

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» та
його інженерний аналіз за допомогою САЕ систем

Виконала: здобувачка групи ПМ-22
Чайка А.В.

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

Кривий Ріг
2026 р.

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

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ**

зі спеціальності 131 - Прикладна механіка

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

Виконала здобувачка гр.ПМ-22

(підпис)

Аліса ЧАЙКА

Керівник КБР

(підпис)

Антон РЯЗАНЦЕВ

Нормоконтроль

(підпис)

Антон РЯЗАНЦЕВ

Завідувач кафедри

(підпис)

Антон РЯЗАНЦЕВ

Кривий Ріг
2026 р.

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

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

(дата)

(підпис)

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну бакалаврську роботу

Здобувачки групи ПМ-22 Чайки Аліси Володимирівни

1. Тема: Спеціальний різальний інструмент для обробки поверхонь деталі «Вал» та його інженерний аналіз за допомогою САЕ систем

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

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

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

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

4. Зміст пояснювальної записки: 1. Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі. 2. Технологічна підготовка виробництва деталі. 3. Вибір ріжучих 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 . 2. Верстатноінструментальне налагодження. 3. Різець фасонний. 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 верстатноінструментального налагодження (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: « _____ » _____ 2026 р

Завдання видав керівник КБР _____ /Рязанцев А.О./

Завдання отримала здобувачка освіт _____ /Чайка А.В

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание			
Перв. примен.									
				Документація					
	A4	1	КНУ.КБР.131.26.1-24.ПЗ	Пояснювальна записка	73				
Справ. №				Креслення					
	A1	2	КНУ.КБР.131.26.1-24.ВЗ	Вал	1				
	A1	3	КНУ.КБР.131.26.1-24.ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження	2				
	A2	4	КНУ.КБР.131.26.1-24.РФП	Різець фасоний призматичний	1				
	A3	5	КНУ.КБР.131.26.1-24.ІАСРІ	Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	1				
	A3	6	КНУ.КБР.131.26.1-24.МПМО	Моделювання процесу механічної обробки	1				
Подп. и дата									
Инв. № докл.									
Взам. инв. №									
Подп. и дата									
Инв. № подл.									
				КНУ.КБР.131.26.1-24.ВМКБР					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					
Разраб.	Чайка				Відомість матеріалів КБР		Лит.	Лист	Листов
Пров.	Рязанцев						Н		1
Н.контр.	Нечаев						Кафедра ТМ		
Утв.	Рязанцев						гр. ПМ-22		

6
РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до КРБ містить: стор., рисунки, таблиць, листів графічної частини.

Метою дослідження є конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Вал», а також розробка та інженерний аналіз спеціального різального інструменту для високоефективної обробки її поверхонь з використанням сучасних САЕ-систем.

Об'єктом дослідження є деталь «Вал» (вал ґрунтового насоса 20Р-11М) та процес механічної обробки її поверхонь у машинобудівному виробництві.

Предметом дослідження є спеціальний різальний інструмент (призматичний фасонний різець), його конструкційні параметри, умови експлуатації та інженерний аналіз із використанням САЕ-систем, спрямований на забезпечення якості обробки та підвищення продуктивності.

У сучасному машинобудуванні постійно зростають вимоги до якості обробки деталей, підвищення продуктивності та надійності металорізального обладнання. Одним із ключових елементів забезпечення високої точності обробки є використання спеціального різального інструменту. Тема даної бакалаврської кваліфікаційної роботи – «Спеціальний різальний інструмент для обробки поверхонь деталі «Вал» та його інженерний аналіз за допомогою САЕ систем» – передбачає розробку конструкції фасонного різця, адаптованого до обробки канавок і галтелей даної деталі, а також інженерне моделювання та аналіз його роботи.

Деталь «Вал» є основним елементом силового контуру ґрунтового насоса 20Р-11М, працює при високих динамічних та вібраційних навантаженнях, тому вимагає високої точності геометричних параметрів (зокрема посадочних шийок) та чистоти поверхні (до Ra 1,6 мкм). Для досягнення необхідної якості обробки при збереженні економічної доцільності, в роботі спроектовано спеціальний фасонний різець. Використання САЕ/CAM-систем (SolidWorks Simulation, Autodesk FeatureCAM) забезпечує можливість віртуального тестування інструменту, моделювання траєкторій обробки та перевірки керуючих програм ще на етапі підготовки виробництва, що виключає зарізи профілю та зіткнення елементів інструментальної системи з вузлами обладнання.

Ключові слова: ВАЛ, ҐРУНТОВИЙ НАСОС 20Р-11М, ФАСОННИЙ РІЗЕЦЬ, САЕ-СИСТЕМИ, МЕХАНІЧНА ОБРОБКА, FEATURECAM.

					<i>КНУ.КБР.131.26.1-24.Р</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Реферат</i>	Лім.	Арк.	Аркушів
Розроб.		<i>Чайка</i>						
Перевір.		<i>Рязанцев</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Нечаєв</i>						
Зав. каф.		<i>Рязанцев</i>				<i>Кафедра ТМ, гр. ПМ-22</i>		

ABSTRACT

The explanatory note to the course project includes: pages, figures, tables, and sheets of the graphical section.

The purpose of the study is the design and technological preparation for the manufacture of the “Shaft” part, as well as the development and engineering analysis of a special cutting tool for high-efficiency machining of its surfaces using modern CAM systems.

The object of the study is the “Shaft” part (shaft of the 20P-11M soil pump) and the process of machining its surfaces in machine-building production.

The subject of the study is a special cutting tool (prismatic shaped cutter), its design parameters, operating conditions, and engineering analysis using CAD systems, aimed at ensuring machining quality and increasing productivity.

In modern mechanical engineering, there is a constant increase in demands for the quality of part machining, as well as for improving the productivity and reliability of metal-cutting equipment. One of the key elements in ensuring high machining accuracy is the use of special cutting tools. The topic of this bachelor’s thesis—“Special Cutting Tools for Machining the Surfaces of the ‘Shaft’ Part and Their Engineering Analysis Using CAE Systems”—involves the design of a shaped cutter adapted for machining the grooves and fillets of this part, as well as engineering modeling and analysis of its operation.

The “Shaft” component is a key element of the power circuit in the 20P-11M soil pump; it operates under high dynamic and vibrational loads and therefore requires high precision in its geometric parameters (particularly the mounting journals) and surface finish (up to $Ra\ 1.6\ \mu m$). To achieve the required machining quality while maintaining economic feasibility, a special shaped cutter was designed for this project. The use of CAE/CAM systems (SolidWorks Simulation, Autodesk FeatureCAM) enables virtual testing of the tool, simulation of machining paths, and verification of control programs as early as the production preparation stage, thereby eliminating profile undercuts and collisions between tooling system components and equipment assemblies.

Keywords: SHAFT, GROUND PUMP 20R-11M, SHAPED CUTTER, CAE SYSTEMS, MACHINING, FEATURECAM.

					КНУ.КБР.131.26.1-24.Р				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реферат	Літ.	Арк.	Аркушів	
Розроб.		Чайка							
Перевір.		Рязанцев							
Реценз.									
Н. Контр.		Нечасев							
Зав. каф.		Рязанцев				Кафедра ТМ, гр. ПМ-22			

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	5
ВСТУП.....	10
1.АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ	11
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних.....	11
1.2 Призначення об'єкту виробництва, як елементу вузла, механізму машини з характеристикою будови, принципів роботи, характеристикою кінематичних та силових ланцюгів та передач машини.....	13
1.3 Розрахунок параметрів точності шпонкового з'єднання	15
2ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ.....	16
2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу та його заміник.	16
2.2 Вибір методу отримання заготовки і креслення заготовки;	17
2.3 Аналіз якості поверхонь деталі.....	19
2.4 Технічний контроль робочого креслення	23
2.5 Вибір схем базування при обробці	23
2.6 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання	25
3.ВИБІР РІЗУЧИХ ТА ДОПОМІЖНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ЗА МІЖНАРОДНИМИ СТАНДАРТАМИ	30
3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі.....	30
3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів.....	31
3.3 Вибір типорозміру різальних інструментів	38
3.4 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту ...	40
3.5 Вибір типорозміру допоміжних інструментів.....	42
4.ПРОЕКТУВАННЯ ТА ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ...	45
4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту.....	45
4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту.....	49
4.2.1 Загальні відомості:	49
5.МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ	53

53

					КНУ.КБР.131.26.1-24.3		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЗМІСТ		
Розроб.	Чайка						
Перевір.	Рязанцев						
Реценз.							
Н. Контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев				Лім. Арк. Аркуші		
					Кафедра ТМ, гр. ПМ-22		

5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора	53
5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм	53
6. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА.....	58
6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників	58
6.2 Охорона праці та екологія виробництва	70
ВИСНОВКИ.....	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	75

					КНУ.КБР.131.26.1-24.3					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЗМІСТ			Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Чайка								
Перевір.		Рязанцев								
Реценз.								Кафедра ТМ, гр. ПМ-22		
Н. Контр.		Нечаєв								
Зав. каф.		Рязанцев								

В сучасному світі машинобудування є невід’ємною складовою майже будь-якої сфери діяльності людини, від прецизійного медичного обладнання до машин гірничо-видобувної промисловості. Передові вимоги до деталей значно підняли планку точності та надійності металорізального обладнання, чого можливо досягнути завдяки ретельному інженерному аналізу та впровадженню інноваційних методів проєктування деталей та обробки металів.

Метою даної кваліфікаційної бакалаврської роботи була конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення валу коробки швидкостей токарного верстата. Основними етапами роботи стали аналіз конструкції та службового призначення деталі, підбір стандартного та проєктування спеціального різального інструменту, симуляція обробки деталі на верстаті та організаційно-економічну підготовку виробництва.

Було проведено аналіз поверхонь деталі для коректного підбору стандартного різального інструменту, виконано розрахунок та інженерний аналіз черв’ячної фрези та розглянуто деякі питання екології та охорони праці.

Проведені дослідження дозволять підвищити якість та продуктивність виробництва, знизити фінансові витрати на металообробку та покращити умови праці. Отримані в ході роботи результати можуть бути основою запровадження новітніх методів обробки деталей та вдосконалення технологічних процесів в машинобудуванні

					КНУ.КБР.131.26.1-24.В					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Чайка			ВСТУП			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Рязанцев								
Реценз.								Кафедра ТМ, гр. ПМ-22		
Н. Контр.		Нечаєв								
Зав. каф.		Рязанцев								

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ

1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

Вихідними даними до кваліфікаційної бакалаврської роботи є креслення «Вал» зображене на рисунку 1.1.

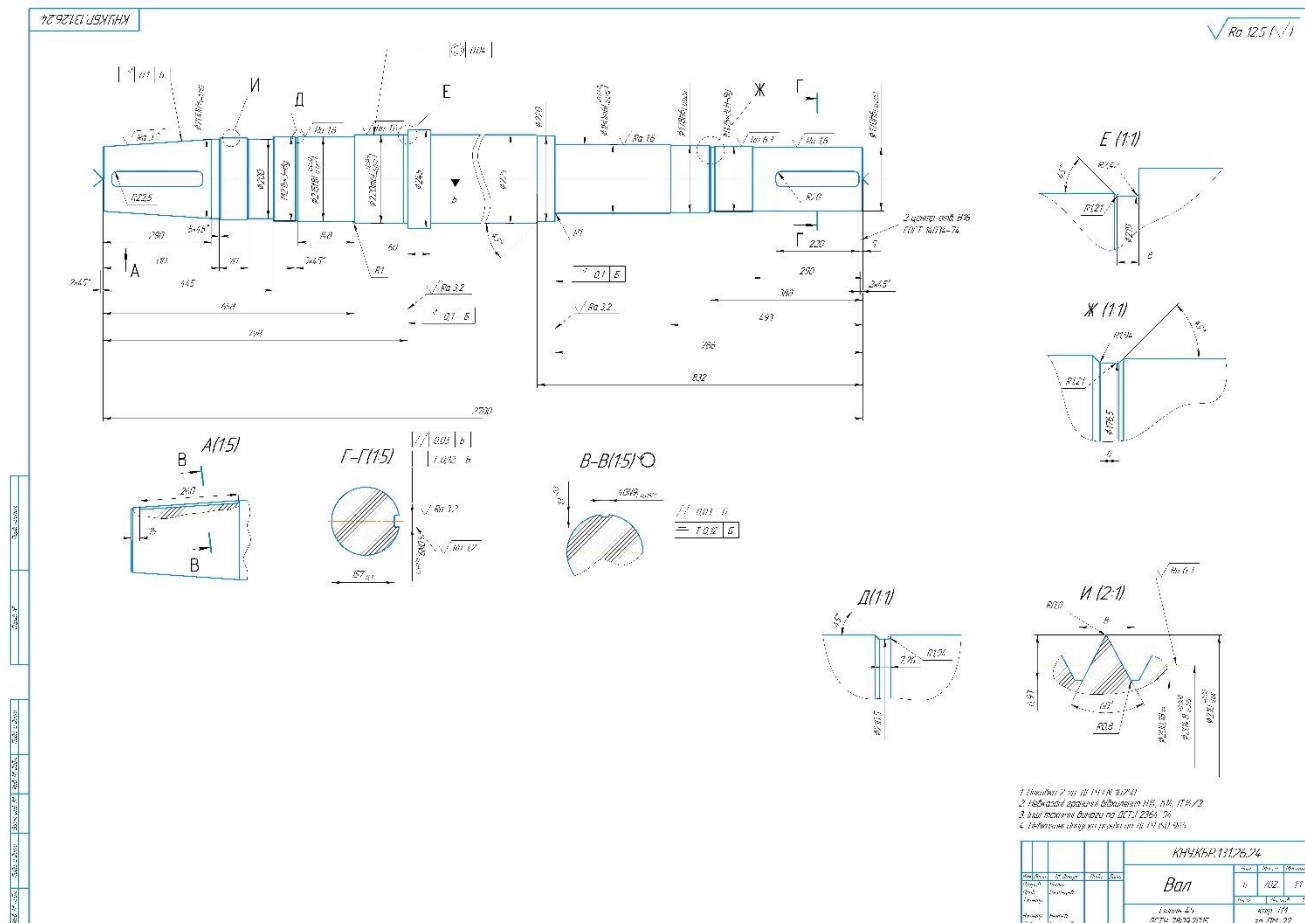


Рисунок 1.1 – Креслення деталі «Вал»

Об'єктом дослідження є деталь «Вал», яка відноситься до класу ступінчастих валів великої довжини.

Дана деталь є великогабаритним ступінчастим валом загальною довжиною 2700 мм та максимальним зовнішнім діаметром 245 мм.

					КНУ.КБР.131.26.1-24.01.АСПД							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Аналіз службового призначення деталі				Літ.		Арк.	Аркушів
Розроб.	Чайка											
Перевір.	Рязанцев											
Реценз												
Н.Контр.	Нечаєв											
Зам.каф.	Рязанцев											
					Кафедра ТМ. гр.ПМ-22							

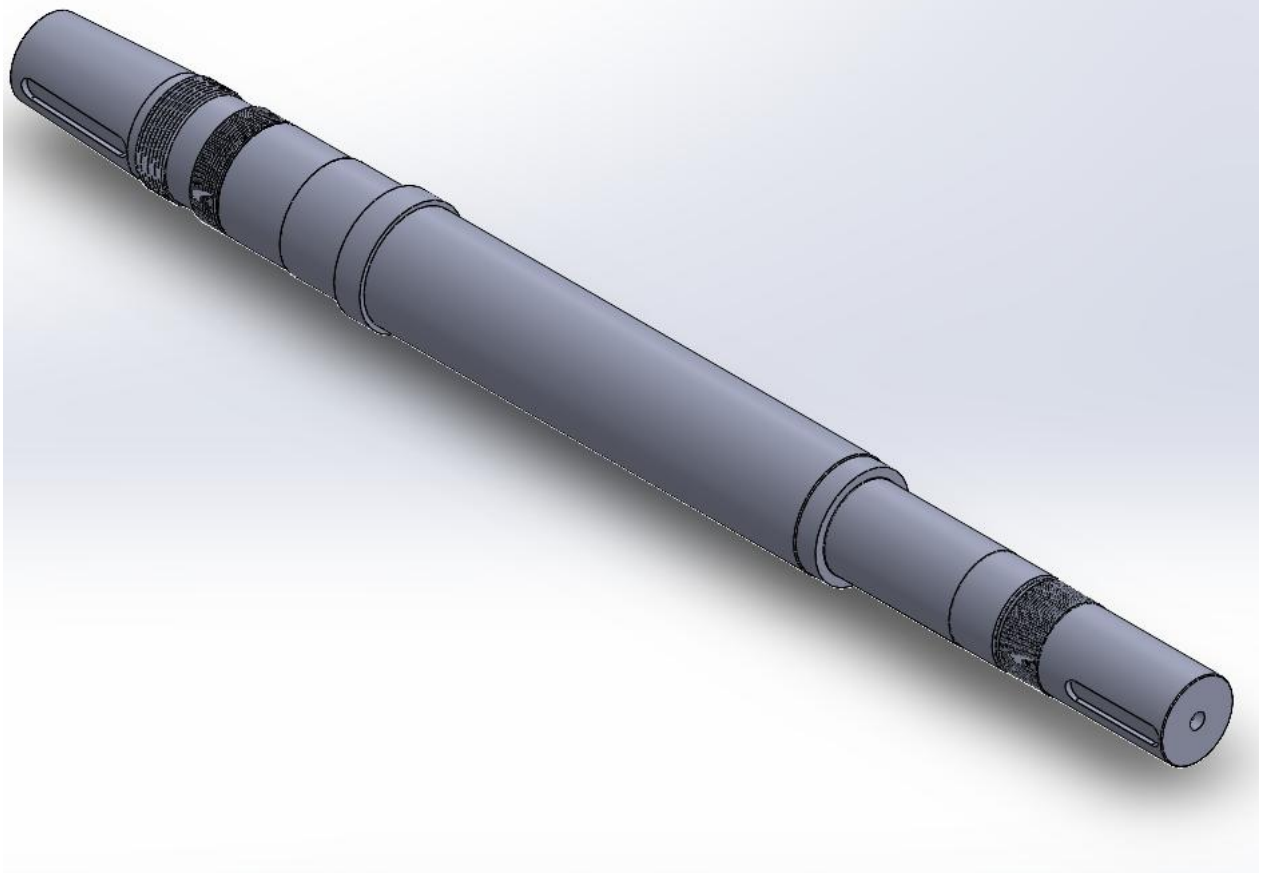
Для виготовлення виробу обрано конструкційну якісну вуглецеву сталь марки 45 згідно з ДСТУ 7809:2015. Заготівкою слугує поковка 2-ї групи за ГОСТ 8479-70. Конструкція вала включає ряд відповідальних поверхонь з високими вимогами до точності, зокрема посадові шийки діаметром 220 m6, 180 m6, 178 h6 та 170 h6, які виконуються за 6-м квалітетом.

Для цих поверхонь передбачено фінішне шліфування для досягнення шорсткості Ra 1,6 мкм.

Окрім циліндричних ступенів, на валу розташована конічна ділянка конус 200 h9 та нарізані метричні різьби: правобічна M215x3-8g та лівобічна M175x3LH-8g. Передача крутного моменту здійснюється через два шпонкових пази шириною 40 N9, розташованих на кінцях деталі. Основними технологічними базами для обробки є два центрових отвори форми B16 згідно з ГОСТ 14034-74.

Загальний технологічний маршрут виготовлення включає операції чорнового, напівчистового та чистового точіння, фрезерування пазів та остаточне шліфування поверхонь з жорсткими допусками. Невказані граничні відхилення розмірів відповідають класам точності H14, h14 та плюс-мінус IT14/2. Загальна шорсткість поверхонь, що не підлягають прецизійній обробці, становить Ra 12,5 мкм

В середовищі програмного забезпечення SOLIDWORKS було виготовлено 3D модель деталі «Вал», що зображена на рисунку 1.2.



КНУ.КБР.131.26.1-24.01.АСПД

Арк.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Рисунок 1.2 – 3D-модель деталі

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

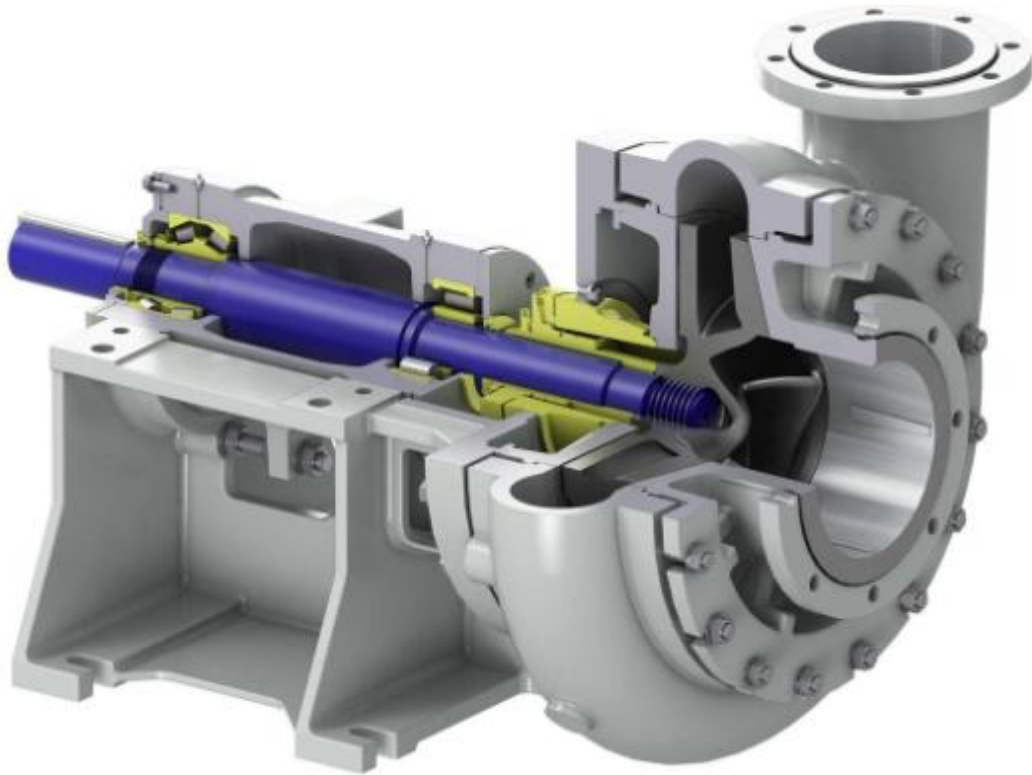


Рисунок 1.3 – Ґрунтовий насос 20Р-11М

Об'єктом виробництва в даній роботі є вал ґрунтового насоса 20Р-11М. Дана деталь є основним елементом силового контуру насосного агрегату, що входить до складу електромеханічного обладнання земснаряда МЗ-19Е

Технічне призначення та умови роботи Ґрунтовий насос (землесос) 20Р-11М являє собою горизонтальний одноступінчастий агрегат, призначений для перекачування високоабразивних гідросмесей (пульпи) з концентрацією твердих включень до 20%. Вал насоса виконує функцію передачі крутного моменту від приводного електродвигуна (потужністю 1250 кВт) до робочого колеса через пружну втулково-пальцеву муфту. У процесі експлуатації деталь піддається значним динамічним, вібраційним і корозійно-ерозійним навантаженням, працюючи при частоті обертання 500 об/хвб.

КНУ.КБР.131.26.1-24.01.АСПД

Арк.

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

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики насоса 20Р-11М:

Характеристика	Значення
Продуктивність (подача)	3600 - 3850 м³/год
Напір	56 - 62 м
Потужність електродвигуна	до 1250 кВт
Частота обертання	490 - 500 об/хв
Діаметр робочого колеса	1100, 1150 або 1250 мм
Діаметри патрубків (вхід/вихід)	500 мм
Розмір прохідного перерізу	300 мм
Максимальний розмір твердих частинок	200 - 240 мм
Маса насоса (без двигуна)	~9500 - 11600 кг
Маса насосного агрегату	~23600 кг

Конструктивні особливості вала: Деталь являє собою довгий ступінчастий вал загальною довжиною 2700 мм. Матеріал виготовлення сталь 45. Конструкція вала включає в себе наступні функціональні елементи:

Посадочні поверхні під підшипники: Прецизійні шийки діаметром 220 мм (допуск $m6$) і 180 мм (допуск $m6$). Для забезпечення довговічності вузла ці поверхні піддаються шліфуванню до шорсткості $Ra\ 1,6\ \mu m$.

Передача крутного моменту: Забезпечується за допомогою шпоночних пазів шириною 40 N9.

Різьбові ділянки: Для осьової фіксації робочих органів передбачені метричні різьби M215x3-8g і ліва різьба M175x3LN-8g. Застосування лівої різьби обумовлено необхідністю запобігання самовідгвинчуванню гайок під дією сил інерції при пуску і зупинці насоса.

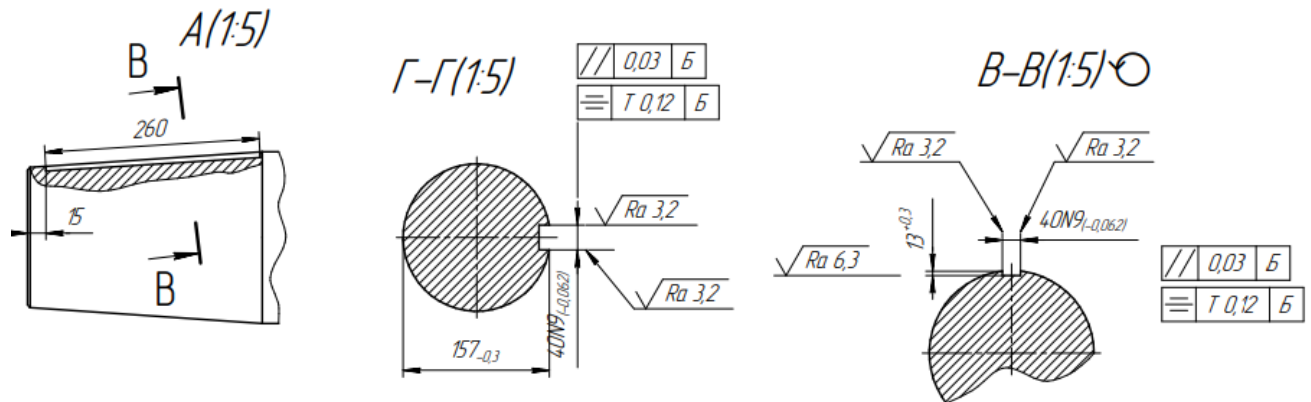
Точність базування: Згідно з технічними вимогами креслення, допуск биття відповідальних поверхонь становить 0,04 мм.

Для захисту від абразивного зносу в зоні сальникового ущільнення валу передбачено підведення промивної води під тиском від допоміжного насоса гідропідпору типу K100-65-250.

Це дозволяє виносити тверді частинки з пазух між колесом і корпусом, істотно подовжуючи ресурс роботи валу і ущільнювальних елементів.

					КНУ.КБР.131.26.1-24.01.АСПД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Розрахунок параметрів точності шпонкового з'єднання



Для забезпечення нерухомого з'єднання деталей із валом (передачі крутного моменту) використовуються призматичні шпонки.

Рисунок 1.4 – Шпонкове з'єднання

Згідно з кресленням та технічним завданням, для обох з'єднань обрано посадку з натягом $40 \frac{H9}{n9}$

Визначення допусків для ширини шпонки та паза ($b = 40$ мм)

Для номінального розміру 40 мм основний допуск за IT9 складає 62 мкм (0,062 мм).

Паз на валу (40 N9):

Верхнє відхилення (ES): $-17 \text{ мкм} = -0,017 \text{ мм}$.

Нижнє відхилення (EI): $-79 \text{ мкм} = -0,079 \text{ мм}$.

Граничні розміри: $b_{\max} = 39,983 \text{ мм}$;

$b_{\min} = 39,921 \text{ мм}$.

Шпонка (40 n9):

Верхнє відхилення (es): $+59 \text{ мкм} = +0,059 \text{ мм}$.

Нижнє відхилення (ei): $-3 \text{ мкм} = -0,003 \text{ мм}$.

Граничні розміри: $b_{\max} = 40,059 \text{ мм}$;

$b_{\min} = 39,997 \text{ мм}$.

Параметри посадки:

Максимальний натяг: $N_{\max} = es - EI = 0,059 - (-0,079) = 0,138 \text{ мм}$.

Мінімальний натяг: $N_{\min} = ei - ES = -0,003 - (-0,017) = 0,014 \text{ мм}$.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу та його заміник.

Технологічна підготовка виробництва деталі Вал розпочинається з детального аналізу технічних вимог до матеріалу та геометричних параметрів.

Згідно з основним написом, деталь виготовляється зі Сталі 45 за ДСТУ 1050:2014.

Цей матеріал належить до якісних конструкційних вуглецевих сталей.

Його хімічні властивості характеризуються вмістом вуглецю в межах 0,42–0,50%, що забезпечує необхідну міцність, а також домішками кремнію (0,17–0,37%) та марганцю (0,50–0,80%) для покращення прогартовуваності металу.

Механічні властивості Сталі 45 включають границю міцності на рівні не менше 600 МПа та границю текучості не менше 355 МПа, що дозволяє деталі витримувати значні навантаження на кручення та згин. Для досягнення стабільної структури заготовкою обрано поковку 2 групи згідно з ДСТУ EN 10250.

У межах технологічного проектування передбачено використання центрових отворів В16 за ДСТУ 14034:2008 як основних технологічних баз.

Як заміник Сталі 45 обрано Сталь 50 (згідно з ДСТУ 1050:2014).

Сталь 50 є рівноцінною заміною для Сталі 45, оскільки забезпечує необхідний запас міцності та дозволяє використовувати прийняту в проєкті технологію виготовлення без перегляду основних етапів механічної обробки.

Таблиця 1.2 – Хімічні та механічні властивості

Найменування показника	Сталь 45 (основна)	Сталь 50 (заміник)
Вміст вуглецю, %	0,42 - 0,50	0,47 – 0,55
Вміст кремнію, %	0,17 - 0,37	0,17 - 0,37
Вміст марганцю, %	0,50 - 0,80	0,50 - 0,80
Границя міцності σ_B , МПа	≥ 600	≥ 630

					КНУ.КБР.131.26.1-24.02.ТПВД						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Технологічна підготовка виробництва деталі			Літ.	Арк.	Аркушів	
Розроб.	Чайка										
Перевір.	Рязанцев									1	16
Реценз.								Кафедра ТМ, гр. ПМ-22			
Н. Контр.	Нечасев										
Зав. каф.	Рязанцев										

Продовження табл. 1.2

Границя текучості, $\sigma_{0,2}$ МПа	≥ 355	≥ 375
Твердість (після нормалізації), НВ	229	241
Відносне подовження δ , %	16	14

2.2 Вибір методу отримання заготовки і креслення заготовки;

Вибір способу отримання заготовки має ключовий вплив на собівартість виготовлення деталі та ефективність подальшої механічної обробки. На вибір методу найбільше впливають: конфігурація, розміри, маса, марка матеріалу деталі, а також тип виробництва.

Деталь «Вал» має форму довгого ступінчастого циліндра зі значними габаритами: загальна довжина становить 2700 мм, а максимальний зовнішній діаметр 245 мм.

Матеріал деталі - Сталь 45. Зважаючи на прийнятий раніше середньосерійний тип виробництва, проведемо техніко-економічний аналіз двох можливих варіантів отримання заготовки:

Варіант 1: Заготовка з гарячекатаного круглого прокату

Для виготовлення вала з максимальним діаметром 245 мм, необхідно використовувати прокатний пруток діаметром не менше 250–260 мм.

- Переваги: Низька вартість самого прокату за один кілограм; відсутність потреби у спеціальному заготівельному обладнанні (пресах чи молотах).

- Недоліки: Оскільки вал має ступінчасту конструкцію з перепадами діаметрів від 245 мм до 170 мм, під час токарної обробки суцільного прокату величезна кількість металу перетвориться на стружку. Це призведе до вкрай низького коефіцієнта використання матеріалу (КВМ) та колосальних витрат машинного часу на чорнове точіння.

Варіант 2: Заготовка, отримана вільним куванням на пресах (поковка)

Отримання заготовки методом кування дозволяє наблизити її форму до профілю готової деталі.

- Переваги: Згідно з економічним принципом, форма та розміри поковки наближаються до готової деталі, що зводить припуски та об'єм металообробки до мінімуму.

					КНУ.КБР.131.26.1-24.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Це суттєво зменшує трудомісткість токарних операцій. Крім того, кування ущільнює структуру металу (покращує спрямованість волокон), що значно підвищує втомну міцність деталі. Це критично важливо, оскільки вал ґрунтового насоса працює при високих динамічних та вібраційних навантаженнях.

• Недоліки: Вища початкова вартість заготовки через застосування ковальсько-пресового обладнання.

Порівнюючи наведені варіанти, економічно та технічно доцільнішим є Варіант 2.

Економія на матеріалі (високий КВМ) та значне скорочення часу на механічну обробку повністю перекривають витрати на кування. Остаточного приймаємо заготовку - поковка 2-ї групи за ДСТУ EN 10250.

Припуски на обробку та технічні вимоги до креслення заготовки

Допуски на розміри заготовки та загальні припуски на механічну обробку призначаються залежно від обраного методу (для сталевих поковок) за відповідними довідковими таблицями.

Зокрема, припуск на чистову підрізку торців для діаметрів понад 120 мм становить 1,5 мм.

При розробці креслення заготовки на ньому вказуються такі технічні вимоги:

1. Матеріал: Сталь 45 ДСТУ 7809:2015 (ДСТУ 1050:2014).
2. Термічна обробка: Нормалізація, твердість HB 229...241.
3. Граничні відхилення розмірів, допуски форми та взаємного розташування поверхонь, а також невказані кувальні радіуси та уклони призначити згідно з ДСТУ 9182:2022 (Поковки з вуглецевої та легованої сталі, що виготовляються вільним куванням на пресах).
4. Вимоги до маркування та таврування з посиланням на відповідні стандарти.

КНУ.КБР.131.26.1-24.02.ТПВД

Арк.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

2.3 Аналіз якості поверхонь деталі

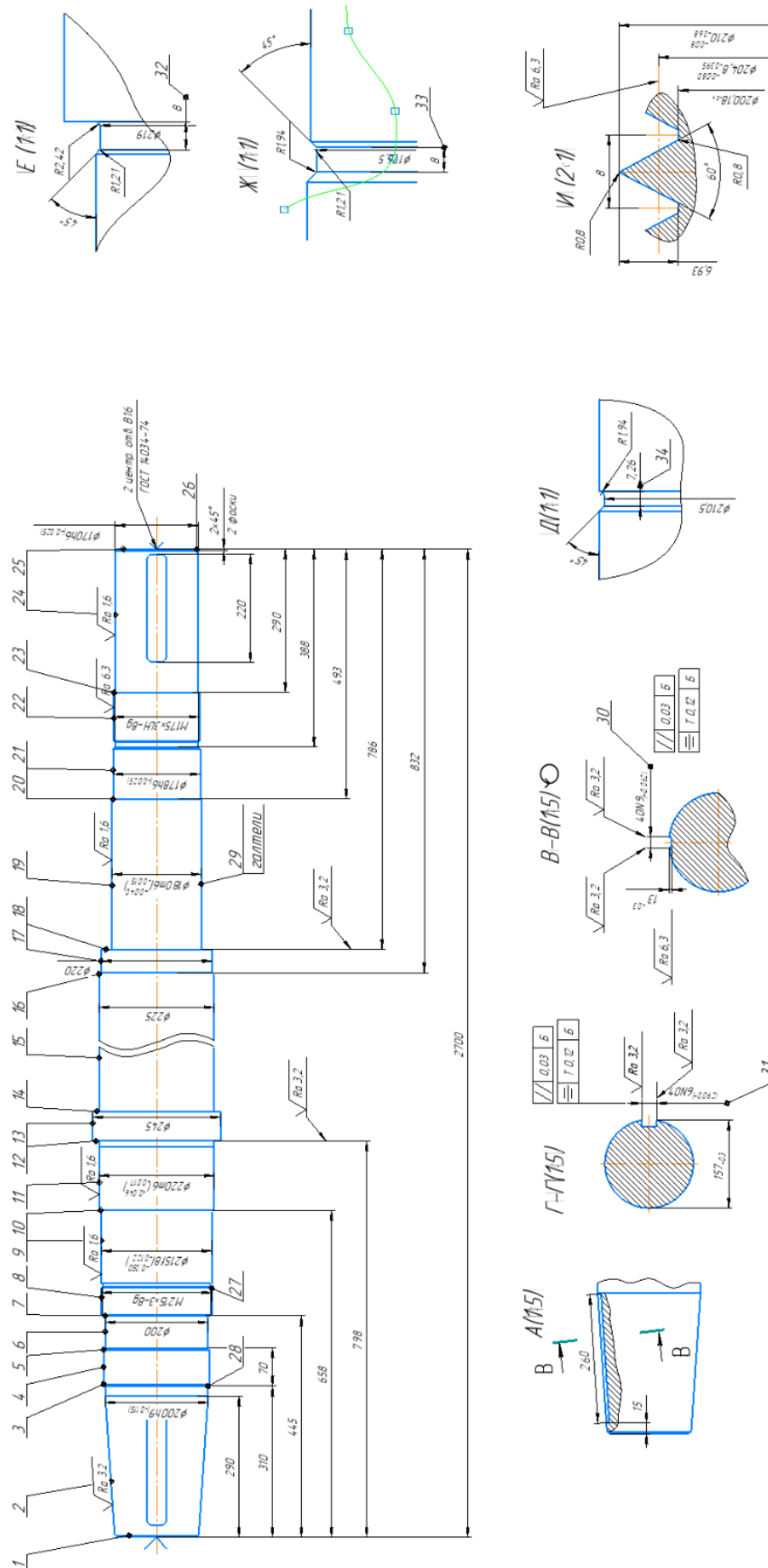


Рисунок 2.2 – Нумерація поверхонь деталі «Вал»

КНУ.КБР.131.26.1-24.02.ТПВД

Арк.

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Чорнова обробка - поверхні 1 підрізаються торці вала для витримування загальної довжини 2700 мм; поверхні 2, 4, 6, 8, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 24 проводиться чорнове точіння ступенів для формування профілю деталі; поверхні 35 виконується свердління центрових отворів форми В16, що будуть слугувати основними технологічними базами; поверхні 30 та 31 проводиться попереднє фрезерування шпонкових пазів шириною 40 мм; півчистова обробка — поверхні 2, 4, 6, 8, 9, 11, 13, 19, 21, 24 виконується напівчистове точіння для досягнення точності за 12-м квалітетом та підготовки поверхонь до фінішних операцій; поверхні 26, 27, 28 проводиться точіння та зенкування фасок розмірами 2x45, 3x45 та 5x45 градусів; поверхні 32, 33, 34 точіння канавок та формування галтелей для зняття напружень; чистова обробка — поверхні 2, 6, 8, 13 проводиться остаточне чистове точіння; поверхні 8 та 22 виконується нарізування правої різьби М215 та лівої різьби М175 для фіксації деталей; поверхні 30 та 31 остаточне фрезерування шпонкових пазів до отримання точності N9; поверхні 9, 11, 19, 21, 24 проводиться прецизійне шліфування для досягнення точності за 6-м квалітетом та шорсткості Ra 1,6 мкм.

Керуючись кінцевими вимогами до точності і якості поверхонь деталей, обираємо послідовно застосовувані тех.методи обробки, сукупність яких забезпечить на робочому кресленні якість поверхні

Обрана послідовність обробки приводиться в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Технологічні методи з обробки поверхонь деталі

№	Розмір, мм	Технологічні методи обробки	Допуск, ІТ	Шорсткість Ra, мм	Примітка
1	2	3	4	5	6
1,25	2700		14	12,5	
		чорн.точіння	14	12,5	
2	конус $\varnothing 200h9$ $\varnothing 170h6$		h9, h6	3,2	
		чорн.точіння	14	12,5	
		получист. чистове	h9 h6	6,3 3,2	
3	310		14	12,5	
		чорн.точіння	14	12,5	
4	$\varnothing 210$		12	3,2	
		чорн.точіння	14	12,5	
		получист.	12	6,3	
5	70		14	12,5	
		чорн.точіння	14	12,5	

КНУ.КБР.131.26.1-24.02.ТПВД

Арк.

Продовження табл. 2.1

6	ø200		9	3,2	
		чорн.точение	14	12,5	
		получист.	12	6,3	
		чистовое	9	3,2	
7	445		14	12,5	
		чорн.точіння	14	12,5	
8	M215 3-8g		8g	3,2	
		чорн.точение	14	12,5	
		получист.	12	6,3	
		чистовое	8g	3,2	
9	ø215f8		f8	3,2	
		чорн.точіння	14	12,5	
		получист.	12	6,3	
		чистове шліфування	f8	3,2	
10	658		14	12,5	
		чорн.точіння	14	12,5	
11	ø220m6		m6	1,6	
		чорн.точіння	14	12,5	
		получист.	12	6,3	
		чистове шліфування	8 m6	3,2 1,6	
12	798		14	12,5	
		чорн.точіння	14	12,5	
13	ø245		9	3,2	
		чорн.точение	14	12,5	
		получист.	12	6,3	
		чистовое	9	3,2	
14	60		14	12,5	
		чорн.точіння	14	12,5	
15	ø225		14	12,5	
		чорн.точіння	14	12,5	
16	832		14	12,5	
		чорн.точіння	14	12,5	
17	ø220		14	12,5	
		чорн.точіння	14	12,5	

КНУ.КБР.131.26.1-24.02.ТПВД

Арк.

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Продовження табл. 2.1

18	786		14	12,5	
		чорн.точіння	14	12,5	
19	ø180m6		m6	1,6	
		чорн.точіння	14	12,5	
		получист.	12	6,3	
		чистове	8	3,2	
		шліфування	m6	1,6	
20	493		14	12,5	
		чорн.точіння	14	12,5	
21	ø178h6		h6	1,6	
		чорн.точіння	14	12,5	
		получист.	12	6,3	
		чистове	8	3,2	
		шліфування	h6	1,6	
22	M175 3LH-8g		8g	6,3	
		чорн.точение получист.	14 12	12,5 6,3	
23	338		14	12,5	
		чорн.точіння	14	12,5	
24	ø170h6		h6	1,6	
		чорн.точіння	14	12,5	
		получист.	12	6,3	
		чистове	8	3,2	
		шліфування	h6	1,6	
26	2x45° 2 фаски		14	12,5	
		чорн.точіння получист.	14	12,5	
27	3x45° фаска		14	12,5	
		чорн.точіння получист.	14	12,5	
28	5x45° фаска		14	12,5	
		чорн.точіння получист.	14	12,5	

КНУ.КБР.131.26.1-24.02.ТПВД

Арк.

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Продовження табл. 2.1

29	галтели		9	3,2	
			14	12,5	
			12	6,3	
			9	3,2	
30	40 N9		N9	3,2	
		чорн.точіння	14	12,5	
		получист.	12	6,3	
		чистове фрезерування	N9	3,2	
31	40 N9		N9	3,2	
		чорн.точіння	14	12,5	
		получист.	12	6,3	
		чистове фрезерування	N9	3,2	
32	8		14	12,5	
		чорн.точіння	14	12,5	
33	8		14	12,5	
		чорн.точіння	14	12,5	
34	7,26		14	12,5	
		чорн.точіння	14	12,5	
35	2 центр. отв. B16		14	12,5	
		свердління	14	12,5	

2.4 Технічний контроль робочого креслення

Робоче креслення деталі «Вал» виконана у вигляді креслення формату A1 у масштабі 1:1.

На кресленні вказані всі основні та допоміжні розміри, граничні відхилення, посадки, допуски форми і взаємного розташування поверхонь.

На кресленні також наведені технічні вимоги, загальні допуски на невказані розміри, вимоги до різьб та інші пояснювальні дані, необхідні для виготовлення та контролю.

2.5 Вибір схем базування при обробці

Одним із найважливіших і водночас найскладніших етапів при проектуванні технологічного процесу є визначення технологічних і вимірювальних баз.

					КНУ.КБР.131.26.1-24.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Від цього рішення значною мірою залежить досягнута точність розмірів, правильне взаємне розташування оброблюваних поверхонь, конструктивна складність пристроїв, різального та вимірювального інструменту, а також загальна продуктивність обробки заготовок. Визначення базових схем відбувається згідно з логікою виконання операцій, з дотриманням принципів єдності та сталості базування.

При цьому враховуються робоче креслення деталі, технічні вимоги до її виготовлення, тип заготовки, стан її поверхонь і бажаний рівень автоматизації. До вибору баз на першій операції передусе визначення тих поверхонь, які стануть основою для базування на подальших стадіях.

Зазвичай це головні бази, від яких визначено більшість критичних розмірів і положення відповідальних поверхонь. Обираючи технологічні бази, слід керуватись певними міркуваннями: базові поверхні повинні мати просту геометричну форму і достатню довжину, заготовка повинна самостійно займати потрібне положення у пристрої під дією сили тяжіння, а самі базові поверхні мають бути очищеними, без залишків ливникової системи, слідів роз'ємів штампів чи інших дефектів, які могли б порушити точність базування. З точки зору експлуатаційної значущості деталі, чорнові бази бажано обирати з найбільш відповідальних поверхонь, що забезпечить рівномірні припуски і стабільну якість після остаточної обробки.

Після завершення першої операції технологічні бази необхідно змінити, оскільки повторне використання тих самих баз, як правило, є недопустимим.

Крім того, вибрані бази повинні дозволяти за одну установку обробити якомога більше поверхонь. Саме на етапі розробки технологічного процесу вибір схеми базування набуває принципового значення, оскільки від нього залежить якість поверхонь, точність геометрії та логічна послідовність усіх операцій.

У нашому випадку визначення баз спиратиметься на аналіз креслення деталі.

В даному пункті якомога точно та зважено були вибрані технологічні бази для обробки вала.

Вибрані схеми базування можна бачити в розроблених технологічних процесах.

Схеми базування використані при обробці деталі вал зображені на рис.2.3

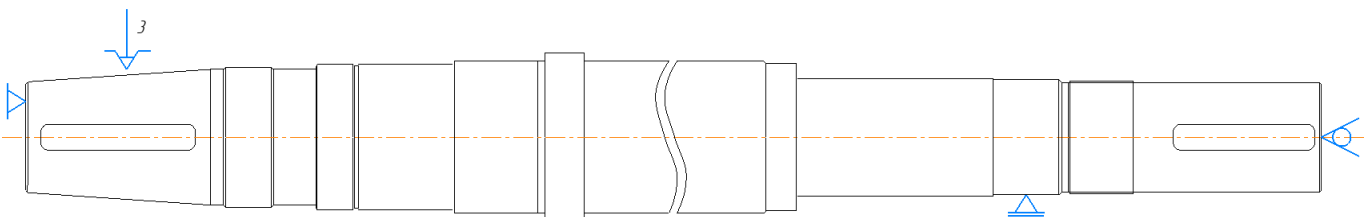


Рисунок 2.3 – Схема базування при обробці вала

					КНУ.КБР.131.26.1-24.02.ТПВД		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

2.6 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання

Для реалізації розробленого технологічного маршруту виготовлення вала ґрунтового насоса 20Р-11М обрано багатоцільовий токарно-фрезерний обробний центр DMG MORI CTX gamma 3000 TC та для шліфувальної частини циліндрично-шліфувальний станок великої потужності для обробки вала і труб

Даний вибір є технічно та економічно обґрунтованим, виходячи з габаритних розмірів деталі, її конструктивної складності та високих вимог до точності поверхонь.

Основним фактором при виборі моделі верстата стали габарити об'єкта виробництва: вал має значну довжину 2700 мм та максимальний діаметр 245 мм.



Рисунок 2.3 — Токарно-фрезерний центр DMG MORI CTX gamma 3000 TC

Таблиця 2.2 - Технічні характеристики токарно-фрезерного центру DMG MORI CTX gamma 3000 TC

Параметр	Значення
Робоча зона	
Макс. діаметр обробки	700 мм
Макс. довжина заготовки	3 050 мм
Макс. діаметр прутка	127 мм
Головний шпиндель	
Макс. частота обертання	2 500 об/хв

					КНУ.КБР.131.26.1-24.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження табл. 2.2

Потужність (40% DC)	52 кВт
Крутний момент (40% DC)	2 200 Нм
Токарно-фрезерний шпиндель	
Макс. частота обертання	12 000 об/хв (опція до 20 000)
Потужність (40% DC)	36 кВт
Крутний момент (40% DC)	220 Нм
Кут повороту (вісь В)	120
Переміщення по осях	
Хід по осі X	800 мм
Хід по осі Y	420 мм (210мм)
Хід по осі Z	3 050 мм
Швидкість швидких переміщень (X / Y / Z)	50 / 40 / 50 м/хв
Інструментальний магазин	
Кількість позицій	36 (стандарт), до 180 (опція)
Тип хвостовика	HSK-A63 (або Capto C6)
Система керування	
ЧПК (CNC)	CELOS на базі SIEMENS 840D sl

Завдяки наявності потужного фрезерного шпинделя з віссю В, на одному верстаті за одну установку можливо виконати наступні етапи обробки:

- Повне точіння зовнішнього профілю, включаючи циліндричні ступені та конічну ділянку конус 200 h9.
- Нарізання метричних різьб M215x3-8g та лівої різьби M175x3LH-8g без необхідності переходу на іншу одиницю обладнання.
- Фрезерування шпонкових пазів шириною 40 N9, що забезпечує високу точність їх розташування відносно осі вала та дотримання допусків симетричності.

					КНУ.КБР.131.26.1-24.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.4 — Круглошліфувальний верстат

Таблиця 2.3 - Технічні характеристики круглошліфувального верстату

Призначення: зовнішнє шліфування валів, циліндричних поверхонь та труб після токарної обробки	
Діапазон шліфованих діаметрів:	приблизно 8–320 мм
Максимальна довжина шліфування:	до 1500–2000 мм або більше
Висота центру:	180 мм
Відстань між центрами:	від 1000 мм до 2000 мм
Шпиндель та шліфувальний круг	Діаметр шліфувального круга: близько 400×50×203 мм
Окружна швидкість круга	близько 35 м/с
Швидкість шпинделя круга	приблизно 1670 об/хв
Регульована швидкість шпинделя заготовки:	ступінчаста / безступінчаста
Точність і подачі	Мінімальний крок подачі: ~0,0025 мм Подачі грубе / чистове: 0,01 / 0,0025 мм Подача стола: ~0,1–4 м/хв Угли повороту стола: $\pm 2^\circ$ – $\pm 7^\circ$
Обладнання	Центри передня/задня: стандартні конуси Гідравлічний привід стола: плавний рух, стабільне шліфування Система охолодження та подачі МОР Рівність (круглість): до $\approx 1,5$ – $2,5$ мкм

КНУ.КБР.131.26.1-24.02.ТПВД

Арк.

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

	Шорсткість поверхні: до Ra 0,32–0,63 мкм Однорідність діаметра в поздовжньому напрямі: ~8–10 мкм Габарити станка: ≈5600×1810×1515 мм Вага: від ~3,7 т до 6–7 т Максимальна вага заготовки: до 500 кг
--	--

Для забезпечення максимальної ефективності виробництва, мінімізації витрат енергії та скорочення тривалості виробничого циклу, розроблено раціональну послідовність обробки поверхонь вала ґрунтового насоса 20Р-11М.

Таблиця 2.4 – Послідовність виконання технологічного процесу

Етап обробки	Номери поверхонь	Зміст та методи обробки
Чорнова обробка	1, 3, 5, 7, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 23	Чорнове точіння торців та зовнішніх ступенів для зняття основного припуску з поковки.
	35	Свердління центрових отворів В16, що виконують роль основних баз для подальшої обробки.
Півчистова обробка	2, 4, 6, 8, 9, 11, 13, 19, 21, 24	Напівчистове точіння під подальше шліфування та нарізання різьби (точність IT12, шорсткість Ra 6,3 мкм).
	26, 27, 28	Точіння фасок та підготовка канавок для виходу інструменту.
Фрезерна обробка	30, 31	Фрезерування шпонкових пазів шириною 40 мм кінцевою фрезою. Виконується за два проходи (чорновий та чистовий) для забезпечення допуску N9 та шорсткості Ra 3,2 мкм.

КНУ.КБР.131.26.1-24.02.ТПВД

Арк.

Продовження табл. 2.4

Чистова обробка	2, 6, 13	Остаточне чистове точіння конуса та вільних ступенів до отримання шорсткості Ra 3,2 мкм.
	8, 22	Нарізання метричних різьб (M215 - права, M175 - ліва) за декілька проходів РЕЗЬБОВИМ різцем.
Шліфувальна обробка	9, 11, 19, 21, 24	Кругле зовнішнє шліфування посадочних шийок. Забезпечує найвищу точність (квалітет m6, h6, f8) та шорсткість Ra 1,6 мкм для роботи підшипників.

Після вибору та обґрунтування необхідних для обробки заготовки верстатів, потрібно призначити кожен обраний верстат для обробки відповідної поверхні.

Для наочності розподіл поверхонь зведено у таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Закріплення поверхонь за обладнанням

Найменування обладнання	Номери поверхонь	Характер виконуваних робіт
DMG MORI CTX gamma 3000 TC	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 22, 23, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35	Чорнове, напівчистове та чистове точіння; свердління; фрезерування пазів; нарізання різьби.
Круглошліфувальний верстат	9, 11, 19, 21, 24	Фінішне шліфування точних посадкових шийок (Ra 1,6).

КНУ.КБР.131.26.1-24.02.ТПВД

Арк.

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

3 ВИБІР РІЖУЧИХ ТА ДОПОМІЖНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ЗА МІЖНАРОДНИМИ СТАНДАРТАМИ

3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі

З урахуванням кількості і змісту раніше передбачених технологічних методів обробки поверхонь, обираємо сучасні типи інструментів, що запропоновані вітчизняними та іноземними виробниками. До кожної поверхні деталі підбираємо та обґрунтовуємо тип інструменту та представляємо його ескіз. Дані занесені в таблицю 3.1

Таблиця 3.1 – Вибір типів інструментів по обробці поверхонь деталі

Номери поверхонь	Найменування та тип інструменту	Характеристика та обґрунтування вибору
35	Свердло центрувальне комбіноване	Призначення: Зацентровування торців валу для створення технологічних баз (отвори форми В16).
1, 3, 5, 7, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 23	Різець прохідний токарний (чорновий)	Призначення: Поздовжнє точіння, зняття основного припуску (чорнова обробка).
2, 4, 6, 13, 26, 27, 28	Різець прохідний (чистовий)	Призначення: Чистове точіння конусів, фасок, отримання квалітетів IT12-IT9.
29, 32, 33, 34	Фасоний різець	Призначення: Точіння канавок для виходу різьбового різця та шліфувального круга.
8	Різець різьбовий (для зовнішньої різьби)	Призначення: Нарізання метричної різьби М215х3-8g (права).

					<i>КНУ.КБР.131.26.1-24.03.ВРДІ</i>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Чайка			<i>Вибір ріжучих та допоміжних інструментів</i>			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Рязанцев								
Реценз.								<i>Кафедра ТМ. гр. ПМ-22</i>		
Н.Контр.		Нечаєв								
Зав.каф.		Рязанцев								

Продовження таблиці – 3.1

22	Різець різьбовий (лівий)	Призначення: Нарізання лівої метричної різьби M175x3LH-8g.	
30, 31	Фреза кінцева (шпонкова)	Призначення: Фрезерування шпонкових пазів 40H9.	
9, 11, 19, 21, 24	Круг шліфувальний	Призначення: Остаточне шліфування посадкових шийок.	

3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів

Враховуючи фізико-механічні властивості матеріалу деталі, характер обробки та типи застосованих верстатів, для обраних типів інструментів визначено матеріал різальної частини, геометричні параметри, а також матеріал державки інструменту.

При цьому враховано продукцію як вітчизняних, так і зарубіжних виробників. Відповідна інформація наведена в таблиці 3.2.

Фірма «SECO TOOLS» каталог «Turning» 2020 р. [1]

Різець прохідний токарний (чорновий)

Поверхні: 1, 3, 5, 7, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 23

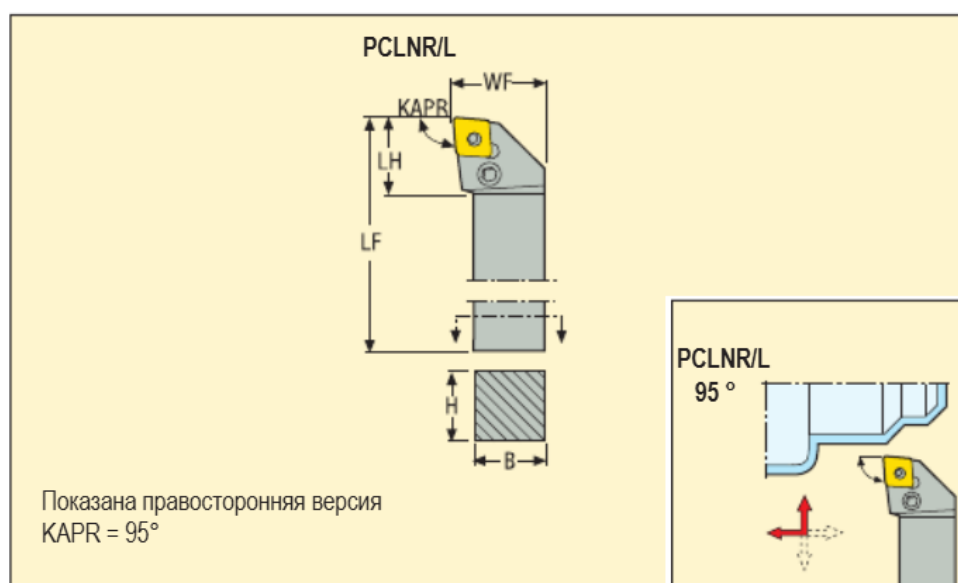


Рисунок 3.1 — Державка PCLNR3232P19 [1. с.243]

Геометричні параметри:

$h = 32$ мм, $b = 32$ мм, $LF = 170$ мм, $WF = 40$ мм, $LH = 37$ мм

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.26.1-24.03.ВРДІ

Арк.

31

CNMM

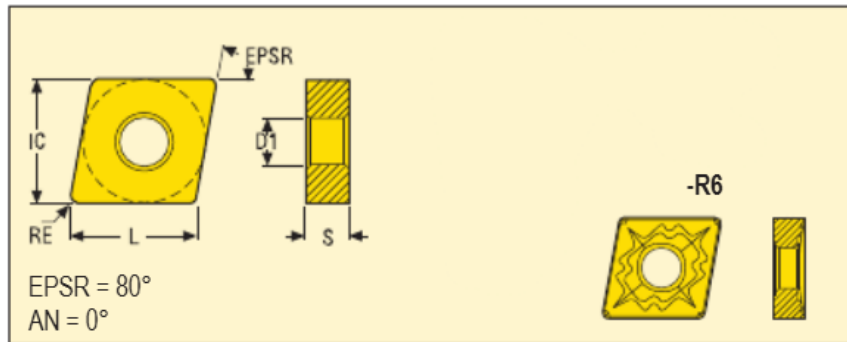


Рисунок 3.2 — Пластина CNMM190616-R6 [1. с.430]

Геометричні параметри: IC = 19,05 мм, L = 19,3 мм, S = 6,35 мм, D1 = 7,92 мм,
сплав TP40

Різець прохідний (чистовий)

Поверхні: 2, 4, 6, 13, 26, 27, 28

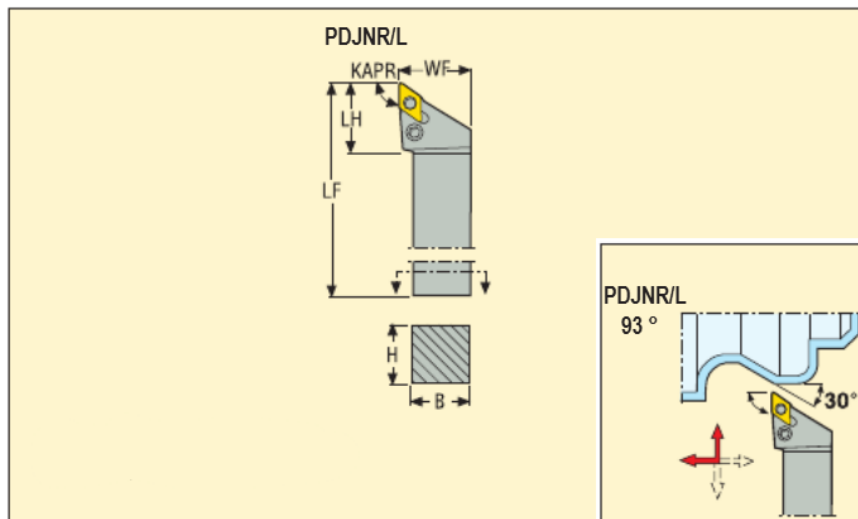


Рисунок 3.3 — Державка PDJNR3225P15 [1. с.244]

Геометричні параметри:

h = 32 мм, b = 32 мм, LF = 170 мм, WF = 32 мм, LH = 30 мм

DNMG

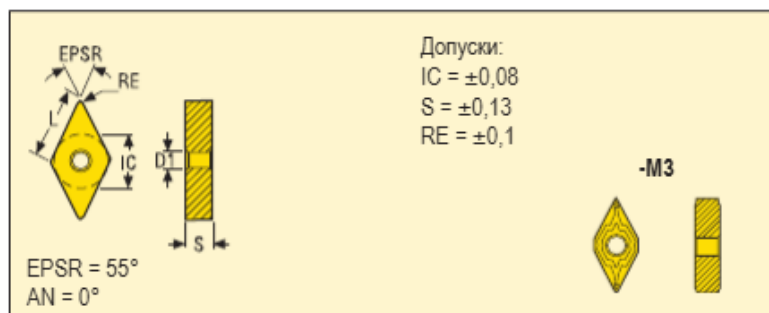


Рисунок 3.4 — Пластина DNMG 150608-M3 [1. с.437]

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.26.1-24.03.ВРДІ

Арк.

32

Геометричні параметри: IC = 12,7 мм, L = 15,5 мм, S = 6,35 мм, D1 = 5,15 мм,
сплав TP200

Фасонний різець

Поверхні: 29, 32, 33, 34

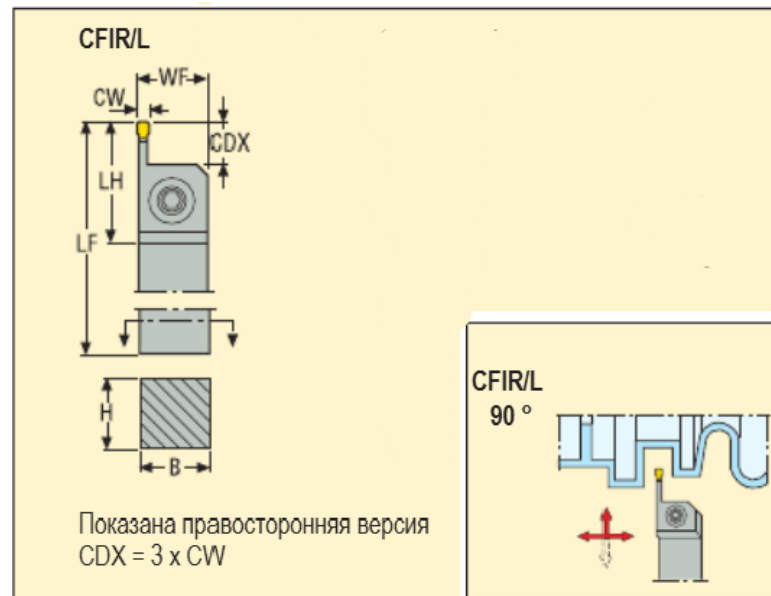


Рисунок 3.5 — Державка CFIL3225P05 [1. с.626]

Геометричні параметри:

h = 32 мм, b = 25 мм, LF = 170 мм, WF = 26,5 мм, LH = 35 мм

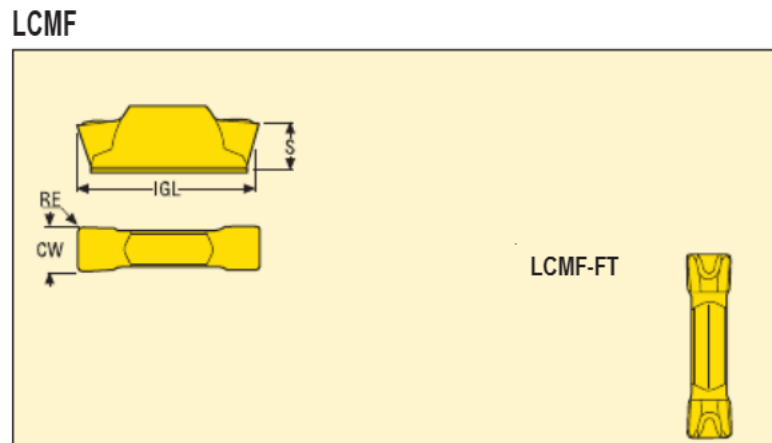


Рисунок 3.6 — Пластина LCMF 160504-0500-FT [1. с.668]

Геометричні параметри: CW = 4,76 мм, IGL = 15,90 мм, S = 4,50 мм, сплав
CP500

					КНУ.КБР.131.26.1-24.03.ВРДІ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фірма «SECO TOOLS» каталог «Threading 2026.1» [2]

Різець різьбовий

Поверхні: 8, 22

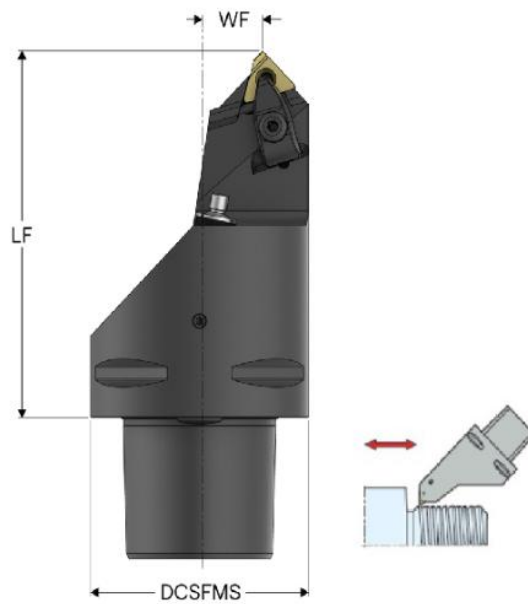


Рисунок 3.7 — Державка C6-CER/L-18100-16HD [2. с.96]

Геометричні параметри: WF = 18 мм, LF = 100 мм, DCSFMS = 63 мм

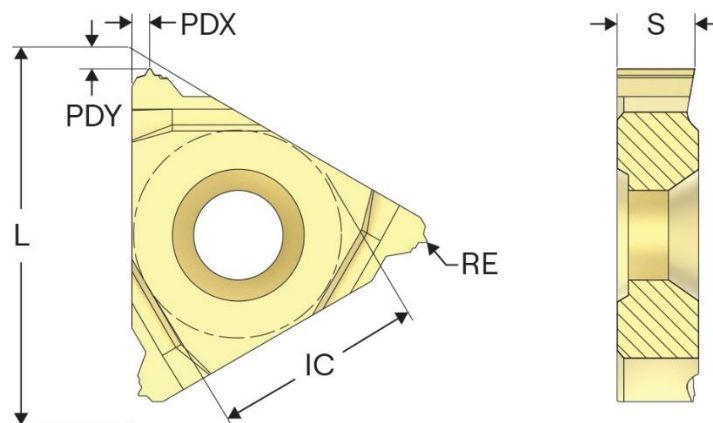


Рисунок 3.8 — Пластина 16ER3.0ISO [2. с.130]

Геометричні параметри: L = 16,5 мм, IC = 9,53 мм, PDX = 1,5 мм, PDY = 1,2мм,
S = 3,47 мм, сплав CP500

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.26.1-24.03.ВРДІ

Арк.

34

Фірма «SECO TOOLS» каталог «Solid End Mills 2026.1» [3]

Фреза кінцева (шпонкова)

Поверхні: 30, 31

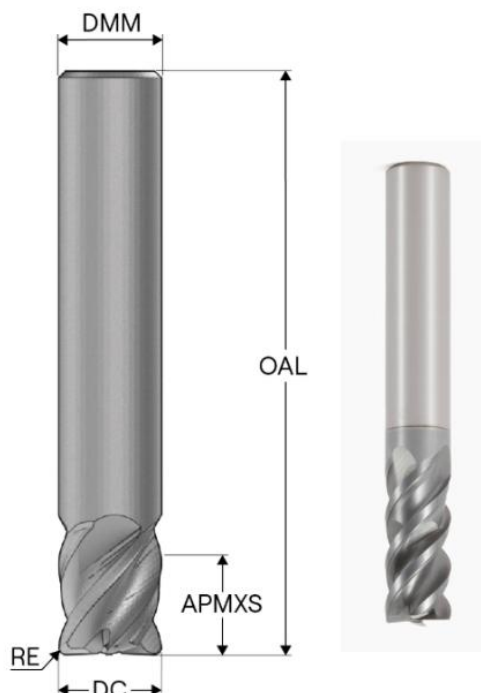


Рисунок 3.9 — Фреза кінцева 554200R050Z4.0-SIRON-A [3. с.118]

Геометричні параметри: DC = 20 мм, DMM = 20 мм, OAL = 104 мм, APMXS = 38 мм, RE = 0,2 мм

Свердло центрувальне

Поверхні: 35

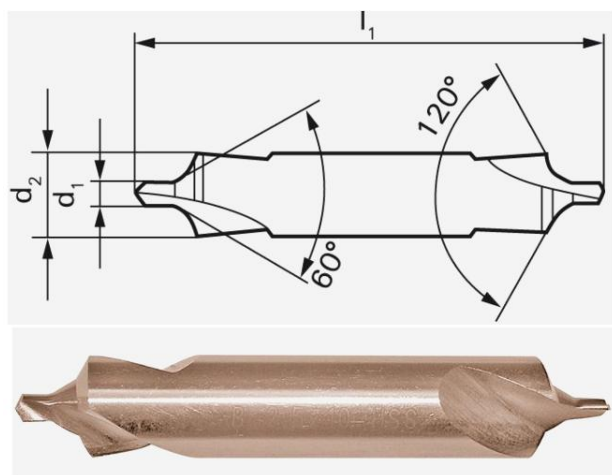


Рисунок 3.10 — Свердло центрувальне HSS Dormer A110 (Форма В)

Геометричні параметри: d1 = 6,3 мм, d2 = 20 мм, l1 = 71 мм.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

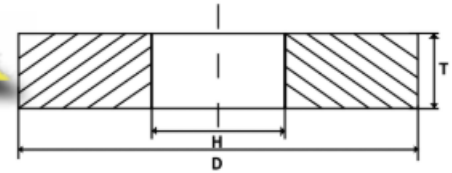
КНУ.КБР.131.26.1-24.03.ВРДІ

Арк.

35

ШЛІФУВАЛЬНІ КРУГИ

(ТУ У 26.8-00222226-004-2002)

ТИП 1

Тип	Зовнішній діаметр, D, мм	Висота T, мм	Діаметр посадкового отвору H, мм	Марка шліфматеріала/ зернистість, твердість
1	125, 150, 175, 200	20, 25, 32	32	14A, 54C / F46-F80 M-CT, H...Q
	250	20, 25, 32, 40, 63	32, 76	
	300	32, 40	76, 127	
	350	40, 50, 100	127, 203	
	400, 450	32, 40, 50, 63, 80	127, 203	
	500	50, 63, 80, 100, 125, 150, 200	203, 305	
	600	50, 63, 75, 80, 100, 125, 150, 200	305	
	750, 900	30, 32, 40, 50, 63, 80, 100	305	

Рисунок 3.11 — Круг шліфувальний плоский прямого профілю (Тип 1) TM RING [4. с.21]

Абразивний матеріал = 14А (електрокорунд білий), Зернистість = F60 (для досягнення Ra 1,6), Твердість = К (середньом'який), Зв'язка = V (керамічна), Робоча швидкість = 35 м/с.

Таблиця 3.2 – Вибір параметрів різальної частини інструментів

№ пов.	Тип інструменту	Матеріал різальної частини інструменту	Матеріал державки (корпуса, хвостовика) інструменту	Геометричні параметри різальної частини інструменту
1, 3, 5, 7, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 23	Різець прохідний чорновий PCLNR 3232 P19 з пластиною CNMG 190616-R6	Твердий сплав TP40	Конструкційна легована сталь	Головний кут у плані 95°, кут при вершині 80°, задній кут 0°, радіус при вершині 1,6 мм
2, 4, 6, 13, 26, 27, 28	Різець прохідний чистовий PDJNR 3232 P15 з пластиною DNMG 150608-M3	Твердий сплав TP200	Конструкційна легована сталь	Головний кут у плані 93°, кут при вершині 55°, задній кут 0°, радіус при вершині 0,8 мм

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.26.1-24.03.ВРДІ

Арк.

36

Продовження таблиці 3.2

29, 32, 33, 34	Різець фасонний (канавковий) CFIR 3232 P05 з пластиною LCMF 160504-0500-FT	Твердий сплав CP500	Конструкційна легована сталь	Прямокутна база, ширина різальної кромки 5 мм, радіус при вершині 0,4 мм
8	Різьбовий блок Seco- Capto C6-CER-45065- 16 з пластиною 16ER3.00ISO	Твердий сплав CP500	Конструкційна легована сталь	Трикутна база, повний профіль правої метричної різьби, крок 3,0 мм
22	Різець різбовий лівий SEL 3232 P16 з пластиною 16EL3.00ISO	Твердий сплав CP500	Конструкційна легована сталь	Трикутна база, повний профіль лівої метричної різьби, крок 3,0 мм
30, 31	Фреза кінцева твердосплавна JS554200D2C.0Z4- SIRA	Твердий сплав із покриттям SIRA	Твердий сплав (монолітний інструмент)	Діаметр 20 мм, 4 зуби, кут нахилу спіралі 46°, радіус при вершині 0,2 мм
Тор ці (баз и)	Свердло центрувальне комбіноване Dormer A110 (Форма B)	Швидкорізальна сталь (HSS)	Швидкорізальна сталь (монолітний інструмент)	Кут при вершині 118°, кут центрування 60°, кут запобіжної фаски 120°

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.26.1-24.03.ВРДІ

Арк.

37

Продовження таблиці 3.2

9, 11, 19, 21, 24	Круг шліфувальний плоский прямого профілю (Тип 1 ПП)	Електрокорунд білий (25А), зернистість F60	Керамічна зв'язка (V)	Зовнішній діаметр 400 мм, висота 50 мм, посадковий діаметр 203 мм
-------------------------------	--	--	--------------------------	---

3.3 Вибір типорозміру різальних інструментів

Враховуючи вид обробки, тип інструмента, характеристики ріжучої частини та габаритні розміри, визначені на основі міцнісних розрахунків, обираються типорозміри металорізальних інструментів, доступні як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва.

Нижче наведено ескіз обраного ріжучого інструмента відповідно до конфігурації оброблюваної поверхні.

Відповідні дані подано в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Вибір типорозміру різальних інструментів

№ пов.	Тип інструменту	Основні розміри інструменту, пластини	Матеріал ріжучої частини інструменту	Шифр інструменту (державки, пластини) за міжнародними стандартами
1, 3, 5, 7, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 23	Різець прохідний чорновий	Державка: 32x32 мм, L=170 мм. Пластина: l=19,3 мм, s=6,35 мм, r=1,6 мм.	Твердий сплав TP40	Державка: PCLNR 3232 P19 Пластина: CNMG 190616-R6

					КНУ.КБР.131.26.1-24.03.ВРДІ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.3

2, 4, 6, 13, 26, 27, 28	Різець прохідний чистовий	Державка: 32x32 мм, L=170 мм. Пластина: l=15,5 мм, s=6,35 мм, r=0,8 мм.	Твердий сплав TP200	Державка: PDJNR 3232 P15 Пластина: DNMG 150608-M3
29, 32, 33, 34	Різець фасонний (канавковий)	Державка: 32x32 мм, L=170 мм. Пластина: l=16 мм, ширина 5 мм, r=0,4 мм.	Твердий сплав CP500	Державка: CFIR 3232 P05 Пластина: LCMF 160504- 0500-FT

8, 22	Різьбовий блок	Модуль: Carpt C6. Пластина: l=16 мм, крок 3,0 мм.	Твердий сплав CP500	Державка: C6-CER- 45065-16 Пластина: 16ER3.00ISO
30, 31	Фреза кінцева твердосплавна	Робочий діаметр=20 мм, хвостовик=20 мм, загальна довжина=104 мм, робоча частина=38 мм.	Твердий сплав із покриттям SIRA	Фреза: JS554200D2C.0Z4- SIRA
Торці (бази)	Свердло центрувальне комбіноване	Форма В. Діаметр пілота=16 мм, діаметр хвостовика=40 мм.	Швидкорізальна сталь (HSS)	Свердло: Dormer A110 (DIN 333 Form B)

					КНУ.КБР.131.26.1-24.03.ВРДІ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.3

9, 11, 19, 21, 24	Круг шліфувальний плоский	Тип 1 (ПП). D=400 мм, T=50 мм, H=203 мм.	Електрокорунд білий (14А)	Круг: 1 400x50x203 25А F60 К V
-------------------------	---------------------------------	---	------------------------------	-----------------------------------

3.4 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту

Для одного з обраних типів інструменту розглядаються найбільш навантажені умови експлуатації, зокрема важка чорнова обробка.

На основі умов різання – фізико-механічних властивостей матеріалу заготовки, параметрів верстата та заданих режимів обробки – виконуються розрахунки сил різання.

Рекомендується передбачити автоматизований розрахунок режимів різання для підвищення точності та ефективності процесу. Обраний інструмент додатково перевіряється на міцність з урахуванням найбільш навантажених умов роботи при преривчастому різанні та знятті кірки з поковки.

Для виконання розрахунків вибирається прохідний чорновий різець типу PCLNR 3232 P19, оскільки він забезпечує знімання найбільшого припуску та експлуатується в умовах максимальної механічної дії.

Розміри різця за стандартом ISO: 32x32 мм, L=170 мм

Для перевірки обраних режимів різання та перевірки достатності потужності верстата при чорновому точінні (зняття припуску з поковки) було використано систему автоматизованого розрахунку.

Розрахунок виконувався для найбільш навантаженого проходу: обробка нелегованої сталі (аналог Сталь 45, твердість HB 210, $R_m = 708$ МПа) при початковому діаметрі заготовки $D_c = 260$ мм та довжині робочого ходу $l_m = 2700$ мм.

Вхідні параметри режиму різання: глибина $a_p = 5,0$ мм, подача $f_n = 0,5$ мм/об, швидкість різання $v_c = 180$ м/хв (частота обертання шпинделя $n = 220$ об/хв). Коефіцієнт корисної дії верстата прийнято $\eta = 95\%$.

					КНУ.КБР.131.26.1-24.03.ВРДІ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Точение

Токарная обработка ISO



Нелегированная сталь
C > 0,25... ≤ 0,55 %, улучшенная
 (HB 210, Rm 708 N/mm²)

Диаметр заготовки	260.00 Dc mm
Скорость резания	180 vc m/min
Частота вращения, об./мин	220 n RPM
Глубина резания	5.00 ap mm
Главный угол в плане	90 k °
Подача на оборот	0.50 fn mm/rev
Минутная подача	110 vf mm/min
Длина обработки	2700 lm mm
Передний угол	-6 γ °
КПД станка	95 η %
Критерий износа	10 %
Сила резания	6265.94 Fc N
Удельный съём материала	440.61 cm ³ /min
Время обработки	24 Минут 32 Секунд
Момент	759.34 Mc Nm
Мощность	18.41 Pmot KW

Рисунок 3.12 - Розрахунок режимів різання для чорнової обробки

1. Визначаємо силу різання: визначена розрахунком режимів різання $P_z = 6265,94$ Н.

2. Ширина і висота перетину державки $h = 32$ мм, $b = 32$ мм. Виліт різця з різцетримача приймаємо $l = 50$ мм

3. Момент інерції прямокутного перетину державки:

$$J = \frac{(b \cdot h^3)}{12} = \frac{(32 \cdot 32^3)}{12} = 87381 \text{ мм}^4 = 8,74 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4.$$

4. Перевіряємо міцність і жорсткість державки різця:

а) максимальне навантаження, допустима міцність різця:

$$P_{z_{\text{доп}}} = \frac{(b \cdot h^2 \cdot \sigma_b)}{(6 \cdot l)} = \frac{(32 \cdot 32^2 \cdot 300)}{(6 \cdot 50)} = 32768 \text{ Н.}$$

б) максимальне навантаження за умовою жорсткості:

					КНУ.КБР.131.26.1-24.03.ВРДІ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{Z_{\text{жорст}}} = \frac{(3 \cdot f \cdot E \cdot J)}{l^3} = \frac{(3 \cdot 0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 8,74 \cdot 10^{-8})}{(50 \cdot 10^{-3})^3} = 41952 \text{ Н.}$$

де $f = 0,1 \text{ мм}$ ($0,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}$) — допустима стріла прогину при чорновому точінні; $E = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}$ — модуль пружності матеріалу державки (сталі); $\sigma_b = 300 \text{ МПа}$ — допустиме напруження на згин для матеріалу державки.

5. Перевірка різця на міцність та жорсткість:

$$P_z < P_{z_{\text{доп}}} \Rightarrow 6265,94 \text{ Н} < 32768 \text{ Н}$$

$$P_z < P_{z_{\text{жорст}}} \Rightarrow 6265,94 \text{ Н} < 41952 \text{ Н}$$

Умова виконана. Різець PCLNR 3232 P19 володіє достатнім запасом міцності і жорсткості для зняття чорнового припуску з поковки.

3.5 Вибір типорозміру допоміжних інструментів

З урахуванням геометричних та технічних характеристик посадочних поверхонь верстата для встановлення різального інструменту, а також параметрів посадочних місць самих інструментів, здійснюється підбір відповідних типів допоміжного інструменту згідно з вимогами міжнародних стандартів.

Вибрані типи допоміжного інструменту для кожного різального інструменту наведено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4. - Вибрані типи допоміжного інструменту

Поверхні	Тип операції	Ріжучий інструмент	Допоміжний інструмент (Артикул Seco)
1, 3, 5, 7, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 23	Чорнове точіння	PCLNR 3232 P19	ASHN-VDI40-32-JETI
2, 4, 6, 13, 26, 27, 28	Чорнове точіння	PDJNR 3232 P15	ASHN-VDI40-32-JETI
8, 22	Нарізання різьблення	16ER/L3.00ISO	C6-390.00-50030
29, 32, 33, 34	Канавки та галтелі	CFIR 3232 P05	ASHN-VDI40-32-JETI
30, 31	Фрезерування пазів	Фреза JS554 Ø20	HSK63A-EPPA20-80

Продовження таблиці 3.4

35	Центрування (бази)	Сверло Dormer A110	HSK63A-ER32-100
----	-----------------------	--------------------	-----------------

1. Токарна група

Для обробки зовнішніх поверхонь (1–28)

Для різців 32x32



- Прямое крепление револьверной головки
- Нейтральная комбинированная конструкция C1, C2, C3, C4
- Двусторонние шлифованные хвостовики VDI

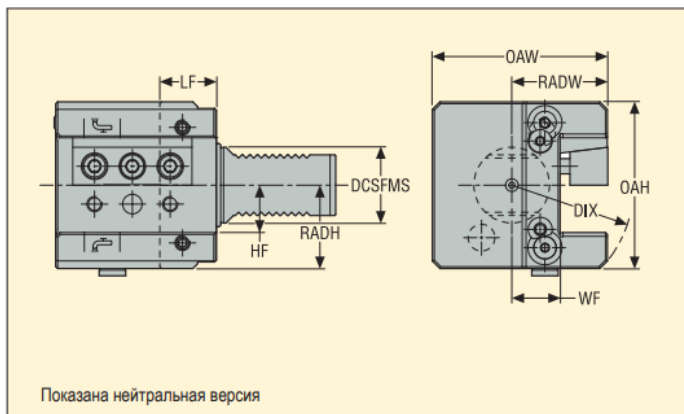


Рисунок 4.11 — Вибраний адаптер ASHN-VDI40-32-JETI [1. с.408]

DCSFMS=40 мм, DIX=64 мм, RADW=51 мм, OAW=93 мм, RADH=44 мм,

HF=25 мм, LF=30 мм.

Нарізування різьби (8, 22):



Рисунок 4.12 — Вибраний адаптер C6-NC3000-V40-090

BD=63,0 мм, LB=14,8 мм, LF=30,00 мм, OAL=156,8 мм, CTWS=C6,

CTMS=DIN(2080)50..

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.26.1-24.03.ВРДІ

Арк.

43

2. Фрезерна та осьова група

Для фрезерування шпонкових пазів (30, 31), свердління центрових отворів (35) та для центрального свердла Dormer A110: HSK63A-EPPA20-80.



L: 80 мм

D: 63 мм

L1: 25 мм.

Рисунок 4.13 — Цанговий патрон моделі HSK63A-EPPA20-80

					КНУ.КБР.131.26.1-24.03.ВРДІ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ПРОЕКТУВАННЯ ТА ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту

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

Вихідні дані:

Матеріал заготовки – Сталь 45

Твердість в межах 229...241 НВ.

Обробка здійснюється на багатоцільовому токарно-фрезерному обробному центрі DMG MORI CTX gamma 3000 TC в умовах середньосерійного виробництва.

Максимальний діаметр поверхні деталі до обробки становить 220 міліметрів, а максимальна глибина профілю при точінні дорівнює 5 міліметрам із вимогою забезпечення шорсткості обробленої поверхні на рівні Ra 3,2 мкм.

Порядок розрахунку:

4.1.1 Визначення габаритних розмірів різця

Габаритні розміри призматичного фасонного різця вибираються залежно від найбільшої глибини профілю деталі, яка виготовляється. Відповідно до методики та аналізу виносного елемента Е креслення вала, де присутній перехід на діаметр Ø219 мм з радіусами R1,21 та R2,42, встановлюються наступні параметри інструменту:

– Ширина різця (В): Згідно з побудованим профілем інструменту, загальна ширина робочої частини для обробки даної ділянки становить $B = 8$ мм.

– Геометрія: Профіль різця проектується з урахуванням необхідних перекриттів для гарантованого формування сходинок вала та заданих радіусів скруглень.

4.1.2 Визначення геометричних елементів леза різця

Геометричні елементи леза визначаються відповідно до фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу - Сталі 45 (ДСТУ 7809:2015). Згідно з графічною побудовою інструменту:

– Передній кут (γ): приймається за розрахунком 15° .

– Задній кут (α): згідно зі схемою профілювання становить 12° .

4.1.3 Визначення розмірів ріжучих кромок різця					КНУКЕР.131.26.1-24.04.ПІАРІ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Чайка			Проектування та інженерний аналіз різального інструменту		
Перевір.		Рязанцев					
Реценз.							
Н.Контр.		Нечасев					
Зав.каф.		Рязанцев					
					Літ.	Арк.	Аркуші
					Кафедра ТМ. гр. ПМ-22		

На основі схеми профілювання та розмірів виносного елемента Е встановлюються наступні конструктивні параметри:

- Глибинні переходи (сходинки) профілю деталі становлять $t_1 = 6,94$ мм, $t_2 = 1,94$ мм та $t_3 = 6,4$ мм.
- Ширина прямої ділянки, що формує відповідну канавку на валу, становить 14 мм.
- Кут нахилу фаски на схематичному профілі для профілювання становить 45° .

4.1.4 Аналітичний розрахунок скоригованої глибини профілю призматичного різця

Оскільки профіль призматичного фасонного різця в нормальному перерізі відрізняється від профілю деталі через наявність заднього α та переднього γ кутів, необхідно провести коригування глибинних розмірів за методикою Смирнова В.А.

Розрахунок виконується за базовою тригонометричною залежністю:

$$tp = t \cdot \cos(\alpha) / \cos(\alpha + \gamma)$$

де:

t — глибина профілю деталі (сходинки);

tp — скоригована глибина профілю різця у нормальному перерізі.

Для заданих кутів $\alpha = 12^\circ$ та $\gamma = 15^\circ$, загальний коефіцієнт коригування становить:

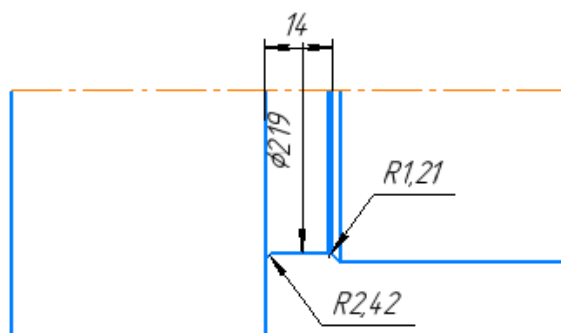
$$K = \cos(12^\circ) / \cos(12^\circ + 15^\circ) = 0,9781 / 0,8910 = 1,0978$$

Виконаємо перерахунок ключових глибинних розмірів профілю інструменту:

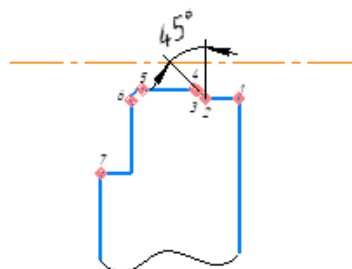
1. Для першої ділянки: $tp_1 = 6,94 \cdot 1,0978 = 7,62$ мм
2. Для другої ділянки: $tp_2 = 1,94 \cdot 1,0978 = 2,13$ мм
3. Для третьої ділянки: $tp_3 = 6,4 \cdot 1,0978 = 7,03$ мм

					КНУ.КБР.131.26.1-24.04.ПІАРІ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1.5 Графічна побудова профілю різця



ескіз деталі, що обробляється



схематичний профіль для профілювання

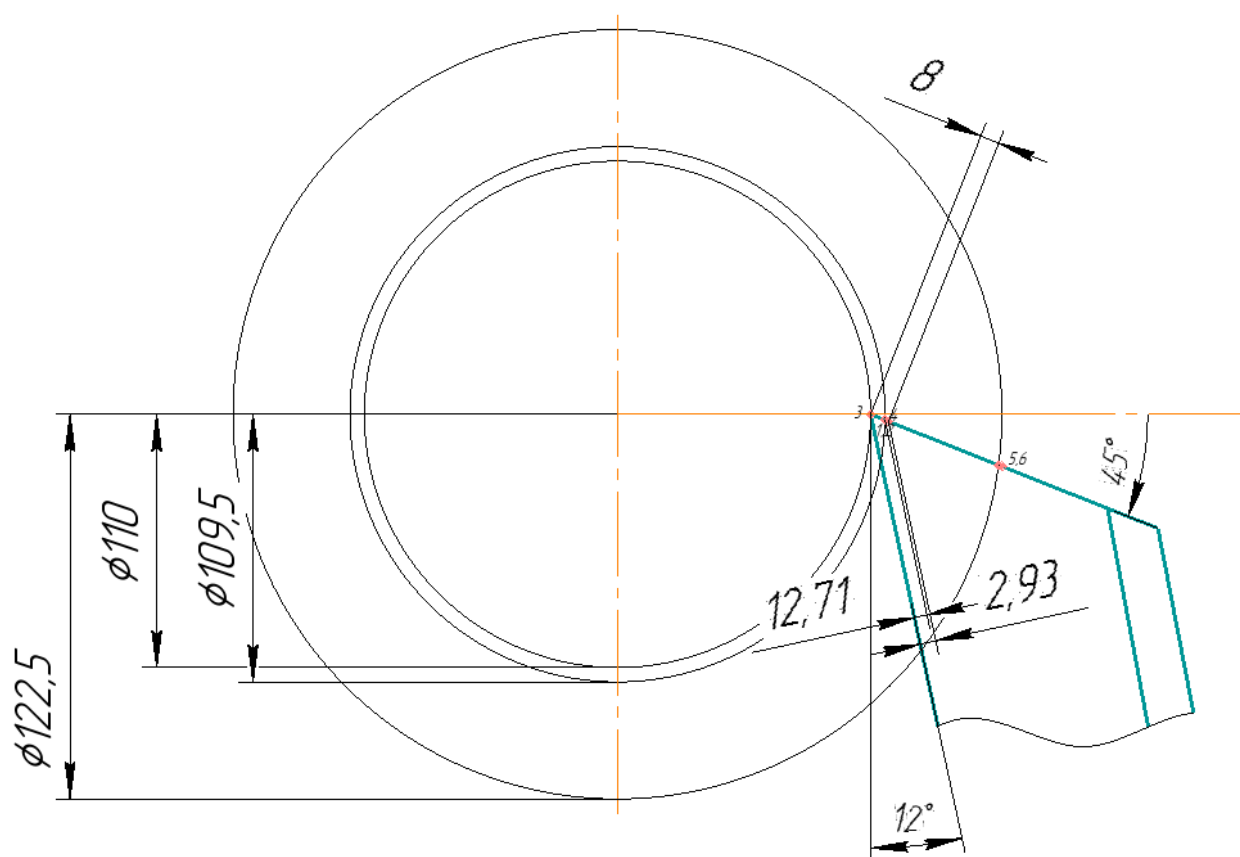


Рисунок 4.1 — Графічна побудова профілю різця

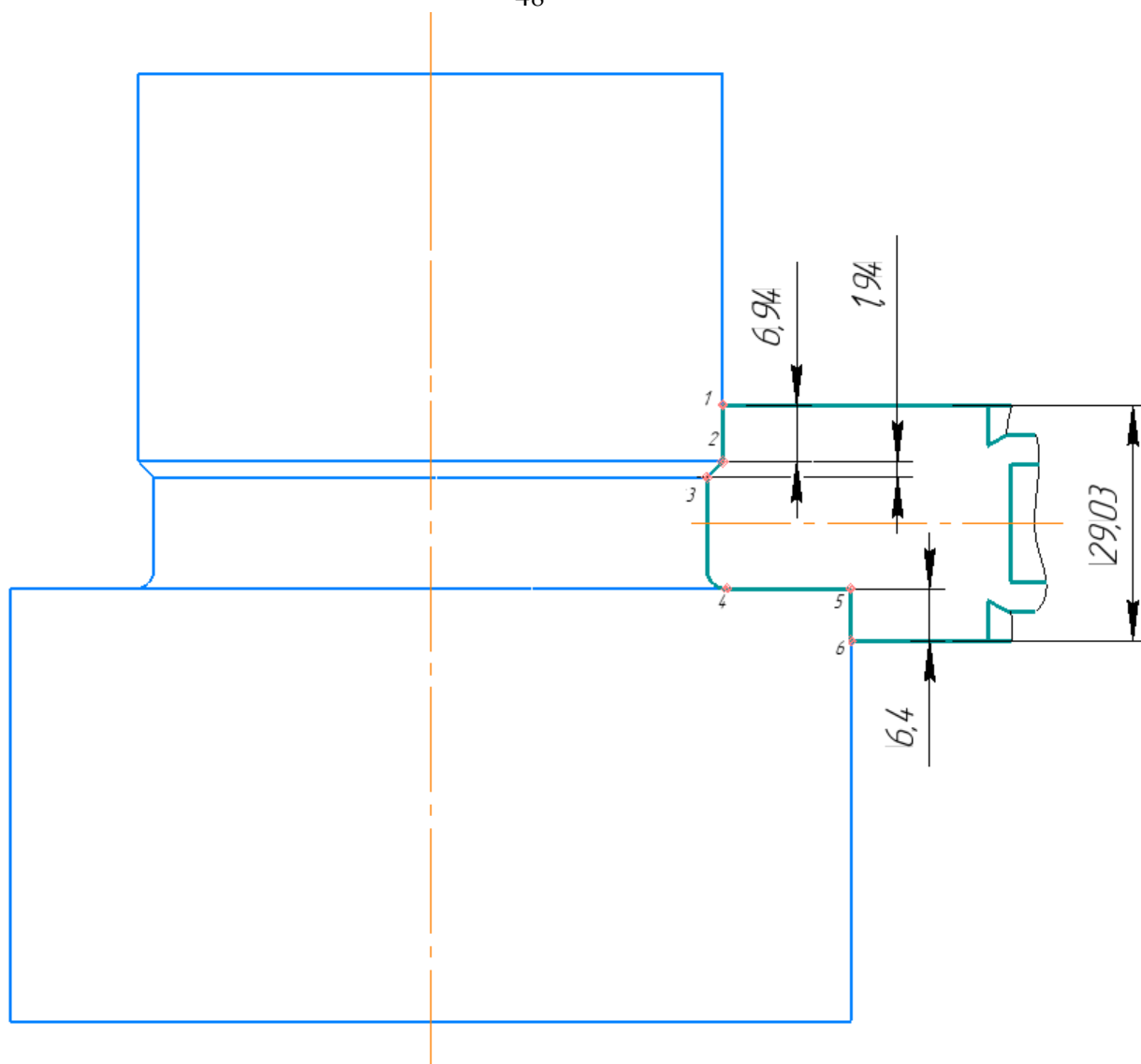


Рисунок 4.2 — Графічна побудова профілю різця

4.1.5.1 Процес розпочинається з побудови профілю заготовки. Від вісі відкладаються радіальні та осьові розміри згідно з кресленням вала (найбільший діаметр $\varnothing 219$ мм), формуючи контур оброблюваної поверхні у лівому нижньому куті робочого поля.

4.1.5.2 Характерні точки схематичного профілю 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 проектуються на базу для подальшого розрахунку.

4.1.5.3 Побудова профілю призматичного різця у нормальному перерізі виконується шляхом відкладання розрахованих осьових розмірів (ширини 29,03 мм) та скоригованих перепадів висот tr : 7,62 мм, 2,13 мм і 7,03 мм.

4.1.5.4 Завершальним етапом проектування є виконання робочого креслення призматичного різця з урахуванням кріпильної частини (хвостовика типу "ластівчин

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.26.1-24.04.ПІАРІ

Арк.
48

хвіст"), усіх розрахованих геометричних параметрів та радіусів заокруглень R1,21 і R2,42.

4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту

У сучасному машинобудуванні забезпечення надійності та довговічності інструментів є критично важливою умовою ефективної експлуатації. Враховуючи складну геометрію вала довжиною 2700 мм та робочі навантаження дискового фасонного різця при обробці Сталі 45, виконано попередній розрахунок його напружено-деформованого стану.

У даному дослідженні проведено комп'ютерне моделювання інструменту з використанням модуля SolidWorks Simulation.

4.2.1 Загальні відомості:

Тип аналізу: Статичний.

Матеріал: Сталь 45 (матеріал державки) та Сталь P18 (матеріал різальної частини).

Модуль Юнга: $2,1 \times 10^{11}$ Н/м².

Гранична міцність: $6,0 \times 10^8$ Н/м² (для Сталі 45).

Границя плинності: $3,55 \times 10^8$ Н/м² (для Сталі 45).

Максимальне навантаження: 6265,94 Н (нормальна сила на грань).

Кріплення: Фіксація граней хвостовика типу «ластівчин хвіст».

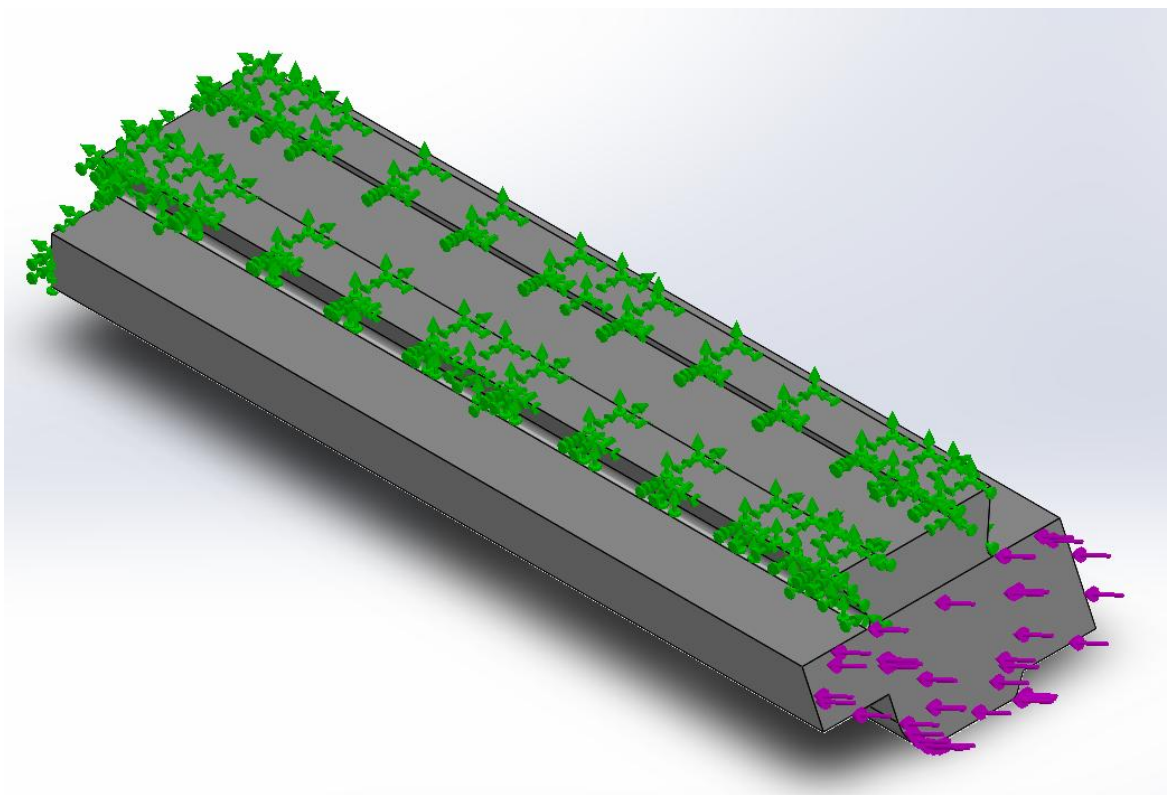


Рисунок 4.3-3D модель для розрахунку призматичного фасонного різця

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.26.1-24.04.ПІАРІ

Арк.
49

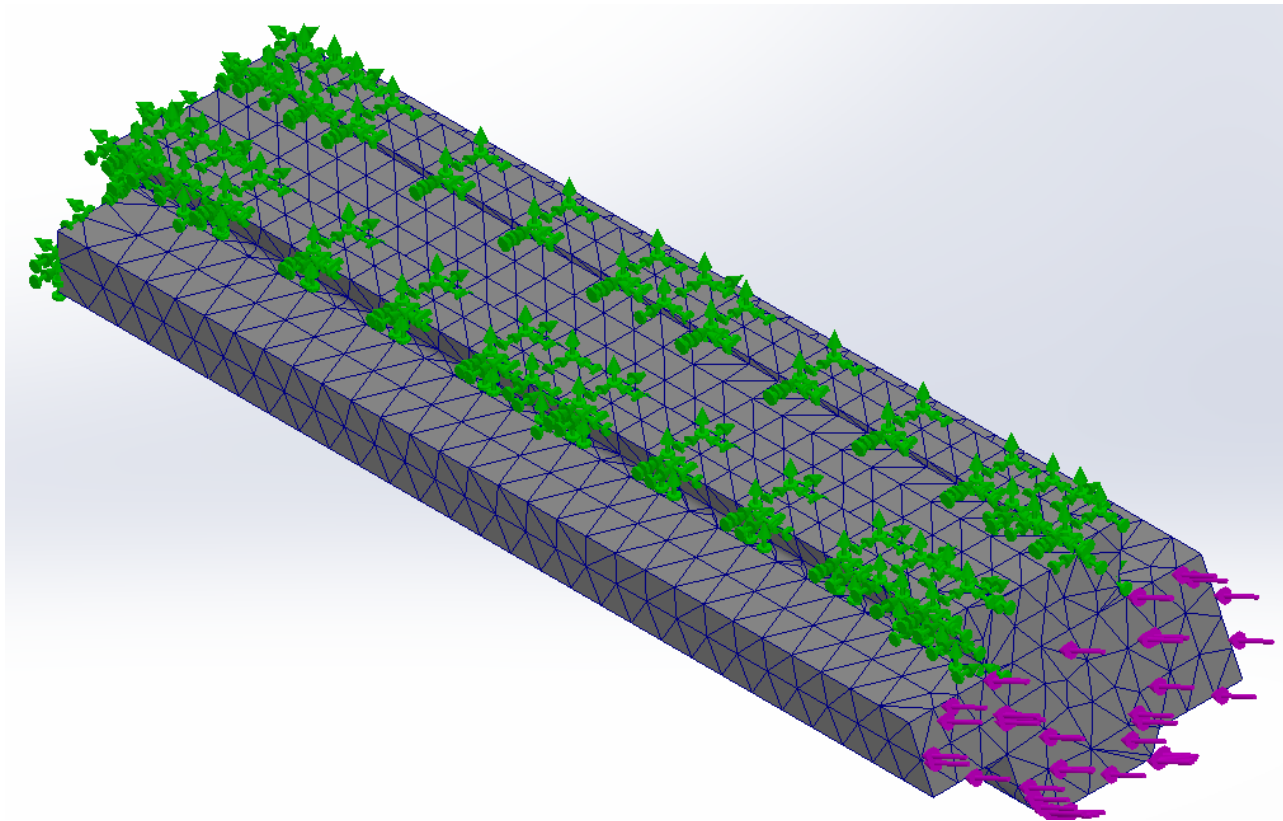


Рисунок 4.4 - Кінцеві елементів (сітка) призматичного фасонного різця

4.2.2 Результати аналізу

Мінімальне значення: $[0,000\text{e}+00]$ Н/м²

Максимальне значення: $[1,837\text{e}+08]$ Н/м²

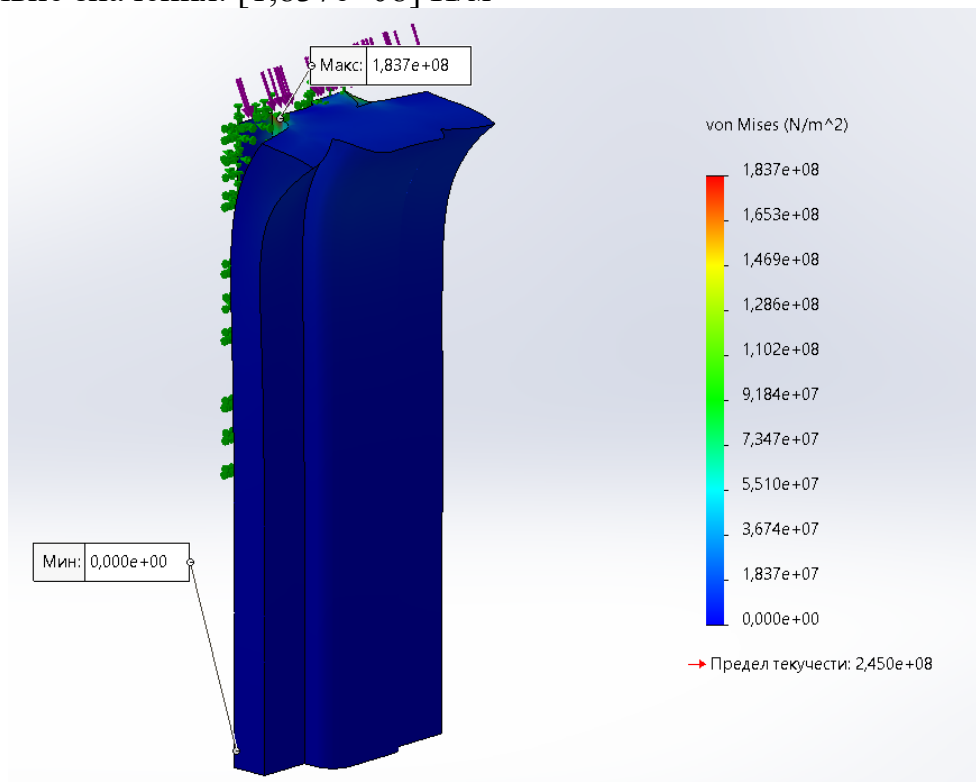


Рисунок 4.5 – Епюра напружень (Von Mises) призматичного фасонного різця

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.26.1-24.04.ПІАРІ

Арк.
50

Максимальні напруження значно нижчі за границю пластичності ($6,500 \times 10^8 \text{ Н/м}^2$), що свідчить про надійність конструкції при заданому навантаженні (рис. 4.3). Конструкція не входить у пластичну область.

4.2.2.2 Епюра переміщень (Resultant Displacement)

Мінімальне значення: $[1,000\text{e-}30] \text{ мм}$

Максимальне значення: $[1,969\text{e-}03] \text{ мм}$

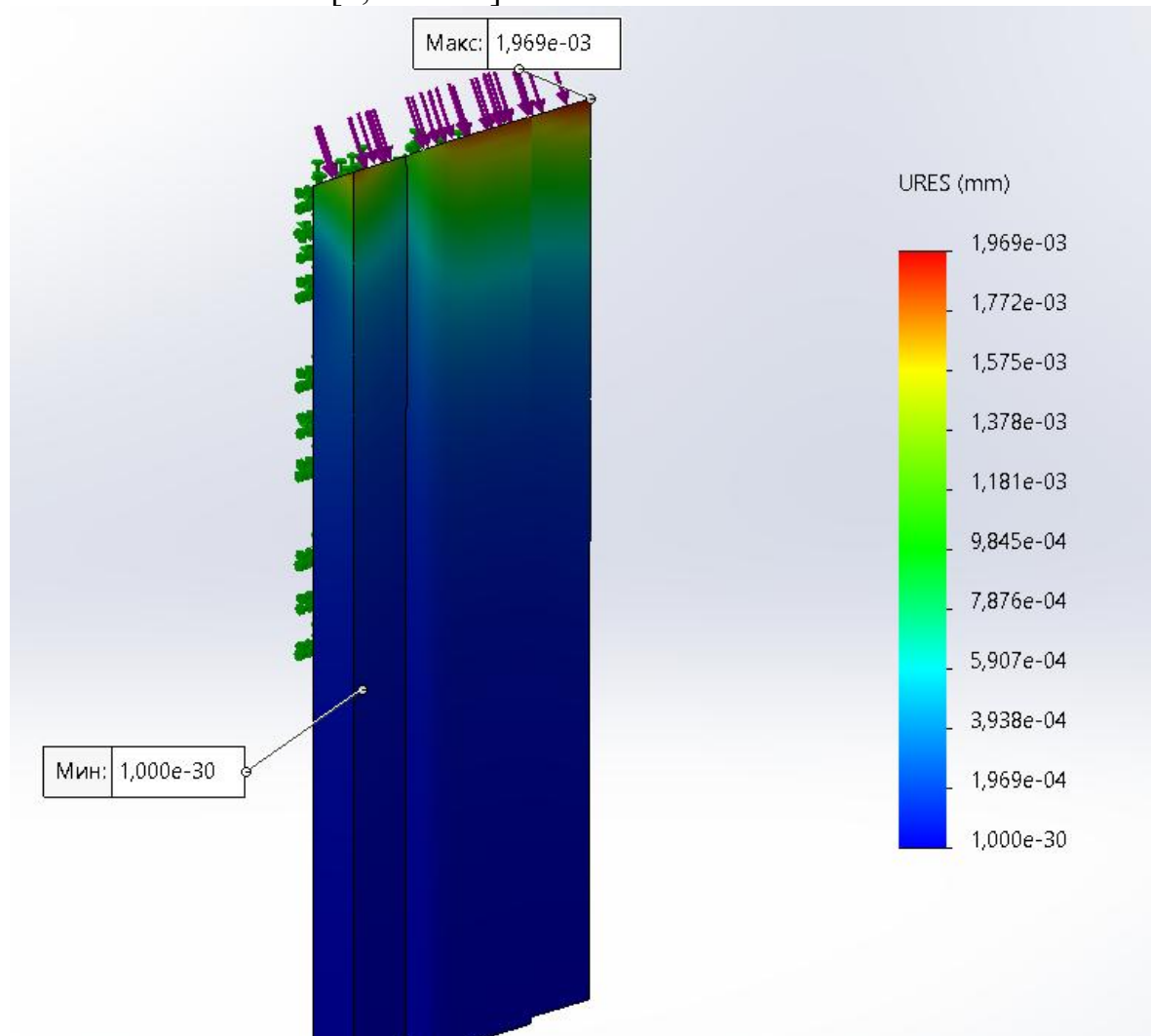


Рисунок 4.6 – Епюра «Переміщення» призматичного фасонного різця

Переміщення незначні (рис. 4.4). Даний рівень деформації допустимий для точного інструменту, не впливає на геометрію або працездатність.

					КНУ.КБР.131.26.1-24.04.ПІАРІ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2.2.3 Епюра деформацій (Equivalent Strain)

Мінімальне значення: [0,000e+00]

Максимальне значення: [4,161e-04]

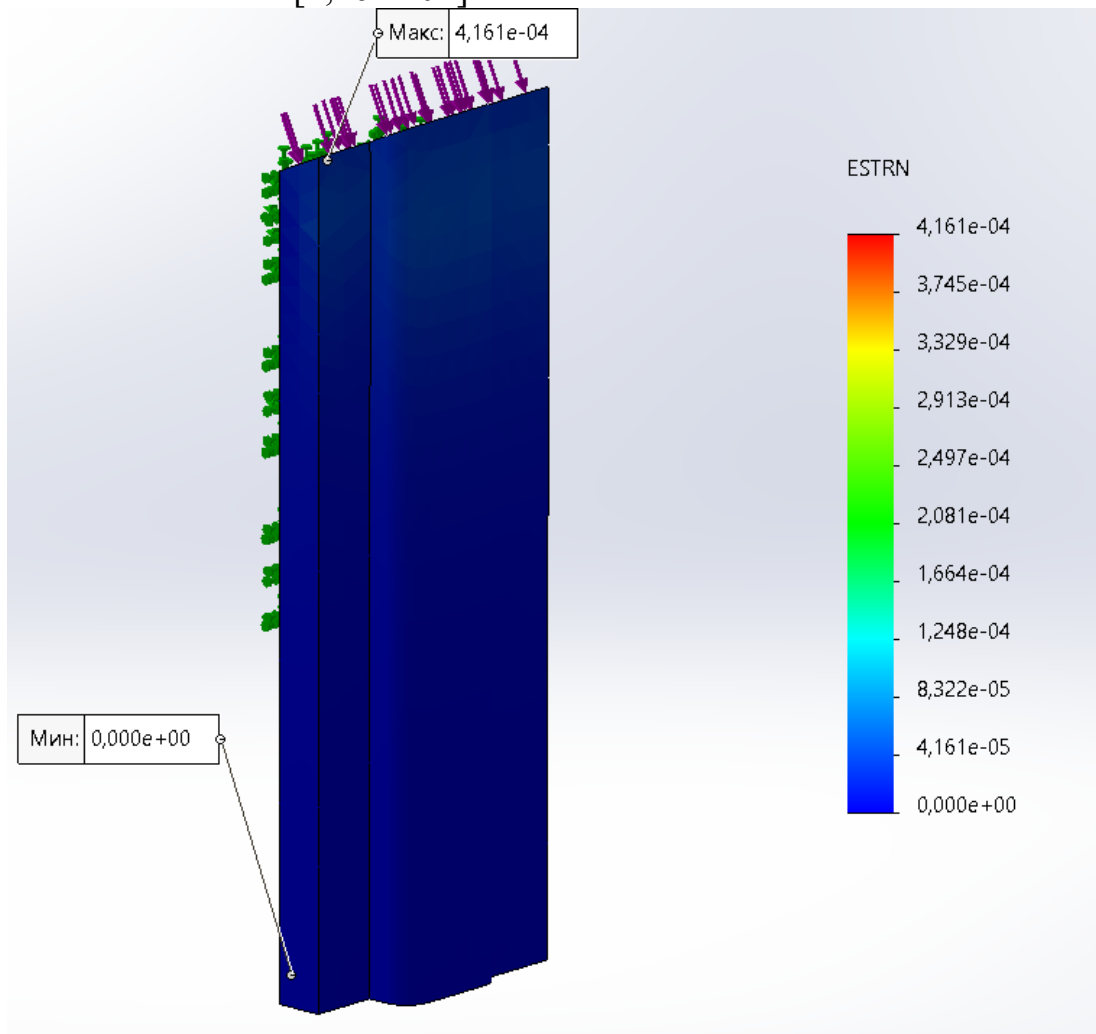


Рисунок 4.7 – Епюра «Деформація» у додатку Simulation призматичного фасонного різця

Значення деформацій свідчить про еластичну поведінку матеріалу (рис. 4.5). Межа залишкових деформацій не досягнута.

Висновок

На основі проведеного статичного аналізу можна зробити висновок, що конструкція призматичного фасонного різця при прикладеному навантаженні в 1000 Н працює в межах пружного режиму.

Напруження, деформації та переміщення не перевищують допустимі межі для матеріалу Р18.

З конструкційної точки зору, різець є механічно надійним і не потребує посилення чи зміни геометрії.

КНУ.КБР.131.26.1-24.04.ПІАРІ

Арк.

52

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

5 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора

Для реалізації технологічного процесу виготовлення деталі «Вал насоса» та забезпечення високої точності обробки фасонних поверхонь, моделювання операцій виконується в середовищі САМ-системи Autodesk FeatureCAM. Основним етапом підготовки є робота з проміжними файлами: розроблена у SolidWorks тривимірна модель вала експортується у форматі .(x_t), що дозволяє зберегти точну геометрію всіх ступенів, канавок (елементи Е, Ж) та галтелей для подальшого розпізнавання елементів системою автоматизованого програмування.

Відповідно до обраного технологічного маршруту, механічна обробка проводиться на багатоцільовому токарно-фрезерному центрі DMG MORI CTX gamma 3000 TC. Верстат оснащений системою числового програмного керування (ЧПК) CELOS на базі SIEMENS 840D sl. Дана система підтримує роботу за 4 осями, що є критично важливим для точного позиціонування спеціального фасонного різця та фрезерування шпонкових пазів шириною 40 Н9 за одну установку.

Для перетворення розрахованих у FeatureCAM траєкторій руху інструменту в машинні коди (G-коди), зрозумілі системі SIEMENS, обрано відповідний постпроцесор.

Вибір постпроцесора зумовлений кінематичною схемою верстата з віссю В та потужним фрезерним шпинделем.

5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм

Для розроблення керуючої програми обробки деталі типу «Вал» було виконано комплексне моделювання технологічного процесу в середовищі автоматизованого програмування Autodesk FeatureCAM. Розрахунок траєкторій руху інструменту здійснювався з урахуванням технічних параметрів багатоцільового токарно-фрезерного центру DMG MORI CTX gamma 3000 TC, а також геометричних та міцнісних характеристик металорізального інструменту (зокрема спеціального фасонного різця), детально наведених у розділі 4.

У процесі комп'ютерного моделювання була сформована раціональна послідовність обробки поверхонь, що включає чорнове та чистове точіння ступенів, формування фасонних канавок (елементи Е, Ж).

					КНУ.КБР.131.26.1-24.05.МПОМО					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Чайка			Моделювання та програмування операцій механічної обробки			Лім.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Рязанцев								
Реценз.								Кафедра ТМ. гр. ПМ-22		
Н.Контр.		Нечаєв								
Зав.каф.		Рязанцев								

Виконана симуляція дозволила здійснити верифікацію технологічних рішень на предмет їхньої коректності, перевірити відсутність зарізів профілю та виключити можливість зіткнень елементів інструментальної системи з вузлами обладнання.

На рисунках 5.1–5.9 представлено ключові етапи віртуальної симуляції обробки деталі «Вал» та отримані результати моделювання траєкторій.

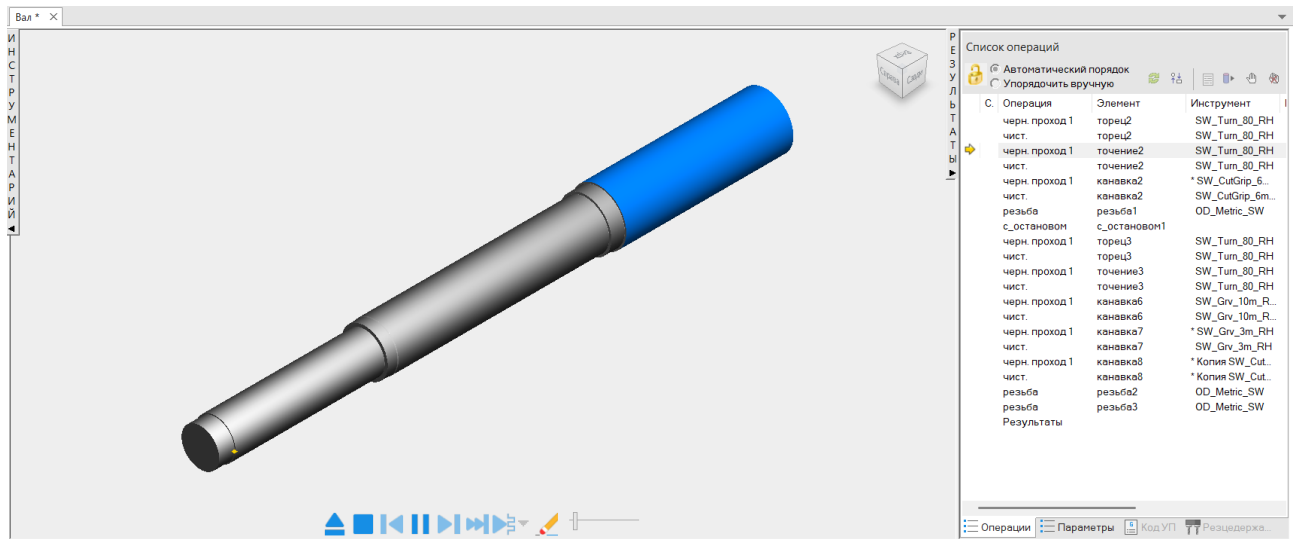


Рисунок 5.1 – Точіння Установ 1

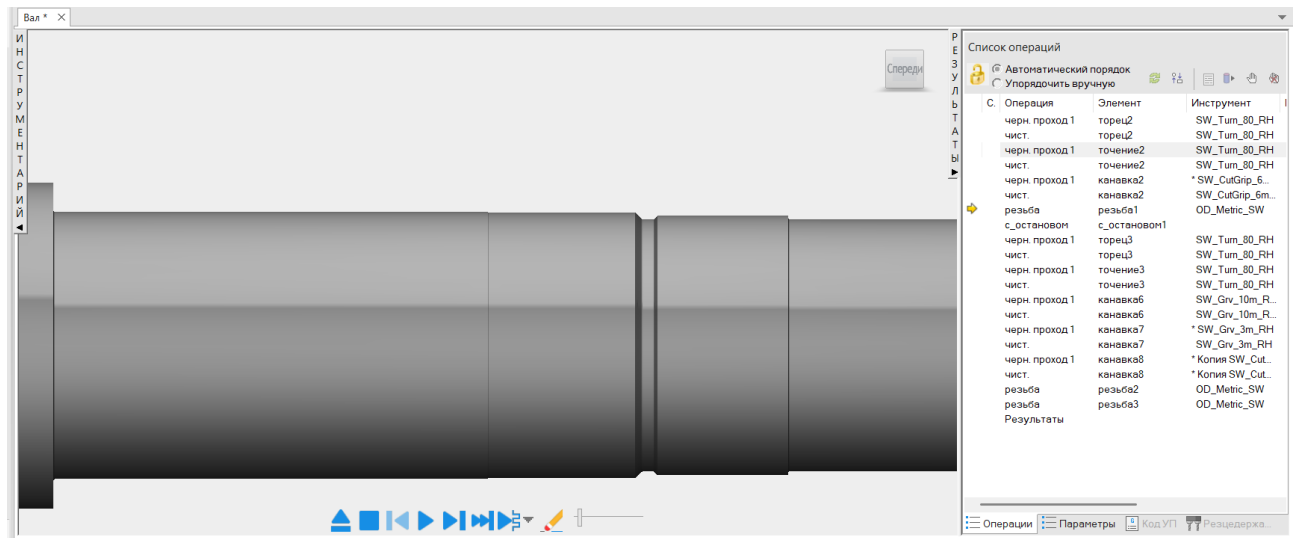


Рисунок 5.2 – Канавка 1

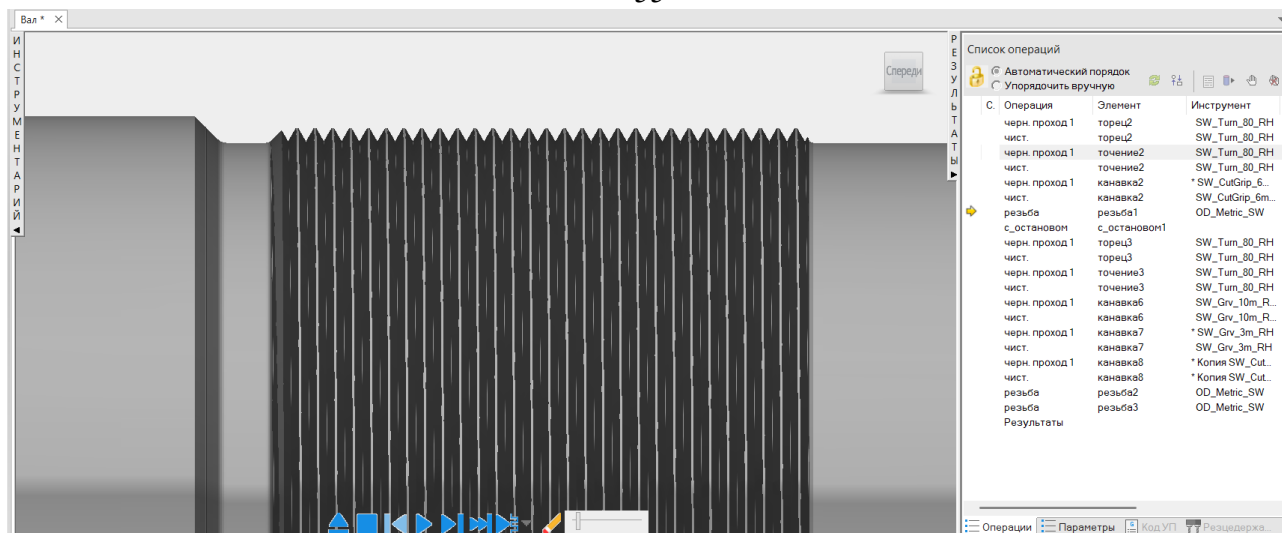


Рисунок 5.3 – Нарізаний профіль різьби

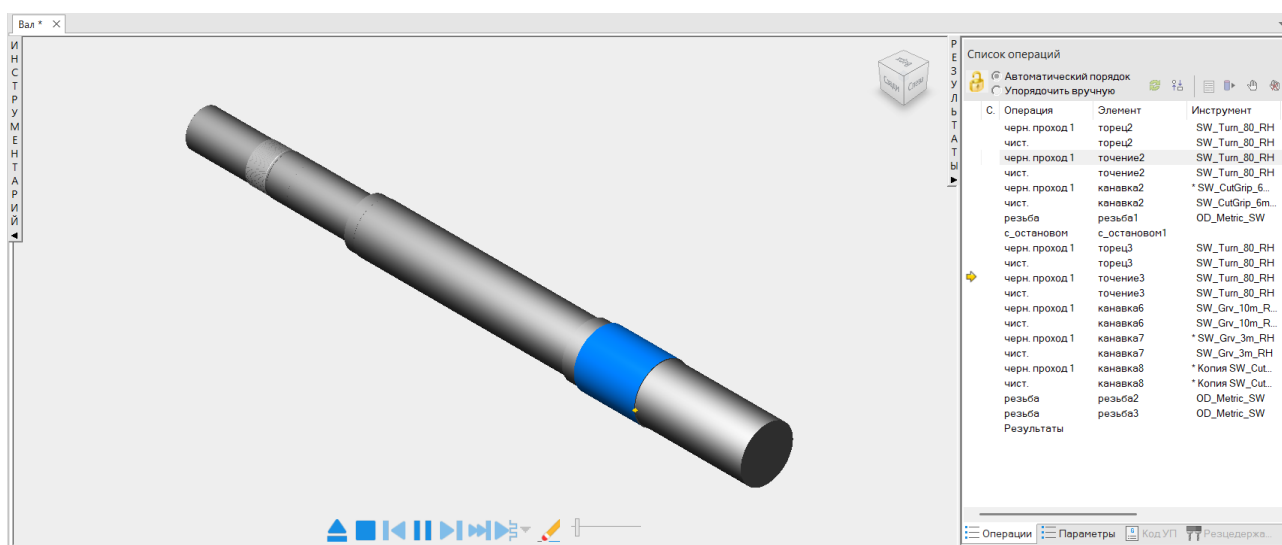


Рисунок 5.4 – Точіння Установ 2

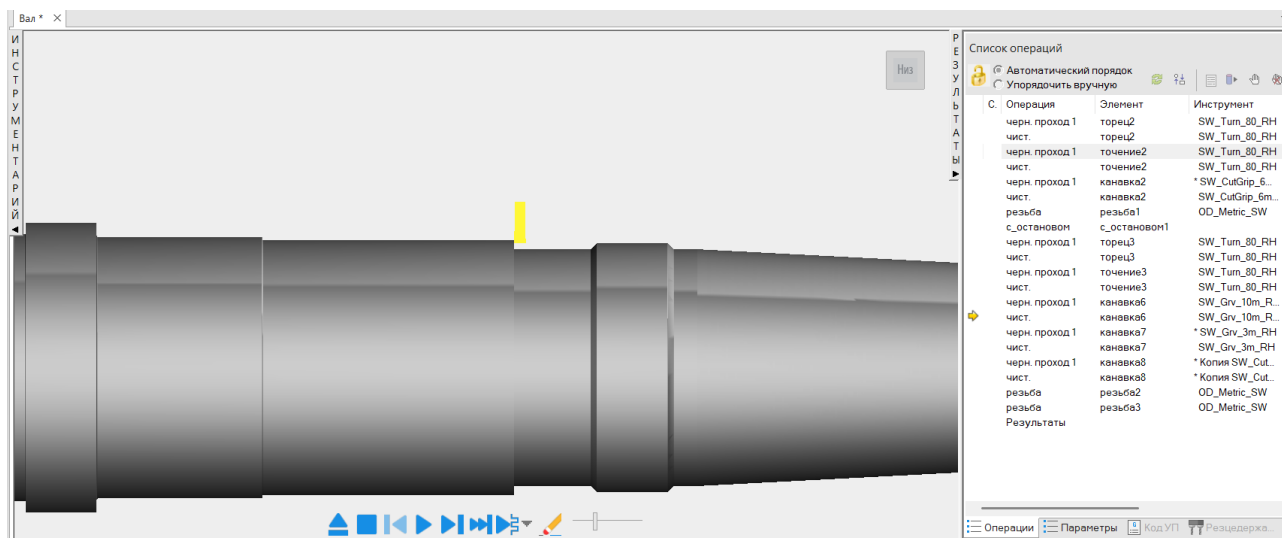


Рисунок 5.5 – Канавка 2 в Установ 2

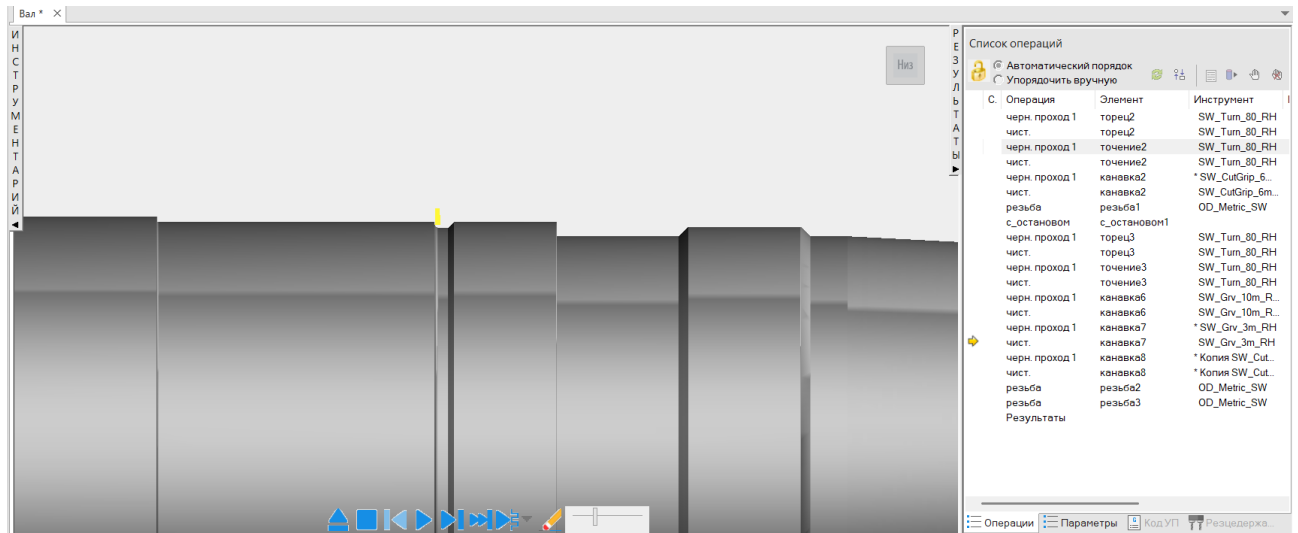


Рисунок 5.5 – Канавка 3 в Установ 2

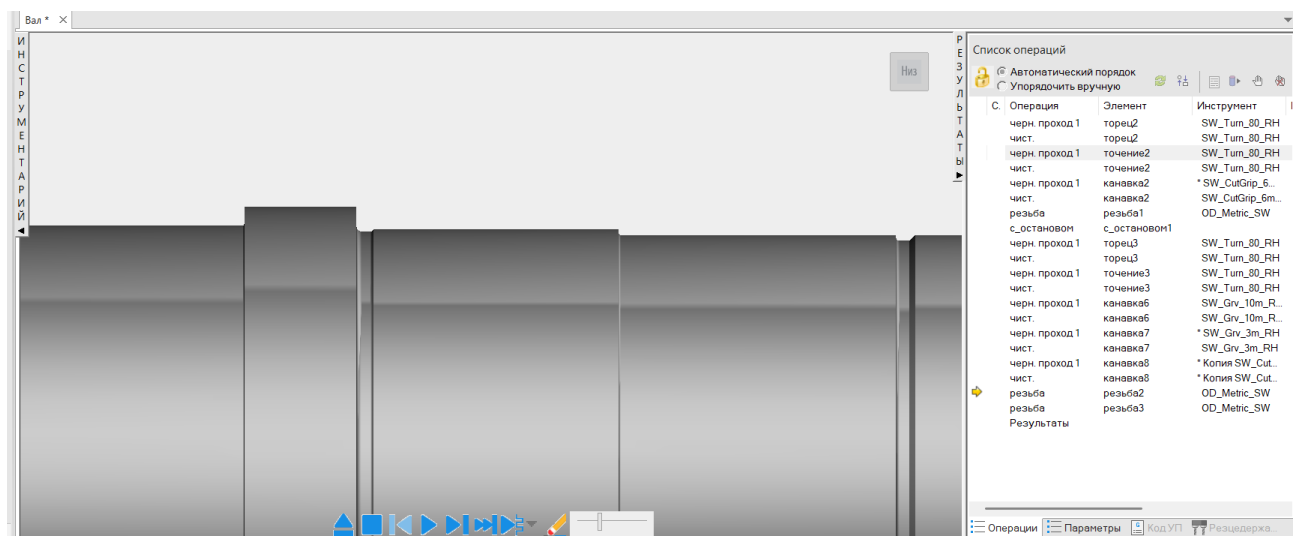


Рисунок 5.6 – Галтель в Установ 2

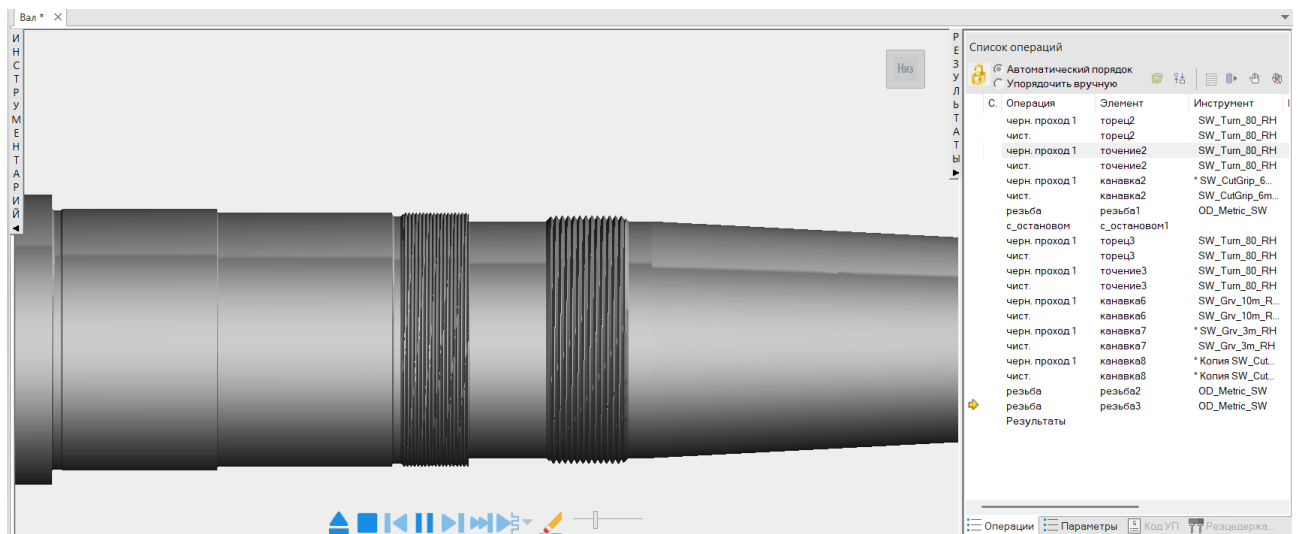


Рисунок 5.7 – Нарізаний профіль різьби

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.26.1-24.06.0ЕПВ

Арк.

56



Рисунок 5.8 – Повністю оброблена 3D-модель деталі "Вал"

```

Код УП
● P1: Верхний резцедержатель

%
ОВал( FILENAME = Вал)
N20 G20 G40
N25 G28 U0
N30 G28 W0
( OPERATION: ROUGH FACE ТОРЕЦ2 )
N40 T101
N45 G50 S3000
N50 G96 S1200 M4
N55 G0 X10.4724 Z0.315 M8
N60 X10.4099 Z0.0039
N65 G1 X-0.0625 F0.01
N70 Z0.1969
N75 X-0.0347 Z0.2108
N80 G0 Z0.315
( OPERATION: FINISH FACE ТОРЕЦ2 )
N90 G0 X10.4724
N95 G50 S3000
N100 G96 S1600
N105 G0 X10.4724 Z0.315 M8
N110 Z0.
N115 G1 X-0.0625 F0.01
N120 X0.1487 Z0.1056
N125 G0 Z0.315
( OPERATION: ROUGH TURN ТОЧЕНИЕ2 )
N135 G0 X10.9611 Z0.3625
N140 G50 S3000
N145 G96 S1200

```

: Операции : Параметры G Код УП T Резцедержатели

Рисунок 5.9 - Фрагмент КП отриманої у Feature CAM

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.26.1-24.06.0ЕПВ

Арк.

57

6. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Організаційно-економічна підготовка виробництва (ОЕПВ) – це комплекс заходів, спрямованих на забезпечення ефективного та економічно вигідного запуску та функціонування виробничого процесу. Вона охоплює широкий спектр питань, від планування та організації робочих місць до розрахунку собівартості продукції.

Одним з найважливіших аспектів ОЕПВ є розрахунок ключових техніко-економічних показників, зокрема технологічної собівартості.

Технологічна собівартість – це сукупність витрат, безпосередньо пов'язаних з процесом виробництва продукції.

Вона включає в себе:

Витрати на сировину та матеріали: Вартість основних та допоміжних матеріалів, необхідних для виготовлення продукції.

- Витрати на оплату праці виробничих робітників: Заробітна плата робітників, безпосередньо задіяних у виробничому процесі.

- Витрати на електроенергію, воду та інші енергоресурси: Вартість енергії, спожитої обладнанням та іншими виробничими процесами.

- Амортизація обладнання: Відрахування на відшкодування зносу обладнання, що використовується у виробництві.

- Витрати на утримання та експлуатацію обладнання: Витрати на ремонт, технічне обслуговування та інші роботи, пов'язані з підтримкою обладнання в робочому стані.

Точний розрахунок технологічної собівартості дозволяє:

- Оцінити економічну ефективність виробництва: Порівняння технологічної собівартості з ринковою ціною продукції дозволяє визначити прибутковість виробництва.

- Виявити резерви зниження витрат: Аналіз структури технологічної собівартості дозволяє виявити статті витрат, які можна оптимізувати.

- Приймати обґрунтовані управлінські рішення: Інформація про технологічну собівартість необхідна для прийняття рішень щодо ціноутворення, вибору технологій та інших важливих питань.

Таким чином, організаційно-економічна підготовка виробництва, з акцентом на розрахунок технологічної собівартості, є критично важливим елементом для забезпечення конкурентоспроможності та прибутковості будь-якого виробничого підприємства.

					КНУ.КБР.131.26.1-24.06.ОЕПВ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Чайка			Організаційно – економічна підготовка виробництва			Лім.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Рязанцев								
Реценз.								Кафедра ТМ. гр. ПМ-22		
Н.Контр.		Нечаєв								
Зав.каф.		Рязанцев								

Вона дозволяє не лише контролювати витрати, але й активно шукати шляхи їх оптимізації, що в кінцевому підсумку сприяє підвищенню ефективності та успіху бізнесу.

Вихідні дані, подані в Таблиці 6.1. Ці дані містять ключову інформацію, необхідну розуміння поточної ситуації та формування обґрунтованих висновків. На їх основі ми зможемо провести необхідні обчислення. Важливо уважно вивчити подані дані, щоб забезпечити точність та надійність наступних етапів роботи.

Таблиця 6.1 – Дані для розрахунку

Вихідні дані			
Дані	Базовий варіант		Новий варіант
	1A64	6M610Ф 11	DMG MORI CTX
Деталь			
Річний обсяг випуску деталей N , шт.	1500		1500
Кількість запусків партій деталей в рік, шт.	20		20
Тривалість випуску деталей Z , рік	3		3
Штучний час обробки деталі $t_{шт}$, хв.	210,5	14	158
Час наладки верстата, хв.	16	4	18
Розряд:			
	контролера		5
	верстатника		3
	наладчика		3
наладчика інструменту			4
			4
Кількість кадрів програми, шт.	30		725
Вартість заготовки $S_{заг}$, грн.	8526		8526

Продовження таблиці 6.1

Вартість комплекту спец. пристосувань К_{пр} , грн	50000	45000	70000
Оптова ціна на прокат одного УСП Ц_{усп} , грн			
Середній час налагодження за прибором одного інструменту поза верстатом, хв.	1,5	1	1
Середній період стійкості інструменту, хв.	45	90	120
Середня кількість граней пластинки, шт.	1	3	3
Коефіцієнт, що враховує питому вагу основного часу в штучному к_т	0,083	0,083	0,083
Вартість одного кадру ПК, грн.		8,9	8,9
Вартість розробки ПК К_{пк} , грн.		267	6452,5
Середньочасова зарплатня робітника, грн:			
верстатника Н_{ст}	130	130	130
наладчика Н_{нал}	135	130	140
наладчика інструмента Н_{ін}	120	120	130
контролера Н_к	115		115

Продовження таблиці 6.1

Верстати			
Клас точності верстата	Н	Н	А
Маса верстата, т	11,4	47,5	25
Габарити верстата (довжина x ширина), м.	5,825 x 2	10,55 x 7	6,8 x 5
Габарити пристрою ЧПК, м		1x1	1 x 1
Тип пристрою ЧПК			SIEMENS 840D sl
Строк служби верстата до капітального ремонту T_{pc} , років	7	8	10
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	18	37	36
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:			
механічної частини R_m	27,7	27,8	26,86
електротехнічної частини R_e	14	18,9	20,8
Кількість верстатів, що обслуговує один робочий d , шт	1	1	2
Оптова ціна верстата Π , грн.	490000	975000	6700000
Коефіцієнт завантаження верстата η_z	0,75	0,2	0,9
Площа верстата за габаритами A , м. кв.	11,7	73,9	34,0
Площа пристрою ЧПК A_y , м. кв.		1	1
Витрати на одну одиницю ЕРС верстата, грн.			
механічної частини H_m	401	401	272
електротехнічної частини H_e	86	86	60
Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК Q , грн.	0	0	1950
Коеф., що враховує додаткову площу верстата, γ	2,5	2,5	2,5
Коеф., що враховує клас точності верстата, μ	1	1	1,8
Ефективний річний фонд часу роботи верстата $\Phi_{об}$, год	3975	3975	3845

					КНУ.КБР.131.26.1-24.06.0ЕПВ	Арк. 61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 6.1

<i>Виробничі та інші площі</i>			
Вартість 1 м. кв. площі механічної Цпл.зд., грн	500		500
Вартість 1 м. кв. площі, що займають службово-побутові приміщення Цсл. поб, грн	1000		1000
Площа службово-побутових приміщень, що приходяться на одного робочого Аб , м. кв.	7		7
Витрати на утримання та амортизаційні витрати на 1 м. кв. цеху Нпл, грн.	180	180	200

					<i>КНУ.КБР.131.26.1-24.06.0ЕПВ</i>	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 6.1

Розрахунок допоміжних показників			
Дані	Базовий варіант		Новий варіант
	1A64	6M610Ф 11	DMG MORI CTX
Трудомісткість обробки $T_{шт}$, год	750	350	1200
Час наладки верстата впродовж року T_n , год	5,3333333	1,333333	6
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року $T_{н.ін}$, год	0,00	1,348148	20,00
Час контролю деталей впродовж року T_k , год	62,25	29,05	99,6
Кількість верстатників $P_{ст}$, чол. (розрах.)	0,40	0,19	0,32
(дійсна)	1	1	1
Кількість наладчиків верстатів P_n , чол. (розрахункова)	0,0029	0,0007	0,0032
(дійсна)	1	1	1
Кількість наладчиків інструмента поза верстатом $P_{н.ін}$, чол. (розрахункова)	0,0000	0,000725	0,01075
(дійсна)	0	1	1
Кількість контролерів P_k , чол. (розрах.)	0,03	0,016	0,05
(дійсна)	1		1
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК $P_{дод}$, чол (розрахункова)	0,00	0,22	0,17
(дійсна)	0	1	1
Загальна кількість працівників на річну програму випуску деталей, чол.	7		5
Частка завантаження верстата обробкою деталі в обсязі річного випуску β	0,18	0,4419	0,35

Для забезпечення точності та наочності представлених даних, всі ключові техніко-економічні показники були розраховані за допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel.

					КНУ.КБР.131.26.1-24.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Його інструменти дозволили провести комплексний аналіз та візуалізувати отримані результати.

Розраховуємо собівартість механічної обробки річного випуску деталей.

Собівартість механічної обробки річного випуску деталей

$$И_{ин} + И_{пк} + И_{пр} + И_{уп} + И_{а} + И_{пл} + И_{сл} + И_{р} + И_{у} + И_{к},$$

де $И_{ин}$ – витрати на утримання приміщення, яке займає верстат;
 $И_{пк}$ – витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень;
 $И_{пр}$ – витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання;
 $И_{уп}$ – витрати на підготовку та поновлення керуючої програми;
 $И_{а}$ – витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК;
 $И_{у}$ – витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань;
 $И_{к}$ – зарплата контролера
 $И_{уп}$ – витрати на прокат універсально-збірних пристосувань при їх використанні;

С1 на деталь = 239,30

С2 на деталь = 190,21

тизаційні відрахування на повне відновлення обладнання;

	И _и		И _и		И _{пк}		И _{пр}		И _{усп}		И _а		И _{пл}		И _{сл}		И _р		И _у		И _к		
+	1404,75	+	161,78	+	0,18	+	35466,67	+	0	+	3880,80	+	15828,91	+	49000	+	7860,9	+	0,0	+	10499,50	=	358943,60
+	1320,88	+	234,00	+	2150,8333	+	26133,33	+	0	+	70309,80	+	3024,00	+	35000	+	5365,9	+	679,6	+	11454	=	285317,74

Таблиця 6.1 – Собівартість механічної обробки річного випуску деталей

Потім розраховуємо зарплатню верстатника (основна та додаткова) Из

1. Зарплата верстатника (основна та додаткова) И_з

$$И_{з.заг} \cdot T_{шт} / d$$

де $И_{з.заг}$ – середньочасова заробітна платня верстатників зі усіма нарахуваннями, грн.;

$T_{шт}$ – час обробки деталей в обсязі їх річного випуску, год;

d – кількість верстатів, які обслуговує один робочий

$$И_{з.заг} = И_{ст} + З_{д} + С_{відр} + С_{прем}$$

де $И_{ст}$ – тарифна ставка верстатника, грн;

$З_{д}$ – додаткова заробітна платня, 8%

$С_{відр}$ – відрахування на соціальне страхування, 12%

$С_{прем}$ – преміальні доплати, 35%

$$T_{шт} = t_{шт} \cdot N / 60$$

Базовий варіант				Новий варіант			
				DMG MORI CTX	$И_{з} = И_{з.заг} \cdot T_{шт} / d$		
					129645	216,08	1200 2
1A64	$И_{з} = И_{з.заг} \cdot T_{шт} / d$			Всього И _{з2}	129645		
	159214	212,28	750 1				
6M610Ф11	$И_{з} = И_{з.заг} \cdot T_{шт} / d$						
	75626	216,08	350 1				
Всього И _{з1}	234840						

Таблиця 6.2 – Зарплата верстатника (основна та додаткова) Из

Далі визначаємо зарплатню за наладку верстата И_н

2. Зарплата за наладку верстата И_н

$$И_{н} = И_{нал} \cdot T_{н}$$

де $И_{нал.заг}$ – середньочасова зарплата наладчиків з усіма нарахуваннями, грн;

$И_{нал}$ – зарплата за наладку верстата впродовж року, год

$$И_{нал} = З_{д} + С_{відр} + С_{прем}$$

де $И_{нал}$ – тарифна ставка наладчика, грн;

$З_{д}$ – додаткова заробітна платня, 8%

$С_{відр}$ – відрахування на соціальне страхування, 12%

$С_{прем}$ – преміальні доплати, 30%

$$p / 60$$

де $t_{н}$ – час наладки верстата для обробки партії деталей, хв;

j_p – кількість запусків партій деталей за рік

Базовий варіант				Новий варіант			
				DMG MORI CTX	$И_{н} = И_{нал} \cdot T_{н}$		
					1320,88	220,15	6
1A64	$И_{н} = И_{нал} \cdot T_{н}$			Всього И _{н2}	1320,88		
	1132,19	212,28	5,333333				
6M610Ф11	$И_{н} = И_{нал} \cdot T_{н}$						
	272,56	204,42	1,333333				
Всього И _{н1}	1404,75						

Таблиця 6.3 – Зарплата за наладку верстата И_н.

					КНУКБР.131.26.1-24.06.06ПВ		Арк.
							64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Після цього проводимо розрахунки зарплатні наладжувальника інструмента поза верстатом, Нін.

3. Зарплатня наладжувальника інструмента поза верстатом, $I_{\text{нн}}$		Базовий варіант			Новий варіант			
$I_{\text{нн}}$ – дньочасова зарплатня наладчика, грн; $T_{\text{нн}}$ – час, який затрачується на налагодження інструмента поза верстатом, хв $3 \cdot t_{\text{нн}} \cdot T_{\text{шт}} \cdot \text{КТ} / (T \cdot n\Gamma)$ де 1,3 – коеф., що враховує випадкову втрату інструменту та його вихід з ладу; $t_{\text{нн}}$ – середній час налагодження за прибором одного інструмента, хв.; $T_{\text{шт}}$ – час обробки деталей в обсязі їх річного випуску поза верстатом з ЧПК, год; КТ – коеф., який враховує питому вагу основного часу в штучному і дорівнює 0,7...0,85; T – середній період стійкості інструменту, хв.; nГ – кількість граней пластинки, що не переточується	0	$I_{\text{нн}} =$	$H_{\text{нн}} \cdot$	$T_{\text{нн}}$	DMG MORI CTX	$I_{\text{нн}} =$	$H_{\text{нн}} \cdot$	$T_{\text{нн}}$
		0	0	0		1112,00	55,6	20,00
	1A64	$I_{\text{нн}} =$	$H_{\text{нн}} \cdot$	$T_{\text{нн}}$	Всього $I_{\text{нн}2}$	1112,00		
		0,00	130	0,00				
	6M610Ф11	$I_{\text{нн}} =$	$H_{\text{нн}} \cdot$	$T_{\text{нн}}$				
		161,78	120	1,348148				
0	$I_{\text{нн}} =$	$H_{\text{нн}} \cdot$	$T_{\text{нн}}$					
	0,00	0	0					
Всього $I_{\text{нн}1}$	161,78							

Таблиця 6.4 – Зарплатня наладжувальника інструмента поза верстатом, Нін

На наступному етапі розраховуємо витрати на підготовку та поновлення керуючої програми $I_{\text{пк}}$.

4. Витрати на підготовку та поновлення керуючої програми $I_{\text{пк}}$				Базовий варіант			Новий варіант			
$I_{\text{пк}} = K_{\text{пк}} / Z$	6M610Ф11	$I_{\text{пк}} =$ 0,178	$K_{\text{пк}} /$ 267	Z 1500			DMG MORI CTX	$I_{\text{пк}} =$ 2150,833	$K_{\text{пк}} /$ 6452,5	Z 3
							Всього $I_{\text{пк}2}$	2150,833333		
					1A64	$I_{\text{пк}} =$ 0,00	$K_{\text{пк}} /$ 0	Z 3		
					Всього $I_{\text{пк}1}$	0,18				

Таблиця 6.5 – Витрати на підготовку та поновлення керуючої програми $I_{\text{пк}}$

В подальшому здійснюємо розрахунок витрат на ремонт та утримання спеціальних пристосувань $I_{\text{пр}}$.

5. Витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань $I_{\text{пр}}$	<u>Базовий варіант</u>				Новий варіант			
					DMG MORI CTX	$I_{\text{пр}} =$	$K_{\text{пр}} \cdot (1/Z + 0,04)$	
						26133,33	70000	0,333
	1A64	$I_{\text{пр}} = K_{\text{пр}} \cdot (1/Z + 0,04)$			Всього $I_{\text{пр}2}$	26133,33333		
		18666,6667 50000 0,333333						
	6M610Ф11	$I_{\text{пр}} = K_{\text{пр}} \cdot (1/Z + 0,04)$						
	16800 45000 0,333333							
	Всього $I_{\text{пр}1}$	35466,66667						

де 0,04 – коеф., що враховує витрати на ремонт спеціальних пристосувань

Таблиця 6.6 – Витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань $I_{\text{пр}}$

					КНУКБР.131.26.1-24.06.06ПВ			Арк.
								65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

Далі виконуємо обчислення витрат на прокат універсально-збірних пристосувань при їх використанні $I_{усп}$

6. Витрати на прокат універсально-збірних пристосувань при їх використанні $I_{усп}$		Базовий варіант		Новий варіант	
$I_{усп} = C_{усп} \cdot j_p$ де $C_{усп}$ – оптова ціна за прокат одного пристосування, грн				DMG MORI CTX	$I_{усп} = C_{усп} \cdot j_p$
					0 0 20
		1A64	$I_{усп} = C_{усп} \cdot j_p$	Всього $I_{усп2}$	0
		6M610Ф11	$I_{усп} = C_{усп} \cdot j_p$		
			0 0 20		
		Всього $I_{усп1}$	0		

Таблиця 6.7 – Витрати на прокат універсально-збірних пристосувань при їх використанні $I_{усп}$

Далі рахуємо амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання I_a .

7. Амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання I_a		Базовий варіант		Новий варіант	
$I_a = K_6 \cdot A$ де A – норма амортизаційних відрахувань на повне відновлення верстата, що приймається: • для верстатів масою до 10 т, які оброблюють деталі металевими та абразивними інструментами, відповідно – <u>0,053</u> та <u>0,056</u> ; • для верстатів масою вище 10 т – <u>0,04</u> та <u>0,042</u> відповідно				DMG MORI CTX	$I_a = K_6 \cdot A$
					70309,80 1326600 0,053
		1A64	$I_a = K_6 \cdot A$	Всього I_{a2}	70309,80
		6M610Ф11	$I_a = K_6 \cdot A$		
			3880,80 97020 0,04		
		Всього I_{a1}	3880,80		

Таблиця 6.8 – Амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання I_a

Після цього підраховуємо витрати на утримання приміщення, яке займає верстат $I_{пл}$.

8. Витрати на утримання приміщення, яке займає верстат $I_{пл}$		Базовий варіант		Новий варіант	
$I_{пл} = H_{пл} \cdot (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$ де $H_{пл}$ – вартість амортизації та утримання 1 м. кв. площі механічного цеху • для верстатів класів точності Н та П – <u>180 грн</u> • для верстатів класів точності В та ОВ – <u>200 грн</u>				DMG MORI CTX	$I_{пл} = H_{пл} \cdot (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$
					6098,8 200 34 1 2,5 0,35
		1A64	$I_{пл} = H_{пл} \cdot (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$	Всього $I_{пл2}$	6098,83
		6P13П	$I_{пл} = H_{пл} \cdot (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$		
			14885,26 180 73,85 1 2,5 0,44		
		Всього $I_{пл1}$	15828,91		

Таблиця 6.9 – Витрати на утримання приміщення, яке займає верстат $I_{пл}$

Потім рахуємо витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень $I_{сл}$.

					КНУКБР.131.26.1-24.06.06ПВ		Арк.
							66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

9. Витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень $I_{сл}$

$$I_{сл} = H_{пл} \cdot A_6 \cdot (P_{ст} + P_n + P_{под} + P_k)$$

Базовий варіант						
Ксл =	Цпл.6	A6	(Рст +	Рн +	Рпод +	Рк)
49000	1000	7	2	3	1	1
Всього Ксл	49000					

Новий варіант						
Ксл =	Цпл.6	A6	(Рст +	Рн +	Рпод +	Рк)
35000	1000	7	1	2	1	1
Всього Ксл2	35000					

Таблиця 6.10 – Витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень $I_{сл}$

Далі проводимо підрахунки витрат на ремонт та технічне обслуговування обладнання I_p .

10. Витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання I_p

$$I_p = (H_m \cdot R_m + H_e \cdot R_e) \cdot \mu \cdot \beta$$

де H_m, H_e – витрати на одиницю ремонтної складності відповідно механічної та електротехнічної частин, грн.;
 R_m, R_e – ремонтна складність відповідно механічної та електротехнічної часток, що приймається за паспортом верстата, а для деяких верстатів ЧПК;
 μ – коефіцієнт, який враховує клас точності верстата, що приймається для класів точності Н, П, В, А, С – відповідно 1, 1,2; 1,5; 1,8; 2,2

Базовий варіант						
	$I_p = (H_m \cdot R_m + H_e \cdot R_e) \cdot \mu \cdot \beta$					
1A64	2216,1	401	27,7	86	14	1 0,18
6P13П	5644,8	401	27,8	86	18,9	1 0,44
Всього I_{p1}	7860,9					

Новий варіант						
	$I_p = (H_m \cdot R_m + H_e \cdot R_e) \cdot \mu \cdot \beta$					
DMG MORI CTX	5365,9	272	26,86	60	20,8	1,8 0,35
Всього I_{p2}	5365,9					

Таблиця 6.11 – Витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання I_p

Слідом за цим розраховуємо витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК I_y .

уговування і ремонт ЧПК I_y

де Q – річні витрати при експлуатації у дві зміни і повній загрузці верста з ЧПК, грн

Базовий варіант			
	$I_y = Q \cdot \beta$		
1A64	0	0	0,18
6P13П	0	0	0,44
Всього I_{y1}	0,0		

Новий варіант			
DMG MORI CTX	$I_y = Q \cdot \beta$	679,6	1950 0,35
Всього I_{y2}	679,6		

На завершення розраховуємо зарплатню контролера I_k .

12. Зарплатня контролера I_k

$$I_k = H_k \cdot T_k$$

де H_k – середньочасова заробітна платня контролера 5-го розряду, грн.;

T_k – час контролю деталей впродовж року, год.

Для базових верстатів:

$$T_{k1} = 0,083 \cdot T_{шт}$$

де 0,083 – середньостатистична частка трудомісткості контрольних операцій

Для обробки на верстатах з ЧПК

$$T_{k1} = 0,2 \cdot T_{шт}$$

Базовий варіант			
	$I_k = H_k \cdot T_k$		
1A64	7158,75	115	62,25
6P13П	3340,75	115	29,05
Всього I_{k1}	10499,50		

Новий варіант			
DMG MORI CTX	$I_k = H_k \cdot T_k$	11454	115 99,6
Всього I_{k2}	11454		

Таблиця 6.13 – Зарплатня контролера I_k

Тепер розраховуємо капітальні вкладення споживача.

Капітальні вкладення споживача

$$K = K_6 + K_{зд} + K_{сл} + K_{нез} + K_{пр} + K_{п.у.}$$

де K_6 – балансова вартість верстата, грн;

$K_{зд}$ – вартість приміщення, яке займає верстат, грн.;

$K_{сл}$ – вартість службово-побутових приміщень, грн.;

$K_{нез}$ – обігові кошти в незакінченому виробництві, грн.;

$K_{пр}$ – вартість комплексу спеціальних пристосувань, які використовуються на верстатах при обробці деталей, грн.;

$K_{п.у.}$ – витрати на створення керуючої програми (КП), грн.

K_6	$K_{зд}$	$K_{сл}$	$K_{нез}$	$K_{пр}$	$K_{п.у.}$		
$K_1 = 570989$	$+ 43969$	$+ 49000$	$+ 1209820$	$+ 95000$	$+ 267$	$=$	1969045
$K_2 = 1326600$	$+ 7875,00$	$+ 28000$	$+ 698310$	$+ 70000$	$+ 6452,5$	$=$	$2137237,08$

Таблиця 6.14 – Капітальні вкладення споживача

І тоді розраховуємо балансову вартість верстата K_6

1. Балансова вартість верстата K_6

$$K_6 = C \cdot \alpha \cdot \beta$$

де C – оптова ціна верстата, грн

α – коеф., що враховує витрати на доставку та встановлення верстата та приймається рівним 1,1;

β – частка завантаження верстата

$$\beta = T_{шт} + T_{п} / (F_{об} \cdot \eta_p)$$

Базовий варіант					Новий варіант								
0	$K_6 =$	C	$\cdot$	α	$\cdot$	β	DMG MORI CTX	$K_6 =$	C	$\cdot$	α	$\cdot$	β
	0	0,00		1,1		0,00		1326600	6700000,00		1,1		0,18
1A64	$K_6 =$	C	$\cdot$	α	$\cdot$	β	Всього K_{62}	1326600					
	97020	490000,00		1,1		0,18							
6M610Ф11	$K_6 =$	C	$\cdot$	α	$\cdot$	β							
	473969	975000		1,1		0,44							
0	$K_6 =$	C	$\cdot$	α	$\cdot$	β							
	0	0		1,1		0,00							
Всього K_{61}	570989												

Таблиця 6.15 – Балансова вартість верстата K_6

Після чого знаходимо значення вартості приміщень, які займає верстат $K_{зд}$

Вартість приміщень, які займає верстат $K_{зд}$

$$= C_{пл.зд} (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$$

де $C_{пл.зд}$ – вартість 1 м. кв. площі механічного цеху;

A – площа, яку займає верстат по габаритах, м. кв.;

A_y – площа, яку займають вносні, допоміжні пристрої, м. кв.;

γ – коефіцієнт, який враховує додаткову площу

Базовий варіант								Новий варіант																				
0	$K_0 =$	$C_{пл.зд}$	(A	+	$A_y)$	$\cdot$	γ	$\cdot$	β	DMG MORI CTX	$K_0 =$	$C_{пл.зд}$	(A	+	$A_y)$	$\cdot$	γ	$\cdot$	β									
	0	500	0		0		0		0,00		7875	500	34		1		2,5		0,18									
1A64	$K_0 =$	$C_{пл.зд}$	(A	+	$A_y)$	$\cdot$	γ	$\cdot$	β	Всього $K_{зд2}$	7875,00																	
	2621	500	11,65		0		2,5		0,18																			
6M610Ф11	$K_0 =$	$C_{пл.зд}$	(A	+	$A_y)$	$\cdot$	γ	$\cdot$	β																			
	41348	500	73,85		1		2,5		0,44																			
0	$K_0 =$	$C_{пл.зд}$	(A	+	$A_y)$	$\cdot$	γ	$\cdot$	β																			
	0	500	0		0		0		0,00																			
Всього $K_{зд1}$	43969																											

Таблиця 6.16 – Вартість приміщень, які займає верстат $K_{зд}$

					КНУКБР.131.26.1-24.06.06ПВ					Арк.
										68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Далі обчислюємо значення вартості службово-побутових приміщень Ксл.

3. Вартість службово-побутових приміщень Ксл

$$= Ц_{пл.б} \cdot A_б \cdot (P_{ст} + P_n + P_{дод} + P_k)$$

де $C_{пл.б}$ – вартість 1 м. кв. службово-побутових приміщень, грн;

$A_б$ – площа службово-побутових приміщень, яка приходить на одного робочого;

$P_{ст}$, P_n , $P_{дод}$ – кількість відповідно верстатників, наладчиків та додаткових робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК;

P_k – кількість контролерів

Базовий варіант

$K_{сл} =$	$C_{пл.б}$	$\cdot A_б$	$\cdot (P_{ст} +$	$P_n +$	$P_{дод} + P_k)$
49000	1000	7	2	3	1 1
Всього Ксл1	49000				

Новий варіант

$K_{сл} =$	$C_{пл.б}$	$\cdot A_б$	$\cdot (P_{ст} +$	$P_n +$	$P_{дод} + P_k)$
28000	1000	7	1	2	0 1
Всього Ксл2	28000				

Таблиця 6.17 – Вартість службово-побутових приміщень Ксл.

На завершення розраховуємо обігові кошти в незакінченому виробництві Кнез

4. Обігові кошти в незакінченому виробництві Кнез

$$= 3 \cdot n'' \cdot (S_{заг} + C / N_{річн} \cdot 0,5) \cdot \beta$$

де 3 – число партій деталей, які приходяться всередньому на одне робоче місце;

n'' – розмір налагодочної партії деталей (партії запуску), шт:

$$n'' = N_{річ} / j_p$$

$S_{заг}$ – вартість заготовки, грн;

C – собівартість механічної обробки річного випуску деталей, грн;

0,5 – коеф. наростання витрат

Базовий варіант

$K_{нез} =$	3	$\cdot n''$	$\cdot (S_{заг} +$	$C / N_{річн} \cdot 0,5) \cdot \beta$
1209819,76	75	8526	358943,60	1500 0,62
Всього Ксл1	1209820			

Новий варіант

$K_{нез} =$	3	$\cdot n''$	$\cdot (S_{заг} +$	$C / N_{річн} \cdot 0,5) \cdot \beta$
698309,58	75	8526	285317,74	1500 0,36
Всього Ксл1	698310			

Таблиця 6.18 – Обігові кошти в незакінченому виробництві Кнез

Кінцевий результат:

Приведені витрати

$З_1 =$	$C_1 +$	$E_n \cdot$	K_1
654300	358944	0,15	1969045
$З_2 =$	$C_2 +$	$E_n \cdot$	K_2
605903	285318	0,15	2137237

Строк окупності

$T_{ок} =$	$(K_2 -$	$K_1) /$	$(C_1 -$	$C_2)$
2,2844	2137237,08	1969045	358943,60	285317,74

Річний економічний ефект

$E =$	$З_1 -$	$З_2$
48396,9739	654300,3	605903

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.26.1-24.06.0ЕПВ

Арк.

69

6.2 Охорона праці та екологія виробництва

Організаційно-економічна підготовка виробництва, яка серйозно ставиться до питань охорони праці та екології, – це фундамент для стабільного та успішного розвитку будь-якого підприємства. Це не просто модна тенденція, а необхідна умова для довгострокового процвітання.

Чому це так важливо? Тому що такий підхід дозволяє не лише оптимізувати виробничі процеси та підвищити їхню ефективність, але й створити безпечні умови праці для співробітників. А це, в свою чергу, позитивно впливає на їхню продуктивність та лояльність. Крім того, врахування екологічних аспектів допомагає мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище, що стає все більш важливим в сучасному світі. Відповідальне ставлення до природи – це не лише питання репутації, але й внесок у збереження планети для майбутніх поколінь.

Сучасне виробництво неможливе без утворення відходів. Відпрацьовані мастила, охолоджуючі рідини, металева стружка, зношені абразивні круги – все це потребує правильної утилізації. Просто викинути це на смітник – неприпустимо.

Утилізація відходів виробництва:

- **Сортування:** Перший крок – це сортування відходів. Металеву стружку можна переплавити, відпрацьовані мастила – регенерувати, а зношені абразивні круги – відправити на спеціалізовані підприємства для переробки.

- **Зберігання:** Відходи повинні зберігатися у спеціально відведених місцях, відповідно до вимог екологічного законодавства. Це можуть бути герметичні контейнери для рідин, окремі ємності для металу та інше.

- **Передача на утилізацію:** Утилізація відходів повинна здійснюватися ліцензованими компаніями, які мають необхідне обладнання та технології для безпечної переробки. Важливо вести облік переданих відходів та мати відповідні документи, що підтверджують їхню утилізацію

Захист працівників, які працюють за станком:

Безпека працівників – це пріоритет. Робота зі станками пов'язана з ризиками, тому необхідно вживати всіх можливих заходів для їх мінімізації.

- **Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ):** Обов'язковим є використання ЗІЗ: захисні окуляри, рукавиці, навушники, спеціальний одяг та взуття. Вибір ЗІЗ залежить від типу станка та виконуваних операцій.

- **Огородження та блокування:** Рухомі частини станка повинні бути огорожені, щоб унеможливити випадковий контакт. Також необхідно використовувати блокувальні пристрої, які зупиняють станок при відкритті огороження.

- **Навчання та інструктаж:** Працівники повинні проходити навчання з безпечної експлуатації станка та знати правила надання першої медичної допомоги. Регулярні інструктажі допомагають підтримувати знання на належному рівні.

					КНУ.КБР.131.26.1-24.06.0ЕПВ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовжуючи розмову про безпеку, варто наголосити на важливості ергономіки робочого місця. Правильно організоване робоче місце знижує ризик травм та професійних захворювань. Це включає в себе регулювання висоти станка, наявність зручного сидіння (якщо робота передбачає сидяче положення), достатнє освітлення та відсутність факторів, що відволікають увагу.

Професійні захворювання працівників, які працюють зі станками:

Робота зі станками, особливо тривала, може призвести до розвитку професійних захворювань. Важливо знати про ці ризики та вживати заходів для їх запобігання.

- **Вібраційна хвороба:** Виникає внаслідок тривалої дії вібрації на організм. Симптоми включають біль у руках, оніміння пальців, порушення кровообігу. Для профілактики необхідно використовувати антивібраційні рукавиці, робити перерви в роботі та регулярно проходити медичні огляди.

- **Захворювання опорно-рухового апарату:** Тривале перебування в незручній позі, підняття важких предметів, повторювані рухи можуть призвести до розвитку захворювань хребта, суглобів та м'язів. Важливо правильно організувати робоче місце, використовувати підйомні механізми та робити фізичні вправи для зміцнення м'язів.

- **Захворювання органів дихання:** Вдихання пилу, масляного туману та інших шкідливих речовин може призвести до розвитку захворювань органів дихання, таких як бронхіт, пневмоконіоз. Необхідно використовувати респіратори, забезпечити ефективну вентиляцію робочого місця та регулярно проходити медичні огляди.

- **Порушення слуху:** Тривалий вплив шуму може призвести до погіршення слуху. Необхідно використовувати навушники або беруші для захисту органів слуху.

Екологічні аспекти виробництва:

Окрім утилізації відходів, важливо враховувати інші екологічні аспекти виробництва.

- **Використання екологічно чистих матеріалів:** За можливості, слід використовувати екологічно чисті матеріали та технології, які не завдають шкоди навколишньому середовищу.

- **Енергозбереження:** Необхідно вживати заходів для економії електроенергії, таких як використання енергоефективного обладнання, вимкнення станків після закінчення роботи та оптимізація виробничих процесів.

- **Водокористування:** Необхідно раціонально використовувати воду та очищати стічні води перед їх скиданням у навколишнє середовище.

Впровадження сучасних технологій, таких як системи автоматичного контролю та моніторингу, дозволяє не лише підвищити ефективність виробництва, але й покращити умови праці та зменшити негативний вплив на навколишнє середовище. Наприклад, системи автоматичного змащування станків дозволяють зменшити витрати мастила та запобігти його потраплянню в навколишнє середовище.

					КНУ.КБР.131.26.1-24.06.0ЕПВ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, організаційно-економічна підготовка виробництва, яка враховує охорону праці та екологію, – це не лише обов'язок, але й вигідна інвестиція в майбутнє підприємства. Це дозволяє створити безпечне, ефективне та екологічно відповідальне виробництво, яке здатне конкурувати на сучасному ринку.

Важливо розуміти, що охорона праці та екологія – це не окремі сфери, а взаємопов'язані елементи єдиної системи управління підприємством. Наприклад, впровадження енергозберігаючих технологій не лише зменшує витрати на електроенергію, але й знижує викиди парникових газів в атмосферу. А використання екологічно чистих матеріалів не лише зменшує негативний вплив на навколишнє середовище, але й покращує умови праці працівників.

Для успішної реалізації стратегії сталого розвитку підприємства необхідно залучати до цього процесу всіх працівників, від керівництва до рядових робітників. Важливо проводити навчання та інструктажі, заохочувати ініціативи, спрямовані на покращення умов праці та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

Крім того, необхідно постійно вдосконалювати систему управління охороною праці та екологією, враховуючи нові технології, зміни в законодавстві та кращі практики інших підприємств. Важливо проводити регулярні аудити та оцінки ризиків, розробляти та впроваджувати коригувальні заходи.

Не варто забувати і про соціальну відповідальність підприємства. Підтримка місцевих громад, участь у екологічних проектах, благодійність – все це сприяє покращенню репутації підприємства та підвищенню його конкурентоспроможності.

В кінцевому підсумку, організаційно-економічна підготовка виробництва, яка враховує охорону праці та екологію, – це не лише питання виживання, але й питання розвитку. Це дозволяє підприємству стати більш ефективним, конкурентоспроможним та соціально відповідальним. Це інвестиція в майбутнє, яка принесе користь не лише підприємству, але й суспільству в цілому. Адже, дбаючи про здоров'я працівників та збереження навколишнього середовища, ми дбаємо про майбутнє наших дітей та онуків. І це – найважливіша інвестиція, яку ми можемо зробити.

					<i>КНУ.КБР.131.26.1-24.06.0ЕПВ</i>	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У ході виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи було проведено комплексне дослідження, проектування та інженерний аналіз спеціального різального інструменту для обробки поверхонь деталі «Вал», що є основним елементом силового контуру ґрунтового насоса 20Р-11М. Робота охоплює всі основні етапи підготовки високоефективного технологічного процесу з використанням сучасних CAD/CAM/CAE систем.

У першому розділі виконано аналіз вихідних даних і конструктивних особливостей деталі, визначено її призначення та функціональне місце у складі насосного агрегату. Проведено розрахунок параметрів точності шпонкового з'єднання (посадка 40Н9/п9), що дозволяє забезпечити надійну передачу крутного моменту.

У другому розділі досліджено службове призначення вала та проаналізовано вимоги до якості оброблюваних поверхонь. Розроблено технологічний процес механічної обробки з урахуванням сучасних підходів, здійснено обґрунтований вибір високопродуктивного обладнання (багатоцільовий токарно-фрезерний обробний центр DMG MORI CTX gamma 3000 TC та круглошліфувальний верстат) для середньосерійного виробництва.

У третьому розділі обґрунтовано вибір стандартних різальних інструментів (за каталогами фірми Seco) для обробки поверхонь деталі. Виконано розрахунок на міцність і жорсткість конструктивних параметрів різальної частини інструменту на прикладі прохідного чорнового різця, що підтверджує достатній запас міцності для зняття чорнового припуску та дозволяє уникнути його передчасного зносу. Також здійснено вибір допоміжного оснащення відповідного типорозміру.

У четвертому розділі спроектовано спеціальний різальний інструмент — призматичний фасонний різець, який призначено для обробки складнопрофільних поверхонь (каналок та галтелей). За допомогою модуля SolidWorks Simulation передбачено виконання інженерного аналізу цього інструменту для перевірки його напружено-деформованого стану, що підтверджує працездатність конструкції в реальних умовах різання.

У п'ятому розділі здійснено моделювання траєкторій інструмента та програмування операцій механічної обробки деталі у середовищі Autodesk FeatureCAM. Віртуальна симуляція забезпечила перевірку керуючих програм, виключила зарізи профілю та можливі зіткнення, що гарантує високу точність та безпеку при виробництві.

У шостому розділі наведено розрахунок техніко-економічних показників, які підтвердили економічну доцільність впровадження розробленого технологічного процесу. Відповідно до розрахунків, річний економічний ефект від впровадження становить 48 396,97 грн, а строк окупності — 2,28 року, що є економічно обґрунтованим для машинобудівного виробництва. Також розглянуто заходи з охорони праці, ергономіки та зниження екологічного навантаження, зокрема правильної утилізації відходів.

					КНУ.КБР.131.26.1-24.В									
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата										
Розроб.		Чайка			Висновки				Літ.		Арк.		Аркушів	
Перевір.		Рязанцев												
Реценз.									Кафедра ТМ. гр. ПМ-22					
Н.Контр.		Нечаєв												
Зав.каф.		Рязанцев												

Таким чином, у результаті виконання роботи було успішно розв'язано поставлену задачу: розроблено та проаналізовано конструкцію спеціального різального інструменту (призматичного фасонного різця) для ефективної та якісної обробки поверхонь деталі «Вал» ґрунтового насоса 20Р-11М.

					<i>КНУ.КБР.131.26.1-24.В</i>	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Каталог «SECO Токарна обробка»; 2015 р.
2. Каталог «SECO Нарізування різьб»; 2015 р.
3. Каталог «SECO Фрезерування»; 2015 р.
4. Каталог «SECO Оснастка»; 2015 р.
5. Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: Учебное пособие - М.: Машиностроение, 1990. -448с.
6. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної випускної роботи бакалавра для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми Прикладна механіка усіх форм навчання. Укладачі: Кіяновський М.В., Нечаєв В.П., Пікільняк А.В., Цивінда Н.І., Бондар О.В., Рязанцев А.О., Кравцова Д.Ю. 2022. Кривий Ріг, КНУ.
7. Технологія машинобудування Горбатюк Е.О. Мазур М.П.,Зєнкін А.С., Каразей В.Д. Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-360 с.
8. ДСТУ 3.1001:2014 Єдина система технологічної документації. Загальні положення.
9. ДСТУ 2391-94 Система технологічної документації. Терміни та визначення
10. ДСТУ 3.1127:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання текстових технологічних документів.
11. ДСТУ 3.1128:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання графічних технологічних документів.
12. ДСТУ ISO 2768-1-2001. Основні допуски. Частина 1. Допуски на лінійні та кутові розміри без спеціального позначення допусків (ISO 2768–1:1989, IDT). [Чинний від 2003-01-01] - К. : Держстандарт України, 2002. – 10 с.
13. ДСТУ ISO 2768-2-2001. Основні допуски. Частина 2. Допуски геометричні для елементів без спеціального позначення допусків (ISO 2768-2:1989, IDT). [Чинний від 2003-01-01] - К. :Держстандарт України, 2001. – 15 с.
14. ДСТУ ISO 286-1-2002. Допуски і посадки за системою ISO. Частина 1. Основи допусків, відхилень та посадок (ISO 286–1:1988, IDT). [Чинний від 2003-10-01] - К. : Держспоживстандарт України, 2003. – 37 с.
15. ДСТУ 3321-96 Система конструкторської документації. Терміни визначення основних понять.

					<i>КНУ.КБР.131.26.1-24.СВЖ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Список використаних джерел</i>		
Розроб.		Чайка					
Перевір.		Рязанцев					
Реценз.							
Н.Контр.		Нечаєв					
Зав.каф.		Рязанцев			Кафедра ТМ. гр. ПМ-22		

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

АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНОЗАСВІДЧУЮЧИХ АРКУШІВ

ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 - Прикладна механіка

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

Виконала здобувачка гр.ПМ-22

(підпис)

Аліса ЧАЙКА

Керівник КБР

(підпис)

Антон РЯЗАНЦЕВ

Нормоконтроль

(підпис)

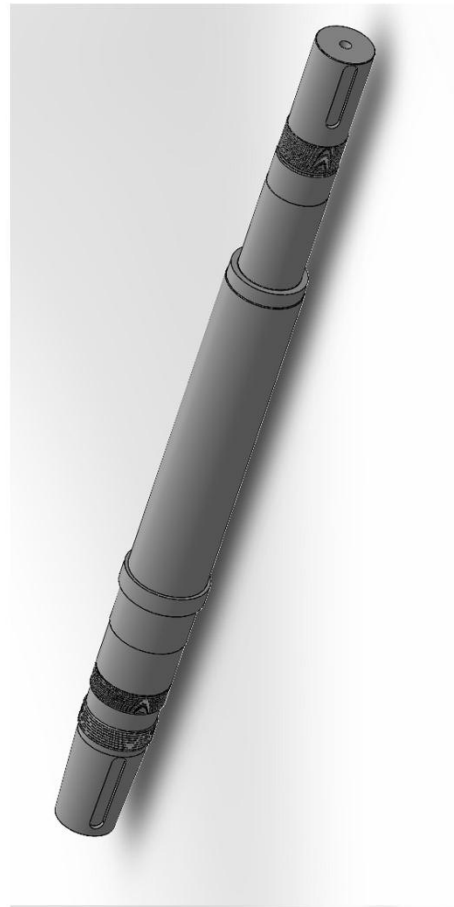
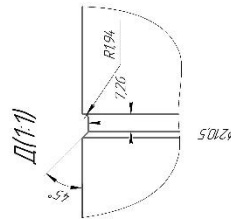
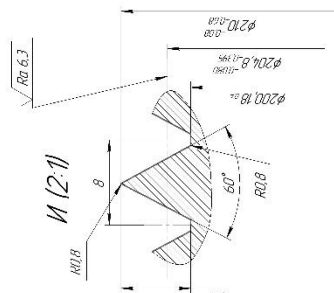
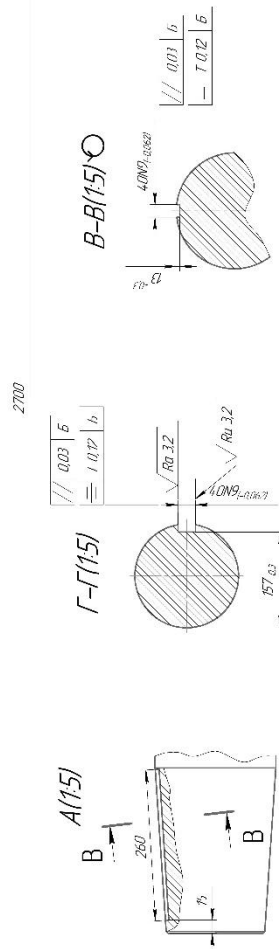
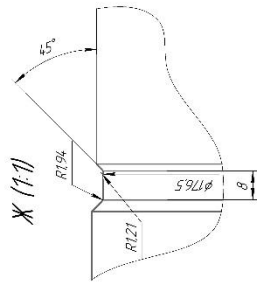
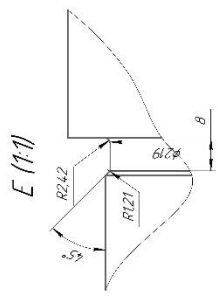
Антон РЯЗАНЦЕВ

Завідувач кафедри

(підпис)

Антон РЯЗАНЦЕВ

Кривий Ріг
2026 р.



1. Пакетки 2 шт. ДСТУ EN 10250
2. Нежеланий гривини відхилення Н14, Н14, Н14/2
3. Інші технічні вимоги по ДСТУ 2361-94
4. Нежеланий допуск різьби по ДСТУ ISO 965

[illegible]

Модельовання процесоризальної механічної обробки

Точіння Установ 1



Точіння каньки 1



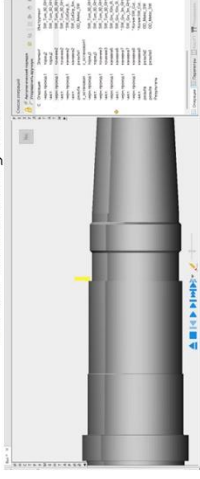
Нарізаний профіль різьби



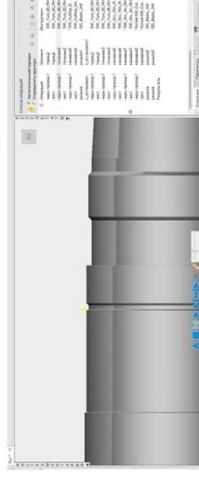
Точіння Установ 2



Точіння канавки 2 в установі 2



Точіння канавки 3 в установі 2



Точіня галтелі в установі 2

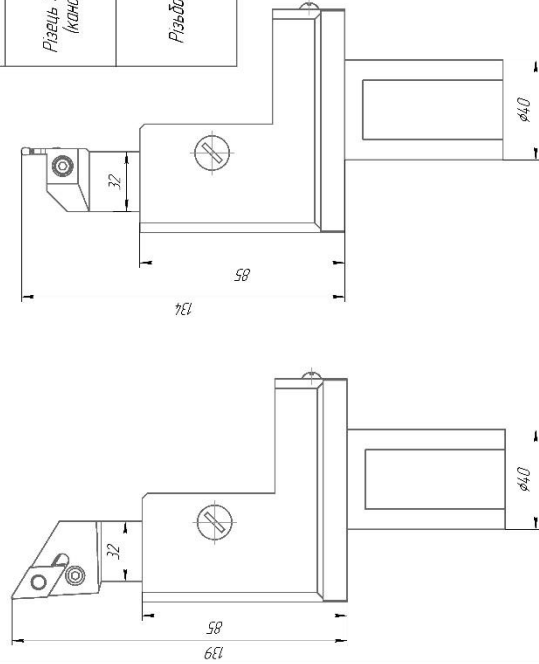


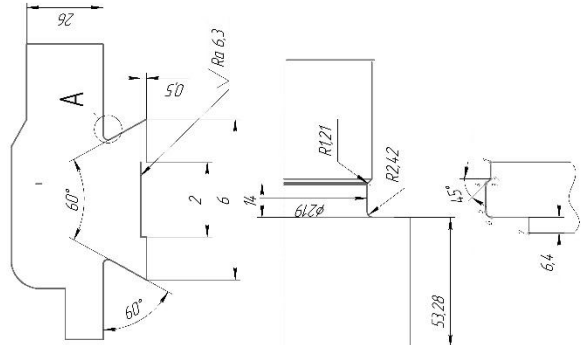
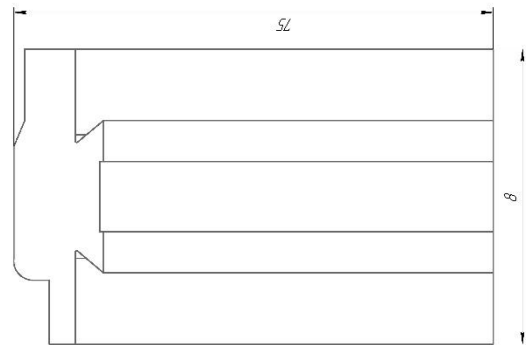
Нарізаний профіль різьби



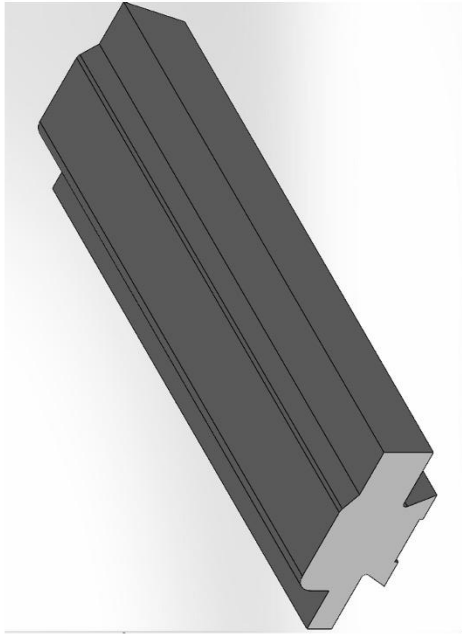
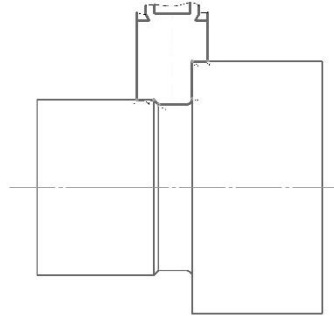
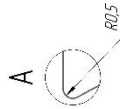
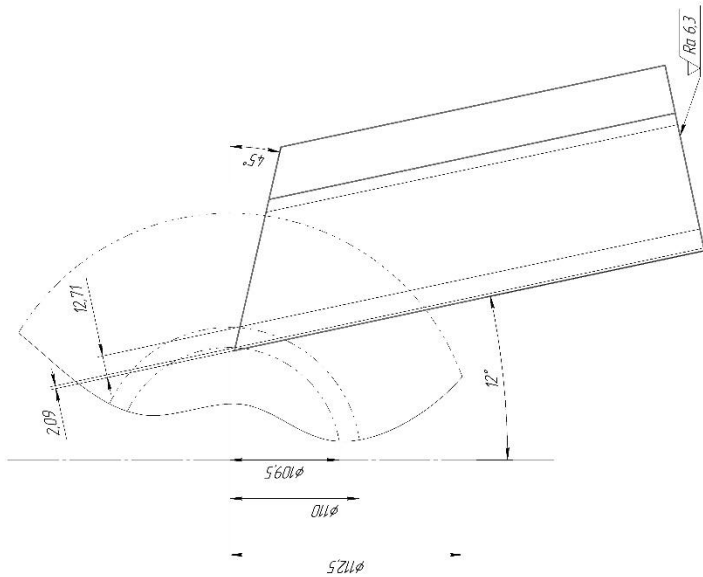
Повністю оброблена 3D-модель деталі "Вал"

[illegible]

[illegible]



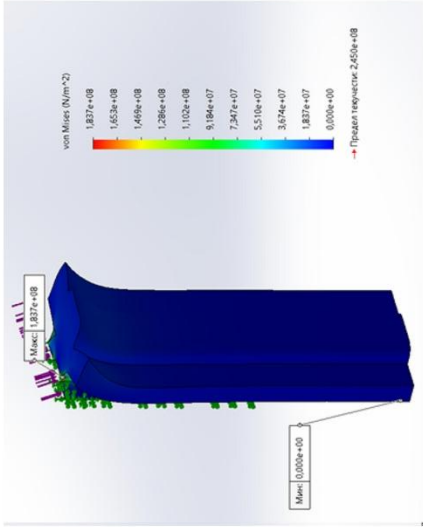
схематичний профіль для профілювання



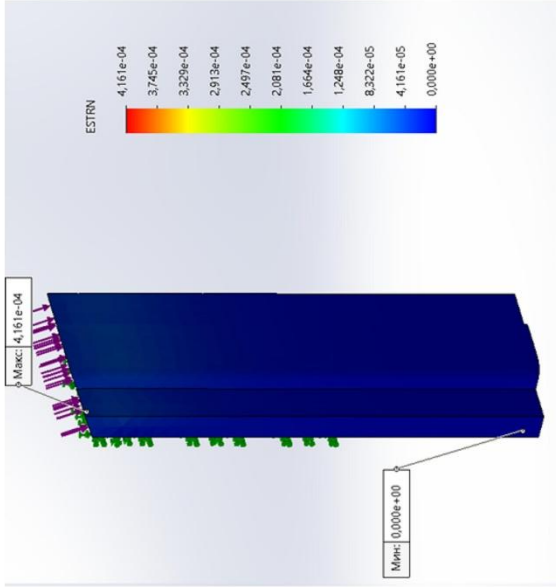
1. Матеріал державки різця – сталь 45 ДСТУ 7806:2015; різальні частини – сталь Р18 або іншої відповідної марки.
2. Конструкція різця є призматичною, кріплення здійснюється за допомогою хвостовика типу «пластівчин хвіст».
3. Твердість різальної частини 62...65 НРС (для довідки: твердість обробленої деталі зі сталі 45 становить 229, 241 НВ 1).
4. Розміри контурних точок профілю різця отримані аналітичним корекційним розрахунком за методикою Смирнова В.А.
5. Невказані граничні відхилення розмірів: Н14, н14, ±IT14/2.
6. Маркування: марку сталі різця, задній кут різця, передній кут різця (Р18, α=12°, γ=15°).

КНУЖБР 13126.24-02РФП			
Розроб.	В. Смирнов	Відп.	В. Смирнов
Проєкт.	В. Смирнов	Відп.	В. Смирнов
Викон.	В. Смирнов	Відп.	В. Смирнов
Перев.	В. Смирнов	Відп.	В. Смирнов
Затв.	В. Смирнов	Відп.	В. Смирнов
Різець фасонний		2:1	
призматичний		1	
Доб. лис. бачен.		код ТМ	
		20.11.22	
		Сторінка 11	

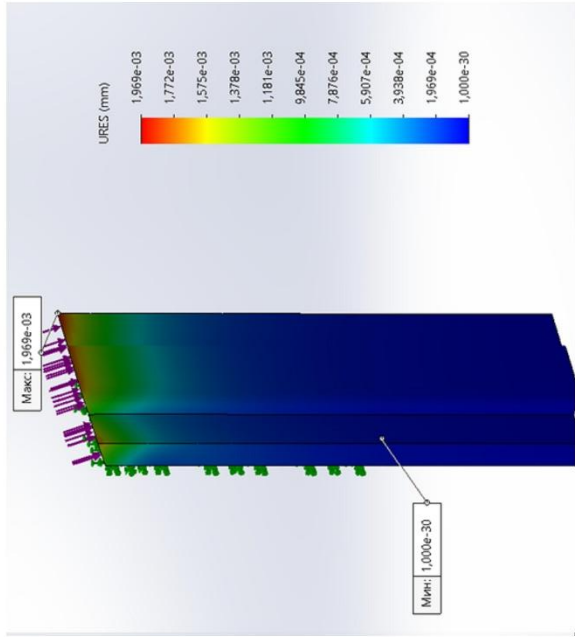
Симуляція «Напруження» в SolidWorks Simulation



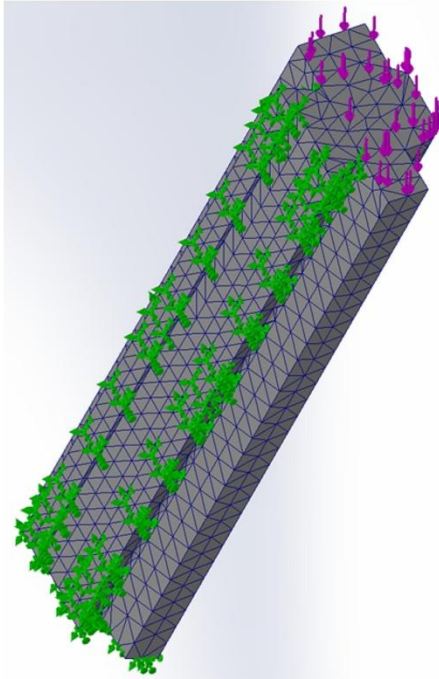
Симуляція «Деформація» в SolidWorks Simulation



Симуляція «Переміщення» в SolidWorks Simulation



Сітка кінцевих елементів



КНУКБР.13126.24-03.АСРІ									
Лист		Маса		Масштаб					
Інженерний аналіз спеціального розподілу інструменту		11		1					
Лист		Лист		Лист					
Кад. ІМ		20.11.22		Формат		A2			
Інженер		Інженер		Інженер					
Інженер		Інженер		Інженер					
Інженер		Інженер		Інженер					
Інженер		Інженер		Інженер					