

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 виробництва деталі «Вал шліцьовий» коробки подач горизонтально-фрезерного верстата 676 з використанням CAD/CAM-систем

Виконав: здобувач групи ПМ-23ск
Рубан Д.Ю.

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 виробництва
деталі «Вал шліцьовий» коробки подач горизонтально-фрезерного
верстата 676 з використанням CAD/CAM-систем

Виконав здобувач гр. ПМ-23ск	_____	Дмитро РУБАН
	(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 ПМ-23ск Рубана Дмитра Юрійовича

1. Тема: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва деталі «Вал шліцьовий» коробки подач горизонтально-фрезерного верстата 676 з використанням CAD/CAM-систем

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

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

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

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

4. Зміст пояснювальної записки: 1. Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі. 2. Технологічна підготовка виробництва деталі. 3. Проектування технологічного процесу обробки деталі. 4. Конструкторська підготовка виробництва. 5. Моделювання та програмування операцій механічної обробки. 6. Організаційно-економічна підготовка виробництва.

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Вали коробки подач верстата мод. 676 (складальне креслення). 2. Вал-шліцьовий. 3. Ескізи операцій. 4. Верстатно-інструментальне налагодження. 5. Контрольне пристосування. 6. Моделювання процесу обробки. 7. Інженерний аналіз деталі.

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.	Технологічна підготовка виробництва виробу	12.04.2026
9.	Техніко-економічний аналіз вихідних даних для обробки деталі	19.04.2026
10.	Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій	25.04.2026
11.	Конструкторська підготовка виробництва	01.05.2026
12.	Проектування технологічного оснащення	04.05.2026
13.	Креслення верстатного та контрольного пристосування	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

/Рубан Д.Ю./

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до КРБ містить: 52 стор., 22 рисунки, 13 таблиць, 7 листів графічної частини.

Тема кваліфікаційної роботи присвячена конструкторсько-технологічній підготовці виробництва деталі «Вал шліцьовий» коробки подач горизонтально-фрезерного верстата 676 з використанням CAD/CAM систем. Дослідження спрямоване на розроблення повного комплексу конструкторських і технологічних рішень для виготовлення зазначеної деталі із застосуванням сучасних CAD/CAM систем, що дозволяють інтегрувати етапи 3D-моделювання, інженерного аналізу та підготовки керуючих програм для верстатів з ЧПК.

Об'єктом дослідження є процес конструкторсько-технологічної підготовки виробництва деталі машинобудування в умовах застосування сучасних цифрових технологій.

Предметом дослідження є методи та засоби розроблення конструкції й технологічного процесу виготовлення деталі «Вал шліцьовий» коробки подач горизонтально-фрезерного верстата 676 з використанням CAD/CAM систем, а також параметри, що впливають на точність, якість і ефективність її виготовлення.

Актуальність теми зумовлена необхідністю модернізації та відновлення металорізального обладнання, зокрема горизонтально-фрезерних верстатів типу 676, що продовжують експлуатуватися на багатьох підприємствах. Виготовлення або відновлення відповідальних деталей, таких як шліцьовий вал коробки подач, потребує застосування сучасних підходів до проєктування та технологічної підготовки виробництва з метою забезпечення високої точності шліців, співвісності поверхонь, шорсткості та міцності деталі.

Таким чином, розроблення конструкторсько-технологічної підготовки виробництва шліцьового вала з використанням CAD/CAM систем є актуальним завданням, що відповідає сучасним тенденціям цифровізації машинобудівного виробництва.

Сформульовані положення визначають науково-практичну спрямованість роботи та створюють основу для подальшого розкриття питань проєктування й технологічної підготовки виробництва деталі в умовах цифрового машинобудування.

ВАЛ ШЛІЦЬОВИЙ, ГОРИЗОНТАЛЬНО-ФРЕЗЕРНИЙ ВЕРСТАТ,
МОДЕЛЮВАННЯ, ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ, КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ.

					КНУ.КБР.131.26.2-08.Р			
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата				
Розроб.		Ридан			Реферат			
Перевір.		Рязанцев						
Реценз.								
Н. контр.		Нечаєв						
Зав. каф.		Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Арк. шліф	
					Каф. ТМ, гр. ПМ-23ск			

ABSTRACT

The explanatory note to QBW contains: 52 pages, 22 figures, 13 tables, 5 sheets of the graphic part.

The topic of the qualification thesis is devoted to the design and technological preparation of production for the “Splined Shaft” part of the feed gearbox of the 676 horizontal milling machine using CAD/CAM systems. The research is aimed at developing a complete set of design and technological solutions for manufacturing the specified part through the application of modern CAD/CAM systems, which enable the integration of 3D modeling, engineering analysis, and CNC program preparation stages.

The object of the research is the process of design and technological preparation of manufacturing a machine-building component under the conditions of applying modern digital technologies.

The subject of the research includes the methods and tools for developing the design and manufacturing process of the “Splined Shaft” part for the feed gearbox of the 676 horizontal milling machine using CAD/CAM systems, as well as the parameters affecting the accuracy, quality, and efficiency of its manufacturing.

The relevance of the topic is determined by the necessity of modernization and restoration of metal-cutting equipment, particularly 676-type horizontal milling machines, which continue to be operated at many enterprises. The manufacturing or restoration of critical components, such as the splined shaft of the feed gearbox, requires the application of modern approaches to design and technological preparation of production in order to ensure high spline accuracy, surface concentricity, surface roughness, and component strength.

Thus, the development of design and technological preparation of splined shaft production using CAD/CAM systems is an actual task that corresponds to modern trends in the digitalization of machine-building production.

The formulated provisions define the scientific and practical orientation of the work and create a basis for the further disclosure of issues related to design and technological preparation of part production under the conditions of digital manufacturing.

SPLINED SHAFT, HORIZONTAL MILLING MACHINE, MODELING, ENGINEERING ANALYSIS, QUALITY CONTROL.

					КНУ.КБР.131.26.2-08.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 Проектування технологічного процесу розбирання – складання	11
2 Технологічна підготовка виробництва деталі	16
2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін	16
2.2 Аналіз якості поверхонь деталей	16
2.3 Технічний контроль робочого креслення	17
2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання	18
3 Проектування технологічного процесу обробки деталі	20
3.1 Вибір, техніко – економічне обґрунтування та проектування заготовки	20
3.2 Вибір і обґрунтування баз	22
3.3 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь	23
3.4 Розробка технологічної операції	24
3.5 Розрахунок і вибір режимів різання. Нормування технологічних операцій	27
4 Конструкторська підготовка виробництва	33
4.1 Розрахунок та перевірка механічних властивостей базової деталі	33
4.2 Проектування контрольного пристосування	36
5 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	39
5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора	39
5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм	41
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	44
6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників	44
6.2 Екологія виробництва та охорона праці при фрезерних операціях	48
Висновки	51
Список використаних джерел	52

					КНУ.КБР.131.26.2-08.3		
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата	Зміст		
Розроб.	Рубан						
Перевір.	Рязанцев						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев				Каф. ТМ, гр. ПМ-23ск		

ВСТУП

Машинобудування – це найважливіша галузь, яка визначає рівень розвитку суспільства.

Технологія машинобудування – це наука про виготовлення деталей визначеної кількості, заданої якості і з найменшими затратами. Поява технології машинобудування як наукової дисципліни дозволило створити широку мережу проектних інститутів і організацій, які займаються проектуванням нових і реконструкцією діючих машинобудівних підприємств.

Комплексна механізація і автоматизація виробничих процесів, переобладнання машинобудівних підприємств сучасними металорізальними верстатами, типізація і стандартизація технологічних процесів, місцеве впровадження в практику технологічного проектування електронно обчислювальних машин призвели до переоцінки існуючих методів проектування. В сучасний час технологічне проектування – це комплексна система взаємодії засобів і методів, які обумовлюють створення високоякісної технологічної документації на основі широкого застосування стандартних технологічних рішень. Засвоєння машинобудівними підприємствами нової технологічної документації і впровадження єдиної системи технологічної підготовки виробництва (ЄСТПВ) створили можливості для розробки і впровадження автоматичних систем управління виробничими процесами в цілому.

Оскільки матеріал для виконання кваліфікаційної роботи підбирається під час переддипомної практики на підприємстві, проєкт має за мету вдосконалення діючого заводського технологічного процесу – це реальна розробка, що може бути впроваджена у виробництво для підвищення його ефективності.

					КНУ.КБР.131.26.2-08.В		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вступ		
Розроб.	Рубан						
Перевір.	Рязанцев						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев				Каф. ТМ, гр. ПМ-23ск		

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА ТА ДЕТАЛІ

1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

Вихідними даними для виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи слугували робочі креслення деталі «Вал шліцьовий» та складальної одиниці, до складу якої вона входить, а саме коробка подач горизонтально-фрезерного верстата мод. 676. Крім того, було враховано встановлену річну програму випуску виробів, що становить 1000 штук. На рисунку 1.1 представлено тривимірну модель цієї деталі.



Рисунок 1.1 – Об'ємна модель деталі «Вал шліцьовий»

Метою кваліфікаційної бакалаврської роботи є розроблення конструкторсько-технологічної підготовки виробництва деталі «Вал шліцьовий» коробки подач горизонтально-фрезерного верстата 676 із використанням сучасних CAD/CAM систем для забезпечення заданих показників точності, якості та економічної ефективності виготовлення.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Провести аналіз конструкції та умов роботи шліцьового вала коробки подач.
2. Розробити тривимірну параметричну модель деталі в CAD-системі.
3. Виконати аналіз технологічності конструкції.
4. Обґрунтувати вибір матеріалу та способу отримання заготовки.

					<i>КНУ.КБР.131.26.2-08.01.АСПМ</i>		
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата	<i>Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі</i>		
Розроб.	Рибан						
Перевір.	Рязанцев						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23ск</i>		

5. Розробити маршрутний та операційний технологічний процес виготовлення деталі.

6. Визначити режими різання та підібрати необхідний інструмент і оснащення.

7. Здійснити підготовку керуючих програм у САМ-системі для обробки на верстатах з ЧПК.

8. Оцінити техніко-економічні показники запропонованого технологічного процесу.

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

Верстат горизонтально-фрезерний моделі 676 призначений для механічної обробки плоских поверхонь деталей різної форми та конфігурації, виготовлених зі сталі, чавуну й кольорових металів.

Як різальний інструмент на верстаті можуть застосовуватися різні типи фрез: циліндричні, дискові, фасонні, а також їхні комбіновані набори.

Збільшена потужність приводу та широкий діапазон швидкостей різання і подач забезпечують можливість ефективної роботи як інструментом зі швидкорізальної сталі, так і фрезами, оснащеними твердосплавними пластинами.

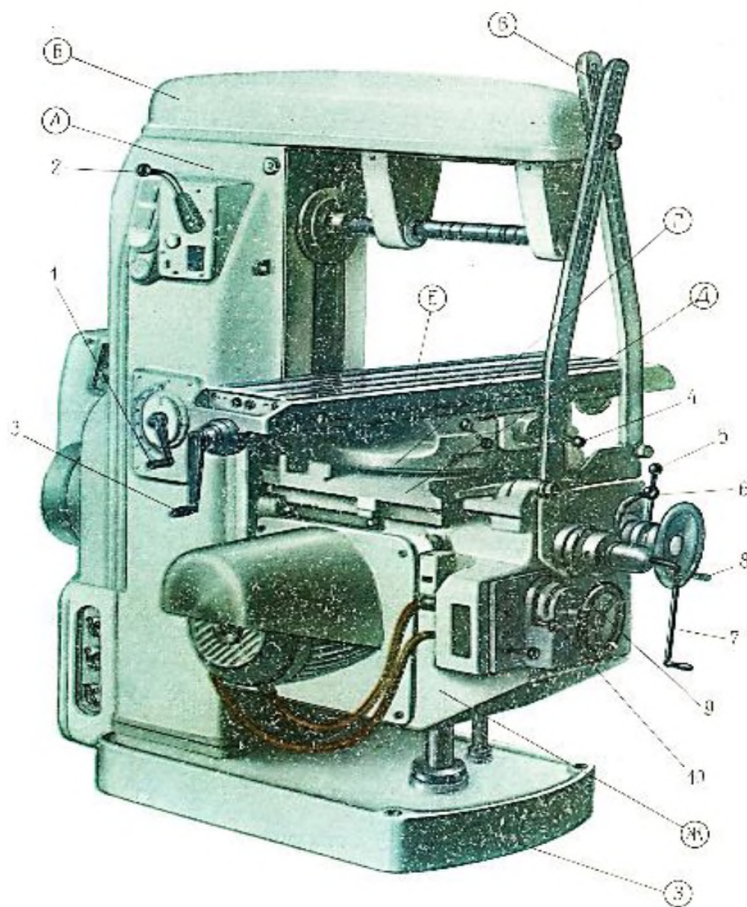


Рисунок 1.2 – Загальний вигляд верстата моделі 676

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.26.2-08.01.АСПМ

Арк.

Основні вузли верстата (рис. 1.2):

А – станина, в якій розміщені коробка швидкостей та шпиндельний вузол;

Б – хобот із підвіскою;

В – додатковий елемент з'єднання консолі з хоботом;

Г – поворотна частина столу;

Д – поперечні санчата;

Е – робочий стіл;

Ж – консоль, у якій розташована коробка подач;

З – підставка.

Органи керування (рис. 1.2):

1 – рукоятка перемикання коробки швидкостей;

2 – рукоятка перемикання перебору шпинделя;

3 – рукоятка ручного поздовжнього переміщення столу;

4 – рукоятка керування поздовжньою подачею столу;

5 – рукоятка керування поперечною подачею столу;

6 – рукоятка керування вертикальною подачею;

7 – рукоятка ручного вертикального переміщення консолі;

8 – маховик перемикання коробки подач;

10 – рукоятка перемикання перебору коробки подач.

Технічна характеристика верстата:

Робоча поверхня стола, мм	200x800
Межі швидкостей подач столу, мм / хв.	
поздовжніх (Sпр)	22,4-1000
поперечних (S п)	16 - 710
вертикальних (SB)	8 - 355
Межі чисел оборотів шпинделя в хвилину	50-2240
Число швидкостей обертання шпинделя	12
Швидкість швидкого переміщення столу, мм / хв	
поздовжнього	2400
поперечного	1710
вертикального	855
Число швидкостей подач столу	16
Потужність головного електродвигуна, кВт	2,8

1.3 Проектування технологічного процесу розбирання – складання

Розроблення технологічного процесу складання (розбирання) здійснюється відповідно до основних вимог і правил, визначених чинними стандартами. Під час проектування процесу складання (розбирання) необхідно керуватися такими основними принципами:

- забезпечення високого рівня якості складання;
- досягнення максимальної продуктивності та економічної ефективності процесу за рахунок якнайширшого використання засобів механізації та автоматизації складальних робіт.

					КНУКБР.131.26.2-08.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Креслення складального вузла представлено на рис. 1.3. Базовою деталлю є вал 1. Послідовність операцій складання наведена на рис. 1.4. Твердотільне зображення (3D модель) показано на рис. 1.5.

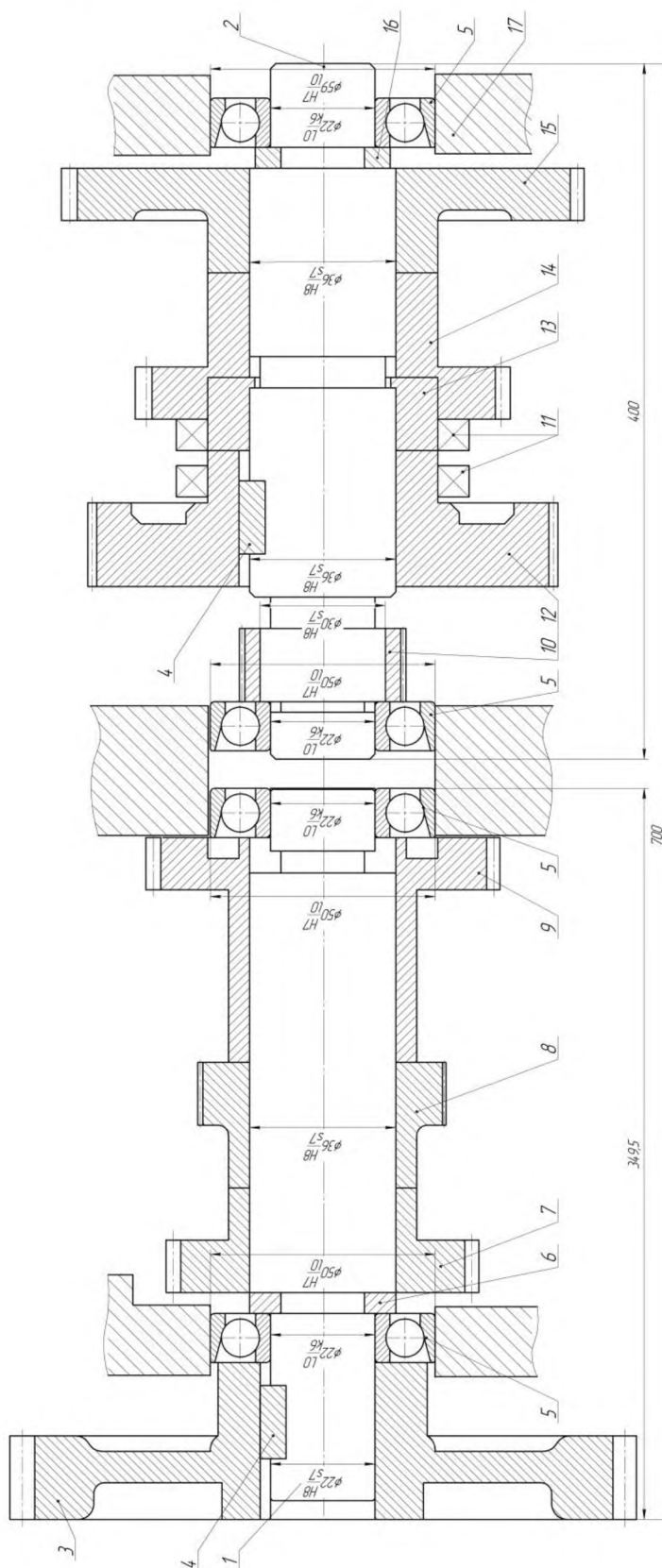


Рисунок 1.3 – Вали коробки подач горизонтально-фрезерного верстата мод. 676

					КНУ.КБР.131.26.2-08.01.АСПМ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

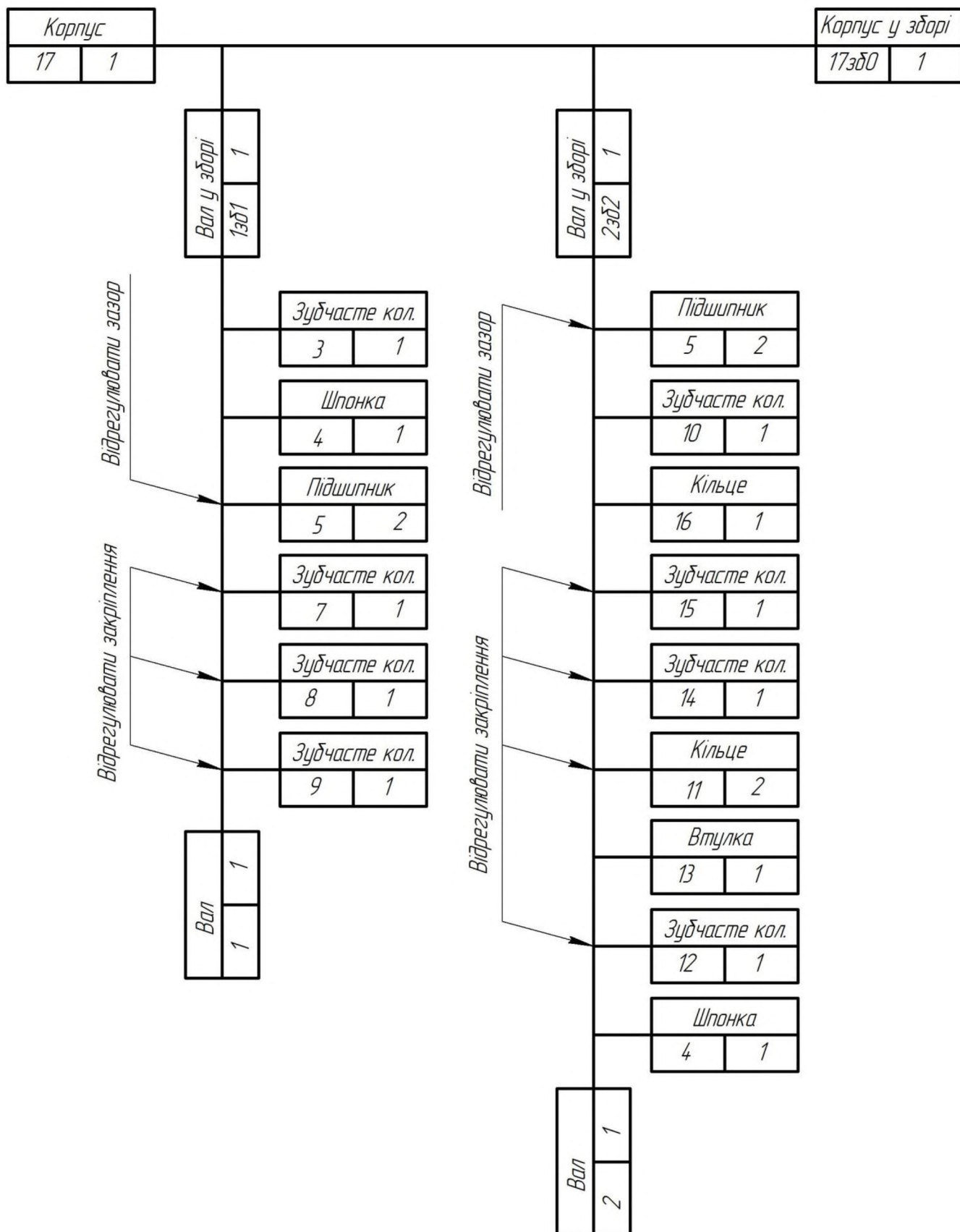


Рисунок 1.4 – Технологічний процес складання валів коробки подач горизонтально-фрезерного верстата мод. 676

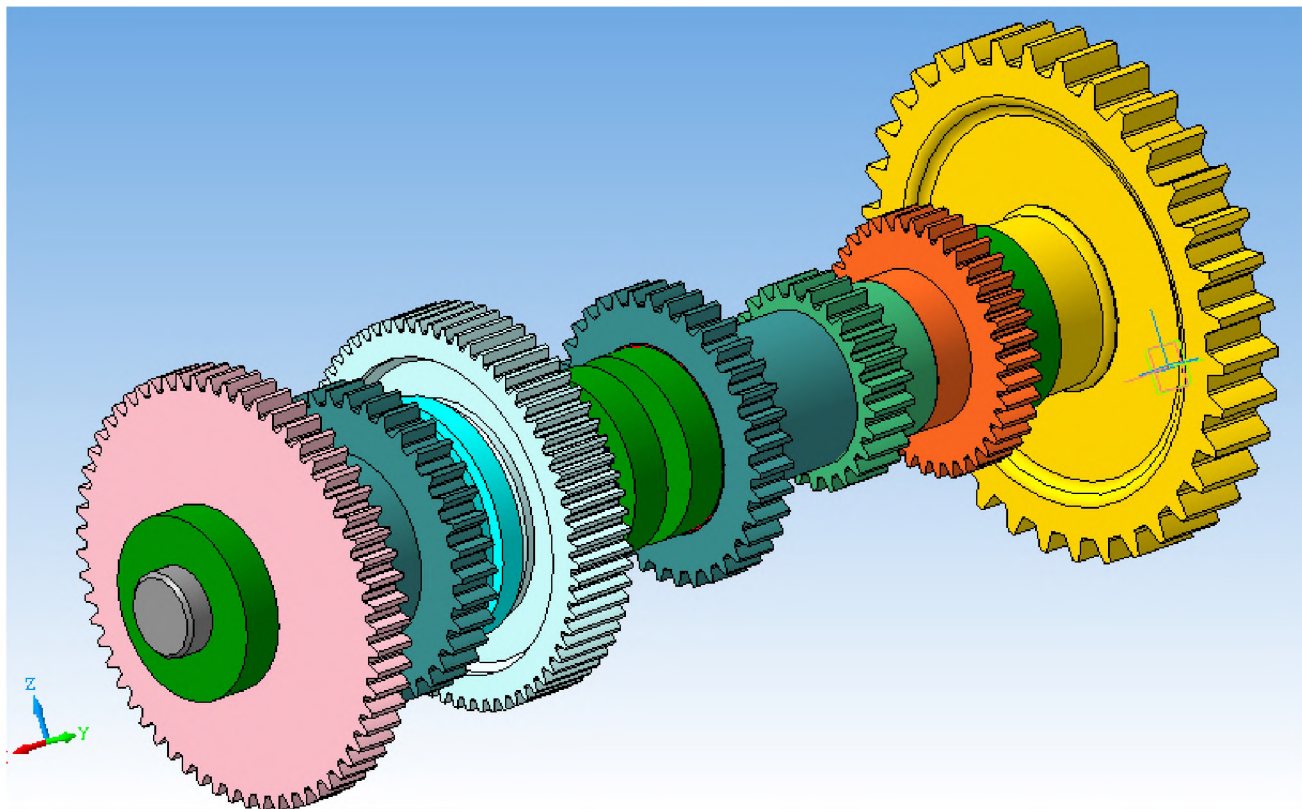


Рисунок 1.5 – 3D модель складання валу коробки подач горизонтально-фрезерного верстата мод. 676

1.3.1 Нормування складальних операцій

Нормування операцій складання валу представлено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технологічна карта складання валів коробки подач верстата мод. 676

№ опер.	Зміст операцій	Обладнання та оснащення, що використовуються	Норма часу, хв
1	2	3	4
005	Установча. Встановити вал 1 і вал 2 в пристосування	Пристосування – супутник	0,5 0,5
010	Складання підвузла. На вал 1,2 запресувати шпонки 4, встановити шестерні 3,7,8,9,10,14,12, встановити кільця 6,16,11	Прес гідравлічний, оправка, плоскогубці, напилек	0,50 1,18 0,65
015	Установча. Встановити на вал підвузел	Молоток слюсарний	1,2
020	Запресувальна. Запресувати втулку 13 на вал 2	Прес гідравлічний	0,8

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-08.01.АСПМ	Арк.
------	------	----------	--------	------	-----------------------------	------

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
025	Встановлення шарикового підшипника. Запресувати підшипник зовнішнім кільцем у корпус, а внутрішнім на шийку вала	Прес гідравлічний, оправка, молоток слюсарний	0,56 0,4
035	Установча. Встановлення втулки 13 на шийку вала	Молоток слюсарний	0,8
Всього			9,25

					КНУ.КБР.131.26.2-08.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів заміन

Вал-шліцьовий є частиною коробки подач верстата мод. 676 і служить для передачі обертового моменту.

Деталь отримує обертовий момент через шліцьову шестерню. В результаті тривалої експлуатації відбулося зношення шліців. При зносі шліців збільшуються бічні зазори між ними, внаслідок чого зростає робота удару, виникають перекося деталей, що викликають перевантаження окремих ділянок шліців.

Деталь «Вал-шліцьовий» виготовляється зі сталі 45 ДСТУ 7809:2015. Сталь 45 використовують в таких деталях, як осі, вали, плунжери, штоки й кулачкові вали, кільця, шпинделі, рейки, кулачки, зубчасті вінці, болти, напівосі та інші.

Можлива заміна матеріалу на сталь 40Х ДСТУ 7806:2015, сталь 50 ДСТУ 7809:2015. Дані про матеріал деталі та заміну приводяться у таблицях 2.1. та 2.2.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад матеріалу деталі

Склад	C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr
Сталь 45	0,42-0,50	0,17-0,34	0,5-0,8	0,045	0,045	0,3	0,3
Сталь 50	0,47-0,55	0,17-0,37	0,5-0,8	0,04	0,035	0,3	0,25
Сталь 40Х	0,36-0,44	0,17-0,37	0,5-0,8	0,035	0,035	0,3	0,8-1,1

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталей

Властивості	σ_T , МПа	$\sigma_{вр}$, МПа	δ_5 , %	ψ , %	a_H , Дж/см ²	Твердість НВ
	не менше					не більш
Сталь 45	360	610	16	40	50	241
Сталь 50	380	640	18	38	50	170
Сталь 40Х	785	980	10	45	50	217

На основі даних, що наведені в таблицях, можна зробити висновок, що сталь 50 має найнижчі механічні властивості ніж сталь 40Х. Таким чином, найкращим замінником сталі 45 є сталь 40Х.

2.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Шліцьовий вал (рис. 2.1) здійснює обертання в підшипникових опорах. Частота його обертання знаходиться в межах 315-1200 об/хв. Під час роботи відбувається зношування шийок під підшипники внаслідок тертя.

					КНУ.КБР.131.26.2-08.02.ТПВД				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Рцбан			Техніко-економічний аналіз вихідних даних проекту				
Перевір.		Рязанцев							
Реценз.									
Н. контр.		Нечаєв							
Зав. каф.		Рязанцев							
					Літ.	Арк.	Аркциф		
					Каф. ТМ, гр. ПМ-23ск				

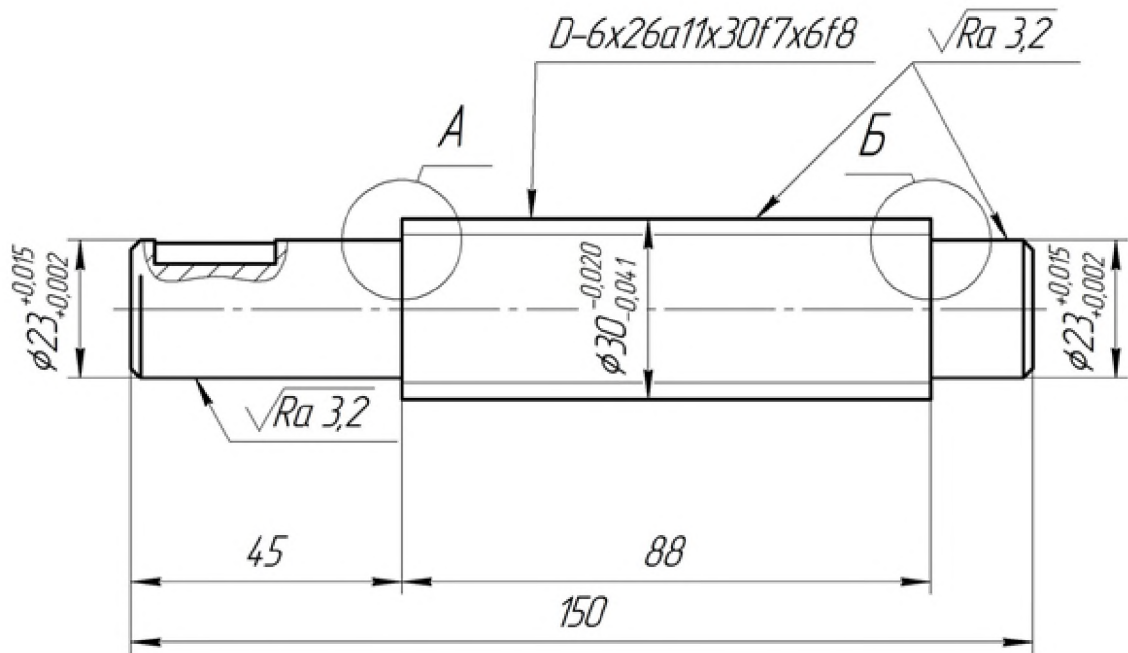


Рисунок 2.1 – Креслення Вал – шліцьовий

Лінійні розміри деталі задані як ланцюговим, так і координатним способами, в результаті чого формуються замкнені розмірні ланцюги. При цьому частина номінальних розмірів не узгоджується з «Нормальним рядом лінійних розмірів», оскільки вони є розрахунковими замикаючими ланками у відповідних розмірних ланцюгах.

Основними базовими поверхнями є шийки $\varnothing 22k6$ (поверхні 1 і 8), призначені для встановлення підшипників кочення. Саме вони визначають просторове положення валу. Шийки під підшипники виконуються за 6 квалітетом точності з параметром шорсткості $Ra\ 0,8\ \mu\text{m}$, що відповідає стандартним вимогам для таких посадкових поверхонь.

Базою деталі є вісь, що підтверджується відповідним позначенням на кресленні вал-шестерні. Вимоги до взаємного розташування основних та допоміжних поверхонь задаються через радіальне биття, яке не повинно перевищувати $0,03\ \text{mm}$. Це відповідає нормальному рівню точності, оскільки становить приблизно 60% від допуску на розмір. Забезпечення таких параметрів досягається за рахунок жорсткості верстата та точного налагодження інструменту. Додаткові технологічні заходи для забезпечення нормального радіального биття при чистовій обробці шийок не передбачаються.

Спряженою поверхнею є поверхня 3 – шпонковий паз із шорсткістю $Ra\ 3,2\ \mu\text{m}$ та точністю 9 квалітету.

2.3 Технічний контроль робочого креслення

Робоче креслення деталі виконано на форматі А3 згідно з вимогами стандарту. Деталь подано головним видом, а також видами А і Б та перерізами В-В і Г-Г, що забезпечує повне уявлення про її геометричну форму, оскільки вона є тілом обертання.

					КНУ.КБР.131.26.2-08.02.ТПВД		Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата			

На кресленні нанесено всі необхідні лінійні та діаметральні розміри. Лінійні розміри проставлені координатним і ланцюговим способами. Основні розміри задані з граничними відхиленнями, а також вказано шорсткість поверхонь. Точність невказаних розмірів визначена загальним записом на полі креслення і відповідає 14-му квалітету точності (IT14). У більшості випадків шорсткість поверхонь задана, а для невказаних поверхонь прийнято значення Ra 3,2 мкм, що зазначено у відповідному написі у правому верхньому куті креслення.

У штампі креслення наведено матеріал деталі, її масу та масштаб виконання.

Таким чином, креслення містить повну інформацію щодо форми, розмірів, шорсткості, відхилень форми та взаємного розташування поверхонь, а також характеристик якості поверхонь деталі.

2.4 Аналіз технологічності деталі

2.4.1 Якісний аналіз технологічності деталі

Деталь «Вал – шліцьовий» виконана у вигляді ступінчастого вала, що складається з тіл обертання. Конструкція передбачає наявність зручних базових поверхонь для закріплення в трикулачковому патроні, а також для встановлення на призми під час обробки.

Жорсткість деталі є середньою при відношенні $l/d = 150/30 = 5$, тому під час токарної обробки її слід закріплювати в трикулачковому патроні з підтиском заднім обертовим центром, при цьому необхідно уникати форсованих режимів різання. Вільна несполучена поверхня має шорсткість Ra 6,3 мкм, що свідчить про роботу деталі в умовах знакоперемінних навантажень (вібрацій). Підвищені вимоги до шорсткості спрямовані на запобігання утворенню тріщин у відповідальних елементах конструкції.

2.4.2 Кількісний аналіз технологічності

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{им.}} = \frac{m_d}{m_z} = \frac{2.64}{3.91} = 0,675,$$

де m_d – маса деталі;

m_z – маса заготовки.

Низьке значення коефіцієнта використання матеріалу пояснюється не великою масою вал-шестерні і вибором у якості заготовки поковки штампованої. Але для таких умов такий коефіцієнт допустимий.

2.5 Маршрут виготовлення деталі. Задачі проектування

Аналіз маршрутно-операційної карти показує, що технологічний процес розроблено для умов дрібносерійного виробництва. Як заготовку деталі використовують поковку діаметром Ø30 мм, термообробка виконується у вигляді покращення. Обробка шийок здійснюється на трьох токарних операціях без застосування ЧПК, також передбачене нарізання шліців. Загалом механічна

					КНУ.КБР.131.26.2-08.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

обробка виконується на морально застарілому обладнанні, яке потребує оновлення або заміни.

Для розробки технологічного процесу в умовах середньосерійного виробництва доцільно виконати такі зміни:

- прийняти існуючий маршрут як базовий та зберегти послідовність операцій без змін;
- змінити тип заготовки з прокату на штамповану поковку;
- у зв'язку зі зміною заготовки підрізання торців і центрування виконувати на фрезерно-центрувальному верстаті;
- скоротити допоміжний та основний час обробки, забезпечивши необхідну точність за рахунок виконання чистових і напівчистових токарних операцій, а також фрезерування шпонкового паза на токарно-фрезерному центрі з ЧПК;
- після термообробки зубчастого вінця виконати припрацювання для досягнення точності 7-В.

					КНУ.КБР.131.26.2-08.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

3 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ

3.1 Вибір, техніко – економічне обґрунтування та проектування заготовки

В якості заготовки приймаємо поковку штамповану ISO 10243-3 на КГШП.
Розрахункова маса поковки:

$$G_{\text{пок.}} = K_p \cdot G_{\text{дет.}}, \quad (3.1)$$

де $G_{\text{дет.}}$ – маса деталі;

K_p – розрахунковий коефіцієнт, який встановлюється у відповідності з додатком 3 [5, ст.31]. $K_p = 1,3 \dots 1,6$, приймаємо 1,3.

$$G_{\text{пок.}} = 1,3 \cdot 2,64 = 3,94 \text{ кг}$$

По таблиці 19 [5] обираємо КГШП, клас точності – Т4.

Група сталі М2, так як дана сталь містить до 0,65% вуглецю. Не зважаючи на те, що дана сталь містить сумарну масову долю легуючих елементів менше 2% згідно з таблицею 1 [5].

Ступінь складності поковки в залежності від відношення:

$$\frac{G_{\text{пок.}}}{G_{\text{ф}}}, \quad (3.2)$$

де $G_{\text{ф}}$ – маса геометричної фігури, у яку вписується форма поковки.

Розміри геометричної фігури, яка описує поковку, збільшуємо у 1,05 разів. Такою геометричною фігурою є циліндр.

За допомогою програмного продукту «Компас 3D» визначаємо масу циліндру – 3.94 кг.

$$\frac{G_{\text{пок.}}}{G_{\text{ф}}} = \frac{2.64}{3.94} = 0,673.$$

В нашому випадку ступінь складності С1 (додаток 2[5]).

Приймаємо поверхню розніму штампу плоскою та розміщуємо по осі вала.

Вихідний індекс 11 [5, таблиця 2].

По таблиці 3 [5] призначаємо основні припуски на механічну обробку на сторону та заносимо в таблицю 3.1.

Призначаємо зміщення поверхні розніму штампа (додатковий припуск на діаметральні розміри, який дорівнює 0,5 мм) по табл.4 [5] і відхилення від плоскості та прямолінійності (додатковий припуск на лінійний розмір, який дорівнює 0,5 мм) табл.5 [5]. Обрані значення заносимо в таблицю 3.1.

Величина мінімальних радіусів скруглення зовнішніх кутів поковки становить $R = 5 \text{ мм}$ [5, таблиця 7]. Радіуси скруглення внутрішніх кутів приймаємо у 2 рази більше, тобто $R = 10 \text{ мм}$.

					<i>КНУ.КБР.131.26.2-08.03.ПТПОД</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Ридан				<i>Проектування технологічного процесу обробки деталі</i>	Літ.	Арк.
Перевір.	Рязанцев						
Реценз.						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23ск</i>	
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев						

Призначаємо допуски та граничні відхилення по таблиці 8 [5] та заносимо до таблиці 3.1.

Допустима величина зміщення по поверхні розніму штампа становить 1,0 мм [5, таблиця 9].

Допустима величина задирки при максимальному розмірі поперечного перерізу поковки по поверхні рознімання штампа становить 6 мм.

Допустиме відхилення від вигнутості, від площинності і від прямолінійності для плоских поверхонь становить 1,6 мм таблиця 13 [5].

По таблиці 18 [5] призначаємо штаповані ухили. Зовнішні ухили становлять 5° , а внутрішні – 7° . Допустимі відхилення штапованих ухилів на поковках встановлюються в межах $\pm 0,25$ їхньої номінальної величини [5].

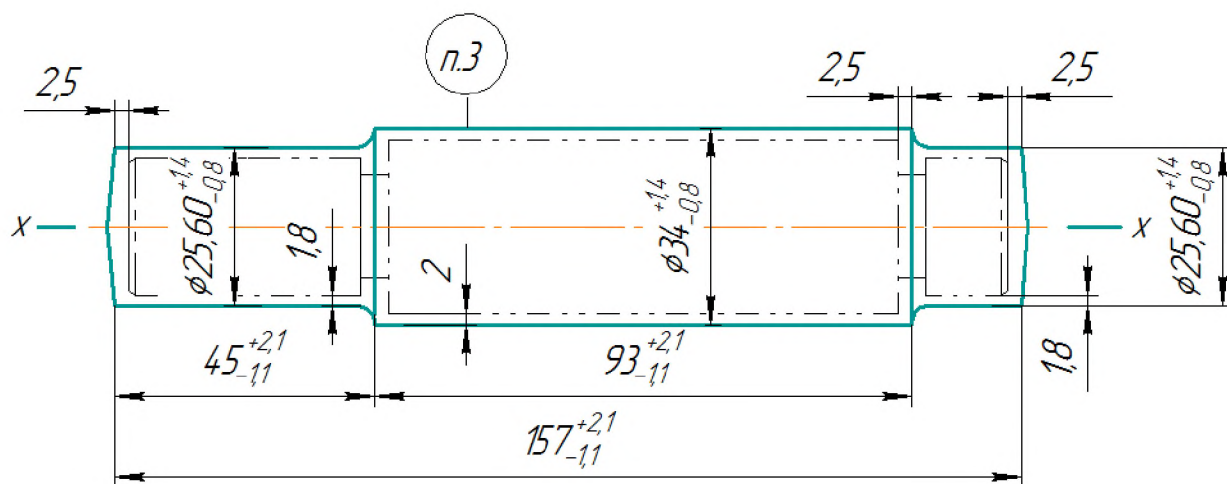


Рисунок 3.1 – Креслення поковки

Таблиця 3.1 – Таблиця даних

Номінал. розмір, мм	Шорсткість, Ra	Основний припуск, мм	Додатковий припуск, мм	Розміри поковки, мм	Допуск розміру, мм	Гран. відх., мм
Ø30	3,2	2x2	0,5	Ø34	2,2	+1,4 -0,8
Ø22	0,8	1,8x2	0,5	Ø25.6	2,2	+1,4 -0,8
Ø22	0,8	1.8x2	0,5	Ø25.6	2,2	+1,4 -0,8
L150	6,3	2,5x2	0,8	155	3,2	+2,1 -1,1
L88	6,3	2,5x2	0,8	93	3,2	+2,1 -1,1
L45	6,3	2,5	0,8	47.5	3,2	+2,1 -1.1

Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-08.03.ПТПОД	Арк.
------	------	--------	--------	------	------------------------------	------

3.2 Вибір і обґрунтування баз

Деталь є тілом обертання, що визначає особливості її базування. Залежно від призначення та сфери застосування в машинобудуванні бази поділяють на конструкторські, технологічні та вимірювальні, які використовують відповідно під час складання, контролю та механічної обробки.

Конструкторські бази – це поверхні, що задають положення деталі у вузлі. Для даного вала такими базами виступають посадкові поверхні під підшипники (1, 12) і торець (3).

Технологічні бази – це поверхні, які застосовуються для встановлення деталі на верстаті під час обробки. У цьому випадку одним комплектом баз є штучні центрові отвори в торцях вала разом із торцем, а іншим – конструкторські бази.

Вимірювальні бази – це поверхні, відносно яких здійснюють контроль розмірів і взаємного розташування елементів деталі.

Для досягнення високої точності обробки необхідно дотримуватися двох основних технологічних принципів:

- принцип суміщення баз – конструкторські бази доцільно використовувати також як технологічні та вимірювальні;
- принцип єдності баз – у процесі обробки слід застосовувати не більше двох комплектів баз.

Теоретична схема базування під час токарної, зубофрезерної та шліфувальної обробки наведена на рисунку 1. Вісь деталі виконує роль подвійної напрямної бази, обмежуючи чотири ступені свободи, тоді як торець є упорною базою та усуває ще один ступінь свободи. Шостий ступінь свободи не фіксується, тому використовується неповний комплект баз.

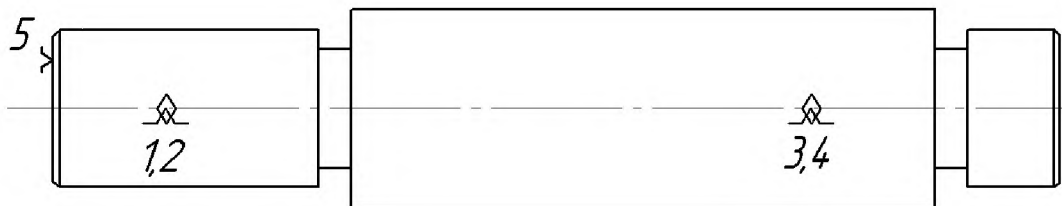


Рисунок 3.2 – Теоретична схема базування

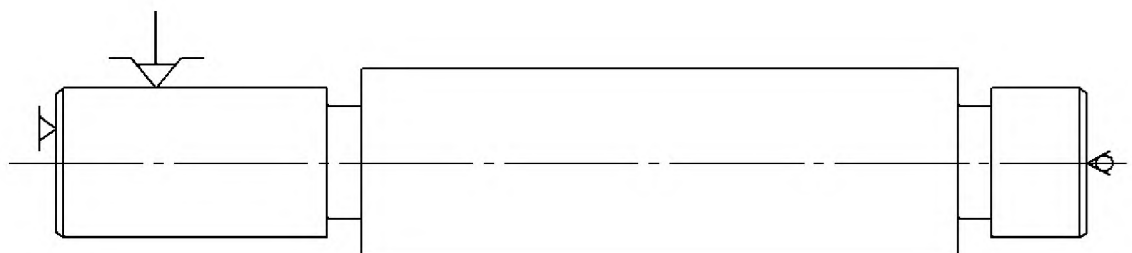


Рисунок 3.3 – Умовна схема базування

					КНУ.КБР.131.26.2-08.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Механічну обробку валів розпочинають із підготовки технологічних баз, що включає підрізання торців та їх центрування. Це дає змогу виконувати обробку практично всіх зовнішніх поверхонь валу, використовуючи єдині бази при встановленні деталі в центрах.

Під час чорнової токарної обробки заготовку закріплюють у трикулачковому патроні з додатковим підтисканням обертовим центром. Така схема забезпечує залишення п'яти ступенів вільності деталі та підвищує її жорсткість. На етапах чистової токарної, зубофрезерної та шліфувальної обробки особлива увага приділяється точності, тому деталь встановлюють у центрах, а обертання передається через повідковий патрон. Теоретична схема базування при цьому відповідає рисунку 1.

Під час фрезерно-центрувальної операції деталь розміщують у призмах з упором у торець відповідно до схеми, наведеної на рисунку 2. Таким чином, у процесі обробки реалізується принцип єдності баз, оскільки застосовується лише два їх комплекти. Як установчі, технологічні та вимірювальні бази використовуються конструкторські бази, що є основними поверхнями деталі, що, у свою чергу, забезпечує дотримання принципу суміщення баз.

3.3 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

У якості заготовки вибираємо поковку штамповану. Розрахований міжопераційний розмір для кожної поверхні деталі приведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2– Послідовність переходів при обробці поверхонь

№ пов.	Найменування переходу	Шорсткість, Ra	Точність, IT	Допуск, мкм	Припуск, мм	Міжопер. Розмір
2 Ø22k6	Заготовка	25	16	2,0	5	Ø25.6 ^{+1,3} _{-0,7}
	Точіння чорнове	12,5	12	0,3	3	Ø22,6 _{-0,3}
	Точіння напівчистове	6,3	10	0,12	0,29	Ø22,13 _{-0,12}
	Точіння чистове	3,2	8	0,046	0,1	Ø22,03 _{-0,046}
	Шліфування	0,8	6	0,019	0,03	Ø22 ^{+0,021} _{+0,002}
5 Ø22k6	Заготовка	25	16	2,2	5	Ø25.6 ^{+1,3} _{-0,7}
	Точіння чорнове	12,5	12	0,3	3	Ø22,6 _{-0,3}
	Точіння напівчистове	6,3	10	0,12	0,29	Ø22,13 _{-0,12}
	Точіння чистове	3,2	8	0,046	0,1	Ø22,03 _{-0,046}
	Шліфування	0,8	6	0,019	0,03	Ø22 ^{+0,021} _{+0,002}

					КНУ.КБР.131.26.2-08.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.2

№ пов.	Найменування переходу	Шорсткість, Ra	Точність, IT	Допуск, мкм	Припуск, мм	Міжопер. розмір
6 Ø30h11	Заготовка	25	16	2,2	4,73	Ø34 ^{+1,4} _{-0,8}
	Точіння чорнове	6,3	12	0,35	4	Ø30,23 _{-0,35}
	Точіння напівчистове	3,2	11	0,22	0,23	Ø30 _{-0,22}
4,7 Ø18h14	Заготовка	25	16	2,2	4,5	Ø22 ^{+0,021} _{+0,002}
	Точіння чорнове	6,3	14	0,87	4	Ø18 _{-0,87}
1, 9 L150	Заготовка	25	16	3,2	2,5x2	155 ^{+2,1} _{-1,1}
	Підрізання торців чорнове	12,5	14	1,55	2.5	150 _{-1,55}

3.4 Розробка технологічної операції

Маршрут обробки деталі вал-шестерня приведена в таблиці 3.3.

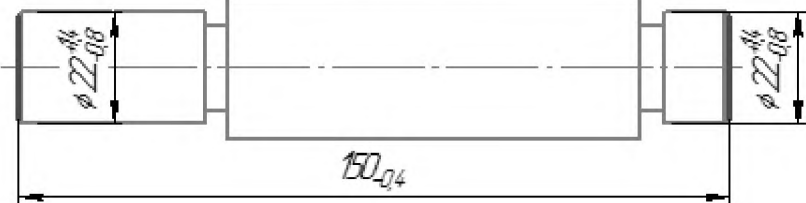
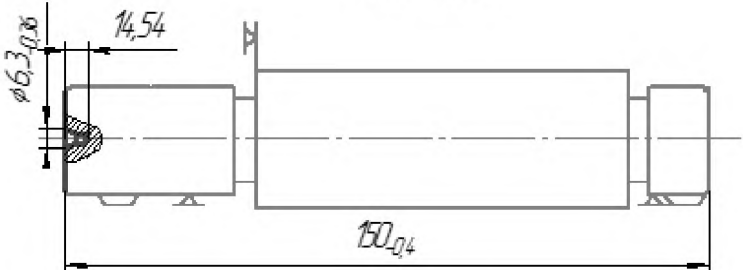
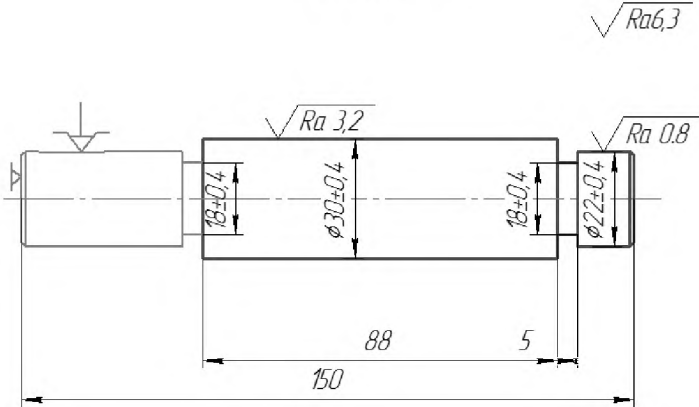
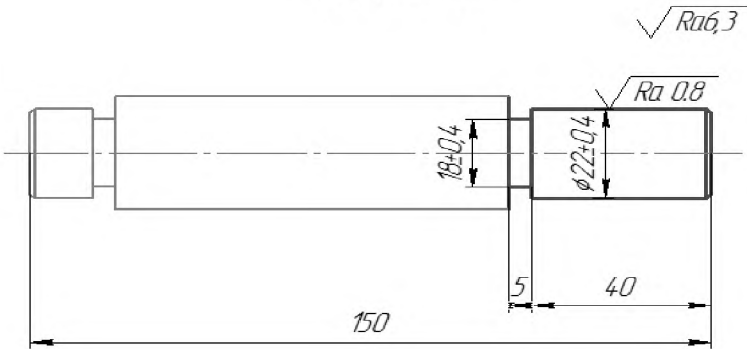
Послідовність технологічних операцій розробляється на основі заводського ТП (табл. 3.4). Обладнання вибирається з паспортів верстатів.

Таблиця 3.3 – Маршрут обробки деталі

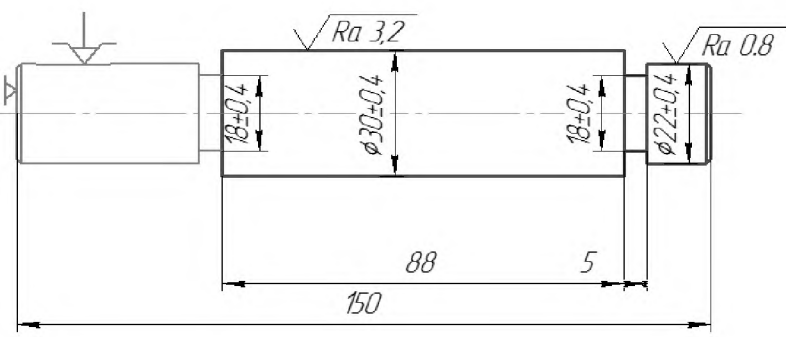
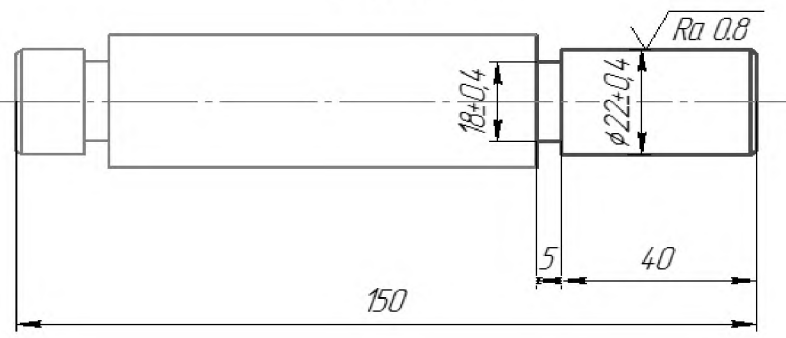
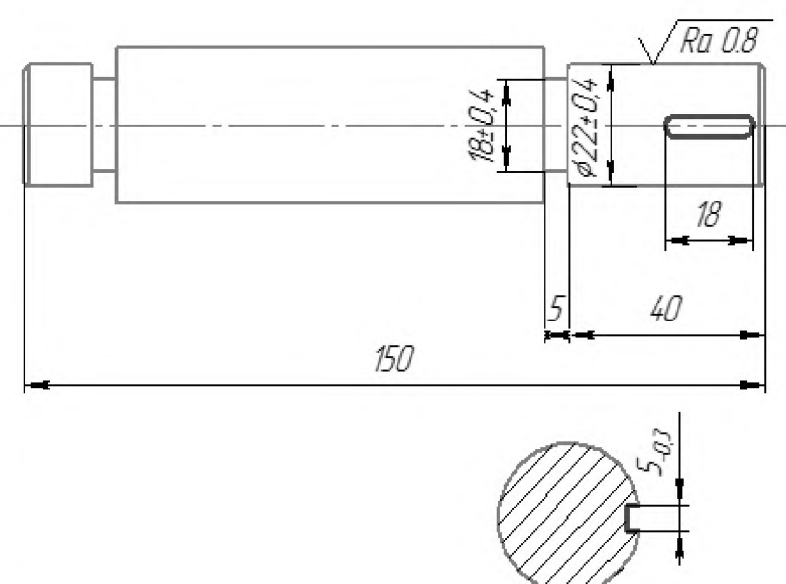
№ пов.	Назва операції	№ поверхні, що обробляється	Тип и модель верстата
1	2	3	4
005	Фрезерно-центрувальна	1) 9 2) 1	Фрезерно-центрувальний MP-71
010	Токарна (чорнова)	1) 5,7,8 2) 2,4	Обробний центр GOODWAY GS-2000
015	Токарна (напівчистова, чистова)	1) 5,7,8 2) 2,4	
020	Фрезерна	5,3	Горизонтально фрезерний верстат 6П80Г
025	Гартування з відпуском	—	Н-30
030	Кругло-шліфувальна	9 2	Кругло-шліфувальний 3М152
035	Контрольна	—	Стіл ОТК
040	Припрацювання	5	—

					КНУ.КБР.131.26.2-08.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.4 – Послідовність виконання технологічного процесу

№ опер.	Верстат, операція, переходи	Ескізи операцій
1	2	3
005	МР-71 Фрезерно-центрувальна: 1. Встановити, закріпити, зняти; Позиція 1 2. Фрезерувати торці в розмір Позиція 2 3. Свердлити центрові отвори в розмір	Позиція 1  Позиція 2 
	GOODWAY GS-2000 Токарна чорнова: 1. Встановити, закріпити, зняти; Установ А 2. Точити поверхні в розміри 3. Підрізати торці в розміри Установ Б 4. Переустановити деталь 5. Точити поверхні в розміри	Установ А  Установ Б 

Продовження таблиці 3.4

1	2	3
015	GOODWAY GS-2000 Токарна напівчистова та чистова: 1. Встановити, закріпити, зняти; Установ А Позиція 1 2. Точити поверхні в розміри напівчисто. Позиція 2 3. Точити поверхні в розміри чисто. Позиція 4. Фрезерувати шпонковий паз в розмір	Установ А Позиція 1 
	Установ Б 5. Переустановити деталь. Позиція 1 6. Точити поверхні в розміри напівчисто. Позиція 2 7. Точити поверхню начисто.	Позиція 2 
		Позиція 3 

Продовження таблиці 3.4

1	2	3
020	Фрезерна : 1. Встановити, закріпити, зняти; 2. Фрезерувати шліці начорно і начисто в розмір 1.	
025	Кругло-шліфувальна: 1. Встановити, закріпити, зняти. Установ А 2. Шліфувати поверхні в розміри Установ Б 3. Шліфувати поверхню в розмір	Установ А Установ Б
030	Контрольна Скоби, пробки, шаблони, вимірнувальне пристосування	Перевірити відповідність шорсткості поверхонь вимогам креслення. Контролювати діаметральні розміри і довжини. Виміряти радіальне биття.

3.5 Розрахунок і вибір режимів різання. Нормування технологічних операцій

Вибір глибини різання:

При установі А, Б: напів чистова – 0,29 мм, чистова – 0,1 мм.

Вибір інструмента:

					КНУ.КБР.131.26.2-08.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Токарний різець для контурного точіння DCLNR-2020-K12 з механічним кріпленням багатограних твердосплавних пластин CNMG-120408-FF2 з матеріалу TR1500.

Вибір подачі:

Для напівчистої стадії обробки значення подачі визначаємо за каталогом “Lamina”. При точінні деталі із сталі 40X з глибиною різання $t = 0,29$ мм подача буде дорівнювати: $S_o = 0,2$ мм/об.

Визначаємо поправочні коефіцієнти на подачу в залежності від:

інструментального матеріалу - $K_{S_H} = 1,15$;

способу кріплення пластини - $K_{S_P} = 1,05$.

Визначаємо поправочні коефіцієнти на подачу для змінених умов обробки в залежності від:

перетину державки різця - $K_{S_D} = 1,0$;

міцності ріжучої частини - $K_{S_h} = 1,05$;

механічних властивостей оброблююмого матеріалу - $K_{S_M} = 1,0$;

стану поверхні заготовки - $K_{S_{II}} = 1,0$;

геометричних параметрів різця - $K_{S_\phi} = 0,95$;

жорсткості верстату - $K_{S_j} = 0,9$.

Остаточно подачу напівчистої стадії обробки визначаємо за формулою:

$$S_o = S_{O_T} \cdot K_{S_H} \cdot K_{S_P} \cdot K_{S_D} \cdot K_{S_h} \cdot K_{S_M} \cdot K_{S_{II}} \cdot K_{S_\phi} \cdot K_{S_j}, \quad (3.3)$$

$$S_o = 0,2 \cdot 1,15 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,95 \cdot 0,9 = 0,21 \text{ хв/об.}$$

Для чистої стадії обробки значення подачі визначаємо. При точінні деталі з діаметром до 80 мм і глибиною різання $t = 0,1$ мм подача буде дорівнювати:

$$S_{O_T} = 0,11 \text{ хв/об.}$$

Визначаємо поправочні коефіцієнти на подачу в залежності від:

механічних властивостей оброблюваного матеріалу - $K_{S_M} = 1,0$;

схеми установки заготовки - $K_{S_Y} = 0,8$;

радіуса вершини різця - $K_{S_r} = 1,0$;

квалітету точності оброблюваної деталі - $K_{S_K} = 1,0$.

Остаточно подачу чистої стадії обробки визначаємо за формулою:

$$S_o = S_{O_T} \cdot K_{S_M} \cdot K_{S_Y} \cdot K_{S_r} \cdot K_{S_K}, \quad (3.4)$$

$$S_o = 0,11 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,1 \text{ хв/об.}$$

Аналогічно для установка Б.

Для напівчистої стадії обробки значення подачі буде дорівнювати:

$$S_{O_T} = 0,2 \text{ хв/об.}$$

Визначаємо остаточно подачу напівчистої стадії обробки:

$$S_o = 0,39 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,95 \cdot 0,7 = 0,26 \text{ хв/об.}$$

Для чистої стадії обробки значення подачі буде дорівнювати:

$$S_{O_T} = 0,21 \text{ хв/об.}$$

					КНУ.КБР.131.26.2-08.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Визначаємо остаточно подачу напівчистої стадії обробки:

$$S_o = 0,21 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,2 \text{ хв/об}$$

Вибір швидкості різання:

Значення швидкості різання для напівчистої стадії обробки вибираємо : при обробці сталі 40Х з глибиною різання $t = 0,29$ мм і подачею $S_o = 0,2$ хв/об швидкість різання буде дорівнювати: $V_T = 200$ м/хв.

Поправочний коефіцієнт для напівчистої стадії обробки в залежності від: інструментального матеріалу - $K_{V_H} = 0,9$.

Вибираємо решту поправочних коефіцієнтів на швидкість різання для змінених умов залежно від:

групи оброблюваності матеріалу - $K_{V_C} = 1,0$;

виду обробки - $K_{V_O} = 1,0$;

жорсткості верстату - $K_{V_j} = 0,9$;

механічних властивостей оброблююмого матеріалу - $K_{V_M} = 1,0$;

геометричних параметрів різця - $K_{V_\phi} = 0,95$;

періоду стійкості ріжучої частини - $K_{V_T} = 1,0$;

наявності охолодження - $K_{V_{ж}} = 1,0$.

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання розраховуємо за формулою:

$$K_V = K_{V_H} \cdot K_{V_C} \cdot K_{V_O} \cdot K_{V_j} \cdot K_{V_M} \cdot K_{V_\phi} \cdot K_{V_T} \cdot K_{V_{ж}}, \quad (3.5)$$

$$K_V = 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,7.$$

Остаточно визначаємо швидкість різання за формулою:

$$V = V_T \cdot K_V, \quad (3.6)$$

$$V = 200 \cdot 0,7 = 140 \text{ м/хв}.$$

Частоту обертів шпинделя визначаємо за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (3.7)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 140}{3,14 \cdot 60} = 742 \text{ об/хв}.$$

Приймаємо частоту обертів за паспортом верстату, $n_\phi = 750$ об/хв.

Тоді фактичну швидкість різання визначаємо за формулою:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000}, \quad (3.8)$$

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 750}{1000} = 141,37 \text{ м/хв}.$$

Значення швидкості різання для чистої стадії обробки вибираємо : при обробці сталі 40Х з глибиною різання $t = 0,1$ мм і подачею $S_o = 0,11$ хв/об швидкість різання буде дорівнювати: $V_T = 250$ м/хв.

Поправочні коефіцієнти для чистої стадії, за значенням співпадають з коефіцієнтами для напівчистої стадії обробки: $K_V = 0,7$.

Остаточно визначаємо швидкість різання за формулою:

					КНУ.КБР.131.26.2-08.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

$$V = V_T \cdot K_V, \quad (3.9)$$

$$V = 250 \cdot 0,7 = 175 \text{ м/хв}.$$

Частоту обертів шпинделя визначаємо за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (3.10)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 175}{3,14 \cdot 60} = 928,4 \text{ об/хв}.$$

Приймаємо частоту обертів за паспортом верстату, $n_\phi = 1000 \text{ об/хв}$.

Тоді фактичну швидкість різання визначаємо за формулою:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000}, \quad (3.11)$$

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 1000}{1000} = 188,5 \text{ м/хв}.$$

Аналогічно для установу Б.

Перевірка вибраних режимів за потужністю приводу головного руху.

Для чистових стадій обробки перевірка режимів за потужністю приводу головного руху не проводиться.

Для напівчистої стадії обробки табличну потужність різання визначаємо. При напівчистовій стадії обробки сталі легованої без кірки з глибиною різання t до 0,29 мм і подачею $S_o = 0,2 \text{ хв/об}$ таблична потужність різання буде дорівнювати: $N_T = 1,5 \text{ кВт}$.

Визначаємо поправочний коефіцієнт на потужність в залежності від твердості оброблюваного матеріалу - $K_N = 1,0$.

Табличну потужність різання коректуємо за формулою:

$$N = N_T \cdot K_N \cdot \frac{V_\phi}{V_T}, \quad (3.12)$$

$$N = 1,5 \cdot 1,0 \cdot \frac{140}{141,37} = 1,48 \text{ кВт}.$$

Аналогічно при установі Б.

Так як розрахункові потужності менші за потужність верстату, то це свідчить про правильність вибраного верстату.

Визначення хвилинної подачі:

Хвилинну подачу розраховуємо за формулою:

$$S_M = n_\phi \cdot S_o. \quad (3.13)$$

Для напівчистої стадії: $S_M = 750 \cdot 0,2 = 150 \text{ мм/хв}$.

Для чистової стадії: $S_M = 1000 \cdot 0,11 = 110 \text{ мм/хв}$.

10. Визначення часу автоматичної роботи верстату.

Розраховуємо основний машинний час обробки за формулою:

$$T_o = \frac{L_{p.x.}}{S_M}, \quad (3.14)$$

де $L_{p.x.} = L_{рез} + y$ — довжина робочого ходу супорта.

					КНУ.КБР.131.26.2-08.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

При установі А.

Для напівчистої стадії обробки: $L_{p.x.} = 225 + 4 = 229 \text{ мм}$;

$$T_o = \frac{229}{150} = 1,53 \text{ хв.}$$

Для чистої стадії обробки: $L_{p.x.} = 225 + 4 = 229 \text{ мм}$;

$$T_o = \frac{229}{110} = 2,08 \text{ хв.}$$

При установі Б.

Для напівчистої стадії:

$$L_{p.x.} = 272,27 + 4 = 276,27 \text{ мм};$$

$$T_o = \frac{276,27}{150} = 1,84 \text{ хв.}$$

Для чистої стадії:

$$L_{p.x.} = 50 + 4 = 54 \text{ мм};$$

$$T_o = \frac{54}{110} = 0,49 \text{ хв.}$$

Сумарний основний машинний час буде дорівнювати:

$$T_o = 1,53 + 2,08 + 1,84 + 0,49 = 5,94 \text{ хв.}$$

Знаходимо машинно-допоміжний час:

$$T_{MB} = 0,03 \cdot 8 + 0,1 \cdot 4 + 0,04 \cdot 4 + 0,02 \cdot 3 = 0,86 \text{ хв}$$

Таким чином, час циклу автоматичної роботи верстата по програмі:

$$T_{ц.а.} = T_o + T_{MB} = 5,94 + 0,86 = 6,8 \text{ хв} \quad (3.15)$$

Визначення норми штучного часу:

Норму штучного часу визначаємо за формулою:

$$T_{шт} = (T_{ц.а.} + T_{\epsilon}) \cdot \left(1 + \frac{a_{тех} + a_{орг} + a_{отл}}{100} \right). \quad (3.16)$$

Допоміжний час складається з складових, вибір яких здійснюється по ч. 1 нормативів:

$$T_{\epsilon} = T_{\epsilon_{уст}} + T_{\epsilon_{он}} + T_{\epsilon_{из}}. \quad (3.17)$$

Допоміжний час на установку і зняття деталі $T_{\epsilon_{уст}} = 3,3 \text{ хв.}$

Допоміжний час на контрольний вимір штангенциркулем $T_{\epsilon_{из}} = 0,16 \text{ хв.}$

Сумарний допоміжний час:

$$T_{\epsilon} = 3,3 + 0,16 + 0,16 = 3,62 \text{ хв.}$$

Час на організаційне і технічне обслуговування робочого місця, відпочинок й особисті потреби наведена у відсотках від оперативного часу:

$$a_{тех} + a_{орг} + a_{отл} = 10\%.$$

Остаточна норма штучного часу:

$$T_{шт} = (6,8 + 3,62) \cdot 1,1 = 11,5 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час визначаємо за формулою:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{n-3}}{n_3}, \quad (3.18)$$

					КНУ.КБР.131.26.2-08.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

де $T_{п-з}$ – підготовчо-заклучний час на партію, хв.;

$п_з$ – розмір партії деталей, що запускаються у виробництво.

Підготовчо-заклучний час розраховуємо за формулою:

$$T_{п-з} = T_{п-з1} + T_{п-з2} + T_{п-з3}, \quad (3.19)$$

де $T_{п-з1} = 8 \text{ хв}$ – норма часу на організаційну підготовку;

$T_{п-з2} = 6,5 + 0,8 + 0,15 + 1 + 0,2 = 8,65 \text{ хв}$ – норма часу на налагодження верстата, пристойів, інструменту та програмних пристойів.

$$T_{п-з} = 8 + 8,65 = 16,65 \text{ хв};$$

$$T_{ум-к} = 11,5 + \frac{16,65}{1000} = 11,51 \text{ хв}.$$

					КНУ.КБР.131.26.2-08.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

4 КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

4.1 Розрахунок та перевірка механічних властивостей базової деталі

У процесі виготовлення деталі відновлюваного шліцьового вала коробки швидкостей доцільно виконати порівняльну оцінку механічних характеристик залежно від вибраного матеріалу заготовки. У цьому випадку застосовується сталь 40Х згідно з вимогами ДСТУ 7806:2015.

Використання програмного комплексу SolidWorks Simulation дає змогу дослідити деформаційну поведінку вала (рис. 4.1), виявити зони з найбільшими навантаженнями та проаналізувати загальні лінійні переміщення конструкції.

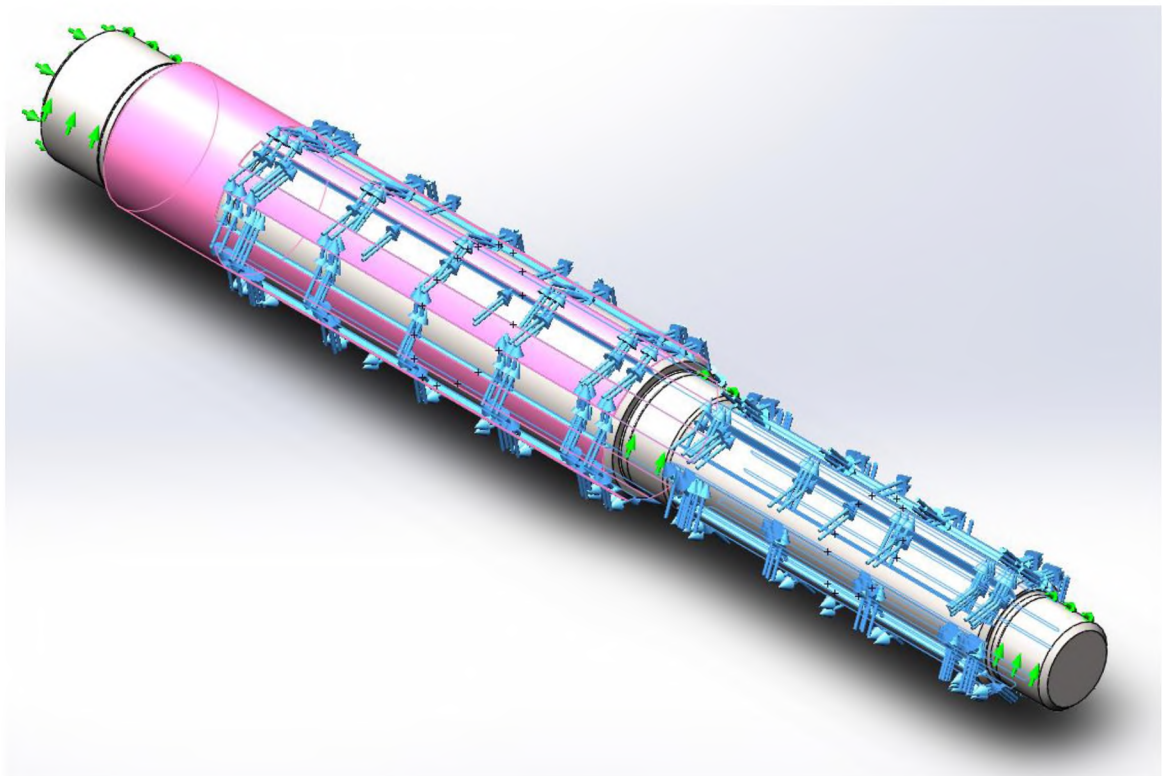


Рисунок 4.1 – Закріплення деталі та прикладення необхідних

4.1.1 Аналіз напружень (Von Mises)

Максимальне еквівалентне напруження становить 2.89×10^8 Па при границі текучості 5.6×10^8 Па (рис. 4.2). Коефіцієнт запасу міцності складає приблизно 1.94. Це означає, що вал працює у пружній області, але запас міцності не є надмірним для відповідальних вузлів.

Розподіл напружень є нерівномірним, що свідчить про наявність концентраторів напружень. Найбільш імовірні зони – шліцьові поверхні, переходи діаметрів та місця прикладання моменту.

					КНУ.КБР.131.26.2-08.03.КПВ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.	Рцдан				Конструкторська підготовка виробництва		Літ.	Арк.	Аркциві
Перевір.	Рязанцев								
Реценз.									
Н. контр.	Нечаєв								
Зав. каф.	Рязанцев								
					Каф. ТМ, гр. ПМ-23ск				

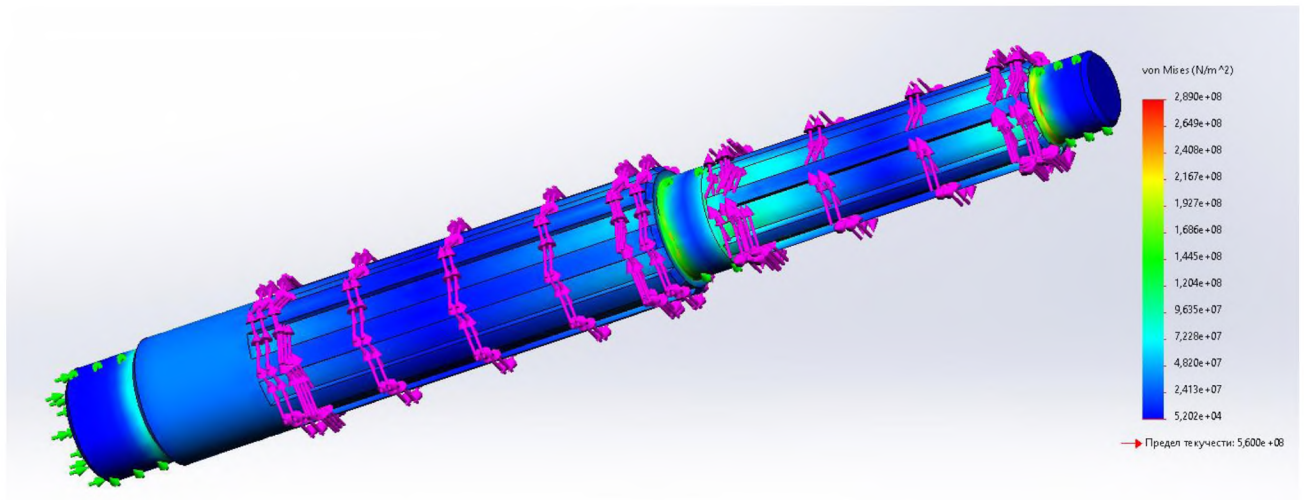


Рисунок 4.2 – Аналіз деформації деталі – епюра напружень (Von Mises)

Конструкція витримує навантаження, проте локальні піки напружень можуть бути критичними при втомному навантаженні. Рекомендується додатковий аналіз втомної міцності.

4.1.2 Аналіз переміщень

Максимальне переміщення становить 0.031 мм, що є дуже малим значенням для даного типу конструкції (рис. 4.3). Це свідчить про високу жорсткість валу.

Розподіл переміщень відповідає характеру навантаження – максимуми спостерігаються у зонах, віддалених від закріплень.

Жорсткість конструкції є достатньою. Деформації не впливають на точність роботи механізму.

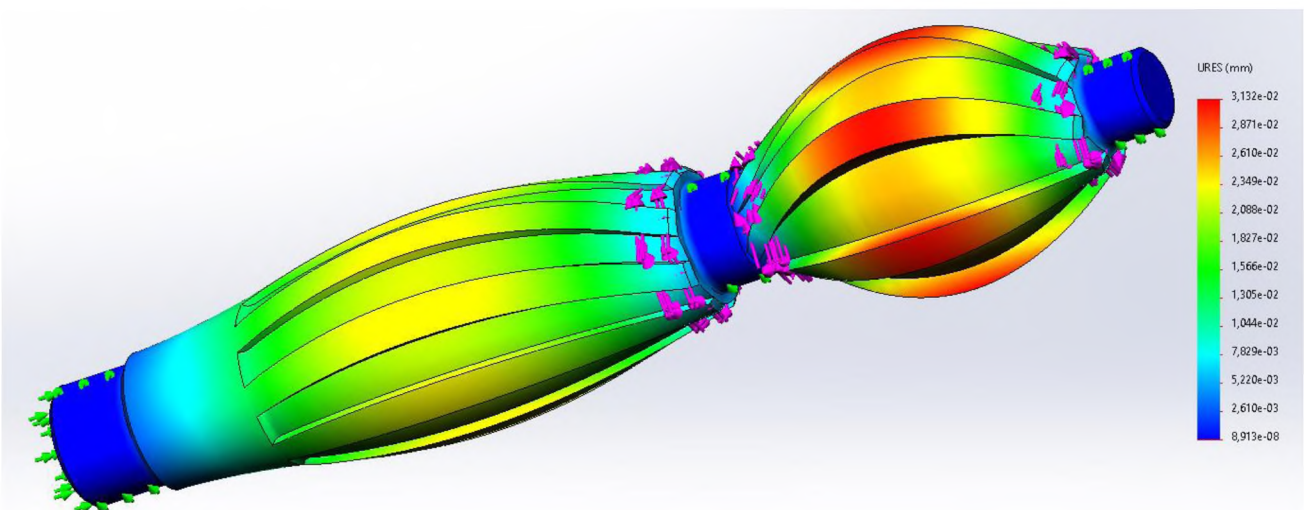


Рисунок 4.3 – Аналіз деформації деталі – епюра переміщень

4.1.3 Аналіз деформацій

Максимальна еквівалентна деформація становить 7.7×10^{-4} , що відповідає пружній області матеріалу.

					КНУ.КБР.131.26.2-08.03.КПВ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Співвідношення між напруженням і деформацією відповідає закону Гука, що підтверджує коректність моделі.

Поглиблений висновок по деформаціям

Пластичні деформації відсутні. Конструкція працює стабільно в межах допустимих значень.

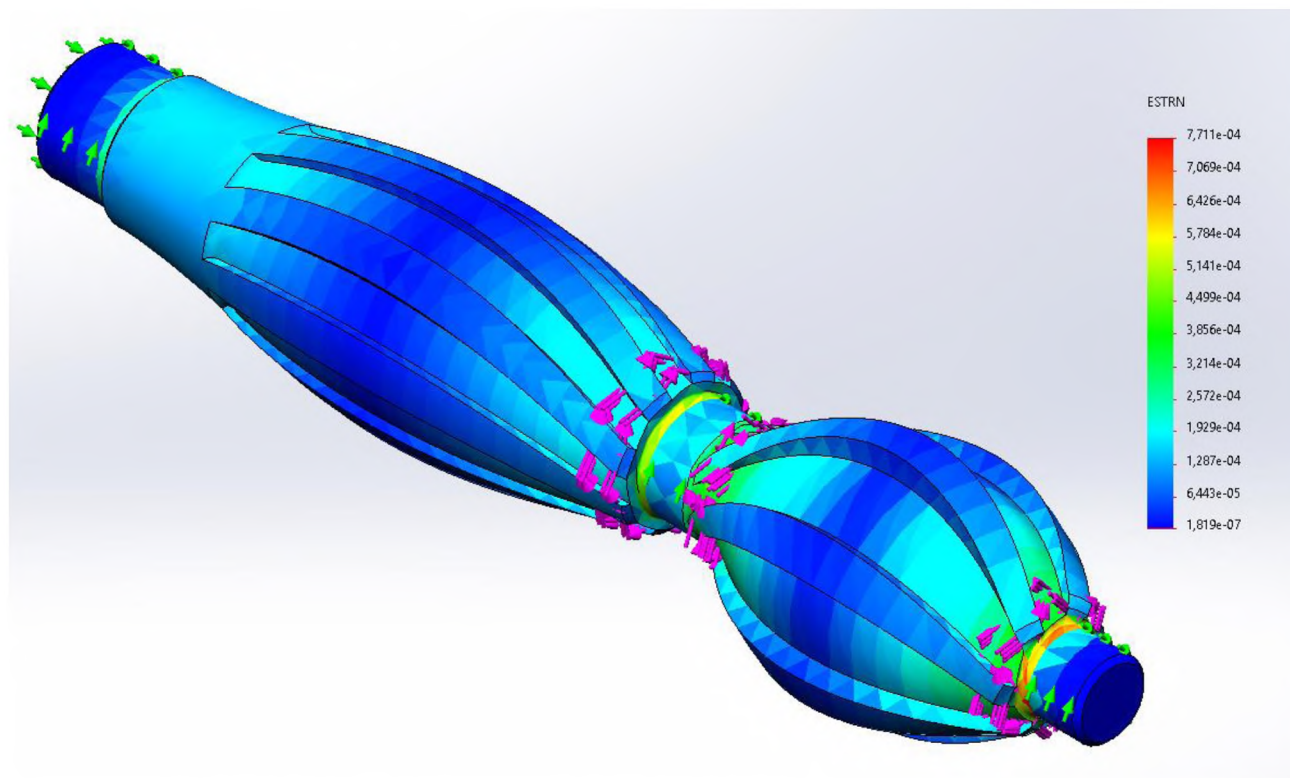


Рисунок 4.4 – Аналіз деформації деталі – епюра деформацій

4.1.4 Додатковий інженерний аналіз

Тип навантаження – крутний момент 65 Н•м. Для таких умов важливим є аналіз крутильної жорсткості та втомної довговічності.

Матеріал 41Cr4 має хороші механічні властивості, однак при циклічному навантаженні можливе накопичення пошкоджень.

4.1.5 Загальний висновок та рекомендації

1. Конструкція шліцьового валу є працездатною при заданих умовах навантаження.

2. Напруження не перевищують допустимі значення, однак коефіцієнт запасу є помірним.

3. Жорсткість конструкції достатня, переміщення мінімальні.

4. Деформації знаходяться в межах пружної області.

Рекомендації:

- провести аналіз втомної міцності (Fatigue Analysis), особливо для зон концентрації напружень;

- оптимізувати геометрію шліців (збільшення радіусів переходів) для зниження концентрації напружень;

					КНУ.КБР.131.26.2-08.03.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- розглянути можливість термічної обробки для підвищення межі витривалості;
- виконати уточнений розрахунок із врахуванням контактних напружень у шліцьовому з'єднанні;
- за необхідності підвищити коефіцієнт запасу до рівня 2.5-3 для відповідальних механізмів.
- провести експериментальну валідацію або більш детальне моделювання (з урахуванням тертя та нелінійностей).

4.2 Проектування контрольного пристосування

Виконується розробка контрольного пристрою, призначеного для оцінювання відхилень форми та взаємного розташування поверхонь валу (рисунок 4.5). У процесі контролю індикатор підводять до контрольованої поверхні до встановлення контакту, після чого деталь обертають і фіксують отримані покази приладу.

Вибір засобів вимірювання здійснюють з урахуванням допустимої похибки контролю. Точність контрольного пристрою має щонайменше на порядок перевищувати вимоги, зазначені в робочому кресленні деталі. З цією метою обрано електронний індикатор моделі Mitutoyo ID-C з діапазоном вимірювання 0-13 мм і ціною поділки 0,001 мм.

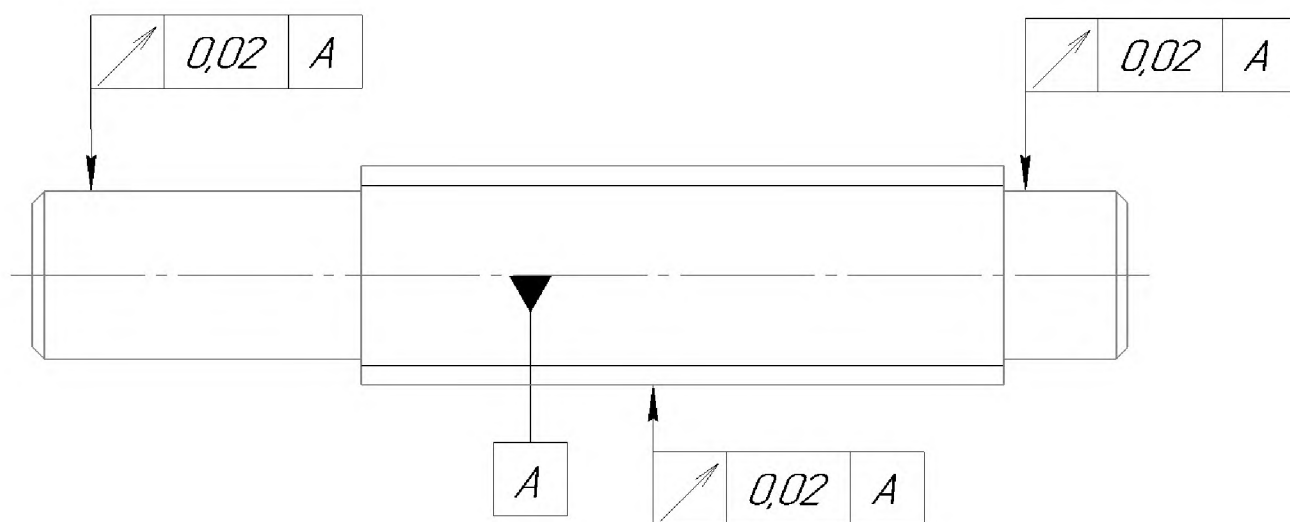


Рисунок 4.5 – Відхилення форми та розташування поверхонь деталі

Таблиця 4.1 – Характеристика контрольного приладу Mitutoyo ID-C

Діапазон вимірювань, мм/дюйм	Дискретність цифрової шкали, мм/дюйм	Найбільша похибка, мкм	Габаритні розміри, ММ	
			А	В
12,5/0,5	0,01 / 0,0005	1	65,9	53,4

					КНУ.КБР.131.26.2-08.03.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

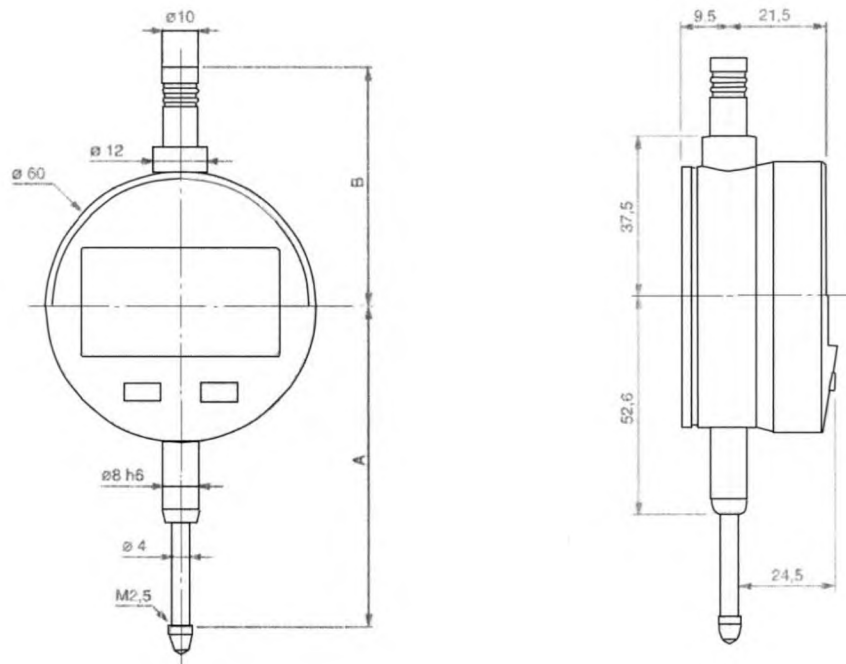


Рисунок 4.6 – Схема цифрового індикатора Mitutoyo (Японія) ID-C

4.2.1 Розрахунок точності контрольного пристрою

Розрахунок точності контрольного пристрою здійснюється у такій послідовності:

1. Визначається допустима похибка контролю.
2. Обчислюється сумарна похибка контролю.

Сумарна похибка контролю визначається за відповідною формулою, для чого необхідно виявити та розрахувати всі її складові:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{л.р.} + \Delta_{н.н} + \Delta_{у.е} + \sqrt{\Delta_{\sigma}^2 + \Delta_{деф}^2 + \Delta_{вип.}^2 + \Delta_z^2 + \Delta_{в.н.}^2}, \quad (4.1)$$

Допустима похибка контролю може становити від 8 % до 30 % від допуску на контрольований розмір:

$$[\Delta] = 0,08 \div 0,3 \cdot T, \quad (4.2)$$

де $[\Delta]$ – допустима похибка вимірювання;

T – допуск на параметр, який контролюється.

$$[\Delta] = 0,3 \cdot 0,02 = 0,006 \text{ мм.}$$

Величина допустимої похибки вимірювання визначається залежно від допуску на параметр, що контролюється. Вимірювальний прилад обирають таким чином, щоб його точність була на порядок вищою за заданий допуск.

З урахуванням схеми вимірювання, а також того, що перед початком роботи у пристрій встановлюється еталон і датчики проходять процедуру обнулення, похибка виготовлення установочних елементів ($\Delta_{у.е}$) приймається рівною допуску на розмір еталону.

Похибка базування відсутня, оскільки деталь установлена на конструкторську базу. Похибка деформації також не враховується, тому що деталь має достатню жорсткість, а закріплення не здійснюється.

					КНУ.КБР.131.26.2-08.03.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Для даного пристрою сумарна похибка контролю розраховується за наведеною формулою:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{y.e} + \sqrt{\Delta_{вин.}^2 + \Delta_{г.п.}^2}, \quad (4.3)$$

Випадкові похибки визначаються:

$$\Delta_{вин} = 0,04 \cdot T \quad (4.4)$$

$$\Delta_{вин} = 0,04 \cdot 0,02 = 0,0008 \text{ мм.}$$

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{y.e} + \sqrt{0,0008^2 + 0,01^2} = \Delta_{y.e} + 0,01.$$

Прирівнюємо та округлюємо $\Delta_{\Sigma} = [\Delta]$, отримуємо:

$$0,006 = \Delta_{y.e.} + 0,01;$$

$$\Delta_{y.e.} = 0,01 - 0,006 = 0,004 \text{ мм.}$$

Таким чином, якщо допуск на еталон становить менше 0,004 мм, то похибка вимірювання не перевищуватиме допустиме значення.

					КНУ.КБР.131.26.2-08.03.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора

Для виконання токарної обробки було створено керуючу програму та проведено моделювання повного технологічного процесу з використанням програмного забезпечення Autodesk FeatureCAM. Обробка реалізується на багатоцільовому токарному верстаті з числовим програмним керуванням Goodway серії GS-2000. Основні технічні характеристики верстата наведено в таблиці 5.1, а його загальний вигляд подано на рисунку 5.1.

Таблиця 5.1 – Технічні характеристики верстата GOODWAY GS-2000

Параметр	Значення
Тип верстата	Горизонтальний CNC токарний центр (багатоцільовий)
Максимальний діаметр обертання	до Ø700 мм
Максимальний діаметр точіння	до Ø570 мм
Максимальна довжина обробки	780 / 1530 мм
Діаметр прутка	до Ø65 мм
Розмір патрона	8" (опції до 10–15")
Потужність шпинделя	15-18.5 кВт
Макс. швидкість шпинделя	до 4500 об/хв
Переміщення по осі X	300 мм
Переміщення по осі Z	780 / 1530 мм
Переміщення по осі Y (опція)	±50 мм
Револьверна головка	12 позицій (сервоіндексація)
Живий інструмент	до 4000-5000 об/хв
Підшпиндель (опція)	6000 об/хв, 6" патрон
Швидкі переміщення (X/Z)	до 30 м/хв
Тип станини	похила (30°), коробчаті напрямні
Маса верстата	~6500–8500 кг

Верстат має систему керування FANUC Oi-TF Plus. Технічні характеристики якої наведено в таблиці 5.2.

Особливості системи керування FANUC Oi-TF Plus.

1. Високошвидкісне керування (High-speed control). Система FANUC забезпечує швидку обробку команд і плавні траєкторії руху, що підвищує якість поверхні.

					КНУ.КБР.131.25.2-08.05.МПОМО					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Рцдан			Моделювання та програмування операцій механічної обробки			Літ.	Арк.	Архів
Перевір.		Рязанцев								
Реценз.										
Н. контр.		Нечаєв						Каф. ТМ, гр. ПМ-23ск		
Зав. каф.		Рязанцев								

2. Багатоосьова синхронізація. С-вісь дозволяє позиціонувати шпиндель як обертальну вісь. Y-вісь дає можливість виконувати позацентрове фрезерування.
3. Інтелектуальні функції FANUC: компенсація інструменту; контроль навантаження; діагностика стану; макропрограмування.
4. Точність і стабільність: серводвигуни з високою роздільною здатністю; жорстка С-вісь з дисковим гальмом – забезпечує точність складних операцій.



Рисунок 5.1 – Багатоцільовий токарний верстат Goodway серії GS-2000

Таблиця 5.2 – Технічні характеристики системи керування верстатом

Характеристика	Опис
Кількість керованих осей	X, Z (базово); опційно Y, C, підшпиндель
Тип сервоприводів	АС серводвигуни FANUC
Роздільна здатність шпинделя	до 120 млн імпульсів/об
Точність позиціювання С-осі	до $\pm 0.02^\circ$
Інтерполяції	Лінійна, кругова, полярна
Програмування	ISO G-code (стандарт FANUC)
Інтерфейс	Панель оператора FANUC + дисплей
Пам'ять програм	Вбудована + можливість зовнішнього підключення
Функції автоматизації	програмований задній центр (tailstock) автоматична індексація револьвера (0.8 с) синхронізація головного та підшпинделя інтеграція з барфідером та роботизацією
Функції обробки	токарна обробка фрезерування (live tooling) свердління, нарізання різьби обробка з С-віссю (позиціювання деталі) 4-осьова обробка (з Y-віссю)

					КНУ.КБР.131.25.2-08.05.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм

У ході розроблення керуючої програми для обробки деталі «Вал шліцьовий» було здійснено послідовне моделювання повного технологічного процесу в середовищі FeatureCAM. З урахуванням технічних можливостей верстата Goodway GS-2000 та параметрів різального інструменту визначено раціональну структуру обробних операцій. Додатково виконано аналіз обраних технологічних рішень щодо їх правильності та ефективності.

На рисунках 5.2-5.7 представлено основні етапи симуляції процесу обробки деталі «Вал шліцьовий», а також результати моделювання, які підтверджують відповідність запропонованого технологічного процесу вимогам точності та продуктивності.

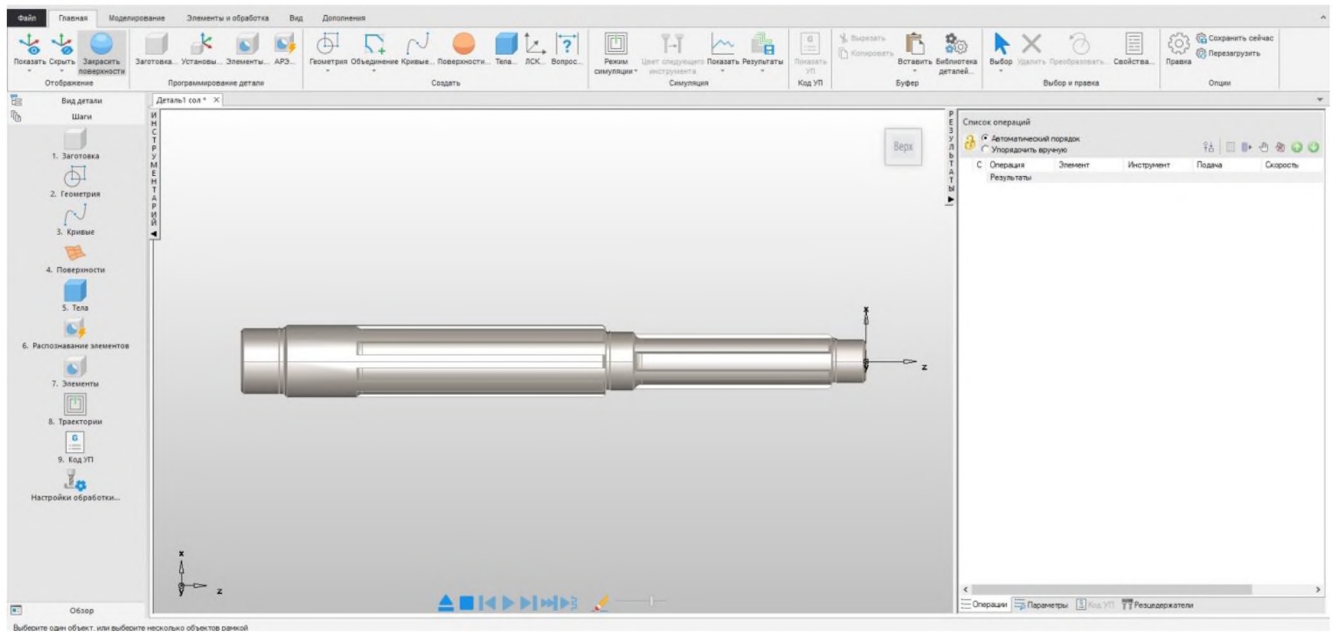


Рисунок 5.2 – Модель деталі «Вал шліцьовий» FeatureCAM

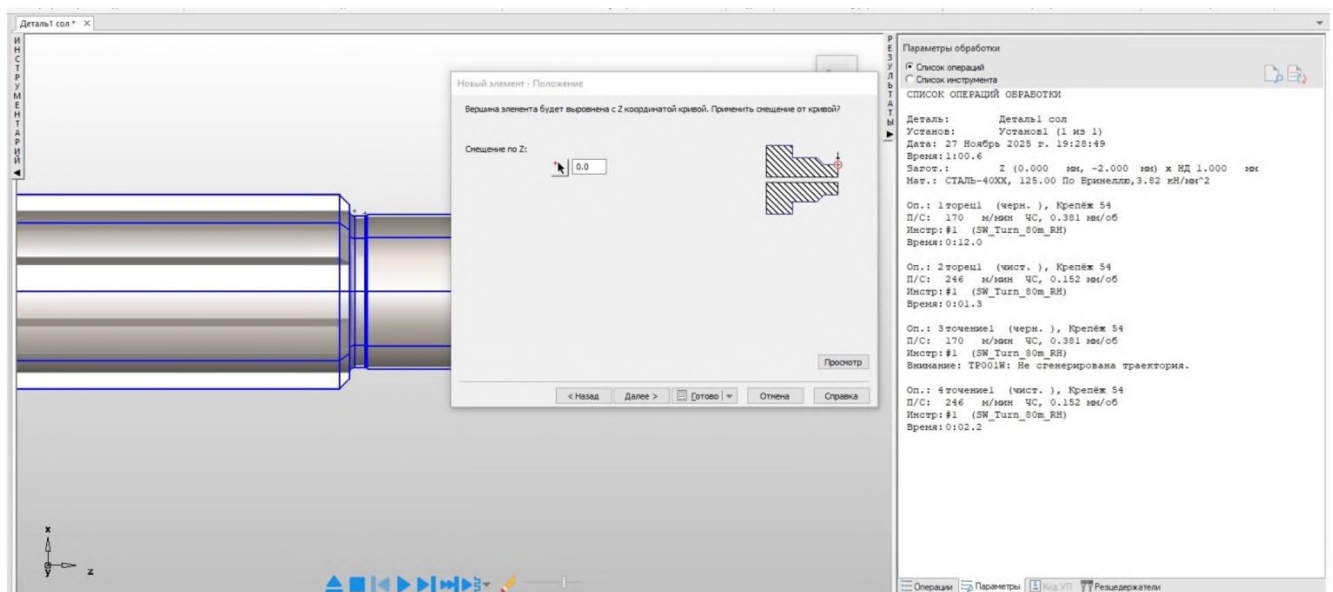


Рисунок 5.3 – Етап розпізнавання елементів деталі та список операцій обробки

									Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.25.2-08.05.МПМО				

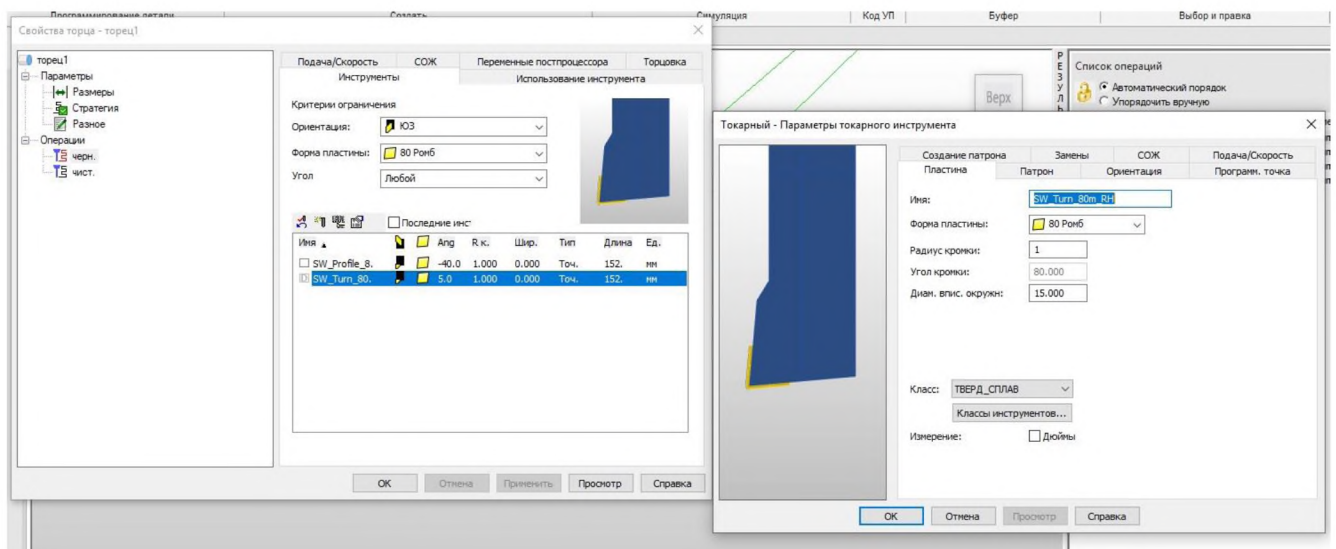


Рисунок 5.4 – Підбір різального інструменту для обробки деталі – різець

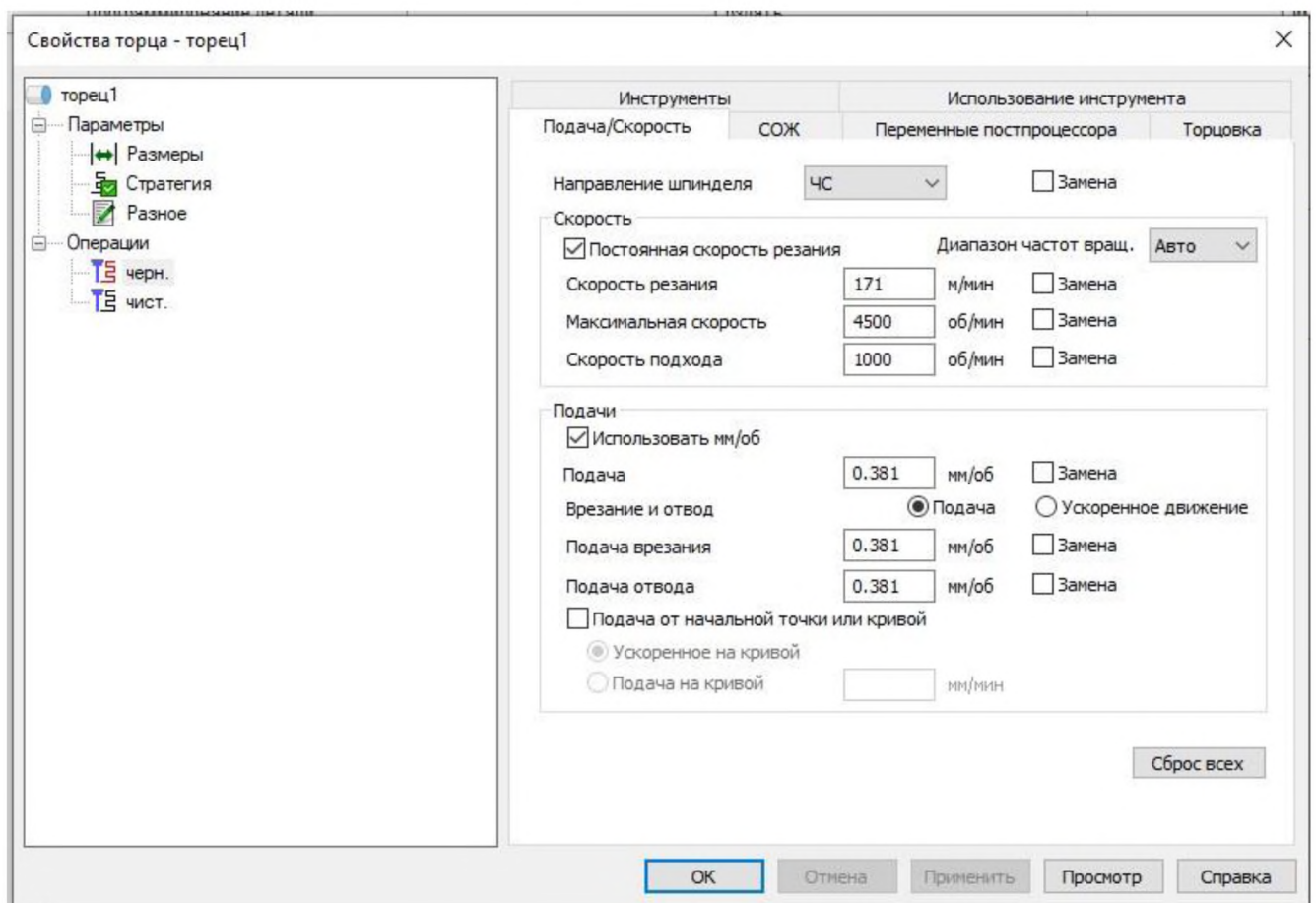


Рисунок 5.5 – Вікно режимів різання в FeatureCAM

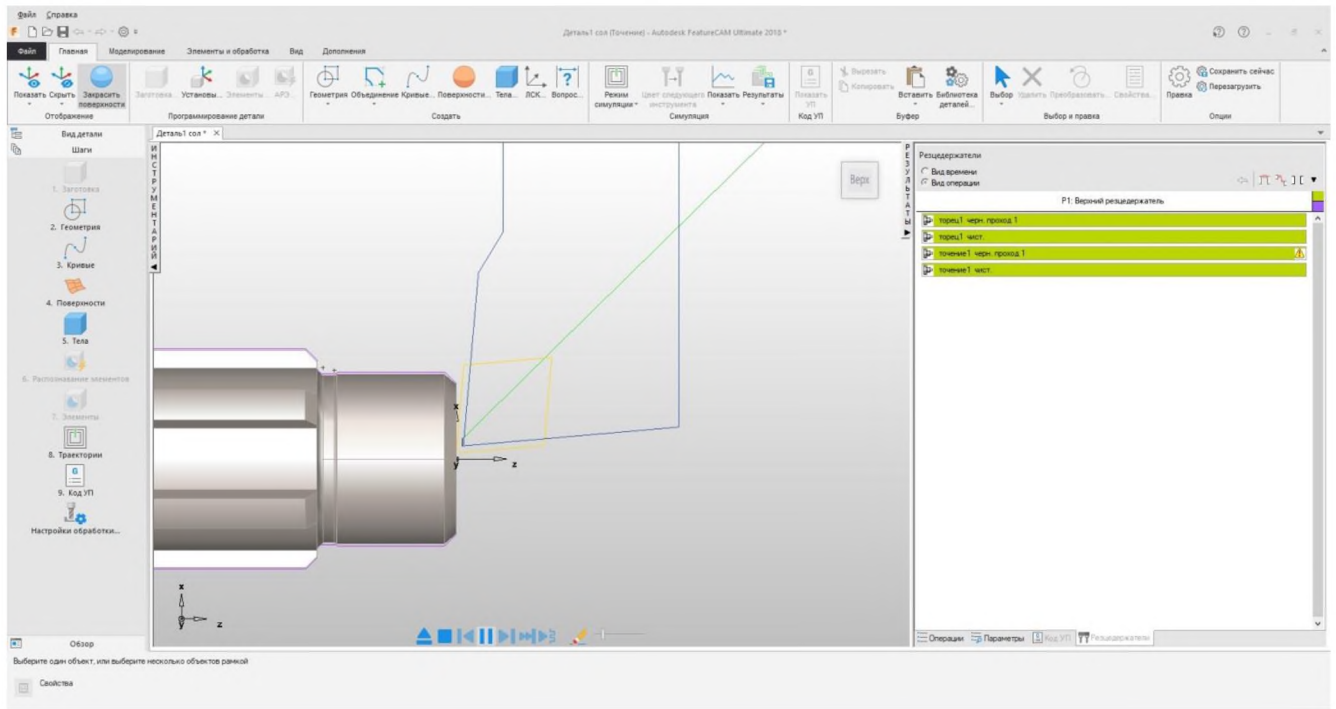


Рисунок 5.6 – Візуалізація обробки – підрізання торцю

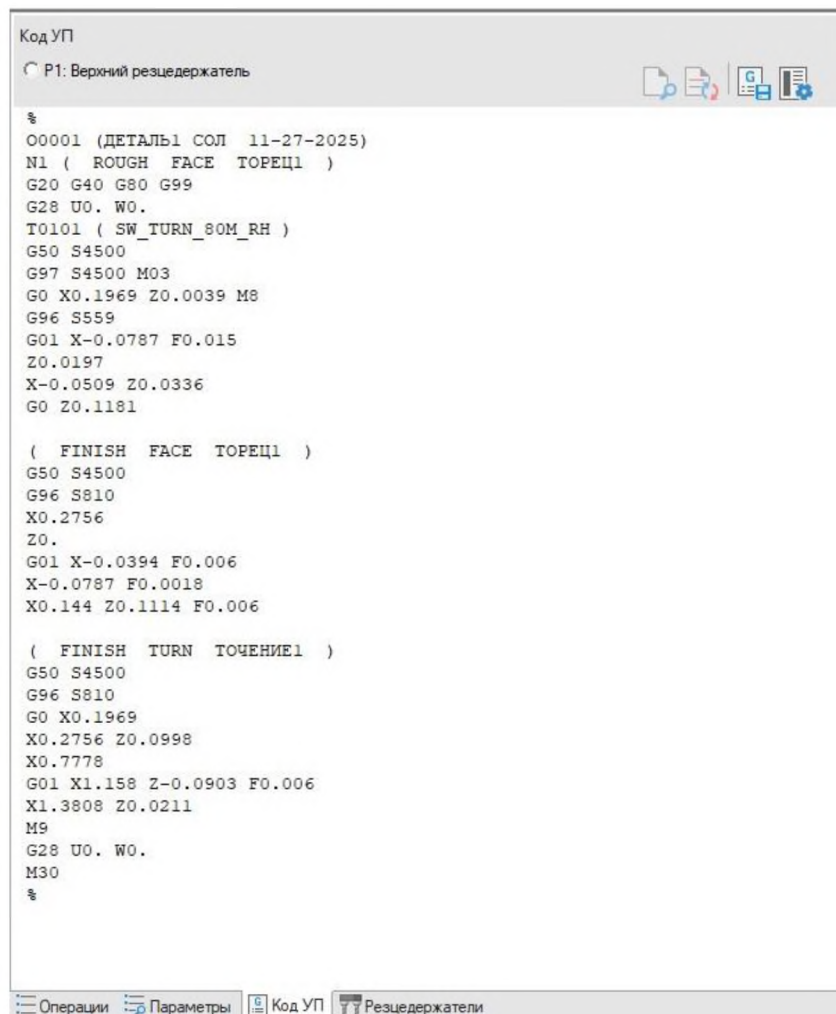


Рисунок 5.7 – Фрагмент згенерованої у FeatureCAM керуючої програми обробки

									Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.25.2-08.05.МПОМО				

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Проведено техніко-економічне обґрунтування та визначено собівартість виготовлення деталі «Вал шліцьовий» для двох альтернативних варіантів технологічного процесу механічної обробки. Виконано оцінку доцільності модернізації виробництва, що передбачає заміну фізично й морально зношеного обладнання – токарних верстатів мод. 16K20 – на сучасний обробний центр GOODWAY GS-2000.

Результати розрахунків, а також визначений строк окупності інвестиційного проєкту наведено в таблицях 6.1-6.4. Зокрема, табл. 6.1 містить вихідні дані для проведення економічного аналізу; у табл. 6.2 подано допоміжні розрахункові показники, використані в обчисленнях; табл. 6.3 відображає собівартість річного обсягу виробництва деталей і необхідні капітальні вкладення; у табл. 6.4 наведено загальні виробничі витрати, прогнозований річний економічний ефект та строк окупності запропонованого проєкту модернізації.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані розрахунків

Вихідні дані			
Дані	Базовий варіант		Новий варіант
	16K20	16K20	GOODWAY GS-2000
Деталь			
Річний обсяг випуску деталей N, шт.	1000		1000
Кількість запусків партій деталей в рік, шт.	20		20
Тривалість випуску деталей Z, рік	3		3
Штучний час обробки деталі $t_{шт}$, хв.	14	13	18
Час наладки верстата, хв.	16	16	22
Розряд: контролера верстатника наладчика наладчика інструменту	5		5
	4	4	2
	3	3	5
	4	4	4
Кількість кадрів програми, шт.			235
Вартість заготовки $S_{заг}$, грн.	257		257

					КНУ.КБР.131.26.2-08.06.0ЕПВ				
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата					
Розроб.		Рибан			Організаційно- економічна підготовка виробництва	Літ.	Арк.	Аркцшів	
Перевір.		Рязанцев							
Реценз.						Каф. ТМ, гр. ПМ-23ск			
Н. контр.		Нечаєв							
Зав. каф.		Рязанцев							

Продовження таблиці 6.1

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	45	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 K _{пк} , грн.			2091,5
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	6,875	7
Габарити верстата (довжина x ширина), м.	5,545 x 2,01	5,545 x 2,01	2,65x 2,1
Габарити пристрою ЧПК, м			0,5 x 0,5
Тип пристрою ЧПК			FANUC Oi-TF Plus
Строк служби верстата до капітального ремонту Т _{рц} , років	7	7	10
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	11	11	16
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:			
механічної частини R _м	18,6	18,6	26,86
електротехнічної частини R _е	13,4	13,4	18,8
Кількість верстатів, що обслуговує один робочий d, шт	1	1	2
Оптова ціна верстата Ц, грн.	295000	295000	2435000
Коефіцієнт завантаження верстата η _з	0,7	0,57	0,9
Площа верстата за габаритами А, м. кв.	9,0	9,0	5,5
Площа пристрою ЧПК А _у , м. кв.			0,25

					КНУ.КБР.131.26.2-08.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 6.1

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 Φ _{об} , год	4055	4055	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
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	16K20	GOODWAY GS-2000
Трудомісткість обробки Т _{шт} , год	650	400	1300
Час наладки верстата впродовж року Т _н , год	5,33333	500	7,333333333
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року Т _{н.ін} , год	0	0,00	20,00
Час контролю деталей впродовж року Т _к , год	53,95	33,2	107,9
Кількість верстатників Р _{ст} , чол. (розрах.)	0,35	0,22	0,35
(дійсна)	1	1	1
Кількість наладчиків верстатів Р _н , чол. (розрахункова)	0,0029	0,2688	0,0039
(дійсна)	1	1	1

					КНУ.КБР.131.26.2-08.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 6.2

Кількість наладчиків інструмента поза верстатом $P_{н.ин}$, чол. (розрахункова)	0	0,0000	0,01075
(дійсна)	0	0	1
Кількість контролерів P_k , чол. (розрах.)	0,03	0,02	0,06
(дійсна)	1		1
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК $P_{дод}$, чол (розрахункова)	0,00	0,00	0,18
(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	0,23	0,18	0,37

Таблиця 6.3 – Результати розрахунків

Собівартість механічної обробки річного випуску деталей											
$C = I_з + I_н + I_{ин} + I_{лк} + I_{лр} + I_{усп} + I_а + I_{пл} + I_{сл} + I_р + I_у + I_к$											
де $I_з$ – зарплатня верстатника; $I_н$ – зарплатня за наладку верстата; $I_{ин}$ – зарплатня налагоджувальника інструмента поза верстатом; $I_{лк}$ – витрати на підготовку та поновлення керуючої програми; $I_{лр}$ – витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань; $I_{усп}$ – витрати на прокат універсально-збірних $I_а$ – 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; $I_р$ – витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання; $I_у$ – витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК; $I_к$ – зарплатня контролера											
										C_1 на деталь = 427,34 C_2 на деталь = 245,78	
$I_з$	$I_н$	$I_{ин}$	$I_{лк}$	$I_{лр}$	$I_{усп}$	$I_а$	$I_{пл}$	$I_{сл}$	$I_р$	$I_у$	$I_к$
$C_1 = 225363 + ##### + 0,00 + 0,00 + 37333,3 + 0 + 6307,07 + 2505,47 + 35000 + 3538 + 0 + 10022,25 = 427343,80$											
$C_2 = 140449 + 1556,76 + 234,00 + 697,17 + 20533,3 + 0 + 2552,89 + 3024,00 + 35000 + 5604 + 719,84 + 12408,50 = 245779,66$											
Капітальні вкладення споживача											
$K = K_б + K_{зд} + K_{сл} + K_{нез} + K_{лр} + K_{п.у.}$											
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.; $K_{лр}$ – вартість комплекту спеціальних пристосувань, які використовуються на верстатах при обробці деталей, грн.; $K_{п.у.}$ – витрати на створення керуючої програми (КП), грн.											
$K_б$	$K_{зд}$	$K_{сл}$	$K_{нез}$	$K_{лр}$	$K_{п.у.}$						
$K_1 = 133328 + 6960 + 35000 + 29008 + 100000 + 0 = 304296$											
$K_2 = 482130 + 1811 + 28000 + 20514 + 55000 + 2091,5 = 589546,80$											

					КНУ.КБР.131.26.2-08.06.0ЕПВ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

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

Приведені витрати				
Z_1	=	C_1	+	$E_n \cdot K_1$
472988		427344		0,15 · 304296
Z_2	=	C_2	+	$E_n \cdot K_2$
334212		245780		0,15 · 589547

Річний економічний ефект			
E	=	Z_1	- Z_2
138777		472988	- 334212

Строк окупності				
$T_{ок}$	=	$(K_2 - K_1)$	/	$(C_1 - C_2)$
1,57		589547 - 304296		427344 - 245779,7

За результатами виконаних розрахунків встановлено, що заміна чотирьох застарілих одиниць обладнання на сучасний верстат з числовим програмним керуванням забезпечує істотне скорочення тривалості обробки деталей. Запропоноване рішення щодо модернізації є економічно обґрунтованим, оскільки період окупності інвестицій становить 1,57 року, а очікуваний річний економічний ефект досягає 138777 грн.

6.2 Екологія виробництва та охорона праці при фрезерних операціях

Фрезерні операції належать до групи високоточних методів механічної обробки, які забезпечують формування складних поверхонь із заданими геометричними параметрами. Водночас ці процеси супроводжуються значним техногенним навантаженням на навколишнє середовище та створюють комплекс небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Тому сучасне виробництво передбачає інтеграцію екологічних принципів і систем управління охороною праці на всіх етапах технологічного процесу.

6.2.1 Екологічні аспекти фрезерного виробництва

Одним із основних джерел впливу на довкілля є тверді відходи, що утворюються у вигляді стружки. Залежно від типу матеріалу (сталь, алюміній, чавун, сплави) ці відходи мають різний ступінь екологічної небезпеки. Стружка кольорових металів часто підлягає повторному використанню, тоді як відходи легированих сталей можуть містити шкідливі домішки. Відповідно до Закону України «Про відходи», підприємства повинні впроваджувати системи сортування, тимчасового зберігання та передачі відходів ліцензованим операторам.

					КНУ.КБР.131.26.2-08.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Окрему категорію становлять небезпечні відходи – відпрацьовані мастильно-охолоджувальні рідини (МОР). Вони містять емульсії, мінеральні масла, антикорозійні добавки та біоциди. При тривалому використанні МОР зазнають деградації, накопичують металеві частинки та мікроорганізми, що значно підвищує їх токсичність. Їх утилізація повинна здійснюватися відповідно до екологічних норм та міжнародних стандартів, зокрема принципів, закладених у системі ISO (наприклад, ISO 14001 щодо екологічного менеджменту).

Атмосферні викиди при фрезеруванні включають пил, аерозолі МОР та газоподібні продукти термічного руйнування матеріалів. Особливо небезпечними є дрібнодисперсні частинки (PM2.5 і PM10), які можуть проникати в дихальні шляхи працівників. Відповідно до Закон України «Про охорону атмосферного повітря», підприємства зобов'язані здійснювати контроль викидів і застосовувати ефективні системи аспірації та фільтрації.

Стічні води, що утворюються при обслуговуванні обладнання, можуть містити нафтопродукти та важкі метали (наприклад, нікель, хром). Відповідно до Водний кодекс України, перед скиданням такі води повинні проходити багатоступеневе очищення: механічне, фізико-хімічне та біологічне.

6.2.2 Технологічні методи зниження екологічного впливу

Сучасні тенденції передбачають перехід до більш екологічно чистих технологій. Зокрема, використання мінімального змащування (MQL – Minimum Quantity Lubrication) дозволяє значно зменшити витрати МОР і відповідно обсяг небезпечних відходів. Також застосовуються сухі методи обробки, які повністю виключають використання рідин.

Важливим напрямом є впровадження замкнених циклів використання ресурсів: очищення та повторне використання МОР, регенерація масел, брикетування стружки для зручності транспортування та переробки. Це відповідає концепції сталого розвитку та циркулярної економіки.

6.2.3 Охорона праці при фрезерних роботах

Фрезерні роботи характеризуються підвищеною травмонебезпекою. Основні небезпечні фактори включають:

- механічні (обертові частини, стружка);
- фізичні (шум, вібрація, температура);
- хімічні (аерозолі МОР);
- психофізіологічні (монотонність, напруження уваги).

Згідно з Закон України «Про охорону праці», роботодавець зобов'язаний забезпечити безпечні умови праці шляхом впровадження технічних і організаційних заходів.

Фрезерні верстати повинні бути обладнані:

- захисними екранами та кожухами;
- системами блокування при відкритті огорожень;
- аварійними кнопками зупинки;
- системами автоматичного вимкнення при перевантаженні.

					КНУ.КБР.131.26.2-08.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також важливим є регулярне технічне обслуговування обладнання та перевірка його справності.

Працівники повинні проходити навчання, інструктажі та перевірку знань з охорони праці відповідно до вимог Держпраці України. Не допускається робота без відповідної кваліфікації або у стані втоми чи хвороби.

Робочі місця повинні відповідати санітарним нормам щодо освітлення, вентиляції, температури та вологості. Особливу увагу слід приділяти локальній витяжній вентиляції, яка видаляє шкідливі аерозолі безпосередньо з зони різання.

Шумове навантаження при фрезеруванні часто перевищує 85 дБ, що є гранично допустимим рівнем. Для його зниження застосовуються шумоізоляційні матеріали, а також засоби індивідуального захисту слуху.

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ). Працівники повинні бути забезпечені:

- захисними окулярами або щитками;
- рукавицями;
- спецодягом;
- респіраторами (при роботі з пилом і аерозолями);
- засобами захисту слуху.

Пожежна та техногенна безпека. Фрезерні дільниці можуть бути джерелом пожежної небезпеки через наявність горючих матеріалів. Вимоги регламентуються Кодекс цивільного захисту України. Необхідно забезпечити:

- наявність вогнегасників;
- систем пожежної сигналізації;
- регулярні інструктажі з пожежної безпеки;
- контроль за накопиченням пилу та відходів.

Ергономічні та психофізіологічні аспекти. Організація робочого місця повинна враховувати ергономічні вимоги: зручне розташування органів керування, оптимальну висоту робочої поверхні, достатнє освітлення. Це знижує втому працівника та ризик помилок.

Психофізіологічні фактори включають монотонність роботи та високу концентрацію уваги. Для їх мінімізації необхідно впроваджувати раціональні режими праці та відпочинку.

Висновки

Таким чином, екологічна безпека та охорона праці при фрезерних операціях є комплексною задачею, що включає технічні, організаційні та природоохоронні заходи. Дотримання вимог законодавства, впровадження сучасних технологій та систем управління дозволяє зменшити негативний вплив на довкілля, підвищити ефективність виробництва та забезпечити безпечні умови праці.

					КНУ.КБР.131.26.2-08.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У результаті виконання бакалаврської випускної роботи на тему «Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва деталі «Вал шліцьовий» коробки подач горизонтально-фрезерного верстата 676 з використанням CAD/CAM систем» було вирішено комплекс інженерно-технологічних задач, спрямованих на підвищення ефективності виготовлення деталі та забезпечення її експлуатаційних характеристик.

У першому розділі проведено аналіз вихідних даних та визначено функціональне призначення об'єкта виробництва. Встановлено, що вал шліцьовий є відповідальним елементом коробки подач, який забезпечує передачу крутного моменту та точність роботи верстата. Також розроблено раціональний технологічний процес розбирання та складання вузла, що дозволяє знизити трудомісткість обслуговування.

У другому розділі досліджено службове призначення деталі та виконано аналіз якості її поверхонь. Визначено вимоги до точності, шорсткості та взаємного розташування поверхонь. Обґрунтовано типовий технологічний процес виготовлення, що відповідає умовам серійного виробництва та забезпечує необхідну якість.

У третьому розділі здійснено вибір заготовки з урахуванням техніко-економічних показників. Обґрунтовано доцільність використання штампованого кування, що дозволяє зменшити припуски на обробку та підвищити міцність деталі. Вибрано технологічні бази та розроблено маршрут обробки, який включає токарні та фрезерні операції, що забезпечують досягнення заданої точності.

У четвертому розділі виконано розрахунок і перевірку механічних властивостей деталі із застосуванням сучасних засобів моделювання. Результати підтвердили достатній запас міцності. Також спроєктовано контрольне пристосування для перевірки радіального биття, що підвищує точність контролю.

П'ятий розділ присвячено моделюванню та програмуванню обробки деталі з використанням CAD/CAM систем. Розроблено керуючі програми для токарної обробки, що дозволяє автоматизувати виробничий процес та зменшити ймовірність помилок.

У шостому розділі визначено основні техніко-економічні показники. Розрахунки підтвердили економічну доцільність запропонованих рішень, зокрема короткий строк окупності та значний економічний ефект. Розглянуто питання екології та охорони праці, що забезпечує безпечні умови виробництва.

Отже, поставлена мета роботи досягнута, а запропоновані технічні рішення можуть бути рекомендовані до впровадження у виробництво.

					КНУ.КБР.131.26.2-08.В				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Висновки	Літ.	Арк.	Аркциф	
Розроб.	Рцдан								
Перевір.	Рязанцев								
Реценз.									
Н. контр.	Нечаєв								
Зав. каф.	Рязанцев								
						Каф. ТМ, гр. ПМ-23ск			

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної випускної роботи бакалавра для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми Прикладна механіка усіх форм навчання. Укладачі: Кіяновський М.В., Нечаєв В.П., Пікільняк А.В., Цивінда Н.І., Бондар О.В., Рязанцев А.О., Кравцова Д.Ю. 2022. Кривий Ріг, КНУ.
2. Технологія машинобудування Горбатюк Е.О. Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-360 с.
3. ДСТУ 3.1001:2014 Єдина система технологічної документації. Загальні положення.
4. ДСТУ 2391-94 Система технологічної документації. Терміни та визначення
5. ДСТУ 3.1127:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання текстових технологічних документів.
6. ДСТУ 3.1128:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання графічних технологічних документів.
7. Каталог інструментів фірми SUMITOMO: «Токарна обробка», 2015р.
8. Каталог допоміжного інструменту фірми EROGLU.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. ДСТУ 3321-96 Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять.

					<i>КНУ.КБР.131.26.2-08.СВД</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Список використаних джерел</i>		
Розроб.	Рцбан						
Перевір.	Рязанцев						
Реценз.							
Н. Контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-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

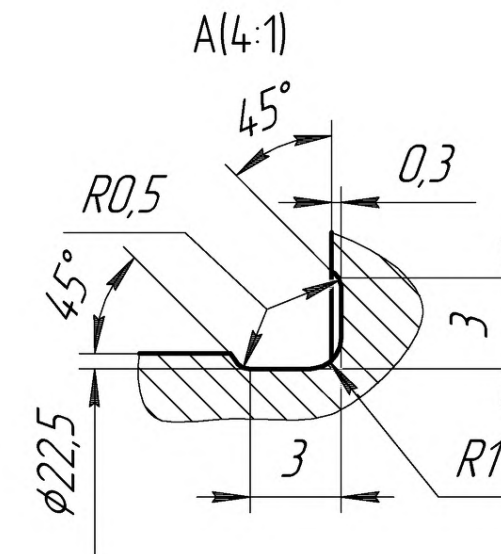
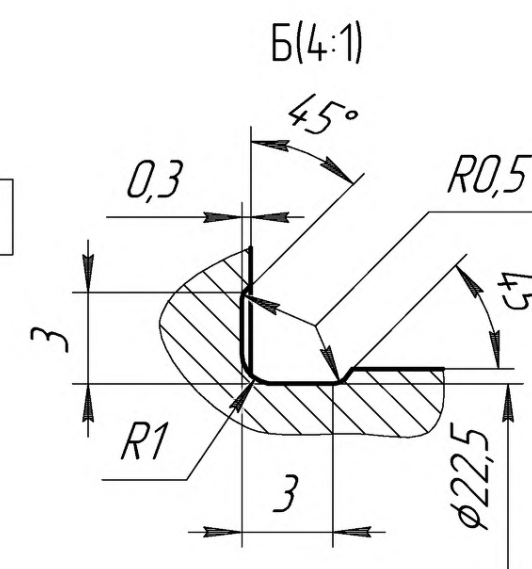
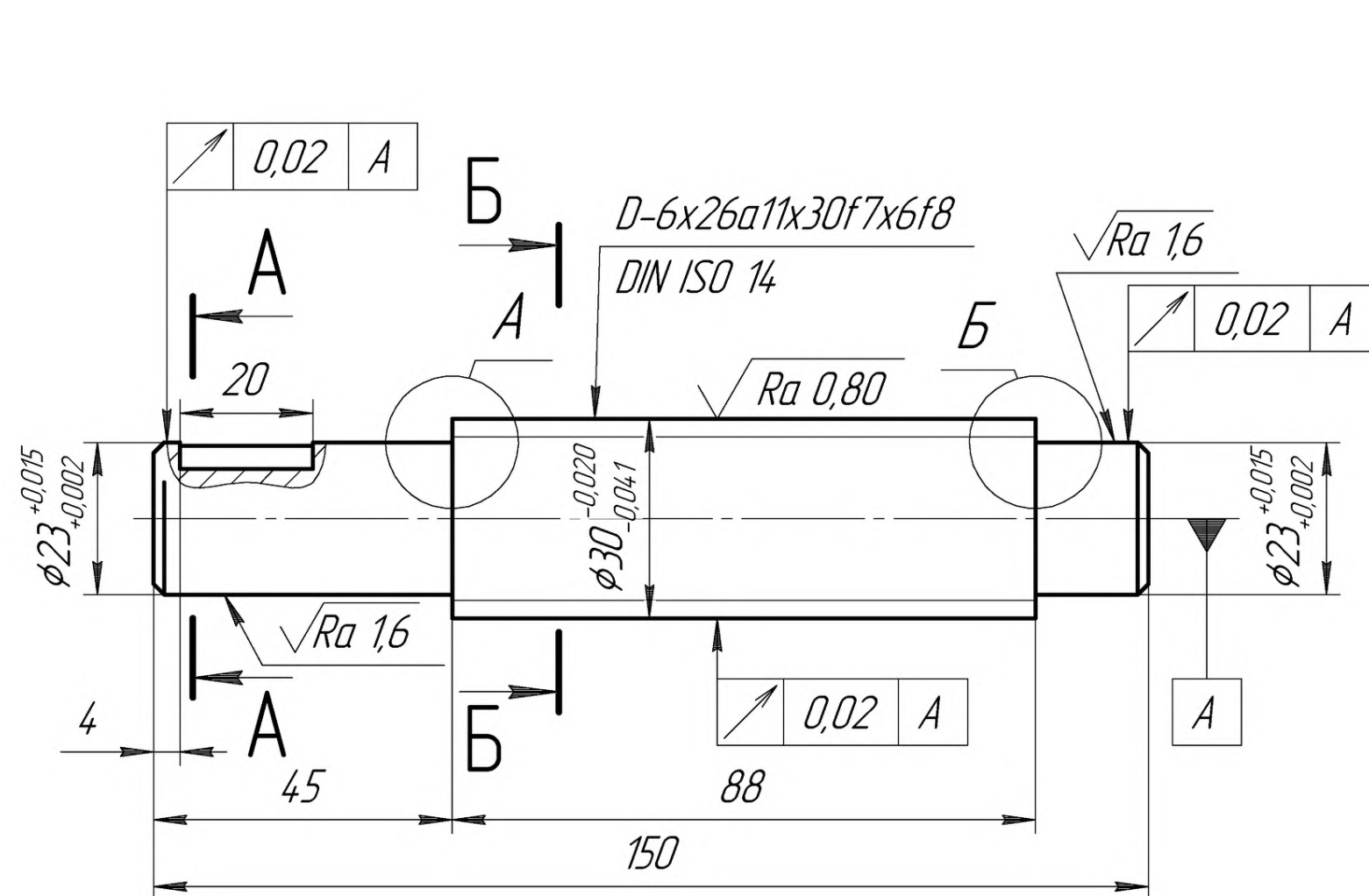
зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва
деталі «Вал шліцьовий» коробки подач горизонтально-фрезерного
верстата 676 з використанням CAD/CAM-систем

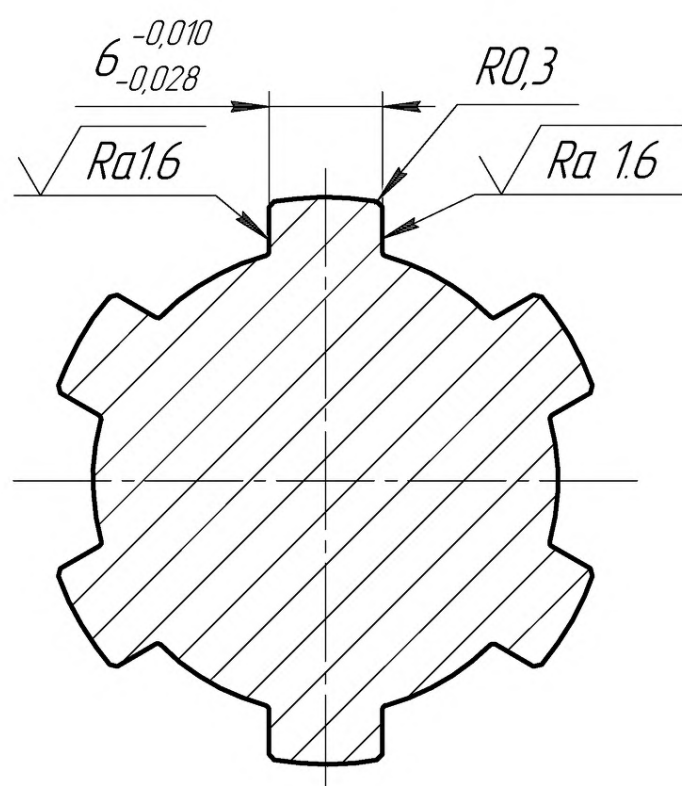
Виконав здобувач гр. ПМ-23ск	_____	Дмитро РУБАН
	(підпис)	
Керівник КБР	_____	Антон РЯЗАНЦЕВ
	(підпис)	
Нормоконтроль	_____	Василь НЕЧАЄВ
	(підпис)	
Завідувач кафедри	_____	Антон РЯЗАНЦЕВ
	(підпис)	

Кривий Ріг
2026 р.

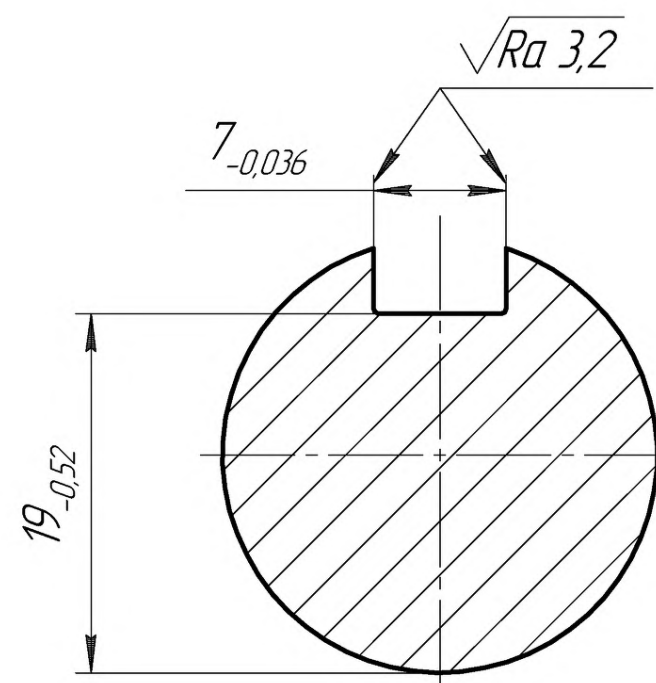
Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №	A1		1	КНУ.КБР.131.26.2-08.ВКПВ	Вали коробки подачи верстата	1		
					мод. 676 (складальне креслення)			
	A3		2	КНУ.КБР.131.26.2-08.ВШ	Вал шлицевой	1		
	A2		3	КНУ.КБР.131.26.2-08.ЕО	Ескизы операций	1		
	A3		4	КНУ.КБР.131.26.2-08.ВІН	Верстатно-инструментальне	1		
					налагодження			
	A3		5	КНУ.КБР.131.26.2-08.КП	Контрольный пристрій	1		
	A3		6	КНУ.КБР.131.26.2-08.ІАСРІ	Інженерний аналіз деталі	1		
	A3		7	КНУ.КБР.131.26.2-08.МПМО	Моделювання процесу	1		
					механічної обробки			
Подп. и дата								
Взам. инв. №								
Инв. № дубл.								
Подп. и дата								
Инв. № подл.								
				КНУ.КБР.131.26.2-08.ВКІЗА				
Изм. Лист		№ докум.		Подп.	Дата			
Разраб. Рудан								
Пров. Рязанцев								
Н.контр. Нечаев								
Утв. Рязанцев								
Відомість креслень та інформаційно-засвідчуючих аркушів КБР						Лит. Н	Лист	Листов 1
						Кафедра ТМ гр. ПМ-23ск		
Копировал						Формат А4		



Г-Г (2,5:1)



В-В (2,5:1)



1. Невказані граничні відхилення розмірів H14, h14, IT14/2.

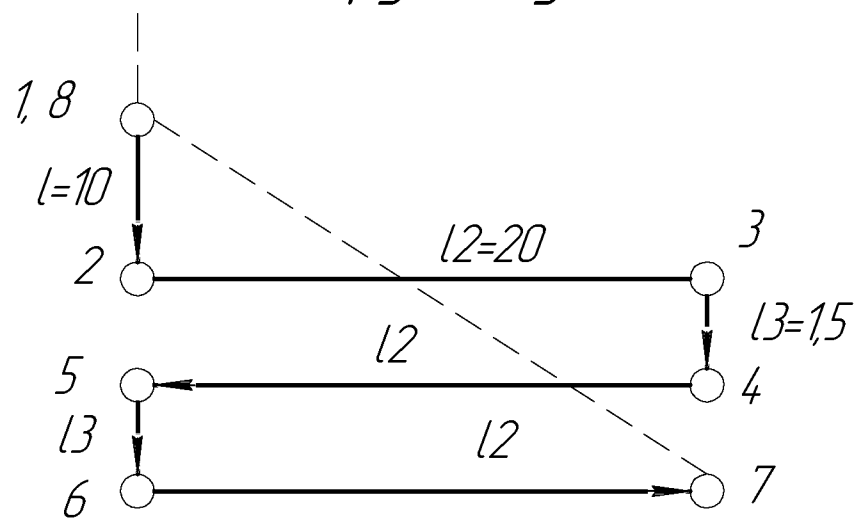
					КНУ.КБР.131.26.2-08.ВШ				
					Вал шліцьовий	Літ.	Маса	Масштаб	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		Н	2,64	1:1	
Розробив	Рибан					Аркцш	Аркцшів	1	
Керівник	Рязанцев								
Н.контр.	Нечаєв				Сталь 45 ДСТУ 7809:2015		Кафедра ТМ гр. ПМ-23ск		
Затв.	Рязанцев								

						КНУ.КБР.131.26.2-08.ЕО		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Ескізи операцій	Літ	Маса	Масштаб
Розробив	Рудан					Н		1:5
Керівник	Рязанцев					Лист	Листів 1	
Н.контр.	Нечаєв					Кафедра ТМ гр. ПМ-23ск		
Затв.	Рязанцев							

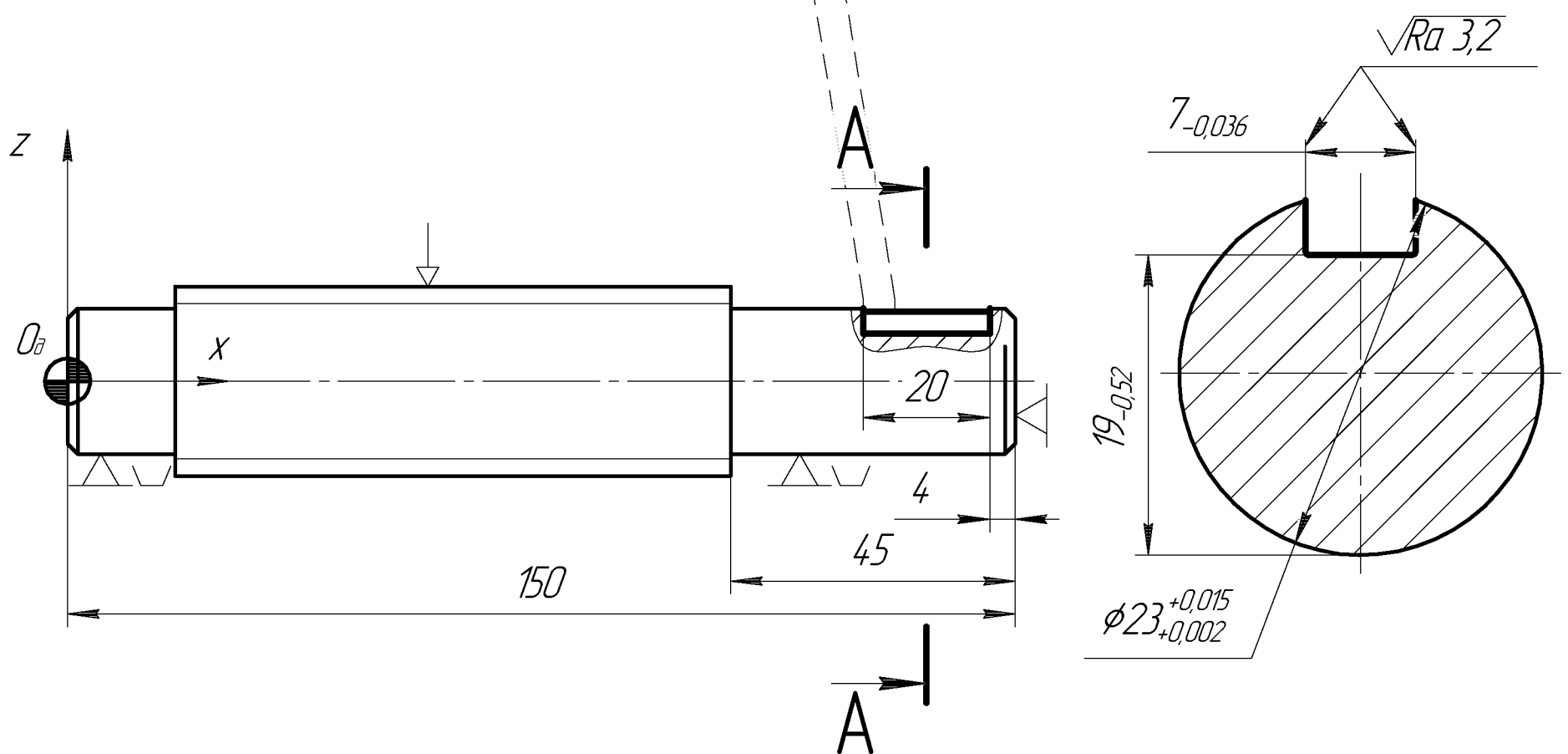
Патрон 6151-0033
ДСТУ 21054:20155

Фреза 2223-0296 P6M5
ДСТУ 17026:2013

Траєкторія руху
інструменту Т01

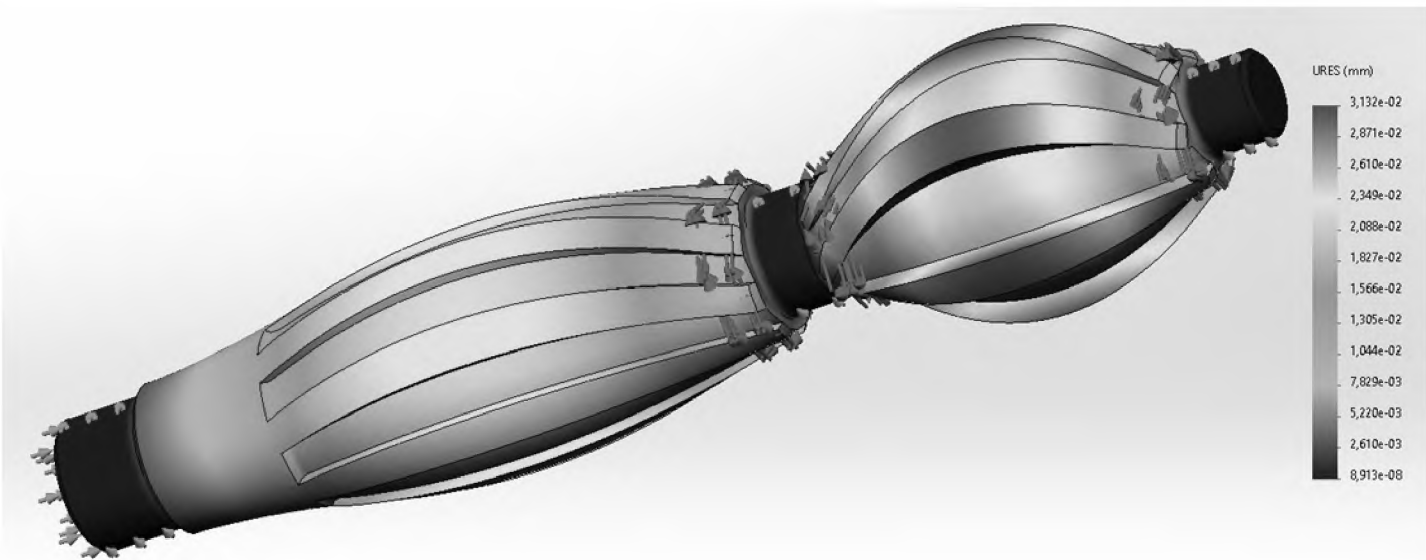


A-A (2,5:1)

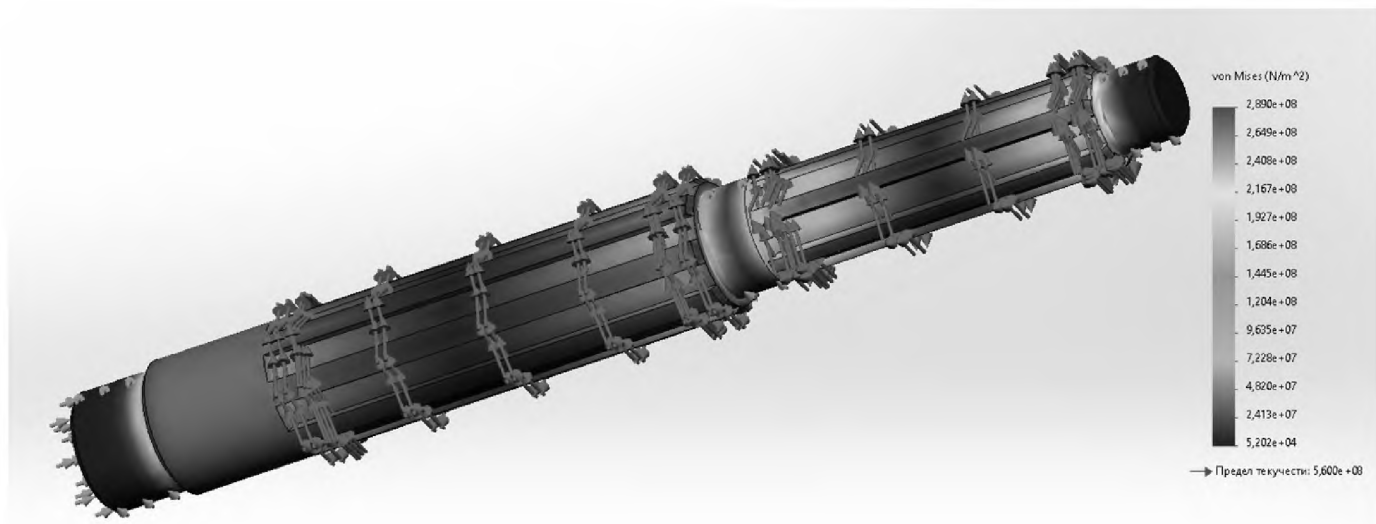


					КНУ.КБР.131.26.2-08.ВІН				
					Верстатно-інструментальне налагодження	Літ.	Маса	Масштаб	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		Н		1:1	
Розробив	Рудан					Аркцш		Аркцшів 1	
Керівник	Рязанцев					Кафедра ТМ			
						гр. ПМ-23ск			
Н.контр.	Нечасєв								
Затв.	Рязанцев								

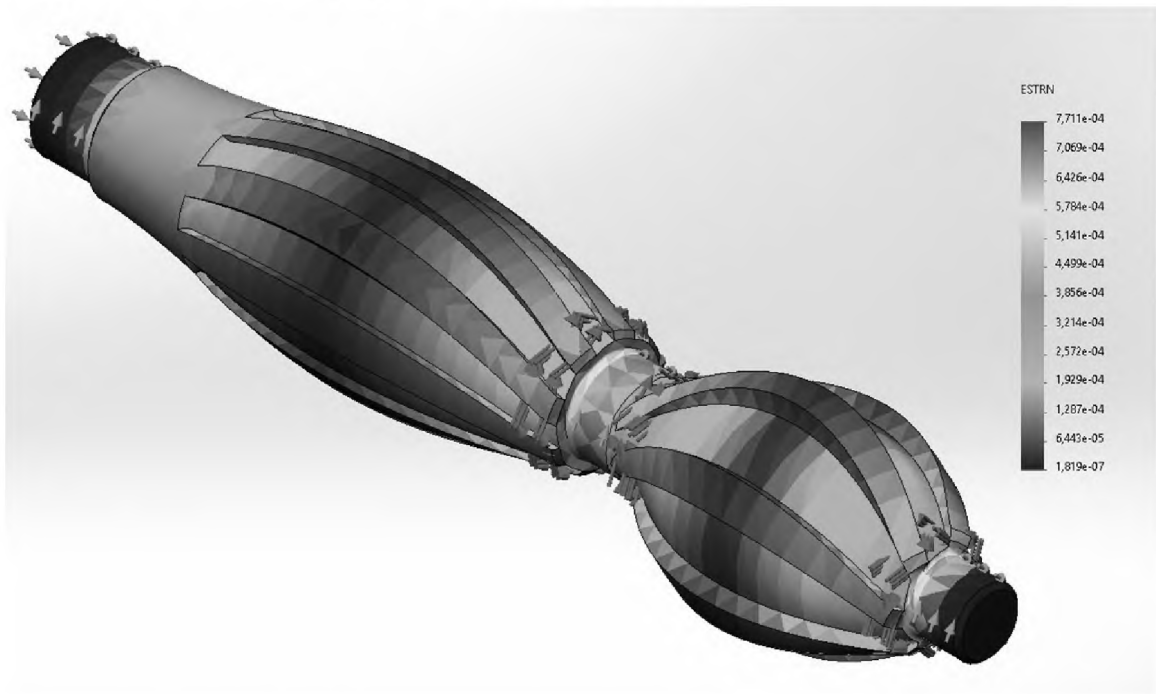
Симуляція «Переміщення» в SolidWorks Simulation



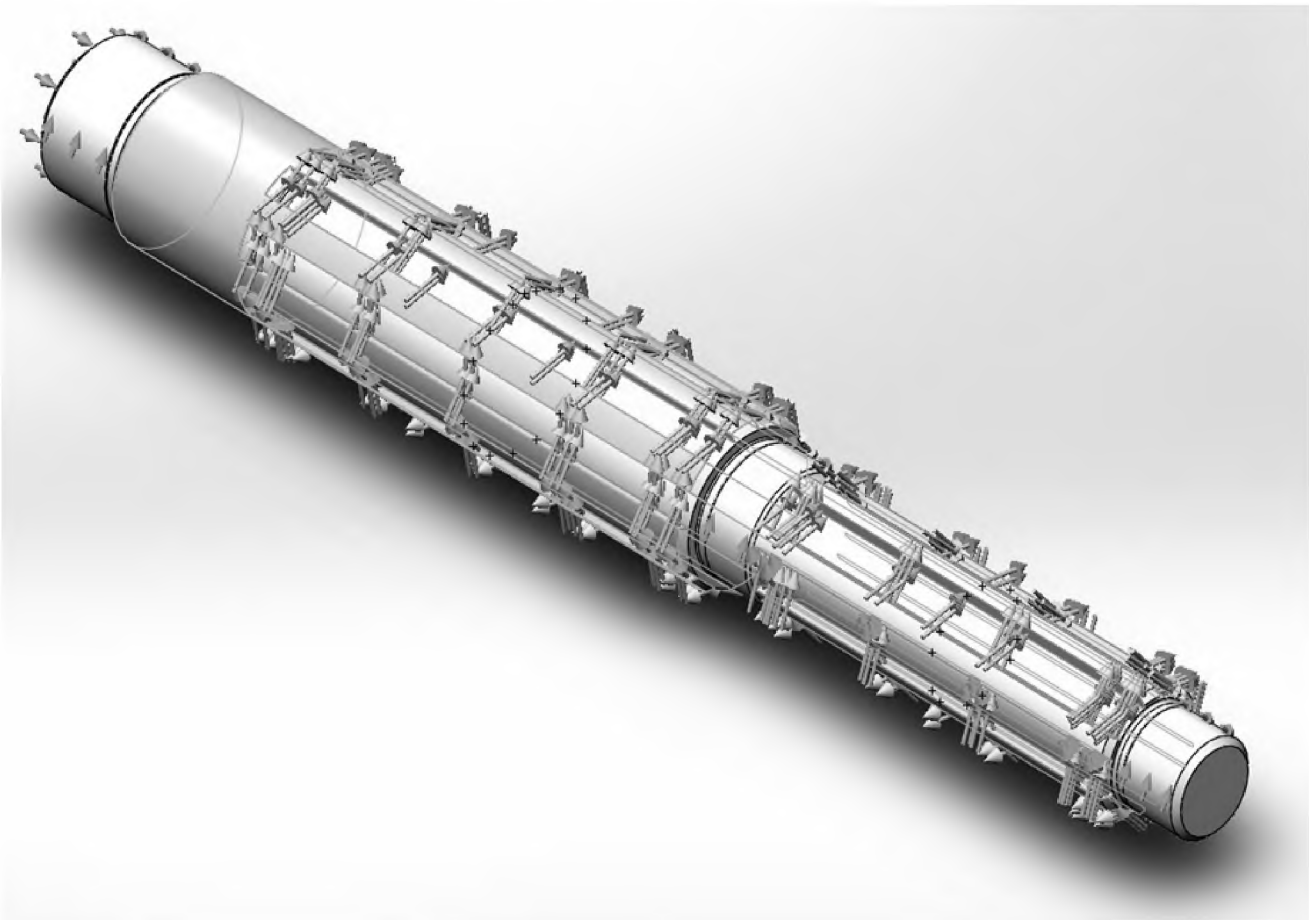
Симуляція «Напруження» в SolidWorks Simulation



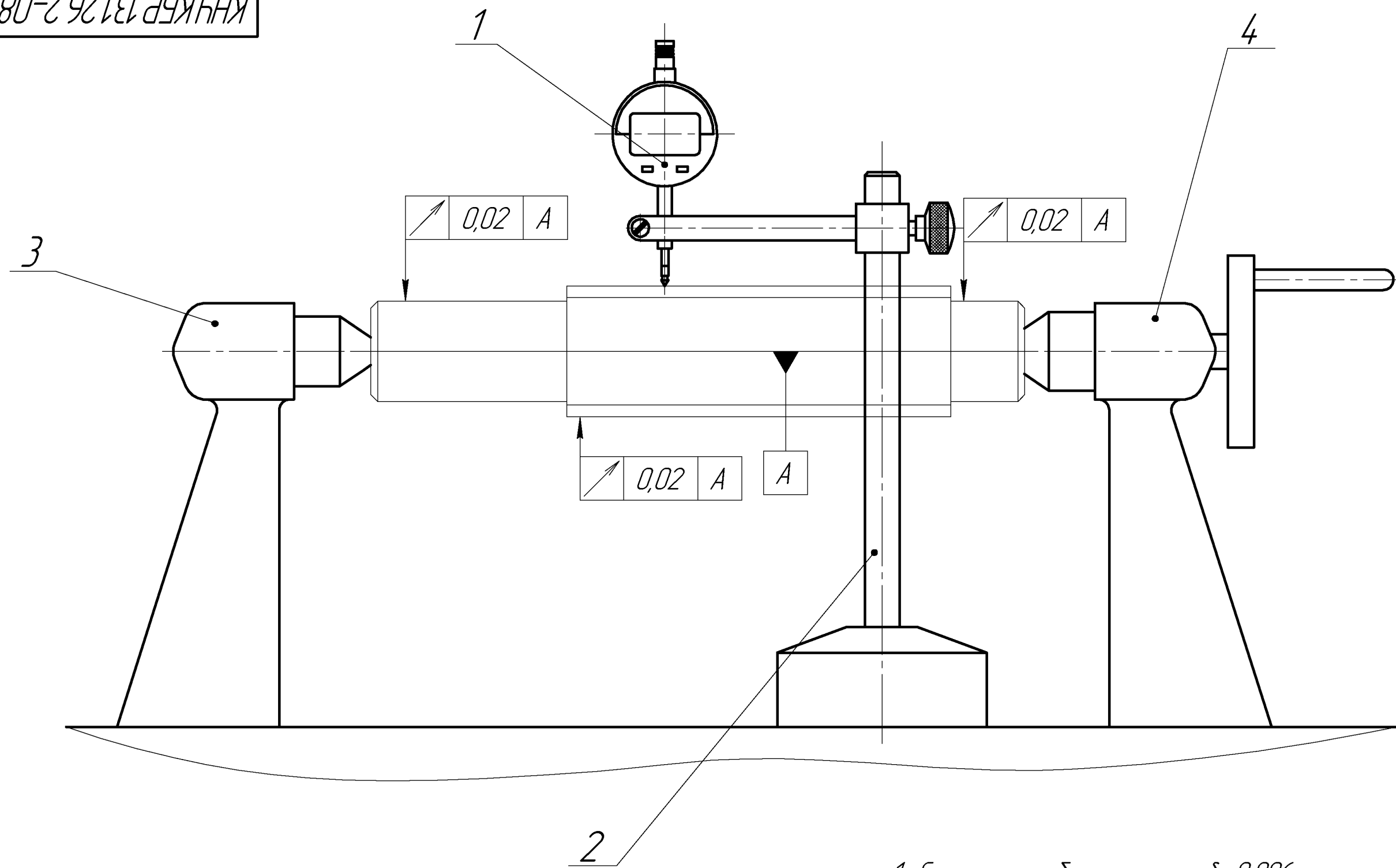
Симуляція «Деформація» в SolidWorks Simulation



Фіксація деталі



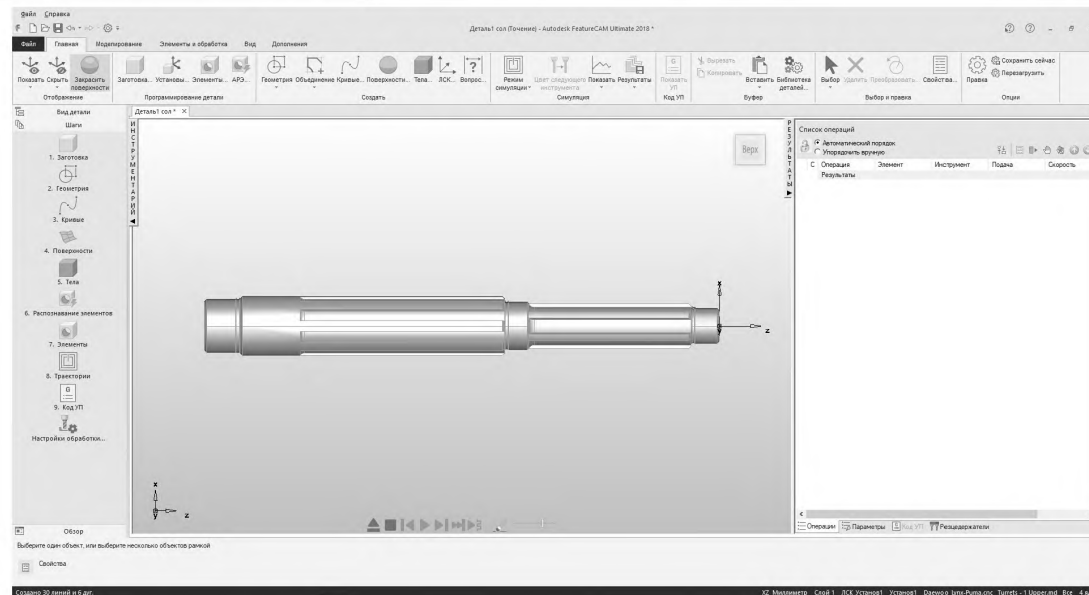
					КНУ.КБР.131.26.2-08.ІАД				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Інженерний аналіз деталі	Літ.	Маса	Масштаб	
						Н			
						Лист		Листів	1
						Кафедра ТМ гр. ПМ-23ск			
Розробив	Рудан								
Керівник	Рязанцев								
Н.контр.	Нечаєв								
Затв.	Рязанцев								



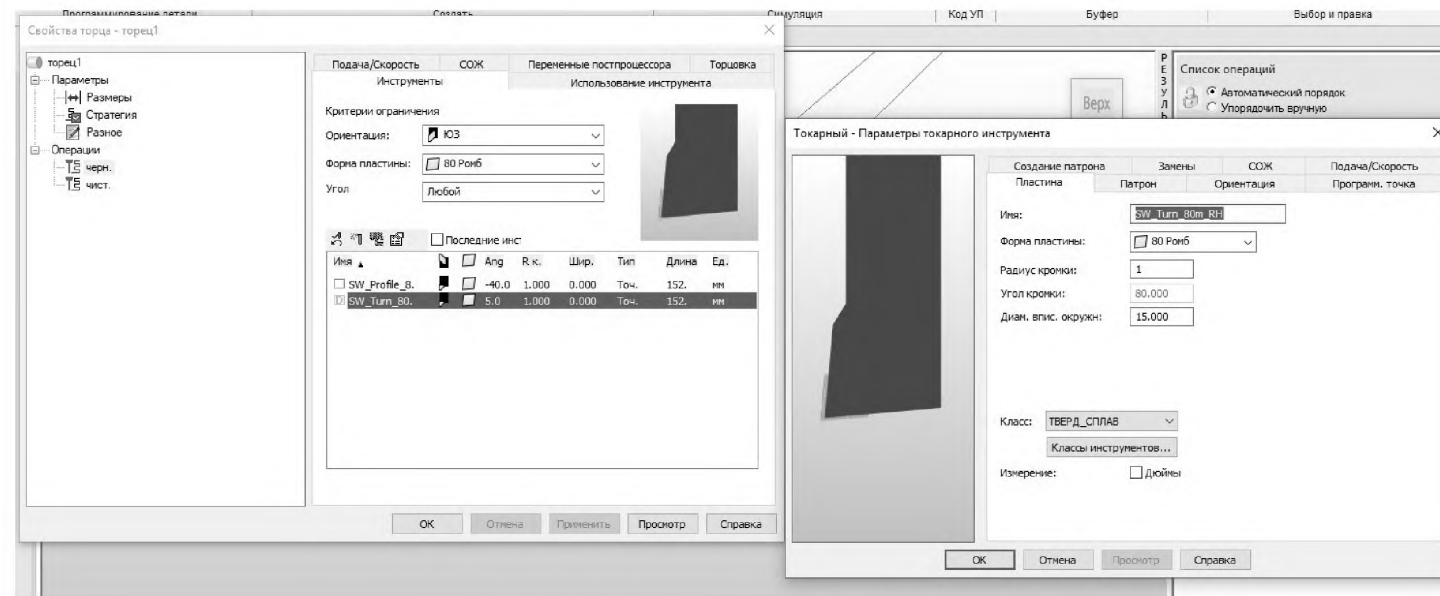
1. Сумарна похибка пристрою $\delta_z=0,006$ мм.
2. Похибка індикатору 0,001 мм.

					КНУ.КБР.131.26.2-08.КП				
					Контрольний пристрій	Літ.	Маса	Масштаб	
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Н		1:2,5	
Розробив	Рудан								
Керівник	Рязанцев					Лист	Листів	1	
						Кафедра ТМ гр. ПМ-23ск			
Н.контр.	Нечаєв								
Затв.	Рязанцев								

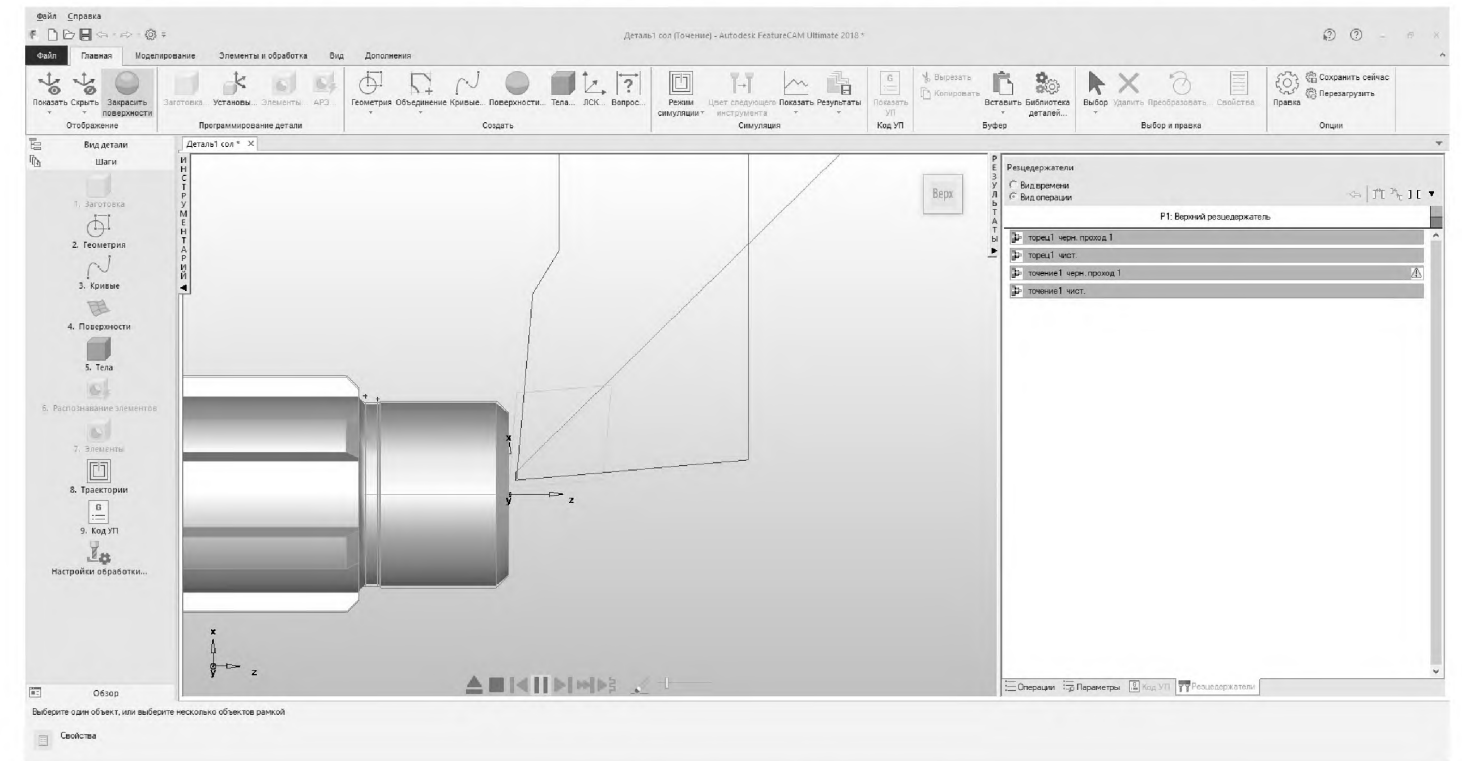
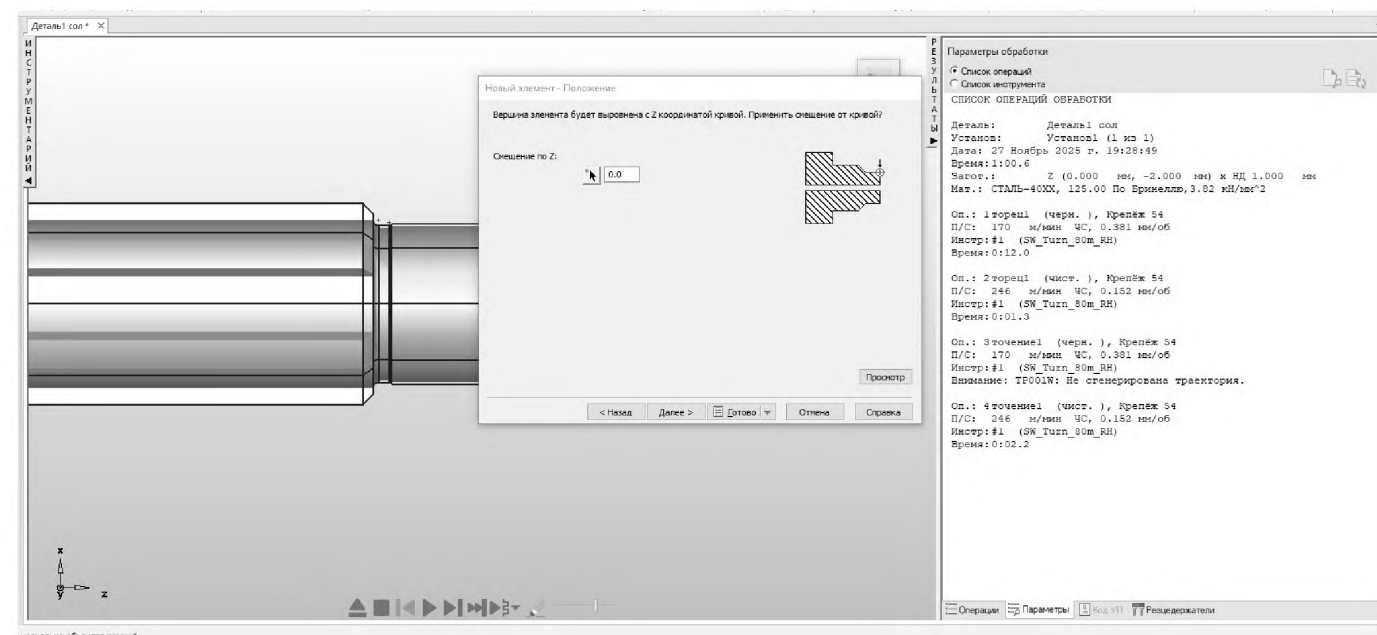
Перв. примен.	Справ. №	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						Документация		
		A3			КНУ.КМР.131.26.2-08.КП	Контрольне пристосування		
						Сборочные единицы		
				1		Індикатор	1	
				2		Індикаторна стійка	1	
				3		Центра	1	
		2		Центра з маховиком	1			
Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	КНУ.КБР.131.26.2-08.КП				
				Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Разраб.	Рудан			Контрольне пристосування	Лит.	Лист	Листов
	Пров.	Рязанцев				Н		1
	Н.контр.	Нечаєв				Кафедра ТМ гр. ПМ-23ск		
	Утв.	Рязанцев						



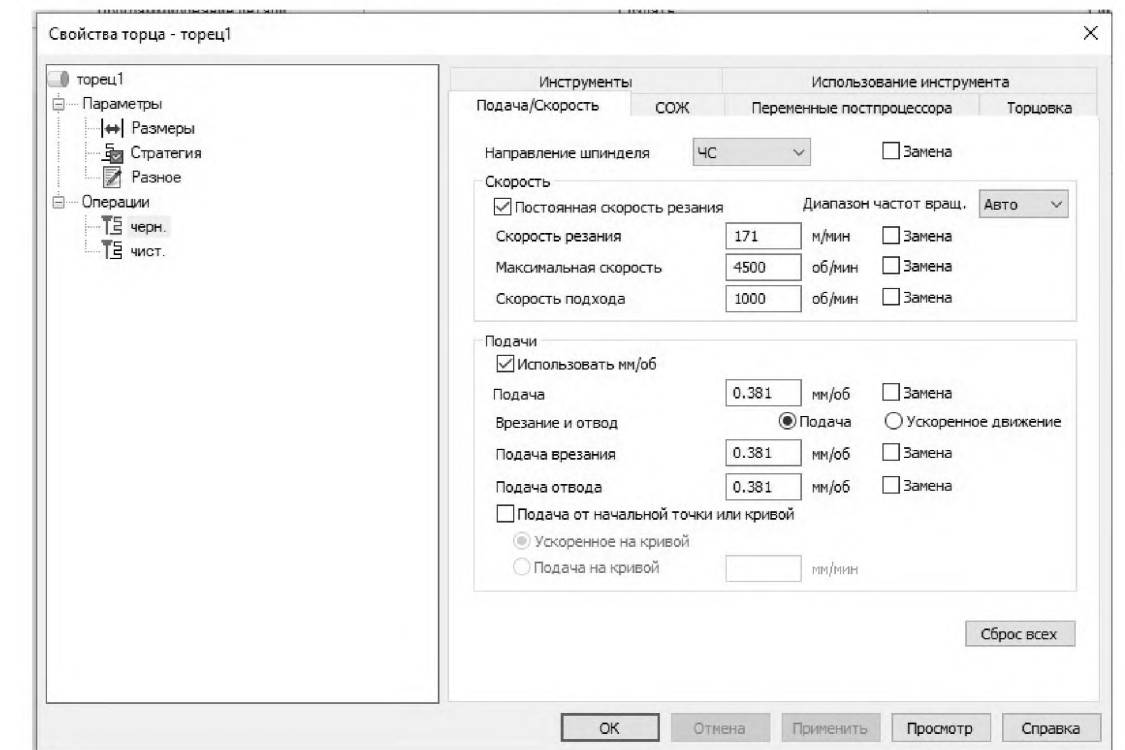
Етап вибору різального інструменту в меню програми



Розпізнавання елементів деталі



Вибір режимів різання



				КНУ.КБР.131.26.2-08.МПМО		
				Моделювання процесу механічної обробки		
				Лит.	Маса	Масштаб
				Н		
				Лист	Листів	1
				Кафедра ТМ гр. ПМ-23ск		
Зм. Лист	№ док.ум.	Підпис	Дата			
Розробив	Рудан					
Керівник	Рязанцев					
Н.контр.	Нечаев					
Затв.	Рязанцев					