

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 «Напівмуфта» та обґрунтування параметрів різального інструменту з використанням САПР технологій

Виконав: здобувач групи ЗПМ-23ск
Гладкий Д.С.

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

Кривий Ріг
2026 р.

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ**

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

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

Виконав здобувач гр. ЗПМ-23ск	_____	Дмитро ГЛАДКИЙ
	(підпис)	
Керівник КБР	_____	Антон РЯЗАНЦЕВ
	(підпис)	
Нормоконтроль	_____	Василь НЕЧАЄВ
	(підпис)	
Завідувач кафедри	_____	Антон РЯЗАНЦЕВ
	(підпис)	

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

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

(дата)

(підпис)

ЗАВДАННЯ **на кваліфікаційну бакалаврську роботу**

Здобувача групи ЗПМ-23ск Гладкого Дмитра Сергійовича

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

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

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

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

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

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

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Напівмуфта. 2. Верстатно-інструментальне налагодження. 3. Фреза дискова фасонна. 4. Моделювання процесу обробки. 5. Інженерний аналіз спеціального різального інструменту.

6. Календарний план:

№ з/п	Етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання
1.	Розробка та узгодження технічного завдання	25.02.2026
2.	Технічне завдання та аналіз вихідних даних	01.03.2026
3.	Призначення об'єкту виробництва	03.03.2026
4.	Аналіз технологічності деталі.	10.03.2026
5.	Креслення деталі (А1-А4).	18.03.2026
6.	Вибір та обґрунтування послідовності обробки поверхонь деталі.	24.03.2026
7.	Розробка технологічного маршруту обробки деталі.	05.04.2026
8.	Вибір параметрів різальної частини інструментів.	12.04.2026
9.	Розрахунок конструктивних параметрів різальної частини інструменту.	19.04.2026
10.	Вибір розмірів різального інструменту.	25.04.2026
11.	Креслення спеціального різального інструменту (А2-А4).	01.05.2026
12.	Креслення з інженерним аналізом спеціального різального інструменту	04.05.2026
13.	Вибір допоміжних інструментів.	08.05.2026
14.	Розробка та креслення об'єднаного верстатно-інструментального налагодження (А1-А2)	12.05.2026
15.	Моделювання та програмування операцій механічної обробки	15.05.2026
16.	Креслення змодельованого процесу обробки (А1-А2)	22.05.2026
17.	Організаційно-економічна підготовка виробництва.	27.05.2026
18.	Висновки	01.06.2026
19.	Оформлення РПЗ	07.06.2026
20.	Попередній захист	15.06.2026

Дата видачі завдання: «_____» _____ 2026 р.

Завдання видав керівник КБР

/Рязанцев А.О./

Завдання отримав
здобувач освіти

/Гладкий Д.С./

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до КРБ містить: 51 стор., 40 рисунків, 15 таблиць, 5 листів графічної частини.

Дана кваліфікаційна бакалаврська робота присвячена конструкторсько-технологічній підготовці виготовлення деталі «Напівмуфта» та обґрунтуванню параметрів різального інструменту з використанням сучасних систем автоматизованого проектування (САПР). Робота охоплює комплекс питань, пов'язаних із аналізом конструктивних особливостей деталі, розробкою технологічного процесу її виготовлення, вибором та обґрунтуванням раціональних параметрів різального інструменту, а також застосуванням CAD/CAM-технологій для підвищення ефективності технологічної підготовки виробництва.

Об'єктом дослідження є технологічний процес механічної обробки деталі «Напівмуфта» в умовах серійного машинобудівного виробництва.

Предметом дослідження є методи та засоби конструкторсько-технологічної підготовки виробництва деталі «Напівмуфта», параметри різального інструменту для її механічної обробки, а також САПР-технології як інструментальна база для автоматизації проектування технологічного процесу та підвищення його ефективності.

Традиційні методи проектування технологічних процесів є трудомісткими, потребують значних часових витрат і не завжди забезпечують оптимальні рішення щодо вибору інструменту, режимів різання та послідовності обробки. Натомість сучасні CAD/CAM-системи, зокрема SolidWorks, дозволяють суттєво скоротити цикл підготовки виробництва, автоматизувати розрахунки режимів різання, моделювати процес обробки в тривимірному просторі та виявляти потенційні помилки ще на стадії проектування – до запуску деталі у виробництво.

Окремої уваги заслуговує питання обґрунтування параметрів різального інструменту. Неправильний вибір геометрії інструменту, різальної частини або режимів різання призводить до передчасного зносу інструменту, погіршення якості обробленої поверхні та зростання виробничих витрат. Наукове обґрунтування цих параметрів на основі сучасних методів розрахунку та комп'ютерного моделювання є актуальним завданням.

Отже, тема роботи є актуальною з огляду на необхідність інтеграції САПР-технологій у навчальний і виробничий процеси, підготовки фахівців, здатних вирішувати комплексні інженерні задачі із застосуванням сучасного програмного забезпечення, а також підвищення загального рівня технологічної культури машинобудування та цифрової трансформації промисловості.

НАПІВМУФТА, НАСОС ЦИРКУЛЯЦІЇ, ІНСТРУМЕНТ, SOLIDWORKS, ПРОДУКТИВНІСТЬ, ДИСКОВА ФАСОННА ФРЕЗА.

					КНУ.КБР.131.26.4-01Р			
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата				
Розроб.		Гладкий			Реферат			
Перевір.		Рязанцев						
Реценз.								
Н. контр.		Нечаєв						
Зав. каф.		Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Аркшів	
					Каф. ТМ, гр. ЗПМ-23ск			

ABSTRACT

The explanatory note to QBW contains: 51 pages, 40 figures, 15 tables, 5 sheets of the graphic part.

This bachelor's qualification thesis is devoted to the design and technological preparation of manufacturing the “Half Coupling” component and the justification of cutting tool parameters using modern Computer-Aided Design (CAD) systems. The work covers a comprehensive range of issues related to the analysis of the component's design features, the development of its manufacturing process, the selection and justification of rational cutting tool parameters, as well as the application of CAD/CAM technologies to improve the efficiency of production planning and technological preparation.

The object of the research is the machining process of the “Half Coupling” component under conditions of serial machine-building production.

The subject of the research includes methods and tools for the design and technological preparation of manufacturing the “Half Coupling” component, the cutting tool parameters required for its machining, and CAD technologies as an instrumental basis for automating process design and enhancing its efficiency.

Traditional methods of process planning are labor-intensive, require significant time expenditures, and do not always provide optimal solutions regarding tool selection, cutting conditions, and machining sequences. In contrast, modern CAD/CAM systems, particularly SolidWorks, make it possible to significantly reduce the production preparation cycle, automate the calculation of cutting parameters, simulate machining processes in a three-dimensional environment, and identify potential errors at the design stage before the component enters production.

Particular attention should be paid to the justification of cutting tool parameters. Incorrect selection of tool geometry, cutting edge configuration, or cutting conditions leads to premature tool wear, deterioration of machined surface quality, and increased production costs. Therefore, the scientific justification of these parameters based on modern calculation methods and computer simulation is an important and relevant task.

Thus, the topic of this thesis is highly relevant due to the need for integrating CAD technologies into educational and industrial processes, training specialists capable of solving complex engineering problems using modern software tools, and improving the overall technological culture of mechanical engineering as well as supporting the digital transformation of industry.

HALF COUPLING, CIRCULATION PUMP, CUTTING TOOL, SOLIDWORKS, PRODUCTIVITY, FORM RELIEVED SIDE MILLING CUTTER.

					КНУ.КБР.131.26.4-01.Р	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Вступ	8
1 Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі	9
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних	9
1.2 Призначення об'єкту виробництва, як елементу вузла, механізму машини з характеристикою будови, принципів роботи, характеристикою кінематичних та силових ланцюгів та передач машини	10
1.3 Розрахунок параметрів точності шпонкового з'єднання	11
2 Технологічна підготовка виробництва деталі	14
2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів заміन	14
2.2 Аналіз якості поверхонь деталей	14
2.3 Технічний контроль робочого креслення	16
2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання	16
3 Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами	20
3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі	20
3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів	25
3.3 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту	27
3.4 Вибір типорозміру допоміжних інструментів	28
4 Проектування та інженерний аналіз різального інструменту	32
4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту	32
4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	33
5 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	37
5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора	37
5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм	38
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	43
6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників	43
6.2 Екологія виробництва та охорона праці при токарних операціях	48
Висновки	50
Список використаних джерел	51

					КНУ.КБР.131.26.4-01.3		
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата	Зміст		
Розроб.	Гладкий						
Перевір.	Рязанцев						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев				Каф. ТМ, гр. ЗПМ-23ск		

ВСТУП

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

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

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

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

					<i>КНУКБР.131.26.4-01.В</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Гладкий</i>			<i>Вступ</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. контр.</i>		<i>Нечаєв</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Рязанцев</i>					
						<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>
							<i>Архів</i>
						<i>Каф. ТМ, гр. ЗПМ-23ск</i>	

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА ТА ДЕТАЛІ

1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

Вихідними даними для виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи слугували креслення деталі «Напівмуфта» та вузла, до якого вона належить, а також задана річна програма випуску – 2000 штук. На рисунку 1.1 представлено 3D-модель зазначеної деталі.

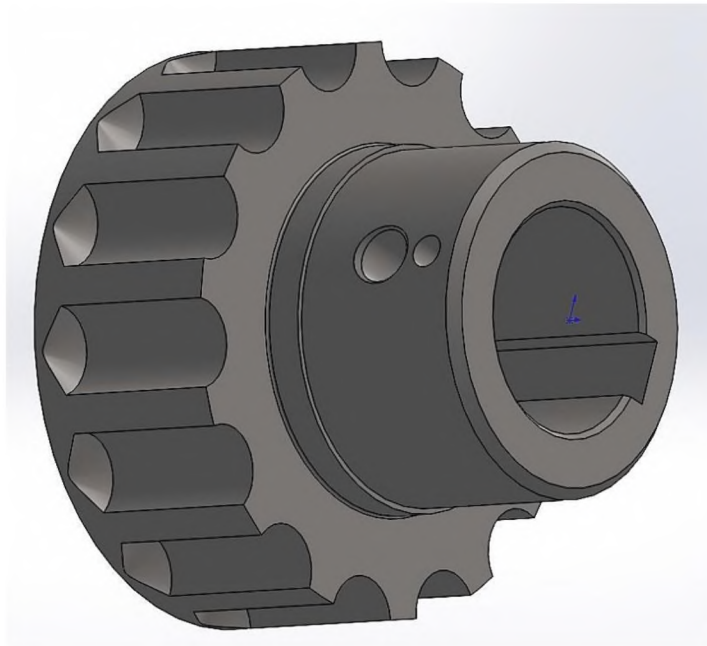


Рисунок 1.1 – 3D-модель деталі «Напівмуфта»

Метою кваліфікаційної бакалаврської роботи є розробка конструкторсько-технологічної документації на виготовлення деталі «Напівмуфта» та наукове обґрунтування параметрів різального інструменту із застосуванням сучасних САПР-технологій для підвищення ефективності технологічного процесу механічної обробки.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Провести аналіз службового призначення деталі «Напівмуфта», її конструктивних особливостей та технічних вимог до виготовлення згідно з кресленням.

2. Здійснити аналіз технологічності конструкції деталі за якісними та кількісними показниками.

3. Розробити маршрутний технологічний процес механічної обробки деталі «Напівмуфта».

					<i>КНУ.КБР.131.26.4-01.01.АСПМ</i>		
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата			
Розроб.	Гладкий				<i>Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі</i>		
Перевір.	Рязанцев						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Архів
					<i>Каф. ТМ, гр. ЗПМ-23ск</i>		

4. Виконати розрахунок та обґрунтування параметрів різального інструменту для ключових операцій технологічного процесу.

5. Розрахувати режими різання та технічні норми часу на технологічні операції.

6. Застосувати САПР-технології для тривимірного моделювання деталі, розробки керуючих програм для верстатів із ЧПК та візуалізації процесу обробки.

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

Муфта (рис. 1.2) є складовою частиною насоса циркуляції гарячого водопостачання марки К 20/30. Муфта надійно з'єднує вал електродвигуна з валом насоса, пом'якшує вібрацію, компенсує невелику неспіввісність валів, проста у виготовленні та зручна в обслуговуванні та ремонті.

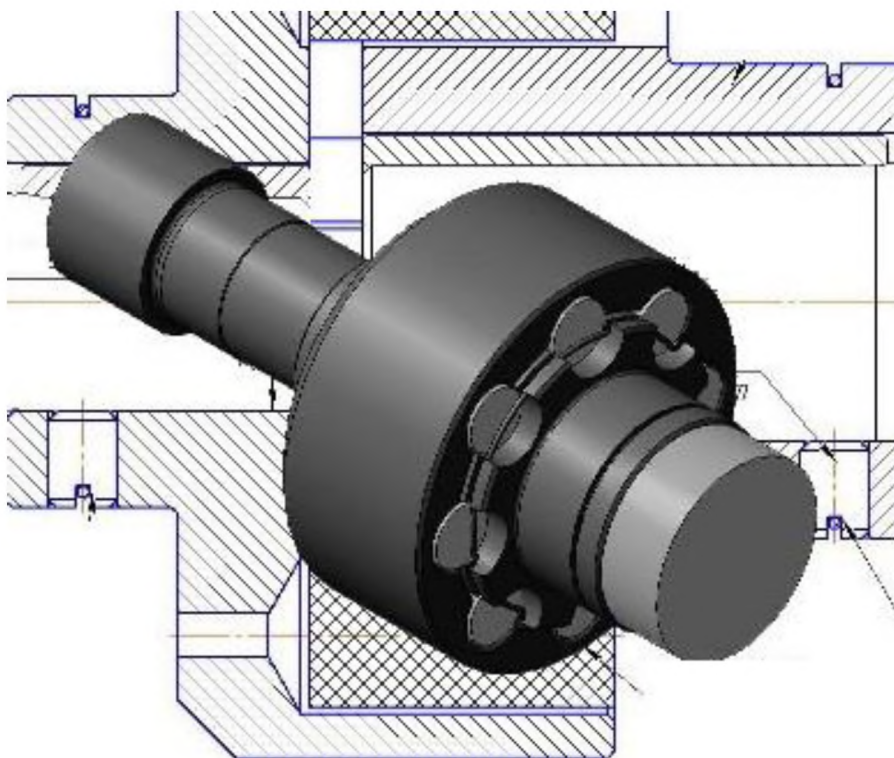


Рисунок 1.2 – Муфта насосу

Муфта складається з двох напівмуфт (рис. 1.1). Велика напівмуфта кріпиться на вал насоса, мала напівмуфта кріпиться на вал електродвигуна, від провертання та усунення напівмуфти фіксуються шпонками та стопорними гвинтами. Обертання передається через гумові пальці.

Відцентровий консольний насос К20/30 (рис. 1.3) – призначений для роботи в стаціонарних умовах з перекачування чистої води (крім морської) з рН 6...9, температурою від 0°C до + 85°C та інших рідин подібних з чистою водою за щільністю, в'язкості та хімічної активності, що містять тверді концентрації 0,1%.

					КНУ.КБР.131.26.4-01.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

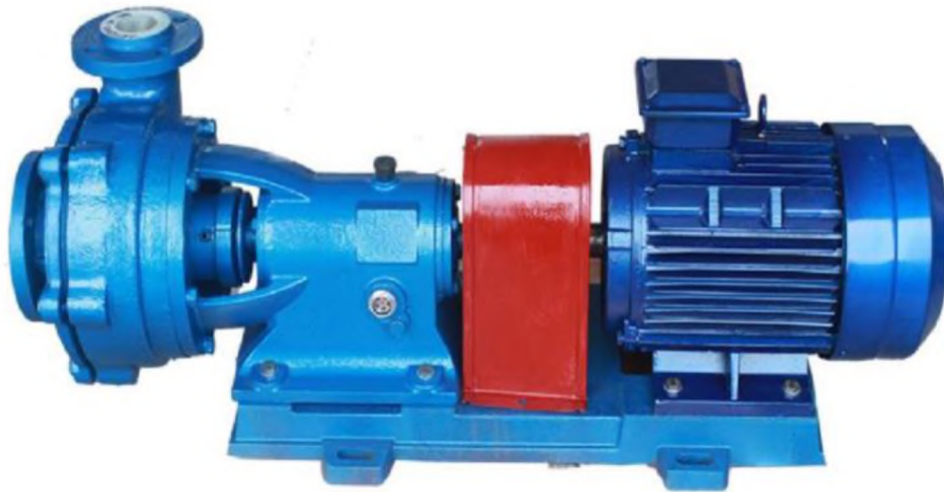


Рисунок 1.3 – Відцентровий консольний насос К20/30

Таблиця 1.1 – Характеристики насоса К 20/30

Параметр	Значення
Максимальний тиск, м	30.0
Пропускна спроможність, м ³ /год	20
Середина, що перекачуються	Чиста вода
Установка насоса	Горизонтальна
Мінімальна температура робочої рідини, град.	0
Максимальна температура робочої рідини, град.	+85
Тип приєднання	Фланцеве
Вага, кг	36.0
Потужність двигуна, кВт	4
Частота обертання, об/хв	2900
Допустимий кавітаційний запас, м	3.8
Тиск на вході, кг/см ²	трохи більше 2
Вага, кг	36
Вага агрегату, кг	87
Потужність насоса, кВт	2.7
ККД насоса, %	не менше 64
Витік через сальникове ущільнення, л/година	не більше 2

1.3 Розрахунок параметрів точності шпонкового з'єднання

Конструктивним елементом напівмуфти є шпонковий паз з шириною 12D10. Напівмуфта з'єднується з валом через шпонку, утворюючи тим самим шпонкове з'єднання. Доцільно провести розрахунок даного з'єднання.

Шпонкове з'єднання ($\varnothing 40 - 12 \times 8 - 1$).

$$1. D = 40; d = 40; b = 12; B_B = 12; B_{BT} = 12; h = 8; a = d - t_1 = 40 - 5 = 35; \\ A = D + t_2 = 40 + 3,3 = 43,3.$$

2. $D = 40H9$ (поле допуску шестерні);

					КНУ.КБР.131.26.4-01.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d = 40\text{м7};$$

$$b = 12\text{h9};$$

$$h = 8\text{h11};$$

$$B_B = 12\text{H9};$$

$$a = 35\text{h14};$$

$$B_{BT} = 12\text{D10};$$

$$A = 43,3\text{H14}.$$

3. $12\text{h9}: es = 0; ei = -43 \text{ мкм}.$
 $12\text{H9}: ES_B = +43 \text{ мкм}; EI_B = 0.$
 $12\text{D10}: ES_{BT} = +120 \text{ мкм}; EI_{BT} = +50 \text{ мкм}.$

4. $b_{\max} = b_H + es = 12 + 0 = 12,0;$
 $b_{\min} = b_H - ei = 12 + (-0,043) = 11,957;$
 $B_{B\max} = B_B + ES_B = 12 + 0,043 = 12,043;$
 $B_{B\min} = B_B + EI_B = 12 + 0 = 12;$
 $B_{BT\max} = B_{BT} + ES_{BT} = 12 + 0,120 = 12,120;$
 $B_{BT\min} = B_{BT} + EI_{BT} = 12 + 0,050 = 12,050.$

5. $Tb = b_{\max} - b_{\min} = 12 - 11,957 = 0,043;$
 $Tb = es - ei = 0 - (-43) = 43 \text{ мкм};$
 $TB_B = B_{B\max} - B_{B\min} = 12,043 - 12 = 0,043;$
 $TB_B = ES_B - EI_B = 43 - 0 = 43 \text{ мкм};$
 $TB_{BT} = B_{BT\max} - B_{BT\min} = 12,120 - 12,050 = 0,070;$
 $TB_{BT} = ES_{BT} - EI_{BT} = 120 - 50 = 70 \text{ мкм}.$

6. $12 \frac{H9}{h9}$ – з'єднання шпонки зі шпонковим пазом вала виконано з зазором.
 $12 \frac{D10}{h9}$ – з'єднання шпонки зі шпонковим пазом втулки виконано з зазором.

7. Шпонка – шпонковий паз вала.
 $S_{B\max} = B_{B\max} - b_{\min} = 12,043 - 11,957 = 0,086;$
 $S_{B\max} = ES_B - ei = 43 - (-43) = 86 \text{ мкм};$
 $S_{B\min} = B_{B\min} - b_{\max} = 12 - 12 = 0;$
 $S_{B\min} = EI_B - es = 0 - 0 = 0.$

Шпонка – шпонковий паз втулки.

$$S_{BT\max} = B_{BT\max} - b_{\min} = 12,120 - 11,957 = 0,163;$$

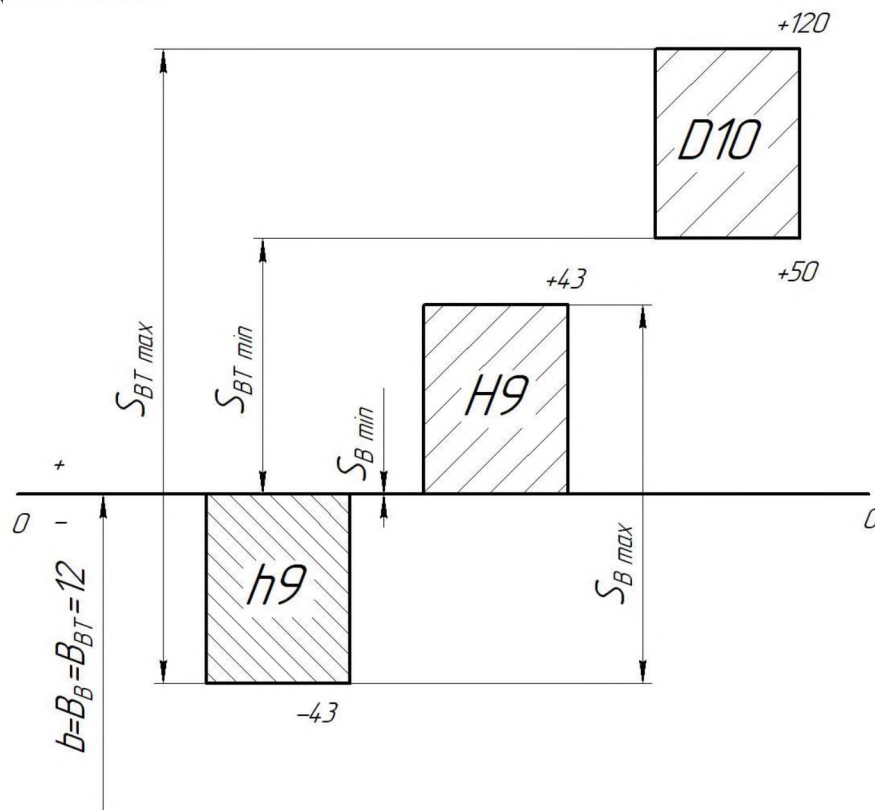
$$S_{BT\max} = ES_{BT} - ei = 120 - (-43) = 163 \text{ мкм};$$

$$S_{BT\min} = B_{BT\min} - b_{\max} = 12,050 - 12 = 0,050;$$

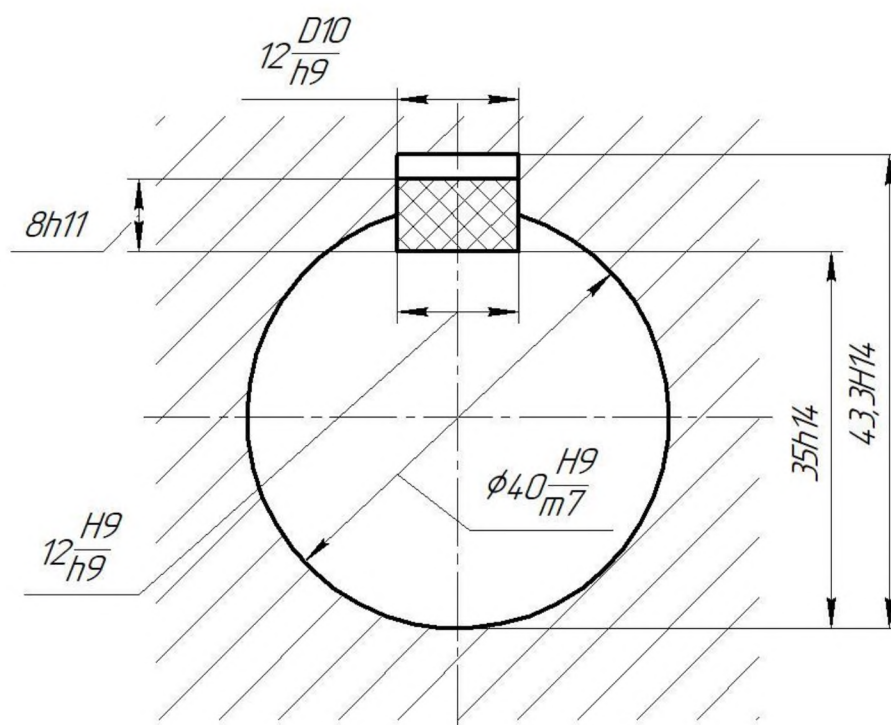
					КНУ.КБР.131.26.4-01.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_{BT \min} = EI_{BT} - es = 0,050 - 0 = 0,050 \text{ мм.}$$

На рис.1.4 показана схема полів допусків шпонкового з'єднання, а на рис. 1.5 – відповідний ескіз.



Рисунку 1.4 – Схема полів допусків шпонкового з'єднання



Рисунку 1.5 – Ескіз шпонкового з'єднання

					КНУ.КБР.131.26.4-01.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

Напівмуфта – частина муфти, яка складається з двох виконаних у вигляді фланців напівмуфт, насаджених на кінці валів і з'єднаних між собою. Виконана зі сталі 45 ДСТУ 7809:2015.

Сталь 45 – це якісна конструкційна вуглецева сталь (0,42–0,50% вуглецю), що відзначається високою міцністю, зносостійкістю та твердістю після термічної обробки. Це популярний матеріал для деталей, що працюють під навантаженням (вали, шестерні), але має обмежену зварюваність, схильна до корозії та вимагає гартування для кращої експлуатації.

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

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 45 ДСТУ 7809:2015

Хімічний елемент	%
Вуглець (C)	0.42 – 0.4
Сіліційум (Si)	0.17 – 0.37
Марганець (Mn)	0.5 – 0.8
Хром (Cr)	до 0.25
Нікель (Ni)	до 0.25
Купрум (Cu)	до 0.25
Фосфор (P), не більше	0.035
Сірка (S), не більше	0.035

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 45 ДСТУ 7809:2015

σ_T , МПа	σ_{BP} , МПа	δ_5 , %	Ψ , %	a_H , <i>Дж/см²</i>	Твердість, НВ
не менше				50	не більше
360	610	16	40		241

2.2 Аналіз якості поверхонь деталей

З огляду на встановлені вимоги до точності виготовлення та параметрів якості поверхонь деталей, визначаємо послідовність технологічних операцій обробки. Обраний комплекс методів у своїй сукупності забезпечує досягнення показників якості поверхні, зазначених на робочому кресленні. Вибрана послідовність технологічної обробки наведена в таблиці 2.3.

					КНУ.КБР.131.26.4-01.02.ТПВД					
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата						
Розроб.		Гладкий			Технологічна підготовка виробництва деталі			Літ.	Арк.	Аркшів
Перевір.		Рязанцев								
Реценз.										
Н. контр.		Нечаєв								
Зав. каф.		Рязанцев								
					Каф. ТМ, гр. ЗПМ-23ск					

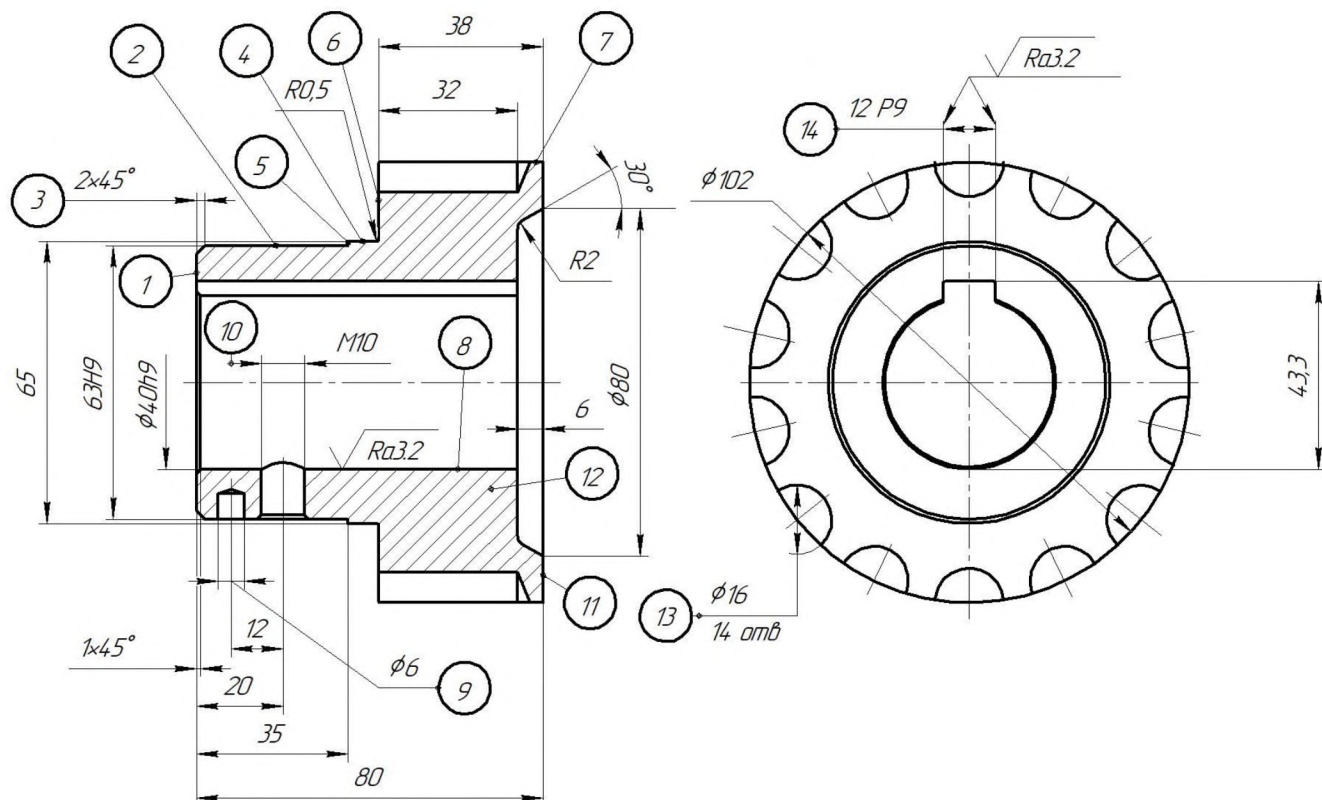


Рисунок 2.1 – Нумерація поверхонь напівмуфти

Таблиця 2.3 – Технологічні методи з обробки поверхонь деталі

№ пов.	Розмір, мм	Шорсткість, Ra	Допуск, $\pm IT$	Послідовність технологічних методів обробки
1	2	3	4	5
1, 11	80	12,5 6,3	h14 h10	Чорнове підрізання торця Півчистове підрізання торця
2, 3	$\varnothing 63$	12,5 6,3 3,2	h14 h14 h10	Чорнове точіння Півчистове точіння Чистове точіння Зняття фаски
4	$\varnothing 65$	12,5 6,3	h14 h14	Чорнове точіння Півчистове точіння
5	35	6,3	h14	Точіння торця півчистове
6	38	12,5 6,3	h14 h14	Чорнове підрізання торця Півчистове підрізання торця
7	$\varnothing 102$	12,5 6,3	h14 h14	Чорнове точіння Пів чистове точіння
8	$\varnothing 40$	6,3 3,2	H14 H9	Свердління Розсвердлювання
9	$\varnothing 6$	6,3 3,2	H14 H14	Свердління Розсвердлювання

Арк.

КНУ.КБР.131.26.4-01.02.ТПВД

Змн. Арк. № док. Підпис Дата

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6
10	Ø10	6,3 3,2	H14 H14	Свердління Розсвердлювання	
12	Ø80	6,3 3,2	H14 H14	Півчистове розточування	
13	Ø16	6,3 3,2	H14 H14	Чернове фрезерування Півчистове фрезерування	
14	B12	3,2	P9	Протягування чистове	

2.3 Технічний контроль робочого креслення

На кресленні деталі зображений головний вид у розрізі та вид зліва, проставлені всі потрібні розміри, шорсткість та допуски на відхилення, які необхідні для виготовлення деталі. Технічні умови містять необхідну інформацію, в штампі креслення указана інформація про матеріал деталі, масштаб креслення. Додатково міститься інформація про невказану шорсткість, яка складає Ra 6,3.

Деталь забезпечує можливість використання високопродуктивних режимів механічної обробки, має зручні базові поверхні для виконання первинних операцій, а також характеризується простою геометричною конфігурацією та раціональною конструктивною формою.

Зовнішні поверхні можуть застосовуватися як установчі та опорні бази під час механічної обробки. Окрім цього, вони придатні для використання як базові елементи в процесі складання.

2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання

Технологічний процес виготовлення деталі «Напівмуфта» складається з наступної послідовності операцій:

005 – токарна чорнова

010 – токарна чистова

015 – протяжна

З урахуванням запланованого обсягу робіт і специфіки попередньо визначених способів обробки поверхонь виконується підбір відповідних типів металорізального обладнання та різального інструменту. Відомості щодо обраного обладнання й інструментального оснащення наведено в таблиці 2.6.

Для виконання операцій 005 та 010 (токарних) прийнято горизонтально-токарний верстат з числовим програмним керуванням моделі HAAS ST-20 (рис. 2.2). Технічні характеристики обраного горизонтально-токарного верстата з ЧПК наведено в таблиці 2.4.

					КНУ.КБР.131.26.4-01.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

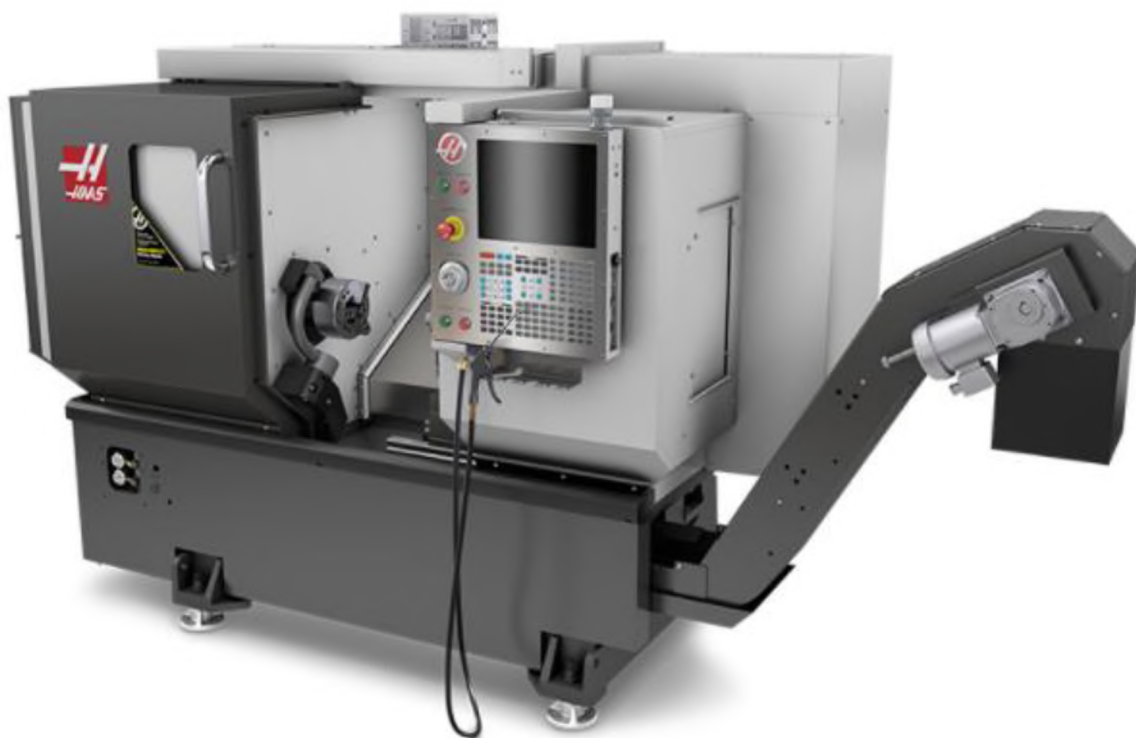


Рисунок 2.2 – Горизонтально-токарний верстат з ЧПК моделі HAAS ST-20

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики верстату моделі HAAS ST-20

№ з/п	Параметр	Значення
1	2	3
	Максимальна довжина різання, мм	572
	Максимальний діаметр оброблюваної деталі, мм	533
	Найбільший діаметр прутка, мм	64
	Діаметр отвору шпинделя, мм	88.9
	Максимальна швидкість, 2000 об / хв	4000
	Розмір патрона, мм	210
	Максимальна потужність, кВт	14,9
	Напруга змінного струму на вході (трифазний): низька, В	40
	Вага верстата, кг	4000
	Об'єм МОР, л	208

Для протяжної операції обираємо горизонтально-протяжний верстат моделі 7Б56 (рис. 2.3). Його технічні характеристики наведено в табл. 2.5.

					КНУ.КБР.131.26.4-01.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.3 – Горизонтально-протяжний верстат мод. 7Б56

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики верстату мод. 7Б56

Параметр	Значення
Клас точності	Н
Діаметр отвору під планшайбу в опорній плиті, мм	200
Діаметр отвору в планшайби, мм	160
Найбільша довжина ходу робочих санчат, мм	1600
Найбільша налаштована довжина ходу робочих санчат, мм	1550
Номінальне тягове зусилля, тс	20
Відстань від станини до осі отвору під планшайбу в опорній плиті, мм	280
Найбільша швидкість робочого ходу, м / хв	13
Найменша швидкість робочого ходу, м / хв	1,5
Розміри робочої поверхні передньої опорної плити верстата, мм	450x450
Максимальний зовнішній діаметр оброблюваної деталі, мм	600
Довжина протягання: найбільша / найменша, мм	1715 / 400
Конусний отвір в кронштейні допоміжних санчат	Морзе-5
Відстань від низу підстави верстата до осі протягання, мм	975
Діаметр планшайби, м	360
Кількість Т-подібних пазів, шт	4
Ширина Т-подібних пазів в планшайбе, мм	14Н9
Габаритні розміри верстата (Д x Ш x В), мм	7200x2135x1950
Вага верстата, кг	7000

					КНУ.КБР.131.26.4-01.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.5 – Вибір металорізальних верстатів та інструментів

№ з/п	Найменування операції	Тип верстату
1	2	3
1	Чорнове - пів чистове підрізання торця	HAAS ST-20
2	Чорнове - пів чистове точіння Чистове точіння	HAAS ST-20
3	Зняття фаски	HAAS ST-20
4	Чорнове - пів чистове точіння	HAAS ST-20
5	Чорнове - пів точіння	HAAS ST-20
6	Чорнове - пів підрізання	HAAS ST-20
7	Чорнове - пів чистове точіння	HAAS ST-20
8	Свердління Розсвердлювання	HAAS ST-20
9	Свердління	HAAS ST-20
10	Свердління Нарізання різьби	HAAS ST-20
11	Чорнове - пів чистове підрізання	HAAS ST-20
12	Розточування	HAAS ST-20
13	Чорнове фрезерування Пів чистове фрезерування	HAAS ST-20
14	Протягування чистове	7Б56

					КНУ.КБР.131.26.4-01.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

З ВИБІР РІЗАЛЬНИХ ТА ДОПОМІЖНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ЗА МІЖНАРОДНИМИ СТАНДАРТАМИ

3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі

Беручи до уваги обсяг і специфіку раніше визначених технологічних способів обробки поверхонь, здійснюємо вибір сучасних типів інструменту, що пропонуються вітчизняними та закордонними виробниками. Для кожної поверхні деталі виконується обґрунтований підбір відповідного інструменту з подальшим поданням його ескізного зображення. Узагальнені результати наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Вибір типів інструментів по обробці поверхонь деталі

№ з/п поверхні	Найменування операції	Тип інструмента
1	Півчистове підрізання торця	Підрізний різець
2	Півчистове точіння Чистове точіння	Прохідний різець
3	Зняття фаски	Прохідний різець
4	Півчистове точіння	Прохідний різець
5	Півчистове точіння	Прохідний різець
6	Півчистове підрізання торця	Підрізний різець
7	Півчистове точіння	Прохідний різець
8	Свердління Розсвердлювання	Свердло Розточний різець
9	Свердління	Свердло
10	Свердління Нарізання різьби	Свердло Мітчик
11	Півчистове підрізання	Підрізний різець
12	Розточування	Розточний різець
13	Чорнове фрезерування Півчистове фрезерування	Дискова фасонна фреза
14	Протягування	Протяжка

Розглядаються інструменти виробництва як вітчизняних, так і закордонних компаній. Узагальнені результати наведено в таблиці 3.2.

Позиції: 1,6,11 – торці; 2,3,4,5,7 – циліндричні поверхні.

Чорнове та півчистове підрізання торців та точіння циліндричних поверхонь.

Геометричні параметри державки: $h=20\text{мм}$; $b=20\text{мм}$; $l_1=125\text{мм}$; $f_1=25\text{мм}$; $l_3=38\text{мм}$.

					КНУ.КБР.131.26.4-01.03.ВРДІ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Гладкий				Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами	Літ.	Арк.	Архців
Перевір.	Рязанцев							
Реценз.								
Н. контр.	Нечаєв							
Зав. каф.	Рязанцев							
						Каф. ТМ, гр. ЗПМ-23ск		

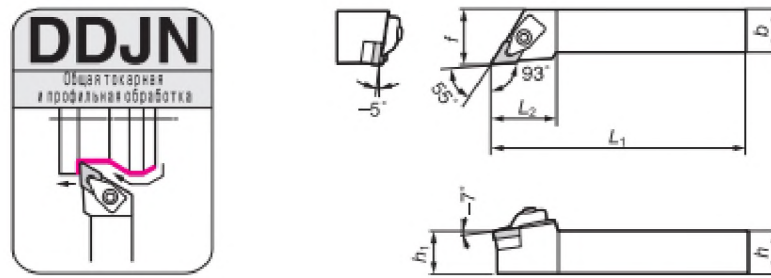


Рисунок 3.1 – Державка DDJN R/L2020K15 [1, ст.С9]

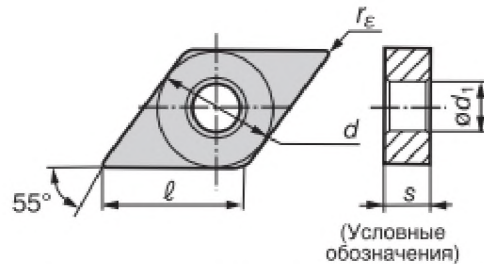


Рисунок 3.2 – Пластина DNNMG150408N- UX [1, ст. С9]

Геометричні параметри пластини: $d=12.7\text{мм}$; $l=15.5\text{мм}$; $s=4.76\text{мм}$; $d_1=5.16\text{мм}$ $r_3=0.8\text{мм}$

Позиція 2 – Чистове точіння

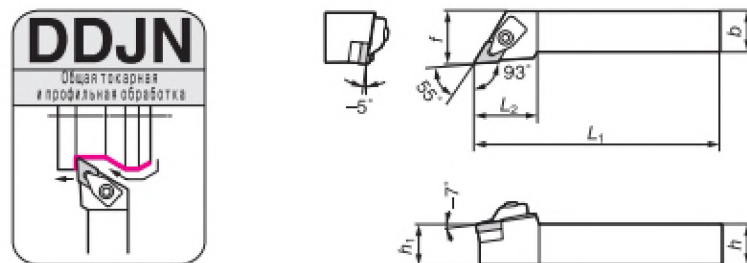


Рисунок 3.3 – Державка DDJN R/L2020K15 [1, ст.С9]

Геометричні параметри державки: $h=20\text{мм}$; $b=20\text{мм}$; $l_1=125\text{мм}$; $f_1=25\text{мм}$; $l_3=38\text{мм}$.

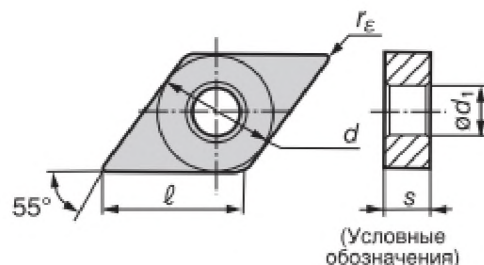


Рисунок 3.4 – Пластина DNNMG150408N-SX [1, ст. С9]

Геометричні параметри пластинки: $d=12.7\text{мм}$; $l=15.5\text{мм}$; $s=4.76\text{мм}$; $d_1=5.16\text{мм}$ $r_3=0.8\text{мм}$

					КНУ.КБР.131.26.4-01.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Позиція 12 – чорнове та півчистове розточування

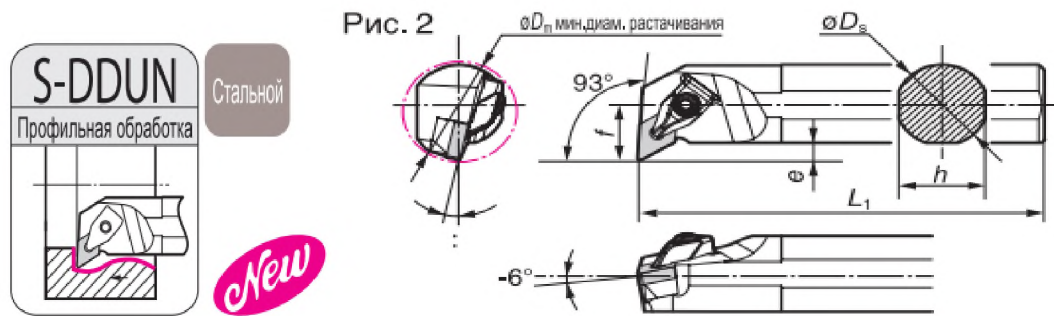


Рисунок 3.5 – Державка S50U-DDUN R/L1504-63[1, ст.Е65]

Геометричні параметри державки: $D_m = 63\text{мм}$; $D_s = 50\text{мм}$; $h = 41\text{мм}$; $L_1 = 350\text{мм}$; $f = 31.5\text{мм}$; $e = 8\text{мм}$

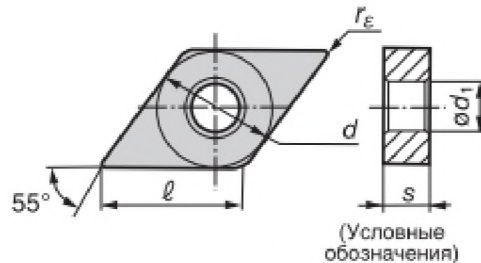


Рисунок 3.6 – Пластина DNNMG150412N-SX [1, ст.В31]

Геометричні параметри пластинки: $d = 12.7\text{мм}$; $\ell = 15.5\text{мм}$; $s = 4.76\text{мм}$; $d_1 = 5.16\text{мм}$; $r_3 = 1.2\text{мм}$

Позиція 8 – свердління

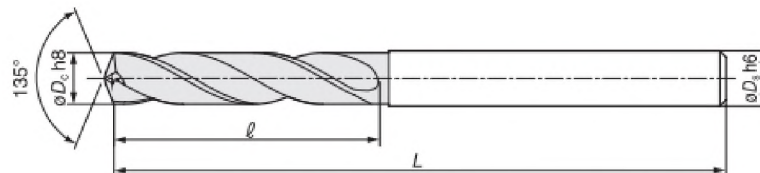


Рисунок 3.7 – Свердло MDW2000GS4 [1, ст.І10]

Геометричні параметри свердла: $D_c = 20\text{мм}$; $D_s = 20\text{мм}$; $L = 179\text{мм}$; $\ell = 114\text{мм}$.

Розсвердлювання:

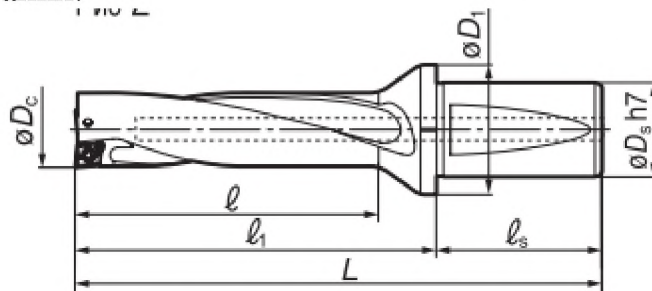


Рисунок 3.8 – Свердло WDX 400D4S40[1, ст.І58]

					КНУ.КБР.131.26.4-01.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Геометричні параметри свердла: $D_c=40\text{мм}$ $D_s=40\text{мм}$ $L=265\text{мм}$; $l=265\text{ мм}$; $l_1=195\text{мм}$; $l_s=70\text{ мм}$; $D_1=49.5\text{ мм}$

Рис 5



Рисунок 3.9 – Пластина WDX 125012-G [1, ст. J58]

Геометричні параметри пластинки: $l=12.4\text{мм}$; $b=5\text{мм}$; $r_3=1.2\text{мм}$.

Позиція 9 – свердління

● Тип GS

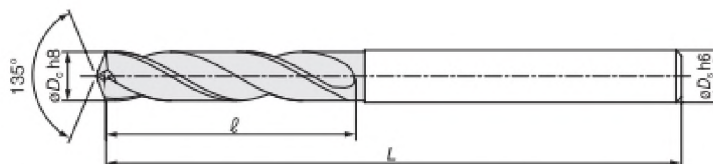


Рисунок 3.10 – Свердло MDW0900GS2 [1, ст. J10]

Геометричні параметри свердла: $D_c=9\text{мм}$; $D_s=9\text{ мм}$; $L=82\text{ мм}$; $l=38\text{ мм}$

Позиція 10 – свердління

● Тип GS

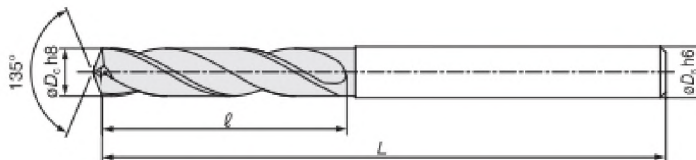


Рисунок 3.11 – Свердло MDW0980GS2 [1, ст. J10]

Геометричні параметри свердла: $D_c=9,8\text{мм}$; $D_s=10\text{ мм}$; $L=87\text{ мм}$; $l=41\text{ мм}$

Нарізання різьби

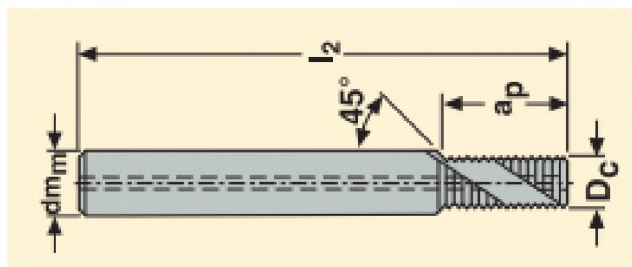


Рисунок 3.12 – Мітчик TM-MF10X1.0ISO-10R1 [2, ст.260]

					КНУ.КБР.131.26.4-01.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Геометричні параметри мітчика: $D_c=10\text{мм}$; $d_{mm}=10\text{мм}$; $l_2=74\text{мм}$; $a_r=20,5\text{мм}$.

Позиція 13 – фасонне фрезерування

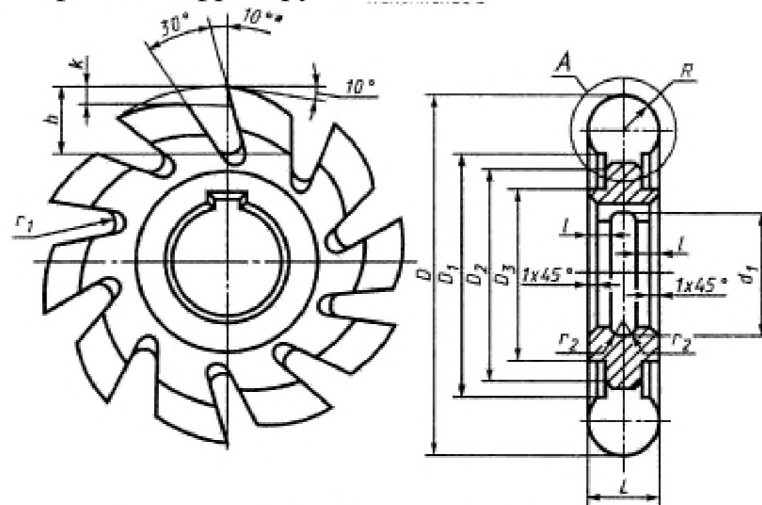


Рисунок 3.13 – Фреза 2262-0059 [3]

Геометричні параметри фрези: $R=8\text{мм}$; $D=80\text{мм}$; $d_1=27\text{мм}$; $L=16\text{мм}$; $h=15\text{мм}$; $k=4,5\text{мм}$; $D_1=51\text{мм}$; $D_2=46\text{мм}$; $D_3=41\text{мм}$; $m=1\text{мм}$; $r_1=2\text{мм}$; $z=10$.

Позиція 14 – протягування.

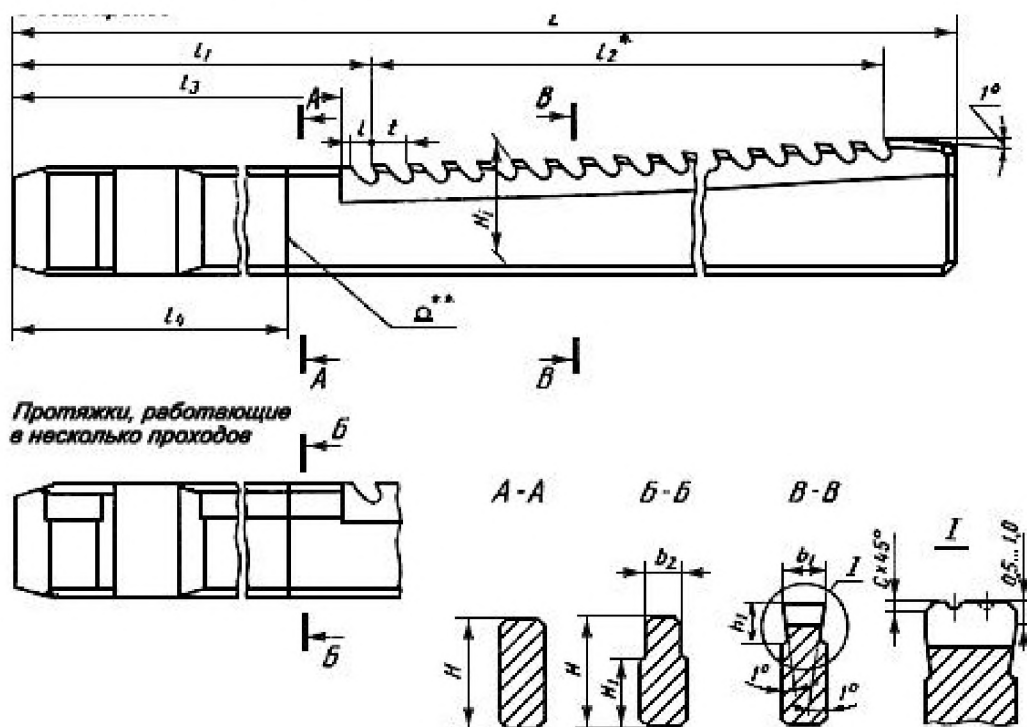


Рисунок 3.14 – Протяжка шпонкова 2405-1712 [4, табл.1]

Геометричні параметри протяжки: $b_1=11,977\text{мм}$; $H=28\text{мм}$; $h_1=6,5\text{мм}$; $L=945\text{мм}$; $l_1=289\text{мм}$; $l_2=630\text{мм}$; $l_3=280\text{мм}$; $c=0,28/+0,08\text{мм}$; $t=9\text{мм}$; $z=71$

					КНУ.КБР.131.26.4-01.03.ВРДІ		Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата			

3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів

Беручи до уваги фізико-механічні характеристики матеріалу деталі, спосіб її оброблення та типи застосованих металорізальних верстатів, для обраних видів металорізального інструменту визначаємо матеріал різальної частини, її геометричні параметри, а також матеріал державки (корпусу або хвостовика).

Таблиця 3.2 – Вибір параметрів різальної частини інструментів за каталогами

№ з/п поверхні	Тип інструменту	Матеріал різальної частини інструменту	Матеріал державки (корпуса, хвостовика) інструменту	Геометричні параметри різальної частини інструмента
1	2	3	4	5
1,6,11	Підрізний різець	Чорнова-AC830P п/ч - AC830P	Сталь 40	$\epsilon=55^\circ$
2,3,4,5,7	Прохідний різець	Чорнова- AC830P п/ч - AC830P Чистовий - AC820P	Сталь 40	$\epsilon=55^\circ$
8	Свердло	Чорнове-п/ч ACX70 Чистове-ACR300	Сталь 40	$\epsilon=135^\circ$
9	Свердло	Чорнове-п/ч ACX70	Сталь 40	$\epsilon=135^\circ$
10	Свердло	Чорнове-п/ч ACX70	Сталь 40	$\epsilon=135^\circ$
10	Мітчик	HSS-PM	Сталь У10	
12	Розточний різець	Твердий сплав (CVD)	Сталь 40	$\epsilon=55^\circ$
13	Фреза дискова	P6M5	P6M5	$\epsilon=80^\circ$
14	Протяжка	Чорнова -P6M5 п/ч - P6M5	Сталь 40	

Таблиця 3.3 – Вибір типорозміру різальних інструментів

Но з/п пов.	Тип інструменту і пластини	Основні розміри інструменту, пластини	Матеріал різальної частини інструменту	Шифр інструменту (державки, пластини) за міжнародними стандартами
1	2	3	4	5
1,6,11	Підрізний різець для підрізки торця	$h=20\text{мм};$ $b=20\text{мм};$ $l_1=125\text{мм};$ $f_1=25\text{мм};$ $l_3=38\text{мм};$ $d=12.7\text{мм};$	Чорнова- AC830P п/ч - AC830P	Державка - DDJN R/L2020K15 Чорнова пластинка - DNNMG150408N- UX п/ч пластинка - DNNMG150408N- UX

					КНУ.КБР.131.26.4-01.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5
1,6,11	Підрізний різець для підрізки торця	$l=15.5\text{мм}; s=4.76\text{мм};$ $d_1=5.16\text{ мм } r_3=0.8\text{мм}$		
2,3,4, 5,7	Прохідний різець для зовнішнього точіння	$h=20\text{мм}; b=20\text{мм};$ $l_1=125\text{мм}; f_1=25\text{мм};$ $l_3=38\text{мм}$ $d=12.7\text{мм}; l=15.5\text{мм};$ $s=4.76\text{мм}; d_1=5.16\text{ мм}$ $r_3=0.8\text{мм}$ $d=12.7\text{мм}; l=15.5\text{мм};$ $s=4.76\text{мм}; d_1=5.16\text{ мм}$ $r_3=0.8\text{мм}$	Чорнова - AC830P п/ч - AC830P чистова - AC820P	Державка - DDJN R/L2020K15 Чорнова пластинка - DNNMG150408N- UX п/ч пластинка - DNNMG150408N- UX чистова пластинка - DNNMG150408N-SX
8	Свердло	$D_c=20\text{мм}; D_s=20\text{ мм};$ $L=179\text{ мм}; l=114\text{ мм}$ $L=265\text{мм}; l=265\text{ мм};$ $l_1=195\text{мм}; l_s=70\text{ мм};$ $D_1=49.5\text{ мм}$ $l=12.4\text{мм}; b=5\text{мм};$ $r_3=1.2\text{мм}$	Чорнова- п/ч ACX70 Чистова – ACP300	Чорнове MDW2000GS4 WDX 400D4S40 п/ч-ч-WDX 125012-G
9	Свердло	$D_c=20\text{мм};$ $D_s=20\text{ мм};$ $L=179\text{ мм}; l=114\text{ мм}$	Чорнове- ACX70 п/ч-ACX70	MDW2000GS4
10	Свердло	$D_c=9,8\text{мм};$ $D_s=10\text{ мм};$ $L=87\text{ мм}; l=41\text{ мм}$	Чорнове- ACX70 п/ч-ACX70	MDW0980GS2
	Мітчик	$D_c=7,8\text{мм};$ $d_{mm}=10\text{мм}; l_2=74\text{мм};$ $a_p=20,5\text{мм}$	HSS-PM	TM-MF10X1.0ISO- 10R1
12	Розточний різець	$D_m=63\text{мм}; D_s=50\text{мм};$ $h=41\text{мм}; L_1=350\text{мм};$ $f=31.5\text{мм}; e=8\text{мм}$ Чорнова $d=12.7\text{мм};$ $l=15.5\text{мм}; s=4.76\text{мм};$ $d_1=5.16\text{ мм } r_3=1,2\text{мм}$ п/ч $d=12.7\text{мм}; l=15.5\text{мм};$ $s=4.76\text{мм}; d_1=5.16\text{ мм}$ $r_3=1,2\text{мм}$	п/ч Твердий сплав (CVD)	S50U-DDUN R/L1504-63 Чорнове- DNNMG150412N-SX п/ч-S50U-DDUN R/L1504-63

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5
13	Фреза дискова фасона	$D_c=27.5\text{мм}; l_4=83\text{мм};$ $l_2=173\text{мм}; l_{1s}=113\text{мм};$ $l_c=60\text{мм}; l_{3s}=88\text{мм};$ $dm_m=32\text{мм}; D_{5m}=42\text{мм}$ $l=7.94\text{мм}; s=3.18\text{мм};$ $r_3=0.79\text{мм}; m=1,32\text{мм}$ $l=7.937\text{мм}; s=3.18\text{мм}$	P6M5	2262-0059
14	Протяжка шпонкова	$b_1=8.018\text{мм}; b_2=7,970\text{мм};$ $H=18\text{мм}; H_1=14\text{мм};$ $h_1=6\text{мм}; L=620\text{мм}; l=6,5\text{мм};$ $l_1=274\text{мм}; l_2=333\text{мм};$ $l_3=264\text{мм};$ $c=0,16/+0,6$ $t=9$ $z=38$	P6M5	2405-1057

3.3 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту

Для одного з обраних типів інструменту визначаються найбільш інтенсивні умови експлуатації – режим чорнової обробки. З урахуванням параметрів процесу різання (фізико-механічних властивостей матеріалу заготовки, технічних характеристик верстата та встановлених режимів різання) виконують розрахунок сил різання. Рекомендується передбачити автоматизований розрахунок режимів різання. Обраний інструмент підлягає перевірці на міцність за максимальних навантажень, характерних для заданих умов обробки.

Для виконання розрахунків обрано прохідний різець DDJN R/L2020K15. Його вибір обумовлений тим, що саме цей інструмент забезпечує зняття найбільшого припуску під час механічної обробки та експлуатується в умовах підвищеного навантаження.

Розміри різця: $h=20\text{мм}; b=20\text{мм}; l_1=125\text{мм}; f_1=25\text{мм}; l_3=38\text{мм}$

Матеріал різця – сталь 40 з межею міцності $\sigma_B=650\text{Мпа}$ допустимою напругою $\sigma_{и.д}=200\text{ Мпа}$, матеріал заготовки – сталь 45 з межею міцності $\sigma_B=780\text{ МПа}$. Діаметр заготовки 63 мм припуск на обробку (на сторону – 2 мм), подача $S=0.5\text{ мм/об}$, виліт різця $l=42\text{мм}$.

1. Визначаємо силу різання:

$$P_z = 9.81 C_{pz} t^{x_{pz}} S^{y_{pz}} K_{pz}; H$$

$$P_z = 9.81 \cdot 200 \cdot 2^{0,97} \cdot 0,5^{0,68} \cdot 1 = 2400\text{Н}$$

де $K_{pz}=1$ – сумарний поправочний коефіцієнт

$x_{pz}=0,97$ – показник степені при глибині різання;

$y_{pz}=0.68$ – показник степені при подачі.

					КНУ.КБР.131.26.4-01.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

2. Ширина і висота перетину державки $h=20$ мм, $b=20$ мм.

3. Перевіряємо міцність і жорсткість державки різця:

а) максимальне навантаження, допустима міцність різця:

$$P_{z \text{ доп}} = \frac{bh^2\sigma_{\text{и.д}}}{6l} = \frac{20 \cdot 10^{-3} \cdot (20 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 200 \cdot 10^6}{6 \cdot 41 \cdot 10^{-3}} = 6504 \text{ Н}$$

б) максимальне навантаження, допустима жорсткість різця:

$$P_{z \text{ жорс}} = \frac{3fEJ}{l^3} = \frac{3 \cdot 0.1 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 1,333 \cdot 10^{-8}}{(41 \cdot 10^{-3})^3} = 11608 \text{ Н}$$

де $f=0.1$ мм - допустима стріла прогину при чорновому точінні;

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

J - момент інерції прямокутного перетину державки:

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

Перевірка різця на міцність і жорсткість:

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

$$6504 > 2400 < 11608$$

3.4 Вибір типорозміру допоміжних інструментів

З урахуванням геометричних і приєднувальних характеристик посадкових поверхонь верстата для встановлення різального інструменту, а також параметрів посадкових поверхонь самих інструментів, здійснюється підбір типів допоміжної оснастки відповідно до вимог міжнародних стандартів для кожного вибраного різального інструменту.

Для різців прохідних, підрізних – DIN 69880 B1 (рис. 3.15).

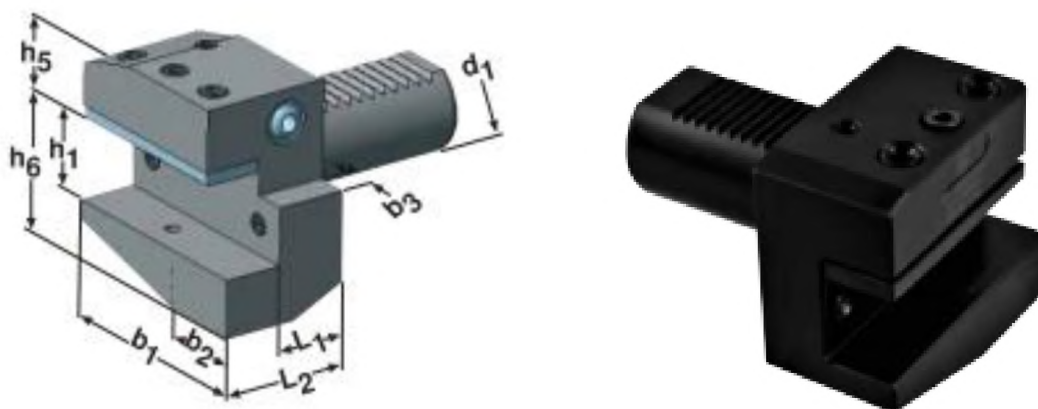


Рисунок 3.15 – Різцетримачі по DIN 69880 Тип 309.31.20 B1-40×25×44 [6, с.4]

Геометричні параметри: $d_1=40$ мм; $h_1=25$ мм; $L_1=22$ мм; $b_1=70$ мм; $b_2=35$ мм; $b_3=10$ мм; $h_5=28$ мм; $h_6=38$ мм.

					КНУ.КБР.131.26.4-01.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Для розточного різця – DIN 6388.

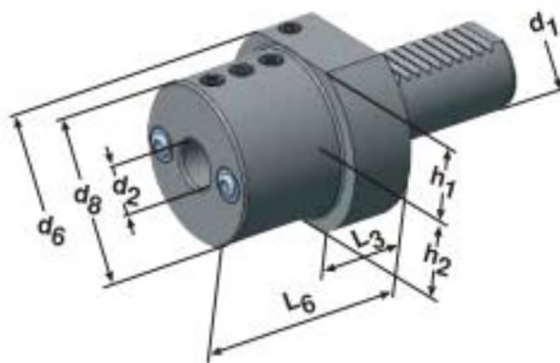


Рисунок 3.16 – Держач для розточного різця 509,52,50
форма E2 DIN 69880 E2 [6, с.14]

Геометричні параметри: $d_6=98\text{мм}$; $d_8=98\text{мм}$ $h_1=35\text{мм}$; $L_3=30\text{мм}$; $L_6=100\text{мм}$.

Патрони для свердел.

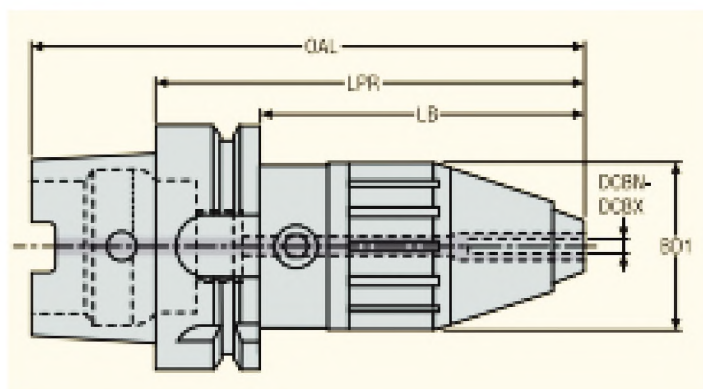


Рисунок 3.17 – Свердлильний патрон E9304508513 [5, с.107]

Геометричні параметри: DCBN-DCBX=10 мм OAL=142мм LPR=110мм
LB=84мм BD=143мм

Тримач для свердл з МНП форма E1 DIN 69880 E1



Рисунок 3.18 – Державка 309,51,40 [6, с.12]

					КНУ.КБР.131.26.4-01.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Геометричні параметри: $d_2=40\text{мм}$ $d_3=60\text{ мм}$ $d_6=68\text{мм}$ $h_1=28\text{мм}$ $h_2=30\text{мм}$
 $l_1=95\text{мм}$ $l_3=33\text{мм}$

Держач для мітчика

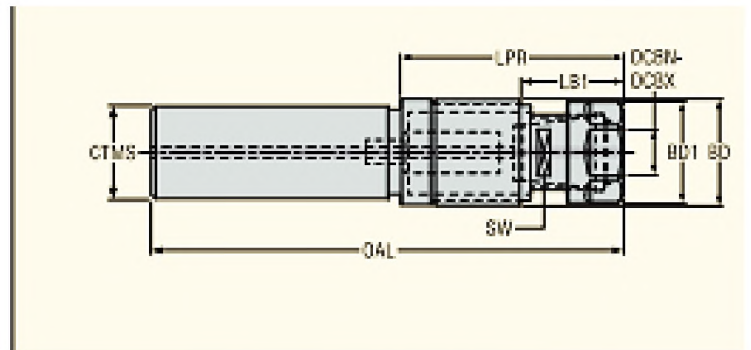


Рисунок 3.19 – Мітчиковий патрон – BD02058672069 [5, с.231]

Геометричні параметри: $LPR=63,7\text{ мм}$ $LB=35,3\text{ мм}$ $LB_1=19,1\text{ мм}$ $BD_1=34,0\text{ мм}$ $BD=34,6\text{ мм}$ $OAL=114,5\text{ мм}$ $SW=22,0\text{мм}$

Державка дискової фрези

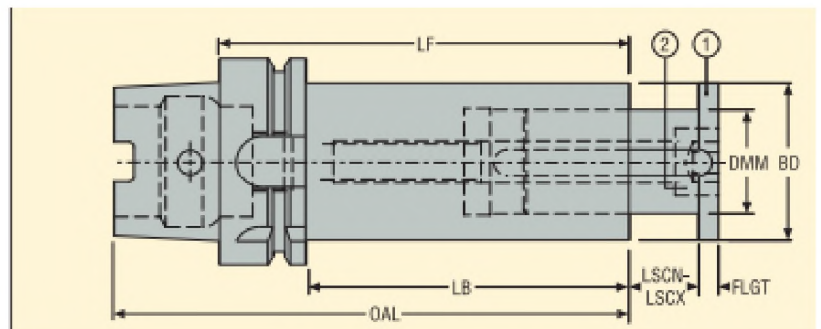


Рисунок 3.20 – DM 5657 – Державка дискової фрези E9304565727120 [5, с.77]

Геометричні параметри: $LPR=120\text{мм}$ $LB=42\text{мм}$ $LSC=152\text{мм}$ $BD=94\text{мм}$
 $OAL=0,0-15,0\text{мм}$ $LFS=5\text{мм}$ $DMM=27\text{мм}$

Таблиця 3.4 – Вибір типу допоміжного інструменту

Но з/п поверхні	Метало- різальний верстат	Тип різального інструменту (шифр)	Параметри посадочного місця різального інструменту	Допоміжний інструмент за міжнародними стандартами
1	2	3	4	5
1,6,11, 2,3,4,5,7	HAAS ST- 20	DDJN R/L2020K15	$h=20\text{мм}$ $b=20\text{мм}$	DIN 69880 Тип 309.31.20 B1-40×25×44
8	HAAS ST- 20	MDW2000GS4	$D_s=20\text{мм}$	E9304508513

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.4-01.03.ВРДІ	Арк.

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5
8	HAAS ST-20	WDX 400D4S40	Ds=40мм	309,51,40 форма E1 DIN69880
9	HAAS ST-20	MDW0900GS2	Ds=9мм	E9304508513
10	HAAS ST-20	MDW0980GS2	Ds=10мм	E9304508513
10	HAAS ST-20	TM-MF10X1.0ISO-10R1	Dmm=10мм	BD02058672069
12	HAAS ST-20	S50U-DDUN R/L1504-63	Ds=50мм h=41мм	509,52,50 форма E2 DIN 69880 E2
13	HAAS ST-20	2262-0059		E9304565727120
14	7Б56	2405-1057		

					КНУ.КБР.131.26.4-01.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ПРОЕКТУВАННЯ ТА ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту

Розраховуємо і конструюємо дискову фасонну фрезу для обробки фасонних канавок. Радіус скруглення ріжучої частини $R=8\text{мм}$, число зубів $z=10$. Загальна точність поверхні заготовки Раб.3. Матеріал – сталь 45. Нарізання проводиться на верстаті HAAS ST-20

Основні розміри фрези : $R=8\text{мм}$; $D=80\text{мм}$; $d_1=27\text{мм}$; $L=16\text{мм}$; $h=15\text{мм}$; $k=4.5\text{мм}$; $D_1=51\text{мм}$; $D_2=46\text{мм}$; $D_3=41\text{мм}$; $m=1\text{мм}$; $r_1=2\text{мм}$; $z=10\text{мм}$

Підраховується частота обертання шпинделя в об / хв:

$$n = \frac{1000 \cdot v \cdot 60}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 0,6 \cdot 60}{3,14 \cdot 80} = 143 \text{ об/хв}$$

де D – діаметр фрези.

Швидкість руху обирається за нормативами в залежності від властивостей оброблюваного матеріалу та матеріалу інструмента. Для швидкорізальних фрез при обробці сталевих коліс з HRc 20 ... 30 швидкість коливається в межах 0,2 ... 0,6 м / с

Хвилинна подача (скорость подачи) в мм/хв.

$$S_m = S_z Z_i n = 0,1 \cdot 10 \cdot 143 = 143 \text{ мм/хв}$$

де Z_i – число зубів фрези,

n – частота обертання шпинделя, об/хв.

Подача на зуб S_z вибирається за таблицями нормативів в залежності від заданої шорсткості і вимірюється в межах від 0,05 до 0,15 мм/зуб.

Машинний час обробки в хвилинах підраховується по формулі:

$$T_m = \frac{b l x y}{S_m} = \frac{32 \cdot 24 \cdot 2,5 \cdot 2,5}{143} = 34 \text{ хв.}$$

де b – ширина канавки, мм;

$l = \sqrt{t(D - t)} = \sqrt{8(80 - 8)} = 24$ – шлях врізання, мм;

t – глибина різання;

x і y – підхід і перебіг фрези (1 ... 3 мм).

4.1.1 Аналітичний розрахунок профілю фрези

Розрахункові формули:

$$r_w = \frac{mz}{2} = \frac{1 \cdot 10}{2} = 5$$

					КНУ.КБР.131.26.4-01.04.ПІАРІ						
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата							
Розроб.		Гладкий			Проектування та інженерний аналіз різального інструменту				Літ.	Арк.	Архшів
Перевір.		Рязанцев									
Реценз.											
Н. контр.		Нечаєв									
Зав. каф.		Рязанцев									
					Каф. ТМ, гр. ЗПМ-23ск						

$$r_b = r_w * \cos 60 = 5 * 0.5 = 2.5$$

$$r_a = r_w + m = 5 + 1 = 6$$

$$r_f = r_w - 1.25m = 5 - 1.25 * 1 = 3.75$$

$$S_w = \frac{m\pi}{2} = \frac{1 * 3.14}{2} = 1.57$$

4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту

Проведено інженерний аналіз дискової фрези, виконаний за допомогою методу скінченних елементів у середовищі SolidWorks Simulation. Метою дослідження є оцінка напружено-деформованого стану інструмента під дією прикладених навантажень. Аналіз включає оцінку переміщень, еквівалентних напружень за Мізесом та деформацій.

4.2.1 Умови моделювання

Модель: дискова фреза.

Тип дослідження: статичний аналіз.

Метод розрахунку: метод скінченних елементів (рис. 4.1).

Навантаження: рівномірно розподілені сили, прикладені до робочих поверхонь зубців.

Закріплення: фіксація у внутрішній посадковій частині, що імітує встановлення фрези на оправку верстата.

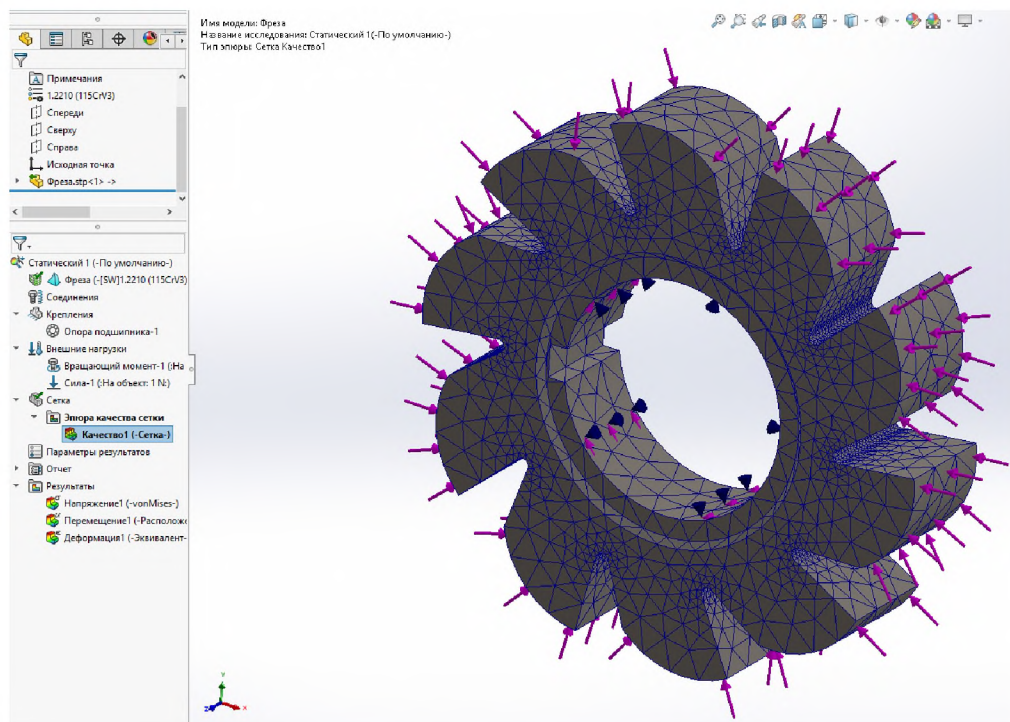


Рисунок 4.1 – Сітка кінцевих елементів

					КНУ.КБР.131.26.4-01.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

4.2.2 Розподіл переміщень

На епюрі переміщень відображено загальне переміщення елементів конструкції (рис.4.2). Максимальне переміщення становить приблизно 3.39×10^{-7} мм. Найбільші переміщення спостерігаються у зовнішній частині зубців, що є природним, оскільки саме ці ділянки знаходяться найбільш далеко від зони закріплення та безпосередньо сприймають навантаження різання.

Внутрішня частина фрези, яка контактує з валом, має мінімальні переміщення. Це свідчить про достатню жорсткість конструкції та правильне закріплення моделі.

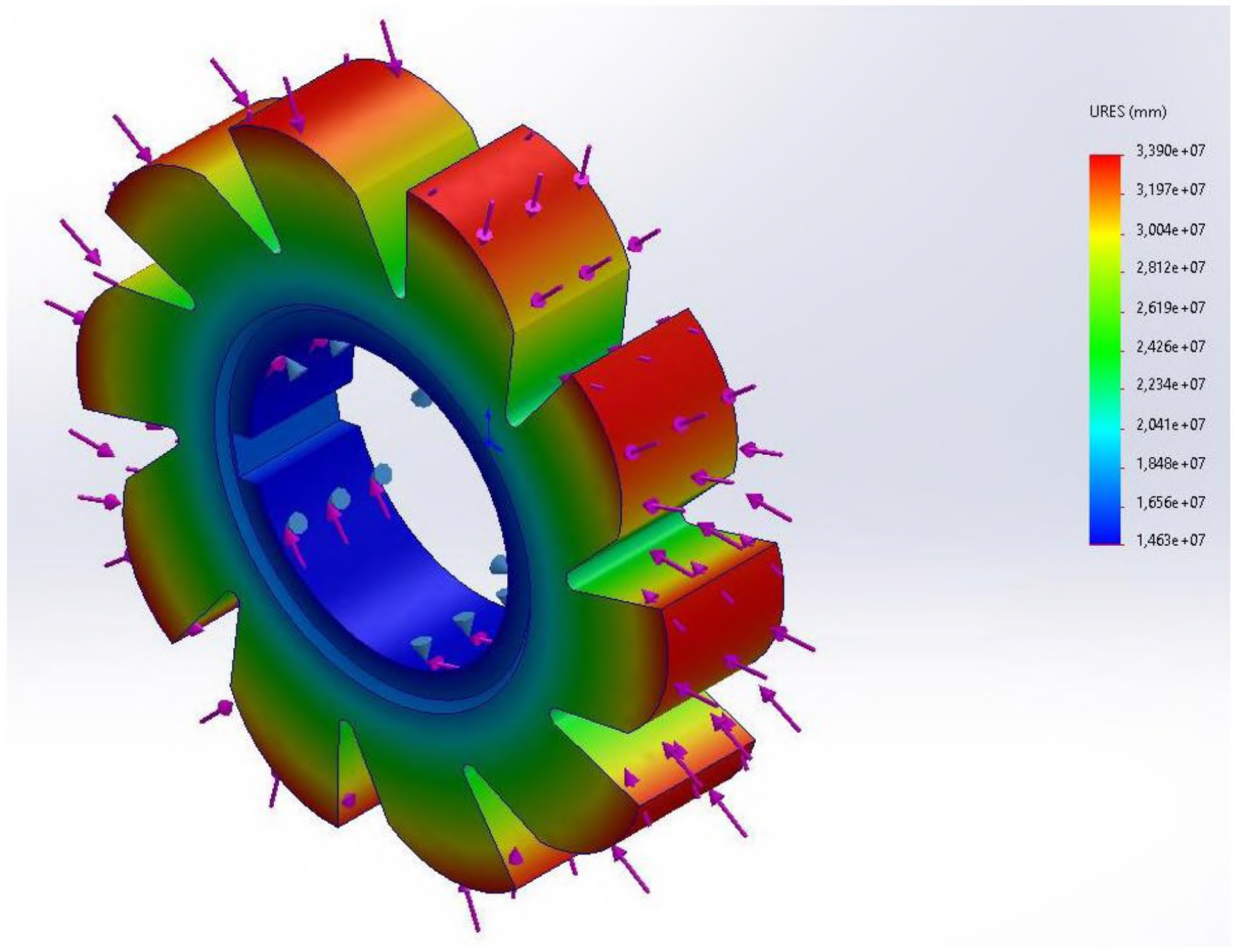


Рисунок 4.2 – Епюра переміщень фрези

4.2.3 Еквівалентні напруження (за Мізесом)

Епюра еквівалентних напружень показує розподіл напружень у матеріалі фрези (рис.4.3). Максимальне значення напруження становить приблизно 1.12×10^8 Па (112 МПа). Найбільші напруження концентруються у зоні внутрішнього отвору та переходів геометрії, де виникають концентрації напружень.

Порівняння з межею текучості матеріалу (близько 3.7×10^8 Па) показує, що максимальні напруження значно менші за допустимі. Це означає, що при заданих навантаженнях руйнування або пластична деформація інструмента малоймовірні.

					КНУ.КБР.131.26.4-01.04.ПІА/І	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

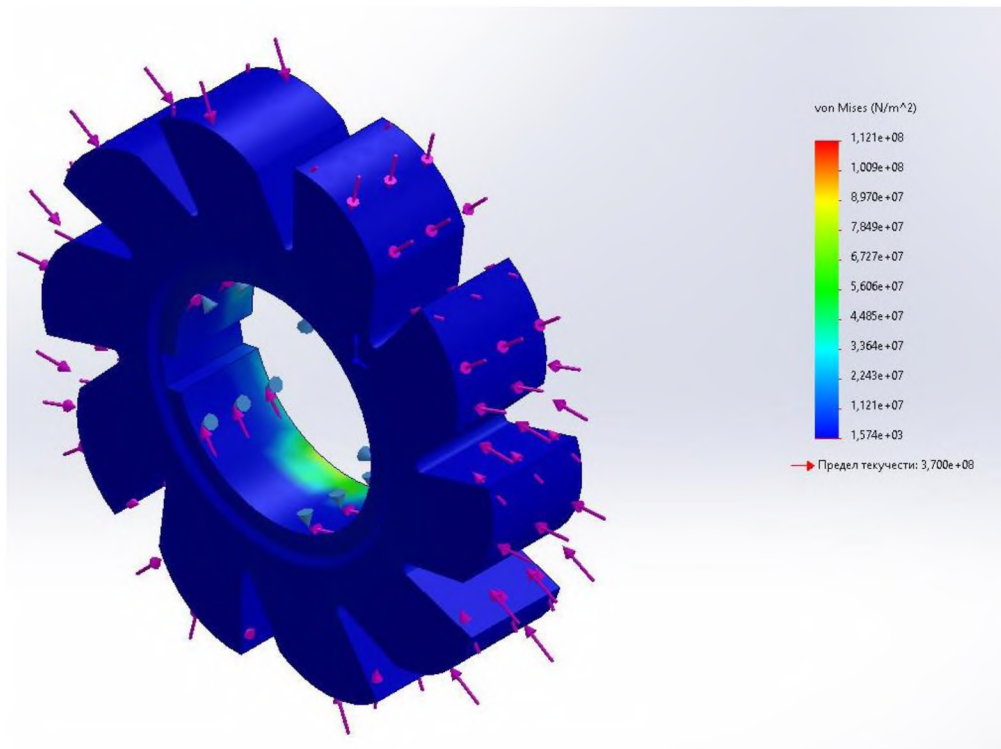


Рисунок 4.3 – Епюра напружень (за Мізесом) фрези

4.2.4 Відносні деформації

Епюра деформацій демонструє розподіл відносної деформації в матеріалі фрези (рис.4.4). Максимальна деформація становить приблизно 2.38×10^{-4} . Зони максимальних деформацій співпадають з зонами підвищених напружень – переважно у внутрішніх перехідних ділянках та біля місць прикладання навантаження.

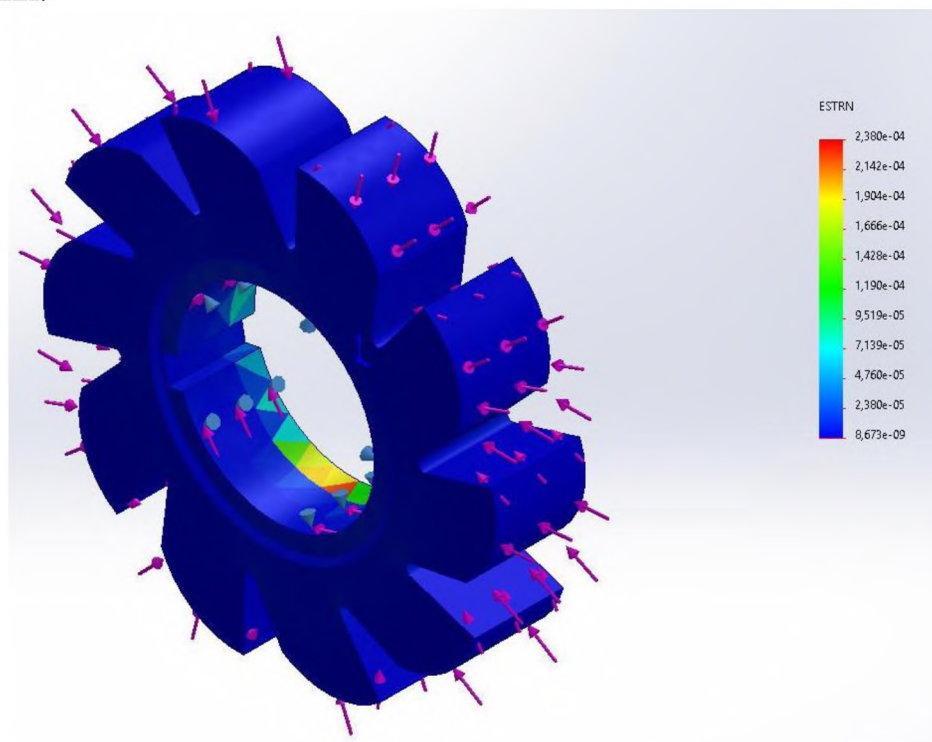


Рисунок 4.4 – Епюра деформацій фрези

					КНУ.КБР.131.26.4-01.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

Отримані значення знаходяться у межах пружної області матеріалу, що підтверджує коректність вибраної конструкції та відсутність небезпечних перевантажень.

4.2.5 Аналіз навантаження та граничних умов

При моделюванні було задано сили, що імітують контакт інструмента з оброблюваною поверхнею. Навантаження прикладено до робочих поверхонь зубців фрези. Закріплення моделі реалізовано у внутрішньому отворі, що відповідає реальному кріпленню інструмента на шпинделі або валу верстата.

Такий підхід дозволяє адекватно оцінити роботу інструмента під час різання.

4.2.6 Загальний висновок

Проведений інженерний аналіз показав, що конструкція дискової фрези має достатню жорсткість і міцність для роботи під заданими навантаженнями.

Максимальні напруження не перевищують межу текучості матеріалу, а переміщення конструкції є незначними та не впливають на точність обробки. Зони концентрації напружень локалізуються переважно у внутрішніх переходах геометрії, що є типовим для подібних конструкцій.

Отже, за результатами статичного аналізу можна зробити висновок, що дана конструкція фрези є працездатною та може використовуватись у реальних умовах експлуатації без ризику руйнування при заданих навантаженнях.

					КНУ.КБР.131.26.4-01.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

5 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора

Для виконання токарної обробки деталі «Напівмуфта» була створена керуюча програма, а також проведено моделювання повного технологічного процесу із застосуванням програмного забезпечення Autodesk FeatureCAM.

Виготовлення деталі передбачено здійснювати на горизонтальному токарному верстаті з числовим програмним керуванням моделі HAAS ST-20, технічні характеристики якого наведені в розділі 2.

Керування роботою верстата здійснюється за допомогою штатної системи ЧПК HAAS (див. табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Технічні характеристики системи ЧПК HAAS

Параметр/характеристика	Опис
1	2
Тип системи ЧПК	Власна система керування Haas Control, інтегрована з апаратною частиною верстата
Тип програмування	ISO-код (G-коди та M-коди), підтримка макропрограмування
Вбудовані цикли	Цикли точіння, свердління, нарізання різьби, розточування, канавкування
Корекції інструмента	Корекція по довжині, радіусу різця та компенсація зносу інструмента
Інтерфейс оператора	Кольоровий LCD-дисплей, функціональна клавіатура, інтуїтивне меню
Система діагностики	Відображення стану верстата, повідомлення про помилки, контроль навантаження
Графічне відображення	Графічна симуляція траєкторії інструмента та процесу обробки
Пам'ять програм	Вбудована пам'ять для зберігання NC-програм, можливість роботи з великими програмами
Передача програм	USB-порт, Ethernet, RS-232
Система безпеки	Контроль перевантаження, аварійні зупинки, захист від помилок оператора
Дистанційний моніторинг	Підтримка системи HaasConnect для віддаленого контролю роботи верстата
Сумісність	Підтримка програм, створених у CAD/CAM системах

					<i>КНУ.КБР.131.26.4-01.05.МПОМО</i>		
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата			
Розроб.	Гладкий				<i>Моделювання та програмування операцій механічної обробки</i>	Літ.	Арк.
Перевір.	Рязанцев						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв					<i>Каф. ТМ, гр. ЗПМ-23ск</i>	
Зав. каф.	Рязанцев						

Основні переваги системи ЧПК HAAS: простота програмування, надійність, зручний інтерфейс, швидке навчання операторів.

5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм

У процесі розроблення керуючої програми для виготовлення деталі «Напівмуфта» було виконано поетапне моделювання повного технологічного процесу в середовищі FeatureCAM. З урахуванням технічних можливостей токарного верстата HAAS ST-20, а також характеристик застосованого металорізального інструменту (див. розділ 3), сформовано раціональну послідовність виконання технологічних операцій. Додатково проведено перевірку прийнятих технологічних рішень з метою підтвердження їх доцільності та правильності.

На рисунках 5.1–5.8 наведено ключові етапи симуляції процесу обробки деталі «Вал-шестерня», а також результати моделювання, які демонструють відповідність розробленого технологічного процесу встановленим вимогам щодо точності обробки та виробничої ефективності.

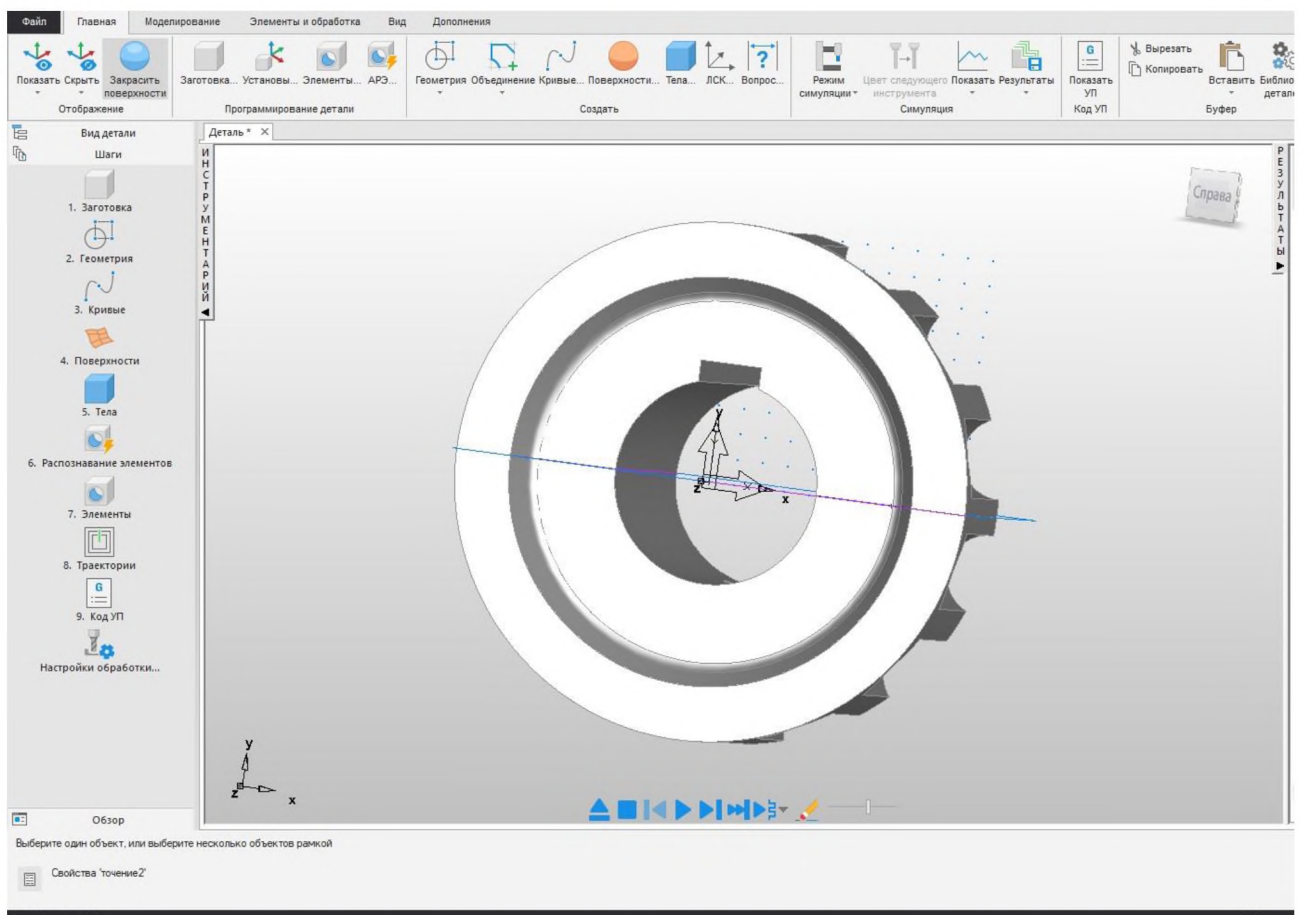


Рисунок 5.1 – Модель напівмуфти у вікні FeatureCAM

					КНУ.КБР.131.26.4-01.05.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

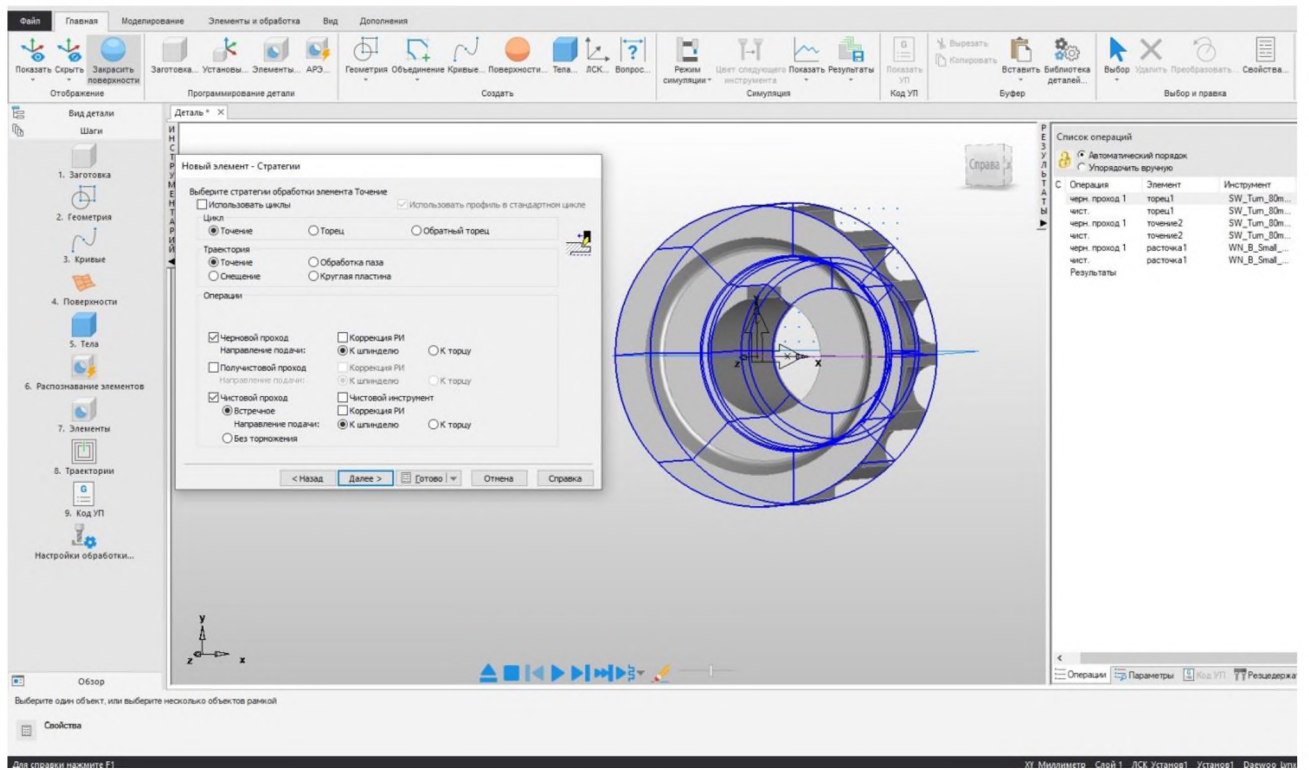


Рисунок 5.2 – Вибір стратегії обробки

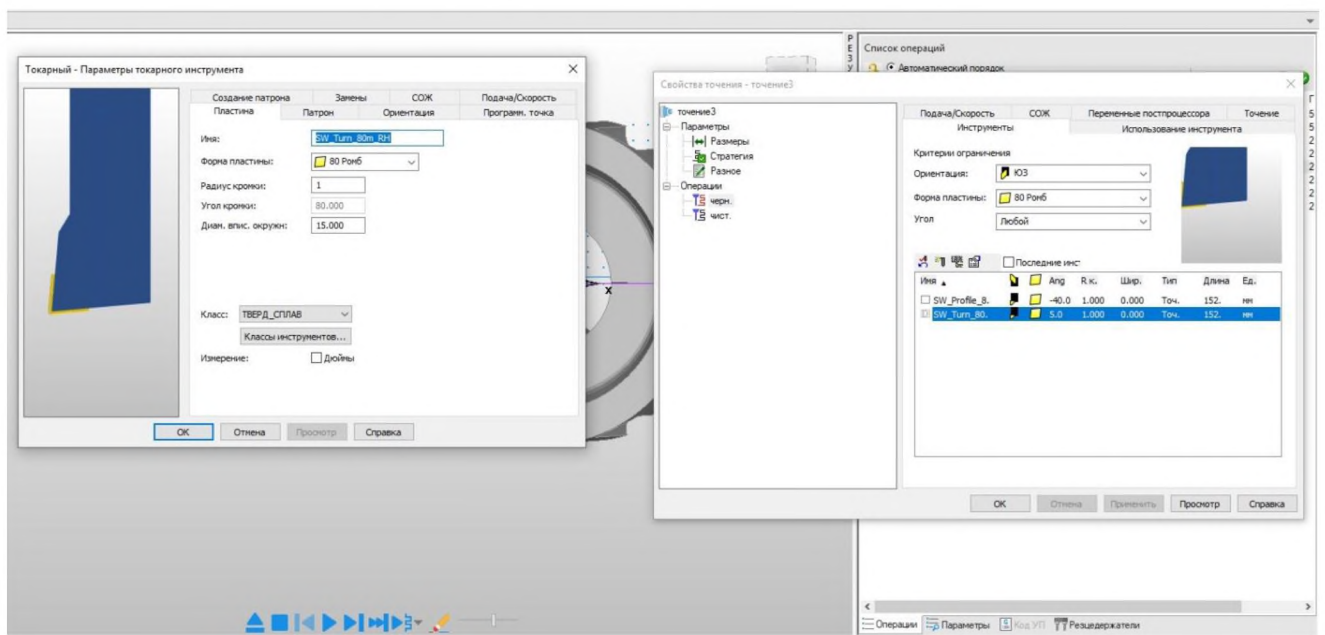


Рисунок 5.3 – Підбір металорізального інструменту

					КНУ.КБР.131.26.4-01.05.МПМО		Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата			

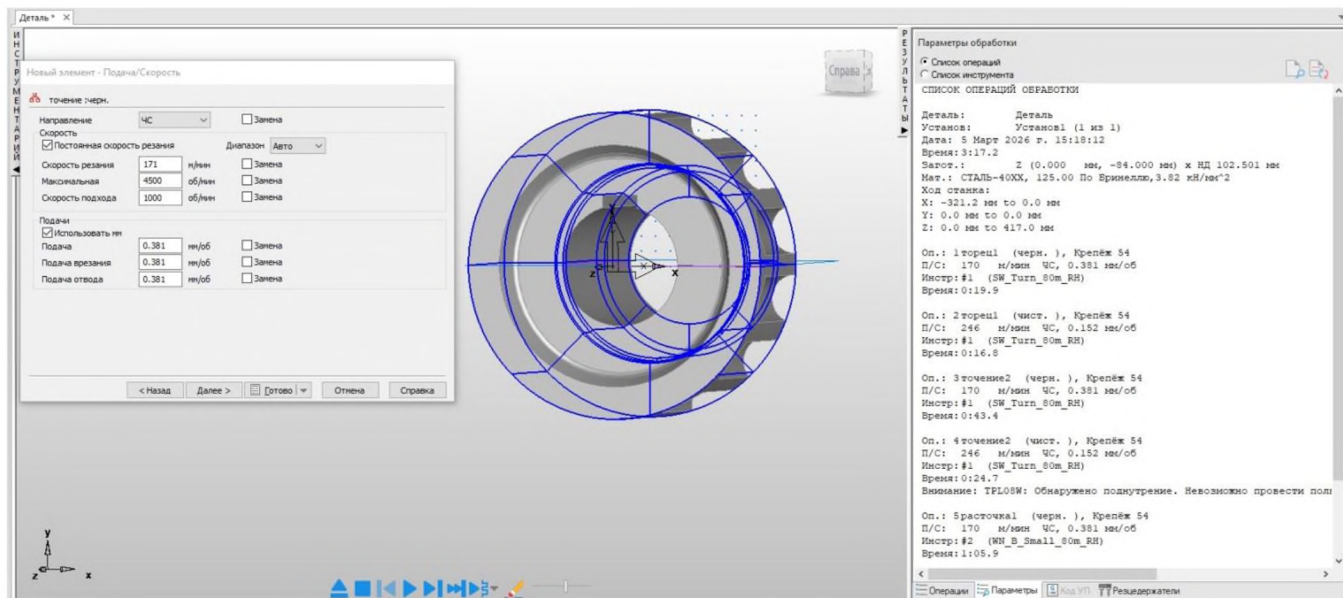


Рисунок 5.4 – Операції обробки деталі

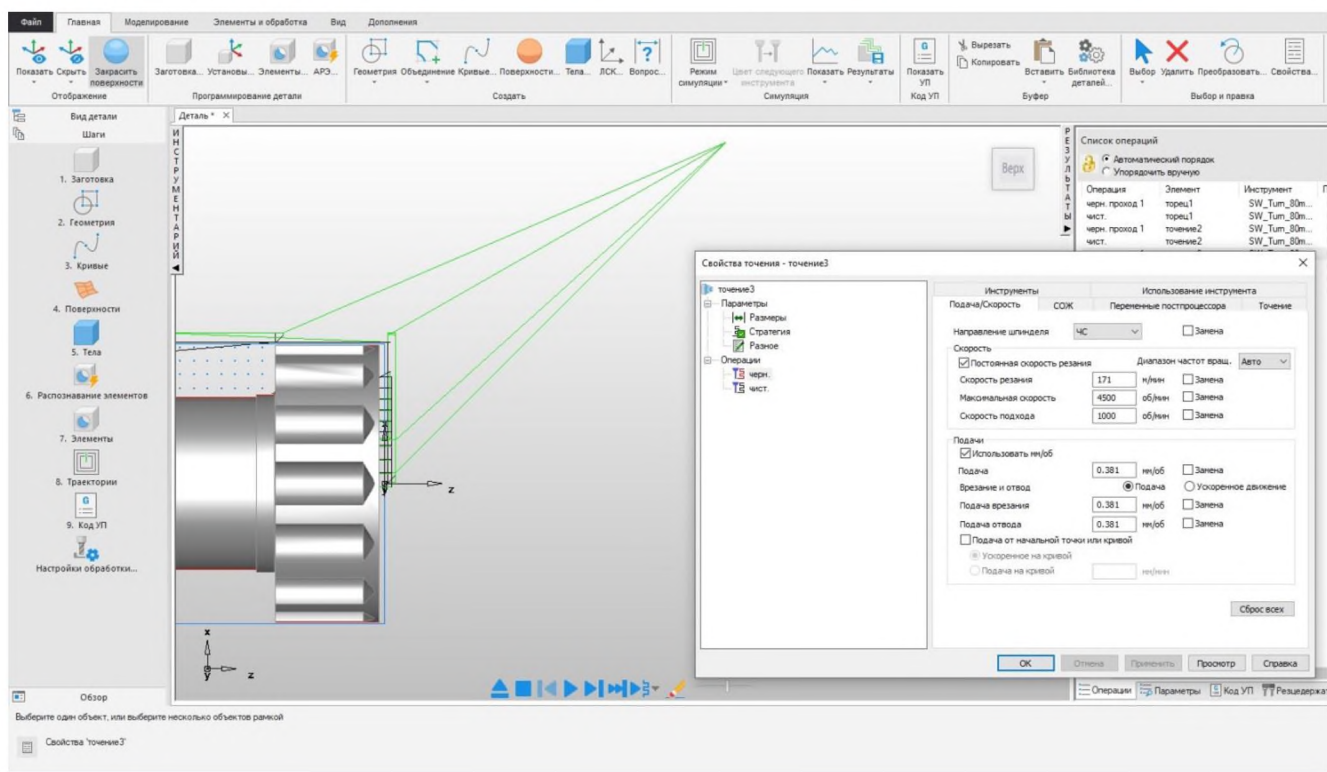


Рисунок 5.5 – Траєкторія руху інструменту та параметри режиму різання

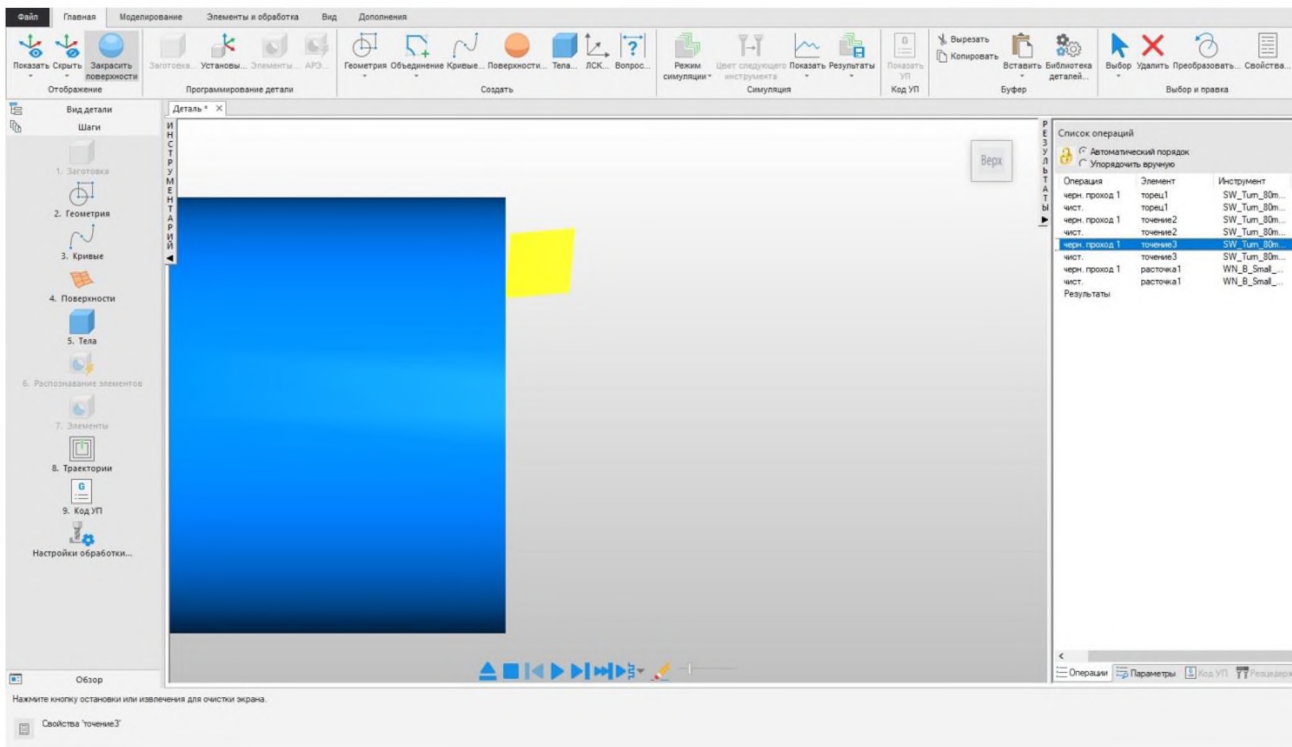


Рисунок 5.6 – Процес обробки деталі – підрізання торця

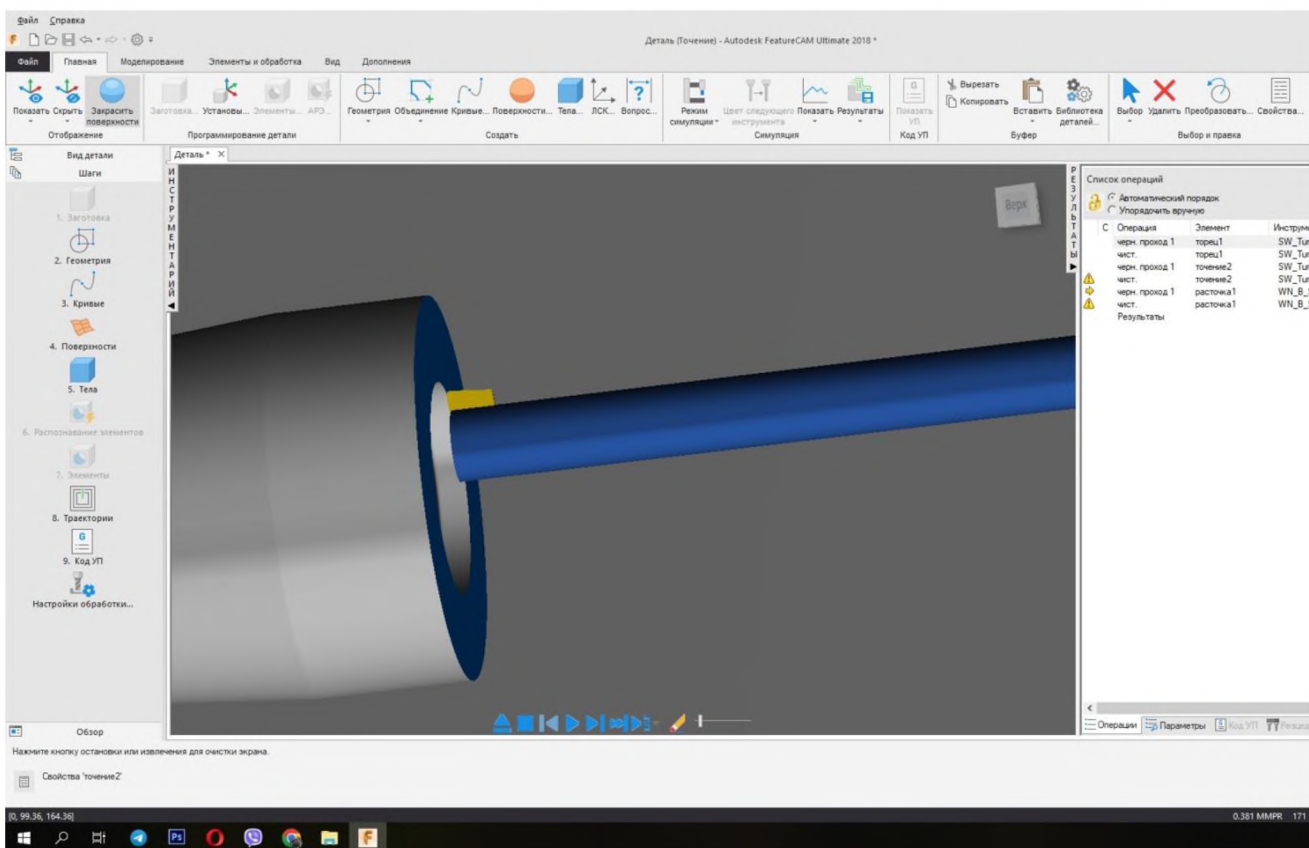


Рисунок 5.7 – Процес обробки деталі – розточування отвору

					КНУ.КБР.131.26.4-01.05.МП.ОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

Код УП
P1: Верхний резцедержатель

%
O0001 (ДЕТАЛЬ 3-5-2026)
N1 ( ROUGH FACE ТОРЕЦІ )
G20 G40 G80 G99
G28 U0. W0.
T0101 ( SW_TURN_80M_RH )
G50 S4500
G97 S509 M03
G0 X4.1929 Z0.0039 M8
G96 S559
G01 X-0.0787 F0.015
Z0.0197
X-0.0509 Z0.0336
G0 Z0.1181

( FINISH FACE ТОРЕЦІ )
G50 S4500
G96 S810
X4.2717
Z0.
G01 X-0.0787 F0.006
X0.144 Z0.1114

( ROUGH TURN ТОЧЕНИЕ2 )
G50 S4500
G96 S559
G0 X4.2717 Z0.1507
X4.3504 Z0.0394
X4.0039
G42 G01 Z-3.2323 F0.015
G40 X4.2717
G0 Z-1.5748
G42 G01 X4.0039
G03 X4.0039 Z-1.5751 R0.0039
G01 X3.7139 Z-3.2323
X4.0039
G40 X4.2402
G0 X4.3504 Z-3.2357

( FINISH TURN ТОЧЕНИЕ2 )

```

Рисунок 5.8 – Фрагмент керуючої програми по обробці деталі

					КНУ.КБР.131.26.4-01.05.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Виконано економічне обґрунтування та розраховано собівартість виготовлення деталі «Напівмуфта» для двох варіантів технологічного процесу обробки. Проведено оцінку ефективності модернізації виробництва шляхом заміни фізично та морально зношеного обладнання (токарних верстатів моделей 16K20, 1A64) на сучасний горизонтально-токарний верстат з ЧПК моделі HAAS ST-20.

Результати виконаних економічних розрахунків, а також визначення терміну окупності інвестиційного проєкту наведені у таблицях 6.1-6.4: у табл. 6.1 подано вихідні дані, необхідні для проведення економічних розрахунків; табл. 6.2 містить допоміжні показники, що використовувалися під час обчислень; у табл. 6.3 наведено собівартість річного випуску деталей та розмір необхідних капітальних вкладень; табл. 6.4 відображає загальні витрати, прогнозований річний економічний ефект і строк окупності запропонованого проєкту.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані розрахунків

Вихідні дані				
Дані	Базовий варіант		Новий варіант	
	16K20	1A64	HASS ST 20	
Деталь				
Річний обсяг випуску деталей N, шт.	2000		2000	
Кількість запусків партій деталей в рік, шт.	20		20	
Тривалість випуску деталей Z, рік	2		2	
Штучний час обробки деталі t _{шт} , хв.	18	13	21	
Час наладки верстата, хв.	16	16	20	
Розряд: 				

					КНУ.КБР.131.26.4-01.06.0ЕПВ					
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата						
Розроб.		Гладкий			Організаційно- економічна підготовка виробництва			Літ.	Арк.	Аркцшів
Перевір.		Рязанцев								
Реценз.								Каф. ТМ, гр. ЗПМ-23ск		
Н. контр.		Нечаєв								
Зав. каф.		Рязанцев								

Продовження таблиці 6.1

Вартість комплексу спец. пристосувань К _{пр} , грн	50000	50000	55000
Оптова ціна на прокат одного УСП Ц _{усп} , грн			
Середній час налагодження за прибором одного інструменту поза верстатом, хв.	1,5	1,5	1
Середній період стійкості інструменту, хв.	45	60	120
Середня кількість граней пластинки, шт.	1	1	3
Коефіцієнт, що враховує питому вагу основного часу в штучному k _т	0,083	0,083	0,083
Вартість одного кадру ПК, грн.			8,9
Вартість розробки ПК К _{пк} , грн.			1869
Середньочасова зарплатня робітника, грн:			
верстатника Н _{ст}	130	130	130
наладчика Н _{нал}	135	135	135
наладчика інструмента Н _{ін}	120	120	120
контролера Н _к	115		115
Верстати			
Клас точності верстата	Н	Н	А
Маса верстата, т	6,875	11,4	4
Габарити верстата (довжина х ширина), м.	5,545 х 2,01	5,825 х 2	4,3х 2,2
Габарити пристрою ЧПК, м			0,5 х 0,5
Тип пристрою ЧПК			HAAS
Строк служби верстата до капітального ремонту Т _{рц} , років	7	7	10
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	17	14	22,4
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:			
механічної частини R _м	18,6	27,7	26,86
електротехнічної частини R _е	13,4	14	18,8
Кількість верстатів, що обслуговує один робочий d, шт	1	1	2

					КНУ.КБР.131.26.4-01.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 6.1

Оптова ціна верстата Ц, грн.	315000	455500	1515000
Коефіцієнт завантаження верстата η_z	0,7	0,6	0,95
Площа верстата за габаритами А, м. кв.	9,0	11,7	9,5
Площа пристрою ЧПК А _у , м. кв.			0,25
Витрати на одну одиницю ЕРС верстата, грн.			
механічної частини Н _м	401	401	272
електротехнічної частини Н _е	86	86	60
Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК Q, грн.	0	0	1950
Коеф., що враховує додаткову площу верстата, γ	4	3,5	3,5
Коеф., що враховує клас точності верстата, μ	1	1	1,8
Ефективний річний фонд часу роботи верстата $\Phi_{об}$, год	4055	3975	3935
Виробничі та інші площі			
Вартість 1 м. кв. площі механічної Ц _{пл.зд.} , грн	500		500
Вартість 1 м. кв. площі, що займають службово-побутові приміщення Ц _{сл. поб.} , грн	1000		1000
Площа службово-побутових приміщень, що приходяться на одного робочого А _б , м. кв.	7		7
Витрати на утримання та амортизаційні витрати на 1 м. кв. цеху Н _{пл} , грн.	180	180	200

Таблиця 6.2 – Розрахунок допоміжних показників

Розрахунок допоміжних показників				
Дані	Базовий варіант		Новий варіант	
	16K20	1A64	HASS ST 20	
Трудомісткість обробки $T_{шт}$, год	400	400	1300	
Час наладки верстата впродовж року T_n , год	5,33333	5,333333	6,666666667	
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року $T_{н.ін}$, год	0	0,00	20,00	
Час контролю деталей впродовж року T_k , год	33,2	33,2	107,9	
Кількість верстатників $P_{ст}$, чол. (розрах.)	0,22	0,22	0,35	
(дійсна)	1	1	1	
Кількість наладчиків верстатів P_n , чол. (розрахункова)	0,0029	0,0029	0,0036	
(дійсна)	1	1	1	
Кількість наладчиків інструмента поза верстатом $P_{н.ін}$, чол. (розрахункова)	0	0,0000	0,01075	
(дійсна)	0	0	1	
Кількість контролерів P_k , чол. (розрах.)	0,02	0,02	0,06	
(дійсна)	1		1	
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК $P_{доп}$, чол (розрахункова)	0,00	0,00	0,17	
(дійсна)	0	0	1	
Загальна кількість працівників на річну програму випуску деталей, чол.	5		5	
Частка завантаження верстата обробкою деталі в обсязі річного випуску β	0,14	0,18	0,35	

Таблиця 6.3 – Результати розрахунків

Собівартість механічної обробки річного випуску деталей												
$C = I_z + I_n + I_{ин} + I_{пк} + I_{пр} + I_{усп} + I_a + I_{пл} + I_{сл} + I_r + I_y + I_k,$												
де I_z – зарплата верстатника; I_n – зарплата за наладку верстата; $I_{ин}$ – зарплата налагоджувальника інструмента поза верстатом; $I_{пк}$ – витрати на підготовку та поновлення керуючої програми; $I_{пр}$ – витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань; $I_{усп}$ – витрати на прокат універсально-збірних I_a – амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання; $I_{пл}$ – витрати на утримання приміщення, яке займає верстат; $I_{сл}$ – витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень; I_r – витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання; I_y – витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК; I_k – зарплата контролера												
											C_1 на деталь = 141,08 C_2 на деталь = 122,53	
I_z	I_n	$I_{ин}$	$I_{пк}$	$I_{пр}$	$I_{усп}$	I_a	$I_{пл}$	$I_{сл}$	I_r	I_y	I_k	
$C_1 = 171344 + 2264,37 + 0,00 + 0,00 + 54000 + 0 + 6229,98 + 2242,33 + 35000 + 3445,7 + 0 + 7636,00 = 282162,59$												
$C_2 = 140449 + 1415,23 + 234,00 + 934,50 + 29700 + 0 + 15898,41 + 3024,00 + 35000 + 5306,4 + 681,6 + 12408,50 = 245051,77$												
Капітальні вкладення споживача												
$K = K_б + K_{зд} + K_{сл} + K_{нез} + K_{пр} + K_{п.у.}$												
де $K_б$ – балансова вартість верстата, грн; $K_{зд}$ – вартість приміщення, яке займає верстат, грн.; $K_{сл}$ – вартість службово-побутових приміщень, грн.; $K_{нез}$ – обігові кошти в незакінченому виробництві, грн.; $K_{пр}$ – вартість комплексу спеціальних пристосувань, які використовуються на верстатах при обробці деталей, грн.; $K_{п.у.}$ – витрати на створення керуючої програми (КП), грн.												
$K_б$	$K_{зд}$	$K_{сл}$	$K_{нез}$	$K_{пр}$	$K_{п.у.}$							
$K_1 = 139669 + 6229 + 35000 + 41984 + 100000 + 0 = 322881$												
$K_2 = 299970 + 3071 + 28000 + 45820 + 55000 + 1869 = 433730,65$												

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

Приведені витрати			
$Z_1 = C_1 + E_n \cdot K_1$			
330595	282163	0,15	322881
$Z_2 = C_2 + E_n \cdot K_2$			
310111	245052	0,15	433731
Річний економічний ефект			
$E = Z_1 - Z_2$			
20483	330595	310111	
Строк окупності			
$T_{ок} = (K_2 - K_1) / (C_1 - C_2)$			
2,99	433731	322881	282163 245051,8

					КНУ.КБР.131.26.4-01.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У результаті проведених розрахунків визначено, що впровадження одного сучасного верстата з ЧПК замість чотирьох застарілих одиниць обладнання забезпечує суттєве зменшення часу обробки деталей. Запропонований варіант модернізації є економічно доцільним, оскільки термін окупності капіталовкладень складе 2,99 роки, а прогнозований річний економічний ефект становить 20483 грн.

6.2 Екологія виробництва та охорона праці при операціях протягування

Екологія виробництва та охорона праці при операціях протягування є комплексною складовою організації сучасного машинобудівного виробництва, яка охоплює як технічні, так і організаційно-правові аспекти. Процес протягування, що використовується для обробки внутрішніх і зовнішніх поверхонь деталей, супроводжується інтенсивними механічними, фізичними та хімічними впливами, які можуть створювати небезпеку як для навколишнього середовища, так і для працівників.

Екологічні аспекти даного процесу пов'язані насамперед із утворенням виробничих відходів і викидів. До основних видів відходів належать металева стружка, відпрацьовані мастильно-охолоджувальні рідини, а також шлами, що утворюються в процесі очищення МОР. Відповідно до вимог Закон України «Про відходи», підприємства зобов'язані забезпечувати облік, зберігання, утилізацію та, за можливості, повторне використання відходів. Металева стружка повинна збиратися в спеціальні контейнери та направлятися на переробку, що дозволяє зменшити навантаження на довкілля та отримати економічний ефект.

Значну екологічну небезпеку становлять мастильно-охолоджувальні рідини, які можуть містити нафтопродукти, біоциди та інші хімічні сполуки. Їх неправильна утилізація призводить до забруднення ґрунтів і водних ресурсів. Відповідно до вимог Водний кодекс України та Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища», підприємства повинні впроваджувати замкнені системи водопостачання, а також установки для очищення стічних вод. Доцільним є використання сучасних екологічно безпечних МОР на водній основі з низькою токсичністю.

Повітря робочої зони під час протягування може забруднюватися аерозолями МОР та металевим пилом. Згідно з Державні санітарні норми виробничого повітря (ДСН 3.3.6.042-99), концентрація шкідливих речовин не повинна перевищувати гранично допустимих рівнів. Для цього застосовуються місцеві відсмоктувачі, загальнообмінна вентиляція та системи фільтрації. Регулярний контроль параметрів повітряного середовища є обов'язковим.

Операції протягування також супроводжуються значним рівнем шуму та вібрації. Відповідно до ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми шуму», рівень шуму на робочих місцях не повинен перевищувати встановлених норм. Для зниження шумового навантаження використовуються звукоізолюючі кожухи, амортизуючі основи та раціональне планування виробничих приміщень.

З точки зору охорони праці, процес протягування регламентується вимогами Закон України «Про охорону праці», який визначає основні принципи

					КНУ.КБР.131.26.4-01.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечення безпеки працівників. Додатково слід керуватися положеннями НПАОП 0.00-1.28-10, що встановлюють конкретні вимоги до безпечної експлуатації металорізальних верстатів, у тому числі протяжних.

До основних небезпечних факторів при протягуванні належать:

- рухомі частини обладнання;
- можливість викиду стружки;
- підвищені зусилля різання;
- контакт з мастильно-охолоджувальними рідинами; – підвищений рівень шуму та вібрації.

Для мінімізації ризиків необхідно забезпечити наявність захисних огорожень, блокувальних пристроїв і аварійних вимикачів. Відповідно до вимог ДСТУ EN ISO 12100, обладнання повинно бути спроектоване з урахуванням усіх можливих небезпек.

Організаційні заходи охорони праці включають проведення первинного, повторного та позапланового інструктажу, навчання працівників безпечним методам роботи, а також регулярний медичний огляд. Працівники повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту відповідно до НПАОП 0.00-4.01-08.

Особливе значення має впровадження принципів екологічного менеджменту, зокрема відповідно до стандарту ISO 14001, що дозволяє системно підходити до зниження негативного впливу виробництва на довкілля. Також доцільним є впровадження системи управління охороною праці відповідно до стандарту ISO 45001.

Таким чином, екологія виробництва та охорона праці при операціях протягування базуються на поєднанні технічних рішень, організаційних заходів і дотримання нормативно-правових вимог. Комплексний підхід до цих питань дозволяє забезпечити безпечні умови праці, зменшити негативний вплив на навколишнє середовище та підвищити ефективність виробничих процесів.

					КНУ.КБР.131.26.4-01.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У бакалаврській кваліфікаційній роботі виконано комплексне дослідження та розробку конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталі «Напівмуфта» з обґрунтуванням параметрів різального інструменту із застосуванням сучасних САПР-технологій.

У першому розділі проведено аналіз вихідних даних, досліджено конструктивні особливості деталі та функціональне призначення. Виконано розрахунок параметрів точності шпонкового з'єднання, що дозволило підтвердити відповідність прийнятих конструктивних рішень вимогам надійності та взаємозамінності складальних одиниць.

У другому розділі визначено службове призначення деталі, проаналізовано вимоги до якості її поверхонь, точності розмірів і взаємного розташування елементів. На підставі проведеного аналізу обрано раціональний типовий технологічний процес виготовлення напівмуфти, а також сучасне високопродуктивне металорізальне обладнання, що забезпечує необхідні показники точності та продуктивності обробки.

У третьому розділі здійснено вибір металорізального та допоміжного інструменту для виконання всіх операцій механічної обробки. Обґрунтовано використання сучасних інструментальних матеріалів і конструкцій інструментів, що забезпечують стабільність процесу різання, підвищення продуктивності та покращення якості оброблених поверхонь.

У четвертому розділі виконано проєктування спеціального різального інструменту – дискової фасонної фрези. Проведено розрахунок її геометричних параметрів та конструктивних елементів. За допомогою програмного комплексу SOLIDWORKS Simulation здійснено інженерний аналіз напружено-деформованого стану інструменту. Отримані результати свідчать про достатній запас міцності конструкції та можливість її ефективного використання.

У п'ятому розділі реалізовано тривимірне моделювання та програмування технологічних операцій механічної обробки деталі «Напівмуфта» в середовищі Autodesk FeatureCAM. Розроблено керуючі програми для токарної обробки на верстаті з числовим програмним керуванням HAAS ST-20, що дозволило автоматизувати процес підготовки виробництва, скоротити час технологічного проєктування та підвищити ефективність використання обладнання.

У шостому розділі виконано розрахунок основних техніко-економічних показників запропонованого технологічного рішення. Впровадження розробленого технологічного процесу є економічно доцільним, оскільки забезпечує економічний ефект у розмірі 20483 грн, а строк окупності капітальних вкладень становить 2,99 року. Розглянуто питання екології виробництва та охорони праці під час виконання операцій протягування, визначено заходи щодо забезпечення безпечних умов праці.

					<i>КНУКБР.131.26.4-01.B</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док-м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Гладкий</i>			<i>Висновки</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. контр.</i>		<i>Нечаєв</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Рязанцев</i>					
						<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>
							<i>Архів</i>
						<i>Каф. ТМ, гр. ЗПМ-23ск</i>	

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Sumitomo Catalog 2018.
2. SECO Catalog Обробка отворів, 2015.
3. ДСТУ ГОСТ 9305-93. Фрези фасонні напівкруглі випуклі.
4. Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: Учебное пособие – М.: Машиностроение, 1990. – 448с.
5. Seco Tooling SN 2020.
6. EROGLU – Різцетримачі для токарних верстатів з ЧПУ за DIN 69880.
7. 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.
8. Технологія машинобудування Горбатюк Е.О. Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-360 с.
9. ДСТУ 3.1001:2014 Єдина система технологічної документації. Загальні положення.
10. ДСТУ 2391-94 Система технологічної документації. Терміни та визначення
11. ДСТУ 3.1127:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання текстових технологічних документів.
12. ДСТУ 3.1128:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання графічних технологічних документів.
13. Каталог інструментів фірми SUMITOMO: «Токарна обробка», 2015р.
14. Каталог допоміжного інструменту фірми EROGLU.
15. 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.
16. 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.
17. 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.
18. ДСТУ 3321-96 Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять.

					<i>КНУКБР.131.26.4-01.СВД</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Список використаних джерел</i>		
Розроб.		<i>Гладкий</i>					
Перевір.		<i>Рязанцев</i>					
Реценз.							
Н. Контр.		<i>Нечаєв</i>					
Зав. каф.		<i>Рязанцев</i>			<i>Каф. ТМ, гр. ЗПМ-23ск</i>		

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

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-
ЗАСВІДЧУЮЧИХ АРКУШІВ**

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

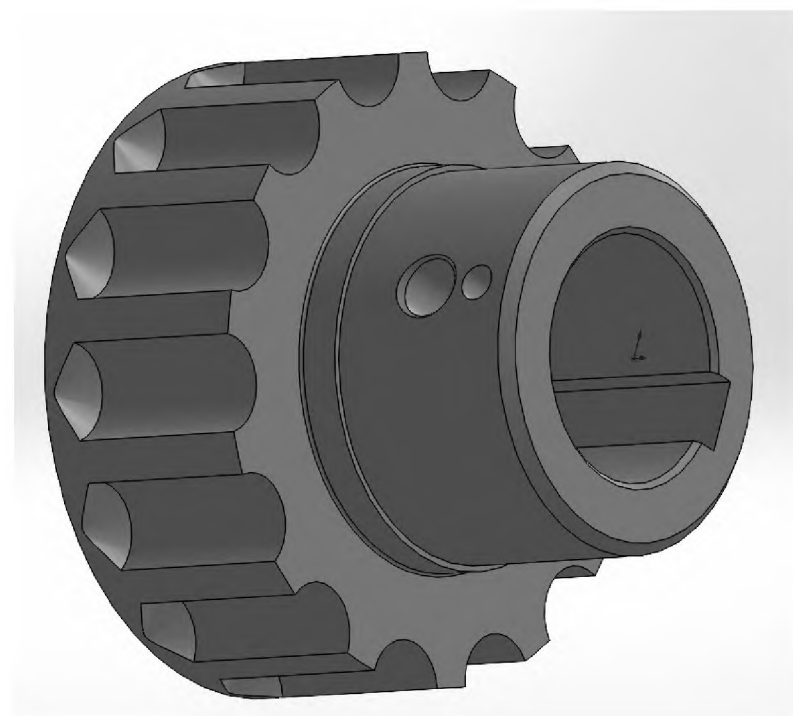
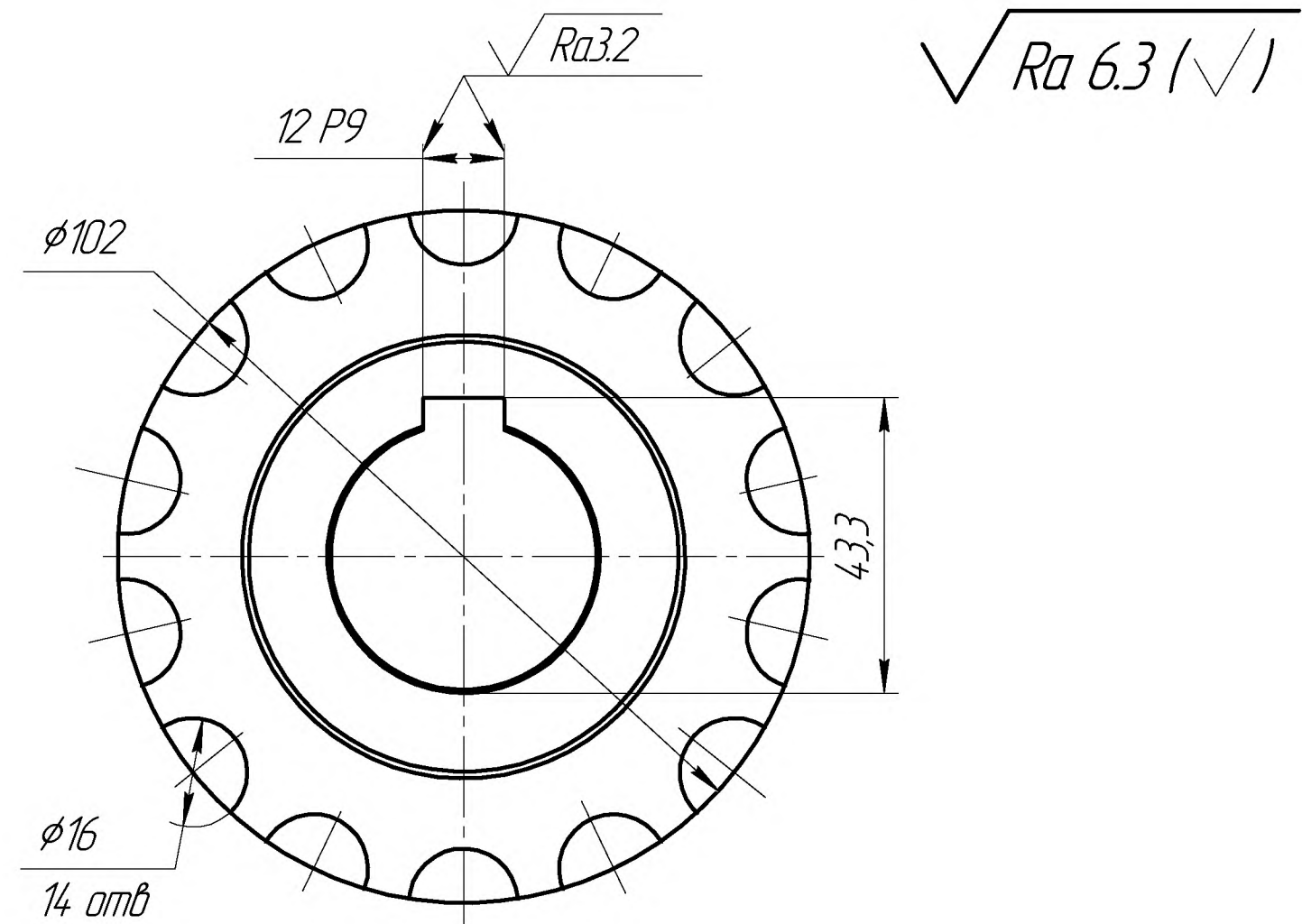
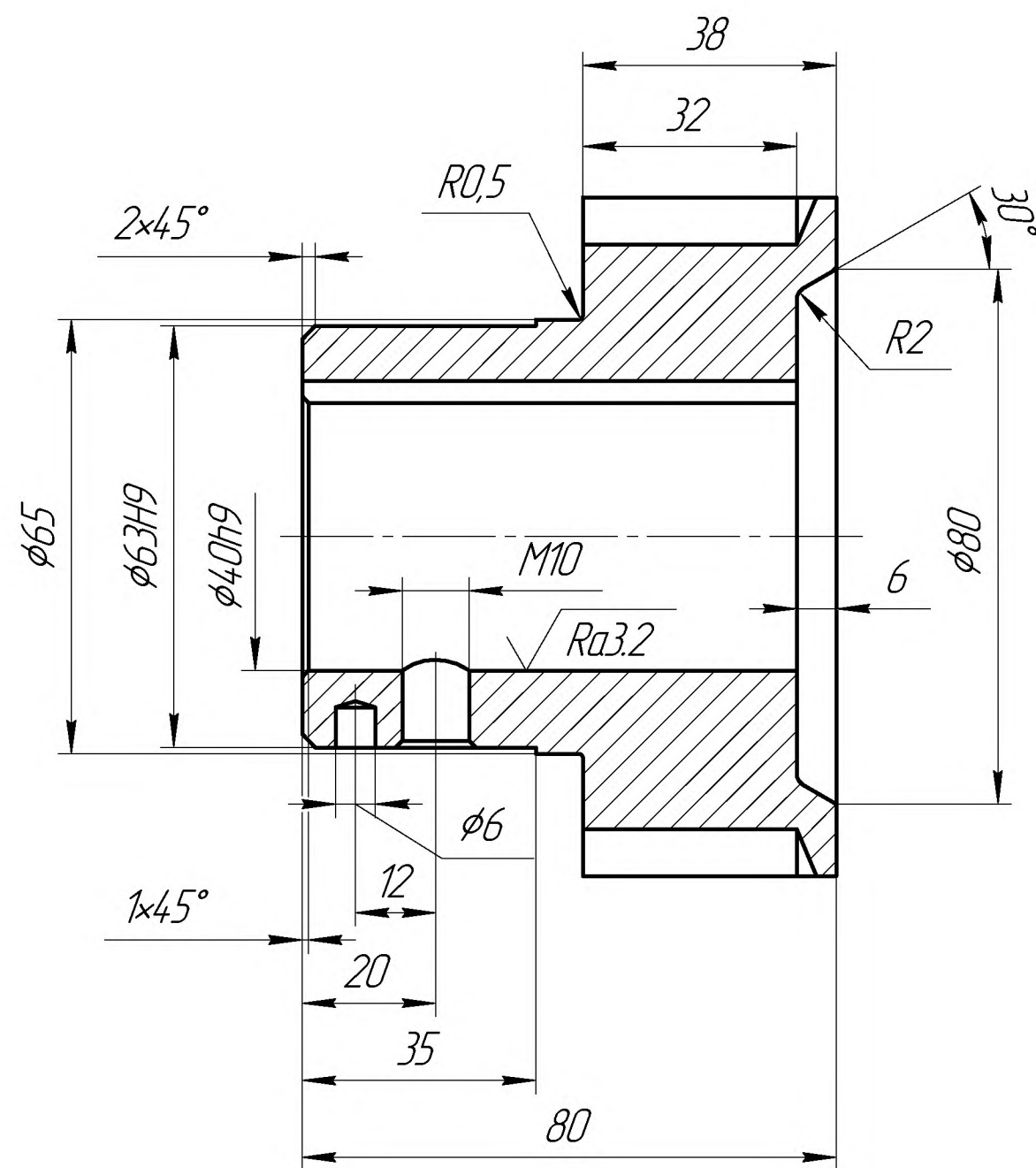
зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

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

Виконав здобувач гр. ЗПМ-23ск	_____	Дмитро ГЛАДКИЙ
	(підпис)	
Керівник КБР	_____	Антон РЯЗАНЦЕВ
	(підпис)	
Нормоконтроль	_____	Василь НЕЧАЄВ
	(підпис)	
Завідувач кафедри	_____	Антон РЯЗАНЦЕВ
	(підпис)	

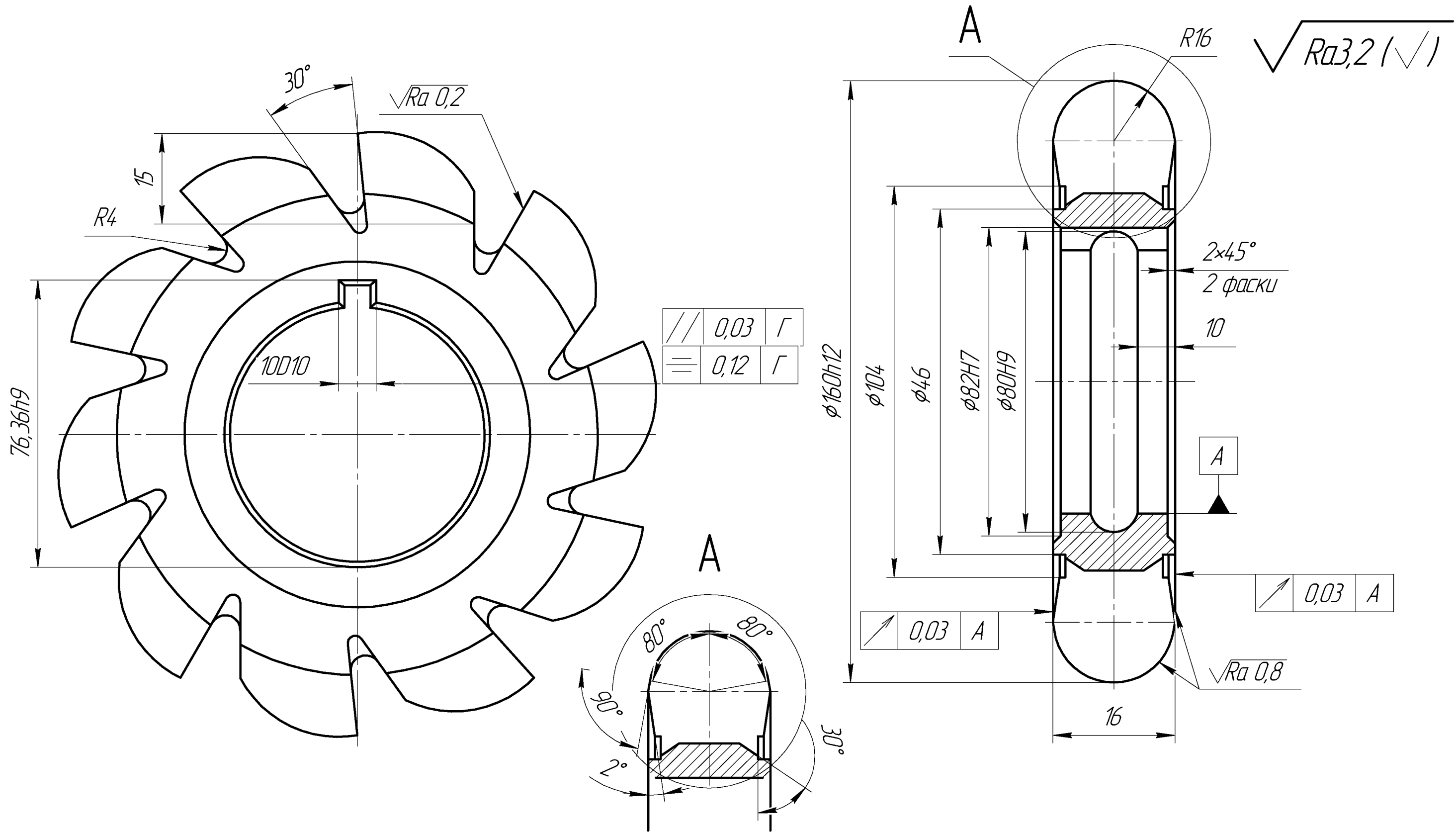
Кривий Ріг
2026 р.

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание			
Справ. №						Креслення					
	A3		1	КНУ.КБР.131.26.4-01.Н	Напівмуфта	1					
	A3		2	КНУ.КБР.131.26.4-01.ФДФ	Фреза дискова фасонна	1					
	A2		3	КНУ.КБР.131.26.4-01.ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження	1					
	A3		4	КНУ.КБР.131.26.4-01.ІАСРІ	Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	1					
	A3		5	КНУ.КБР.131.26.4-01.МПМО	Моделювання процесу механічної обробки	1					
Подп. и дата											
Взам. инв. №											
Подп. и дата											
Инв. № подл.											
					КНУ.КБР.131.26.4-01.ВКІЗА						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Відомість креслень та інформаційно-засвідчуючих аркушів КБР			Лит.	Лист	Листов	
Разрад.	Гладкий							Н		1	
Пров.	Рязанцев										
Н.контр.	Нечаєв										
Утв.	Рязанцев							Кафедра ТМ гр. ЗПМ-23ск			
Копировал						Формат А4					



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

КНУ.КБР.131.26.4-01.Н					Літ.			Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Н				1:1
Разробив	Гладкий								
Керівник	Рязанцев				Аркцш			Аркцшів	1
Н.контр.	Нечаев				Сталь 45 ДСТУ 7809:2015			Кафедра ТМ гр. ЗПМ-23ск	
Затв.	Рязанцев								



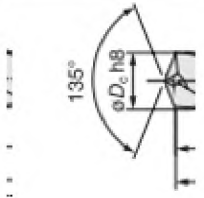
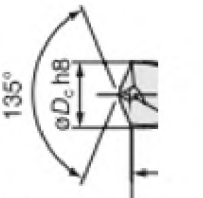
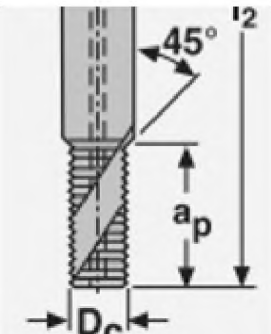
1 63...66 HRC.

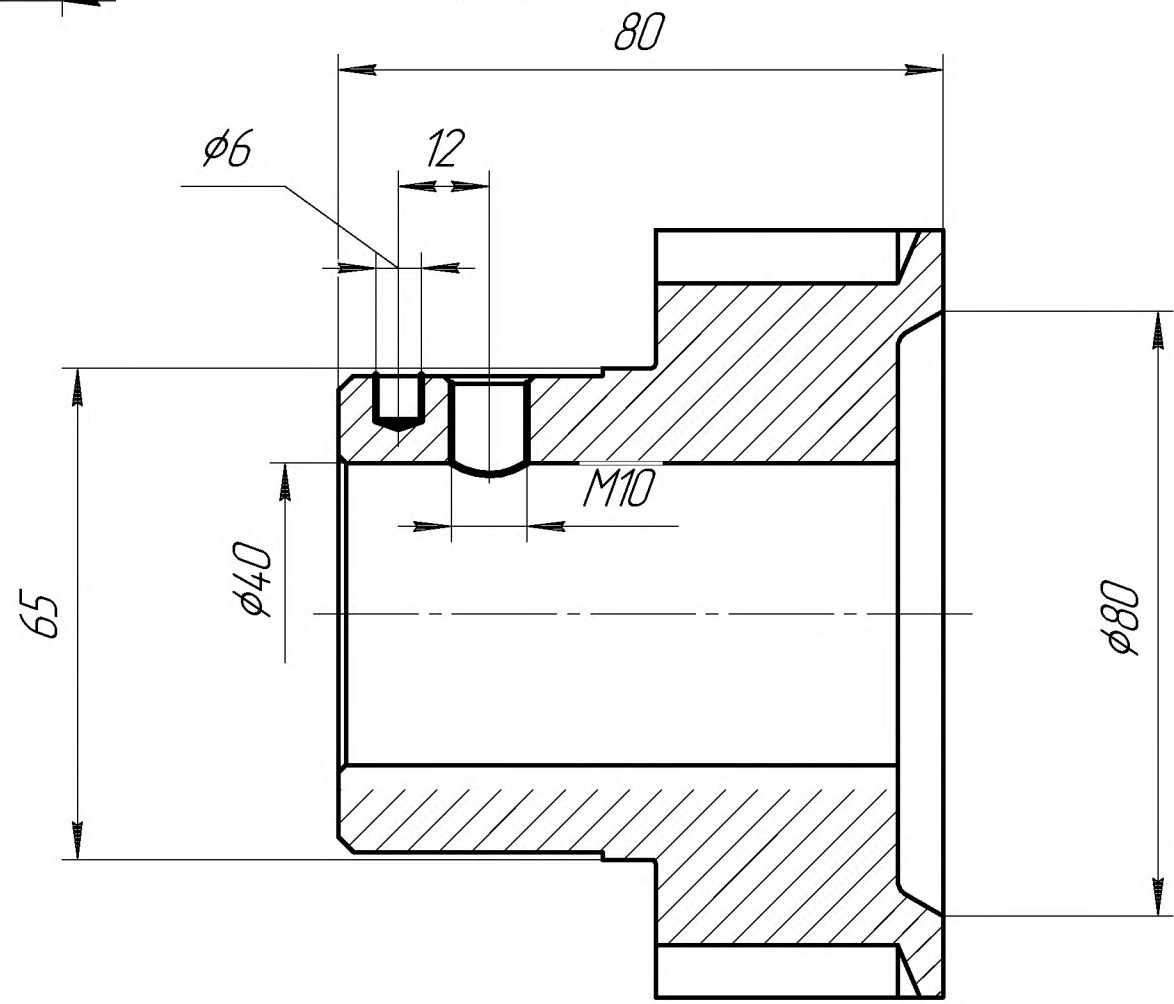
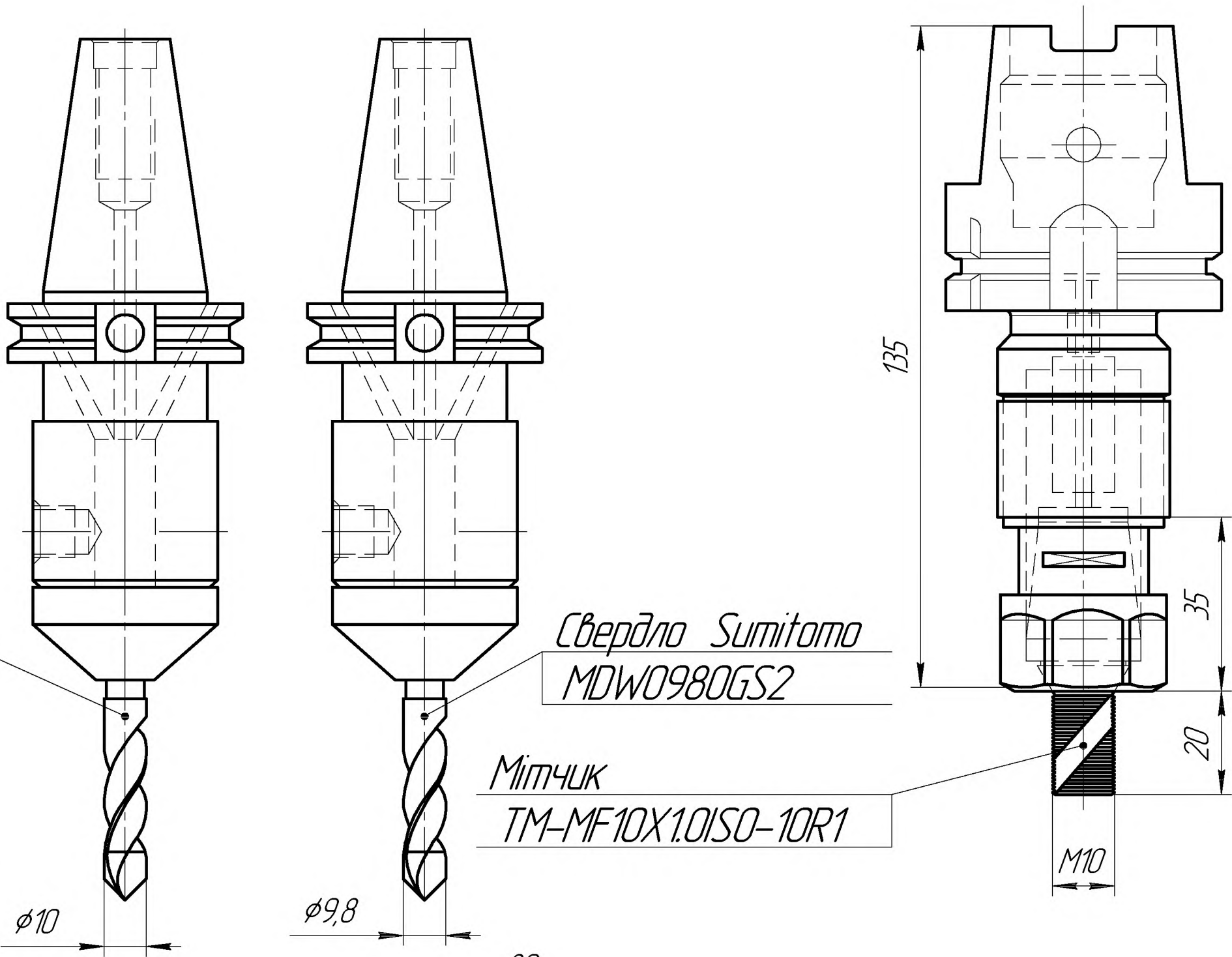
2 Невказані граничні відхилення h14, H14, $\frac{IT14}{2}$.

3 Точність виготовлення профілю $\pm 0,07$ мм.

					КНУ.КБР.131.26.4-01.ФДФ						
					Фреза дискова фасонна			Літ.	Маса	Масштаб	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							2:1
Разробив	Гладкий										
Керівник	Рязанцев										
							Аркцш	Аркцшів 1			
Н.контр.	Нечасєв				Р6М5 ISO 11054			Кафедра ТМ гр. ЗПМ-23ск			
Затв.	Рязанцев										

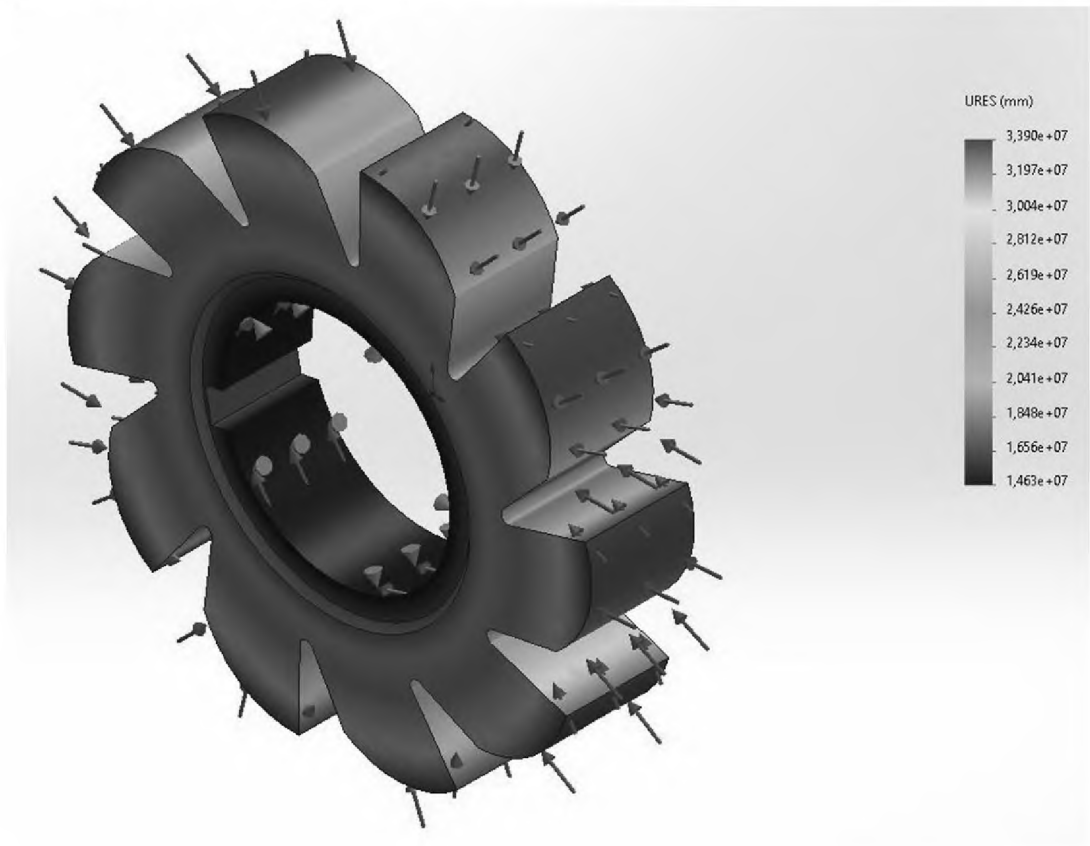
Операція: багатоцільова
Модель верстату: HAASST-20

№	Інструмент	Пластина (геометрія)	Матеріал пластини	Допоміжний інструмент (Seco)
9	Свердло MDW0900GS2	 Dc=9,8мм L=87 мм	ACX70	Свердлильний патрон E9304508513
9	Свердло MDW0980GS2	 Dc=9,8мм L=41 мм	ACX80	Свердлильний патрон E9304508513
9	Мітчик для нарізання різьби TM-MF10X1.0ISO-10R1	 Dc=10мм L=74мм ap=20,5мм	HSS-PM	Метч. патрон для нарізання різьби з мікрокомпенсацією E9304586720108

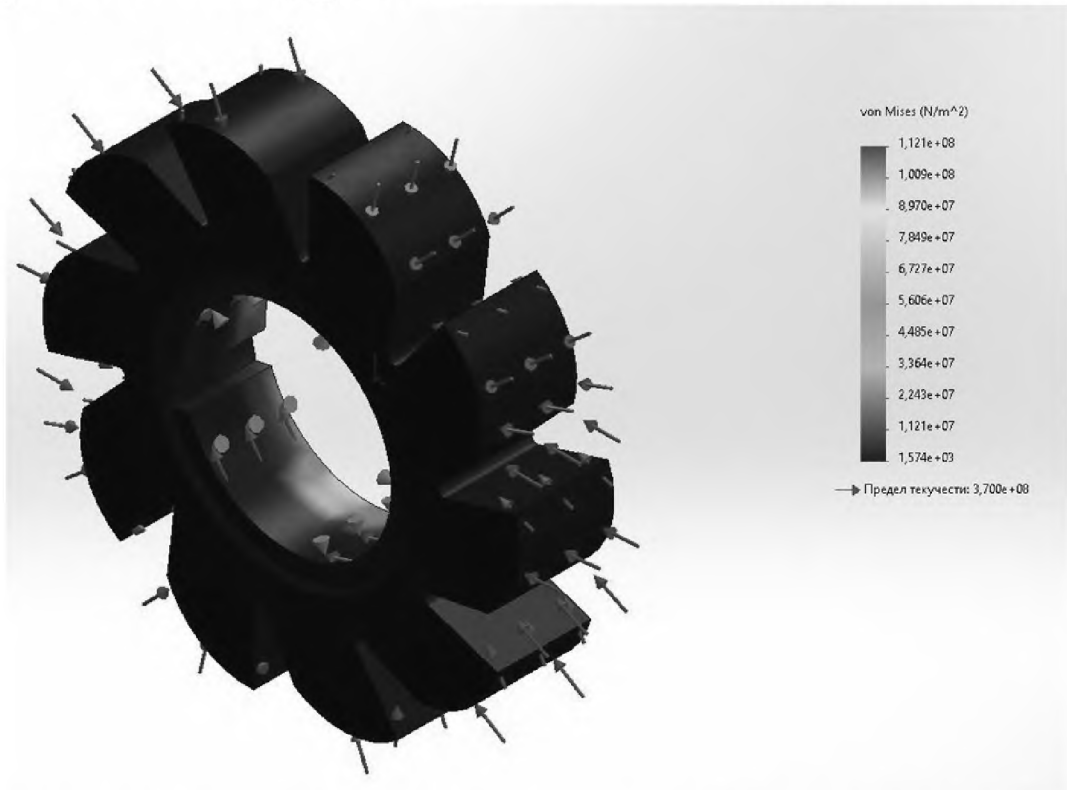


КНУ.КБР.131.26.4-01.ВІН					Верстатно-інструментальне налагодження		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Лит.	Маса	Масштаб
Розробив	Ткачук	Рязанцев					1:1
Керівник	Рязанцев				Аркцш	Аркцш	1
Н.контр.	Нечасів				Кафедра ТМ		
Затв.	Рязанцев				гр. ЗПМ-23ск		

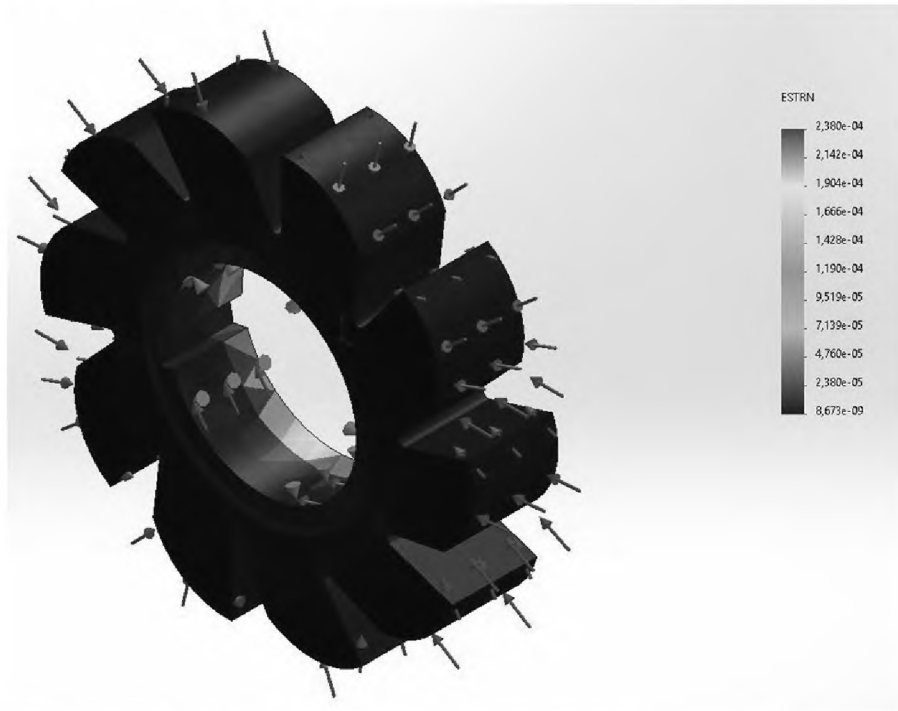
Симуляція «Переміщення» в SolidWorks Simulation



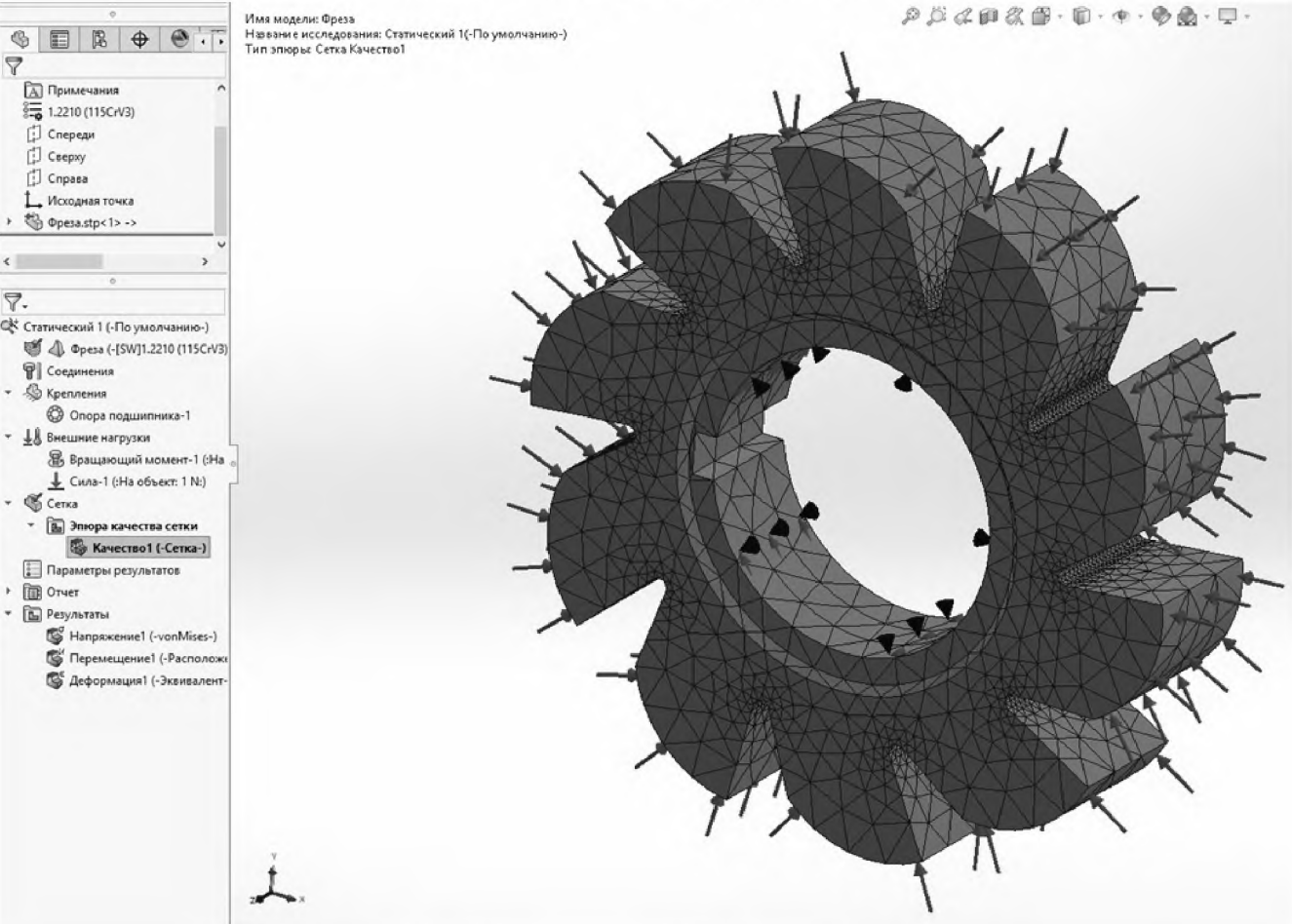
Симуляція «Напруження» в SolidWorks Simulation



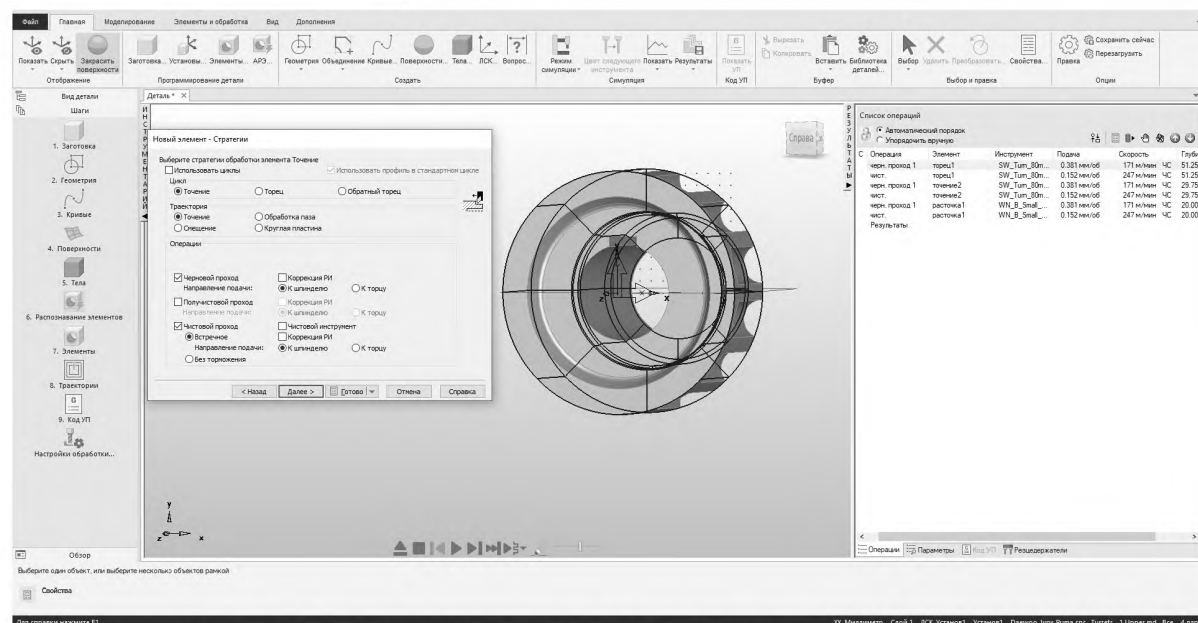
Симуляція «Деформація» в SolidWorks Simulation



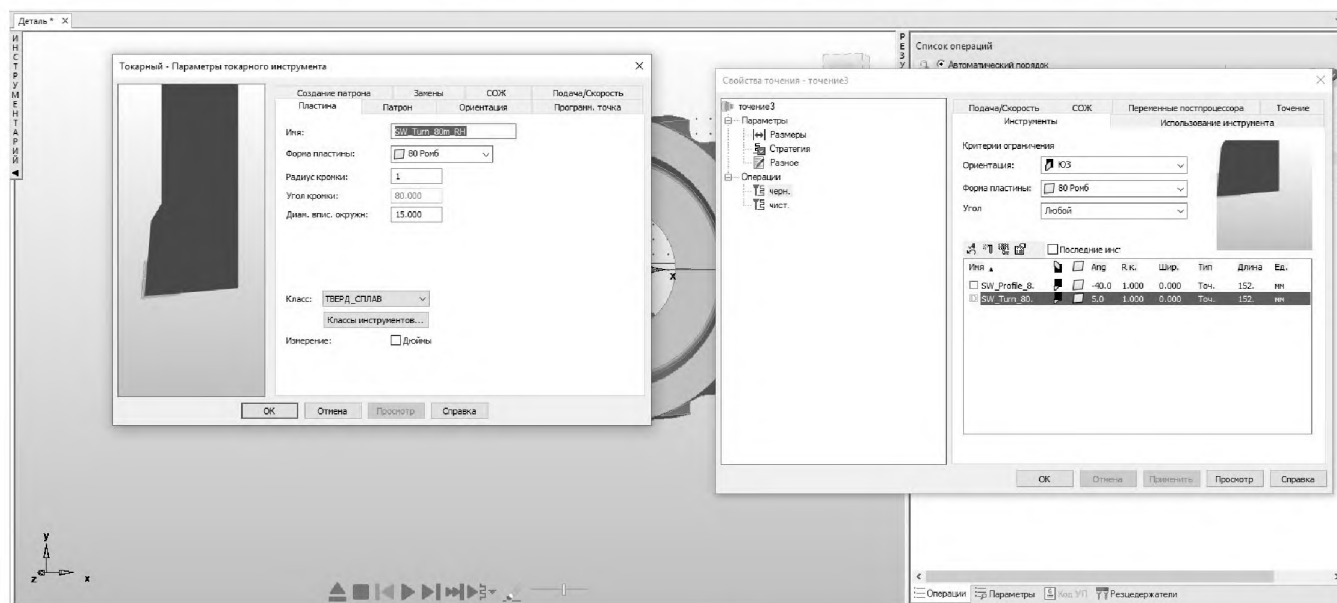
Сітка кінцевих елементів



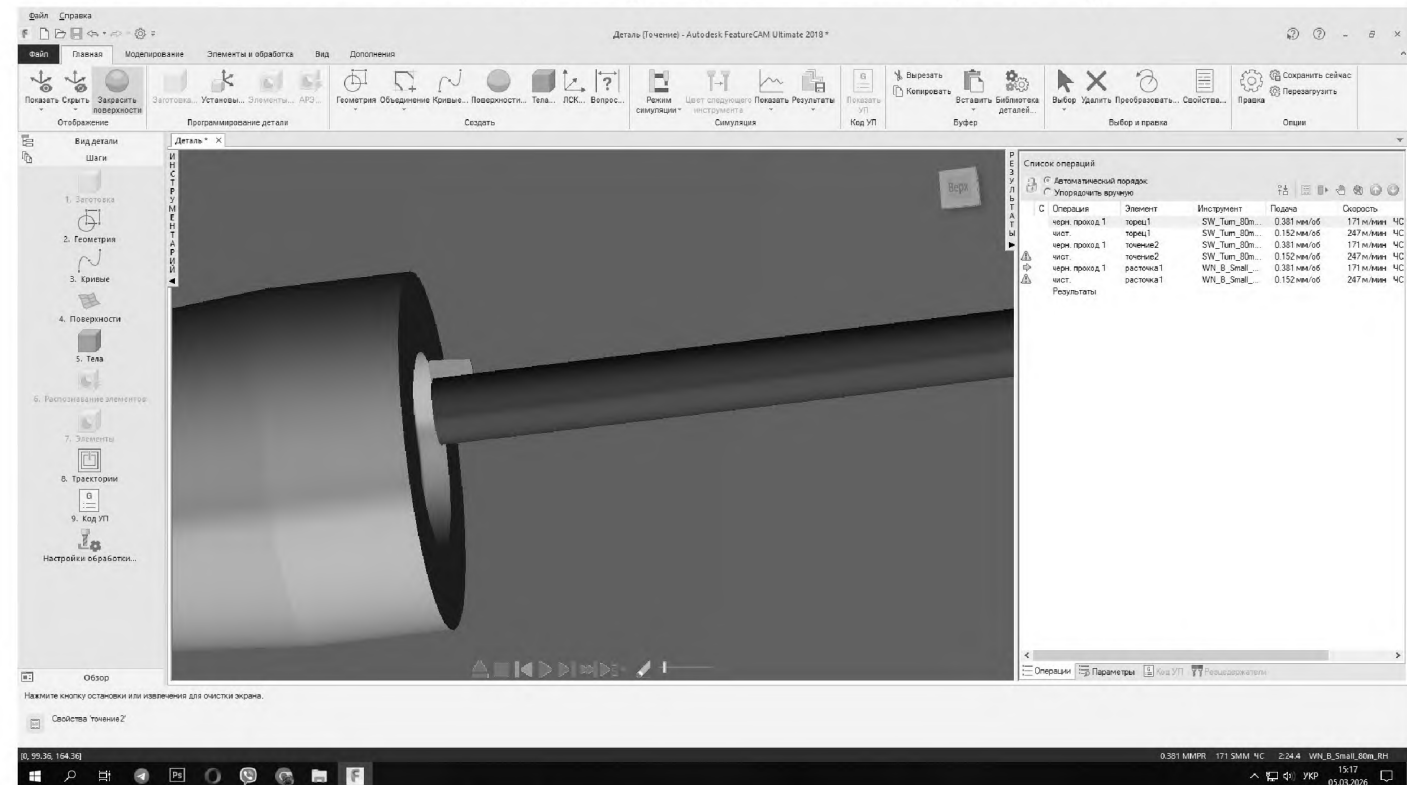
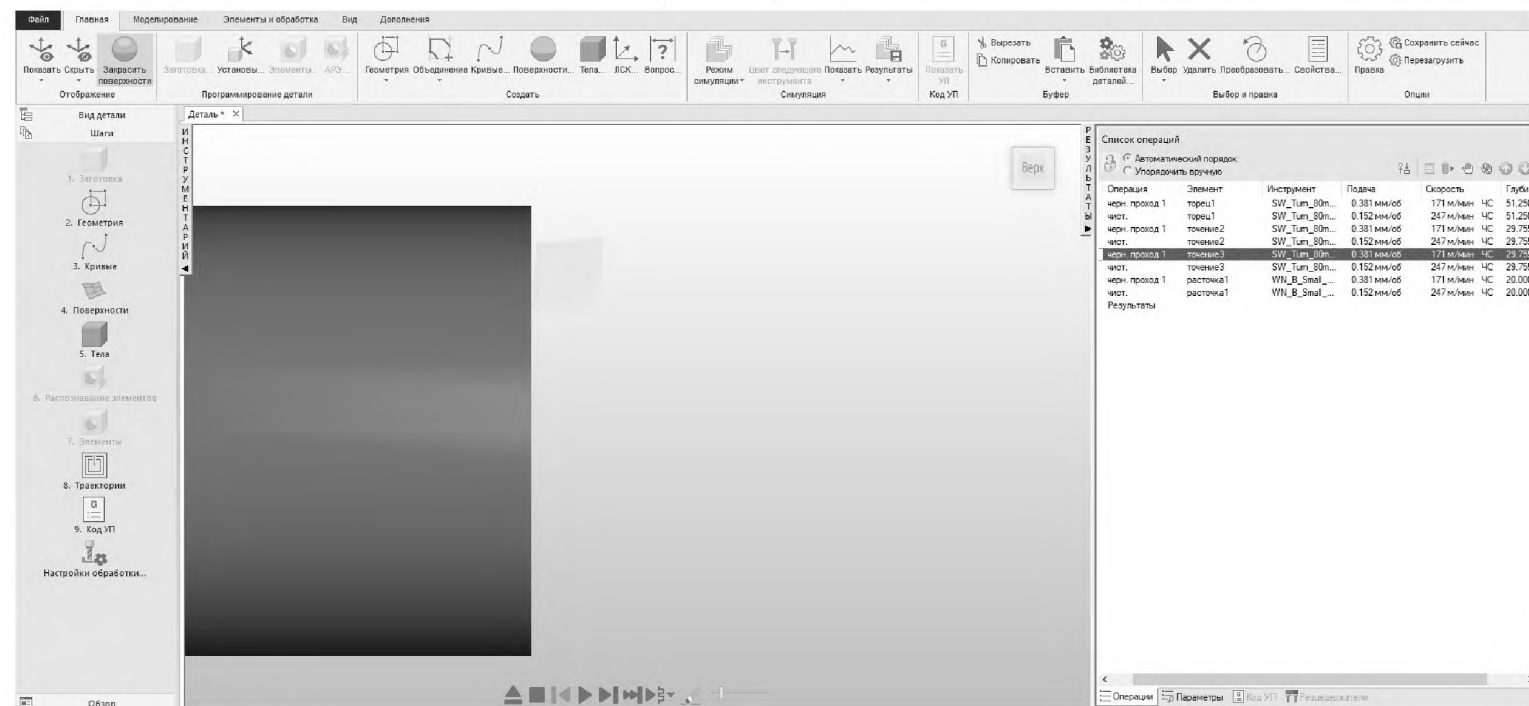
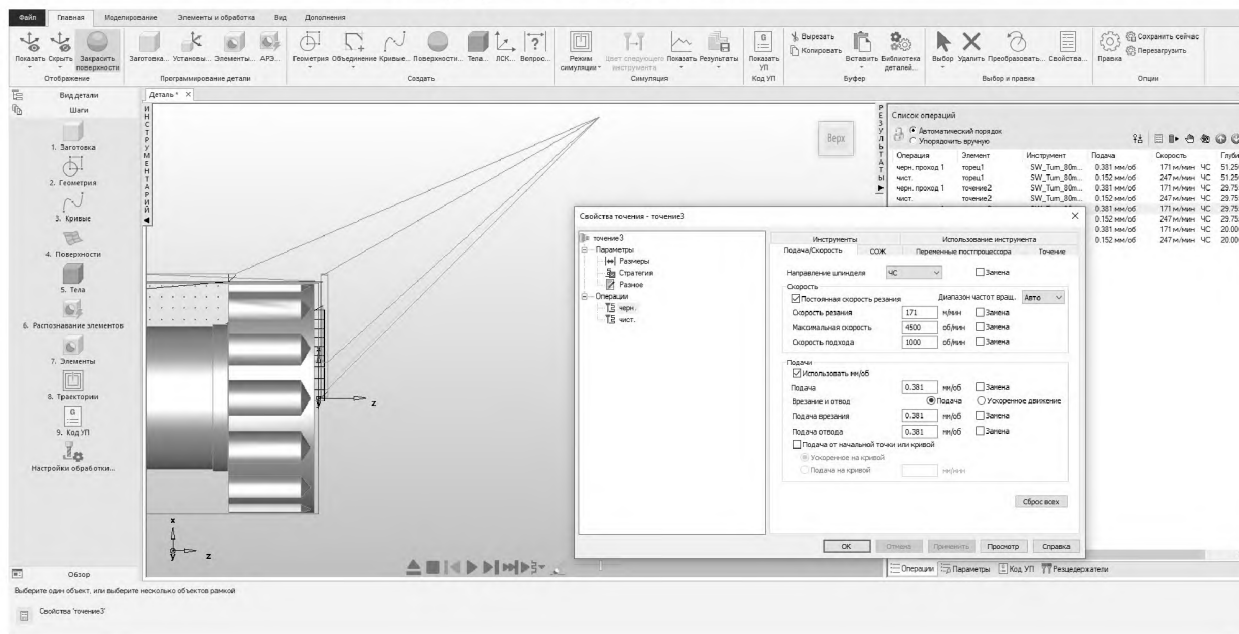
					КНУ.КБР.131.26.4-01.АСРІ				
					Інженерний аналіз спеціального різального інструменту		Літ.	Маса	Масштаб
							Н		
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист		Листів 1		
Розробив	Гладкий				Кафедра ТМ гр. ЗПМ-23ск				
Керівник	Рязанцев								
Н.контр.	Нечаєв								
Затв.	Рязанцев								



Етап вибору різального інструменту в меню програми



Вибір режимів різання



				КНУ.КБР.131.26.4-01.МПМО		
				Лит.	Маса	Масштаб
				Н		
				Лист	Листів	1
				Кафедра ТМ гр. ЗПМ-23ск		
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Моделювання процесу механічної обробки		
Розробив	Гладкий					
Керівник	Рязанцев					
Н.контр.	Нечаев					
Затв.	Рязанцев					