

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Спеціальний різальний інструмент для обробки поверхонь деталі «Вал ступінчастий» та його інженерний аналіз за допомогою САЕ систем

Виконав: здобувач
групи ПМ-20
Бутовський Д.В.
Керівник випускної роботи:
к.т.н., доцент
Нечасв В.П.

Кривий Ріг
2024 р.

**ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ**

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Спеціальний різальний інструмент для обробки поверхонь деталі «Вал ступінчастий» та його інженерний аналіз за допомогою САЕ систем

Виконав здобувач гр. ПМ-20

(підпис)

Бутовський Д.В.

Керівник КБР

(підпис)

Нечаєв В.П.

Нормоконтроль

(підпис)

Рязанцев А.О.

Завідувач кафедри

(підпис)

Нечаєв В.П.

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

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

(підпис)

(дата)

ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну бакалаврську роботу

Здобувач гр. ПМ-20 Бутовський Дмитро Вікторович

1. Тема: Спеціальний різальний інструмент для обробки поверхонь деталі «Вал ступінчастий» та його інженерний аналіз за допомогою САЕ 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 ступінчастий». 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 ступінчастий. 2. Верстатно-інструментальне налагодження. 3. Фасонний круглий різець. 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 _____ / Нечаєв В.П./

Завдання отримав
здобувач освіти _____ / Бутовський Д.В./

КОМПАС-3D v22 Учебная версия © 2023 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены

Формат		Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документація</i>							
A4			1	КНУ.КБР.131.24.1-03.ПЗ	Пояснювальна записка	68	
<i>Креслення</i>							
A1			2	КНУ.КБР.131.24.1-03.ВС	Вал ступінчастий	1	
A2			3	КНУ.КБР.131.24.1-03.ІН	Інструментальне налагодження	1	
A2			4	КНУ.КБР.131.24.1-03.РФК	Різець фасонний круглий	1	
A3			5	КНУ.КБР.131.24.1-03.ІАСРІ	Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	1	
A3			6	КНУ.КБР.131.24.1-03.МПМО	Моделювання процесу механічної обробки	1	

КНУ.КБР.131.24.1-03.ВМКБР					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разрад.	Бутавський				
Проб.	Нечаєв				
Н.контр.	Рязанцев				
Утв.	Нечаєв				
Відомість матеріалів КБР			Лит.	Лист	Листов
			Н		1
Кафедра ТМ гр. ПМ-20					

РЕФЕРАТ

У даній кваліфікаційній бакалаврській роботі представлено: 68 сторінок, 49 рисунків та 35 таблиць.

Метою роботи є розробка інструментального комплексу для виготовлення заданої деталі коробки швидкостей токарного верстату 1М611П «Вал ступінчастий», проектування та інженерний аналіз спеціального різального інструмента за допомогою САЕ систем.

В роботі також виконано керуючу програму фрезерування шпонкових пазів валу, економічний ефект впровадження верстатів з ЧПК у виробництво та пропозиції щодо покращення умов праці зі стружкою та МОР.

При виконанні роботи були використані сучасні каталоги інструментів та верстатів міжнародних виробників, діючі ДСТУ та актуальне програмне забезпечення, таке як SolidWorks Simulation та Autodesk FeatureCAM.

Розроблено верстатно-інструментальне налагоджування для чистової та напівчистової токарної обробки на горизонтально токарному верстаті з ЧПК Microcut BNC-2260X.

МЕТАЛОРИЗАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ, САПР, САЕ, SOLIDWORKS SIMULATION, ФАСОННИЙ РІЗЕЦЬ, ЧПК ВЕРСТАТ

ABSTRACT

This qualification bachelor's work contains: 68 pages, 49 figures and 35 tables.

The purpose of the work is to develop a tool complex for the manufacture of a specified part of the speed box of the 1M611P lathe "Stepped shaft", design and engineering analysis of a special cutting tool using CAE systems.

The work also includes a control program for milling shaft keyways, the economic effect of introducing CNC machines into production, and proposals for improving working conditions with chips and coolant.

The work was performed using modern catalogs of tools and machine by international manufacturers, valid DSTUs and up-to-date software such as SolidWorks Simulation and Autodesk FeatureCAM.

Machine-tool setup for finishing and semi-finishing turning on a horizontal lathe with CNC Microcut BNC-2260X was developed.

METAL CUTTING TOOLS, CAD, CAE, SOLIDWORKS SIMULATION, SHAPED CUTTER, CNC MACHINE

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-03.P</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Бутовський</i>			<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Нечасів</i>				5	68
					<i>Реферат</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>			<i>зр. ПМ-20</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Нечасів</i>					

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	11
1.3 Розрахунок параметрів точності шпонкового з'єднання вал-шпонка...	13
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ	16
2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів заміни.....	16
2.2 Аналіз якості поверхонь деталей.....	17
2.3 Технічний контроль робочого креслення	20
2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання	21
3 ВИБІР РІЖУЧИХ ТА ДОПОМІЖНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ЗА МІЖНАРОДНИМИ СТАНДАРТАМИ.....	31
3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі.....	31
3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів.....	32
3.3 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту	42
3.4 Вибір типорозміру допоміжних інструментів.....	43
3.5 Компоновка інструментального комплексу та розробка інструментального налагодження на технологічну операцію деталі	45
4 ПРОЕКТУВАННЯ ТА ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ	48
4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту	48
4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	52

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-03.3</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Бутовський</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Нечасів</i>				6	68
					<i>Зміст</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>			<i>зр. ПМ-20</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Нечасів</i>					

5 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ.....	55
5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора...	55
5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм	59
6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА	63
6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників	63
6.2 Охорона праці та екологія виробництва.....	64
ВИСНОВКИ.....	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	68

					<i>КНУ.КРБ.131.24.1-03.3</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

ВСТУП

Розвиток машинобудування є однією з ключових складових технічного прогресу та економічного зростання. Сучасні виробничі процеси вимагають високого рівня точності, надійності та ефективності. Це можливо досягнути лише завдяки впровадженню новітніх технологій, інноваційних методів проектування та інженерного аналізу.

Метою даної кваліфікаційної бакалаврської роботи є розробка та впровадження методів проектування і моделювання операцій механічної обробки ступінчастого валу для токарного верстата. Основні завдання роботи включають аналіз службового призначення машини, вузла та деталі, проектування різального інструменту, моделювання операцій механічної обробки, а також організаційно-економічну підготовку виробництва.

В роботі розглянуто конструкцію і принцип роботи коробки швидкостей токарного верстата, проведено аналіз матеріалів і методів обробки ступінчастого валу, розроблено моделі та керуючі програми для механічної обробки, а також виконано розрахунки економічної ефективності впроваджених рішень.

Дослідження, проведені в рамках цієї роботи, спрямовані на підвищення продуктивності та якості виробництва, зниження витрат і оптимізацію виробничих процесів. Отримані результати можуть бути використані для подальшого вдосконалення технологічних процесів і розробки нових методів обробки деталей у машинобудуванні.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-03.В</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Бутовський</i>			<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Нечасів</i>				<i>8</i>	<i>68</i>
					<i>Вступ</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>			<i>зр. ПМ-20</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Нечасів</i>					

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА ТА ДЕТАЛІ

1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

Вихідними даними до кваліфікаційної бакалаврської роботи служить креслення «Вал ступінчастий» зображене на Рисунку 1.1.

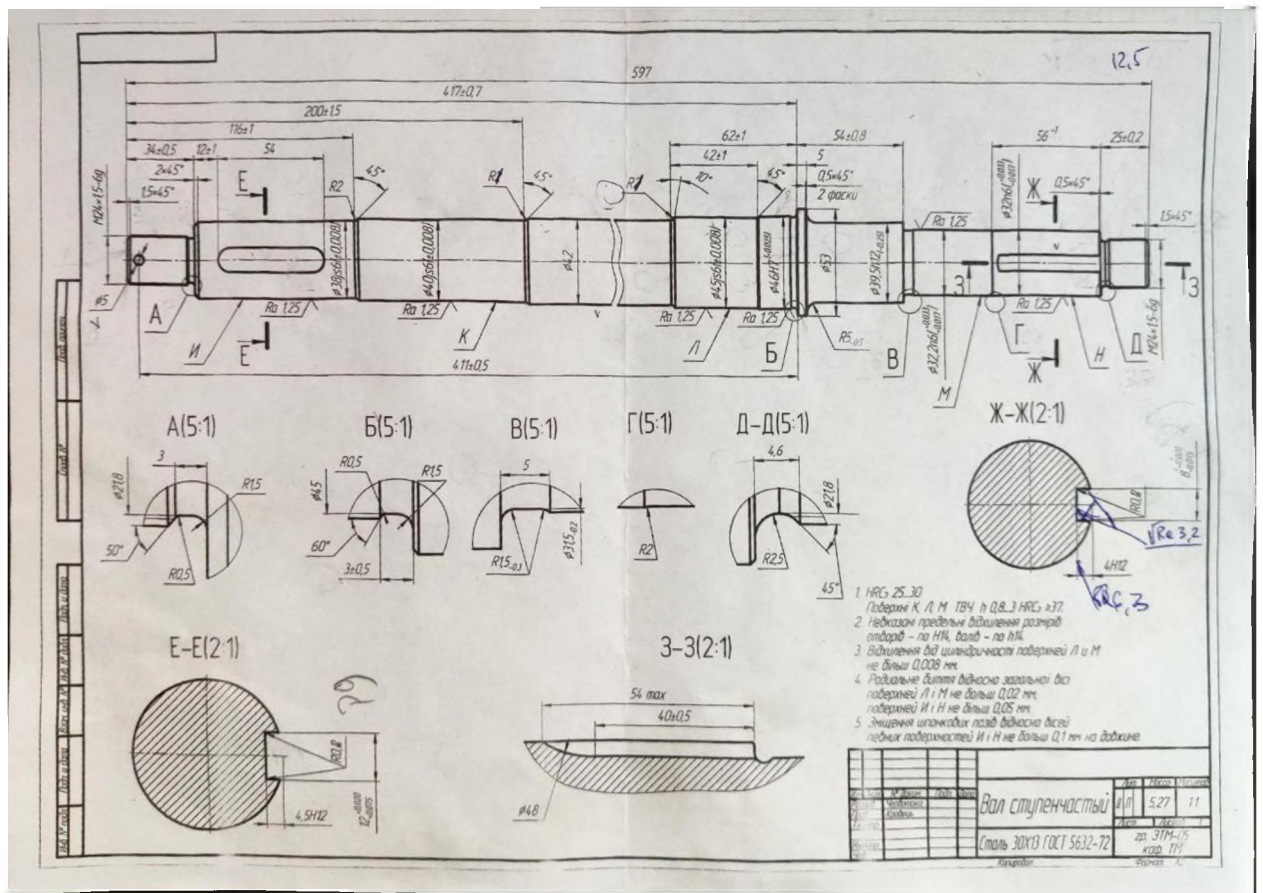


Рисунок 1.1 – Вихідне креслення деталі

Надане креслення валу є детальним технічним документом, що описує його конструкцію, розміри та технічні умови. На кресленні представлено вал ступінчастий з конструктивними елементами, такими як канавки, шпонкові пази, фаски та різьби.

Основні габарити валу становлять 597 мм загальної довжини. Діаметри різних ступенів валу варіюються, зокрема:

- Найбільший діаметр становить 53 мм.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-03.01.АСПМВД</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Разроб.		Бутовський			Лит.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Нечасів				9	68
Н. Контр.		Рязанцев			<i>гр. ПМ-20</i>		
Затверд.		Нечасів			<i>Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі</i>		

- Інші посадкові діаметри: 38 ± 0.008 , 40 ± 0.008 , 45 ± 0.008 , $46^{+0.025}$, $39,5_{-0,25}$, $32,2^{0,033}_{+0,017}$ та $32^{0,033}_{+0,017}$.

Вал містить шпонковий паз шириною $12^{0,020}_{+0,075}$ і глибиною 4,5H12, згідно перерізу Е-Е, та паз шириною $8^{+0,020}_{+0,075}$ і глибиною 4H12, як зазначено на перерізі Ж-Ж. Конфігурація останнього додатково зображується на розрізі З-З, що дає розуміння про виконання пазу дисковою фрезою. Також на валу присутні радіуси та фаски під кутом 45° та 60° та розміром від 0,5 до 2 мм.

На кресленні розміщено п'ять виносних видів А, Б, В, Г, Д у масштабі 5:1, що зображують канавки між ступенями валу.

Технічні умови для виготовлення валу включають:

- 1) Поверхні К, Л, М мають бути термічно оброблені та мати твердість $HRC \geq 37$ на глибину 0,8-3 мм, усі інші поверхні повинні мати твердість $HRC 25-30$.
- 2) Невказані граничні відхилення розмірів отворів – по H14, валів – по h14.
- 3) Відхилення від циліндричності поверхонь М та Л не більше ніж 0,008 мм.
- 4) Радіальне биття відносно загальної вісі поверхонь Л та М не більше ніж 0,02 мм, поверхонь И та Н не більше ніж 0,05 мм.
- 5) Зміщення шпонкових пазів відносно вісей певних поверхонь И та Н не більш 0,1 мм по довжині.

Розмір партії виготовлення – 1,5 тис. шт. / рік.

Загалом, креслення є комплексним та деталізованим, повністю визначає деталь, необхідну до виконання.

Було розроблено 3D модель заданої деталі у програмному забезпеченні SolidWorks, яка зображена на Рисунку 1.2.

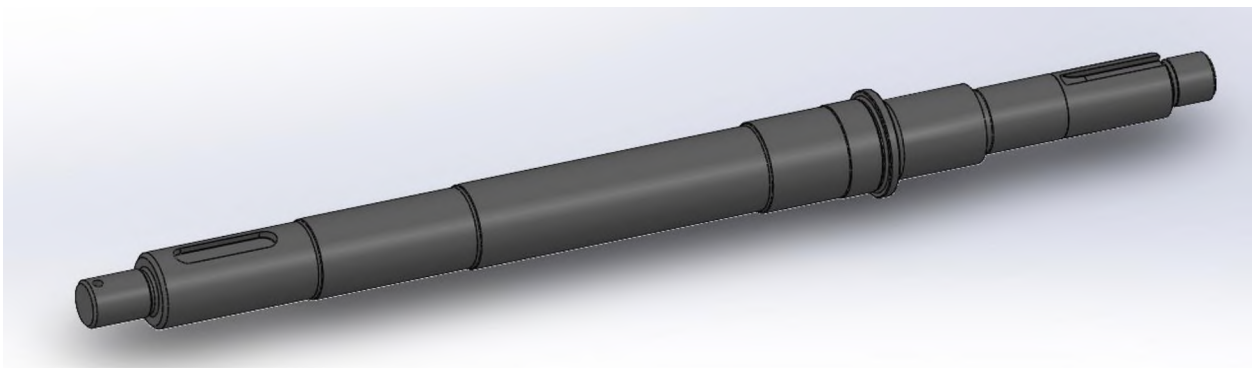


Рисунок 1.2 – 3D модель валу

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-03.01.АСПМВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

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

Заданий ступінчастий вал є частиною коробки швидкостей токарного верстату 1М611П є важливим елементом вузла, що відповідає за передачу обертального руху від двигуна до робочого шпинделя. Даний вузол дозволяє змінювати швидкість обертання шпинделя, що важливо для обробки різних матеріалів і досягнення необхідної якості поверхні деталі.



Рисунок 1.3 – Коробка швидкостей токарного верстата 1М611П

Принцип роботи коробки швидкостей полягає в зміні передаточного числа шляхом перемикання зубчастих коліс. Оператор може вибрати необхідну передачу за допомогою важелів або кнопок, які керують муфтами або іншими механізмами перемикання. Кожна передача відповідає певній швидкості обертання шпинделя, що дозволяє адаптувати режим різання до вимог конкретної операції.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-03.01.АСПМВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Верстат призначений для виконання малосерійних та одиничних токарних робіт у механічних цехах. Загальний вид верстату та його основні технічні характеристики наведені на Рисунку 1.3 та Таблиці 1.1 відповідно.

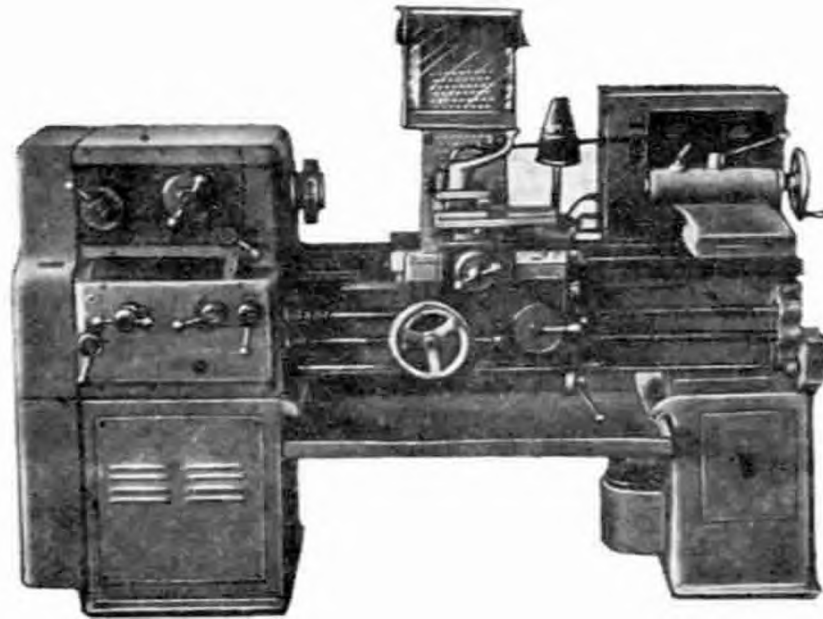


Рисунок 1.4 – Загальний вид верстат 1М611П

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики верстата 1М611П

Параметр	Значення
Клас точності верстата за ГОСТ 8-82 (Н, П, В, А, С)	П
Найбільший діаметр деталі, що обробляється над станиною, мм	320
Найбільший діаметр деталі, що обробляється над супортом, мм	160
Найбільша довжина оброблюваної деталі, мм	710
ЧПК	-
Межі частот обертання шпинделя Min/Max, об/хв.	12,5 - 1600
Потужність, кВт	4
Габарити, мм	2055 x 1095 x 1450
Маса, кг	1300
Початок серійного випуску, рік	1973
Завод-виробник	Єреванське верстатобудівне ВО ЕСПО, ВАР

1.3 Розрахунок параметрів точності шпонкового з'єднання вал-шпонка

Проведемо розрахунок шпонкового з'єднання $\text{Ø}38\text{-}12\times 8\text{-}3$ у системі вал-шпонка.

Вихідні дані до розрахунку:

- d – діаметр ступені валу на якому розташований шпонковий паз – $\text{Ø}38\text{js}6$;
- B – ширина шпонкового пазу – $12\text{P}9$;
- t_1 – глибина шпонкового пазу валу – $4,5\text{H}12$;
- L – довжина шпонкового пазу валу – $54\text{H}15$;
- h – висота шпонки згідно ДСТУ 23360:2008 – $8\text{h}11$ [1];
- b – ширина шпонки – $12\text{h}9$;
- l – довжина шпонки – $54\text{h}14$;
- група полів допусків – третя (щільне з'єднання);
- виконання шпонки – перше.

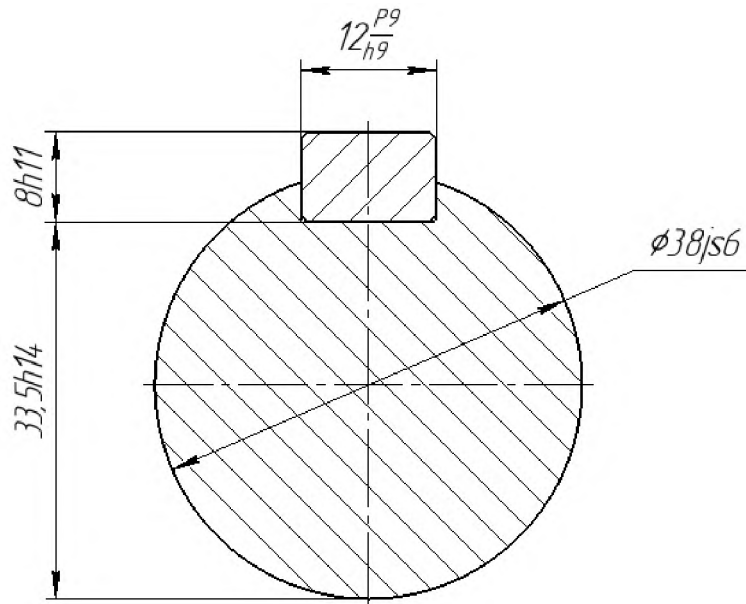


Рисунок 1.5 – Ескіз шпонкового з'єднання

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.1-03.01.АСПМВД

Арк.

13

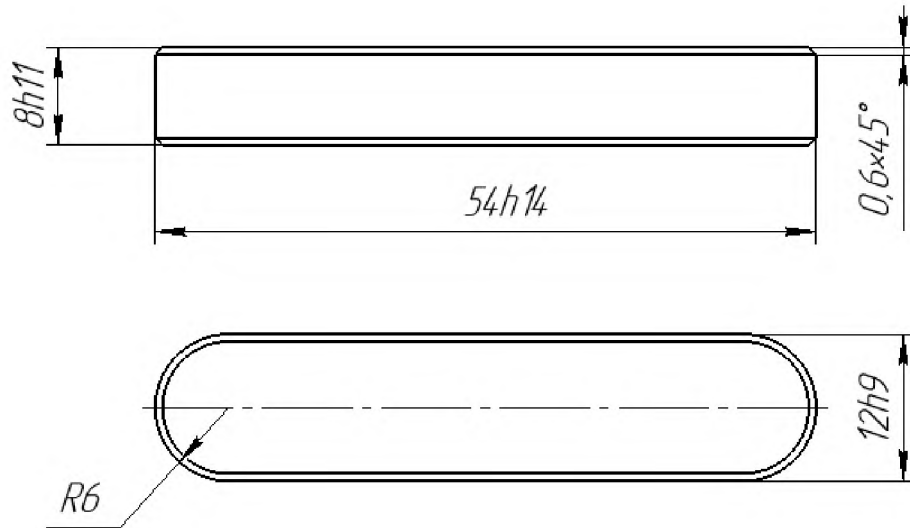


Рисунок 1.6 – Креслення шпонки 12 x 8 x 54 ДСТУ 23360:2008 [1]

Загальноприйнята система допусків та посадок передбачає посадки тільки по ширині, по висоті та довжині завжди забезпечується гарантований зазор. Отже, визначимо граничні відхилення та поля допуску ширини шпонкового пазу валу та шпонки:

$$b = 12h9; \quad es = 0; \quad ei = -43 \text{ мкм};$$

$$b_{max} = b + es = 12 + 0 = 12,000 \text{ мм}; \quad (1.1)$$

$$b_{min} = b + ei = 12 + (-0,043) = 11,957 \text{ мм}; \quad (1.2)$$

$$B = 12P9; \quad ES = -18 \text{ мкм}; \quad EI = -61 \text{ мкм};$$

$$B_{max} = B + ES = 12 + (-0,018) = 11,982 \text{ мм}; \quad (1.3)$$

$$B_{min} = B + EI = 12 + (-0,061) = 11,939 \text{ мм}; \quad (1.4)$$

Визначимо допуск на обидва розміри:

$$Tb = b_{max} - b_{min} = 12,000 - 11,957 = 0,043; \quad (1.5)$$

$$TB = B_{max} - B_{min} = 11,982 - 11,939 = 0,043; \quad (1.6)$$

Розрахуємо максимальні натяги та зазори:

$$N_{max} = b_{max} - B_{min} = 12,000 - 11,939 = 0,061 \text{ мм} = 61 \text{ мкм}; \quad (1.7)$$

$$S_{max} = B_{max} - b_{min} = 11,982 - 11,957 = 0,025 \text{ мм} = 25 \text{ мкм}; \quad (1.8)$$

$$N_{min} = S_{min} = 0 \quad (1.9)$$

					КНУ.КБР.131.24.1-03.01.АСПМВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Зобразимо розраховані параметри полів допусків шпонкового з'єднання на схемі.

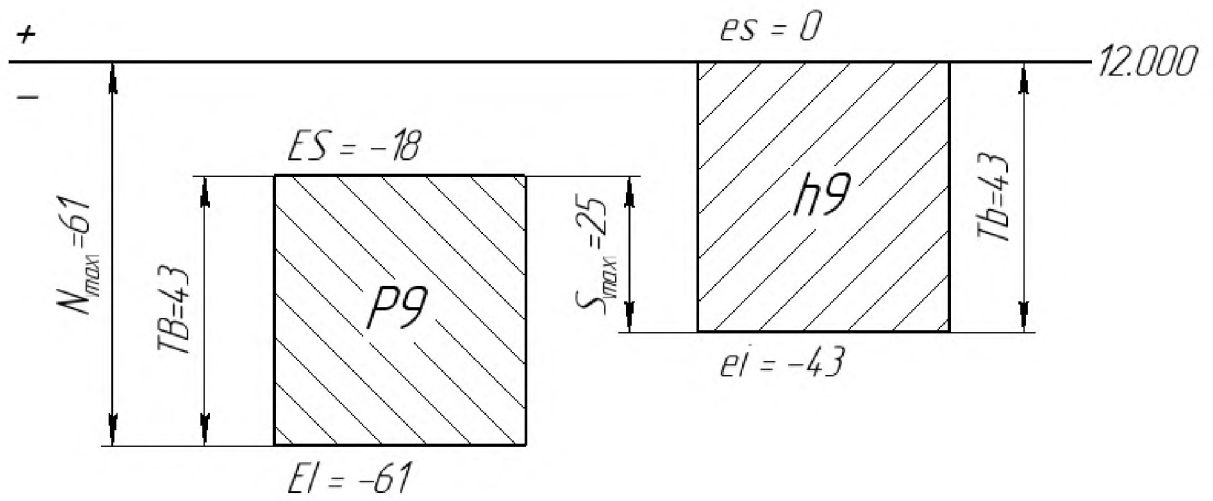


Рисунок 1.7 – Схема полів допусків з'єднання вал-шпонка

					КНУ.КБР.131.24.1-03.01.АСПМВД	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

Ступінчастий вал служить для передавання крутного моменту і забезпечення фіксації рухомих і нерухомих частин машини. Вал встановлюється в підшипники, які забезпечують обертання валу з мінімальним тертям. Ступінчаста конструкція дозволяє встановлювати на вал різні елементи, такі як шестерні, муфти, підшипники і т.д., на різних діаметрах валу.

Заготовка для деталі «Вал ступінчастий» – прокат зі Сталі 30X13 за ДСТУ-5632, що є аналогом міжнародних марок сталі з схожими характеристиками, такими як AISI 420, X20Cr13 і SUS 420J2. Дані про хімічний склад та механічні властивості матеріалу валу та його аналогів приводяться у таблиці 2.1 [2].

Таблиця 2.1 – Властивості сталі 30X13 та її аналогів

Властивість	30X13	AISI 420 (США)	X20Cr13 (Європа)	SUS 420J2 (Японія)
Склад				
Вуглець (C), %	0,26-0,35	0,15-0,40	0,16-0,25	0,26-0,40
Хром (Cr), %	12-14	12-14	12-14	12-14
Марганець (Mn), %	до 0,6	до 1,0	до 1,0	до 1,0
Силіцій (Si), %	до 0,6	до 1,0	до 1,0	до 1,0
Нікель (Ni), %	до 0,6	до 0,75	до 0,75	до 0,75
Механічні властивості				
Границя міцності (σ_b), МПа	≥ 590	680	≥ 590	≥ 590
Границя текучості ($\sigma_{0.2}$), МПа	≥ 295	345	≥ 290	≥ 295
Відносне видовження (δ), %	≥ 15	≥ 12	≥ 12	≥ 15
Ударна в'язкість (КСУ), Дж/см ²	≥ 294	≥ 275	≥ 300	≥ 294
Твердість (НВ)	187-241	200-230	200-230	200-230

<i>КНУ.КБР.131.24.1-03.02.ТПВД</i>				
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Бутовський</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Нечасів</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Нечасів</i>		
<i>Технологічна підготовка виробництва деталі</i>			<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>
				<i>Аркушів</i>
				16
			<i>зр. ПМ-20</i>	
				68

2.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Враховуючи вимоги до точності та якості поверхонь деталі, обираємо технологічні методи обробки (див. Таблицю 2.2), які в сукупності забезпечують задану якість поверхні, зазначену на робочому кресленні.

Таблиця 2.2 – Технологічні методи з обробки поверхонь деталі

№ з/п	Розмір, мм	Технологічні методи обробки	Допуск, IT	Шорсткість Ra, мм
1	2	3	4	5
1, 18	L597	Чорнове підрізання торця	h14	Ra 12,5
2, 17	M24x1.5	Чорнове точіння	h14	Ra 12,5
		Нарізання різьби	6g	Ra 1,25
3	L34	Чорнове підрізання торця	js13	Ra 12,5
4	ø38	Чорнове точіння	js14	Ra 12,5
		Напівчистове точіння	js10	Ra 6,3
		Чистове точіння	js8	Ra 3,2
		Попереднє шліфування	js7	Ra 1,6
		Чистове шліфування	js6	Ra 1,25
5	ø40	Чорнове точіння	js14	Ra 12,5
		Напівчистове точіння	js10	Ra 6,3
		Чистове точіння	js8	Ra 3,2
		Попереднє шліфування	js7	Ra 1,6
		Чистове шліфування	js6	Ra 1,25
6	ø42	Чорнове точіння	h14	Ra 12,5

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5
7	ø45	Чорнове точіння	js14	Ra 12,5
		Напівчистове точіння	js10	Ra 6,3
		Чистове точіння	js8	Ra 3,2
		Попереднє шліфування	js7	Ra 1,6
		Чистове шліфування	js6	Ra 1,25
8	ø47	Чорнове точіння	k14	Ra 12,5
		Напівчистове точіння	k10	Ra 6,3
		Чистове точіння	k8	Ra 3,2
		Попереднє шліфування	k7	Ra 1,6
		Чистове шліфування	k6	Ra 1,25
9	L417	Чорнове підрізання торця	js13	Ra 12,5
10	ø53	Чорнове точіння	h14	Ra 12,5
11	L5	Чорнове підрізання торця	h14	Ra 12,5
12	ø39,5	Чорнове точіння	h12	Ra 12,5
13	L54	Чорнове підрізання торця	js13	Ra 12,5
14	ø32,2	Чорнове точіння	n14	Ra 12,5
		Напівчистове точіння	n10	Ra 6,3
		Чистове точіння	n8	Ra 3,2
		Попереднє шліфування	n7	Ra 1,6

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5
		Чистове шліфування	n6	Ra 1,25
15	ø32	Чорнове точіння	n14	Ra 12,5
		Напівчистове точіння	n10	Ra 6,3
		Чистове точіння	n8	Ra 3,2
		Попереднє шліфування	n7	Ra 1,6
		Чистове шліфування	n6	Ra 1,25
16	L25	Чорнове підрізання торця	js13	Ra 12,5
19	ø5	Свердління отвору	H14	Ra 12,5
20, 38	Фаска 1,5x45°	Точіння фаски	h14	Ra 12,5
21	Канавка b = 3	Точіння канавки	h14	Ra 12,5
22	Фаска 2x45°	Точіння фаски	h14	Ra 12,5
23	Паз b = 12	Чорнове фрезерування	P14	Ra 12,5
		Напівчистове фрезерування	P10	Ra 6,3
		Чистове фрезерування	P9	Ra 3,2
24	Паз h = 4,5	Чорнове фрезерування	H14	Ra 12,5
		Напівчистове фрезерування	H12	Ra 6,3
25, 26	R2	Чорнове точіння	h14	Ra 12,5
27	R1	Чорнове точіння	h14	Ra 12,5

					<i>КНУКБР.131.24.1-03.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5
29	Канавка $b = 3$	Точіння канавки	js13	Ra 12,5
30, 31, 36	Фаска $0,5 \times 45^\circ$	Точіння фаски	h14	Ra 12,5
32	R5	Чорнове точіння	h14	Ra 12,5
33	Канавка $b = 5$	Точіння канавки	h14	Ra 12,5
34	Паз $b = 8$	Чорнове фрезерування	P14	Ra 12,5
		Напівчистове фрезерування	P10	Ra 6,3
		Чистове фрезерування	P9	Ra 3,2
35	Паз $h = 4$	Чорнове фрезерування	H14	Ra 12,5
		Напівчистове фрезерування	H12	Ra 6,3
37	Канавка $R = 2,5$	Точіння канавки	h14	Ra 12,5

2.3 Технічний контроль робочого креслення

Робоче креслення виконане у програмному забезпеченні Solidworks на аркуші формату A1 та представлене в альбомі креслень кваліфікаційної бакалаврської роботи. На ньому зображені головний та виносні види ступінчатого валу, два перерізи та один розріз шпонкових пазів. На кресленні зазначені всі необхідні розміри, шорсткості поверхонь, відхилення форми, невказана шорсткість та технічні вимоги до виготовлення та контролю деталі.

З вихідного креслення були виправлені певні позначення згідно ДСТУ 3321:2003 «Система конструкторської документації (СКД)» [3], такі як шорсткості та технічні вимоги, позначені бази та відхилення форми за циліндричністю, радіальним биттям та зміщення шпонок відносно вісі валу.

					<i>КНУКБР.131.24.1-03.02.ТПВД</i>	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання

Складемо маршрутну технологічну карту виготовлення заданого ступінчатого валу – Таблиця 2.3.

Таблиця 2.3 – Маршрутна карта

№	Тип операції	Тип верстату та модель	Примітки
005	Заготівельна	-	Відрізання прокату
015	Токарна чорнова	Горизонтально-токарний верстат з ЧПК	Чорнове точіння зовнішніх циліндричних поверхонь валу та підрізання торців
020	Токарна напів-/чистова	Горизонтально-токарний верстат з ЧПК	Напів-/чистове точіння зовнішніх циліндричних поверхонь валу, канавок, підрізання торців та нарізання різьби на кінцях валу
025	Свердлильна	Фрезерний 5-ти осьовий верстат	Свердлення отвору під штифт Ø5 мм
030	Фрезерна	Фрезерний 5-ти осьовий верстат	Фрезерування двох шпонкових пазів
035	Шліфувальна	Круглошліфувальний верстат	Шліфування необхідних посадкових поверхонь
040	Контрольна	Контрольний стіл	Технічний контроль
045	Упаковування	-	Нанесення антикорозійного покриття

З урахуванням кількості та характеру попередньо визначених технологічних методів обробки поверхонь, підберемо типи металорізального обладнання. Отримані дані занесемо в таблицю 2.8. Нумерацію поверхонь валу додано у Додаток А.

					<i>КНУКБР.131.24.1-03.02.ТПВД</i>	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1) Горизонтально-токарний верстат з ЧПК Microcut 117 НТ



Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд верстата 117 НТ

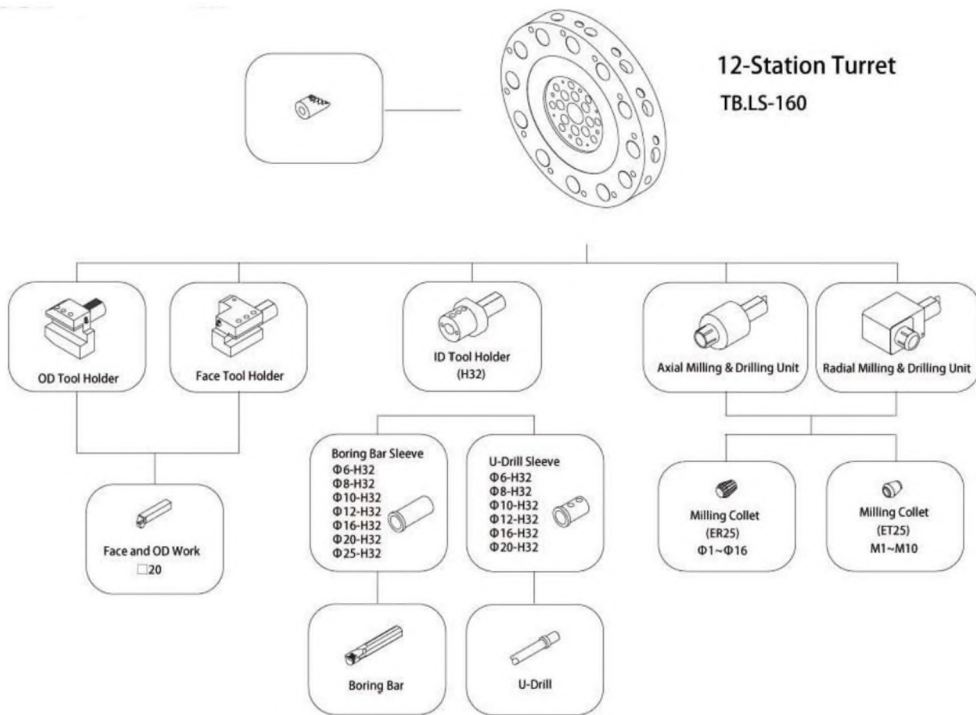


Рисунок 2.2 – 12-позиційна револьверна головка TB.LS-160

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.1-03.02.ТПВД

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики верстата 117 НТ

Назва параметрів	Од. Вим.	Значення
1	2	3
Зона обробки		
Макс. ø заготовки над станиною	мм	900
Макс. ø заготовки над супортом	мм	700
Макс. довжина точіння	мм	1300 / 2050 / 2800 / 3800
Кут станини	°	45
Макс діаметр прутка	мм	117,5
Переміщення		
Переміщення по вісі X	мм	385 (350+35)
Переміщення по вісі Y	мм	100 (±50)
Переміщення по вісі Z	мм	1500 / 2250 / 3000 / 4000
Шпиндель		
Макс. частота обертів	об/хв	1500
Конус шпинделя		A2-11
Отвір у шпинделі	мм	155
Діаметр прутка, що подається	мм	117,5
Тип привода		2 швидкісна передача
Діаметр гідравлічного патрона	мм	450
Потужність шпинделя Fanuc	кВт	30/37
Потужність шпинделя Siemens	кВт	30/45
Револьверна головка		
Тип револьверної головки		гідравлічна
Кількість позицій	шт	12
Діаметр рсточувальної оправки	мм	60
Вісі		
Пришвидшена подача по вісям X/Y/Z	м/хв	20 / 20 / 20
КГП по вісям X/Y/Z	мм	Ø40 x P10 x C3 / Ø40 x P10 x C3 / Ø50 x P12 x C3
Точність		
Точність позиціонування	мм	0,01/300
Повторюваність	мм	±0,01
Маса та габарити		
Маса, без транспортера	кг	12000
Довжина x ширина x висота	мм	6500 350 x 2300

					<i>КНУКБР.131.24.1-03.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

2) Горизонтально-токарний верстат з ЧПК Microcut BNC-2260X



Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд верстата BNC-2260X

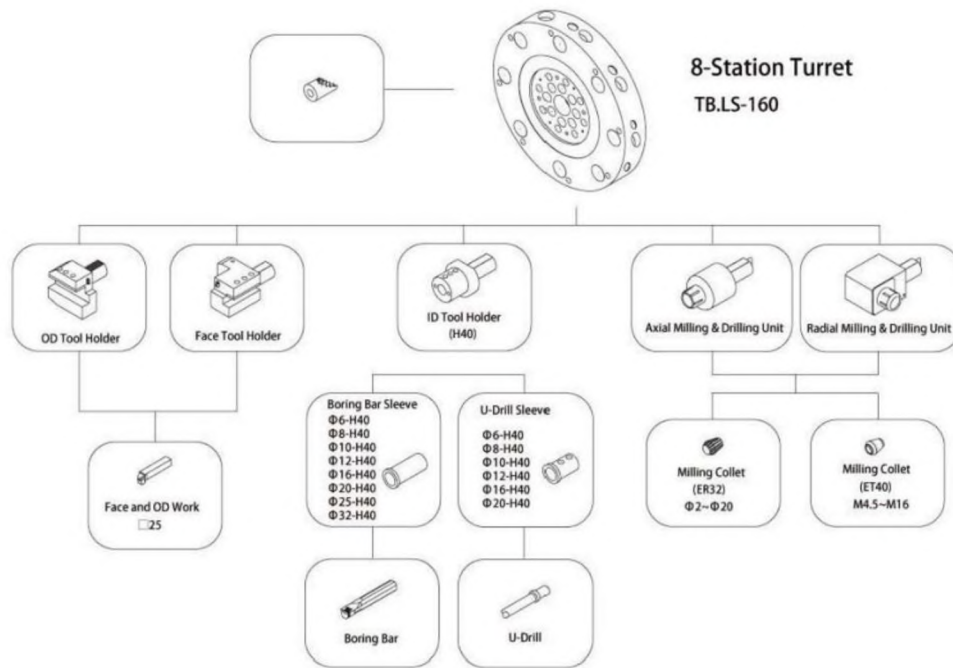


Рисунок 2.4 – 8-позиційна револьверна головка

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.1-03.02.ТПВД

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики верстата BNC-2260X

Назва параметрів	Од. Вим.	Значення
1	2	3
Зона обробки		
Макс. \varnothing заготовки над станиною	мм	550
Макс. \varnothing заготовки над супортом	мм	310
Макс. \varnothing заготовки над виїмкою	мм	770
Макс. довжина точіння	мм	283
Макс маса оброблюваної деталі	кг	2000
Шпиндель		
Макс. частота обертів	об/хв	2400
Конус шпинделя		A1-8 / D1-8 (82 мм) A1-11 / D1-8 (106 мм)
Отвір у шпинделі	мм	69 (82), 90 (106), 116 (153)
Діаметр патрона	мм	250 / 315
Потужність шпинделя Fanuc	кВт	11/15
Потужність шпинделя Siemens	кВт	12/18
Переміщення		
Переміщення по вісі X	мм	345
Переміщення по вісі Y	мм	± 40
Переміщення по вісі Z	мм	1150 / 1650 / 2150 / 3150 / 4150
Подачі		
Пришвидшена подача по вісі X	м/хв	15
Пришвидшена подача по вісі Z	м/хв	15
Пришвидшена подача по вісі Y	м/хв	7,5
Точність		
Точність позиціонування	мм	0,01/300
Повторюваність	мм	$\pm 0,01$
Маса та габарити		
Маса	кг	3800
Довжина x ширина x висота	мм	3190 x 4190 x 6190

					<i>КНУКБР.131.24.1-03.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

3) Фрезерний 5-ти осьовий верстат HAAS GM-2-5AX



Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд верстата HAAS GM-2-5AX

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики верстата HAAS GM-2-5AX

Назва параметрів	Од. Вим.	Значення
1	2	3
Робочі переміщення		
По вісі X	мм	3 683
По вісі Y	мм	2 223
По вісі Z	мм	1 000
Відстань між поверхнею столу і торцем шпинделя	мм	127-940
Робочий стіл		
Поверхня столу X x Y	мм	3 658 x 1 829
Товщина	мм	25
Максимальна вага на столі (рівно розподілена)	кг	2 722
Відстань між колонами	мм	1 905

Продовження таблиці 2.6

1	2	3
Шпиндель		
Конус шпинделя	-	HSK-63F
Швидкість обертання шпинделя	об/хв	20 000
Тип приводу	-	Інтегральний шпиндель / мотор
Обертовий момент при 7 500 об/хв	Нм	15
Швидкості подачі		
Прискорені переміщення по осі X	м/хв	20,3
Прискорені переміщення по осі Y	м/хв	53,3
Прискорені переміщення по осі Z	м/хв	27,9
Різання на максимальну глибину	м/хв	20,3
Переміщення по В-осі (нахил)	°	від 120 до -120
Максимальна швидкість	°/с	110
Обертовий момент	Нм	340
Переміщення С-осі (обертання)	°	від 245 до -245
Максимальна швидкість	°/с	200
Обертовий момент	Нм	350
Магазин інструментів		
Кількість інструменту	шт	30+1
Метод підбору інструменту	-	Довільний
Конус шпинделя	-	HSK-63F
Максимальний діаметр інструмента	мм	64
Максимальний діаметр інструмента при порожніх сусідніх кишнях	мм	89
Максимальна довжина інструменту	мм	279
Максимальна вага інструменту	кг	5,4
Додатково		
Ширина x глибина x висота	мм	4 697 x 6 122 x 4 115
Вага нето	кг	9 072
ЧПК	-	HAAS

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-03.02.ТПВД</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

4) Круглошліфувальний верстат з ЧПК Supertec G38TH-100CNC



Рисунок 2.6 – Зовнішній вигляд верстата G38TH-100CNC

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики верстата G38TH-100CNC

Назва параметрів		Од. Вим.	Значення
1		2	3
Основні характеристики			
Макс. діаметр шліфування		мм	300
Макс. довжина шліфування		мм	1000
Макс. діаметр заготовки		мм	380
Макс. маса заготовки в центрах		кг	190
Розміри упаковки (Д x Ш x В)		мм	5280 x 2280 x 2250
Шліфувальне коло			
Діаметр x Ширина x Отвір		мм	510 x 50 x 152,5
Макс. частота обертання		об/хв	1250
Макс. окружна швидкість		м/с	33
Шліфувальна бабка			
Вісь X	Кут між поперечними і поздовжнім напрямом	°	90
	Макс. приріст швидкості	м/хв	6

Продовження таблиці 2.7

1		2	3
Вісь X	Переміщення під час врізної операції	мкм	0,1
	Мін. приріст врізної подачі	мм	225
Вісь Z	Швидка подача	мм/об	0-150
	Мінімальне переміщення подачі	мкм	0,1
Бабка виробу			
Частота обертання		об/хв	50-350
Конус бабки виробу		-	MT4
Переміщення пінолі		мм	25
Конус задньої бабки		-	MT4
Потужність			
Двигун шліфувального круга		кВт	5,5
Двигун бабки виробу		кВт	1,2
Двигун гідравлічного насоса		кВт	0,75
Двигун насоса подачі MOP		кВт	0,18
Двигун по осі X		кВт	1,2
Двигун по осі Z		кВт	1,2

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

№ Поверхні	Найменування операції	Тип і модель верстата
1	2	3
1, 18, 3, 9, 11, 13, 16	Чорнове підрізання торця	Токарний обробний центр 117 НТ
2, 17, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14, 15, 25, 26, 27, 32	Чорнове точіння	
20, 38, 22, 30, 31, 36	Точіння фаски	
2, 17	Нарізання різьби	Токарний обробний центр BNC-2260X
4, 5, 7, 8, 14, 15	Напівчистове точіння	
4, 5, 7, 8, 14, 15	Чистове точіння	

Продовження таблиці 2.8

1	2	3
21, 29, 33, 37	Точіння канавки	Токарний обробний центр BNC-2260X
19	Свердління отвору	Фрезерний 5-ти осьовий верстат HAAS GM-2-5AX
23, 24, 34, 35	Чорнове фрезерування	
23, 24, 34, 35	Напівчистове фрезерування	
23, 24	Чистове фрезерування	
4, 5, 7, 8, 14, 15	Попереднє шліфування	Круглошліфувальний верстат G38TH-100CNC
4, 5, 7, 8, 14, 15	Чистове шліфування	

					<i>КНУКБР.131.24.1-03.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

3 ВИБІР РІЖУЧИХ ТА ДОПОМІЖНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ЗА МІЖНАРОДНИМИ СТАНДАРТАМИ

3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі

Беручи до уваги кількість та зміст раніше запропонованих технологічних методів обробки поверхонь, обираємо сучасні типи інструментів, запропоновані міжнародними виробниками. Для кожного виду поверхні деталі обираємо відповідний тип інструменту, обґрунтовуємо його вибір та представляємо ескіз. Основна інформація заноситься до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Вибір типів інструментів по обробці поверхонь деталі

№ з/п поверхні	Найменування операції	Тип інструмента
1	2	3
1, 18, 3, 9, 11, 13, 16	Чорнове підрізання торця	Підрізний різець
2, 17, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14, 15, 25, 26, 27, 32	Чорнове точіння	Прохідний різець
2, 17	Нарізання різьби	Різьбовий різець
4, 5, 7, 8, 14, 15	Напівчистове / Чистове точіння	Прохідний різець
20, 38, 22, 30, 31, 36	Точіння фаски	Прохідний різець
21, 29, 33, 37	Точіння канавки	Канавковий різець
19	Свердління отвору	Свердло
23, 24	Чорнове / Напівчистове / Чистове фрезерування	Кінцева фреза
34, 35	Чорнове / Напівчистове фрезерування	Дискова фреза
4, 5, 7, 8, 14, 15	Попереднє шліфування	Шліфувальний круг
4, 5, 7, 8, 14, 15	Чистове шліфування	Шліфувальний круг

<i>КНУ.КБР.131.24.1-03.03.ВРДІ</i>				
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Бутовський</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Нечасів</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Нечасів</i>		
<i>Вибір ріжучих та допоміжних інструментів</i>			<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>
				<i>Аркушів</i>
			31	68
<i>зр. ПМ-20</i>				

3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів

Враховуючи фізико-механічні характеристики матеріалу деталі, тип обробки та застосовані металорізальні верстати, для визначених типів металорізальних інструментів визначаємо матеріал різальної частини, геометричні параметри, а також матеріал державки (корпусу, хвостовика) інструменту, які виготовлені міжнародними виробниками. Всі дані відображені у таблиці 3.16.

1) Позиції: 1, 18, 3, 9, 11, 13, 16 – Чорнове підрізання торця:

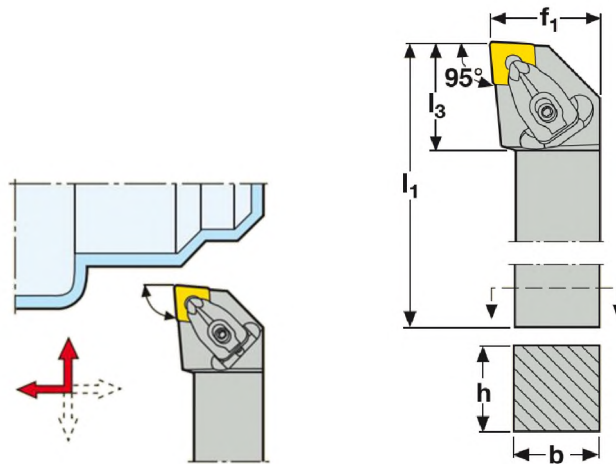


Рисунок 3.1 – Державка DCLNR/L 2020K12-M [4, с.82]

Таблиця 3.2 – Геометричні параметри державки DCLNR/L 2020K12-M

h, мм	b, мм	l ₁ , мм	f ₁ , мм	l ₃	γ ₀ [°]	λ _s [°]	m, кг
20	20	125	25	32	-6	-6	0,4

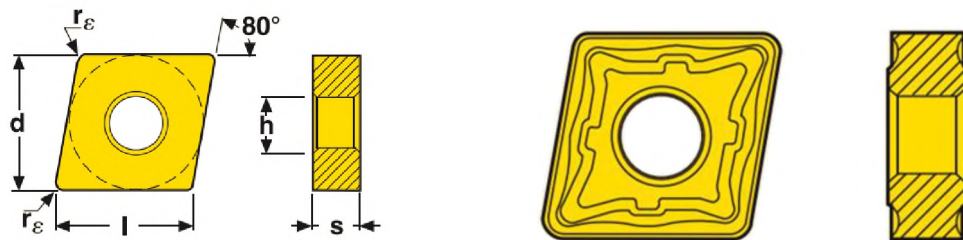


Рисунок 3.2 – Пластина CNMG 120408-M5 [4, с.198]

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.1-03.03.ВРДІ

Арк.

32

Таблиця 3.3 – Параметри пластини CNMG 120408-M5

d, мм	l, мм	s, мм	h, мм	r _ε	Матеріал
12,70 ±0,08	12,9	4,76±0,13	5,15	0,4-1,6±0,1	TP 3000

2) Позиції: 2, 17, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14, 15, 25, 26, 27, 32 – Чорнове точіння:

Обираємо державку: DCLNR/L 2020K12-M (Рисунок 3.1, Таблиця 3.2)

Обираємо пластину: CNMG 120408-M5 (Рисунок 3.2, Таблиця 3.3)

3) Позиції: 2, 17 – Нарізання різьби:

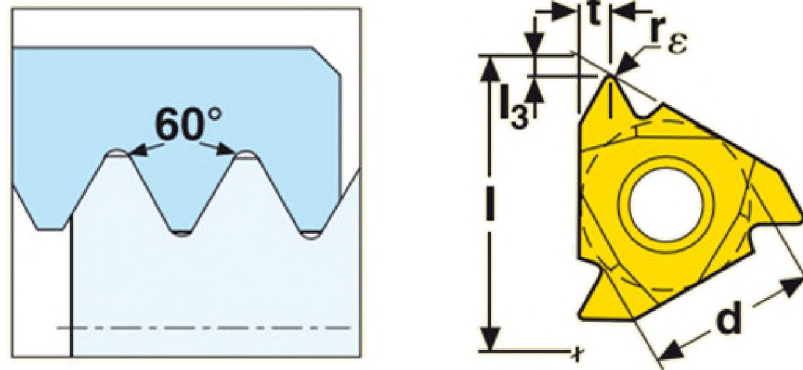


Рисунок 3.3 – Пластина 16ER/L A60 [4, с.380]

Таблиця 3.4 – Параметри пластини 16ER/L A60

d, мм	l, мм	s, мм	Шаг, мм	t, мм	l ₃ , мм	r _ε , мм	Матеріал
9,525	16,5	3,47	0,5-1,50	0,8	0,6	0,08	CP 500

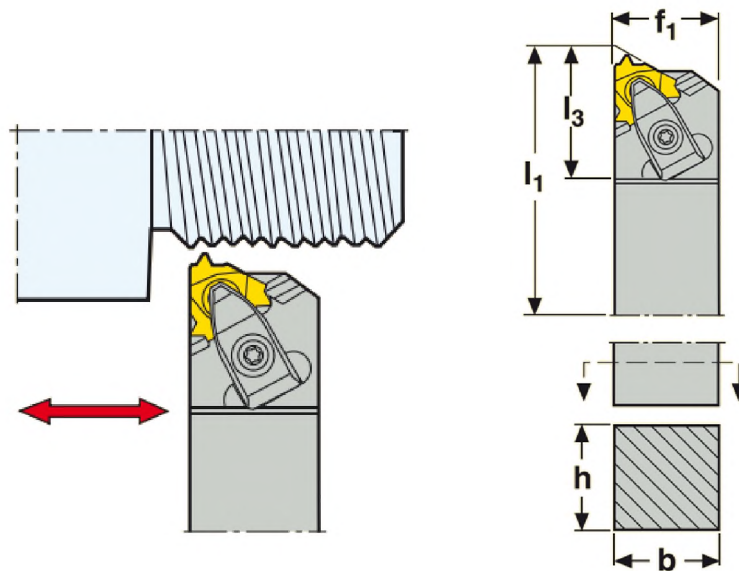


Рисунок 3.4 – Державка CER/L 2525M16HD [4, с.408]

Таблиця 3.5 – Параметри державки CER/L 2525M16HD

h, мм	b, мм	l ₁ , мм	f ₁ , мм	l ₃ , мм	m, кг
25	25	150	25	30	0,7

4) Позиції: 4, 5, 7, 8, 14, 15 – Напівчистове точіння:

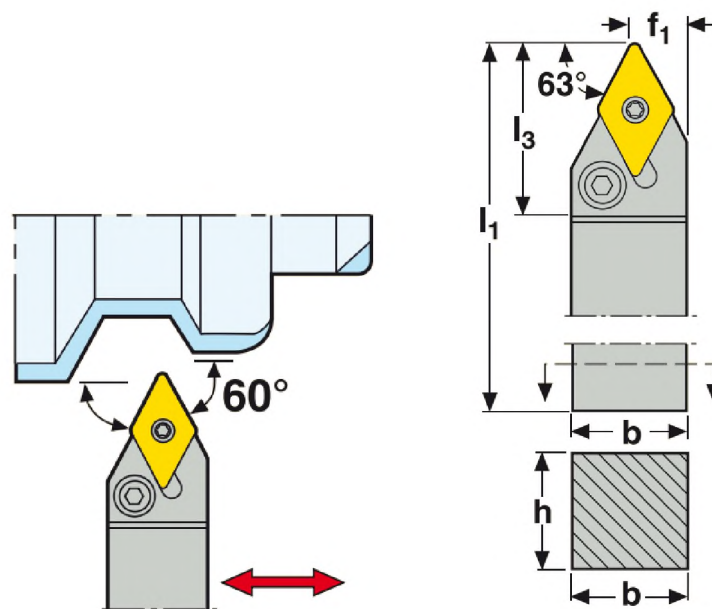


Рисунок 3.5 – Державка PDNNR 2525M11 [4, с.110]

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Таблиця 3.6 – Параметри державки PDNNR 2525M11

h, мм	b, мм	l ₁ , мм	f ₁ , мм	l ₃	γ ₀ [°]	λ _s [°]	m, кг
25	25	150	12,5	30	-6	-6	0,7

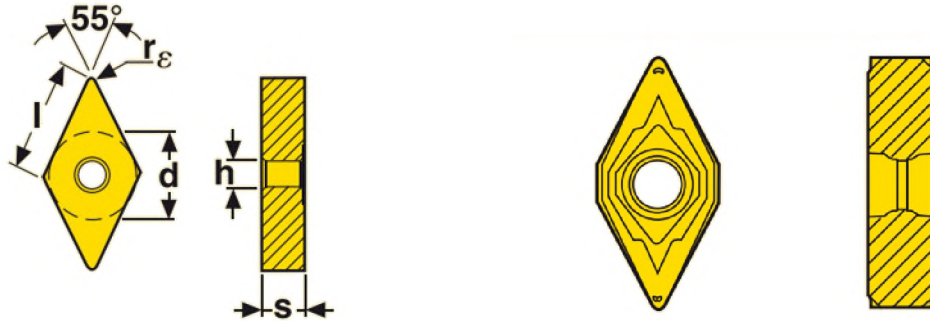


Рисунок 3.6 – Пластина DNMU 110404-MF2 [4, с.206]

Таблиця 3.7 – Параметри пластини DNMU 110404-MF2

d, мм	l, мм	s, мм	h, мм	r _ε	Матеріал
9,52 ±0,05	11,6	4,76±0,13	3,81	0,2-1,2±0,1	TP 1500

5) Позиції: 4, 5, 7, 8, 14, 15 – Чистове точіння:

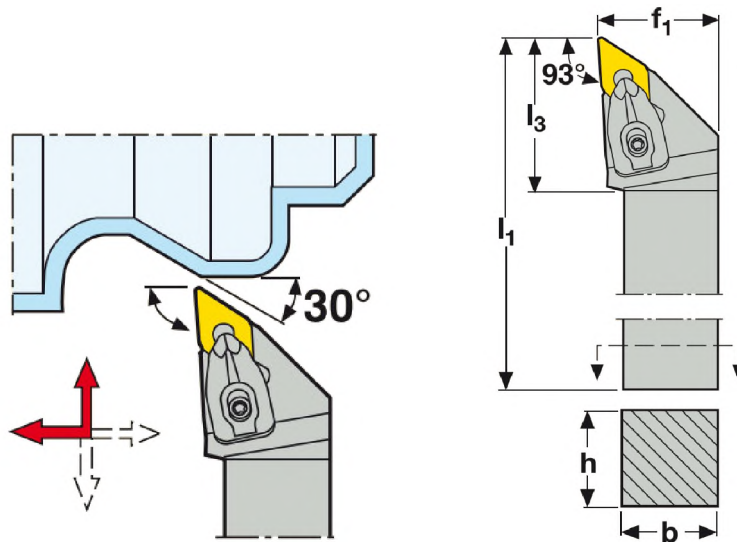


Рисунок 3.7 – Державка DDJNR/L 2525M11 [4, с.89]

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.1-03.03.ВРДІ

Арк.

35

Таблиця 3.8 – Параметри пластини DDJNR/L 2525M11

h, мм	b, мм	l ₁ , мм	f ₁ , мм	l ₃	γ ₀ [°]	λ _S [°]	m, кг
25	25	150	32	31	-6	-6	0,7

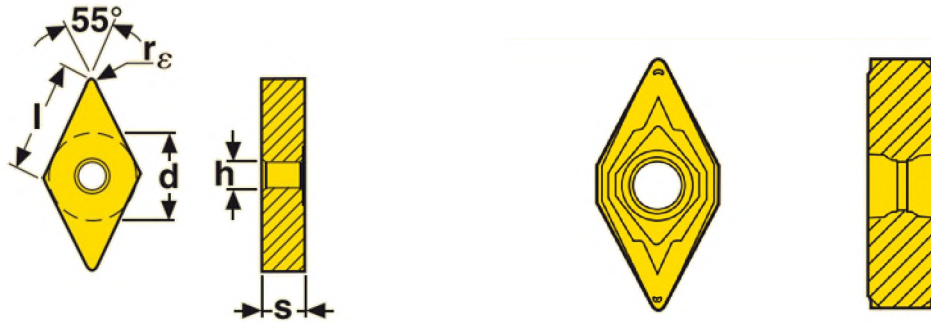


Рисунок 3.8 – Пластина DNMU 110404-MF2 [4, с.206]

Таблиця 3.9 – Параметри пластини DNMU 110404-MF2

d, мм	l, мм	s, мм	h, мм	r _ε	Матеріал
9,52 ±0,05	11,6	4,76±0,13	3,81	0,2-1,2±0,1	TP 2500

6) Позиції: 20, 38, 22, 30, 31, 36 – Точіння фаски:

Обираємо державку: DCLNR/L 2020K12-M (Рисунок 3.1, Таблиця 3.2)

Обираємо пластину: CNMG 120408-M5 (Рисунок 3.2, Таблиця 3.3)

7) Позиції: 21, 29, 33, 37 – Точіння канавки:

Обираємо державку: PDNLR 2525M11 (Рисунок 3.5, Таблиця 3.6)

Обираємо пластину: DNMU 110404-MF2 (Рисунок 3.6, Таблиця 3.7)

8) Позиція: 19 – Свердління отвору:

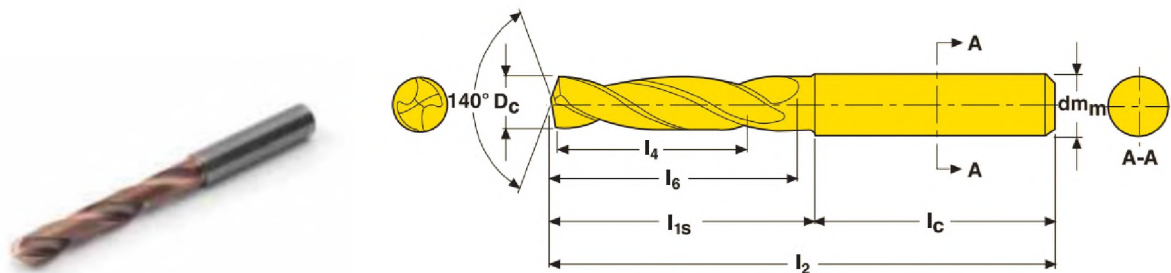


Рисунок 3.9 – Свердло SD1103-0500-020-06R1 [5, с.25]

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Таблиця 3.10 – Параметри свердла SD1103-0500-020-06R1

D_c , мм	l_4 , мм	l_2 , мм	l_{1s} , мм	l_c , мм	l_6 , мм	d_{M_6} , мм	Покриття
5,000	20	66	30	36	28	6 h6	AlCrN

9) Полоції: 23, 24 – Фрезерування шпонкового пазу:

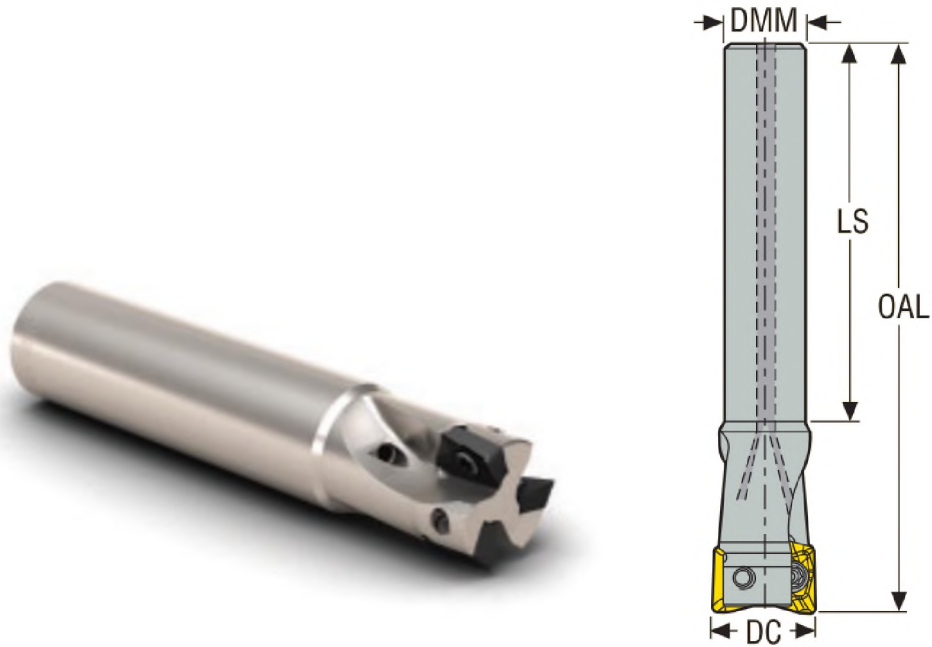


Рисунок 3.10 – Фреза R217.69-1212.0-06-2AN [6, с.23]

Таблиця 3.11 – Параметри фрези R217.69-1212.0-06-2AN

DC	DMM	OAL	LS	RMPX°	C min	C max	z	m, кг
12	12	80	62	6,5	18,5	23,0	2	0,1

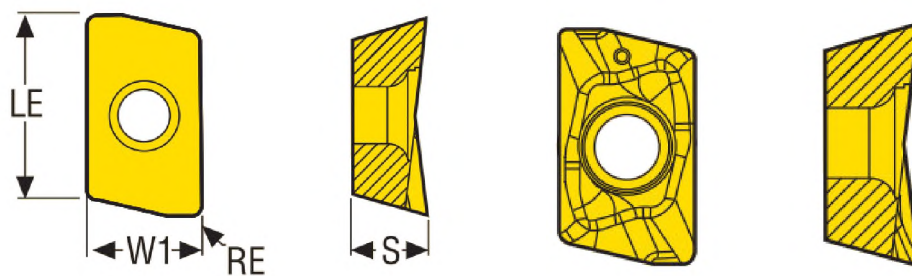


Рисунок 3.11 – Пластина ХОМХ060204R-М05 [6, с.661]

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.1-03.03.ВРДІ

Арк.

37

Таблиця 3.12 – Параметри пластини ХОМХ060204R-М05

W1, мм	S, мм	LE, мм	BS, мм	RE, мм	Передн. кут	Матеріал
4,1	2,45	5,5	0,91	0,4	20,2°	MP 3000

10) Позиції: 34, 35 – Фрезерування шпонкового пазу:

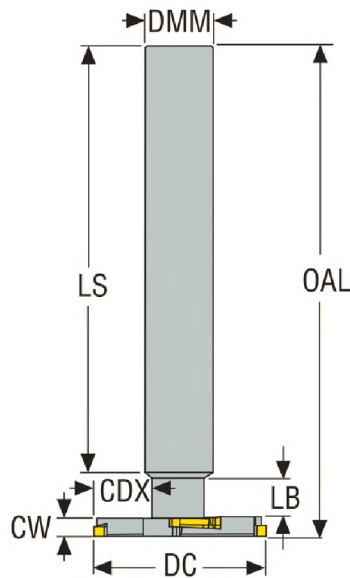


Рисунок 3.12 – Фреза R335.19-255.0-04.2 [6, с.226]

Таблиця 3.13 – Параметри фрези R335.19-255.0-04.2

CW	DC	CDX	DMM	OAL	LB	LS	z	m, кг
4,0	48	13,9	25,0	150,0	11,0	132,2	4	0,6

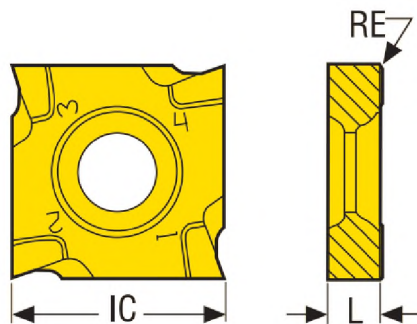


Рисунок 3.13 – Пластина SNHQ110202TL4-M07 [6, с.647]

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-03.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Таблиця 3.14 – Параметри пластини SNHQ110202TL4-M07

IC, мм	L, мм	RE, мм	Передн. кут	Матеріал
11,0	2,3	0,2	20,0°	F40M

11) Позиції: 4, 5, 7, 8, 14, 15 – Попереднє шліфування:

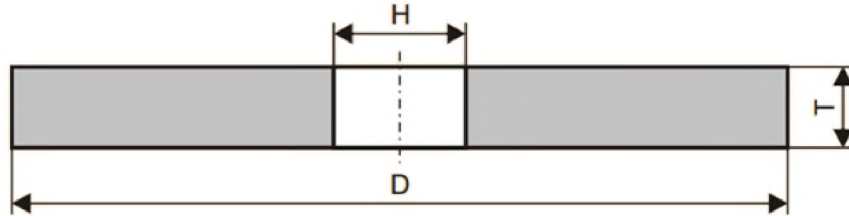


Рисунок 3.14 – Шліфувальний круг
1-500x50x203-14A-40-O-6-V-33-A-1 [7, с.112]

Таблиця 3.15 – Параметри шліфувального круга 1-500x50x203-14A-40-O-6-V-50-A-1

Розміри, мм			Матеріал	Зернистість	Твердість	Стр-ра	Зв'язка	v, м/с	Клас точності
D	T	H							
500	50	203	14A	F40	O	6	V	33	A

12) Позиції: 4, 5, 7, 8, 14, 15 – Чистове шліфування:

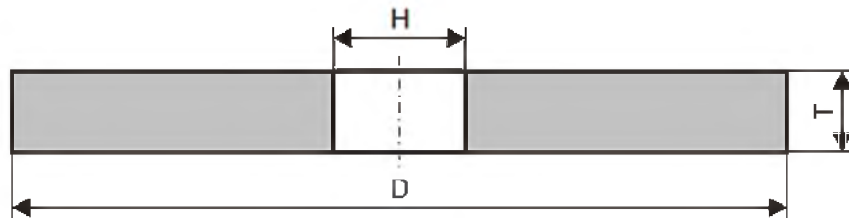


Рисунок 3.15 – Шліфувальний круг
1-500x50x203-14A-16-K-6-V-50-AA-1 [7, с.112]

Таблиця 3.16 – Параметри шліфувального круга 1-500x50x203-14A-16-K-6-V-33-AA-1

Розміри, мм			Матеріал	Зернистість	Твердість	Стр-ра	Зв'язка	v, м/с	Клас точності
D	T	H							
500	50	203	14A	F90 (16)	K	6	V	33	AA

Таблиця 3.17 – Вибір параметрів різальної частини інструментів

№ Поверхні	Тип інструмента	Матеріал різучої частини інструменту	Матеріал державки (корпуса, хвостовика) інструмента	Геометричні параметри різальної частини інструмента
1	2	3	4	5
1, 18, 3, 9, 11, 13, 16	Підрізний різець	Чорнова – TP3000	Сталь 40	$\varepsilon = 80^\circ$ $\alpha = 6^\circ$ $d = 12,70$ $l = 12,9$ $s = 4,76$ $h = 5,15$ $r = 0,4$
2, 17, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14, 15, 25, 26, 27, 32	Прохідний різець	Чорнова – TP3000	Сталь 40	$\varepsilon = 80^\circ$ $\alpha = 6^\circ$ $d = 12,70$ $l = 12,9$ $s = 4,76$ $h = 5,15$ $r = 0,4$
2, 17	Різьбовий різець	CP 500	Сталь 40	$\varepsilon = 60^\circ$ $d = 9,525$ $l = 16,5$ $s = 3,47$ $t = 0,8$ $l_3 = 0,6$ $r_\varepsilon = 0,08$
4, 5, 7, 8, 14, 15	Прохідний різець	Напівчистова – TP 1500	Сталь 40	$\varepsilon = 55^\circ$ $\alpha = 6^\circ$ $d = 9,52$ $l = 11,6$ $s = 4,76$ $h = 3,81$ $r_\varepsilon = 0,2$

Продовження таблиці 3.17

1	2	3	4	5
4, 5, 7, 8, 14, 15	Прохідний різець	Чистова – ТР 2500	Сталь 40	$\varepsilon = 55^\circ$ $\alpha = 6^\circ$ $s = 4,76$ $h = 3,81$ $r_\varepsilon = 0,2$
20, 38, 22, 30, 31, 36	Прохідний різець	Чорнова – ТР3000	Сталь 40	$\varepsilon = 80^\circ$ $\alpha = 6^\circ$ $s = 4,76$ $h = 5,15$ $r = 0,4$
21, 29, 33, 37	Канавковий різець	Напівчистова – ТР 1500	Сталь 40	$\varepsilon = 55^\circ$ $\alpha = 6^\circ$ $l = 11,6$ $s = 4,76$ $h = 3,81$ $r_\varepsilon = 0,2$
19	Свердло	Чорнова – AlCrN	Сталь У10	$2\varphi = 140^\circ$ $\alpha = 8^\circ$ $\omega = 20^\circ$ $D_c = 5,000$
23, 24	Кінцева фреза	MP 3000	Сталь 40	$\lambda = 20,2^\circ$ $\alpha = 16^\circ$ $W1 = 4,1$ $S = 2,45$ $LE = 5,5$ $RE = 0,4$
34, 35	Дискова фреза	F40M	Сталь 40	$\lambda = 20,0^\circ$ $IC = 11,0$ $L = 2,3$ $RE = 0,2$
4, 5, 7, 8, 14, 15	Шліфувальний круг	14А – електрокорунд нормальний	-	-
4, 5, 7, 8, 14, 15	Шліфувальний круг	14А – електрокорунд нормальний	-	-

3.3 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту

Для одного з обраних інструментів аналізуються найбільш навантажені умови експлуатації, а саме чорнова обробка. З урахуванням умов різання, включаючи фізико-механічні властивості матеріалу деталі, характеристики верстата та режими різання, визначаються сили різання. Обраний інструмент перевіряється на міцність у найбільш навантажених умовах обробки [12, с.371].

Для розрахунків обираємо прохідний різець DCLNR/L 2020K12-M, оскільки він знімає найбільший припуск на механічну обробку та працює в найважчих умовах. Розміри різця становлять: висота перерізу державки $H = 20$ мм, ширина перерізу державки $B = 20$ мм, довжина $l_1 = 125$ мм, $f_1 = 25$ мм, $l_3 = 32$ мм. Матеріал різця – сталь 40 з межею міцності $\sigma = 650$ МПа і допустимою напругою $\sigma = 200$ МПа. Матеріал заготовки – сталь 30X13 з межею міцності $\sigma = 588$ МПа. Діаметр заготовки – 55 мм, припуск на обробку (на сторону) – 1 мм, подача $S = 0.4$ мм/об, виліт різця $l = 32$ мм.

3.3.1. Сила різання розраховується за формулою (3.1).

$$P_z = 9.81 C_{P_z} t^{X_{P_z}} S^{Y_{P_z}} K_{P_z}; H \quad (3.1)$$

де, $K_{P_z} = 1$ – сумарний поправочний коефіцієнт;

$X_{P_z} = 0,15$ – показник степені при глибині різання;

$Y_{P_z} = 0,45$ – показник степені при подачі.

$$P_z = 9.81 \cdot 350 \cdot 1^{0.15} \cdot 0.4^{0.45} \cdot 1 = 2273H$$

3.3.2. Ширина та висота перетину державки, згідно каталогу [4, с.82]:
 $h = 20$ мм, $b = 20$ мм.

3.3.3. Перевіряємо міцність і жорсткість державки різця:

а) максимальне навантаження, допустима міцність різця визначається за формулою (3.2).

$$P_{z_{дон}} = \frac{bh^2 \sigma_{u.d.}}{6l} = \frac{20 \cdot 10^{-3} \cdot (20 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 200 \cdot 10^6}{6 \cdot 32 \cdot 10^{-3}} = 8333H \quad (3.2)$$

б) максимальне навантаження, допустима жорсткість різця визначається за формулою (3.3).

$$P_{z_{жорст}} = \frac{3f \cdot E \cdot j}{l^3} = \frac{3 \cdot 0,1 \cdot 10^{(-3)} \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 1,333 \cdot 10^{-8}}{(32 \cdot 10^{-3})^3} = 24414H \quad (3.3)$$

де, $f = 0,1$ – допустима стріла прогину при чорновому точінні;
 $E = 2 \cdot 10^{11}$ – модуль пружності матеріалу державки;
 J – момент інерції прямокутного перетину державки визначається за формулою (3.4).

$$j = \frac{bh^3}{12} = \frac{20 \cdot 20^3}{12} = 13333 \text{ мм}^4 \quad (3.4)$$

Перевіркою різця на міцність і жорсткість є подвійна нерівність (3.5).

$$P_{z_{дон}} > P_z < P_{z_{жорст}} \quad (3.5)$$

$$8\ 333 > 2\ 273 < 24\ 414$$

Умова виконана. Різець має достатню міцність і жорсткість.

3.4 Вибір типорозміру допоміжних інструментів

Інструментальне налагодження являє собою комплекс ріжучих та допоміжних інструментів, скомпонованих відповідно до конструкції деталі та змісту технологічної операції. Цей комплекс складається із основного ріжучого інструмента, набору допоміжних інструментів і посадкових поверхонь металорізального верстату (шпиндель). Під час проектування налагодження враховуються тип виробництва, точність, продуктивність та зручність обслуговування інструментального комплексу.

З урахуванням параметрів оброблюваної поверхні, способу базування деталі, типу верстату та основних розмірів обраного стандартного ріжучого інструмента, вибираємо допоміжний інструмент із зазначеними конструктивними параметрами.

Розробку інструментального налагодження здійснюємо для токарних, свердлильних та фрезерних операцій. Операції виконуються на верстатах Microcut 117 НТ, Microcut BNC-2260X та HAAS GM-2-5AX. Інструментальний комплекс формується на основі даних таблиць 3.1 та 3.17 відповідно до технологічної операції. Ці дані занесено до таблиці 3.18.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-03.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Таблиця 3.18 – Структура інструментального комплексу

№	Найменування операції	Верстат	Тип ріжучого інструменту	Допоміжний інструмент
1	2	3	4	5
1, 18, 3, 9, 11, 13, 16	Чорнове підрізання торця	Токарний обробний центр 117 НТ	Різець DCLNR/L 2020K12-M	Різетримач ASHA-R/L-VDI30-20-JETI
2, 17, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14, 15, 25, 26, 27, 32	Чорнове точіння			
20, 38, 22, 30, 31, 36	Точіння фаски			
2, 17	Нарізання різьби	Токарний обробний центр BNC-2260X	Різець CER/L 2525M16HD	Різетримач ASHA-R/L-VDI40-25-JETI
4, 5, 7, 8, 14, 15	Напівчистове точіння		Різець PDNNR 2525M11	
4, 5, 7, 8, 14, 15	Чистове точіння		Різець DDJNR/L 2525M11	
21, 29, 33, 37	Точіння канавки		Різець PDNNR 2525M11	
19	Свердління отвору	HAAS GM-2-5AX	Свердло SD1103-0500-020-06R1	Цанговий патрон E93045672111 00
23, 24	Фрезерування		Кінцева фреза R217.69-1212.0-06-2AN	Термопатрон E93045403129 0
34, 35	Фрезерування		Дискова фреза R335.19-255.0-04.2	Термопатрон E93045403251 15

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

1) Для різця DCLNR/L 2020K 12-M використовуємо різцетримач ASHA-R/L-VDI30-20-JETI:

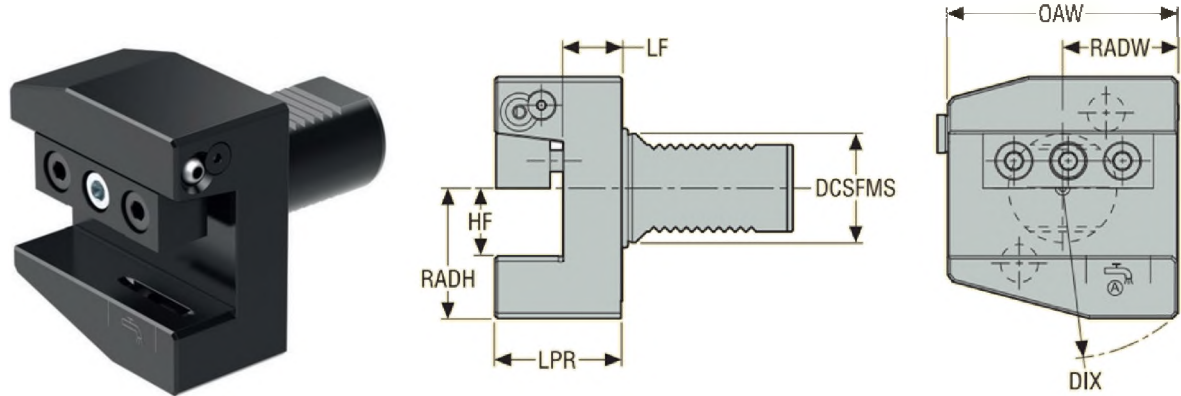


Рисунок 3.16 – Різцетримач ASHA-R/L-VDI30-20-JETI [8. с.407]

Таблиця 3.19 – Параметри різцетримача ASHA-R/L-VDI30-20-JETI

DCSFMS	DIX	DADW	OAW	RADH	HF	LF	LDR	м, кг
30	103	35	70	38	20	22	42	1,6

2) Для різців CER/L 2525M16HD, PDNNR 2525M11 та DDJNR/L 2525M11 використовуємо різцетримач ASHA-R/L-VDI40-25-JETI (Рисунок 3.16)

Таблиця 3.20 – Параметри різцетримача ASHA-R/L-VDI40-25-JETI

DCSFMS	DIX	DADW	OAW	RADH	HF	LF	LDR	м, кг
40	128	43	85	48	25	22	47	2,6

3) Для сверла SD1103-0500-020-06R1 використовуємо цанговий патрон E9304567211100:

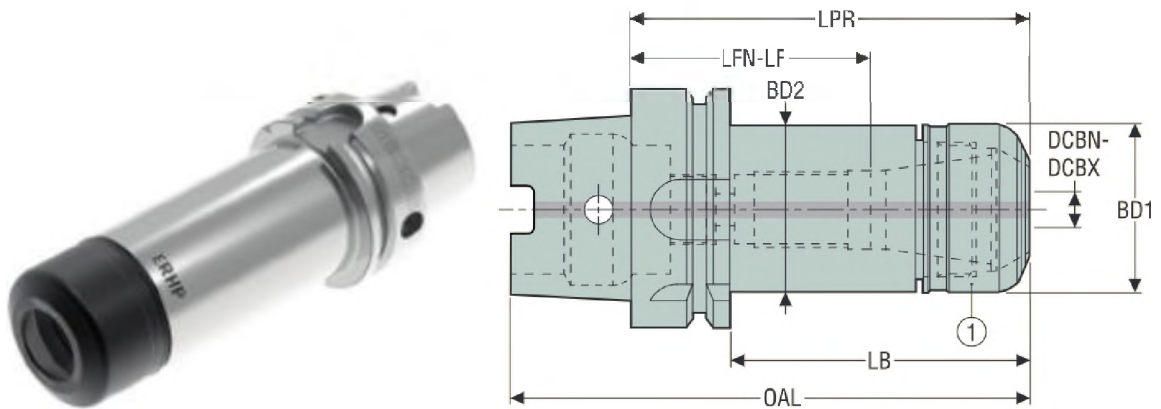


Рисунок 3.17 – Цанговий патрон E9304567211100 [9, с.102]

Таблиця 3.21 – Параметри патрону E9304567211100

LPR	BD2	BD1	OAL	LB	LFN-LF	Баланс.	т, кг
100	16	16	132	74	64-82	G2.5	0.8

4) Для фрези R217.69-1212.0-06-2AN використовуємо термопатрон E930454031290:

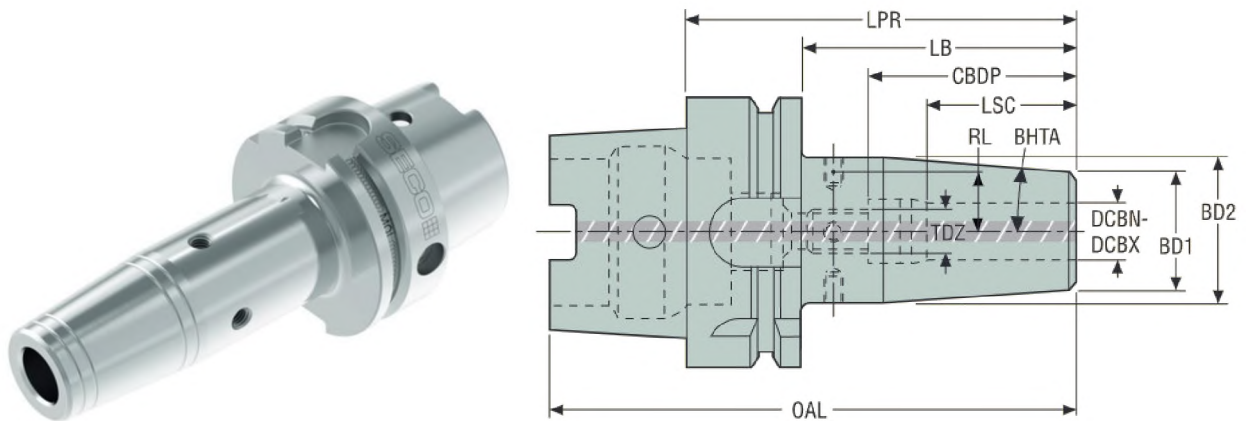


Рисунок 3.18 – Термопатрон E930454031290 [9, с.90]

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

Таблиця 3.22 – Параметри термопатрона E930454031290

DC	LPR	LB	CBDP	LSC	BD2	BD1	OAL	RL	TDZ	m, кг
12	95	66	48	34	32	24	145	13	M10x1	2.3

5) Для фрези R335.19-255.0-04.2 використовуємо термопатрон E9304540325115 (Рисунок 3.18)

Таблиця 3.23 – Параметри термопатрона E9304540325115

DC	LPR	LB	CBDP	LSC	BD2	BD1	OAL	RL	TDZ	m, кг
25	115	86	63,5	47	53	44	165	23,5	M10x1	3,1

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-03.03.ВРДІ</i>	Арк.
						47
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

4 ПРОЕКТУВАННЯ ТА ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту

На основі аналізу методів обробки поверхонь та вибору типів ріжучих інструментів виконується розрахунок спеціального ріжучого інструменту – фасонного різця.

Фасонні різці класифікуються за формою та конструкцією на круглі (дискові), призматичні та стрижневі. Призматичні різці мають кращі ріжучі властивості та вищу точність обробки порівняно зі стрижневими. Круглі різці є більш технологічними у виготовленні і допускають більшу кількість заточок. Вони можуть мати кільцеві або гвинтові твірні. Основним матеріалом для круглих фасонних різців є швидкорізальна сталь. З метою економії швидкорізальної сталі, призматичні різці можуть виготовлятися зварними. Різці з пластинами з твердих сплавів застосовуються рідше, ніж різці зі швидкорізальної сталі, через складнощі шліфування їхнього профілю та меншу кількість допустимих заточок.

Для закріплення круглих фасонних різців у державці на торцевих поверхнях цих різців передбачені рифлення, отвори під штифт або пази. [10, с.132]

Таблиця 4.1 Вихідні дані до розрахунку:

Матеріал заготовки	Сталь 30Х13
Твердість	131-207 НВ
Стан поверхні	після механічної обробки
Діаметр заготовки	38 мм
Оброблювані поверхні	1, 2, 3, 20, 21, 22 (див. Додаток А)
Шорсткість поверхні	Ra 12,5

<i>КНУКБР.131.24.1-03.04.ПІАРІ</i>				
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>
<i>Розроб.</i>	<i>Бутовський</i>			
<i>Перевір.</i>	<i>Нечасів</i>			
<i>Н. Контр.</i>	<i>Рязанцев</i>			
<i>Затверд.</i>	<i>Нечасів</i>			
<i>Проектування та інженерний аналіз різального інструменту</i>				
		<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
			48	68
<i>зр. ПМ-20</i>				

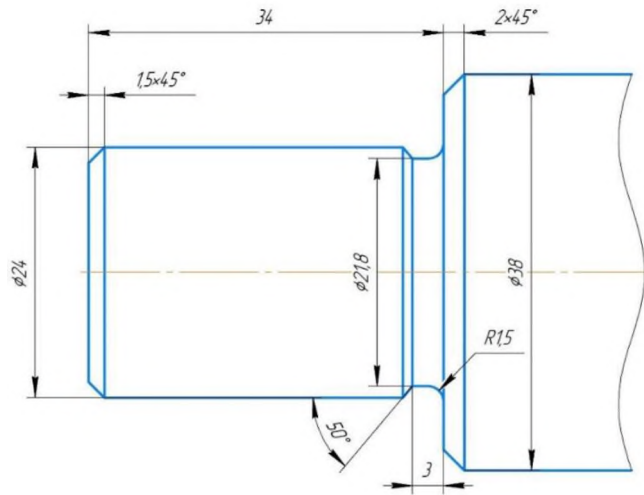
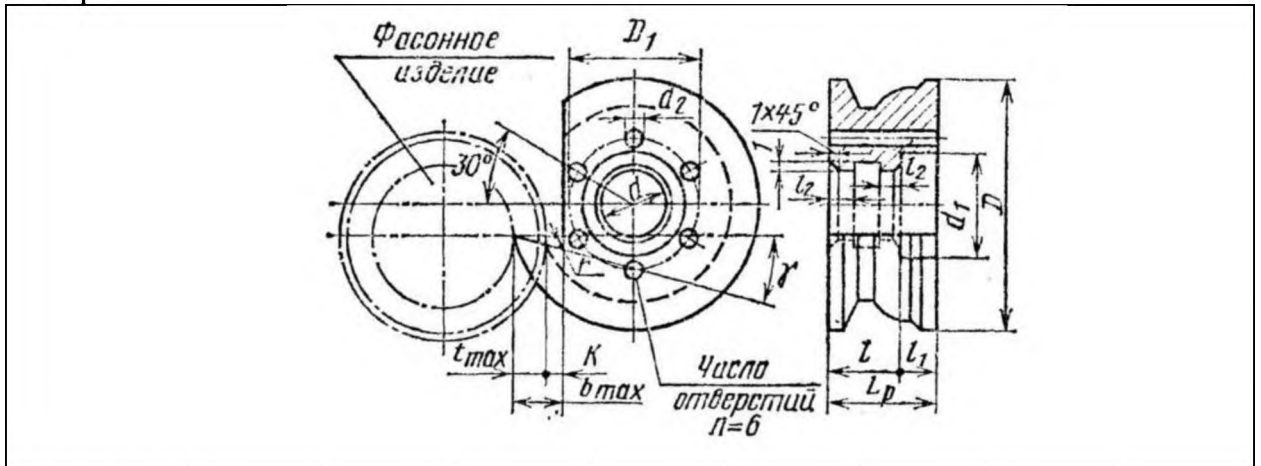


Рисунок 4.1 – Креслення оброблених поверхонь

Порядок розрахунку:

1) Обираємо тип фасонного різця – круглий (дисковий) з отворами під штифт. Згідно Таблиць 45, 47 Збірника задач Нефьодова Н. обираємо основні розміри різця, враховуючи максимальну глибину різання 8,5 мм та матеріал заготовки Сталь 30Х13. [10, с.134]

Таблиця 4.2 Розміри, мм, фасонних дискових різців з отворами під штифт



Глибина профіля заготовки t_{max} , мм, не більше	D	d (H8)	d_1	b_{max}	K	r	D_1	d_2
11	75	22	34	15	4	2	42	5

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

Таблиця 4.3 Геометричні елементи леза робочої частини різця

Матеріал	σ_B		Передній кут $\gamma, ^\circ$	Задній кут $\alpha, ^\circ$
	МПа	кгс/мм ²		
Сталь 150-235 НВ	500 - 800	50 - 80	20 - 25	8 - 15

Приймаємо: передній кут – 23° , задній кут – 12° .

2) Профіль фасонного різця не співпадає з профілем вихідної заготовки, тому його необхідно скорегувати.

Обираємо графічний метод розрахунку профіля фасонного різця.

3) Будуємо профіль заготовки, для чого проведемо вісь, від якої відкладаємо відповідні розміри заготовки, і будуємо в лівому нижньому куту креслення повний профіль.

4) Проектуємо отримані точки 1 - 7 профіля на вісь OO_1 та отримуємо точки $1'$ - $7'$.

5) З центра O проводимо кола відповідних радіусів $r_1 - r_7$, у результаті чого отримуємо проекцію заготовки на площину, перпендикулярну до осі заготовки.

6) Визначаємо зовнішній діаметр різця. Від максимального діаметра заготовки відкладаємо відстань для відводу стружки $K = 4$ мм (згідно Таблиці 4.2). З точки B , де лінія BV_1 перетинається з передньою поверхнею, проведемо бісектрису кута ω . Точка перетину бісектриси та лінії, що проходить під кутом α , буде шуканою точкою O_2 – центром дискового різця, що дає змогу визначити його діаметр.

7) Проектуємо точки $1'$ - $7'$ на передню поверхню різця, від отриманих точок проведемо дуги відповідних радіусів $R_1 - R_7$.

8) Будуємо профіль фасонного різця у радіальному перерізі: проведемо лінію MM ; відкладаємо від неї осьові розміри $l_1 - l_7$, які відповідають осьовим розмірам заготовки; проектуючи точки перетину дуг радіусом $R_1 - R_7$ з лінією O_2O_3 , що проходить через центр різця, на лінію, паралельну лінії MM , отримуємо профіль фасонного різця у радіальному перерізі (точки $1'' - 7''$).

9) Будуємо робоче креслення різця, що складаються з фронтального виду та виду в плані заготовки та різця; осьового перерізу різця; шаблону та контршаблону.

10) Приймаємо до уваги рекомендації, щодо вибору додаткових ріжучих кромок, що виконують підрізання торцю (поверхня 3) та обробку фасок (20, 22). А саме подовження ріжучих кромок, додавання додаткових зміцнюючих кромок та скосів під кутом 3° (див. Рисунок 4.3 (а)).

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-03.04.ПІАРІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

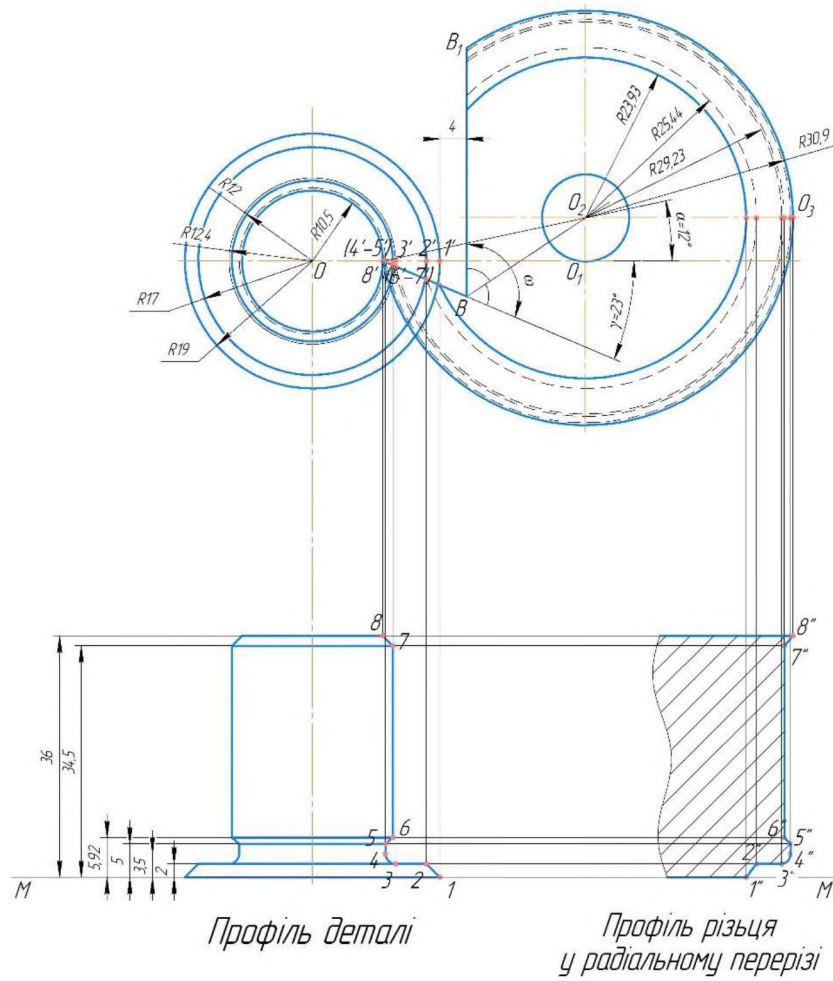


Рисунок 4.2 – Побудова профіля різця

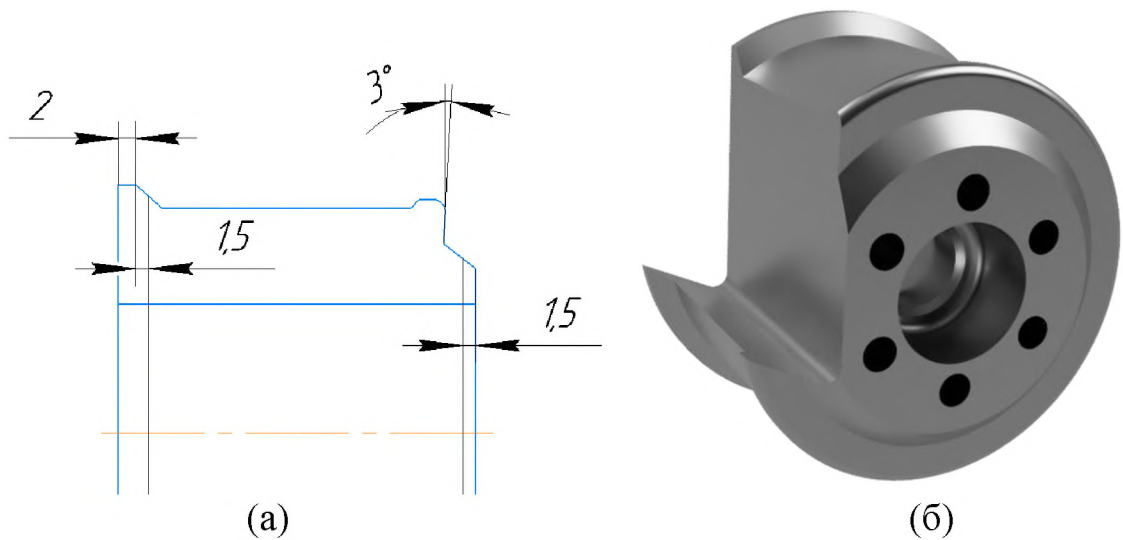


Рисунок 4.3 – Скорегований профіль (а) та загальний вид (б) різця

					КНУ.КБР.131.24.1-03.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту

Міцнісний аналіз розрахованого круглого фасонного різця проведено у програмному середовищі SolidWorks Simulation.

Першим етапом була створена сітка кінцевих елементів з досягненням її збіжності. Згенерована епюра якості сітки за точками Якобіана.

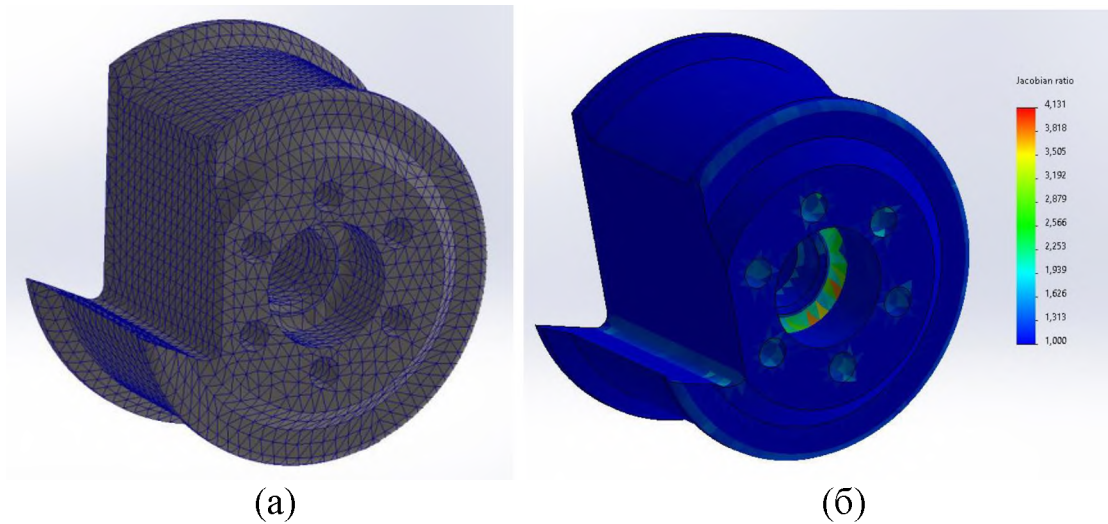


Рисунок 4.4 – Сітка кінцевих елементів моделі (а) та епюра якості сітки за точками Якобіана (б)

Другим етапом накладено фіксації та сили, що діють на різець. Фіксація деталі відбувається по внутрішньому посадковому отвору, отвору під штифт та боковою поверхнею. Сила різання, що становить 1 273 Н, прикладена до фаски ріжучої кромки на передній поверхні різця, як показано на Рисунку 3.5.

					КНУ.КБР.131.24.1-03.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

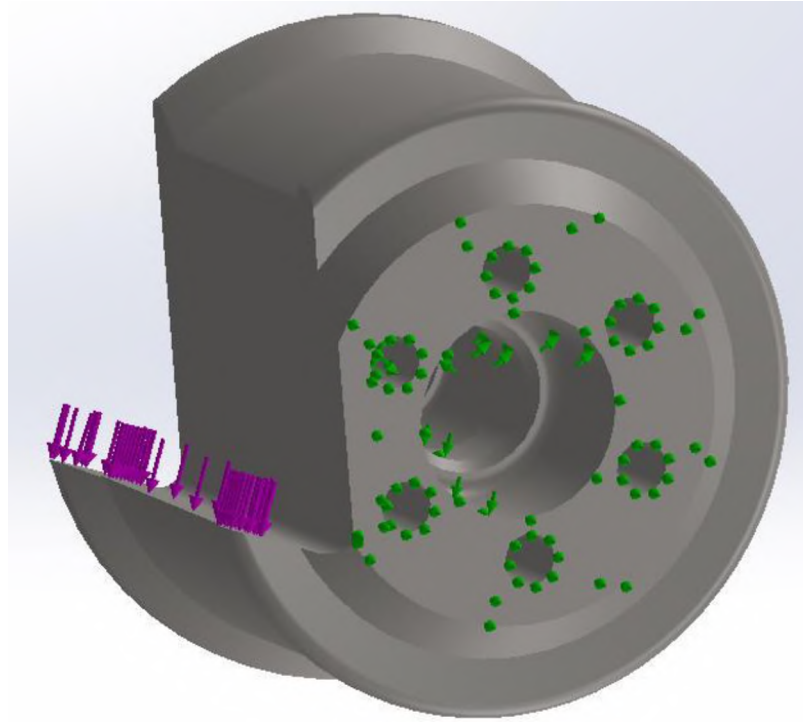
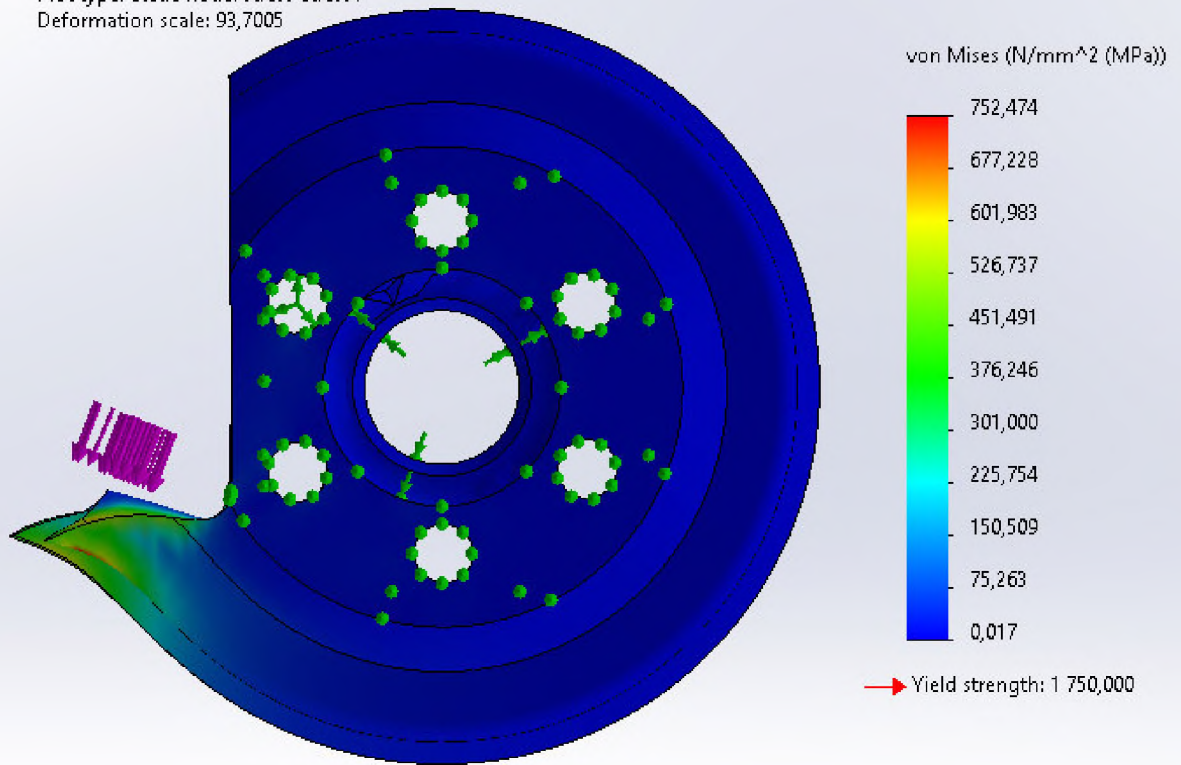


Рисунок 4.5 – Прикладені сили та фіксація деталі

Згідно з побудованих епюр статичного навантаження та запасу міцності (Рисунок 3.6), можна зробити висновок, що різець придатний до використання у виробництві. Мінімальний запас міцності становить 2,3. Максимальне навантаження 752 МПа, при межі текучості матеріалу різця 1 750 МПа.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-03.04.ПІАРІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Model name: Фасонний різець_ребро
 Study name: Static 1(-Default-)
 Plot type: Static nodal stress Stress1
 Deformation scale: 93,7005



Model name: Фасонний різець_ребро
 Study name: Static 1(-Default-)
 Plot type: Factor of Safety Factor of Safety1
 Criterion : Automatic
 Factor of safety distribution: Min FOS = 2,3

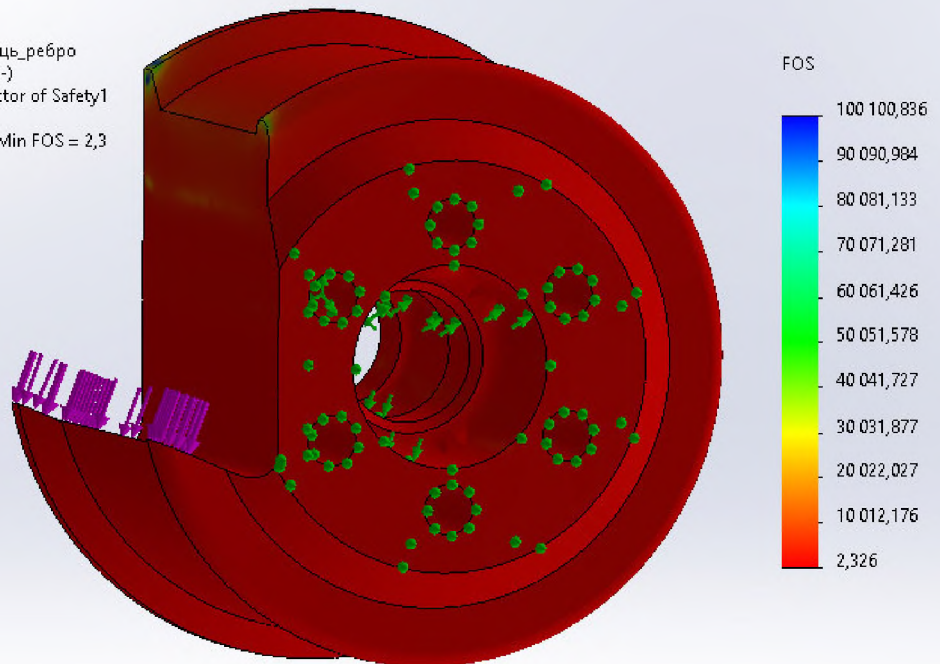


Рисунок 4.6 – Епюри статичного аналізу різця

					КНУ.КБР.131.24.1-03.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

5 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора

Для моделювання та програмування механічної обробки була обрана фрезерна операція виготовлення ступінчастого валу. Даний вид обробки включає фрезерування двох шпонкових пазів різними методами, а саме кінцевою та дисковою шпонковими фрезами. При виконанні поставленої задачі було вирішено проблему різного позиціонування шпинделя верстату відносно заготовки. Адже, при незмінному положенні валу, для фрезерування шпонкового пазу дисковою фрезою необхідне горизонтальне розміщення шпинделя, а для кінцевої – вертикальне, як показано на Рисунку 5.1.

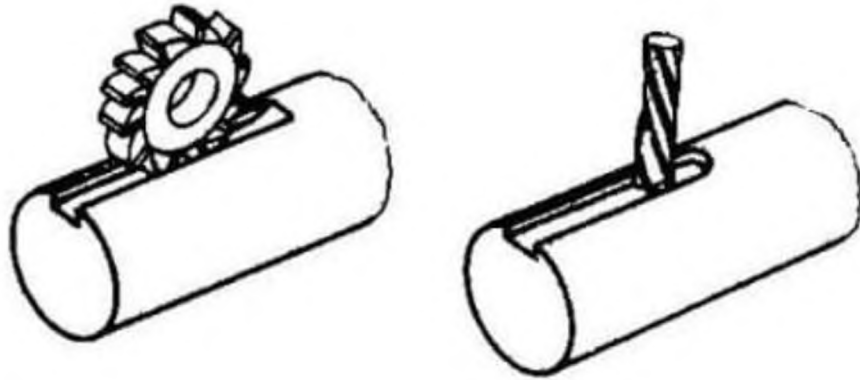


Рисунок 5.1 – Умовні схеми фрезерування шпонкових пазів

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-03.05.МПОМО</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Бутовський</i>			<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Нечасів</i>				55	68
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>			<i>зр. ПМ-20</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Нечасів</i>					
					<i>Моделювання та програмування операцій механічної обробки</i>		

Основними вирішеннями даної проблеми є:

- 1) Послідовне фрезерування пазів на 3-осьовому фрезерному верстаті з перевстановленням заготовки після фрезерування одного із пазів.

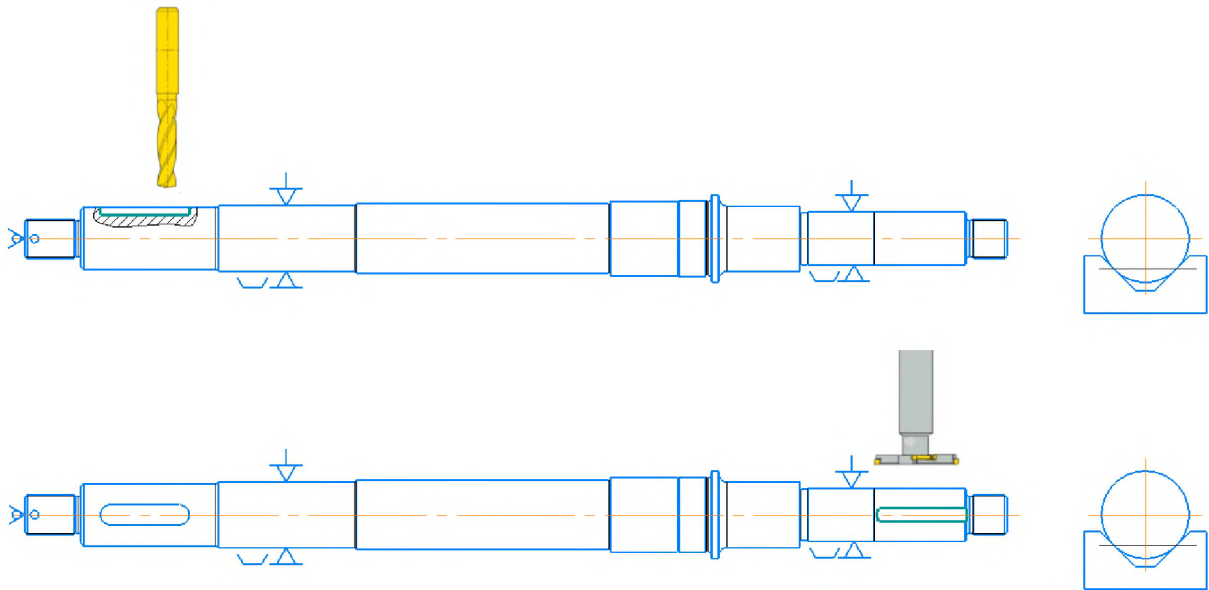


Рисунок 5.2 – Технологічна схема базування першого варіанту встановлення заготовки (перевстановлення)

Опис: кріплення заготовки відбувається на двох призмах з упором у торець валу. Відбувається перевстановлення після фрезерування першого пазу.

Переваги: просте обладнання.

Недоліки: низька технологічність обробки, через додаткову похибку перевстановлення та затрачений на це час.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-03.05.МПОМО</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

2) Фрезерування пазів на 3-осьовому фрезерному верстаті з використанням ділильної головки для кріплення валу та поворотом після фрезерування одного із пазів.

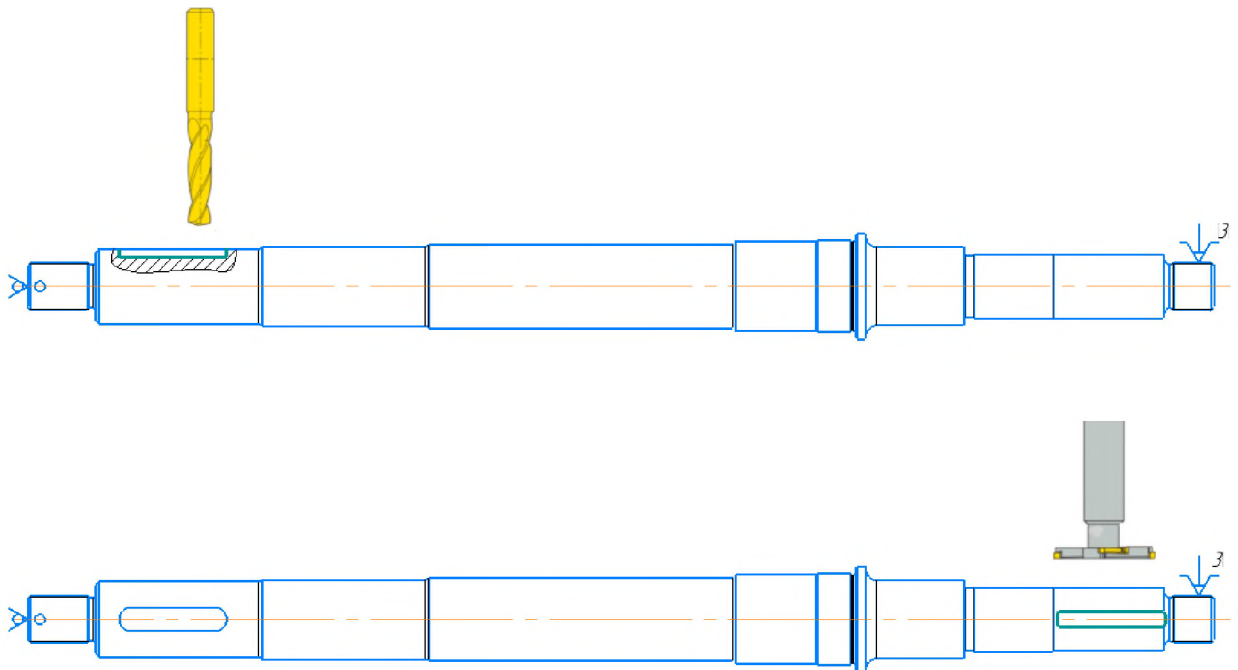


Рисунок 5.3 – Технологічна схема базування другого варіанту встановлення заготовки (поворот валу)

Опис: кріплення відбувається у трикулачковому патроні поворотної головки з одного боку та у задньому центрі з іншого. Відбувається поворот валу на 90° після фрезерування першого пазу.

Переваги: досить просте обладнання, виключення перевстановлення заготовки, що підвищують час та точність обробки.

Недоліки: необхідність використання додаткового обладнання (поворотна головка та задній центр), складність затиску даної деталі, адже на обох кінцях валу виконана різьба після минулої токарної операції, через велике відношення довжини валу до його діаметру >14 – можливі значні прогини та вібрації при фрезеруванні, необхідно встановлювати додаткові опори (люнети).

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-03.05.МПОМО</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

3) Фрезерування на 4(5)-осьовому фрезерному верстаті з нахилом шпинделя або заготовки.

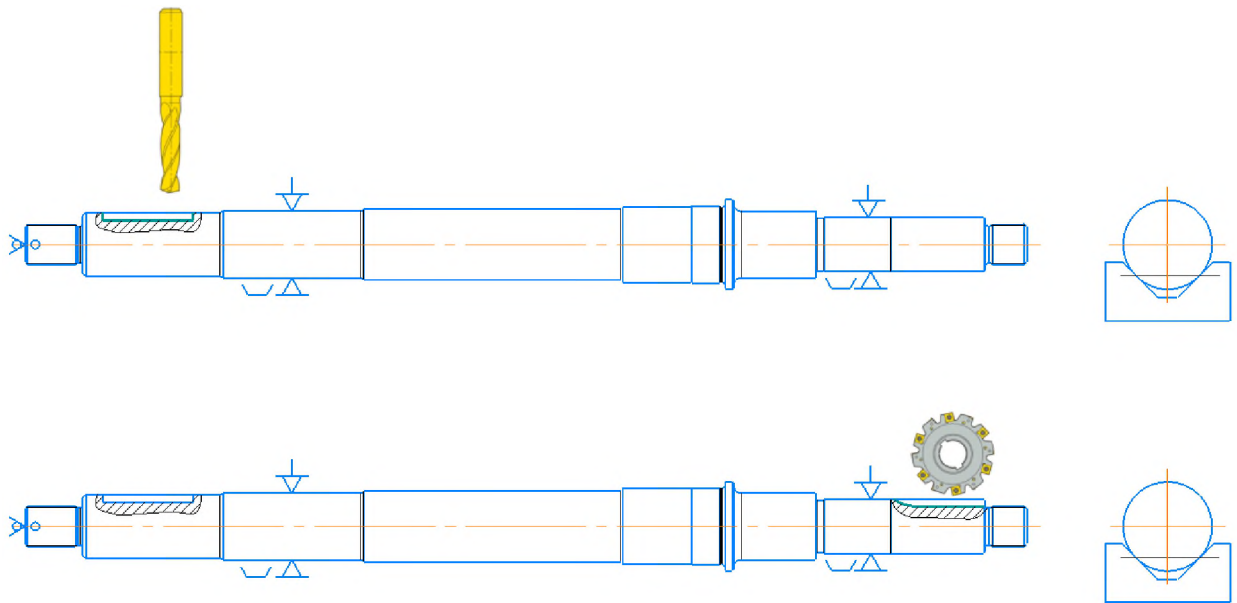


Рисунок 5.4 – Технологічна схема базування третього варіанту встановлення заготовки (нахил фрезерної головки)

Опис: заготовка встановлюється на двох призмах з упором у торець валу. Відбувається нахил фрезерної головки після фрезерування першого пазу.

Переваги: обробка за один установ, можливість більш жорсткого встановлення в призмах, економія часу обробки

Недоліки: найбільш складне обладнання

З перерахованих варіантів обробки було обрано останній. Пропонується виконувати операцію на фрезерному 5-ти осьовому верстаті HAAS GM-2-5AX. Постпроцесор – HAAS VF.

Модель заготовки була розроблена у програмному забезпеченні SolidWorks та збережена у .x_t форматі для наступного імпорту у САМ систему.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-03.05.МПОМО</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

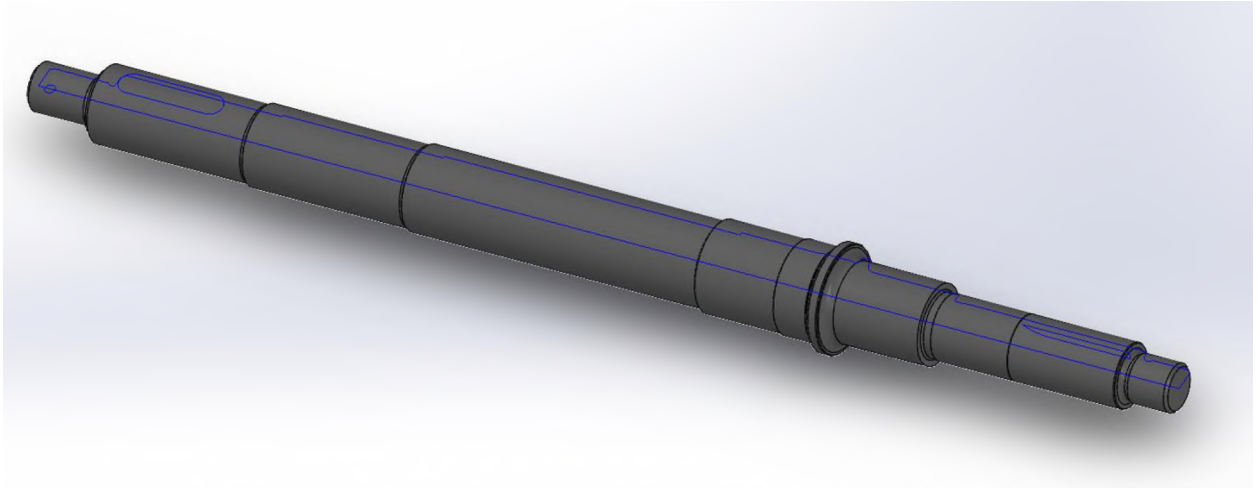


Рисунок 5.5 – Модель заготовки для фрезерної операції

5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм

Моделювання обробки та перевірка керуючої програми були виконані у програмному забезпеченні Autodesk Feature CAM 2024.

Заготовкою була обране заздалегідь підготовлене імпортоване тіло (Рисунок 5.5).

Перший елемент – шпонковий паз, фрезерований кінцевою фрезою, був виконаний за допомогою операції «По розмірам – паз», як зазначено на Рисунку 5.6.

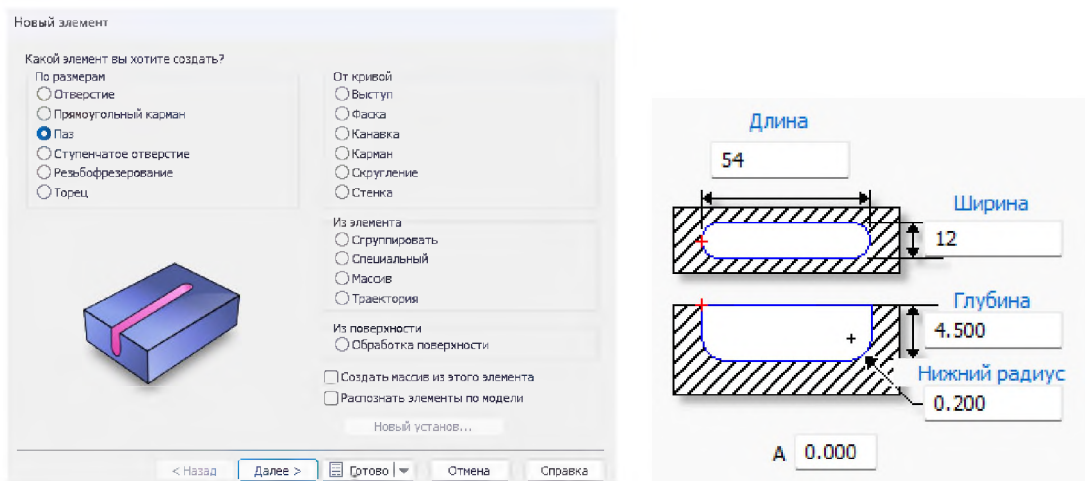


Рисунок 5.6 – Вибір елемента «По розмірам – паз»

					КНУ.КБР.131.24.1-03.05.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

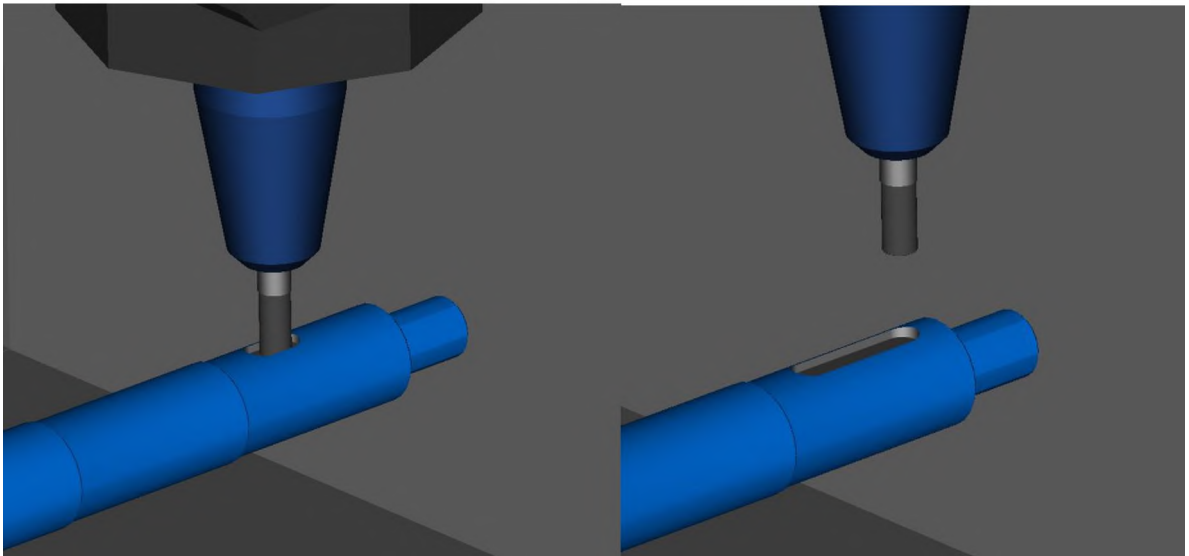


Рисунок 5.7 – Фрезерування шпонкового пазу кінцевою фрезою

Після даної операції виконується заміна кінцевої фрези на дискову зі зміною положення шпинделя з вертикального на горизонтальне.

Другий елемент – шпонковий паз, фрезерований дисковою фрезою, був виконаний за допомогою операції «Від кривої – канавка». Для цього заздалегідь була виконана крива, що описує траєкторію фрези.

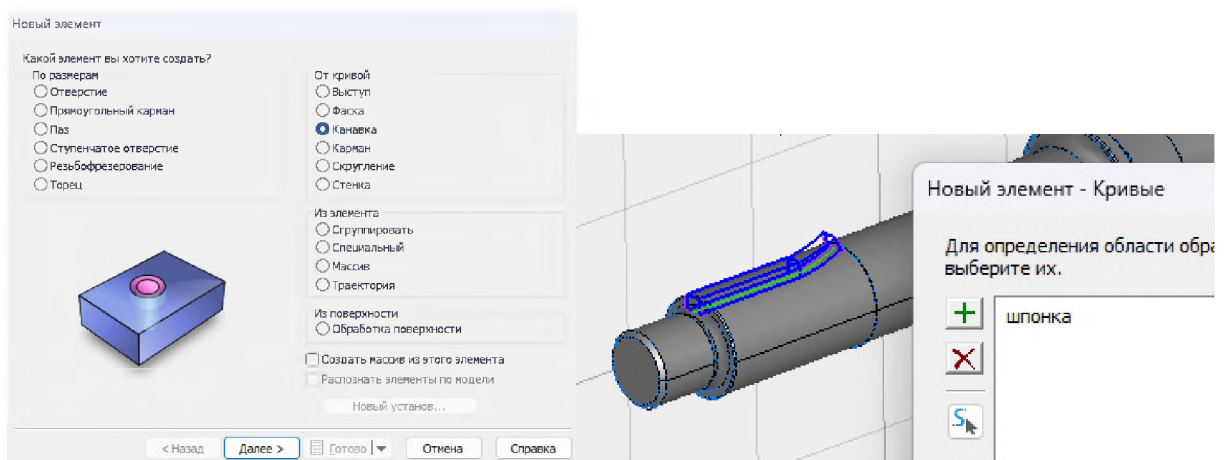


Рисунок 5.8 – Вибір елементу «Від кривої – канавка»

					КНУ.КБР.131.24.1-03.05.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

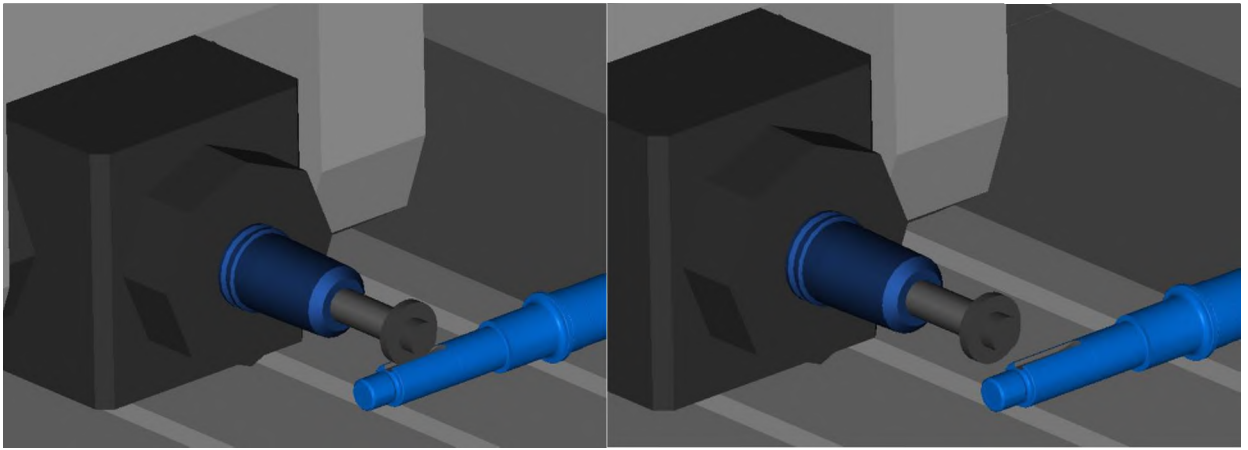


Рисунок 5.9 – Фрезерування шпонкового пазу дисковою фрезою

Траєкторія переміщення інструмента для обох операцій наведена на Рисунок 5.10.

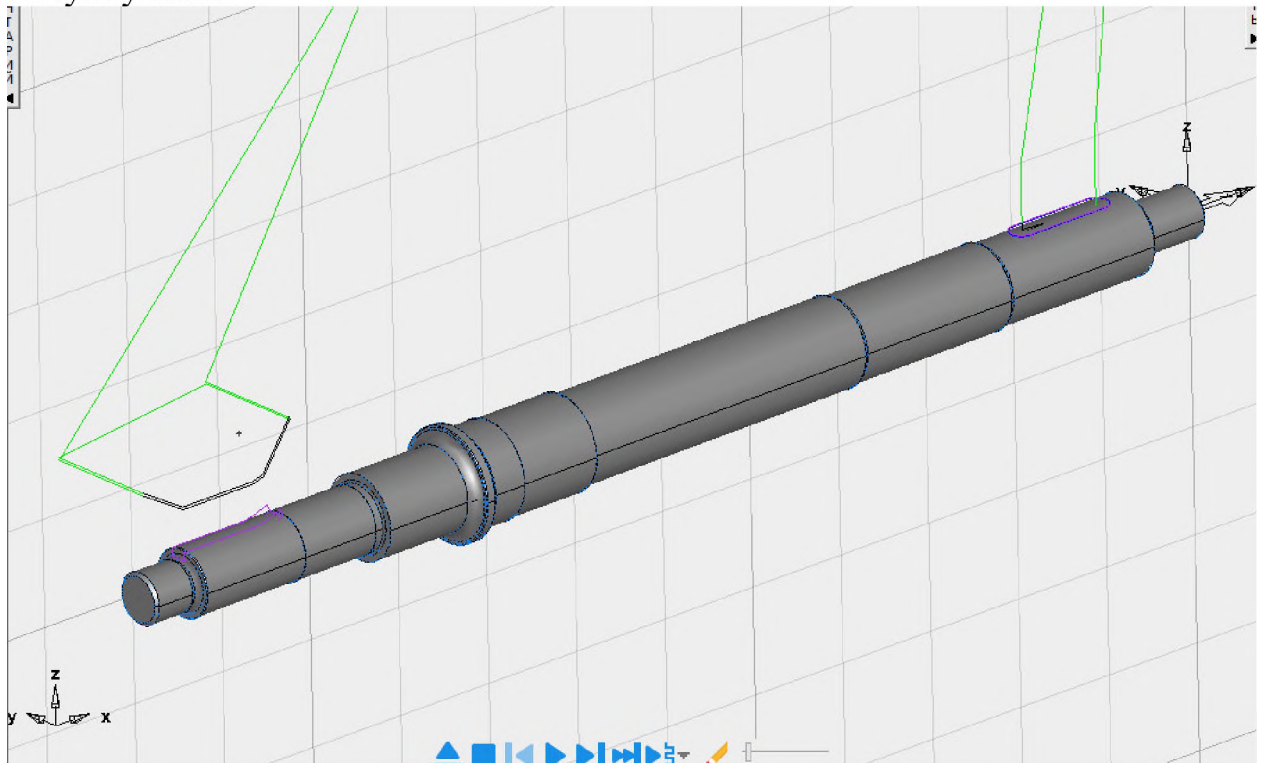


Рисунок 5.10 – Траєкторія обробки

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-03.05.МПОМО</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

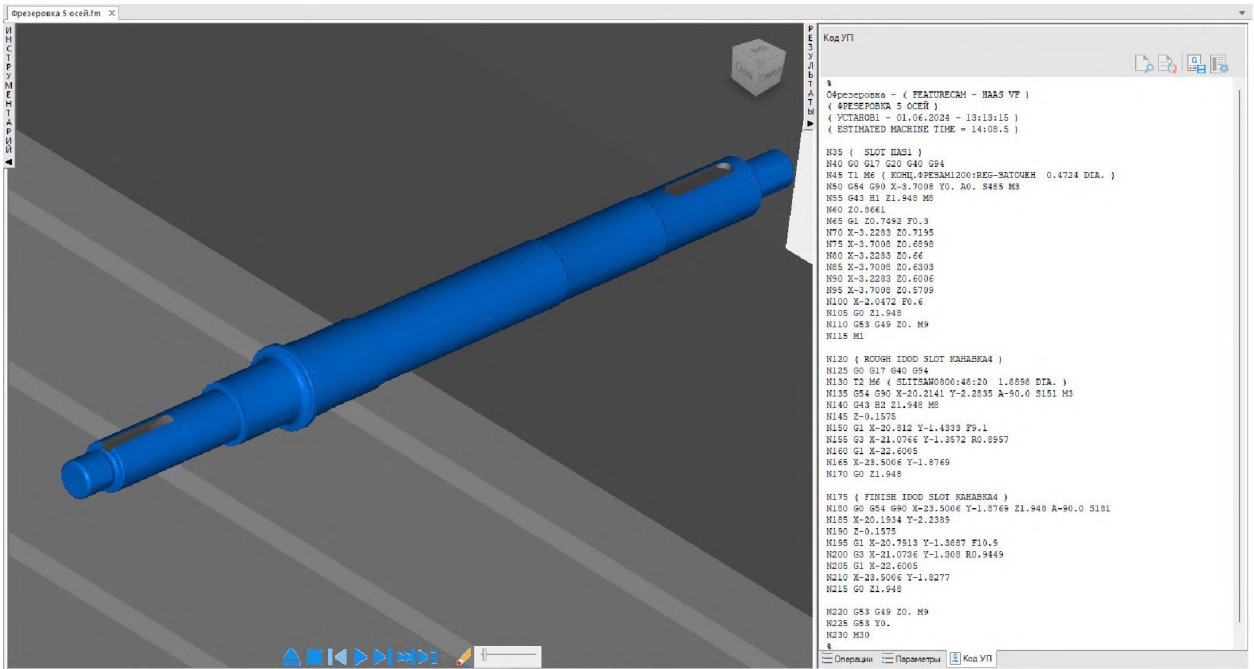


Рисунок 5.11 – Результат обробки та керуюча програма

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-03.05.МПМО</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Розрахунок основних техніко-економічних показників виробництва деталі «Вал ступінчастий» був проведений за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення «Economical» [11].

Основою для розрахунку полягло економічне порівняння витрат підприємства на придбання, розміщення, утримання та експлуатацію сучасного токарного верстата з ЧПК Mitoscut BNC-2260X та радянського токарного верстату 16K20.

Враховуючи трудомісткість, затрачений час, габарити та оптову ціну верстата, вартість приміщення, розробку керуючої програми, собівартості обробки (Рисунок 6.1) було розраховано річний економічний ефект та простий період окупності від введення верстата з ЧПК у виробництво.

Трудомісткість		Базовий варіант	Станок з ЧПУ
Годовий об'єм випуска деталей, шт		300	1500
Штучне время обробки деталі, мин		70	30.5
Время настройки станка в течение года			
Количество запусков, шт		12	12
Время наладки станка, мин		125	60.5
Время настройки инструмента вне станка на протяжении года			
Среднее время настройки по прибору одного инструмента вне станка, мин		14	4
Среднее количество граней пластинки, шт		1	3
Средний период стойкости инструмента, мин		60	90
Количество станочников			
Количество станков, обслуживаемых одним рабочим		1	2
Дополнительное количество рабочих по обслуживанию станков с ЧПУ			
Эффективный годовой фонд времени работы станка		4055	3955
Коэффициент загрузки станка		0.45	0.85
Балансовая стоимость станка			
Оптовая цена станка		80000	200000
Масса станка, т			
		3.035	3.8
Стоимость помещения			
Площадь станка по габаритам		3.73	13.3
Коэффициент, учитывающий долю площадь станка		4.5	4
Площадь устройства ЧПУ, м		0	1.42
Стоимость 1 м.кв. площади мех. цеха, грн.		4800	4800
Площадь служебно-бытовых помещений, приходящаяся на одного рабочего, м.кв.		4	5
Стоимость 1 м.кв. площади, занятой служебно-бытовыми помещениями (грн.)		2544	2544
Стоимость разработки ПУ			
Стоимость разработки ПУ, грн.		0	928
Оборотные средства в незавершенном производстве			
Стоимость заготовки 5заг., грн.		58.24	58.24
Себестоимость обработки			
Среднегодовая зарплата станочника, грн.		28000	24000
Среднегодовая зарплата наладчика, грн.		22000	24000
Среднегодовая зарплата настройщика инструмента, грн.		0	24000
Среднегодовая зарплата контролёра, грн.		20000	20000
Затраты на подготовку и обновление ПУ, грн.			
Длительность выпуска деталей Z (3-5 лет)		3	5
Затраты на ремонт и ТО оборудования			
Категория сложности ремонта станка EPC (механическая часть)		12	11
Категория сложности ремонта станка EPC (электротехническая часть)		9.5	22
Затраты на одну единицу EPC станка, грн. (механическая часть)			
		240.8	240.8
Затраты на одну единицу EPC станка, грн. (электротехническая часть)			
		59.2	61.6
Коэффициент, учитывающий класс точности станка			
		1	1.2
Затраты на содержание и амортизационные расходы на 1 м.кв. цеха Нпл. грн (10% от стоимости)			
		476	476
Затраты на ТО и ремонт устройства ЧПУ, грн.			
Норматив годовых затрат на текущее обслуживание и ремонт ЧПУ, грн.		0	6880

Рисунок 6.1 – Вихідні дані до розрахунку

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-03.06.0ЕПВ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Бутовський</i>			<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Нечасів</i>				63	68
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>			<i>гр. ПМ-20</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Нечасів</i>					
<i>Організаційно-економічна підготовка виробництва</i>							

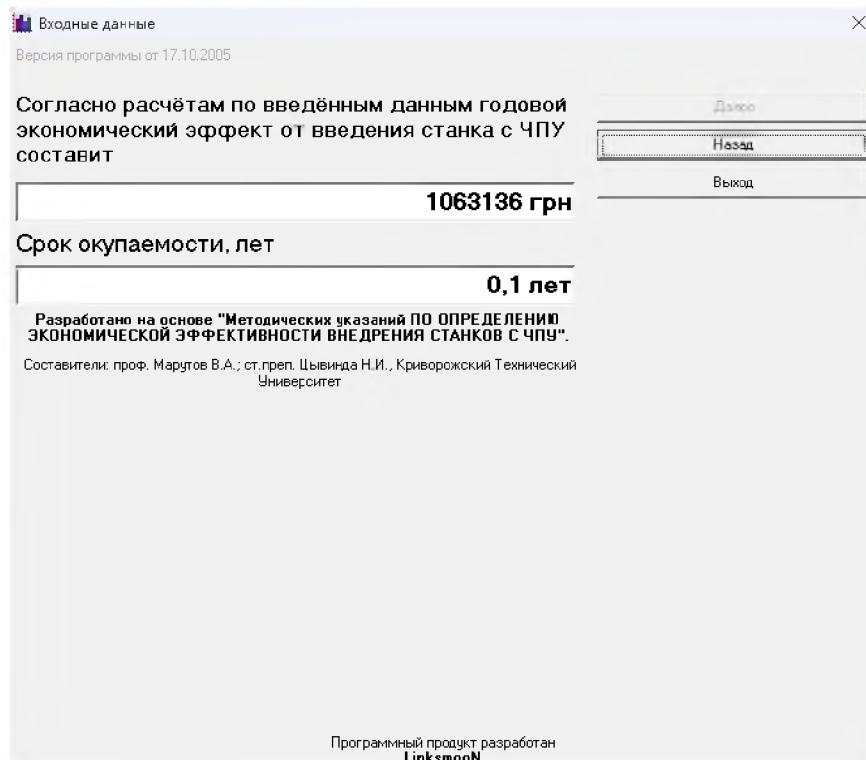


Рисунок 6.2 – Результат розрахунку

Отже, згідно розрахунку, річний економічний ефект від введення верстата з ЧПК у виробництво складе 1,06 млн. грн. з простим періодом окупності 0,1 рік.

6.2 Охорона праці та екологія виробництва

Проблема шкідливості стружки та мастильно-охолоджувальних рідин (МОР) на виробництві є однією з актуальних у сучасній промисловості. Стружка, яка утворюється під час механічної обробки металів, і МОР можуть становити значну загрозу для здоров'я працівників та навколишнього середовища.

6.2.1 Шкідливість стружки

Вплив стружки на здоров'я працівників проявляється через травматичні ушкодження та забруднення повітря. Гострі частинки стружки можуть спричинити порізи та інші механічні ушкодження. Вдихання дрібних частинок металевої стружки може призвести до респіраторних захворювань, таких як пневмоконіоз. Неправильне поводження зі стружкою може

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-03.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

призвести до забруднення ґрунту і води важкими металами, що може мати довготривалі негативні наслідки для навколишнього середовища.

6.2.2 Шкідливість МОР

МОР використовуються для зниження температури і змащування під час механічної обробки. Вони можуть бути небезпечними через контакт з шкірою та інгаляцію. МОР можуть спричиняти дерматити та інші шкірні захворювання. Пари та аерозолі МОР можуть викликати респіраторні захворювання, включаючи астму та алергічні реакції. МОР можуть містити токсичні речовини, які при потраплянні в навколишнє середовище здатні завдати шкоди водним екосистемам та ґрунтовим мікроорганізмам.

6.2.3 Методи боротьби з проблемою

Управління стружковими відходами передбачає збір та утилізацію, використання спеціальних контейнерів для збору стружки та її переробку, що дозволяє повторно використовувати метал і зменшити кількість відходів. Також важливо забезпечити безпеку працівників шляхом використання захисного одягу та засобів індивідуального захисту, таких як рукавиці, окуляри та маски, а також організацією системи вентиляції та фільтрації повітря на робочих місцях.

Управління МОР включає підбір безпечних МОР, використання екологічно безпечних і нетоксичних рідин та регулярну їх заміну, щоб уникнути накопичення шкідливих мікроорганізмів та забруднюючих речовин. Системи рециркуляції та очищення дозволяють зменшити витрати на закупівлю нових рідин і мінімізувати їх потрапляння в навколишнє середовище. Використання біоцидів та інших добавок запобігає розвитку мікроорганізмів у МОР.

Підвищення рівня обізнаності працівників щодо потенційних ризиків, пов'язаних зі стружкою та МОР, і навчання методам безпечної роботи з ними є ключовим елементом профілактики.

Отже, стружка та МОР є важливими елементами виробничого процесу, проте вони можуть становити серйозну загрозу для здоров'я працівників та навколишнього середовища. Впровадження ефективних методів управління цими відходами, використання безпечних матеріалів і технологій, а також навчання персоналу можуть суттєво зменшити ці ризики і зробити виробництво більш безпечним та екологічно відповідальним.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-03.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній бакалаврській роботі було проведено всебічне дослідження, проектування та аналіз різального інструменту, а також розроблена керуюча програма фрезерної операції для деталі «Вал ступінчастий». Було виконано розрахунки ключових техніко-економічних показників, а також розглянуто питання охорони праці та екології виробництва.

У першому розділі приведено технічне завдання та аналіз вихідного креслення валу. Було визначено, що ступінчастий вал є важливим елементом коробки швидкостей токарного верстата 1М611П, що відповідає за передачу обертального руху від двигуна до робочого шпинделя. Описано конструкцію, принцип роботи та характеристики кінематичних і силових ланцюгів машини. Розраховано параметри точності одного із шпонкових з'єднань та складено схему полів допусків з'єднання вал-шпонка.

У другому розділі розглянуто службове призначення валу, властивості сталі 30Х13 та її аналогів. Проведено аналіз всіх оброблюваних поверхонь деталі та назначено технологічні методи обробки. Обрано основне обладнання та наведено їх основні характеристики: Горизонтально-токарний верстат з ЧПК Microcut 117 НТ для чорнового точіння, Microcut BNC-2260X – для напів-/чистового точіння, фрезерний 5-ти осьовий верстат HAAS GM-2-5AX – для свердління отвору під штифт та фрезерування шпонкових пазів та Круглошліфувальний верстат з ЧПК Supertec G38TH-100CNC – для шліфування посадкових ступеней.

Третій розділ присвячено детальному вибору ріжучого інструменту для всіх операцій обробки валу, розрахунку на міцність найбільш навантаженого токарного різця, що виконує чорнову обробку. Обрано допоміжний інструмент для токарних, свердлильних та фрезерних операцій.

У четвертому розділі виконано розрахунок та моделювання спеціального різального інструменту, а саме круглого фасонного різця. Детально описано графічний метод побудови профілю різця. Проведено інженерний аналіз напружень, що виникають під час роботи різця, у програмному забезпеченні SolidWorks Simulation.

П'ятий розділ присвячено моделюванню механічної обробки та написанню керуючої програми для фрезерної операції. Було проведено аналіз доречності використання певного виду устаткування, а також створено симуляцію обробки шпонкових пазів ступінчастого валу.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-03.В</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Бутовський</i>			<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Нечасів</i>				66	68
					<i>Висновки</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>			<i>зр. ПМ-20</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Нечасів</i>					

У шостому розділі виконано розрахунки ключових техніко-економічних показників, а також розглянуто питання охорони праці та екології виробництва. Було визначено, що впровадження нових технологій і оптимізація процесів сприяє підвищенню продуктивності та зниженню витрат.

Загалом результати проведених досліджень підтвердили доцільність використання розроблених рішень у виробничому процесі. Проектна документація, моделі та програми, створені в рамках цієї роботи, можуть бути застосовані на практиці для підвищення ефективності виробництва, зниження витрат та поліпшення якості кінцевої продукції.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-03.В</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>67</i>

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 23360:2008. Основні норми взаємозамінності. З'єднання шпонні з призматичними шпонками. Розміри шпонок і перетинів пазів. Допуски і посадки. Вид. офіц. Київ : 2008. 13 с.
2. ДСТУ-5632. Сталі високолеговані і сплави корозійностійкі, жаростійкі і жароміцні. Марки. Вид. офіц. 39 с.
3. ДСТУ 3321:2003. Система конструкторської документації. Чинний від 2004-10-01. Вид. офіц. Київ : 2005, 2003. 55 с.
4. Токарна обробка : Кат. та техн. керівництво. SECO, 2020. 632 с.
5. Обробка отворів : Кат. та техн. керівництво. SECO, 2015. 628 с.
6. Фрезерування : Кат. та техн. керівництво. SECO, 2020. 730 с.
7. Абразивний інструмент : Кат. Luga Abrasive, 2015. 298 с.
8. Токарна обробка : Кат. та техн. керівництво. SECO, 2020.1. 808 с.
9. Допоміжний інструмент : Кат. та техн. керівництво. SECO, 2020.1. 364 с.
10. Нефьодов Н., Осипов К. Збірник задач і прикладів з різання металів і різального інструменту : Навч. посіб. 5-те вид. М. : "Машинобудівництво", 1990. 445 с.
11. Economical [Електронний ресурс] / Linksmoon. – Версія 17.10.2005. – 2005. – 1 електрон. опт. диск (CD-ROM).
12. Дальский А. М., Суслов А. Г. Справочник технолога машиностроителя : Справочное издание / ред.: И. Жесткова, П. Клейзер. 2-ге вид. Москва : "Издательство Машиностроение-1", 2003. 943 с.

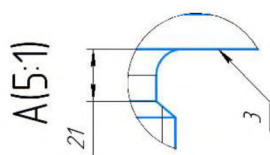
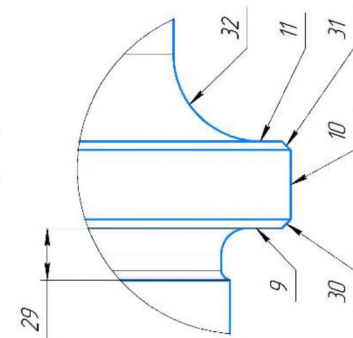
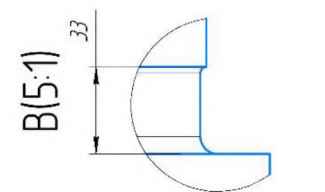
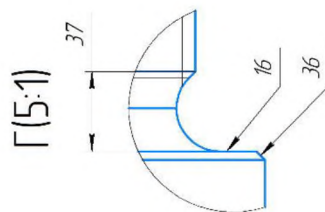
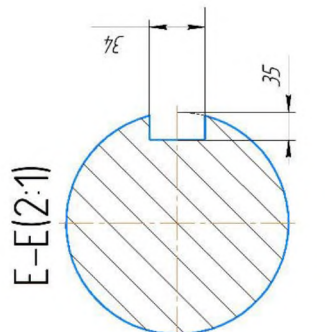
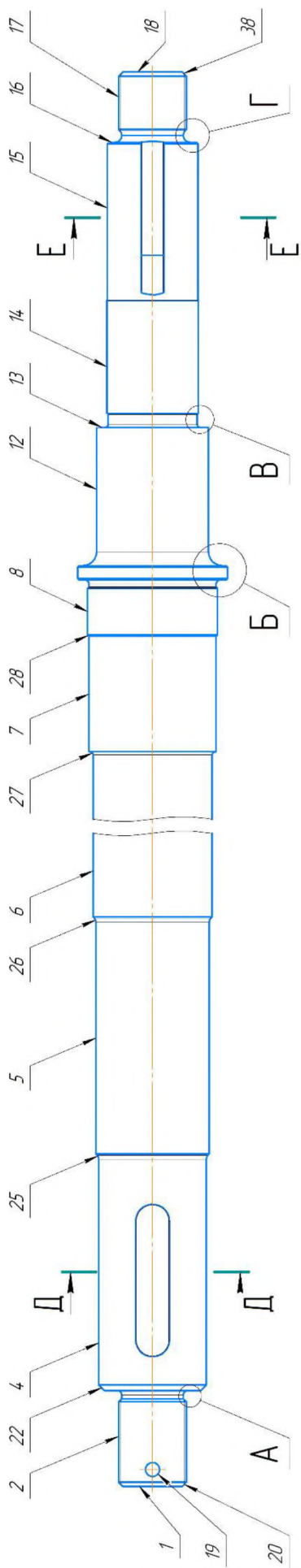
					<i>КНУ.КБР.131.24.1-03.СВД</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Бутовський</i>			<i>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Нечасів</i>					
					<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
						68	68
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>			<i>зр. ПМ-20</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Нечасів</i>					

ДОДАТКИ

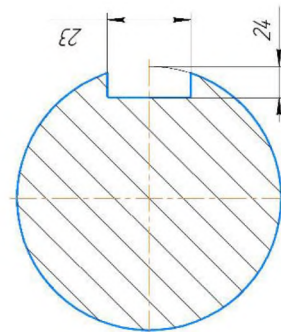
					<i>КНУ.КБР.131.24.1-03.Д</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>ДОДАТКИ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Бутовський</i>					1	2
<i>Перевір.</i>		<i>Нечасів</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Нечасів</i>						
						<i>зр. ПМ-20</i>		

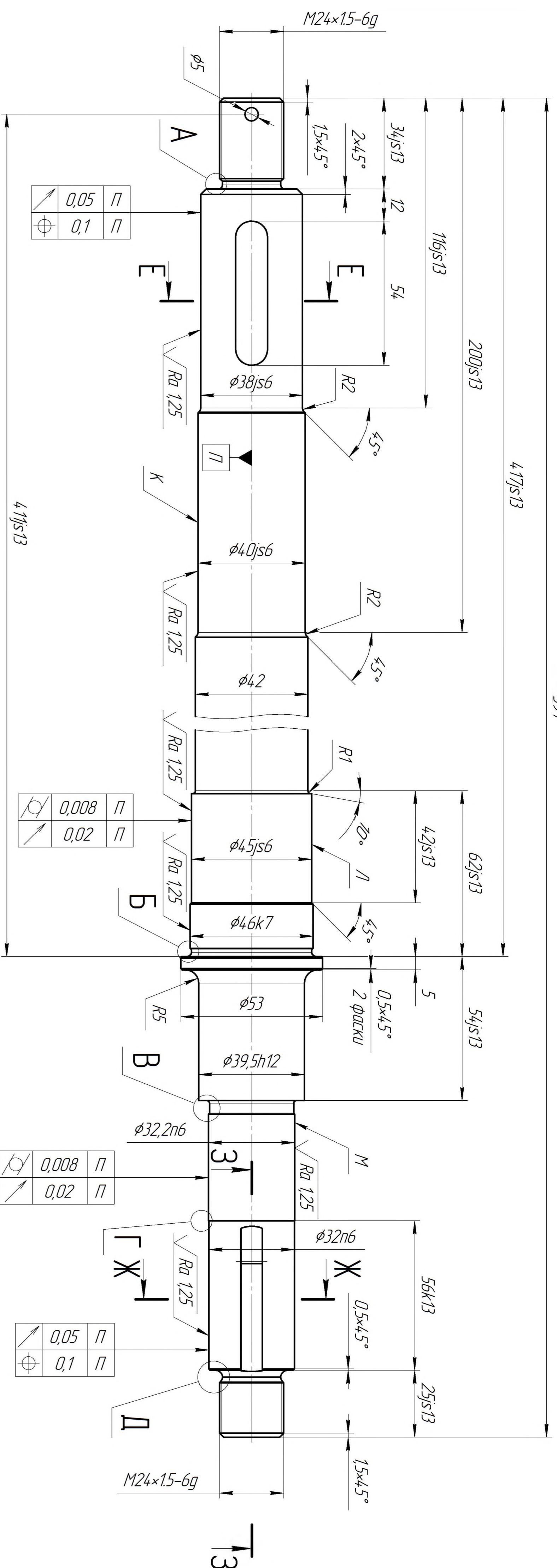
ДОДАТОК А

Нумерація поверхонь деталі

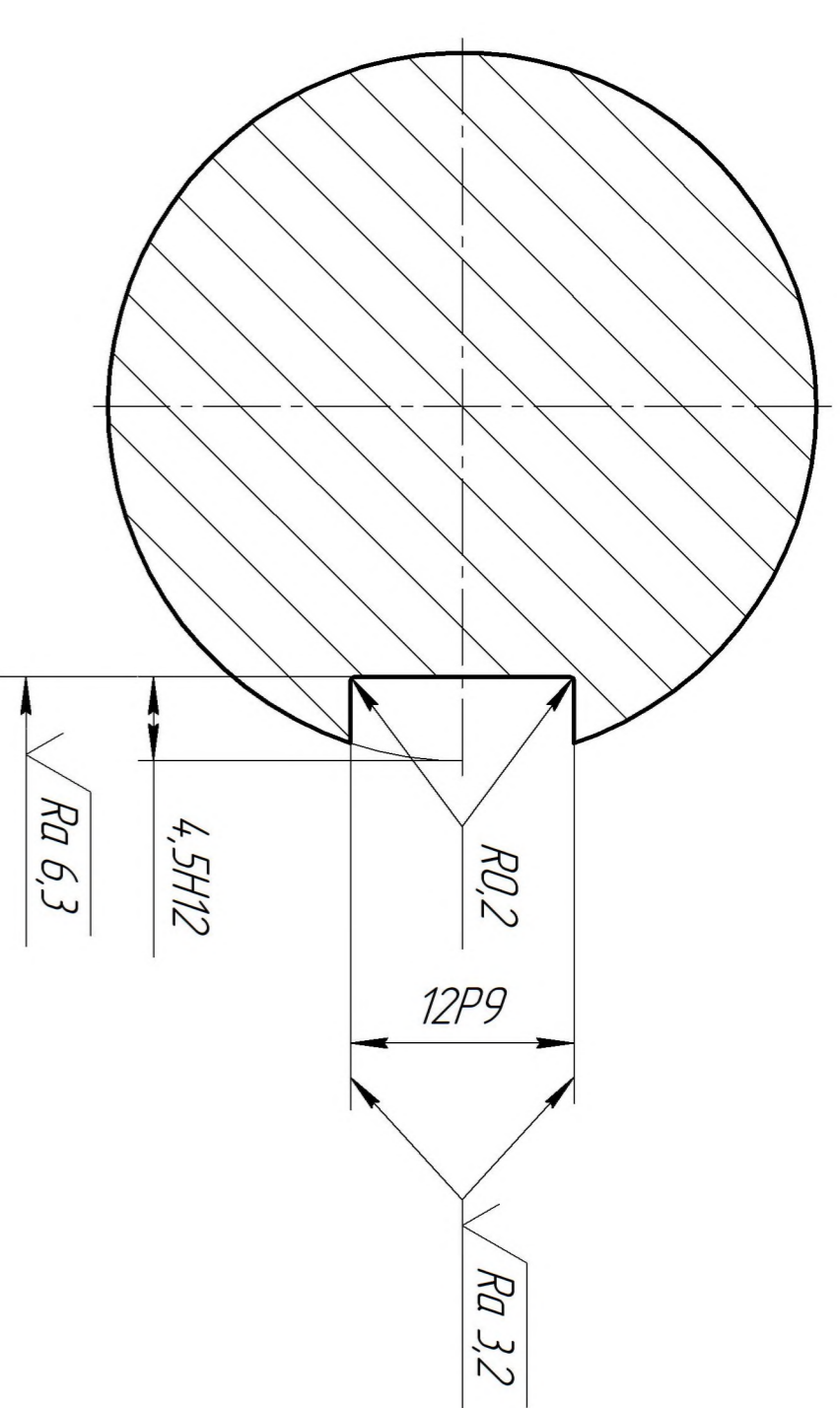


Д-Д (2:1)

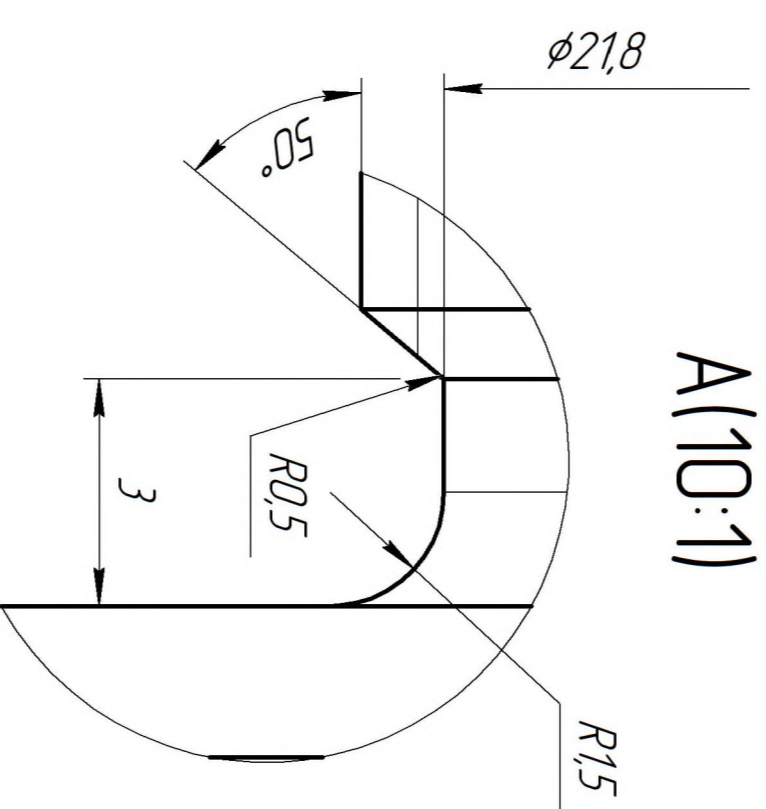
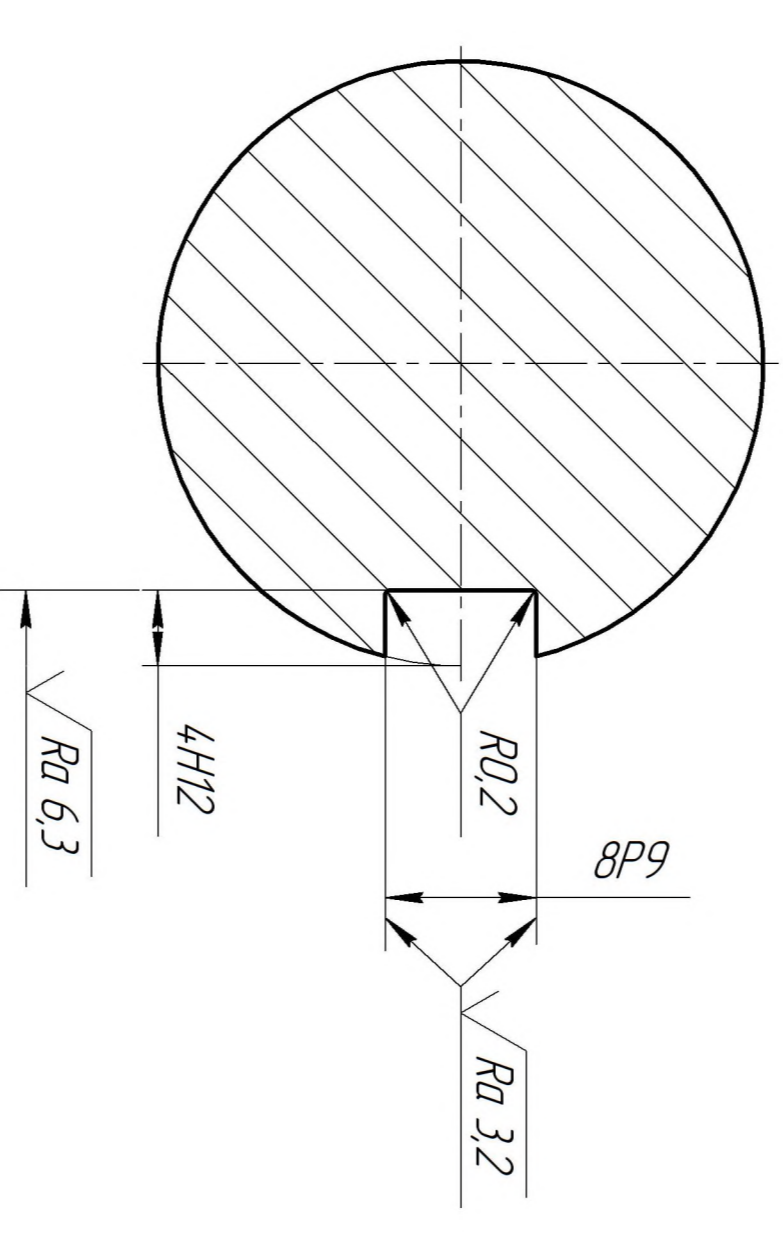




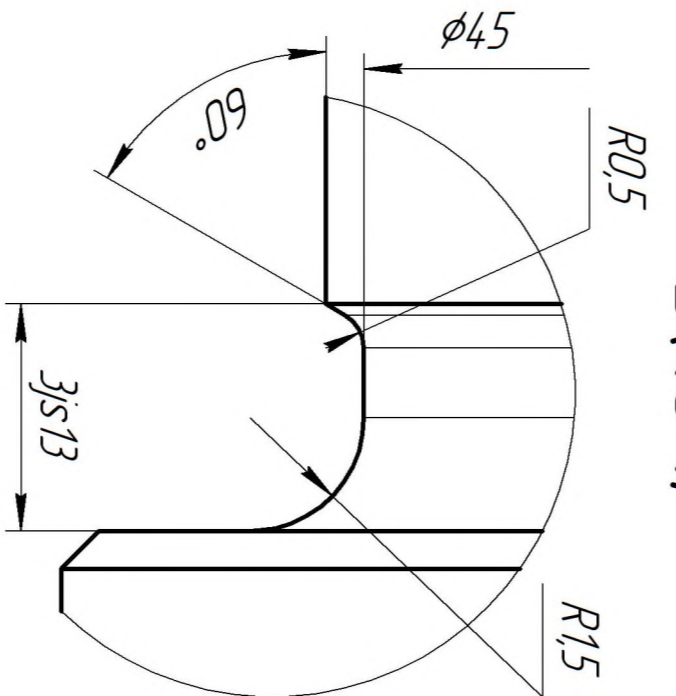
E-E(2,5:1)



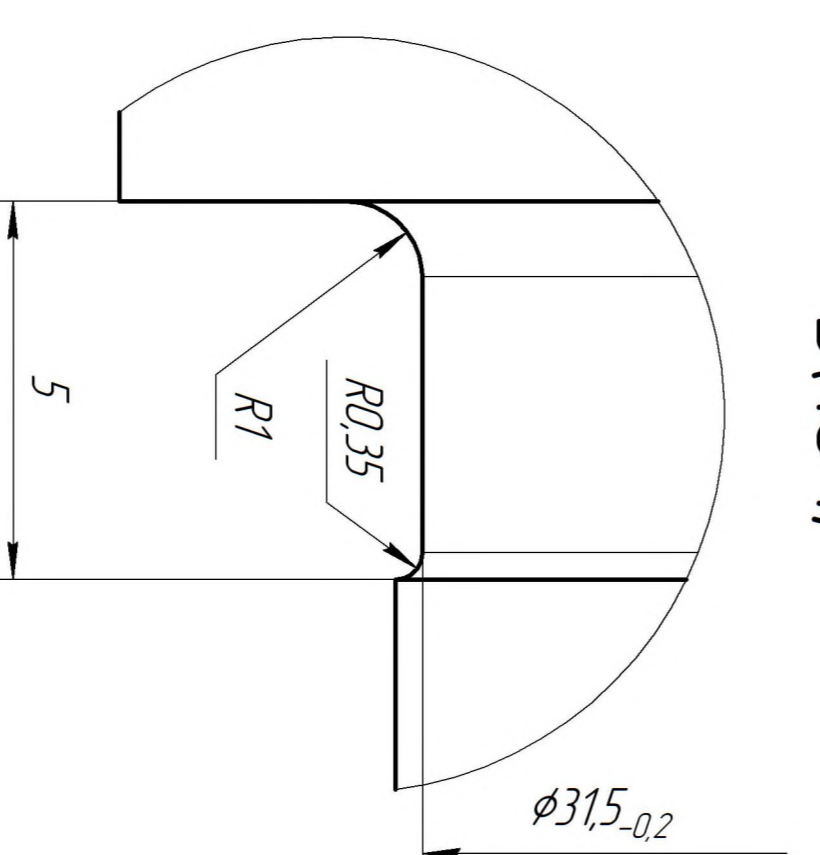
Ж-Ж(2,5:1)



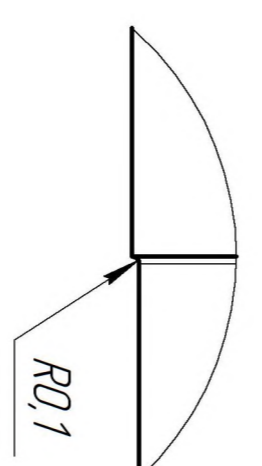
A(10:1)



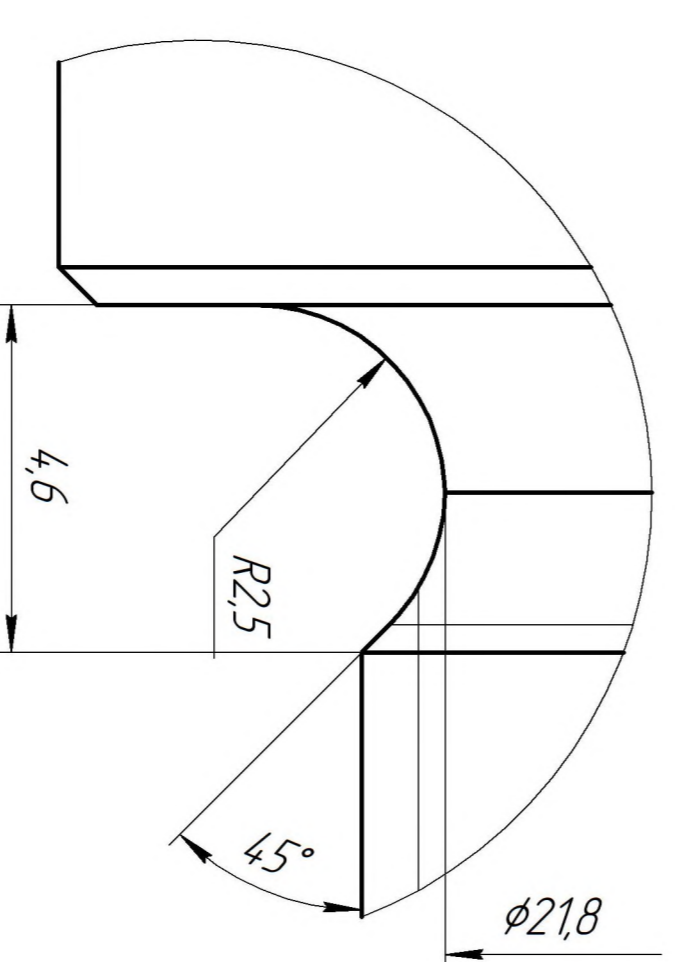
B(10:1)



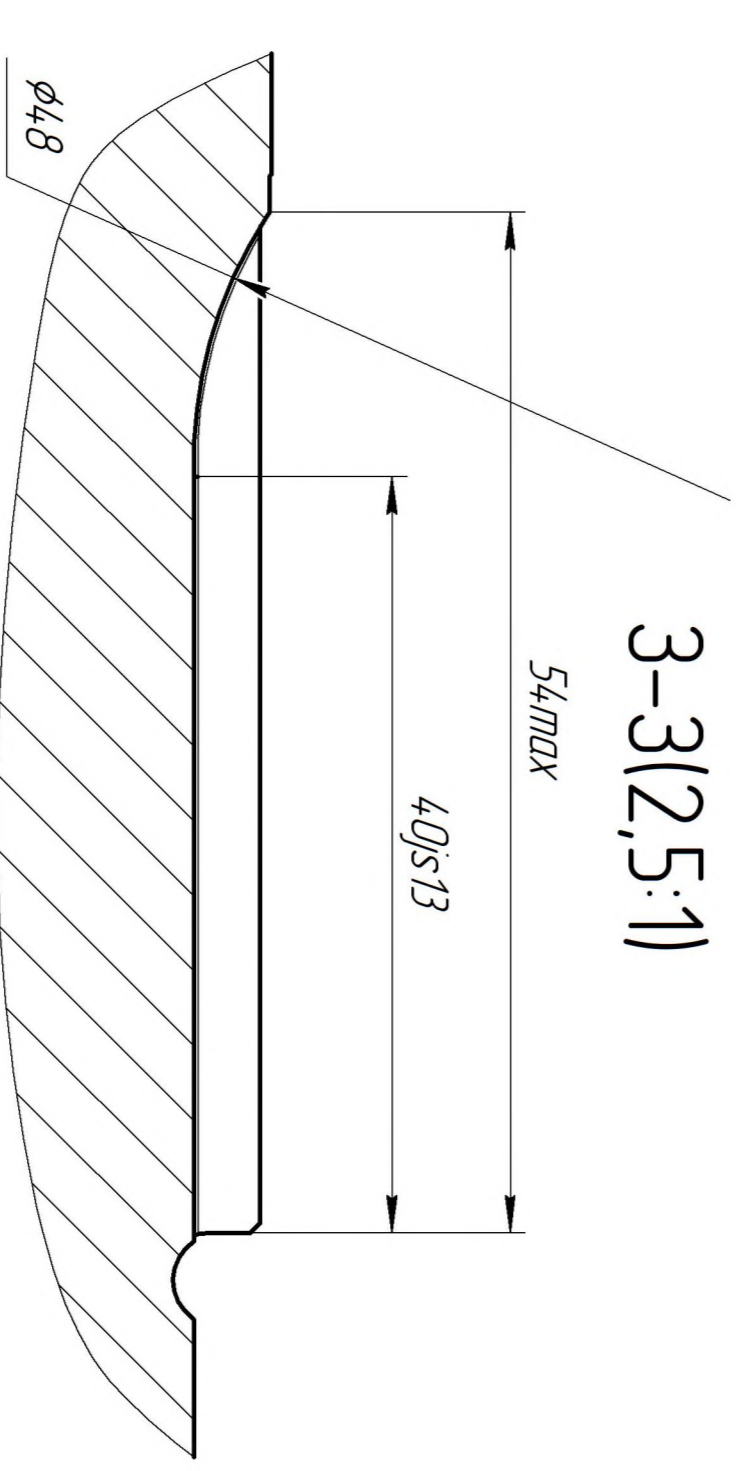
B(10:1)



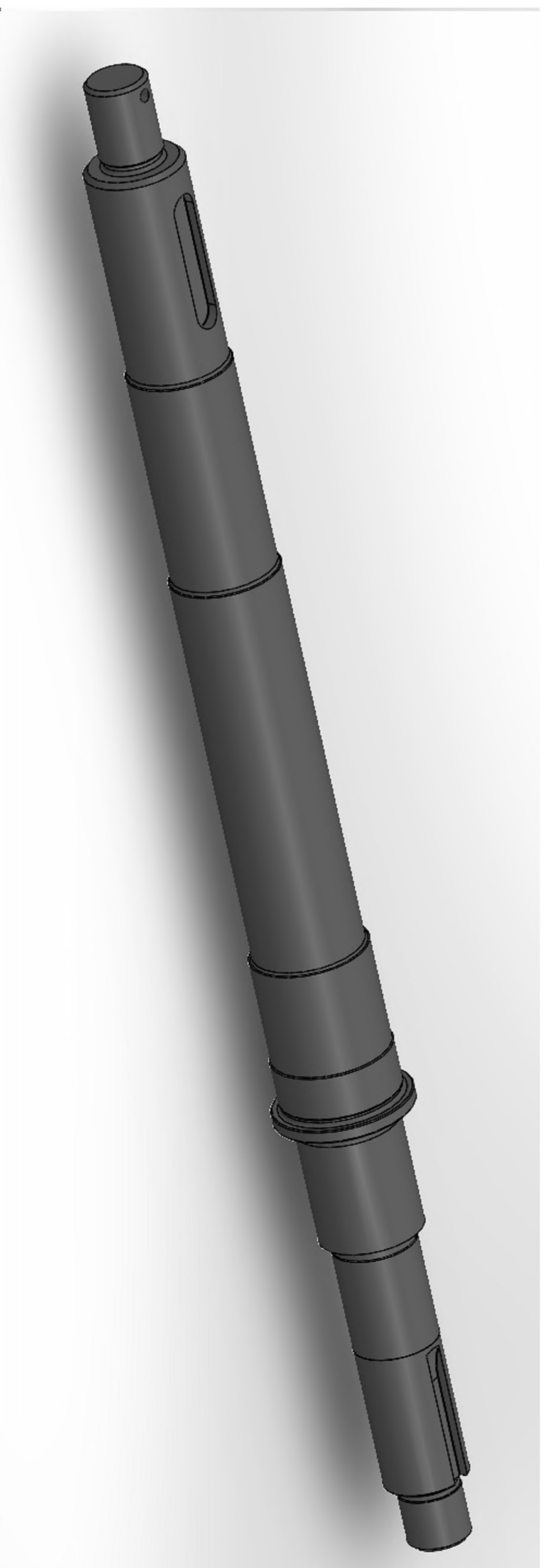
Г(10:1)



Д(10:1)



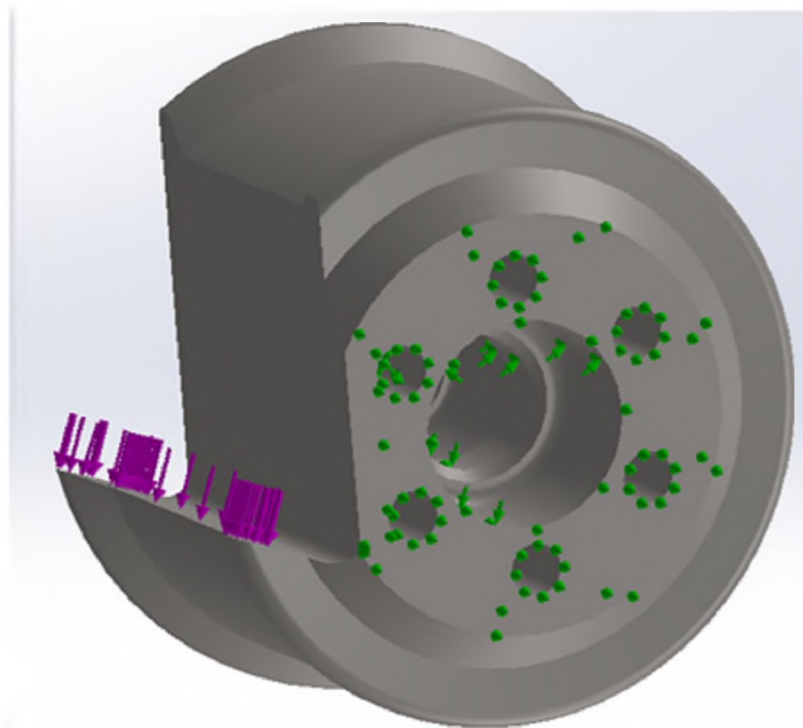
3-3(2,5:1)



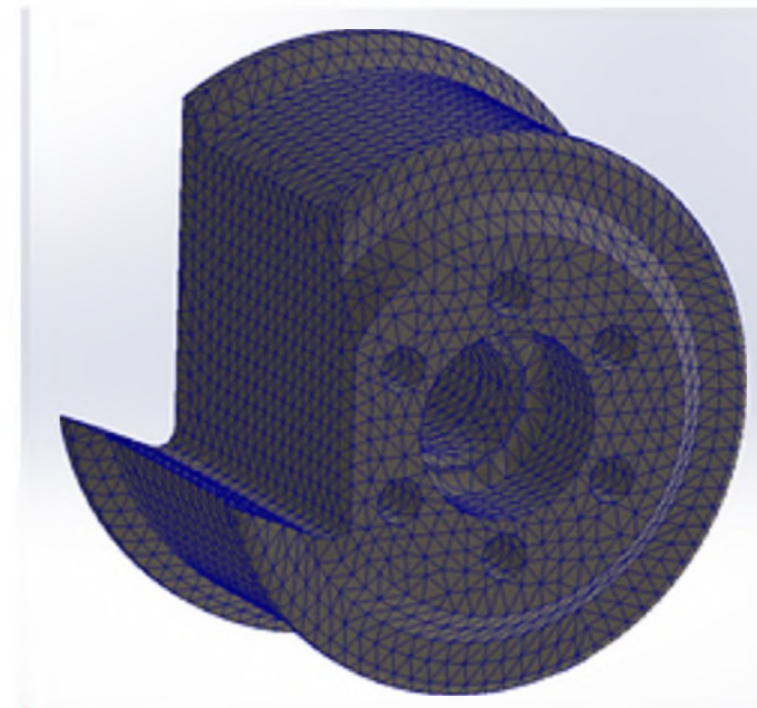
- 1 НРС 25...30
- 2 Поверхни К, Л М ТВЧ h 0,8...3 НРС ≥ 37 17%
- 3 Нефосані гранучні відхилення Н14, Н14, ± 2'.

КНУКБР 13124.1-03ВС				Лист	Масштаб	Масштаб
Вал ступінчастий				Н	5:27	1:1
Сталь 30Х13 ДСТУ 4738:007				Кафедра ТМ	2Д	17-20
Укладено	Перевірено	Затверджено	Схвалено	Курс	Група	Формат А1

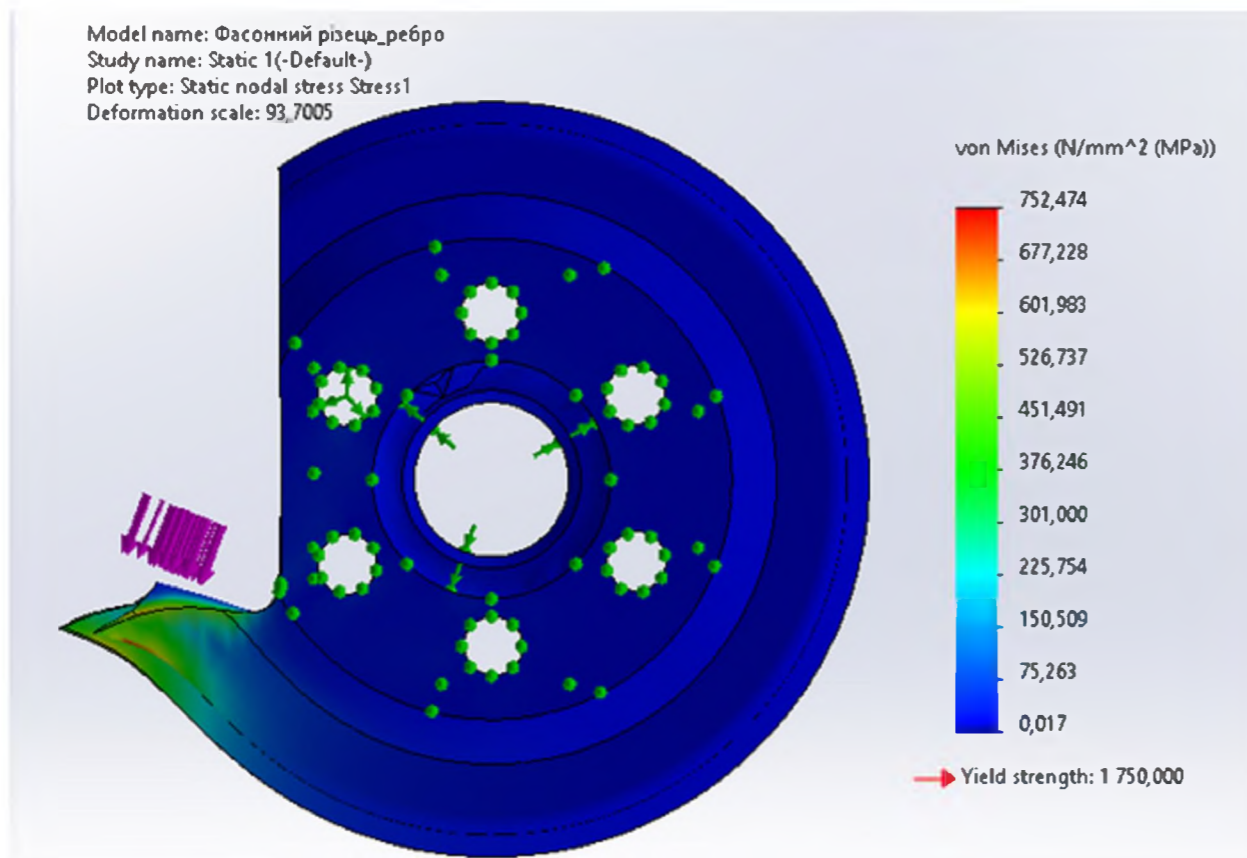
Прикладені сили та фіксація деталі у SW Simulation



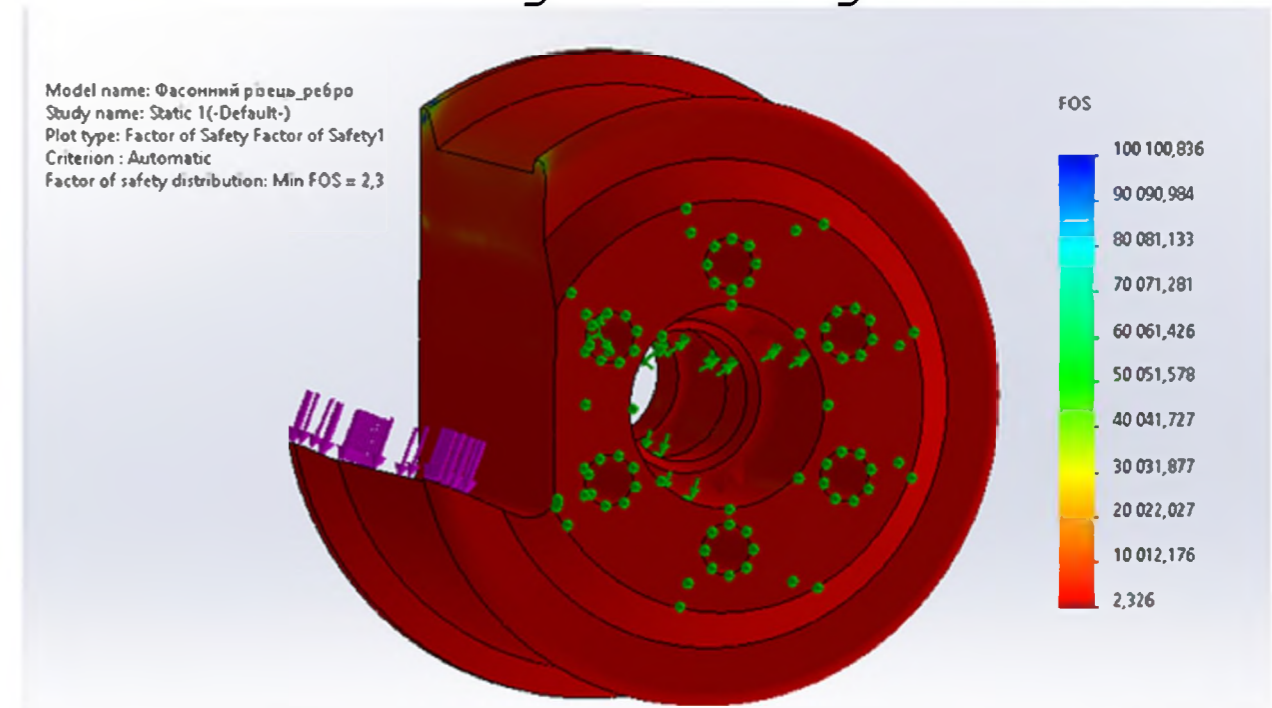
Кінцеві елементи (сітка)



Дослідження "Напруження" у SW Simulation



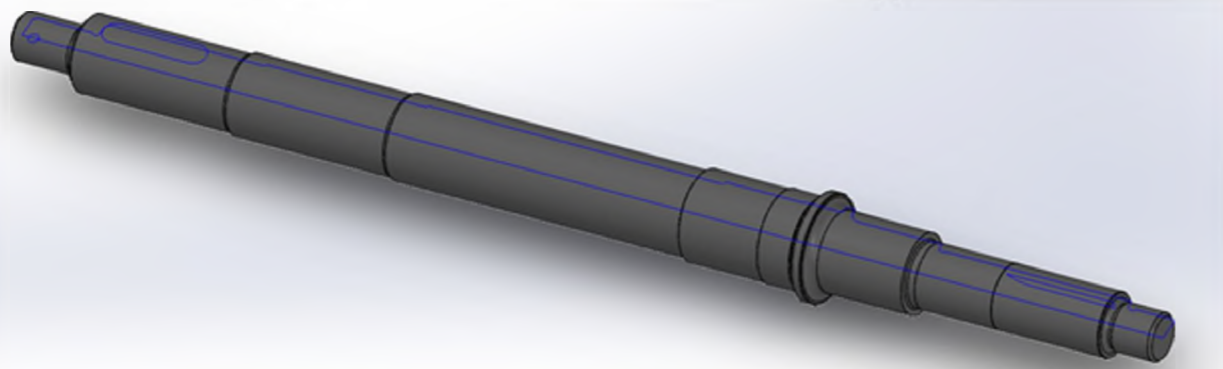
Дослідження "Запасу міцності" у SW Simulation



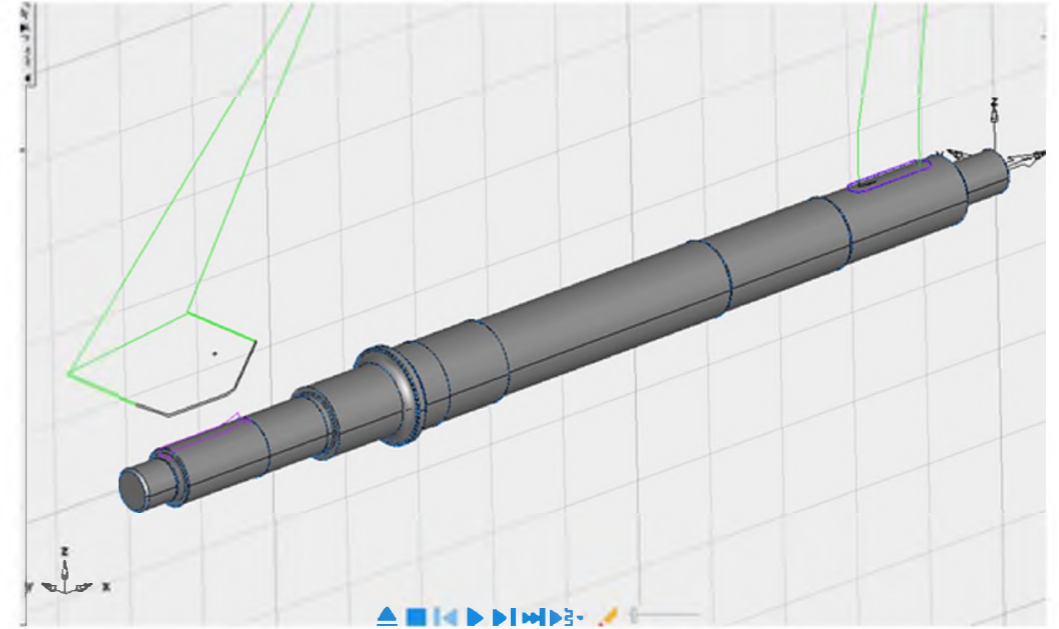
					КНУ.КБР.131.24.1-03.ІАСРІ			
Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата	Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.		Бутовський				Н		1:1
Проб.		Нечаєв				Лист	Листов	1
Т.контр.					Кафедра ТМ гр. ПМ-20			
Н.контр.		Рязанцев			Формат А3			
Утв.		Нечаєв						

КОМПАС-3D v22 Учебная версия © 2023 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены. Перв. примен. Справ. № Подп. и дата Инв. № подл. Инв. № подл. Подп. и дата

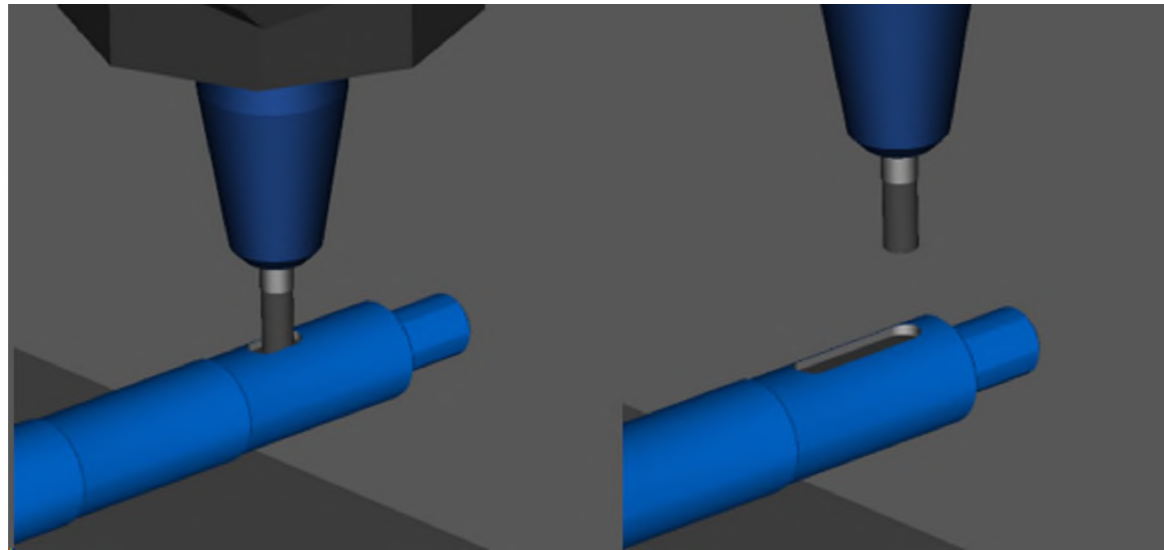
3D модель заготовки у SolidWorks



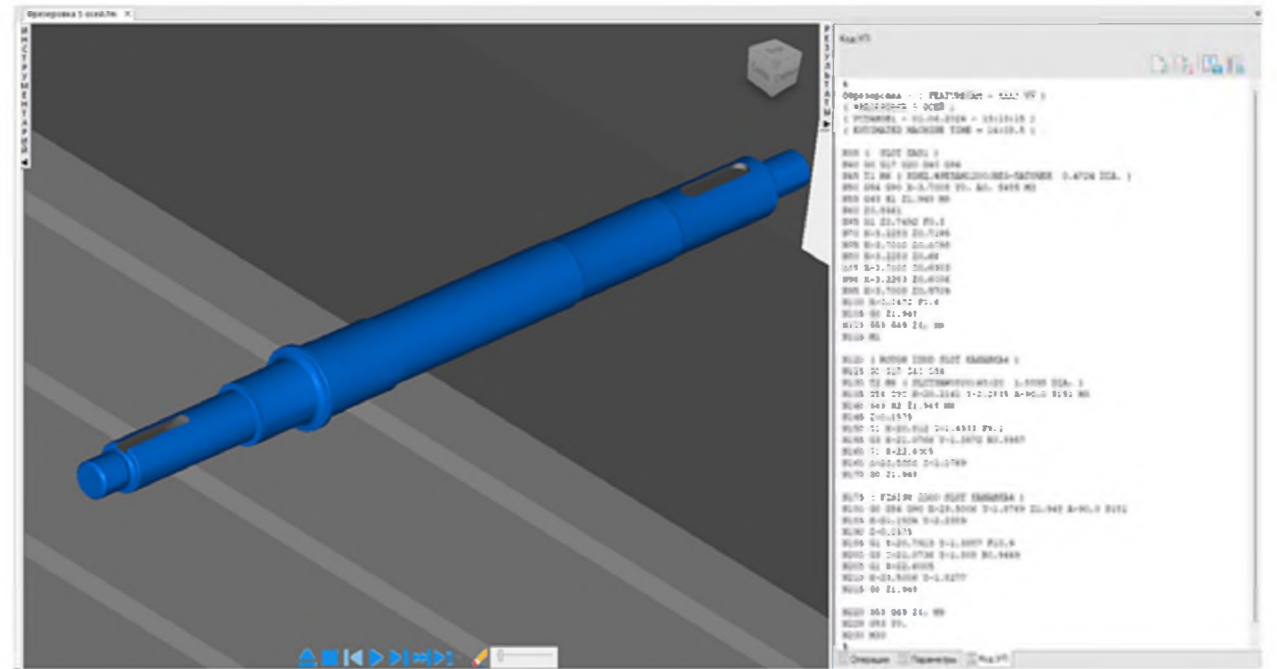
Траєкторія руху інструмента у Feature CAM



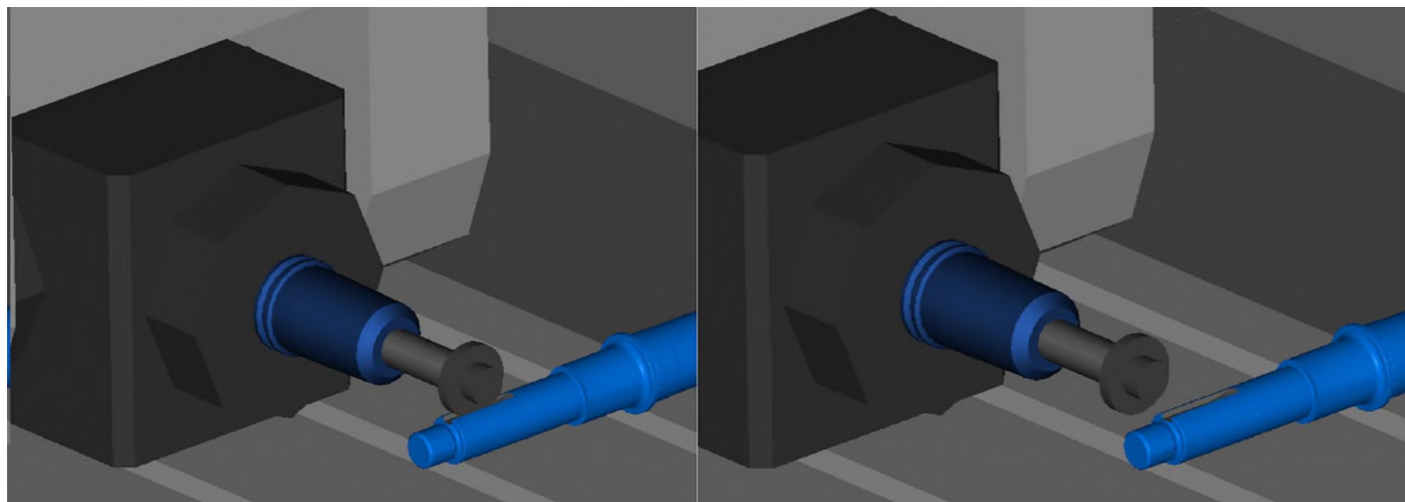
Фрезерування кінцевою фрезою у Feature CAM



Результат обробки та керуюча програма у Feature CAM



Фрезерування дисковою фрезою у Feature CAM



				КНУ.КБР.131.24.1-03.МПМО				
Изм.	Лист	№ док.им.	Подп.	Дата	Моделювання процесу механічної обробки	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Бутовський				Н		1:1
Пров.		Нечаєв				Лист	Листов	1
Т.контр.						Кафедра ТМ гр. ПМ-20		
Н.контр.		Рязанцев				Формат А3		
Утв.		Нечаєв						

КОМПАС-3D v22 Учебная версия © 2023 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.
 Взам. инв. № Инв. № дубл. Подп. и дата
 Справ. №
 Перв. примен.

