

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

Виконала: здобувачка

групи ЗПМ-21ск

Чурилова А.О.

Керівник випускної роботи:

к.т.н., доцент

Нечаєв В.П.

ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

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

Виконала здобувачка гр. ЗПМ-21ск

(підпис)

Чурилова А.О.

Керівник КБР

(підпис)

Нечасв В.П.

Нормоконтроль

(підпис)

Рязанцев А.О.

Завідувач кафедри

(підпис)

Нечасв В.П.

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

Затверджую
Зав. кафедри доцент, к.т.н., Нечаєв В.П.

(підпис)

(дата)

ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну бакалаврську роботу

Здобувачка гр. ЗПМ-21ск Чурилова Аліса Олександрівна

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

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

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

2. Термін подання здобувачем закінченої роботи _____ р.

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

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

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Вал шліцьовий. 2. Верстатно-інструментальне налагодження. 3. Черв'ячна фреза для шліцьових валів з прямобічним профілем. 4. Моделювання процесу обробки. 5. Інженерний аналіз спеціального різального інструменту.

6. Календарний план:

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

Дата видачі завдання: « ____ » _____ 2024 р.

Завдання видав керівник КБР _____

/ Нечасєв В.П./

Завдання отримала
здобувачка освіти _____

/ Чурилова А.О./

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документація		
A4		1	КНУ.КБР.131.24.4-01.ПЗ	Пояснювальна записка	66	
				Креслення		
A2		2	КНУ.КБР.131.24.4-01.ВШ	Вал шліцьовий	1	
A1		3	КНУ.КБР.131.24.4-01.ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження	1	
A3		4	КНУ.КБР.131.24.4-01.ЧФШВ	Фреза черв'ячна для шліцьових валів	1	
A3		5	КНУ.КБР.131.24.4-01.ІАСРІ	Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	1	
A3		6	КНУ.КБР.131.24.4-01.МПМО	Моделювання процесу механічної обробки	1	
КНУ.КБР.131.24.4-01.ВМКБР						
Изм. Лист		№ докум.		Подп.	Дата	
Разрад.		Чурилова				
Пров.		Нечаєв				
Н.контр.		Рязанцев				
Утв.		Нечаєв				
Відомість матеріалів КБР				Лит.	Лист	Листов
				Н		1
Кафедра ТМ гр. ЗПМ-21ск				Формат А4		
				Копирвал		

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до КРБ містить: 67 стор., 69 рисунків, 11 таблиць, 5 листів графічної частини.

Мета роботи: визначення оптимальних параметрів різального інструменту для виготовлення валу шліцьового, що входить до складу валу відбору потужності, з використанням сучасних CAD/CAM/CAE систем.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення валу шліцьового, що входить до складу валу відбору потужності.

Предмет дослідження – конструкторсько-технологічна підготовка та обґрунтування параметрів різального інструменту для його виготовлення з використанням CAD/CAM/CAE систем.

У сучасній індустріальній сфері важливим аспектом є вдосконалення конструкторсько-технологічної підготовки процесів виготовлення деталей. Серед таких деталей відіграє ключову роль вал шліцьовий, що входить до складу валу відбору потужності, який забезпечує надійну роботу цілого механізму.

Актуальність обраної теми полягає в поєднанні необхідності вдосконалення технологічних процесів з урахуванням вимог якості та точності виготовлення деталей. Вал шліцьовий є складною деталлю, виготовлення якої вимагає ретельного аналізу та обґрунтування параметрів різального інструменту.

Для досягнення поставленої мети були вирішені наступні завдання:

- проведено аналіз конструкції та функціональних властивостей вала шліцьового;

- обґрунтовано вибір та параметри використовуваного матеріалу для виготовлення вала;

- розроблено та проаналізовано різальний інструмент для оптимального виготовлення деталі;

- виконано моделювання процесу виготовлення за допомогою CAD/CAM/CAE систем для підтвердження ефективності обраного підходу.

Під час розробки використовувалися модулі автоматизованого проектування, включаючи програмне забезпечення Solid Works і Autodesk. Був проведений інженерний аналіз спеціального різального інструменту для визначення критичних компонентів у конструкції, використовуючи інструменти Solid Works у модулі Simulation.

ВАЛ ШЛІЦЬОВИЙ, СИСТЕМИ АВТОМАТИЗЦІЇ, ЧЕРВ'ЯЧНА ФРЕЗА СОБІВАРТІСТЬ.

					<i>КНУ.КБР.131.24.4-01Р</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Реферат</i>		
Розроб.		<i>Цирилова</i>					
Перевір.		<i>Нечаєв</i>					
Реценз.							
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>					
Зав. каф.		<i>Нечаєв</i>			Літ.	Арк.	Аркушів
						<i>Каф. ТМ, гр. ЗПМ-21ск</i>	

ABSTRACT

The explanatory note to QBW contains: 67 pages, 69 figures, 1 tables, 5 sheets of the graphic part.

The purpose of the work: determination of the optimal parameters of the cutting tool for the production of the splined shaft, which is part of the power take-off shaft, using modern CAD/CAM/CAE systems.

The object of the research is the technological process of manufacturing the shaft of the slotted roller conveyor.

The subject of the research is the design and technological preparation and substantiation of the parameters of the cutting tool for its manufacture using CAD/CAM/CAE systems.

In the modern industrial sphere, an important aspect is the improvement of the design and technological preparation of the processes of manufacturing parts. Among such parts, the splined shaft, which is part of the power take-off shaft, plays a key role, which ensures reliable operation of the entire mechanism.

The relevance of the chosen topic lies in the combination of the need to improve technological processes taking into account the requirements for quality and accuracy of manufacturing parts. The splined shaft is a complex part, the manufacture of which requires careful analysis and substantiation of the parameters of the cutting tool.

To achieve the goal, the following tasks were solved:

- an analysis of the design and functional properties of the splined shaft was carried out;
- the selection and parameters of the used material for the manufacture of the shaft are substantiated;
- developed and analyzed a cutting tool for optimal production of the part;
- modeling of the manufacturing process using CAD/CAM/CAE systems was performed to confirm the effectiveness of the chosen approach.

During development, automated design modules were used, including Solid Works and Autodesk software. An engineering analysis of a custom cutting tool was performed to identify critical components in the design using Solid Works tools in the Simulation module.

SPLINED SHAFT, AUTOMATION SYSTEMS, WORM MILLING COST.

					<i>КНУ.КБР.131.24.4-01.P</i>	Арк.
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Вступ	8
1 Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі	9
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних	9
1.2 Призначення об'єкту виробництва, як елементу вузла, механізму машини з характеристикою будови, принципів роботи, характеристикою кінематичних та силових ланцюгів та передач машини	10
1.3 Розрахунок параметрів точності з'єднання з підшипником	11
2 Технологічна підготовка виробництва деталі	13
2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів заміन	13
2.2 Аналіз якості поверхонь деталей	13
2.3 Технічний контроль робочого креслення	17
2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання	17
3 Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами	21
3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі	21
3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів	22
3.3 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту	41
3.4 Вибір типорозміру допоміжних інструментів	42
3.5 Компоновка інструментального комплексу та розробка інструментального налагодження на технологічну операцію деталі	43
4 Проектування та інженерний аналіз різального інструменту	46
4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту	46
4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	53
5 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	57
5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора	57
5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм	58
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	61
6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників	61
6.2 Охорона праці та екологія виробництва	63
Висновки	66
Список використаних джерел	67

					<i>КНУ.КРБ.131.24.4-013</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		<i>Чурилова</i>			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Нечаєв</i>					
Реценз.					<i>Зміст</i>		
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>					
Зав. каф.		<i>Нечаєв</i>					
					<i>Каф. ТМ, гр. ЗПМ-21ск</i>		

ВСТУП

Машинобудування є провідною галуззю промисловості. Рівень його розвитку визначає рівень розвитку держави на світовому рівні. Суспільство потребує постійного зміню асортименту товарів та послуг або зменшення витрат на виробництво вже існуючих. Ці потреби можуть бути задоволені 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.

					<i>КНУ.КБР.131.24.4-01.В</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Чурилова</i>			<i>Вступ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Нечаєв</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ЗПМ-21ск</i>		
<i>Зав. каф.</i>		<i>Нечаєв</i>						

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА ТА ДЕТАЛІ

1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

Початковими даними для розробки проекту є креслення «Вал шліцьовий» та механізму, в який вона вбудована. Деталь можна побачити рис. 1.1 у тривимірному форматі, щоб краще уявити її поверхні.

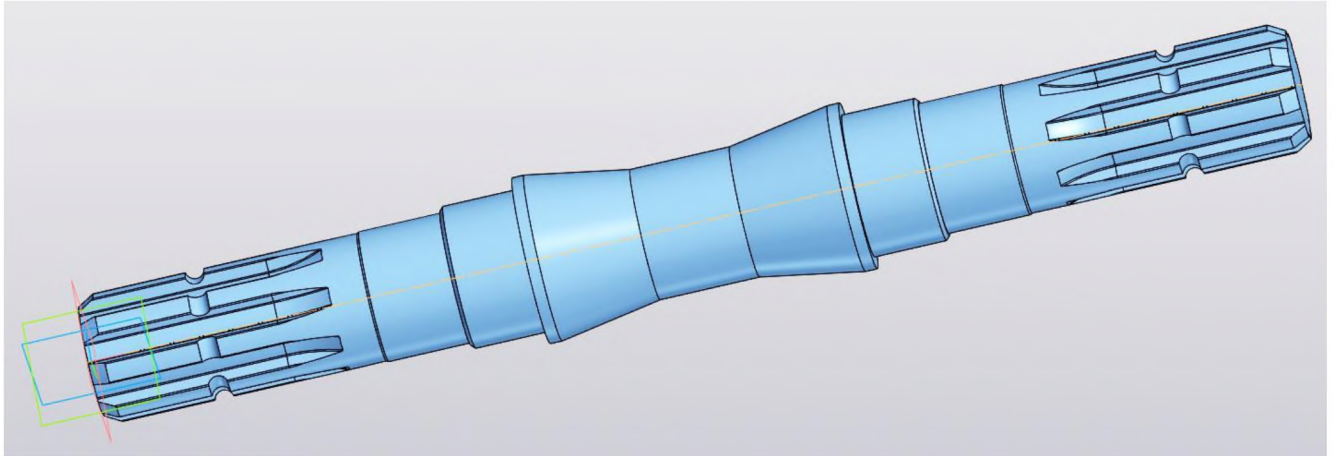


Рисунок 1.1 – 3D модель деталі «Вал шліцьовий»

Технічне завдання полягає у визначенні оптимальних параметрів різального інструменту для виготовлення валу шліцьового, що входить до складу валу відбору потужності, з використанням сучасних CAD/CAM/CAE систем.

Партія замовлення – 500 штук на рік.

Для досягнення мети роботи передбачені наступні завдання:

- Провести аналіз конструкції та функціональних властивостей вала шліцьового.

- Обґрунтувати вибір та параметри використовуваного матеріалу для виготовлення вала.

- Розробити та проаналізувати різальний інструмент для оптимального виготовлення деталі.

- Виконати моделювання процесу виготовлення спеціального різального інструменту за допомогою CAD/CAM/CAE систем для підтвердження ефективності обраного підходу.

Об'єктом дослідження є технологічний процес виготовлення валу шліцьового рольганга.

Предмет дослідження – конструкторсько-технологічна підготовка та обґрунтування параметрів різального інструменту для його виготовлення з використанням CAD/CAM/CAE систем.

					<i>КНУ.КБР.131.24.4-01.01.АСПМ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Чирилова</i>			<i>Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Нечаєв</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ЗПМ-21ск</i>		
Зав. каф.		<i>Нечаєв</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

Деталь «Вал шліцьовий» входить до складу валу відбору потужності тракторів. У тракторах МТЗ обов'язково є важливий вузол, що дозволяє використовувати різноманітне начіпне та причіпне обладнання – вал відбору потужності (ВВП).

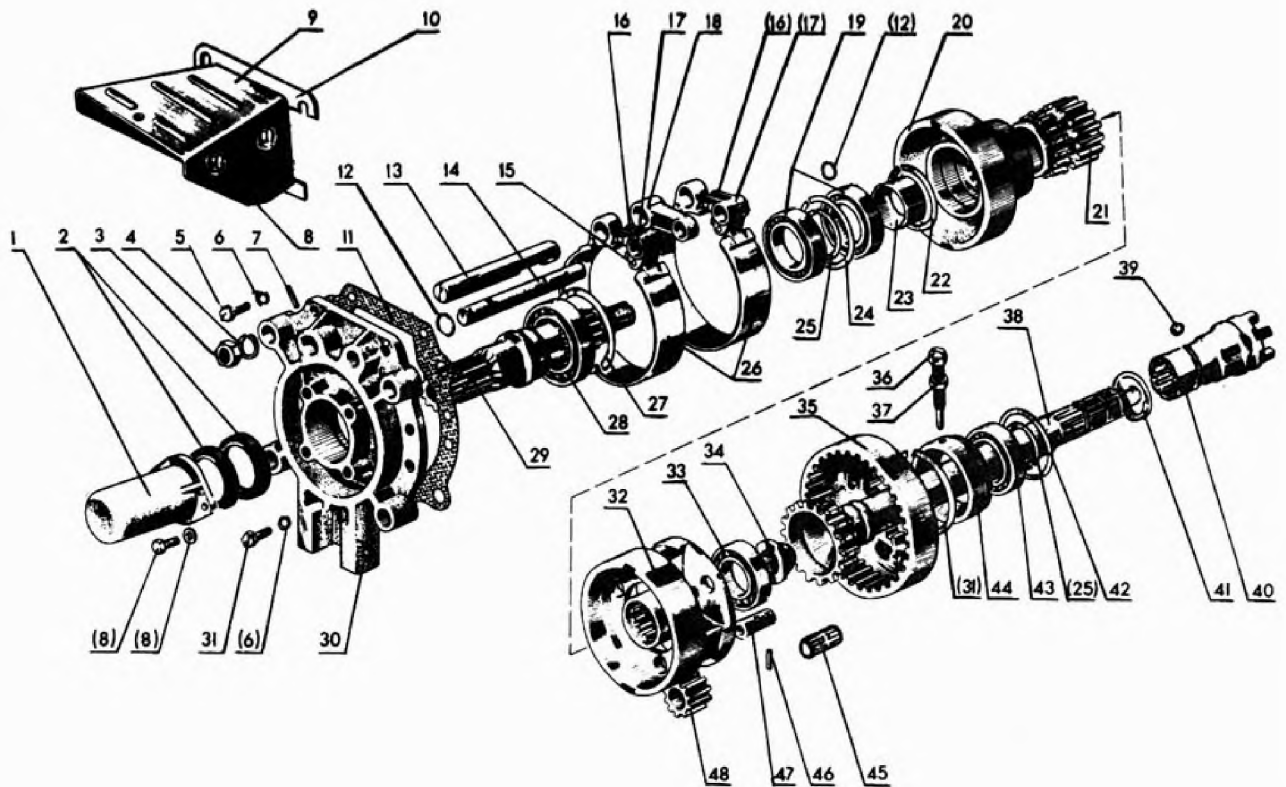


Рисунок 1.2 – Вал відбору потужності – складові елементи

Вал відбору потужності (ВВП) – механізм трансмісії, за допомогою якого здійснюється відбір моменту, що крутить, від силового агрегату з подальшою його передачею на зовнішній механізм. За допомогою ВВП здійснюється привід навісних та причіпних машин, а також автономних агрегатів різного призначення. Саме наявність валу відбору потужності робить трактор по-справжньому універсальною машиною, яку можна ефективно застосовувати в різних сферах.

Вал відбору потужності будь-якого трактора МТЗ (рис. 1.3) складається з наступних механізмів та агрегатів (рис. 1.2):

Планетарний редуктор управління це власне і є вал;

Перемикач для вибору типу приводу;

Редуктор для перемикання швидкостей незалежного приводу (2-ступінчастий на 540/545 і 1000 об/хв).

					<i>КНУ.КБР.131.24.4-01.01.АСПМ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.3 – Загальний вигляд трактору

Планетарний редуктор – основна частина ВВП, саме з редуктора виходить шліцьовий хвостовик, до якого підключається обладнання та механізми.

Перемикач, що забезпечує вибір типу приводу валу, включає зубчасто-кулачкову муфту, розташовану на провідному валу планетарного механізму, і важіль, що пересуває муфту по даному валу. Важіль виходить у підлогу кабіни, він може встановлюватися в три положення – нейтральне, синхронний і незалежний привід. Муфта утримується у вибраному положенні за допомогою пружинного фіксатора.

Редуктор для перемикання швидкостей незалежного приводу ВВП монтується безпосередньо в корпусі зчеплення трактора, побудований на двох парах шестерень і муфти перемикання швидкостей. Вибір швидкості обертання валу відбору потужності здійснюється повідцем, який переміщає зубчасту муфту у те чи інше положення. Повідець розташовується на корпусі КПП, тому перемикання швидкостей обертання ВВП безпосередньо з кабіни неможливе.

1.3 Розрахунок параметрів точності з'єднання з підшипником

На поверхні вала шліцьового ($\varnothing 60k6$) встановлюються підшипники кочення. Проведемо розрахунок параметрів точності з'єднання валу з підшипником (0 клас точності). Визначаємо найбільші та найменший натяги при посадці внутрішнього кільця підшипника на вал. Для цього визначаємо граничні відхилення для внутрішнього діаметру підшипника та для валу.

Величина граничних відхилень дорівнюють: для внутрішнього діаметру підшипника $\varnothing 60$.

$$ES = 0 \text{ мкм} \quad EI = -15 \text{ мкм} .$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.4-01.01.АСПМ				

Для валу $\text{Ø}60\text{k}6$

$$es = +21 \text{ мкм}, \quad ei = +2 \text{ мкм}$$

В з'єднанні підшипник – вал натяги дорівнюють:

$$N_{max} = es - EI = 21 - (-15) = 36 \text{ мкм}$$

$$N_{min} = ei - ES = +2 - 0 = 2 \text{ мкм}$$

Зображаємо схему полів допусків з'єднання підшипник (внутрішнє кільце) – вал (рис. 1.4) та загальний вигляд (рис. 1.5).

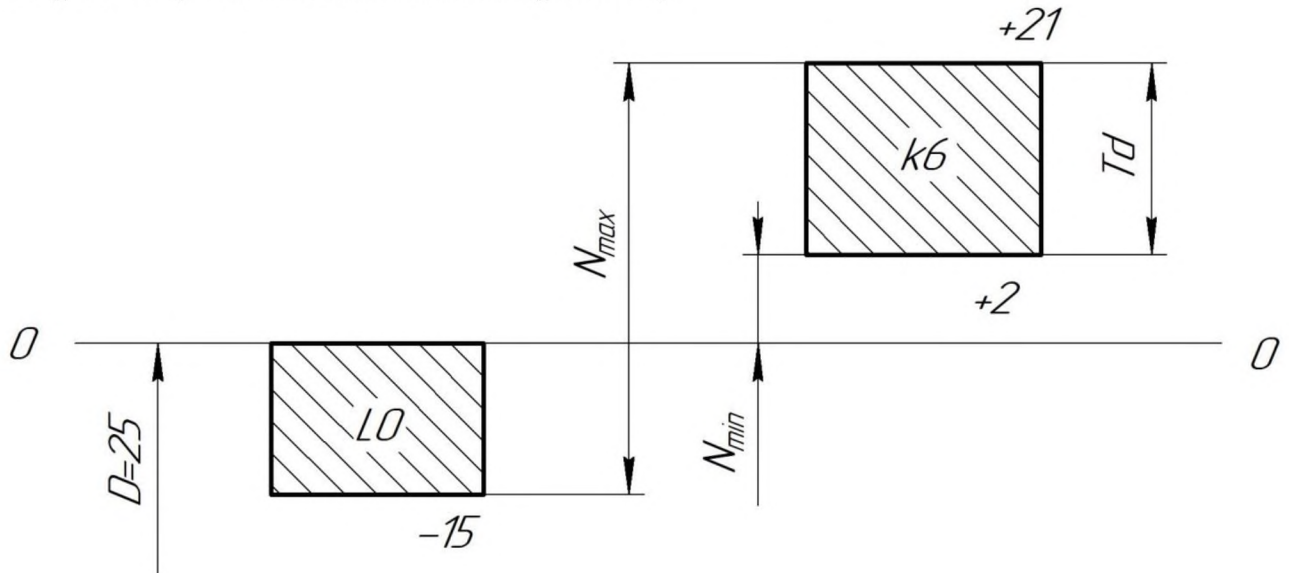


Рисунок 1.4 – Схема полів допуску підшипника кочення

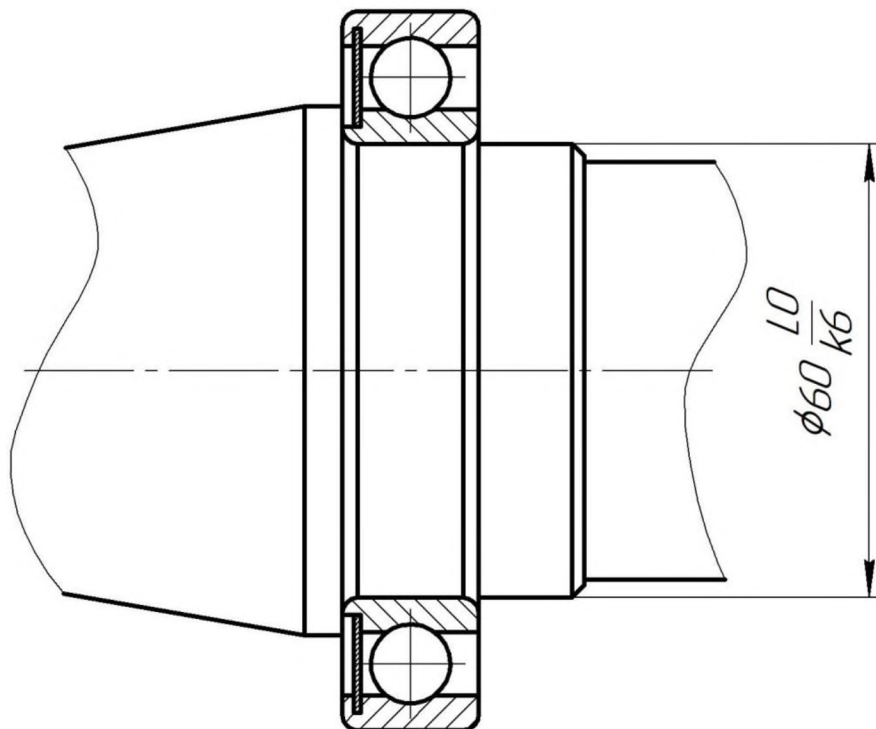


Рисунок 1.5 – Ескіз підшипникового вузла

					<i>КНУ.КБР.131.24.4-01.01.АСПМ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

Шліцьовий вал – деталь механізму, машини, приладу для передачі крутного моменту між валом та маточиною. Шліцьові з'єднання застосовуються в тих випадках, коли необхідно забезпечити відносно високі вимоги до співвісності з передачею досить великого крутного моменту.

Заготовка для деталі – прокат зі сталі 40Х

Дані про матеріал деталі приводяться у таблицях 2.1. та 2.2.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 40Х

Хімічний елемент	%
Вуглець (С)	0,36-0,44
Кремній (Si)	0,17-0,37
Марганець (Mn)	0,5-0,8
Хром (Cr)	0,8-1,1
Нікель (Ni)	до 0,3
Мідь (Cu)	до 0,3
Фосфор (P), не більше	0,035
Сірка (S), не більше	0,035

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 40Х

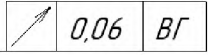
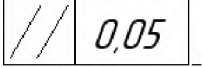
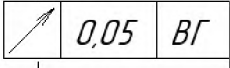
Сортамент	Розмір, мм	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_b , МПа	δ_5 , %	ψ , %	КСУ, кДж/м ²	Твердість, НВ	Термообробка
Пруток 40Х	70	395	615	17	45	59	240	Гартування 840-860 °С, вода, масло. Відпуск 580-650 °С, вода, повітря

2.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Для визначення етапів обробки та необхідного інструменту проведемо нумерацію поверхонь деталі (рис. 2.1). Визначена послідовність обробки наведена в табл. 2.3.

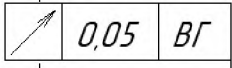
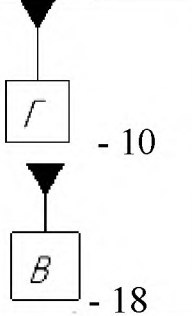
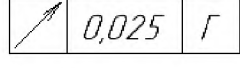
					<i>КНУ.КБР.131.24.4-01.02.ТПВД</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Чирилова</i>			<i>Технологічна підготовка виробництва деталі</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Нечаєв</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ЗПМ-21ск</i>		
Зав. каф.		<i>Нечаєв</i>						

Таблиця 2.3 – Технологічні методи з обробки поверхонь деталі

№ поверхні	Розмір, мм	Шорсткість, Ra	Допуск, IT	Послідовність технологічних методів обробки	Примітка
1	2	3	4	5	6
1, 24	L 510±0,7	20	14		—
		20	14	Чорнове підрізання торця	
2	L 7 30° 2 фаски	20	14		—
		20	14	Точіння фаски	
3, 21	Ø54 ^{-0,03} _{-0,06}	20	7		
		20	14	Чорнове точіння	
		12,5	12	Напівчистове точіння	
		3,2	9	Чистове точіння	
4, 23	b 8, внутр. діаметр Ø46h14	20	9		
		20	9	Фрезерування шліців черв'ячною фрезою	
5, 22	R 4 ^{+0,48} , до діаметра Ø47±0,3	20	15		—
		20	15	Чорнове точіння канавки	
6	L 1,6 30° 2 фаски	5	14		—
		20	14	Чорнове точіння фаски	
		12,5	12	Напівчистове точіння фаски	
7, 20	Ø55 ^{-0,046}	5	10	Чистове точіння фаски	
		0,63	8		
		20	14	Чорнове точіння	

					КНУ.КБР.131.24.4-01.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6
7, 20	$\varnothing 55_{-0,046}$	12,5	12	Напівчистове точіння	
		3,2	10	Чистове точіння	
		0,8	8	Тонке точіння	
		0,63	8	Полірування	
8, 19	L 32	20	14		-
		20	14	Чорнове підрізання торцю	
9	L 1,6, 45° 2 фаски	20	14		-
		20	14	Точіння фаски	
10, 18	$\varnothing 60_{-0,002}^{+0,021}$	0,63	6		
		20	14	Чорнове точіння	
		12,5	11	Напівчистове точіння	
		3,2	8	Чистове точіння	
		0,63	6	Тонке точіння	
11,17	L 138 ^{+0,250}	1,25	11		
		20	14	Чорнове підрізання торцю	
		6,3	12	Напівчистове підрізання торцю	
		1,25	11	Чистове підрізання торцю	
12, 16	$\varnothing 70$ на L 5	20	14		-
		20	14	Без обробки	
13, 15	L 43,11 10°	20	14		-
		20	14	Чорнове точіння	
14	$\varnothing 55_{-0,74}$	20	14		-
		20	14	Чорнове точіння	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.4-01.02.ТПВД

Арк.

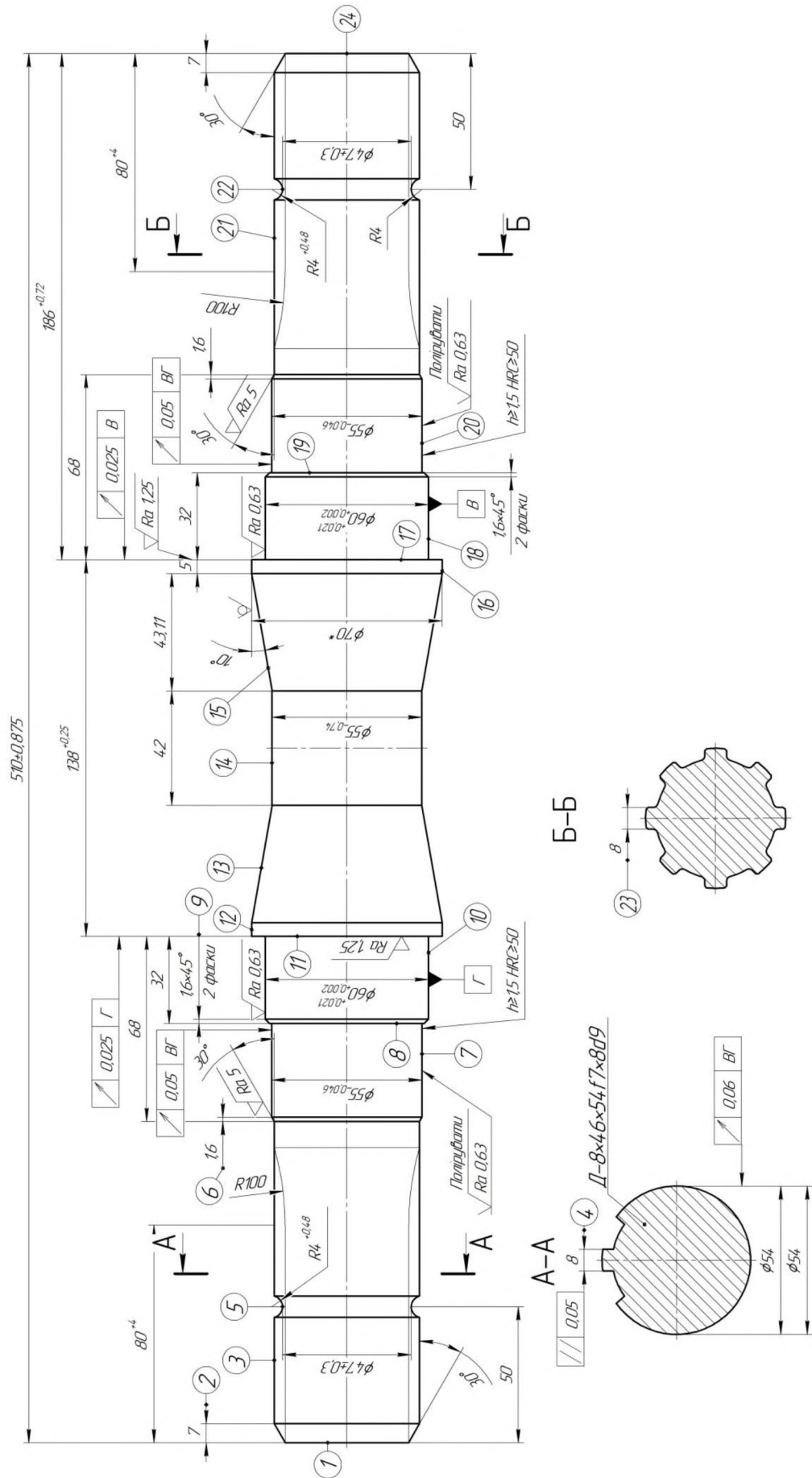


Рисунок 2.1 – Нумерація поверхонь деталі «Вал шліцьовий»

					КНУ.КБР.131.24.4-01.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3 Технічний контроль робочого креслення

На кресленні деталі зображений головний вид, перерізи А-А, Б-Б. Також проставлені всі потрібні розміри, шорсткість поверхонь та поля допусків для розмірів деталі. Додатково проставлено невказану шорсткість, що становить Ra 20. Містяться необхідні технічні вимоги. Даної інформації достатньо для того, щоб виготовити задану деталь.

2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання

Операційний процес обробки визначеної деталі включає у себе наступні технологічні етапи:

005 – токарна операція (чорнова, напівчистова, чистова), обробляються циліндричні поверхні деталі, підрізуються торці, точаться канавки;

010 – фрезерна операція (фрезерування шліців);

015 – полірувальна операція.

Враховуючи різноманітність та значення технологічних методів обробки поверхонь, визначимо оптимальні типи металорізального обладнання та інструментів. Дані вносимо в табл. 2.6.

Токарні операції виконуємо на верстаті Avia TURN 50 (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Токарний верстат з ЧПК моделі Aviaturn 50

					<i>КНУ.КБР.131.24.4-01.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики верстата Aviaturn 50

Параметр	Розміри
Діаметр над кожухами станини	700 мм
Мах. діаметр обробки	500/445 мм
Мах. довжина зони обробки	800 мм
Мах. діаметр заготовки	80 мм
Передня бабка	
Конус шпинделя	A2-8
Мах. швидкість шпинделя	3500 об/хв
Діаметр 3-х кулачкового патрону	315 мм
Діаметр отвору шпинделя	93 мм
Мах. потужність S1/S3 (25 %)	20,5/28,7 кВт
Мах. крутильний момент S1/S3 (25%)	391/548 Нм
Осі X, Y, Z	
Переміщення по осі X	-10/360 мм
Переміщення по осям Z/Z2	830/- мм
Переміщення по осі Y	–
Прискорення по осям X/Z/Z2	24/24/- м/хв
Револьверна головка Sauter	
Кількість позицій інструменту	12/12 шт.
Інструментальний диск стандарт/опція	VDI 40 / BMT 65
Рукоятка інструменту	25 x 25 мм
Мах. діаметр свердлильної оправки	40 мм
Задня бабка	
Переміщення	680 мм
Мах. осьове навантаження	15 000 Н
Діаметр конуса	110 мм
Конус задньої бабки	МК 5
Привод задньої бабки	ШВП + електромотор
ЧПК	
Стандарт	FANUC 0i-TF 15"
Опціонально	SIEMENS SINUMERIK 828D 15"
Загальні дані	
Загальні габарити ДхШхВ (без конвеєру для стружки)	4050x2150x2370 мм
Загальна вага	7000 кг
Загальна потужність	42 кВА

Зубофрезерні операції виконуємо на верстаті OFA 32 CNC 6 (рис. 2.3).

					<i>КНУ.КБР.131.24.4-01.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.3 – Вертикальний зубофрезерний верстат моделі OFA 32 CNC 6

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики верстата OFA 32 CNC 6

Параметр	Розміри
1	2
Мах. модуль зубчатого зачеплення	7 мм
Мах. діаметр зубчатого зачеплення	320 мм
Мін. кількість зубів деталі	3
Мах. кут нахилу зубів	$\pm 45^\circ$
Мах / мін відстань вісі інструменту A2-8	
від вісі стола	300/40 мм
від поверхні стола	505/205 мм
Мах. діаметр інструменту	160 мм
Мах. довжина інструменту	220 мм
Діапазон обертів інструменту	$71-700 \text{ хв}^{-1}$
Потужність головного двигуна	12 кВт
Робоча осьова подача	1-1 000 мм/ хв
Робоча радіальна подача	0,5-1 000 мм/ хв
Робоча тангенційна подача	0,25-1 000 мм/ хв
Прискорене осьове переміщення	2 000 мм/ хв
Прискорене радіальне переміщення	3 000 мм/ хв
Прискорене тангенційне переміщення	2 000 мм/хв
Загальна споживаєма потужність	45 кВА
Конус шпинделя	MORSE 5

					<i>КНУ.КБР.131.24.4-01.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.5

1	2
Розміри	
Довжина	4 200 мм
Ширина	3 750 мм
Висота	2 126 мм
Висота з сепаратором масляного туману	2 800 мм
Стіл для закріплення заготовки	
Діаметр	300 мм
Свердління	80 мм
Маса	8 000 кг

Таблиця 2.6 – Вибір типів і моделей металорізальних верстатів по обробці поверхонь деталі

№ пов.	Найменування операції	Тип і модель верстата
1, 24	Чорнове підрізання торця	Avia TURN 50
2	Точіння фаски	Avia TURN 50
3, 21	Чорнове точіння Напівчистове точіння Чистове точіння Тонке точіння	Avia TURN 50
4, 23	Фрезерування шліців	OFA 32 CNC 6
5, 22	Чорнове точіння канавки	Avia TURN 50
6	Чорнове точіння фаски Напівчистове точіння фаски Чистове точіння фаски	Avia TURN 50
7, 20	Чорнове точіння Напівчистове точіння Чистове точіння Тонке точіння	Avia TURN 50
7, 20	Полірування	Ручна стрічково-полірувальна машинка «Механика ПП-11»
8, 19	Чорнове підрізання торцю	Avia TURN 50
9	Точіння фаски	Avia TURN 50
10, 18	Чорнове точіння Напівчистове точіння Чистове точіння Тонке точіння	Avia TURN 50
11, 17	Чорнове підрізання торцю Напівчистове підрізання торцю Чистове підрізання торцю	Avia TURN 50
12, 16	Без обробки	–
13, 15	Чорнове точіння	Avia TURN 50
14	Чорнове точіння	Avia TURN 50

					<i>КНУ.КБР.131.24.4-01.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ВИБІР РІЖУЧИХ ТА ДОПОМІЖНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ЗА МІЖНАРОДНИМИ СТАНДАРТАМИ

3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі

Враховуючи різноманітність та характер технологічних методів обробки поверхонь, ми розглядаємо актуальні моделі інструментів, що пропонуються як вітчизняними, так і закордонними виробниками. Для кожної конкретної поверхні вибираємо належний тип інструменту, а також обґрунтовуємо цей вибір, представляючи відповідний ескіз. Дані занесені до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Вибір типів інструментів по обробці поверхонь деталі

№ поверхні	Найменування операції	Тип інструменту	Примітка
1	2	3	4
1, 24	Чорнове підрізання торця	Підрізний різець	–
2	Чорнове точіння фаски	Прохідний різець	–
3, 21	Чорнове точіння Напівчистове точіння Чистове точіння Тонке точіння	Прохідний різець	–
4, 23	Фрезерування шліців	Черв'ячна фреза	–
5, 22	Чорнове точіння канавки	Прорізний різець	–
6	Чорнове точіння фаски Напівчистове точіння фаски Чистове точіння фаски	Прохідний різець	–
7, 20	Чорнове точіння Напівчистове точіння Чистове точіння Тонке точіння	Прохідний упорний різець	–
7, 20	Полірування	Повстятий круг	–
8, 19	Чорнове підрізання уступу	Прохідний упорний різець	–
9	Чорнове точіння фаски	Прохідний різець	–

<i>КНУ.КБР.131.24.4-01.03.ВРДІ</i>				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		<i>Цирилова</i>		
Перевір.		<i>Нечаєв</i>		
Реценз.				
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>		
Зав. каф.		<i>Нечаєв</i>		
<i>Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами</i>				
		Літ.	Арк.	Аркушів
<i>Каф. ТМ, гр. ЗПМ-21ск</i>				

Продовження таблиці – 3.1

1	2	3	4
10, 18	Чорнове точіння Напівчистове точіння Чистове точіння Тонке точіння	Прохідний упорний різець	–
11,17	Чорнове підрізання уступу Напівчистове підрізання уступу Чистове підрізання уступу	Прохідний упорний різець	–
12, 16	–	–	–
13, 15	Чорнове точіння	Прохідний різець	–
14	Чорнове точіння	Прохідний різець	–

3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів

З урахуванням фізико-механічних властивостей матеріалу деталі, виду обробки і використаних металорізальних верстатів для прийнятих типів металорізальних інструментів, призначаємо матеріал різальної частини, геометричні параметри, матеріал державки (корпусу, хвостовика) інструменту, які виготовлені вітчизняними та іноземними виробниками. Дані занесено в таблицю 3.2.

Позиції: 1, 24, 2, 3, 21, 6, 9.

Чорнове підрізання торця, чорнове точіння, чорнове точіння фаски:

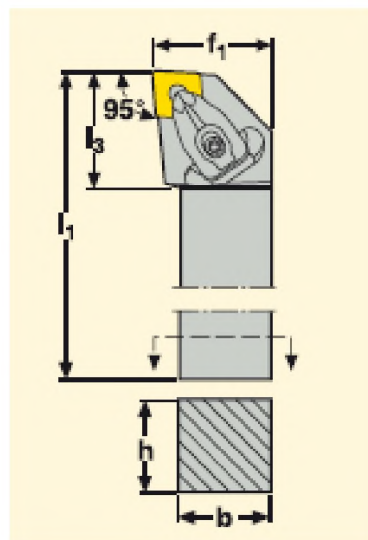


Рисунок 3.1 – Державка DCLNR 2525M16-M [1, с. 83]

					<i>КНУ.КБР.131.24.4-01.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Применение	Обозначение	Размеры в мм					γ_0°	λ_s°	KG	Код	
		h	b	l_1	f_1	l_3					
	16	DCLNR 2525M16-M	25	25	150	32	40	-6	-6	0,7	CN..1606..
		3225P 16-M	32	25	170	32	42	-6	-6	1,0	CN..1606..
		3232P 16-M	32	32	170	40	42	-6	-6	1,3	CN..1606..
		DCLNL 2525M16-M	25	25	150	32	40	-6	-6	0,7	CN..1606..
		3225P 16-M	32	25	170	32	42	-6	-6	1,0	CN..1606..
		3232P 16-M	32	32	170	40	42	-6	-6	1,3	CN..1606..

Рисунок 3.2 – Розміри державки [1, с. 83]

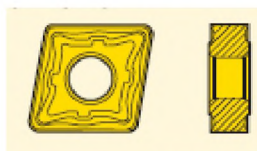


Рисунок 3.3 – Пластина CNMG 160612-M5, покриття TP3000 [1, с. 198]

Размер	Размеры в мм				
	d	l	s	h	r_c
09	9,52 ±0,05	9,7	3,18	3,81	0,4-0,8
1204	12,70 ±0,08	12,9	4,76	5,15	0,4-1,6
1206	12,70 ±0,08	12,9	6,35	5,15	1,2-1,6
16	15,88 ±0,10	16,1	6,35	6,35	0,8-2,4
19	19,05 ±0,10	19,3	6,35	7,92	0,8-2,4
25	25,40 ±0,13	25,8	9,52	9,12	2,4

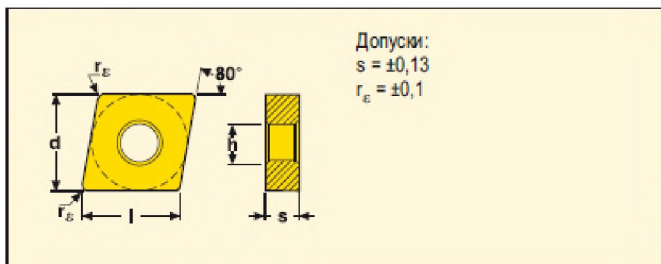


Рисунок 3.4 – Розміри пластини [1, с. 196]

Позиції: 3, 21, 6.

Напівчистове точіння, напівчистове точіння фаски:

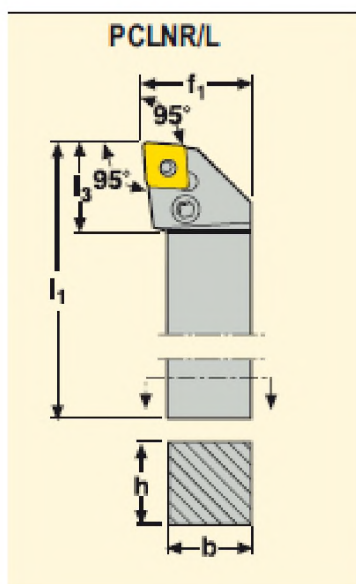


Рисунок 3.4 – Державка PCLNR 2525M12 [1, с. 108]

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.4-01.03.ВРДІ

Арк.

Применение	Обозначение	Размеры в мм					γ_0°	λ_0°	KG		
		h	b	l_1	f_1	l_3					
95° 	12	PCLNR 2020K12	20	20	125	25	26	-6	-6	0,4	CN..1204..
	2525M12	25	25	150	32	26	-6	-6	0,7	CN..1204..	
	3225P12	32	25	170	32	26	-6	-6	1,0	CN..1204..	
	PCLNL 2020K12	20	20	125	25	26	-6	-6	0,4	CN..1204..	
	2525M12	25	25	150	32	26	-6	-6	0,7	CN..1204..	
	3225P12	32	25	170	32	26	-6	-6	1,0	CN..1204..	

Рисунок 3.5 – Розміри державки [1, с. 108]



Рисунок 3.6 – Пластина CNMG 120412-MF5, покриття TP1500 [1, с. 197]

Размер	Размеры в мм				
	d	l	s	h	r_E
09	9,52 ±0,05	9,7	3,18	3,81	0,4-0,8
1204	12,70 ±0,08	12,9	4,76	5,15	0,4-1,6
1206	12,70 ±0,08	12,9	6,35	5,15	1,2-1,6
16	15,88 ±0,10	16,1	6,35	6,35	0,8-2,4
19	19,05 ±0,10	19,3	6,35	7,02	0,8-2,4

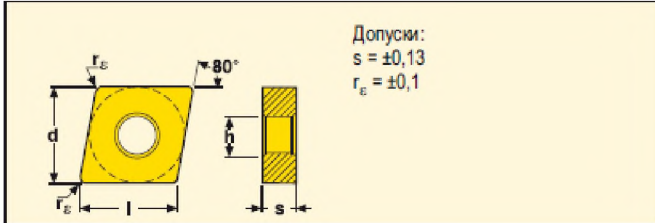


Рисунок 3.7 – Розміри пластини [1, с. 196]

Позиції: 3, 21, 6.

Чистове точіння, чистове точіння фаски:

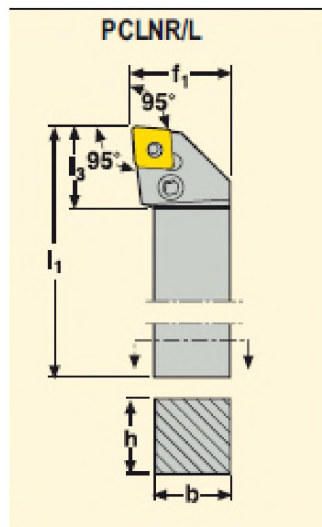


Рисунок 3.8 – Державка PCLNR 2525M12 [1, с. 108]

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.4-01.03.ВРДІ	Арк.

Применение	Обозначение	Размеры в мм					γ_0°	λ_0°	KG		
		h	b	l_1	f_1	l_3					
95° 	12	PCLNR 2020K12	20	20	125	25	26	-6	-6	0,4	CN..1204..
	2525M12	25	25	150	32	26	-6	-6	0,7	CN..1204..	
	3225P12	32	25	170	32	26	-6	-6	1,0	CN..1204..	
	PCLNL 2020K12	20	20	125	25	26	-6	-6	0,4	CN..1204..	
	2525M12	25	25	150	32	26	-6	-6	0,7	CN..1204..	
	3225P12	32	25	170	32	26	-6	-6	1,0	CN..1204..	

Рисунок 3.9 – Розміри державки [1, с. 108]



Рисунок 3.10 – Пластина CNMG 120408-MF2, покриття TP1000 [1, с. 196]

Размер	Размеры в мм				
	d	l	s	h	r_E
09	9,52 ±0,05	9,7	3,18	3,81	0,4-0,8
1204	12,70 ±0,08	12,9	4,76	5,15	0,4-1,6
1206	12,70 ±0,08	12,9	6,35	5,15	1,2-1,6
16	15,88 ±0,10	16,1	6,35	6,35	0,8-2,4
19	19,05 ±0,10	19,3	6,35	7,02	0,8-2,4

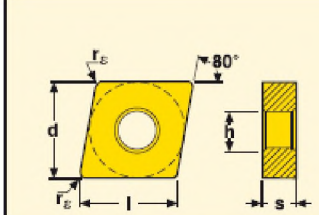

 Допуски:
 $s = \pm 0,13$
 $r_E = \pm 0,1$

Рисунок 3.11 – Розміри пластини [1, с. 196]

Позиції: 3, 21, 10, 18.

Тонке точіння:

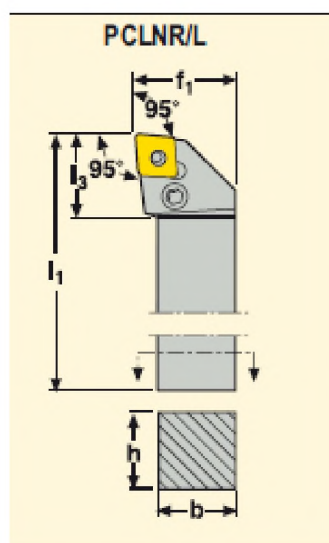


Рисунок 3.12 – Державка PCLNR 2525M12 [1, с. 108]

					КНУ.КБР.131.24.4-01.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Применение	Обозначение	Размеры в мм					γ_0°	λ_s°	KG		
		h	b	l_1	f_1	l_3					
95° 	12	PCLNR 2020K12	20	20	125	25	26	-6	-6	0,4	CN..1204..
		2525M12	25	25	150	32	26	-6	-6	0,7	CN..1204..
		3225P12	32	25	170	32	26	-6	-6	1,0	CN..1204..
		PCLNL 2020K12	20	20	125	25	26	-6	-6	0,4	CN..1204..
		2525M12	25	25	150	32	26	-6	-6	0,7	CN..1204..
		3225P12	32	25	170	32	26	-6	-6	1,0	CN..1204..

Рисунок 3.13 – Розміри державки [1, с. 108]



Рисунок 3.14 – Пластина CNMG 120408-FF2, покриття TP1500 [1, с. 196]

Размер	Размеры в мм				
	d	l	s	h	r_E
09	9,52 ±0,05	9,7	3,18	3,81	0,4-0,8
1204	12,70 ±0,08	12,9	4,76	5,15	0,4-1,6
1206	12,70 ±0,08	12,9	6,35	5,15	1,2-1,6
16	15,88 ±0,10	16,1	6,35	6,35	0,8-2,4
10	10,05 ±0,10	10,3	6,35	7,02	0,8-2,4

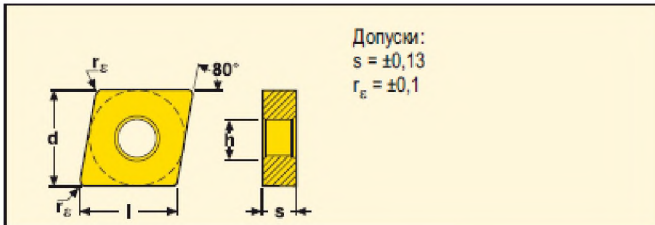


Рисунок 3.15 – Розміри пластини [1, с. 196]

Позиції: 7, 20, 8, 19, 10, 18, 11, 17.

Чорнове точіння, чорнове підрізання уступу:

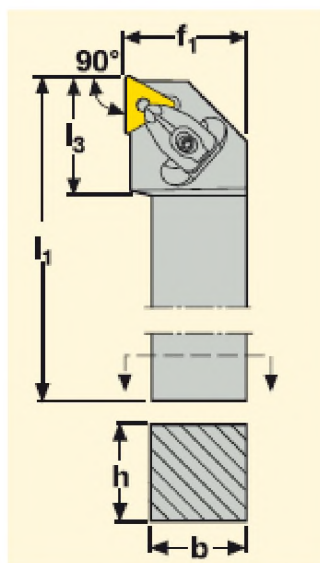


Рисунок 3.16 – Державка DTGNR 2525M16-M [1, с. 98]

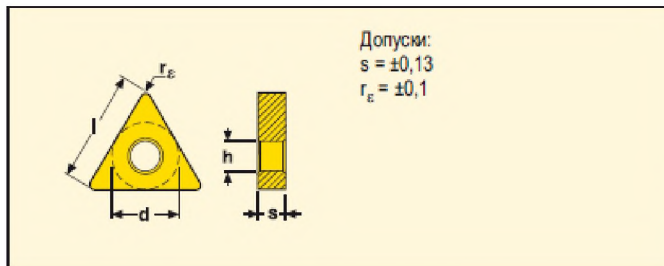
					КНУ.КБР.131.24.4-01.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Применение	Обозначение	Размеры в мм					γ_0°	λ_s°	KG	ТН	
		h	b	l_1	f_1	l_3					
	16	DTGNR 2020K16-M	20	20	125	25	29	-6	-6	0,4	TN.1604..
		2525M16-M	25	25	150	32	30	-6	-6	0,7	TN.1604..
		DTGNL 2020K16-M	20	20	125	25	29	-6	-6	0,4	TN.1604..
		2525M16-M	25	25	150	32	30	-6	-6	0,7	TN.1604..
	22	DTGNR 2525M22-M	25	25	150	32	31	-6	-6	0,7	TN.2204..
3225P22-M		32	25	170	32	32	-6	-6	1,0	TN 2204	

Рисунок 3.17 – Розміри державки [1, с. 98]



Рисунок 3.18 – Пластина TNMG 160412-M5, покриття TP3000 [1, с. 220]



Размер	Размеры в мм				
	d	l	s	h	r_E
11	6,35 ±0,05	11,0	3,18	2,26	0,4-0,8
1603	9,52 ±0,05	16,5	3,18	3,81	0,4-1,6
1604	9,52 ±0,05	16,5	4,76	3,81	0,4-1,6
22	12,70 ±0,08	22,0	4,76	5,15	0,4-3,2
27	15,88 ±0,10	27,5	6,35	6,35	0,8-3,2
33	19,05 ±0,10	33,0	9,52	7,92	2,4

Рисунок 3.19 – Розміри пластини [1, с. 219]

Позиції: 7, 20, 10, 18, 11, 17.

Напівчистове точіння, напівчистове підрізання уступу:

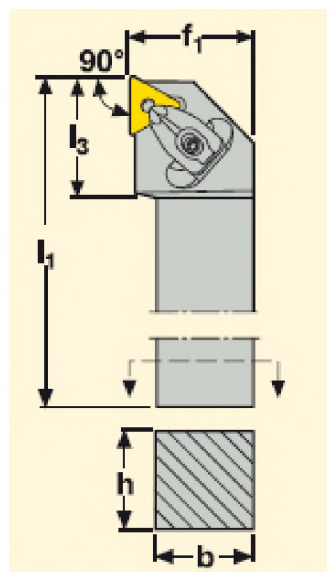


Рисунок 3.20 – Державка DTGNR 2525M16-M [1, с. 98]

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.4-01.03.ВРДІ	Арк.

Применение	Обозначение	Размеры в мм					γ_0°	λ_s°	KG	ТН
		h	b	l_1	f_1	l_3				
	DTGNR2020K16-M	20	20	125	25	29	-6	-6	0,4	TN.1604.
	2525M16-M	25	25	150	32	30	-6	-6	0,7	TN.1604..
	DTGNL 2020K16-M	20	20	125	25	29	-6	-6	0,4	TN.1604..
	2525M16-M	25	25	150	32	30	-6	-6	0,7	TN.1604..
	DTGNR2525M22-M	25	25	150	32	31	-6	-6	0,7	TN..2204..
	3725P22-M	32	25	170	32	32	-6	-6	1,0	TN 2204

Рисунок 3.21 – Розміри державки [1, с. 98]



Рисунок 3.22 – Пластина TNMG 160408-MF5, покриття TP1500 [1, с. 220]

Размер	Размеры в мм				
	d	l	s	h	r_E
11	6,35 ±0,05	11,0	3,18	2,26	0,4-0,8
1603	9,52 ±0,05	16,5	3,18	3,81	0,4-1,6
1604	9,52 ±0,05	16,5	4,76	3,81	0,4-1,6
22	12,70 ±0,08	22,0	4,76	5,15	0,4-3,2
27	15,88 ±0,10	27,5	6,35	6,35	0,8-3,2
33	19,05 ±0,10	33,0	9,52	7,92	2,4

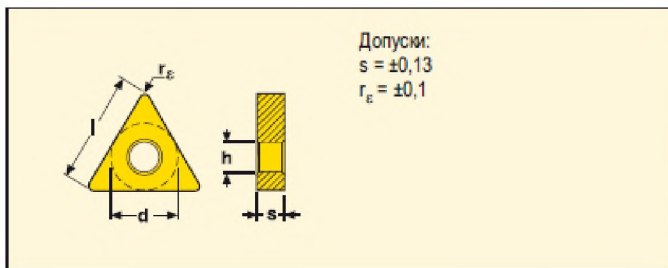


Рисунок 3.23 – Розміри пластини [1, с. 219]

Позиції: 7, 20, 10, 18, 11, 17.

Чистове точіння, чистове підрізання уступу:

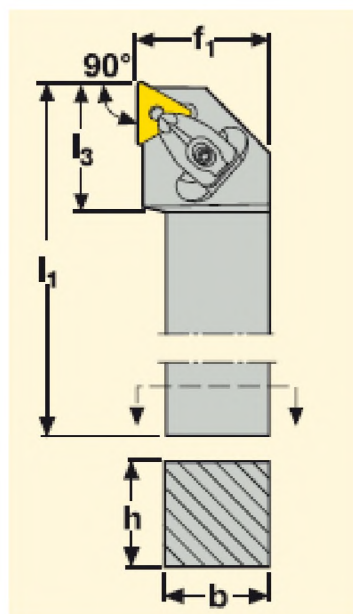


Рисунок 3.24 – Державка DTGNR 2525M16-M [1, с. 98]

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.4-01.03.ВРДІ	Арк.

Применение	Обозначение	Размеры в мм					γ_0°	λ_s°	KG	ТН
		h	b	l_1	f_1	l_3				
	16 DTGNR2020K16-M	20	20	125	25	29	-6	-6	0,4	TN.1604..
	2525M16-M	25	25	150	32	30	-6	-6	0,7	TN.1604..
	DTGNL 2020K16-M	20	20	125	25	29	-6	-6	0,4	TN.1604..
	2525M16-M	25	25	150	32	30	-6	-6	0,7	TN.1604..
	22 DTGNR2525M22-M	25	25	150	32	31	-6	-6	0,7	TN..2204..
	3725P22-M	32	25	170	32	32	-6	-6	1,0	TN 2204

Рисунок 3.25 – Розміри державки [1, с. 98]



Рисунок 3.26 – Пластина TNMG 160404-MF2, покриття TP1000 [1, с. 219]

Размер	Размеры в мм				
	d	l	s	h	r_E
11	6,35 ±0,05	11,0	3,18	2,26	0,4-0,8
1603	9,52 ±0,05	16,5	3,18	3,81	0,4-1,6
1604	9,52 ±0,05	16,5	4,76	3,81	0,4-1,6
22	12,70 ±0,08	22,0	4,76	5,15	0,4-3,2
27	15,88 ±0,10	27,5	6,35	6,35	0,8-3,2
33	19,05 ±0,10	33,0	9,52	7,92	2,4

Допуски:
 $s = \pm 0,13$
 $r_E = \pm 0,1$

Рисунок 3.27 – Розміри пластини [1, с. 219]

Позиції: 7, 20, 10, 18.

Тонке точіння:

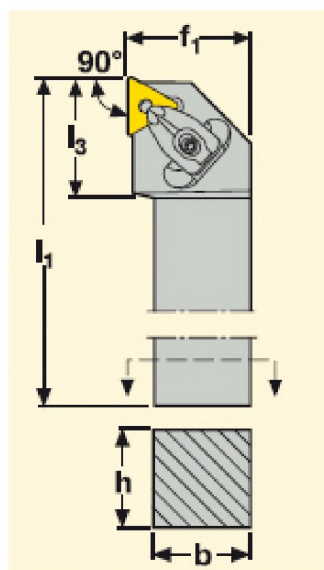


Рисунок 3.28 – Державка DTGNR 2525M16-M [1, с. 98]

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.4-01.03.ВРДІ	Арк.

Применение	Обозначение	Размеры в мм					γ_0°	λ_s°	KG	ТН
		h	b	l_1	f_1	l_3				
	16 DTGNR2020K16-M	20	20	125	25	29	-6	-6	0,4	TN.1604..
	2525M16-M	25	25	150	32	30	-6	-6	0,7	TN.1604..
	DTGNL 2020K16-M	20	20	125	25	29	-6	-6	0,4	TN.1604..
	2525M16-M	25	25	150	32	30	-6	-6	0,7	TN.1604..
	22 DTGNR2525M22-M	25	25	150	32	31	-6	-6	0,7	TN..2204..
3725P22-M	32	25	170	32	32	-6	-6	1,0	TN 2204	

Рисунок 3.29 – Розміри державки [1, с. 98]

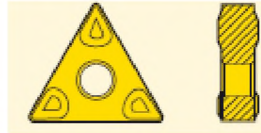


Рисунок 3.30 – Пластина TNMG 160404-FF1, покриття TP1000 [1, с. 219]

Размер	Размеры в мм				
	d	l	s	h	r_E
11	6,35 ±0,05	11,0	3,18	2,26	0,4-0,8
1603	9,52 ±0,05	16,5	3,18	3,81	0,4-1,6
1604	9,52 ±0,05	16,5	4,76	3,81	0,4-1,6
22	12,70 ±0,08	22,0	4,76	5,15	0,4-3,2
27	15,88 ±0,10	27,5	6,35	6,35	0,8-3,2
33	19,05 ±0,10	33,0	9,52	7,92	2,4

Допуски:
 $s = \pm 0,13$
 $r_E = \pm 0,1$

Рисунок 3.31 – Розміри пластини [1, с. 219]

Позиції: 13, 15, 14.

Чорнове точіння:

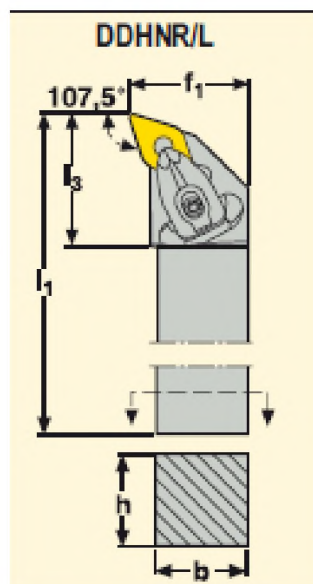


Рисунок 3.32 – Державка DDHNR 2525M11 [1, с. 88]

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.4-01.03.ВРДІ	Арк.

Применение	Обозначение	Размеры в мм					γ_0°	λ_s°	KG		
		h	b	l_1	f_1	l_3					
	11	DDHNR1616H11	16	16	100	20	26	-6	-6	0,2	DN..1104..
		2020K11	20	20	125	25	26	-6	-6	0,4	DN..1104..
		2525M11	25	25	150	32	26	-6	-6	0,7	DN..1104..
		DDHNL1616H11	16	16	100	20	26	-6	-6	0,2	DN..1104..
		2020K11	20	20	125	25	26	-6	-6	0,4	DN..1104..
		2525M11	25	25	150	32	26	-6	-6	0,7	DN..1104..

Рисунок 3.33 – Розміри державки [1, с. 88]

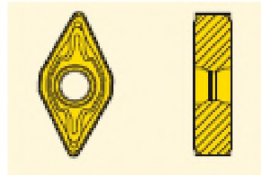


Рисунок 3.34 – Пластина DNMU 110412-M5, покриття TP2500 [1, с. 206]

Размер	Размеры в мм				
	d	l	s	h	r_c
11	9,52 ±0,05	11,6	4,76	3,81	0,2-1,2
1504	12,70 ±0,08	15,0	4,76	5,15	0,4-1,6
1506	12,70 ±0,08	15,0	6,35	5,15	0,4-1,6

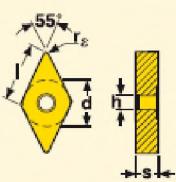

 Допуски:
 $s = \pm 0,13$
 $r_c = \pm 0,1$

Рисунок 3.35 – Розміри пластини [1, с. 204]

Позиції: 5, 22

Чорнове точіння канавки:

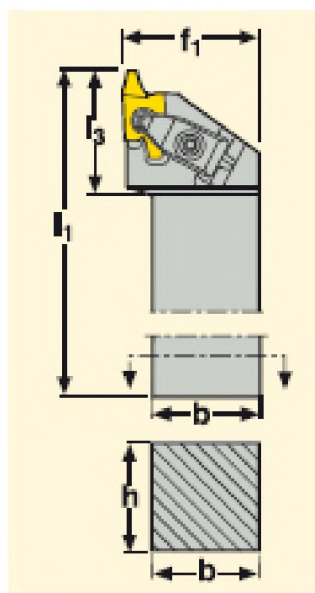


Рисунок 3.36 – Державка CER 2525M26QHD [1, с. 442]

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.4-01.03.ВРДІ	Арк.

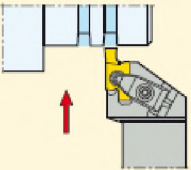
Применение	Обозначение	Размеры в мм					KG		
		h	b	l ₁	f ₁	l ₃			
	20	CER 2525M20QHD	25	25	150	32	34	0,7	20..
		3225P20QHD	32	25	170	32	34	1,1	20..
		3232P20QHD	32	32	170	40	34	1,3	20..
		CEL 2525M20QHD	25	25	150	32	34	0,7	20..
		3225P20QHD	32	25	170	32	34	1,1	20..
		3232P20QHD	32	32	170	40	34	1,3	20..
	26	CER 2525M26QHD	25	25	150	40	44	0,8	26..
	3225P26QHD	32	25	170	40	44	1,1	26..	

Рисунок 3.37 – Розміри державки [1, с. 442]

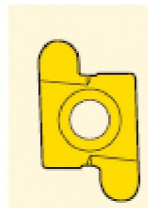


Рисунок 3.38 – Пластина 26ER 4.0R, покриття CP500 [1, с. 437]

Размер	Размеры в мм		
	d	l	r _z
10..1.0	6,350	9	1,00
10..1.2	6,350	9	1,20
14..1.5	9,525	14	1,50
14..2.0	9,525	14	2,00
20..3.0	12,700	20	3,00
26..4.0	15,875	26	4,00

Рисунок 3.39 – Розміри пластини [1, с. 437]

Позиції: 7, 20.
Полірування:

Шлифовальная шкурка на тканевой основе, водостойкая
CS 330 X

Специальная бесконечная лента для обработки стали и благородной стали; превосходно подходит для сатинирования и финишной обработки, а также для **полирования**

Зернистость:

16	120	500
24	150	600 ■
30	180	800 ■
36	220 ■	1000
40	240	1200
50	280 ■	1500
60	320	2000
80	360	
100	400 ■	

Области применения:
металл ●

Связка: синтетическая смола
Зерно: карбид кремния/пробка
Насыпка: закрытая
Основа: X

Рисунок 3.40 – Стрічка полірувальна CS 330 X [2, с. 51]

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.4-01.03.ВРДІ	Арк.

Наименование	Тип	Характеристика	Основа	Зерно
	CS 322 X	водостойкая	ткань X	пробка
	CS 325 Y	KULEX, водостойкая	полиэфир Y	карбид кремния агломерат
	CS 326 Y	KULEX, водостойкая	полиэфир Y	электрокорунд агломерат
	CS 329 JF	KULEX	ткань JF	электрокорунд агломерат
	CS 329 Y	KULEX	полиэфир Y	электрокорунд агломерат
	CS 330 X	водостойкая	ткань X	карбид кремния/пробка

Рисунок 3.41 – Характеристики стрічки [2, с. 12]

Позиції: 4,23.

Фрезерування прямобічних шліців:

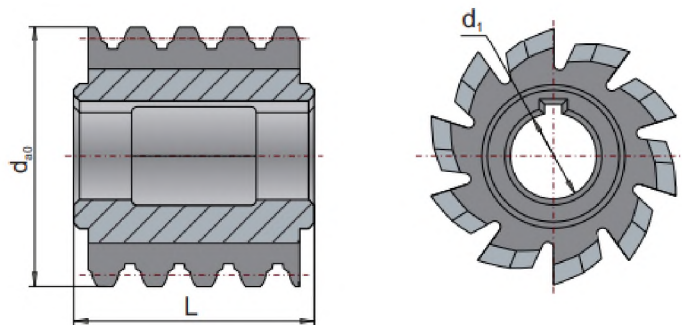


Рисунок 3.42 – Фреза черв'ячна 2520-0752 А ГОСТ 8027-86 матеріал S600[3, с. 4]

Номинальные размеры соединений Z x d x D			d ₁₀ для валов серии		L	d ₁	Число стружечных канавок фрезы Z _c	
легкой	средней	тяжёлой	легкой	средней и тяжёлой			лёгкой	средней и тяжёлой
	6x16x20	10x16x20		63	50	22		
	6x18x22	10x18x23		70	56			
	6x21x25	10x21x26		80	63	27		10
	6x23x28	10x23x29		90	70			
	6x26x30	6x26x32	10x26x32	70	80	63	12	
	6x28x32	6x28x34	10x28x35	80	90	80		
	8x32x36	8x32x38	10x32x40	90	100	80		
	8x36x40	8x36x42	10x36x45	100	112	90		
	8x42x46	8x42x48	10x42x52	112	125	90		
	8x46x50	8x46x54	10x46x56	125	140	90		
	8x52x58	8x52x60	16x52x60	140	160	90		
	8x56x62	8x56x65	16x56x65	160	180	90		
	8x62x68	8x62x72	16x62x72	180	200	90	14	12
	10x72x78	10x72x82	16x72x82	200	225	90		

Рисунок 3.43 – Розміри фрези [3, с. 4]

					КНУ.КБР.131.24.4-01.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.2 – Вибір параметрів різальної частини інструментів

№ поверхні	Тип інструменту	Матеріал різальної частини інструменту	Матеріал державки (корпуса, хвостовика) інструменту	Геометричні параметри різальної частини інструмента
1	2	3	4	5
1, 24	Підрізний різець	Чорнове підрізання торця – TP3000	Сталь 40	$\varphi = 95^\circ$ $\gamma = -6^\circ$ $\lambda = -6^\circ$ $\alpha = 0^\circ$
2	Прохідний різець	Чорнове точіння – TP3000	Сталь 40	$\varphi = 95^\circ$ $\gamma = -6^\circ$ $\lambda = -6^\circ$ $\alpha = 0^\circ$
3, 21	Прохідний різець	Чорнове точіння – TP3000	Сталь 40	$\varphi = 95^\circ$ $\gamma = -6^\circ$ $\lambda = -6^\circ$ $\alpha = 0^\circ$
3, 21	Прохідний різець	Напівчистове точіння – TP1500 Чистове точіння – TP1000 Тонке точіння – TP1500	Сталь 40	$\varphi = 95^\circ$ $\varphi_1 = 5^\circ$ $\varepsilon = 80^\circ$ $\gamma = -6^\circ$ $\lambda = -6^\circ$ $\alpha = 0^\circ$
4, 23	Черв'ячна фреза	S600	S600	$\gamma = 0^\circ$ $\alpha = 8-12^\circ$
5, 22	Прорізний різець	Чорнове точіння канавки – CP500	Сталь 40X	$r_\varepsilon = 4^\circ$
6	Прохідний різець	Чорнове точіння фаски – TP3000	Сталь 40	$\varphi = 95^\circ$ $\gamma = -6^\circ$ $\lambda = -6^\circ$ $\alpha = 0^\circ$
6	Прохідний різець	Напівчистове точіння фаски – TP1500 Чистове точіння фаски – TP1000	Сталь 40	$\varphi = 95^\circ$ $\varphi_1 = 5^\circ$ $\varepsilon = 80^\circ$ $\gamma = -6^\circ$ $\lambda = -6^\circ$ $\alpha = 0^\circ$

					<i>КНУ.КБР.131.24.4-01.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.2

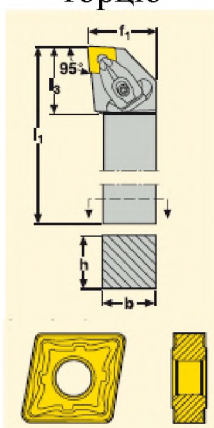
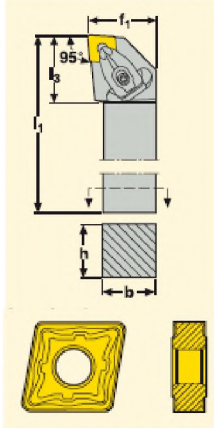
1	2	3	4	5
7, 20	Прохідний упорний різець	Чорнове точіння – TP3000 Напівчистове точіння – TP1500 Чистове точіння – TP1000 Тонке точіння – TP1500	Сталь 40	$\varphi = 90^\circ$ $\gamma = -6^\circ$ $\lambda = -6^\circ$ $\alpha = 0^\circ$
7, 20	Полірування	Карбід кремнію / пробка	Тканина X	–
8, 19	Прохідний упорний різець	Чорнове точіння – TP3000	Сталь 40	$\varphi = 90^\circ$ $\gamma = -6^\circ$ $\lambda = -6^\circ$ $\alpha = 0^\circ$
9	Прохідний різець	Чорнове точіння фаски – TP3000	Сталь 40	$\varphi = 95^\circ$ $\gamma = -6^\circ$ $\lambda = -6^\circ$ $\alpha = 0^\circ$
10, 18	Прохідний упорний різець	Чорнове точіння – TP3000 Напівчистове точіння – TP1500 Чистове точіння – TP1000 Тонке точіння – TP1000	Сталь 40	$\varphi = 90^\circ$ $\gamma = -6^\circ$ $\lambda = -6^\circ$ $\alpha = 0^\circ$
11, 17	Прохідний упорний різець	Чорнове точіння – TP3000 Напівчистове точіння – TP1500 Чистове точіння – TP1000	Сталь 40	$\varphi = 90^\circ$ $\gamma = -6^\circ$ $\lambda = -6^\circ$ $\alpha = 0^\circ$
12, 16	–	–	–	–
13, 14 15	Прохідний різець	Чорнове точіння – TP2500	Сталь 40	$\varphi = 107,5^\circ$ $\gamma = -6^\circ$ $\lambda = -6^\circ$ $\alpha = 0^\circ$

3.2.1 Вибір типорозміру різальних інструментів

З урахуванням виду обробки, типу інструмента, параметрів різальної частини і габаритів, визначених за умовою міцності, призначаються типорозміри металорізальних інструментів, які виготовлені вітчизняними та іноземними виробниками. Приводимо ескіз вибраного ріжучого інструменту відповідно до оброблюваної поверхні. Дані занесено в таблицю 3.3.

					<i>КНУ.КБР.131.24.4-01.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.3 – Вибір типорозміру різальних інструментів

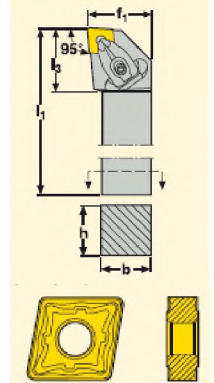
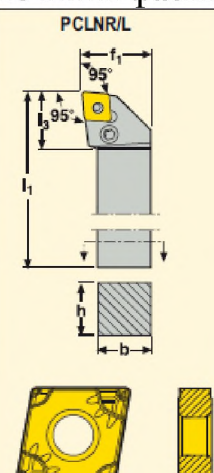
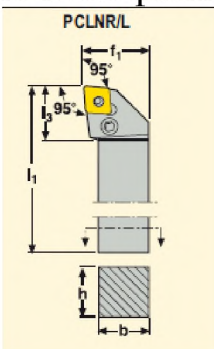
№ поверхні	Найменування інструмента (ескіз інструмента, пластини)	Основні розміри інструменту, пластини	Матеріал різальної частини інструменту	Шифр інструменту (державки, пластини) за міжнародними стандартами
1	2	3	4	5
1, 24	<p>Підрізний різець для підрізання торцю</p> 	<p>$h=25$ мм; $b=25$ мм; $l_1=150$ мм; $f_1=32$ мм; $l_3=40$ мм та $d=15,88$ мм; $l=16,1$ мм; $s=6,35$ мм; $h=6,35$ мм; $r_\varepsilon = 0,8^\circ -2,4^\circ$</p>	TP3000	<p>Державка DCLNR 2525M16-M; Пластина CNMG 160612-M5</p>
2, 6, 9	<p>Прохідний різець для чорнового точіння фаски</p> 	<p>$h=25$ мм; $b=25$ мм; $l_1=150$ мм; $f_1=32$ мм; $l_3=40$ мм та $d=15,88$ мм; $l=16,1$ мм; $s=6,35$ мм; $h=6,35$ мм; $r_\varepsilon = 0,8^\circ -2,4^\circ$</p>	TP3000	<p>Державка DCLNR 2525M16-M; Пластина CNMG 160612-M5</p>
3, 21	<p>Прохідний різець для чорнового обточування</p>	<p>$h=25$ мм; $b=25$ мм; $l_1=150$ мм; $f_1=32$ мм; $l_3=40$ мм та $d=15,88$ мм; $l=16,1$ мм; $s=6,35$ мм; $h=6,35$ мм; $r_\varepsilon = 0,8^\circ -2,4^\circ$</p>	TP3000	<p>Державка DCLNR 2525M16-M; Пластина CNMG 160612-M5</p>

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

КНУ.КБР.131.24.4-01.03.ВРДІ

Арк.

Продовження таблиці 3.3

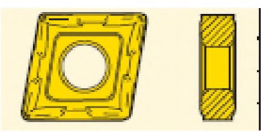
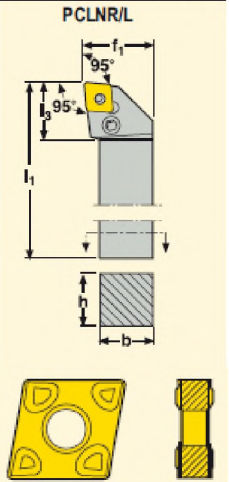

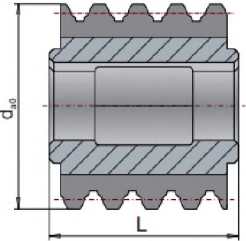
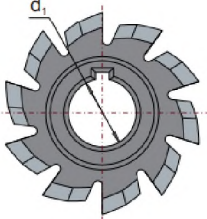
1	2	3	4	5
3, 21, 6		<p>h=25 мм; b=25 мм; $l_1=150$ мм; $f_1=32$ мм; $l_3=40$ мм та $d=15,88$ мм; $l=16,1$ мм; $s=6,35$ мм; $h=6,35$ мм; $r_\varepsilon = 0,8^\circ - 2,4^\circ$</p>	TP3000	<p>Державка DCLNR 2525M16-M; Пластина CNMG 160612- M5</p>
3, 21, 6	<p>Прохідний різець для напівчистового обточування і напівчистового точіння фаски</p> 	<p>h=25 мм; b=25 мм; $l_1=150$ мм; $f_1=32$ мм; $l_3=26$ мм та $d=12,7$ мм; $l=12,9$ мм; $s=4,76$ мм; $h=5,15$ мм; $r_\varepsilon = 0,4^\circ - 1,6^\circ$</p>	TP1500	<p>Державка PCLNR 2525M12; Пластина CNMG 120412- MF5</p>
3, 21, 6	<p>Прохідний різець для чистового обточування і чистового точіння фаски</p> 	<p>h=25 мм; b=25 мм; $l_1=150$ мм; $f_1=32$ мм; $l_3=26$ мм та $d=12,7$ мм; $l=12,9$ мм; $s=4,76$ мм; $h=5,15$ мм; $r_\varepsilon = 0,4^\circ - 1,6^\circ$</p>	TP1000	<p>Державка PCLNR 2525M12; Пластина CNMG 120408- MF2</p>

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.4-01.03.ВРДІ

Арк.

Продовження таблиці 3.3

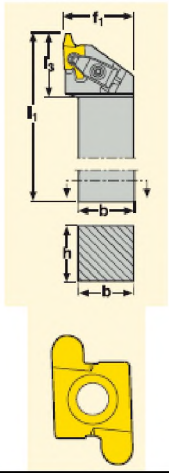
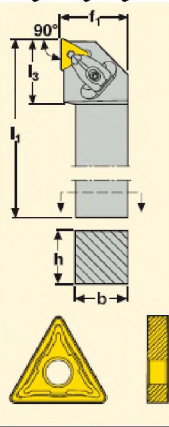
1	2	3	4	5
3, 21, 6		$h=25 \text{ мм}; b=25 \text{ мм};$ $l_1=150 \text{ мм}; f_1=32 \text{ мм};$ $l_3=26 \text{ мм та } d=12,7$ $\text{мм}; l=12,9 \text{ мм};$ $s=4,76 \text{ мм}; h=5,15$ $\text{мм}; r_\varepsilon = 0,4^\circ - 1,6^\circ$	TP1000	Державка PCLNR 2525M12; Пластина CNMG 120408- MF2
3, 21	Прохідний різець для тонкого обточування 	$h=25 \text{ мм}; b=25 \text{ мм};$ $l_1=150 \text{ мм}; f_1=32 \text{ мм};$ $l_3=26 \text{ мм та } d=12,7$ $\text{мм}; l=12,9 \text{ мм};$ $s=4,76 \text{ мм}; h=5,15$ $\text{мм}; r_\varepsilon = 0,4^\circ - 1,6^\circ$	TP1500	Державка PCLNR 2525M12; Пластина CNMG 120408- FF2
3, 21	Полірування 	—	Карбід кремнію / пробка	CS 330 X
4, 23	Черв'ячна фреза для нарізання прямобічних шліців 	$Z \times d \times D = 8 \times 46 \times 54$ $d_{a0}=100 \text{ мм}, L=80$ $\text{мм}, d_1=32 \text{ мм}, z_0=12$ 	S600	2520-0752 А ГОСТ 8027-86

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

КНУ.КБР.131.24.4-01.03.ВРДІ

Арк.

Продовження таблиці 3.3

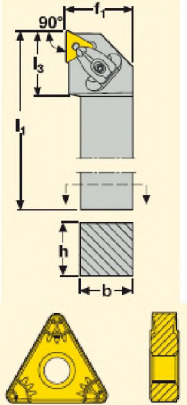
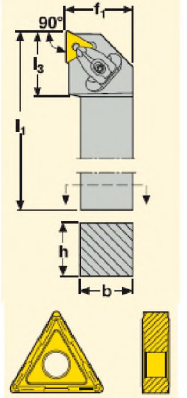
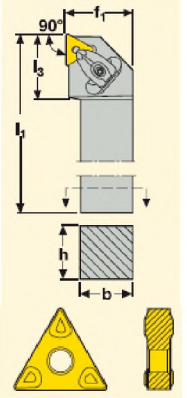
1	2	3	4	5
5, 22	<p>Прорізний різець для точіння канавки</p> 	<p>$h=25$ мм; $b=25$ мм; $l_1=150$ мм; $f_1=40$ мм; $l_3=44$ мм та $d=15,875$ мм; $l=26$; r_ϵ $= 4^\circ$</p>	CP500	<p>Державка CER 2525M26QHD; Пластина 26ER 4.0R</p>
7, 20, 8, 19, 10, 18, 11, 17	<p>Прохідний упорний різець для чорнового обточування, чорнового підрізання уступу</p> 	<p>$h=25$ мм; $b=25$ мм; $l_1=150$ мм; $f_1=32$ мм; $l_3=30$ мм та $d=9,52$ мм; $l=16,5$ мм; $s=4,76$ мм; $h=3,81$ мм; $r_\epsilon = 0,4^\circ - 1,6^\circ$</p>	TP3000	<p>Державка DTGNR 2525M16-M; Пластина TNMG 160412- M5</p>
7, 20, 8, 19, 10, 18, 11, 17	<p>Прохідний упорний різець для напівчистового обточування, напівчистового підрізання уступу</p>	<p>$h=25$ мм; $b=25$ мм; $l_1=150$ мм; $f_1=32$ мм; $l_3=30$ мм та $d=9,52$ мм; $l=16,5$ мм; $s=4,76$ мм; $h=3,81$ мм; $r_\epsilon = 0,4^\circ - 1,6^\circ$</p>	TP1500	<p>Державка DTGNR 2525M16-M; Пластина TNMG 160408- MF5</p>

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

КНУ.КБР.131.24.4-01.03.ВРДІ

Арк.

Продовження таблиці 3.3

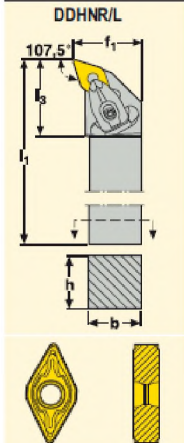
1	2	3	4	5
7, 20, 8, 19, 10, 18, 11, 17		$h=25 \text{ мм}; b=25 \text{ мм};$ $l_1=150 \text{ мм}; f_1=32 \text{ мм};$ $l_3=30 \text{ мм та } d=9,52$ $\text{мм}; l=16,5 \text{ мм};$ $s=4,76 \text{ мм}; h=3,81$ $\text{мм}; r_\varepsilon = 0,4^\circ -1,6^\circ$	TP1500	Державка DTGNR 2525M16-M; Пластина TNMG 160408- MF5
7, 20, 8, 19, 10, 18, 11, 17	Прохідний упорний різець для чистового обточування, чистового підрізання уступу 	$h=25 \text{ мм}; b=25 \text{ мм};$ $l_1=150 \text{ мм}; f_1=32 \text{ мм};$ $l_3=30 \text{ мм та } d=9,52$ $\text{мм}; l=16,5 \text{ мм};$ $s=4,76 \text{ мм}; h=3,81$ $\text{мм}; r_\varepsilon = 0,4^\circ -1,6^\circ$	TP1000	Державка DTGNR 2525M16-M; Пластина TNMG 160404- MF2
7, 20, 10, 18	Прохідний упорний різець для тонкого обточування 	$h=25 \text{ мм}; b=25 \text{ мм};$ $l_1=150 \text{ мм}; f_1=32 \text{ мм};$ $l_3=30 \text{ мм та } d=9,52$ $\text{мм}; l=16,5 \text{ мм};$ $s=4,76 \text{ мм}; h=3,81$ $\text{мм}; r_\varepsilon = 0,4^\circ -1,6^\circ$	TP1000	Державка DTGNR 2525M16-M; Пластина TNMG 160404- FF1

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.4-01.03.ВРДІ

Арк.

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5
13, 14 15	Прохідний різець для чорнового обточування 	$h=25$ мм; $b=25$ мм; $l_1=150$ мм; $f_1=32$ мм; $l_3=26$ мм та $d=9,52$ мм; $l=11,6$ мм; $s=4,76$ мм; $h=3,81$ мм; $r_\varepsilon = 0,2^\circ - 1,2^\circ$	TP2500	Державка DDHNR 2525M11; Пластина DNMU 110412- M5

3.3 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту

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

Для розрахунку обираємо прохідний різець DCLNR 2525M16-M, тому що він знімає найбільший припуск на механічну обробку та працює в найбільш важких умовах.

Розміри різця: $h=25$ мм; $b=25$ мм; $l_1=150$ мм; $f_1=32$ мм; $l_3=40$ мм, матеріал різця – сталь 40 з межею міцності $\sigma_B=640$ МПа і допустимою напругою $\sigma_{н.д.}=200$ МПа, матеріал заготовки – сталь 40X з межею міцності $\sigma_B=615$ МПа. Діаметр заготовки – 70 мм, припуск на обробку (на сторону – 8 мм), подача $S=0,5$ мм/об, виліт різця $l=65$ мм.

1. Визначаємо силу різання [4, с. 271]:

$$P_Z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{TP},$$

де $C_P = 300$, $x = 1$, $y = 0,75$, $n = -0,15$, [4, с. 273, т. 22]:

$K_{\phi P} = 0,89$, $K_{\gamma P} = 1,25$, $K_{\lambda P} = 1$, $K_{TP} = 1$ [4, с. 273, т. 23]:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^{n_V} = (615/750)^{0,75} = 0,86 \text{ [4, с. 264, т. 9]:}$$

					КНУ.КБР.131.24.4-01.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_P = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{350}{45^{0,2} \cdot 8^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 1,1 = 167,77 \text{ м/хв [4, с. 265]:}$$

$C_V = 350, x = 0,15, y = 0,35, m = 0,20$, [4, с. 269, т. 17]:

$T = 45 \text{ хв [4, с. 268]:}$

$K_V = K_{M_V} \cdot K_{n_V} \cdot K_{И_V} = 1,22 \cdot 0,9 = 1,1$ [4, с. 268]:

$K_{M_V} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_V} = \left(\frac{750}{615}\right)^1 = 1,22$ [4, с. 261-262, т. 1,2]:

$K_{n_V} = 0,9$ [4, с. 263, т. 5]:

$K_{И_V} = 1$ [4, с. 263, т. 6]:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 8^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 167,77^{-0,15} \cdot 0,86 \cdot 0,89 \cdot 1,25 = 6331,8 \text{ Н}$$

2. Ширина і висота перетину державки $h=25 \text{ мм, } b=25 \text{ мм}$.

3. Перевіряємо міцність і жорсткість державки різця:

а) максимальне навантаження, допустима міцність різця:

$$P_{z \text{ доп}} = \frac{bh^2 \sigma_{н.д.}}{6l} = \frac{25 \cdot 10^{-3} \cdot (25 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 200 \cdot 10^6}{6 \cdot 65 \cdot 10^{-3}} = 8012 \text{ Н}$$

б) максимальне навантаження, допустима жорсткість різця:

$$P_{z \text{ жорс}} = \frac{3fEJ}{l^3} = \frac{3 \cdot 0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 3,25 \cdot 10^8}{(65 \cdot 10^{-3})^3} = 7100 \text{ Н,}$$

де $f = 0,1 \text{ мм}$ – допустима стріла прогину при чорновому точінні;

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

J – момент інерції прямокутного перетину державки:

$$J = \frac{bh^3}{12} = \frac{25 \cdot 25^3}{12} = 32500 \text{ мм}^4$$

Перевірка різця на міцність і жорсткість:

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

$$8012 \text{ Н} > 6331,8 \text{ Н} < 7100 \text{ Н}$$

Умова виконана. Різець володіє достатньою міцністю і жорсткістю.

3.4 Вибір типорозміру допоміжних інструментів

Враховуючи параметри поверхонь посадочних місць верстата під різальний інструмент та параметри поверхонь посадочних місць різальних інструментів, призначаємо типи допоміжних інструментів за міжнародними стандартами до кожного обраного різального інструменту. Дані занесемо в таблицю 3.4.

					<i>КНУ.КБР.131.24.4-01.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.4 – Вибір типу допоміжного інструменту

№ пов.	Металорі зальний верстат (тип, модель)	Параметри посадочного місця верстата під інструмент	Тип ріжучого інструменту (шифр)	Параметри посадочного місця ріжучого інструменту	Допоміжний інструмент (шифр інструменту) за міжнародними стандартами
1, 24, 2, 3, 21, 6, 9	Avia TURN 50	VDI 40	DCLNR 2525M16-M	b=25; h=25	Різцетримач ASHA-R-VDI40-25-JETI
3, 21, 6, 10, 18	Avia TURN 50	VDI 40	PCLNR 2525M12	b=25; h=25	Різцетримач ASHA-R-VDI40-25-JETI
7, 20, 8, 19, 10, 18, 11, 17	Avia TURN 50	VDI 40	DTGNR 2525M16-M	b=25; h=25	Різцетримач ASHA-R-VDI40-25-JETI
5, 22	Avia TURN 50	VDI 40	CER 2525M26Q HD	b=25; h=25	Різцетримач ASHA-R-VDI40-25-JETI
13, 15, 14	Avia TURN 50	VDI 40	DDHNR 2525M11	b=25; h=25	Різцетримач ASHA-R-VDI40-25-JETI
4, 23	OFA 32 CNC 6	–	2520-0752 А ГОСТ 8027-86	d _{a0} =100 мм	–

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

Інструментальне налагодження представляє комплекс ріжучих і допоміжних інструментів, скомпонованих відповідно до конструкції деталі і змісту технологічної операції. Інструментальний комплекс складається послідовно від основного ріжучого інструмента, через набір допоміжних інструментів до посадкових поверхонь металорізального верстату (шпиндель). При проектуванні налагодження враховуються тип виробництва, точність, продуктивність і зручність обслуговування інструментального комплексу.

З урахуванням параметрів оброблюваної поверхні, способу базування деталі, типу верстату й основних розмірів прийнятого стандартного ріжучого

					<i>КНУ.КБР.131.24.4-01.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інструмента, обираємо допоміжний інструмент із вказаними на нього конструктивними параметрами.

Розробку інструментального налагодження проводимо на токарну операцію. Операції проводимо на верстаті Avia TURN 50.

Інструментальний комплекс складається за даними таблиць 3.1, 3.3, 3.4 відповідно до технологічної операції. Дані занесено в таблицю 3.5.

Допоміжний інструмент для токарних операцій:

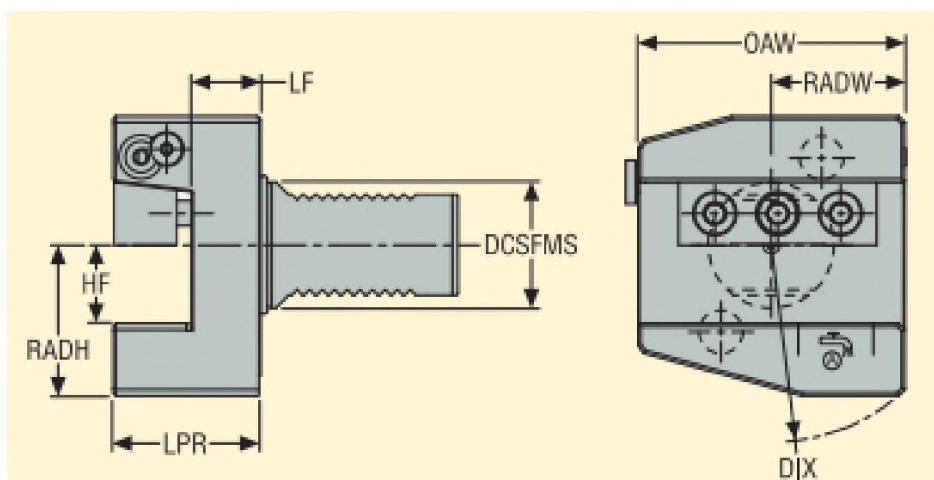


Рисунок 3.44 – Різцетримач ASHA-R-VDI40-25-JETI [9, с. 407]

VDI типоразмер	Обозначение	Размеры в мм								CP*	KG
		DCSFMS	DIX	RADW	OAW	RADH	HF	LF	LPR		
VDI30	ASHA-R-VDI30-20-JETI	30	103	35	70	38	20	22	42	80	1,6
	ASHA-L-VDI30-20-JETI	30	103	35	70	38	20	22	42	80	1,6
VDI40	ASHA-R-VDI40-25-JETI	40	128	43	85	48	25	22	47	80	2,6

Рисунок 3.45 – Розміри різцетримача [9, с. 407]

Таблиця 3.5 – Структура інструментального комплексу чи системи

№ пов.	Найменування операції	Металорізальний верстат (тип, модель)	Ріжучий інструмент (шифр інструменту)	Допоміжний інструмент (шифр інструменту)
1	2	3	4	5
1, 24	Токарна	Avia TURN 50	Підрізний різець: DCLNR 2525M16-M	Різцетримач ASHA-R-VDI40- 25-JETI
2, 6, 9, 3, 21	Токарна	Avia TURN 50	Прохідний різець: PCLNR 2525M12	Різцетримач ASHA-R-VDI40- 25-JETI

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.4-01.03.ВРДІ	Арк.

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4	5
2, 6, 9, 3, 21	Токарна	Avia TURN 50	Прохідний різець: DCLNR 2525M16-M	Різцетримач ASHA- R-VDI40-25-JETI
5, 22	Токарна	Avia TURN 50	Прорізний різець: CER 2525M26QHD;	Різцетримач ASHA- R-VDI40-25-JETI
7, 20, 8, 19, 10, 18, 11, 17	Токарна	Avia TURN 50	Прохідний упорний різець: DTGNR 2525M16-M	Різцетримач ASHA- R-VDI40-25-JETI
13, 14 15	Токарна	Avia TURN 50	Прохідний різець: DDHNR 2525M11	Різцетримач ASHA- R-VDI40-25-JETI

					<i>КНУ.КБР.131.24.4-01.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ПРОЕКТУВАННЯ ТА ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту

На основі аналізу методів обробки поверхонь та вибраних типів ріжучих інструментів виконуємо розрахунок спеціального ріжучого інструменту – черв'ячної фрези для нарізання прямобічних шліців.

Вихідні дані:

Матеріал заготовки – Сталь 40Х, твердість – 228-293 НВ;

Стан поверхні – після механічної обробки;

Параметри поверхні – D-8x46x54f7x8d9:

$$z = 8;$$

$$d_a = \varnothing 46_{-0,62}^{0,00} \text{ мм};$$

$$d_f = \varnothing 54_{-0,06}^{-0,03} \text{ мм};$$

$$b = 54_{-0,076}^{-0,04} \text{ мм};$$

Конструктивні параметри шліцевого валу:

$$c = 0,5^{+0,3} \text{ мм}$$

Шорсткість – Ra 20;

Тип виробництва – масове.

Порядок розрахунку:

1. Визначаємо розрахункові розміри шліцевого валу

Розрахунковий зовнішній діаметр [5, с. 877]:

$$d_{ap} = d_{a1max} - 2c = 53,97 - 2 \cdot 0,5 = 52,97 \text{ мм}$$

Розрахунковий внутрішній діаметр [5, с. 877]:

$$d_{fp} = d_{f1min} + 0,25\delta_d = 45,38 + 0,25 \cdot 0,62 = 45,535 \text{ мм}$$

Розрахункова ширина шліца [5, с. 877]:

$$b_p = b_{1min} + 0,25\delta_b = 7,924 + 0,25 \cdot 0,116 = 7,953 \text{ мм}$$

2. Розраховуємо мінімально допустимий діаметр початкової окружності шліцевого валу [5, с. 878]:

$$d_{w1} = \sqrt{d_{ap}^2 - 0,75b_p^2} = \sqrt{52,97^2 - 0,75 \cdot 7,953^2} = 52,52 \text{ мм}$$

3. Розраховуємо кут профілю на початковому колі [5, с. 878]:

$$\gamma_{w1} = \arcsin \frac{b_p}{d_{w1}} = 8,70697^\circ = 0,15201 \text{ рад}$$

4. Максимальна висота профілю фрези від початкової прямої [6, с. 7]:

$$h_4 = 0,5(d_{w1} - d_{fp}) = 0,5(52,52 - 45,535) = 3,493 \text{ мм}$$

					<i>КНУ.КБР.131.24.4-01.04.ПІАРІ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Чирилова</i>			<i>Проектування та інженерний аналіз різального інструменту</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Нечаєв</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ЗПМ-20ск</i>		
Зав. каф.		<i>Нечаєв</i>						

5. Кут обкочування для точки основи шліца [6, с. 7]:

$$\sin \alpha_{\max} = \frac{\sin \gamma_{w1}}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sin \gamma_{w1}}{2}\right)^2 + \frac{h_4}{r_{w1}}} = \frac{\sin 8,70697^\circ}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sin 8,70697^\circ}{2}\right)^2 + \frac{3,493}{26,26}} = 0,44818$$

$$\alpha_{\max} = 26,62669^\circ = 0,46472 \text{ рад}$$

6. Задаємо координати Y точок профілю бічної сторони зуба фрези [6, с. 8]:

$$Y_1 = 0,1h_4 = 0,1 \cdot 3,493 = 0,349 \text{ мм}$$

$$Y_2 = 0,3h_4 = 0,3 \cdot 3,493 = 1,048 \text{ мм}$$

$$Y_3 = 0,5h_4 = 0,5 \cdot 3,493 = 1,746 \text{ мм}$$

$$Y_4 = 0,7h_4 = 0,7 \cdot 3,493 = 2,445 \text{ мм}$$

$$Y_5 = 0,9h_4 = 0,9 \cdot 3,493 = 3,143 \text{ мм}$$

$$Y_6 = h_4 = 3,493 \text{ мм}$$

7. Визначаємо кут α для кожної точки [6, с. 8]:

$$\sin \alpha_1 = \frac{\sin \gamma_{w1}}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sin \gamma_{w1}}{2}\right)^2 + \frac{Y_1}{r_{w1}}} = \frac{\sin 8,70697^\circ}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sin 8,70697^\circ}{2}\right)^2 + \frac{0,349}{26,26}} = 0,2136$$

$$\alpha_1 = 12,33341^\circ = 0,21526 \text{ рад}$$

$$\sin \alpha_2 = \frac{\sin 8,70697^\circ}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sin 8,70697^\circ}{2}\right)^2 + \frac{1,048}{26,26}} = 0,28932$$

$$\alpha_2 = 16,81727^\circ = 0,29352 \text{ рад}$$

$$\sin \alpha_3 = \frac{\sin 8,70697^\circ}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sin 8,70697^\circ}{2}\right)^2 + \frac{1,746}{26,26}} = 0,34447$$

$$\alpha_3 = 20,14945^\circ = 0,35167 \text{ рад}$$

$$\sin \alpha_4 = \frac{\sin 8,70697^\circ}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sin 8,70697^\circ}{2}\right)^2 + \frac{2,445}{26,26}} = 0,39009$$

$$\alpha_4 = 22,96010^\circ = 0,40073 \text{ рад}$$

$$\sin \alpha_5 = \frac{\sin 8,70697^\circ}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sin 8,70697^\circ}{2}\right)^2 + \frac{3,143}{26,26}} = 0,42987$$

$$\alpha_5 = 25,45931^\circ = 0,44435 \text{ рад}$$

$$\alpha_6 = 26,62669^\circ = 0,46472 \text{ рад}$$

8. Знаходимо абсциси X, які відповідають заданій ординаті Y профілю фрези [6, с. 8]:

$$X_1 = r_{w1} (0,01745(\alpha_1^\circ - \gamma_{w1}^\circ) - (\sin \alpha_1 - \sin \gamma_{w1}) \cos \alpha_1) = 26,26(0,21526 - 0,15201) - (0,2136 - \sin 8,70697^\circ) \cos 12,33341^\circ = -0,065 \text{ мм}$$

					<i>КНУ.КБР.131.24.4-01.04.ПІАРІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$X_2=26,26(0,29352-0,15201)-(0,28932-\sin 8,70697^\circ)\cos 16,81727^\circ=0,245 \text{ мм}$$

$$X_3=26,26(0,35167-0,15201)-(0,34447-\sin 8,70697^\circ)\cos 20,14945^\circ=0,484 \text{ мм}$$

$$X_4=26,26(0,40073-0,15201)-(0,39009-\sin 8,70697^\circ)\cos 22,96010^\circ=0,761 \text{ мм}$$

$$X_5=26,26(0,44435-0,15201)-(0,42987-\sin 8,70697^\circ)\cos 25,45931^\circ=1,075 \text{ мм}$$

$$X_6=26,26(0,46472-0,15201)-(0,44818-\sin 8,70697^\circ)\cos 26,62669^\circ=1,244 \text{ мм}$$

9. Знаходимо координати центра дуги, що замінює профіль фрези [6, с. 9]:

$$X_0 = \frac{(X_5^2 + Y_5^2)Y_2 - (X_2^2 + Y_2^2)Y_5}{2(X_5 Y_2 - X_2 Y_5)} = \frac{(1,075^2 + 3,143^2)1,048 - (0,245^2 + 1,048^2)3,143}{2(1,075 \cdot 1,048 - 0,245 \cdot 3,143)} = 11,53 \text{ мм}$$

$$Y_0 = \frac{(X_5^2 + Y_5^2)X_2 - (X_2^2 + Y_2^2)X_5}{2(X_5 Y_2 - X_2 Y_5)} = \frac{(1,075^2 + 3,143^2)0,245 - (0,245^2 + 1,048^2)1,075}{2(1,075 \cdot 1,048 - 0,245 \cdot 3,143)} = -1,304 \text{ мм}$$

10. Знаходимо радіус змінного кола [6, с. 9]:

$$R_0 = \sqrt{X_0^2 + Y_0^2} = \sqrt{11,53^2 + (-1,304)^2} = 11,603 \text{ мм}$$

11. Розрахунок похибки зміни профілю дугою. Знаходимо коефіцієнти відхилень змінного кола [7, с. 354]:

$$A = \frac{0,5d_{w1} \cdot \gamma_{w1} + X_0}{d_{w1} + 2Y_0/3} = \frac{0,5 \cdot 52,52 \cdot 0,15201 + 11,53}{52,52 + 2(-1,304)/3} = 0,300 \text{ мм}$$

$$B = \frac{Y_0}{0,5d_{w1} + Y_0/3} = \frac{-1,304}{26,26 + (-1,304)/3} = -0,051 \text{ мм}$$

12. Кути, що відповідають найбільшим відхиленням [7, с. 355]:

$$\alpha_{m1} = A + \sqrt{A^2 + B^2} = 0,300 + \sqrt{0,300^2 + (-0,051)^2} = 0,60525^\circ = 0,01056 \text{ рад}$$

$$\alpha_{m2} = A - \sqrt{A^2 + B^2} = 0,300 - \sqrt{0,300^2 + (-0,051)^2} = -0,00421^\circ = 7,35 \cdot 10^{-5} \text{ рад}$$

13. Абсциси точок, що відповідають найбільшим відхиленням [7, с. 355]:

$$X_{m1} = 26,26(0,01056 - 0,15201) - (\sin 0,60525^\circ - \sin 8,70697^\circ)\cos 0,60525^\circ = -0,016 \text{ мм}$$

$$X_{m2} = 26,26(7,35 \cdot 10^{-5} - 0,15201) - (\sin(-0,00421)^\circ - \sin 8,70697^\circ)\cos(-0,00421)^\circ = -0,011 \text{ мм}$$

14. Ординати точок, що відповідають найбільшим відхиленням [7, с. 355]:

$$Y_{m1} = 0,5d_{w1} \cdot \sin \alpha_{m1} (\sin \alpha_{m1} - \sin \gamma_{w1}) = 26,26 \cdot \sin 0,60525^\circ (\sin 0,60525^\circ - \sin 8,70697^\circ) = -0,039 \text{ мм}$$

$$Y_{m2} = 26,26 \cdot \sin(-0,00421^\circ) (\sin(-0,00421^\circ) - \sin 8,70697^\circ) = 0,000293 \text{ мм}$$

15. Найбільше відхилення точок змінного кола від теоретичної кривої [7, с. 355]:

$$\Delta \rho_1 = \sqrt{(X_{m1} - X_0)^2 + (Y_{m1} - Y_0)^2} - R_0 = \sqrt{(-0,016 - 11,53)^2 + (-0,039 + 1,304)^2} - 11,603 = 0,0112 \text{ мм}$$

$$\Delta \rho_2 = \sqrt{(X_{m2} - X_0)^2 + (Y_{m2} - Y_0)^2} - R_0 = \sqrt{(-0,011 - 11,53)^2 + (0,000293 + 1,304)^2} - 11,603 = 0,0114 \text{ мм}$$

					<i>КНУ.КБР.131.24.4-01.04.ПІАРІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

16. Сумарне значення відхилення [7, с. 355]:

$$\Delta\rho = \Delta\rho_1 + \Delta\rho_2 = 0,0112 + 0,0114 = 0,0226 \text{ мм}$$

17. Допустиме значення відхилень [7, с. 355]:

$$[\Delta\rho] = \frac{2}{3} T_b = \frac{2}{3} 0,116 = 0,0773 \text{ мм}$$

$$\Delta\rho = 0,0226 \text{ мм} < [\Delta\rho] = 0,0773 \text{ мм},$$

Тому теоретичний профіль замінюємо однією дугою окружності.

18. Шаг профілю по нормалі [5, с. 880]:

$$P_{nw0} = \frac{\pi d_{w1}}{z} = \frac{3,14 \cdot 52,52}{8} = 20,61 \text{ мм}$$

19. Товщина зубів фрези на початковій прямій в нормальній перетині [7, с. 355]:

$$S_u = d_{w1} \left(\frac{\pi}{z} - \gamma_{w1} \right) = 52,52 \left(\frac{3,14}{8} - 0,15201 \right) = 12,63 \text{ мм}$$

20. За табл. 10.28 [5, с. 874] приймаємо конструктивні параметри фрези:

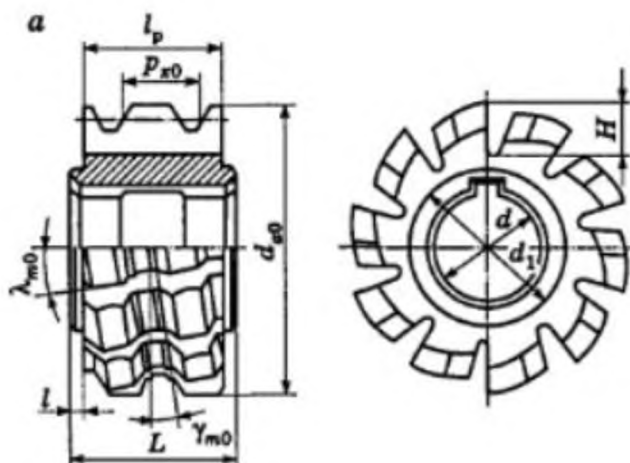


Рисунок 4.1 – Черв'ячна фреза для нарізання шліців з прямолінійним профілем, центрування за зовнішнім діаметром

$$d_{a0} = 100 \text{ мм}$$

$$z_0 = 12 \text{ мм}$$

$$L = 80 \text{ мм}$$

$$d = 32 \text{ мм}$$

$$d_1 = 50 \text{ мм}$$

$$l_1 = 5 \text{ мм}$$

21. Визначаємо розмір зуба за висотою [5, с. 881].

1) Зміщення фаски за висотою:

$$h_1 = \frac{b_p^2}{16r_{w1}} = \frac{7,953^2}{16 \cdot 26,26} = 0,151 \text{ мм}$$

											Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.4-01.04.ПІАРІ						

2) Висота фаски :

$$h_2 = 2c = 2 \cdot 0,5 = 1 \text{ мм}$$

$$h_2 > 0,5d_{a1\max} - 0,5d_{w1}$$

$$1 \text{ мм} > 0,5 \cdot 53,97 - 0,5 \cdot 52,52 = 0,725 \text{ мм}$$

3) Кут фаски:

$$\varepsilon = 45^\circ - \arcsin \frac{r_{w1}}{r_{a1\max}} = 45^\circ - \arcsin \frac{26,260}{26,985} = 31,7^\circ$$

Приймаємо $\varepsilon = 35^\circ$

4) Глибина канавки прорізування для затилування фрез:

$$h_{\text{пр}} = 1,5 \dots 3 \text{ мм}; r_1 = 1 \dots 2 \text{ мм}$$

Приймаємо $h_{\text{пр}} = 2 \text{ мм}$, $r_1 = 1 \text{ мм}$

5) Загальна висота зуба:

$$h = h_1 + h_2 + h_4 + h_{\text{пр}} = 0,151 + 1 + 3,493 + 2 = 6,644 \text{ мм}$$

22. Коефіцієнт затилування [5, с. 881]:

$$K = \frac{\pi d_{a0}}{z_0} \operatorname{tg} \alpha_a = \frac{3,14 \cdot 100}{12} \operatorname{tg} 10^\circ = 4,6$$

Приймаємо $\alpha_a = 10^\circ$. Округляємо значення до найбільшого з стандартних, тоді $K = 5$

$$K_1 = (1,2 \dots 1,5)K = 6 \dots 7,5$$

Приймаємо $K_1 = 6$

23. Глибина канавок для стружки [5, с. 882]:

$$H = h_4 + 0,5(K + K_1) + r_k = 3,493 + 0,5 \cdot (5 + 6) + 1,2 = 10,193 \text{ мм}$$

де $r_k = 1,2 \dots 4 \text{ мм}$

24. Кут стружкової канавки [5, с. 882]:

Для $z_0 \geq 12$ – $\theta = 18^\circ$.

25. Діаметр отвору під оправку обирають з умови [5, с. 882]:

$$d = 32 \text{ мм} \leq 0,625(d_{a0} - 2H) = 0,625(100 - 2 \cdot 7,193) = 53,509 \text{ мм}$$

$$0,5d_{a0} - H - (C_1 - \frac{d}{2}) \geq 0,3d$$

$$0,5 \cdot 100 - 7,193 - (34,8 - \frac{32}{2}) \geq 0,3 \cdot 32$$

$$24,007 \text{ мм} \geq 9,6 \text{ мм}$$

де C_1 – розмір отвору за шпонковим пазом за ДСТУ ГОСТ 9472:2018.

Умова виконується.

26. Розміри шпонкового пазу за ДСТУ ГОСТ 9472:2018:

$$C_1 = 34,8_{-0,2} \text{ мм}$$

$$a = 8 \text{ мм}$$

$$r = 1,2_{-0,3} \text{ мм}$$

					<i>КНУ.КБР.131.24.4-01.04.ПІАРІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$h_3 = 0,3$ мм (карта 3.3, с.237)

3. Визначаємо швидкість різання:

$$V = V_{\text{табл}} K_{MV} K_{\Phi V} K_{ZV} K_{IV} K_{\Delta V} K_V K_{TV} = 25 \cdot 1,1 \cdot 1,05 = 28,88 \text{ м/хв}$$

$V_{\text{табл}} = 25$ м/хв (карта 3.4, с.238)

$K_{MV} = 1$ (карта 3.5, с.238)

$K_{\Phi V} = 1$ (карта 3.5, с.238)

$K_{ZV} = 1,1$ (карта 3.5, с.238)

$K_{IV} = 1$ (карта 3.5, с.239)

$K_{\Delta V} = 1,05$ (карта 3.5, с.238)

$K_V = 1$ (карта 3.5, с.238)

$K_{TV} = 1$ (карта 3.5, с.238)

4. Частота обертів фрези:

$$n' = \frac{1000V}{\pi d_{a0}} = \frac{1000 \cdot 28,88}{3,14 \cdot 100} = 91,97 \text{ об/хв}$$

За паспортом верстата приймаємо $n' = 100$ об/хв.

5. Тоді фактична швидкість різання:

$$V = \frac{\pi n d_{a0}}{1000} = \frac{100 \cdot 3,14 \cdot 100}{1000} = 31,4 \text{ м/хв}$$

6. Середня потужність різання $N = 2,3$ кВт. Тоді сила різання P_z дорівнює:

$$P_z = \frac{N \cdot 1020 \cdot 60}{V} = \frac{2,3 \cdot 1020 \cdot 60}{31,4} = 4483 \text{ Н}$$

7. Крутний момент:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} = \frac{4483 \cdot 100}{2 \cdot 100} = 2241,5 \text{ Нм}$$

8. Визначення величини та кількості осьових передвижок:

$B_{\text{табл}} = 4,5$ мм (карта 3.6, с.242)

9. Кількість переточувань черв'ячних фрез:

Розрахуємо робочу довжину зуба за дугою окружності виступів:

$$L_z = r_{a0} \left[\frac{2\pi}{z_0} - \theta + \arcsin \left(1 - \frac{(H+r) \left(\text{ctg} \frac{\theta}{2} - 1 \right)}{r_{a0}} \sin \theta \right) \right] =$$

$$= 50 \left[\frac{2 \cdot 3,14}{12} - 0,31416 + \arcsin \left(1 - \frac{(10,193 + 1,2) \left(\text{ctg} \frac{18^\circ}{2} - 1 \right)}{50} \sin 18^\circ \right) \right] = 15,62 \text{ мм}$$

Кількість переточувань:

$$K = \frac{n' L_z - h_0 \text{tg} \gamma}{h_B + (0,1 \dots 0,2)} = \frac{0,33 \cdot 15,62 - 4 \cdot \text{tg} 0}{0,4} = 12,728$$

Приймаємо $K = 12$.

10. Кількість осьових передвижок фрези:

					<i>КНУ.КБР.131.24.4-01.04.ПІАРІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W = \frac{L - 2l_n - l_k}{B} = \frac{80 - 2 \cdot 5 - 24,45 - 22,39}{4,5} = 5,45$$

$$l_n = \sqrt{h_1(d_{a1} - h_1) + (0,25 \dots 1)p_{n0}} = \sqrt{4(54 - 4) + 0,5 \cdot 20,61} = 24,45 \text{ мм}$$

$$l_k = \sqrt{h_1(d_{a1} - h_1) + (0,3 \dots 0,8)p_{n0}} = \sqrt{4(54 - 4) + 0,5 \cdot 20,61} = 22,39 \text{ мм}$$

Приймаємо $W=5$.

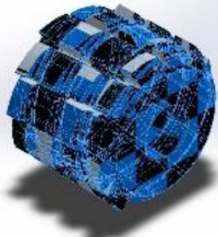
11. Розраховуємо повну стійкість фрези за весь строк служби:

$$\sum T = \frac{T(K+1)(W+1)}{60} = \frac{300(12+1)(5+1)}{60} = 390 \text{ год}$$

4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту

Для отримання більш глибокого розуміння розробленого різального інструменту ми виконаємо його аналіз з використанням SolidWorks Simulation, застосовуючи метод кінцевих елементів.

Початкові умови наведено на рис. 4.1.

Model Reference	Properties	Components
	Name: P6M5 Model type: Linear Elastic Isotropic Default failure criterion: Max von Mises Stress Yield strength: 6,85e+08 N/m ² Tensile strength: 8,35e+08 N/m ² Elastic modulus: 2,2e+11 N/m ² Poisson's ratio: 0,32 Mass density: 8 200 kg/m ³ Shear modulus: 8,3e+10 N/m ²	SolidBody 1(Вырез-Вытянуть17)(Фреза)

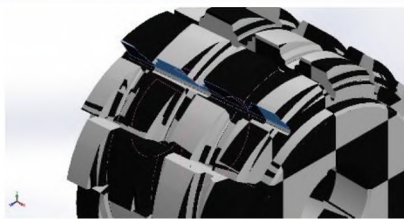
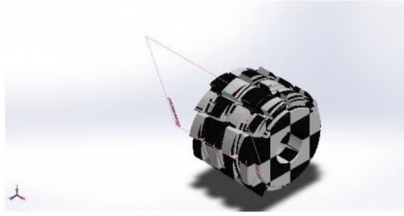
Load name	Load Image	Load Details
Torque-2		Entities: 1 face(s) Reference: Face< 1 > Type: Apply torque Value: 2 241,5 N.m
Force-1		Entities: 2 edge(s), 1 plane(s) Reference: Плоскость4 Type: Apply force Values: ---; ---; -4 483 N

Рисунок 4.1 – Первинні вихідні дані для обчислень

У програмному засобі ми реєструємо місцезнаходження та прогнозуємо рух нашого інструменту під час опрацювання (рис. 4.2).

					КНУ.КБР.131.24.4-01.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		


Fixture name	Fixture Image	Fixture Details		
Fixed-1		Entities: 6 face(s) Type: Fixed Geometry		
Resultant Forces				
Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	-0,426653	-25 305,9	53 126,9	58 846,1
Reaction Moment(N.m)	0	0	0	0

Рисунок 4.2 – Фіксація інструменту (фреза)

Після введення вихідних даних було сформовано мережу кінцевих елементів (рис. 4.3).

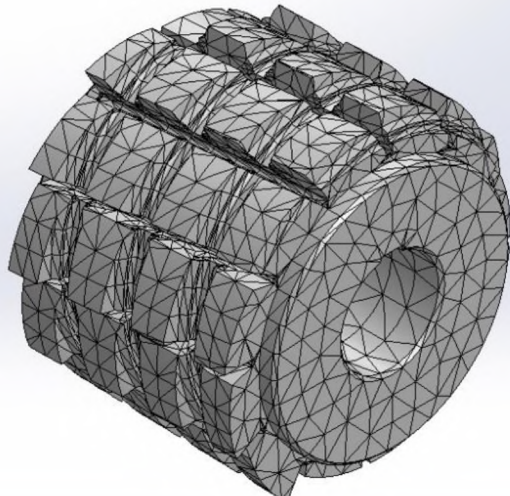
Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Standard mesh
Automatic Transition:	Off
Include Mesh Auto Loops:	Off
Jacobian points	4 Points
Element Size	7,6027 mm
Tolerance	0,380135 mm
Mesh Quality Plot	High
Total Nodes	50447
Total Elements	32162
Maximum Aspect Ratio	289,79
Model name: фреза Study name: Static 2(-По умовчання-) Mesh type: Solid Mesh	
	

Рисунок 4.3 – Сітка (кінцевих елементів) інструменту

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>КНУ.КБР.131.24.4-01.04.ПІАРІ</i>					

Починаємо дослідження та отримуємо готові графіки (рис. 4.4-4.6).

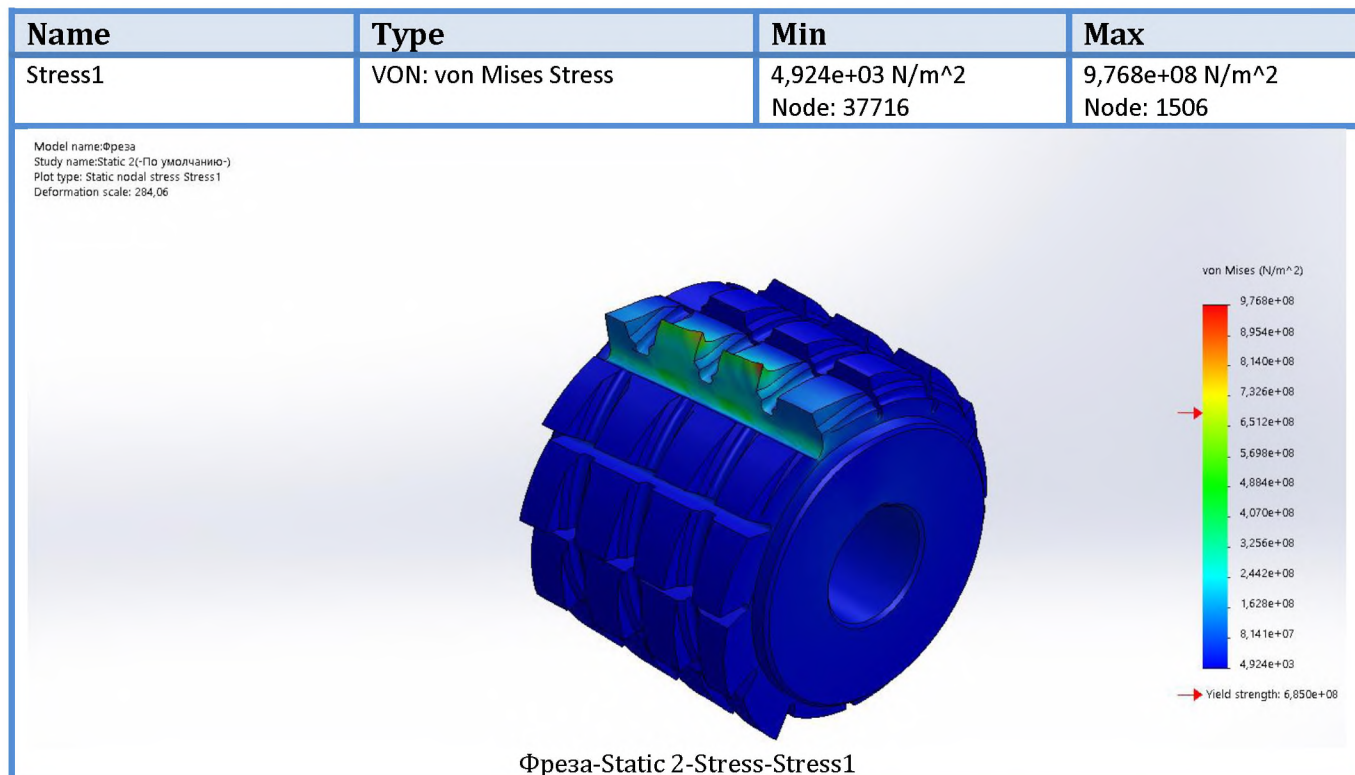


Рисунок 4.4 – Дослід «Напруження» Simulation

Під час симуляції «Напруження» аналізується, яким чином тиск у різних зонах ріжучої частини інструменту впливає на геометрію фрези.

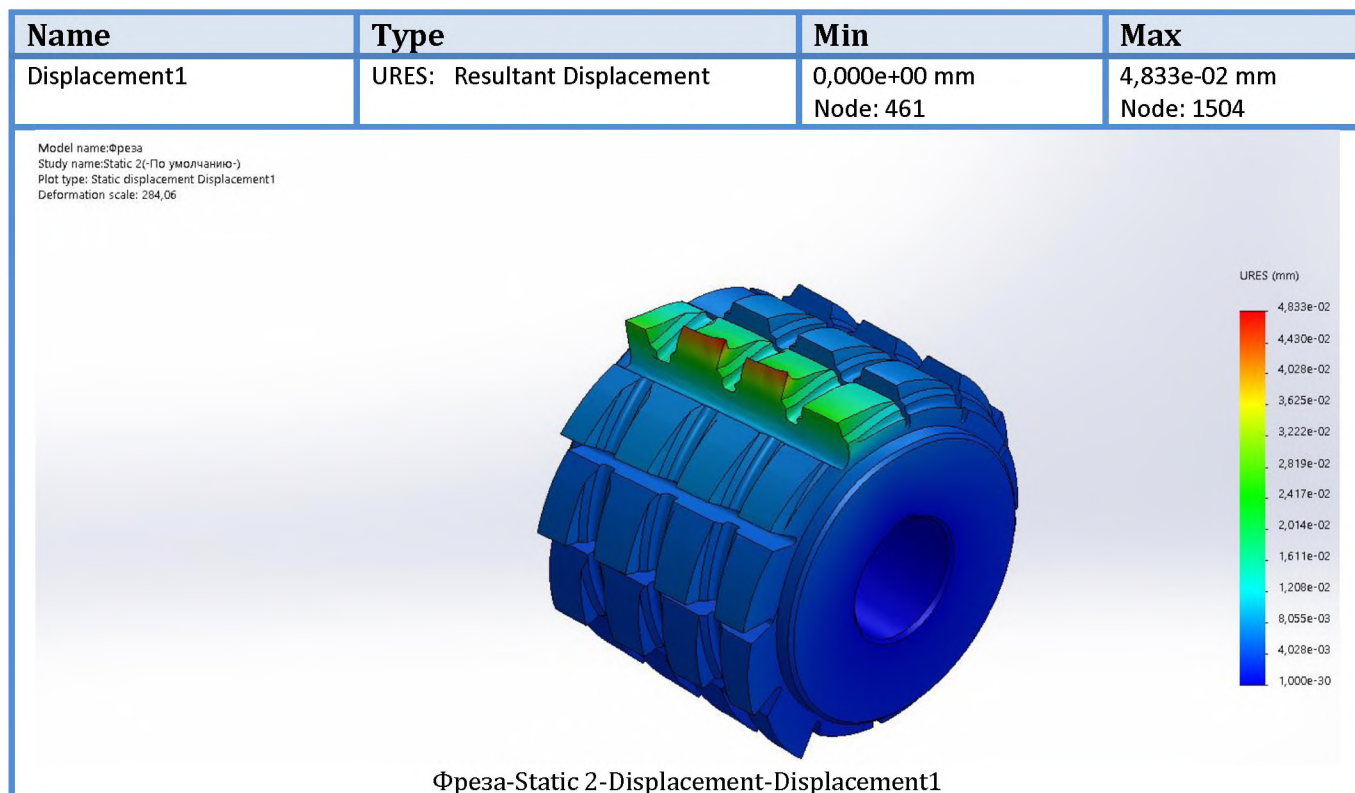


Рисунок 4.5 – Дослід «Переміщення» Simulation

					<i>КНУ.КБР.131.24.4-01.04.ПІАРІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час симуляції «Переміщення» відзначається переміщення ріжучої кромки у порівнянні з її початковим станом.

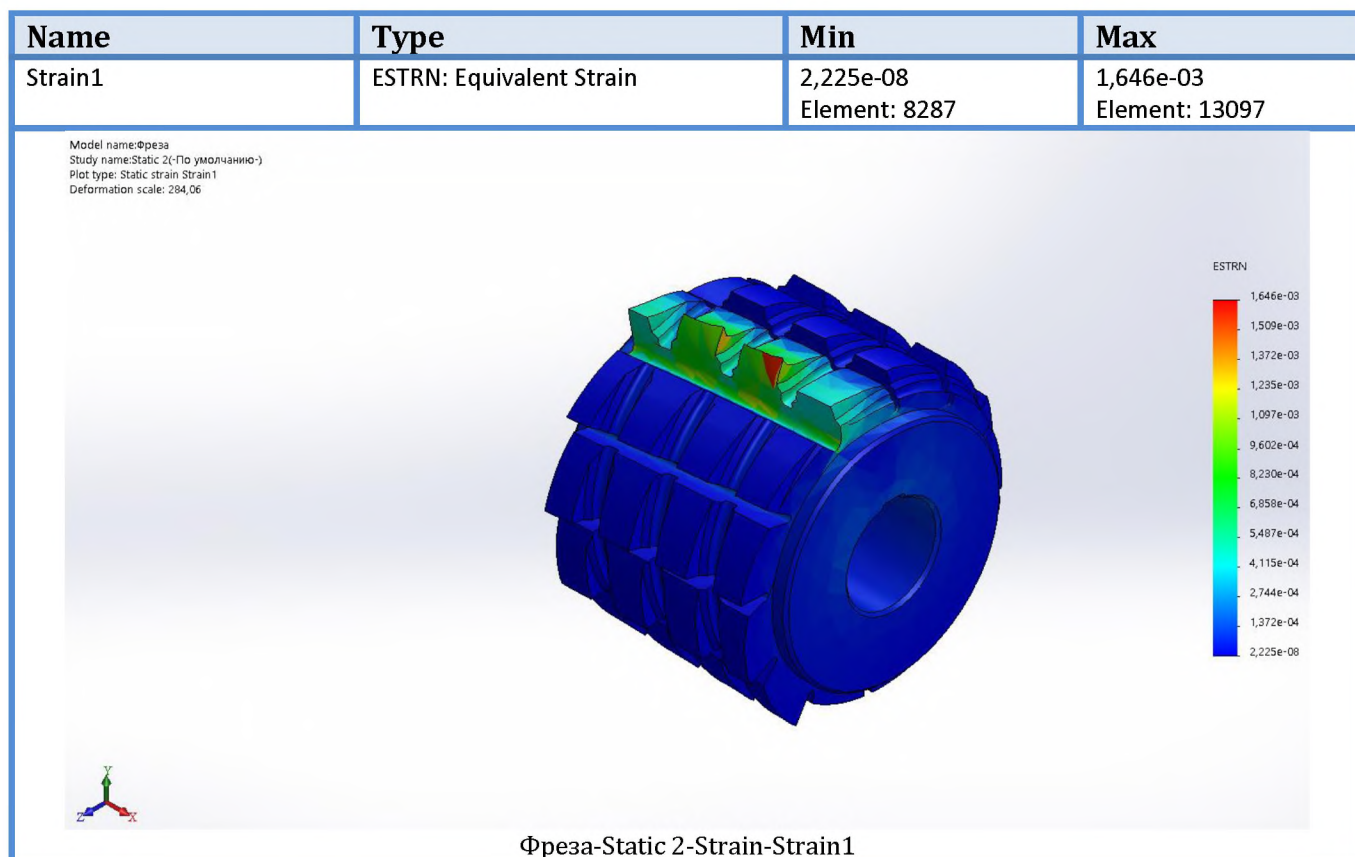


Рисунок 4.6 – Дослід «Деформація» Simulation

Під час симуляції «Деформація» ми спостерігаємо можливі деформації різальної частини інструменту у зонах, що піддаються силовим навантаженням під час процесу різання.

Ця симуляція дозволяє нам отримати уявлення про вразливі місця черв'ячної фрези. У даному контексті, кромка є найбільш вразливою областю. Щоб уникнути подібних вразливостей, необхідно проводити додаткові дослідження збіжності сітки.

					<i>КНУ.КБР.131.24.4-01.04.ПІАРІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора

Для здійснення токарної обробки ми розробляємо програмне забезпечення для управління та моделюємо процес за допомогою Autodesk FeatureCAM. Для цих цілей використовується токарний верстат Aviaturn 50 з числовим керуванням. Детальні технічні характеристики цього верстату можна знайти у другому розділі. Управління верстатом здійснюється за допомогою системи числового керування FANUC 0i-TF 15".

Система числового програмного керування (CNC) FANUC 0i-TF 15" є частиною широкого спектра продукції FANUC, яка використовується для управління верстатами з числовим керуванням, такими як токарні, фрезерні, свердлильні верстати тощо. Ось деякі технічні характеристики та особливості цієї системи:

1. Екран: Розмір екрану 15 дюймів, що забезпечує зручне візуалізацію процесу обробки та інтерфейс користувача.

2. Процесор: Обчислювальні можливості цієї системи забезпечують швидку обробку великих обсягів даних програм.

3. Мови програмування: Підтримується G-код (стандартна мова програмування верстатів з ЧПК), а також можливість програмування за допомогою спеціалізованих САМ-систем.

4. Точність: Висока точність обробки завдяки передовим технологіям контролю руху та позиціонування.

5. Мережеві можливості: Інтегрована мережева підтримка дозволяє здійснювати обмін даними з іншими системами, віддалений моніторинг та керування.

6. Системи безпеки: Вбудовані системи безпеки та діагностики допомагають уникнути аварійних ситуацій та забезпечують стабільну роботу верстата.

7. Інтерфейс: Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс користувача забезпечує зручне програмування та керування верстатом навіть неспеціалістам.

8. Можливості розширення: Система підтримує підключення до додаткового обладнання, такого як датчики, роботи або системи автоматизації, для розширення функціональності верстата.

9. Сумісність: Система сумісна з різноманітними типами верстатів і може бути легко інтегрована в існуюче виробниче середовище.

					<i>КНУ.КБР.131.24.4-01.05.МПОМО</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Чирилова</i>			<i>Моделювання та програмування операцій механічної обробки</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Нечаєв</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ЗПМ-21ск</i>		
Зав. каф.		<i>Нечаєв</i>						

Зазначені характеристики можуть варіюватися залежно від конкретної моделі та версії системи FANUC 0i-TF 15". Рекомендується перевірити офіційні джерела або отримати консультацію від представників FANUC для отримання точної інформації про конкретну конфігурацію.

5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм

Використовуючи вхідні дані про конкретний верстат та обрані інструменти для обробки деталі, наведені в попередньому розділі, ми приступимо до створення керуючої програми та моделювання процесу обробки. Послідовні етапи цієї роботи проілюстровані на рис. 5.1-5.6.

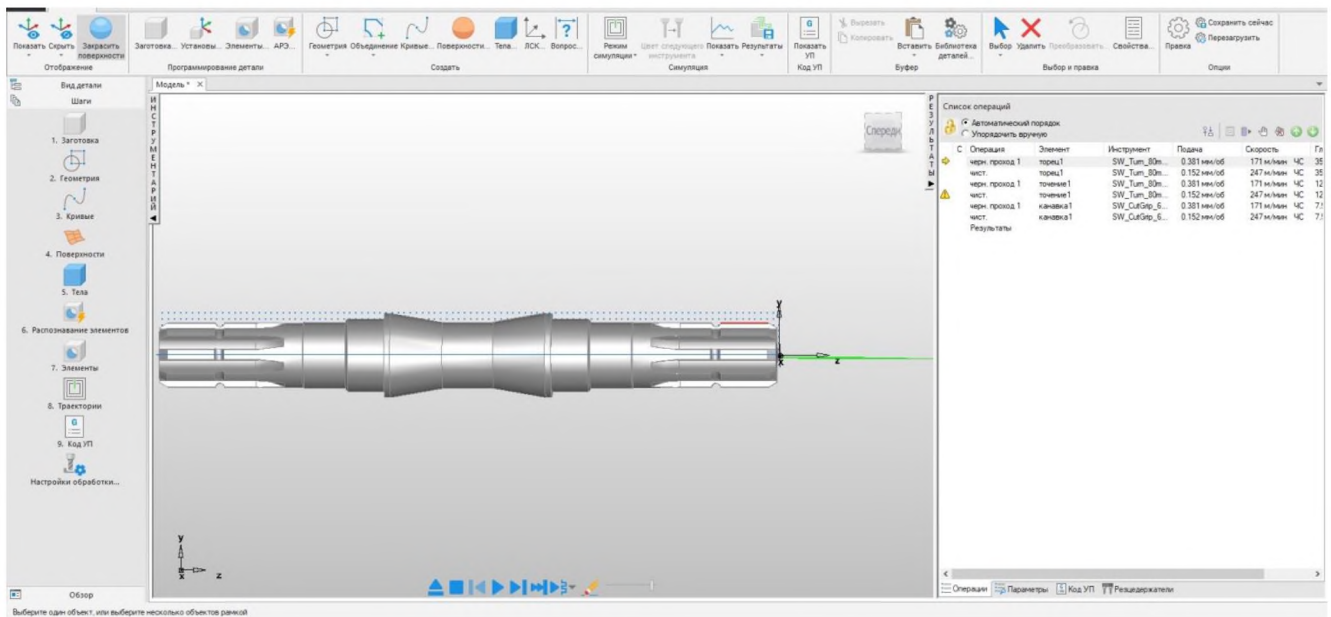


Рисунок 5.1 – Етапи обробки деталі «Вал шліцьовий»

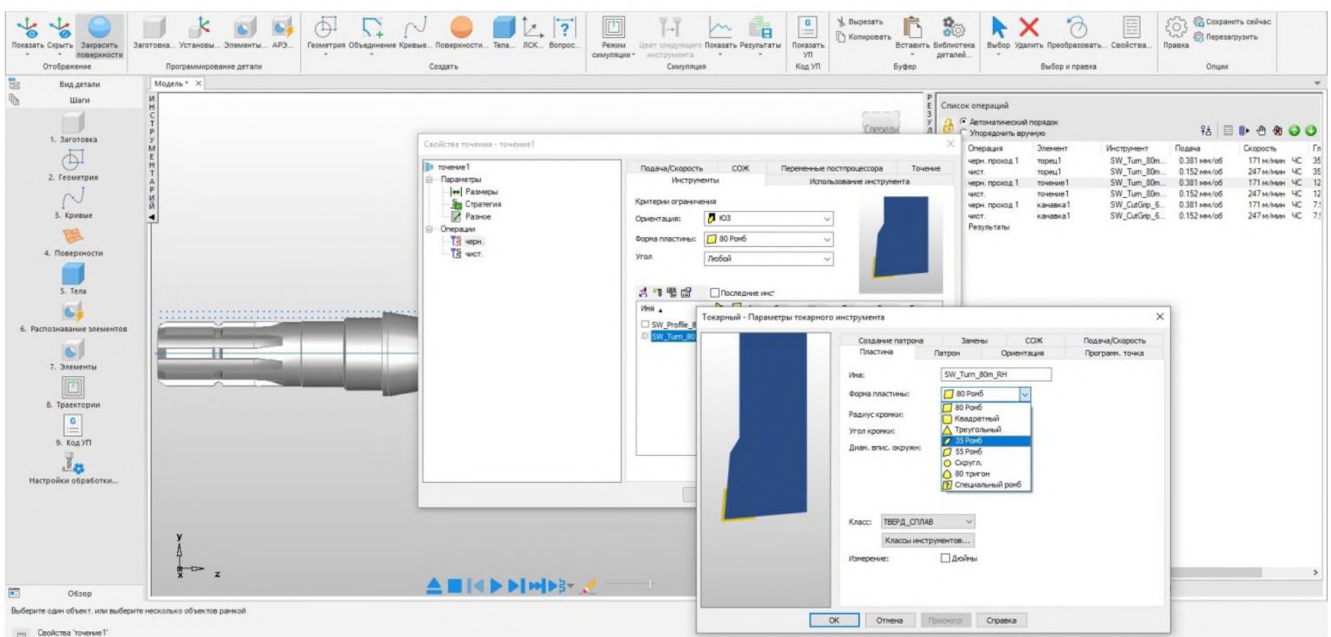


Рисунок 5.2 – Вибір різального інструменту для обробки деталі «Вал шліцьовий»

											Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>КНУ.КБР.131.24.4-01.05.МПОМО</i>						

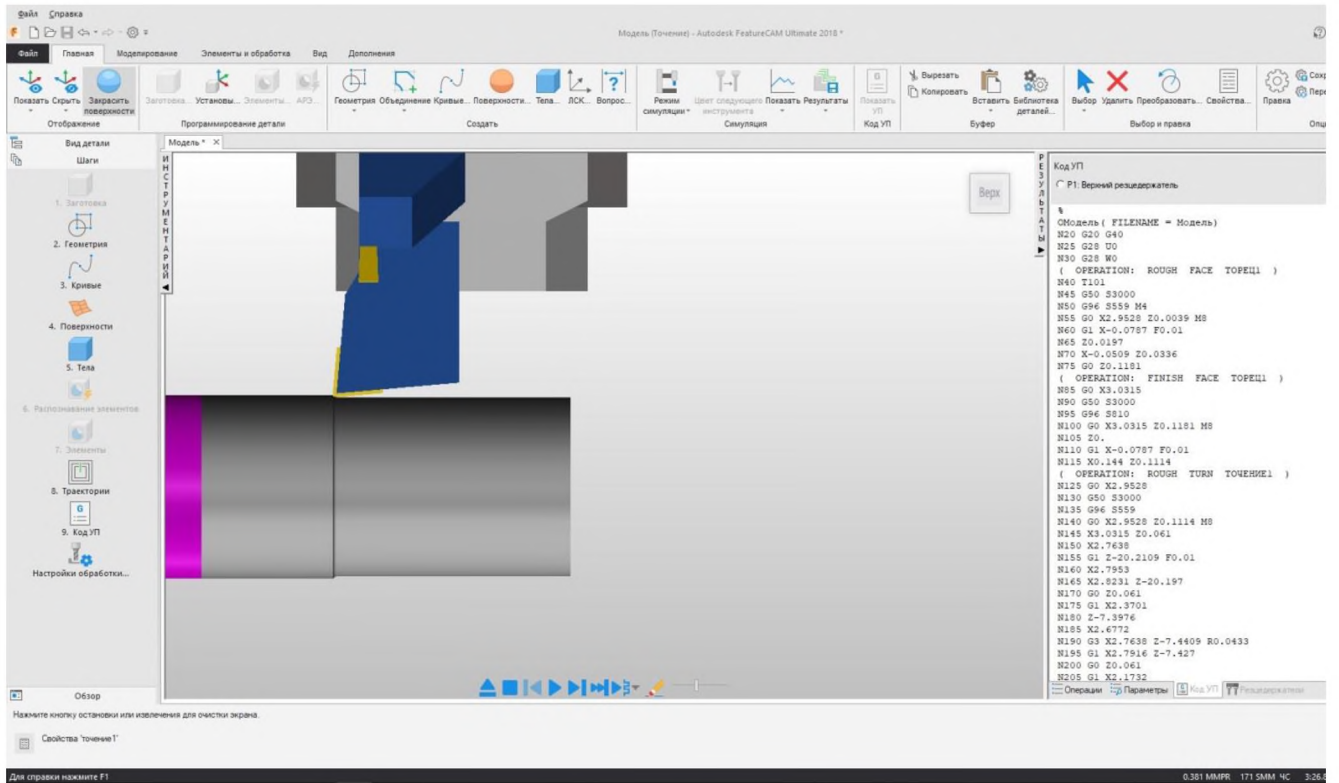


Рисунок 5.3 – Моделювання процесу обробки деталі «Вал шліцьовий» – точіння (чорнове) циліндричної поверхні

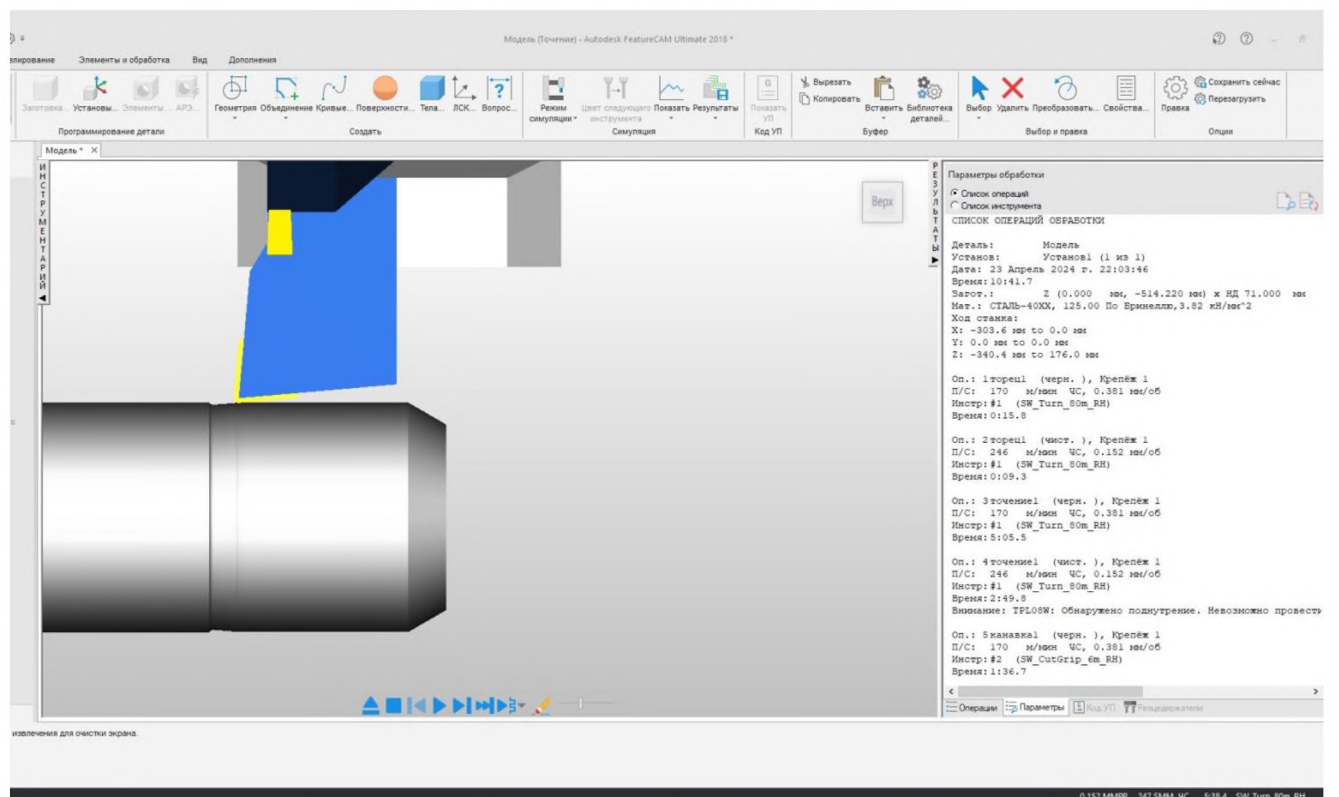


Рисунок 5.4 – Моделювання процесу обробки деталі «Вал шліцьовий» – точіння (чистове) циліндричної поверхні

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.4-01.05.МПМО	Арк.

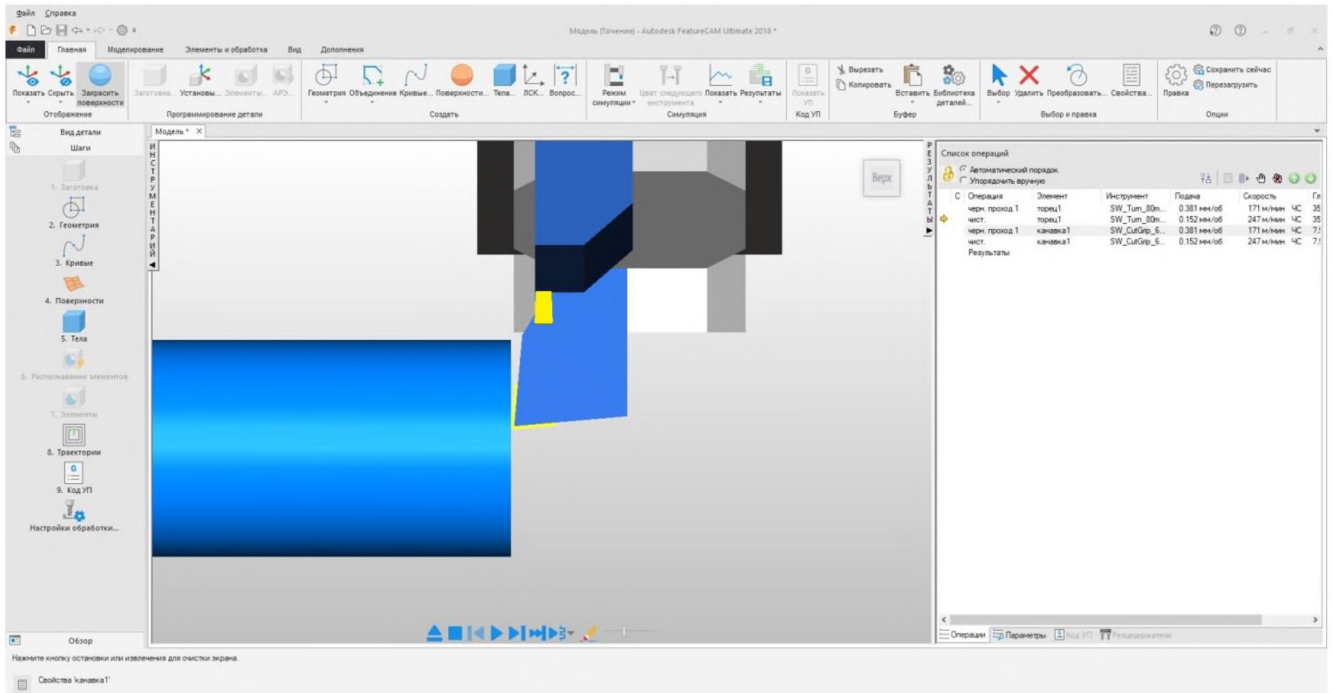


Рисунок 5.5 – Моделювання процесу обробки деталі «Вал шліцьовий» – підрізання торцю

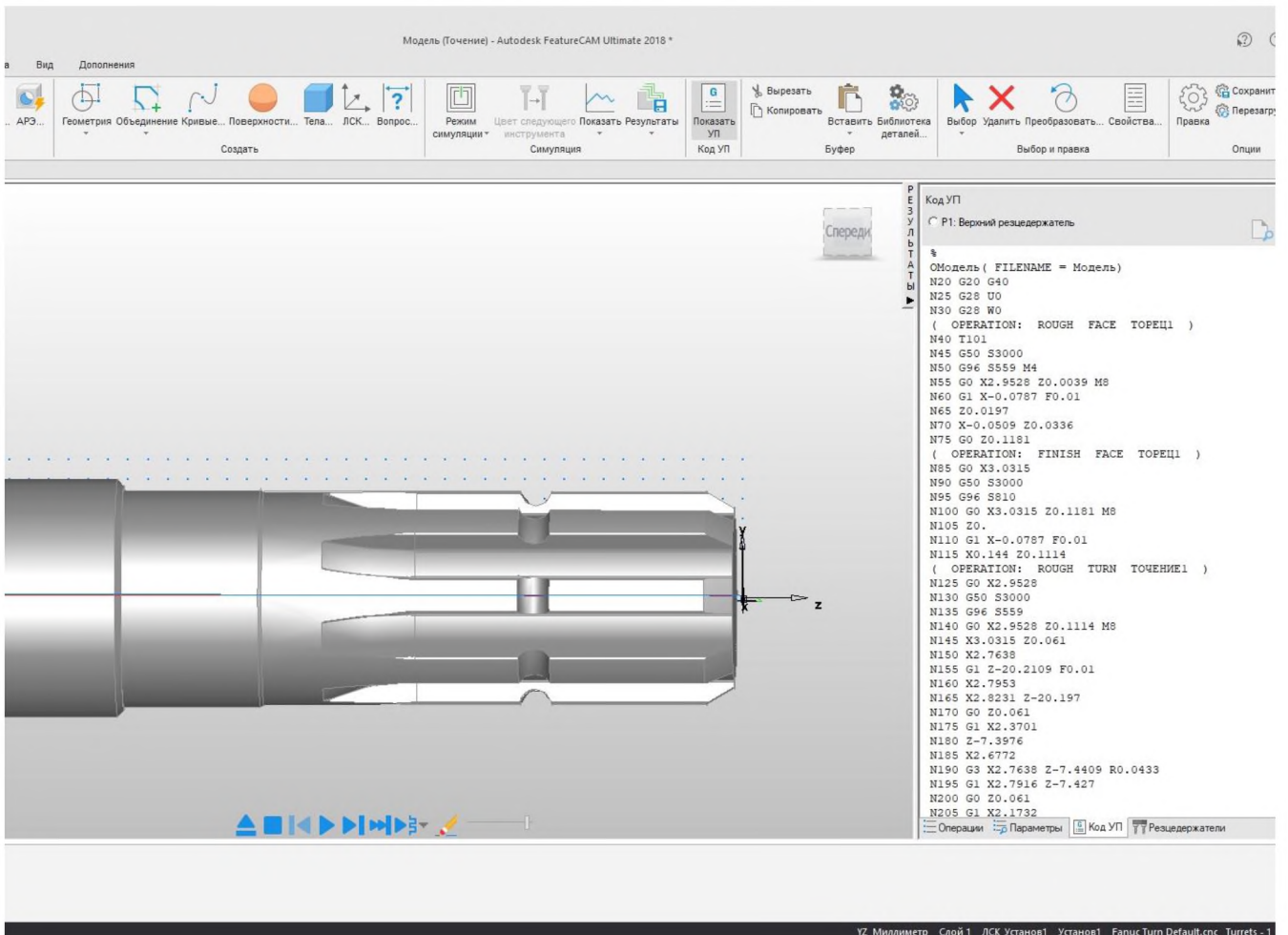


Рисунок 5.6 – Вікно програми Autodesk FeatureCAM з фрагментом керуючої програми

					КНУ.КБР.131.24.4-01.05.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Проведемо аналіз техніко-економічної доцільності переходу від універсальних верстатів до верстатів з числовим програмним керуванням, зокрема від чорнових та чистових токарних операцій до використання токарного верстата з ЧПК моделі Aviaturn 50. Результати розрахунків та початкові дані представлені на рисунках 6.1, 6.2, 6.3 та 6.4. Для аналізу використана програма Economical Linksmoon.

Входные данные ×

Перед началом ввода убедитесь, что включена АНГЛИЙСКАЯ РАСКЛАДКА КЛАВИАТУРЫ и включен NUM LOCK. Затем с помощью правой цифровой панели клавиатуры введите требуемые данные. Для перехода в следующее поле используйте клавишу TAB...

	Базовый вариант	Станок с ЧПУ
Трудоёмкость		
Годовой объём выпуска деталей, шт	500	500
Штучное время обработки детали, мин	818,44	818,44
Время настройки станка в течение года		
Количество запусков, шт	12	12
Время наладки станка, мин	100	60,5
Время настройки инструмента вне станка на протяжении года		
Среднее время настройки по прибору одного инструмента вне станка, мин	20	20
Среднее количество граней пластинки, шт	3	3
Средний период стойкости инструмента, мин	60	90
Количество станочников		
Количество станков, обслуживаемых одним рабочим	1	2
Дополнительное количество рабочих по обслуживанию станков с ЧПУ		
Эффективный годовой фонд времени работы станка	4055	3955
Коэффициент загрузки станка	0,45	0,85
Балансовая стоимость станка		
Оптовая цена станка	390000	1541000
Масса станка, т		
	41800	45900

Далее
Назад
Выход

Рисунок 6.1 – Введення даних розрахунку – кадр 1

					<i>КНУ.КБР.131.24.4-01.06.0ЕПВ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		<i>Чирилова</i>			<i>організаційно- економічна підготовка виробництва</i>		
Перевір.		<i>Нечаєв</i>					
Реценз.							
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>					
Зав. каф.		<i>Нечаєв</i>					
					Літ.	Арк.	Аркушів
					<i>Каф. ТМ, гр. ЗПМ-21ск</i>		

Входные данные

✕

Стоимость помещения		
Площадь станка по габаритам	29.280	32.750
Коэффициент, учитывающий доп. площадь станка	4.5	4
Площадь устройства ЧПУ, м	0	1.58
Стоимость 1 м.кв. площади мех. цеха, грн.	1595	1595
Площадь служебно-бытовых помещений, приходящаяся на одного рабочего, м.кв.	4	5
Стоимость 1 м.кв. площади, занятой служебно-бытовыми помещениями (грн.)	1318	1318
Стоимость разработки ПУ		
Стоимость разработки ПУ, грн.	0	1116
Оборотные средства в незавершённом производстве		
Стоимость заготовки Sзаг, грн.	264748.13	264748.13
Себестоимость обработки		
Среднегодовая зарплата станочника, грн.	15000	17000
Среднегодовая зарплата наладчика, грн.	18000	21000
Среднегодовая зарплата настройщика инструмента, грн.	0	14000
Среднегодовая зарплата контролёра, грн.	15000	15000
Затраты на подготовку и обновление ПУ, грн.		
Длительность выпуска деталей Z (3-5 лет)	5	5
Затраты на ремонт и ТО оборудования		
Категория сложности ремонта станка ЕРС (механическая часть)	12	11
Категория сложности ремонта станка ЕРС (электротехническая часть)	9.5	22

Далее

Назад

Выход

Рисунок 6.2 – Введення даних розрахунку – кадр 1

Входные данные

✕

Затраты на одну единицу ЕРС станка, грн (механическая часть)	530	580
Затраты на одну единицу ЕРС станка, грн. (электротехническая часть)	120	200
Коэффициент, учитывающий класс точности станка	1	1.2
Затраты на содержание и амортизационные расходы на 1 м.кв. цеха Нпл, грн (10% от стоимости)	470	470
Затраты на ТО и ремонт устройства ЧПУ, грн.		
Норматив годовых затрат на текущее обслуживание и ремонт УЧПУ, грн.	0	2800

Далее

Назад

Выход

Рисунок 6.3 – Введення даних розрахунку – кадр 1

					<i>КНУ.КБР.131.24.4-01.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Входные данные

Версия программы от 17.10.2005

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

2205508 грн

Срок окупаемости, лет

3,12 лет

Далее

Назад

Выход

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

Рисунок 6.4 – Отримані результати

За даними, представленими на рис. 6.4, виявляється, що період окупності запропонованого удосконалення технологічного процесу обробки деталі «Вал шліцьовий» є обґрунтованим (2205508 грн на рік), оскільки він становить лише 3,12 роки.

6.2 Охорона праці та екологія виробництва

Машинобудування стоїть у центрі промислового розвитку України, єдиною основою, без якої функціонування будь-якої галузі економіки було б неможливим. Широкий спектр продукції, що виготовляється в машинобудуванні, відзначається великою різноманітністю, яка визначає глибоку сегментацію галузі. Виробництво споживає значно більше сировини, ніж випускає готових виробів, забезпечуючи багатогалузеву структуру, що охоплює важке, електротехнічне, радіоелектронне та транспортне машинобудування. Кожна з цих галузей має свої особливості щодо екологічного впливу, такі як склад та обсяги відходів, токсичність забруднень і характер викидів в атмосферу.

Понад 20 тисяч підприємств промисловості щодня випускають забруднення у навколишнє середовище. Основними джерелами забруднення є внутрішньозаводське виробництво енергії та інші процеси, пов'язані із згорянням палива; ливарне виробництво; обробка металевих конструкцій та окремих деталей; зварювальне виробництво; гальванічне виробництво; та виробництво лаків та фарб.

Підприємства машинобудування щорічно використовують близько 3,5 мільярда кубічних метрів прісної води. Застосування систем оборотного та повторного водопостачання дозволяє заощаджувати до 80% прісної води. Стічні води, викинуті в поверхневі водойми, складають близько 2 мільярдів кубічних метрів щорічно, з них майже 0,95 мільярда кубічних метрів є забрудненими, що становить майже 10% від загального обсягу стічних вод промисловості країни. Проте лише близько 20% стічних вод проходять очищення перед скиданням у водойми, що залишає частку нормативно очищених стічних вод невеликою.

					<i>КНУ.КБР.131.24.4-01.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стічні води від підприємств машинобудівної галузі містять нафтопродукти, утворені від мастильно-охолоджуючих рідин та розчинів, а також іони важких металів з гальванічних виробництв та інші хімічні сполуки. Гальванічне виробництво є одним з найбільш значущих джерел стічних вод у машинобудівництві, де для обробки та промивання деталей використовується великий обсяг води. Використовуються також технологічні процеси, такі як нікелювання, цинкування, хромування, сріблення, міднення та інші, що призводять до викидів небезпечних речовин, таких як ртуть, свинець, кадмій, вісмут, нікель, цинк тощо.

Машинобудівна галузь відповідає за 32% викидів в довкілля. Проте лише 30 – 50% підприємств оснащені очисними спорудами. У деяких промислових районах, де розташовані найбільш небезпечні підприємства, концентрація забруднюючих речовин часто перевищує всі санітарні норми.

Ливарне виробництво вважається одним з найнебезпечніших типів виробництва, де основними забруднювачами є оксиди та двоокис сірки, оксиди азоту та тверді речовини, що входять до складу ливарних форм. Наприклад, у виробництві 1 тонни деталей з чавуну та сталі міститься 250 кг оксиду вуглецю, 50 кг пилу, 2 кг оксидів азоту та сірки та 1,5 кг інших шкідливих речовин.

Металообробка також вносить значний внесок у забруднення довкілля. Під час механічної обробки металів на верстатах утворюється пил, стружки, тумани олій та емульсій. Наприклад, за 1 годину роботи металорізального верстата на кожен кіловатт потужності електродвигуна виділяється певна кількість масляного туману або емульсолу, а також пари води.

Лакофарбове виробництво також є джерелом значного забруднення, оскільки використовувані лаки та фарби містять багато шкідливих речовин, таких як свинець, дихлоретан, гексаметилендіамін, епіхлоргідри.

Виробництво зварювальних конструкцій випускає шкідливі випари, такі як марганець, мідь, кремній, а також оксиди цинку та заліза, фториди та оксиди азоту. Особливо небезпечними для навколишнього середовища є сполуки шестивалентного хрому, які випускаються під час зварювальних процесів [5]. Найбільше забруднення відбувається під час ручного електродугового зварювання з використанням покритих електродів. Наприклад, під час такого зварювання за кожен кілограм електродів утворюється до 40 г пилу, 2 г фтористого водню, 1,5 г оксидів вуглецю та азоту. При зварюванні чавунів ці показники становлять до 45 г пилу та 1,9 г фтористого водню. Однак у напівавтоматичному та автоматичному зварюванні виділення шкідливих речовин менше в 1,5-2,0 рази, а при зварюванні під флюсом - в 4-6 разів. Зварювальний пил на 99% складається з частинок розміром від 10-3 до 1 мкм. Хімічний склад виділень під час зварювання в основному залежить від складу зварювальних матеріалів (дроту, покриттів, флюсів) і в меншій мірі - від складу зварюваних металів. Зварювальний аерозоль містить сполуки марганцю, оксиди хрому, оксид кремнію, фториди та інші.

Під час технологічних процесів виробництва на машинобудівних заводах утворюються різноманітні відходи, що становлять до 260 кг на 1 тону металу. На деяких підприємствах ці відходи становлять до 50% маси оброблюваних

					<i>КНУ.КБР.131.24.4-01.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

заготовок, зокрема втрати металу під час листового штампування можуть досягати 60%. Основними джерелами утворення відходів легованих сталей є металообробка (84%) та амортизаційний брухт (16%).

Тверді відходи машинобудівного виробництва включають амортизаційний брухт (пов'язаний з модернізацією обладнання, інструментів, оснащення), стружки та тирсу металів, деревини, пластмаси і т.д., а також шлаки, золи, шлами, опади та пил (відходи систем очищення повітря тощо) [5]. Шлами з відстійників очисних споруд та прокатних цехів часто містять значну кількість твердих матеріалів, з концентрацією твердих частинок від 20 до 300 г/л.

Машинобудівна галузь є найбільшою індустрією у світі, яка визначає рівень промислового розвитку країни та загальний економічний стан. Проте підприємства машинобудівної галузі негативно впливають на навколишнє середовище. У їх викидах забруднюючих речовин у повітря містяться оксиди сірки, азоту, вуглецю, пил, шестивалентний хром, аміак, формальдегід, фенол, ціаніди та більше 30 інших речовин. Окрім того, серйозною проблемою є забруднення водних ресурсів, спричинене стічними водами з важкими металами, нафтопродуктами та іншими забруднюючими речовинами. Більшість відходів, утворених у цій галузі, залишаються невикористаними [5].

					<i>КНУ.КБР.131.24.4-01.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній бакалаврській роботі була розглянута деталь «Вал шліцьовий», що входить до складу валу відбору потужності.

Був проведений аналіз вузла, до якого належить дана деталь, а саме до валу відбору потужності тракторів. Були розраховані параметри точності з'єднання з підшипником.

На основі виділених поверхонь деталі було підібрано весь необхідний металорізальний та допоміжний інструмент, а також спроектовано спеціальний інструмент – черв'ячну фрезу. Був проведений розрахунок міцності токарного різця, призначеного для чорнових операцій, оскільки тут він піддається найбільшому руйнівному впливу.

Інженерний аналіз спеціального інструменту (черв'ячна фреза) був проведений у програмному продукті SolidWorks.

Було відібрано сучасне обладнання (верстати) та допоміжний інструмент для кріплення різального інструменту на верстаті. У програмному продукті FeatureCAM було розроблено процес обробки деталі (токарна операція) та отримано керуючу програму.

Розрахунки техніко-економічних показників показали, що заміна двох універсальних верстатів на один токарний верстат з ЧПК моделі Aviaturn 50 є доцільною, а строк окупності складає 3,12 роки.

Також були розроблені креслення та об'ємна модель деталі «Вал шліцьовий», налагодження верстату і інструменту, спеціального інструменту та його 3D модель, а також моделювання процесу обробки.

					<i>КНУ.КБР.131.24.4-01.B</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Чурилова</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Нечаєв</i>					
<i>Реценз.</i>					<i>Висновки</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Нечаєв</i>					
					<i>Каф. ТМ, гр. ЗПМ-21ск</i>		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Каталог металорізального інструменту Seco «Токарная обработка», 2015. – 632 с.
2. Каталог абразивного інструменту KLINGSPOR "Абразивный инструмент для всех отраслей", 2013. – 212 с.
3. «Каталог сложнорежущего инструмента». – 18 с.
4. Технологія машинобудування Горбатюк Е.О. Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-360 с.
5. Фельдштейн Е.Э. Металлорежущие инструменты: справочник конструктора / Е.Э. Фельдштейн, М.А. Корниевич. - Минск: Новое знание, 2009. – 1039 с.
6. 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.
7. Металорізальні інструменти. Проектування: Навч. посіб. / М. Л. Кукляк, І. С. Афтаназів, І. І. Юрчишин; Нац. ун-т "Львів. політехніка". - Л., 2003. - 556 с.
8. ДСТУ 3.1001:2014 Єдина система технологічної документації. Загальні положення.
9. ДСТУ 2391-94 Система технологічної документації. Терміни та визначення
10. ДСТУ 3.1127:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання текстових технологічних документів.
11. ДСТУ 3.1128:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання графічних технологічних документів.
12. ДСТУ ISO 2768-1-2001. Основні допуски. Частина 1. Допуски на лінійні та кутові розміри без спеціального позначення допусків (ISO 2768–1:1989, IDT). [Чинний від 2003-01-01] – К. :Держстандарт України, 2002. – 10 с.
13. ДСТУ ISO 2768-2-2001. Основні допуски. Частина 2. Допуски геометричні для елементів без спеціального позначення допусків (ISO 2768–2:1989, IDT). [Чинний від 2003-01-01] – К. :Держстандарт України, 2001. – 15 с.
14. ДСТУ ISO 286-1-2002. Допуски і посадки за системою ISO. Частина 1. Основи допусків, відхилень та посадок (ISO 286–1:1988, IDT). [Чинний від 2003-10-01] – К. :Держспоживстандарт України, 2003. – 37 с.
15. ДСТУ 3321-96 Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять.

					<i>КНУ.КРБ.131.24.4-01.СВД</i>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Список використаних джерел</i>					
Розроб.		<i>Чурилова</i>						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Нечаєв</i>								
Реценз.										
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>						<i>Каф. ТМ, гр. ЗПМ-21ск</i>		
Зав. каф.		<i>Нечаєв</i>								

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

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ЗАСВІДЧУЮЧИХ
АРКУШІВ**

кваліфікаційної роботи бакалавра

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

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

Виконала здобувачка гр. ЗПМ-21ск

(підпис)

Чурилова А.О.

Керівник КБР

(підпис)

Нечаєв В.П.

Нормоконтроль

(підпис)

Рязанцев А.О.

Завідувач кафедри

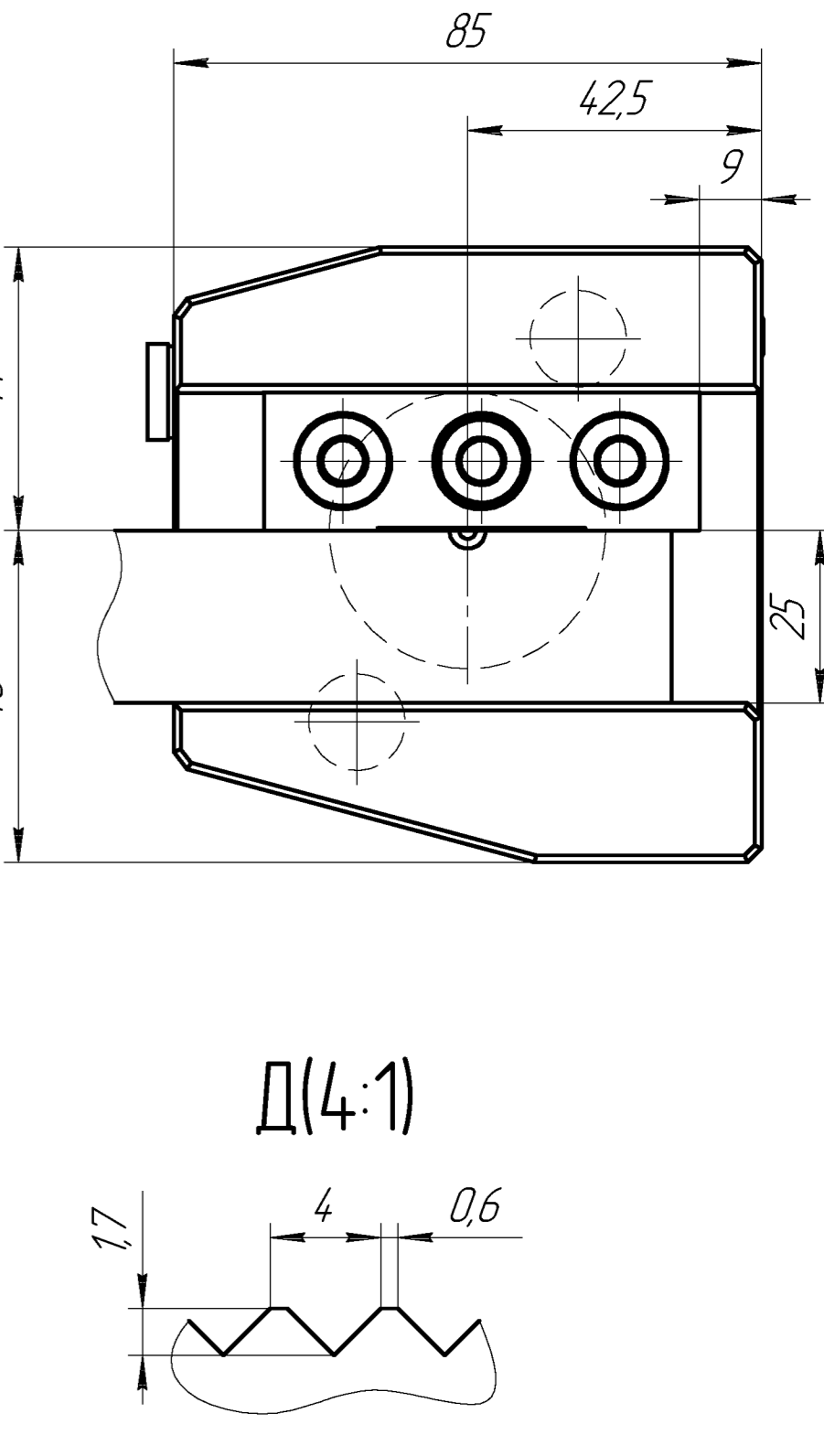
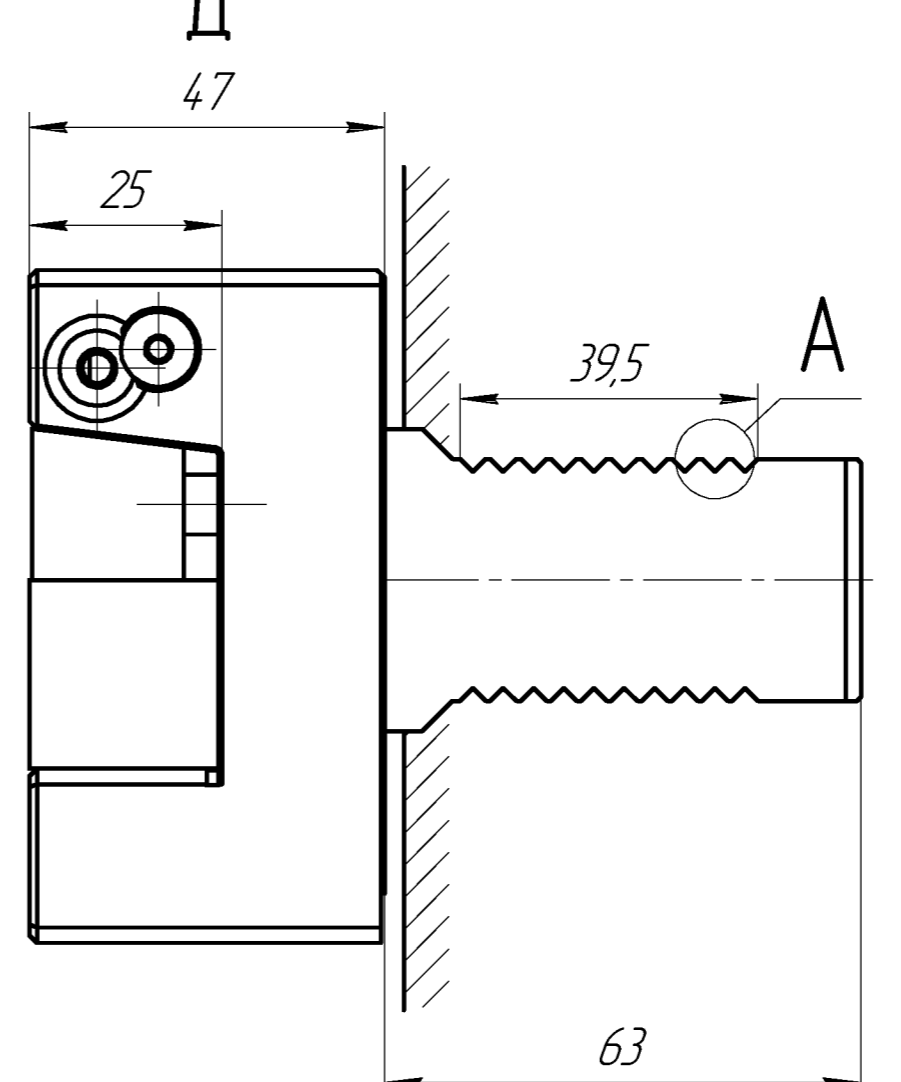
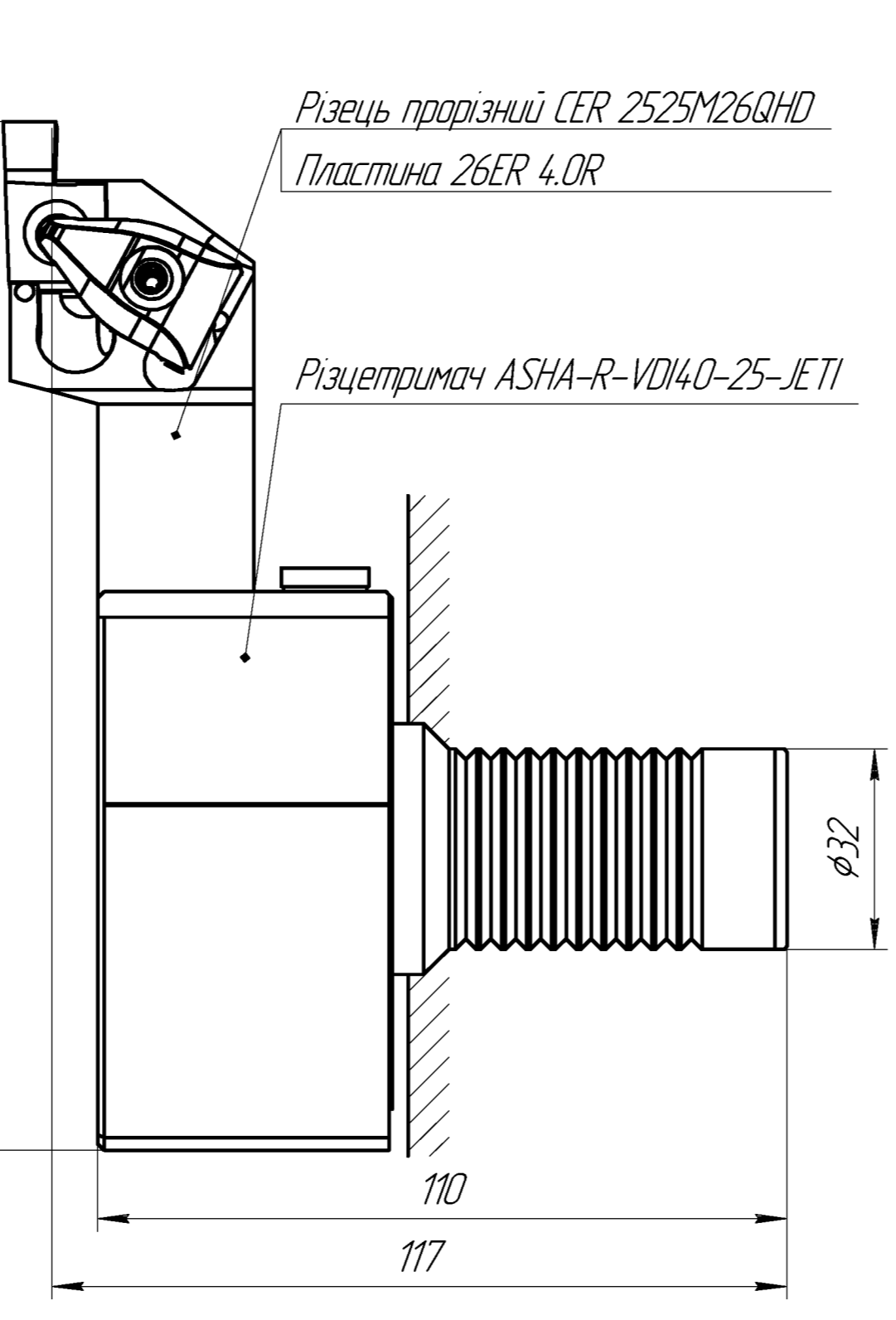
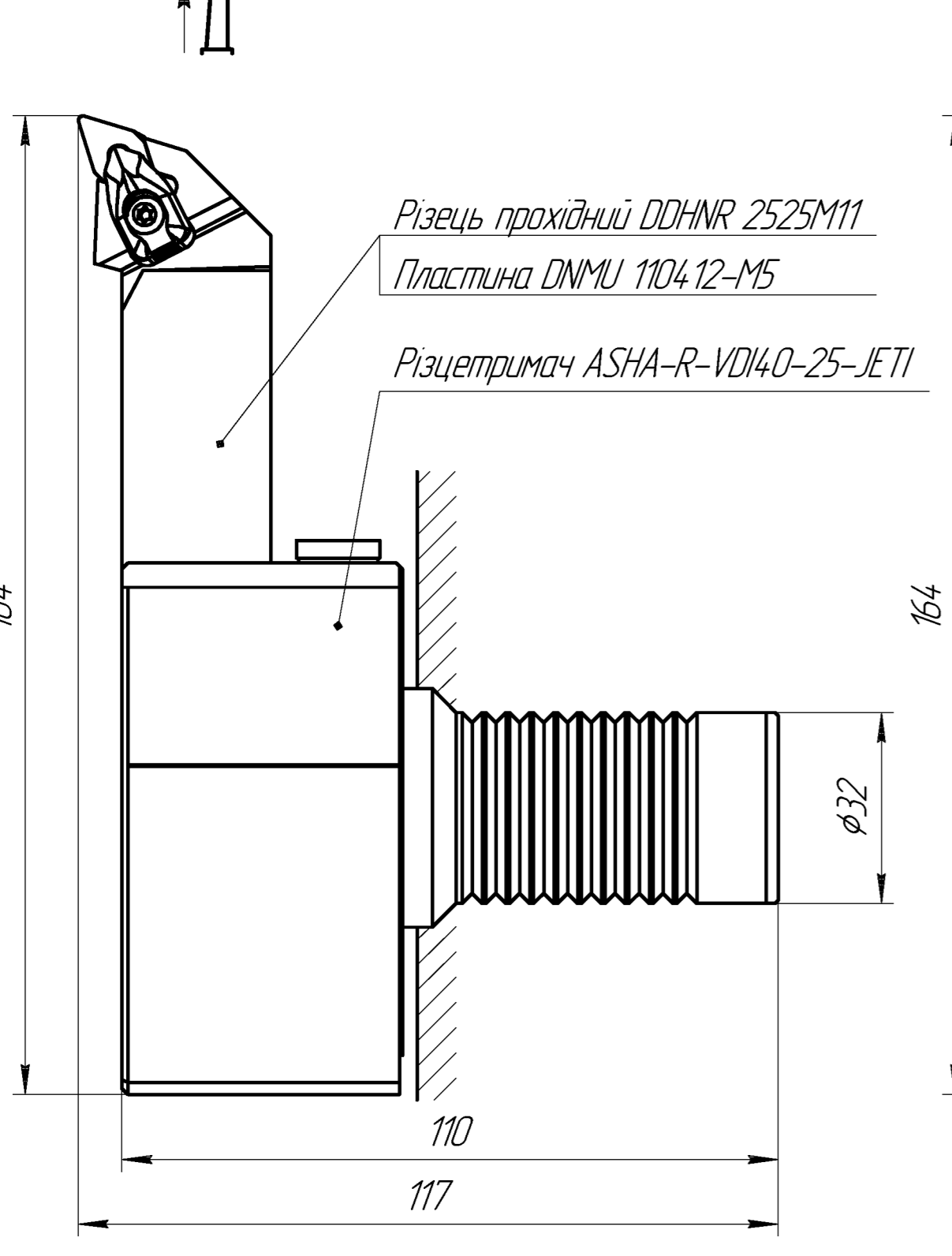
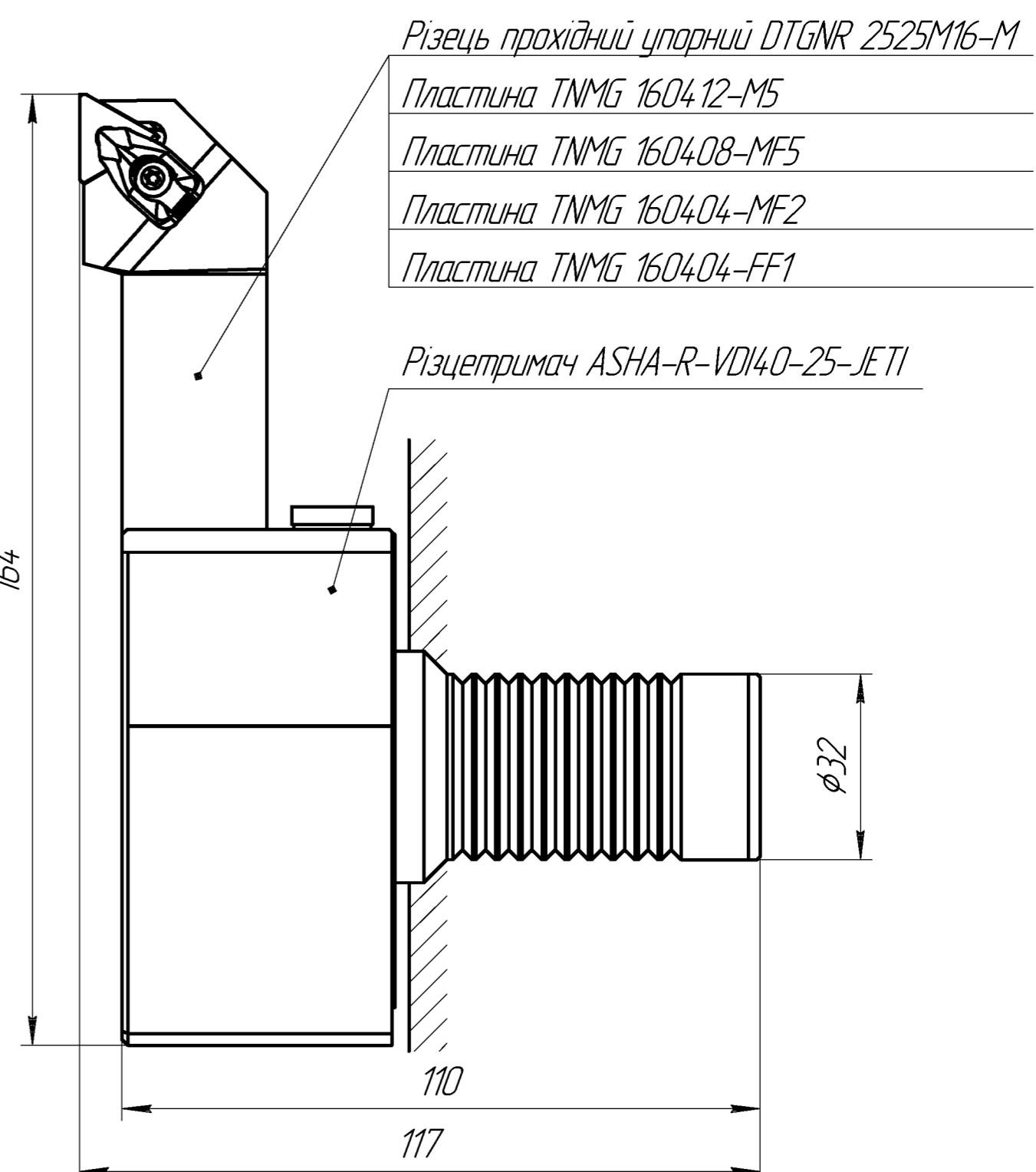
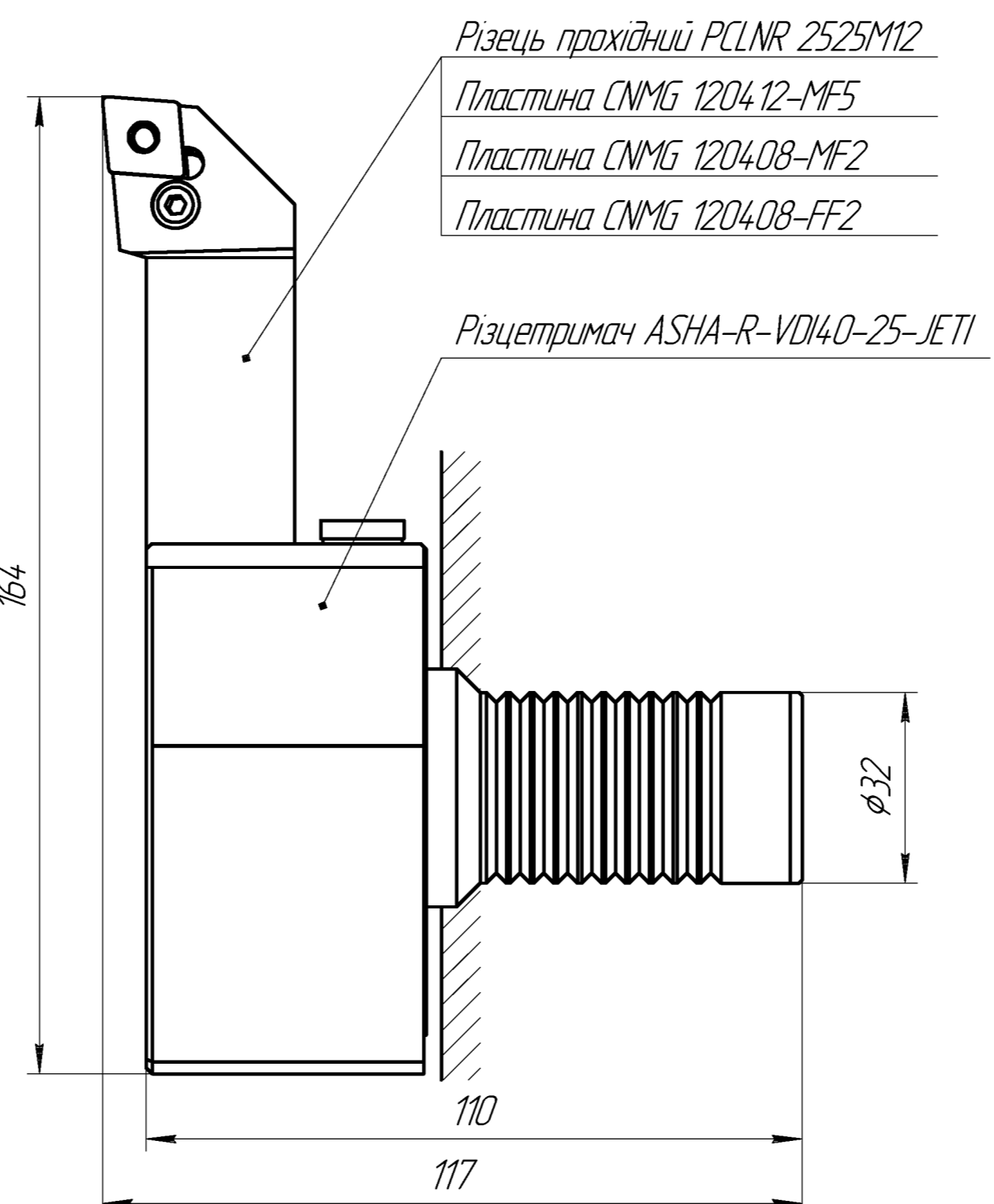
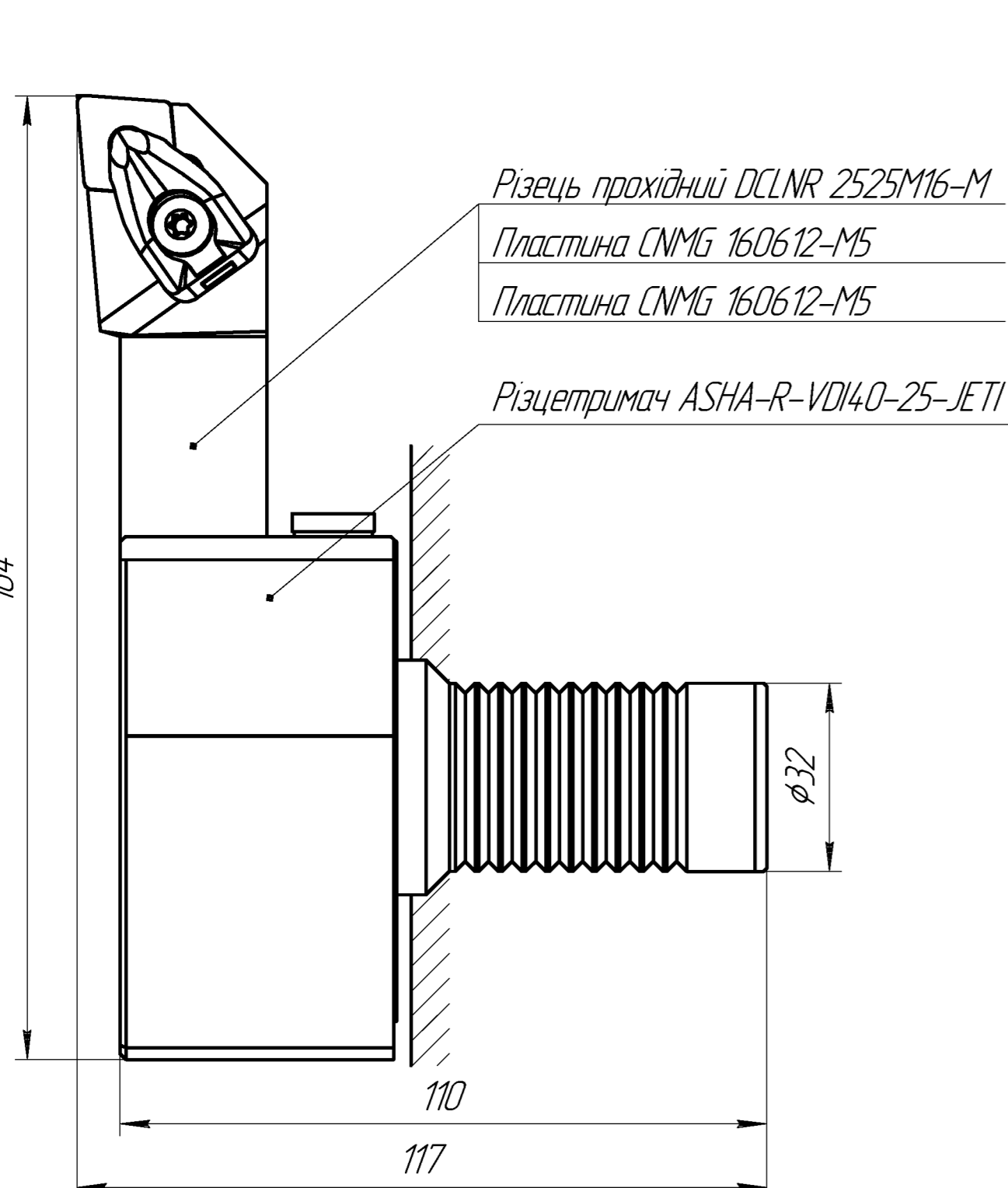
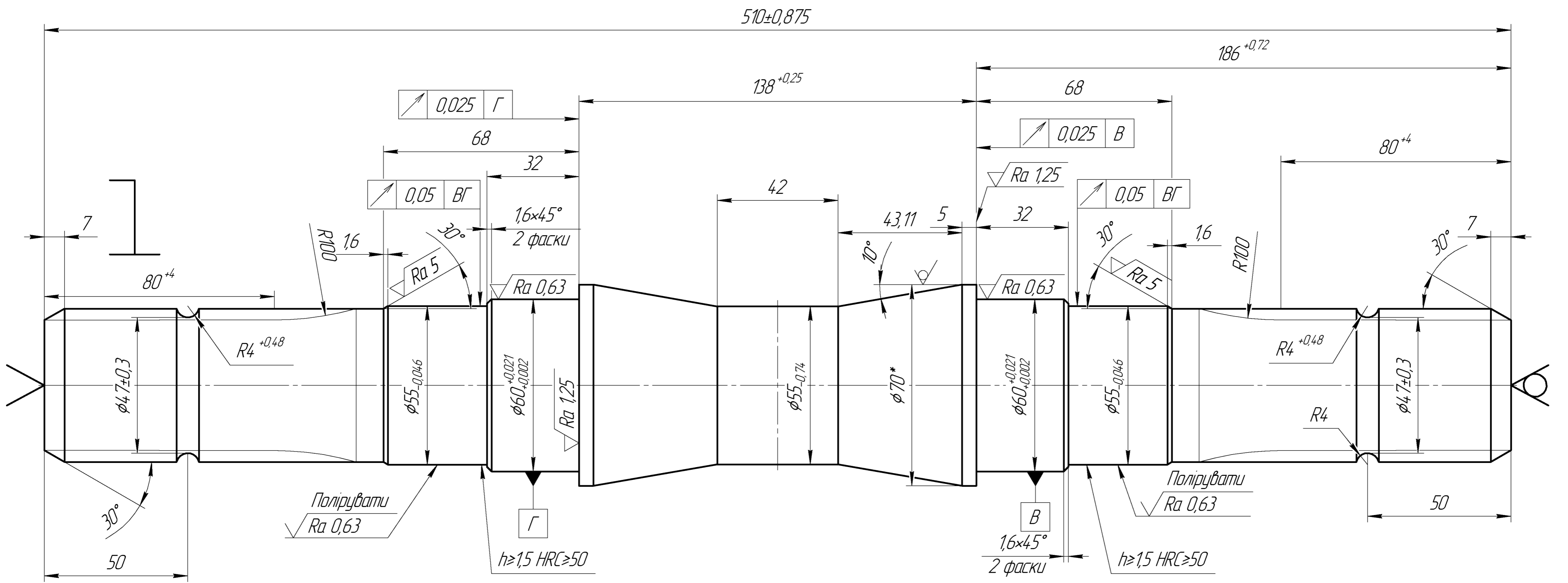
(підпис)

Нечаєв В.П.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.		Справ. №
							Подп.	Дата	
				Креслення					
A2		1	КНУ.КБР.131.24.4-01.ВШ	Вал шліцьовий	1				
A1		2	КНУ.КБР.131.24.4-01.ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження	1				
A3		3	КНУ.КБР.131.24.4-01.4ФШВ	Фреза черв'ячна для шліцьових валів	1				
A3		4	КНУ.КБР.131.24.4-01.ІАСРІ	Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	1				
A3		5	КНУ.КБР.131.24.4-01.МПМО	Моделювання процесу механічної обробки	1				
КНУ.КБР.131.24.4-01.ВЕД									
Изм. Лист		№ докум.		Подп.	Дата				
Разрад. Чурилова						Лит.	Лист	Листов	
Пров. Нечаєв						Н		1	
Н.контр. Рязанцев						Кафедра ТМ гр. ЗПМ-21ск			
Утв. Нечаєв									
Відомість електронних документів КБР									
Копіював							Формат А4		

Токарна операція. Токарний верстат з ЧПК моделі Aviaturn 50

КНУКБР.13124.4-01ВІН



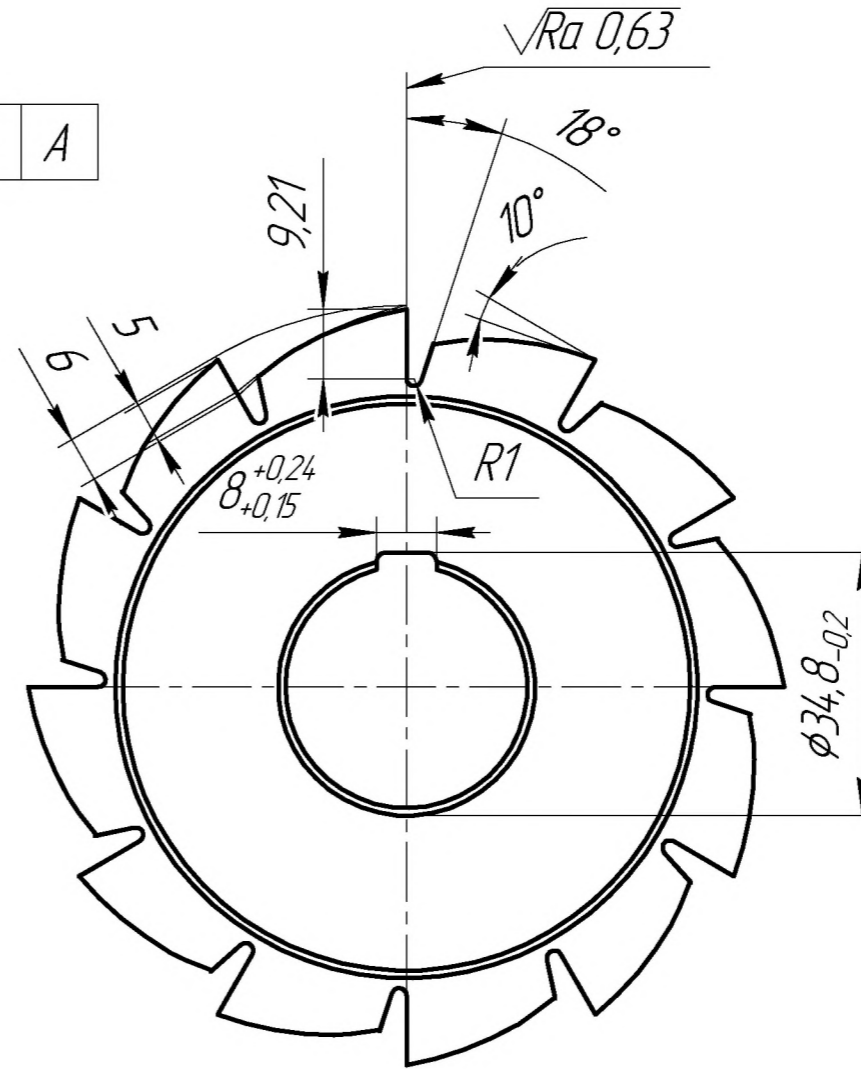
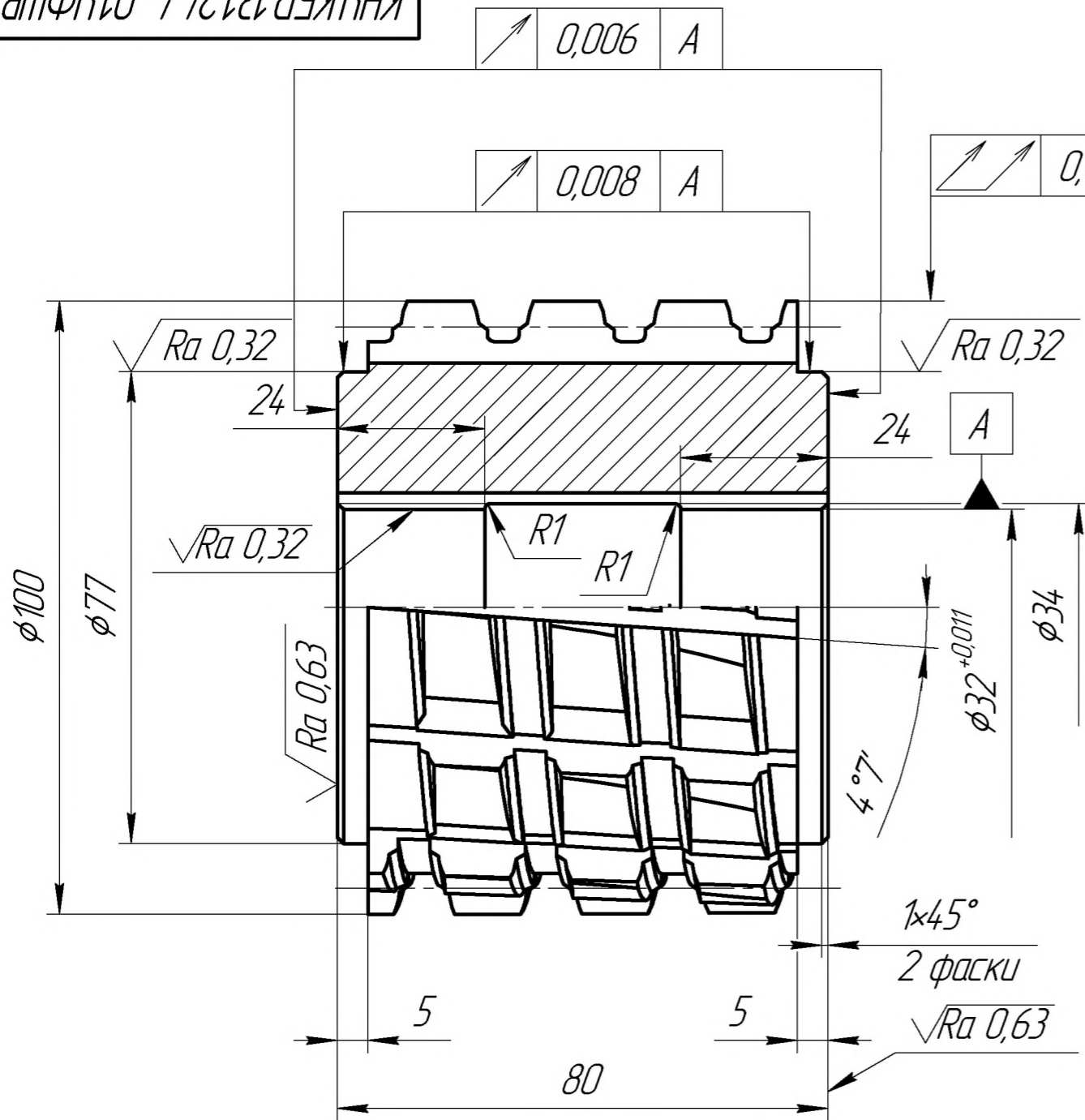
1 Неказані граничні відхилення: H14, h14, ±IT14/2

Лист	№ док.	Лист	Дата
Розроб.	Чирікова		
Проб.	Нечасов		
Т.контр.			
Інконтр.	Рязанцев		
Зміт.	Нечасов		

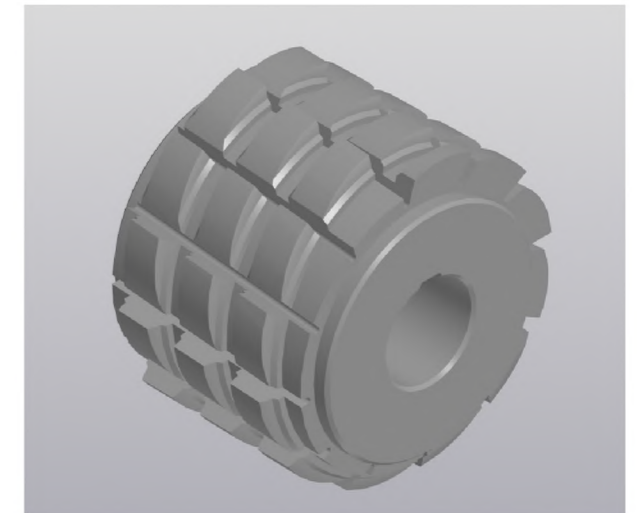
КНУКБР.13124.4-01ВІН			Лист	Маса	Масштаб
Верстатно-інструментальне налагодження			H		1:1
			Лист	Листів	1
			Кафедра ТМ гр. ЗПМ-21ск		
			Формат А1		

КНУКБР.131.24.4-01.4ФШВ

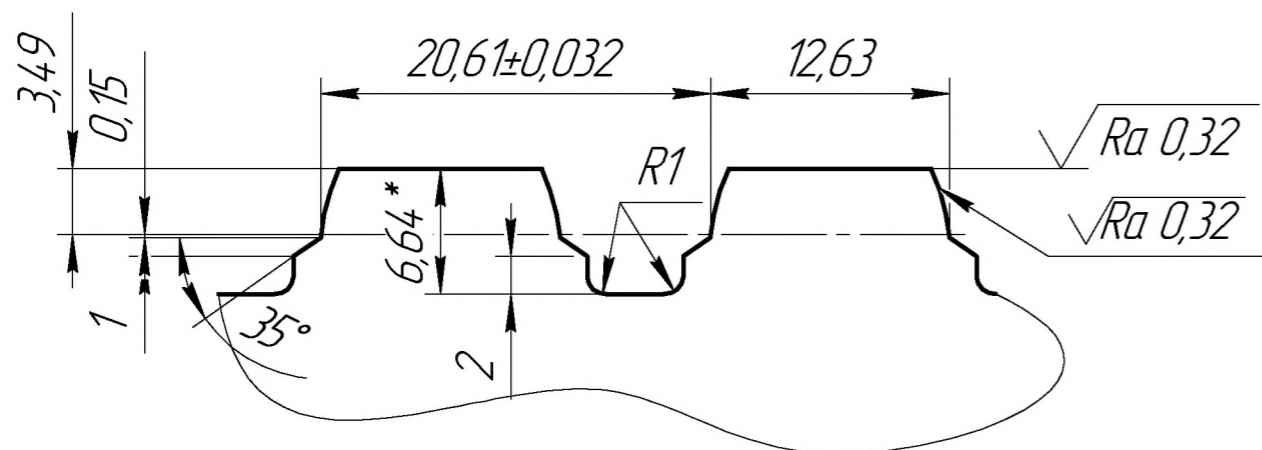
√ Ra 3,2



Кількість зубів	z	12
Напрямок витків	-	Правий
Діаметр умовного середнього циліндру	d_{mo}	91,51 мм
Кут звинтової лінії	γ_{mo}	4,11316°
Крок стружкової канавки	p_{z0}	3995,7 мм
Клас точності за ГОСТ 8027-86	-	A



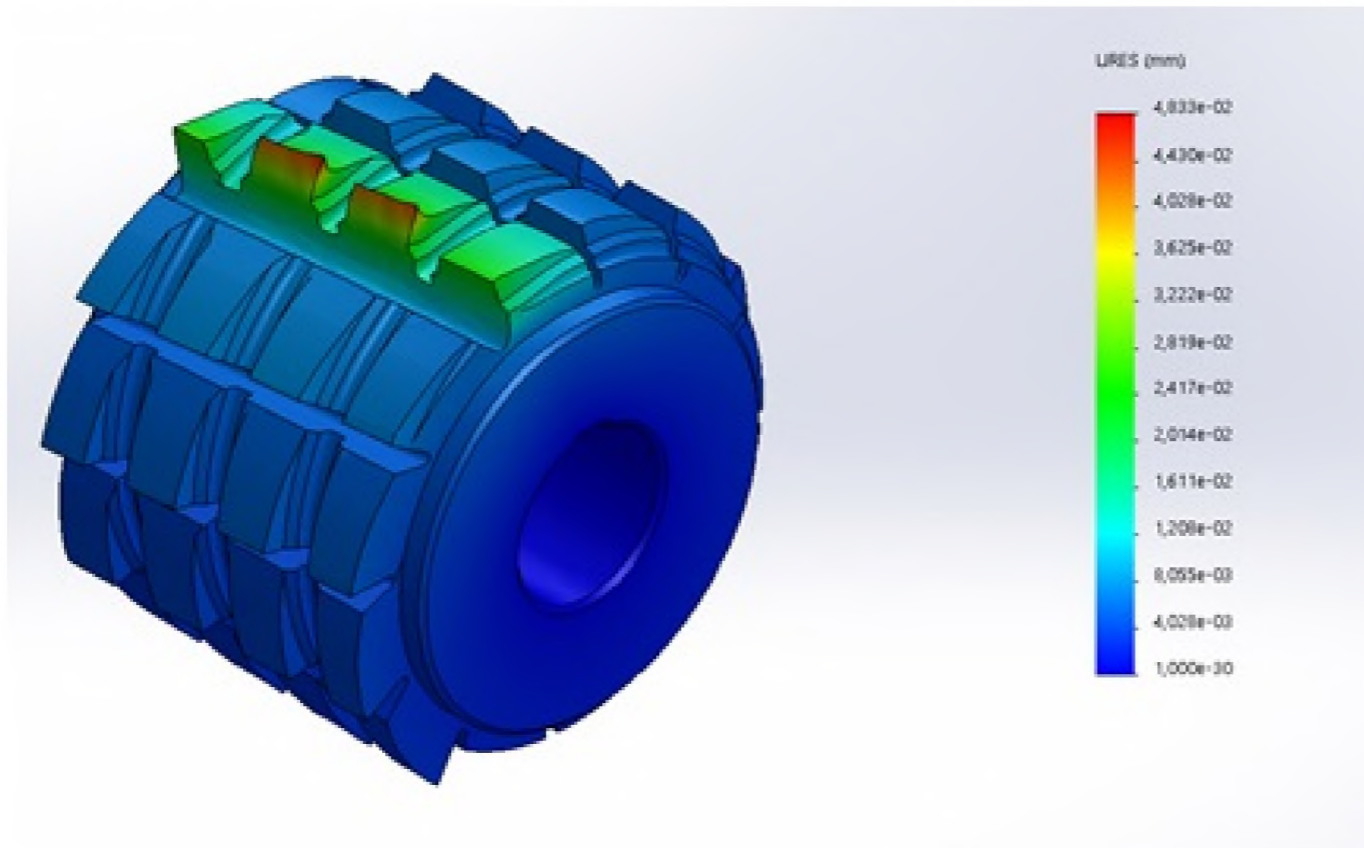
Профіль зуба у нормальній перетині (2,5:1)



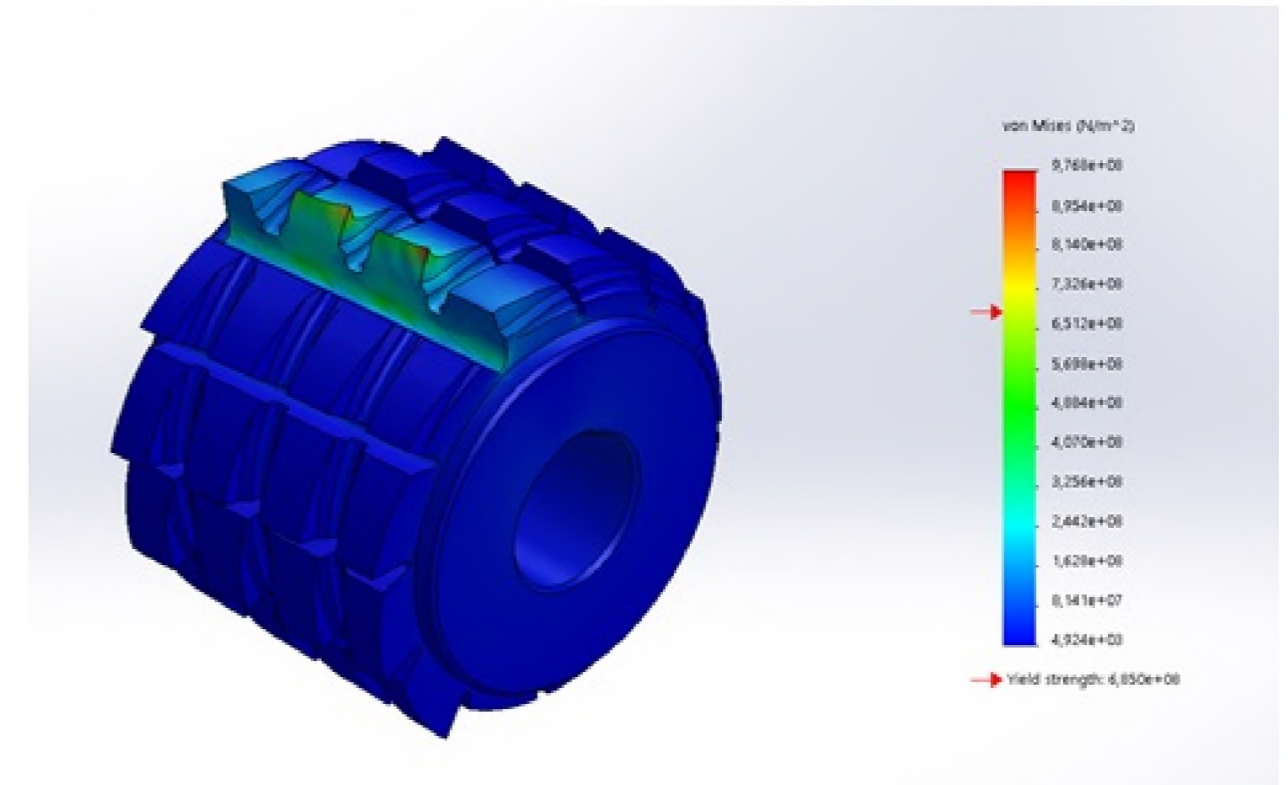
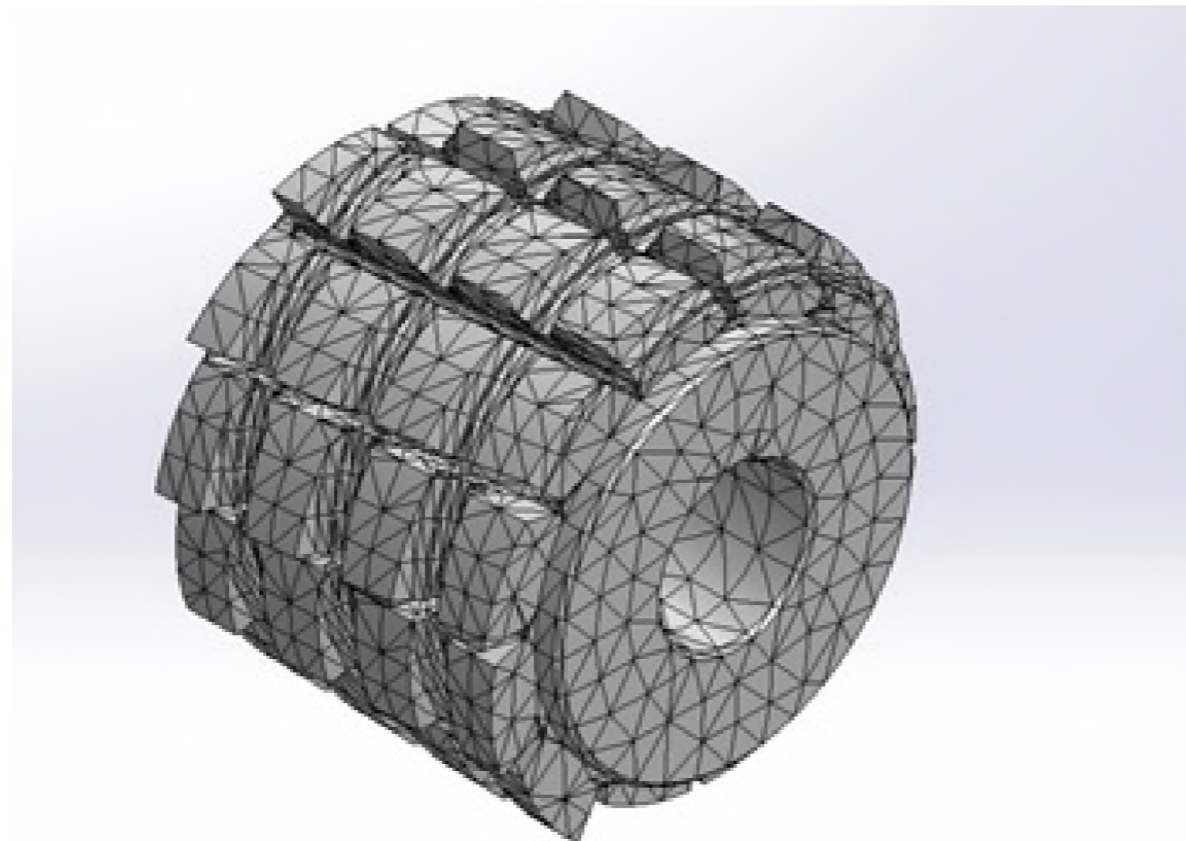
- 1 Забезпечити твердість 63...66 HRC.
- 2 Невказані граничні відхилення: H14, h14, ±IT14/2.
- 3 *Розміри для довідок.

				КНУКБР.131.24.4-01.4ФШВ		
				Черв'ячна фреза для шліцевих валів з прямобічним профілем		
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Маса	Масштаб
Разробив	Чурилова				3,47	1:1
Керівник	Нечаєв			Лист	Листів	1
Н.контр.	Рязанцев			Сталь Р6М5 ДСТУ 7304:2018		
Затв.	Нечаєв			Кафедра ТМ гр. ЗПМ-21ск		

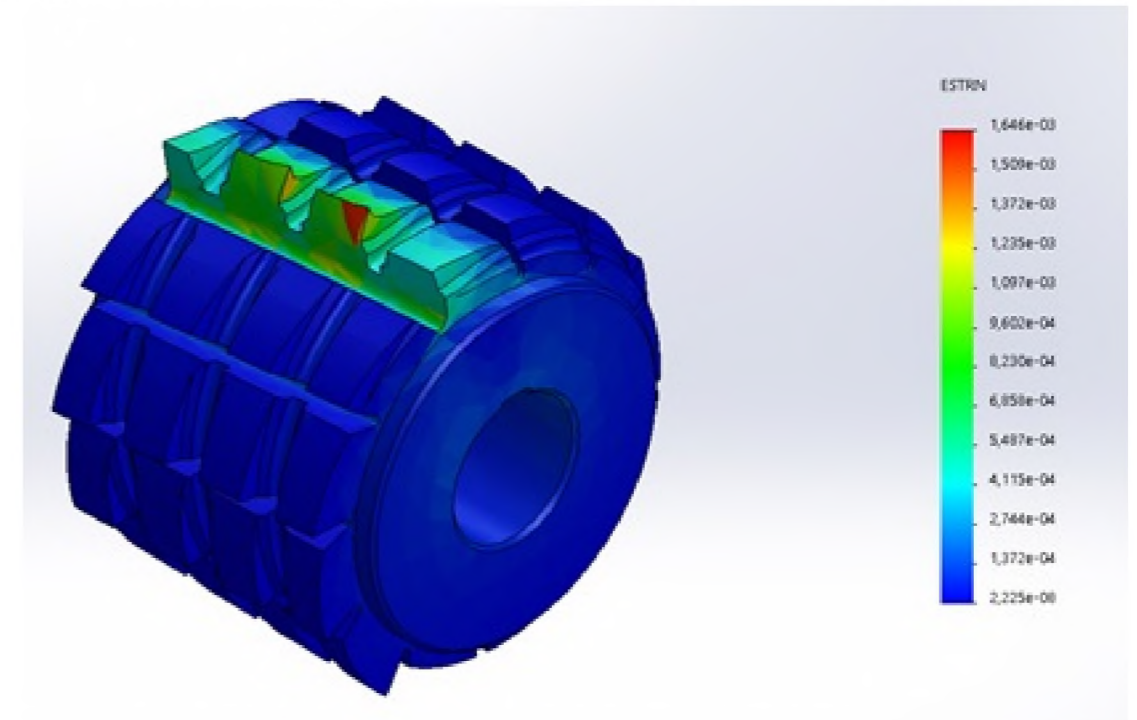
Симуляція «Переміщення» в SolidWorks Simulation



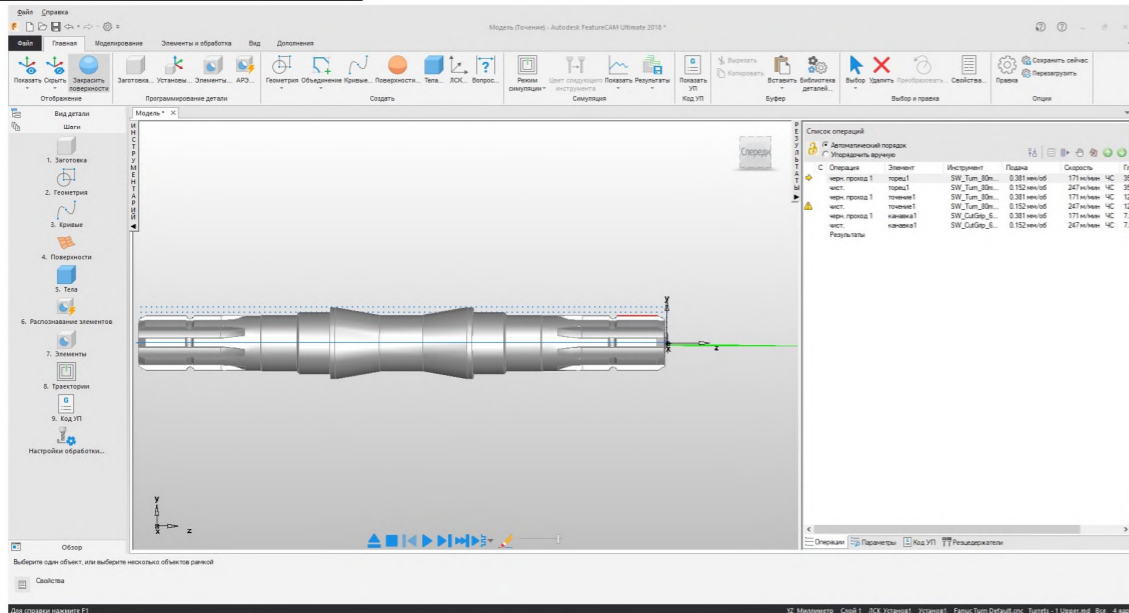
Сітка кінцевих елементів



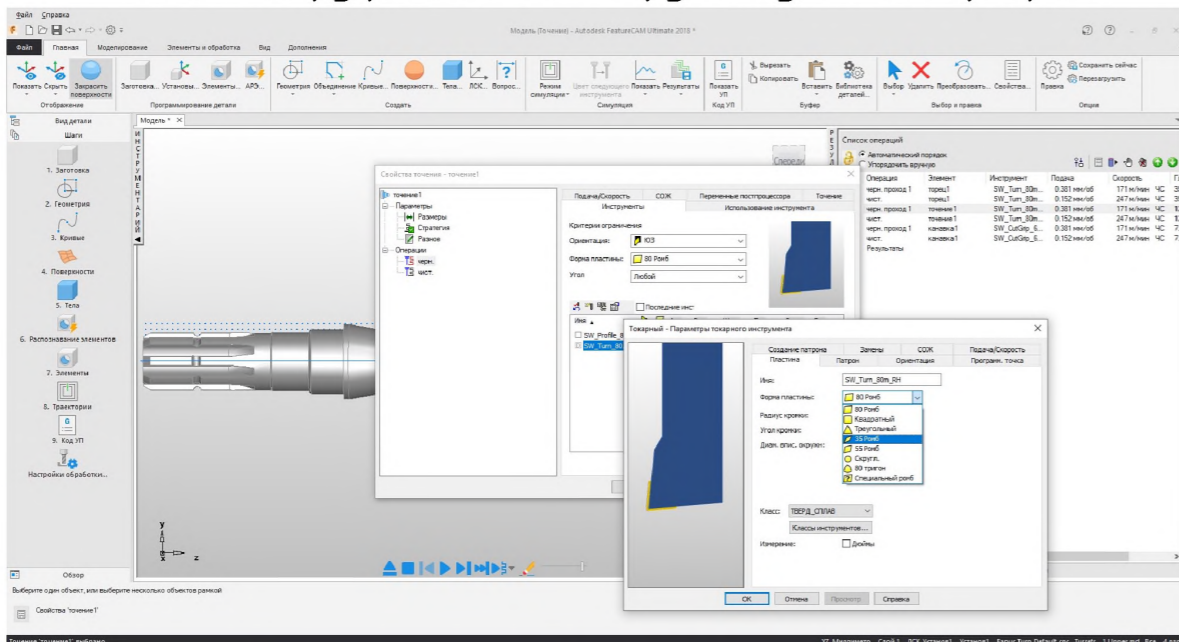
Симуляція «Деформація» в SolidWorks Simulation



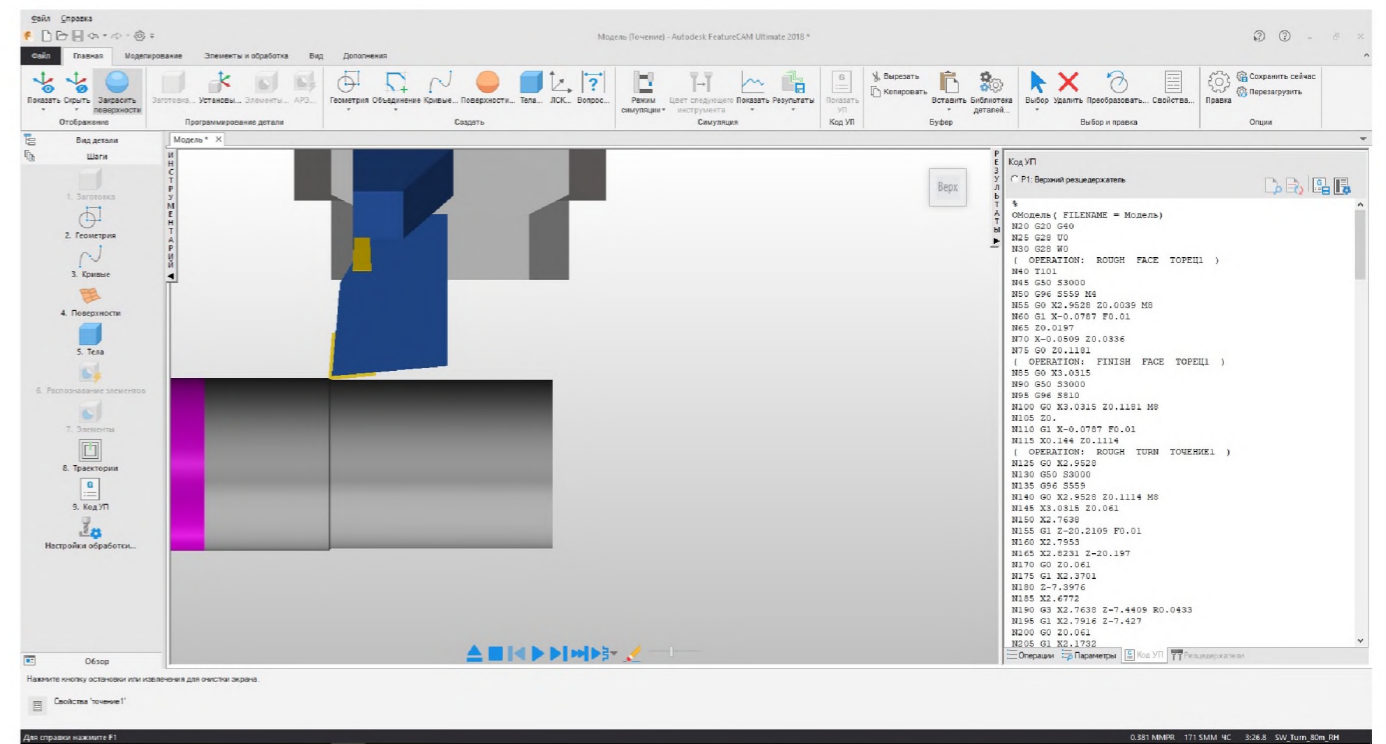
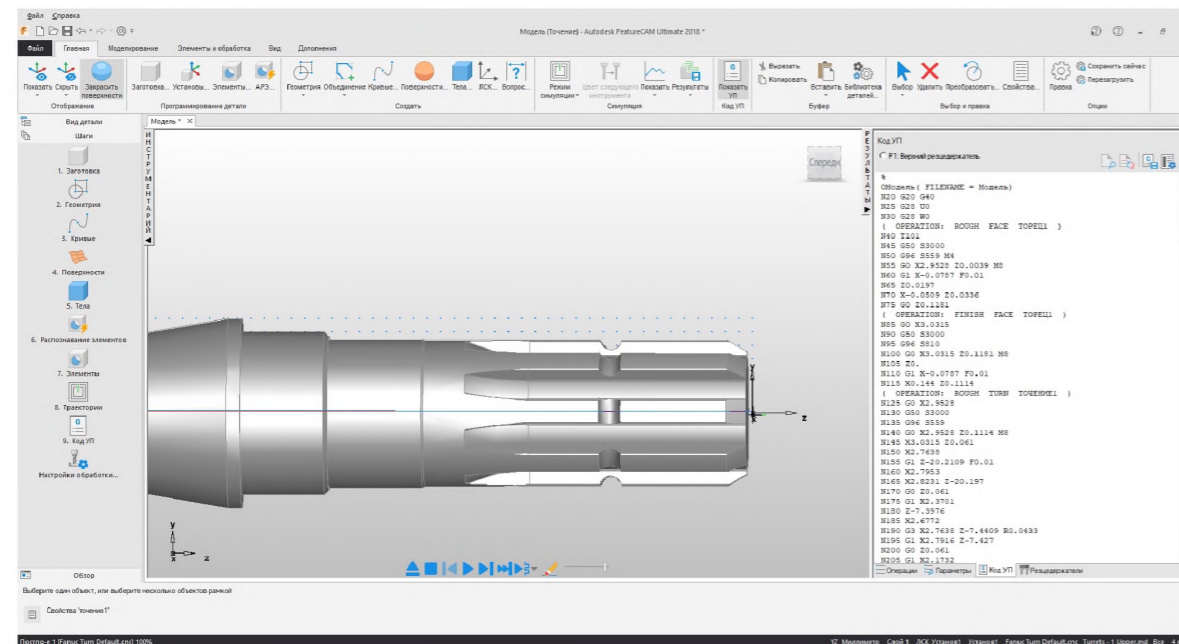
					КНУ.КБР.131.24.4-01.АСРІ			
					Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	Літ.	Маса	Масштаб
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата			Н		
Розробив	Чурилова				Лист	Листів 1		
Керівник	Нечаєв				Кафедра ТМ гр. ЗПМ-21ск			
Н.контр.	Рязанцев							
Затв.	Нечаєв							



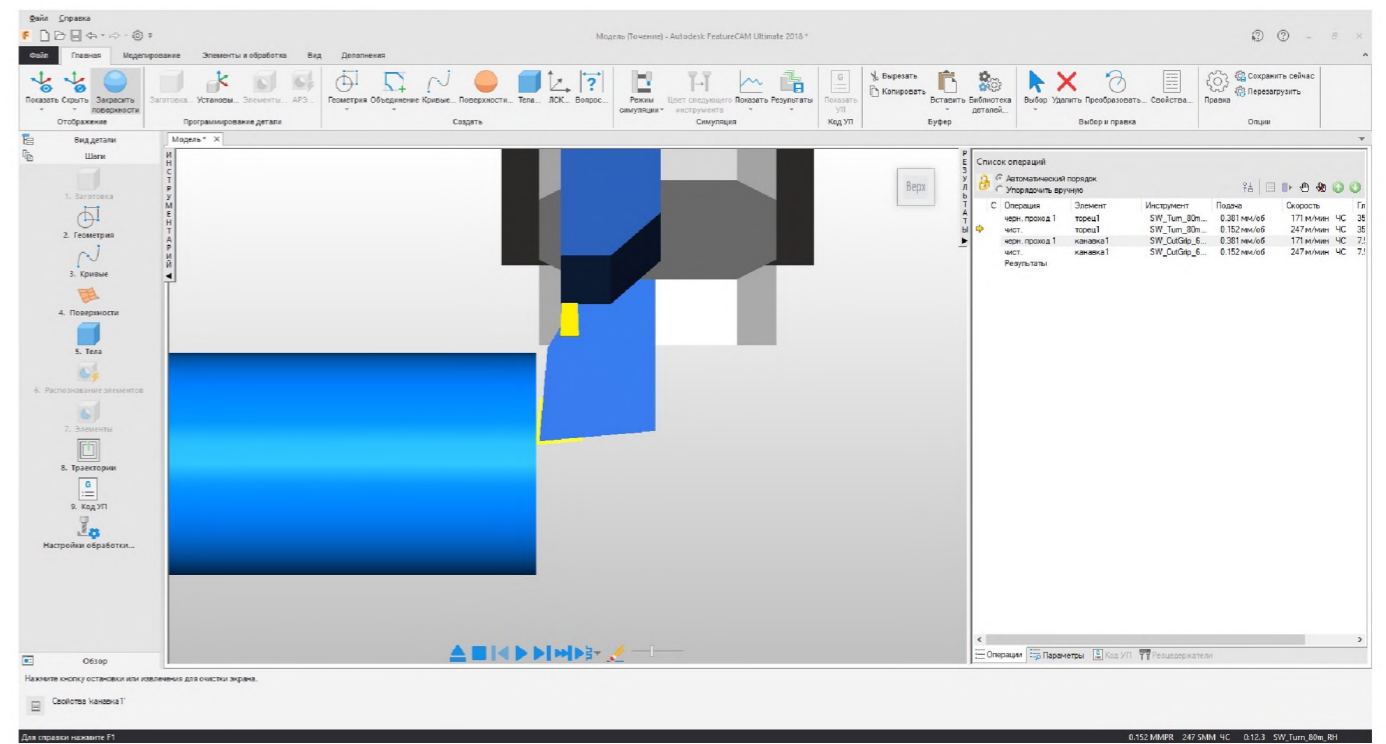
Етап вибору різального інструменту в меню програми



Траєкторія руху інструменту та вікно з фрагментом керуючої програми



Фрагмент моделювання процесу обробки деталі (підрізання торцю)



				КНУ.КБР.131.24.4-01.МПМО			
Зм. Лист	№ док.м.	Підпис	Дата	Моделювання процесу механічної обробки	Лит.	Маса	Масштаб
Розробив	Чурилова				Н		
Керівник	Нечаєв				Лист	Листів	1
Н.контр.	Рязанцев			Кафедра ТМ			
Затв.	Нечаєв			гр. ЗПМ-21ск			