

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 ротора» та його інженерний аналіз за допомогою САЕ систем

Виконав: здобувач
групи ПМ-20
Камінський Д.С.
Керівник випускної роботи:
к.т.н., доцент
Рязанцев А.О.

Кривий Ріг
2024 р.

ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

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

Виконав здобувач гр. ПМ-20

(підпис)

Камінський Д.С.

Керівник КБР

(підпис)

Рязанцев А.О.

Нормоконтроль

(підпис)

Рязанцев А.О.

Завідувач кафедри

(підпис)

Нечасв В.П.

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

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

(підпис)

(дата)

ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну бакалаврську роботу

Здобувач гр. ПМ-20 Камінський Дмитро Сергійович

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

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

Затверджена наказом по КНУ № _____ від «__» _____ 2024 р.

2. Термін подання здобувачем закінченої роботи _____ р.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Найменування вузла. 2. Креслення деталі «Вал ротора». 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 ротора. 2. Інструментальне налагодження. 3. Фасонний призматичний різець. 4. Моделювання процесу обробки. 5. Інженерний аналіз спеціального різального інструменту.

6. Календарний план:

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

Дата видачі завдання: « ____ » _____ 2024 р.

Завдання видав керівник КБР _____

/Рязанцев А.О./

Завдання отримав
здобувач освіти _____

/Камінський Д.С./

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи з технологічним процесом : 41с., 37 рис., 14 табл., 8 джерел літератури, 5 креслень.

Об'єкт розробки – технологічний процес виготовлення вал-ротора. Мета розробки – технологічна підготовка виробництва від заготовки до готового виробу. Предмет дослідження – спеціальний різальний інструмент, який призначений для оптимізації виготовлення деталі та удосконалення технологічного процесу. Виготовлення деталі - складний процес, що включає в себе багато етапів та вимог. Дотримання технологічних процедур та використання відповідного обладнання є ключовими аспектами для отримання високоякісного виробу.

Різальні інструменти мають першочергове значення у виготовленні виробу. Щоб забезпечити необхідну якість поверхонь інструмент має відповідати усім вимогам. Особливо важливою є обробка поверхонь деталей, наприклад, вал ротора кранового електродвигуна, для чого потрібні спеціальні та ефективні інструменти. Це дозволяє не лише забезпечити високу якість продукції, але й збільшити випуск деталей. Отже, розробка та аналіз спеціальних різальних інструментів є важливою задачею, яка потребує ретельного вивчення.

Під час проектування використовувалися компоненти систем автоматизованого проектування (САПР), зокрема програмне забезпечення Solid Works. Був проведений інженерний аналіз спеціального різального інструменту для визначення критичних складових у конструкції. Для проведення аналізу було застосовано модуль Simulation у SolidWorks.

ABSTRACT

Explanatory Note to the Qualification Work on the Technological Process: 41 pages, 37 figures, 14 tables, 8 references, 5 drawings.

Object of Development – the technological process of manufacturing a rotor shaft. Purpose of Development – technological preparation of production from raw material to finished product. Subject of Research – a specialized cutting tool designed to optimize the manufacturing process and improve the technological workflow.

The manufacturing of a part is a complex process that involves many stages and requirements. Adhering to technological procedures and using appropriate equipment are key aspects for obtaining a high-quality product.

Cutting tools play a primary role in the manufacturing process. To ensure the required surface quality, the tool must meet all technical specifications. Of particular importance is the surface treatment of parts, such as the rotor shaft of a crane electric motor, which requires specialized and efficient tools. This not only ensures high product quality but also increases the production volume. Thus, the development and analysis of specialized cutting tools are critical tasks requiring thorough study.

During the design process, components of computer-aided design (CAD) systems, specifically the SolidWorks software, were utilized. An engineering analysis of the specialized cutting tool was conducted to identify critical components in its design. The SolidWorks Simulation module was used for this analysis.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-07.P</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Камінський</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Рязанцев</i>						
<i>Н. Контр.</i>	<i>Рязанцев</i>				<i>РЕФЕРАТ</i>		
<i>Затверд.</i>	<i>Нечаєв</i>						

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі	
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних.....	8
1.2 Призначення об'єкту виробництва, як елементу вузла, механізму машини з характеристикою будови, принципів роботи, характеристикою кінематичних та силових ланцюгів та передач машини.....	9
1.3 Розрахунок параметрів точності ... (шпонкового з'єднання/метричної різьби/з'єднання з натягом/з зазором)	11
2 Технологічна підготовка виробництва деталі	
2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін.....	13
2.2 Аналіз якості поверхонь деталей.....	13
2.3 Технічний контроль робочого креслення.....	15
2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання.....	15
3 Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами	
3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі.....	18
3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів.....	24
3.3 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту.....	25
3.4 Вибір типорозміру допоміжних інструментів.....	26
3.5 Компоновка інструментального комплексу та розробка інструментального налагодження на технологічну операцію деталі.....	29
4 Проектування та інженерний аналіз різального інструменту	
4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту.....	30
4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту.....	34
5 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	
5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора.....	38
5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм.....	39
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	
6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників.....	41
6.2 Охорона праці та екологія виробництва.....	43
Висновки.....	45
Список використаних джерел.....	46

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-07.3</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Камінський</i>				<i>ЗМІСТ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Рязанцев</i>						1	
<i>Н. Контр.</i>	<i>Рязанцев</i>				<i>Каф. ТМ гр. ПМ-20-1</i>			
<i>Затверд.</i>	<i>Нечасів</i>							

ВСТУП

Машинобудування є однією з найважливіших галузей держави. Вона створює активну частину основних виробничих фондів і тим самим в значній мірі визначає можливості розвитку економіки країни. Протягом останніх двох сторіч, машинобудування розвивалося безперервно, що передувало формуванню технології цієї галузі як прикладної науки. Нині машинобудування стало провідною сферою виробництва, де ефективність і якість продукції в значній мірі залежать від нового обладнання та вдосконалення технологічних процесів. Підвищення темпів науково-технічного прогресу викликає часту зміну об'єктів машинобудівного виробництва, що в свою чергу вимагає від машинобудування створення нових видів продукції.

В умовах ринкової економіки для того, щоб продукція машинобудування була конкурентоздатною, необхідно забезпечити її високу якість. Рішення цієї задачі неможливе без широкого застосування обчислювальної техніки, верстатів з ЧПК, прогресивного технічного оснащення, що забезпечує високу точність і якість деталей, що обробляються, а також необхідно створити безпечні умови праці на виробництві.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-07.В</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Камінський</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Рязанцев</i>					1	
<i>Н. Контр.</i>	<i>Рязанцев</i>				<i>ВСТУП</i>		
<i>Затверд.</i>	<i>Нечасів</i>				<i>Каф. ТМ гр. ПМ-20-1</i>		

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА ТА ДЕТАЛІ

1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

В якості технічного завдання на кваліфікаційну роботу я отримав кресленник деталі «Вал ротора» та інформацію про механізм в якому працює деталь.

Обсяги виробництва деталі – 1500 од. на рік

Аналіз кресленника(рис.1.1) деталі «Вал ротора» показує, що на кресленнику деталі є достатня кількість проекцій, перерізів та видів, які дають повне уявлення про конструктивні особливості деталі.

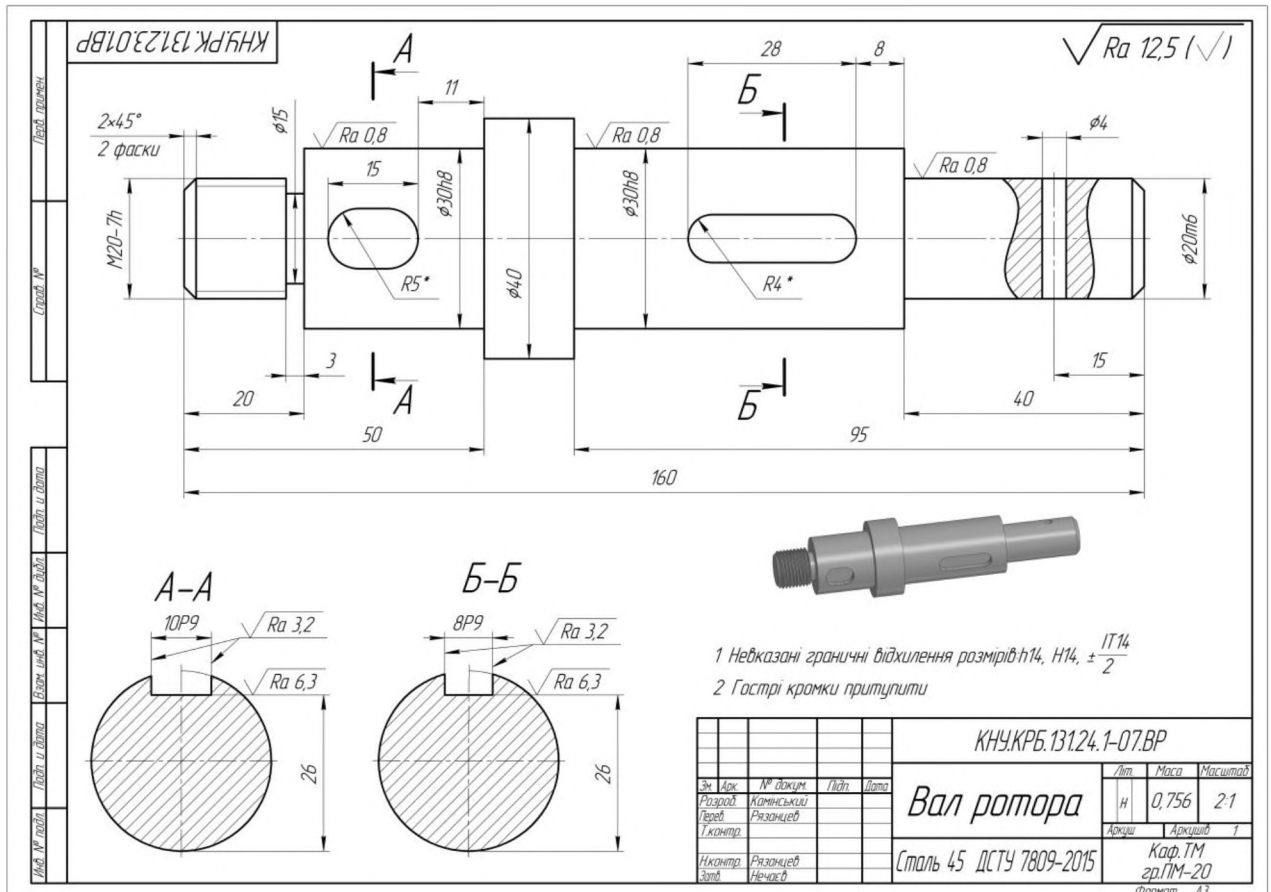


Рисунок 1.1 – Кресленник деталі Вал ротора

Деталь має загальну довжину 160 мм. Вага виготовленої деталі становить 0,75 кг.

У даній деталі є 2 шпонкових паза. Шпонкові пази призначені для запобігання проворути зубчатому колесу і для передачі обертаючого моменту.

					КНУ.КРБ.13124.1-07.01.АСПМ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Лит.	Арк.	Аркшв.
Розроб.	Харинський	Рязанцев					1
Перевір.	Рязанцев				Каф. ТМ гр. ПМ-20-1		
Н. Контр.	Рязанцев						
Затверд.	Нечасів						

АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ

Відповідно до конструктивних особливостей деталь «Вал» відноситься до класу «Круглі стрижні».

На торцях валу є дві фаски $2 \times 45^\circ$, вони використовуються для спрощення подальшого монтажу і для більш плавного заходу деталі.

Кресленням передбачено виготовлення деталі з конструкційної сталі 45 ДСТУ 7809:2015.

3D-модель вала наведена на рисунку 1.2.

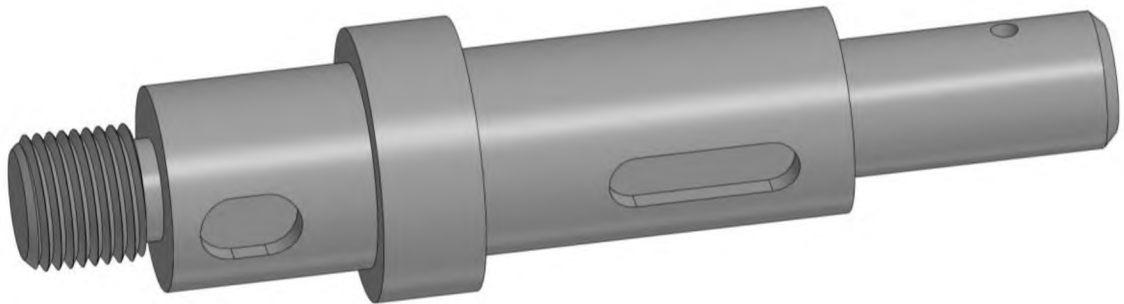


Рисунок 1.2 – 3D-модель вала

Високу надійність роботи даного вала можна забезпечити шляхом відповідного виконання його креслення та дотримання усіх його вимог при виготовленні деталі.

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

Вал ротора є ключовою у багатьох механічних системах, особливо в двигунах згоряння внутрішнього згоряння, електродвигунах та інших роторних механізмах.

Основне призначення вала ротора полягає в передачі обертального руху від джерела потужності до робочих елементів механізму (наприклад, передача обертального руху від колінчастого вала до коробки передач у автомобілі). Також він може виконувати інші функції, такі як підтримка лопатей вентилятора чи компресора в турбінах або вентиляційних системах.

Крановий електродвигун є важливою частиною підйомно-транспортного обладнання. Він забезпечує роботу систем вантажно-розвантажувальних машин і кранів, при цьому витримуючи значні навантаження: часті повороти, різкі запуски і зупинки, вібрації, а також великі навантаження.

					КНУ.КБР.131.24.1-07.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Принцип роботи асинхронного двигуна полягає в використанні обертового магнітного поля.

Особливості двигунів для підйомно-транспортних механізмів

- Вони повинні витримувати великі навантаження і працювати в складних умовах, таких як часті запуски і зупинки, тряска, і вібрації.
- Важливо забезпечити плавний запуск і гальмування для запобігання пошкоджень вантажу і обладнання.
- Висока стійкість до зносу для забезпечення тривалого періоду експлуатації без необхідності частих ремонтів.
- Досить високий ККД

При підключенні трифазної обмотки статора до електромережі створюється обертове магнітне поле. Кутова швидкість цього поля визначається частотою мережі f і кількістю пар полюсів обмотки p , і розраховується за формулою $\omega_1 = 2\pi f/p$.

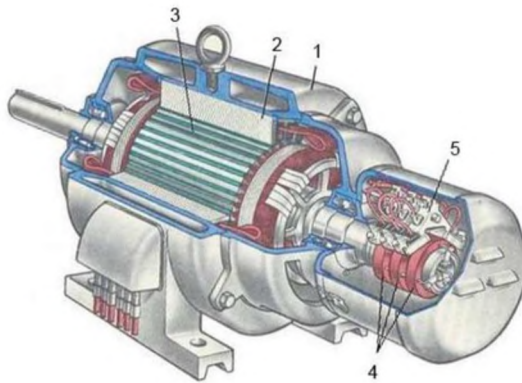


Рисунок 1.3 – Асинхронний двигун з фазним ротором:
1 – станина; 2 – обмотка статора; 3 – ротор; 4 – контактні кільця; 5 – щітковий механізм

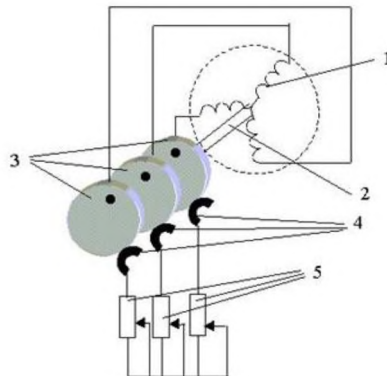


Рисунок 1.4 – Підключення фазного ротора асинхронного двигуна:
1 – фази обмотки; 2 – вал; 3 – контактні кільця; 4 – щітки; 5 – регулювальні реостати

											Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.1-07.01.АСПМ						

Фази обмотки 1 з'єднуються за схемою "зірка", причому їхні кінці підключені до трьох контактних кілець 3, які встановлені на вал 2 і електрично ізольовані як від валу, так і один від одного. Щітки 4, які знаходяться в ковзаючому контакті з кільцями 3, дозволяють включати регулювальні реостати 5 в ланцюги фазних обмоток. Це дозволяє регулювати струм в роторі і, відповідно, змінювати швидкість обертання.

1.3 Розрахунок параметрів точності шпонкового з'єднання

Головним показником ефективності шпонкових з'єднань є їхня міцність. Шпонкові з'єднання з використанням призматичних шпонок перевіряють за критеріями міцності на стискання і зсув.

Для розрахунку з'єднання ми маємо наступні вихідні дані:

Діаметр ступіні де розташований шпонковий паз : $d_B = 30$ мм

Матеріал вала: сталь 45

Обертаючий момент: $T = 400$ Нм

Матеріал шпонки: сталь 45

Матеріал зубчастого колеса : сталь 40Х

Довжина маточини : $l = 24$ мм

Згідно цих даних нам потрібно обрати шпонку та перевірити її міцність на зминання та зріз

Спочатку нам потрібно обрати розміри перерізу призматичної шпонки за СТ ССВ 189-75. Для діаметру $d_B = 30$ мм розміри перерізу призматичної шпонки: $b = 8$ мм, $h = 7$ мм, також потрібно знайти довідковий $K = 3,0$.

Довжину шпонки l обираємо на 4 мм меншою довжини маточини колеса звіряємо з рядом стандартних довжин шпонок. Обираємо робочу довжину шпонки $l_p = 24$ мм ($l_p = 28 - 4 = 24$ мм). Розміри обраної шпонки становлять 12x8x28.

Умова міцності на зминання знаходимо за формулою:

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

Де l_p – робоча довжина шпонки при заокруглених торцях, $l_p = l - b$, мм

T_k – обертаючий момент, Нм

d – діаметр вала, мм,

K – довідковий розмір для розрахунку на зминання.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-07.01.АСПМ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Перевіряємо вибрану шпонку на зминання:

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 300}{30 \cdot 10^{-3} \cdot 24 \cdot 10^{-3} \cdot 3,0 \cdot 10^{-3}} = 27,7 \text{ МПа}$$

$$27,7 \leq [\sigma_{зм}] = 130 \dots 180 \text{ МПа.}$$

Умова виконується

Перевіряємо із умови міцності вибраної шпонки на зріз:

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

$$\tau_{зр} = \frac{2 \cdot 300}{30 \cdot 10^{-3} \cdot 24 \cdot 10^{-3} \cdot 8 \cdot 10^{-3}} = 89,2 \text{ МПа}$$

$$89,2 \leq [\tau_{зр}] = 70 \dots 100 \text{ МПа}$$

Умова виконується

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-07.01.АСПМ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ.

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

Деталь вал-ротора призначена для передачі крутного моменту від джерела енергії (наприклад, двигуна) до робочого механізму.

У процесі роботи вал витримує навантаження на згин, крутіння, а в окремих випадках - розтягнення і стиснення.

Кресленням передбачено виготовлення деталі з конструкційної сталі 45 ДСТУ 7809:2015. В якості заміни можна розглядати також сталь 40,40Х,50. Вони схожі за хімічним складом, а також мають майже ідентичні фізичні властивості.

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

ХІМІЧНИЙ ЕЛЕМЕНТ	%
Вуглець (С)	0,42 – 0,5
Сіліциум (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	Розмір, мм	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_B , %	Ψ , %	Термообробка
Прокат	Ø50	355	600	16	40	Нормалізація

2.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Розглянемо поверхні нашої деталі.

Загальним параметром шорсткості є Ra 12,5. Відповідні цій шорсткості поверхні потребують тільки чорнової обробки.

Поверхні з шорсткістю 0,8 відповідають 6 квалітету. Вони вимагають попереднього точіння, чистового точіння і попереднього та остаточного шліфування.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-07.02.ТПВД</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Камінський</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Рязанцев</i>					<i>1</i>	
<i>Н. Контр.</i>	<i>Рязанцев</i>				<i>Каф. ТМ гр. ПМ-20-1</i>		
<i>Затверд.</i>	<i>Нечаєв</i>				<i>ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ</i>		

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

Обрана послідовність обробки приводиться в таблиці 2.3

Таблиця 2.3 – Технологічні методи з обробки поверхонь деталі

№п.	Розмір, мм	Шорсткість Ra, мкм	Допуск, ІТ	Технологічні методи обробки
1	2	3	4	5
1,13	L160	12,5	h14	Чорнове підрізання торців
2	M20	12,5	7h	Чорнове точіння Нарізання різьби
3	Ø15 b=3	12,5	h14	Чорнове точіння канавки
4	L20	12,5	h14	Чорнове підрізання торців
5,9	Ø30	12,5	h14	Чорнове точіння
		6,3	h12	Пів чистове точіння
		3,2	h10	Чистове точіння
		1,6	h9	Шліфування
		0,8	h8	Остаточне шліфування
6	L50	12,5	h14	Чорнове підрізання торців
7	Ø30	12,5	h14	Чорнове точіння
8	L95	12,5	h14	Чорнове підрізання торців
10	L40	12,5	h14	Чорнове підрізання торців
11	Ø20	12,5	m14	Чорнове точіння
		6,3	m12	Пів чистове точіння
		3,2	m10	Чистове точіння
		1,6	m8	Шліфування
		0,8	m6	Остаточне шліфування
12	Ø4	12,5	H14	Свердління отвору
14	B=10 R=5 H=7	12,5	p9	Фрезерування чорнове
		6,3		Фрезерування пів чистове
		3,2		Фрезерування чистове

					КНУ.КБР.131.24.1-07.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5
15	B=8	12,5	P9	Фрезерування чорнове
	R=4	6,3		Фрезерування пів чистове
	H=7	3,2		Фрезерування чистове

2.3 Технічний контроль робочого креслення

У результаті технологічного контролю креслення „Вал ротора”, яке було видане як завдання на кваліфікаційну роботу, виявлено наступне:

- на кресленні вказані всі розміри, необхідні для виготовлення деталі;
- шорсткість усіх поверхонь корпусу вказана відповідно до ДСТУ 25142:2009 ;
- допуски і відхилення розмірів наведені відповідно до ДСТУ ISO 2768-1-2001;
- вимоги до точності виготовлення поверхонь відповідають вимогам, які пред’явлені до шорсткості цих поверхонь.

2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання

З урахуванням кількості і змісту раніше передбачених технологічних методів обробки поверхонь, оберемо типи металорізального обладнання та інструментів.

Дані занесемо в таблицю 1.4

Операції точіння та свердління будемо виконувати на токарному верстаті з ЧПК DMTG SKE6150Z китайської фірми Dalian Machine Tool Group, (Рисунок 1.1)



Рисунок 2.1 - Токарно-гвинторізний верстат з ЧПК DMTG SKE6150Z

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-07.02.ТПВД</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики токарного верстата з ЧПУ DMTG CKE6150z:

Характеристики	СКЕ6150z/1000
Макс. діаметр виробу типу диск, мм	500
Макс. діаметр оброблення тіл типу вал	280
РМЦ, мм	750, 1000, 1500, 2000
Осі	
Максимальне переміщення осі X, мм	280
Макс переміщення по осі Z, мм	685, 935, 1435, 1935
Швидкі переміщення по осі Z, мм/хв	6000
Швидкі переміщення по осі X, мм/хв	4000
Робоче подавання, мм/хв	0.01 ~ 3000
Шпиндельна бабка	
Діаметр 3х кулачкового патрона, мм	250
Діаметр отвору шпинделя, мм	82
Максимальний діаметр прутка, мм	80

Для фрезерування шпонкових пазів нам потрібен буде фрезерувальний верстат - Comak MILL 2050 – MAST



Рисунок 2.2 – Верстат фрезерний Comak MILL 2050 - MAST.

Верстат має наступні технічні характеристики:

- Вага: 6000 кг
- Габарити: 2986 x 2260 x 2180 мм
- Наконечник шпинделя: ISO50
- Обороти шпинделя: 30 – 2050 об/хв
- Переміщення по осі X*Y*Z : 1400x700x500 мм
- Розміри стола: 2000x500 мм

					КНУ.КБР.131.24.1-07.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Для шліфовки та полірування нам знадобиться шліфувальний верстат. Оберемо для цієї операції OGM-NCB 275



Рисунок 2.3 – Верстат шліфувальний OGM-NCB 275.

Таблиця 2.5 – Верстат фрезерний Comtak MILL 2050 - MAST.

Відстань між центрів (мм)	750
Максимальний діаметр шліфування, мм	200
Висота центрів (мм)	220
Макс. Швидкість шліфування, м/с	30
Центр	Конус Морзе № 3
Вага, кг	3500

Таблиця 2.6 – Вибір металорізальних верстатів по обробці поверхонь

№ Поверхні	Найменування операції	Тип і модель верстата
1	2	3
1,4,6,8,10,13	Чорнове підрізання торця	DMTG СKE6150Z
2,5,7,9,11	Чорнове точіння	DMTG СKE6150Z
5,9,11	Пів чистове точіння Чистове точіння	DMTG СKE6150Z
2	Нарізання різьби	DMTG СKE6150Z
12	Свердління	DMTG СKE6150Z
3	Чорнове точіння канавки	DMTG СKE6150Z
14,15	Фрезерування пазів	Comtak MILL 2050 - MAST
5,9,11	Шліфування Остаточне шліфування	OGM-NCB 275

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-07.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ доцм.	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

№ з/п поверхні	Найменування операції	Тип інструмента
1,4,6,8,10,13	Чорнове підрізання торця	Підрізний різець
5,7,9,11	Чорнове точіння	Прохідний різець
5,9,11	Пів чистове точіння Чистове точіння	Прохідний різець
2	Нарізання різьби	Різець для нарізання різьби
12	Свердління	Свердло
2,3	Чорнове точіння	Фасонний різець
14,15	Фрезерування пазів	Фреза пазова
5,9,11	Шліфування Остаточне шліфування	Шліфувальний круг

З урахуванням фізико-механічних властивостей матеріалу деталі, виду обробки і використаних металорізальних верстатів для прийнятих типів металорізальних інструментів, призначаємо матеріал різальної частини, геометричні параметри, матеріал державки (корпусу, хвостовика) інструменту, які виготовлені вітчизняними та іноземними виробниками. Дані занесено в таблицю 3.2

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-07.03.ВРДІ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Камінський</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Рязанцев</i>					1	
<i>Н. Контр.</i>	<i>Рязанцев</i>				<i>Каф. ТМ гр. ПМ-20-1</i>		
<i>Затверд.</i>	<i>Нечаєв</i>						

Позиції 1,4,6,8,10,13

Чорнове підрізання торця: SCLCR1010K09-SM

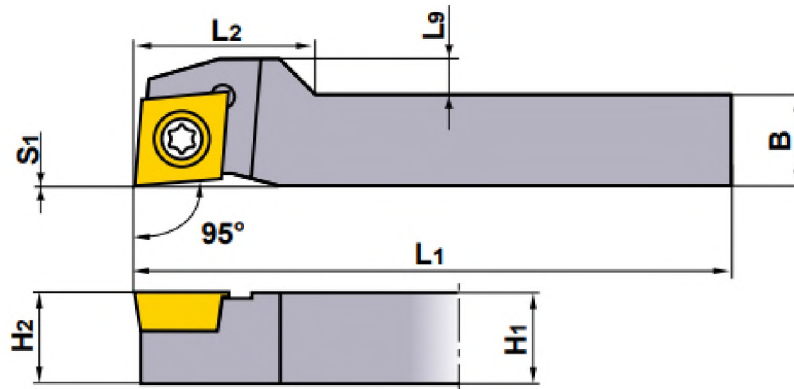


Рисунок 3.1 – Державка SCLCR1010K09-SM [3 с. 253]

Геометричні параметри: $H_1=10$ мм; $B=10$ мм; $L_1=125$ мм; $L_2=20$ мм; $L_9=4$ мм;
 $H_2=10$ мм; $S_1=0$ мм

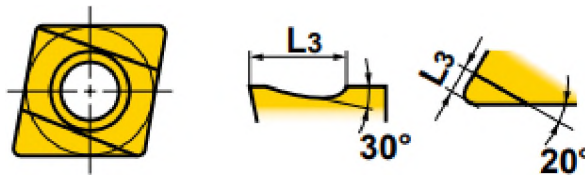


Рисунок 3.2 – Пластина ССЕТ0602V3R-SR;CVD покриття: UE6110 [3 с. 34]

Геометричні параметри: $L_3=2,2$ мм; $s=2,38$ мм; $r_\epsilon=0,03$ мм.

Позиції 5,7,9,11

Чорнове точіння: SCLCR1010K09-SM

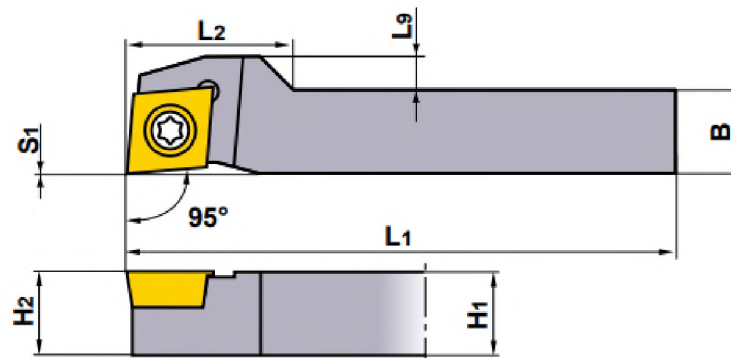


Рисунок 3.3 – Державка SCLCR1010K09-SM [3 с. 253]

Геометричні параметри: $H_1=10$ мм; $B=10$ мм; $L_1=125$ мм; $L_2=20$ мм; $L_9=4$ мм;
 $H_2=10$ мм; $S_1=0$ мм

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-07.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

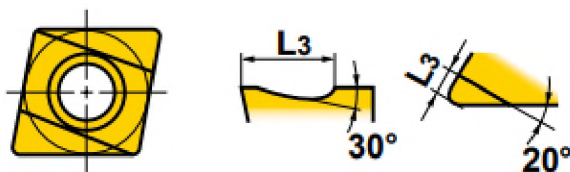


Рисунок 3.4 – Пластина CСЕТ0602V3R-SR;CVD покриття: UC5115 [3 с. 34]

Геометричні параметри: $L_3=2,2$ мм ; $S=2,38$ мм ; $r_\epsilon=0,03$ мм.

Позиції 5,9,11

Пів чистове точіння: RTGNR1010E11

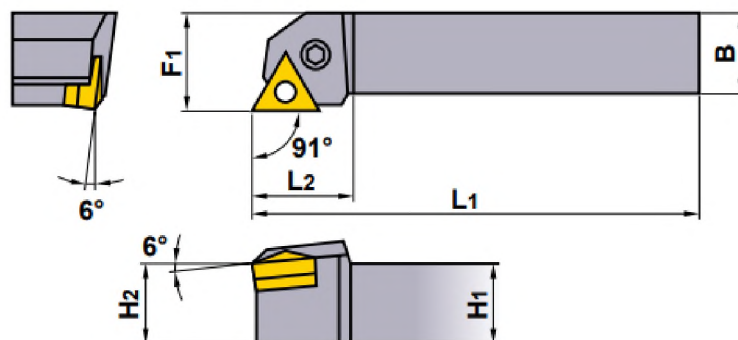


Рисунок 3.5 – Державка RTGNR1010E11 [3 с. 223]

Геометричні параметри: $H_1=10$ мм; $B=10$ мм; $L_1=125$ мм; $L_2=20$ мм; $F_1=12$ мм;
 $H_2=10$ мм;

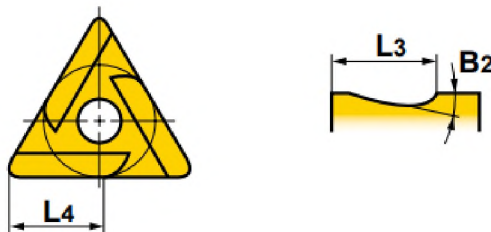


Рисунок 3.6 – Пластина TNGG110302R;CVD покриття: MC6025 [3 с. 33]

Геометричні параметри: $L_3=2,2$ мм; $L_4=3,2$ мм ; $S=2,38$ мм; $B_2=15^\circ$; $r_\epsilon=0,2$ мм.

					КНУ.КБР.131.24.1-07.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Позиції 5,9,11

Чистове точіння: PTGNR1010E11

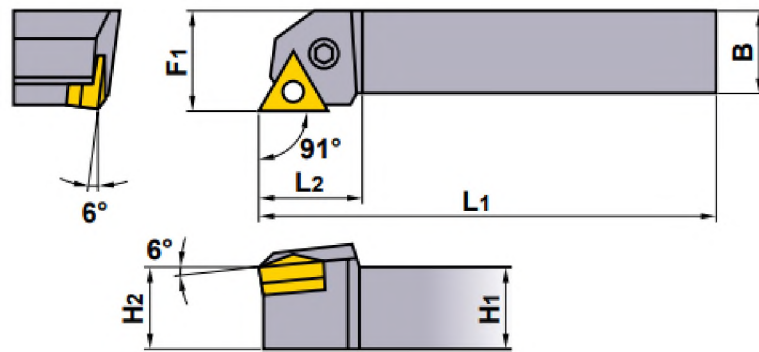


Рисунок 3.7 – Державка PTGNR1010E11 [3 с. 223]

Геометричні параметри: $H_1=10$ мм; $B=10$ мм; $L_1=125$ мм; $L_2=20$ мм; $F_1=12$ мм;
 $H_2=10$ мм;

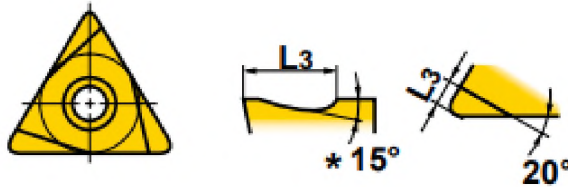


Рисунок 3.8 – Пластина TPGH110302R-FS; PVD покриття: VP25N [3 с. 33]
 Геометричні параметри: $L_3=1,4$ мм; $L_4=3,2$ мм; $S=2,38$ мм; $B_2=15^\circ$; $r_\epsilon=0,2$ мм.

Позиції: 2

Нарізання різьби : MMTER1212H16-C

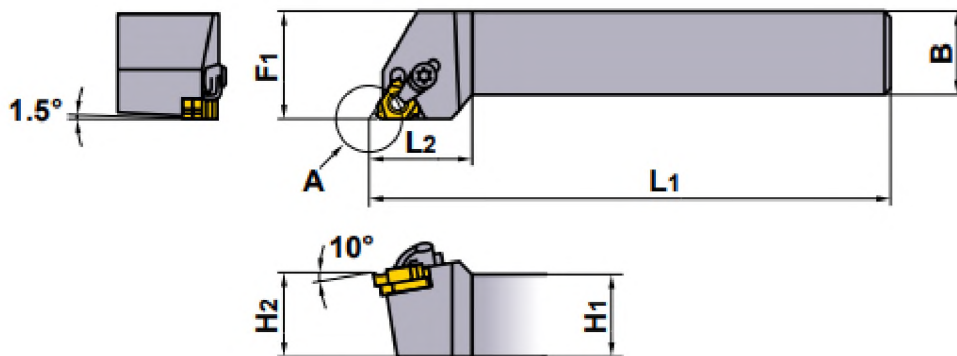


Рисунок 3.9– Державка MMTER1212H16-C [3 с. 445]

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

					КНУ.КБР.131.24.1-07.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

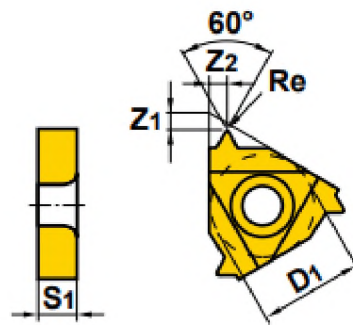


Рисунок 3.10 – MMT16ER100ISO; Покриття: UTi20T [3 с.450]

Геометричні параметри: $D_1=6,35$ мм; $S_1=3,04$ мм; $Z_1=0,6$ мм; $Z_2=0,7$ мм;
 $R_e=0,1$ мм ;

Позиції 12

Свердління: MWS0400X8DB

MWE

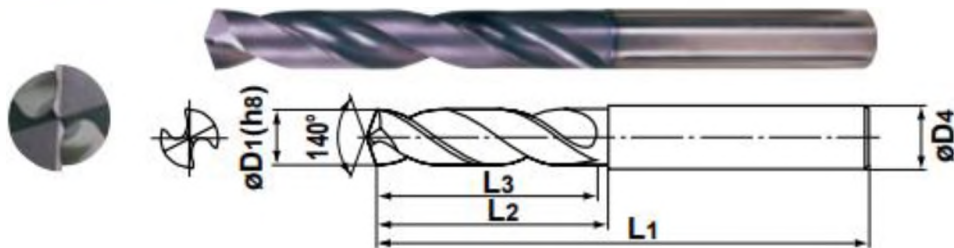


Рисунок 3.11 – Свердло центрове [3 с. 996]

Геометричні параметри: $D_1=4$ мм; $L_3=46$ мм ; $L_2=46$ мм ; $L_1=92$ мм; $D_4=4$ мм;
 PVD покриття: VP15TF

Позиції 14

Фрезерування: MS2SSD0800

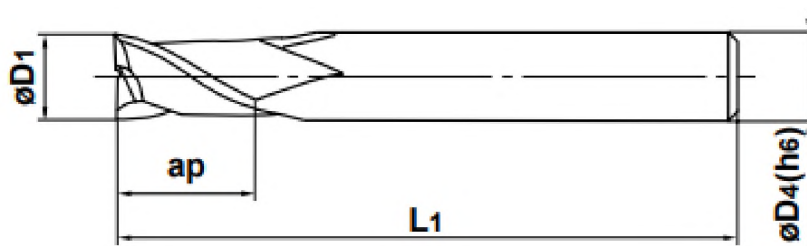


Рисунок 3.12 – Фреза кінцева [3 с. 515]

Геометричні параметри: $D_1=8$ мм; $a_p=12$ мм; $L_1=60$ мм;
 $D_4=8$ мм; $N=2$;Покриття: VIOLET

					КНУ.КБР.131.24.1-07.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Позиції 15

Фрезерування: MS2SSD1000

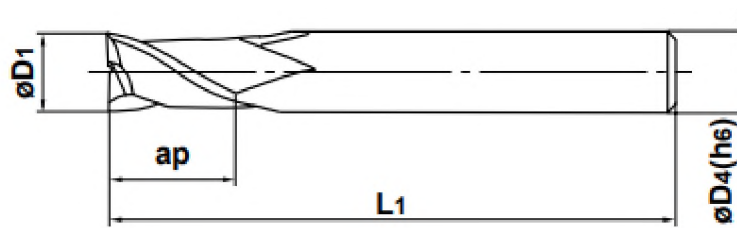


Рисунок 3.13 – Фреза кінцева [3 с. 515]

Геометричні параметри: $D_1=10$ мм; $a_p=15$ мм; $L_1=70$ мм;
 $D_4=10$ мм; $N=2$; Покриття: VIOLET

Позиції 5,9,11

Шліфування попереднє

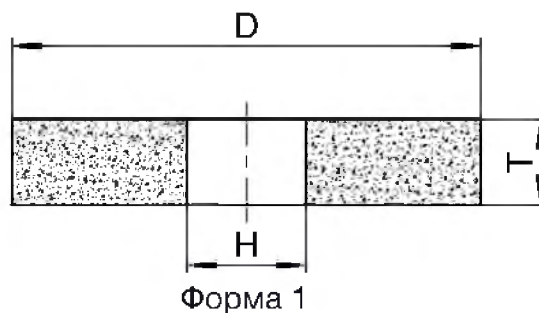


Рисунок 3.14 – Шліфувальний круг 1 225x25x51 93A46H8AV217 [4 с. 201]

Геометричні параметри: $D=225$ мм; $T=25$ мм; $H=51$ мм;

Позиції 5,9,11

Шліфування остаточне

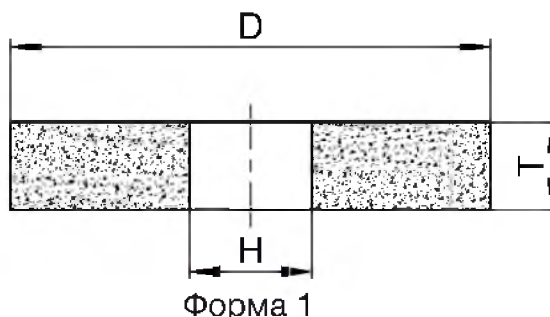


Рисунок 3.15 – Шліфувальний круг 205x13x31,75 89A802J8AV217 [4 с. 201]

Геометричні параметри: $D=205$ мм; $T=13$ мм; $H=31,75$ мм

					КНУ.КБР.131.24.1-07.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів

Таблиця 3.2 – Вибір типів інструментів по обробці поверхонь деталі

№ Пов.	Тип інструмента	Матеріал ріжучої частини інструменту	Матеріал державки (корпуса, хвостовика) інструмента	Геометричні параметри різальної частини інструмента
1	2	3	4	5
1,4,6,8,10,13	Підрізний різець	Чорнова – UE6110	Сталь 40	$\theta = 95^\circ$; $\lambda = 0^\circ$; $\alpha = 7^\circ$; $\gamma = 30^\circ$; $\beta = 53^\circ$; $\delta = 60^\circ$;
2,5,7,9,11	Прохідний різець	Чорнова – UE6110	Сталь 40	$\theta = 95^\circ$; $\lambda = 0^\circ$; $\alpha = 7^\circ$; $\gamma = 30^\circ$; $\beta = 53^\circ$; $\delta = 60^\circ$;
5,9,11	Прохідний різець	Пів чистова – MC6025	Сталь 40	$\theta = 93^\circ$; $\lambda = -6^\circ$; $\alpha = 0^\circ, 11^\circ$; $\gamma = 20^\circ$; $\beta = 63^\circ$; $\delta = 70^\circ$;
		Чистова – VP25N	Сталь 40	
2	Різьбонарізний різець	UTi20T	Сталь У8	$\theta = 90^\circ$; $\lambda = -10^\circ$; $\varepsilon = 60^\circ$;
12	Свердло	VP15TF	Сталь У8	$2\varphi = 140^\circ$; $\alpha = 10^\circ$; $\omega = 30^\circ$; $\psi = 55^\circ$;
14,15	Фреза кінцева	VIOLET	UWC	N=2 $\alpha = 7^\circ$; $\omega = 27^\circ$; $\gamma = 5^\circ$;
5,9,11	Шліфувальний круг	93А	-	-
		89А		

					КНУ.КБР.131.24.1-07.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

3.3 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту

Для одного з прийнятих типів інструментів вибираються найбільш навантажені умови роботи (чорнова обробка). З урахуванням умов різання (фізико-механічні властивості матеріалу деталі, характеристики верстата і режими різання) визначаються сили різання. Бажано включити автоматизований розрахунок режимів різання. Прийнятий інструмент перевіряється на міцність для найбільш навантажених умов обробки.

Для розрахунку обираємо прохідний різець SCLCR1010K09-SM, так як він знімає найбільший припуск на механічну обробку та працює в найбільш тяжких умовах. Розміри різця: $h=10\text{мм}$; $b=10\text{мм}$; $L_1 = 125\text{ мм}$; $f_1 = 32\text{ мм}$; $l_3 = 35\text{ мм}$ матеріал різця – сталь 40 з межею міцності $\sigma=650\text{МПа}$ і допустимою напругою $\sigma=200\text{МПа}$, матеріал заготовки – сталь 45 з межею міцності $\sigma=600\text{ МПа}$. Діаметр заготовки – 45 мм, припуск на обробку (на сторону – 0,5 мм), подача $S=0,4\text{ мм/об}$, виліт різця $l=10\text{ мм}$.

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;

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

$y_{P_z} = 0,45$ - показник степені при подачі.

$$P_z = 9.81 * 350 * 1^{0.15} * 0.5^{0.45} * 1 = 2500 \text{ Н}$$

2.Ширина та висота перетину державки $h=25\text{ мм}$, $b=25\text{ мм}$.

3.Перевіряємо міцність і жорсткість державки різця:

а) максимальне навантаження, допустима міцність різця:

$$P_{z\text{доп}} = \frac{bh^2 \sigma_{\text{и.д}}}{6l} = \frac{10 * 10^{-3} * (10 * 10^{-3})^2 * 200 * 10^6}{6 * 10 * 10^{-3}} = 3333 \text{ Н}$$

б) максимальне навантаження, допустима жорсткість різця:

$$P_{z\text{жорс}} = \frac{3fEj}{l^3} = \frac{3 * 0,1 * 10^{-3} * 2 * 10^{11} * 0,0833 * 10^{-8}}{(10 * 10^{-3})^3} = 3198 \text{ Н}$$

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:

$$j = \frac{bh^3}{12} = \frac{10 \cdot 10^3}{12} = 833 \text{ мм}^4$$

Перевірка різця на міцність і жорсткість:

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

$$3333 > 2500 < 3198$$

Умова виконана. Різець володіє достатньою міцністю і жорсткістю

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.1-07.03.ВРДІ					

3.4 Вибір типорозміру допоміжних інструментів

Інструментальне налагодження представляє комплекс ріжучих і допоміжних інструментів, скомпонованих відповідно до конструкції деталі і змісту технологічної операції. Інструментальний комплекс складається послідовно від основного ріжучого інструмента, через набір допоміжних інструментів до посадкових поверхонь металорізального верстату (шпиндель). При проектуванні налагодження враховуються тип виробництва, точність, продуктивність і зручність обслуговування інструментального комплексу.

З урахуванням параметрів оброблюваної поверхні, способу базування деталі, типу верстату й основних розмірів прийнятого стандартного ріжучого інструмента, обираємо допоміжний інструмент із вказаними на нього конструктивними параметрами.

Позиції 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,13
Операція токарна

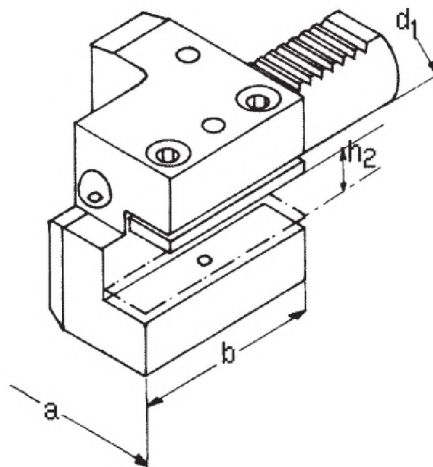


Рисунок 3.16 – Різцетримач радіальний, правий DIN 69880 C1 [5 с.166]

Геометричні параметри: $d_1=16$ мм; $h_2=10/12$ мм; $a=24$ мм; $b=44$ мм.

					КНУ.КБР.131.24.1-07.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Позиції 12
Операція свердлильна

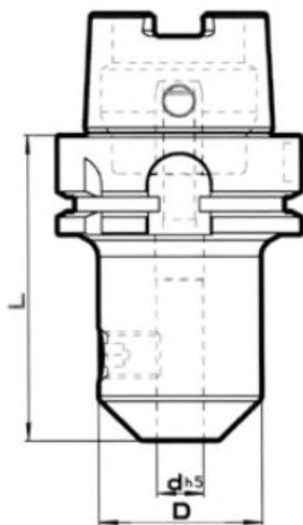


Рисунок 3.17 – Weldon з циліндричним хвостовиком DIN 1835 [6 с. 5]

Геометричні параметри: $L=60$ мм ; $D=25$ мм ; $d=4$ мм.

Позиції 14
Операція фрезерна

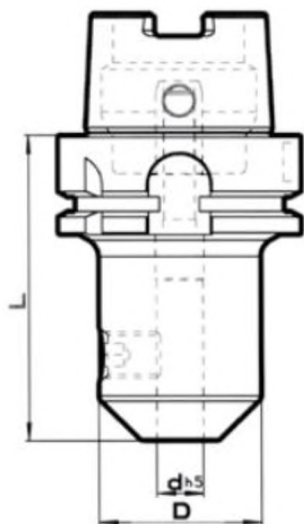


Рисунок 3.18 – Weldon з циліндричним хвостовиком DIN 1835 [6 с. 5]

Геометричні параметри: $L=60$ мм ; $D=25$ мм ; $d=8$ мм.

					<i>КНУ.КБР.13124.1-07.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Позиція 15
Операція фрезерна

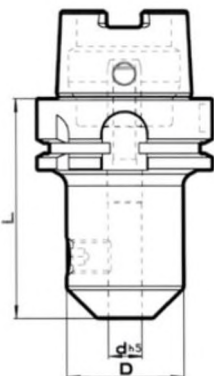


Рисунок 3.19 – Weldon з циліндричним хвостовиком DIN 1835 [6 с. 5]

Геометричні параметри: L=60 мм ; D=28 мм ; d=10 мм.

Таблиця 3.3 – Структура інструментального комплексу

Найменування операції	№ з/п поверхні	Металорізальний верстат (тип, модель)	Ріжучий інструмент (шифр інструменту)	Допоміжний інструмент (Шифр інструменту)
1	2	3	4	5
Точіння	1,4,6,8,10,13	DMTG СКЕ6150Z	SCLCR1010K09-SM	DIN 69880 C1
	5,7,9,11	DMTG СКЕ6150Z	SCLCR1010K09-SM	DIN 69880 C1
	5,9,11	DMTG СКЕ6150Z	PTGNR1010E11	DIN 69880 C1
Нарізання різьби	2	DMTG СКЕ6150Z	MMTER1212H16-C	DIN 69880 C1

Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.1-07.03.ВРДІ	Арк.

Продовження таблиці 3.3

Точіння	2,3	DMTG SKE6150Z	Фасонний різець	DIN 69880 C1
Свердління	12	DMTG SKE6150Z	MWS0400X8DB	DIN 1835
Фрезерування	14	Cormak MILL 2050 - MAST	MS2SSD0800	DIN 1835
	15		MS2SSD1000	

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

Розробку інструментального налагодження проводимо на токарну операцію. Операції проводимо на верстаті DMTG SKE6150Z.

Інструментальний комплекс складається за даними таблиць 3.1, 3.2. відповідно до технологічної операції. Дані занесено в таблицю 3.3.

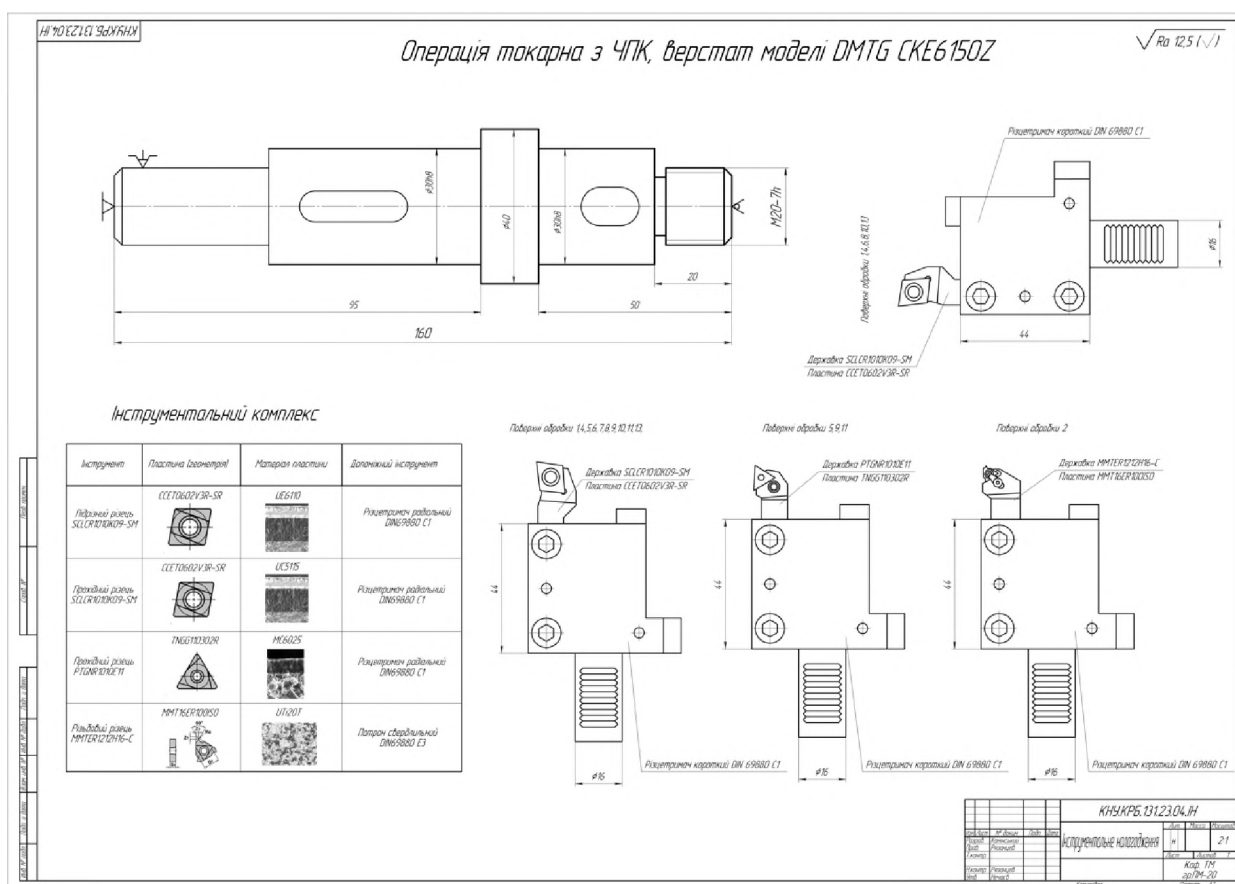


Рисунок 3.20 – Інструментальне оснащення на токарну операцію

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата	КНУКБР.131.24.1-07.03.ВРДІ	Арк.
------	------	----------	--------	------	----------------------------	------

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 для розрахунку:

Оброблюваний матеріал: сталь 45;

Форма різця: призматична

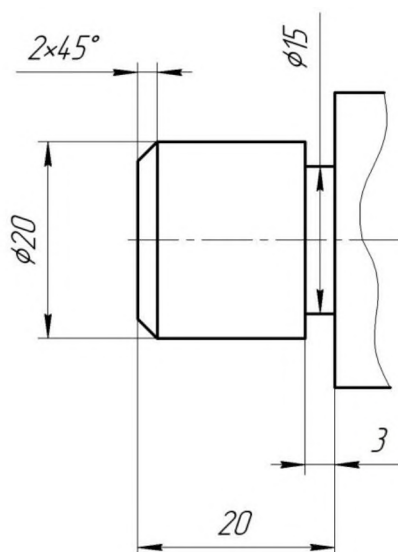


Рисунок 4.1 – Профіль поверхні, який необхідно отримати

Матеріал для виготовлення різця обираємо швидкорізальну сталь Р6М5 ДСТУ 4738-2007.

Вибір геометричних параметрів

Передній кут γ вибирають відповідно до механічних властивостей оброблювального матеріалу. Для сталі по таблиці 1[1] приймаємо кут γ в межах $\gamma = 10 \dots 15^\circ$. Приймаємо $\gamma = 15^\circ$.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-07.04.ПІАРІ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Камінський</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>				1	
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>			<i>Каф. ТМ гр. ПМ-20-1</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Нечаєв</i>					

Значення заднього кута фасонного різця забезпечується конструкцією нормалізованої державки. Зазвичай $\alpha = 8...15^\circ$, що найчастіше задовольняє вимогами практики. Приймаю $\alpha = 15^\circ$.

Тепер можна знайти величину кута загострення:

$$\beta = 90^\circ - \alpha - \gamma, \quad (1.1)$$

$$\beta = 90^\circ - 15^\circ - 15^\circ = 60^\circ$$

Проставляємо на профілі різця точки (рисунок 1.2). Починаємо відрахунок від лівого торця деталі. Проставляємо 10 точок. Складаємо таблицю координат точок профілю заготовки (таблиця 1.1),

де x – координата по довжині профілю,

R – радіальна координата профілю заготовки,

φ – головний кут в плані.

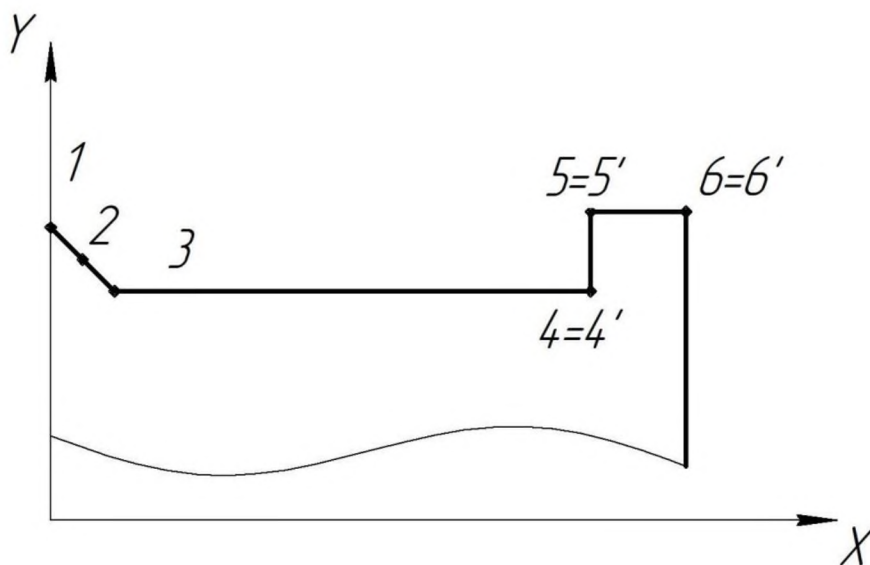


Рисунок 4.2. – Точки на профілі різця

Таблиця 4.1 - Координати точок профілю деталі

№	1	2	3	4	5	6
x	0	1	2	17	17	20
R	10	9	8	8	7,5	7,5

					КНУ.КБР.131.24.1-07.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.2 – Значення головного кута в плані

№ т.	1	2	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'
φ°	135	135	135	90	90	0	0	90	0	90

1.1.3 Знайдемо наближені значення передніх кутів у кожному з перетинів профілю .

$$i = 0 \dots 6;$$

$$\gamma_i = \arcsin\left(\sin\left(\gamma_0 \cdot \frac{R_0}{R_1}\right)\right),$$

де:

γ_0 – величина призначеного заднього кута;

R_i – значення радіусу в i -й точці;

R_0 – радіус базової точки.

Значення заднього кута в точці 1:

$$\gamma_1 = \arcsin\left(\sin\left(15^\circ \cdot \frac{10}{10}\right)\right) = 15^\circ$$

Значення заднього кута в точці 2:

$$\gamma_1 = \arcsin\left(\sin\left(15^\circ \cdot \frac{10}{9}\right)\right) = 16,6^\circ$$

Далі визначаємо по аналогії і заносимо данні в таблицю

Таблиця 4.3 – Передні кути.

№ т.	1	2	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'
γ°	15	16,6	18,75	18,75	18,75	18,75	20	20	20	20

					КНУ.КБР.131.24.1-07.04.ПІАРІ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата						

1.1.4 Перевірка кутів профілю:

У разі зовнішньої обробки фасонними різцями, щоб не відбувалося коливань, не можна допускати зниження ріжучих кромки по відношенню до осі деталі більш ніж на 0,1 – 0,2 найбільшого радіуса деталі. Перевіримо допустимість обраних передніх кутів профілю :

$$t = \max(R) - \min(R); \quad (1.2)$$

$$t = 10 - 7,5 = 2,5 \text{ мм}$$

$$\min(\gamma) < 10 \cdot \frac{\max(R)}{t}; \quad (1.3)$$

де t - максимальна глибина оброблюваного профілю;
 $\max(R)$ - максимальний радіус оброблюваної деталі;
 $\min(R)$ - мінімальний радіус оброблюваної деталі ;

$$15^\circ < 10 \cdot \frac{10}{2,5} = 40^\circ$$

Умова виконується.

Для призматичних різців кут загострення $\beta = const$.

$$\beta_i = 90^\circ - (\alpha_0 + \gamma_0) = 90 - (17 + 15) = 58^\circ.$$

$$\beta_i = 90^\circ - (\alpha_0 + \gamma_0) = 90 - (15 + 15) = 60^\circ \quad (1.4)$$

1.1.5. Знайдемо значення задніх кутів різця у відповідних точках .

$$\alpha_i = 90^\circ - \beta_i - \gamma_i. \quad (1.5)$$

$$\alpha_1 = 90^\circ - 60^\circ - 15^\circ = 15^\circ$$

Таблиця 4.4 – Значення задніх кутів α

№ т.	1	2	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'
α°	15	13,4	11,25	11,25	11,25	11,25	10	10	10	10

					КНУ.КБР.131.24.1-07.04.ПІАРІ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата						

1.1.6. Визначимо кути фасонних різців у перетинах, перпендикулярних до проєкцій головних ріжучих кромки на головну площину.

$$\alpha n_i = \arctg(\operatorname{tg}(\alpha_i) \cdot \sin(\varphi_i)); \quad (1.6)$$

$$\alpha n_1 = \arctg(\operatorname{tg}(15^\circ) \cdot \sin(135^\circ)) = 10.43^\circ$$

$$\gamma n_i = \arctg(\operatorname{tg}(\gamma_i) \cdot \sin(\varphi_i)); \quad (1.7)$$

$$\alpha n_1 = \arctg(\operatorname{tg}(15^\circ) \cdot \sin(135^\circ)) = 10.43^\circ$$

Розраховуємо таким чином всі інші точки і заносимо в таблицю

Таблиця 4.5 – кути у перетинах, перпендикулярних до проєкцій головних ріжучих кромки на головну площину

№ т.	1	2	3	3'	4	4'	5	5'	6	6'
αn_i°	10,43	9,33	9,33	11,25	11,25	0	0	10	0	10
γn_i°	10,43	11,54	13,29	18,75	18,75	0	0	20	0	20

4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту

Виконаємо розрахунок на жорсткість за допомогою програмного забезпечення SolidWorks.

В програмі створимо 3D модель нашого різця.

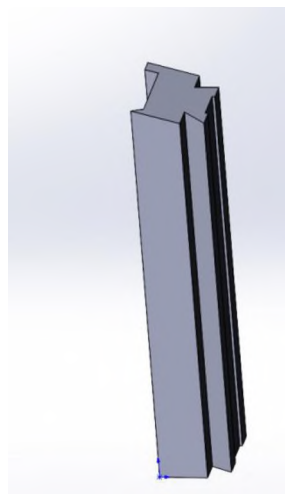


Рисунок 4.3 – 3D Модель різця

					КНУ.КБР.131.24.1-07.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Для того щоб нам провести дослідження скористаємося Solidworks Simulation.

Далі створюємо нове дослідження де зазначаємо тип дослідження та необхідні данні для його проведення, такі як: кріплення, вид навантаження яке застосовується на наш різець, а також обираємо матеріал різця.

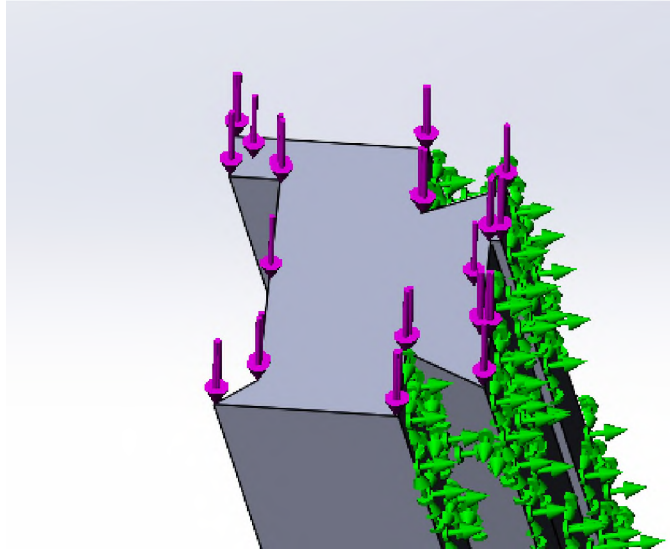
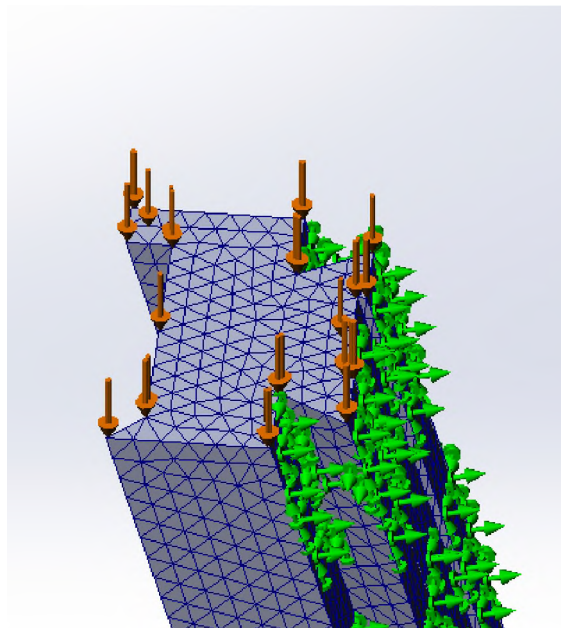


Рисунок 4.4 – Місце прикладання сили та кріплення різця.

Важливим етапом проведення дослідження є створення сітки для моделі. Вона є важливою складовою, оскільки від її якості залежить точність проведенного дослідження. Створюємо як умога більш точну сітку, але щоб і наша система змогла впоратись з розрахунками.



Риснок 4.5 – Сітка моделі

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-07.04.ПІАРІ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Запускаємо дослідження та отримуємо результати.

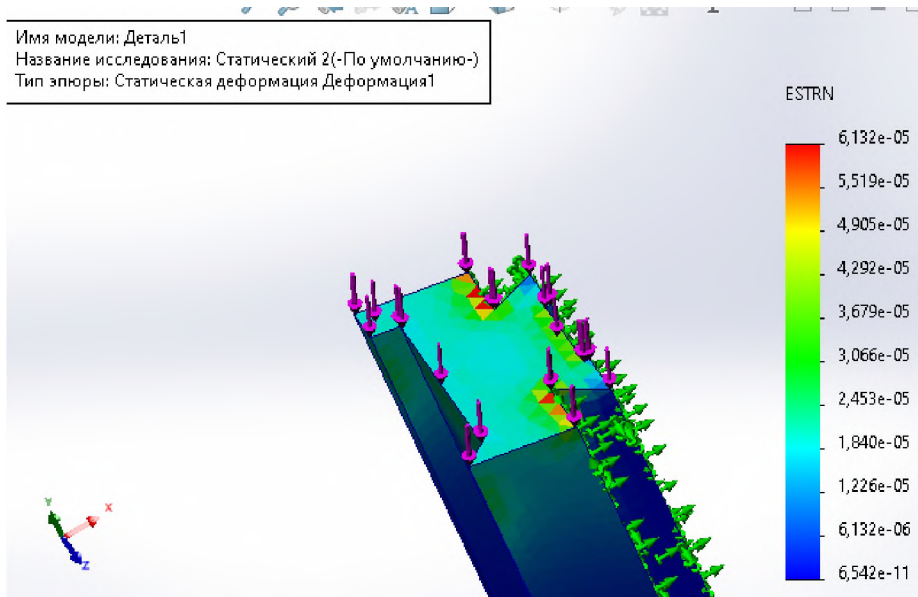


Рисунок 4.6 – Епюра деформації

Епюра деформації показує графічне відображення зміни форми або зміщення моделі під дією навантажень. Цей вид аналізу дозволяє візуалізувати, як саме деформується модель при прикладенні сил, моментів або інших видів навантажень. В епюрі деформації ми бачимо, в яких місцях різець зазнає найбільших змін і наскільки ці зміни великі.

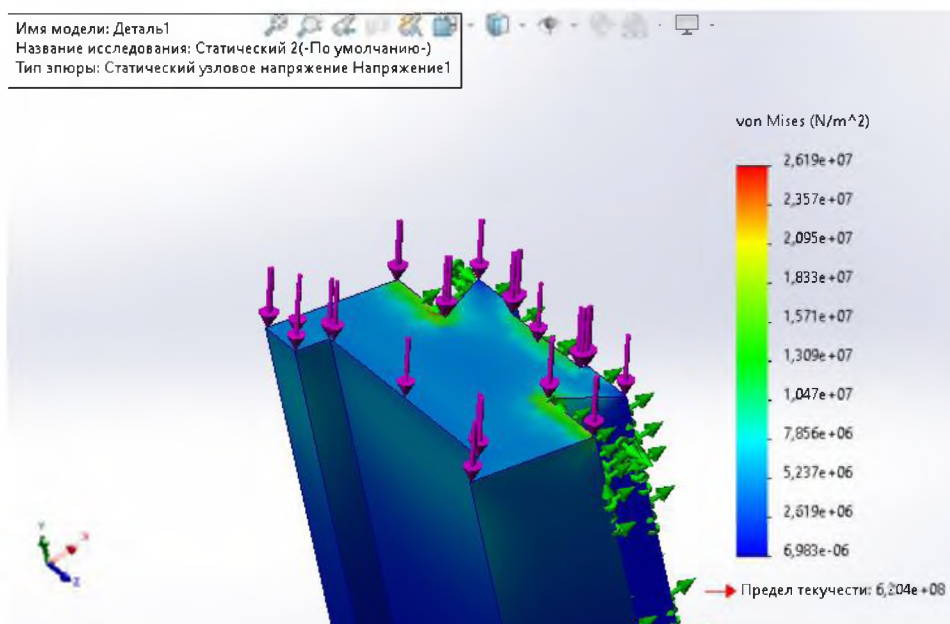


Рисунок 4.7 – Епюра напруження

						КНУ.КБР.131.24.1-07.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата			

Епюра напруження показує розподіл внутрішніх сил (напружень) по всій моделі під дією навантажень. Це графічне представлення дозволяє візуалізувати, де і наскільки різьць зазнає напружень, допомагаючи ідентифікувати області з високими рівнями напруження, які можуть бути критичними для міцності та надійності конструкції. Напруження вимірюється в одиницях сили на одиницю площі.

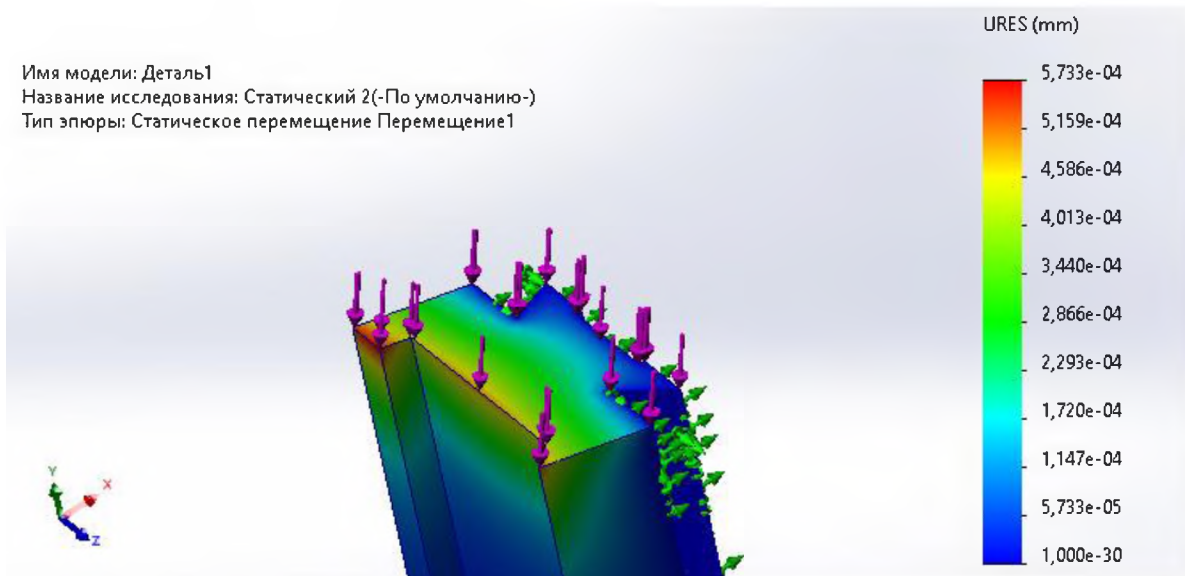


Рисунок 4.8 – Епюра переміщення

Епюра переміщення показує візуалізацію зміщення кожної точки моделі під дією навантажень. Це графічне представлення дозволяє побачити, як окремі частини різця рухаються або зміщуються відносно їх початкового положення. Епюра переміщення демонструє величину і напрямок переміщень, допомагаючи зрозуміти поведінку конструкції під навантаженнями, виявити можливі проблемні зони і оцінити адекватність конструкції для запланованого використання.

Дослідження напруженого стану різця за допомогою програми «SolidWorks» показало, що при статичному навантаженні в межах 800 Н, матеріал обладнання та її конструкція витримують навантаження по всім критеріям програми SolidWorks.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-07.04.ПІАРІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

5 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

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

Для токарної операції створимо код управляючої програми ЧПК. Для цього ми будемо використовувати програмне забезпечення FeatureCAM.

Постпроцесор обираємо Fanuc, який встановлений на нашому токарному верстаті.

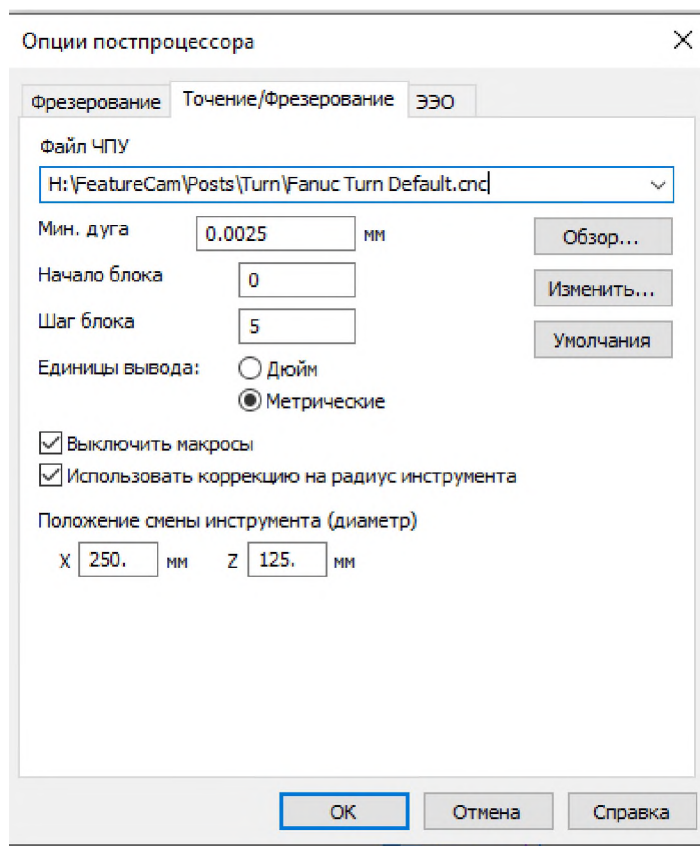


Рисунок 5.1 – Налаштування постпроцесора

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-07.05.МПОМО</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Каминський</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Рязанцев</i>					1	
<i>Н. Контр.</i>	<i>Рязанцев</i>				<i>Каф. ТМ гр. ПМ-20-1</i>		
<i>Затверд.</i>	<i>Нечасів</i>				<i>МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ</i>		

5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм

Для початку необхідно буде створити 3D моделі деталі в будь-якій CAD системі. Імпортуємо створену модель у FeatureCAM та проводимо налаштування позиціонування моделі для зручності.

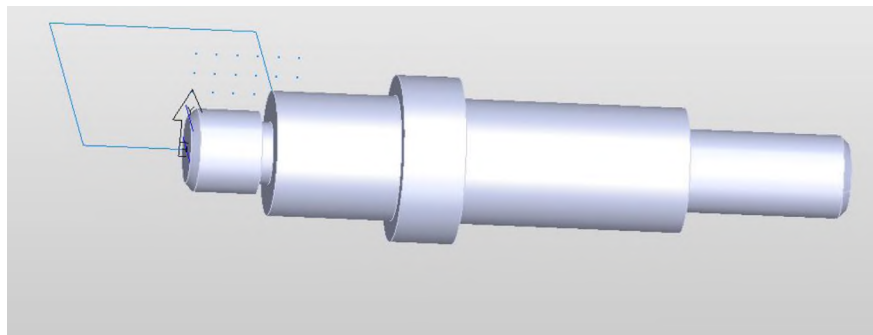


Рисунок 5.2 – Модель 3D Вала

Наступним кроком створюємо операції обробки. На 1 установі ми проводимо обробку торця та дві ступіні вала (Рисунок 5.2)

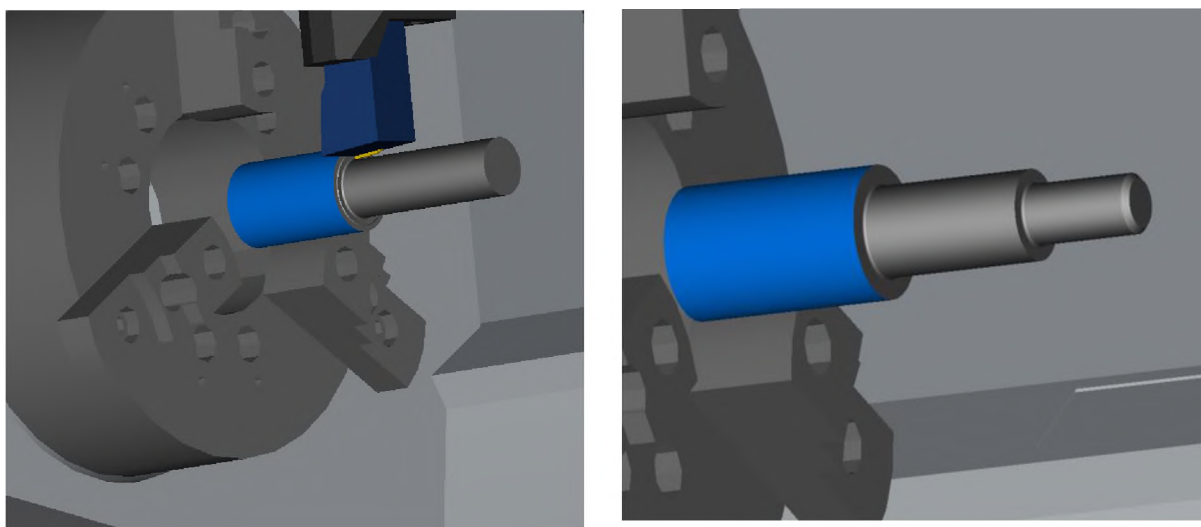


Рисунок 5.3 – Симуляція обробки на 1 установі

Далі нам потрібно створити новий установ, зробити базування деталі по торцю та створити необхідні операції: підрізання торцю, точіння та нарізання різьби.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-07.05.МПОМО</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

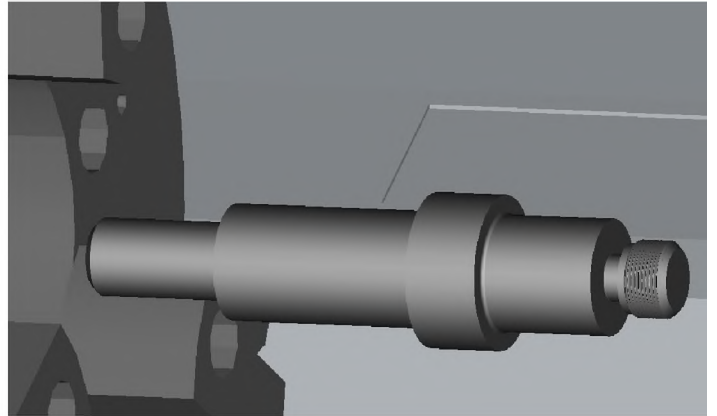
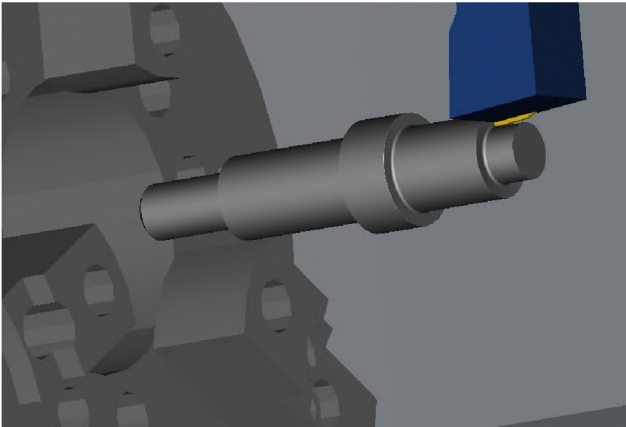


Рисунок 5.4 – Симуляція обробки на 2 установі

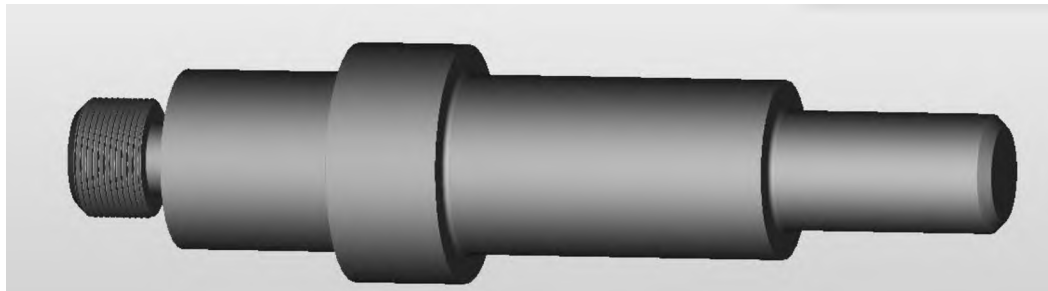


Рисунок 5.5 Кінцевий результат обробки

Після створення всіх операцій ми можемо згенерувати код УП (Рисунок 5.5)

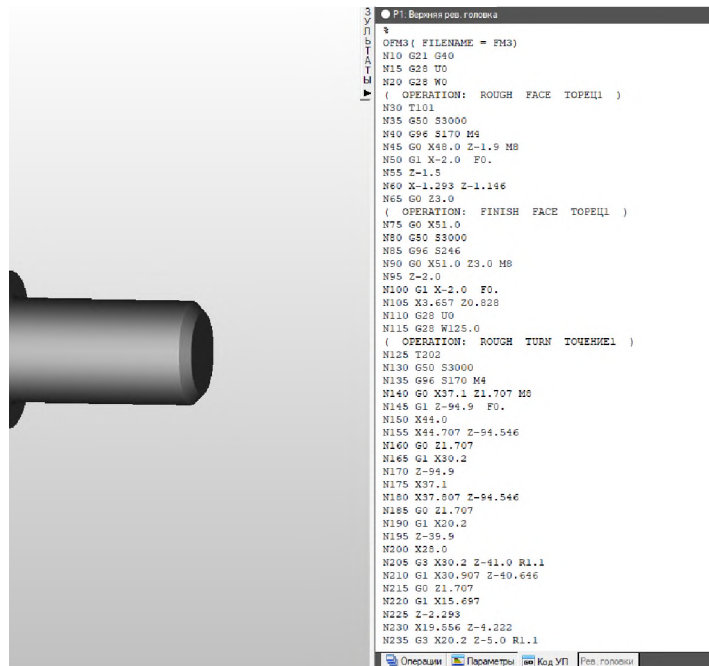


Рисунок 5.6 – Код управляючої програми

					КНУ.КБР.131.24.1-07.05.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Проведемо розрахунки витрат на токарну операцію на верстаті з ЧПК.

$$З = С + E_H(K_C + K_{ЗД}),$$

Де С- технологічна собівартість,грн;

$$C = \frac{(C_з + C_{експ})t_{шт}}{60}$$

E_H – коефіцієнт економічної ефективності капітальних внесків ($E_H=0,5$)

$K_C, K_{ЗД}$ – капітальні внески у верстат і приміщення.

$t_{шт}$ -штучний час

$$t_{шт} = (t_o + t_{всп}) \cdot \left(1 + \frac{\alpha + \beta + \gamma}{100}\right);$$

Де t_o –основний час обробки ($t_o=5,15$ хв), це значення ми можемо отримати в програмі FeatureCAM, яке розрахувала программа згідно запропонованих режимів різання.

$t_{всп}$ - допоміжний час,хв визначаємо за загальномашинобудівними нормативами ($t_{всп}=1,5$ хв)

$\alpha+\beta+\gamma$ – час технічного обслуговування, перерв та організаційного обслуговування, у відсотках від оперативного часу ($\alpha+\beta+\gamma = 8\%$)

$$t_{шт} = (5,15 + 1,5) \cdot (1 + 0,08) = 7,2 \text{ хв};$$

Розрахунок основної та допоміжної заробітної плати розраховується по формулі:

$$C_з = C_ч \cdot K_д \cdot Z_H \cdot K_{ОМ} = 120 \cdot 1,7 \cdot 1 \cdot 1 = 204 \text{ грн/год}$$

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-07.06.0ЕПВ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Камінський</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркцшів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>				1	
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>			<i>Каф. ТМ</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Нечаєв</i>			<i>гр. ПМ-20-1</i>		
					<i>ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА</i>		

Де – $C_{\text{ч}}$ – година тарифна ставка робочог, грн/год (120 грн/год)

$K_{\text{д}}$ – коефіцієнт, враховуючий допоміжну зарплату і надбавки ($K_{\text{д}}=1,7$);

$Z_{\text{н}}$ – коефіцієнт, враховуючий оплату наладчика ($Z_{\text{н}}=1,0$);

$K_{\text{ом}}$ – коефіцієнт, враховуючий оплату робітника при декільком обслуговуванні ($K_{\text{ом}}=1,0$);

Розрахунок годинних затрат по експлуатації робочого місця виконуємо по формулі:

$$C_{\text{ЕКСП}} = C_{\text{ч}} K_{\text{М}} = 120 \times 1 = 120 \text{ грн/год}$$

Де $C_{\text{ГВ}}$ – годинні витрати на базовому робочому місці, грн/год ;

$K_{\text{М}}$ – коефіцієнт, який показує в скільки разів затрати, пов'язані з роботою данного верстата, більше, ніж аналогічні роботи базового верстата.

Удільні капітальні вкладення у верстат розраховуються по формулі:

$$K_{\text{с}} = \frac{C_{\text{с}} \cdot K_{\text{М}} \cdot C_{\text{п}}}{N} = \frac{600\,000 \cdot 1,1 \cdot 1}{4000} = 165 \text{ грн}$$

Де – $C_{\text{с}}$ – ціна верстата, грн ; (Згідно цін в інтернеті, $C_{\text{с}}=600\,000$ грн)

$K_{\text{М}}$ – коефіцієнт, враховуючий витрати на транспорт і монтаж ($K_{\text{М}}=1,1$);

$C_{\text{п}}$ – прийняте число верстатів на операцію ($C_{\text{п}}=1,0$) ;

N – річний об'єм випуску деталі.

Удільні капітальні вкладення в приміщення розраховуємо по формулі:

$$K_{\text{зд}} = \frac{C_{\text{пл}} \cdot P_{\text{с}} \cdot C_{\text{п}}}{N} = \frac{20000 \cdot 14,4 \cdot 1}{4000} = 72 \text{ грн}$$

Де $C_{\text{пл}}$ – вартість 1 м² виробничої площі ($C_{\text{пл}}=20000$ грн), грн/м² ;

$P_{\text{с}}$ – площа, яку займає верстат з урахуванням проходів, ($P_{\text{с}}=14,4$ м²);

$C_{\text{п}}$ – кількість верстатів прийняте на операцію ($C_{\text{п}}=1,0$)

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-07.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Займану верстатом площу визначаємо за формулою:

$$П_c = f \times K_c = 4,5 \times 3,2 = 14,4 \text{ м}^2$$

Де – $f = 4,5$ – площа верстата, м^2 ;

K_c – коефіцієнт, який враховує допоміжну виробничу площу ($K_c = 3,2$)

$$C = \frac{(C_3 + C_{\text{ЕКСП}}) \cdot T_{\text{шт}}}{60} = \frac{(204 + 120) \cdot 7,2}{60} = 38,88 \text{ грн ,}$$

$$З = C + E_n(K_c + K_{3д}) = 38,88 + 0,5(165 + 72) = 157,38 \text{ грн}$$

6.2 Охорона праці та екологія виробництва

На підприємствах машинобудування застосовується різноманітне технологічне обладнання, що є джерелом шуму та вібрації. Шум більшості металорізальних верстатів має середньо і високочастотний характер. Найбільший шум створюється під час роботи на великогабаритних токарних, револьверних, фрезерних, карусельних верстатах, особливо при обробці деталей із твердих сплавів. Основними джерелами шуму більшості металорізальних верстатів є приводи, електродвигуни та ріжучий інструмент у процесі роботи.

Шум одна із найпоширеніших несприятливих чинників умов праці з виробництва. Під впливом інтенсивного шуму порушуються функції як слухового аналізатора, а й центральної нервової, серцево-судинної та інших фізіологічних систем. Робота в умовах інтенсивного шуму призводить до зниження продуктивності праці, зростання шлюбу та збільшення ймовірності отримання виробничих травм.

Для зниження виробничого шуму використовують різні методи: усунення причин або ослаблення шуму в джерелі виникнення, зниження шуму на шляху його поширення і застосування індивідуальних засобів захисту робітників.

Зниження шуму можна досягти, застосувавши менш інтенсивний режим різання або розмістивши верстати в ізольованих приміщеннях зі стелями і стінами, облицьованими звукопоглинаючим матеріалом. Застосування акустичних екранів, що відокремлюють одне робоче місце від іншого, також сприяє зниженню шуму.

Важливою проблемою, яка потребує вирішення, є боротьба з вібрацією. Вібраційна хвороба посідає друге місце серед професійних захворювань, поступаючись тільки пневмоконіоз.

Захист від вібрацій починається насамперед із їхньої ліквідації.

						<i>КНУ.КБР.131.24.1-07.06.0ЕПВ</i>	<i>Адк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Адк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			

З метою підвищення екологічності виробництва та економного використання ресурсів застосовуються різні способи отримання корисних і цінних матеріалів з відходів виробництва. У ряді випадків це економічно виправдовується і на схемах такого процесу розробляються виробництва для отримання вторинної сировини.

Лом та відходи чорних та кольорових металів є найважливішою вторинною сировиною для металургійної промисловості. Ці відходи утворюються при обробці металу у вигляді стружки, шматків і листових відходів, внаслідок морального чи фізичного зношування обладнання, запасних частин та інструменту (амортизаційний брухт). Переробляють металевий брухт підприємства, що мають у своєму складі плавильні печі, металургійні комбінати. Лом є складовою шихти доменних і сталеплавильних виробництв.

Основними екологічно небезпечними відходами машинобудівного комплексу є відходи гальванічних виробництв, які залежно від джерел освіти поділяють такі види:

- Відпрацьовані концентровані технологічні розчини (електроліти нанесення покриттів, розчини зняття покриттів, лужні та кислі травильні розчини та ін.);
- Промивні води;
- Гальванічні шлами
- Відпрацьовані електроліти, що містять кольорові метали, регенерують з метою відновлення їх працездатності та повторного використання, а також використовують для вилучення кольорових металів.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-07.06.ЕПВ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВИСНОВКИ

У процесі виконання кваліфікаційної роботи були проведені детальні дослідження технологічного процесу виготовлення деталі валу ротора.

Метою роботи було знайти новий технологічний процес, який би відповідав сучасним вимогам машинобудування та задовольняв умови ринку.

Спочатку було проаналізовано основні вимоги до деталі, основні дані про механізм в якому знаходиться деталь. Особлива увага приділена до точності виконання шпонкових з'єднань, які перевірені на відповідність вимогам міцності на зминання та зріз.

У розділі, присвяченому вибору обладнання для виготовлення деталі валу ротора, було проведено детальний аналіз сучасного обладнання та визначено оптимальний варіант для досягнення поставленої мети - виготовлення якісної та точної деталі.

Було вирішено використовувати токарний ЧПК верстат з числовим програмним управлінням, що дозволяє забезпечити високу точність обробки та швидкість виготовлення. Важливим аспектом вибору була також можливість програмування складних операцій обробки, що дозволяє досягти високої якості деталі.

Важливою частиною в технології відіграє різальний інструмент, від нього в більшості залежить якість поверхонь.

Розроблено та проаналізовано спеціальний різальний інструмент, який дозволяє досягти високої якості обробки вала ротора, забезпечуючи його точність та надійність у подальшому використанні. Результати дослідження підтвердили ефективність застосування розробленого інструменту, що відкриває перспективи для його використання в промисловому виробництві з метою підвищення якості та ефективності виготовлення деталей.

Було проведено розрахунок вартості використання токарного ЧПУ верстата.

Розрахунки показали, що ефективність виробництва може бути підвищена за рахунок оптимізації процесу обробки, зменшення витрат на енергію та оптимізації використання робочої сили. Також виявлено, що важливою складовою вартості є правильний вибір інструментів, що може суттєво вплинути на загальну вартість виробництва.

Доцільно розроблена технологія дозволяє з малими витратами випускати велику кількість виробів високої якості. Це досягається при умові, якщо усі закладені вимоги технології не уклінно виконуються.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-07.В</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Камінський</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркцшів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Рязанцев</i>						
<i>Н. Кантр.</i>	<i>Рязанцев</i>				<i>ВИСНОВКИ</i>		
<i>Затверд.</i>	<i>Нечасів</i>				<i>Каф. ТМ зр. ПМ-20</i>		

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. Довідник технолога-машинобудівника. /Під ред. Косилової А.Г. і Мещерякова Р.К. – М.: Машинобудування, - Т.1, Т.2. 2003.
3. Каталог ріжучого інструменту Mitsubishi
4. Каталог абразивного інструменту Tyrolit
5. Каталог різцеутримувачів для токарних верстатів з ЧПК по DIN 69880 (VDI 3425) Gedema
6. Каталог допоміжного іструменту для фрезерування з ЧПК SCMTTOOLS.
7. ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007 Система стандартів безпеки праці. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використанні в процесі зведення та експлуатації об`єктів будівництва.
8. ДСТУ ГОСТ 26568:2009 Вібрація. Методи і засоби захисту. Класифікація

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-07.СВД</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Камінський</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>					
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Нечаєв</i>					
<i>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</i>					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архцифр</i>
					<i>Каф. ТМ гр. ПМ-20</i>		

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ЗАСВІДЧУЮЧИХ
АРКУШІВ**

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

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

Виконав здобувач гр. ПМ-20

_____ (підпис)

Камінський Д.С.

Керівник КБР

_____ (підпис)

Рязанцев А.О.

Нормоконтроль

_____ (підпис)

Рязанцев А.О.

Завідувач кафедри

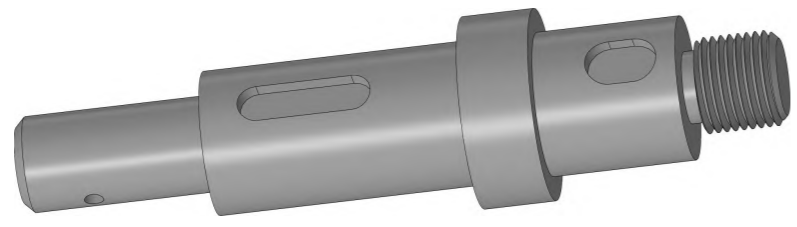
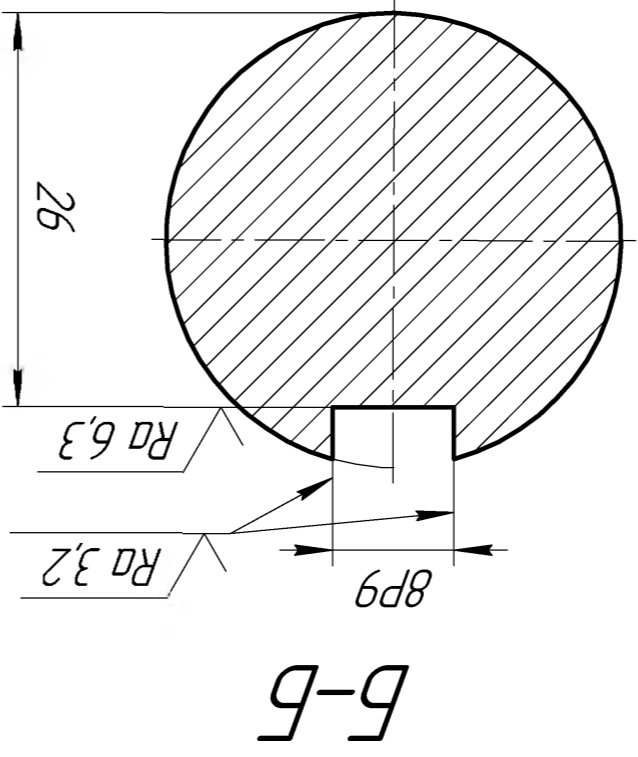
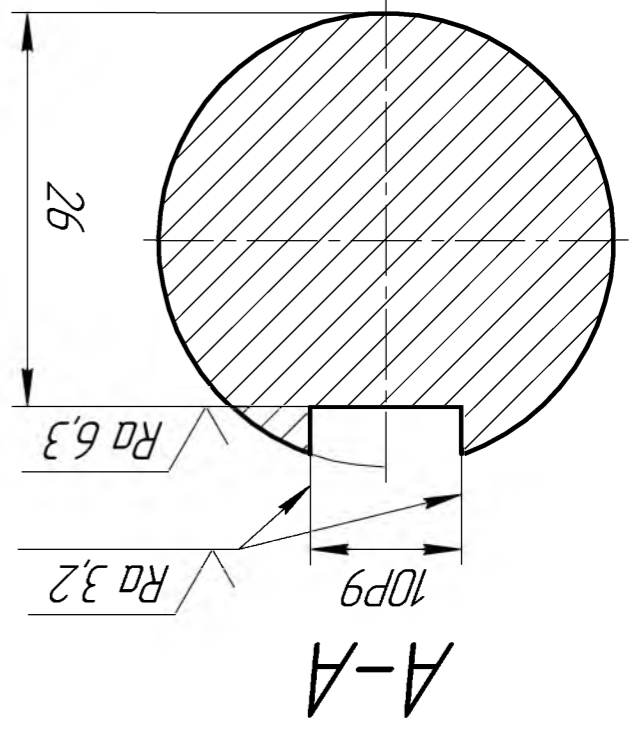
_____ (підпис)

Нечасєв В.П.

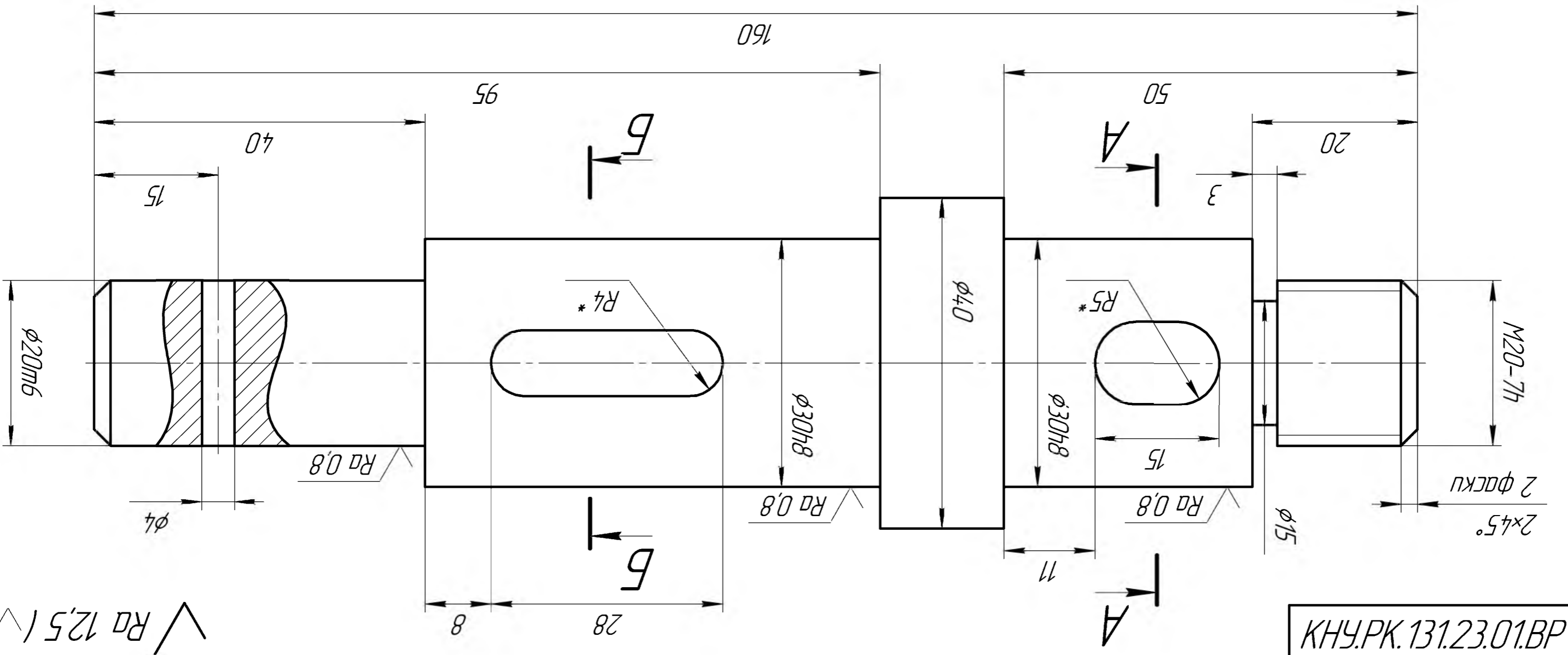
Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
					Кресления		
Справ. №	A3		1	КНУ.КБР.131.24.1-07.ВР	Вал ротора	1	
	A1		2	КНУ.КБР.131.24.1-07.ІН	Інструментальне налагодження	1	
	A2		3	КНУ.КБР.131.24.1-07.ФПР	Фасоний призматичний різець	1	
	A3		4	КНУ.КБР.131.24.1-07.ІАСРІ	Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	1	
	A3		5	КНУ.КБР.131.24.1-07.МГМО	Моделювання процесу механічної обробки	1	

Підп. і дата	Інв. № діляч.	Взам. інв. №	Підп. і дата

<i>КНУ.КБР.131.24.1-07.ВЕД</i>					
Ізм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	
Разрад.	Камінський				
Пров.	Рязанцев				
Н.контр.	Рязанцев				
Утв.	Нечасєв				
Відомість електронних документів КБР			Лит.	Лист	Листов
			Н		1
Кафедра ТМ гр. ПМ-20					



1 Неказані зразучні відхилення розмірів: $h14$, $H14$, $\pm \frac{IT14}{2}$
 2 Гострі кромки притупити



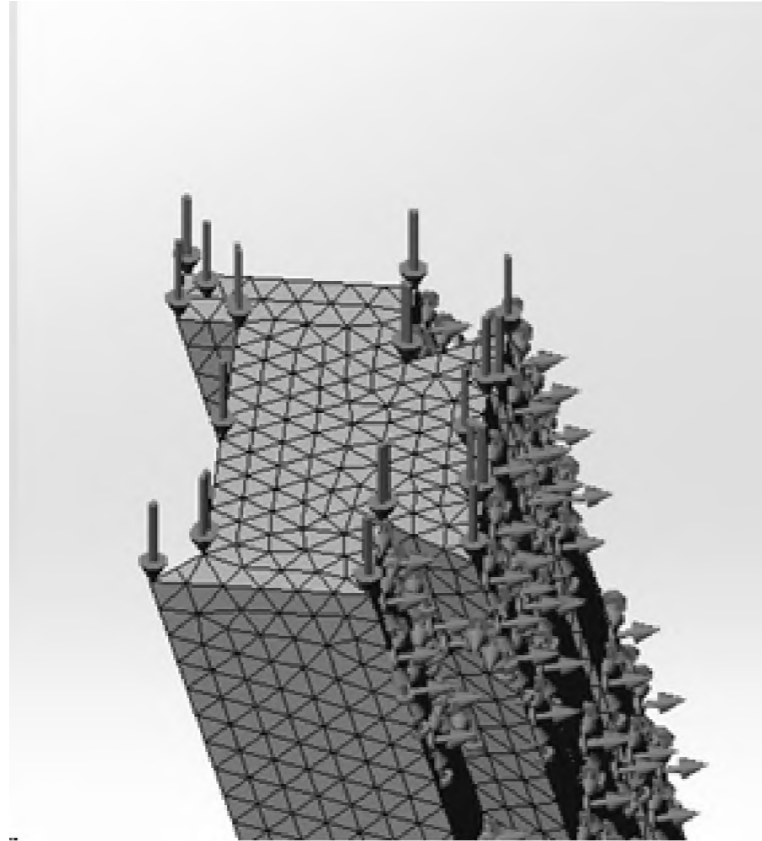
КНУ.КРБ.13124.1-07.БР		Лист		Маса		Масштаб	
Вага помора		Н		0,756		2:1	
Архив		Архив		1		1	
Каф. ТМ		zр.ТМ-20		Каф. ТМ		zр.ТМ-20	
Формат А3		Формат А3		Формат А3		Формат А3	

Смарт 45 ДСТУ 7809-2015

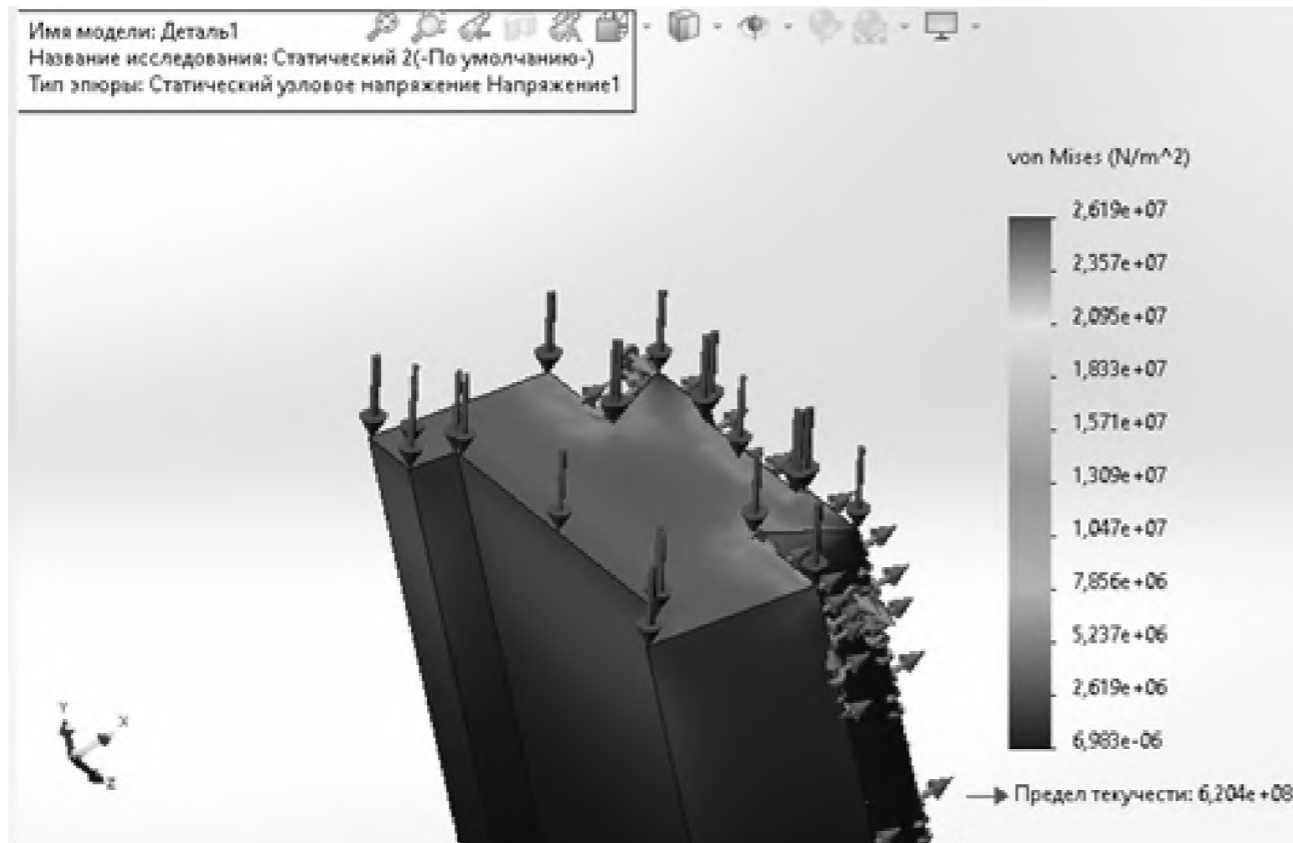
$\sqrt{Ra 12,5 (V)}$

БР.10.3К.131.23.01.БР

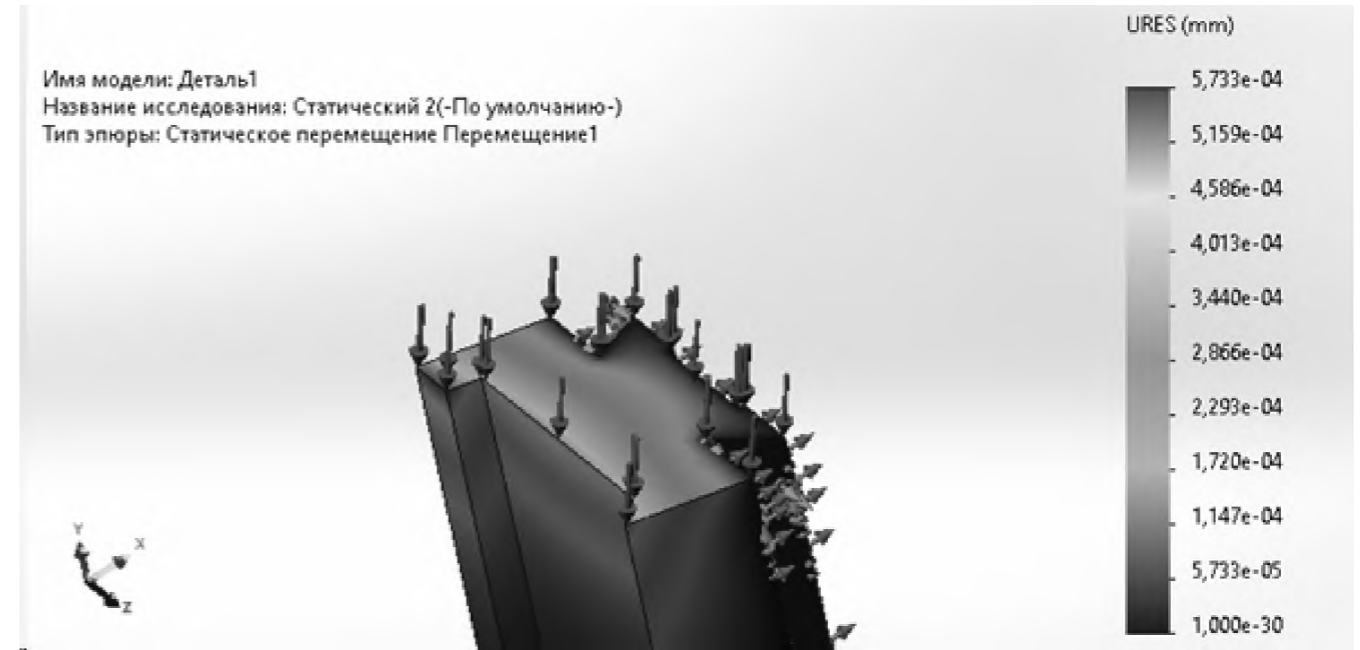
Кінцеві елементи (сітка)



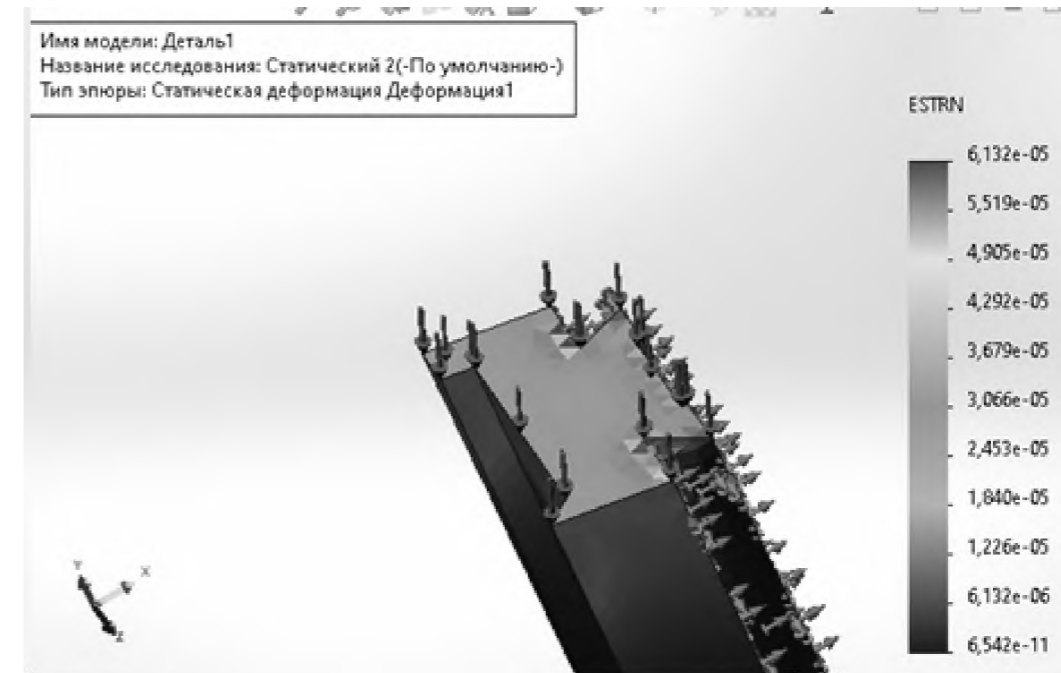
Дослідження «Напруження» в SW Simulation



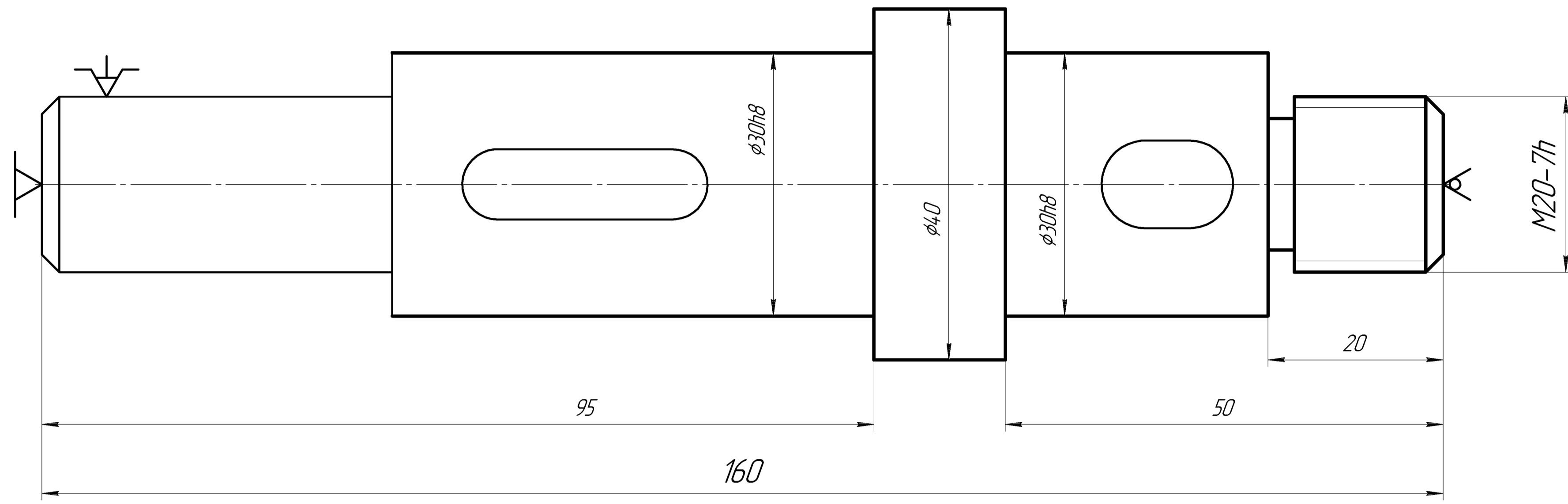
Дослідження «Переміщення» в SW Simulation



Дослідження «Деформація» в SW Simulation

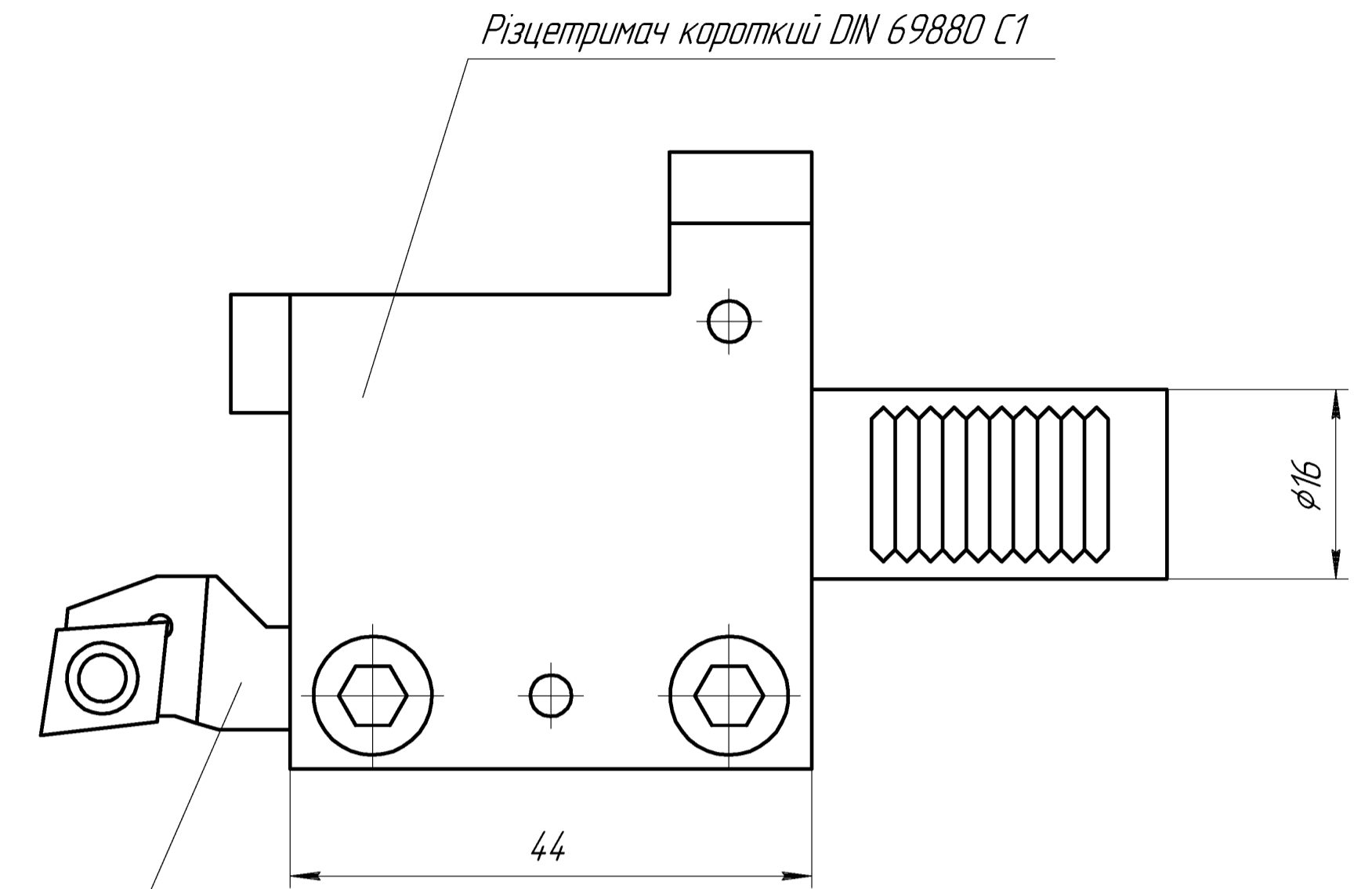


				КНУ.КБР.131.24.1-07.ІАСРІ		
				Інженерний аналіз спеціального різального інструменту		
Зм. Лист	№ док.м.	Підпис	Дата	Лит.	Маса	Масштаб
Розробив	Камінський			Н		
Керівник	Рязанцев			Лист	Листів	1
Н.контр.	Рязанцев			Кафедра ТМ гр. ПМ-20		
Затв.	Нечаєв					



Поверхні обробки 1,4,6,8,10,13

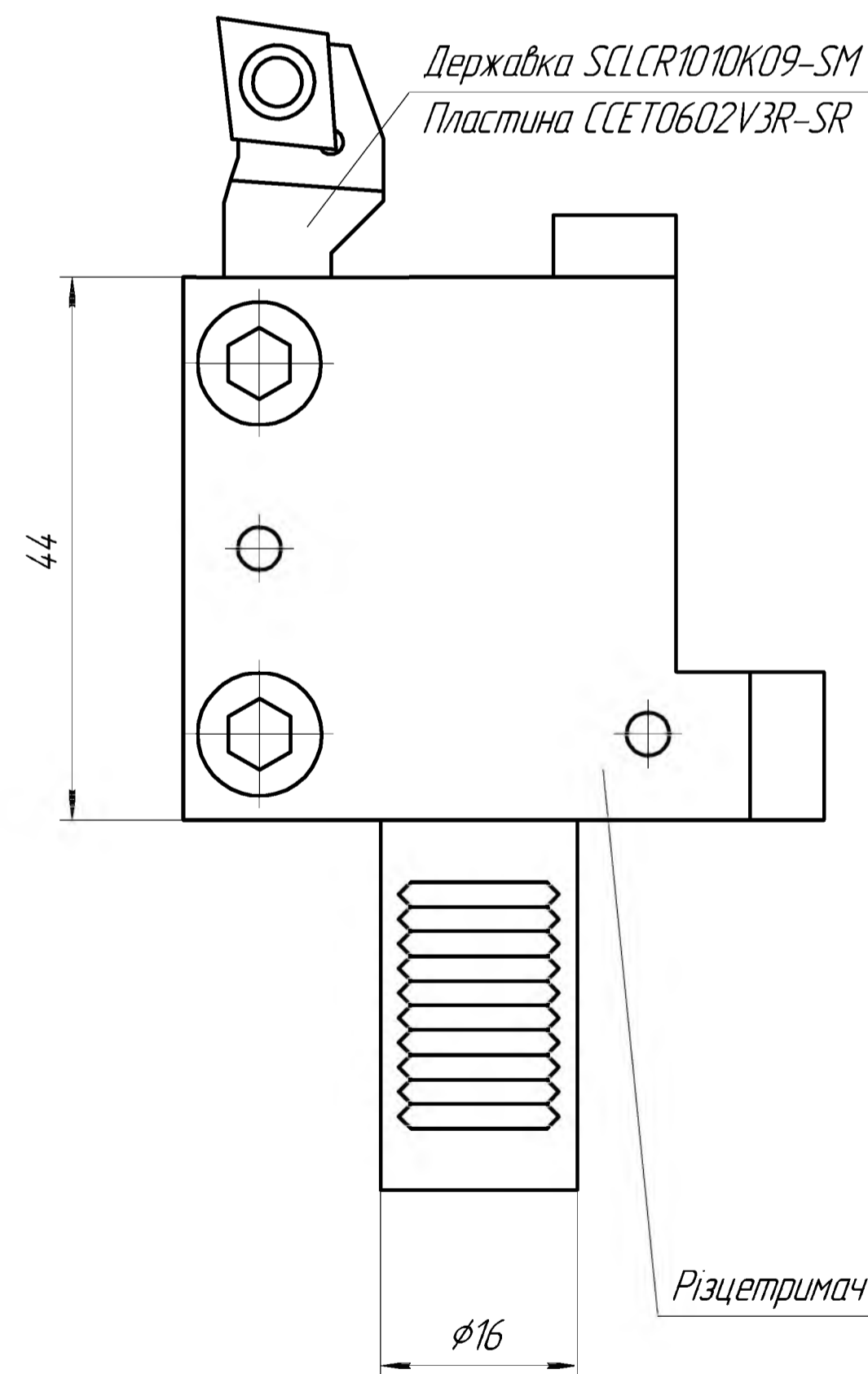
Державка SCLCR1010K09-SM
Пластина CCET0602V3R-SR



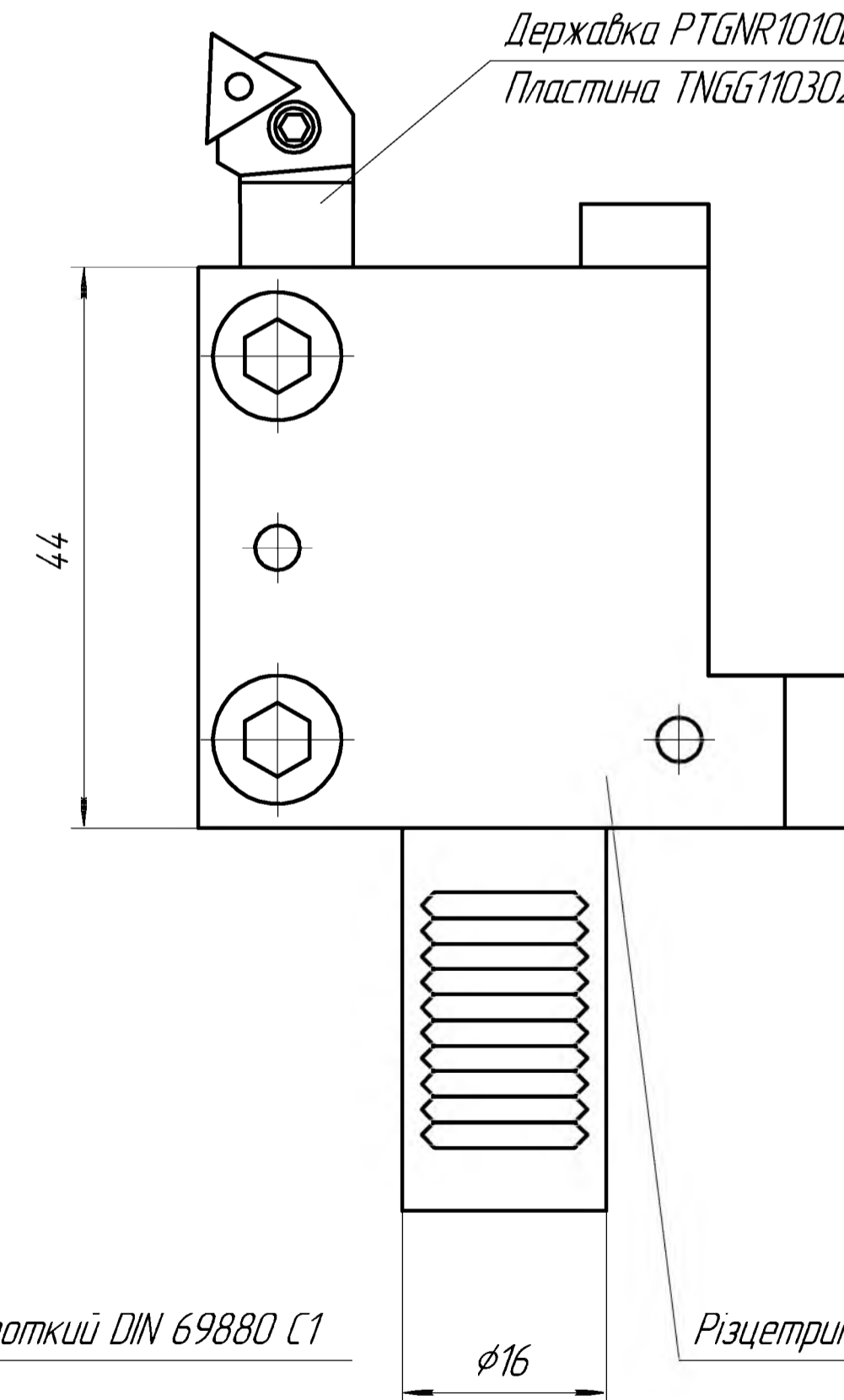
Інструментальний комплекс

Інструмент	Пластина (геометрія)	Матеріал пластини	Допоміжний інструмент
Підрізний різець SCLCR1010K09-SM	CCET0602V3R-SR	UE6110	Різцетримач радіальний DIN69880 C1
Прохідний різець SCLCR1010K09-SM	CCET0602V3R-SR	UC5115	Різцетримач радіальний DIN69880 C1
Прохідний різець PTGNR1010E11	TNGG110302R	MC6025	Різцетримач радіальний DIN69880 C1
Різьбовий різець MMTER1212H16-C	MMT16ER100ISO	UT120T	Патрон свердлильний DIN69880 E3

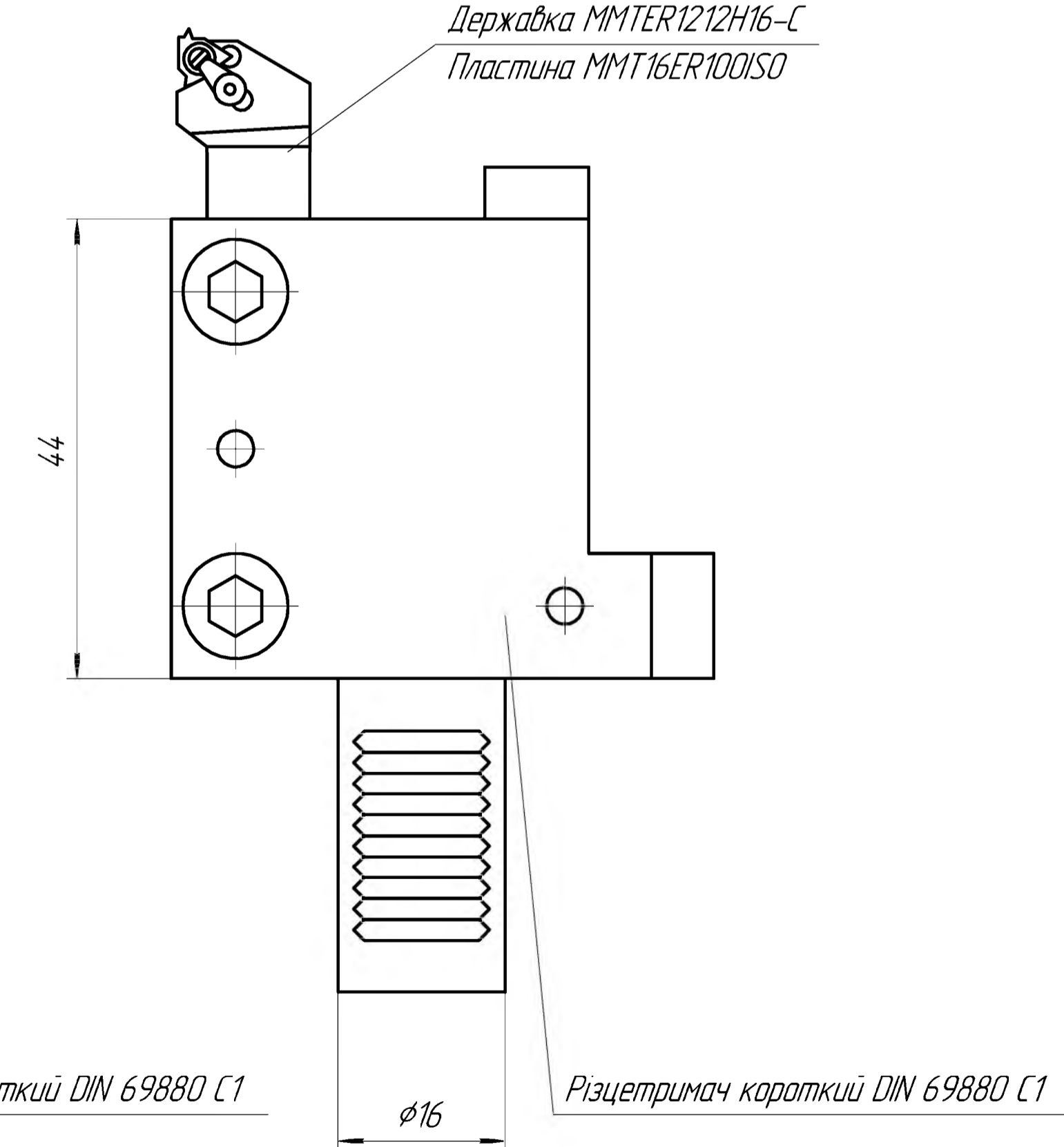
Поверхні обробки 1,4,5,6,7,8,9,10,11,13



Поверхні обробки 5,9,11

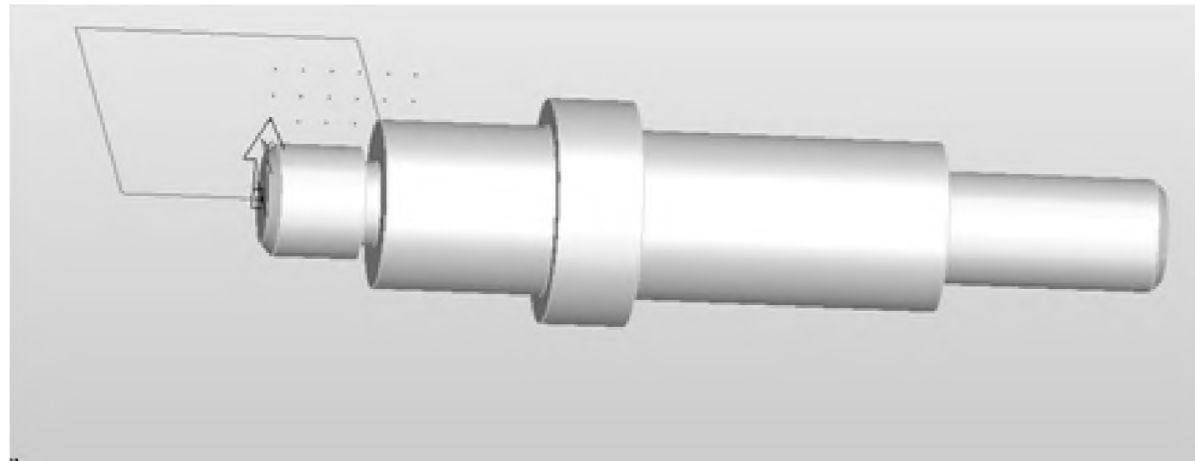


Поверхні обробки 2

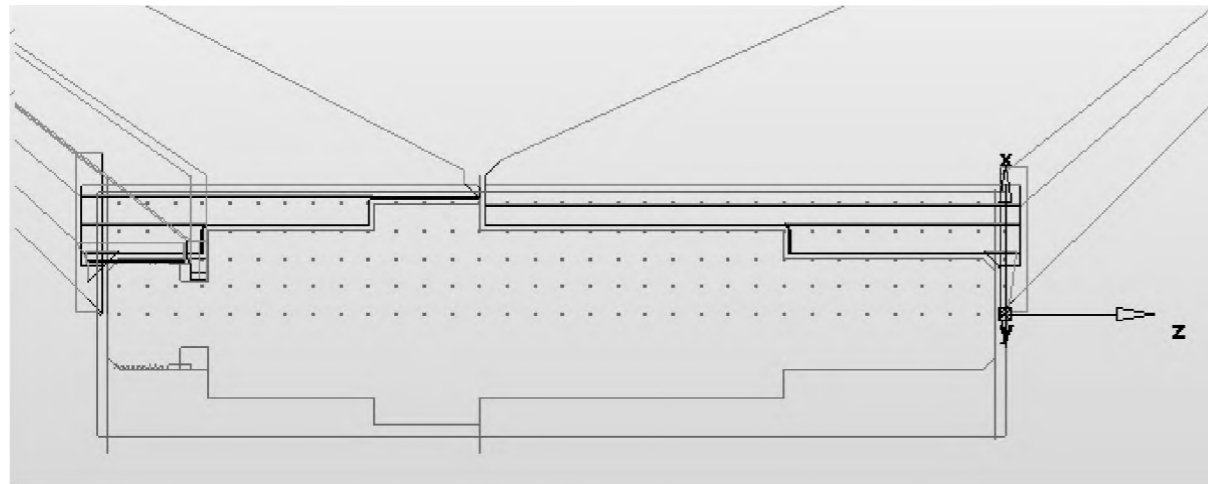


КНУ.КРБ.13123.1-07.1Н				Лист	Маса	Масштаб
Ізм.	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Н	2:1
Разроб.	Камінський					
Проб.	Рязанцев					
Т.контр.						
Інжентр.	Рязанцев					
Утв.	Нечасів					
Інструментальне налагодження				Лист	Листів	1
				Каф. ТМ гр.ПМ-20		
				Формат А1		

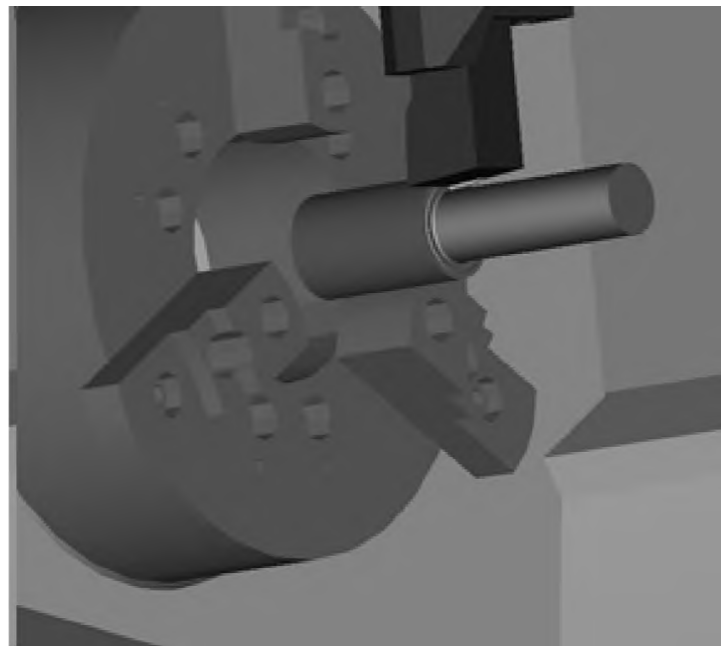
Вал-ротора Feature CAM



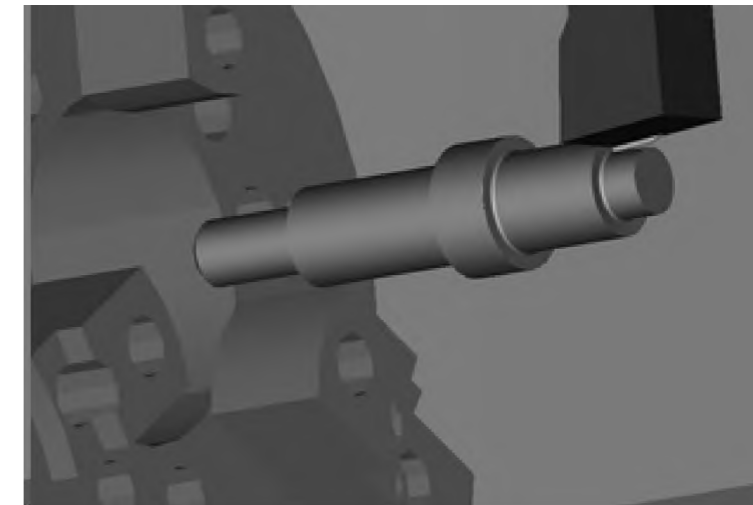
Траєкторія руху у Feature CAM



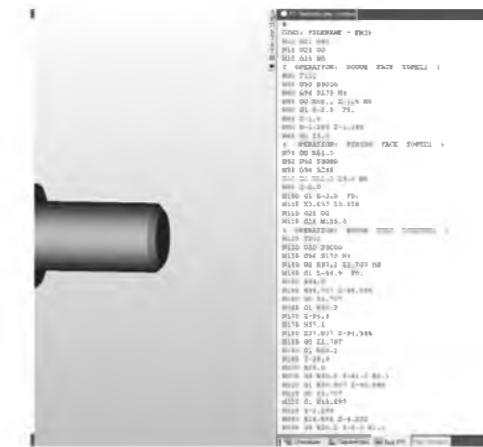
Обробка на 1 установі Feature CAM



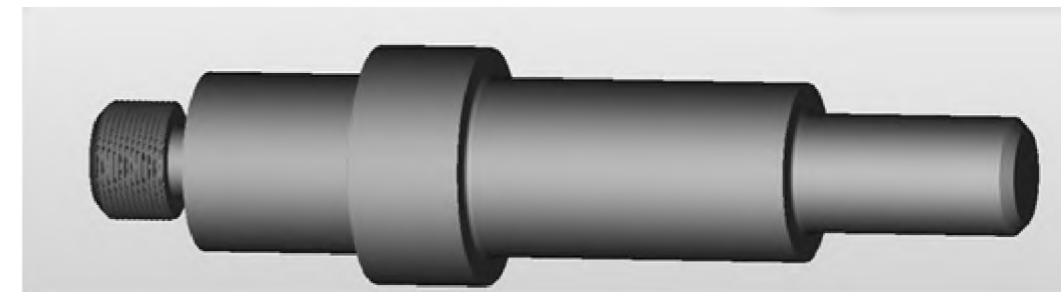
Обробка на 2 установі Feature CAM



Код управляючої програми у вікні Feature CAM

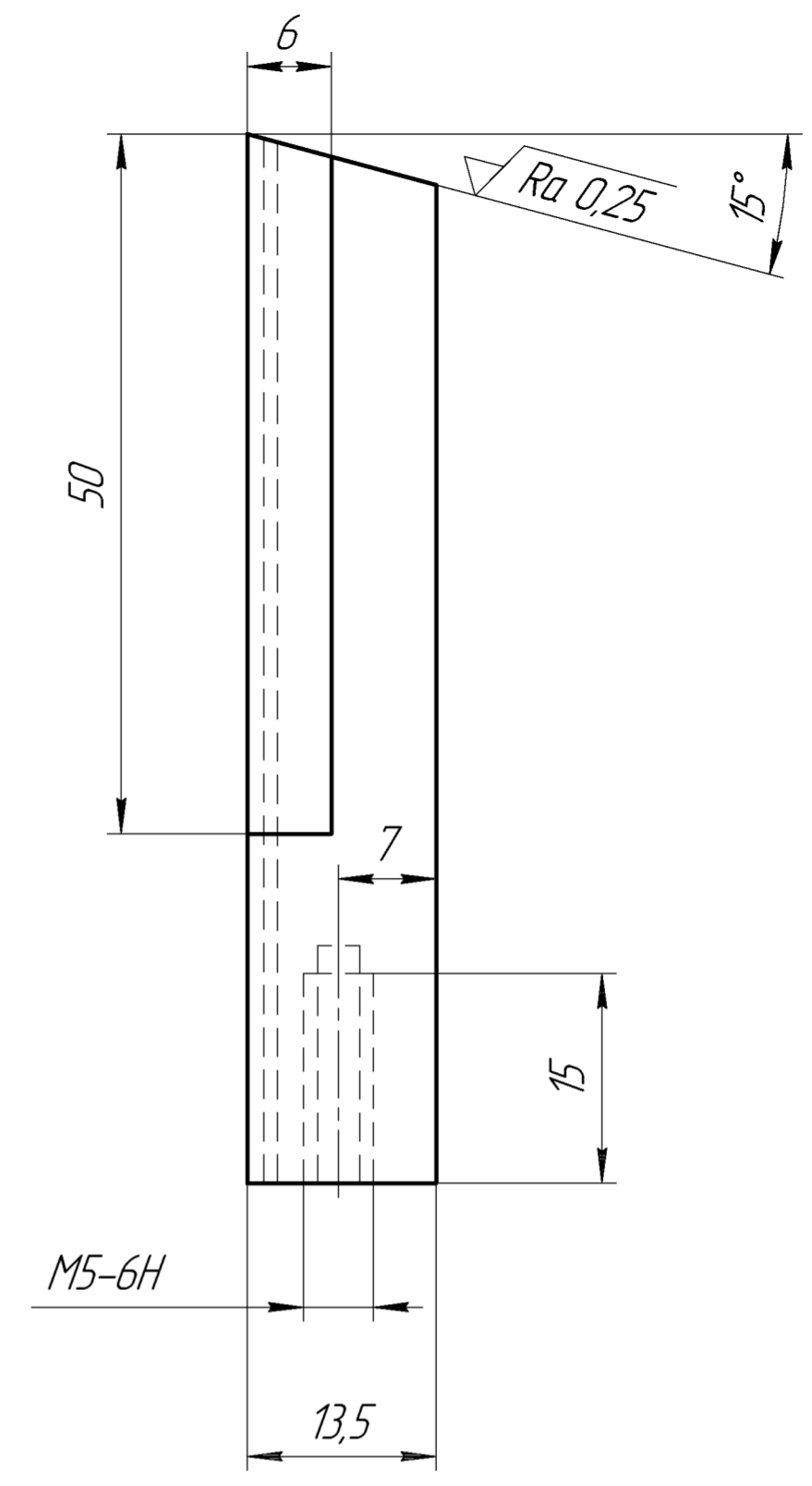
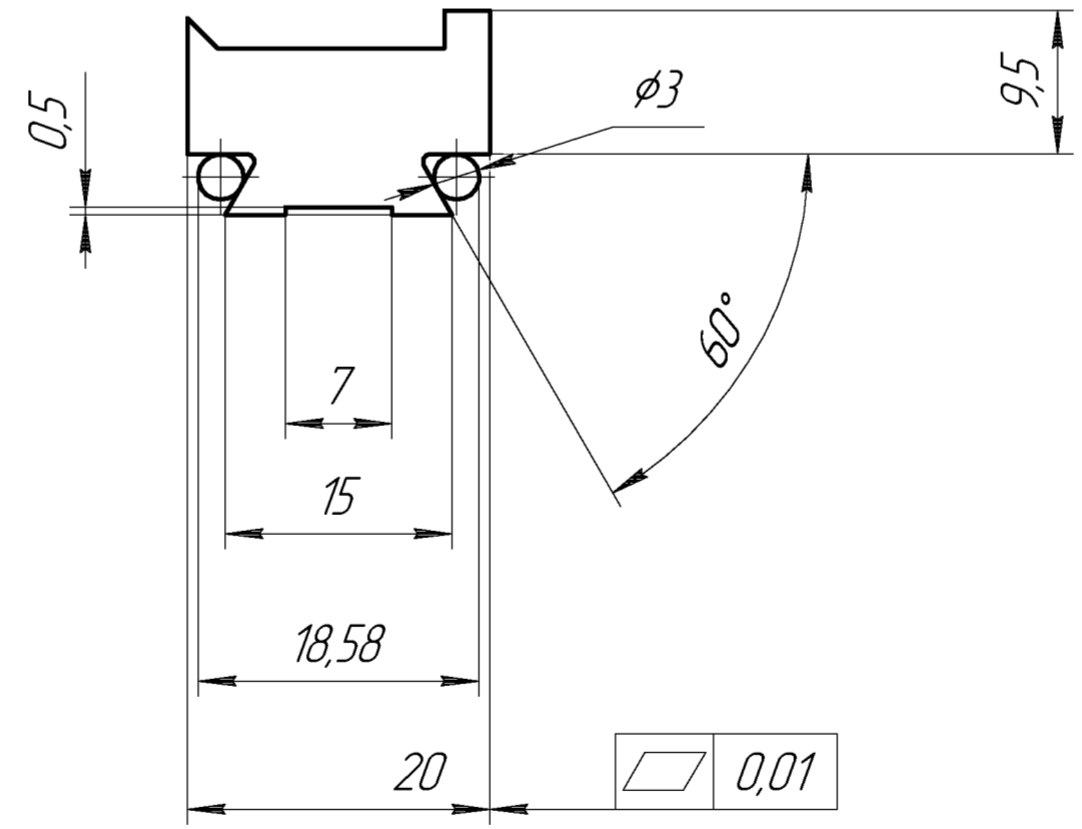
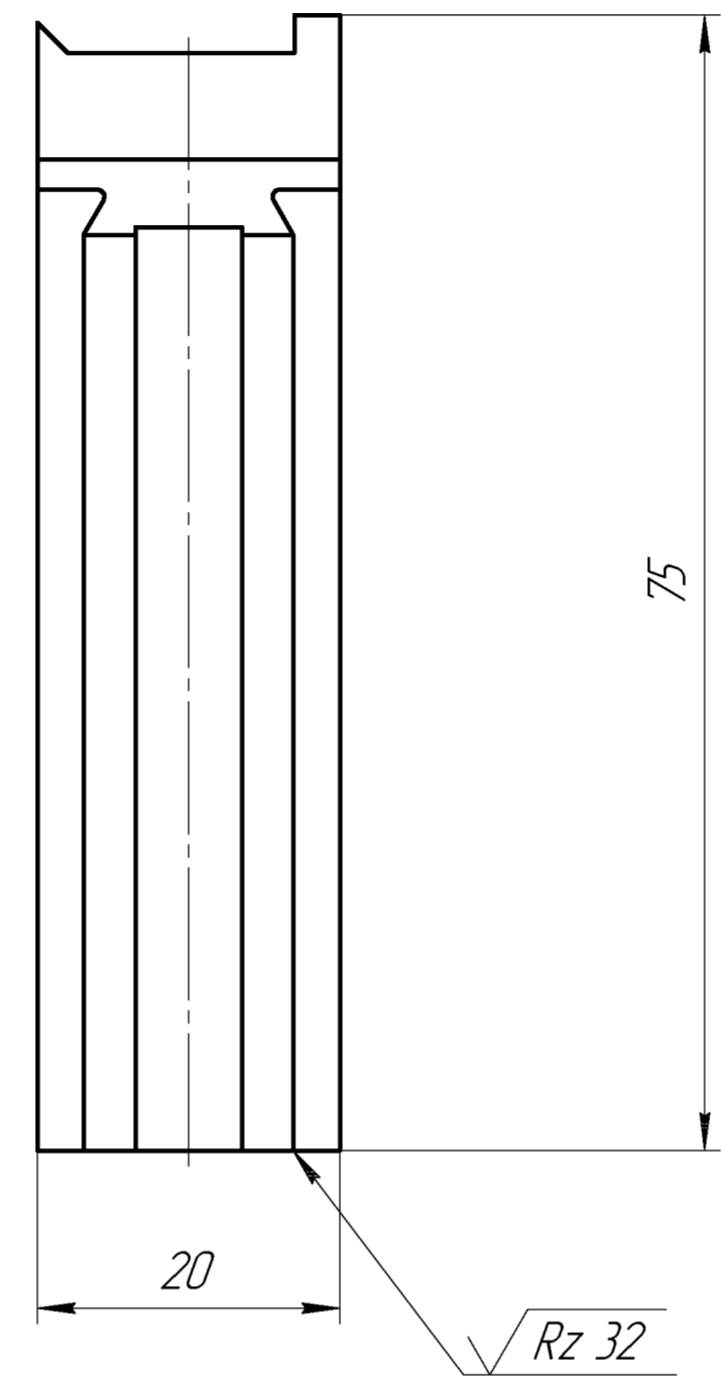
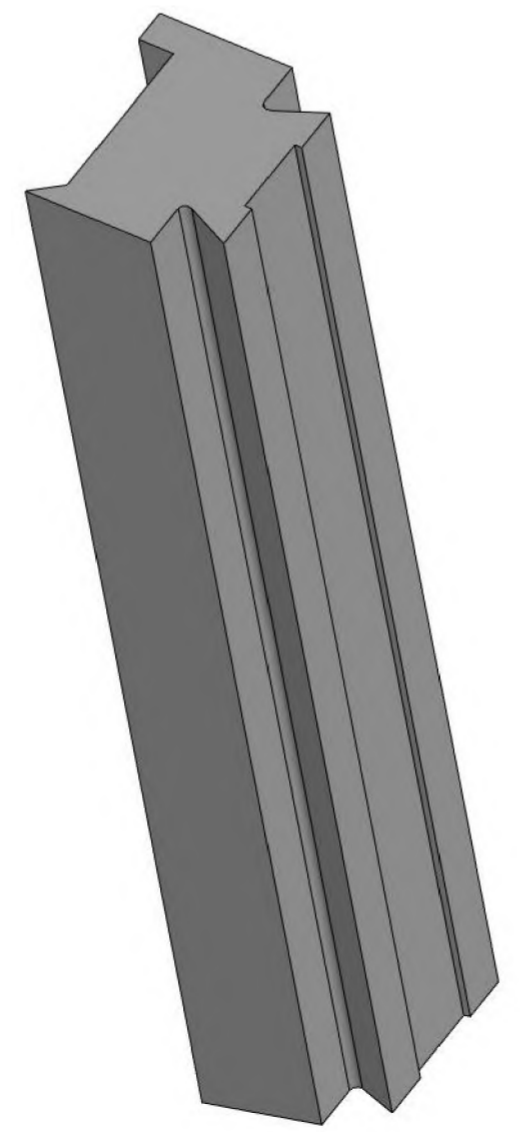
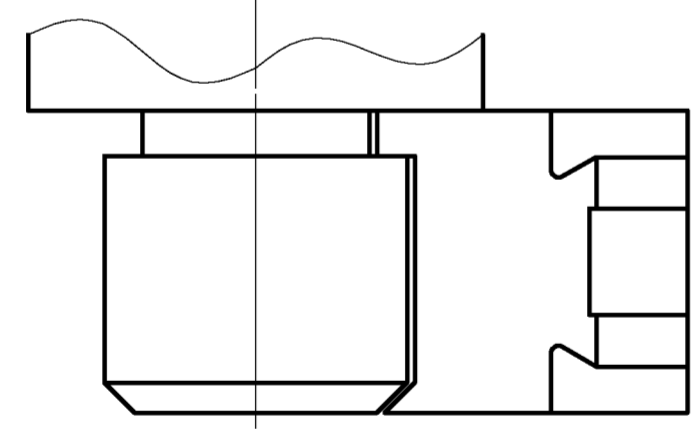
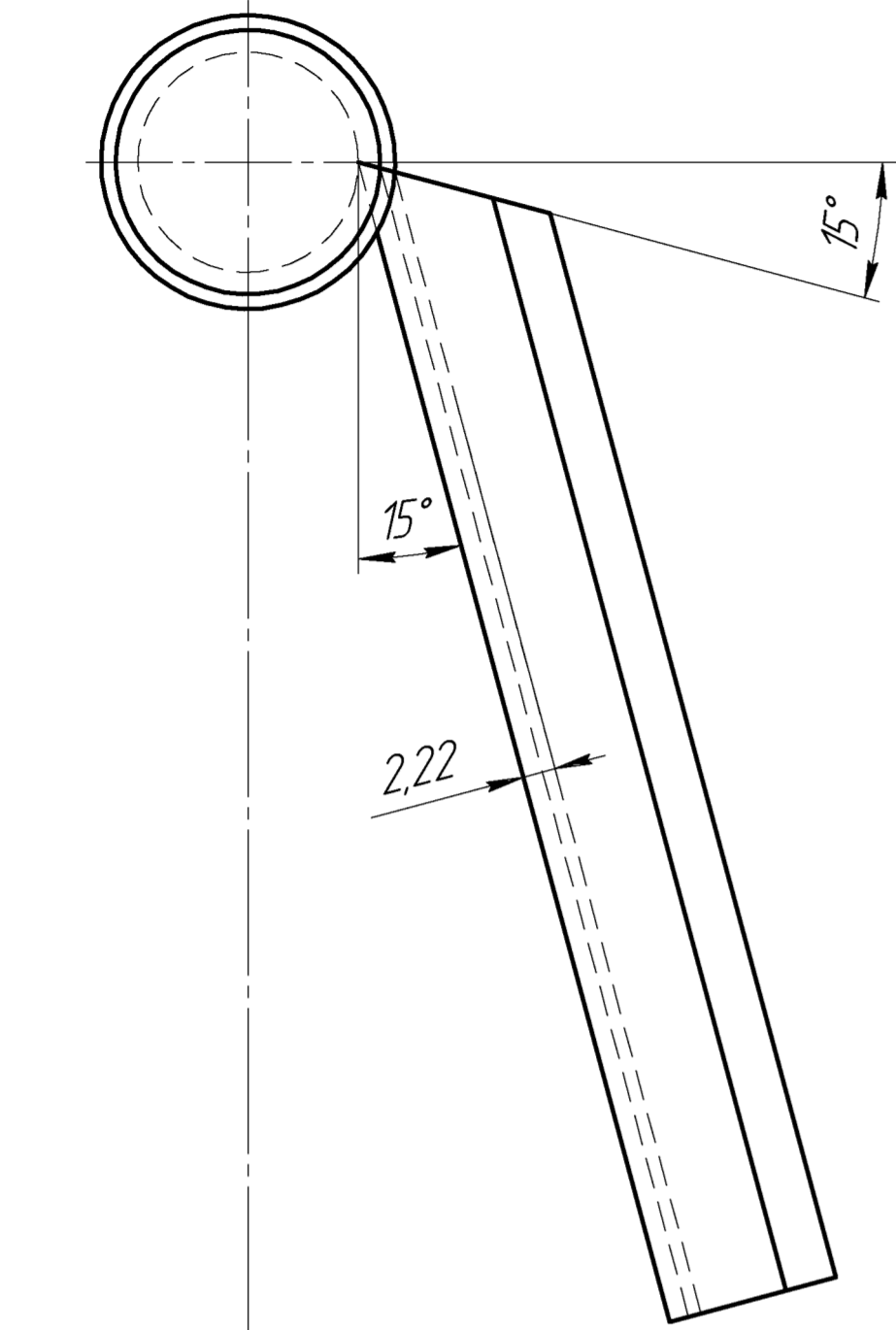


Кінцевий результат обробки у Feature CAM



					КНУ.КБР.131.24.1-07.МПМО			
Зм.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	Моделювання процесу механічної обробки	Лит.	Маса	Масштаб
Разробив	Керівник	Камінський Рязанцев				Н		
Н.контр.	Затв.	Рязанцев Нечаєв				Лист	Листів	1
						Кафедра ТМ гр. ПМ-20		

Перв. полимен	Склад. №	Підп. і дата	Інв. № дубл.	Взам. інв. №	Підп. і дата	Інв. № лоділ.



- 1 Матеріал корпусу різця - сталь 48 ДСТУ 3833-98
- 2 Матеріал ріжучої частини - Р6М5 ДСТУ 4738-2007
- 3 Ріжуча частина різця приварюється методом контактної стикової зварки
- 4 Твердість ріжучої частини 62-65 HRC, у курауса 40-45 HRC
- 5 Матеріал шаблону і контршаблону - сталь ХГ або інша
- 6 Твердість у шаблону і контр шаблону 61-64 HRC
- 7 Розміри контурних точок профілю різця можна отримати корекційним розрахунком з відхиленням до 0,001 мм.
- 8 Невказані граничні відхилення $\pm \frac{IT14}{2}$

КНУ.КРБ.131.24.1-07.РФП						
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Різець фасонний призматичний		
Разраб.	Камінський			Лит.	Масса	Масштаб
Проб.	Рязанцев			Н		2:1
Т.контр.				Лист	Листов	1
Н.контр.	Рязанцев			Сталь Р6М5 ДСТУ4738-2007		
Утв.	Нечаев			Каф. ТМ гр. ПМ-20		
				Копировал		
				Формат А2		