

Таблиця 2.2 – Температура критичних точок матеріалу 38Х2МЮА, °С

Ac_1 = 800	$Ac_3(Ac_m)$ = 940	$Ar_3(Arc_m)$ = 726	Ar_1 = 730

Таблиця 2.3 – Технологічні властивості матеріалу 38Х2МЮА

Зварюваність	не застосовується для зварних конструкцій
Флокеночутливість	чутлива
Схильність до відпускної крихкості	не схильна

Таблиця 2.4 – Механічні властивості при Т=20° матеріалу 38Х2МЮА

Сортамент	Розмір	σ_B	σ_T	δ_5	ψ	KCU	Термообробка
-	мм	МПа	МПа	%	%	кДж/м^2	-
Пруток, ДСТУ 7806:2015	Ø 30	980	835	14	50	880	Гартування та відпуск

Таблиця 2.5 – Фізичні властивості матеріалу 38Х2МЮА

Т	$E10^{-5}$	$\alpha 10^{6}$	λ	ρ	С
Град	Мпа	1/Град	Вт/(м×град)	$Кг/м^3$	Дж/(кг×град)
20	2,09		33	7710	
100	2,02	11,5	33		496
200	1,94	11,8	32		517
300	1,9	12,7	31		533
400	1,81	13,4	20		546
500	1,74	13,9	20		575
600	1,62	14,7	28		609
700	1,47	14,9	27		638
800	1,37		27		676

Таблиця 2.6 – Закордонні аналоги матеріалу38Х2МЮА

США	Німеччина	Японія	Франція	Англія	Іспанія	Євросоюз	Польша
–	DIN,WNr	JIS	AFNOR	BS	UNE	EN	PN
A290C1M Cl.A J24056 K24065	1.8509 41CrAlMo7 1.8509 41CrAlMo7	SACM645	40CAD 6-12	905M39	F.174	41CrAlMo7	38HMJ

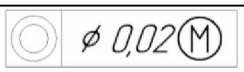
2.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Виходячи з вимог до точності та якості поверхонь деталей, визначається раціональна послідовність технологічних методів обробки, які в сукупності забезпечують необхідні характеристики поверхні, зазначені в робочому кресленні. Обґрунтована послідовність операцій наведена в таблиці 2.7, а деталь з пронумерованими поверхнями на рис. 2.1.

Таблиця 2.7 – Вибір і обґрунтування послідовності обробки

№ пов.	Розмір мм	Шорсткість Ra	Допуск ±IT	Послідовність технологічних методів обробки	Прим.
1	2	3	4	5	6
1	45	12,5	h14	Підрізання торцю	
2	M64x4	12,5	14	Точіння чорнове	
		12,5	12	Нарізання різьби чорнове	
		6,3	6g	Нарізання різьби чистове	
3	45	12,5	h14	Точіння чорнове	
4	∅60	12,5	h14	Точіння чорнове	
5	99	12,5	h14	Точіння чорнове	
6	∅80	12,5	h14	Точіння чорнове	
7	8	12,5	h14	Точіння чорнове	

Продовження таблиці 2.7

1	2	3	4	5	6
8	∅60	12,5	h14	Точіння чорнове	
9	140	12,5	h14	Точіння чорнове	
10	∅50	12,5	h14	Точіння чорнове	
		6,3	h14	Точіння напівчистове	
		1,6	h6	Точіння чистове	
11	25	12,5	h14	Точіння чорнове	
12	∅49	12,5	h14	Точіння чорнове	
13	93	12,5	h14	Точіння чорнове	
14	∅40	12,5	h14	Точіння чорнове	
		6,3	h14	Точіння напівчистове	
		3,2	h9	Точіння чистове	
		1,6	h6	Шліфування	
15	22	12,5	h14	Точіння чорнове	
16	M24x2	12,5	h14	Точіння чорнове	
		12,5	12	Нарізання різьби чорнове	
		6,3	6g	Нарізання різьби чистове	
17	329	12,5	h14	Точіння чорнове	
18	H=5, ∠=45, R=1, R=0,50	12,5	h14	Точіння чорнове	
19	H=3, ∠=45, R=1, R=0,50	12,5	h14	Точіння чорнове	
20, 21	60	12,5	h14	Фрезерування	
22	∅5	12,5	H14	Свердління	
23	∅6,3	12,5	H14	Свердління	
24	3x45 2Фаски	12,5	h14	Точіння чорнове	
25	2x45 2Фаски	12,5	h14	Точіння чорнове	
26	1,6x45 Фаска	12,5	h14	Точіння чорнове	

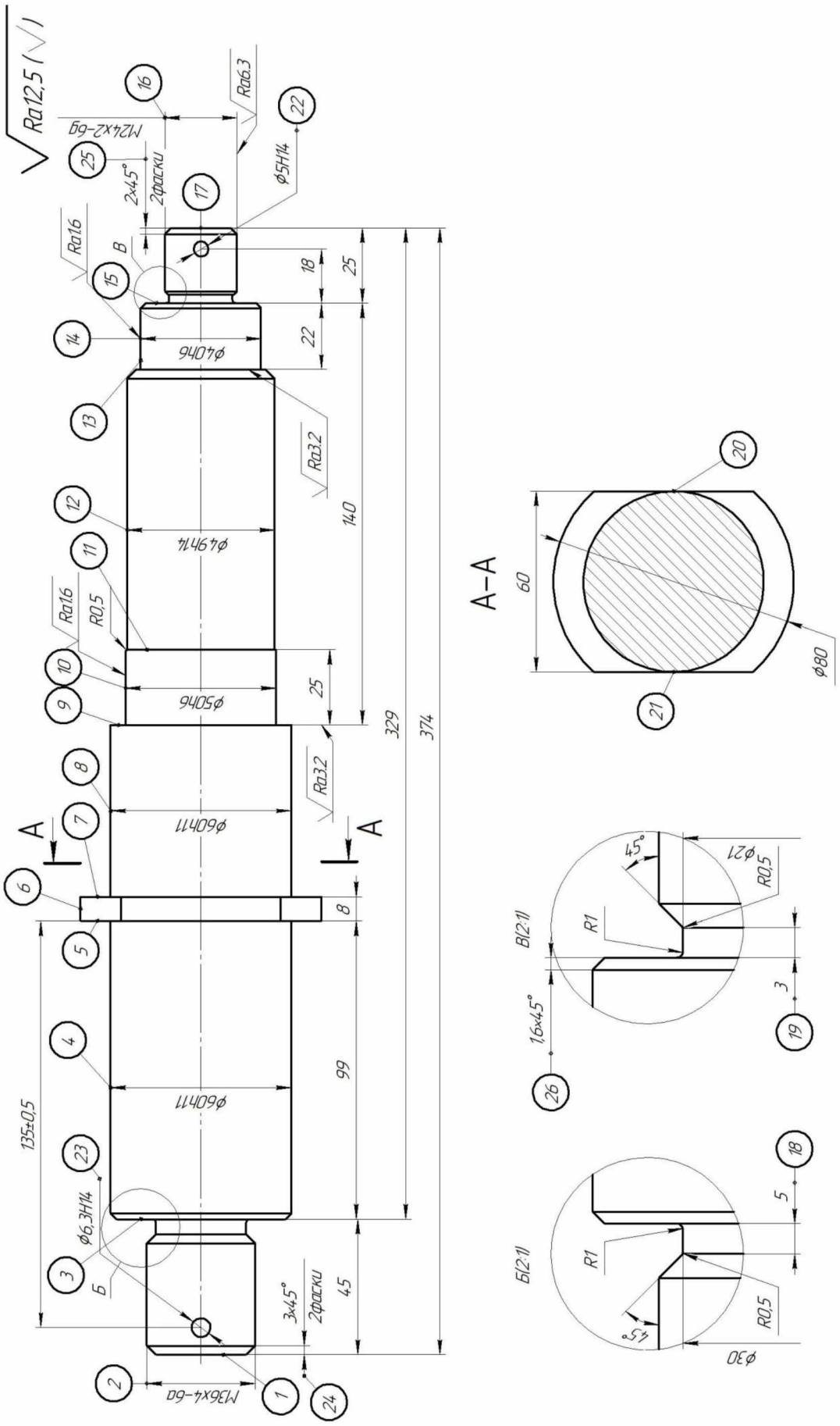


Рисунок 2.1 – Нумерація поверхонь деталі «Вісь»

2.3 Технічний контроль робочого креслення

Деталь «Вісь» представлено кресленням формату А2 з масштабом 1:1. На кресленні деталь представлена головним видом та перерізом А-А, додатково, у збільшеному масштабі (2:1), винесені два види Б та В на яких міститься інформація про конструктивні елементи – канавки. Вся необхідна інформація щодо поверхонь деталей містить в технічних вимогах креслення.

Конструкція деталі є технологічною, хоча для її виготовлення необхідне використання високоточного обладнання. Найбільш точній обробці підлягають шийки, призначені для встановлення підшипників.

Деталь дозволяє застосовувати високопродуктивні режими обробки, має зручні базові поверхні для виконання початкових операцій і відзначається простою конструкцією та конфігурацією.

Зовнішні поверхні деталі можуть слугувати як установчими, так і опорними базами під час обробки. Окрім цього, вони також придатні для використання як бази під час складання.

2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання

Технологічний процес виготовлення заданої деталі включає низку послідовних операцій:

005 – токарна чорнова

010 – токарна чистова

015 – свердлильна

020 – фрезерна

025 – шліфувальна

Враховуючи обсяг та характер раніше визначених способів обробки поверхонь, обираємо відповідні типи металорізального обладнання та інструментів. Відомості про них заносимо до таблиці 2.8.

На токарні операції обираємо токарний центр з ЧПК HASS ST 30.

Свердлильні операції будемо робити на вертикально-свердлильному верстаті 2Р135Ф2.

Фрезерні операцій виконуємо на фрезерному верстаті з ЧПК 6Р13Ф3.

Шліфування виконується на круглошліфувальному верстаті 3М175.

Таблиця 2.8 – Вибір металорізальних верстатів та інструментів по обробці поверхонь деталі

№ пов.	Найменування операції	Тип і модель верстату	Тип інструменту
1	2	3	4
1	Підрізання торцю	Токарний центр з ЧПК HASS ST 30	Різець з механічним кріпленням пластини

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4
2	Точіння зовнішньої циліндричної поверхні	Токарний центр з ЧПК HASS ST 30	Різець з механічним кріпленням пластини
3	Підрізання торцю	Токарний центр з ЧПК HASS ST 30	Різець з механічним кріпленням пластини
4	Точіння зовнішньої циліндричної поверхні	Токарний центр з ЧПК HASS ST 30	Різець з механічним кріпленням пластини
5	Підрізання торцю	Токарний центр з ЧПК HASS ST 30	Різець з механічним кріпленням пластини
6	Точіння зовнішньої циліндричної поверхні	Токарний центр з ЧПК HASS ST 30	Різець з механічним кріпленням пластини
7	Підрізання торцю	Токарний центр з ЧПК HASS ST 30	Різець з механічним кріпленням пластини
8	Точіння зовнішньої циліндричної поверхні	Токарний центр з ЧПК HASS ST 30	Різець з механічним кріпленням пластини
9	Підрізання торцю	Токарний центр з ЧПК HASS ST 30	Різець з механічним кріпленням пластини
10	Точіння зовнішньої циліндричної поверхні	Токарний центр з ЧПК HASS ST 30	Різець з механічним кріпленням пластини
		Круглошліфувальний верстат 3М151	Шліфувальний круг
11	Підрізання торцю	Токарний центр з ЧПК HASS ST 30	Різець з механічним кріпленням пластини
12	Точіння зовнішньої циліндричної поверхні	Токарний центр с ЧПК HASS ST 30	Різець з механічним кріпленням пластини
13	Підрізання торцю	Токарний центр з ЧПК HASS ST 30	Різець з механічним кріпленням пластини
14	Точіння зовнішньої циліндричної поверхні	Токарний центр з ЧПК HASS ST 30	Різець з механічним кріпленням пластини
		Круглошліфувальний верстат 3М151	Шліфувальний круг
15	Підрізання торцю	Токарний центр з ЧПК HASS ST 30	Різець з механічним кріпленням пластини
16	Точіння зовнішньої циліндричної поверхні	Токарний центр з ЧПК HASS ST 30	Різець з механічним кріпленням пластини
17	Підрізання торцю	Токарний центр з ЧПК HASS ST 30	Різець з механічним кріпленням пластини
18	Точіння канавки	Токарний центр з ЧПК HASS ST 30	Різець з механічним кріпленням пластини
19	Точіння канавки	Токарний центр з ЧПК HASS ST 30	Різець з механічним кріпленням пластини
20, 21	Фрезерування	Фрезерний верстат з ЧПУ 6Р13Ф3	Фреза кінцева

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4
22	Свердлення отвору	Вертикально свердлильний верстат 2Р135Ф2	Свердло
23	Свердлення отвору	Вертикально свердлильний верстат 2Р135Ф2	Свердло
24	Точіння фаски	Токарний центр с ЧПК HASS ST 30	Різець з механічним кріпленням пластини
25	Точіння фаски	Токарний центр с ЧПК HASS ST 30	Різець з механічним кріпленням пластини
26	Точіння фаски	Токарний центр с ЧПК HASS ST 30	Різець з механічним кріпленням пластини

Токарні (чорнові, чистові) виконуються на токарно-револьверному центрі з ЧПК HAAS ST-30 (рис. 2.2) – верстат підвищеної точності призначений для виконання найрізноманітніших токарних, різьбонарізальних робіт.

Рисунок 2.2 – Верстат HAAS ST-30

Параметри робочої зони верстата HAAS ST-30:

1) максимально встановлюється діаметр заготовки, над станиною 806 мм;
2) над кареткою 527 мм;
3) максимальний оброблюваний зовнішній діаметр, 406 мм;
4) максимальна довжина точіння, 584 мм.

Параметри шпинделя:

1) посадка шпинделя А2-6;
2) максимальна частота обертання шпинделя, 4500 об/хв;
3) максимальний крутний момент на шпинделі = 700 об/хв, 339 Нм;
4) максимальна потужність на шпинделі, 22,4 кВт;
5) діаметр отвору в шпинделі, 88,9 мм;

6) діаметр отвору в тягової гідравлічної трубі, 77 мм;
7) максимальний діаметр оброблюваного прутка, 76 мм;
8) діаметр трьохкулачковим гідравлічного патрона, 254 мм.

Параметри подач. Величина робочих переміщень по осях:
1) по осі OX 324 мм;
2) по осі OY ± 50,8 мм;
3) по осі OZ 660 мм.

Максимальна швидкість неодружених переміщень робочих органів по осях:
1) по осі X 24,0 м/хв;
2) по осі Y 18,0 м/хв;
3) по осі Z 30,5 м/хв.

Максимальні допустимі зусилля по осях:
1) по осі OX 20,50 кН;
2) по осі OZ 20,90 кН.

Свердління отворів виконується на вертикально-свердлильному верстаті 2Р135Ф2 (рис. 2.3), який призначений для свердління, розсвердлювання, зенкування, розгортання і нарізування різьблення в деталях типу кришок, фланців, панелей і т.п. без попередньої розмітки і без застосування кондукторів.

Рисунок 2.3 – Верстат 2Р135Ф2

Технічні характеристики:
1) діаметр свердління найбільший 35 мм;
2) діаметр нарізають різьблень найбільший 24 мм;
3) хід сверлильной головки 250 мм;
4) розміри столу 400х630 мм;
5) діапазон частоти обертання шпинделя 31,5-1400 об/хв;

6) діапазон подач шпинделя 10 -500 мм/хв;
7) розміри конуса шпинделя (Морзе) 4;
8) швидкий відвід і підведення стола 3800 мм/хв;
9) число інструментів 6;
10) число керованих осей координат (всього / одночасно) 3/2;
11) найбільша довжина переміщення по осях координат, X/Y/Z: 0/360/560 мм;
12) дискретність по осях координат X ', Y', Z ' 0,005 мм;
13) программоносій - перфолента восьмідоріжкова;
14) клас точності верстата Н;
15) потужність електродвигуна приводу головного руху 4 кВт;
16) габаритні розміри верстата, 2500х1800х2700 мм;
17) маса верстата 3500 кг.

Фрезерування поверхонь деталі виконується на вертикально-фрезерному верстаті моделі 6Р13Ф3 (рис. 2.4). Основне завдання даного фрезерного обладнання, обробляти металеві вироби і деталі (чавун, сталь, кольоровий метал).

Рисунок 2.4 – Верстат 6Р13Ф3

Технічні характеристики:
1) максимальний розмір перетину:для торцевої фрези 125 мм; для кінцевої фрези; 40 мм;
2) кількість Т-образних пазів: 3 шт;
3) максимальний розмір перетину свердління: 30 мм;
4) розміри столу: 400х 1600;
5) навантаження на робочу область обладнання до 300,0 кг;
6) подача на одноразовий імпульс: 0,01 мм;
7) максимальне переміщення столу: в горизонтальному напрямку 400 мм; в вертикальному 1000 мм; в установчому (вертикальному) напрямку 420 мм;

8) довжина роз'єму між вертикальною направляє станини і віссю шпинделя: 500 мм;
9) швидкість переміщення робочої поверхні: 4,80 м/с .

Шліфування шийок деталі виконується на кругло-шліфувальному верстаті моделі 3М175 (рис. 2.5), який призначено для зовнішнього шліфування циліндричних і пологих конічних поверхонь методом поздовжнього і врізного шліфування в напівавтоматичному циклі в умовах крупносерійного та серійного виробництва.

Рисунок 2.5 – Верстат 3М175

Технічні характеристики:
1) розміри заготовки, max: діаметр / довжина 400/2800 мм;
2) розміри шліфування, max: діаметр / довжина 400/2520 мм;
3) маса заготовки, max 1000-1500 мм;
4) довжина переміщення столу, max 2800 мм;
5) висота центрів над столом 210 мм;
6) клас точності - 8 П;
7) діаметр опорних шийок 110f7 мм;
8) Розміри шліфувального круга, max: діаметр зовнішній / внутрішній 750/305 мм; висота 80; 100 мм;
9) Частота обертання шпинделя шліфувальної бабки, 1270 $хв^{-1}$;
10) Частота обертання заготовки (регулюється безступінчатий):
найбільша 180; 360 $хв^{-1}$;
найменша 20; 40 $хв^{-1}$;
11) Окружна швидкість шліфувального круга 35 м/с;
12) Кут повороту верхнього столу, max:
по год. стрілкою 2 град;
проти год. стрілки 4 град;
13) Сумарна потужність ел. двигунів 26,19; 23,98 кВт;
14) Габаритні розміри з окремо розташованим обладнанням:
довжина 8310 мм; ширина 3690 мм; висота 2135 мм.

3 ВИБІР РІЖУЧИХ ТА ДОПОМІЖНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ЗА МІЖНАРОДНИМИ СТАНДАРТАМИ

3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі

З огляду на обсяг і специфіку раніше застосованих технологічних способів обробки поверхонь, необхідно підібрати сучасні інструменти, що пропонуються як вітчизняними, так і зарубіжними виробниками. Для кожної оброблюваної поверхні деталі здійснюється вибір та обґрунтування типу інструмента, а також надається його ескіз. Вся зібрана інформація відображається у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Вибір типів інструментів по обробці поверхонь деталі

№ пов.	Найменування операції	Тип інструменту
1-19, 24-26	Токарна	Різець з механічним кріпленням пластини
22, 23	Свердлильна	Свердло
20, 21	Фрезерна	Фреза кінцева
10, 14	Шліфувальна	Шліфувальний круг

3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів

Враховуючи фізико-механічні характеристики матеріалу деталі, вид обробки та типи металорізального обладнання, для обраних інструментів визначаємо матеріал ріжучої частини, обираємо відповідні геометричні параметри, а також параметри з'єднувальної частини.

Відомості про підібраний інструмент заносяться до таблиці 3.2, при цьому вибір здійснюється на основі каталогу SECO [3].

Таблиця 3.2 – Вибір параметрів різальної частини інструментів.

№ пов.	Тип інструмента	Матеріал різальної частини інструмента	Матеріал державки	Геометричні параметри різальної частини інструмента
1	2	3	4	5
1	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною	TP0501 CNMG120408 Стружколом - MF5	Зовнішня державка PCLNR - 2525M12JETL	φ=80° α=0° γ=5° φ1=5°

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5
2	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною	TP0501 CNMG120408 Стружколом - MF5	Зовнішня державка PCLNR - 2525M12JETL	φ=80°; α=0°; γ=5°; φ_1=5°
		TP501 CCMT060204 Стружколом - MF2	Зовнішня державка SCLCR 2525M12JET	φ=80°; α=7°; γ=5°; φ_1=5°
	Різець різьбовий з механічним кріпленням з тригранною пластинкою	CP500 16ER A60 Стружколом - A	Зовнішня державка CER 2525M16HD	β=60°; γ=0°; α=6°
3	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною	TP0501 CNMG120408 Стружколом - MF5	Зовнішня державка PCLNR - 2525M12JETL	φ=80°; α=0°; γ=5°; φ_1=5°
4	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною	TP0501 CNMG120408 Стружколом - MF5	Зовнішня державка PCLNR - 2525M12JETL	φ=80°; α=0°; γ=5°; φ_1=5°
5	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною	TP0501 CNMG120408 Стружколом - MF5	Зовнішня державка PCLNR - 2525M12JETL	φ=80°; α=0°; γ=5°; φ_1=5°
6	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною	TP0501 CNMG120408 Стружколом - MF5	Зовнішня державка PCLNR - 2525M12JETL	φ=80°; α=0°; γ=5°; φ_1=5°
7	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною	TP0501 CNMG120408 Стружколом - MF5	Зовнішня державка PCLNR - 2525M12JETL	φ=80°; α=0°; γ=5°; φ_1=5°
8	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною	TP0501 CNMG120408 Стружколом - MF5	Зовнішня державка PCLNR - 2525M12JETL	φ=80°; α=0°; γ=5°; φ_1=5°

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5
9	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною	TP0501 CNMG120408 Стружколом - MF5	Зовнішня державка PCLNR - 2525M12JETL	φ=80°; α=0°; γ=5°; $φ_1$=5°
10	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною	TP501 CCMT060204 Стружколом - MF2	Зовнішня державка SCLCR 2525M12JET	φ=80°; α=0°; γ=5°; $φ_1$=5°
	Шліфувальний круг	25A		
11	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною	TP0501 CNMG120408 Стружколом - MF5	Зовнішня державка PCLNR - 2525M12JETL	φ=80°; α=0°; γ=5°; $φ_1$=5°
		TP501 CCMT060204 Стружколом - MF2	Зовнішня державка SCLCR 2525M12JET	φ=80°; α=0°; γ=5°; $φ_1$=5°
12	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною	TP0501 CNMG120408 Стружколом - MF5	Зовнішня державка PCLNR - 2525M12JETL	φ=80°; α=0°; γ=5°; $φ_1$=5°
13	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною	TP0501 CNMG120408 Стружколом-MF5	Зовнішня державка PCLNR - 2525M12JETL	φ=80°; α=0°; γ=5°; $φ_1$=5°
14	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною	TP0501 CNMG120408 Стружколом-MF5	Зовнішня державка PCLNR - 2525M12JETL	φ=80°; α=0°; γ=5°; $φ_1$=5°
		TP501 CCMT060204 Стружколом-MF2	SCLCR 2525M12JET	φ=80°; α=7°; γ=5°; $φ_1$=5°
	Шліфувальний круг	25A		
15	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною	TP0501 CNMG120408 Стружколом-MF5	Зовнішня державка PCLNR - 2525M12JETL	φ=80°; α=0°; γ=5°; $φ_1$=5°

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5
16	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною	TP0501 CNMG120408 Стружколом - MF5	Зовнішня державка PCLNR - 2525M12JETL	φ=80°; α=0°; γ=5°; $φ_1$=5
		TP501; CCMT060204 Стружколом - MF2	Зовнішня державка SCLCR 2525M12JET	φ=80°; α=7°; γ=5°; $φ_1$=5
	Різець різьбовий з механічним кріпленням з тригранною пластинкою	CP500 16ER A60 Стружколом-A	Зовнішня державка CER 2525M16HD	β=60°; γ=0°; α=6°
17	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною	TP0501 CNMG120408 Стружколом - MF5	Зовнішня державка PCLNR - 2525M12JETL	φ=80°; α=0°; γ=5°; $φ_1$=5
18	Фасонний різець	T15K6	Сталь 45X	$φ_{фас}$=45°; α=10°; γ=20°; φ1=15°
19	Фасонний різець	T15K6	Сталь 45X	$φ_{фас}$=45°; α=10°; γ=20°; φ1=15°
20, 21	Фреза кінцева	BK15; JS513080D2C.0Z3-NXT	Сталь конструкційна 50	ω=46°; $δ_п$=8°; α=9°
22	Свердло	BK8; SD1103A-0500-020-06R1	Сталь конструкційна 50	
23	Свердло	BK8; SD1103A-0630-024-08R1	Сталь конструкційна 50	
24	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною	TP501 CNMG120408 Стружколом - MF5	Зовнішня державка PCLNR- 2525M12JETL	φ=80°; α=0°; γ=5°; $φ_1$=5
25	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною	TP501 CNMG120408 Стружколом - MF5	Зовнішня державка PCLNR - 2525M12JETL	φ=80°; α=0°; γ=5°; $φ_1$=5
26	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною	TP501 CNMG120408 Стружколом - MF5	Зовнішня державка PCLNR - 2525M12JETL	φ=80°; α=0°; γ=5°; $φ_1$=5

Враховуючи технологічну характеристику верстату, перетин інструменту буде 25х25. Для заданого різця вибираємо пластину, стружколом та матеріал

покриття [3, с. 348-355]. Вибір здійснюємо в залежності від якості оброблюваної поверхні. Тип стружколома [3, с. 25]: чистова обробка – MF2; чорнова обробка – M5. Матеріал покриття: чистова обробка – TP1501. Чорнова обробка – TP0501

Хід вибору параметрів інструменту за каталогом фірми SECO для різців:

1) Виконуємо огляд додатку [3, с. 350] – Різець підрізний (з ромбічною пластиною, φ=95°). Пластина - CN, державка – PCLNR.

2) Виконуємо огляд додатку [3, с. 346] – Різець підрізний (з ромбічною пластиною, φ=95°). Пластина - CC, державка – SCLCR.

3) Для підрізного різця обираємо державку PCLNR - 2525M12JETLз наступними параметрами [3, с. 120]:

h=25; b=25; l_1=150; f_1=32; γ_0= -6°; λs= -6°; вага = 0,8кг.

4) Для підрізного різця обираємо державку SCLCR- 2525M12JETз наступними параметрами [3, с. 119] –:

h=25; b=25; l_1=150; f_1=32; γ_0= 0°; λs=0°; вага = 0,8кг;

5) Для різьбонарізного різця обираємо державку CER 2525M16HD з наступними параметрами [3, с. 36]:

h=25; b=25; l_1=150; f_1=25; l_3=38; вага = 0,8кг;

6) Обираємо пластину [3, с. 346-350, 56]:

- для чорнової обробки – стружколом MF5 покриття TP501.
- для чистової обробки – стружколом MF2 покриття TP501.
- для нарізання різьби - стружколом A покриття CP200.

За обраним видом сплаву та стружколома обираємо пластини:

- для чорнової обробки – CNMG120408 -MF5.
- для чистової обробки – CCMT060204 -MF2.
- для нарізання різьблення - 16ERA60-A.

7) Конструктивні параметри пластин 1204:

Допуски: S=±0,13; rε=±0,1; d=12,70±0,08; l=12,9; S=4,76; h=5,15; rε=0,4-1,6

Конструктивні параметри пластин 0602:

Допуски: S=±0,05; rε=±0,1; d=6,350±0,05; l=6,5; S=2,38; h=2,9; rε=0,2-0,8.

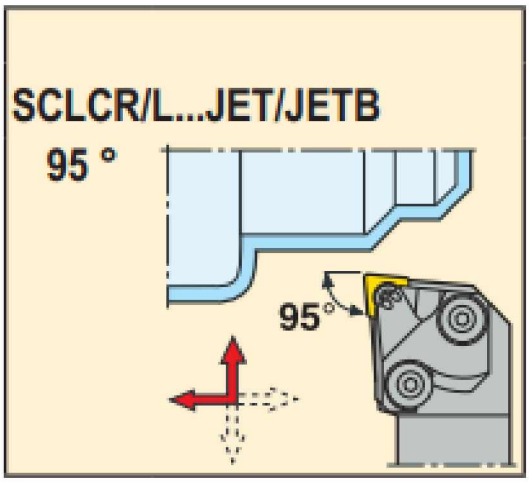


Рисунок 3.1 – Різець для зовнішньої обробки з ромбічною пластиною CNMG

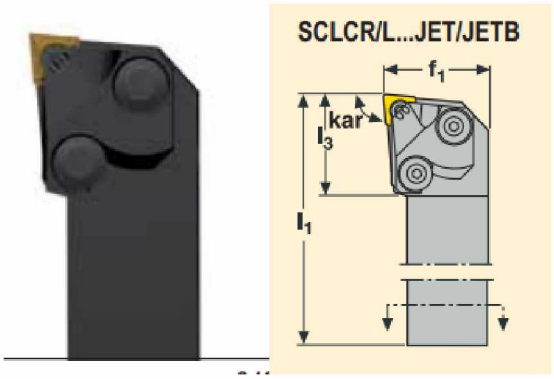


Рисунок 3.2 – Державки для пластин CNMG

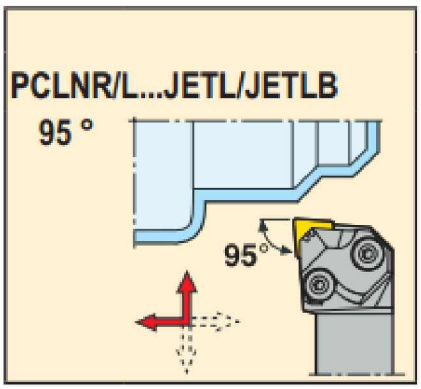


Рисунок 3.3 – Різець для зовнішньої обробки з ромбічною пластиною CCMT

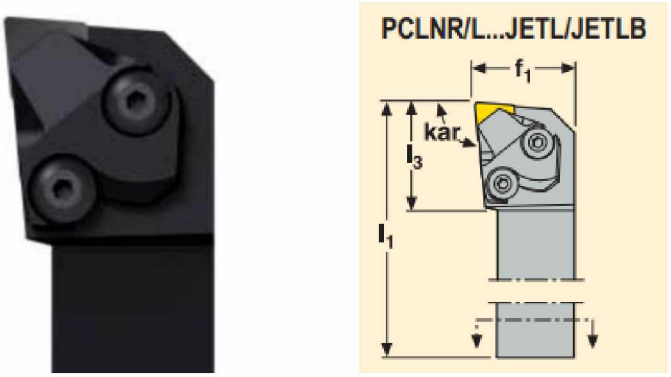


Рисунок 3.4 – Державки для пластин CCMT

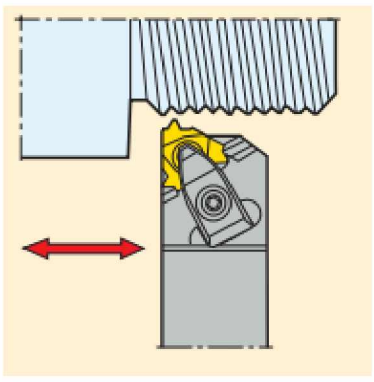


Рисунок 3.5 – Різець для зовнішньої обробки з ромбічною пластиною ER

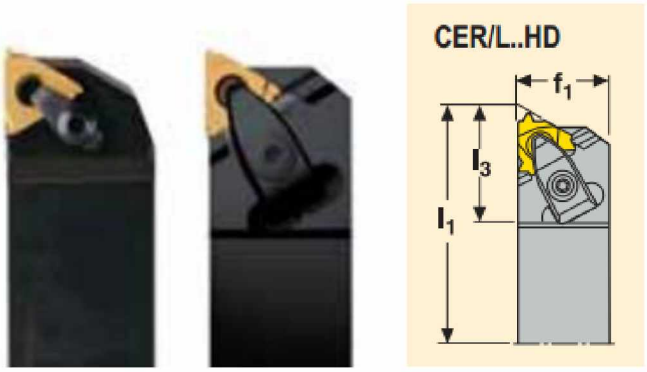


Рисунок 3.6 – Державки для пластин ER

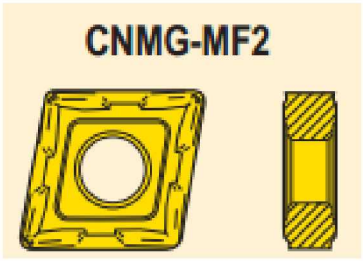


Рисунок 3.7 – Ромбічна пластина для чорнової обробки CNMG120408 -MF5

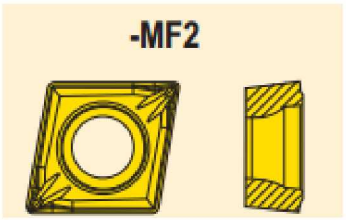


Рисунок 3.8 – Ромбічна пластина для чистової обробки CCMT060204 -MF2

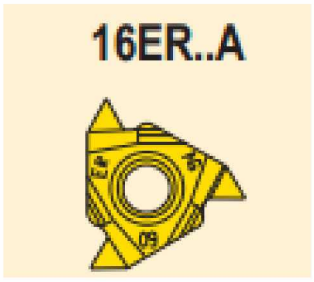


Рисунок 3.9 – Трикутнапластина для нарізання різьблення 16ERA60-A

Хід вибору параметрів інструменту за каталогом фірми SECO для свердла:

1) Виконуємо огляд додатку [4, с. 29] – свердло твердосплавне(2φ=140°). Свердло SD.

2) Обираємо свердло [4, с. 29-30]:

для D5 - SD1103A-0500-020-06R1.

для D6,3 - SD1103A-0630-024-08R1.

3) Конструктивні параметри свердла 0500: D_c=5.00; l_4=20; l_2=66; l_{1s}=30; l_c=36; l_6=28; dm_m=6.

4) Конструктивні параметри свердла 0630: D_c=6.30; l_4=24; l_2=79; l_{1s}=43; l_c=36; l_6=34; dm_m=8.

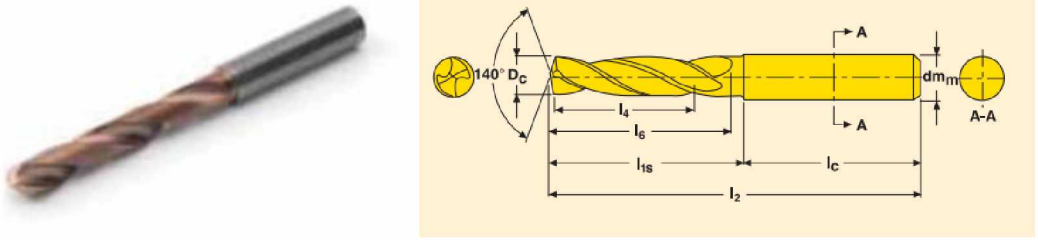


Рисунок 3.10 – Сверло SD

Хід вибору параметрів інструменту за каталогом фірми SECO для фрез:

1) Виконуємо огляд додатку [5, с. 31] – фреза цілісна твердоспалвна, кінцева з циліндричним хвостовіком- тризуба. Фреза JS.

2) Обираємо фрезу [5, с. 31]: JS513080D2C.0Z3-NXT.

3) Матеріал ВК15

4) Конструктивні параметри фрези: D_c=8; d_{mm}=8; a_p= 16; l_2=63; cx45=0,8; z_n=3. Допуски: dmm=h5; Dc=e8.

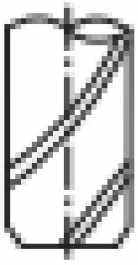


Рисунок 3.11 – Ескіз різальної частини фрези

Рисунок 3.12 – Фреза цілісна

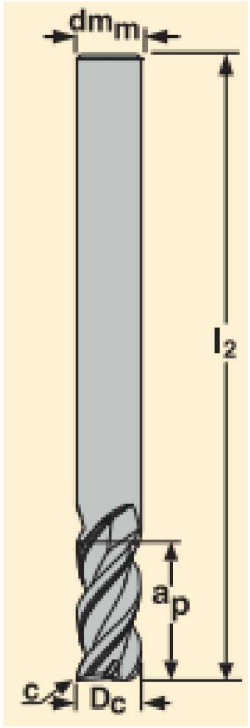


Рисунок 3.13 – Ескіз цільної фрези

Таблиця 3.3 – Вибір типорозміру різальних інструментів

№ пов.	Найменування інструмента	Основні розміри інструмента, пластини	Матеріал інструменту	Шифр інструмента (державки, пластини) за міжнародними стандартами
1	2	3	4	5
1 - 17, 24, 25, 26	Різець з механічним кріпленням ромбічної пластини	25x25x100	Для чорнової обробки - TP501 Стружколом- MF5	Державка PCLNR - 2525M12JETL Пластина CNMG120408- MF5
			Для чистової обробки - TP501 Стружколом-MF2	Державка SCLCR 2525M12JET Пластина CCMT060204 -MF2
2, 16	Різець з механічним кріпленням трикутної пластини	25x25x100	CP200 Стружколом – A	Державка - CER2525M16HD Пластина – 16ERA60-A
10, 14	Шліфувальний круг	200x50x32		
20, 21	Кінцева фреза	Dc=8; l_2=63; z_n=3	BK15	JS513080D2C.0Z3-NXT

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5
22	Свердло	∅5; L=36	ВК8	SD1103A-0500-020-06R1
23	Свердло	∅6,3; L=24	ВК8	SD1103A-0630-024-08R1

3.3 Вибір типорозміру допоміжних інструментів

Розробка інструментального комплексу ведеться для свердлильної операції. Виконується операція на вертикально свердлильному верстаті 2Р135Ф2. Деталь – вісь опорноприводного колеса сіялки.

Інструмент обрано за каталогом фірми SECO.

Цілісні твердосплавні свердла (2φ= 140°).

Типи свердл:

для D5 - SD1103A-0500-020-06R1;

для D6,3- SD1103A-0630-024-08R1.

Допоміжний інструмент обираємо за ДСТУ ГОСТ 25557:2006 «Конуси нструментальні. Основні розміри».

Обираємо Патрон цанговий 6151-4012-02.

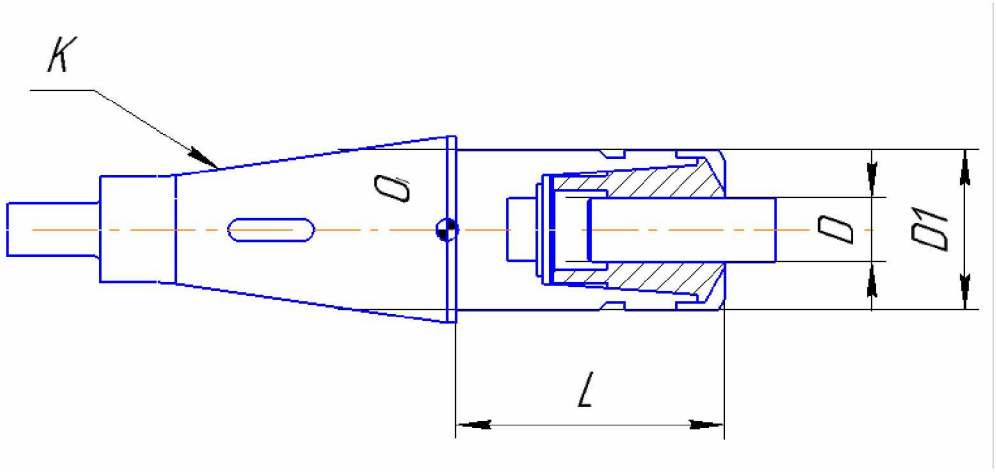


Рисунок 3.14 – Патрон цанговий

Для зажиму інструменту обираємо цангу 6151-4006.02 - 14, 6151 - 4006.02 - 11.

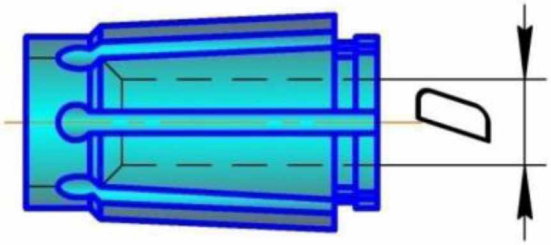


Рисунок 3.15 – Цанга

Таблиця 3.4 – Параметри конуса цангового

Хвостовик	К	Позначення	D_1	L
Морзе	4	6151-4012-02	46	80

Таблиця 3.5 – Параметри цанги

Позначення	D інструменту
6151-4006.02 -14	5,6…6,0
6151-4006.02 -11	6,1…6,5

Виконуємо креслення операції на форматі А2.

4 ПРОЕКТУВАННЯ ТА ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту

Розрахувати та сконструювати фасонний різець для обробки канавки зі сталі 38Х2М10А.

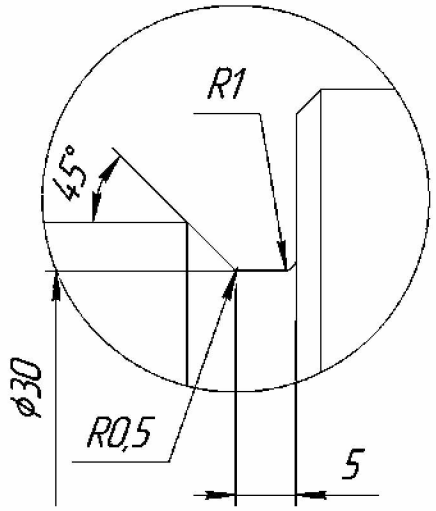


Рисунок 4.1 – Ескіз деталі

Вихідні дані канавки:
H=5 мм;
D=30 мм;
∠=45°;
матеріал деталі - сталь 38Х2М10А.
Вихідні дані для розрахунку фасонного різця:
t_{max}= 3 мм;
B=9 мм
H=75 мм;
E=4 мм;
A=15 мм;
F=7 мм;
r=0,5 мм;
d=4 мм;
M=21,31 мм.
Проектування фасонного різця ведемо у послідовності:
1. Передній та задній кут леза різця визначаємо по табл. 47 [1]: γ= 20°; α=10.

2. Розміри додаткових різальних кромок під відрізання і підрізання приймаємо: b_1= 1 мм; b=7 мм; c=0 мм; a=2 мм; φ_1=15°; $\varphi_{фас}$=45°.

Загальна ширина різця вздовж осі заготовки:

$$L_p=l_д+a+c+b+b_1=15+2+0+7+1=15 \text{ мм}$$

Найбільша глубина різання t_{max}=4 мм.

3. Габаритні та конструкційні розміри різця для найбільшої глубина різання t_{max} =4 мм обираємо по табл. 46 [1]. Конструктивні розміри B=9 мм, H=75 мм вказуємо на робочому кресленні.

4. Розір C розраховуємо за табл. 48 [1]:

a. визначаємо відстань базової вузловий точки 1 в проекції передньої поверхні різця на робочу площину від осі заготовки:

$$h_и=r_1 \sin\gamma;$$
$$\gamma=20° \quad \sin 20°=0,34;$$
$$r_1=15;$$
$$h_и=15\times\sin 20°=5,1.$$

b. визначаємо відстань проекції передньої поверхні різця на робочу площину від осі заготовки:

$$A_1=A_2= r_1 \cos\gamma;$$
$$A_1=A_2=15\times \cos 20°=14,09;$$
$$r_3= 18.$$

c. визначаємо відстані вузлових точок 3, в проекції передньої поверхні різця на робочу площину від осі заготовки:

$$A_3= r_3 \times\cos 16,4= 18\times 0,95=17,118.$$

d. визначаємо відстані вузлових точок в проекції передньої поверхні різця на робочу площину від базової вузловий точки 1:

$$C_3=A_3-A_1 = 17,118 – 14,09=3,028.$$

5. Визначаємо координатні відстані P (табл. 49 [1]):

e. Визначаємо кут викривлення профілю фасонного різця в ба- зовой вузловій точці 1:

$$\varepsilon=\alpha+\gamma=20°+10°=30°;$$
$$\cos\varepsilon=\cos 30°=0,89.$$

f. Визначаємо відстані вузлових точок 3, від координатної площини, проведеної через базову вузлову точку 1 задньої поверхні:

$$P_3=C_3\times \cos\varepsilon=2,8\times 0,89=2,49.$$

6. Профіль шаблонів і контршаблонів для контролю фасонного профілю призматичного різця повністю визначається координатними відстань P. Допуск на лінійні розміри фасонного профілю шаблону при його виготовленні не повинні перевищувати ±0,01 мм.

7. Робоче креслення призматичного фасонного різця виконуємо згідно з вказівками.

4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту

Проведемо інженерний аналіз спроєктованого фасонного призматичного різця. Дослідження виконано в середовищі SOLIDWORKS Simulation. Тип аналізу – статичний. Об'єктом дослідження є фасонний призматичний різець, матеріал — сталь 1.2083 (X40Cr14), аналог Р6М5.

Властивості матеріалу
Матеріал: сталь 1.2083 (X40Cr14)
Межа плинності: $1{,}2 \times 10^9$ Н/м²
Межа міцності на розтяг: $1{,}5 \times 10^9$ Н/м²
Модуль пружності: $2{,}1 \times 10^{11}$ Н/м²
Коефіцієнт Пуассона: 0,28
Модуль зсуву: $7{,}9 \times 10^{10}$ Н/м²
Коефіцієнт теплового розширення: $1{,}1 \times 10^{-5}$ /К

4.2.1 Граничні умови

На модель накладено такі граничні умови (рис. 4.2):
Фіксовані грані: 7 граней повністю закріплені.
Навантаження: прикладено нормальну силу 1342 Н до 4 граней.
Температурні ефекти увімкнені, але тиск рідини вимкнений.

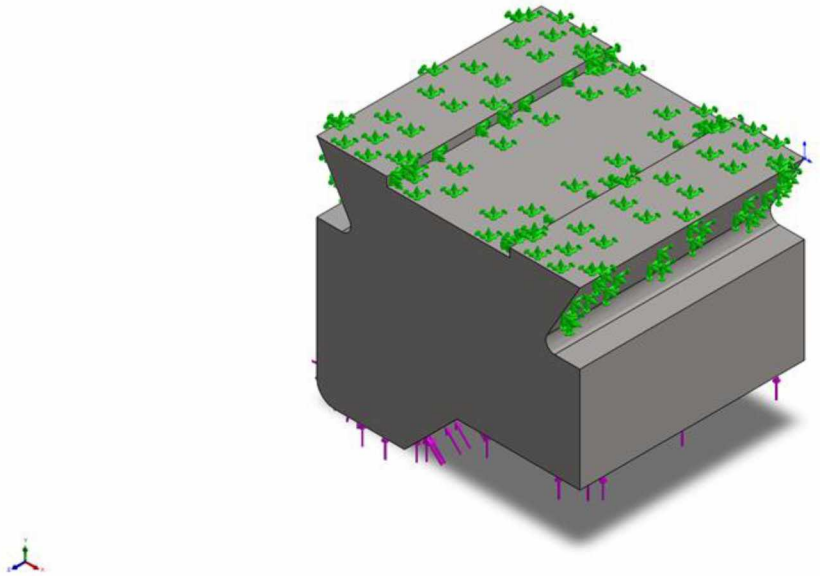


Рисунок 4.2 – Прикладання сил та фіксація інструменту

4.2.2 Сітка

Сітка високої якості (рис. 4.3), використано 15 980 вузлів та 10 384 елементи. Максимальний розмір елемента: 2,76 мм, мінімальний: 0,42 мм. 99,1% елементів мають співвідношення сторін менше 3, що вказує на високу якість.

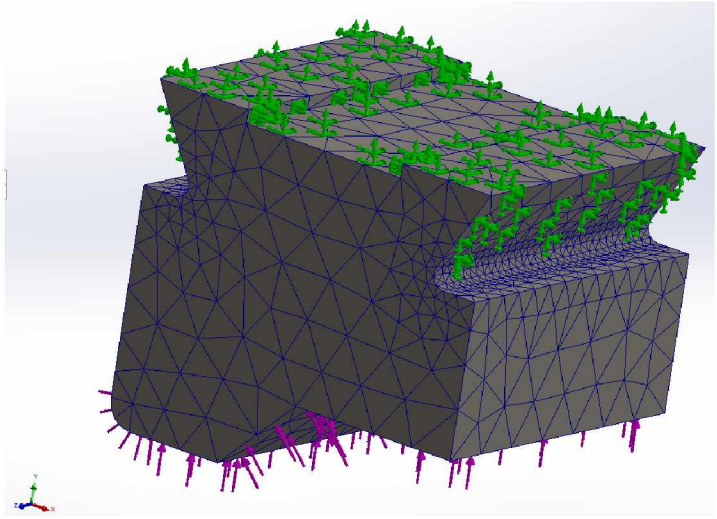


Рисунок 4.3 – Створена сітка кінцевих елементів

4.2.3 Результати дослідження

4.2.3.1 Епюра напружень (за Мізесом)

Діапазон: від 3,481 × 10^{-3} до 1,396 × 10^{8} Н/м². Максимальне значення у 10 разів менше межі плинності матеріалу. Зони максимальних напружень зосереджені в місцях прикладання навантаження. Спостерігається рівномірний розподіл, що свідчить про відсутність концентрації напружень (рис. 4.4).

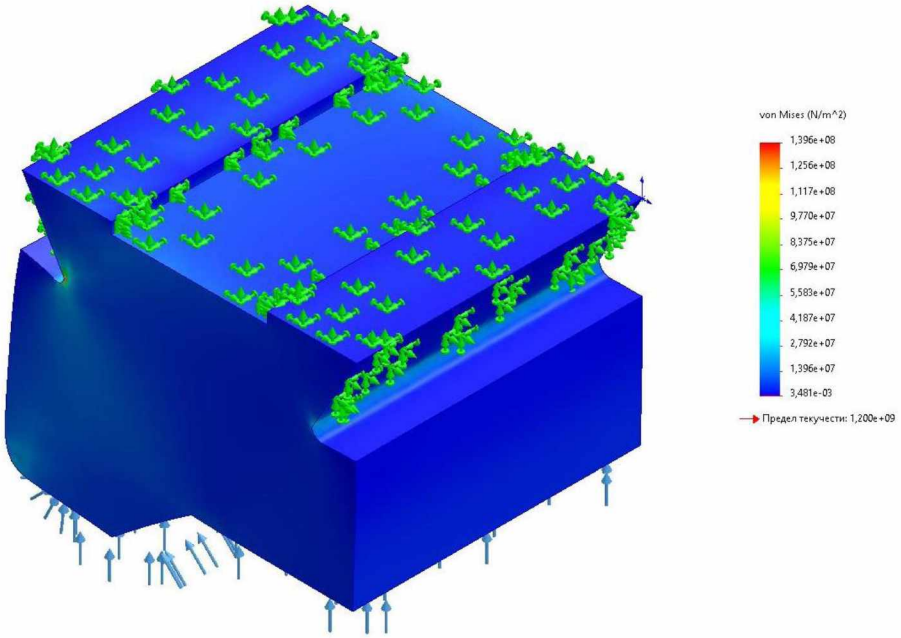


Рисунок 4.4 – Епюра напружень (за Мізесом)

4.2.3.2 Епюра переміщень

Максимальне переміщення: 1,967 × 10^{-3} мм (≈2 мкм). Це свідчить про високу жорсткість конструкції. Зміщення відбувається переважно на протилежному боці від закріплення, що є очікуваним (рис. 4.5).

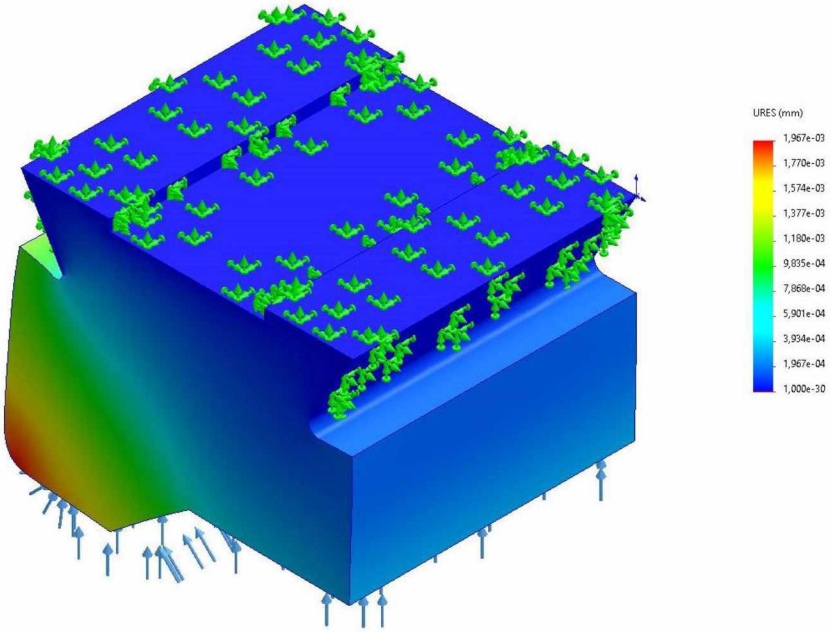


Рисунок 4.5 – Епюра переміщень

4.2.3.3 Епюра деформацій

Діапазон: від $3{,}105 \times 10^{-7}$ до $5{,}203 \times 10^{-4}$. Поведінка матеріалу залишається в межах пружної деформації. Розподіл деформацій вказує на передбачувану роботу конструкції без локальних перевантажень (рис. 4.6).

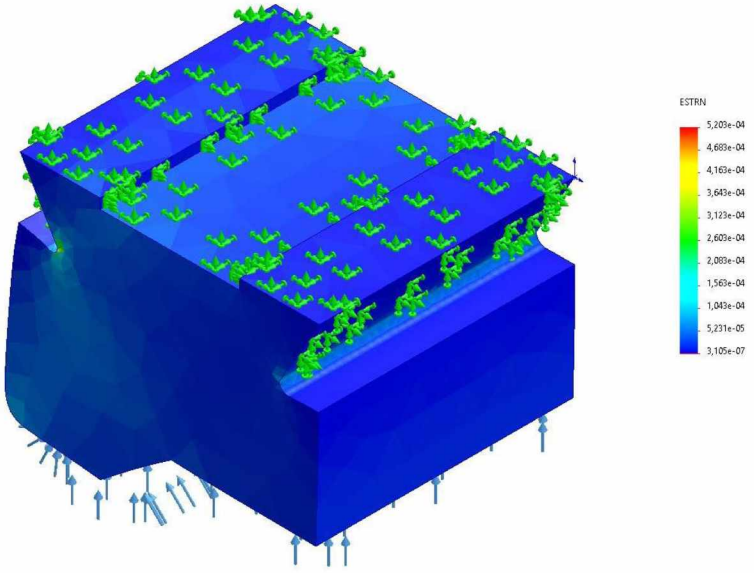


Рисунок 4.6 – Епюра деформацій

Висновок.

Фасонний призматичний різець успішно пройшов статичний аналіз. Всі основні параметри (напруження, переміщення, деформації) залишаються в межах допустимих значень. Конструкція демонструє високу жорсткість і стійкість до деформацій при заданому навантаженні. Модель можна вважати надійною та придатною до використання в умовах, аналогічних розрахунковим.

5 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора

Для виконання токарної обробки було створено керуючу програму та змодельовано технологічний процес із використанням програмного забезпечення Autodesk FeatureCAM. Обробка здійснюється на токарному верстаті з числовим програмним керуванням (ЧПК) моделі HAAS ST-30. Повні технічні характеристики верстата наведено в розділі 2.

Керування верстатом здійснюється системою ЧПК HAAS (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Технічні характеристики системи ЧПК HAAS

Параметр	Значення / Опис
Операційна система	Власна ОС HAAS, оптимізована для високошвидкісної обробки
Дисплей	Кольоровий LCD-екран 15–19", сенсорне керування (на новіших моделях)
Пам’ять програми (N-кодів)	Від 1 МБ до 64 МБ (розширюється)
Макропрограмування	Підтримується (використання змінних, умовних операторів тощо)
Портативний пульт керування	Є (Handheld Remote Jog Handle – RJH)
Інтерфейси зв’язку	USB, Ethernet, RS-232, Wi-Fi (опційно)
Частота оновлення сервосистем	1 кГц
Кількість осей	Стандартно – 3 або 4, з можливістю розширення до 5 і більше
Підтримка G-кодів	Стандарт ISO G-коди (повна сумісність з FANUC-стандартами)

Функціональні можливості та особливості системи ЧПК HAAS:

Візуалізація траєкторії інструменту та моделі. Візуальне програмування (Visual Programming System – VPS). Можливість створення програм без написання коду G-кодами. Спрощене введення параметрів для отворів, кишень, різьблення тощо. Функція «Динамічний зсув інструмента» (Dynamic Work Offsets / DWO). Дозволяє автоматично компенсувати зміщення, не змінюючи програми. Автоматична компенсація температури – точніша обробка при довгій роботі.

Вбудовані функції самодіагностики. Система зупинки при аваріях. Журнали подій для виявлення помилок.

Переваги системи ЧПК HAAS:
- простота у навчанні та експлуатації;
- повна інтеграція з верстатами HAAS без стороннього ПЗ;
- висока надійність та точність;
- доступ до онлайн-платформи підтримки (HAAS Service, Haas Learning).

5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм

У процесі розроблення керуючої програми для обробки деталі типу «Вісь» проведено моделювання всіх етапів технологічного процесу в середовищі автоматизованого програмування FeatureCAM. З урахуванням технічних параметрів токарного верстата HAAS ST-30 та характеристик металорізального інструменту, описаних у розділі 3, сформовано послідовність операцій і виконано перевірку правильності обраних технологічних рішень.

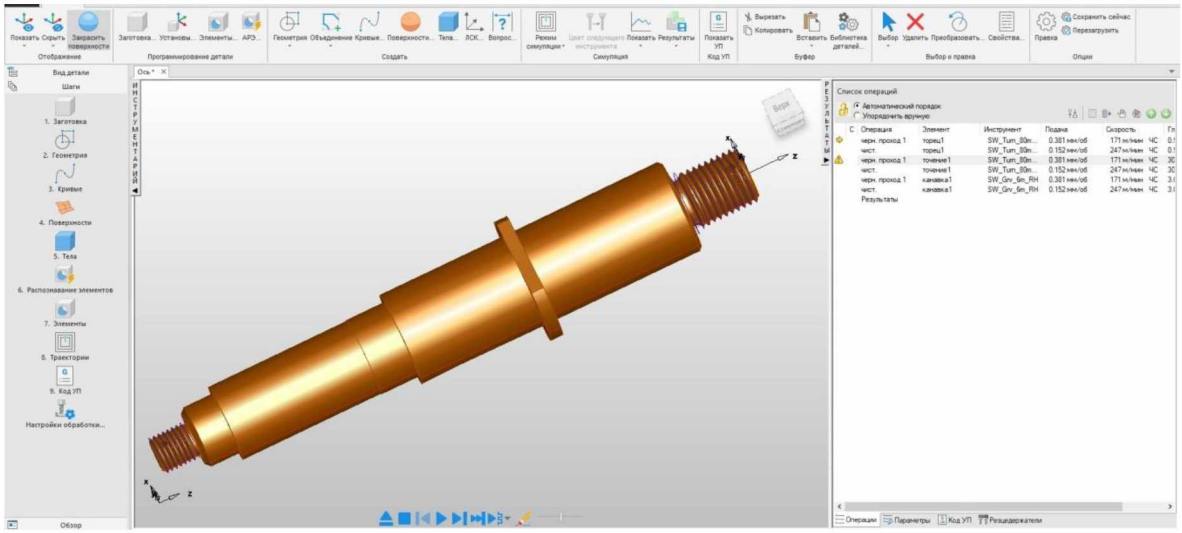


Рисунок 5.1 – 3D модель деталі «Вісь» у FeatureCAM

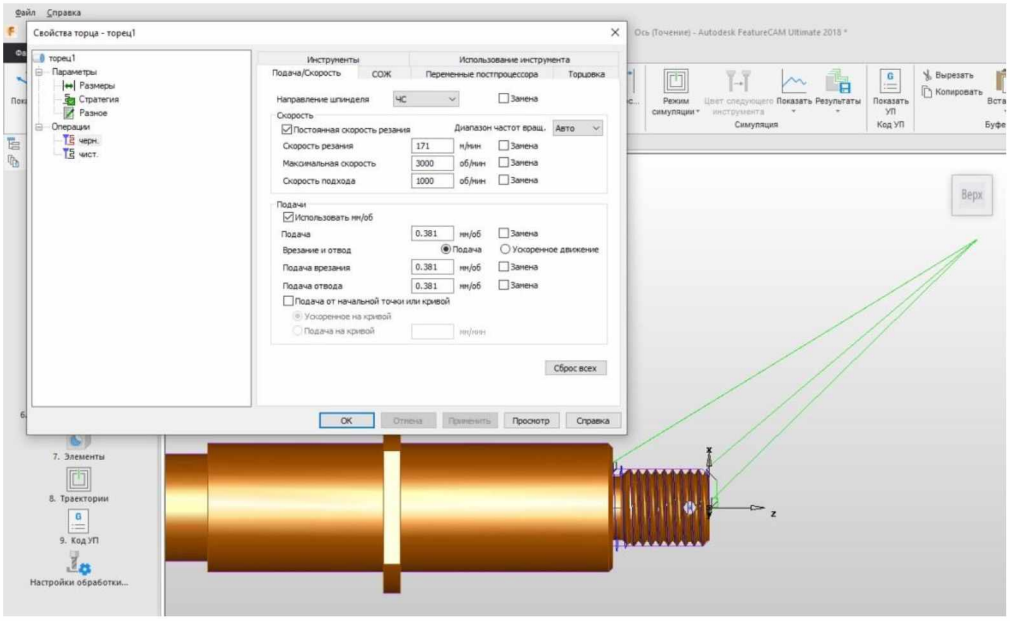


Рисунок 5.2 – Вікно вибору режимів різання у FeatureCAM

На рисунках 5.1–5.6 наведено етапи симуляції обробки деталі типу «Вісь» та результати моделювання, які підтверджують відповідність розробленої технологічної маршрутизації вимогам точності й ефективності обробки.

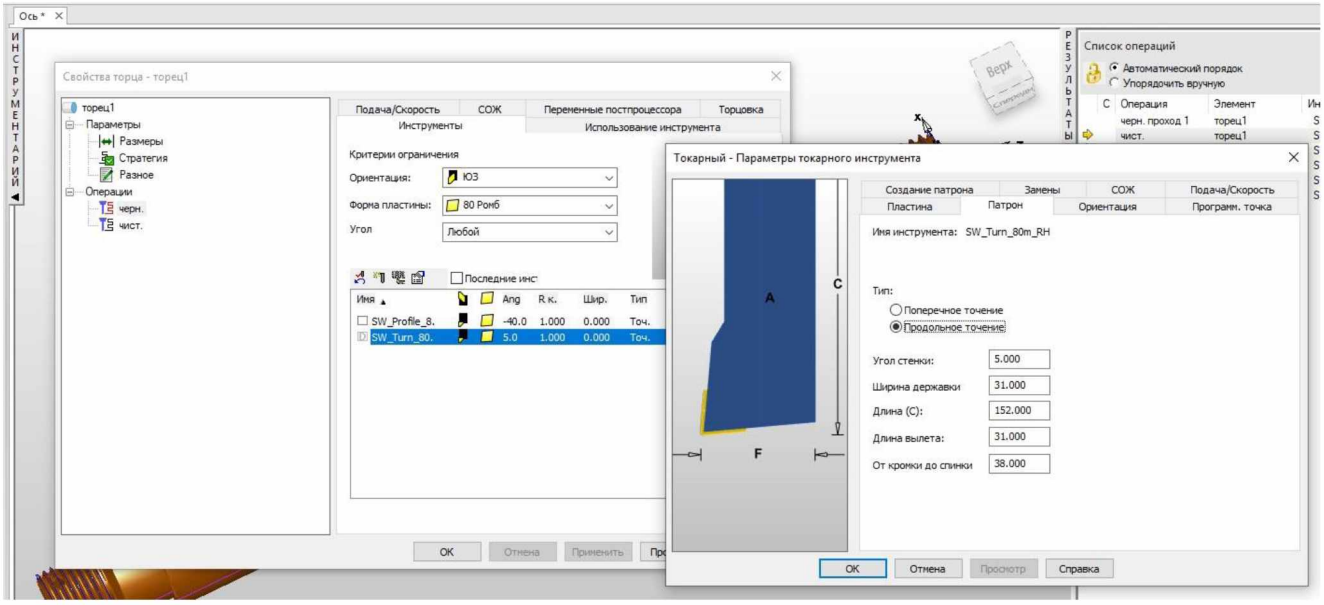


Рисунок 5.3 – Етап вибору металорізального інструменту – різець

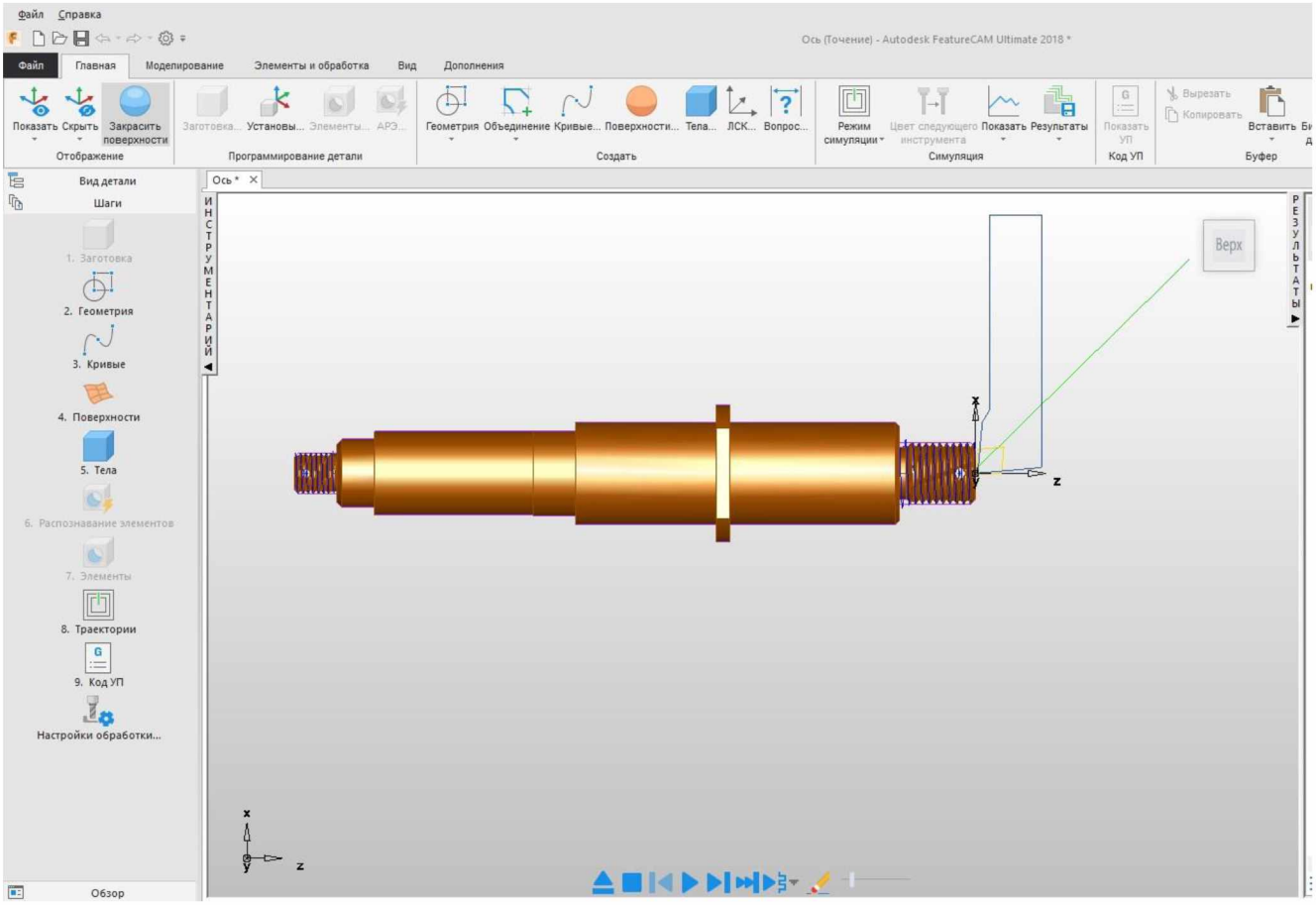


Рисунок 5.4 – Симуляція обробки деталі «Вісь» – підрізання торцю

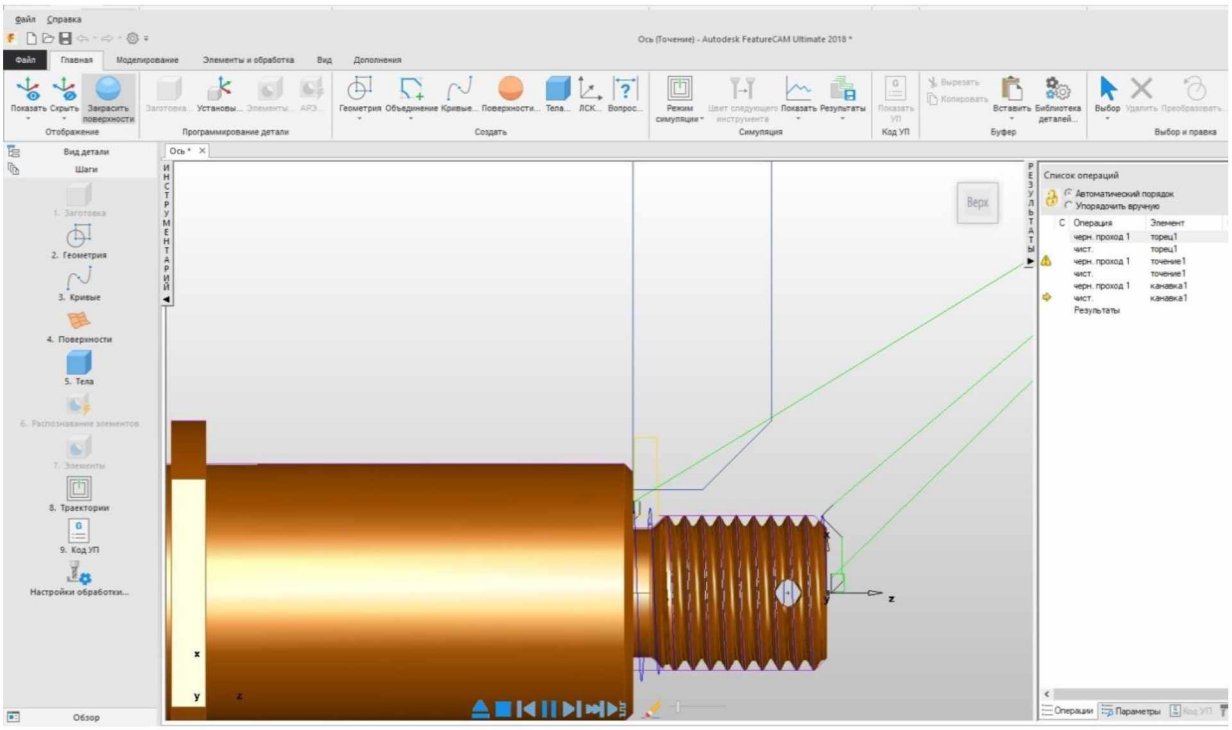


Рисунок 5.5 – Симуляція обробки деталі «Вісь» – проточування канавки

Код УП

P1: Верхний резцедержатель

```
%
OOсь ( FILENAME = Ось)
N20 G20 G40
N25 G28 U0
N30 G28 W0
(  OPERATION:  ROUGH  FACE  ТОРЕЦ1  )
N40 T101
N45 G50 S3000
N50 G96 S559 M4
N55 G0 X0.1969 Z0.0039 M8
N60 G1 X-0.0787 F0.01
N65 Z0.0197
N70 X-0.0509 Z0.0336
N75 G0 Z0.1181
(  OPERATION:  FINISH  FACE  ТОРЕЦ1  )
N85 G0 X0.2756
N90 G50 S3000
N95 G96 S810
N100 G0 X0.2756 Z0.1181 M8
N105 Z0.
N110 G1 X-0.0394 F0.01
N115 X-0.0787 F0.
N120 X0.144 Z0.1114 F0.01
(  OPERATION:  FINISH  TURN  ТОЧЕНИЕ1  )
N130 G0 X0.1969
N135 G50 S3000
N140 G96 S810
N145 G0 X0.1969 Z0.1114 M8
N150 X0.2756 Z0.0998
N155 X0.9353
N160 G1 X1.3155 Z-0.0903 F0.01
N165 X1.5382 Z0.0211
N170 G28 U0
N175 G28 W4.9213
(  OPERATION:  ROUGH  GROOVE: OUTER  КАНАВКА1  )
N185 T202
N190 G50 S3000
N195 G96 S559 M4
N200 G0 X1.6535 Z-1.7677 M8
N205 G1 X1.3158 F0.01
```

Операции | Параметры | Код УП | Резцедержатели

Рисунок 5.6 – Фрагмент отриманої КП по обробці деталі «Вісь»

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Виконано економічний аналіз та обчислено собівартість виготовлення деталі «Вісь» за двома альтернативними варіантами обробки. Оцінено економічну ефективність модернізації технологічного процесу шляхом заміни морально застарілого обладнання – токарних верстатів моделей 16К20 та 1А64 – на сучасний токарний центр із числовим програмним керуванням HASS ST 30.

Результати аналізу, а також розрахунки терміну окупності запропонованого варіанта модернізації наведено в таблицях 6.1–6.4.

Таблиця 6.1 містить вихідні дані, необхідні для проведення відповідних розрахунків.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані розрахунків

Дані	Базовий варіант		Новий варіант
	16К20	1А64	HASS ST 30
Деталь			
Річний обсяг випуску деталей N, шт.	2000		2000
Кількість запусків партій деталей в рік, шт.	20		20
Тривалість випуску деталей Z, рік	3		3
Штучний час обробки деталі $t_{шт}$, хв.	16	20	28
Час наладки верстата, хв.	16	16	22
Розряд:			
контролера	5		5
верстатника	4	3	2
наладчика	3	3	5
наладчика інструменту	4	4	4
Кількість кадрів програми, шт.			220
Вартість заготовки $S_{заг}$, грн.	2320		2320
Вартість комплекту спец. пристосувань $К_{пр}$, грн	50000	50000	55000

Продовження таблиці 6.1

Середній час налагодження за прибором одного інструменту поза верстатом, хв.	1,5	1,5			1
Середній період стійкості інструменту, хв.	45	60			120
Середня кількість граней пластинки, шт.	1	1			3
Коефіцієнт, що враховує питому вагу основного часу в штучному $k_т$	0,083	0,083			0,083
Вартість одного кадру ПК, грн.					8,9
Вартість розробки ПК $К_{пк}$, грн.					1958
Середньочасова зарплатня робітника, грн:					
верстатника $Н_{ст}$	130	130			130
наладчика $Н_{нал}$	135	135			135
наладчика інструмента $Н_{ін}$	120	120			120
контролера $Н_к$	115				115
Верстати					
Клас точності верстата	Н	Н			А
Маса верстата, т	6,875	11,4			6,5
Габарити верстата (довжина х ширина), м.	5,545 х 2,01	5,825 х 2			4,35х 2,29
Габарити пристрою ЧПК, м					0,5 х 0,5
Тип пристрою ЧПК					HAAS
Строк служби верстата до капітального ремонту $Т_{рц}$, років	7	7			10
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	17	14			22,4
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:					
механічної частини $R_м$	18,6	27,7			26,86
електротехнічної частини $R_е$	13,4	14			18,8
Кількість верстатів, що обслуговує один робочий d, шт	1	1			2

Продовження таблиці 6.1

Оптова ціна верстата Ц, грн.	295000	405000			1235000
Коефіцієнт завантаження верстата $\eta_з$	0,7	0,6			0,95
Площа верстата за габаритами А, м. кв.	9,0	11,7			10,0
Площа пристрою ЧПК $А_у$, м. кв.					0,25
Витрати на одну одиницю ЕРС верстата, грн.					
механічної частини $Н_м$	401	401			272
електротехнічної частини $Н_е$	86	86			60
Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК Q, грн.	0	0			1950
Коеф., що враховує додаткову площу верстата, γ	4	3,5			3,5
Коеф., що враховує клас точності верстата, μ	1	1			1,8
Ефективний річний фонд часу роботи верстата $Ф_{об}$, год	4055	3975			3935
Виробничі та інші площи					
Вартість 1 м. кв. площі механічної $Ц_{пл.зд.}$, грн	500				500
Вартість 1 м. кв. площі, що займають службово–побутові приміщення $Ц_{сл. поб}$, грн	1000				1000
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			200

У таблиці 6.2 наведено допоміжні показники, що були використані під час розрахунків.

Таблиця 6.2 – Розрахунок допоміжних показників

Розрахунок допоміжних показників			
Дані	Базовий варіант		Новий варіант
	16К20	1А64	HASS ST 30
Трудомісткість обробки $T_{шт}$, год	400	400	1300
Час наладки верстата впродовж року $T_{н}$, год	5,33333	5,333333	7,333333333
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року $T_{н.ін}$, год	0	0,00	20,00
Час контролю деталей впродовж року $T_{к}$, год	33,2	33,2	107,9
Кількість верстатників $Р_{ст}$, чол. (розрах.)	0,22	0,22	0,35
(дійсна)	1	1	1
Кількість наладчиків верстатів $Р_{н}$, чол. (розрахункова)	0,0029	0,0029	0,0039
(дійсна)	1	1	1
Кількість наладчиків інструмента поза верстатом $Р_{н.ин}$, чол. (розрахункова)	0	0,0000	0,01075
(дійсна)	0	0	1
Кількість контролерів $Р_{к}$, чол. (розрах.)	0,02	0,02	0,06
(дійсна)	1		1
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК $Р_{дод}$, чол (розрахункова)	0,00	0,00	0,17
(дійсна)	0	0	1
Загальна кількість працівників на річну програму випуску деталей, чол.	5		5
Частка завантаження верстата обробкою деталі в обсязі річного випуску β	0,14	0,18	0,35

Таблиця 6.3 містить результати обчислення собівартості річного обсягу виготовлення деталей, а також розмір необхідних капітальних вкладень. У таблиці 6.4 узагальнено загальні витрати, річний економічний ефект та визначено строк окупності інвестицій.

Таблиця 6.3 – Результати розрахунків

Собівартість механічної обробки річного випуску деталей

$$С = И_з + И_н + И_{ін} + И_{пк} + И_{пр} + И_{усп} + И_а + И_{пл} + И_{сл} + И_р + И_у + И_к,$$

де $И_з$ – зарплатня верстатника;
$И_н$ – зарплатня за наладку верстата;
$И_{ін}$ – зарплатня налагоджувальника інструмента поза верстатом;
$И_{пк}$ – витрати на підготовку та поновлення керуючої програми;
$И_{пр}$ – витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань;
$И_{усп}$ – витрати на прокат універсально-збірних
$И_а$ – амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання;
$И_{пл}$ – витрати на утримання приміщення, яке займає верстат;
$И_{сл}$ – витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень;
$И_р$ – витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання;
$И_у$ – витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК;
$И_к$ – зарплатня контролера

	$И_з$		$И_н$		$И_{ін}$		$И_{пк}$		$И_{пр}$		$И_{усп}$		$И_а$	
$С_1$ =	171344	+	2264,37	+	0,00	+	0,00	+	37333,3	+	0	+	5663,52	
$С_2$ =	140449	+	1556,76	+	234,00	+	652,67	+	20533,3	+	0	+	12960,09	

	$И_{пл}$		$И_{сл}$		$И_р$		$И_у$		$И_к$
$С_1$ =	2242,33	+	35000	+	3445,7	+	0	+	7636,00
$С_2$ =	3024,00	+	35000	+	5309,1	+	681,95	+	12408,50

$С_1$ **на деталь** =	132,46
$С_2$ **на деталь** =	116,40

$С_1$ =	264929,46
$С_2$ =	232809,52

Капітальні вкладення споживача

$$К = К_б + К_{зд} + К_{сл} + К_{нез} + К_{пр} + К_{п.у.}$$

де $К_б$ – балансова вартість верстата, грн;
$К_{зд}$ – вартість приміщення, яке займає верстат, грн.;
$К_{сл}$ – вартість службово-побутових приміщень, грн.;
$К_{нез}$ – обігові кошти в незакінченому виробництві, грн.;
$К_{пр}$ – вартість комплекту спеціальних пристосувань, які використовуються на верстатах при обробці деталей, грн.;
$К_{п.у.}$ – витрати на створення керуючої програми (КП), грн.

	$К_б$		$К_{зд}$		$К_{сл}$		$К_{нез}$		$К_{пр}$		$К_{п.у.}$	
$К_1$ =	126528	+	6229	+	35000	+	231082	+	100000	+	0	= 498838
$К_2$ =	244530	+	3216	+	28000	+	256846	+	55000	+	1958	= 589550,01

Таблиця 6.4 – Показники приведених витрат, річного економічного ефекту та терміну окупності

Приведені витрати						
$З_1$	=	$С_1$	+	$Е_н$	·	$К_1$
339755		264929		0,15		498838
$З_2$	=	$С_2$	+	$Е_н$	·	$К_2$
321242		232810		0,15		589550

Річний економічний ефект				
Е	=	$З_1$	-	$З_2$
18513		339755		321242

Строк окупності							
$Т_{ок}$ =	($К_2$	-	$К_1$)	/	($С_1$	-	$С_2$)
2,82	589550		498838		264929		232809,5

У результаті аналізу встановлено, що заміна 2 технічно й морально застарілих верстатів на один сучасний верстат з числовим програмним

керуванням (ЧПК) дозволяє істотно скоротити тривалість обробки деталей. Запропоновані заходи з модернізації є економічно виправданими: строк окупності становить 2,82 роки, а очікуваний річний економічний ефект – 18513 грн.

6.2 Екологія виробництва та охорона праці при виготовленні деталей зі сталі 38Х2МЮА

У сучасних умовах розвитку промисловості особливої актуальності набувають питання екологічної безпеки виробництва та охорони праці. Машинобудівні підприємства, які займаються обробкою металів, у тому числі сталі 38Х2МЮА, здійснюють значний вплив на навколишнє середовище — як через викиди у повітря, так і через утворення твердих і рідких промислових відходів. При цьому технологічні процеси часто супроводжуються підвищеними виробничими ризиками для працівників.

Сталь 38Х2МЮА є однією з важливих конструкційних легованих сталей, що використовується для виготовлення відповідальних деталей, які працюють в умовах значних механічних та теплових навантажень. Її обробка — це не лише питання точності та якості, а й питання безпечності виробництва для людини та довкілля.

Вивчення екологічних і техногенних наслідків обробки цієї сталі, а також розробка ефективних заходів з охорони праці дозволяють не лише мінімізувати негативний вплив, а й забезпечити стабільність виробництва, дотримання стандартів ISO та норм українського законодавства. Саме тому дана тема є актуальною та заслуговує на детальний аналіз.

Сталь 38Х2МЮА – легована конструкційна сталь з підвищеною міцністю, твердістю та зносостійкістю. У її складі містяться хром, марганець, молібден та алюміній. Вона використовується для виготовлення навантажених деталей: валів, шестерень, шпинделів, які працюють у складних умовах. Її обробка включає токарні, фрезерні, шліфувальні операції та термічну обробку, що може супроводжуватись значними екологічними й виробничими навантаженнями.

6.2.1 Екологічні аспекти виробництва

1 Атмосферне забруднення

Під час обробки сталі утворюються викиди у повітря: аерозолі металів, дим, пари мастильно-охолоджувальних рідин (МОР), оксиди вуглецю та азоту. Вони погіршують якість повітря та можуть викликати хвороби дихальних шляхів у працівників.

2 Забруднення води

У виробництві використовуються водні розчини для охолодження та миття. Якщо їх не очищати, у воду можуть потрапити нафтопродукти, метали та хімічні речовини. Тому необхідне встановлення очисних систем та повторне використання технічної води.

3 Утилізація відходів

У процесі виготовлення деталей утворюються відходи: металева стружка, шліфувальний пил, залишки МОР. Вони можуть містити шкідливі речовини й

потребують збору, сортування та передачі на переробку або утилізацію згідно з нормами.

6.2.2 Охорона праці при обробці сталі

Під час роботи з 38Х2МЮА працівники можуть зазнати:

- поранень від гострої стружки;
- впливу високої температури;
- шкідливого впливу парів і пилу;
- шуму від обладнання.

Щоб захистити працівників, необхідно використовувати:

- захисні окуляри й щитки;
- рукавиці, спецодяг;
- респіратори при шліфуванні;
- навушники або беруші при роботі з шумним обладнанням.

Для зменшення ризиків у цехах мають бути:

- ефективна вентиляція (місцева та загальна);
- системи відведення пилу й аерозолів;
- регулярне очищення повітря;
- автоматизоване обладнання для зменшення ручної праці.

Для зменшення впливу на довкілля доцільно впроваджувати:

- безвідходні технології;
- замкнені цикли використання МОР;
- фільтрацію й очищення повітря;
- вторинну переробку відходів;
- контроль за екологічними параметрами виробництва.

Отже, обробка легованої сталі 38Х2МЮА – складний технічний процес, що супроводжується низкою екологічних і виробничих ризиків. Викиди шкідливих речовин у повітря, забруднення води, утворення твердих відходів – усе це вимагає сучасного, науково обґрунтованого підходу до управління екологічною безпекою підприємства. Окрім того, робота з металами передбачає ризики для життя та здоров'я працівників – тому системи вентиляції, індивідуальний захист, контроль за умовами праці мають стати нормою на кожному виробництві.

Ефективне вирішення проблем екології та охорони праці не лише знижує ризики та штрафи, але й покращує імідж підприємства, сприяє збереженню природних ресурсів та здоров'я персоналу. Це є запорукою сталого розвитку та відповідального ставлення до майбутніх поколінь.

Отже, у процесі виготовлення деталей зі сталі 38Х2МЮА необхідно впроваджувати сучасні технології обробки, дотримуватись норм техніки безпеки та екології, а також постійно вдосконалювати виробничі процеси в напрямку сталості, енергоефективності та людяності.

ВИСНОВКИ

У бакалаврській кваліфікаційній роботі проведено комплексне дослідження, присвячене розробці спеціального різального інструменту для обробки поверхонь деталі «Вісь», що є складовою опорно-приводного колеса сільськогосподарської сівалки СПМ-8. На основі проведених теоретичних, розрахункових і практичних досліджень отримано такі результати:

Аналіз вихідних даних дав змогу встановити конструктивні, геометричні та технологічні особливості деталі, визначити її функціональне призначення в складі збірної одиниці, а також обґрунтувати вимоги до точності різьбового з'єднання на основі відповідних розрахунків.

Було уточнено службове призначення деталі «Вісь», виконано аналіз якості її поверхонь, що дозволило сформувати вимоги до обраного технологічного маршруту. На цій основі спроектовано технологічний процес механічної обробки з використанням сучасного високоточного токарного центру з ЧПК HASS ST 30.

Проведено підбір конструктивно-геометричних параметрів основних і допоміжних інструментів, зокрема інструментів компанії Seco. На основі інженерних розрахунків підтверджено їх здатність витримувати навантаження при роботі з деталлю зі сталі 38Х2МЮА. Визначено типорозміри допоміжного оснащення відповідно до обраного обладнання.

Спроектовано спеціальний фасонний призматичний різець, який забезпечує обробку поверхонь деталі відповідно до заданих геометричних параметрів. За допомогою середовища SolidWorks Simulation виконано інженерний аналіз конструкції інструмента, що включав перевірку на міцність, деформації та напруження. Отримані епюри підтвердили працездатність конструкції в умовах реального навантаження.

У середовищі Autodesk FeatureCAM змодельовано процес механічної обробки деталі на верстаті Gildemeister HASS ST 30. Створено керуючу програму, яка враховує реальні параметри ріжучого інструменту, режимів обробки та вимоги до точності.

Проведено розрахунки ключових техніко-економічних показників. Встановлено, що розроблена технологія є економічно доцільною, оскільки строк її окупності становить 2,82 роки, а загальний економічний ефект – 18513 грн. Також увагу приділено питанням охорони праці та екології виробництва. Визначено основні заходи щодо забезпечення безпечних умов праці та мінімізації впливу на довкілля при обробці сталі 38Х2МЮА.

Таким чином, поставлену мету бакалаврської роботи – розробку ефективного спеціального інструменту та відповідного технологічного процесу для обробки деталі «Вісь» – досягнуто. Результати дослідження можуть бути впроваджені у серійне виробництво з метою підвищення якості продукції та зниження собівартості її виготовлення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 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.

2. Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: Учебное пособие – М.: Машиностроение, 1990. – 448с.

3. Каталог інструментів фірми SECO: «Токарна обробка», 2015р.

4. Каталог фірми SECO: «Обробка отворів», 2015р.

5. Каталог фірми SECO: «Кінцеві фрези», 2015р.

6. Електроний каталог «Seco» Tooling 2015р.

7. Технологія машинобудування Горбатюк Е.О. Мазур М.П.,Зєнкін 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.

					КНУ.КБР.131.25.1-02.СВД		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Волошин			Список використаних джерел	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Нечаєв						
Реценз.						Каф. ТМ, гр. ПМ-21		
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: Спеціальний різальний інструмент для обробки поверхонь деталі «Вісь» та його інженерний аналіз за допомогою CAE систем

Виконав здобувач гр. ПМ-21	_____ (підпис)	Сергій ВОЛОШИН
Керівник КБР	_____ (підпис)	Василь НЕЧАЄВ
Нормоконтроль	_____ (підпис)	Василь НЕЧАЄВ
Завідувач кафедри	_____ (підпис)	Антон РЯЗАНЦЕВ

Кривий Ріг
2025 р.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Креслення		
А2		1	КНУ.КБР.131.25.1-02.В	Вісь	1	
А3		2	КНУ.КБР.131.25.1-02.РФП	Різець фасонний призматичний	1	
А2		3	КНУ.КБР.131.25.1-02.ВІН	Верстатно-інструментальне	1	
				налагодження		
А3		4	КНУ.КБР.131.25.1-02.ІАСРІ	Інженерний аналіз спеціального	1	
				різального інструменту		
А3		5	КНУ.КБР.131.25.1-02.МПМО	Моделювання процесу	1	
				механічної обробки		

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Волошин		
Пров.		Нечаєв		
Н.контр.		Нечаєв		
Утв.		Рязанцев		

КНУ.КБР.131.25.1-02.ВЕД

Відомість електронних документів КБР

Лит.	Лист	Листов
Н		1

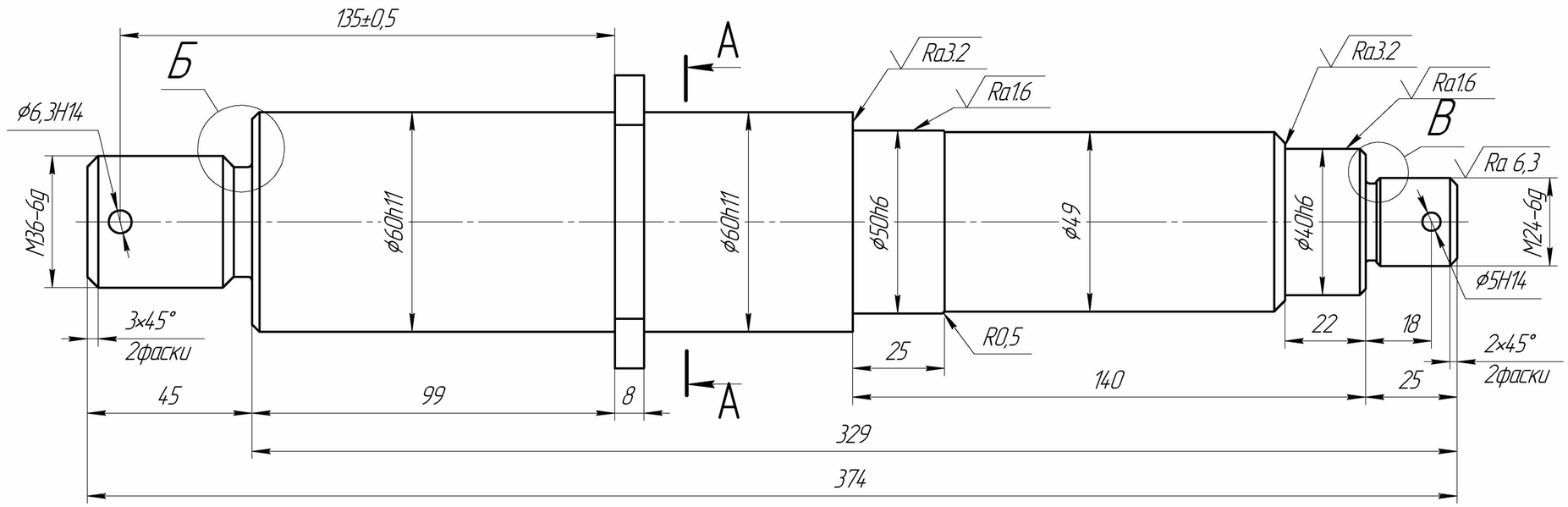
Каф. ТМ
гр. ПМ-21

Копировал

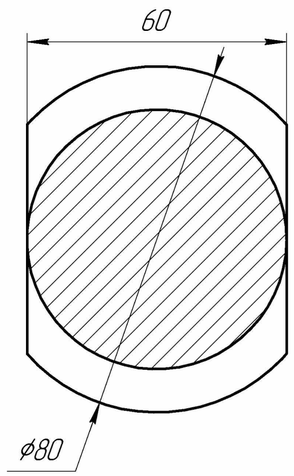
Формат А4

КНУ.КБР.131.25.1-02.В

Ra12,5 (√)

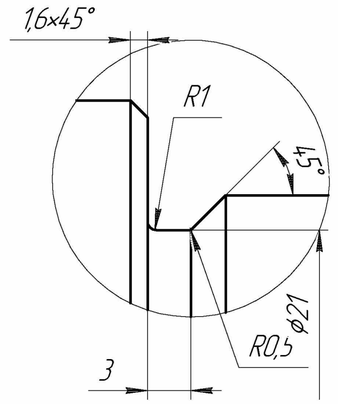


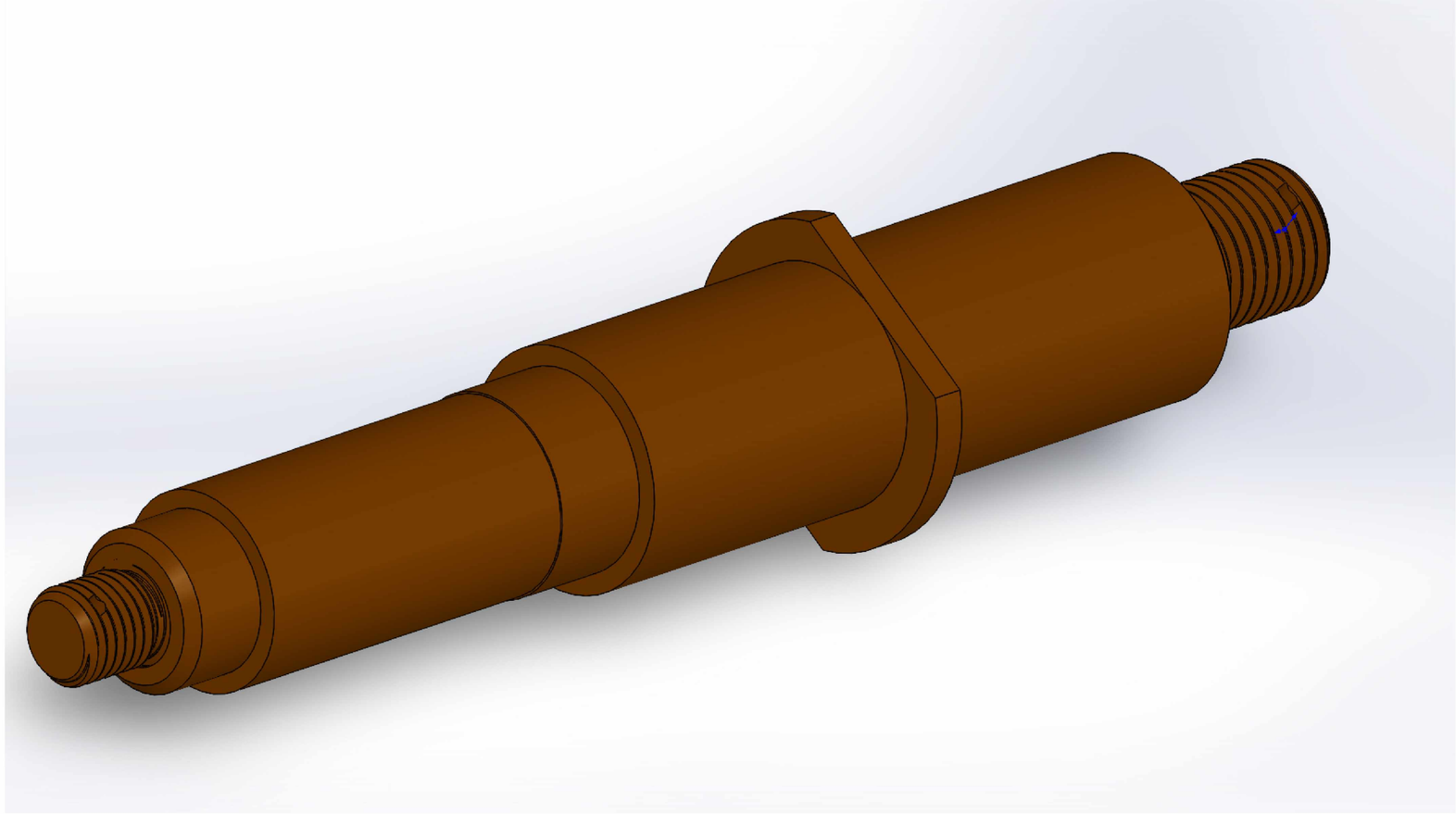
А–А



Б(2:1)

В(2:1)

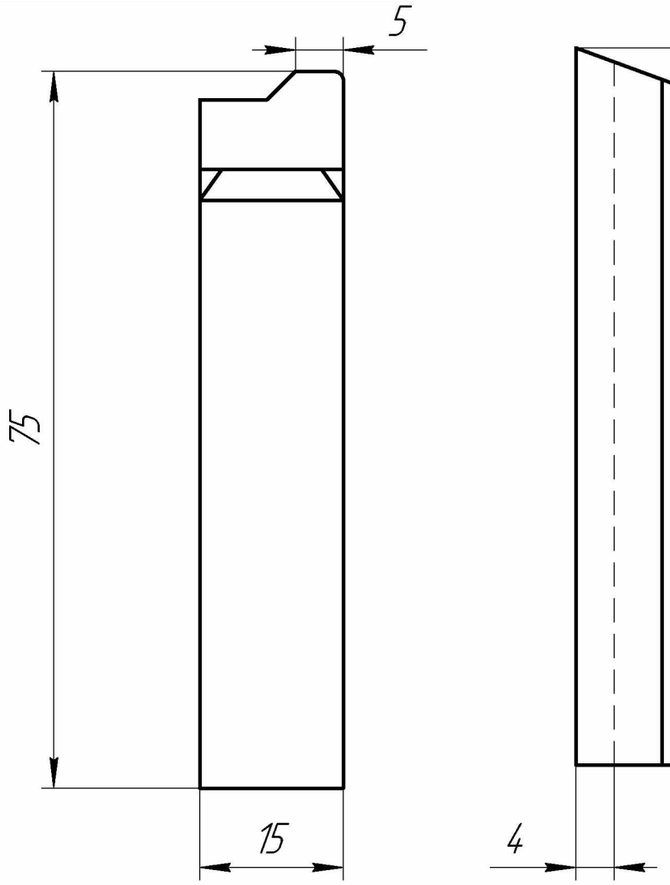


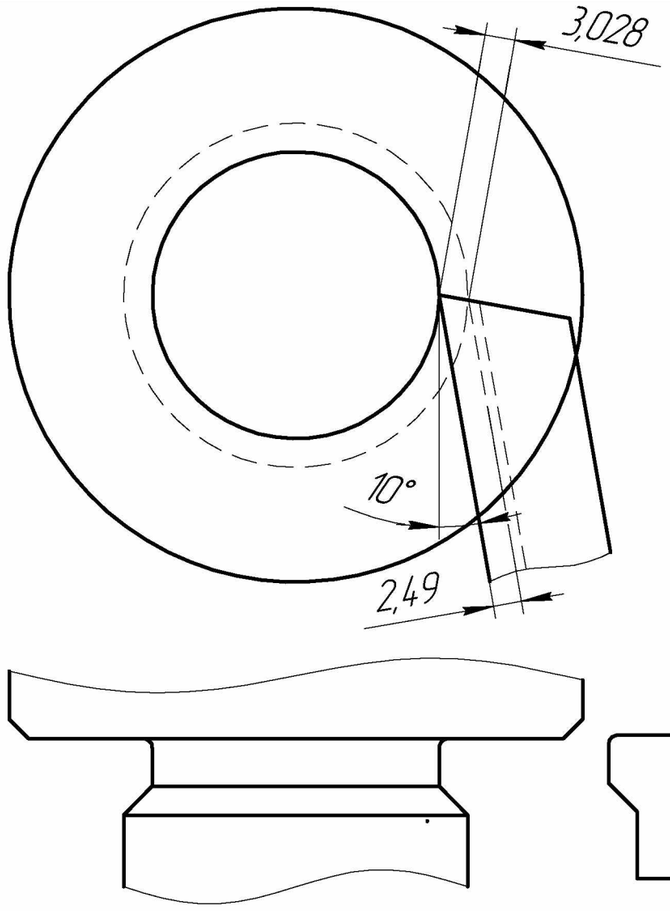


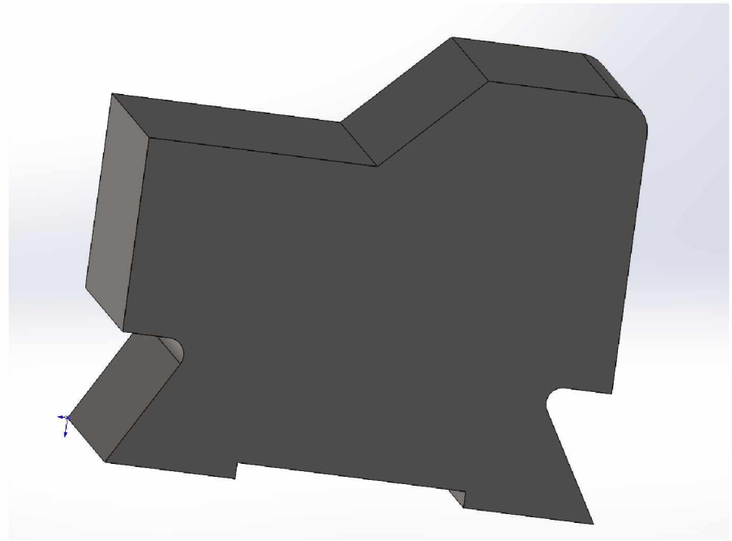
1 HRC 30
2 Гартування 930–950, масло або вода,відпуск 640–680, повітря
3 Допускаються виготовлення зі Сталь 38ХМ ДСТУ 7806:2015.
Гартування 850 С, вода, відпуск 600 С, повітря.
4 Невказані граничні відхилення розмірів: h14, H14, $\pm\frac{IT14}{2}$.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.25.1–02.В			
Розробив		Волошин			Вісь	Літ.	Маса	Масштаб
Керівник		Нечаєв				Н	6,62	1:1
						Лист	Листів 1	
Н.контр.		Нечаєв			Сталь 38Х2М10А ДСТУ 7809:2015	Каф. ТМ гр. ПМ–21		
Затв.		Рязанцев						

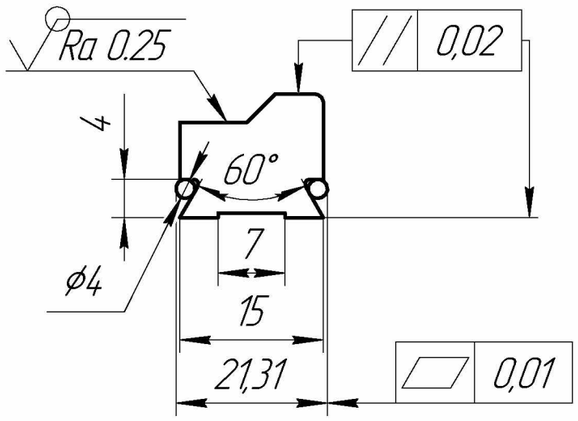
КНУ.КБР.131.25.1-02.РФП







Ra 1,00 (√)

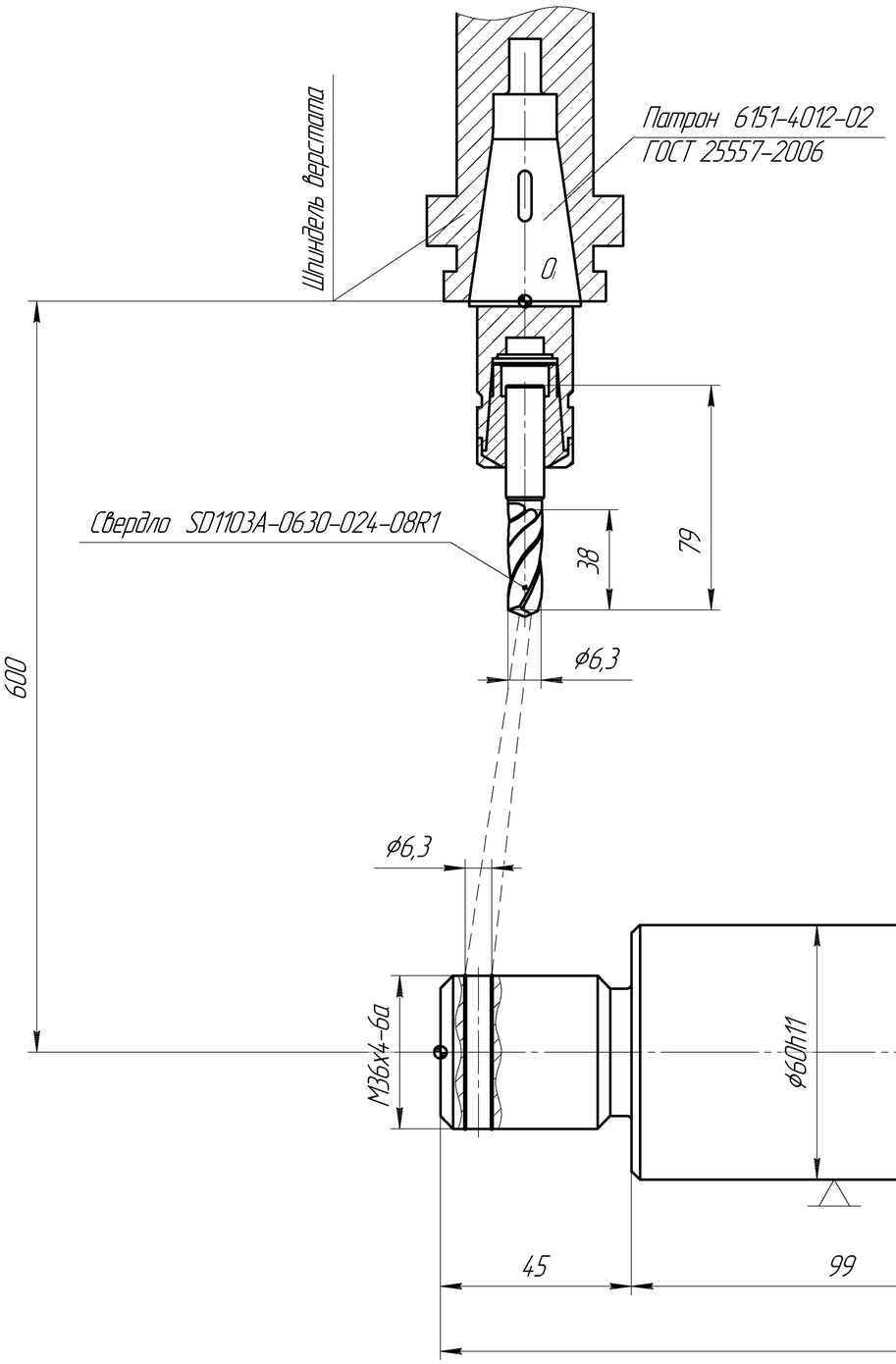


1. Матеріал корпуса різця – сталь 40Х ДСТУ 7809:2015.
2. Матеріал ріжучої частини – Р18 ДСТУ 7304:2013.
3. Ріжуча частина приварюється методом контактного стикового зварювання.
4. Твердість у ріжучої частини 62...66 HRC, у корпуса 41...46HRC.
5. Метеріал шаблону і контр шаблону – сталь ХГС або іншої марки.
6. Твердість у шаблона і контр шаблона 62...65HRC.
7. Розміри контурних точок профілю різця отримано корекційним розрахунком з відхиленням 0,001 мм.
8. Не вказані граничні відхилення ±IT12/2.

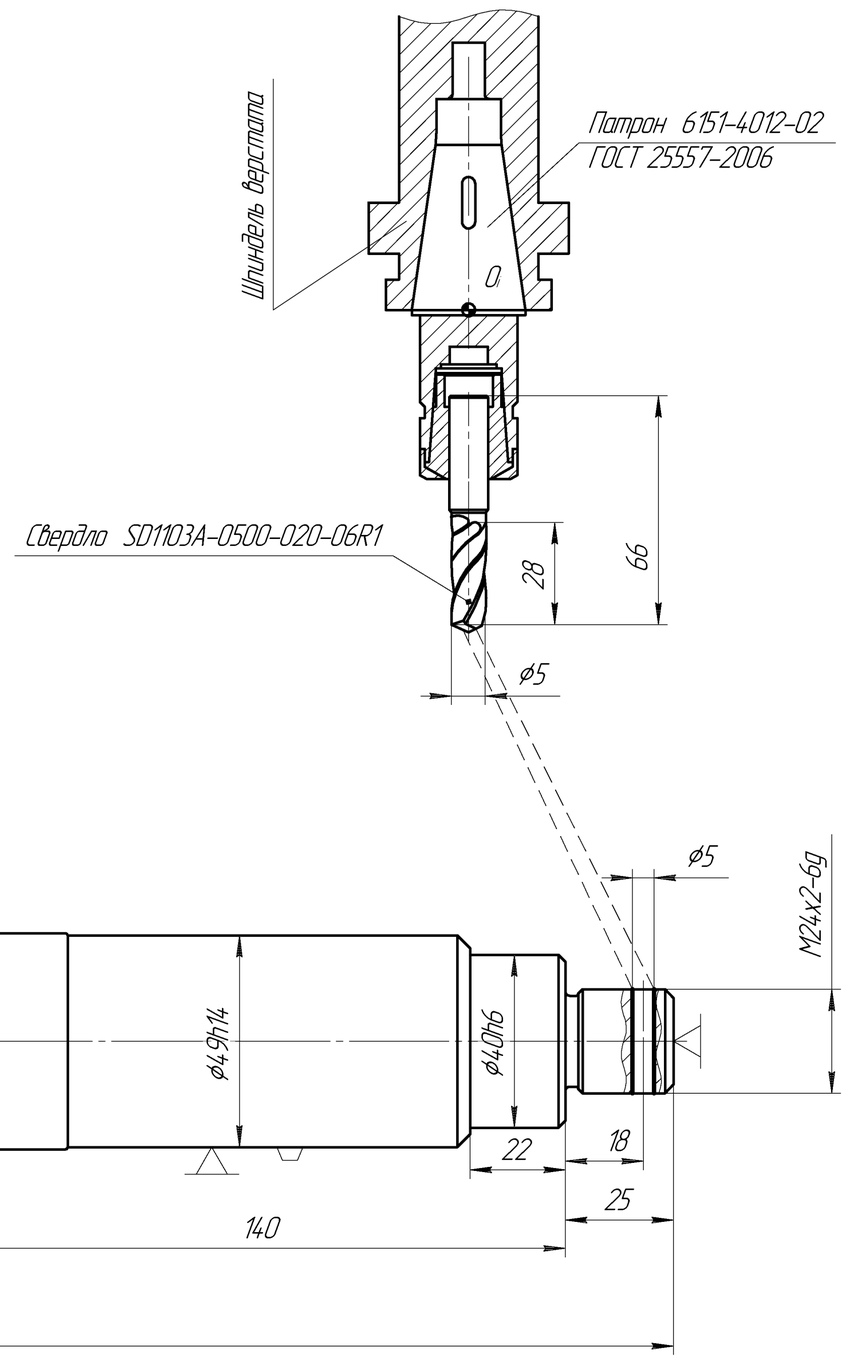
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.25.1-02.РФП		
Розробив		Волошин			Різець фасонний призматичний	Літ.	Маса	Масштаб
Керівник		Нечаєв				Н		1:1
						Лист	Листів 1	
Н.контр.		Нечаєв			Див. тех. вимоги	Каф. ТМ гр. ПМ-21		
Затв.		Рязанцев						

КНУ.КБР.131.25.1-02.ВІН

Т01



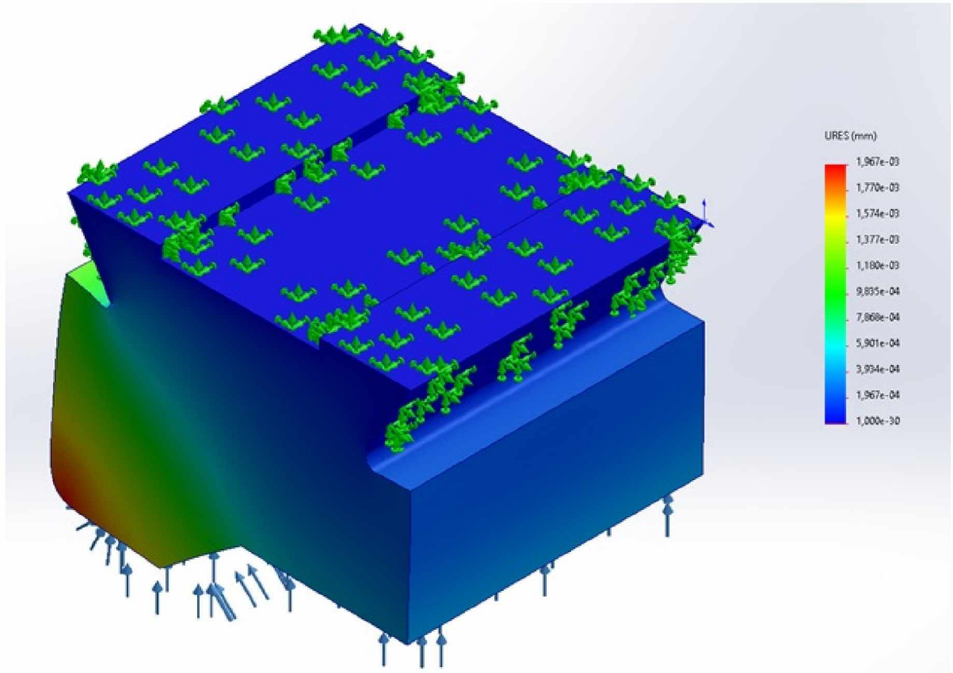
Т02



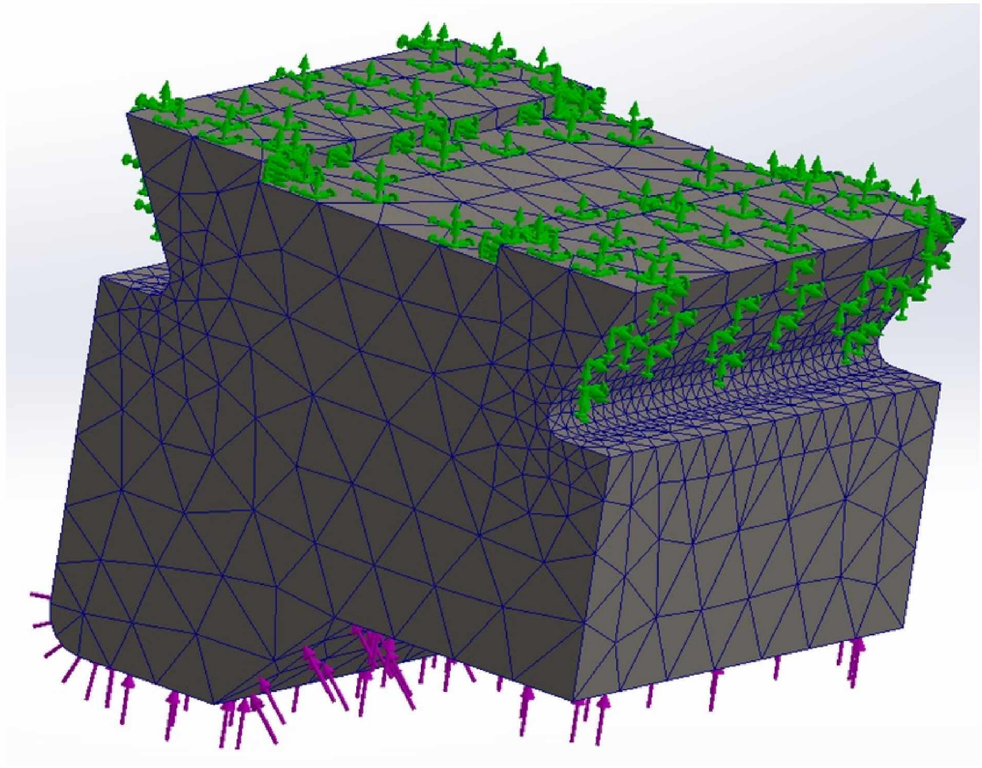
					КНУ.КБР.131.25.1-02.ВІН	
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Верстатно-інструментальне налагодження	Літ. / Маса / Масштаб
Розробив		Волошин				Н / 1:1
Керівник		Нечаєв				Лист / Листів 1
Н.контр.		Нечаєв				Каф. ТМ гр. ПМ-21
Затв.		Рязанцев				

КНУ.КБР.131.25.1-02.ІАСРІ

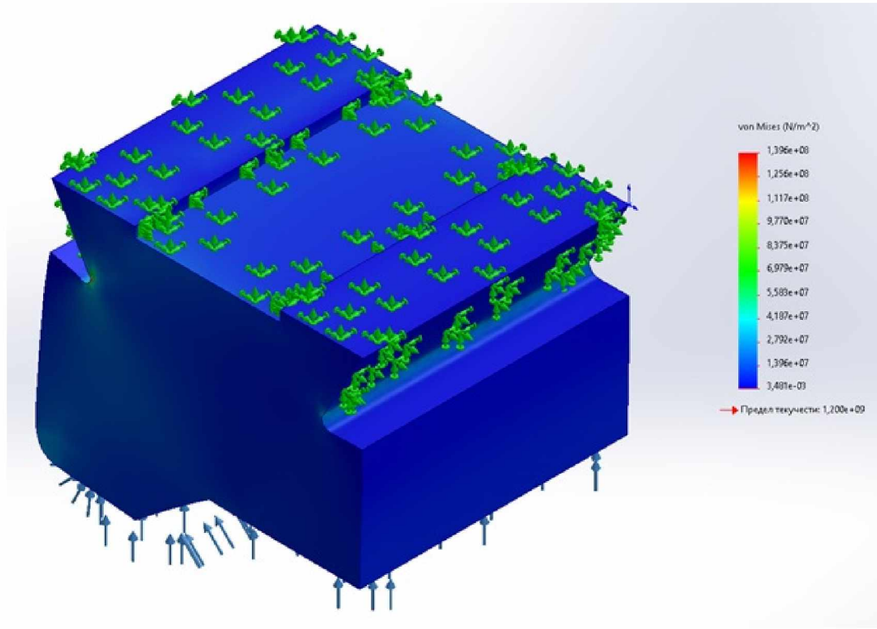
Симуляція «Переміщення» в SolidWorks Simulation



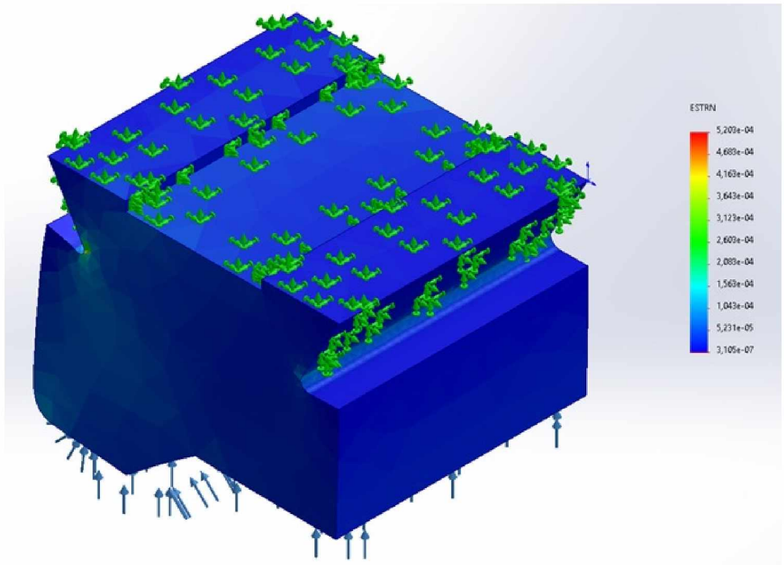
Сітка кінцевих елементів



Симуляція «Напруження» в SolidWorks Simulation



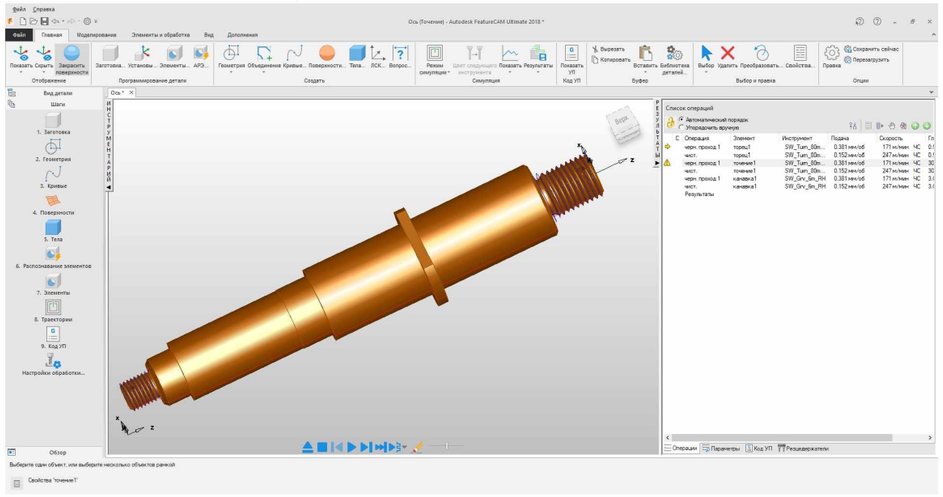
Симуляція «Деформація» в SolidWorks Simulation



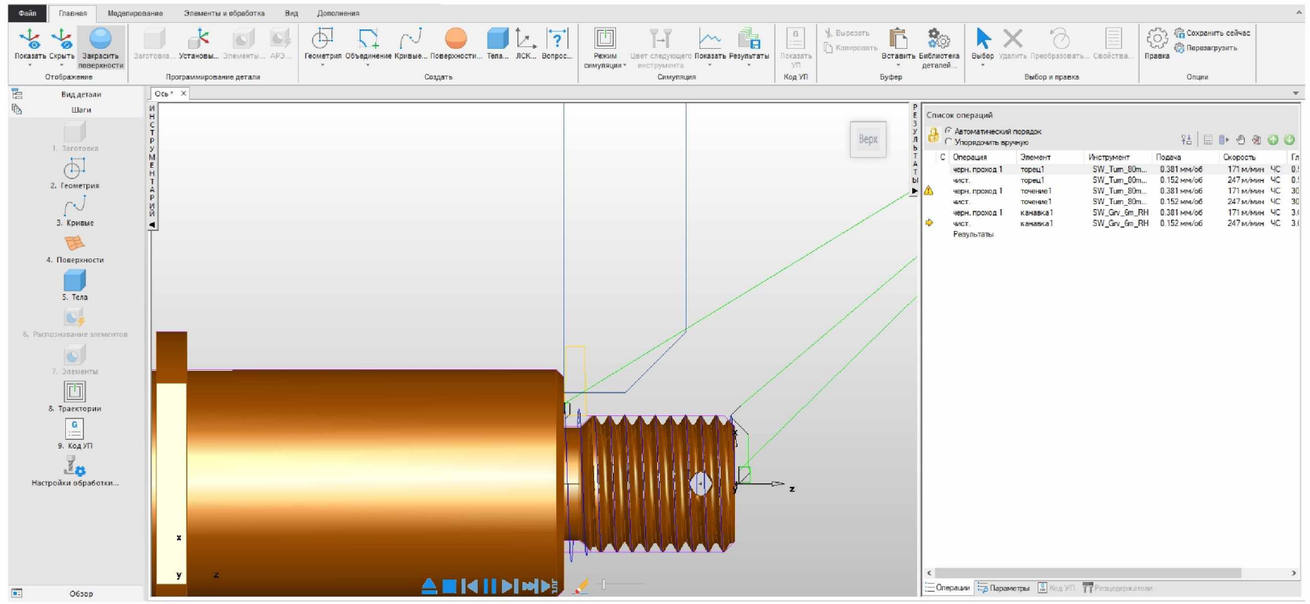
					КНУ.КБР.131.25.1-02.ІАСРІ			
					Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	Літ.	Маса	Масштаб
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Н		
Розробив		Волошин				Лист	Листів 1	
Керівник		Нечаєв				Кафедра ТМ гр. ПМ-21		
Н.контр.		Нечаєв						
Затв.		Рязанцев						

КНУ.КБР.131.25.1-02.МПМО

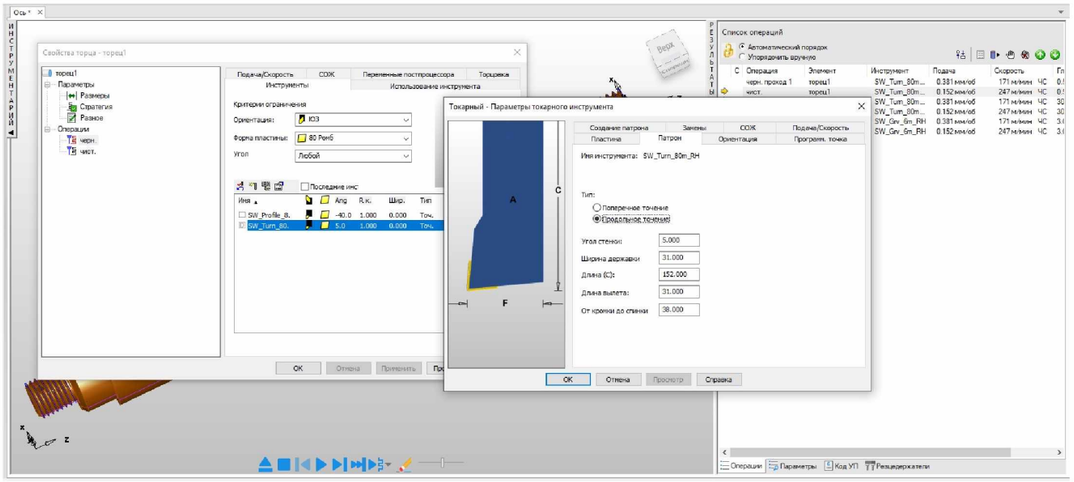
Етапи обробки деталі



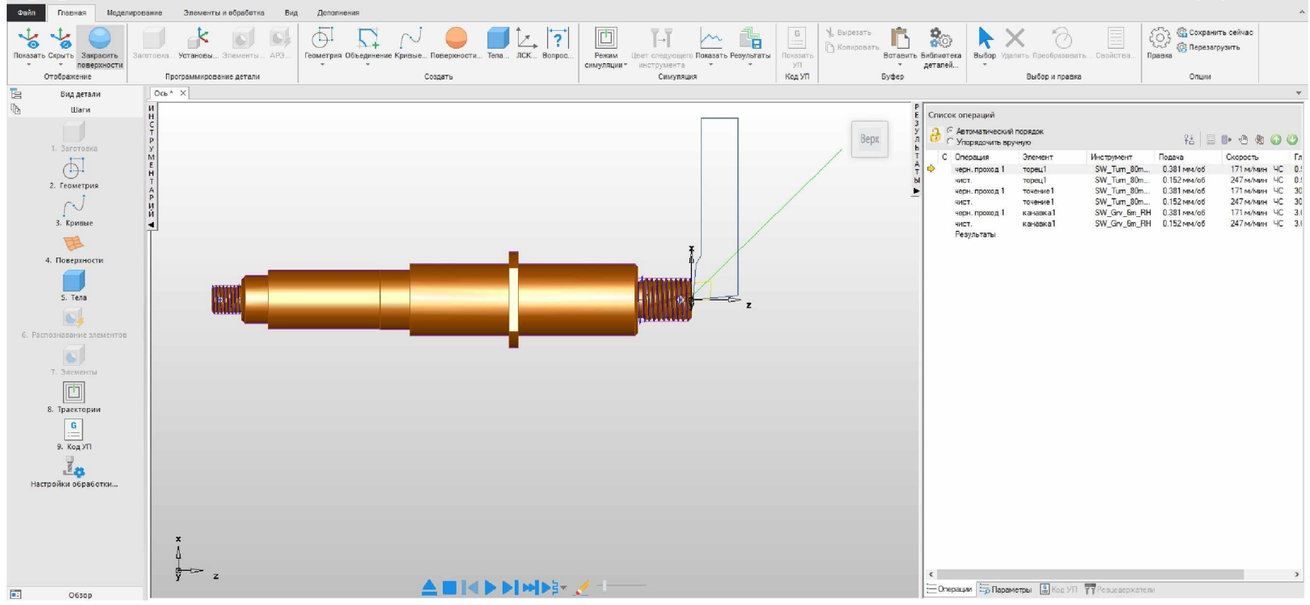
Фрагмент моделювання процесу обробки деталі (точіння канавки)



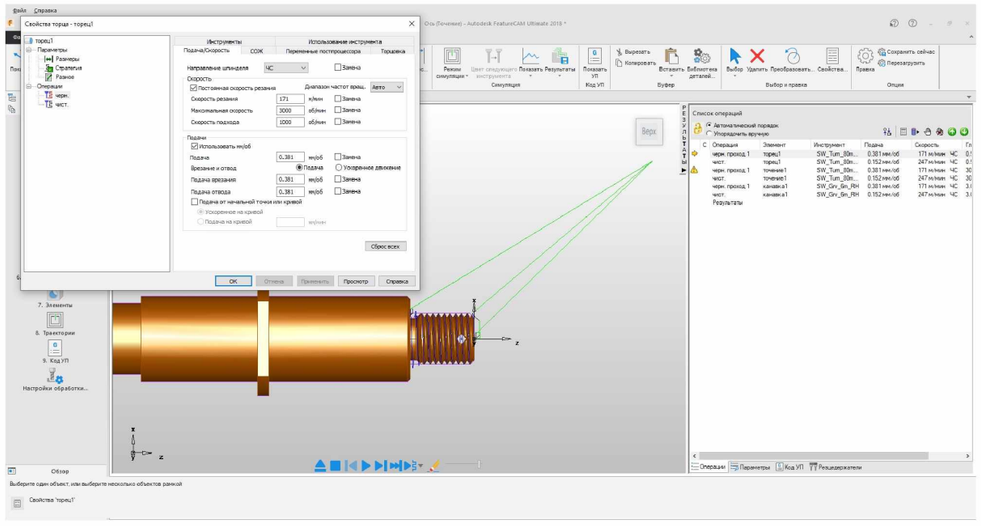
Етап вибору різального інструменту в меню програми



Фрагмент моделювання процесу обробки деталі (підрізання торцю)



Вибір режимів різання



Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.25.1-02.МПМО			
Розробив		Волошин			Моделювання процесу механічної обробки	Літ.	Маса	Масштаб
Керівник		Нечаєв				Н		
						Лист	Листів 1	
Н.контр.		Нечаєв				Кафедра ТМ гр. ПМ-21		
Затв.		Рязанцев						