

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 CAE систем.

Виконав: здобувач
групи ПМ-21
Задорожній М.А.
Керівник випускної роботи:
к.т.н., доцент
Рязанцев А.О.

Кривий Ріг
2025 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 CAE систем.

Виконав здобувач гр. ПМ-1

(підпис)

Задорожній М.А.

Керівник КБР

(підпис)

Рязанцев А.О.

Нормоконтроль

(підпис)

Нечаєв В.П.

Завідувач кафедри

(підпис)

Рязанцев А.О.

м. Кривий Ріг
2025 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.

(підпис)

(дата)

ЗАВДАННЯ **на кваліфікаційну бакалаврську роботу**

Здобувач гр. ПМ-21 Задорожній Максим Андрійович

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

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

Затверджена наказом по КНУ № _____ від «__» _____ 2025 р.

2. Термін подання здобувачем закінченої роботи _____ 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. Свердло-зенківка. 3. Моделювання процесу обробки. 4. Інженерний аналіз спеціального різального інструменту.

6. Календарний план:

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

Дата видачі завдання: «___» _____ 2025 р.

Завдання видав керівник КБР

/Рязанцев А.О./

Завдання отримав
здобувач освіти

/Задорожній М.А./

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание				
Справ. №					Документация						
	A4		1	КНУ.КБР.131.25.1-08.ПЗ	Пояснювальна записка	53					
					Креслення						
	A2		2	КНУ.КБР.131.25.1-08.В	Вал	1					
	A2		3	КНУ.КБР.131.25.1-08.ІН	Інструментальне налагодження	1					
	A3		4	КНУ.КБР.131.25.1-08.СЗ	Свердло-зенківка	1					
	A3		5	КНУ.КБР.131.25.1-08.МПМО	Моделювання процесу механічної обробки	1					
	A3		6	КНУ.КБР.131.25.1-08.ІАСРІ	Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	1					
Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	КНУ.КБР.131.25.1-08.ВМКБР							
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Відомість матеріалів КБР		Лит.	Лист	Листов	
	Разраб.		Задорожній								1
	Пров.		Рязанцев								
	Н.контр.		Нечаев								
	Утв.		Рязанцев					Кафедра ТМ гр. ПМ-21			

Копировал

Формат A4

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до КБР роботи містить: 53 сторінок, 41 рисуноків, 10 таблиць, 4 аркуші графічної частини.

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

Метою роботи є проектування спеціального різального інструменту – свердла-зенківки – для точного та ефективного оброблення відповідальних поверхонь деталі «Вал» неприводного барабана, а також проведення інженерного аналізу конструкції та процесу обробки з використанням сучасних CAE-систем.

У роботі здійснено аналітичне, конструкторське та числове дослідження інструмента в умовах реального навантаження. Опрацьовано етапи створення геометричної моделі, САМ-програмування траєкторій руху інструмента, розрахунків технологічних режимів, а також проведено статичний аналіз напружень, деформацій і переміщень інструмента в середовищі SolidWorks Simulation. Отримані результати використано для обґрунтування працездатності конструкції, визначення її надійності, жорсткості та потенційного ресурсу.

Об'єктом дослідження є деталь «Вал» неприводного барабана транспортного вузла, яка забезпечує підтримку і стабілізацію руху стрічки. Від її точності та якості обробки залежить стабільність функціонування всієї системи.

Предметом дослідження виступає спеціалізований інструмент – свердло-зенківка, який забезпечує високу точність формування отворів і фасок у корпусних деталях.

Кваліфікаційна робота демонструє ефективність застосування CAD/CAM/CAE технологій у проектуванні спеціального інструмента та розробці технологічного процесу, а також підтверджує доцільність інженерного аналізу для прогнозування його поведінки під робочим навантаженням.

Таким чином, виконана бакалаврська робота підтверджує актуальність інтеграції інженерних програмних засобів для оптимізації процесів обробки відповідальних деталей, зниження собівартості, підвищення якості продукції та загальної ефективності виробництва.

НЕПРИВІДНИЙ БАРАБАН, ВАЛ, СВЕРДЛО-ЗЕНКІВКА,
ІНСТРУМЕНТАЛЬНЕ НАЛАГОДЖЕННЯ, СОБІВАРТІСТЬ,
ПРОДУКТИВНІСТЬ, МОДЕЛЮВАННЯ.

					КНУ.КБР.131.25.1-08.Р					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Задорожній			РЕФЕРАТ			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Рязанцев							1	
								Каф. ТМ гр. ПМ-21		
Н. Контр.		Нечаєв								
Затверд.		Рязанцев								

ABSTRACT

The explanatory note to the bachelor's thesis includes: 53 pages, 41 figures, 10 tables, 4 sheets of graphic content.

Topic: “Special Cutting Tool for Machining the Surface of the ‘Shaft’ Part and Its Engineering Analysis Using CAE Systems”

The purpose of this study is to design a specialized cutting tool — a drill-countersink — for precise and efficient machining of the critical surfaces of the “Shaft” of a non-drive drum, and to perform engineering analysis of the tool and the cutting process using modern CAE systems.

The work includes analytical, design, and numerical investigation of the tool under real load conditions. It covers the development of the geometric model, CAM programming of toolpaths, calculation of machining parameters, and static analysis of stress, deformation, and displacement using SolidWorks Simulation. The obtained results are used to justify the tool's performance, reliability, stiffness, and durability.

The object of research is the “Shaft” of a non-drive drum, which plays a crucial role in supporting and stabilizing the belt movement in a conveyor system. The quality and accuracy of its machining are essential for the proper functioning of the entire mechanism.

The subject of research is a custom-designed drill-countersink used for forming accurate holes and chamfers in metal parts.

This bachelor's thesis demonstrates the efficiency of CAD/CAM/CAE technologies in the development of specialized cutting tools and the optimization of machining processes. It also confirms the value of engineering simulation for predicting tool behavior under operational loads.

Thus, the completed thesis highlights the relevance of integrating engineering software tools to improve machining efficiency, reduce production costs, and enhance the quality of machine components.

NON-DRIVE DRUM, SHAFT, DRILL-COUNTERSINK, TOOL SETUP, COST, PRODUCTIVITY, SIMULATION.

					КНУ.КБР.131.25.1-08.Р	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Вступ	6
1 Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі.....	10
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних.....	10
1.2 Призначення виробу полягає в його функціонуванні як складової частини вузла чи механізму машини відповідно до креслення, з обов'язковим дотриманням усіх вимог під час виготовлення деталі.....	11
1.3 Розрахунок параметрів точності шпонкового з'єднання.....	12
2 Технологічна підготовка виробництва деталі.....	14
2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін.....	14
2.2 Аналіз якості поверхонь деталей.....	15
2.3 Технічний контроль робочого креслення.....	17
2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання.....	17
3 Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами.....	23
3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі	23
3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів.....	23
3.3 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту.....	26
3.4 Вибір типорозміру допоміжних інструментів.....	28
3.5 Компоновка інструментального комплексу та розробка інструментального налагодження на технологічну операцію деталі.....	22
4 Проектування та інженерний аналіз різального інструменту	33
4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту.....	33
4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	35
5 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	39
5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора	39
5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм	39
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	44
6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників	44
6.2 Охорона праці та екологія виробництва	50
Висновки	52
Список використаних джерел.....	53

					КНУ.КБР.131.25.1-08.3						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Задорожній			ЗМІСТ			Літ.	Арк.	Акрцив	
Перевір.		Рязанцев								1	
Н. Контр.		Нечаєв									
Затверд.		Рязанцев									
						Каф. ТМ гр. ПМ-21					

ВСТУП

Підготовка здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» здійснюється відповідно до вимог Стандарту вищої освіти України та Європейських підходів до формування освітніх програм. Освітньо-професійна програма передбачає формування у студентів системи знань і практичних навичок, необхідних для проектування, аналізу, виготовлення та технічного обслуговування машин, механізмів і систем, що функціонують у реальних умовах сучасного виробництва.

Професійна підготовка орієнтована на розвиток критичного мислення, інженерного підходу до вирішення прикладних завдань, а також на формування здатності працювати в умовах швидкої технологічної еволюції. Значна увага приділяється розвитку автономності в навчанні, здатності до командної роботи, комунікації професійною та іноземними мовами, а також дотриманню етичних норм і принципів академічної доброчесності.

Метою освітньо-професійної програми є підготовка висококваліфікованих фахівців, спроможних здійснювати інженерно-технічну діяльність у галузі прикладної механіки, брати участь у створенні конкурентоспроможної машинобудівної продукції, а також адаптуватися до потреб сучасного промислового середовища, зокрема в гірничо-металургійному комплексі.

Кваліфікаційна робота, що пропонується, є логічним завершенням навчання за бакалаврською програмою. Вона відображає рівень професійної підготовки здобувача, здатність до комплексного аналізу технічних задач, розробки рішень із використанням сучасного програмного забезпечення, технологій моделювання та обробки матеріалів.

					КНУ.КБР.131.25.1-08.В						
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата							
Розроб.		Задорожній			ВСТУП			Літ.	Арк.	Акрцшів	
Перевір.		Рязанцев								1	
Н. Контр.		Нечаєв			Каф. ТМ гр. ПМ-21						
Затверд.		Рязанцев									

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА ТА ДЕТАЛІ

1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

Для кваліфікаційної роботи я отримав креслення деталі «Вал» та інформацію про механізм, у якому вона застосовується. Річний обсяг виробництва деталі становить 1300 одиниць. Аналіз креслення (рис. 1.1) свідчить, що воно містить достатню кількість проєкцій, перерізів і видів, які забезпечують повне уявлення про конструктивні особливості деталі

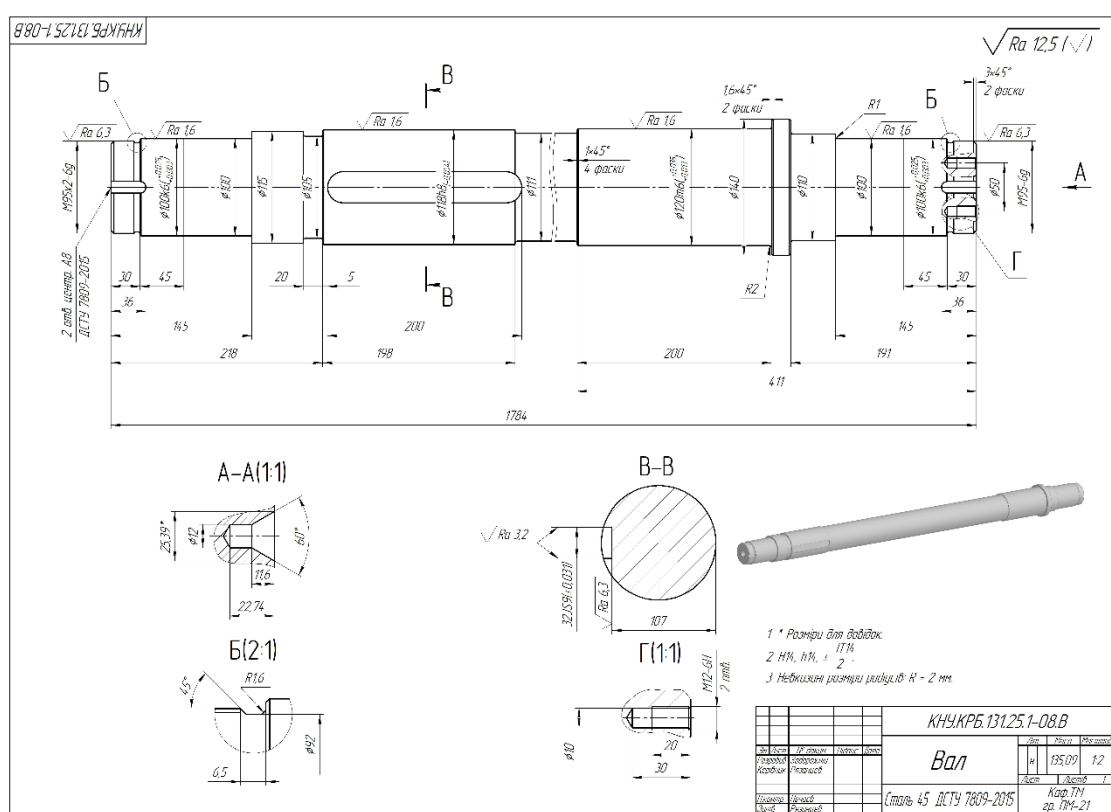


Рисунок 1.1 – Кресленик деталі Вал

Деталь має загальну довжину 1784 мм. Вага виготовленої деталі становить 135,09 кг. У даній деталі є шпонковий паз. Шпонкові пази призначені для запобігання проворуту зубчатому колесу і для передачі обертаючого моменту.

Згідно з конструктивними характеристиками деталь «Вал» належить до класу «Вісь».

На торцях валу розташовано вісім фасок розміром $2 \times 45^\circ$, які призначені для полегшення монтажу та забезпечення плавного входження деталі.

Відповідно до креслення, для виготовлення деталі використовується конструкційна сталь 45 за стандартом ДСТУ 7809:2015.

КНУ.КРБ.131.25.1-08.01.АСПМ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Задорожній						
Перевір.	Рязанцев						
Н. Кантр.	Нечаєв						
Затверд.	Рязанцев						
АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ					Літ.	Арк.	Акрцшів
						1	
					Каф. ТМ гр. ПМ-21		

3D-модель вала наведена на рисунку 1.2.

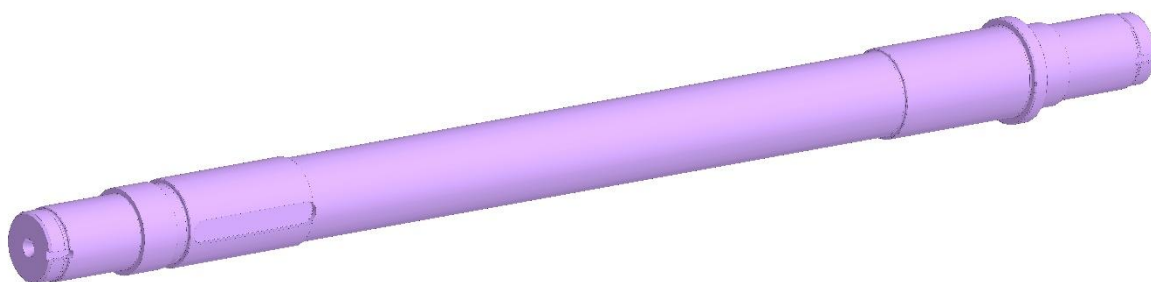


Рисунок 1.2 – 3D-модель вала

Високу надійність функціонування вала можна гарантувати завдяки точному виконанню його креслення та суворому дотриманню всіх вимог під час виготовлення деталі.

1.2 Призначення виробу полягає в його функціонуванні як складової частини вузла чи механізму машини відповідно до креслення, з обов'язковим дотриманням усіх вимог під час виготовлення деталі.

Вал неприводного барабана виконує ключову функцію в транспортних і обертових системах, забезпечуючи опору та обертання барабана без прямого з'єднання з приводом. Його активно використовують у конвеєрних установках, барабанних агрегатах та інших механізмах, де потрібне вільне або пасивне обертання. Головна функція неприводного вала барабана полягає в утриманні та забезпеченні обертання барабана без участі в передачі крутного моменту від приводу. Він також виконує додаткові завдання, такі як стабілізація руху барабана і зниження тертя в конвеєрних та транспортних механізмах.

Неприводний барабан відіграє ключову роль у складі конвеєрних і транспортних систем. Його основне завдання - підтримка та забезпечення вільного обертання стрічки чи інших рухомих компонентів без безпосереднього з'єднання з приводним механізмом. Попри те, що він не передає крутного моменту, барабан зазнає значних навантажень, зокрема осьового тиску, вібрацій і тертя.

Робота неприводного барабана заснована на принципі вільного обертання навколо своєї осі під впливом руху стрічки або інших елементів транспортної системи.

Основні експлуатаційні вимоги до неприводних барабанів

- Мають бути стійкими до ударних і динамічних навантажень, а також до вібрацій.
- Повинні забезпечувати рівномірне, плавне обертання без перекосів, що важливо для стабільної роботи стрічки.
- Поверхня барабана повинна мати високу зносостійкість для забезпечення довготривалого використання без частого ремонту.

					КНУ.КБР.131.25.1-08.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Конструкція повинна бути міцною і жорсткою для збереження форми в умовах постійного навантаження.

Під час роботи конвеєра неприводний барабан взаємодіє зі стрічкою, яку рухає головний привід. Барабан обертається пасивно та виконує роль напрямного або натяжного елемента, що забезпечує стабільність і ефективність функціонування всієї системи.

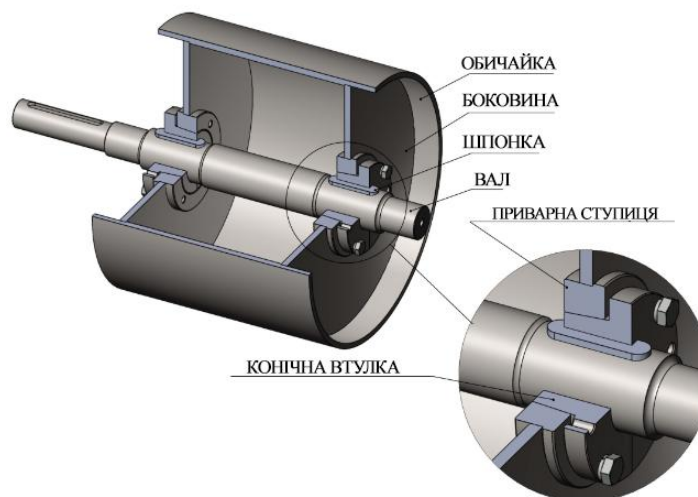


Рисунок 1.3 – Барабан неприводний

1.3 Розрахунок параметрів точності шпонкового з'єднання

Основним критерієм ефективності шпонкових з'єднань є їхня міцність. Перевірка шпонкових з'єднань із призматичними шпонками проводиться за показниками міцності на стиск і зсув.

Для розрахунку з'єднання ми маємо наступні вихідні дані: D ступіні де розташований шпонковий паз : $d_w = 118$ мм; матеріал вала: сталь 45; обертаючий момент: $T = 450$ Нм; матеріал шпонки: сталь 4; матеріал зубчастого колеса: сталь 40Х; довжина маточини : $l = 20$ мм

За наданими даними необхідно підібрати шпонку та перевірити її на міцність щодо зминання і зрізу.

Спочатку визначимо розміри перерізу призматичної шпонки відповідно до СТ СЄВ 189-75. Для діаметра вала $d = 118$ мм розміри перерізу шпонки становлять: $b = 32$ мм, $h = 16$ мм, а довідкове значення $K = 3,0$.

Довжину шпонки l вибираємо на 4 мм меншою за довжину маточини колеса та узгоджуємо з рядом стандартних довжин шпонок. Таким чином, робоча довжина шпонки $l_p = 24$ мм ($l_p = 200 - 4 = 196$ мм). Отже, розміри обраної шпонки становлять $32 \times 16 \times 200$ мм.

Умова міцності на зминання знаходимо за формулою:

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot T_k}{d \cdot l_p \cdot K} \leq [\sigma_{зм}]$$

					КНУ.КБР.131.25.1-08.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Де l_p - робоча довжина шпонки при заокруглених торцях, $l_p = l - b$, мм
 T – обертаючий момент, Нм
 d – діаметр вала, мм,
 K – довідковий розмір для розрахунку на зминання.

Перевіряємо вибрану шпонку на зминання:

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 450}{118 \cdot 10^{-3} \cdot 196 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^{-3}} = 35,3 \text{ МПа}$$

$$35,3 \leq [\sigma_{зм}] = 130 \dots 180 \text{ МПа.}$$

Умова виконується

Перевіряємо із умови міцності вибраної шпонки на зріз:

$$\tau_{зр} = \frac{2 \cdot T_k}{d \cdot l_p \cdot b} \leq [\tau_{зр}]$$

$$\tau_{зр} = \frac{2 \cdot 450}{118 \cdot 10^{-3} \cdot 196 \cdot 10^{-3} \cdot 32 \cdot 10^{-3}} = 3,3 \text{ МПа}$$

$$3,3 \leq [\tau_{зр}] = 70 \dots 100 \text{ МПа}$$

Умова виконується

					КНУ.КБР.131.25.1-08.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

Деталь вал барабана неприводного призначена для забезпечення опори та вільного обертання барабана у складі конвеєрних або транспортних систем без передачі крутного моменту від джерела енергії.

У процесі експлуатації вал зазнає навантажень, пов'язаних зі згином, осьовим тиском, тертям і вібраціями. У деяких випадках можливі також навантаження на розтягнення або стискання.

Згідно з кресленням, деталь виготовляється з конструкційної сталі 45 відповідно до ДСТУ 7809:2015. Як альтернативу допускається використання сталей марок 40, 40Х або 50, які мають схожий хімічний склад і близькі механічні властивості.

Таблиця 2.1 - Хімічний склад Сталі 45 згідно ДСТУ 7809:2015

ХІМІЧНИЙ ЕЛЕМЕНТ	%
Вуглець (C)	0,42 – 0,5
Сіліційум (Si)	0,17 – 0,37
Марганець (Mn)	0,5 – 0,8
Хром (Cr)	0,8 – 1,1
Нікель (Ni)	до 0,3
Купрум (Cu)	до 0,3
Фосфор (P)	не більше 0,035
Сірка (S)	не більше 0,035

Таблиця 2.2 – Механічні властивості Сталі 45

Сортамент	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_B , %	Ψ , %	Термообробка
Прокат	355	600	16	40	Нормалізація

2.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Розглянемо поверхні нашої деталі «Вал» та пронумеруємо його поверхні (див. рис. 2.1)

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-08.02.ТПВД</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Задорожній				ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ		
Перевір.	Рязанцев						
Н. Кантр.	Нечаєв						
Затверд.	Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Акрцвів
						1	
					Каф. ТМ гр. ПМ-21		

Загальним показником шорсткості для більшості поверхонь є Ra 12,5, що відповідає лише чорновій обробці.

Поверхні з шорсткістю Ra 1,6 відповідають 7–8 квалітету точності, що передбачає застосування таких методів обробки, як попереднє та чистове точіння. У деяких випадках можливе також додаткове шліфування для досягнення стабільної якості поверхні. Такий рівень шорсткості забезпечує достатню точність і чистоту для більшості посадочних і функціональних поверхонь.

Виходячи з кінцевих вимог до точності та якості обробки поверхонь деталі, підбирається відповідна послідовність технологічних методів обробки. Сукупність цих операцій забезпечує досягнення необхідної якості поверхні, визначеної в робочому кресленні. Обрана технологічна послідовність наведена в таблиці 2.3.

№ з/п	Розмір, мм	Технологічні методи обробки	Допуск, ІТ	Шорсткість Ra, мм	Примітка
1	2	3	4	5	6
1,21	L1784		h14	12,5	
		Чорнове підрізання торця;	h14	12,5	
2	M95x2		h14	12,5	
		Чорнове точіння Нарізання різьби	h14 6g	12,5 6,3	

Продовження таблиці 2.3

3,32	L30		h14	12,5	
		Чорнове підрізання торця;	h14	12,5	
4	Ø100		h14	12,5	
		Чорнове точіння;	k12	12,5	
		Півчистове точіння;	k10	6,3	
		Чистове точіння;	k8	3,2	
		Шліфування;	k6	1,6	
5	L145		h14	12,5	
		Чорнове підрізання торця;	h14	12,5	
6	Ø115		h11	6,3	
		Чорнове точіння;	h14	12,5	
7	L20		h14	12,5	
		Чорнове підрізання торця;	h14	12,5	
8	Ø105		h14	12,5	
		Чорнове точіння;	h14	12,5	
9	L218		h14	12,5	
		Чорнове підрізання торця;	h14	12,5	
10	Ø118h8		h14	12,5	
		Чорнове точіння;	h14	12,5	
		Півчистове точіння;	h10	6,3	
		Чистове точіння;	h8	3,2	
11	L198		h14	12,5	
		Чорнове підрізання торця;	h14	12,5	
12	Ø111		k14	12,5	
		Чорнове точіння;	k14	12,5	
13	L411		h14	12,5	
		Чорнове підрізання торця;	h14	12,5	
14	Ø120m6		m6	1,6	
		Чорнове точіння;	h14	12,5	
		Півчистове точіння;	h11	6,3	
		Чистове точіння;	m6	3,2	
15	L200		h14	12,5	
		Чорнове підрізання торця;	h14	12,5	
16	Ø140		h14	12,5	
		Чорнове точіння;	h14	12,5	
17	L191		h14	12,5	
		Чорнове підрізання торця;	h14	12,5	
18	Ø110		h14	12,5	
		Чорнове точіння;	h14	12,5	
19	L145		h14	12,5	
		Чорнове підрізання торця;	h14	12,5	
20	Ø100		h14	12,5	
		Чорнове точіння;	k12	12,5	
		Півчистове точіння;	k10	6,3	
		Чистове точіння;	k8	3,2	
		Шліфування;	k6	1,6	
22	3x45° 2 фаски		IT14	12,5	
		Чорнове точіння	IT14	12,5	

					КНУ.КБР.131.25.1-08.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.3

23	B32		JS9	12,5	
		Чорнове фрезерування	JS14	12,5	
		Чистове фрезерування	JS9	3,2	
24	B12		JS9	12,5	
		Чорнове фрезерування	JS14	12,5	
		Чистове фрезерування	JS9	3,2	
25	A8		H14	12,5	
		Свердління	H14	12,5	
26	M12h6 L20		H14	12,5	
		Свердління	H14	12,5	
		Різьбонарізування	6H	12,5	
27	M10h6 L30		H14	12,5	
		Свердління Різьбонарізування	6H	12,5	
28	1,6x45° 2 фаски		IT14	12,5	
		Чорнове точіння	IT14	12,5	
29	R2		IT14	12,5	
		Чорнове точіння	IT14	12,5	
30	1x45° 4 фаски		IT14	12,5	
		Чорнове точіння	IT14	12,5	
31	B6,5		H14	12,5	
		Чорнове точіння	H14	12,5	

2.3 Технічний контроль робочого креслення

У результаті виконання технічного контролю робочого креслення «Вал», яке було надано як завдання для кваліфікаційної роботи, встановлено наступне:

- на кресленні вказані усі основні та додаткові розміри, необхідні для повноцінного виготовлення деталі;
- шорсткість поверхонь вказана згідно з вимогами ДСТУ 7809:2015;
- допуски та граничні відхилення розмірів встановлені відповідно до ДСТУ ISO 286-1:2006;
- вимоги до точності виготовлення поверхонь узгоджені з параметрами шорсткості, що забезпечує необхідну функціональну якість деталі.

2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання

На основі кількості та змісту раніше визначених технологічних методів обробки поверхонь виберемо типи металорізального обладнання та інструментів.

Операції точіння, свердління та фрезерування будемо виконувати на горизонтально токарно-фрезерному верстаті з ЧПК Hi-Tech 550BL/МС (Рисунок 2.2)

					КНУ.КБР.131.25.1-08.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.2 – Горизонтальний токарно-фрезерний верстат з ЧПК HiTECH 550BL/MC

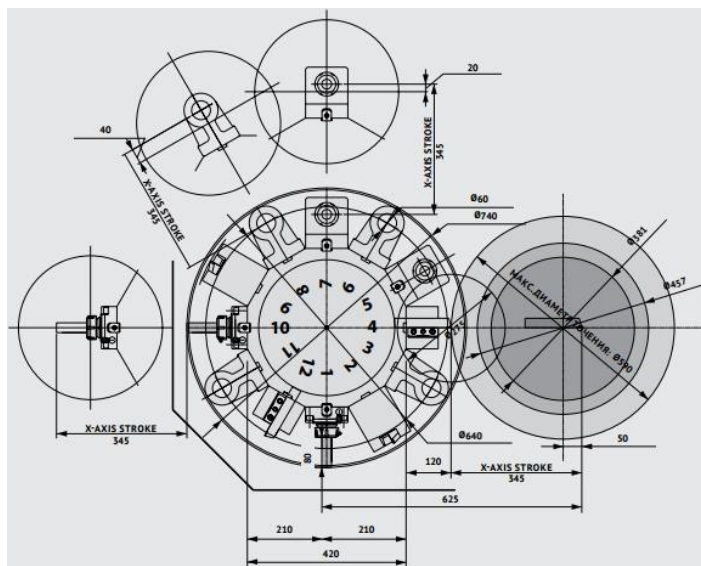


Рисунок 2.3 – Револьверна головка верстату

Технічні характеристики даного верстату

- Найбільший діаметр над станиною, мм: Ø 800;
- Максимальний діаметр обробки, мм: Ø 590;
- Стандартний діаметр обробки, мм: Ø 275;
- Максимальна довжина обробки, мм: 2100;
- Діаметр патрона, дюйми: 18"

Шпиндель:

- Тип конуса, ASA: A2-11;
- Максимальна швидкість обертів, об/хв: 1800;
- Діаметр отвору у шпинделі, мм: Ø132;
- Максимальний діаметр прутка, мм: Ø116;

					КНУ.КБР.131.25.1-08.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

- Внутрішній діаметр підшипника шпинделя, мм: Ø180;
- Двигун шпинделя, кВт: 30/22

Револьверна головка:

- Кількість позицій, шт: 12
- Розмір інструменту, мм: 32 × 60
- Час індексації, с: 0,2

Задня бабка:

- Діаметр пінолі, мм: Ø120;
- Шаг пінолі, мм: 150;
- Конус пінолі, МТ: 5

Ємності баків:

- Бак для мастила, л: 12
- Гідравлічний бак, л: 50
- Бак для охолоджуючої рідини, л: 380

Джерело живлення:

- Споживана потужність, кВа: 75

Габарити:

- Висота, мм: 2450;
- Площина (довжина х ширина), мм: 5590 х 2450;
- Вага верстата, кг: 12700

Для свердління отворів ми використаємо мітчик МТР-М12Х1.75 ISO6НХ-ТВ-Р004 (Рисунок 2.4)

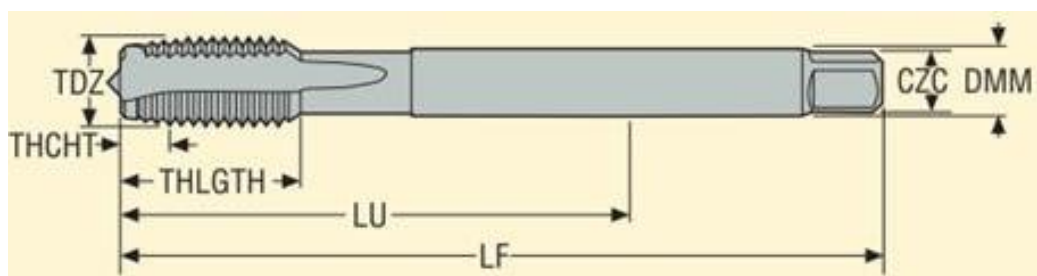


Рисунок 2.4 – Мітчик МТР-М12Х1.75ISO6НХ-ТВ-Р004 [8, с. 200]

Для фрезерування шпонкових пазів ми використаємо фрезерувальний верстат з ЧПК VMC 1580 (Рисунок 2.5).

					КНУ.КБР.131.25.1-08.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.5 – Верстат фрезерний з ЧПК VMC 1580

Технічні характеристики даного верстату

- Розміри столу, мм: 1800 × 800
- Переміщення по осях, мм:
- X: 1500
- Y: 800
- Z: 700
- Максимальне навантаження на стіл, кг: 1500
- Швидкість шпинделя, об/хв: 6000
- Потужність головного двигуна, кВт: 15/18,5
- Конус шпинделя: BT50
- Швидкість швидких переміщень, м/хв:
- X/Y: 15
- Z: 12
- Точність позиціювання, мм: ±0,01
- Повторюваність, мм: ±0,0075
- Місткість магазину інструментів, шт: 24
- Максимальний діаметр інструмента, мм:
- Суміжний: Ø 112
- Через один: Ø 200
- Максимальна вага інструмента, кг: 18
- Габарити верстата, мм: 4300 × 3200 × 3100
- Вага верстата, кг: 13 000

Для шліфування ми використаємо шліфувальний верстат ROBBI Omicron CNC 60 (Рисунок 2.6).

					КНУ.КБР.131.25.1-08.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

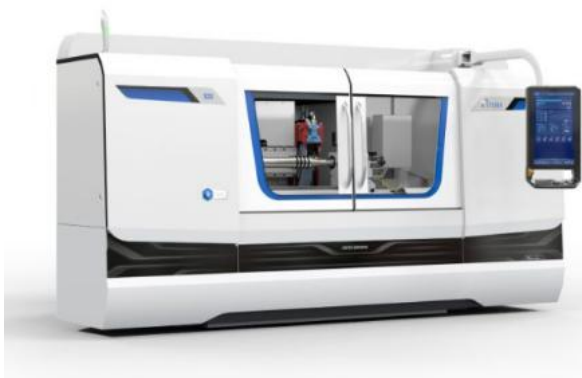


Рисунок 2.6 – Шліфувальний верстат ROBBI Omicron CNC 60

Технічні характеристики даного верстату

- Відстань між центрами, мм: 2250
- Довжина шліфування, мм: 2100
- Висота центрів, мм: 300 / 350
- Діаметр шліфування, мм: 595 / 695
- Маса деталі при обробці в центрах, кг: 1200

Стіл:

- Автоматичний хід стола, мм: 2150
- Швидкість переміщення стола, м/хв: 0–4000
- Поворот стола, °С: +6 / –2

Передня бабка:

- Швидкість обертання деталі, об/хв: 0–300
- Діаметр отвору шпинделя, мм: 44
- Внутрішній конус шпинделя: Морзе 6
- Кут повороту, °С: 90

Задня бабка:

- Хід пінолі, мм: 70
- Діаметр пінолі, мм: 80
- Внутрішній конус пінолі: Морзе 5

Шліфувальна бабка:

- Розмір шліфувального круга, мм: 610 × 203
- Ширина круга, мм: 50–120
- Кут повороту, °С: +45/–45
- Внутрішнє шліфування: Опція

					КНУ.КБР.131.25.1-08.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.4 - Вибір металорізальних верстатів по обробці поверхонь

№ Поверхні	Найменування операції	Тип і модель верстата
1,3,5,7,9,11,13, 15,17,19,21,32	Чорнове підрізання торця	Hi-TECH 550BL/MC
2,4,6,8,10,12,14, 16,18,20,22,28, 29,30,31	Чорнове точіння	Hi-TECH 550BL/MC
4,10,14,20,23,24	Чистове точіння	DMG MORI CLX 350
4,10,14,20	Півчистове точіння	DMG MORI CLX 350
23,24	Чистове фрезерування Чорнове фрезерування	VMC 1580
25	Свердління	Hi-TECH 550BL/MC
26,27		Мітчик MTP-M12X1.75 ISO6HX-TB-P004
4,20	Шліфування	ROBBI Omicron CNC 60
26,27	Різьбонарізування	Hi-TECH 550BL/MC

					КНУ.КБР.131.25.1-08.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ВИБІР РІЗУЧИХ ТА ДОПОМІЖНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ЗА МІЖНАРОДНИМИ СТАНДАРТАМИ

3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі

З урахуванням кількості та змісту раніше визначених технологічних методів обробки поверхонь, здійснюється вибір сучасних типів інструментів, запропонованих як вітчизняними, так і зарубіжними виробниками. Для кожної поверхні деталі підбирається та обґрунтовується відповідний тип інструменту з поданням його ескізу. Вся інформація наведена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Вибір типів інструментів по обробці поверхонь деталі

№ з/п поверхні	Найменування операції	Тип інструмента
1,3,5,7,9,11,13, 15,17,19,21,32	Чорнове підрізання торця	Підрізний різець
2,4,6,8,10,12,14, 16,18,20,22,28, 29,30,31	Чорнове точіння	Прохідний різець
4,10,14,20,23,24	Чистове точіння Півчистове точіння	Прохідний різець
4,10,14,20	Півчистове точіння	Прохідний різець
23,24	Чистове фрезерування Чорнове фрезерування	Дискова фреза
25,26,27	Свердління Різьбонарізування	Свердло
4,20	Шліфування	Шліфувальний круг
26,27	Різьбонарізування	Різець для нарізання різьби Мітчик

3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів

З огляду на фізико-механічні характеристики матеріалу деталі, тип обробки та застосовані металорізальні верстати для обраних видів металорізальних інструментів, визначаємо матеріал різальної частини, геометричні параметри, а також матеріал державки (корпусу, хвостовика) інструменту, виготовлених як вітчизняними, так і зарубіжними виробниками.

Позиції: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 28, 30, 31, 32

Чорнове підрізання або точіння: SCLCR1212K09-S

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-08.03.ВРДІ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Задорожній</i>				ВИБІР РІЗУЧИХ ТА ДОПОМІЖНИХ ІНСТРУМЕНТІВ		
<i>Перевір.</i>	<i>Рязанцев</i>						
<i>Н. Контр.</i>	<i>Нечаєв</i>						
<i>Затверд.</i>	<i>Рязанцев</i>						
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акцшів</i>
						1	
					<i>Каф. ТМ гр. ПМ-21</i>		

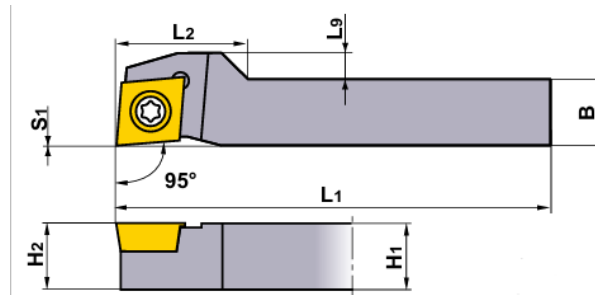


Рисунок 3.1 – Державка SCLCR1212K09-SM [4, с. 253]

Геометричні параметри: $H_1 = 12\text{мм}$; $B = 12\text{мм}$; $L_1 = 150\text{мм}$; $L_2 = 14\text{мм}$; $L_9 = 1,5\text{мм}$; $H_2 = 12\text{мм}$

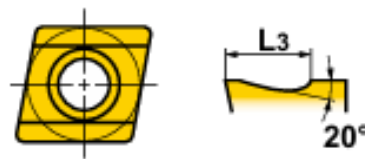


Рисунок 3.2 – Пластина CCET09T3V3R-SN; CVD покриття: UE6035 [4, с. 34]

Геометричні параметри: $L_3 = 1,5\text{мм}$, $S = 2,42\text{мм}$; $r_c = 0,05\text{мм}$

Позиції: 4, 10, 14, 20, 23, 24

Чистове та півчистове точіння: PTFNR2020K16

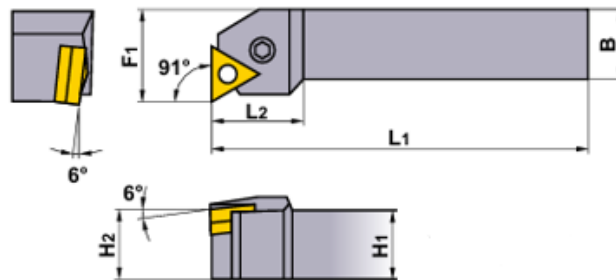


Рисунок 3.3 – Державка PTFNR2020K16 [4, с. 225]

Геометричні параметри: $H_1 = 20\text{мм}$; $B = 20\text{мм}$; $L_1 = 125\text{мм}$; $L_2 = 20\text{мм}$; $H_2 = 20\text{мм}$; $F_1 = 25\text{мм}$;

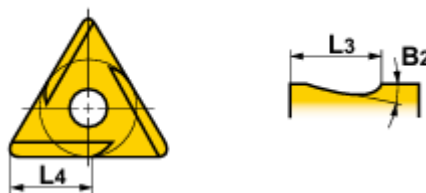


Рисунок 3.4 – Пластина TNGG160402R-K; PVD покриття: MP3025 [4, с. 33]

					КНУ.КБР.131.25.1-08.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Геометричні параметри: $L_3 = 1,5\text{мм}$; $L_4 = 7,1\text{мм}$; $B = 15^\circ$; $r_c = 0,15\text{мм}$

Позиції: 23, 24

Чистове та чорнове фрезерування: MS2SSD1200

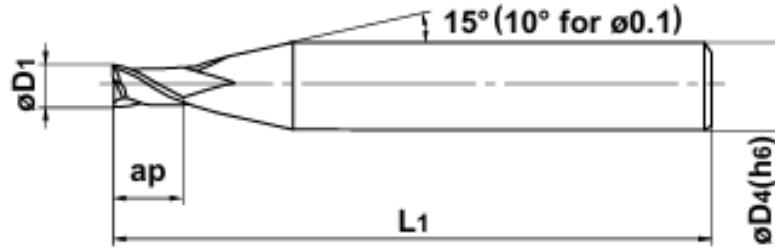


Рисунок 3.5 – Фреза цінцева MS2SSD1200 [4, с. 515]

Геометричні параметри: $D_1 = 12\text{мм}$; $a_p = 18\text{мм}$; $L_1 = 75\text{мм}$; $D_4 = 12\text{мм}$; $N = 2$;

Позиції: 25

Свердління: MWE1200SA

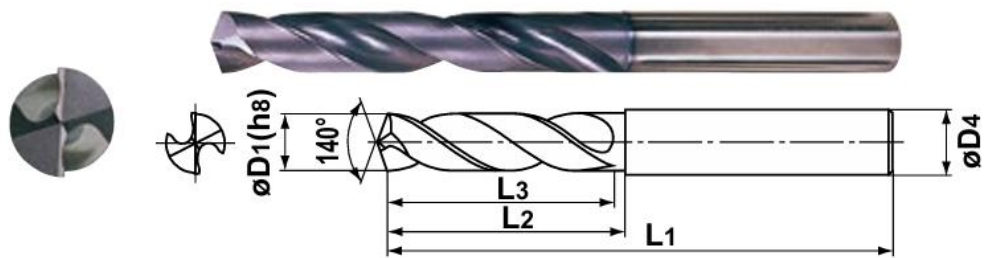
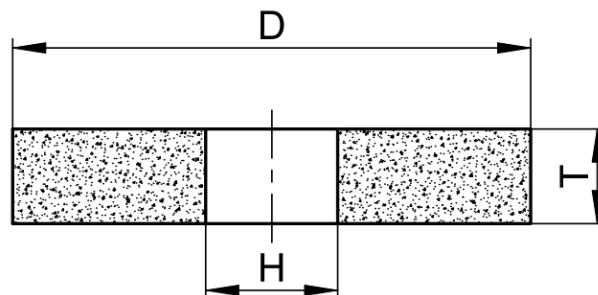


Рисунок 3.6 – Свердло центрове MWE1200SA [4, с. 1004]

Геометричні параметри: $L_3 = 51\text{мм}$; $L_2 = 51\text{мм}$; $L_1 = 102\text{мм}$; $D_4 = 12\text{мм}$;

Позиції: 4, 20

Шліфування: 89A802J8AV217



Форма 1

Рисунок 3.7 – Шліфувальний круг 350x40x127 89A802J8AV217 [4, с. 208]

Геометричні параметри: $D = 350\text{мм}$; $T = 50\text{мм}$; $H = 127\text{мм}$

					КНУ.КБР.131.25.1-08.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Позиції: 25, 26, 27
Різьбонарізування:

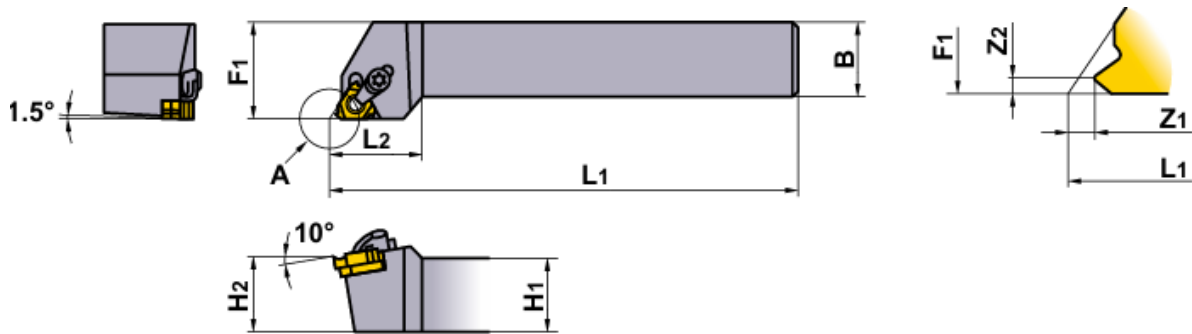


Рисунок 3.8 – Державка MMTER1212H16-C [4, с. 445]

Геометричні параметри: $H_1 = 12\text{мм}$; $B = 12\text{мм}$; $L_1 = 100\text{мм}$; $L_2 = 25\text{мм}$; $F_1 = 16\text{мм}$; $H_2 = 12\text{мм}$

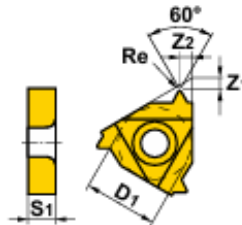


Рисунок 3.9 – Пластина MM22IR350ISO [4, с. 33]

Геометричні параметри: $D_1 = 12,7\text{мм}$; $S_1 = 4,64\text{мм}$; $Z_1 = 1,6\text{мм}$; $Z_2 = 2,3\text{мм}$; $R_e = 0,22\text{мм}$

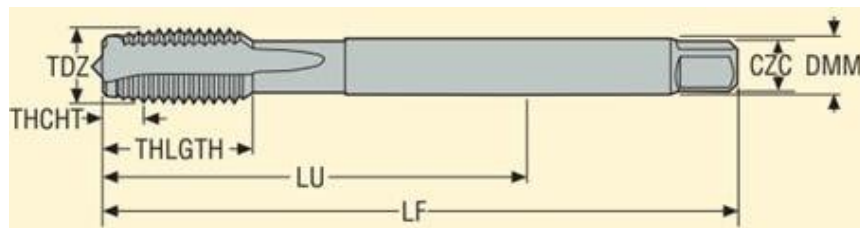


Рисунок 3.10 - Мітчик MTP-M12X1.75ISO6HX-TB-P004 [4, с. 200]

Геометричні параметри: $DMM=9$; $LU=83$; $THLGTH=23$; $LF=110$; $CZC=9,00 \times 7.00$

3.3 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту

Для одного з вибраних типів інструментів визначаються найважчі умови експлуатації (чорнова обробка). З урахуванням умов різання (фізико-механічні властивості матеріалу деталі, параметри верстата та режими різання) розраховуються сили різання. Рекомендується використовувати автоматизований розрахунок режимів різання. Вибраний інструмент

					КНУ.КБР.131.25.1-08.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перевіряється на міцність в умовах максимального навантаження.

Для розрахунків вибираємо прохідний різець SCLCR1212K09-SM, оскільки він забезпечує зняття найбільшого припуску при механічній обробці та функціонує в найважчих умовах. Розміри різця: $H_1=12$ мм, $b=12$ мм, $L_1=150$ мм, $L_2=14$ мм, $L_9=1,5$ мм, $H_2=12$ мм. Матеріал різця – сталь 45 з межею міцності $\sigma=650$ МПа та допустимою напругою $\sigma=300$ МПа. Матеріал заготовки – сталь 45 з межею міцності $\sigma=650$ МПа. Діаметр заготовки становить 45 мм, припуск на обробку (на сторону – 0,5 мм), подача $S=0,3$ мм/об, виліт різця $l=12$ мм.

1. Сила різання:

$$P_Z = 9.81 C_{P_Z} t^{X_{P_Z}} S^{Y_{P_Z}} K_{P_Z}; \text{ Н}$$

Де: $K_{P_Z} = 1$ – сумарний поправочний коефіцієнт;

$X_{P_Z} = 0,2$ – показник степені при глибині різання;

$Y_{P_Z} = 0,5$ – показник степені при подачі.

$$P_Z = 9.81 \cdot 300 \cdot 1^{0,2} \cdot 0,3^{0,5} \cdot 1 = 1611 \text{ Н}$$

2. Ширина та висота перетину державки $h=12$ мм, $b=12$ мм

3. Перевіряємо міцність та жорсткість державки різця:

а) максимальне навантаження, допустима міцність різця:

$$P_{Z_{\text{доп}}} = \frac{bh^2 \sigma_{\text{и.д}}}{6l} = \frac{12 \cdot 10^{-3} \cdot (12 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 300 \cdot 10^6}{6 \cdot 12 \cdot 10^{-3}} = 7200 \text{ Н}$$

б) максимальне навантаження, допустима жорсткість різця

$$P_{Z_{\text{жорс}}} = \frac{3fEj}{l^3} = \frac{3 \cdot 0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 0,1728 \cdot 10^{-8}}{(12 \cdot 10^{-3})^3} = 7122 \text{ Н}$$

Де: $f = 0,1$ – допустима стріла прогину при чорновому точінні;

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

J – момент інерції прямокутного перетину державки:

$$j = \frac{bh^3}{12} = \frac{12 \cdot 12^3}{12} = 1728 \text{ мм}^4$$

Перевірка різця на міцність і жорсткість:

$$P_{Z_{\text{доп}}} > P_Z < P_{Z_{\text{жорс}}}$$

$$7200 > 1611 < 7122$$

					КНУ.КБР.131.25.1-08.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умова виконана. Різець має достатню міцність та жорсткість.

3.4 Вибір типорозміру допоміжних інструментів

Інструментальне налагодження включає набір ріжучих і допоміжних інструментів, підібраних відповідно до конструкції деталі та змісту технологічної операції. Комплекс інструментів формується послідовно: від основного ріжучого інструмента через допоміжні засоби до посадкових поверхонь металорізального верстата (шпинделя). При розробці налагодження враховуються тип виробництва, точність, продуктивність та зручність обслуговування інструментального набору.

З урахуванням характеристик оброблюваної поверхні, способу розміщення деталі, типу верстата та основних розмірів стандартного ріжучого інструмента обирається допоміжний інструмент із відповідними конструктивними параметрами.

Позиції: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 28, 30, 31, 32

Операція токарна, підрізання торця:

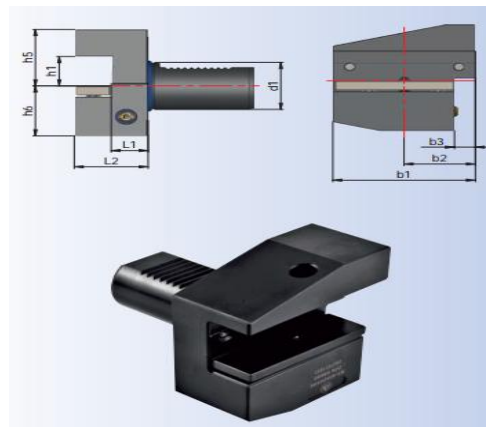


Рисунок 3.11 – Різцетримач правий радіальний короткий DIN 10889-3 форми B3 [5, с. 5.03]

Геометричні параметри: $d1=40$; $h1=25$; $L1=22$; $L2=44$; $h5=48$; $h6=42,5$; $b1=85$; $b2=42,5$; $b3=12,5$

Позиції: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 23, 24, 28, 29, 30, 31

Операція токарна, точіння

					КНУ.КБР.131.25.1-08.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

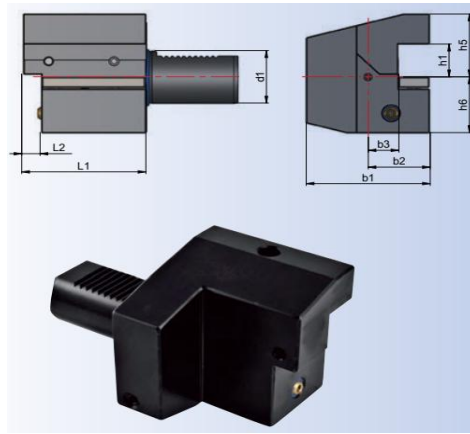


Рисунок 3.12 – Різцетримач правий радіальний короткий 10889-4 форми С3 [5, с. 5.07]

Геометричні параметри: $d_1=40$; $h_1=25$; $L_1=85$; $L_2=12,5$; $h_5=48$; $h_6=42,5$; $b_1=85$; $b_2=42,5$; $b_3=21$

Позиції: 23,24

Операція фрезерування

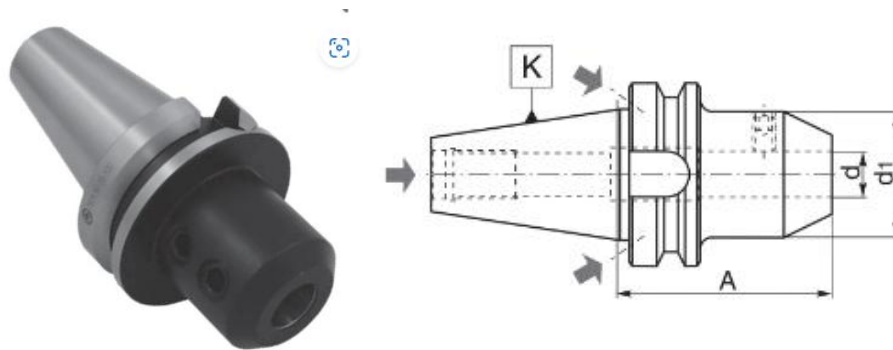


Рисунок 3.13 – Оправка Weldon 7624-40-20-63 AD+B MAS 403-BT[7]

Геометричні параметри: $d=20$ мм; $A=63$ мм; Конус – BT40; $d_1=49,5$ мм

Позиції: 25, 26, 27

Операція свердління

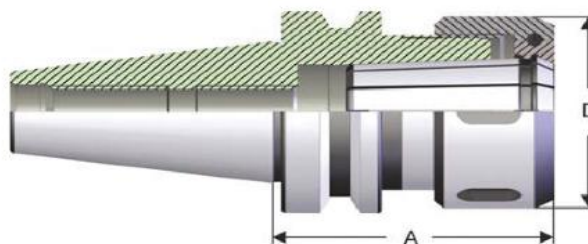


Рисунок 3.14 – Цанговий патрон JIS B 6339 (MAS 403 BT) [6, С-03]

Геометричні параметри: $D=72$; $A=90$; Конус – BT40; Тип 467, Діапазон (3-32)

					КНУ.КБР.131.25.1-08.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Позиції: 25, 26, 27

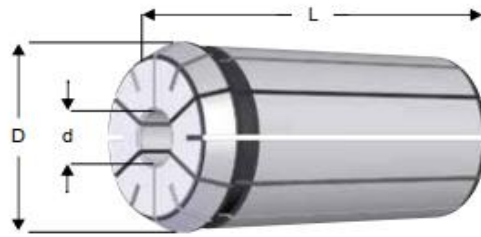


Рисунок 3.15 – Цанга прецизійна DIN 6388 тип 467 [6, G-09]
Геометричні параметри $d=12-11,5$; $D=43,7$; $L=60$

Позиції: 26, 27

Операція різьбонарізування

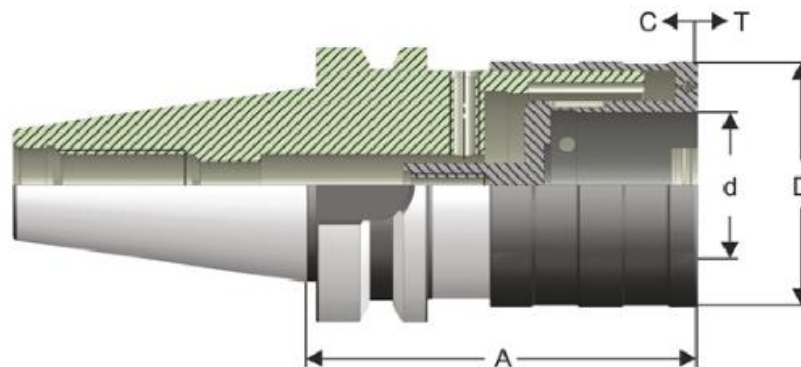


Рисунок 3.16 – Різьбонарізний патрон JIS B 6339 (MAS 403 BT) [6, C-23]
Геометричні параметри: $d=19$; $A=67$; $D=38$; $C=7$; $T=7$; Діапазон M2-M14; Конус – BT40



Рисунок 3.17 – Цанга для нарізування різьби M12 [6, G-24]
Геометричні параметри: $\varnothing=9$; $D=50$; $d=31$; $L=31$

					КНУ.КБР.131.25.1-08.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.18 - Цанга для нарізування різьби М10 [6, G-24]
Геометричні параметри: $\varnothing=7$; $D=50$; $d=31$; $L=31$

Таблиця 3.2 – Структура інструментального комплексу

№ з/п поверхні	Металорізальний верстат(тип, модель)	Параметри посадочного місця верстата під інстр.	Тип ріжучого інстр. (шифр)	Параметр и посадочн ого місця ріжучого інстр.	Допоміжний інстр. (шифр) за міжнародни ми стандартами
1	2	3	4	5	6
1,3,5,7,9, 11,13,15, 17,19,21, 32	Hi-TECH 550BL/MC	Кількість позицій – 12; Розмір інстр. – $\square 25 \times \varnothing 50$	Державка SCLCR1212 K09-SM Пластина CCET09T3V 3R-SN	$b=25$; $h=25$	Різцетримач правий радіальний короткий DIN 10889-3 форми В3
2,4,6,8, 10,12,14, 16,18,20, 22,28,29, 30,31	Hi-TECH 550BL/MC	Кількість позицій – 12; Розмір інстр. – $\square 25 \times \varnothing 50$	Державка SCLCR1212 K09-SM Пластина CCET09T3V 3R-SN	$b=25$; $h=25$	Різцетримач правий радіальний короткий 10889-4 форми С3
4,10,14, 20,23,24	Hi-TECH 550BL/MC	Кількість позицій – 12; Розмір інстр. – $\square 25 \times \varnothing 50$	Державка PTFNR2020 K16 Пластина TNGG16040 2R-K	$b=25$; $h=25$	Різцетримач правий радіальний короткий 10889-4 форми С3
4,10,14, 20	Hi-TECH 550BL/MC	Кількість позицій – 12; Розмір інстр. – $\square 25 \times \varnothing 50$	Державка PTFNR2020 K16 Пластина TNGG16040 2R-K	$b=25$; $h=25$	Різцетримач правий радіальний короткий 10889-4 форми С3

					КНУ.КБР.131.25.1-08.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.2

23,24	VMC 1580	Тип хвостовика: Конус BT40	Фреза цінцева MS2SSD120 0	DMM=20	Оправка Weldon 7624-40-20- 63 AD+B MAS 403-BT
25,26,27	Hi-TECH 550BL/MC	Кількість позицій – 12; Розмір інстр. – □25хØ50	Свердло центрове MWE1200S А Державка MMTER121 2H16-C	BD=12	Цанговий патрон JIS B 6339 (MAS 403 BT)
26,27	Hi-TECH 550BL/MC	Кількість позицій – 12; Розмір інстр. – □25хØ50	Мітчик МТР- M12X1.75IS O6HX-TB- P004	BD=12	Різьбонарізн ий патрон JIS B 6339 (MAS 403 BT)

					КНУ.КБР.131.25.1-08.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ПРОЕКТУВАННЯ ТА ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

4.1 Розрахунок та проєктування спеціального різального інструменту

На основі аналізу методів обробки поверхонь та вибраних типів ріжучих інструментів виконуємо розрахунок спеціального ріжучого інструменту - комбіноване свердло-зенківка.

Розраховуємо основні конструктивні параметри свердла-зенківки для оброблення різьбових отворів деталі з наступними параметрами:

Оброблюваний матеріал – сталь 45;

Механічні властивості оброблюваного матеріалу – 241 НВ;

Діаметр першого ступеня свердла $D_1 = 12$ мм;

Діаметр другого ступеня свердла $D_2 = 25$ мм;

Довжина свердління першим ступенем $L_1 = 10$ мм;

Довжина свердління другим ступенем $L_2 = 20$ мм;

1. Ширина стрічки:

$$f=0,5\sqrt[3]{D}, \quad (4.1)$$

$$f_1=0,5\sqrt[3]{D_1}=0,5\sqrt[3]{10}=1,07 \text{ мм}$$

$$f_2=0,5\sqrt[3]{D_2}=0,5\sqrt[3]{25}=1,46 \text{ мм}$$

2. Висота стрічки:

$$q=0,025D, \quad (4.2)$$

$$q_1=0,025D_1=0,025 \cdot 12=0,25 \text{ мм}$$

$$q_2=0,025D_2=0,025 \cdot 25=0,625 \text{ мм}$$

Головний кут у плані для свердла вибирається в залежності від властивостей оброблюваного матеріалу. Визначимо головний кут в плані для сталі 40Х. Приймаємо: $2\varphi=120^\circ$; $\omega_m=28^\circ$; $\alpha_m=12^\circ$

3. Значення заднього кута:

$$\alpha=\alpha_m \left(\frac{3,33}{D+2,35} + 0,79 \right), \quad (4.3)$$

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-08.04.ПІАРІ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Задорожній</i>			ПРОЕКТУВАННЯ ТА ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ		
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>					
<i>Н. Контр.</i>		<i>Нечаєв</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Рязанцев</i>					
						<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>
							<i>Акрцшів</i>
							1
						Каф. ТМ зр. ПМ-21	

$$\alpha_1 = \alpha_m \left(\frac{3,33}{d_1 + 2,35} + 0,79 \right) = 12 \left(\frac{3,33}{12 + 2,35} + 0,79 \right) = 12,71^\circ$$

$$\alpha_2 = \alpha_m \left(\frac{3,33}{d_2 + 2,35} + 0,79 \right) = 12 \left(\frac{3,33}{25 + 2,35} + 0,79 \right) = 10,95^\circ$$

4. Кут нахилу стружкової канавки:

$$\omega = \omega_m \left(1,1 - \frac{1,624}{D + 3,5} \right), \quad (4.4)$$

$$\omega_1 = \omega_m \left(1,1 - \frac{1,624}{d_1 + 3,5} \right) = 28 \left(1,1 - \frac{1,624}{12 + 3,5} \right) = 27,43^\circ$$

$$\omega_2 = \omega_m \left(1,1 - \frac{1,624}{d_2 + 3,5} \right) = 28 \left(1,1 - \frac{1,624}{25 + 3,5} \right) = 29,21^\circ$$

5. Крок стружкової канавки:

$$H = \frac{\pi d}{\operatorname{tg} \omega}, \quad (4.5)$$

$$H_1 = \frac{\pi d_1}{\operatorname{tg} \omega_1} = \frac{3,14 \cdot 12}{\operatorname{tg} 27,43^\circ} = 60,49 \text{ мм}$$

$$H_2 = \frac{\pi d_2}{\operatorname{tg} \omega_2} = \frac{3,14 \cdot 25}{\operatorname{tg} 29,21^\circ} = 140,4 \text{ мм}$$

6. Загальна довжина свердла:

$$L = l_{c1} + l_{c2} + l_{\text{хв}} + l_{\text{ш}}, \quad (4.6)$$

$$L = 27 + 28 + 50 + 10 = 115 \text{ мм}$$

7. Найбільша величина подачі, з якою може працювати свердло:

$$s = 0,045 D^{0,6}, \quad (4.7)$$

$$s = 0,045 \cdot 12^{0,6} = 0,179 \text{ мм/об.}$$

					КНУ.КБР.131.25.1-08.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. Крутний момент, що виникає під час роботи свердла:

$$M_{кр} = C_{pz} D^2 s^{0,8} HB^{0,7}, \quad (4.8)$$

$$M_{кр} = 0,9 \cdot 10^2 \cdot 0,179^{0,8} \cdot 241^{0,7} = 1056 \text{ кгс} \cdot \text{мм} = 1,056 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 10,35 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

де $C_{pz} = 0,9$ – для вуглецевої сталі

9. Осьове зусилля різання:

$$P_0 = C_{px} D s^{0,7} HB^{0,75}, \quad (4.9)$$

$$P_0 = 1,65 \cdot 12 \cdot 0,179^{0,7} \cdot 241^{0,75} = 302,7 \text{ кгс} = 2,96 \text{ кН}$$

10. Діаметр сердцевини свердла:

$$d_0 = 0,15D, \quad (4.10)$$

$$d_0 = 0,15 \cdot 12 = 1,5 \text{ мм}$$

4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту

Виконаємо розрахунок на жорсткість за допомогою програмного забезпечення SolidWorks.

В програмі створимо 3D модель нашого різця.

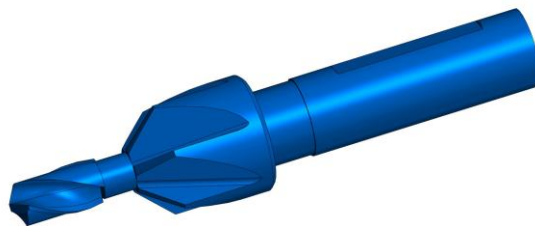


Рисунок 4.1 – 3D модель свердла-зенківки

Щоб виконати дослідження, ми скористаємося Solidworks Simulation.

Далі створюємо нове дослідження, де визначаємо тип аналізу та вводимо потрібні дані для його проведення, зокрема: типи кріплень, вид навантаження, що впливає на свердло-зенківку, а також обираємо матеріал для свердла-зенківки.

					КНУ.КБР.131.25.1-08.04.ПІАПІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

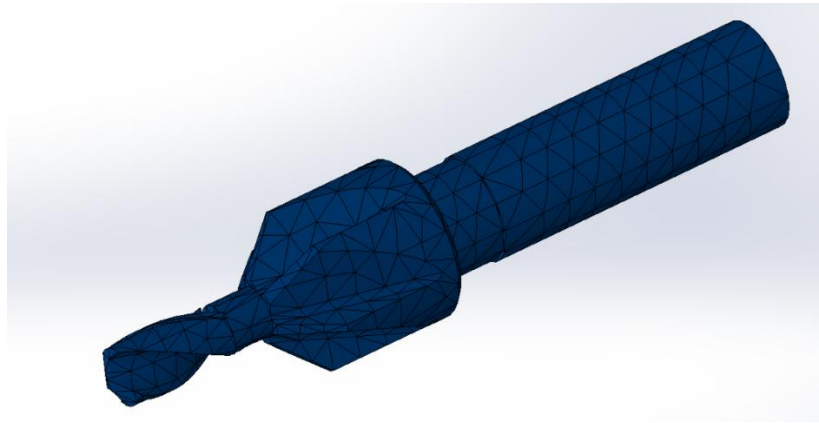


Рисунок 4.2 – Створення сітки моделі

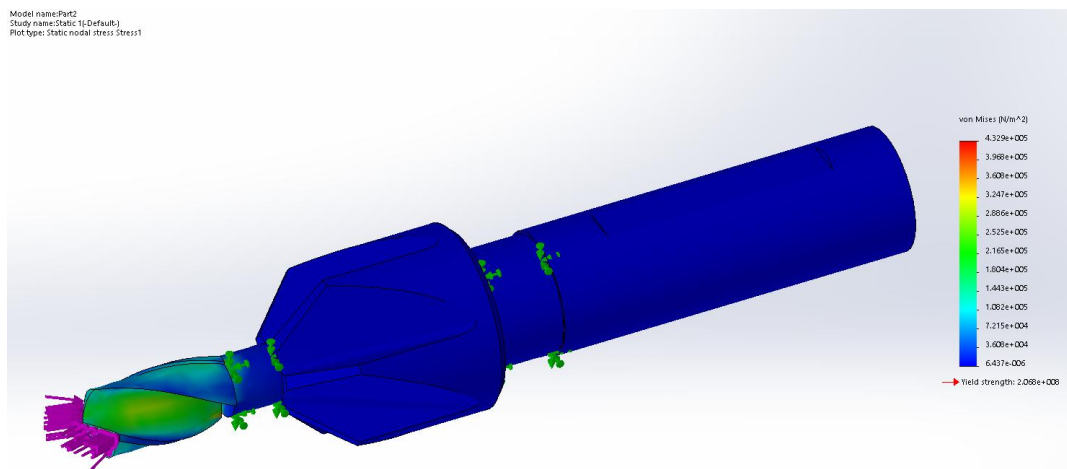


Рисунок 4.3 – Симуляція напруги свердла-зенківки

Максимальна напруга у деталі більш ніж у 400 разів нижча за межу текучості, що вказує на великий запас міцності. Пластична деформація не очікується.

Таблиця 4.1 - Результати вимірювань симуляції «Напруження»

Ім'я	Тип	Мін	Макс
Напруження1	VON: Напруження von Mises Stress	6.437e- 006N/m^2 Вузол: 2385	4.329e+005N/m^2 Вузол: 7739

					КНУ.КБР.131.25.1-08.04.ПІАПІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

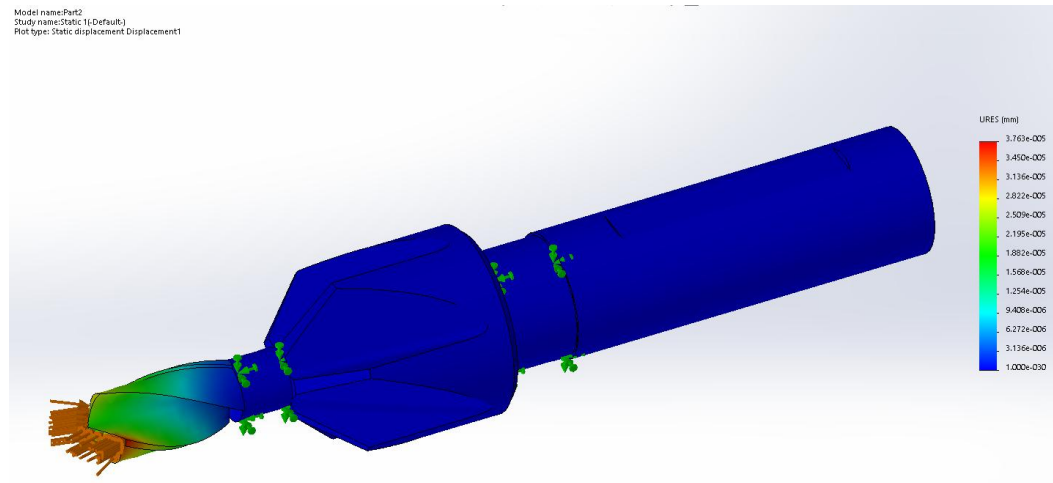


Рисунок 4.4 – Симуляція переміщення свердла-зенківки

Переміщення є мікроскопічними, що свідчить про високу жорсткість конструкції під дією прикладеного навантаження (1 Н).

Таблиця 4.2 – Результати вимірювань симуляції «Переміщення»

Ім'я	Тип	Мін	Макс
Переміщення1	URES: Результат переміщення	0.000e+000mm Вузол: 33	3.763e-005mm Вузол: 507

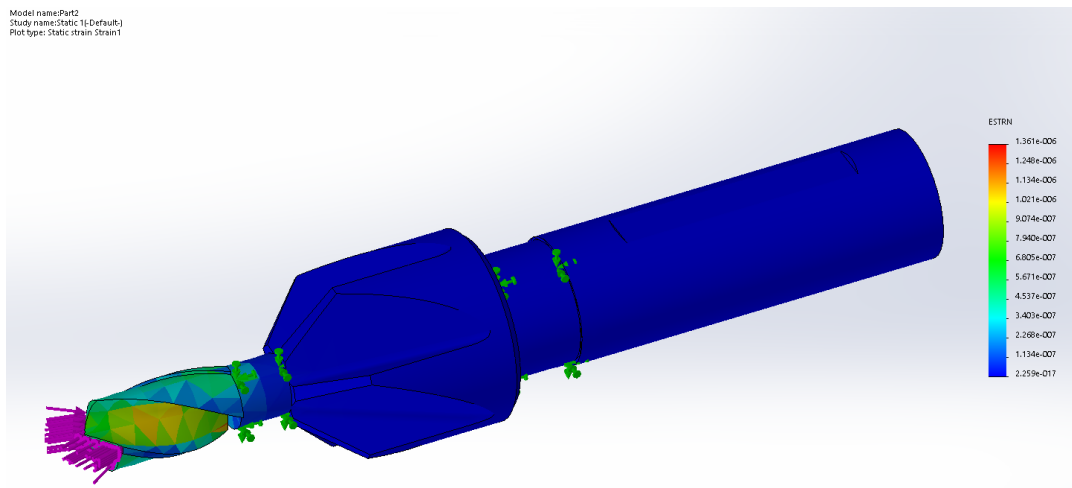


Рисунок 4.5 – Симуляція деформації свердла-зенківки

Максимальне значення еквівалентної деформації надзвичайно мале, що узгоджується з незначними переміщеннями і свідчить про відсутність помітної деформації елемента.

					КНУ.КБР.131.25.1-08.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.3 – Результати вимірювань симуляції «Деформація»

Ім'я	Тип	Мін	Макс
Деформація1	ESTRN: Еквівалентна деформація	2.259e-017 Елемент: 1541	1.361e-006 Елемент: 4298

Статичний аналіз моделі свердла-зенківки показав, що при заданому навантаженні (1 Н) напружено-деформований стан є цілком допустимим. Максимальні значення напруг, переміщень і деформацій є дуже низькими. Конструкція має значний запас міцності, є жорсткою та придатною до експлуатації в межах заданих умов.

					КНУ.КБР.131.25.1-08.04.ПІА/І	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора.

Для виконання токарної операції розробимо код керуючої програми для ЧПК. Використаємо програмне забезпечення FeatureCAM.

Постпроцесор виберемо Fanuc, встановлений на нашому токарному верстаті.

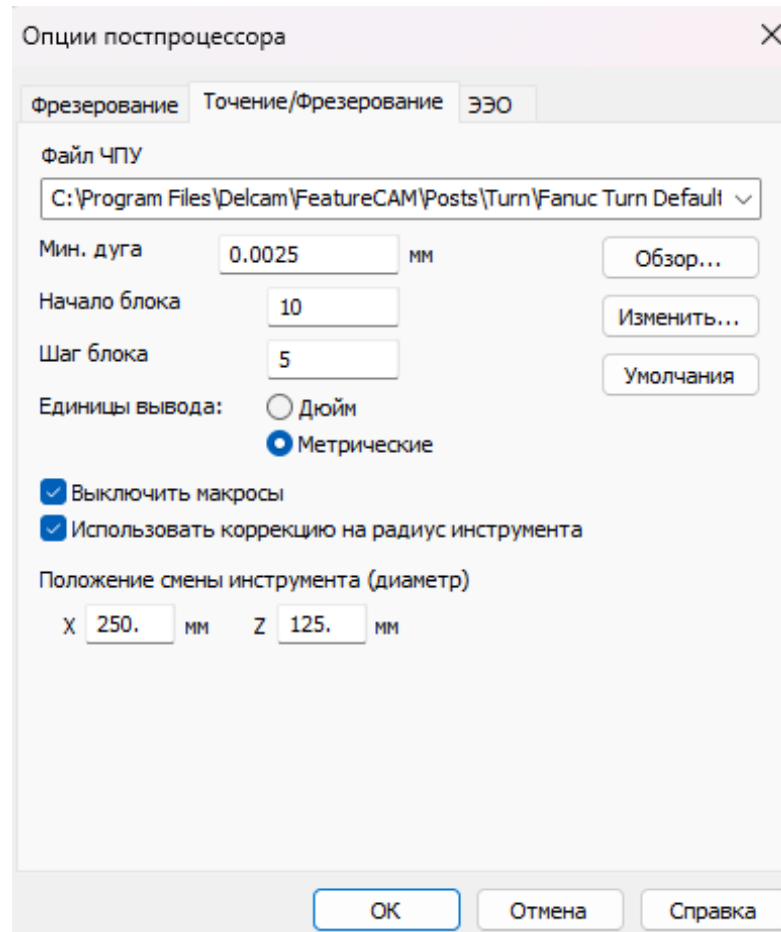


Рисунок 5.1 – Налаштування постпроцесора

5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм

Спочатку створимо 3D-модель деталі в будь-якій CAD-системі. Потім імпортуємо модель у FeatureCAM і налаштуємо її позиціонування для зручної роботи.

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-08.05.МПМО</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Задорожній			МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ		
Перевір.		Рязанцев					
Н. Кантр.		Нечаєв					
Затверд.		Рязанцев					
					Літ.	Арк.	Акц.ш.в.
						1	
					Каф. ТМ гр. ПМ-21		

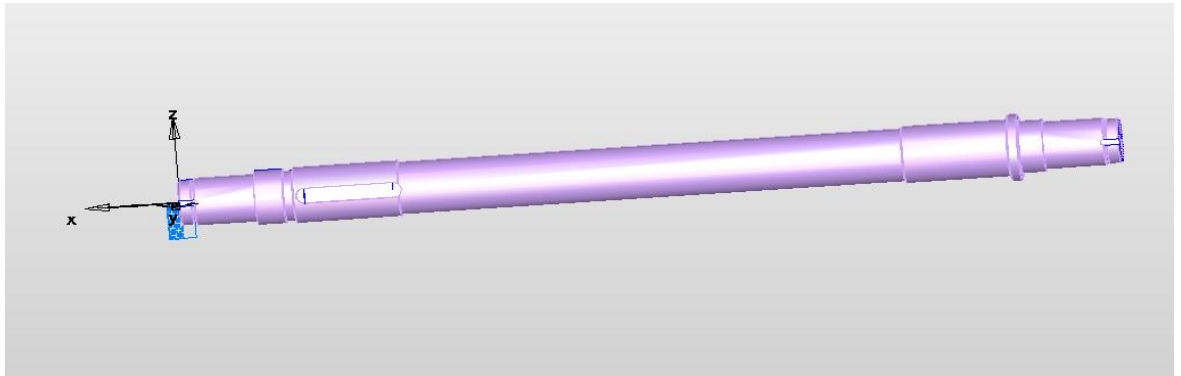


Рисунок 5.2 – 3D модель деталі «Вал»

Після імпорту деталі в програму визначаємо основні геометричні характеристики заготовки, її положення та тип.

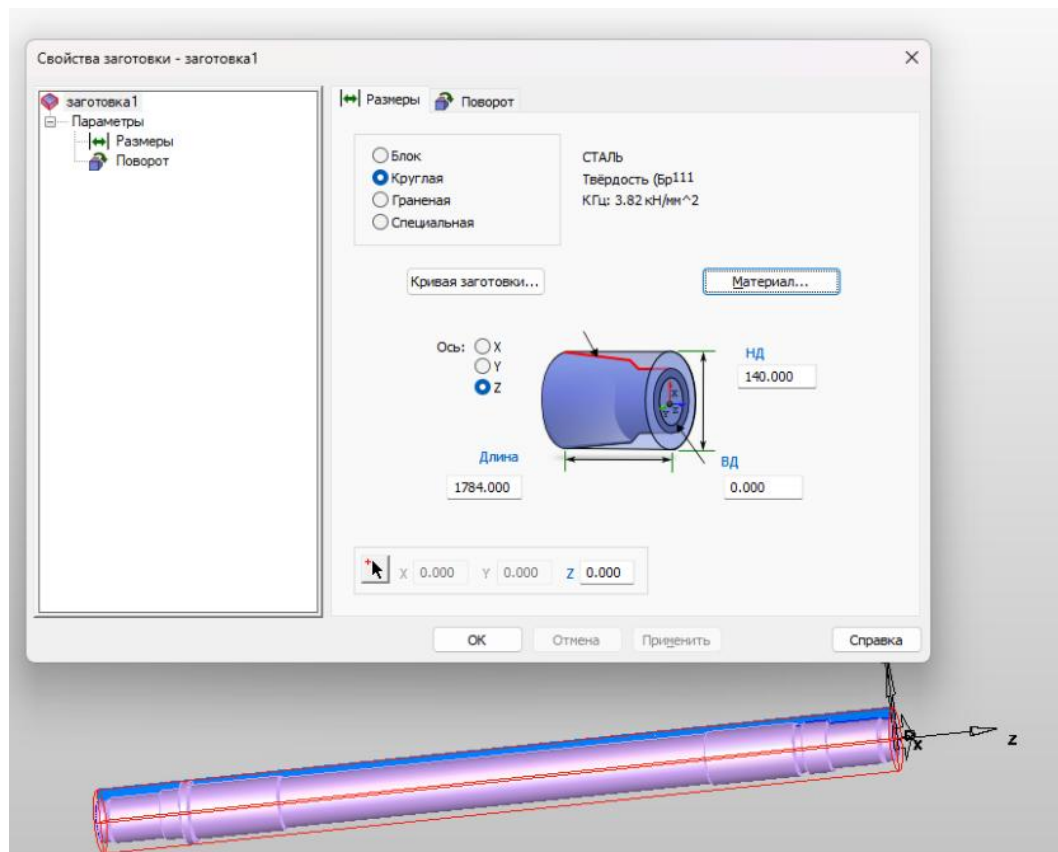


Рисунок 5.3 - Загальний вигляд імпортування деталі та обраних параметрів заготовки

					КНУ.КБР.131.25.1-08.05.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

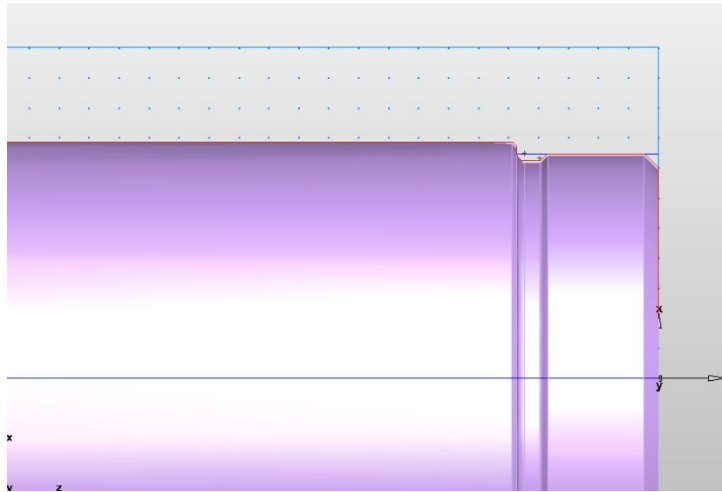


Рисунок 5.4 – Крива деталі

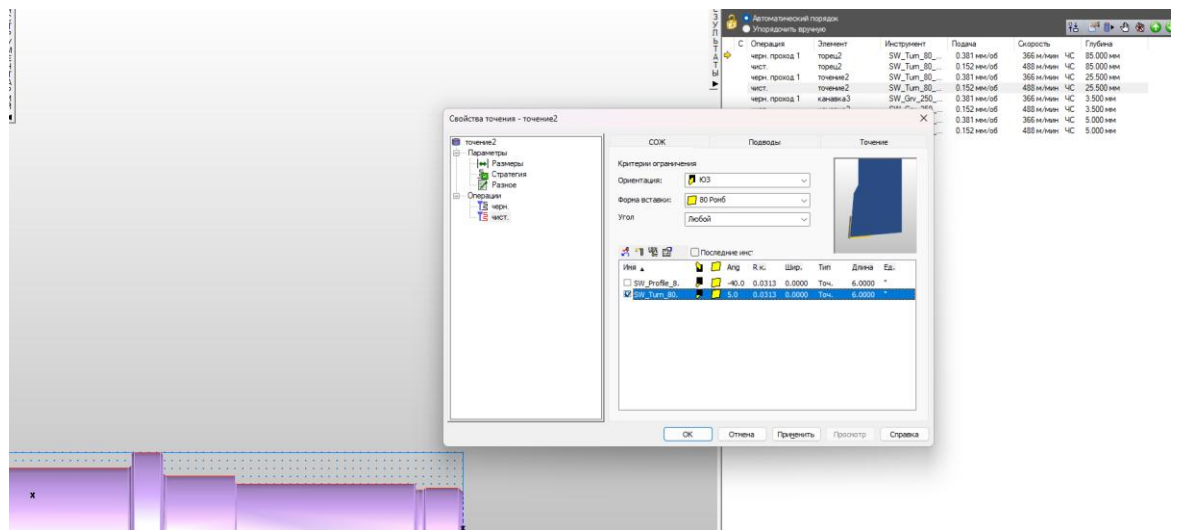


Рисунок 5.5 – Вибір параметрів інструменту

FeatureCAM забезпечує потужні засоби візуального контролю, зокрема відображення траєкторій інструмента (рис. 5.6) та проведення високоточних 2D і 3D симуляцій процесу обробки (рис. 5.7). Завдяки цим функціям можна на етапі моделювання виявити та усунути помилки у керуючому коді, що гарантує його коректність і безпечну роботу на верстаті.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.25.1-08.05.МПОМО

Арк.

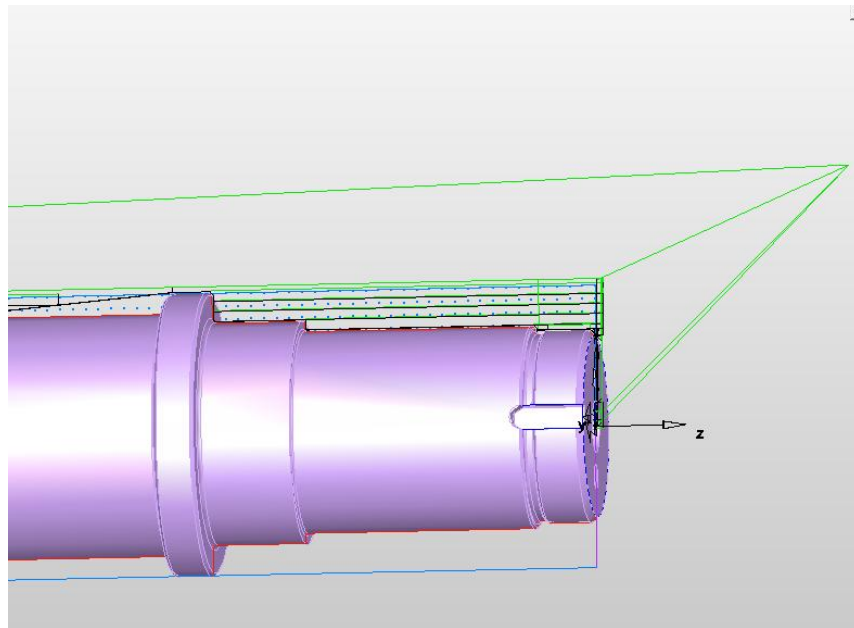


Рисунок 5.6 – Траєкторія руху інструменту

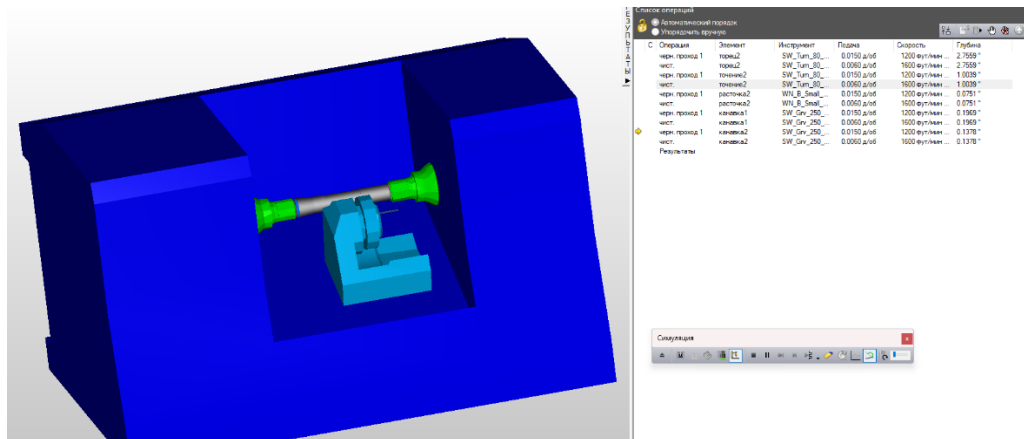


Рисунок 5.7 – Симуляція обробки на установі

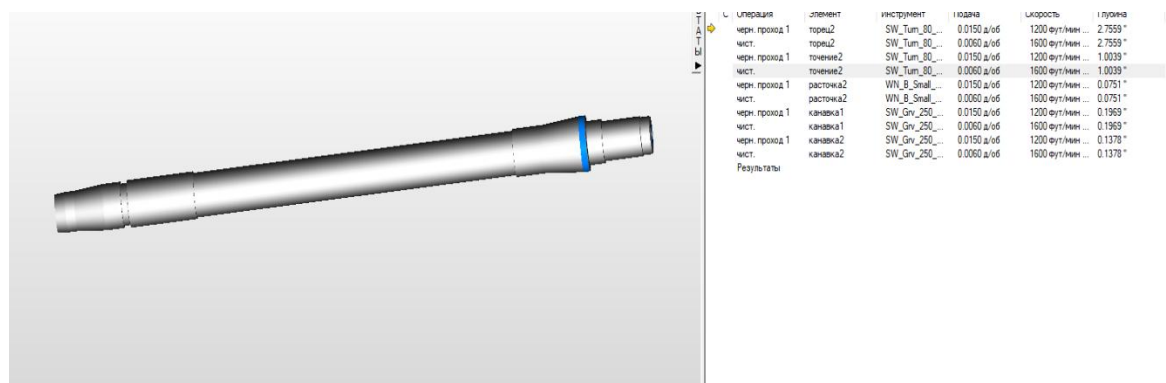


Рисунок 5.8 – 3D симуляція обробки деталі

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Проведемо розрахунки витрат на токарну операції на верстаті з ЧПК.

Технологічна собівартість є важливим показником, що відображає витрати, які змінюються залежно від порівняння технологічних процесів на окремих операціях або при об'єднанні кількох операцій в одну. Її розрахунок дозволяє знизити витрати шляхом вибору економічно вигідних технологічних рішень, підвищити продуктивність виробництва через скорочення операцій, проаналізувати вплив змін у технологічних процесах на собівартість і зменшити собівартість продукції для забезпечення конкурентних цін.

При визначенні технологічної собівартості враховуються витрати на сировину, матеріали, заробітну плату працівників, експлуатацію основного та допоміжного обладнання, інструментів, споживання енергії, інших ресурсів, створення програм для верстатів із числовим програмним керуванням, утримання виробничих приміщень та інші супутні витрати.

Ефективність виробництва оцінюється через порівняння собівартості обробки деталей на верстатах із числовим програмним керуванням та на верстатах без нього.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані

Вихідні дані					
Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	2622	1A64	6P13П	2M55	Hi-TECH 550BL/MC
Деталь					
Річний обсяг випуску деталей N, шт.	1300				1300
Кількість запусків партій деталей в рік, шт	20				20
Тривалість випуску деталей Z, рік	3				3
Штучний час обробки деталі $t_{шт}$, хв.	2	20	4	2	15
Час наладки верстата, хв.	16	16	4	8	20
Розряд: контролера верстатника наладчика наладчика інструменту	5				5
	4	3	4	3	2
	3	3	3	3	5
		4			4
Кількість кадрів програми, шт.					300

					КНУ.КБР.131.25.1-08.06.0ЕПВ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Задорожній				ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА		
Перевір.	Рязанцев						
Н. Кантр.	Нечаєв						
Затверд.	Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Акрцшів
						1	
					Каф. ТМ гр. ПМ-21		

Продовження таблиці 6.1

Вартість заготовки $S_{заг}$, грн.	3514				3514
Вартість комплексу спец. пристосувань $K_{пр}$, грн	42500	50000	33000	31000	70000
Оптова ціна на прокат одного УСП $\Pi_{усп}$, грн					
Середній час налагодження за прибором одного інструменту поза верстатом, хв.	0,5	1,5	0,5	1	1
Середній період стійкості інструменту, хв.	45	45	45	45	120
Середня кількість граней пластинки, шт.	1	1	1	1	3
Коефіцієнт, що враховує питому вагу основного часу в штучному K_t	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083
Вартість одного кадру ПК, грн.					8,9
Вартість розробки ПК $K_{пк}$, грн.					2000
Середньочасова зарплата робітника, грн:					
верстатника $H_{ст}$	120	130	130	120	160
наладчика $H_{нал}$	130	135	130	125	150
наладчика інструмента $H_{ин}$	110	120	120	115	150
контролера H_k	115				145
Верстати					
Клас точності верстата	Н	Н	Н	Н	А
Маса верстата, т	11,8	11,4	4,2	4,7	12,7
Габарити верстата (довжина x ширина), м.	5,5 x 3,2	5,825 x 2	2,56 x 2,26	2,665 x 1	5,59 x 2,45
Габарити пристрою ЧПК, м					0,5 x 0,5
Тип пристрою ЧПК					FANUC 0i-TD
Строк служби верстата до капітального ремонту $T_{рп}$, років	7	7	7	7	10
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	10	10	10	10	50
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:					
механічної частини R_m	18,6	27,7	15	15,6	26,86
електротехнічної частини R_e	13,4	14	9,8	9,2	20,8
Кількість верстатів, що обслуговує один робочий d, шт	1	1	1	1	2
Оптова ціна верстата Π , грн.	360000	260000	160000	145000	1725000
Коефіцієнт завантаження верстата η_p	0,75	0,75	0,78	0,75	0,95
Площа верстата за габаритами A, м. кв.	17,6	11,7	5,8	2,7	13,7
Площа пристрою ЧПК $A_{у}$, м. кв.					0,25
Витрати на одну одиницю ЕРС верстата, грн.					
механічної частини H_m	401	401	401	401	272
електротехнічної частини H_e	86	86	86	86	60
Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК Q, грн.	0	0	0	0	1950
Коеф., що враховує додаткову площу верстата, γ	3	2,5	2,5	1,5	3,5
Коеф., що враховує клас точності верстата, μ	1	1	1	1	1,8
Ефективний річний фонд часу роботи верстата $\Phi_{об}$, год	3975	3975	3975	3975	3845

Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.25.1-08.06.0ЕПВ

Арк.

Продовження таблиці 6.1

Виробничі та інші площі					
Вартість 1 м. кв. площі механічної Цплзд, 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	180	180	200

Розрахунок допоміжних показників					
Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	2622	1A64	6P13П	2M55	Hi-TECH 550BL/MC
Трудомісткість обробки Тшт, год	400	400	86,66667	43,33333	1500
Час наладки верстата впродовж року Тн, год	5,333333	5,333333	1,333333	2,666667	6,666666667
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року Тнін, год	0	0,00	1,001481	1,001481	20,00
Час контролю деталей впродовж року Тк, год	33,2	33,2	7,193333	3,596667	124,5
Кількість верстатників Рст, чол. (розрах.)	0,22	0,22	0,05	0,02	0,40
(дійсна)	1	1	1	1	1
Кількість наладчиків верстатів Рн, чол. (розрахункова)	0,0029	0,0029	0,0007	0,0014	0,0036
(дійсна)	1	1	1	1	1
Кількість наладчиків інструмента поза верстатом Рнін, чол. (розрахункова)	0	0,0000	0,000538	0,000538	0,01075
(дійсна)	1	0	1	1	1
Кількість контролерів Рк, чол. (розрах.)	0,02	0,02	0,004	0,00	0,07
(дійсна)	1				1
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК Рдод, чол (розрахункова)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21
(дійсна)	0	0	0	0	1
Загальна кількість працівників на річну програму випуску деталей, чол.	12				5
Частка завантаження верстата обробкою деталі в обсязі річного випуску β	0,14	0,18	0,0284	0,015	0,41

					КНУ.КБР.131.25.1-08.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 6.1

1. Зарплатня верстатника (основна та додаткова) I_B

$$I_B = N_{ст.зг} \cdot T_{шт} / d$$

де $N_{ст.зг}$ – середньочасова зарплатня верстатників зі всіма нарахуваннями, грн.;

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

d – кількість верстатів, які обслуговує один робочий

$$N_{ст.зг} = N_{ст} + Z_d + C_{відр} + C_{спрем}$$

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

Z_d – додаткова заробітна платня, 8%

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

$C_{спрем}$ – преміальні доплати, 35%

$$T_{шт} = t_{шт} \cdot N / 60$$

2. Зарплатня за наладку верстата I_N

$$I_N = N_{нал.зг} \cdot T_N$$

де $N_{нал.зг}$ – середньочасова зарплатня наладчиків з усіма нарахуваннями, грн;

T_N – час налашки верстата впродовж року, год

$$N_{нал.зг} = N_{нал} + Z_d + C_{відр} + C_{спрем}$$

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

Z_d – додаткова заробітна платня, 8%

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

$C_{спрем}$ – преміальні доплати, 30%

$$T_N = t_N \cdot j_p / 60$$

де t_N – час налашки верстата для обробки партії деталей, хв;

j_p – кількість запусків партій деталей за рік

3. Зарплатня наладжувальника інструмента поза верстатом, $I_{ин}$

$$I_{ин} = N_{ин} \cdot T_{ин}$$

де $N_{ин}$ – середньочасова зарплатня наладчика, грн;

$T_{ин}$ – час, який затрачується на налагодження інструмента поза верстатом, хв

$$T_{ин} = 1,3 \cdot t_{ин} \cdot T_{шт} \cdot k_T / (T \cdot n\Gamma)$$

де 1,3 – коеф., що враховує випадкову втрату інструменту та його вихід з ладу;

$t_{ин}$ – середній час налагодження за прибором одного інструмента, хв.;

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

k_T – коеф., який враховує питому вагу основного часу в штучному і дорівнює 0,7...0,85;

T – середній період стійкості інструменту, хв.;

$n\Gamma$ – кількість граней пластинки, що не переточується

4. Витрати на підготовку та поновлення керуючої програми $I_{пк}$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

			Базовий варіант			Новий варіант		
6P13П	$I_{пк} = K_{пк} / Z$		2622	$I_{пк} = K_{пк} / Z$		Ні-ТЕСН 550BL/МС	$I_{пк} = K_{пк} / Z$	
			0	0	1300	0	0	3
2М55	$I_{пк} = K_{пк} / Z$			$I_{пк} = K_{пк} / Z$		Всього $I_{пк2}$		
			0	0	1300	0,00	0	3
			Всього $I_{пк1}$	0,00				

Базовий варіант					Новий варіант				
2622	$I_B = N_{ст.зг} \cdot T_{шт} / d$				Ні-ТЕСН 550BL/МС	$I_B = N_{ст.зг} \cdot T_{шт} / d$			
					Всього I_{B2}				
1А64					199454	263,94	1500	2	
6P13П									
2М55									
Всього I_{B1}	192065								

Базовий варіант				Новий варіант			
2622	$I_N = N_{нал.зг} \cdot T_N$			Ні-ТЕСН 550BL/МС	$I_N = N_{нал.зг} \cdot T_N$		
1А64				Всього I_{N2}			
6P13П				1572,48	235,87	6,667	
2М55							
Всього I_{N1}	3019,16						

Базовий варіант				Новий варіант			
2622	$I_{ин} = N_{ин} \cdot T_{ин}$			Ні-ТЕСН 550BL/МС	$I_{ин} = N_{ин} \cdot T_{ин}$		
1А64				Всього $I_{ин2}$			
6P13П				1112,00	55,6	20,00	
2М55							
Всього $I_{ин1}$	235,35						

Продовження таблиці 6.1

5. Витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань

$$И_{пр} = K_{пр} \cdot (1/Z + 0,04)$$

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

Базовий варіант				Новий варіант			
2622	$И_{пр} = K_{пр} \cdot (1/Z + 0,04)$	15866,667	42500	0,333333	Ні-TECH 550BL/МС	$И_{пр} = K_{пр} \cdot (1/Z + 0,04)$	26133,33
1А64	$И_{пр} = K_{пр} \cdot (1/Z + 0,04)$	18666,667	50000	0,333333	Всього $И_{пр2}$		26133,3333
6Р13П	$И_{пр} = K_{пр} \cdot (1/Z + 0,04)$	12320	33000	0,333333			
2М55	$И_{пр} = K_{пр} \cdot (1/Z + 0,04)$	11573,333	31000	0,333333			
Всього $И_{пр1}$		58426,6667					

6. Витрати на прокат універсально-збірних пристосувань при їх використанні

$$И_{усп} = Ц_{усп} \cdot j_p$$

де $Ц_{усп}$ – оптова ціна за прокат одного пристосування, грн

Базовий варіант				Новий варіант			
2622	$И_{усп} = Ц_{усп} \cdot j_p$	0	0	20	Ні-TECH 550BL/МС	$И_{усп} = Ц_{усп} \cdot j_p$	0
1А64	$И_{усп} = Ц_{усп} \cdot j_p$	0	0	20	Всього $И_{усп2}$		0
6Р13П	$И_{усп} = Ц_{усп} \cdot j_p$	0	0	20			
2М55	$И_{усп} = Ц_{усп} \cdot j_p$	0	0	20			
Всього $И_{усп1}$		0					

7. Амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання

$$И_а = K_а \cdot A$$

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 – 0,053 та 0,056;
- для верстатів масою вище 10 т – 0,04 та 0,042 відповідно

Базовий варіант				Новий варіант			
2622	$И_а = K_а \cdot A$	2153,62	53841	0,04	Ні-TECH 550BL/МС	$И_а = K_а \cdot A$	13662,00
1А64	$И_а = K_а \cdot A$	2059,20	51480	0,04	Всього $И_{а2}$		13662,00
6Р13П	$И_а = K_а \cdot A$	0,00	4995	0			
2М55	$И_а = K_а \cdot A$	130,44	2461	0,053			
Всього $И_{а1}$		4343,26					

8. Витрати на утримання приміщення, яке займає верстат

$$И_{пл} = Н_{пл} \cdot (A + A_0) \cdot \gamma \cdot \beta$$

де $Н_{пл}$ – вартість амортизації та утримання 1 м. кв. площі механічного цеху

- для верстатів класів точності Н та П – 180 грн
- для верстатів класів точності В та ОВ – 200 грн

Базовий варіант				Новий варіант			
2622	$И_{пл} = Н_{пл} \cdot (A + A_0) \cdot \gamma \cdot \beta$	1292,17	180	17,6	0	3	0,14
1А64	$И_{пл} = Н_{пл} \cdot (A + A_0) \cdot \gamma \cdot \beta$	943,65	180	11,65	0	2,5	0,18
6Р13П	$И_{пл} = Н_{пл} \cdot (A + A_0) \cdot \gamma \cdot \beta$	74,08	180	5,8	0	2,5	0,03
2М55	$И_{пл} = Н_{пл} \cdot (A + A_0) \cdot \gamma \cdot \beta$	11,10	180	2,665	0	1,5	0,02
Всього $И_{пл1}$		2321,00					

9. Витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень

$$И_{сл} = Н_{сл} \cdot A_с \cdot (Р_{ст} + Р_к + Р_{од} + Р_к)$$

Базовий варіант				Новий варіант			
$К_{сл} = Ц_{пл.6} \cdot A_с \cdot (Р_{ст} + Р_к + Р_{од} + Р_к)$	84000	1000	7	4	7	0	1
Всього $К_{сл1}$	84000						
$К_{сл} = Ц_{пл.6} \cdot A_с \cdot (Р_{ст} + Р_к + Р_{од} + Р_к)$	35000	1000	7	1	2	1	1
Всього $К_{сл2}$	35000						

10. Витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання

$$И_р = (H_р \cdot R_р + H_а \cdot R_а) \cdot \mu \cdot \beta$$

де $H_р, H_а$ – витрати на одинокі ремонтні складові відповідного механічної та електротехнічної частин, грн;
 $R_р, R_а$ – ремонтна складові відповідно механічної та електротехнічної часток, що приймаються 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				Новий варіант			
2622	$И_р = (H_р \cdot R_р + H_а \cdot R_а) \cdot \mu \cdot \beta$	1170,8	401	18,6	86	13,4	1
1А64	$И_р = (H_р \cdot R_р + H_а \cdot R_а) \cdot \mu \cdot \beta$	2216,1	401	27,7	86	14	1
6Р13П	$И_р = (H_р \cdot R_р + H_а \cdot R_а) \cdot \mu \cdot \beta$	194,6	401	15	86	9,8	1
2М55	$И_р = (H_р \cdot R_р + H_а \cdot R_а) \cdot \mu \cdot \beta$	108,7	401	15,6	86	9,2	1
Всього $И_{р1}$		3690,2					

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.25.1-08.06.0ЕПВ

Арк.

Продовження таблиці 6.1

11. Витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК И_у

$$И_{у} = Q \cdot \beta$$

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

Базовий варіант				Новий варіант			
2622	$I_y =$	Q	$\cdot \beta$	Ні-TECH	$I_y =$	Q	$\cdot \beta$
	0	0	0,14	550BL/MC	804,3	1950	0,41
1A64	$I_y =$	Q	$\cdot \beta$	Всього I_{y2}	804,3		
	0	0	0,18				
6P13П	$I_y =$	Q	$\cdot \beta$				
	0	0	0,03				
2M55	$I_y =$	Q	$\cdot \beta$				
	0	0	0,02				
Всього I_{y1}	0,0						

12. Зарплата контролера И_к

$$И_{к} = Н_{к} \cdot Т_{к}$$

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

Т_к – час контролю деталей впродовж року, год.

Для базових верстатів:

$$Т_{к1} = 0,083 \cdot Т_{шт}$$

де 0,083 – середньостатистична частка трудомісткості контрольних операцій

Для обробки на верстатах з ЧПК

$$Т_{к1} = 0,2 \cdot Т_{шт}$$

Базовий варіант				Новий варіант			
2622	И _к =	Н _к	Т _к	Ні-TECH	И _к =	Н _к	Т _к
	3818,00	115	33,20	550BL/MC	18052,5	145	124,5
1A64	И _к =	Н _к	Т _к	Всього И _{к2}	18052,5		
	3818,00	115	33,20				
6P13П	И _к =	Н _к	Т _к				
	827,23	115	7,19				
2M55	И _к =	Н _к	Т _к				
	413,62	115	3,60				
Всього И _{к1}	8876,85						

1. Балансова вартість верстата К_в

$$К_{в} = Ц \cdot \alpha \cdot \beta$$

де Ц – оптова ціна верстата, грн

α – коэф., що враховує витрати на доставку та встановлення верстата та приймається рівним 1,1;
β – частка завантаження верстата

$$\beta = Т_{шт} + Т_{к} / (Фос \cdot \eta_p)$$

Базовий варіант					Новий варіант				
2622	К _в =	Ц	· α ·	β	Н _в -TECH	К _в =	Ц	· α ·	β
	53841	360000,00	1,1	0,14	550BL/MC	341550	1725000,00	1,1	0,18
1A64	К _в =	Ц	· α ·	β	Всього К _{в2}	341550			
	51480	260000,00	1,1	0,18					
6P13П	К _в =	Ц	· α ·	β					
	4995	160000	1,1	0,03					
2M55	К _в =	Ц	· α ·	β					
	2461	145000	1,1	0,02					
Всього К _{в1}	112777								

2. Вартість приміщень, які займає верстат К_п

$$К_{п} = Ц_{пл.м} (A + A_2) \cdot \gamma \cdot \beta$$

де Ц_{пл.м} – вартість 1 м. кв. площі механічного цеху;

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

A₂ – площа, яку займають вимісні, допоміжні пристрої, м. кв.;

γ – коефіцієнт, який враховує додаткову площу

Базовий варіант						Новий варіант					
2622	$K_p = \frac{C_{пл.м}}{500}$	(A + A ₂) · γ · β				Hi-TECH 550BL/МС	$K_p = \frac{C_{пл.м}}{300}$	(A + A ₂) · γ · β			
	3589	500	17,6	0	3 0,14		4394,25	300	13,7	0,25	3,5 0,18
1A64	$K_p = \frac{C_{пл.м}}{500}$	(A + A ₂) · γ · β				Всього К _{п2}	4394,25				
	2621	500	11,65	0	2,5 0,18						
6P13П	$K_p = \frac{C_{пл.м}}{500}$	(A + A ₂) · γ · β									
	206	500	5,8	0	2,5 0,03						
2M55	$K_p = \frac{C_{пл.м}}{500}$	(A + A ₂) · γ · β									
	31	500	2,665	0	1,5 0,02						
Всього К _{п1}	6447										

3. Вартість службово-побутових приміщень К_{сл}

$$К_{сл} = Ц_{пл.б} \cdot A_б \cdot (Р_{ст} + Р_{к} + Р_{под} + Р_{к})$$

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

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

Р_{ст}, Р_к, Р_{под} – кількість відповідно верстатників, наладчиків та додаткових робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК;

Р_к – кількість контролерів

Базовий варіант							
К _{сл} =	Ц _{пл.б}	· A _б	· (Р _{ст} + Р _к + Р _{под} + Р _к)				
84000	1000	7	4	7	0	1	
Всього К _{сл1}	84000						

Новий варіант							
К _{сл} =	Ц _{пл.б}	· A _б	· (Р _{ст} + Р _к + Р _{под} + Р _к)				
28000	1000	7	1	2	0	1	
Всього К _{сл2}	28000						

4. Обігові кошти в незакінченому виробництві К_{вз}

$$К_{вз} = 3 \cdot n'' \cdot (S_{зг} + C / N_{річ} \cdot 0,5) \cdot \beta$$

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

n'' – розмір наладочної партії деталей (партії запуску), шт.

$$n'' = N_{річ} / j_p$$

S_{зг} – вартість заготовки, грн;

C – собівартість механічної обробки річного випуску деталей, грн;

0,5 – коэф. наростання витрат

Базовий варіант						
К _{вз} =		3	· n''	· (S _{зг} + C / N _{річ} · 0,5) · β		
256159,69		65	3514	356977,78	1300	0,36
Всього К _{вз1}		256160				

Новий варіант						
$K_{вз} = 3 \cdot n'' \cdot (S_{зг} + C / N_{річ} \cdot 0,5) \cdot \beta$						
254916,57		65	3514	304854,60	1300	0,36
Всього $K_{вз1}$		254917				

Арк.

КНУ.КБР.131.25.1-08.06.0ЕПВ

Змн. Арк. № док. Підпис Дата

6.2 Охорона праці та екологія виробництва

На машинобудівних заводах широко застосовують різноманітне обладнання та технологічні процеси, які супроводжуються високим рівнем шуму та вібрації. Особливо сильний шум виникає під час роботи металорізальних верстатів - від серійних до високоточних моделей. Найбільш інтенсивний шум характерний для великих токарних, фрезерних та карусельних верстатів, особливо при обробці деталей з твердих матеріалів. Головними джерелами шуму є приводи механізмів, електродвигуни та різучі інструменти.

Шум один із найбільш шкідливих факторів виробничого середовища, який негативно впливає на здоров'я працівників, зокрема операторів верстатів. Тривалий вплив інтенсивного шуму може викликати не лише пошкодження слуху, але й порушення роботи нервової та судинної систем організму. Це призводить до зниження продуктивності праці, загострення хронічних захворювань і погіршення загального самопочуття.

Для зменшення виробничого шуму застосовують кілька підходів: усунення джерел шуму, послаблення шумового впливу по його траєкторії поширення, а також індивідуальний захист працівників. Наприклад, можна знизити інтенсивність режиму різання або розмістити верстати в окремих приміщеннях, де стіни й стелі оброблені звукопоглинаючими матеріалами. Також ефективними є акустичні екрани, що розділяють робочі місця, мінімізуючи поширення шуму.

Вібрація друга за поширеністю професійна хвороба після пневмоконіозу, яка потребує негайного усунення. Захист починається з ліквідації вібраційних джерел.

Для підвищення екологічності та раціонального використання ресурсів широко впроваджують переробку відходів виробництва у цінні матеріали. Вторинна сировина, зокрема лом і металеві відходи (стружка, шматки, листи), утворюється під час обробки металів та зношування обладнання, запасних частин і інструменту (амортизаційний брукхт). Металевий брукхт переробляють на підприємствах з плавильними печами та металургійних комбінатах, де його використовують як складову шихти для доменних і сталеплавильних процесів.

Особливу небезпеку становлять технологічні рідини та розчини, що застосовуються у виробництві, а саме:

- концентровані електроліти для нанесення та зняття покриттів, лужні і кислотні травильні розчини;
- промивні води;
- шлами, які утворюються під час гальванічних процесів;
- електроліти, що містять важкі метали, ртуть та інші токсичні елементи.

Для зменшення шкідливого впливу таких факторів на персонал і навколишнє середовище застосовують комплексні заходи охорони праці і екологічного контролю, а саме:

- використання засобів індивідуального захисту (маски, респіратори, рукавиці);

					КНУ.КБР.131.25.1-08.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- забезпечення ефективного провітрювання виробничих приміщень;
- регулярний моніторинг стану повітря і дотримання гігієнічних норм;
- навчання працівників безпечній роботі з хімічними речовинами.

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-08.06.0ЕПВ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВИСНОВКИ

У процесі виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи було здійснено комплексне дослідження технологічного процесу обробки відповідальних поверхонь деталі «Вал» непрямого барабана.

Основною метою дослідження було розроблення та обґрунтування конструкції спеціального різального інструменту - свердла-зенківки - що забезпечує точну та ефективну обробку отворів і фасок, які мають вирішальне значення для функціонування вузла. Розроблена конструкція дозволяє одночасно виконувати свердління та зенкування, що скорочує час обробки та підвищує точність розмірів.

На початковому етапі було проаналізовано технічні вимоги до вала як до частини транспортного вузла стрічкового конвеєра. Особливу увагу приділено геометричній точності обробки посадочних отворів, зносостійкості та стабільності експлуатаційних характеристик деталі.

Було обґрунтовано доцільність використання ЧПК-токарного обладнання для виготовлення деталі, що дозволяє автоматизувати процес, зменшити похибки, підвищити стабільність виробництва та забезпечити високу продуктивність при серійному або дрібносерійному виготовленні.

У процесі роботи спроектовано спеціальний різальний інструмент із подальшим проведенням його інженерного аналізу в середовищі CAE-системи SolidWorks Simulation. Було побудовано епюри напружень, деформацій та переміщень, що дозволило оцінити працездатність інструмента в умовах реального навантаження. Результати показали, що напружено-деформований стан свердла-зенківки перебуває в межах допустимих значень, що підтверджує надійність конструкції.

Також було виконано техніко-економічний аналіз доцільності впровадження розробленого інструмента у виробництво. Розрахунки показали, що використання свердла-зенківки дозволяє зменшити кількість переходів, скоротити загальний час обробки та знизити собівартість виготовлення деталей без втрати якості.

Таким чином, результати виконаної роботи підтверджують доцільність та ефективність застосування спеціального різального інструменту, спроектованого з використанням CAD/CAM/CAE технологій. Розроблена технологія обробки забезпечує високу якість, точність та економічність, що відповідає сучасним вимогам машинобудівного виробництва.

					КНУ.КБР.131.25.1-08.В									
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВИСНОВКИ					Літ.	Арк.	Акрцшів		
Розроб.		Задорожній											1	
Перевір.		Рязанцев								Каф. ТМ гр. ПМ-21				
Н. Контр.		Нечаєв												
Затверд.		Рязанцев												

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Нефьодов Н.А., Осипов К.А. Збірник задач і прикладів по різанню металів і ріжучому інструменту: Навчальний посібник - М.: Машинобудування, 1990. - 448с.
2. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів / Рудь Ю. С. – 2-е вид., переробл. - Кривий Ріг: Видавництво КНУ, 2015. – 496 с.: іл.
3. 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.
4. Каталог ріжучого інструменту Mitsubishi
5. Каталог EROGLU 2020
6. Каталог DEGERLI MAKINA 2023
7. Електронний ресурс: <https://e-siltech.com.ua/product/800002075/>
8. Каталог SECOTOO

					КНУ.КБР.131.25.1-08.СВД					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ			Літ.	Арк.	Акрцшів
Розроб.		Задорожній								
Перевір.		Рязанцев							1	
								Каф. ТМ гр. ПМ-21		
Н. Контр.		Нечаєв								
Затверд.		Рязанцев								

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

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ЗАСВІДЧУЮЧИХ
АРКУШІВ**

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

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

Виконав здобувач гр. ПМ-21

(підпис)

Задорожній М.А.

Керівник КБР

(підпис)

Рязанцев А.О.

Нормоконтроль

(підпис)

Нечаєв В.П.

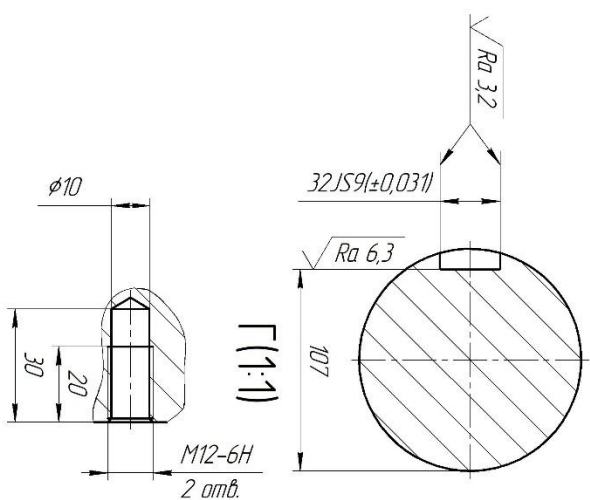
Завідувач кафедри

(підпис)

Рязанцев А.О.

Кривий Ріг
2025 р.

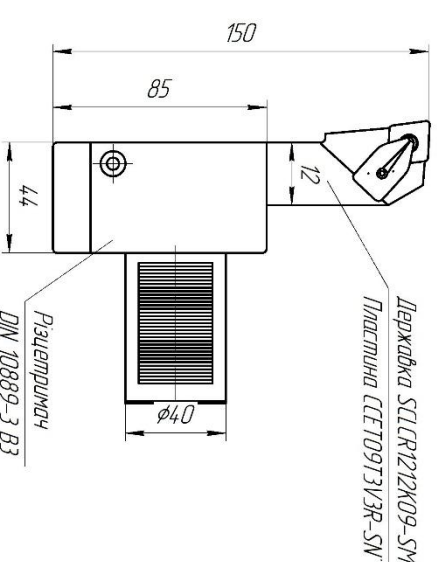
Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
Справ. №					Документация				
					Креслення				
	A2		1	КНУ.КБР.131.25.1-08.В	Вал	1			
	A2		2	КНУ.КБР.131.25.1-08.ІН	Інструментальне налагодження	1			
	A3		3	КНУ.КБР.131.25.1-08.СЗ	Свердло-зенківка	1			
	A3		4	КНУ.КБР.131.25.1-08.МПМО	Моделювання процесу механічної обробки	1			
	A3		5	КНУ.КБР.131.25.1-08.ІАСРІ	Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	1			
Подп. и дата	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	КНУ.КБР.131.25.1-08.ВЕДКБР
Инв. № подл.	Разрад.	Задорожній				Відомість електроних документів КБР	Лит.	Лист	Листов
	Пров.	Рязанцев							1
	Н.контр.	Нечаєв				Кафедра ТМ гр. ПМ-21			
	Утв.	Рязанцев							



3 Невказані розміри радіусів: $R = 2 \text{ мм}$.

[illegible]

Поверхні обробки: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 9, 20, 21, 22, 28, 30, 31, 32



Поверхні ґрундоу: 25, 26, 27

Technical drawings of two types of mounting brackets, showing dimensions and material specifications.

Top Drawing (Left):

- Bracket type: **ПТНKR2020K16**
- Material: **Пластмасса ТН66160402Р-К**
- Dimensions:
 - Total width: 150
 - Mounting hole offset: 85
 - Bracket thickness: 12
 - Threaded section diameter: $\phi 4.0$
 - Threaded section length: 40
- Label: **Поземпункт DIN 10889-4 C3**

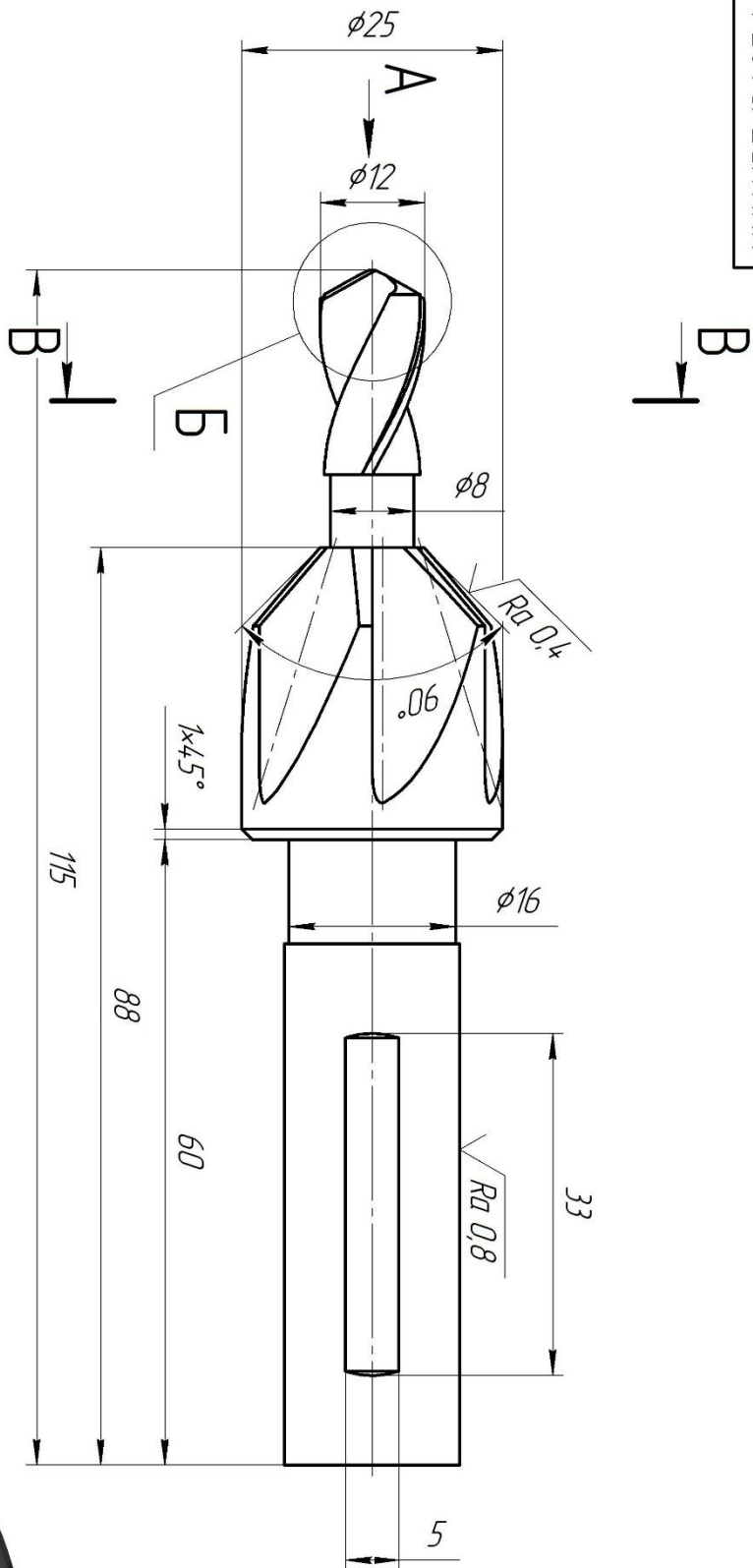
Bottom Drawing (Right):

- Bracket type: **ММТЕР1212Н16-С**
- Material: **Пластмасса ММ22KR350SO**
- Dimensions:
 - Total width: 150
 - Mounting hole offset: 85
 - Bracket thickness: 12
 - Threaded section diameter: $\phi 4.0$
 - Threaded section length: 40
- Label: **Поземпункт DIN 10889-4 C3**

КНУ.КРБ.131.25.1-08.11									
Инструментальные наладки					Лит.	Масса	Материал		
							12.5		
					Лист	Листов	1		
					Код: ТУ зп. ТМ-21				

Є780-1.571Є1.9ДКННН
КНЧ.КРБ.131.251-08.Є3

√3.2(√)



- 1 Матеріал ріжучих частин – Р6М5 ДСТУ 7807:2015, іншої частини – сталь 40Х ДСТУ 7807:2015
- 2 Невказані граничні відхилення Н14, н14, ± $\frac{IT14}{2}$.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дудл.	Подп. и дата

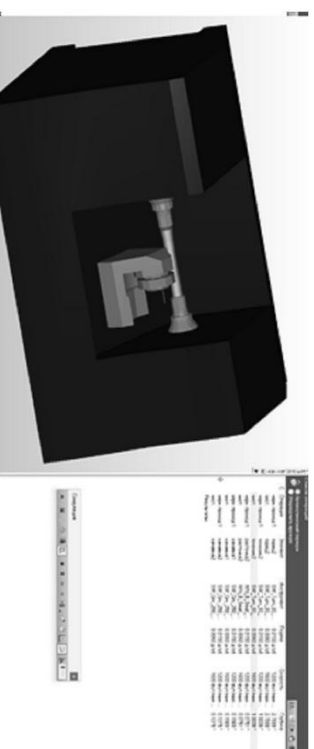
Справ. №	Перв. примен.

КНЧ.КРБ.131.251-08.Є3									
Свердло-зенкідка									
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата					
Разр.	Зод.	Розр.	Зод.	Розр.					
Прод.	Розр.	Прод.	Розр.	Прод.					
Т.контр.	Розр.	Т.контр.	Розр.	Т.контр.					
Н.контр.	Розр.	Н.контр.	Розр.	Н.контр.					
Умб.	Розр.	Умб.	Розр.	Умб.					
Сталь Р6М5 ДСТУ 19265-73					Каф. ТМ ЗР. ПМ-21				

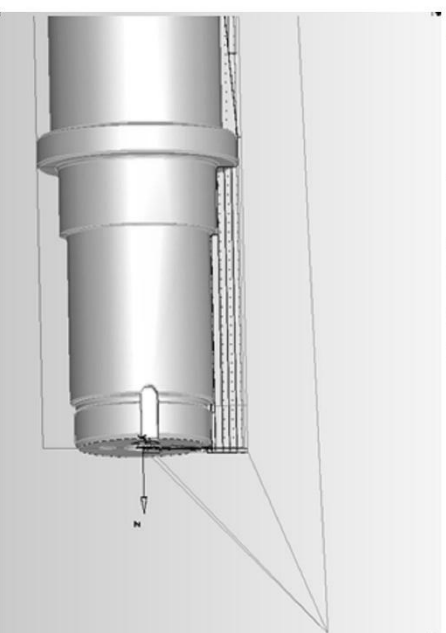
Ban Feature CAM



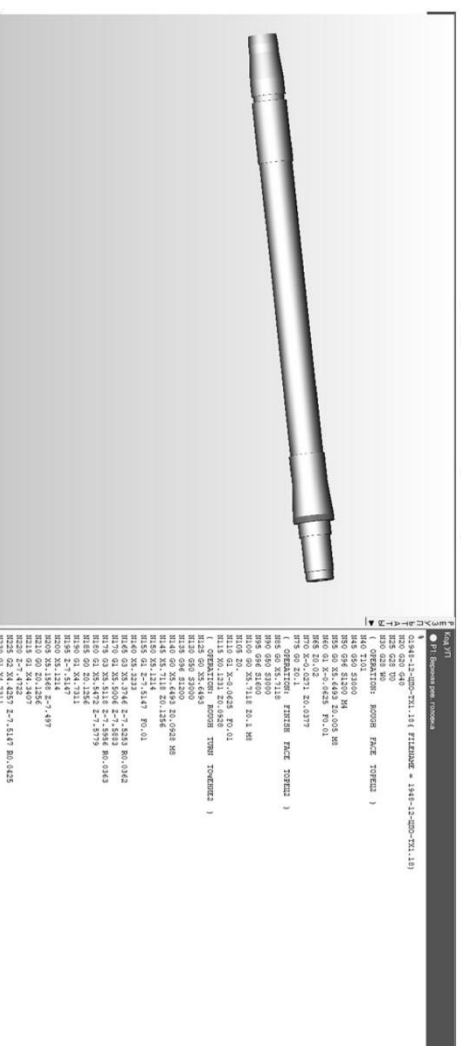
Симуляція об'єднань на верстаті Feature CAM



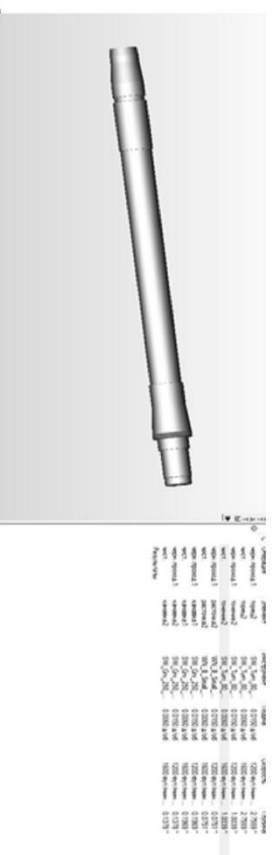
Tracktopia puxu y Feature Cam



Kod keryuhoi prozramu Feature CAM



Кінцевий результат обробки у Feature CAM



КНУ.КБР.131.25.1-08.МППО

Моделювання процесу механічної обробки					
Зм.	Лист	№ док-м.	Підпис	Дата	
Розробив	Завершив				
Керівник	Разначев				
Накомтр.	Нечачев				
Замб.	Разначев				

Лит.		Мащ.		Мащштаб		
H				1:1		
Лист		Листов				
		1				

**Каф. ТМ
зр. ПМ-21**

Кінцеві елементи (сітка)



Дослідження "Переміщення" в SW Simulation

SW Simulation
Simulation Results
Displacement (mm)



Дослідження "Напруження" в SW Simulation

SW Simulation
Simulation Results
Stress (MPa)



Дослідження "Деформація" в SW Simulation

SW Simulation
Simulation Results
Strain (%)



КНУ.КБР.131.25.1-08.ІАСРІ									
Інженерний аналіз спеціального різального інструменту									
Зм. лист		№ докум.		Підпис		Дата		Лист	
Розробив		Задорожній						Н	
Керівник		Рязанцев						Листів	
								1	
Наказ		Немає						Каф. ТМ	
Затв.		Рязанцев						зр. ПМ-21	