

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Вал-шестерня» та обґрунтування параметрів різального інструменту з використанням САПР-технологій

Виконав: здобувач групи ПМ-22
Маляран М.К.

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

Кривий Ріг
2026 р.

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

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ**

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення
деталі «Вал-шестерня» та обґрунтування параметрів різального
інструменту з використанням САПР-технологій

Виконав здобувач гр. ПМ-22

(підпис)

Максим МАЛЯРАН

Керівник КБР

(підпис)

Антон РЯЗАНЦЕВ

Нормоконтроль

(підпис)

Василь НЕЧАЄВ

Завідувач кафедри

(підпис)

Антон РЯЗАНЦЕВ

м. Кривий Ріг
2026 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-22 Малярана Максима Костянтиновича

1. Тема: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Вал-шестерня» та обґрунтування параметрів різального інструменту з використанням САПР-технологій

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

Затверджена наказом по КНУ № _____ від « ____ » _____ 2026 р.

2. Термін подання здобувачем закінченої роботи « ____ » _____ 2026 р.

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

4. Зміст пояснювальної записки: 1. Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі. 2. Технологічна підготовка виробництва деталі. 3. Вибір різальних 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. Вал-шестерня. 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	25.02.2026
2.	Технічне завдання та аналіз вихідних даних	01.03.2026
3.	Призначення об'єкту виробництва	03.03.2026
4.	Аналіз технологічності деталі.	10.03.2026
5.	Креслення деталі (А1-А4).	18.03.2026
6.	Вибір та обґрунтування послідовності обробки поверхонь деталі.	24.03.2026
7.	Розробка технологічного маршруту обробки деталі.	05.04.2026
8.	Вибір параметрів різальної частини інструментів.	12.04.2026
9.	Розрахунок конструктивних параметрів різальної частини інструменту.	19.04.2026
10.	Вибір розмірів різального інструменту.	25.04.2026
11.	Креслення спеціального різального інструменту (А2-А4).	01.05.2026
12.	Креслення з інженерним аналізом спеціального різального інструменту	04.05.2026
13.	Вибір допоміжних інструментів.	08.05.2026
14.	Розробка та креслення об'єднаного верстатно-інструментального налагодження (А1-А2)	12.05.2026
15.	Моделювання та програмування операцій механічної обробки	15.05.2026
16.	Креслення змодельованого процесу обробки (А1-А2)	22.05.2026
17.	Організаційно-економічна підготовка виробництва.	27.05.2026
18.	Висновки	01.06.2026
19.	Оформлення РПЗ	07.06.2026
20.	Попередній захист	15.06.2026

Дата видачі завдання: «_____» _____ 2026 р.

Завдання видав керівник КБР _____

/Рязанцев А.О./

Завдання отримав
здобувач освіти _____

/Маляран М.К./

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до КРБ містить: 52 стор., 33 рисунки, 13 таблиць, 5 листів графічної частини.

Тема кваліфікаційної бакалаврської роботи присвячена конструкторсько-технологічній підготовці виготовлення деталі «Вал-шестерня» з використанням сучасних систем автоматизованого проєктування, зокрема SolidWorks та SolidCAM, а також обґрунтуванню параметрів різального інструменту для забезпечення необхідних показників точності, шорсткості поверхні та економічної ефективності виробництва.

Об'єктом дослідження є процес конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення машинобудівної деталі типу «Вал-шестерня».

Предметом дослідження є методи проєктування конструкції та технологічного процесу виготовлення вал-шестерні, а також параметри різального інструменту та режими різання, що забезпечують досягнення необхідної точності, якості поверхні та економічної ефективності виробництва із застосуванням сучасних САПР технологій.

Дослідження охоплює розробку 3D-моделі деталі, створення комплексу конструкторської документації, вибір заготовки, проєктування технологічного процесу механічної обробки, розрахунок режимів різання та підбір різального інструменту з урахуванням вимог сучасного машинобудівного виробництва.

В умовах цифрової трансформації промисловості та впровадження концепцій Industry 4.0 значно зростає роль систем автоматизованого проєктування (САПР) у конструкторсько-технологічній підготовці виробництва. Використання CAD/CAM/CAE-систем дозволяє скоротити терміни розробки виробу, зменшити кількість помилок, оптимізувати технологічні маршрути та забезпечити стабільну якість продукції.

Деталі типу «Вал-шестерня» широко застосовуються у транспортному машинобудуванні, гірничо-металургійному обладнанні, енергетичних установках та верстатобудуванні. Високі навантаження, змінні режими роботи та вимоги до довговічності обумовлюють необхідність ретельного обґрунтування матеріалу, термічної обробки, режимів різання та параметрів різального інструменту.

Актуальність теми полягає у необхідності інтеграції конструкторських і технологічних рішень на основі сучасних цифрових інструментів, що дозволяє підвищити конкурентоспроможність машинобудівної продукції, знизити виробничі витрати та забезпечити стабільну якість виготовлення зубчастих деталей.

ВАЛ-ШЕСТЕРНЯ, ТОКАРНО-КАРУСЕЛЬНИЙ ВЕРСТАТА, ЧЕРВ'ЯЧНА ФРЕЗА, МОДЕЛЮВАННЯ, РІЗАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ, МОДЕРНІЗАЦІЯ.

					<i>КНУ.КБР.131.26.1-19.Р</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Маляран</i>			<i>Реферат</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. контр.</i>		<i>Нечаєв</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Рязанцев</i>					
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркцшів</i>
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-22</i>		

ABSTRACT

The explanatory note to QBW contains: 52 pages, 33 figures, 13 tables, 5 sheets of the graphic part.

The topic of the bachelor's qualification thesis is devoted to the design and technological preparation for manufacturing the "Gear Shaft" part using modern computer-aided design systems, in particular SolidWorks and SolidCAM, as well as to the substantiation of cutting tool parameters in order to ensure the required indicators of accuracy, surface roughness, and economic efficiency of production.

The object of the study is the process of design and technological preparation for manufacturing a machine-building part of the "Gear Shaft" type.

The subject of the study is the methods of designing the structure and technological process for manufacturing a gear shaft, as well as the cutting tool parameters and cutting conditions that ensure the achievement of the required accuracy, surface quality, and economic efficiency of production through the use of modern CAD technologies.

The research includes the development of a 3D model of the part, the creation of a complete set of design documentation, the selection of a blank, the design of the machining process, the calculation of cutting conditions, and the selection of cutting tools taking into account the requirements of modern mechanical engineering production.

Under the conditions of the digital transformation of industry and the implementation of Industry 4.0 concepts, the role of computer-aided design (CAD) systems in design and technological preparation of production is significantly increasing. The use of CAD/CAM/CAE systems makes it possible to reduce product development time, minimize the number of errors, optimize technological routes, and ensure stable product quality.

Parts of the "Gear Shaft" type are widely used in transport engineering, mining and metallurgical equipment, power engineering systems, and machine tool manufacturing. High loads, variable operating conditions, and durability requirements necessitate careful substantiation of the material, heat treatment, cutting conditions, and cutting tool parameters.

The relevance of the topic lies in the need to integrate design and technological solutions based on modern digital tools, which makes it possible to increase the competitiveness of machine-building products, reduce production costs, and ensure stable quality in the manufacturing of gear components.

GEAR SHAFT, VERTICAL TURNING LATHE, HOB CUTTER, MODELING, CUTTING TOOL, MODERNIZATION.

					КНУ.КБР.131.26.1-19.Р	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 шпонкового з'єднання	11
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	16
2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання	17
3 Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами	23
3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі	23
3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів	26
3.3 Вибір типорозміру різальних інструментів	27
3.4 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту	28
3.5 Вибір типорозміру допоміжних інструментів	29
4 Проектування та інженерний аналіз різального інструменту	31
4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту	31
4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	35
5 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	39
5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора	39
5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм	40
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	44
6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників	44
6.2 Екологія виробництва та охорона праці при обробці легированих хромонікелевих сталей	49
Висновки	51
Список використаних джерел	52
Додатки	53

					<i>КНУ.КБР.131.26.1-19.3</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Зміст</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Маляран</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. контр.</i>		<i>Нечаєв</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Рязанцев</i>			<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-22</i>		

ВСТУП

Металорізальний 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.131.26.1-19.В</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док-м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Вступ</i>		
<i>Розроб.</i>	<i>Маляран</i>						
<i>Перевір.</i>	<i>Рязанцев</i>						
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. контр.</i>	<i>Нечаєв</i>						
<i>Зав. каф.</i>	<i>Рязанцев</i>						
						<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>
							<i>Архів</i>
						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-22</i>	

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА ТА ДЕТАЛІ

1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

Вихідними даними для виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи слугували робочі креслення деталі «Вал-шестерня» та складальної одиниці (коробка швидкостей верстату мод. 1Л532), до складу якої вона входить, а також задана річна програма виробництва, що становить 1000 виробів. На рисунку 1.1 представлено тривимірну модель цієї деталі.

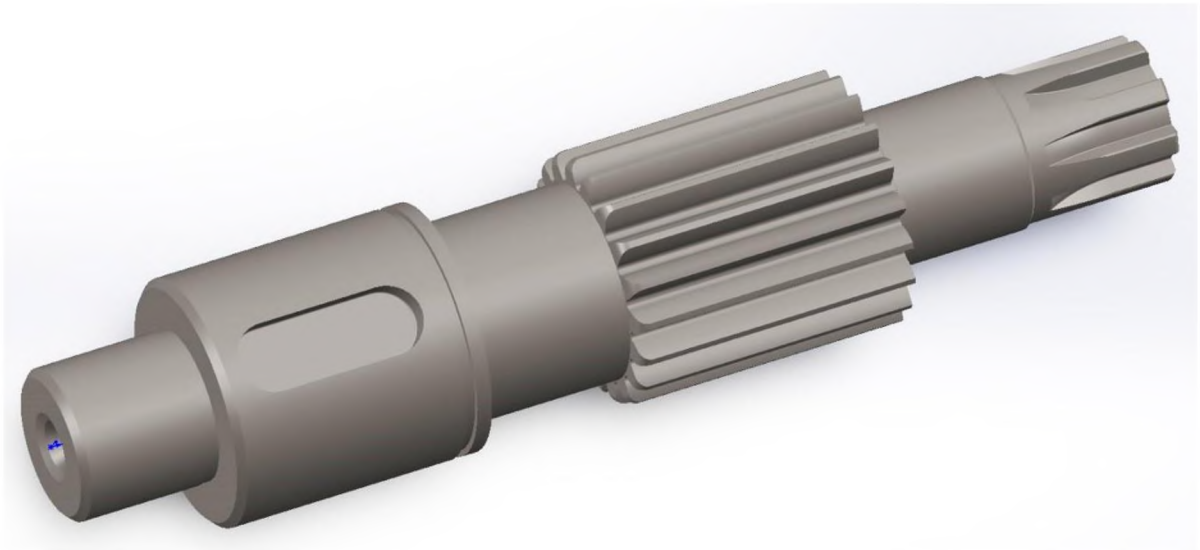


Рисунок 1.1 – 3D модель деталі «Вал-шестерня»

Метою роботи є розроблення та обґрунтування конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталі «Вал-шестерня» з використанням САПР технологій та визначення раціональних параметрів різального інструменту для забезпечення заданих технічних вимог.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Проаналізувати конструкцію деталі «Вал-шестерня» та визначити її функціональне призначення.
2. Розробити 3D-модель та комплект конструкторської документації засобами САПР.
3. Обґрунтувати вибір матеріалу.
4. Визначити технологічний процес обробки деталі.
5. Здійснити вибір та обґрунтування параметрів різального інструменту (геометрія, матеріал, покриття).
6. Оцінити техніко-економічну доцільність прийнятих рішень.

					<i>КНУ.КБР.131.26.1-19.01.АСПМ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док-м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Маляран</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. контр.</i>		<i>Нечаєв</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Рязанцев</i>			<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-22</i>		

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

Вал-шестерня є складовою частиною верстата 1Л532 (рис. 1.2), а саме коробки швидкостей. Двостійковий токарно-карусельний верстат моделі 1Л532 застосовується для оброблення циліндричних і конічних поверхонь, виконання операцій розточування, свердління, зенкерування та розгортання. Крім того, верстат використовується для напівчистої та чистої обробки плоских торцевих поверхонь.

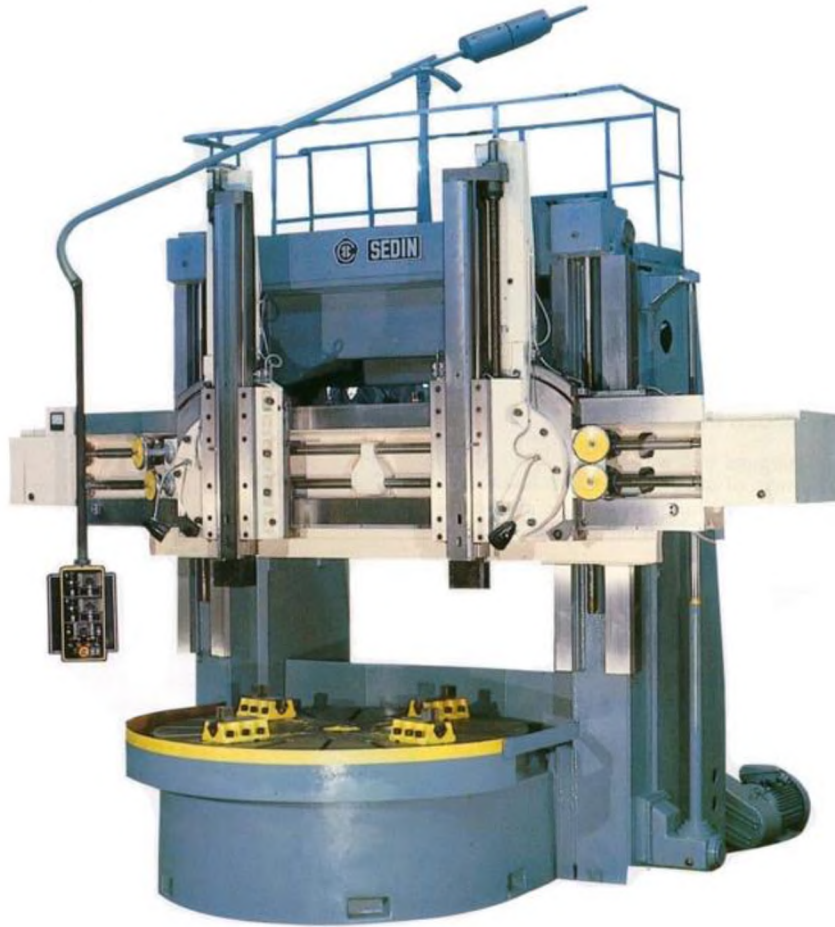


Рисунок 1.2 – Загальний вигляд верстата мод.1Л532

Даний верстат характеризується високою продуктивністю під час оброблення деталей, а також забезпечує значну точність і якість поверхні виготовлених елементів. Обладнання відзначається надійністю в експлуатації та зручністю в технічному обслуговуванні. На ньому можливе виконання як чорнової, так і чистої обробки деталей із чавуну, сталі, кольорових металів та їх сплавів. Технічні характеристики верстата наведено в таблиці 1.1.

Завдяки широкому діапазону безступінчастого регулювання швидкості різання та подачі оператор має можливість обирати оптимальні режими оброблення залежно від матеріалу та конструктивних особливостей деталі.

					КНУ.КБР.131.26.1-19.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Наявність спеціального пристосування дає змогу здійснювати торцеве точіння правим супортом із підтриманням сталої швидкості різання.

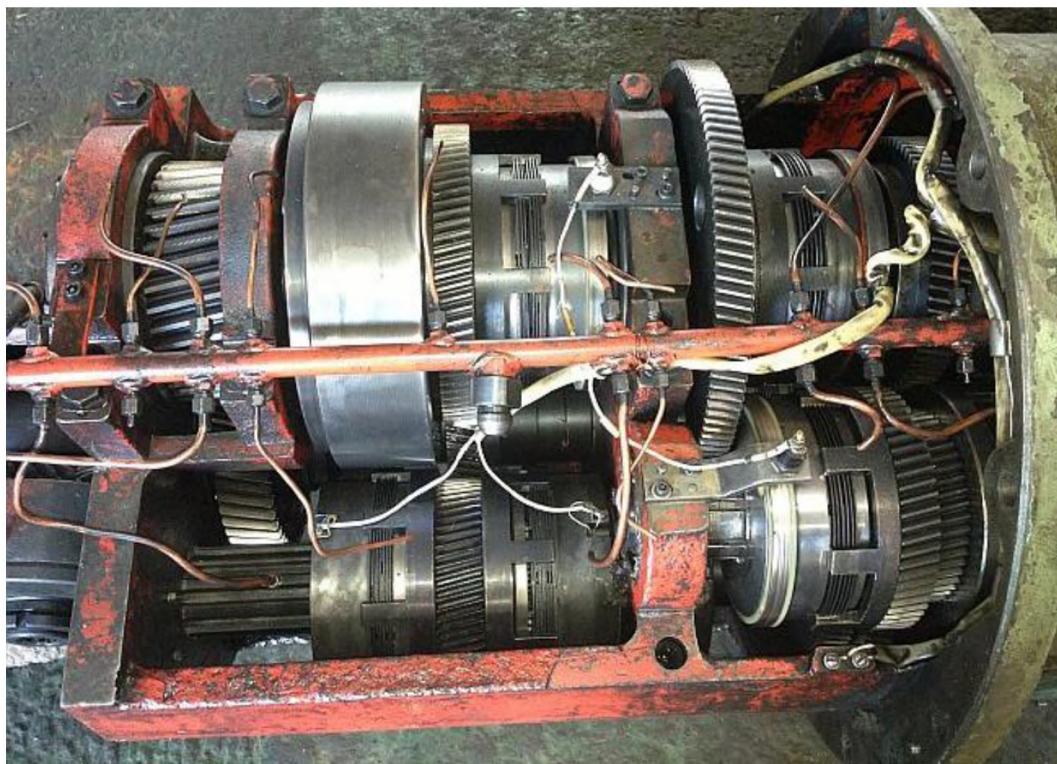


Рисунок 1.3 – Коробка швидкостей верстату мод. 1Л532

Таблиця 1.1 – Основні технічні дані і характеристики верстата

№	Найменування	Вимір.	Призначення
1	Діаметр планшайби	мм	2800
2	Частота обертання планшайби	хв ⁻¹	1,25 ... 63
3	Найбільший крутний момент на планшайбі	кН·м	67
4	Діапазон робочих подач	мм/об	0,04 ... 16
5	Швидкість установчих переміщень	мм/хв	2000
6	Найбільша висота оброблюваної деталі	мм	1600
7	Найбільший діаметр оброблюваної деталі	мм	3200
8	Найбільша вага оброблюваної деталі	кг	16000
9	Вертикальне переміщення супорту	мм	1200
10	Горизонтальне переміщення супорту	мм	1720
11	Найбільший переріз державок різців	мм	63
12	Габаритні розміри верстата (ДхШхВ)	мм	5490х6540х5100
13	Потужність електродвигуна головного руху	кВт	55
14	Вага верстата	кг	43000

1.3 Розрахунок параметрів точності шпонкового з'єднання

Конструктивним елементом базової деталі є шпонковий паз, ширина якого складає 18Р9. На вал-шестерню встановлюється суміжна деталь із використанням

					КНУ.КБР.131.26.1-19.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

шпонки, внаслідок чого утворюється шпонкове з'єднання. У зв'язку з цим доцільно виконати розрахунок міцності даного шпонкового з'єднання.

Шпонкове з'єднання ($\emptyset 60 - 18 \times 11 - 3$).

$$1. D = 60; d = 60; b = 18; B_B = 18; B_{BT} = 18; h = 11; a = d - t_1 = 60 - 7 = 53; \\ A = D + t_2 = 60 + 4,4 = 64,4.$$

$$2. D = 60H7;$$

$d = 60p6$ (поле допуску базової деталі);

$$b = 18h9; \quad B_B = 18P9; \quad B_{BT} = 18P9;$$

$$h = 11h11; \quad a = 53h14; \quad A = 64,4H14.$$

$$3. 18h9: \quad es = 0; \quad ei = -43 \text{ мкм.}$$

$$18P9: \quad ES_B = -18 \text{ мкм}; \quad EI_B = -61 \text{ мкм.}$$

$$18P9: \quad ES_{BT} = -18 \text{ мкм}; \quad EI_{BT} = -61 \text{ мкм.}$$

$$4. b_{max} = b_H + es = 18 + 0 = 18;$$

$$b_{min} = b_H - ei = 18 + (-0,043) = 17,957;$$

$$B_{Bmax} = B_B + ES_B = 18 + (-0,018) = 17,982;$$

$$B_{Bmin} = B_B + EI_B = 18 + (-0,061) = 17,939;$$

$$B_{BTmax} = B_{BT} + ES_{BT} = 18 + (-0,018) = 17,982;$$

$$B_{BTmin} = B_{BT} + EI_{BT} = 18 + (-0,061) = 17,939.$$

$$5. Tb = b_{max} - b_{min} = 18 - 17,957 = 0,043;$$

$$Tb = es - ei = 0 - (-43) = 43 \text{ мкм};$$

$$TB_B = B_{Bmax} - B_{Bmin} = 17,982 - 17,939 = 0,043;$$

$$TB_B = ES_B - EI_B = -18 - (-61) = 43 \text{ мкм};$$

$$TB_{BT} = B_{BTmax} - B_{BTmin} = 17,982 - 17,939 = 0,043;$$

$$TB_{BT} = ES_{BT} - EI_{BT} = -18 - (-61) = 43 \text{ мкм.}$$

6. $18 \frac{P9}{h9}$ – з'єднання шпонки зі шпонковим пазом вала виконано з перехідною посадкою.

$18 \frac{P9}{h9}$ – з'єднання шпонки зі шпонковим пазом втулки виконано з перехідною посадкою.

7. Шпонка – шпонковий паз вала.

$$S_{Bmax} = B_{Bmax} - b_{min} = 17,982 - 17,957 = 0,025;$$

$$S_{Bmax} = ES_B - ei = 18 - (-43) = 25 \text{ мкм};$$

$$N_{Bmax} = b_{max} - B_{Bmin} = 18 - 17,939 = 0,061;$$

					КНУ.КБР.131.26.1-19.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_{B \max} = es - EI_B = 0 - 61 = 61 \text{ мкм.}$$

Шпонка – шпонковий паз втулки.

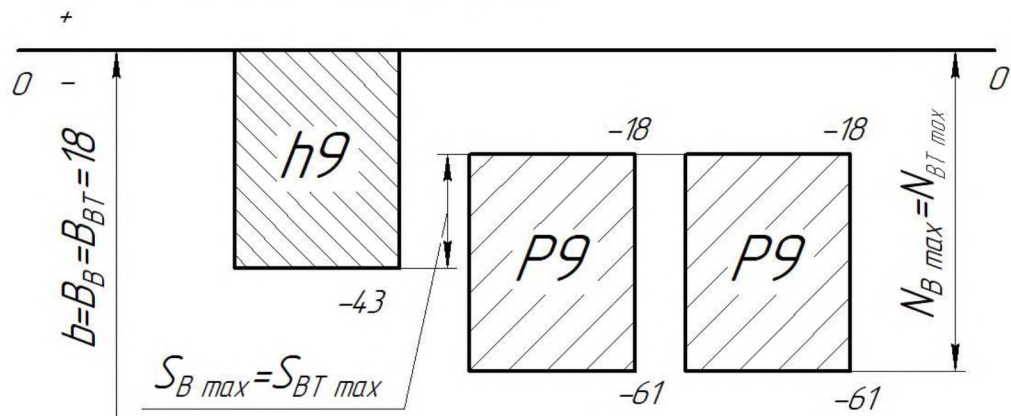
$$S_{BT \max} = B_{BT \max} - b_{\min} = 17,982 - 17,957 = 0,025;$$

$$S_{BT \max} = ES_{BT} - ei = 18 - (-43) = 25 \text{ мкм.};$$

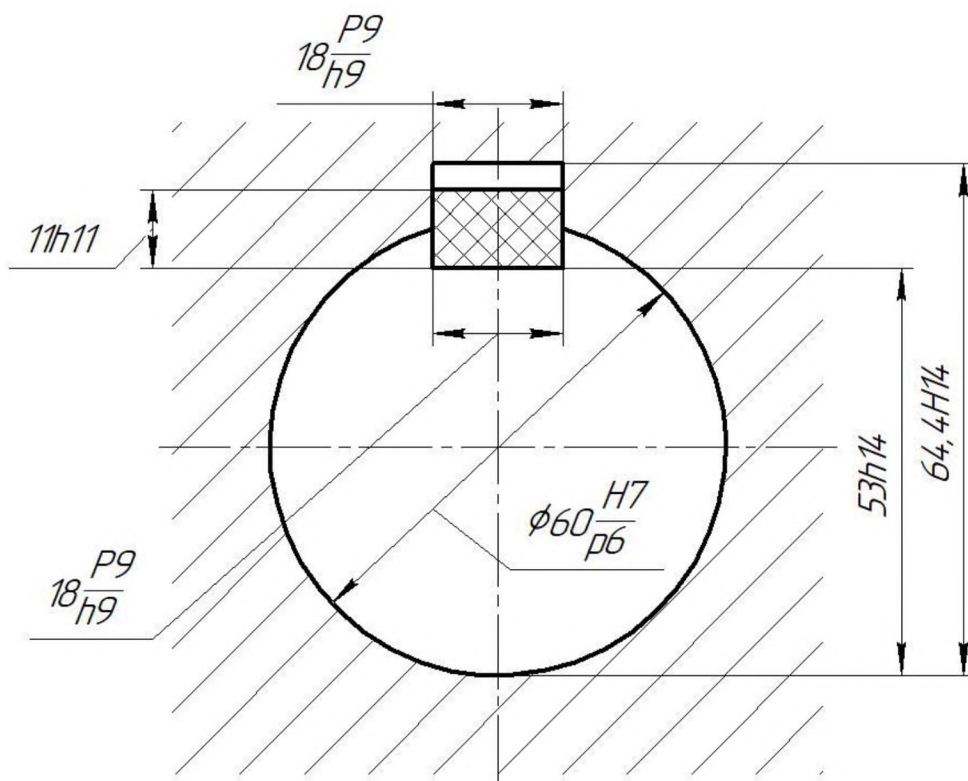
$$N_{BT \max} = b_{\max} - B_{BT \min} = 18 - 17,939 = 0,061;$$

$$N_{BT \max} = es - EI_{BT} = 0 - 61 = 61 \text{ мкм.}$$

Схему полів допусків для шпонкового з'єднання наведено на рисунку 1.4, а відповідний ескіз зображено на рисунку 1.5.



Рисунку 1.4 – Схема полів допусків шпонкового з'єднання



Рисунку 1.5 – Ескіз шпонкового з'єднання

					КНУ.КБР.131.26.1-19.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

Деталь «Вал-шестерня» є елементом машини (верстат мод. 1Л532), що призначений для передавання крутного моменту, а також для сприйняття навантажень, які виникають від встановлених на ньому деталей та опор. Вали-шестерні, що призначені для передавання крутного моменту від одного вала до іншого, належать до вузлів механізмів, які зазнають інтенсивного зношування. Це відбувається навіть попри те, що такі деталі виготовляються з матеріалів підвищеної міцності та зносостійкості порівняно зі звичайними зубчастими колесами. У процесі експлуатації вал-шестерні піддаються значним комплексним навантаженням, що включають крутні, згинальні та контактні напруження. Унаслідок цього їх технічний стан може досить швидко погіршуватися, що призводить до втрати працездатності. Тому для запобігання простоїв обладнання необхідно здійснювати постійний контроль стану даного вузла та своєчасно проводити його заміну або ремонт.

Сталь 40ХН – конструкційна легована хромонікелева сталь. Вона широко застосовується для виготовлення відповідальних деталей машин, які працюють під дією значних статичних, динамічних та вібраційних навантажень. До таких деталей належать осі, вали, шатуни, зубчасті колеса, вали екскаваторів, муфти, вали-шестерні, шпинделі, болти, важелі, штоки, циліндри та інші елементи машин, до яких висуваються підвищені вимоги щодо міцності та в'язкості. Також ця сталь використовується для виготовлення валків рельсобалочних і крупносортичних станів гарячої прокатки металу. Замінники сталі 40ХН: 45ХН, 50ХН, 38ХГН, 40Х, 35ХГФ, 40ХНР, 40ХНМ, 30ХГВТ. Дані про матеріал деталі приводяться у таблицях 2.1 та 2.2.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 40ХН ДСТУ 7806:2015

C	Si	Mn	Cu	S	P	Ni	Cr
0.36-0.44	0.17-0.37	0.5-0.8	0-0.3	0-0.035	0-0.035	1-1.4	0.45-0.75

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 40Х (ДСТУ 7806:2015)

σ_T , МПа	$\sigma_{вр}$, МПа	δ_5 , %	ψ , %	КСУ, кДж/м ²	Термообробка
не менш				690	Загартування та відпуск
785	980	11	45		

					<i>КНУ.КБР.131.26.1-19.02.ТПВД</i>		
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата			
Розроб.	Маляран				<i>Технологічна підготовка виробництва деталі</i>	Літ.	Арк.
Перевір.	Рязанцев						Арк.зміщ
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-22</i>	
Зав. каф.	Рязанцев						

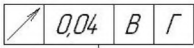
Таблиця 2.3 – Закордонні аналоги матеріалу 40ХН

США	Швеція	Англія	Японія	Німеччина	Франція	Китай
—	SS	BS	JIS	DIN, WNR	AFNOR	GB
3135 3140H G31400	2530	640M40	SNC236	1.5710 1.5711 36NiCr6 40NiCr6	35NC6	40CrNi

2.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Виконаємо аналіз поверхонь деталі, попередньо здійснивши нумерацію всіх її поверхонь (Додаток А). На основі отриманої нумерації формується послідовність технологічної обробки, що представлена в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Вибір і обґрунтування послідовності обробки

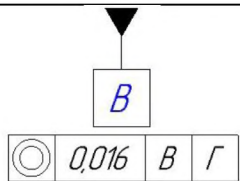
№	Розмір	R_a	IT	Етапи обробки	Примітки
1	2	3	4	5	6
1,16	312	12.5	h14	Точіння чорнове	
2	Ø40	0.8	k6	Точіння чорнове, напівчистове, чистове, шліфування, шліфування фінішне	 ▼ 
3	69	3.2	h14	Точіння чорнове, напівчистове, чистове	
4	Ø65	1.6	p6	Точіння чорнове, напівчистове, чистове, шліфування	
5	Ø65	3.2	h14	Точіння чорнове, напівчистове, чистове	
6	4	3.2	h14	Точіння чорнове, напівчистове, чистове	
7	Ø51.5	3.2	h14	Точіння чорнове, напівчистове, чистове	
8	41	3.2	H12	Точіння чорнове, напівчистове, чистове	
9	Ø64.95	3.2	h10	Точіння чорнове, напівчистове, чистове	
10	116	3.2	h14	Точіння чорнове, напівчистове, чистове	
11	Ø51.5	3.2	h11	Точіння чорнове, напівчистове, чистове	
12	79	3.2	h13	Точіння чорнове, напівчистове, чистове	

КНУ.КБР.131.26.1-19.02.ТПВД

Арк.

Змн. Арк. № док. Підпис Дата

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6
13	Ø40	0.8	k6	Точіння чорнове, напівчистове, чистове, шліфування, шліфування фінішне	
14	1x45° 2 фаски			Точіння фасок	
15	Ø38	1.6	a11	Точіння чорнове, напівчистове, чистове, шліфування	
17	3	3.2	H14	Точіння чорнове, напівчистове, чистове	
18	R3	3.2	h14	Точіння чорнове, напівчистове, чистове	
19	2.8	3.2	H14	Точіння чорнове, напівчистове, чистове	
20	3	3.2	H14	Точіння чорнове, напівчистове, чистове	
21	2x45° 2 фаски			Точіння фасок	
22	Ø6.3; l=15,36	12.5	H14	Свердління	
23	B=18	3.2	P9	Фрезерування чорнове, напівчистове, чистове	
24	d-8x32h7x38a11x6	1.6	js7	Фрезерування чорнове, напівчистове, чистове	
25	m=3, z=19	3.2	6-C	Фрезерування чорнове, напівчистове, чистове	

2.3 Технічний контроль робочого креслення

Робоче креслення деталі виконано на аркуші формату А2 відповідно до вимог стандартів. Деталь зображена за допомогою головного виду, перерізів А-А та Б-Б, а також виду В, що забезпечує повне уявлення про її геометричну форму, оскільки деталь належить до тіл обертання.

На кресленні нанесені всі необхідні лінійні та діаметральні розміри. Лінійні розміри задані координатним і ланцюговим способами. Основні розміри подано із зазначенням граничних відхилень, а також вказано параметри шорсткості поверхонь. Для розмірів, точність яких не визначена окремо, встановлено загальне допускове поле, зазначене у технічному написі на полі креслення, що відповідає 14-му квалітету точності (IT14).

У більшості випадків параметри шорсткості поверхонь наведені безпосередньо на кресленні. Для поверхонь, де вони не вказані, прийнято

					КНУ.КБР.131.26.1-19.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

значення Ra 3,2 мкм, що зазначено у відповідному технічному написі у правому верхньому куті. У основному написі (штампі) креслення наведено матеріал деталі, її масу та масштаб виконання креслення.

Отже, креслення містить повну інформацію щодо форми деталі, її розмірів, параметрів шорсткості, відхилень форми та взаємного розташування поверхонь, а також вимог до якості обробки, що забезпечує всебічне уявлення про характеристики та якість деталі.

2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання

Технологічний процес виготовлення заданої деталі складається з послідовності операцій, що наведено в таблиці 2.5. Обране обладнання та відповідний металорізальний інструмент наведено в табл. 2.6

Таблиця 2.5 – Технологічний процес виготовлення деталі

№ опер.	Назва операції, зміст операції	Обладнання
000	Заготівельна	
005	Фрезерно-центрувальна	Фрезерно-центрувальний мод. MP -73M
010	Токарна чорнова	Токарний верстат з ЧПК MAZAK Slant Turn 20 ATC
015	Токарна чистова	
020	Термообробка	
025	Зубофрезерна	Зубофрезерний верстат з ЧПК GearSpect SF 350/500 CNC
030	Фрезерна	Фрезерний верстат з ЧПК ARES SEIKI R 6030
035	Круглошліфувальна	Шліфувальний верстат з ЧПК SK 204
040	Контрольна	

Таблиця 2.6 – Вибір металорізальних верстатів та інструментів по обробці поверхонь деталі

№	Найменування операції	Тип і модель верстату	Тип інструменту
1	2	3	5
1,16	Підрізка торцю	Токарний верстат з ЧПК MAZAK Slant Turn 20 ATC	Різець з механічним кріпленням і квадратною пластиною
2	Точіння зовнішньої циліндричної поверхні	Токарний верстат з ЧПК MAZAK Slant Turn 20 ATC	Різець з механічним кріпленням і квадратною пластиною
	Шліфування	Шліфувальний верстат з ЧПК SK 204	Шліфувальний круг

					КНУ.КБР.131.26.1-19.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	5
3	Підрізка торцю	Токарний верстат з ЧПК MAZAK Slant Turn 20 ATC	Різець з механічним кріпленням і квадратною пластиною
4	Точіння зовнішньої	Токарний верстат з ЧПК MAZAK Slant Turn 20 ATC	Різець з механічним кріпленням і квадратною пластиною
	Шліфування	Шліфувальний верстат з ЧПК SK 204	Шліфувальний круг
5	Точіння зовнішньої циліндричної поверхні	Токарний верстат з ЧПК MAZAK Slant Turn 20 ATC	Різець з механічним кріпленням і квадратною пластиною
6	Підрізка торцю		Різець з механічним кріпленням і квадратною пластиною
7	Точіння зовнішньої циліндричної поверхні		Різець з механічним кріпленням і квадратною пластиною
8	Підрізка торцю		Різець з механічним кріпленням і квадратною пластиною
9	Точіння зовнішньої циліндричної поверхні		Різець з механічним кріпленням і квадратною пластиною
10	Підрізка торцю		Різець з механічним кріпленням і квадратною пластиною
11	Точіння зовнішньої циліндричної поверхні		Різець з механічним кріпленням і квадратною пластиною
12	Підрізка торцю		Різець з механічним кріпленням і квадратною пластиною
13	Точіння зовнішньої циліндричної поверхні	Токарний верстат з ЧПК MAZAK Slant Turn 20 ATC	Різець з механічним кріпленням і квадратною пластиною
	Шліфування	Шліфувальний верстат з ЧПК SK 204	Шліфувальний круг
14	Точіння фасок	Токарний верстат з ЧПК MAZAK Slant Turn 20 ATC	Різець з механічним кріпленням і квадратною пластиною
15	Точіння зовнішньої циліндричної поверхні	Токарний верстат з ЧПК MAZAK Slant Turn 20 ATC	Різець з механічним кріпленням і квадратною пластиною
	Шліфування циліндричної поверхні	Шліфувальний верстат з ЧПК SK 204	Шліфувальний круг

					КНУ.КБР.131.26.1-19.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	5
17	Точіння канавки	Токарний верстат з ЧПК MAZAK Slant Turn 20 ATC	Різець з механічним кріпленням і квадратною пластиною
18	Точіння зовнішньої циліндричної поверхні		Різець з механічним кріпленням і квадратною пластиною
19	Точіння канавки		Різець з механічним кріпленням і квадратною пластиною
20	Точіння канавки		Різець з механічним кріпленням і квадратною пластиною
21	Точіння фасок		Різець з механічним кріпленням і квадратною пластиною
22	Свердління центрального отвору	Фрезерно-центрувальний мод. MP -73M	Свердло центрувальне зі швидкорізальної сталі
23	Фрезерування пазу	Фрезерний верстат з ЧПК ARES SEIKI R 6030	Кінцева фреза
24	Шліцефрезерування	Зубофрезерний верстат з ЧПК GearSpect SF 350/500 CNC	Черв'ячна фреза для шліців
25	Зубофрезерування		Черв'ячна фреза

Далі наведемо технічні характеристики обраних верстатів. Токарні операції виконуються на токарному верстаті з ЧПК MAZAK Slant Turn 20 ATC (рис. 2.1), його технічні характеристики наведено в таблиці 2.7.



Рисунок 2.1 – Токарний обробний центр з ЧПК Mazak Slant Turn 20 ATC

					КНУ.КБР.131.26.1-19.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики токарного верстата MAZAK Slant Turn 20 ATC

Параметр	Значення
Система ЧПК	Mazatrol T32-3
Максимальна довжина точіння	500 мм
Максимальний діаметр точіння	260–268 мм
Максимальний діаметр над станиною	≈495 мм
Відстань між центрами	≈950 мм
Діаметр отвору шпинделя	51–61 мм
Діапазон обертів шпинделя	36 – 3600 / до 4800 об/хв
Потужність шпиндельного двигуна	≈15 кВт
Кількість позицій інструменту	16
Переміщення по осі X	~270–310 мм
Переміщення по осі Z	~535–750 мм
Швидкі переміщення X/Z	до 24 м/хв
Швидкість приводного інструменту	100 – 3500 об/хв
Потужність приводного інструменту	~3.7 кВт
Габарити (Д × Ш × В)	3750 × 1750 × 2050 мм
Маса верстата	≈5000 кг

Фрезерна операція (фрезерування шпонкового пазу) виконується на фрезерному верстаті з ЧПК ARES SEIKI R 6030 (рис. 2.2), технічні характеристики якого наведено в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики фрезерного верстата з ЧПК ARES SEIKI R 6030

Параметр	Значення	Одиниці
Тип верстата	Вертикальний обробний центр	
Розмір столу	700 × 410	мм
Максимальне навантаження на стіл	200	кг
Переміщення по осях X / Y / Z	600 × 400 × 300	мм
Відстань від столу до шпинделя	155 – 455	мм
Конус шпинделя	BT30	
Стандартна швидкість шпинделя	10 000	об/хв
Потужність двигуна шпинделя	3.7 / 2.2	кВт
Швидкі переміщення X / Y / Z	48 / 48 / 60	м/хв
Кількість інструментів у магазині	14	шт
Максимальна маса інструмента	3	кг
Максимальна довжина інструмента	200	мм
Час зміни інструмента (АТС)	2.6	сек
Приводи осей X / Y	1.6	кВт
Привід осі Z	3	кВт
Маса верстата	3100	кг
Габарити (Д × Ш × В)	1700 × 2750 × 2500	мм

					КНУ.КБР.131.26.1–19.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.2 – Вертикальний обробний центр з ЧПК ARES SEIKI R 6030

Зубообробні операції (фрезерування шліців та циліндричного зубчастого вінця) виконуються на зубофрезерному верстаті з ЧПК GearSpect SF 350/500 CNC (рис. 2.3). Технічні характеристики верстата наведено в таблиці 2.9.



Рисунок 2.3 – Зубофрезерний верстат з ЧПК GearSpect SF 350/500 CNC

					КНУ.КБР.131.26.1-19.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докм.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики зубофрезерного верстату з ЧПК GearSpect SF 350/500 CNC

Параметр	Значення
Кількість керованих осей	6
Максимальний діаметр зачеплення	500 мм
Максимальний модуль зубчастого колеса	12 мм
Максимальне осьове переміщення супорта фрези	400 мм
Максимальний еліптичний кут	$\pm 35^\circ$
Максимальний діаметр фрези	300 мм
Максимальна довжина фрези	300 мм
Максимальне переміщення фрези	250 мм
Відстань від осі фрези до осі столу	50 – 550 мм
Відстань від осі фрези до поверхні столу	300 – 700 мм
Діаметр столу	450 мм
Діаметр отвору столу	200 мм
Швидкість обертання шпинделя фрези	до 400 об/хв
Швидка подача осей X, Z	3 м/хв
Швидка подача осі Y	4,2 м/хв
Потужність головного двигуна	18,5 / 25,5 кВт
Маса верстата	16 000 кг
Габарити верстата	2600 × 5530 × 3800 мм
Система ЧПК	SINUMERIK 840D або FANUC 18iMB
Живлення	380 В, 50 Гц

					КНУ.КБР.131.26.1–19.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

3 ВИБІР РІЗАЛЬНИХ ТА ДОПОМІЖНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ЗА МІЖНАРОДНИМИ СТАНДАРТАМИ

3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі

У відповідності до етапів обробки деталі «Вал-шестерня», обраного верстатного обладнання та керуючись даними таблиці 2.6 оберемо необхідний металорізальний інструмент. Вибір інструментів виконуємо за каталогом фірми SUMITOMO [1]. Обираємо групу матеріалів в залежності від марки матеріалу деталі. Враховуючи технологічну характеристику верстату, перетин інструменту буде 20x20. Для заданого різця обираємо державку, пластину і матеріал покриття.

3.1.1 Різець для обробки зовнішніх циліндричних поверхонь, торців і фасок.

1) Вибір державки. Для обробки зовнішньої циліндричної поверхні, торців і фасок обираємо прохідний різець з квадратною пластиною. Найбільш відповідна державка – DSSN R2020S2509 (рис. 3.1) з наступними параметрами [1, С14]:

$$h=20, b=20, L=125, f=25, h=20, L2=30.$$

Затиск пластини – набір елементів SCP-2.

Гвинт для затиску опорної пластини – BFTX0409N.

Опорна пластина – SNS1204.

Форма пластини – квадратна.

Тип інструменту – квадратна пластина 90.

Задній боковий кут – 0.

Висота хвостовика – 20.

Ширина хвостовика – 20.

Довжина інструменту – 125.

2) Вибір пластин [1, В41]:

а) Для чорнової обробки :

Пластина – SNMM 120408N – MP (рис. 3.2).

Покриття – AC820P.

Конструктивні параметри: $d = 15,875$; $h = l = 15,875$; $s = 6,35$; $r = 0,8$.

б) Для напівчистої обробки:

Пластина – SNMG 120404N - GU (рис. 3.3).

Покриття – AC810P.

Конструктивні параметри: $d = 12,7$; $h = l = 12,7$; $s = 4,76$; $r = 0,4$.

в) Для чистої обробки:

Пластина – SNGG 120404R - GX (рис. 3.4).

Покриття – B10F.

Конструктивні параметри: $d = 12,7$; $h = l = 12,7$; $s = 4,76$; $r = 0,4$.

					<i>КНУ.КБР.131.26.1-19.03.ВРДІ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Маляр			Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами	Літ.	Арк.
Перевір.		Рязанцев					
Реценз.						Каф. ТМ, гр. ПМ-22	
Н. контр.		Нечаєв					
Зав. каф.		Рязанцев					

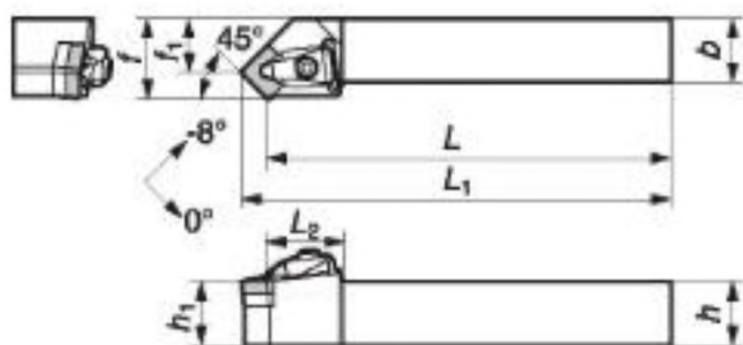


Рисунок 3.1 – Державка для квадратних пластин

MP

0°

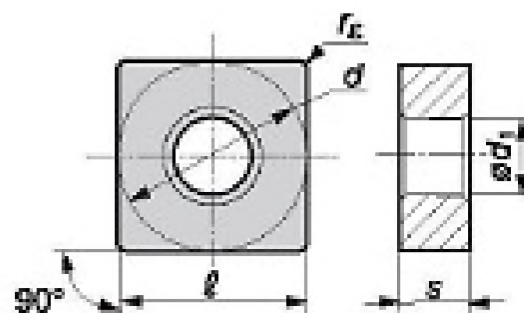
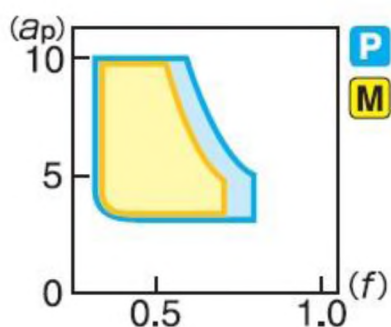


Рисунок 3.2 – Квадратна пластина для чорнової обробки SNMM 120408N – MP

GU

7°

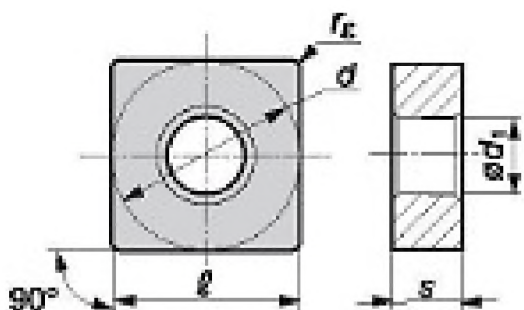
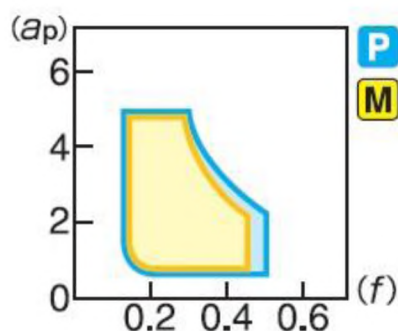
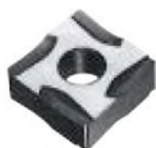


Рисунок 3.3 – Квадратна пластина для напівчистої обробки SNMG 120404N – GU

GX

15°

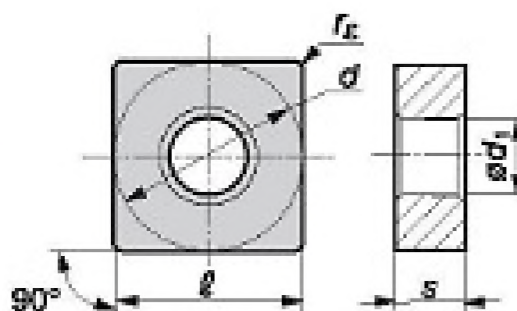
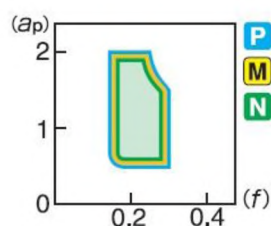
(Показана
левая пластина)

Рисунок 3.4 – Квадратна пластина для чистої обробки SNGG 120404R - GX

					КНУ.КБР.131.26.1-19.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

3.1.2 Різець для обробки канавок

1) Вибір державки. Для обробки канавок обираємо різець з пластиною типу CG. Найбільш відповідна державки – GNDL R2020K - 320, GNDL L2020K – 320 (рис. 3.5) з наступними параметрами [1, F23]:

$$h=20, b=20, L=125, f=20, h=20, L=44,5$$

Затиск пластини – гвинт притискний.

Тип гвинта – BX05020.

Опорна пластина – SNS1204.

Форма пластини – CG.

Тип інструменту – пластина CG.

Задній боковий кут – 5°.

Висота хвостовика – 20.

Ширина хвостовика – 20.

Довжина інструменту – 125.

2) Вибір пластин [1, F23]:

а) Для чорнової обробки:

Пластини (рис. 3.6):

- GCM R3002 - CG - 05

- GCM L3002 - CG - 05

Покриття – AC830P

Конструктивні параметри: $l = 21,3$; $s = 3,8$; $r = 0,2$.

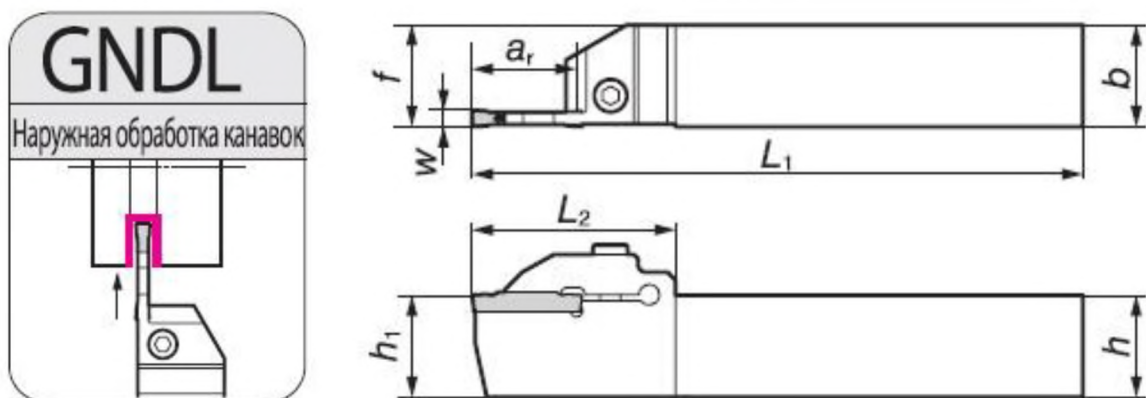


Рисунок 3.5 – Державка для обробки канавок

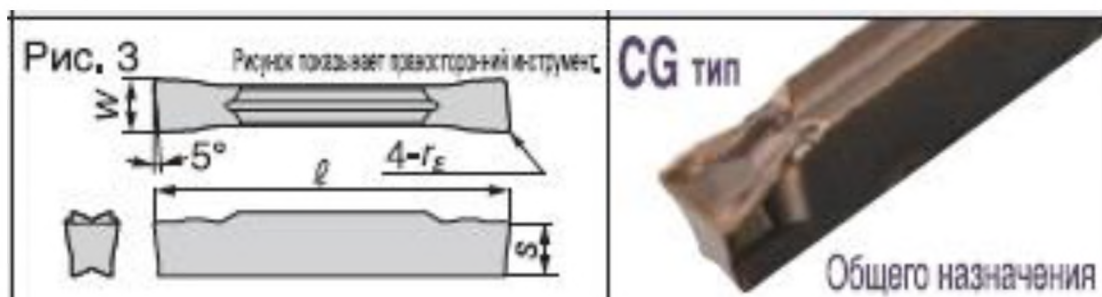


Рисунок 3.6 – Пластина форми CG для обробки канавок

					КНУКБР.131.26.1-19.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата		

3.1.3 Кінцева фреза

Фреза для обробки пазу [1, І35] – найбільш відповідна фреза - GSXVL 4020 - 2,5D (рис. 3.7) з наступними параметрами:

$$l=5, L=50, D=2, D=4$$

Матеріал – ACF20.

Частота обертання – 8400 хв.

Подача – 500 мм/хв.

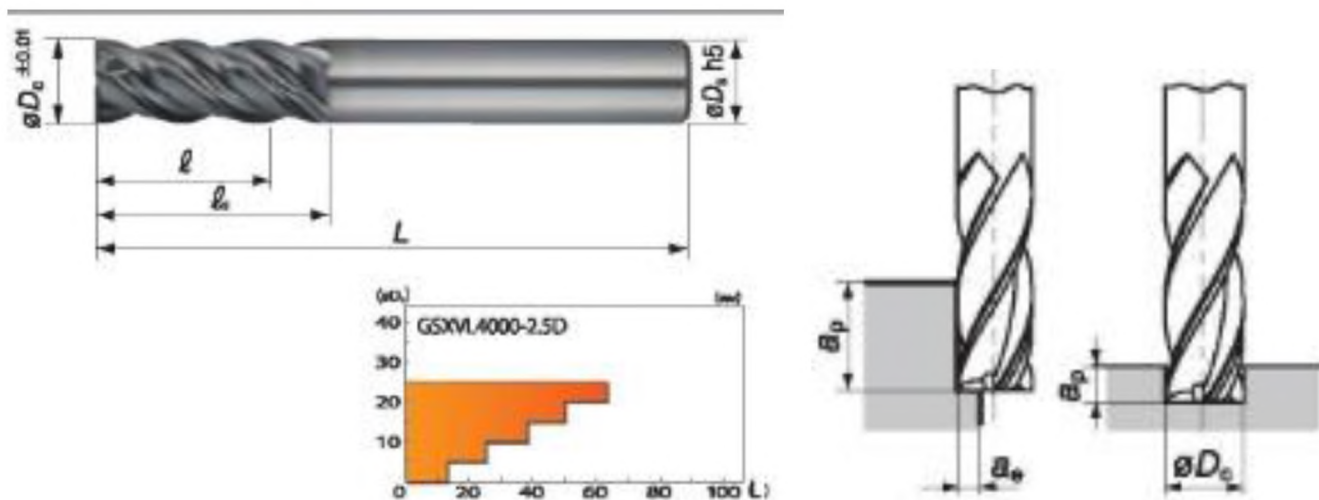


Рисунок 3.7 – Фреза кінцева GSXVL 4020-2,5D

3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів

З урахуванням фізико-механічних властивостей матеріалу деталі, типу обробки та використовуваних металорізальних верстатів для обраних інструментів визначають матеріал різальної частини, геометричні параметри, а також матеріал державки (корпусу або хвостовика). Узагальнені дані наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.2 – Вибір параметрів ріжучої частини інструментів за каталогом фірми SUMITOMO

Тип інструмента	Матеріал ріжучої частини інструмента	Матеріал державки інструмента	Геометричні параметри різальної частини інструмента
1	2	3	4
Шліфувальний круг	A24		
Канавочний різець	AC830P GNDL R2020K - 320	AC5304	$\varphi=90^\circ$; $\alpha=0^\circ$; $\gamma=15^\circ$
Центрувальне свердло (Тип В)	T15K6	Сталь 50	$2\varphi = 118^\circ$; $\alpha=11^\circ$; $\omega=5^\circ$

					КНУ.КБР.131.26.1-19.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
Різець з механічним кріпленням і квадратною пластиною	Для чорнової обробки – AC820P SNMM 120408N - MP	BNC150	$\varphi=90^\circ; \alpha=0^\circ; \gamma=0^\circ$
	Для напівчистої обробки – AC810P SNMG 120404N - GU		$\varphi=90^\circ; \alpha=0^\circ; \gamma=7^\circ$
	Для чистової обробки – G10F SNGG 120404R - GX		$\varphi=90^\circ; \alpha=0^\circ; \gamma=15^\circ$
Фреза кінцева цільна	ACF20 GSXVL 4020 - 2,5D	NB100C	$\alpha=1 \dots 2^\circ; \beta=1 \dots 2^\circ; \omega=5^\circ$
Фреза черв'ячна	P6M5		$\alpha_\omega=20^\circ; \alpha_{np}=20^\circ 10'; \alpha_l=19^\circ 57'$

3.3 Вибір типорозміру різальних інструментів

З урахуванням виду обробки, типу інструмента, параметрів його різальної частини та габаритів, визначених за умовою міцності, здійснюють вибір типорозмірів металорізальних інструментів. Отримані дані заносять до табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Вибір типорозміру інструментів

№ пов.	Найменування інструмента	Основні розміри інструмента	Матеріал різальної частини	Шифр інструмента
1	2	3	4	5
1-16, 18,21	Різець з SEC-державкою і квадратною пластинкою для обробки торців, фасок і циліндричних поверхонь	$h=20$ $b=20$ $L_1 = 133.3$ $L=125$ $f=25$ $f_1 = 16.9$ $h_1 = 20$ $L_2 = 30$	Матеріал – BNC150 Для чорнової обробки – AC820P Для напівчистої обробки – AC810P Для чистової обробки – G10F	Державка: DSSN R2020K12 Пластинка для чорнової обробки – SNMM 120408N - MP Пластинка для напівчистої обробки – SNMG 120404N - GU Пластинка для чистової обробки – SNGG 120404R – GX

					КНУКБР.131.26.1-19.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5
2,4,13,15	Шліфувальний круг	125x6x22,23	Arbaflex Standart BF	A24R
17,19,20	Різець з SEC- державкою і пластинкою CG типу для обробки канавок	$h=20$ $b=20$ $L=125$ $f=20$ $h_1 = 20$ $L_2 = 44,5$	Матеріал – BNC150 Для чистової обробки – AC5304	Державка: GNDL R/L2020K - 320 Пластинка для чорнової обробки – GCM R/L3002-CG-05
22	Центрувальне свердло	$d=6.3$ $D=16$ $l=9.2$ $L=74$	Сталь 50	Тип В
23,24	Фреза кінцева	$l=5$ $L=50$ $D_c = 2$ $D_s = 4$	Матеріал – ACF 20	GSXVL 4020-2.5D
25	Фреза черв'ячна	$L=112$ $D=112$ $d_1 = 60$ $d=30$ $p=10$	Матеріал – P6M5	Тип 1

3.4 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту

Для одного з обраних типів інструменту приймають найбільш навантажені умови його роботи, що відповідають режиму чорнової обробки. З урахуванням умов різання, а саме фізико-механічних властивостей матеріалу заготовки, технічних характеристик верстата та параметрів режимів різання, визначають сили різання. Після цього обраний інструмент перевіряють на відповідність вимогам жорсткості та міцності.

Виконується розрахунок державки різця на жорсткість і міцність. Розміри поперечного перерізу корпусу різця визначаються залежно від величини сили різання, матеріалу корпусу, величини вильоту різця та інших чинників. Корпус різця з квадратною формою поперечного перерізу має кращу здатність протидіяти вигину.

Розміри державки – 20x20 ($h/b=1$).

Матеріал деталі – сталь 40XH.

$\sigma=800$ МПа; $D=65$ мм; $S=1,0$ мм/об; $l=312$ мм.

1) Матеріал корпусу різця – сталь 50, з $\sigma = 650$ МПа та допустимим напруженням $\sigma = 450$ МПа.

					КНУКБР.131.26.1-19.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

2) Головна складова сили різання:

$$P_z = 10 \times C_{pz} \times t^{X_{pz}} \times S_0^{Y_{pz}} \times V^{N_{pz}} \times K_{pz} \quad (3.1)$$

Матеріал пластини – Т15К6

Геометричні елементи: $\phi = 75$, $\alpha = 5$, $\gamma = 5$, $\phi = 15$, $C_{pz}=300$; $X_{pz}=1$; $Y_{pz}=0,75$; $n_{pz}=1$ - загальний поправочний коефіцієнт.

$$P_z = 10 \times 300 \times 1 \times 1^{0.75} \times 70^{-0.15} \times 1 = 2000 \text{ Н} (\approx 200 \text{ кгс})$$

3) Ширина b квадратного поперечного перерізу корпусу різця:

$$b = \sqrt[3]{\frac{6 \times P_z \times l}{\sigma_{\text{и.д.}}}} \quad (3.2)$$

Отримаємо допустимий переріз корпусу різця для заданих параметрів:

$$b = \sqrt[3]{\frac{6 \times 200 \times 312}{45}} = \sqrt[3]{8320} = 20.26 \text{ мм}$$

Таким чином, обрана форма і розмір державки витримають навантаження на міцність і твердість.

3.5 Вибір типорозміру допоміжних інструментів

Технологічні операції виконуються на токарному верстаті з числовим програмним керуванням Mazak Slant Turn 20 АТС. Інструментальний комплекс формується на основі даних таблиць 2.6, 3.1 та 3.2 відповідно до вимог конкретної технологічної операції. Допоміжний інструмент підбирається за каталогом компанії HAIMER [2]. Згідно з каталогом обрано комбінований різцетримач форми D2 із зовнішнім підводом мастильно-охолоджувальної рідини.

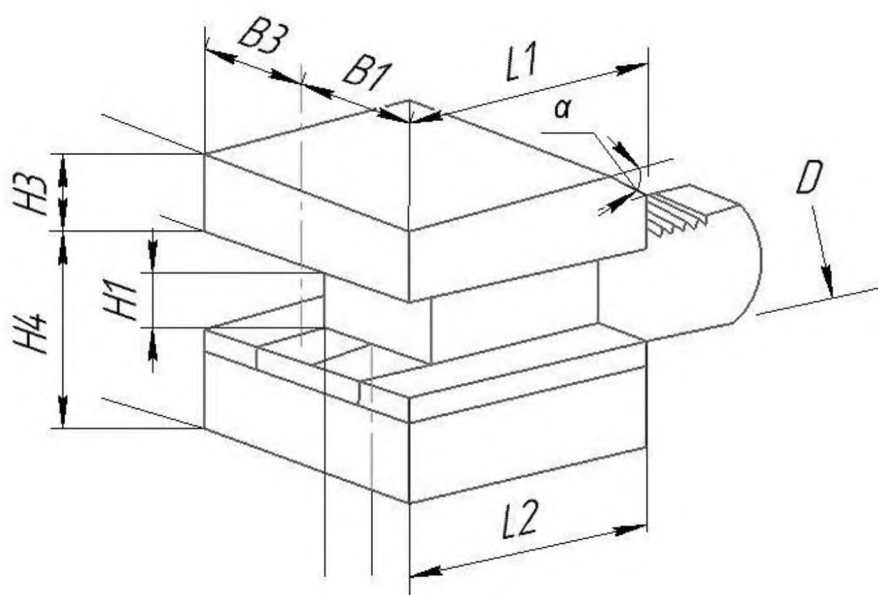


Рисунок 3.8 – Комбінований різцетримач форми D1

					КНУКБР.131.26.1-19.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.3 – Параметри різцетримача

Параметри									
D	B1	B3	H1	H3	H4	L1	L2	α	Позначення
30	35	41	20	28	38	42	60	-	D1- 30x20

При виконанні токарних операцій, вал встановлюється в самоцентрованому трьохкулачковому патроні з механічним зажимом і упором в торець та в обертаючому центрі з нерухомим люнетом.

					КНУ.КБР.131.26.1-19.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

4 ПРОЕКТУВАННЯ ТА ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту

На основі аналізу методів обробки поверхонь та обраних типів ріжучого інструменту, виконуємо розрахунок спеціального ріжучого інструменту – черв'ячної зуборізної фрези.

Геометричні параметри та характеристики беремо за ISO 2490:2007.

Вихідні дані:

- $m_0=3$;
- ступінь точності колеса – 8-B
- тип конструкції фрези – 1
- кут зачеплення $\alpha_\omega=20^\circ$
- матеріал заготовки колеса – сталь 40XH
- $\sigma_B=207$ МПа
- верстат – зубофрезерний верстат з ЧПК ARES SEIKI R 6030

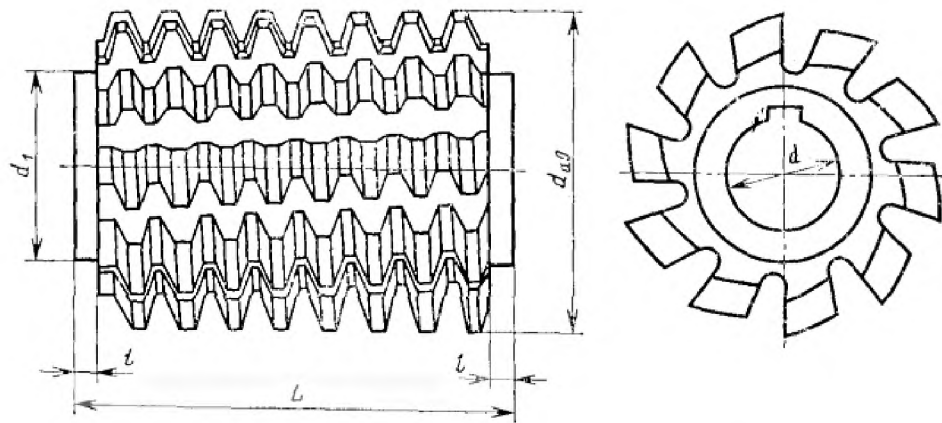


Рисунок 4.1 – Основні конструктивні розміри фрези

1. За ISO 2490:2007, табл. 1 обираємо фрезу 2510-4079 із модулем $m_0=3$ (ряд1), зовнішнім діаметром $d_{a0}=112$ мм, діаметром буртика $d_1=60$ мм, шириною буртиків $l=5$ мм, кількістю зубів (число стружкових канавок) $z_0=19$.

Розраховуємо основні конструктивні розміри фрези.

Зовнішній діаметр фрези:

$$D_{eu} \geq 2H_k + 2p + d, \quad (4.1)$$

де H_k – глибина канавки;

d – діаметр посадочного отвору фрези;

p – розмір тіла корпусу фрези, який приймається рівним $0,25-0,3d$.

					КНУ.КБР.131.26.1-19.04.ПІАРІ		
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата			
Розроб.	Маляран				Проектування та інженерний аналіз різального інструменту	Літ.	Арк.
Перевір.	Рязанцев						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв					Каф. ТМ, гр. ПМ-22	
Зав. каф.	Рязанцев						

Діаметр посадочного отвору фрези розраховується за наступною формулою:

$$d = (0.20 - 0.45) D_{eu}, \quad (4.2)$$

де D_{eu} – зовнішній діаметр фрези, прийнятий за ISO 2490:2007 і рівний 112мм.

$$d = 0,25 \cdot 112 = 28 \text{ мм}$$

Приймаємо $d=30$ мм за ISO 2490:2007.

Розраховуємо розмір тіла корпусу фрези за формулою:

$$p = (0,25 - 0,3) \cdot d, \quad (4.3)$$

$$p = (0,25 - 0,3) \cdot 30 = 0,3 \cdot 30 = 9 \text{ мм}$$

Приймаємо $p=10$ мм.

Глибина канавки черв'ячної фрези вираховується за формулою:

$$H_k = h_u + k + r, \quad (4.4)$$

де k – величини затилування зуба;

r – радіус закруглення дна канавки, який приймаємо рівним 3,5мм;

h_u – повна висота профілю зубів фрези.

2. Розміри профілю зубів у нормальному перерізі обираємо за табл. 1, с.32:

- крок профілю зуба в нормальному перетині $P_{n0}=9,425$,
- товщина зуба в нормальному перетині $S_{n0}=4,85$ мм,
- висота зуба $h_0=7,5$ мм,
- висота головки зуба $h_{a0}=3,75$ мм,
- висота ніжки зуба до фланку $h_{f0}=1,65$ мм,
- радіус скруглення зуба $r_{a0}=1,14$ мм,
- радіуси скруглення ніжки зуба $r_{f0}=0,9$ мм, $r'_{f0}=0,6$ мм,
- товщина фланку найбільша $a_f=0,036$ мм.
-

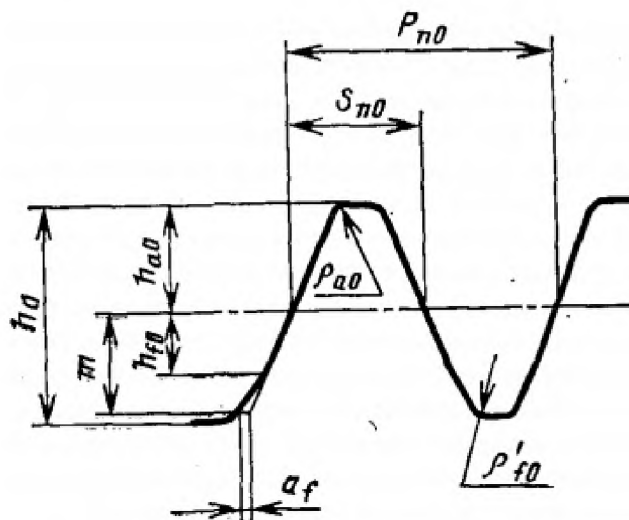


Рисунок 4.2 – Розмір профілю зубів в нормальному перетині

3. Розміри профілю зубів в осьовому перерізі (с.35): крок профілю зуба $P_{xo}=9,429$ мм, профільний кут профілю правої сторони зуба $\alpha_{np}=20^\circ 02'$, лівої – $\alpha_{xLO}=19^\circ 57'$.

					КНУ.КБР.131.26.1-19.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Величина затилування дорівнює:

$$k = \frac{\pi \cdot D_{eu}}{z_u} \cdot \operatorname{tg} \alpha_e, \quad (4.5)$$

де α_e – величина заднього кута в перерізі, перпендикулярному до осі фрези, який є рівним 10^0 - 12^0 , приймаємо $\alpha_e = 10^0$;

z_u – кількість зубів фрези, яка рівна 19 за ISO 2490:2007.

$$k = \frac{3,14 \cdot 112}{19} \cdot \operatorname{tg} 10^0 = 3,26 \text{ мм}.$$

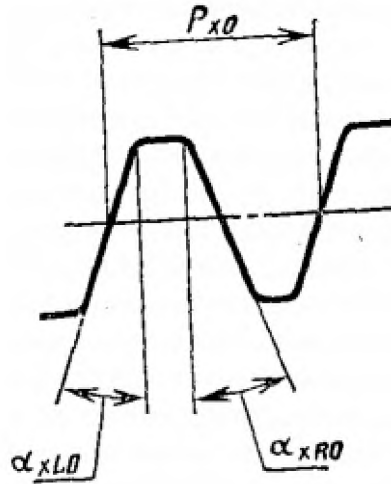


Рисунок 4.3 – Розмір профілю зубів в осьовому перетині

Повна висота профілю зубів фрези:

$$h_u = h'_u + h''_u, \quad (4.6)$$

де h'_u – висота головки зуба фрези;

h''_u – висота ніжки зуба фрези з урахуванням зазору.

Висота головки зуба фрези:

$$h'_u = 1,25m - \Delta y \cdot m, \quad (4.7)$$

де Δy - коефіцієнт, який приймаємо рівним 0,103;

m – модуль нарізуваного зуба.

$$h'_u = 1,25 \cdot 3 - 0,103 \cdot 3 = 3,441 \text{ мм}.$$

Висота ніжки зуба фрези з урахуванням зазору:

$$h''_u = 1,25m, \quad (4.8)$$

$$h''_u = 1,25 \cdot 3 = 3,75 \text{ мм}.$$

Отже повна висота профілю зубів фрези:

$$h_u = 3,441 + 3,75 = 7,191 \text{ мм}.$$

Виконуємо розрахунок глибини канавки черв'ячної фрези за формулою (4.4):

$$H_k = 7,191 + 3,26 + 2 = 12,451 \text{ мм}.$$

Виконуємо перевірку за формулою (4.1):

					КНУ.КБР.131.26.1-19.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

$$112 \geq 2 \cdot 14.71 + 2 \cdot 10 + 40 = 90 \text{ мм.}$$

Так як діаметр фрези розрахунковий не перевищує стандартний прийнятий, то робимо висновок, що всі вище розраховані величини прийняті правильно.

Довжину фрези розраховуємо за формулою:

$$L = 2 \left[\frac{h_1}{\sin 2\alpha_u} (1 + \sin^2 \alpha_u) + S_u \right]_1, \quad (4.9)$$

$$L = 2 \cdot \left[\frac{7,5}{0,342} (1 + 0,117) + 4,85 \right] = 108 \text{ мм.}$$

За ISO 2490:2007 приймаємо довжину фрези 112 мм.

Розраховуємо висоту нарізованого зуба за формулою:

$$h_1 = 2,25m - \Delta y \cdot m, \quad (4.10)$$

$$h_1 = 2,25 \cdot 3 - 0,103 \cdot 3 = 6,4 \text{ мм.}$$

Товщина зуба фрези в залежності від зміщення вираховується за формулою:

$$S_u = S_{u \text{ усх}} + 2 \cdot \xi \cdot m \cdot \operatorname{tg} \alpha_d, \quad (4.11)$$

де $S_{u \text{ усх}}$ – вихідна товщина зуба по ділильному колу

Вихідна товщина зуба по ділильному колу вираховується:

$$S_{u \text{ усх}} = \frac{\pi \cdot m}{2} - \Delta S_u, \quad (4.12)$$

де ΔS_u – потовщення зубів, яке приймаємо рівним 0,214 [3, с.651].

$$S_{u \text{ усх}} = \frac{3,14 \cdot 3}{2} - 0,214 = 4,49 \text{ мм.}$$

$$S_u = 4,49 + 2 \cdot 0,503 \cdot 3 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 18 \text{ мм}$$

Визначаємо розміри профілю зубів у нормальному перерізі

Крок профілю зуба у нормальному перерізі:

$$P_{n0} = \pi \cdot m \cdot z_3, \quad (4.13)$$

де z_3 – кількість заходів фрези.

$$P_{n0} = 3,1416 \cdot 3 \cdot 1 = 9,42 \text{ мм.}$$

Товщина зубу у нормальному перерізі визначається за формулою:

$$S_{n0} = P_{n0} - S_u, \quad (4.14)$$

$$S_{n0} = 9,42 - 4,49 = 4,93 \text{ мм.}$$

Визначаємо розміри профілю зубів в осьовому перерізі.

Осьовий крок:

$$P_{x0} = \frac{P_{n0}}{\cos \gamma_m}, \quad (4.15)$$

де γ_m – передній кут, який дорівнює 5° для чорнової фрези.

$$P_{x0} = \frac{9,42}{\cos 5^\circ} = 13,32 \text{ мм.}$$

					КНУ.КБР.131.26.1-19.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

За довідником приймаємо наступні значення задніх кутів:

правий задній кут – $\alpha_{np} = 20^{\circ}10'$,

лівий задній кут – $\alpha_{л} = 19^{\circ}57'$.

Середній розрахунковий діаметр визначаємо за формулою:

$$d_{ср.розр.} = D_{eu} - 2h_u' - 2 \cdot \sigma \cdot k, \quad (4.16)$$

де σ – коефіцієнт, який приймається в межах 0,1-0,25.

За ISO 2490:2007 приймаємо $\sigma = 0,15$.

$$d_{ср.розр.} = 112 - 2 \cdot 3,75 - 2 \cdot 0,2 \cdot 3,26 = 103,2 \text{ мм}.$$

Кут підйому гвинтової лінії витка:

$$\sin \gamma = \frac{m \cdot z_3}{d_{ср.розр.}}, \quad (4.17)$$

$$\sin \gamma = \frac{3 \cdot 1}{103,2} = 0,03$$

Кут підйому гвинтової лінії витка дорівнює куту нахилу стружкових канавок:

$$\gamma = \lambda = 1^{\circ}72'.$$

Розраховуємо хід гвинтової стружкової канавки:

$$P_z = \pi \cdot d_{ср.розр.} \cdot \text{ctg} \gamma, \quad (2.18)$$

$$P_z = 3,14 \cdot 103,2 \cdot \text{ctg} 1^{\circ}72' = 17822,64 \text{ мм}.$$

Радіус закруглення на головці зуба фрези визначається за формулою:

$$\rho_{eu} = \frac{C}{1 - \sin \alpha_{\delta}},$$

де C – зазор, який рівний $0,25 \text{ м}$.

Отже радіус закруглення буде рівний:

$$\rho_{eu} = \frac{0,25 \cdot 3}{1 - \sin 20^{\circ}} = 0,4 \text{ мм}.$$

4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту

Проведено детальний інженерний аналіз напружено-деформованого стану черв'ячної фрези, отриманий за допомогою методу скінченних елементів у середовищі SolidWorks Simulation. Метою аналізу є оцінка міцності, жорсткості та працездатності інструменту при заданих умовах навантаження. Об'єктом дослідження виступає черв'ячна фреза, виготовлена зі сталі марки 1.2312 (40CrMnMoS8-6), яка за своїми властивостями є аналогічною швидкорізальній сталі Р6М5.

На рисунку 4.4 показано фрезу з прикладеними силами, фіксацією та створеною сіткою кінцевих елементів для відповідного розрахунку.

					КНУ.КБР.131.26.1-19.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

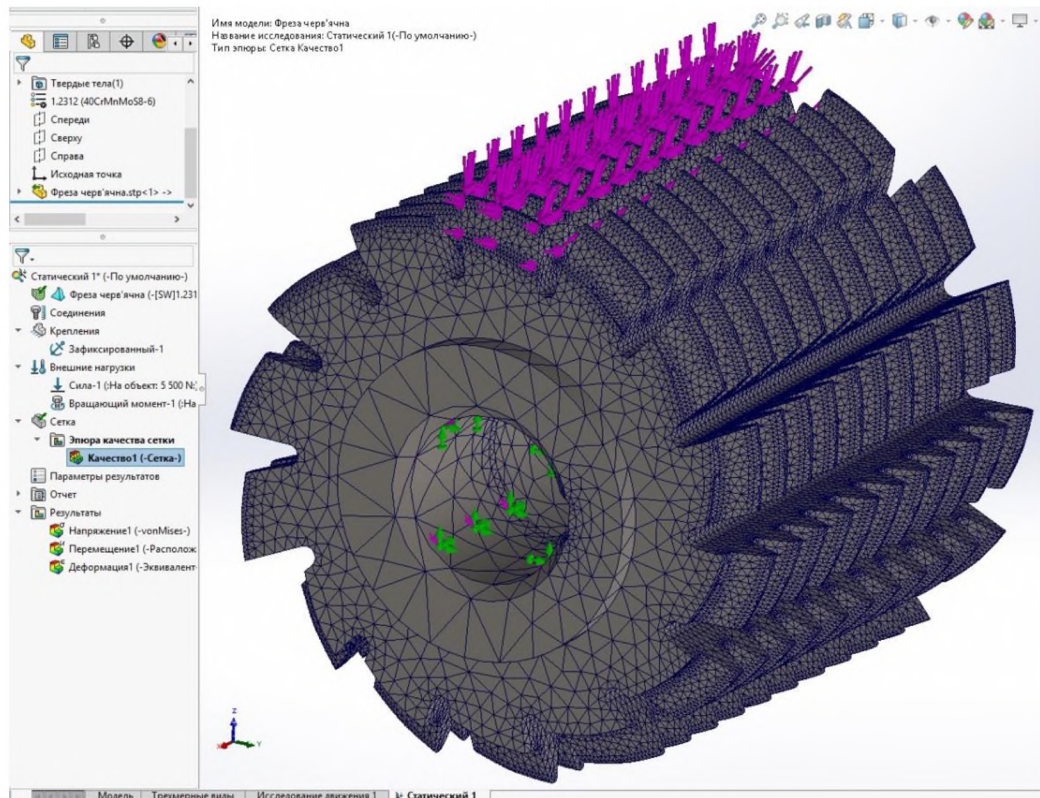


Рисунок 4.4 – Сітка кінцевих елементів для аналізу та прикладені сили

4.2.1 Аналіз напружень (Von Mises) черв'ячної фрези

Максимальне еквівалентне напруження становить $1,435 \cdot 10^9$ Па, що значно перевищує границю текучості матеріалу ($8,2 \cdot 10^8$ Па). Це означає, що в окремих зонах конструкції відбувається перевищення допустимих напружень, що може призводити до пластичної деформації або руйнування (рис. 4.5).

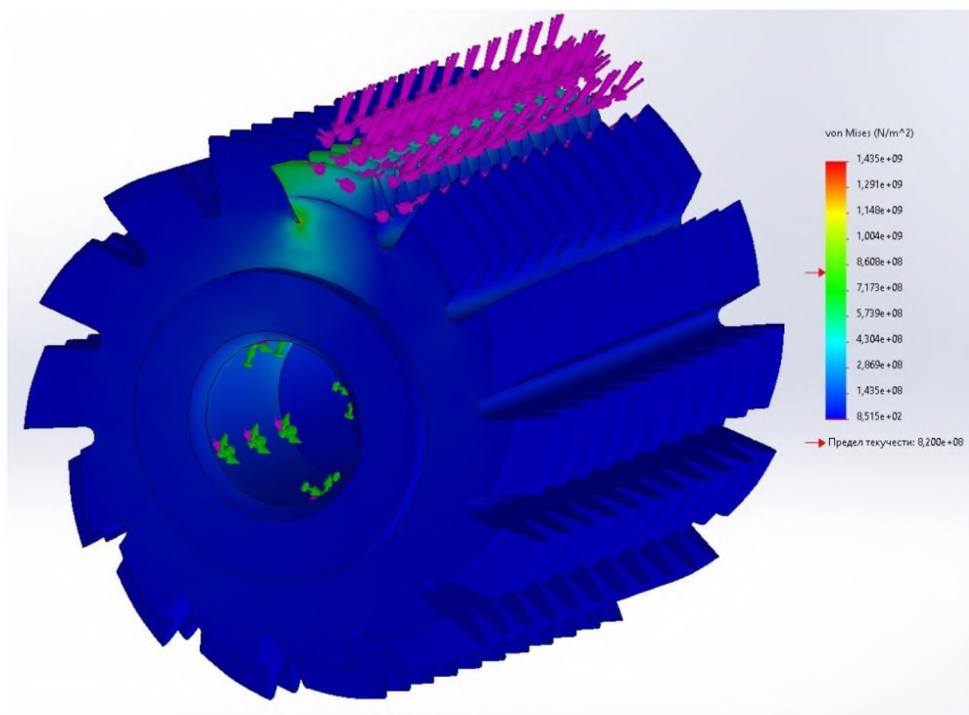


Рисунок 4.5 – Епюра напружень (Von Mises) черв'ячної фрези

									Арк.
Змн.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.1-19.04.ПІАРІ				

Ймовірні причини:

- концентрація напружень у зоні різальних зубців;
- недостатній радіус заокруглення;
- локальні перевантаження від сили різання та крутного моменту.

Таким чином, конструкція не відповідає умовам міцності.

4.2.2 Аналіз переміщень черв'ячної фрези

Максимальне переміщення становить 0,1459 мм (рис. 4.6). Для інструментів такого типу це значення є допустимим, однак воно може негативно впливати на точність обробки зубчастих коліс.

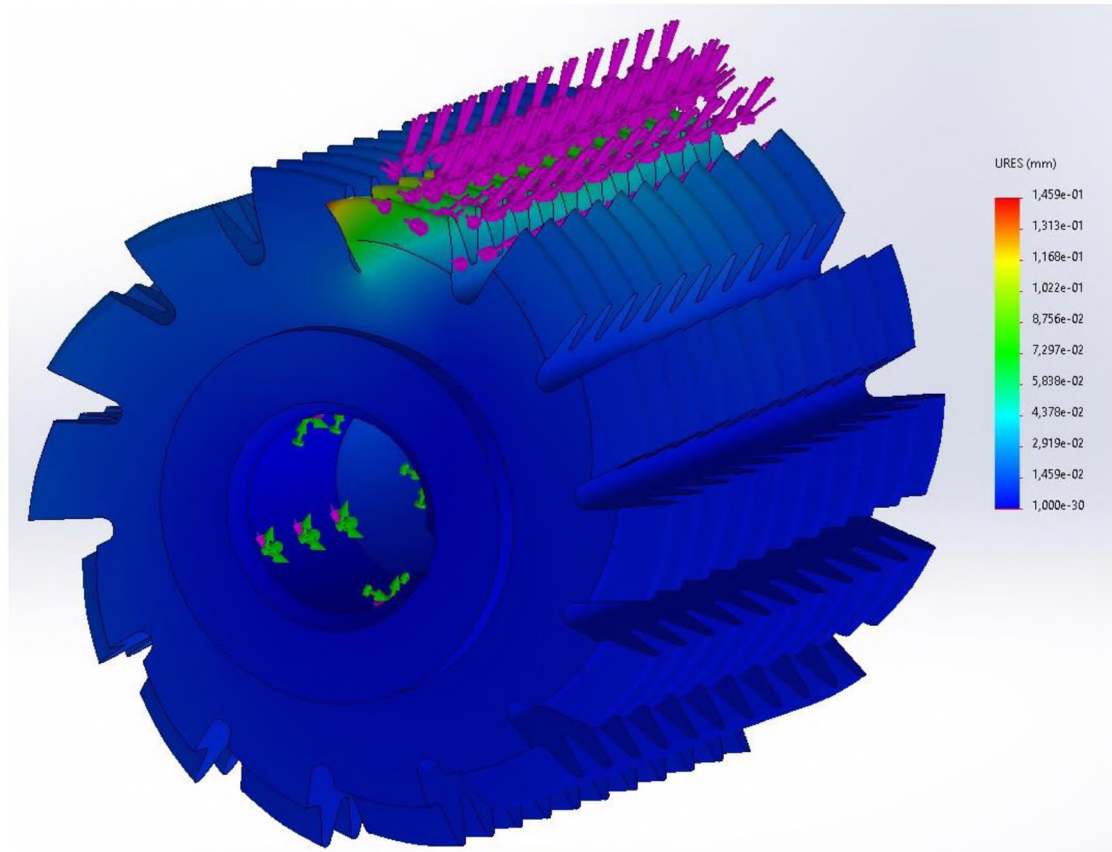


Рисунок 4.6 – Епюра переміщень черв'ячної фрези

Це свідчить про:

- конструкція має достатню загальну жорсткість;
- деформації носять локальний характер;
- точність обробки може знижуватися при пікових навантаженнях.

4.2.3 Аналіз деформацій черв'ячної фрези

Максимальна еквівалентна деформація становить $4,869 \cdot 10^{-3}$, що є високим значенням для інструментальної сталі (рис. 4.7).

Це свідчить про:

- наявність зон інтенсивної пластичної деформації;
- можливість накопичення мікропошкоджень;
- зниження ресурсу інструменту.

					КНУ.КБР.131.26.1-19.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

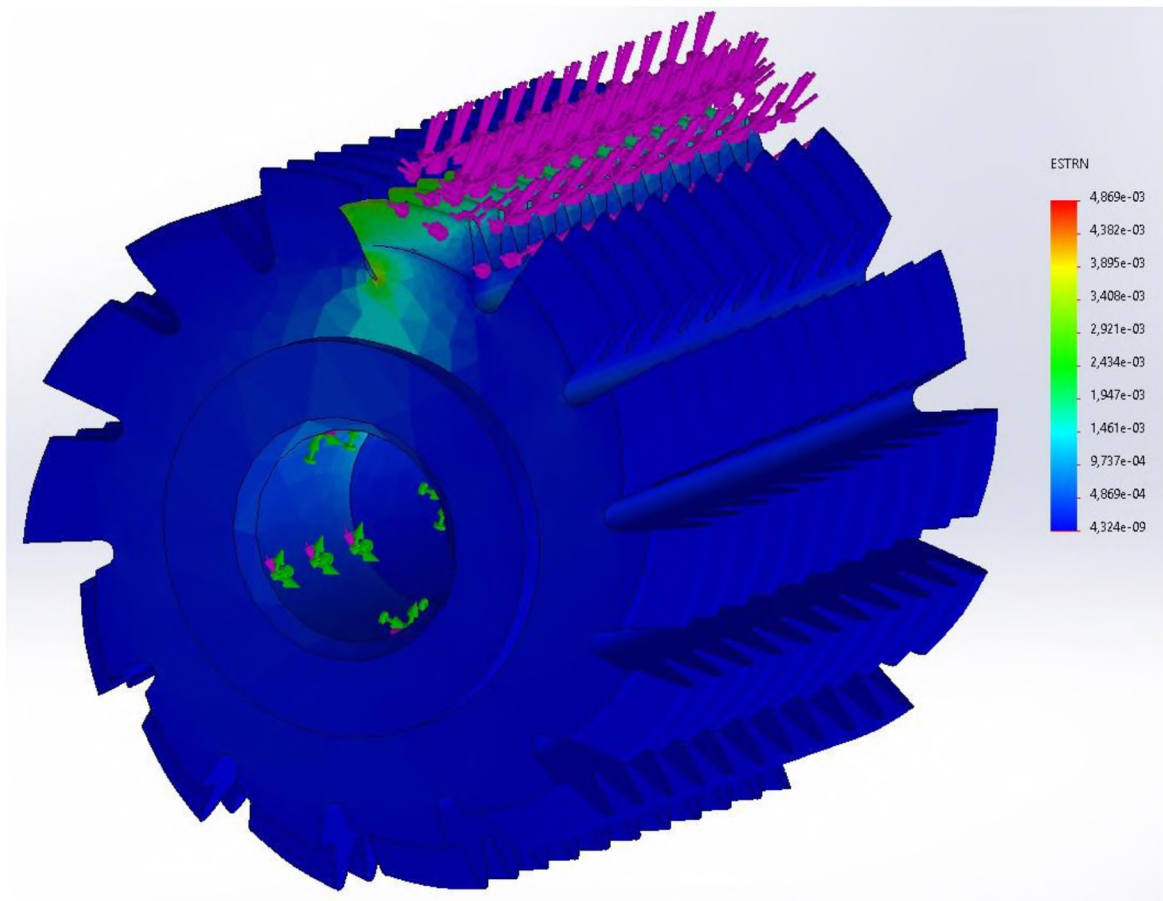


Рисунок 4.7 – Епюра деформацій черв'ячної фрези

Особливо небезпечними є циклічні навантаження, які можуть викликати втому матеріалу.

4.2.4 Оцінка запасу міцності. Загальний висновок та рекомендації
Орієнтовний коефіцієнт запасу міцності:

$$n \approx \sigma_{\text{тек}} / \sigma_{\text{max}} = 8,2 \cdot 10^8 / 1,435 \cdot 10^9 \approx 0,57$$

Оскільки $n < 1$, конструкція є небезпечною та не витримує заданих умов експлуатації.

Проведений аналіз показав, що черв'ячна фреза працює в умовах перевищення допустимих напружень. Незважаючи на достатню жорсткість, міцність конструкції є недостатньою, що може призвести до швидкого зносу або руйнування інструменту.

Рекомендації:

1. Збільшити радіуси заокруглення в небезпечних зонах.
2. Використати більш міцний матеріал або провести термообробку.
3. Оптимізувати геометрію зубців.
4. Зменшити навантаження (режими різання).
5. Провести додатковий аналіз з урахуванням контакту та тертя.
6. Виконати втому аналіз для оцінки довговічності.

					КНУ.КБР.131.26.1-19.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

5 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора

Для здійснення токарної обробки деталі «Вал-шестерня» було створено керуючу програму, а також змодельовано повний технологічний процес із застосуванням програмного середовища Autodesk FeatureCAM. Обробка деталі планується на токарному обробному центрі з числовим програмним керуванням моделі Mazak Slant Turn 20 ATC, основні технічні характеристики якого подано в розділі 2.

Керування функціонуванням верстата реалізується за допомогою системи ЧПК Mazatrol T32-3 (див. табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Технічні характеристики системи ЧПК Mazatrol T32-3

Параметр / характеристика	Значення / опис
Тип системи ЧПК	Діалогова система програмування Mazatrol T32-3
Тип управління	Контурне (позиційно-контурне управління)
Мінімальний крок інтерполяції	До 0,001° для осі C
Тип інтерполяції	Лінійна та кругова
Програмування	Діалогове (через цикли обробки) + підтримка ISO-кодів (G-код)
Мова програмування	Mazatrol (власна мова Mazak) + EIA/ISO
Введення даних	Через панель оператора (екран + клавіатура)
Носії даних	Дискети / послідовний інтерфейс (RS-232)
Графічна візуалізація	Є базова симуляція траєкторії обробки
Автоматичний розрахунок режимів	Підтримка (швидкість різання, подача залежно від матеріалу)
База даних інструменту	Є (інструменти, корекції, радіуси)
База матеріалів	Вбудована (для автоматичного підбору режимів)
Цикли обробки	Стандартні токарні цикли: точіння, свердління, різьбонарізання, канавки
Підтримка приводного інструменту	Є
Інтеграція з верстатом	Повна інтеграція з револьверною головкою
Інтерфейс користувача	Текстово-діалоговий, орієнтований на оператора
Передача програм	Через RS-232 або зовнішні носії

					<i>КНУ.КБР.131.26.1-19.05.МПОМО</i>		
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата			
Розроб.	Маляр				<i>Моделювання та програмування операцій механічної обробки</i>	Літ.	Арк.
Перевір.	Рязанцев						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-22</i>	
Зав. каф.	Рязанцев						

Mazatrol T32-3 – це класична діалогова система ЧПК для токарних верстатів Mazak, яка забезпечує просте програмування, автоматизацію технологічних процесів і достатню функціональність для більшості токарних операцій, хоча й поступається сучасним системам за швидкістю та можливостями.

5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм

У процесі створення керуючої програми для виготовлення деталі «Вал-шестерня» було виконано поетапне моделювання всього технологічного процесу в програмному середовищі FeatureCAM. З урахуванням технічних характеристик верстата Mazak Slant Turn 20 ATC, а також параметрів застосованого різального інструменту (див. розділ 3), сформовано оптимальну послідовність виконання технологічних операцій. Додатково проведено перевірку прийнятих технологічних рішень з метою підтвердження їх коректності та доцільності.

На рисунках 5.1-5.7 наведено ключові етапи симуляції процесу обробки деталі «Вал-шестерня» та результати моделювання, які засвідчують відповідність розробленого технологічного процесу вимогам щодо точності виготовлення та ефективності виробництва.

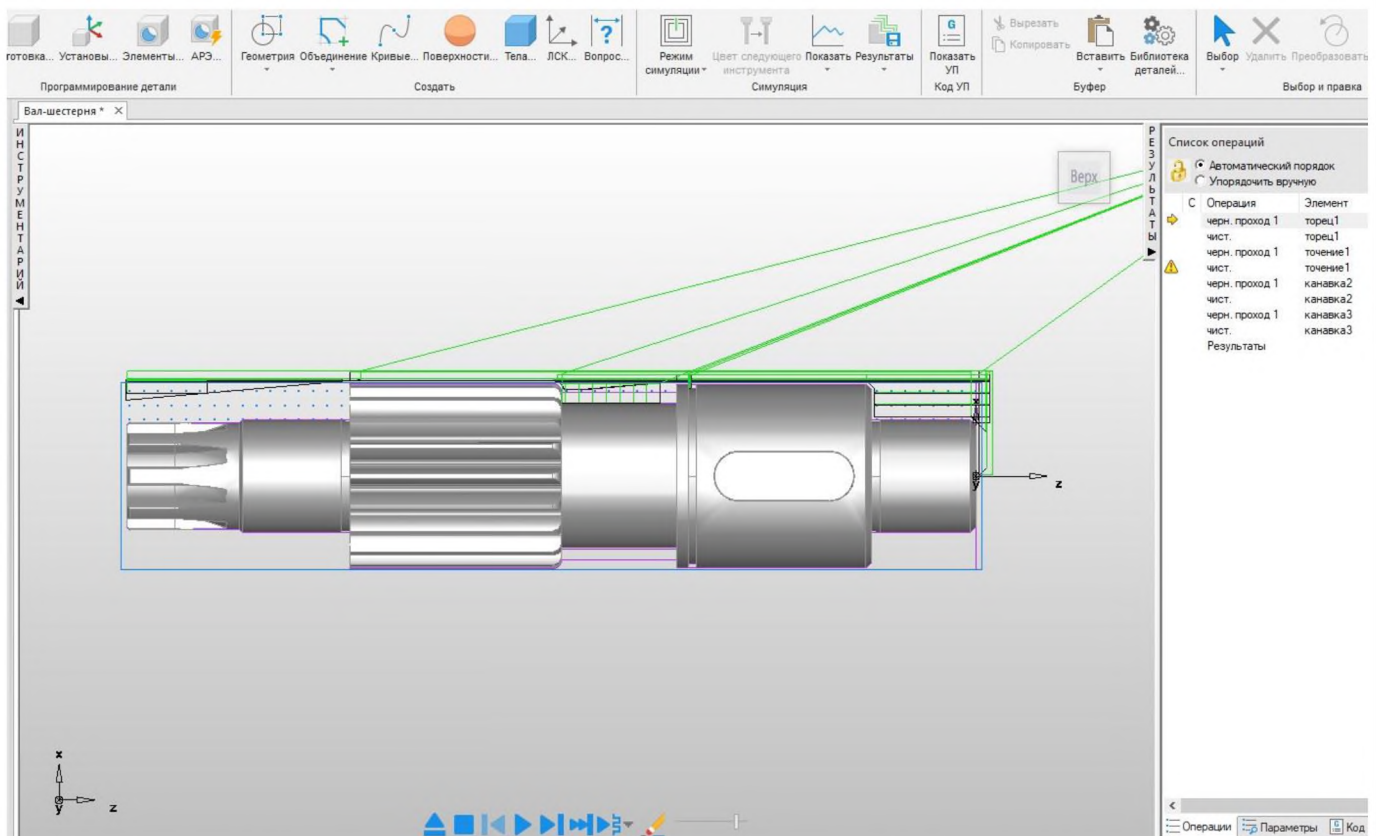


Рисунок 5.1 – Деталь у FeatureCAM з етапами обробки та траєкторією руху інструмента

					КНУ.КБР.131.26.1-19.05.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

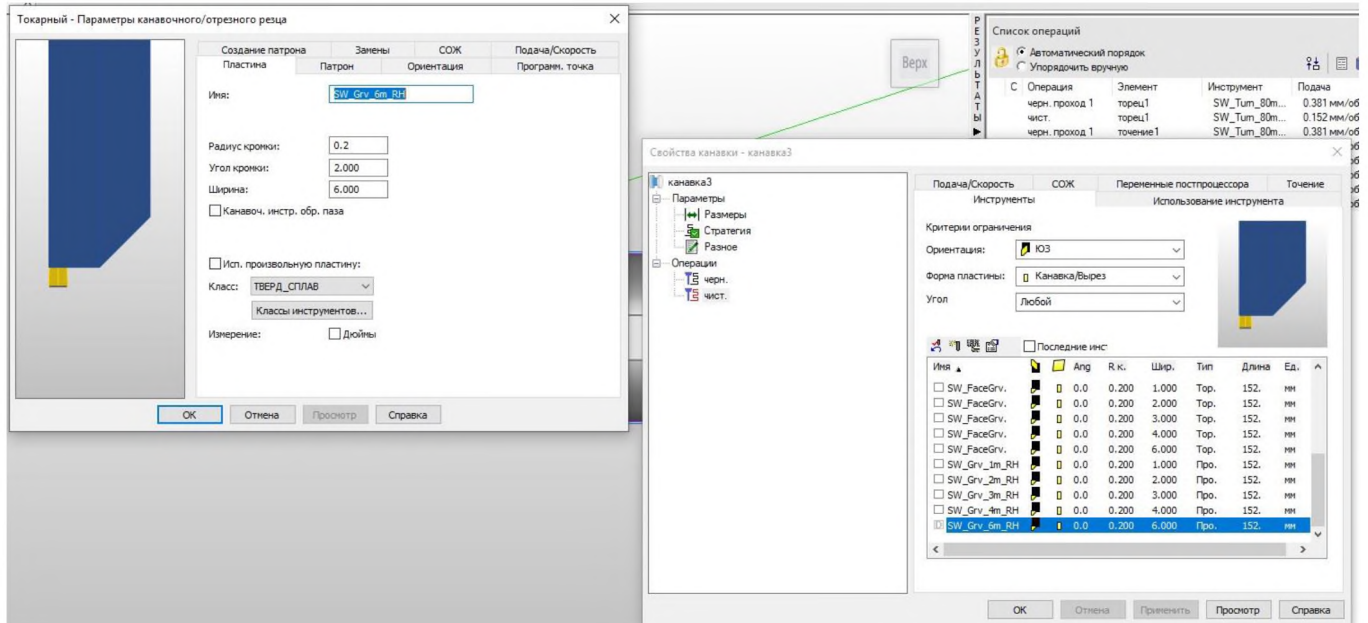


Рисунок 5.2 – Вибір різального інструменту у вікні FeatureCAM – різець канавочний

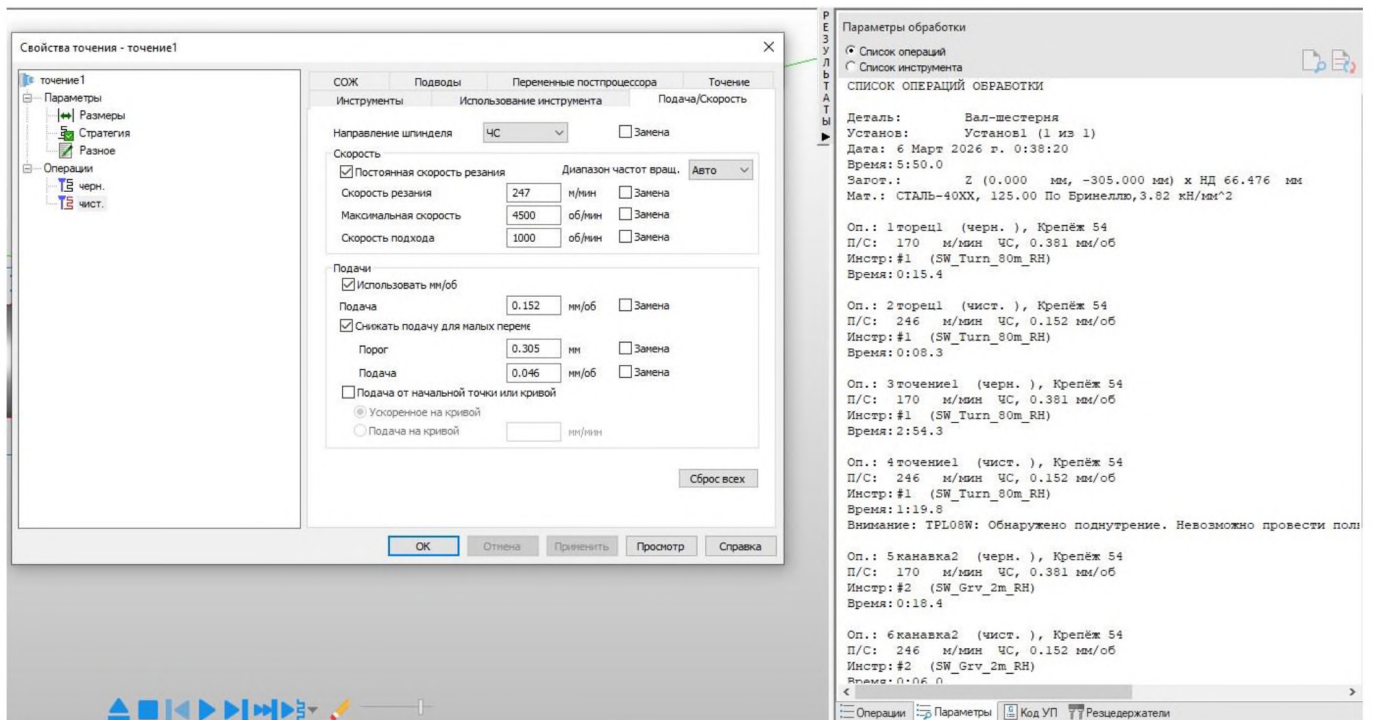


Рисунок 5.3 – Вибір режимів різання у FeatureCAM та список операцій обробки деталі «Вал-шестерня»

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.26.1-19.05.МПОМО

Арк.

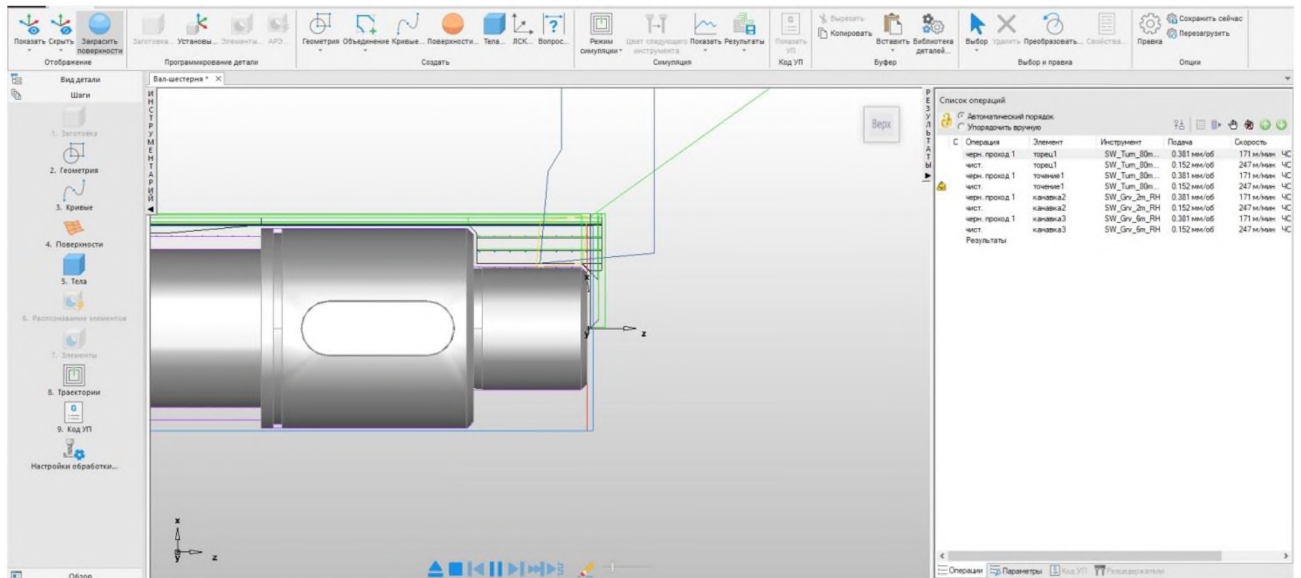


Рисунок 5.4 – Траектория ruchu токарного різця у FeatureCAM

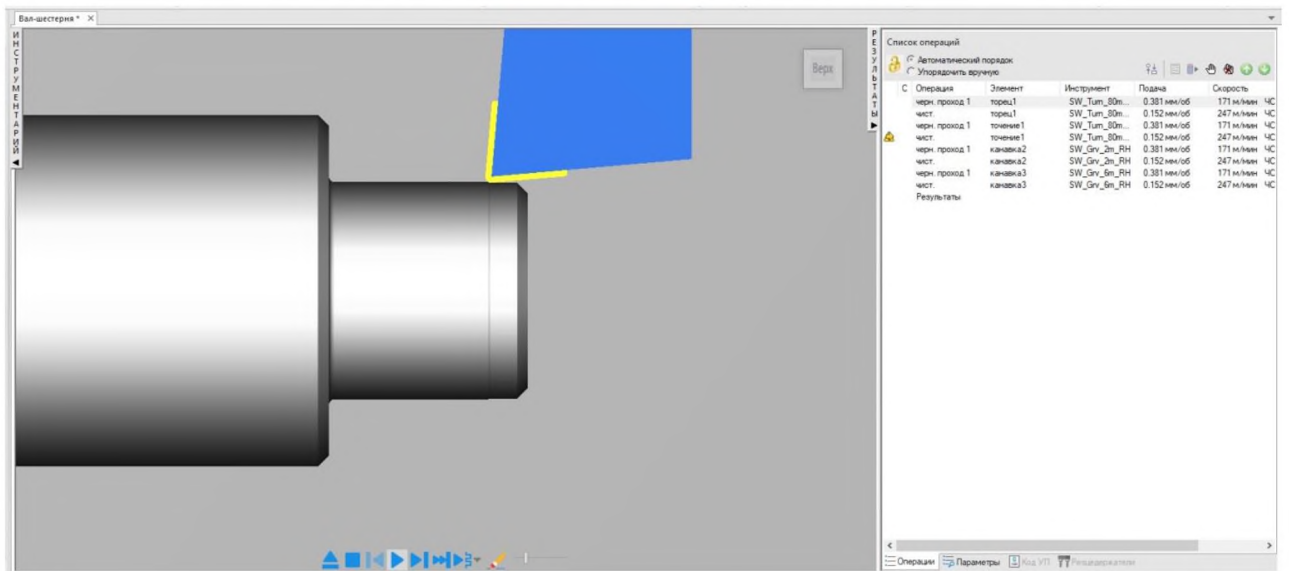


Рисунок 5.5 – Візуалізація процесу обробки циліндричної поверхні деталі

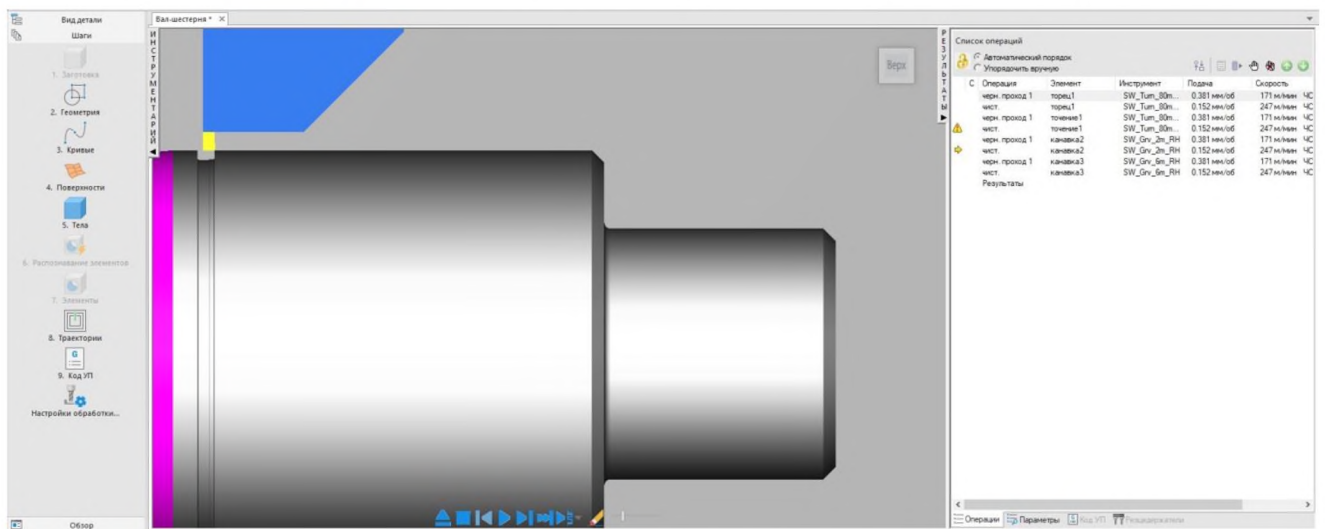


Рисунок 5.6 – Візуалізація процесу обробки канавки

					КНУ.КБР.131.26.1-19.05.МПОМО		Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата			

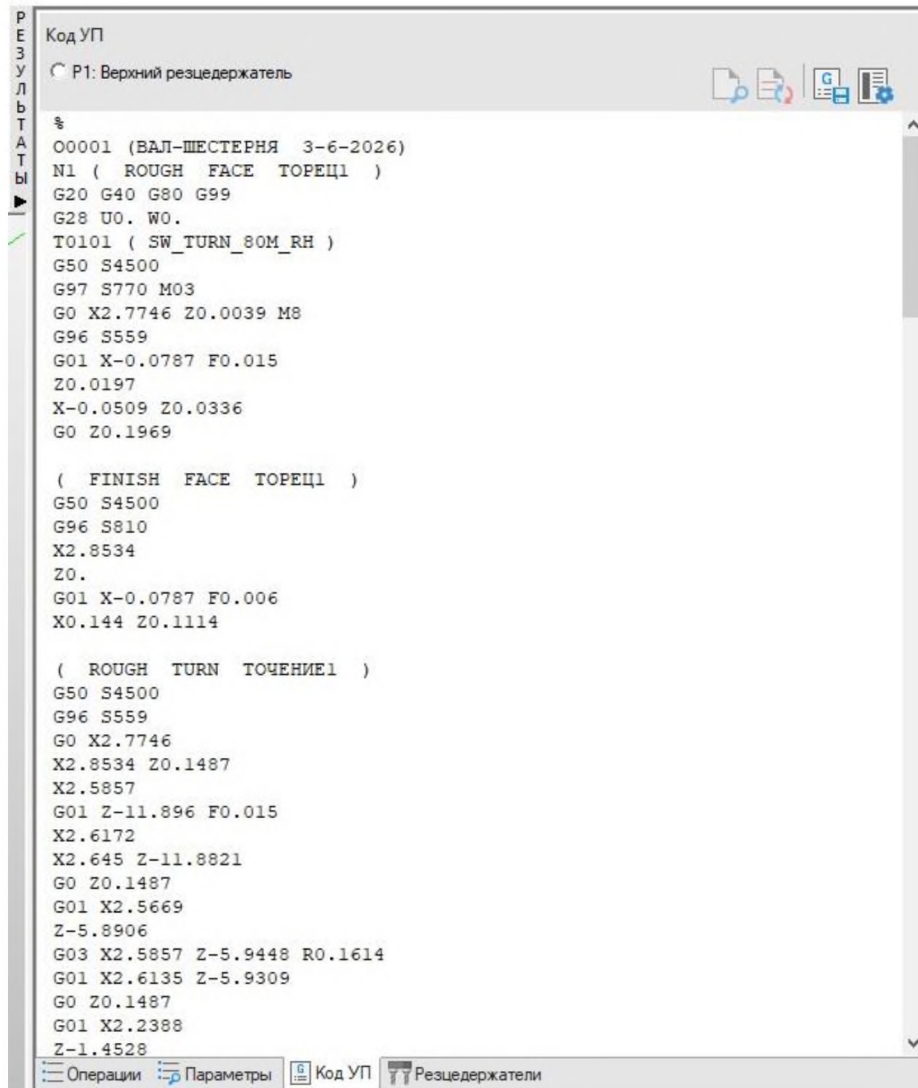


Рисунок 5.7 – Фрагмент керуючої програми

					КНУ.КБР.131.26.1-19.05.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Виконано техніко-економічне обґрунтування та розраховано собівартість виготовлення деталі «вал-шестерня» для двох альтернативних варіантів технологічного процесу механічної обробки. У ході дослідження оцінено доцільність модернізації виробництва шляхом заміни застарілого морально та фізично зношеного обладнання – токарно-гвинторізних верстатів 16К20 і 16К30 – на сучасний токарний обробний центр з ЧПК Mazak Slant Turn 20 ATC.

Результати виконаних розрахунків, а також визначений термін окупності інвестиційного проєкту наведено у таблицях 6.1-6.4. Зокрема, у табл. 6.1 подано вихідні дані, необхідні для проведення економічного аналізу; табл.6.2 містить допоміжні розрахункові показники, використані під час обчислень; у табл. 6.3 наведено дані щодо собівартості річної програми випуску деталей і обсягу капітальних інвестицій; у табл. 6.4 представлено загальні виробничі витрати, очікуваний річний економічний ефект та термін окупності запропонованої модернізації виробництва.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані розрахунків

Вихідні дані				
Дані	Базовий варіант		Новий варіант	
	16K20	16K30	Mazak Slant Turn 20 ATC	
Деталь				
Річний обсяг випуску деталей N, шт.	1000		1000	
Кількість запусків партій деталей в рік, шт.	20		20	
Тривалість випуску деталей Z, рік	3		3	
Штучний час обробки деталі t _{шт} , хв.	39	22	37	
Час наладки верстата, хв.	16	16	22	
Розряд: 				

					КНУ.КБР.131.26.1-19.06.0ЕПВ		
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата			
Розроб.	Маляр				Організаційно- економічна підготовка виробництва	Літ.	Арк.
Перевір.	Рязанцев						Арк.шіф
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв					Каф. ТМ, гр. ПМ-22	
Зав. каф.	Рязанцев						

Продовження таблиці 6.1

Вартість комплексу спец. пристосувань К _{пр} , грн	50000	50000	70000
Оптова ціна на прокат одного УСП Ц _{усп} , грн			
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.			2670
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	2
Габарити верстата (довжина x ширина), м.	5,545 x 2,01	5,825 x 2	3,75x 1,75
Габарити пристрою ЧПК, м			0,5 x 0,5
Тип пристрою ЧПК			Mazatrol T32-3
Строк служби верстата до капітального ремонту Т _{рц} , років	7	7	10
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	12	14	15
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

					КНУ.КБР.131.26.1-19.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 6.1

Оптова ціна верстата Ц, грн.	295000	425000	2950000
Коефіцієнт завантаження верстата η_z	0,66	0,55	0,9
Площа верстата за габаритами А, м. кв.	9,0	11,7	6,6
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 площі			
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

					КНУ.КБР.131.26.1-19.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.2 – Розрахунок допоміжних показників

Розрахунок допоміжних показників				
Дані	Базовий варіант		Новий варіант	
	16K20	16K30	Mazak Slant Turn 20 ATC	
Трудомісткість обробки $T_{шт}$, год	700	550	1200	
Час наладки верстата впродовж року T_n , год	5,33333	5,33333	7,33333333	
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року $T_{н.ін}$, год	0	0,00	20,00	
Час контролю деталей впродовж року T_k , год	58,1	45,65	99,6	
Кількість верстатників $P_{ст}$, чол. (розрах.)	0,38	0,30	0,32	
(дійсна)	1	1	1	
Кількість наладчиків верстатів P_n , чол. (розрахункова)	0,0029	0,0029	0,0039	
(дійсна)	1	1	1	
Кількість наладчиків інструмента поза верстатом $P_{н.ін}$, чол. (розрахункова)	0	0,0000	0,01075	
(дійсна)	0	0	1	
Кількість контролерів P_k , чол. (розрах.)	0,03	0,02	0,05	
(дійсна)	1		1	
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК $P_{дод}$, 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	0,26	0,18	0,34	

					КНУ.КБР.131.26.1-19.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.3 – Результати розрахунків

Собівартість механічної обробки річного випуску деталей											
$C = I_3 + I_n + I_{in} + I_{пк} + I_{пр} + I_{усп} + I_a + I_{пл} + I_{сл} + I_r + I_y + I_k$											
де I_3 – зарплатня верстатника; I_n – зарплатня за наладку верстата; I_{in} – зарплатня налагоджувальника інструмента поза верстатом; $I_{пк}$ – витрати на підготовку та поновлення керуючої програми; $I_{пр}$ – витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань; $I_{усп}$ – витрати на прокат універсально-збірних I_a – амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання; $I_{пл}$ – витрати на утримання приміщення, яке займає верстат; $I_{сл}$ – витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень; I_r – витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання; I_y – витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК; I_k – зарплатня контролера											
										C_1 на деталь = 369,94 C_2 на деталь = 244,73	
I_3	I_n	I_{in}	$I_{пк}$	$I_{пр}$	$I_{усп}$	I_a	$I_{пл}$	$I_{сл}$	I_r	I_y	I_k
$C_1 = 268010 + 2264,37 + 0,00 + 0,00 + 37333,3 + 0 + 7898,63 + 3021,31 + 35000 + 4485,5 + 0 + 11931,25 = 369943,97$											
$C_2 = 129645 + 1556,76 + 234,00 + 890,00 + 26133,3 + 0 + 30957,30 + 3024,00 + 35000 + 5175,4 + 664,77 + 11454,00 = 244734,90$											
Капітальні вкладення споживача											
$K = K_6 + K_{зд} + K_{сл} + K_{нез} + K_{пр} + K_{п.у.}$											
де K_6 – балансова вартість верстата, грн; $K_{зд}$ – вартість приміщення, яке займає верстат, грн.; $K_{сл}$ – вартість службово-побутових приміщень, грн.; $K_{нез}$ – обігові кошти в незакінченому виробництві, грн.; $K_{пр}$ – вартість комплексу спеціальних пристосувань, які використовуються на верстатах при обробці деталей, грн.; $K_{п.у.}$ – витрати на створення керуючої програми (КП), грн.											
K_6	$K_{зд}$	$K_{сл}$	$K_{нез}$	$K_{пр}$	$K_{п.у.}$						
$K_1 = 169671 + 8393 + 35000 + 62605 + 100000 + 0 = 375669$											
$K_2 = 584100 + 2158 + 28000 + 47432 + 70000 + 2670 = 734359,59$											

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

Приведені витрати			
$З_1 = C_1 + E_n \cdot K_1$			
426294	369944	0,15	375669
$З_2 = C_2 + E_n \cdot K_2$			
354889	244735	0,15	734360

Річний економічний ефект		
$E = З_1 - З_2$		
71405	426294	354889

Строк окупності			
$T_{ок} = (K_2 - K_1) / (C_1 - C_2)$			
2,86	734360	375669	369944 244734,9

					КНУ.КБР.131.26.1-19.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За результатами проведених розрахунків встановлено, що впровадження одного сучасного верстата з числовим програмним керуванням замість чотирьох одиниць морально застарілого обладнання дозволяє значно зменшити тривалість обробки деталей. Запропонований варіант модернізації є економічно доцільним, оскільки строк окупності інвестицій становить 2,86 року, а прогнозований річний економічний ефект – 71405 грн.

6.2 Екологія виробництва та охорона праці при обробці легированих хромонікелевих сталей

Обробка легированих хромонікелевих сталей є складним технологічним процесом, що супроводжується значним впливом на навколишнє середовище та створює потенційно небезпечні умови для працівників. Такі сталі широко застосовуються у машинобудуванні, енергетиці, авіаційній та хімічній промисловості завдяки їх високій корозійній стійкості, жароміцності та механічній міцності. Проте їх механічна обробка (різання, шліфування, свердління) супроводжується утворенням шкідливих виробничих факторів.

У процесі обробки хромонікелевих сталей утворюються аерозолі металів, пил, оксиди хрому та нікелю, а також використовуються мастильно-охолоджувальні рідини (МОР), що можуть містити токсичні компоненти. Особливу небезпеку становлять сполуки шестивалентного хрому, які класифікуються як канцерогенні речовини. Це обумовлює необхідність суворого контролю концентрацій шкідливих речовин у повітрі робочої зони відповідно до вимог санітарного законодавства.

Основними нормативними документами, що регламентують екологічні та санітарні вимоги, є Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища», Закон України «Про охорону праці», а також Державні санітарні норми (ДСН), зокрема ДСН 3.3.6.042-99 «Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони». Важливу роль відіграють також вимоги ДСТУ та міжнародних стандартів систем екологічного менеджменту, таких як ISO 14001.

З точки зору екології виробництва, основними джерелами забруднення є:

- викиди пилу та аерозолів у повітря;
- відпрацьовані мастильно-охолоджувальні рідини;
- металеві відходи та стружка;
- шумове та теплове забруднення.

Для зменшення негативного впливу на довкілля застосовуються такі заходи:

- використання локальних витяжних вентиляційних систем;
- очищення повітря за допомогою фільтрів та циклонів;
- регенерація та повторне використання МОР;
- утилізація металевих відходів відповідно до екологічних норм;
- впровадження маловідходних та безвідходних технологій.

Охорона праці при обробці хромонікелевих сталей передбачає комплекс організаційних, технічних та санітарно-гігієнічних заходів. Основними небезпечними факторами є:

					КНУ.КБР.131.26.1-19.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- підвищена запиленість і загазованість повітря;
- контакт із токсичними речовинами;
- підвищений рівень шуму та вібрації;
- ризик механічних травм.

Відповідно до Закону України «Про охорону праці» роботодавець зобов'язаний забезпечити безпечні умови праці, включаючи:

- проведення інструктажів та навчання персоналу;
- забезпечення засобами індивідуального захисту (респіратори, захисні окуляри, рукавиці);
- регулярний медичний огляд працівників;
- контроль за дотриманням гранично допустимих рівнів шкідливих факторів.

Особлива увага приділяється вентиляції виробничих приміщень. Відповідно до ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування», необхідно забезпечити ефективний повітрообмін для зниження концентрації шкідливих речовин. Локальні відсмоктувачі повинні встановлюватися безпосередньо в зоні утворення шкідливих виділень.

Крім того, важливим аспектом є контроль шуму, який регламентується ДСН 3.3.6.037-99. Для зниження шумового навантаження застосовуються шумоізоляційні кожухи, амортизатори та раціональне планування виробничих приміщень.

Таким чином, екологія виробництва та охорона праці при обробці легованих хромонікелевих сталей є взаємопов'язаними складовими, що потребують комплексного підходу. Дотримання нормативних вимог, впровадження сучасних технологій та систем управління дозволяє мінімізувати негативний вплив на довкілля та забезпечити безпечні умови праці.

					КНУ.КБР.131.26.1-19.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У КБР виконано комплексне дослідження, спрямоване на вдосконалення процесу виготовлення деталі «Вал-шестерня» та підвищення ефективності механічної обробки із застосуванням сучасних CAD/CAM/CAE-технологій.

У першому розділі встановлено службове призначення базаової деталі, яка є складовою частиною верстата моделі 1Л532. Визначено основні технічні вимоги до деталі, проаналізовано матеріал, геометричні параметри та умови роботи. Виконано розрахунок параметрів точності шпонкового з'єднання, що дозволило забезпечити необхідну надійність передачі крутного моменту.

У другому розділі досліджено службове призначення деталі та проведено аналіз якості її функціональних поверхонь. На основі технологічного аналізу конструкції визначено раціональний типовий технологічний процес виготовлення деталі. Виконано підбір сучасного високопродуктивного обладнання для реалізації операцій механічної обробки, що забезпечує необхідну точність.

У третьому розділі здійснено вибір металорізальних та допоміжних інструментів для обробки поверхонь деталі «Вал-шестерня». Обґрунтовано застосування сучасних інструментальних матеріалів та конструкцій різального інструменту, що дозволяють підвищити стійкість інструменту, знизити сили різання та покращити якість оброблених поверхонь.

У четвертому розділі виконано проектування спеціального різального інструменту – черв'ячної зуборізної фрези. Проведено розрахунок її основних геометричних параметрів та конструктивних елементів. За допомогою програмного комплексу SOLIDWORKS Simulation здійснено інженерний аналіз інструменту, включаючи дослідження напружень, деформацій та переміщень. Результати моделювання підтвердили працездатність конструкції фрези, достатній запас міцності та можливість її ефективного використання.

У п'ятому розділі реалізовано моделювання та програмування операцій механічної обробки деталі із застосуванням САМ-системи Autodesk FeatureCAM. Розроблено траєкторії руху інструменту та керуючі програми для токарної обробки на верстаті Mazak Slant Turn 20 ATC.

У шостому розділі виконано розрахунок техніко-економічних показників запропонованого технологічного процесу. Встановлено економічну доцільність впровадження розроблених технологічних рішень, оскільки строк окупності складає 2,86 роки, а очікуваний економічний ефект становить 71405 грн. Також розглянуто питання екології виробництва та охорони праці при механічній обробці легированих хромонікелевих сталей, запропоновано заходи щодо зменшення шкідливого впливу виробничих факторів.

Отже, розроблено ефективний технологічний процес виготовлення деталі «Вал-шестерня», обґрунтовано параметри спеціального різального інструменту та підтверджено ефективність застосування сучасних САПР-технологій.

					<i>КНУ.КБР.131.26.1-19.В</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док-м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Висновки</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Маляран</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. контр.</i>		<i>Нечаєв</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Рязанцев</i>					
						<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>
							<i>Арх.шіф</i>
						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-22</i>	

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

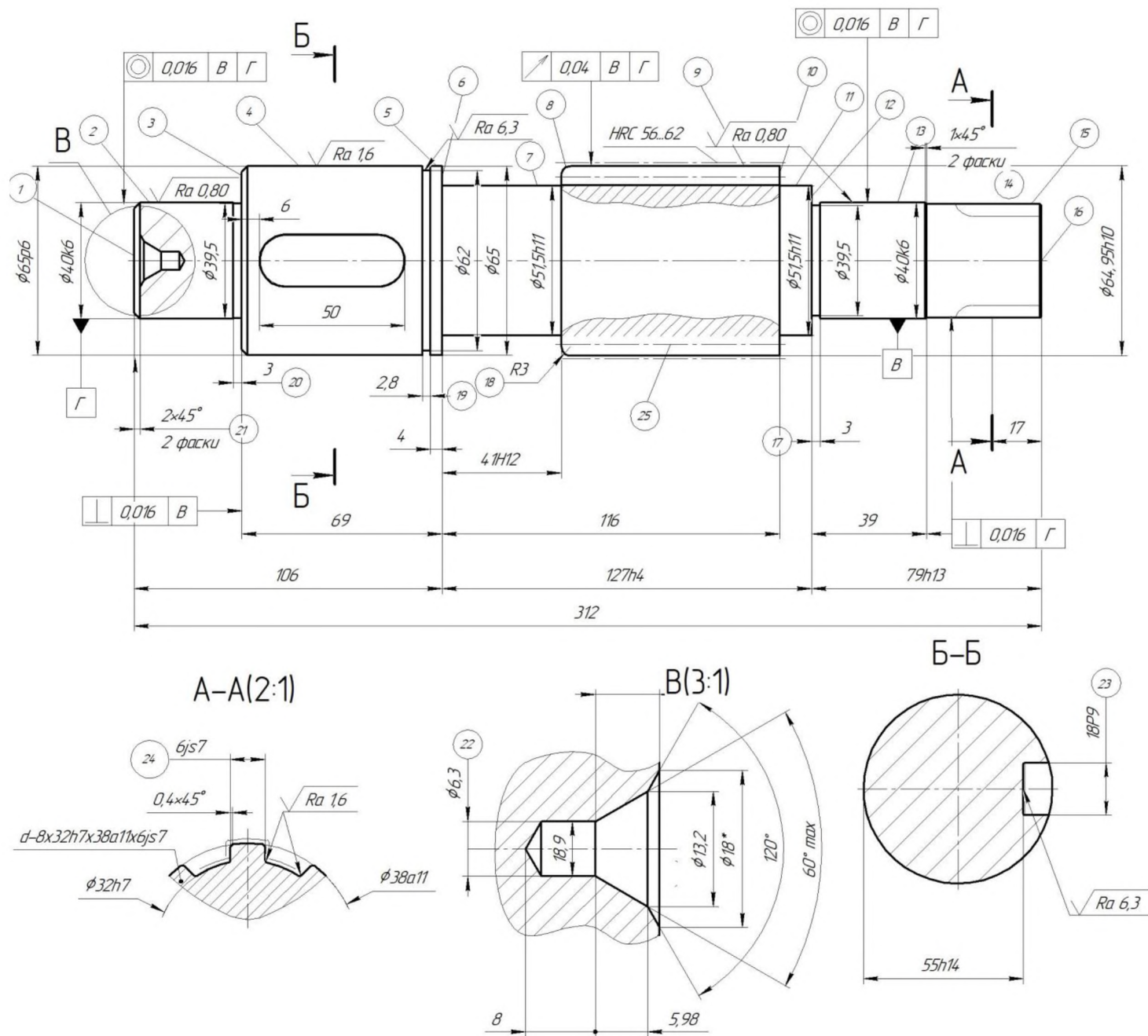
1. Каталог інструментів фірми SUMITOMO: «Токарна обробка», 2015р.
2. Каталог допоміжного інструменту фірми HAIMER, 2014р.
3. Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: Учебное пособие – М.: Машиностроение, 1990. – 448с.
4. Методичні вказівки до виконання 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.
5. Технологія машинобудування Горбатюк Е.О. Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-360 с.
6. ДСТУ 3.1001:2014 Єдина система технологічної документації. Загальні положення.
7. ДСТУ 2391-94 Система технологічної документації. Терміни та визначення
8. ДСТУ 3.1127:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання текстових технологічних документів.
9. ДСТУ 3.1128:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання графічних технологічних документів.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. ДСТУ 3321-96 Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять.

					КНУ.КБР.131.26.1–19.СВД					
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата						
Розроб.		Маляран			Список використаних джерел			Літ.	Арк.	Архцив
Перевір.		Рязанцев								
Реценз.										
Н. контр.		Нечаєв								
Зав. каф.		Рязанцев								
					Каф. ТМ, гр. ПМ-22					

ДОДАТКИ

					КНУ.КБР.131.26.1-19.3		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Зміст		
Розроб.		Маляран					
Перевір.		Рязанцев					
Реценз.							
Н. контр.		Нечаєв					
Зав. каф.		Рязанцев			Каф. ТМ, гр. ПМ-22		

Додаток А
Нумерація поверхонь деталі «Вал-шестерня»



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

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-
ЗАСВІДЧУЮЧИХ АРКУШІВ**

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення
деталі «Вал-шестерня» та обґрунтування параметрів різального
інструменту з використанням САПР-технологій

Виконав здобувач гр. ПМ-22

(підпис)

Максим МАЛЯРАН

Керівник КБР

(підпис)

Антон РЯЗАНЦЕВ

Нормоконтроль

(підпис)

Василь НЕЧАЄВ

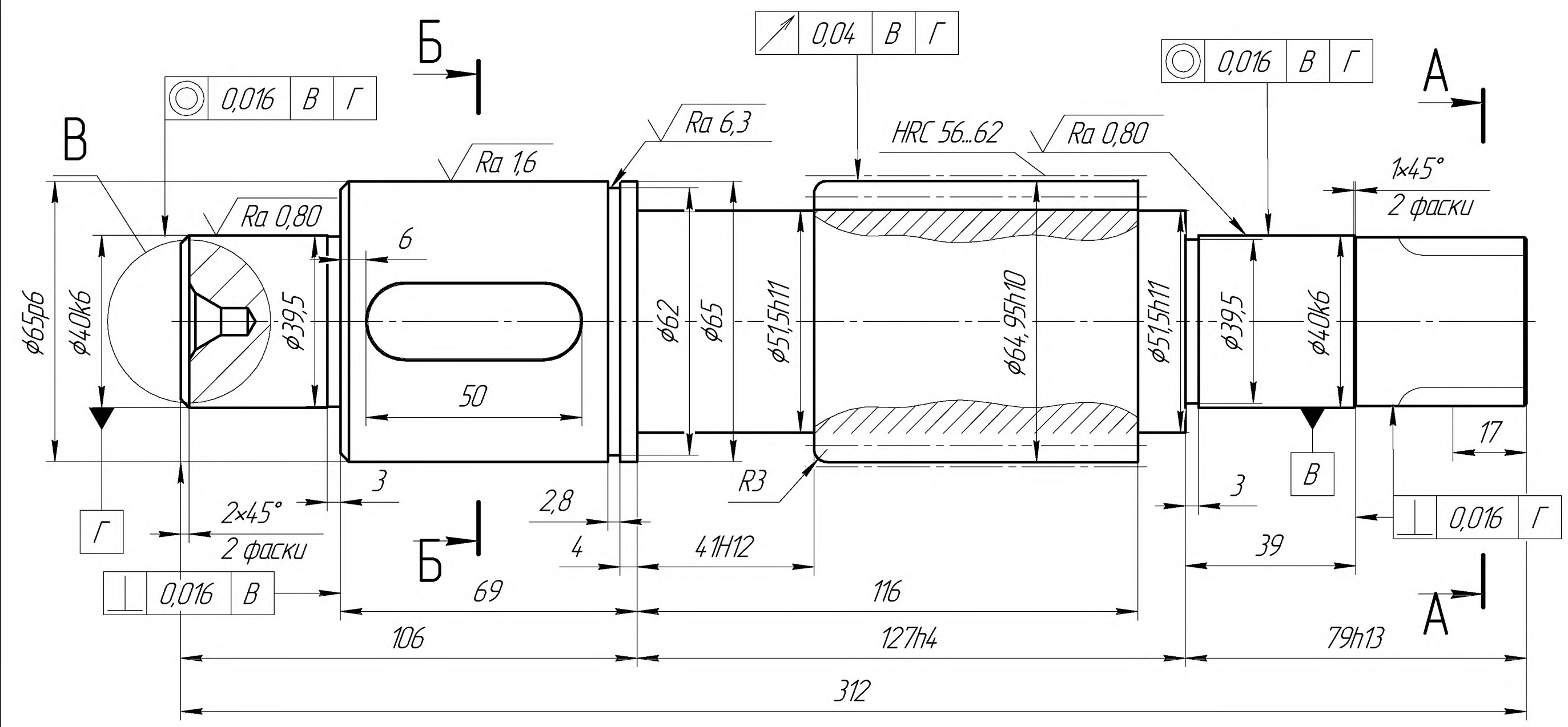
Завідувач кафедри

(підпис)

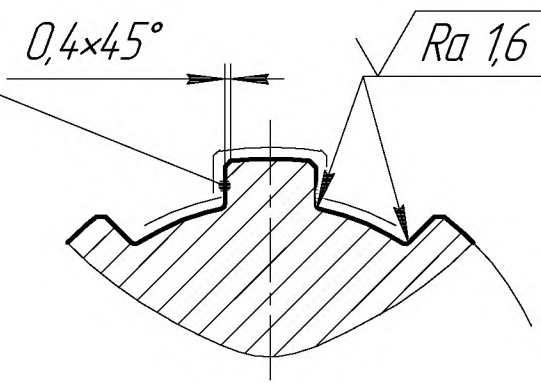
Антон РЯЗАНЦЕВ

Кривий Ріг
2026 р.

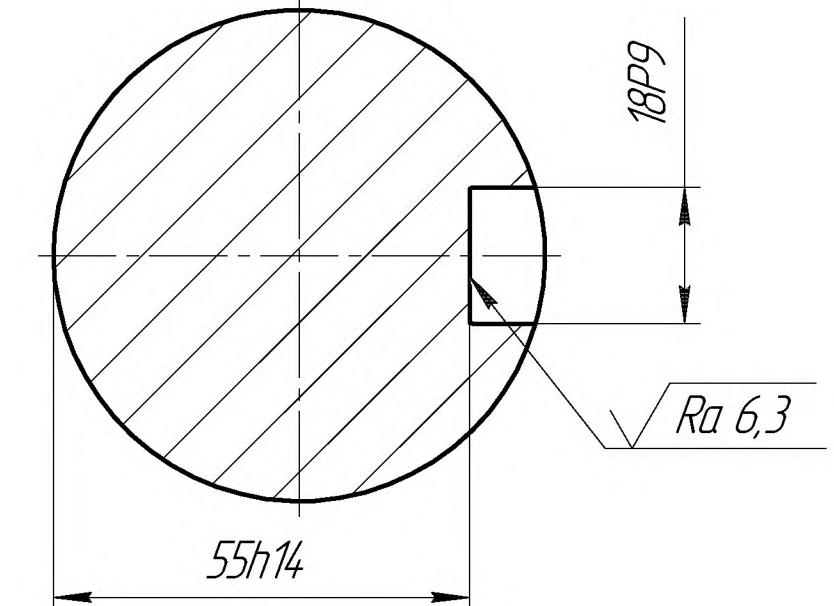
√ Ra 3,2 (✓)



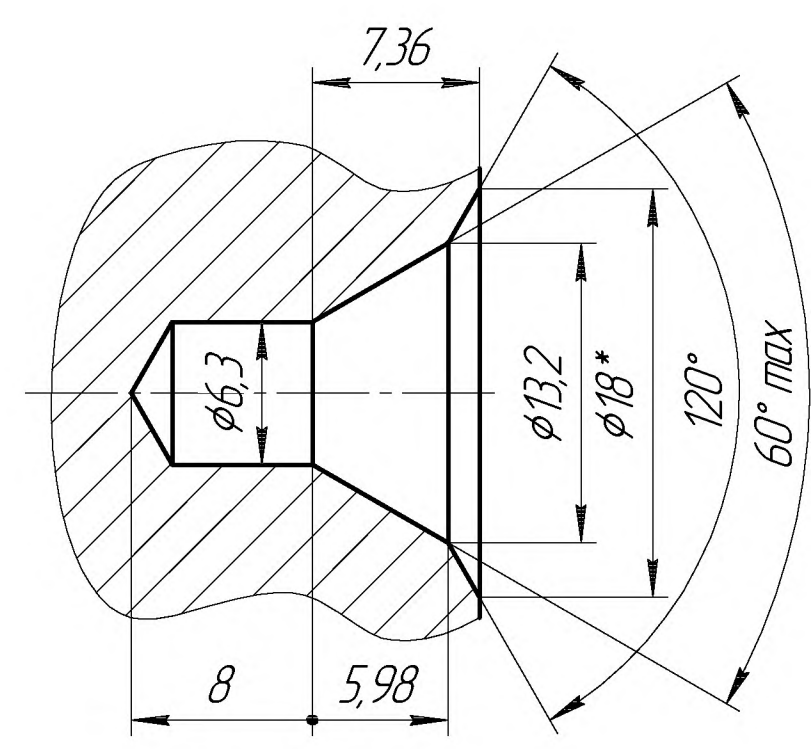
A-A(2:1)



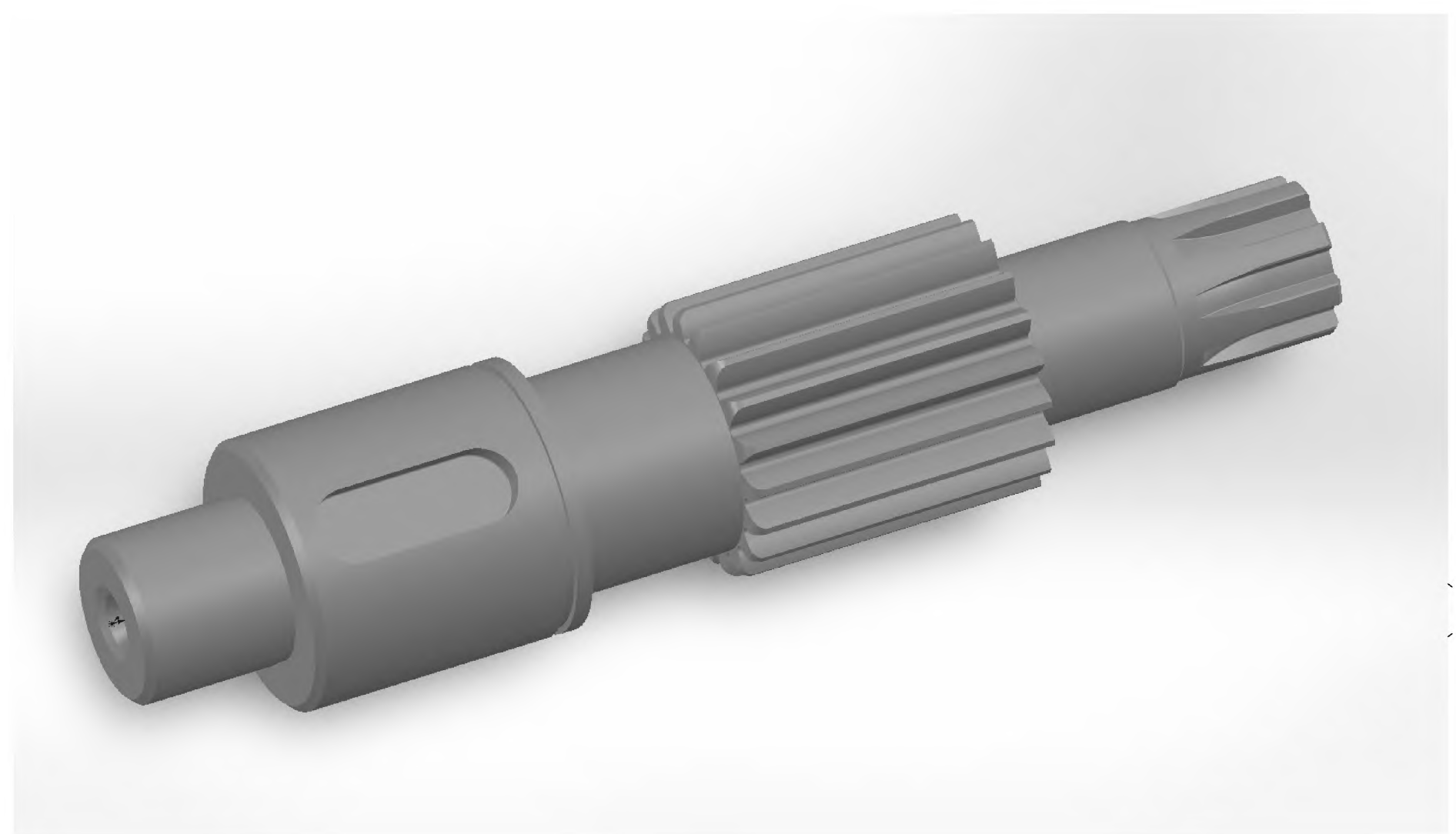
Б-Б



В(3:1)

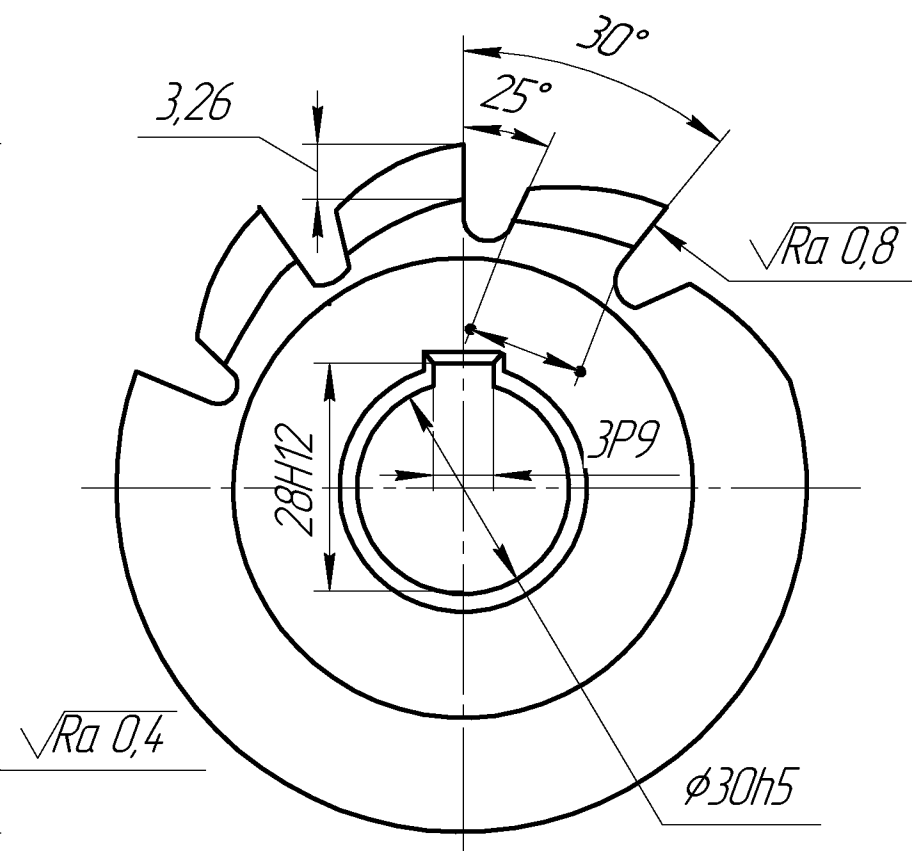
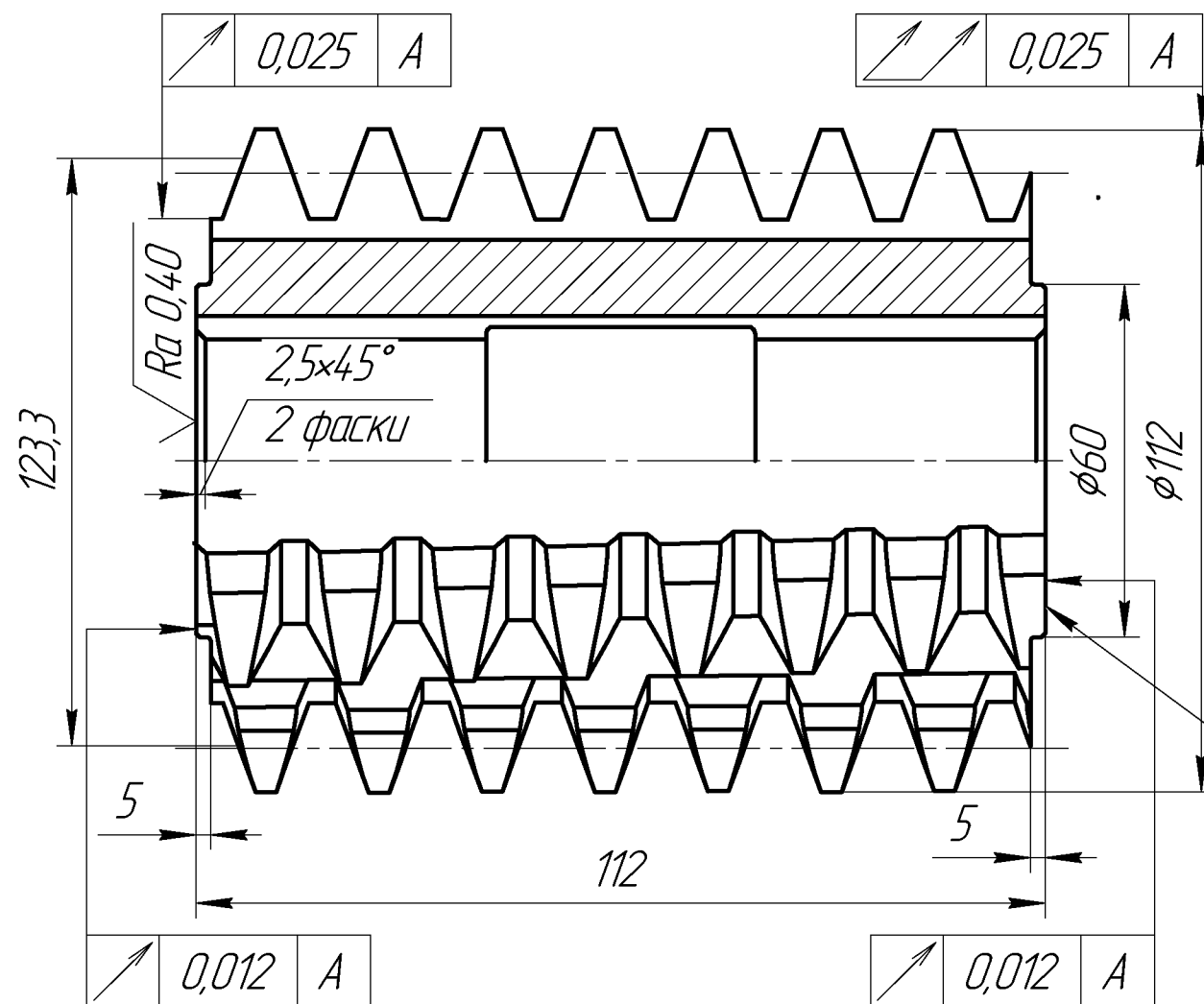


- 1 Цементувати h 0.4...0.6 мм.
- 2 Перевірку міцності цементованих поверхонь проводити по вершині зуба.
- 3 Щілини, розслоювання металу і раковини не допускаються.
- 4 Зуби вінця контролювати по елементам комплексним калібром, який забезпечує вказані розміри і взаємозамінність деталей в спаренні.
- 5 Невказані граничні відхилення розмірів H14; h14; $\pm \frac{IT14}{2}$.



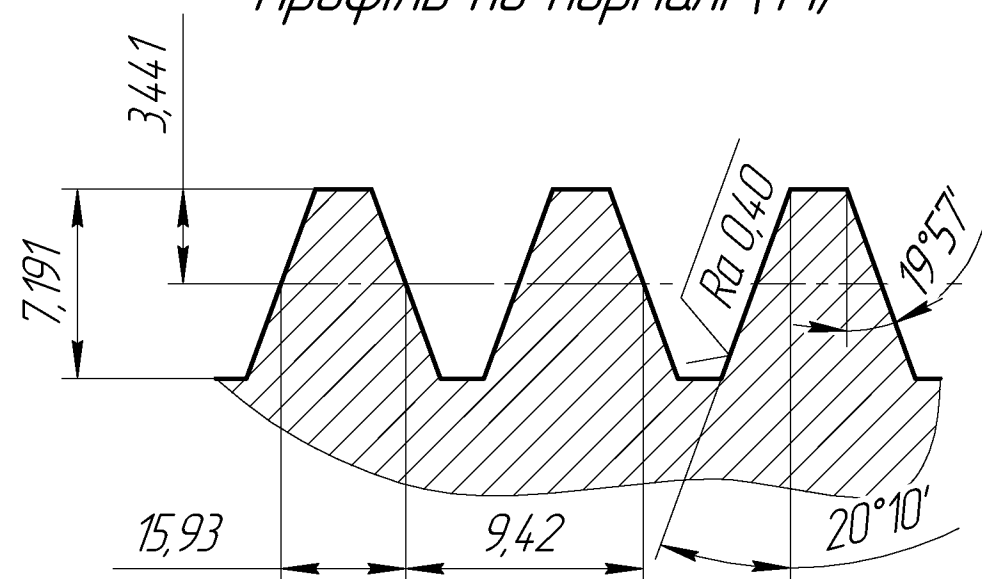
					КНУ.КБР.131.26.1-19.ВШ			
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата	Вал-шестерня	Лит	Маса	Масштаб
Розробив	Маляран					Н	5,51	1:1
Керівник	Рязанцев					Аркш	Аркш 1	
Н.контр.	Нечасів				Сталь 40ХН ДСТУ 7806:2015	Кафедра ТМ		
Затв.	Рязанцев					гр. ПМ-22		

$\sqrt{Ra\ 2,5(\sqrt{1})}$



Модуль	10
Кут профілю	20°
Кут підйому гвинтової лінії	7,25°
Число стружкових канавок	19
Число заходів фрези	2
Напрямок витків фрези	правий
Крок по вісі	13,32
Крок по нормалі	9,42
Напрямок гвинтових стружкових канавок	лівий

Профіль по нормалі (1:1)

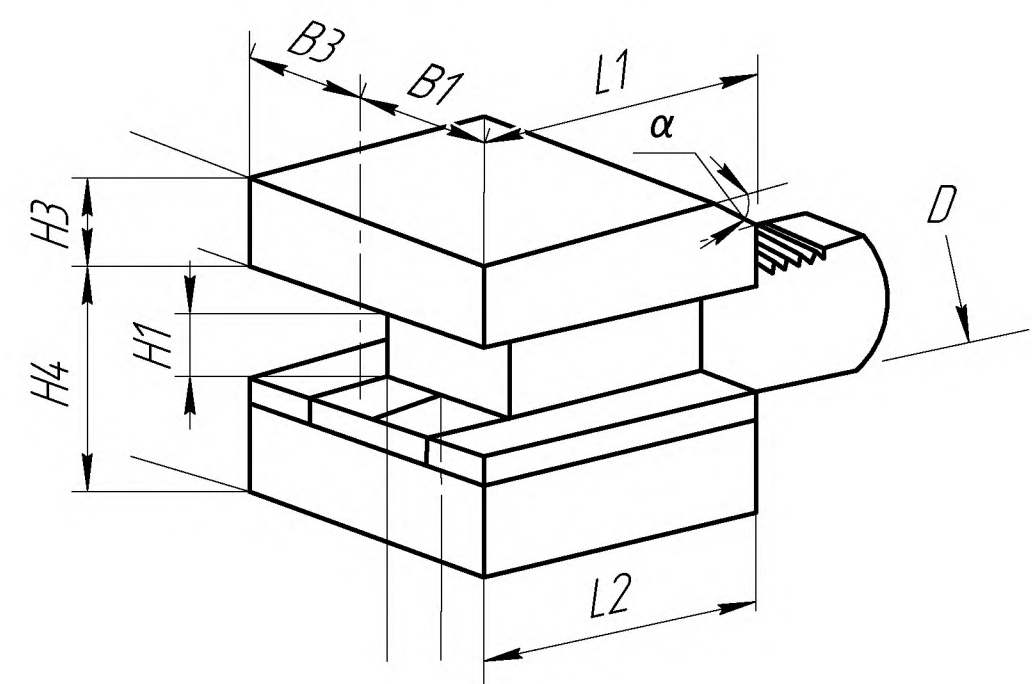


1. Твердість 63...66 HRC₃.
2. Невказані граничні відхилення: H14; h14; $\pm \frac{IT14}{2}$.
3. Допуск відхилення осьового кроку фрези $f_{pxo} = \pm 0,02$ мм.
4. Допуск накопиченого відхилення кроку на довжині будь яких трьох кроків $f_{pxo} = 0,06$ мм.
5. Допуск відхилення профілю передньої поверхні $f_y = 0,016$ мм.
6. Допуск відхилення накопиченої похибки колового кроку стружкових канавок $F_{po} = 0,032$ мм.
7. Допуск відхилення напрямку стружкових канавок $f_x = \pm 0,063$ мм на довжині 100 мм робочої частини фрези.

КНУ.КБР.131.26.1-19.ФЧ					Фреза черв'ячна		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив	Малював	Рязанцев			Н	-	1:2
Керівник	Рязанцев				Аркцш	Аркцшів	1
Н.контр.	Нечасов				Сталь Р6М5 DIN 17350		
Затв.	Рязанцев				Кафедра ТМ гр. ПМ-22		

Комбінований різцетримач
форма D1

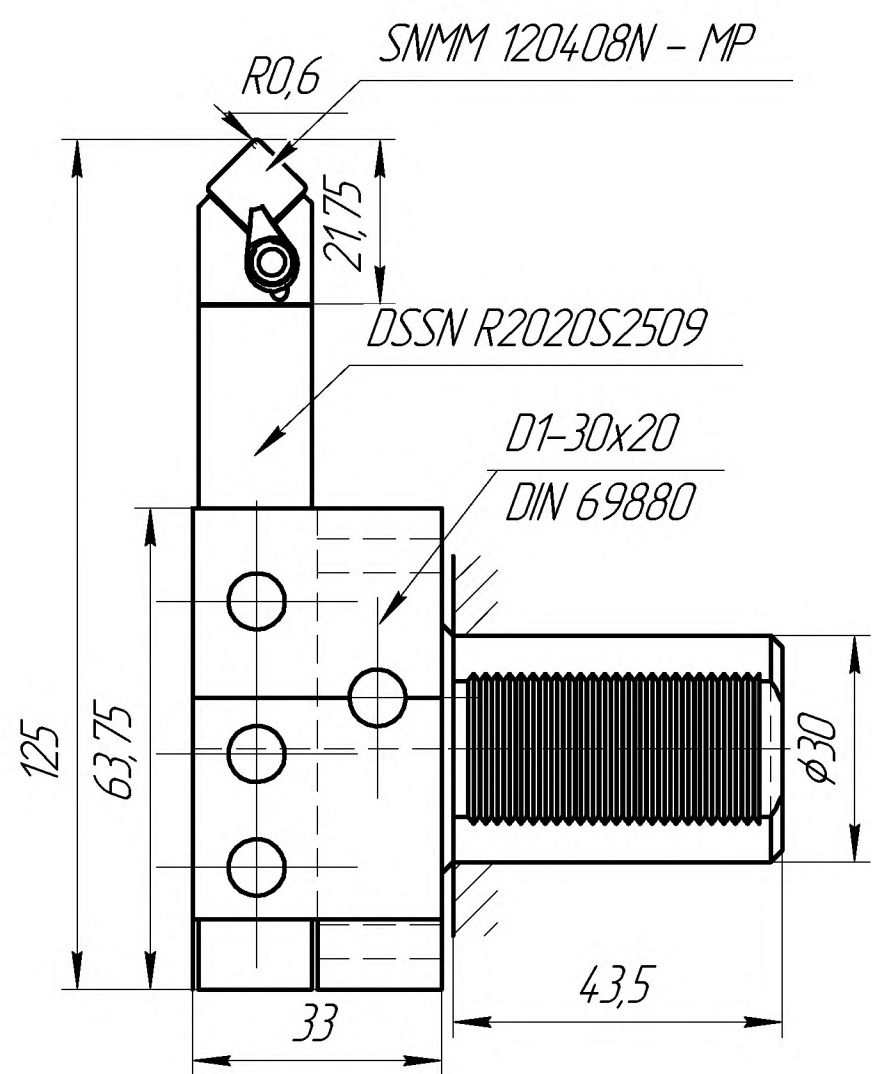
Операція токарна ЧПК
Верстат: токарний з ЧПК MAZAK SLANT TURN 20 ATC



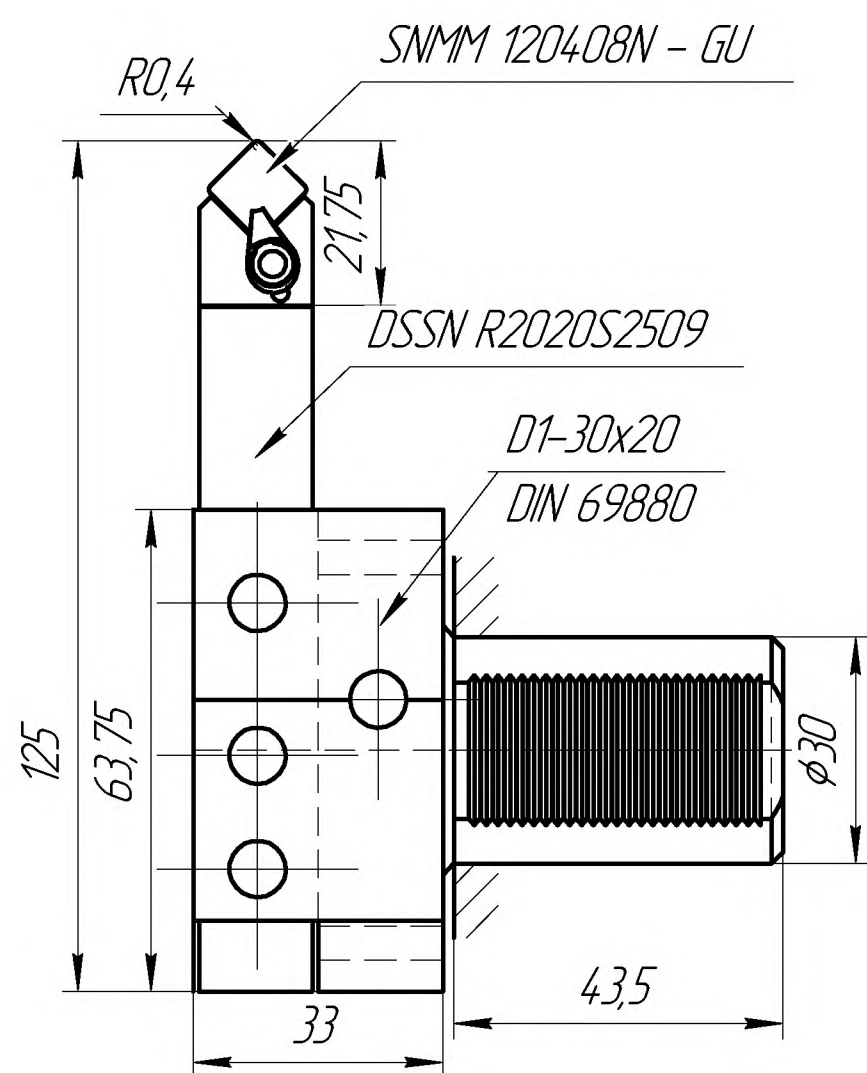
Параметри різцетримача									
D	B1	B3	H1	H3	H4	L1	L2	α	Позначення
30	35	41	20	28	38	42	60	–	D1-30x20

Базування вала при обробці циліндричних, торцевих поверхонь та фасок пластинами типу MP, GU, GX, закріпленими на державці DSSN R2020S2509 при чорновій, напівчистовій та чистовій обробках

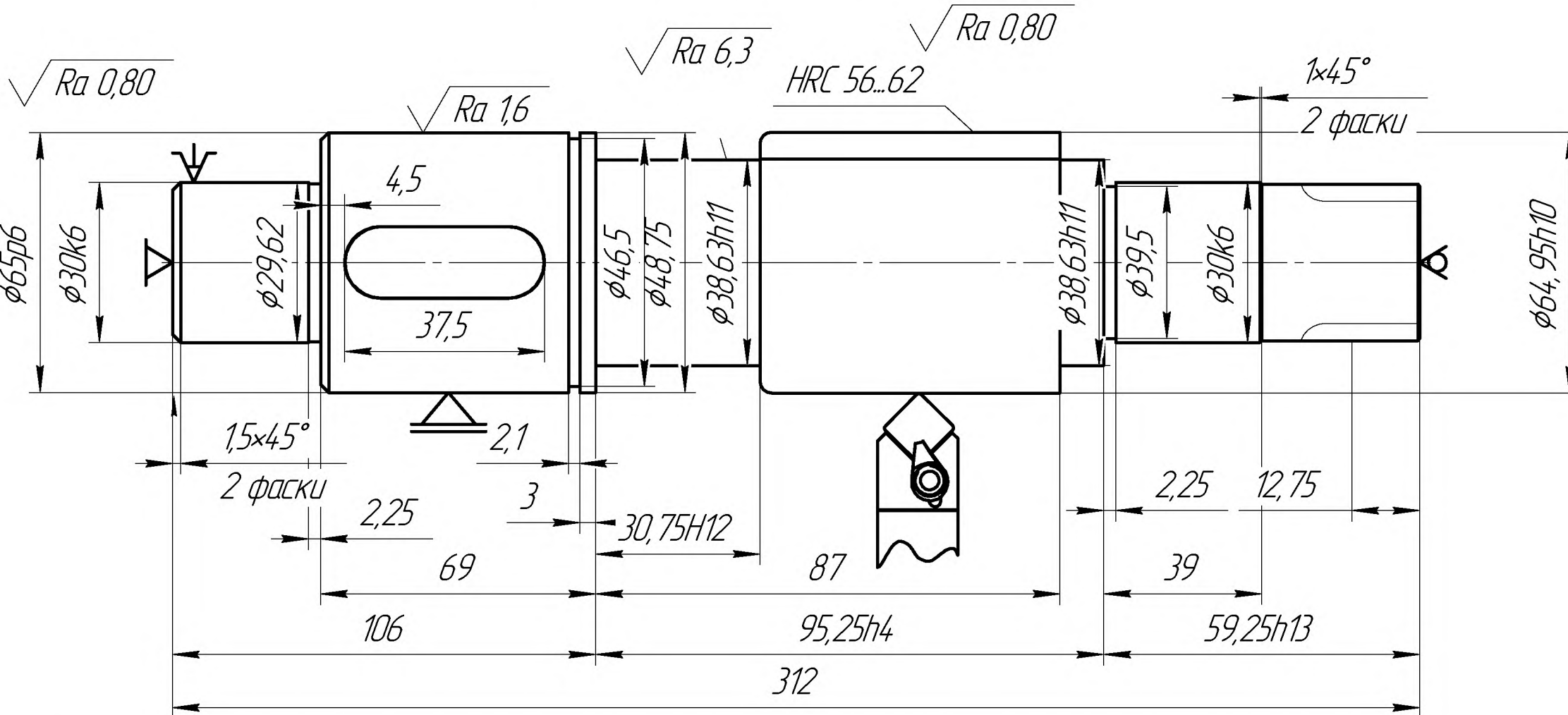
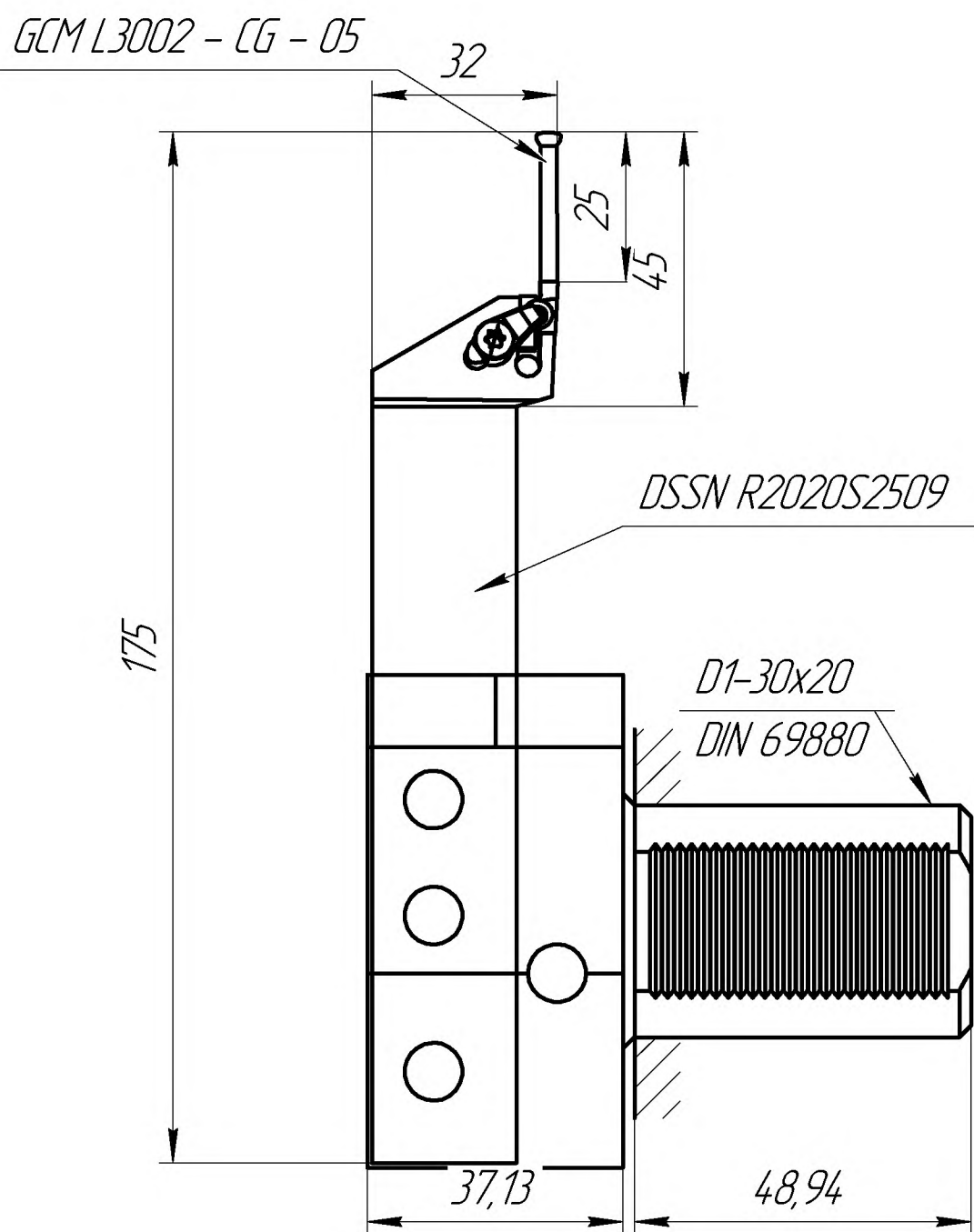
Точіння чорнове



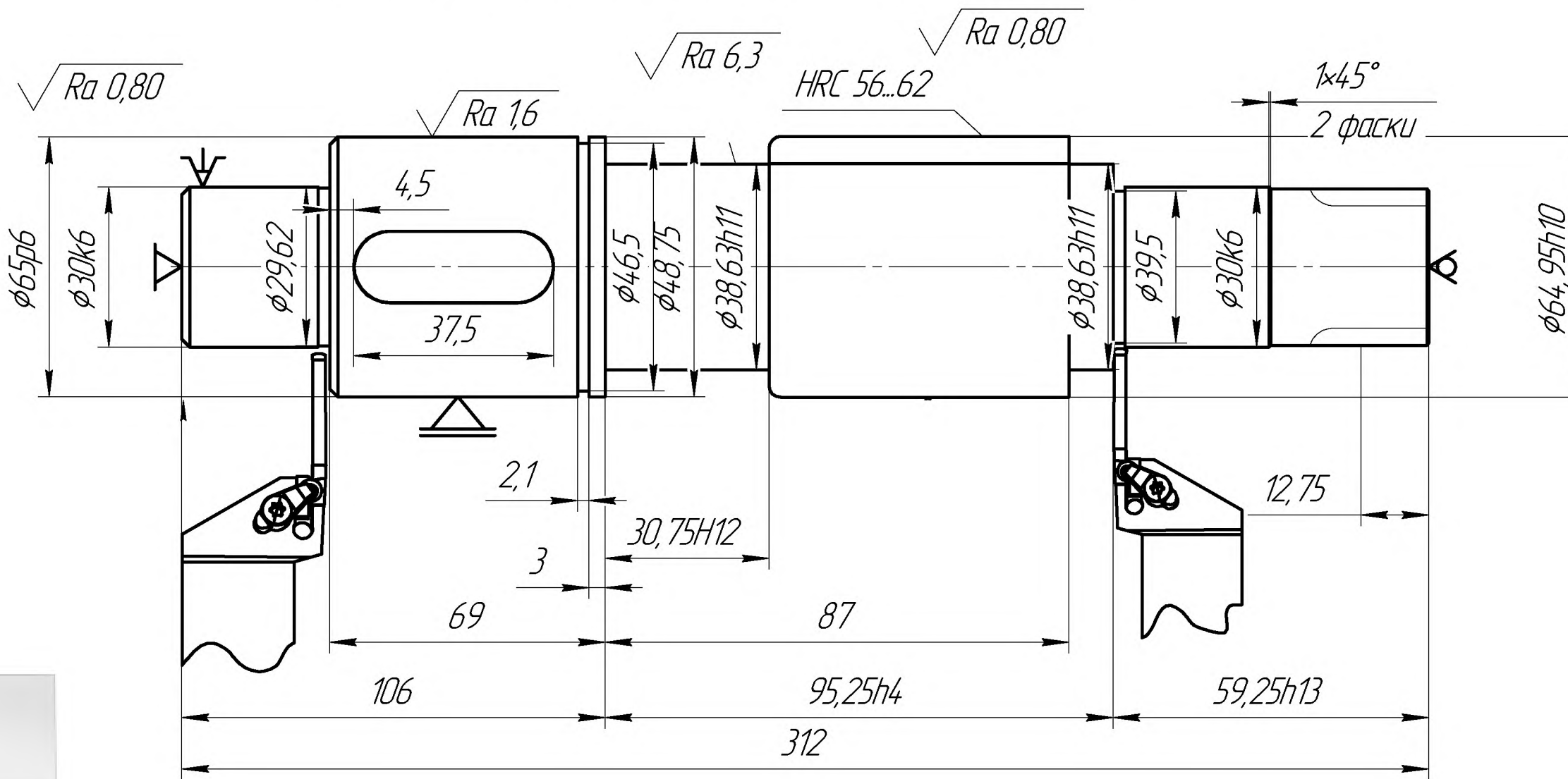
Точіння напівчистове



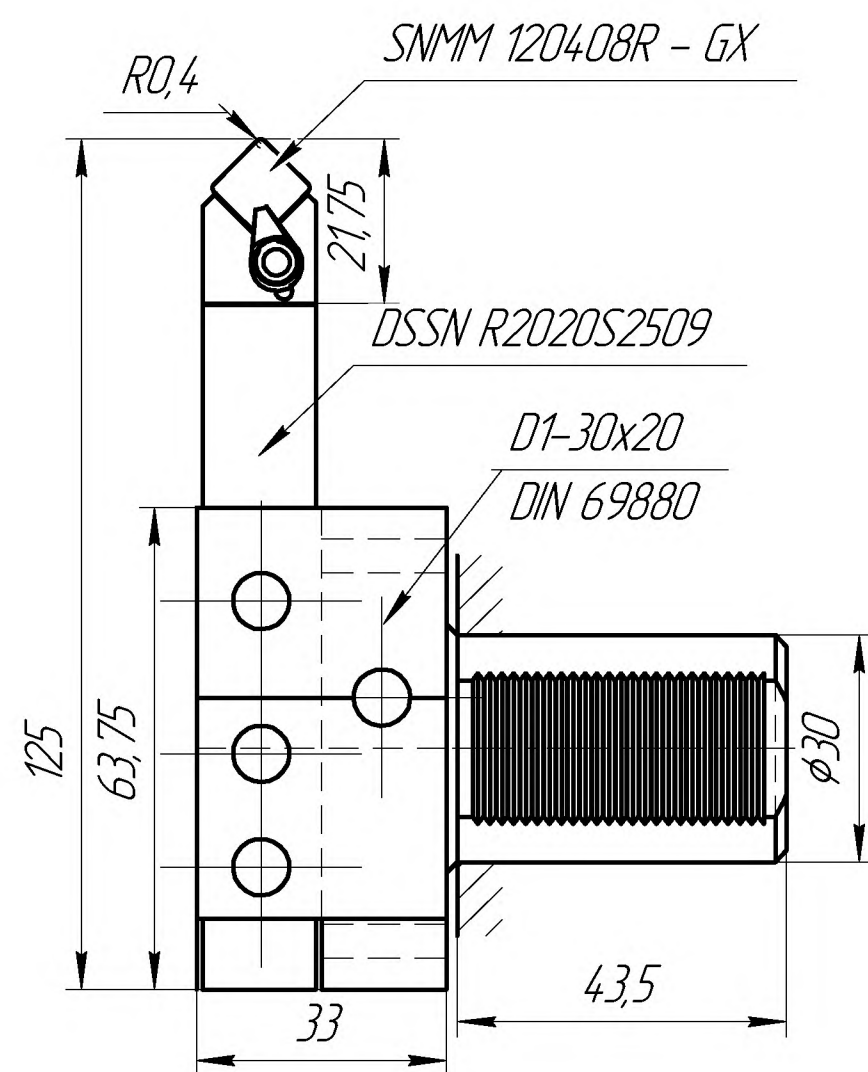
Точіння канавок



Базування вала при обробці канавок пластинами типу CG, закріпленими на державках GCM R3002 - CG - 05 та GCM L3002 - CG - 05



Точіння чистове



Точіння канавок

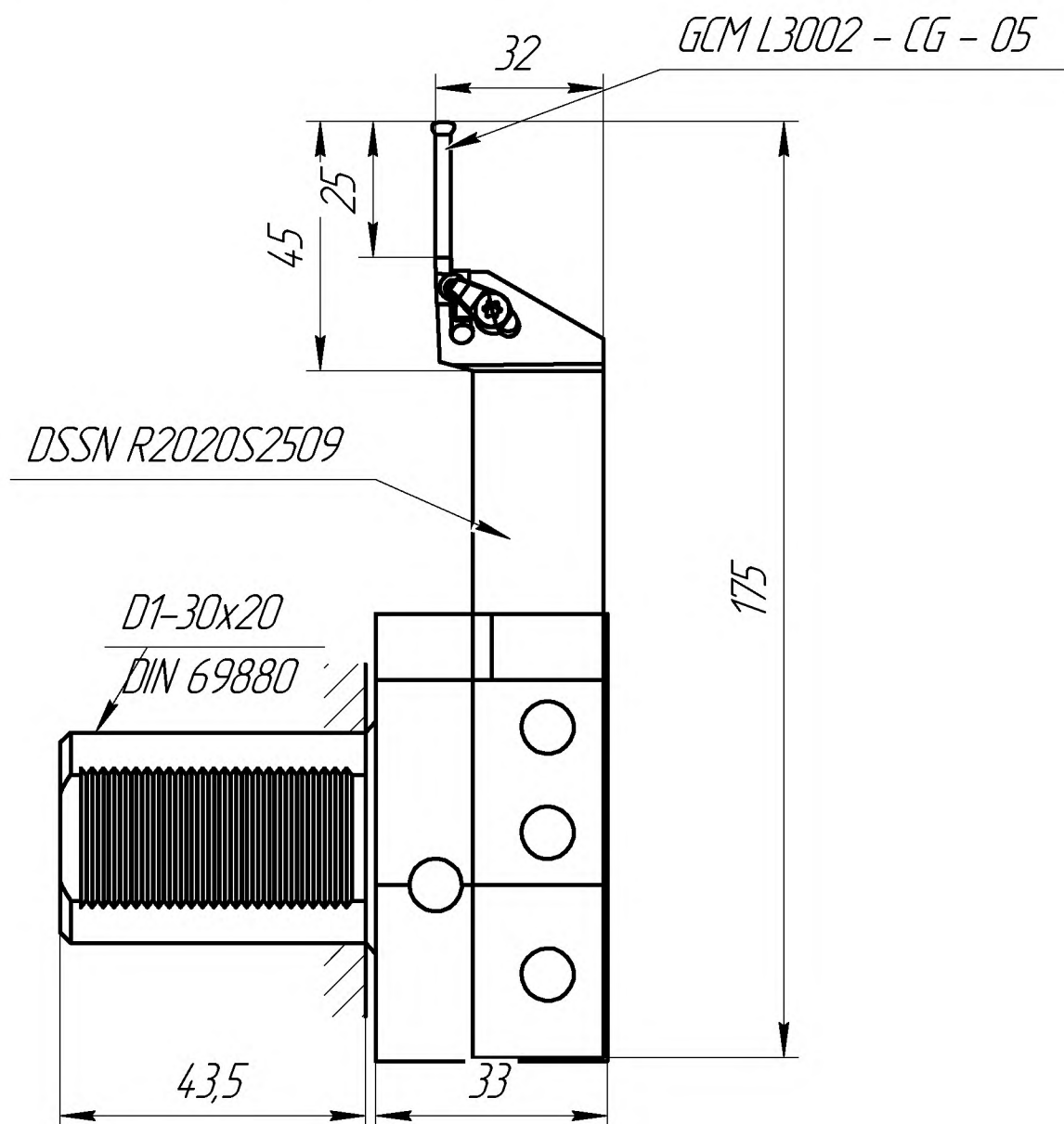
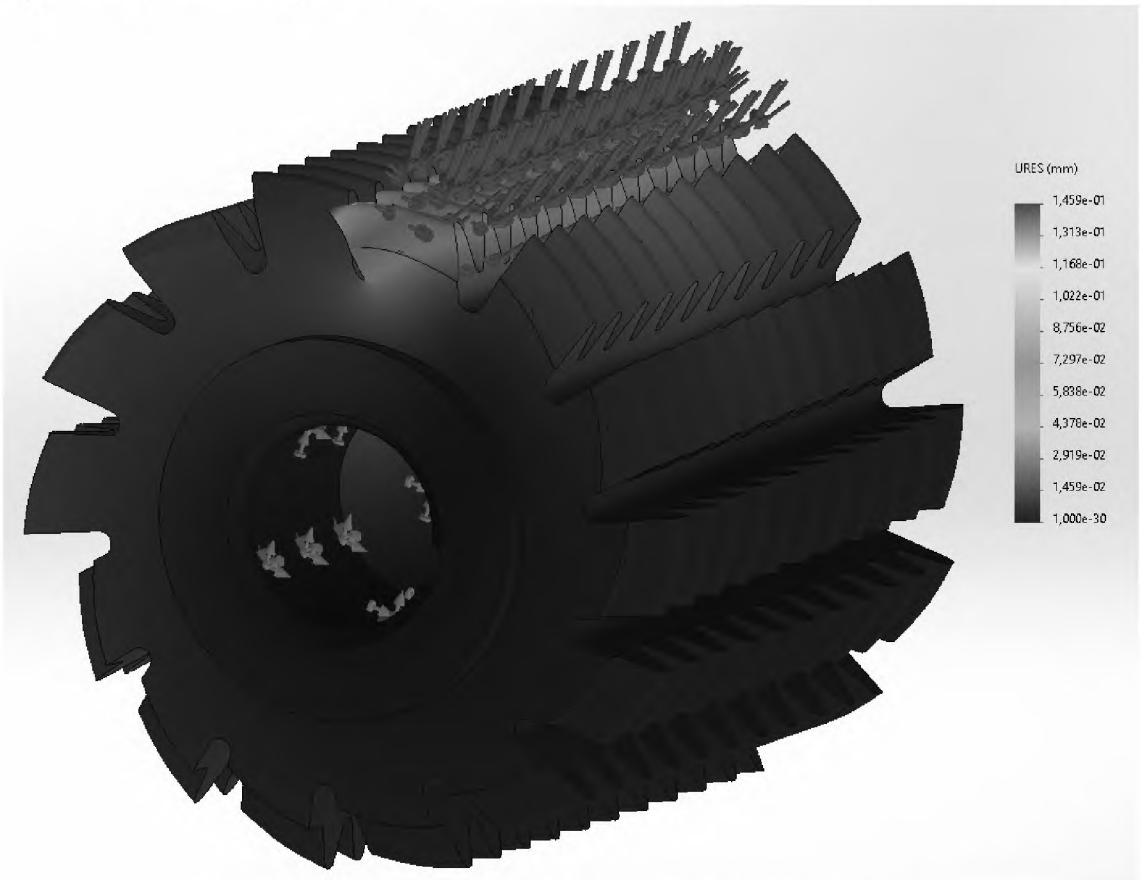


Рисунок 1 – Загальний вид верстата з ЧПК MAZAK SLANT TURN 20 ATC

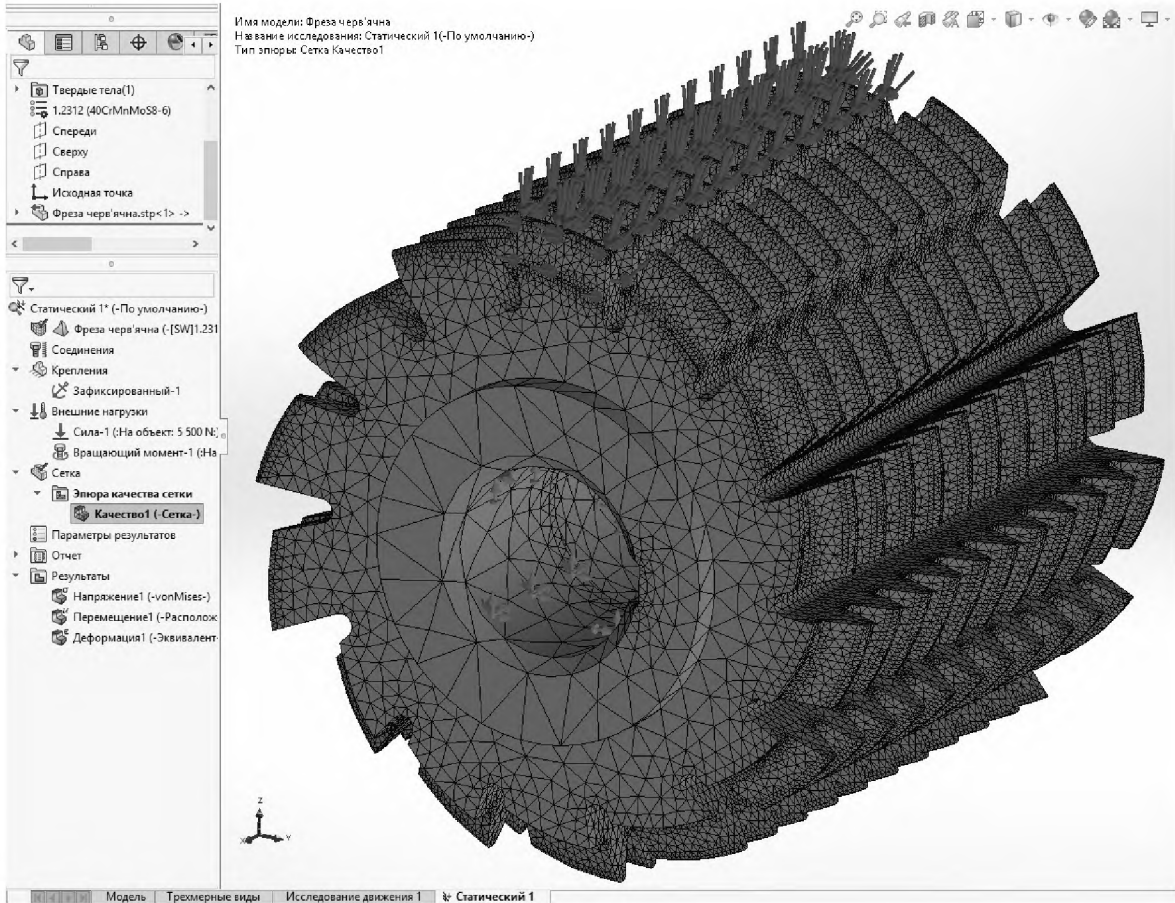
Вал встановлюється в самоцентрованому трьохкулачковому патроні з механічним зажимом і упором в торець та в обертуючися центрі з нерухожим ланетом

				КНУКБР.131.26.1-19.ВІН			
Зм. Розробив Керівник	Арх. Моларен Рязанцев	№ док. Моларен Рязанцев	Підпис	Дата	Верстатно-інструментальне налагодження	Лист	Маса
						Н	11
Нконтр. Зато	Нечасов Рязанцев					Архив	2
						Кафедра ТМ гр. ПМ-22	

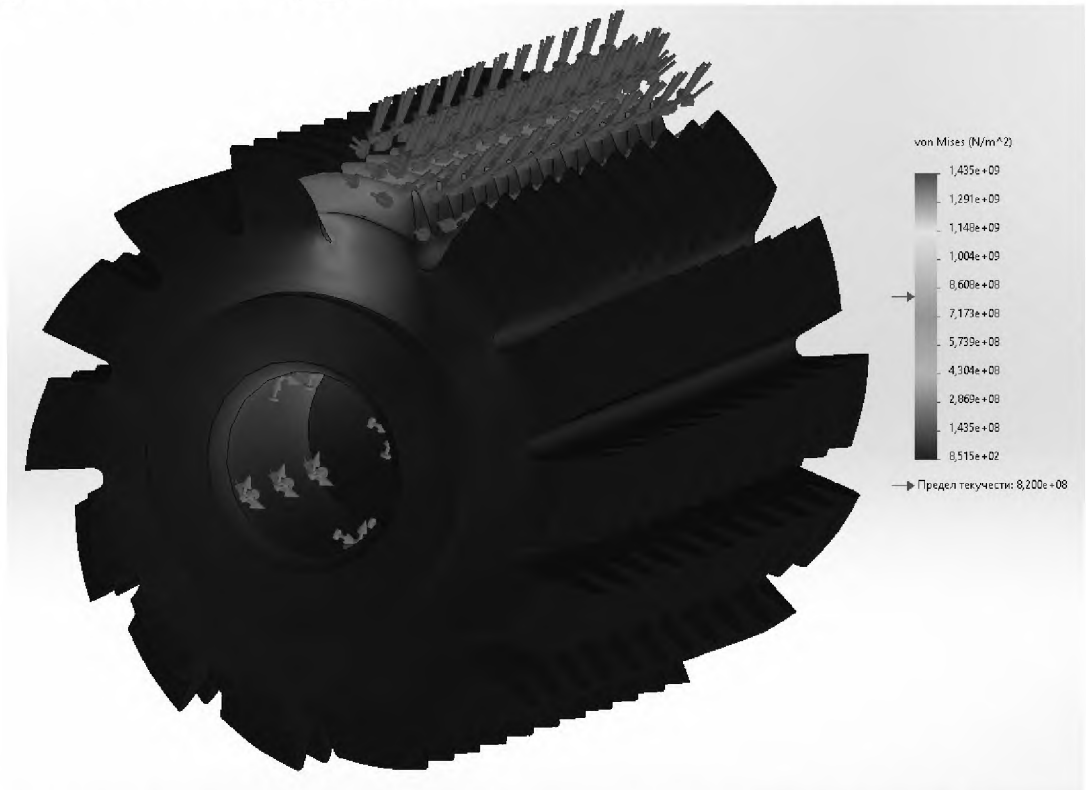
Симуляція «Переміщення» в SolidWorks Simulation



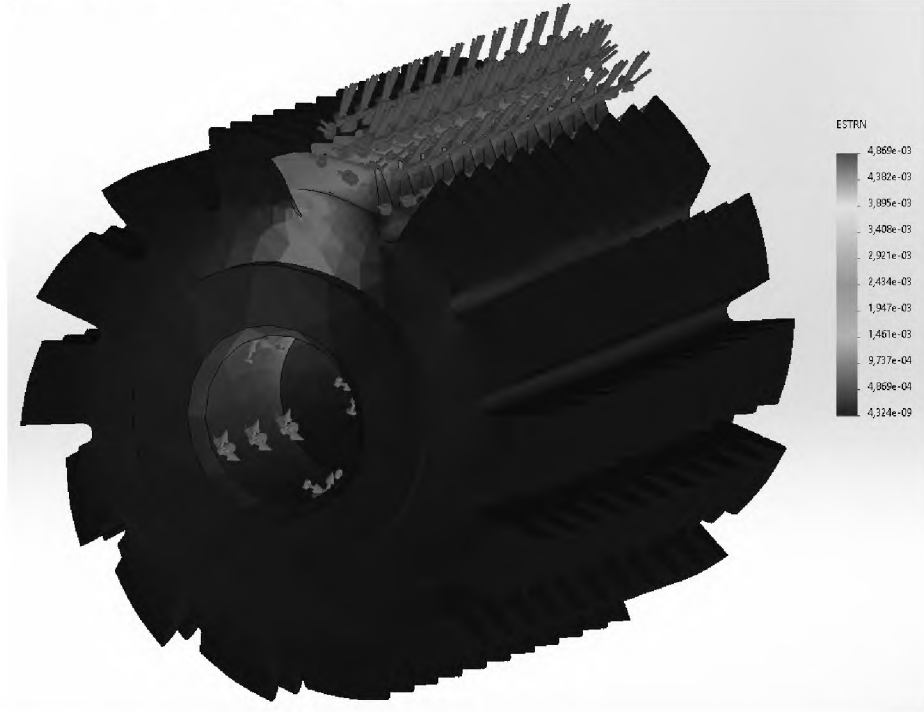
Сітка кінцевих елементів



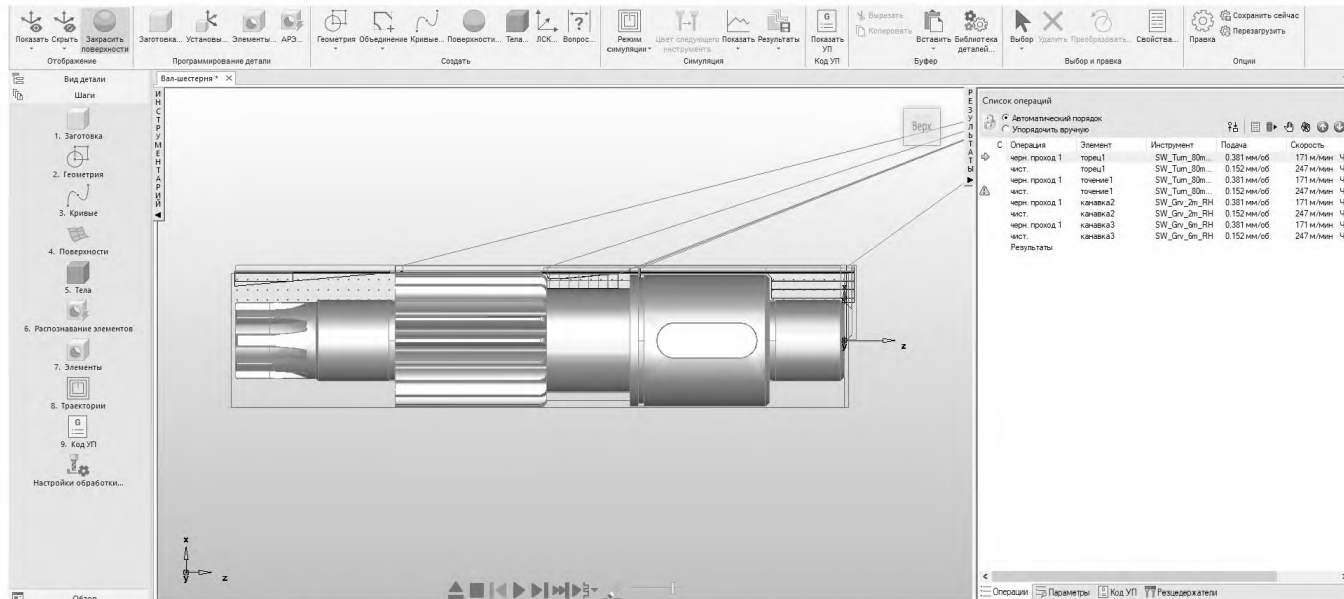
Симуляція «Напруження» в SolidWorks Simulation



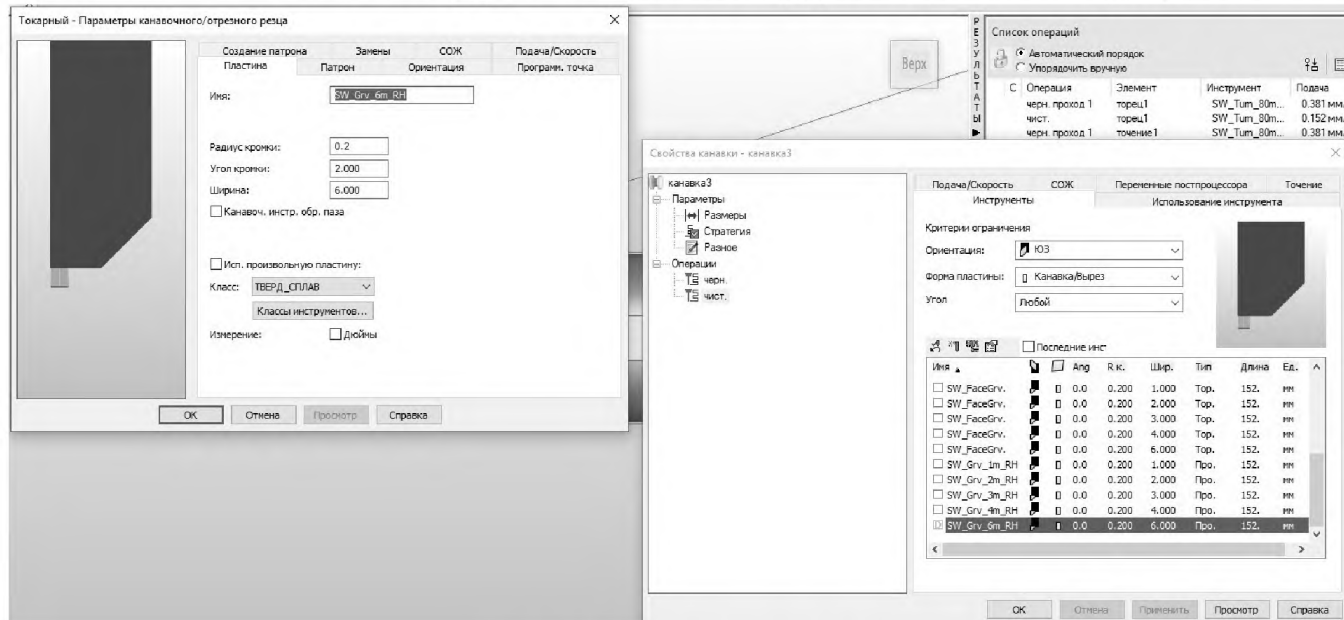
Симуляція «Деформація» в SolidWorks Simulation



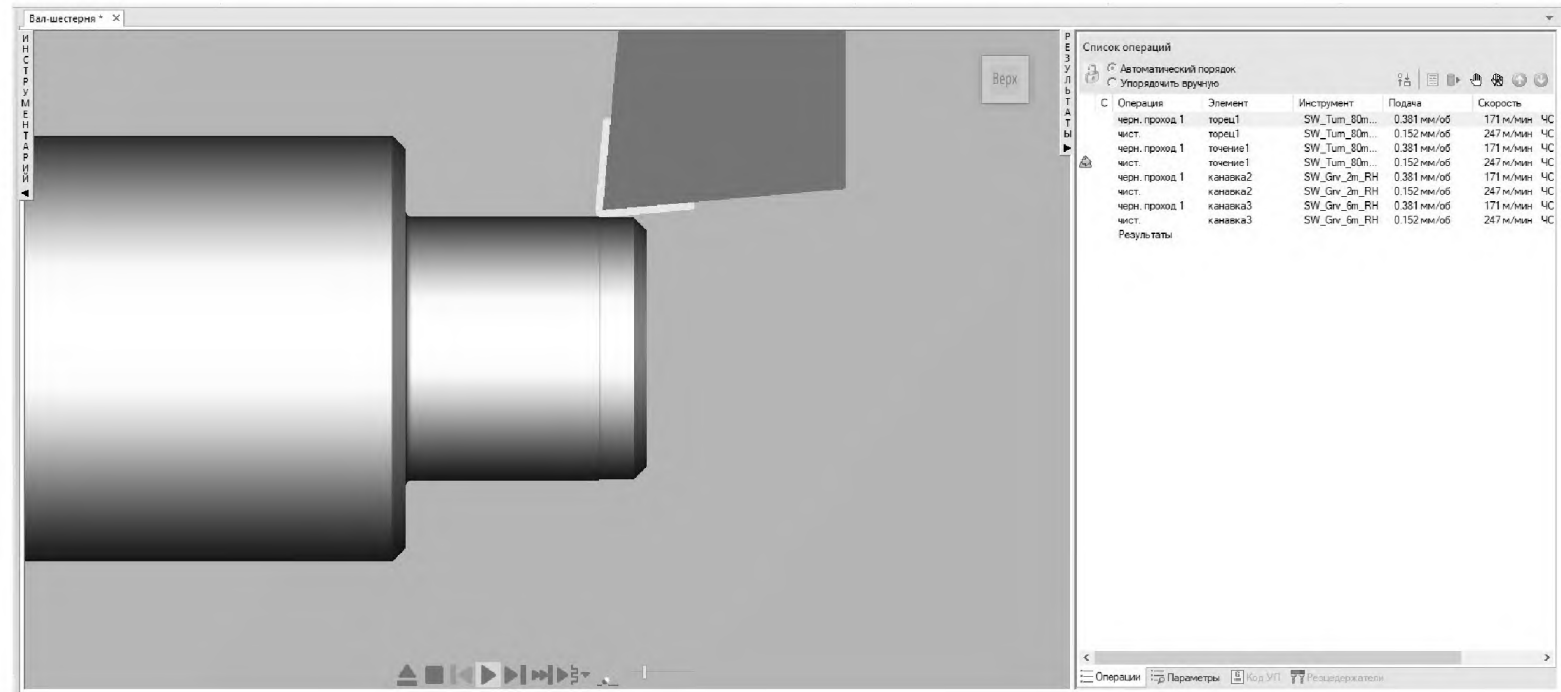
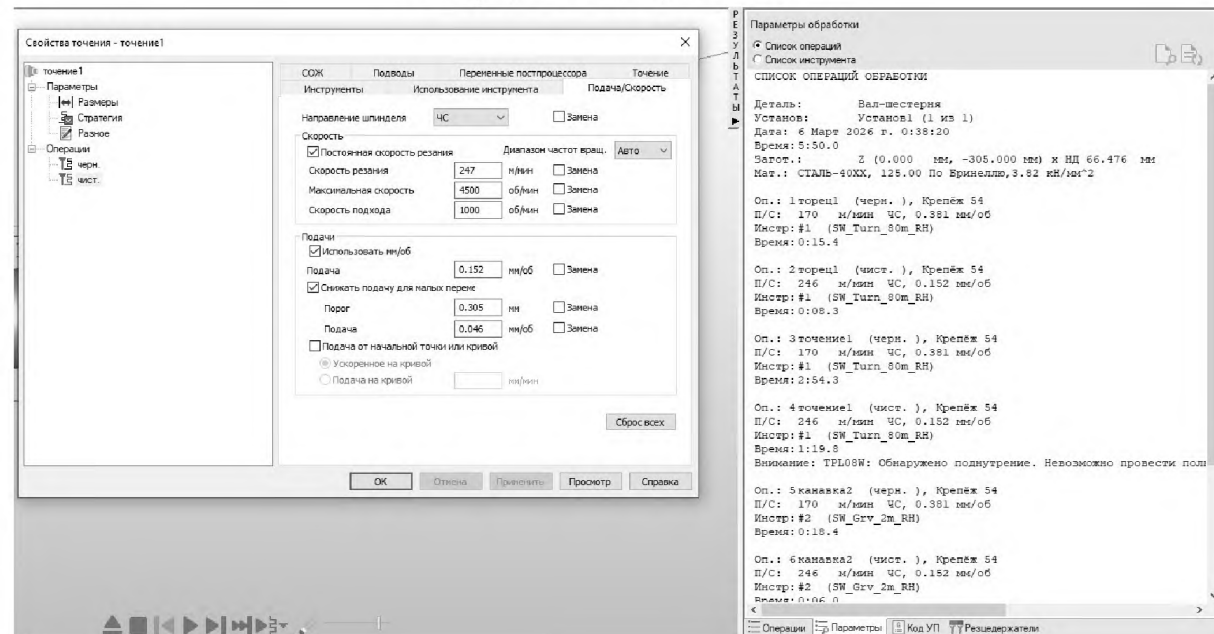
КНУ.КБР.131.26.1-19.ІАСРІ					Лім.			Маса	Масштаб
Зм.	Лист	№ докum.	Підпис	Дата	Інженерний аналіз спеціального різального інструменту			Н	
Розробив	Маляр				Лист			Листів	1
Керівник	Рязанцев							Кафедра ТМ	
Н.контр.	Нечаев							гр. ПМ-22	
Затв.	Рязанцев								



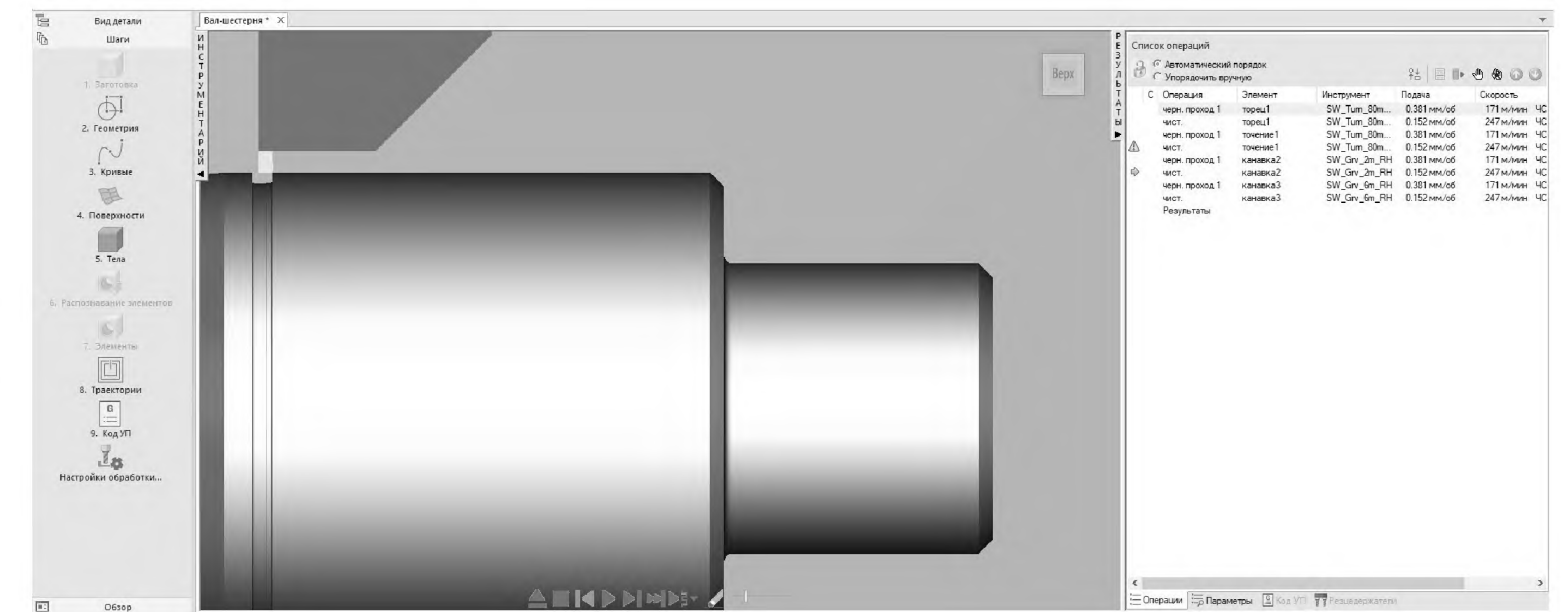
Етап вибору різального інструменту в меню програми



Вибір режимів різання



Фрагмент моделювання процесу обробки деталі (точіння канавки)



				КНУ.КБР.131.26.1-19.МПМО		
				Моделювання процесу механічної обробки		
				Лит.	Маса	Масштаб
				Н		
				Лист	Листів	1
				Кафедра ТМ гр. ПМ-22		
Зм. Лист	№ док.ум.	Підпис	Дата			
Розробив	Малаяран					
Керівник	Рязанцев					
Н.контр.	Нечаев					
Затв.	Рязанцев					