

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

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

Виконав: здобувач групи ПМ-22
Лазарев М.І.

Керівник випускної роботи:
доцент, к.т.н., Бондар О.В.

Кривий Ріг
2026 р.

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

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ**

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

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

Виконав здобувач гр. ПМ-22

(підпис)

Максим ЛАЗАРЕВ

Керівник КБР

(підпис)

Олена БОНДАР

Нормоконтроль

(підпис)

Василь НЕЧАЄВ

Завідувач кафедри

(підпис)

Антон РЯЗАНЦЕВ

м. Кривий Ріг
2026 р

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

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

(дата)

(підпис)

ЗАВДАННЯ **на кваліфікаційну бакалаврську роботу**

Здобувача групи ПМ-22 Лазарева Максима Ігоровича

1. Тема: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Палець» та обґрунтування параметрів різального інструменту за допомогою CAD /CAE-систем

Керівник проєкту: доц., к.т.н. Бондар О.В.

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

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

3. Вихідні дані до роботи: 1. Найменування вузла. 2. Кресленник деталі «Палець». 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. Проєктування та інженерний аналіз різального інструменту. 5. Моделювання та програмування операцій механічної обробки. 6. Організаційно-економічна підготовка виробництва.

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Палець. 2. Верстатно-інструментальне налагодження. 3. Свердло-зенківка. 4. Моделювання процесу обробки. 5. Інженерний аналіз спеціального різального інструменту.

6. Календарний план:

№ з/п	Етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання
1.	Розробка та узгодження технічного завдання	25.02.2026
2.	Технічне завдання та аналіз вихідних даних	01.03.2026
3.	Призначення об'єкту виробництва	03.03.2026
4.	Аналіз технологічності деталі.	10.03.2026
5.	Кресленник деталі (А1-А4).	18.03.2026
6.	Вибір та обґрунтування послідовності обробки поверхонь деталі.	24.03.2026
7.	Розробка технологічного маршруту обробки деталі.	05.04.2026
8.	Вибір параметрів ріжучої частини інструментів.	12.04.2026
9.	Розрахунок конструктивних параметрів ріжучої частини інструменту.	25.04.2026
10.	Вибір розмірів ріжучого інструменту.	01.05.2026
11.	Кресленник спеціального ріжучого інструменту (А2-А4).	04.05.2026
12.	Кресленник з інженерним аналізом спеціального різального інструменту	08.05.2026
13.	Вибір допоміжних інструментів.	12.05.2026
14.	Розробка та креслення об'єднаного верстатно-інструментального (А1-А2)	15.03.2026
15.	Моделювання та програмування операцій механічної обробки	22.05.2026
16.	Кресленник змодельованого процесу обробки (А1-А2)	22.05.2026
17.	Організаційно-економічна підготовка виробництва.	27.05.2026
18.	Висновки	01.06.2026
19.	Оформлення РПЗ	07.06.2026
20.	Попередній захист	11.06.2026

Дата видачі завдання: «_____»_____2026 р.

Завдання видав керівник КБР

/ Бондар О.В./

Завдання отримав
здобувач освіти

/ Лазарев М.І./

РЕФЕРАТ

Розрахунково-пояснювальна записка до КБР (кваліфікаційної бакалаврської роботи) налічує 86 сторінок, 38 рисунків та 13 таблиць і присвячена конструкторсько-технологічній підготовці виготовлення деталі «Палець» та обґрунтуванню параметрів різального інструменту за допомогою CAD/CAE систем. У ході виконання роботи було проведено аналіз службового призначення деталі, вибір матеріалу та способу отримання заготовки, а також розроблено маршрутну-операційну технологію механічної обробки. Особливу увагу приділено вибору ріжучих та допоміжних інструментів відповідно до міжнародних стандартів, а також проєктуванню спеціального різального інструменту з подальшим інженерним аналізом його міцності та працездатності.

Метою роботи також було моделювання та програмування операцій механічної обробки деталі «Палець» на верстатах з ЧПК, зокрема токарних, фрезерних і свердлильних операцій, а також аналіз організаційно-економічної ефективності виробництва. У роботі розглянуто питання охорони праці та екології виробництва, зокрема вплив продуктів металообробки, таких як стружка та мастильно-охолоджуючі рідини, на працівників і навколишнє середовище, а також запропоновано заходи для підвищення безпеки праці.

Для виконання роботи були використані сучасні каталоги металорізального інструменту, державні стандарти та програмне забезпечення SOLIDWORKS для створення тривимірних моделей і проведення інженерного аналізу, а також Autodesk FeatureCAM для моделювання та програмування процесів механічної обробки. У роботі застосовано сучасне обладнання з ЧПК, зокрема токарний верстат EMCO Maxxturn 95, фрезерний 5-осьовий верстат Ibarmia ZVN STAR та круглошліфувальний верстат Tsugami серії G300F, що забезпечують необхідну точність і продуктивність виготовлення деталі в умовах серійного виробництва.

ПАЛЕЦЬ, ЧПК, SOLIDWORKS, FEATURECAM, МЕХАНІЧНА ОБРОБКА, РІЗАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ, ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС

					КНУ.КБР.131.26.1-18.Р			
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата	Реферат			
Розроб.	Лазарев							
Перевір.	Бондар							
Н. контр.	Нечасв							
Затверд.	Рязанцев							
					Літ.			Арк.
								Аркушів
					Кафедра ТМ гр. ПМ-22			

ABSTRACT

The calculation and explanatory note to the bachelor's qualification thesis consists of 86 pages, 38 figures, and 13 tables and is devoted to the design and technological preparation for manufacturing the "Pin" part and justification of cutting tool parameters using CAD/CAE systems. During the work, the analysis of the functional purpose of the part, the selection of material and the method of obtaining the blank, as well as the development of the route-operational machining technology were carried out. Special attention was paid to the selection of cutting and auxiliary tools according to international standards, as well as to the design of a special cutting tool with subsequent engineering analysis of its strength and performance.

The purpose of the work was also the simulation and programming of machining operations for the "Pin" part on CNC machines, including turning, milling, and drilling operations, as well as the analysis of organizational and economic efficiency of production. The thesis also considers occupational safety and production ecology issues, particularly the impact of metalworking products such as chips and cutting fluids on workers and the environment, and proposes measures to improve workplace safety.

To complete the work, modern catalogs of cutting tools, current state standards, and software such as SOLIDWORKS for 3D modeling and engineering analysis, as well as Autodesk FeatureCAM for simulation and CNC programming of machining processes, were used. The work also involves the use of modern CNC equipment, including the EMCO Maxxturn 95 CNC lathe, the Ibarria ZVH STAR 5-axis milling machine, and the Tsugami G300F CNC cylindrical grinding machine, which ensure the required accuracy and productivity of manufacturing in serial production conditions.

PIN, CNC, SOLIDWORKS, FEATURECAM, MACHINING, CUTTING TOOL, ENGINEERING ANALYSIS, TECHNOLOGICAL PROCESS

					КНУ.КБР.131.26.1-18.Р	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ	10
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних.....	10
1.2 Призначення об'єкту виробництва як елементу вузла, механізму машини з характеристикою будови, принципів роботи, кінематичних та силових ланцюгів	12
1.3 Розрахунок параметрів точності з'єднання пальця з механізмом.....	13
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ	15
2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів заміни.....	15
2.2 Аналіз якості поверхонь деталей.....	16
2.3 Технічний контроль робочого креслення	19
2.4 Аналіз технологічності деталі.....	19
2.5 Вибір та економічне обґрунтування способу отримання заготовки.....	21
2.6 Вибір конструкторських, технологічних і вимірювальних баз	24
2.7 Характеристика верстатного оснащення	24
2.8 Розробка маршрутно-операційної технології обробки деталі.....	29
3. ВИБІР РІЗУЧИХ ТА ДОПОМІЖНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ЗА МІЖНАРОДНИМИ СТАНДАРТАМИ.....	42
3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі.....	42
3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів.....	43
3.3 Вибір типорозміру різальних інструментів	52
3.4 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту .	55
3.5 Вибір параметрів допоміжної частини інструментів	56
4 ПРОЄКТУВАННЯ ТА ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ	62
4.1 Розрахунок та проєктування спеціального різального інструменту.....	62
4.2. Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	68
5 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ.....	73
5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, налаштування постпроцесора.....	73
5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм	74
6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА	78
6.1 Охорона праці та екологія виробництва	78
6.2 Оцінка техніко-економічної ефективності вибору токарного обладнання.....	79
ВИСНОВОК.....	82
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	84
ДОДАТОК.....	85

					КНУ.КБР.131.26.1-18.3							
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата	Зміст							
Розроб.		Лазарев										
Перевір.		Бондар										
Н. контр.		Нечаєв										
Затверд.		Рязанцев										
					Літ.			Арк.		Аркушів		
										Кафедра ТМ гр. ПМ-22		

ВСТУП

У сучасних умовах машинобудування відіграє важливу роль практично в усіх сферах діяльності людини - від виробництва високоточного медичного обладнання до техніки для гірничо-видобувної галузі. Зростання вимог до точності, надійності та довговічності деталей потребує застосування сучасного металорізального обладнання, інженерного аналізу та новітніх методів проєктування і механічної обробки.

Метою даної кваліфікаційної бакалаврської роботи є конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Палець» із використанням сучасних CAD/CAM/CAE систем. У процесі виконання роботи було проаналізовано конструкцію та службове призначення деталі, обґрунтовано вибір матеріалу та способу отримання заготовки, розроблено маршрутно-операційну технологію механічної обробки, а також підібрано стандартний і спеціальний різальний інструмент.

Окрему увагу приділено моделюванню технологічних операцій на верстатах з ЧПК, проєктуванню спеціального різального інструменту та проведенню його інженерного аналізу. Крім того, у роботі розглянуто питання охорони праці, екології виробництва та економічної доцільності впровадження сучасного обладнання.

Результати проведених досліджень і розробок спрямовані на підвищення точності та продуктивності виготовлення деталей, зниження витрат на механічну обробку та вдосконалення технологічних процесів у машинобудуванні.

					КНУ.КБР.131.26.1-18В			
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата	Вступ			
Розроб.	Лазарев							
Перевір.	Бондар							
Н. контр.	Нечасв							
Затверд.	Рязанцев							
					Літ.			Арк.
								Аркушів
					Кафедра ТМ гр. ПМ-22			

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ

1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

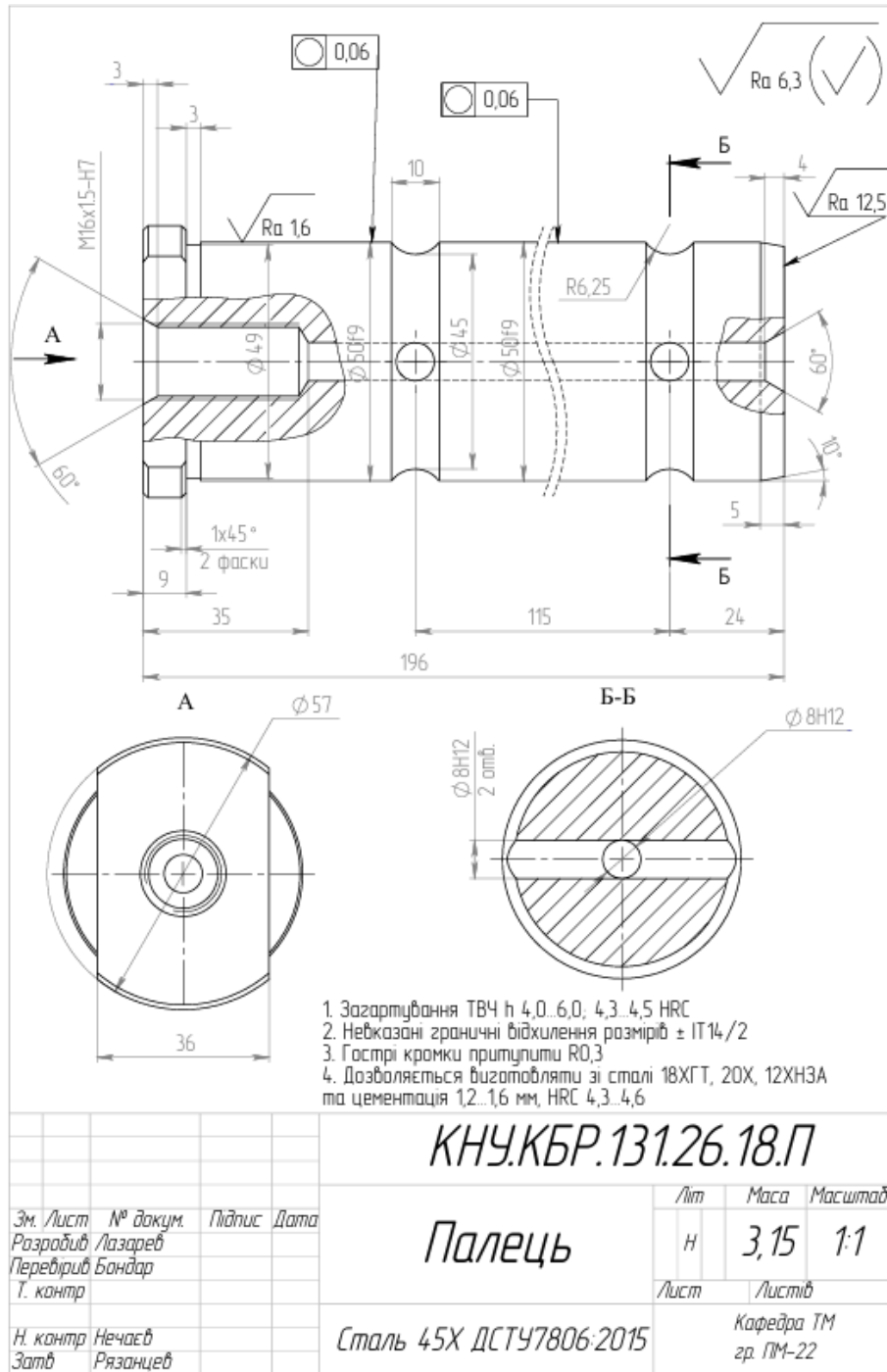


Рисунок 1.1 – Вихідне креслення деталі «Палець»

					КНУ.КБР.131.26.1-18.01.АСПД		
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата	Аналіз службового призначення деталі		
Розроб.	Лазарев						
Перевір.	Бондар						
Н. контр.	Нечасв						
Затверд.	Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Аркушів
					Кафедра ТМ гр. ПМ-22		

Креслення на рисунку 1.1 належить до технічної документації та відображає будову деталі, її геометричні параметри і технічні вимоги до виготовлення. На ньому представлена деталь типу «палець», яка містить такі конструктивні елементи, як фаски, канавки, лиски, два поперечних отвори, один різьбовий та один поздовжній.

До основних габаритних розмірів деталі відносяться загальна довжина 196 мм і найбільший діаметр 57 мм.

На кресленні передбачено виносний вигляд А, що використовується для уточнення розмірів лисок і діаметра. Крім того, виконано розріз Б–Б, який показує два внутрішні діаметри.

Обсяг виготовлення деталі становить 3000 шт/рік.

Креслення є достатньо інформативним, містить усі потрібні розміри та технічні вимоги, необхідні для виготовлення деталі «Палець».

У програмному середовищі SOLIDWORKS створено тривимірну модель цієї деталі, зображену на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 – 3D-модель деталі

					КНУ.КБР.131.26.1-18.01.АСПД	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

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

Деталь «Палець» є елементом з'єднувального вузла механізму машини та використовується для утворення рухомого або нерухомого шарнірного з'єднання деталей. Палець працює як осьовий фіксуючий та напрямний елемент, через який передаються навантаження між складовими частинами вузла.

Конструктивно деталь має циліндричну форму зі ступінчастими поверхнями, фасками, лисками та поперечними отворами. Наявність лисок запобігає провертання пальця відносно сполученої деталі, а отвори можуть використовуватись для встановлення фіксаторів, таких як шплінти або штифти, також можуть бути використані для змащення. Фаски полегшують монтаж і зменшують концентрацію напружень на краях.

У складі механізму палець зазвичай входить до шарнірного або важільного вузла, де забезпечує обертальний або коливальний рух однієї деталі відносно іншої. Принцип роботи такого з'єднання полягає в тому, що одна або кілька деталей обертаються навколо осі пальця, тоді як сам палець або жорстко закріплений, або має обмежене переміщення.

У кінематичному ланцюзі механізму палець виконує роль осі обертання або шарнірної ланки, забезпечуючи необхідний ступінь свободи між деталями. Він не змінює передаточного числа, але забезпечує правильну траєкторію руху елементів механізму.

У силовому ланцюзі через палець передаються: зрізуючі навантаження; контактні напруження в зоні спряження з отворами деталей; іноді згинальні навантаження, при наявності зазорів або ексцентриситету навантаження.

Таким чином, деталь «Палець» є відповідальним елементом вузла, що забезпечує з'єднання деталей, передачу силових навантажень і реалізацію необхідного характеру руху в механізмі машини. Її точність виготовлення, твердість та якість поверхні безпосередньо впливають на довговічність і надійність роботи всього вузла.

Деталь «Палець» працює в умовах змінних механічних навантажень, що можуть мати як статичний, так і динамічний характер. У процесі роботи на поверхнях контакту виникає тертя ковзання, що призводить до поступового зношування. За наявності змінних навантажень можливе виникнення втомних напружень у матеріалі.

Також слід враховувати можливий вплив зовнішнього середовища, такого як забруднення або недостатнє змащення, що може призводити до інтенсифікації зношування та зниження ресурсу деталі.

					КНУ.КБР.131.26.1-18.01.АСПД	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

1.3 Розрахунок параметрів точності з'єднання пальця з механізмом

У зв'язку з відсутністю складального креслення вузла приймаємо посадку $\varnothing 50H9/f9$ як найбільш доцільну для рухомого шарнірного з'єднання.

Вихідні дані до розрахунку:

$d = 50f9$ - діаметр пальця;

$D = 50H9$ - діаметр спряженого отвору;

характер з'єднання - рухоме, із гарантованим зазором.

Визначимо граничні відхилення та поля допусків:

$d = 50f9$; $es = -25$ мкм; $ei = -87$ мкм;

$$d_{max} = d + es = 50 + (-0,025) = 49,975 \text{ мм}; \quad (1.1)$$

$$d_{min} = d + ei = 50 + (-0,087) = 49,913 \text{ мм}, \quad (1.2)$$

$D = 50H9$; $ES = +62$ мкм; $EI = 0$.

$$D_{max} = D + ES = 50 + 0,062 = 50,062 \text{ мм}; \quad (1.3)$$

$$D_{min} = D + EI = 50 + 0 = 50,000 \text{ мм}; \quad (1.4)$$

Визначимо допуск на обидва розміри:

$$Td = d_{max} - d_{min} = 49,975 - 49,913 = 0,062 \text{ мм}; \quad (1.5)$$

$$TD = D_{max} - D_{min} = 50,062 - 50,000 = 0,062 \text{ мм}; \quad (1.6)$$

Розрахуємо максимальні та мінімальні зазори:

$$S_{max} = D_{max} - d_{min} = 50,062 - 49,913 = 0,149 \text{ мм} = 149 \text{ мкм}; \quad (1.7)$$

$$S_{min} = D_{min} - d_{max} = 50,000 - 49,975 = 0,025 \text{ мм} = 25 \text{ мкм}; \quad (1.8)$$

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

Отже, посадка $\varnothing 50H9/f9$ є посадкою із гарантованим зазором, що забезпечує нормальну роботу пальця у рухомому шарнірному з'єднанні.

Розглянемо також допоміжні отвори:

$D = 8H12$; $ES = +0,144$ мм; $EI = 0$.

$$D_{max} = 8 + 0,144 = 8,144 \text{ мм}; \quad (1.10)$$

$$D_{min} = 8 + 0 = 8 \text{ мм}; \quad (1.11)$$

$$TD = D_{max} - D_{min} = 8,144 - 8 = 0,144 \text{ мм}; \quad (1.12)$$

Отже, отвори $\varnothing 8H12$ виконані з допуском 0,144 мм і можуть бути використані для встановлення фіксувальних елементів.

У результаті розрахунку встановлено, що для посадки $\varnothing 50H9/f9$:

допуск вала $T_d = 0,062$ мм;

допуск отвору $T_D = 0,062$ мм;

мінімальний зазор $S_{min} = 0,025$ мм;

максимальний зазор $S_{max} = 0,149$ мм.

					КНУ.КБР.131.26.1-18.01.АСПД	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Таким чином, прийнята посадка забезпечує гарантований зазор у з'єднанні та є доцільною для роботи пальця як осевого елемента шарнірного механізму.

Забезпечення необхідних зазорів у з'єднанні безпосередньо впливає на працездатність вузла. Надмірний зазор може призвести до появи люфтів, вібрацій та прискореного зношування, тоді як недостатній зазор - до заклинювання та підвищеного тертя.

Таким чином, точність виготовлення пальця є одним із ключових факторів, що визначають надійність, довговічність та плавність роботи механізму.

Прийнята система допусків і посадок забезпечує взаємозамінність деталі «Палець», що дозволяє здійснювати складання вузлів без додаткової підгонки. Це особливо важливо при серійному виробництві - 3000 шт/рік, оскільки підвищує ефективність складання та знижує трудомісткість виготовлення. Зобразимо розраховані параметри полів допусків з'єднання на схемі.

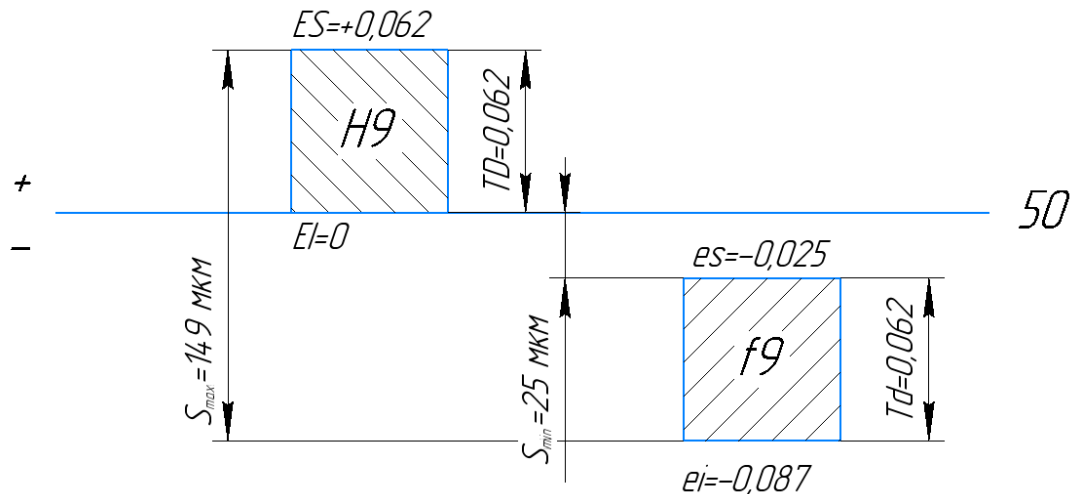


Рисунок 1.3 - Схема розташування полів допусків для з'єднання отвір-палець $\varnothing 50H9/f$

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів заміни

Палець є конструктивним елементом механізму та використовується для з'єднання й фіксації деталей у вузлі з можливістю сприйняття радіальних і осьових навантажень. Деталь працює в умовах циклічних навантажень, тертя та локального контактного зносу, що висуває підвищені вимоги до міцності та зносостійкості її робочих поверхонь.

З урахуванням умов експлуатації та вимог до надійності, деталь виготовляється зі сталі 45X згідно з ДСТУ7806:2015, яка належить до легованих конструкційних сталей підвищеної міцності. Зазначена сталь добре піддається термічній обробці, що дозволяє отримати необхідні механічні характеристики серцевини та поверхневих шарів.

Для забезпечення потрібних експлуатаційних властивостей палець піддається термічній обробці, зокрема загартуванню ТВЧ, що забезпечує твердість робочих поверхонь у межах HRC 4,0-4,6 згідно з технічними вимогами креслення.

Хімічний склад і механічні властивості сталі 45X ДСТУ7806:2015 наведено у таблицях 2.1 та 2.2 відповідно.

Таблиця 2.1- Хімічний склад сталі 45X

Марка матеріалу	C %	Si %	Mn %	S %	P %	Cr %
Сталь 45X	0,42–0,50	0,17–0,37	0,5-0,8	0,025	0,025	0,8-1,1%

Таблиця 2.2 - Механічні властивості сталі

Марка матеріалу	σ_T МПа	δ_5 %	σ_B МПа	HB
Сталь 45X	750	9-12	900-1050	229-285

З метою забезпечення технологічної гнучкості та можливості заміни матеріалу допускається виготовлення деталі зі сталей 18ХГТ, 20Х або 12ХН3А з подальшою цементацією глибиною 1,2–1,6 мм, що дозволяє підвищити зносостійкість і довговічність виробу в умовах експлуатації.

					КНУ.КБР.131.26.1-18.02.ТПВД			
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата				
Розроб.	Лазарев				Технологічна підготовка виробництва деталі	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Бондар							
						Кафедра ТМ гр. ПМ-22		
Н. контр.	Нечасв							
Затверд.	Рязанцев							

Таблиця 2.3 – Хімічний склад сталі

Марка матеріалу	C %	Si %	Mn %	S %	P %	Cr %
18ХГТ	0,17-0,23	0,17-0,37	0,8-1,1	<0,035	<0,035	1-1,3

Таблиця 2.4 – Механічні властивості сталі

Марка матеріалу	σ_T МПа	δ_5 %	σ_B Мпа	НВ
18ХГТ	800-900	10-12	950-1100	269-302

Таблиця 2.5 – Хімічний склад сталі

Марка матеріалу	C %	Si %	Mn %	S %	P %	Cr %
20Х	0,17-0,24	0,17-0,37	0,5-0,8	<0,035	<0,035	0,7-1

Таблиця 2.6 – Механічні властивості сталі

Марка матеріалу	σ_T МПа	δ_5 %	σ_B Мпа	НВ
20Х	700-850	10-13	850-1000	235-285

Таблиця 2.7 – Хімічний склад сталі

Марка матеріалу	C %	Si %	Mn %	S %	P %	Cr %
12ХН3А	0,09-0,15	0,17-0,37	0,3-0,6	<0,025	<0,025	0,6-0,9

Таблиця 2.8 – Механічні властивості сталі

Марка матеріалу	σ_T МПа	δ_5 %	σ_B Мпа	НВ
12ХН3А	900-1100	9-12	1000-1200	285-331

2.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Для виконання аналізу якості поверхонь деталі, пронумеруємо всі поверхні деталі та занесемо до таблиці 2.9. Також на всі поверхні деталі визначаємо кількість послідовних переходів з поступовим наближенням до необхідної точності і шорсткості та занесемо до таблиці 2.9. Креслення з нумерацією поверхонь надано на рисунку 2.1.

					КНУ.КБР.131.26.1-18.02.ТПВД	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

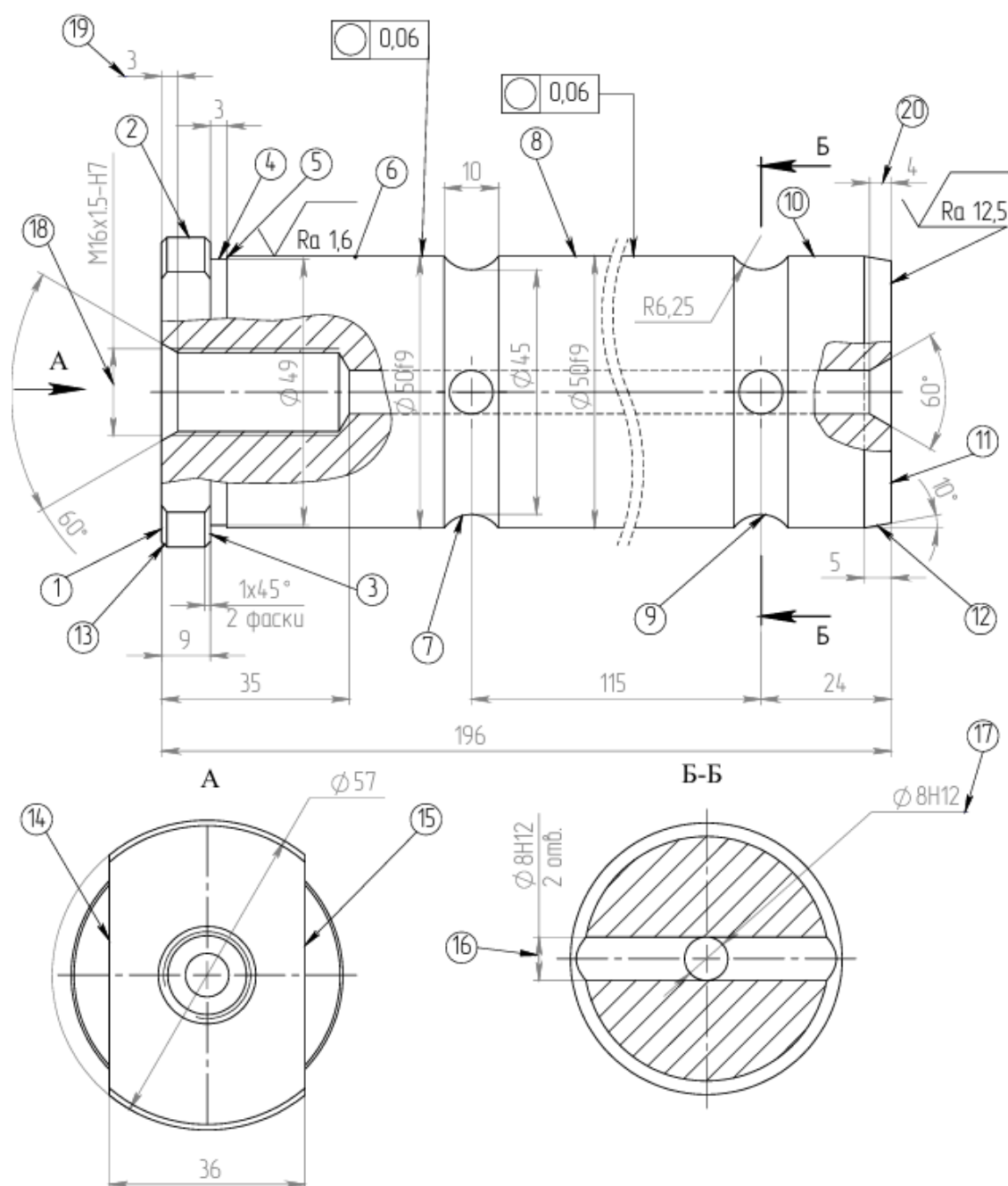


Рисунок 2.1 – нумерація поверхонь

Таблиця 2.9 – Технологічні методи з обробки поверхонь деталі

№ з/п	Розмір, мм	Технологічні методи обробки	Допуск, IT	Шорсткість Ra, мкм
1	2	3	4	5
1,11	L196	Чорнове підрізання торця	h14	12,5

Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата
-------	-------	-------------	--------	------

Продовження таблиця 2.9

1	2	3	4	5
2	Ø57	Чорнове точіння Пів чистове точіння	h14 h12	12,5 6,3
3	L9	Чорнове підрізання торця Пів чистове підрізання торця	h14 h12	12,5 6,3
4	Ø49	Чорнове точіння Пів чистове точіння	h14 h12	12,5 6,3
5	L3	Чорнове підрізання торця Пів чистове підрізання торця	h14 h12	12,5 6,3
6,8,10	Ø50f9	Чорнове точіння Пів чистове точіння Чистове точіння Шліфування	h14 h12 h10 h9	12,5 6,3 3,2 1,6
7,9	L10 R 6,25	Чорнове точіння Пів чистове точіння	H14 H12	12,5 6,3
12	5x10°	Точіння фаски чорнове Точіння фаски напівчистове	H14 H12	12,5 6,3
13	1x45° 2 фаски	Точіння фаски чорнове Точіння фаски напівчистове	H14 H12	12,5 6,3

Продовження таблиця 2.9

1	2	3	4	5
14,15	L36	Чорнове фрезерування Пів чистове фрезерування	14 H14	12,5 6,3
16	Ø8 2 отвори	Свердління	H12	12,5 6,3
17	Ø8	Свердління	H12	12,5 6,3
18	M16x1,5-7H	Свердління Нарізування різьби	H12 H7	12,5 6,3
19	3x60°	Зенкування	H14 H12	12,5 6,3
20	4x60°	Зенкування	H14 H12	12,5 6,3

2.3 Технічний контроль робочого креслення

Робоче креслення створене у середовищі SOLIDWORKS на форматі аркуша А4 і входить до складу альбому креслень кваліфікаційної бакалаврської роботи. На ньому подано основний та додаткові види деталі. У документі проставлені всі необхідні розміри, показники шорсткості поверхонь, допуски форми, а також загальні значення невказаної шорсткості й технічні вимоги, що забезпечують правильне виготовлення та подальший контроль якості виробу.

2.4 Аналіз технологічності деталі

Якісний аналіз

Деталь «Палець» є тілом обертання ступінчастої форми, що значно спрощує її виготовлення. Основні поверхні можуть бути оброблені токарною та фрезерною обробкою за декілька установок, що забезпечує співвісність та зменшує похибки. Поперечні отвори Ø8H12 виконуються свердлінням після токарної та фрезерної обробки. Конструкція симетрична, що полегшує базування.

Матеріал деталі - сталь 45Х згідно з ДСТУ7806:2015. Сталь добре обробляється різанням, піддається гартуванню та поверхневому зміцненню ТВЧ, що дозволяє забезпечити необхідну твердість і зносостійкість. Передбачена можливість заміни матеріалу на 18ХГТ, 20Х або 12ХН3А з цементацією, що підвищує технологічну гнучкість.

Вимоги до точності призначені раціонально: підвищені - лише для посадкових поверхонь (f9), інші розміри мають допуски нормальної точності

					КНУ.КБР.131.26.1-18.02.ТПВД	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

(H12, IT14/2). Шорсткість також диференційована: Ra 1,6 - для робочих поверхонь, Ra 6,3 і 12,5 - для допоміжних. Це відповідає службовому призначенню деталі та не ускладнює технологію виготовлення.

Усі поверхні доступні для механічної обробки та контролю. Конструкція містить стандартні елементи - фаски, канавки, стандартні отвори, що спрощує виготовлення і контроль.

Отже, за якісними показниками деталь є технологічною та придатною для серійного виробництва.

Кількісний аналіз

Коефіцієнт використання матеріалу

Маса деталі $m_d = 3,15$ кг.

Орієнтовна маса заготовки $m_z \approx 3,8$ кг.

$$K_{\text{ВМ}} = \frac{m_d}{m_z} = \frac{3,15}{3,8} = 0,83 \quad (2.1)$$

Коефіцієнт достатньо високий, що свідчить про раціональне використання матеріалу.

Коефіцієнт точності обробки

$$T_{\text{сер}} = \frac{(\sum (T_i * n_i))}{\sum n_i} = \frac{7 \cdot 1 + 9 \cdot 2 + 12 \cdot 2 + 14 \cdot 10}{1 + 2 + 2 + 10} = 12,6 \quad (2.2)$$

Середній квалітет точності орієнтовно $T_{\text{сер}} \approx 12,6$.

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{\text{сер}}} = 1 - \frac{1}{12,6} = 0,92 \quad (2.3)$$

Отримане значення свідчить про помірні вимоги до точності та достатню технологічність конструкції.

Коефіцієнт шорсткості

Середня шорсткість поверхонь орієнтовно $Ra \approx 6,3$.

$$\bar{Ш}_{\text{сер}} = \frac{\sum (Ш_i * n_i)}{\sum n_i} = \frac{1,6 \cdot 3 + 6,3 \cdot 15 + 12,5 \cdot 2}{3 + 2 + 5} = 6,21 \quad (2.4)$$

$$K_{\text{Ш}} = \frac{1}{\bar{Ш}_{\text{сер}}} = \frac{1}{6,21} = 0,16 \quad (2.5)$$

Вимоги до шорсткості не є надмірними та відповідають умовам роботи деталі.

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів

$$K_y = \frac{Q_y}{Q_z} = \frac{11}{15} = 0,73 \quad (2.6)$$

Деталь містить значну кількість уніфікованих елементів (фаски, радіуси, стандартні отвори, різьба), що позитивно впливає на технологічність.

					КНУ.КБР.131.26.1-18.02.ТПВД	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Загальний висновок

Деталь «Палець» є технологічною за конструктивними та кількісними показниками. Конструкція раціональна, матеріал обраний обґрунтовано, вимоги до точності та шорсткості не є завищеними, а використання матеріалу достатньо ефективне. Деталь придатна для виготовлення в умовах серійного виробництва.

2.5 Вибір та економічне обґрунтування способу отримання заготовки

Під час вибору способу отримання заготовки для деталі «Палець» необхідно забезпечити мінімальну собівартість виготовлення за умови дотримання вимог до міцності, точності та якості поверхонь. Деталь виготовляється зі сталі 45Х, має масу 3,15 кг, ступінчасту циліндричну форму, містить фаски, лиски, поперечні отвори та різьбовий отвір. З урахуванням умов роботи деталі, її конструктивних особливостей і серійного типу виробництва розглядаємо три можливі способи отримання заготовки: прокат круглого перерізу, вільну поковку та штамповану поковку.

Попередній вибір виконуємо за матрицею впливу факторів.

Таблиця 2.10 – Матриця вибору способу отримання заготовки

Спосіб отримання заготовки	Тип виробництва	Матеріал	Маса	Точність	Якість поверхні	Вартість оснащення
Прокат	+	+	–	–	–	+
Вільна поковка	–	+	+	–	–	+
Штампована поковка	+	+	+	+	+	–

Прокат не потребує спеціального оснащення, але форма такої заготовки істотно відрізняється від форми готової деталі, що збільшує припуски на механічну обробку, трудомісткість і втрати металу. Вільна поковка забезпечує кращі механічні властивості, однак поступається за точністю та також потребує значних припусків. Штампована поковка найбільшою мірою відповідає конфігурації деталі, дає змогу зменшити обсяг різання, підвищити коефіцієнт використання матеріалу та забезпечити потрібні механічні властивості.

Отже, за результатами якісного аналізу як найбільш доцільний спосіб отримання заготовки приймаємо штамповану поковку.

Економічне обґрунтування вибору заготовки

Остаточний вибір заготовки виконуємо за величиною приведених витрат:

$$Z = A + Z_o + E_n \cdot Z_k + O_z, \quad (2.7)$$

					КНУ.КБР.131.26.1-18.02.ТПВД	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Де Z - приведені витрати, грн;

A - вартість заготовки, грн;

Z_o - заробітна плата на механічну обробку, грн;

E_n - нормативний коефіцієнт ефективності;

Z_k - питомі капітальні витрати, грн;

O_3 - поточні витрати на експлуатацію обладнання, грн.

Подальші розрахунки виконуємо для штампованої поковки.

Вартість заготовки визначаємо за формулою:

$$A = M \cdot C \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 - (M - q) \cdot C_b, \quad (2.8)$$

Де $M = 3,8$ - маса заготовки, кг;

$q = 3,15$ - маса готової деталі, кг;

$C = 52$ - ціна 1 кг матеріалу заготовки, грн/кг;

$K_1 = 1,05$ - коефіцієнт, що враховує складність заготовки;

$K_2 = 1,00$ - коефіцієнт, що враховує клас точності;

$K_3 = 1,00$ - коефіцієнт, що враховує масу заготовки;

$C_b = 12$ - ціна 1 кг відходів, грн/кг.

Тоді

$$A = 3,80 \cdot 52 \cdot 1,05 \cdot 1,00 \cdot 1,00 - (3,80 - 3,15) \cdot 12 = 207,48 - 7,80 = 199,68 \text{ грн.}$$

Заробітну плату визначаємо за формулою:

$$Z_o = \frac{T_{шт} \cdot C_p \cdot K_{п1} \cdot K_{п2} \cdot K_{п3} \cdot K_{п4}}{60}, \quad (2.9)$$

Де $T_{шт} = 16$ - штучно-калькуляційний час, хв;

$C_p = 120$ - годинна тарифна ставка робітника, грн/год;

$K_{п1} = 1,20$ - коефіцієнт преміальних доплат;

$K_{п2} = 1,15$ - коефіцієнт додаткової заробітної плати;

$K_{п3} = 1,22$ - коефіцієнт відрахувань на соціальні потреби;

$K_{п4} = 1,05$ - коефіцієнт, що враховує оплату праці наладчиків.

Тоді

$$Z_o = \frac{16 \cdot 120 \cdot 1,20 \cdot 1,15 \cdot 1,22 \cdot 1,05}{60} = 56,57 \text{ грн.}$$

Поточні витрати на експлуатацію обладнання визначаємо за формулою:

$$O_3 = \frac{C_1 \cdot T_{шт}}{60 \cdot K_{вн}}, \quad (2.10)$$

Де $C_1 = 180$ - погодинні витрати на експлуатацію обладнання, грн/год;

$T_{шт} = 16$ - штучно-калькуляційний час, хв;

$K_{вн} = 1,10$ - коефіцієнт виконання норм.

Тоді

$$O_3 = \frac{180 \cdot 16}{60 \cdot 1,10} = 43,64 \text{ грн.}$$

					КНУ.КБР.131.26.1-18.02.ТПВД	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Питомі капітальні витрати визначаємо за формулою:

$$Z_k = \frac{(B + K_{\text{ц}}) \cdot T_{\text{шт}}}{60 \cdot \Phi \cdot \eta_{\text{в}}}, \quad (2.11)$$

Де $B = 1\,800\,000$ - балансова вартість обладнання, грн;

$K_{\text{ц}} = 240\,000$ - вартість площі цеху, що припадає на одиницю обладнання, грн;

$T_{\text{шт}} = 16$ - штучно-калькуляційний час, хв;

$\Phi = 4000$ - річний фонд часу роботи обладнання, год;

$\eta_{\text{в}}$ - коефіцієнт використання обладнання.

Коефіцієнт використання обладнання визначаємо за формулою:

$$\eta_{\text{в}} = \frac{T_{\text{шт}} \cdot B}{60 \cdot \Phi \cdot K_{\text{вн}} \cdot m}, \quad (2.12)$$

Де $T_{\text{шт}} = 16$ - штучно-калькуляційний час, хв;

$B = 3000$ - річна програма випуску, шт;

$\Phi = 4000$ - річний фонд часу роботи обладнання, год;

$K_{\text{вн}} = 1,10$ - коефіцієнт виконання норм;

$m = 1$ - кількість одиниць обладнання.

Тоді

$$\eta_{\text{в}} = \frac{16 \cdot 3000}{60 \cdot 4000 \cdot 1,10 \cdot 1} = 0,182.$$

Після цього визначаємо питомі капітальні витрати:

$$Z_k = \frac{(1\,800\,000 + 240\,000) \cdot 16}{60 \cdot 4000 \cdot 0,182} = 747,25 \text{ грн.}$$

Приведені витрати для штампованої поковки становлять:

$$Z = A + Z_o + E_{\text{н}} \cdot Z_k + O_3,$$

Де $A = 199,68$ - вартість заготовки, грн;

$Z_o = 56,57$ - заробітна плата на механічну обробку, грн;

$E_{\text{н}} = 0,15$ - нормативний коефіцієнт ефективності;

$Z_k = 747,25$ - питомі капітальні витрати, грн;

$O_3 = 43,64$ - поточні витрати на експлуатацію обладнання, грн.

Тоді

$$Z = 199,68 + 56,57 + 0,15 \cdot 747,25 + 43,64 = 411,98 \text{ грн.}$$

На підставі якісного аналізу та розрахунку приведених витрат як спосіб отримання заготовки для деталі «Палець» приймаємо штамповану поковку. Її застосування забезпечує зменшення припусків на механічну обробку, раціональне використання матеріалу, підвищення продуктивності та необхідні механічні властивості заготовки. При річній програмі випуску 3000 шт приведені витрати становлять 411,98 грн, що підтверджує економічну доцільність прийнятого рішення.

					КНУ.КБР.131.26.1-18.02.ТПВД	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

2.6 Вибір конструкторських, технологічних і вимірювальних баз

Конструкторські бази.

Основною конструкторською базою деталі «Палець» доцільно прийняти вісь зовнішніх циліндричних поверхонь, оскільки саме від неї визначається положення основних посадкових поверхонь, поперечних отворів, лисок та осевого різьбового отвору. Допоміжною конструкторською базою приймаємо базовий торець деталі, від якого задаються осеві розміри ступенів і окремих конструктивних елементів. Такий вибір відповідає службовому призначенню деталі та забезпечує правильне взаємне розташування її поверхонь.

Вимірювальні бази.

Як вимірювальні бази для деталі доцільно прийняти вісь зовнішніх циліндричних поверхонь, базовий торець і площини лисок. Вісь використовують для контролю діаметрів, співвісності, биття та положення отворів відносно осі деталі. Базовий торець використовують для контролю осевих розмірів, а площини лисок - для контролю їх ширини та симетричності. Такий вибір вимірювальних баз узгоджується з конструкторськими базами та зменшує похибки під час контролю.

Технологічні бази.

Як чорнові технологічні бази на першій установці використовують зовнішню необроблену циліндричну поверхню поковки та один із торців. Після початкової токарної обробки як чистові технологічні бази приймають попередньо оброблену зовнішню циліндричну поверхню, її вісь та базовий торець. Подальша механічна обробка виконується з використанням саме цих баз, що забезпечує принцип постійності баз і необхідну точність взаємного розташування поверхонь деталі.

2.7 Характеристика верстатного оснащення

З урахуванням кількості і змісту раніше передбачених технологічних методів обробки поверхонь, оберемо типи металорізального обладнання інструментів. Дані занесемо до таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Вибір металорізальних верстатів та інструментів по обробці поверхонь деталі

№ з/п	Найменування операції	Тип верстата	Примітка
1	2	3	4
1,11	Чорнове підрізання торця	EMCO Maxxturn 95	Підрізний різець

					КНУ.КБР.131.26.1-18.02.ТПВД	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.11

1	2	3	4
2	Чорнове точіння Пів чистове точіння	EMCO Maxxturn 95	Прохідний різець
3	Чорнове підрізання торця Пів чистове підрізання торця	EMCO Maxxturn 95	Підрізний різець
4	Чорнове точіння Пів чистове точіння Чистове точіння Шліфування	EMCO Maxxturn 95	Прохідний різець
5	Чорнове підрізання торця Пів чистове підрізання торця	EMCO Maxxturn 95	Підрізний різець
6,8,10	Чорнове точіння Пів чистове точіння Чистове точіння Шліфування	EMCO Maxxturn 95 Tsugami серії G300F	Прохідний різець Шліфувальний круг
7,9	Чорнове точіння Пів чистове точіння	EMCO Maxxturn 95	Прохідний різець
12	Точіння фаски чорнове Точіння фаски напівчистове	EMCO Maxxturn 95	Прохідний різець
13	Точіння фаски чорнове Точіння фаски напівчистове	EMCO Maxxturn 95	Прохідний різець
14,15	Чорнове фрезерування Пів чистове фрезерування	Ibarmia ZVH STAR	Фреза
16	Свердління	Ibarmia ZVH STAR	Свердло
17	Свердління	Ibarmia ZVH STAR	Свердло

Продовження таблиці 2.11

1	2	3	4
18	Свердління Нарізування різьби	Ibarmia ZVH STAR	Свердло або свердло-зенківка Мітчик
19	Зенкування	Ibarmia ZVH STAR	Зенківка або свердло-зенківка
20	Зенкування	Ibarmia ZVH STAR	Зенківка

Операції точіння виконуємо на токарному верстаті з ЧПК моделі EMCO Maxxturn 95



Рисунок 2.2 – токарний верстат з ЧПК моделі EMCO Maxxturn 95

Технічні характеристики

Область обробки:

Хід по осях X/Y/Z: 318 / +80 / -60 / 1360 мм

Максимальний діаметр обробки: 500 мм

Максимальний діаметр над станиною: 700 мм

Відстань між центрами: 1430 мм

Швидкість швидкого переміщення X/Y/Z: 24 / 12 / 30 м/хв

Головний шпиндель:

Тип шпинделя: A2-8 (DIN 55026)

Максимальна швидкість: 3500 об/хв

Потужність / крутний момент: 33 / 42 кВт, 800 / 1040 Н·м

Револьверна головка:

					КНУ.КБР.131.26.1-18.02.ТПВД	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Тип револьверної головки: VDI 40 (12 позицій)
 Приводний інструмент: 12 позицій
 Швидкість обертання приводного інструменту: до 4000 об/хв (опціонально до 12000 об/хв з ВМТ-револьвером)
 Потужність приводного інструменту: 8 кВт (до 10 кВт),
 крутний момент - 35 Н·м
 Габарити (Д×Ш×В): приблизно 6511 × 2249 × 2150 мм
 Маса: близько 10–11 т

Операції фрезерування, свердління та нарізування різьби виконуємо на фрезерному 5-ти осьовому верстаті з ЧПК - Ibarmia ZVH STAR



Рисунок 2.3 – Фрезерний 5-ти осьовий верстат з ЧПК - Ibarmia ZVH STAR

Технічні характеристики

Виробник: Ibarmia
 Переміщення по осі X: 3000 мм
 Переміщення по осі Y: 800 мм
 Переміщення по осі Z (вертикальний рух): 800 мм
 Конус шпинделя: HSK A-63
 Діапазон ходу поворотної головки: $\pm 105^\circ$
 Розміри робочого столу: 3000 × 850 мм
 Максимальне навантаження на стіл: 1500 кг/м²
 Максимальний діаметр деталі: відсутній (не вказано)
 Потужність шпинделя (S1 100% / S6 40%): 27 / 39 кВт
 Максимальний крутний момент (S1 / S6): 130 / 187 Н·м
 Максимальна швидкість обертання шпинделя: 15 000 об/хв
 Максимальна швидкість швидкого переміщення: 40 м/хв
 Кількість інструментів у магазині: 36
 Модель системи керування: Heidenhain

					КНУ.КБР.131.26.1-18.02.ТПВД	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Операцію шліфування виконуємо на круглошліфувальному верстаті з ЧПК Tsugami серії G300F



Рисунок 2.4 – Круглошліфувальний верстат з ЧПК Tsugami серії G300F

Технічні характеристики

Характеристика G300F (серії SS, AA, AI, AP)

Діаметр заготовки 300 мм

Відстань між центрами 500 мм

Діаметр шліфувального круга, максимальна ширина 455*75 мм

Швидкість обертання кола (кругле зовнішнє шліфування) 2700 м /хв

Прискорене переміщення по осях X,Z 16,20 м/хв

Потужність двигуна шліф.кола 5.5кВт (серводвигун), 9 кВт (кругле внутрішнє шліфування)

Маса 5200 кг

					КНУ.КБР.131.26.1-18.02.ТПВД	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

2.8 Розробка маршрутно-операційної технології обробки деталі

Розробка маршрутно-операційної технології обробки деталі «Палець» виконується на основі аналізу службового призначення деталі, вимог робочого креслення, обраного способу отримання заготовки, типу виробництва та раніше прийнятих конструкторських, технологічних і вимірювальних баз. Для виготовлення деталі прийнято матеріал сталь 45Х, а як спосіб отримання заготовки - штамповану поковку, що є раціональним рішенням для серійного виробництва з річною програмою випуску 3000 шт.

Під час побудови технологічного маршруту враховуються загальні принципи проектування технологічних процесів. На початкових операціях необхідно сформулювати технологічні бази для подальшої обробки. Обробку поверхонь слід виконувати у послідовності від чорнових переходів до напівчистових і чистових. Операції, що можуть спричинити деформації деталі, зокрема термічна обробка, повинні передувати остаточній обробці точних поверхонь. Остаточна точність і шорсткість відповідальних поверхонь мають забезпечуватись на завершальних операціях.

Деталь «Палець» є тілом обертання ступінчастої форми, тому більшість її поверхонь доцільно обробляти токарним способом. Після формування основних зовнішніх циліндричних поверхонь і базового торця виконуються фрезерування лисок, свердління поперечних отворів, поздовжнього отвору і нарізування осьової різьби. Після цього проводиться термічне зміцнення ТВЧ, а остаточна точність посадкових шийок забезпечується круглошліфувальною обробкою. Така послідовність дозволяє дотриматися принципу постійності баз, знизити вплив деформацій після термічної обробки та забезпечити необхідну якість готової деталі.

Таблиця 2.12 – Базовий технологічний процес обробки деталі

№ оп.	Найменування чи зміст операції	Технологічні бази	Обладнання
1	2	3	4
005	Заготівельна	Чорнові поверхні заготовки	Заготівельне обладнання
010	Токарна - центрування Установити заготовку і виконати центрування з обох боків заготовки.	Чорнова зовнішня поверхня і торець заготовки	16А20Ф3
015	Токарна - чорнова Установити заготовку, підрізати торці, проточити поверхні. Виконується в 2 установи.	Чорнова зовнішня поверхня і торець заготовки	16А20Ф3

					КНУ.КБР.131.26.1-18.02.ТПВД	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.12

1	2	3	4
020	Токарна ЧПК – напівчистова. Установити заготовку, проточити поверхні. Виконується в 2 установи.	Попередньо оброблена зовнішня поверхня і базовий торець.	16K20Ф3С5
025	Токарна – чистова. Установити заготовку, проточити поверхні. Виконується в 2 установи.	Попередньо оброблена зовнішня поверхня і базовий торець.	1В340Ф30
030	Фрезерно-сверлильна. Установити заготовку, фрезерувати лиски і сверлити поперечні отвори.	Зовнішній діаметр і базовий торець	ГФ2171
035	Свердлильна. Установити заготовку, сверлити поздовжній отвір, зенкувати фаску.	Зовнішній діаметр, базовий торець	ГФ2171
040	Свердлильно-різбонарізна. Установити заготовку, сверлити отвір, нарізати різьбу, зенкувати фаску.	Зовнішній діаметр і торець	ГФ2171
045	Термічна. Виконати загартування ТВЧ робочих поверхонь	Оброблені зовнішні поверхні	Установка ТВЧ
050	Круглошліфувальна. Остаточо шліфувати посадкові поверхні до заданої точності та шорсткості	Вісь деталі, попередньо оброблені циліндричні поверхні	3М151
055	Слюсарна. Видалити задирки, притупити гострі кромки, зачистити поверхні	Допоміжні поверхні деталі	Слюсарний верстак
060	Контрольна. Перевірити геометричні розміри, шорсткість, твердість і взаємне розташування поверхонь	Вимірювальні бази за кресленням	Засоби технічного контролю

					КНУ.КБР.131.26.1-18.02.ТПВД	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.13 – Маршрутно-операційна технологія обробки деталі «Палець»

№ оп.	Найменування та зміст операції	Технологічні бази	Обладнання
1	2	3	4
005	Заготівельна. Отримати штаповану поковку, видалити облой, очистити поверхню заготовки від окалини, виконати зовнішній огляд	Чорнові поверхні заготовки	Заготівельне обладнання
010	Токарна ЧПК (центрування) Установити заготовку і виконати центрування з обох боків заготовки.	Чорнова зовнішня поверхня і торець заготовки	EMCO Maxxturn 95
015	Токарна ЧПК (чорнова) Установити заготовку, підрізати торці, проточити поверхні Ø57, R 6,25, Ø50 та інші. Виконується в 2 установи.	Чорнова зовнішня поверхня і торець заготовки	EMCO Maxxturn 95
020	Токарна ЧПК (напівчистова) Установити заготовку, проточити поверхні Ø57, R 6,25, Ø50 та інші. Виконується в 2 установи.	Попередньо оброблена зовнішня поверхня і базовий торець.	EMCO Maxxturn 95
025	Токарна ЧПК (чистова) Установити заготовку, проточити поверхні Ø50. Виконується в 2 установи.	Попередньо оброблена зовнішня поверхня і базовий торець.	EMCO Maxxturn 95
030	Фрезерно-сверлильна. Установити заготовку, фрезерувати лиски і сверлти поперечні отвори Ø8.	Зовнішній діаметр і базовий торець	Ibarmia ZVH STAR

					КНУ.КБР.131.26.1-18.02.ТПВД	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.13

1	2	3	4
035	Свердлильна. Установити заготовку, сверлити поздовжній отвір Ø8, зенкувати фаску 4×60°.	Зовнішній діаметр, базовий торець	Ibarmia ZVH STAR
040	Свердлильно- різьбонарізна. Установити заготовку, сверлити отвір Ø14,5, нарізати різьбу M16×1,5-7H, зенкувати фаску 3×60°.	Зовнішній діаметр і торець	Ibarmia ZVH STAR
045	Термічна. Виконати загартування ТВЧ робочих поверхонь	Оброблені зовнішні поверхні	Установка ТВЧ
050	Круглошліфувальна. Остаточню шліфувати посадкові поверхні Ø50f9 до заданої точності та шорсткості	Вісь деталі, попередньо оброблені циліндричні поверхні	Tsugami серії G300F
055	Слюсарна. Видалити задирки, притупити гострі кромки, зачистити поверхні	Допоміжні поверхні деталі	Слюсарний верстак
060	Контрольна. Перевірити геометричні розміри, шорсткість, твердість і взаємне розташування поверхонь	Вимірювальні бази за кресленням	Засоби технічного контролю

Розроблений маршрут забезпечує раціональну послідовність отримання всіх конструктивних елементів деталі. На токарних операціях формуються основні поверхні обертання, торці, уступи, фаски та радіуси. На фрезерній і свердлильно-різьбонарізній операціях отримують лиски, поперечні отвори та внутрішню різьбу. Термічна обробка ТВЧ забезпечує підвищення твердості й зносостійкості робочих поверхонь, а остаточне круглошліфування дозволяє отримати потрібну точність посадкових шийок Ø50f9 і забезпечити задану шорсткість. Отже, прийнятий маршрут обробки деталі «Палець» відповідає її конструкції, вимогам креслення та умовам серійного виробництва.

					КНУ.КБР.131.26.1-18.02.ТПВД	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ

Операція 005 Заготівельна. Штампування у закритих штампах

Обладнання: кривошипний гарячештампувальний прес.

Пристосування: комплект закритих штампів.

Вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-1-250, шаблон.

Технологічна база - чорнові поверхні заготовки.

Отримати штамповану поковку деталі, обрізати облой, очистити заготовку від окалини, проконтролювати зовнішній вигляд заготовки, проконтролювати основні габаритні розміри заготовки.

Операція 010 Токарна ЧПК (центрування)

Обладнання: токарний верстат з ЧПК EMCO Maxxturn 95.

Пристосування: патрон 3-х кулачковий.

Ріжучий інструмент: центрувальне Свердло, прохідний різець.

Вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-1-250, розмічувальний інструмент.

Технологічна база - чорнова зовнішня поверхня і торець заготовки.

Установ А – Установити заготовку в патрон, розмітити отвір, виконати центрування з одного боку, обробити контур.

Установ Б – Перевернути заготовку і установити в патрон, розмітити отвір, виконати центрування з другого боку, обробити іншу частину.

					КНУ.КБР.131.26.1-18.02.ТПВД	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

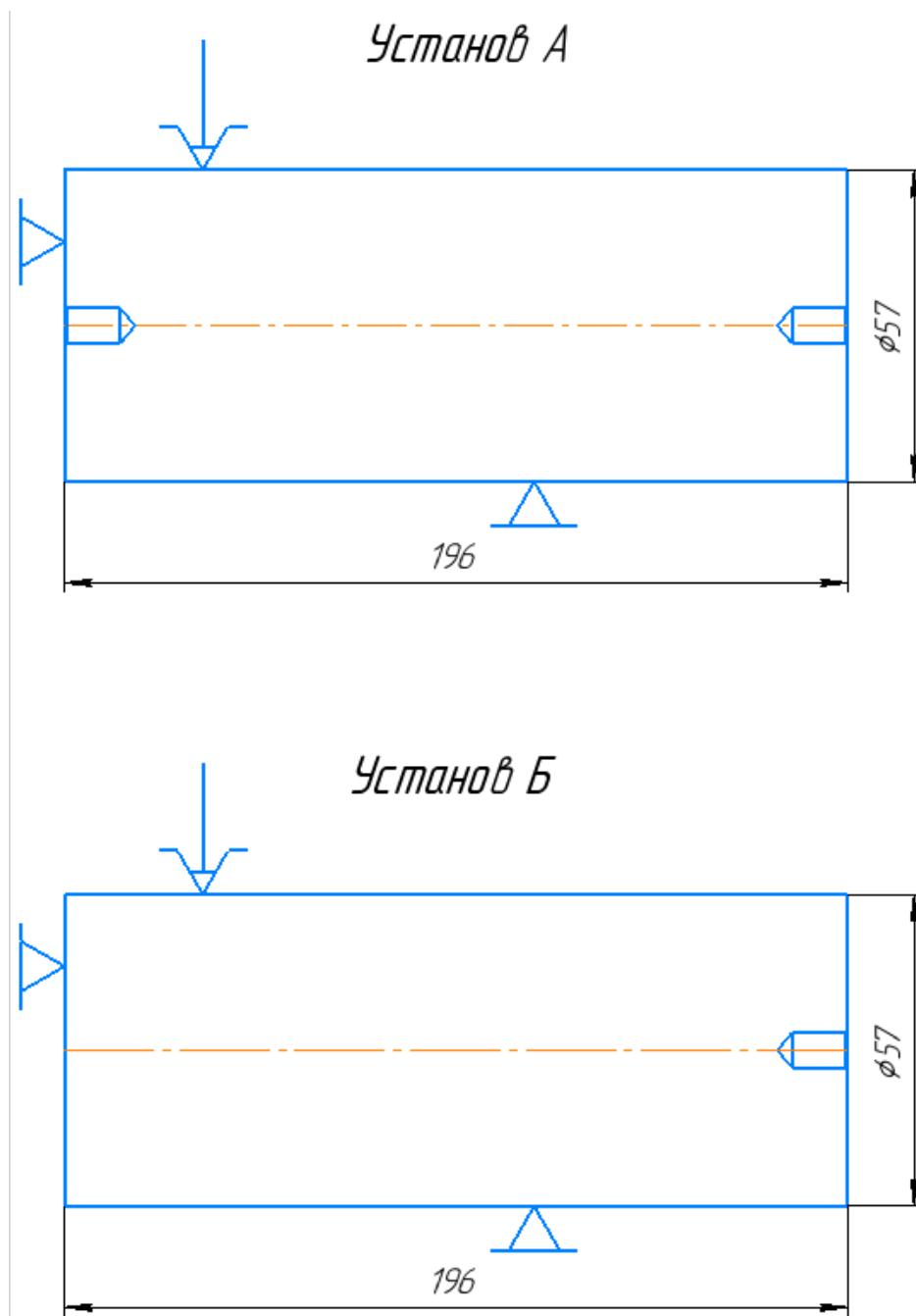


Рисунок 2.5 – Операція 010

Операція 015 Токарна ЧПК (чорнова)

Обладнання: токарний верстат з ЧПК EMCO Maxxturn 95.

Пристосування: патрон 3-х кулачковий, центр обертальний.

Ріжучий інструмент: різець підрізний, різець прохідний, різець канавковий.

Вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-1-250.

Технологічна база - чорнова зовнішня поверхня і торець заготовки.

Установ А - Установити заготовку в патрон, підрізати перший торець, проточити фаску, проточити посадкові поверхні Ø50 з припуском під подальшу обробку, проточити поверхню R6,25, проконтролювати діаметри після чорнової обробки.

					КНУ.КБР.131.26.1-18.02.ТПВД	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Установ Б – Перевернути заготовку і встановити в патрон, підрізати другий торець, проточити фаски, проточити поверхню $\varnothing 57$, проточити посадкові поверхні $\varnothing 50$ з припуском під подальшу обробку, проточити поверхню R6,25, обробити переходи між ступенями, проконтролювати діаметри після чорнової обробки.

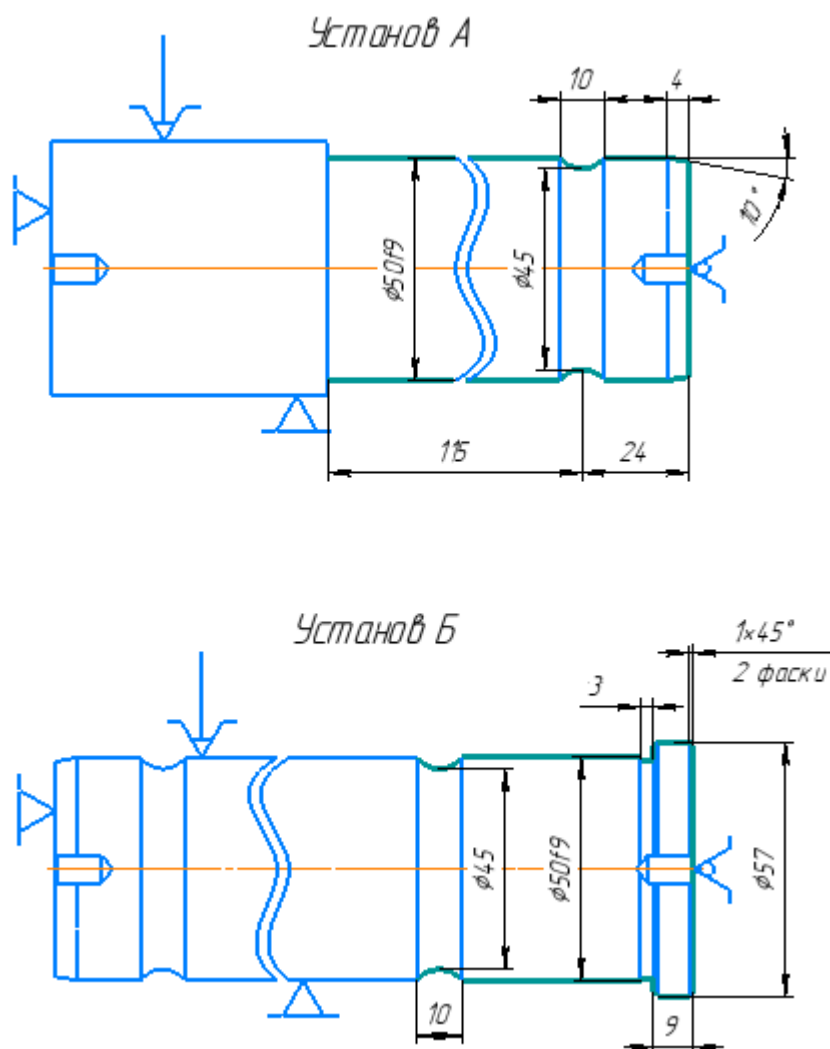


Рисунок 2.6 – Операція 015

Операція 020 Токарна ЧПК (напівчистова)

Обладнання: токарний верстат з ЧПК EMCO Maxxturn 95.

Пристосування: патрон 3-х кулачковий; центр обертальний.

Ріжучий інструмент: різець прохідний, різець канавковий, різець підрізний.

Вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-1-250, мікрометр МК-50-75.

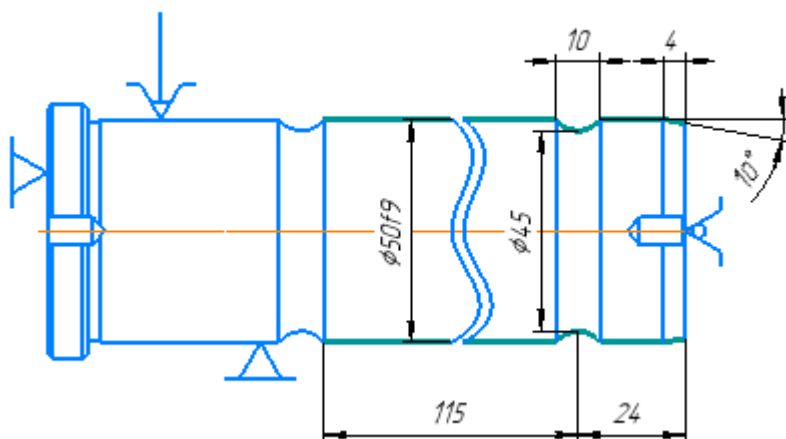
Технологічна база - попередньо оброблена зовнішня поверхня і базовий торець.

					КНУ.КБР.131.26.1-18.02.ТПВД	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Установ А- Переустановити деталь в трикулачковий патрон, точити фаску, точити першу посадкову поверхню $\varnothing 50$ з припуском під шліфування, точити R6,25, точити середню посадкову поверхню $\varnothing 50$ з припуском під шліфування.

Установ Б – Перевернути деталь і встановити в трикулачковий патрон, точити фаски, точити поверхню $\varnothing 57$, точити третю посадкову поверхню $\varnothing 50$ з припуском під шліфування, точити R 6,25, остаточно обробити уступи і переходи між ступенями, проконтролювати загальну довжину 196 мм, проконтролювати діаметри $\varnothing 57$, $\varnothing 49$, проконтролювати фаски і радіуси.

Установ А



Установ Б

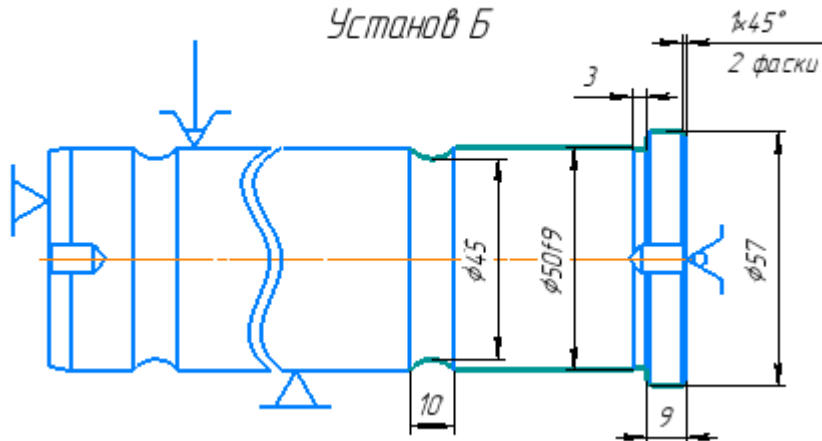


Рисунок 2.7 – Операція 020

Операція 025 Токарна ЧПК (чистова)

Обладнання: токарний верстат з ЧПК EMCO Maxxturn 95.

Пристосування: патрон 3-х кулачковий; центр обертальний.

Ріжучий інструмент: різець прохідний.

Вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-1-250, мікрометр МК-50-75.

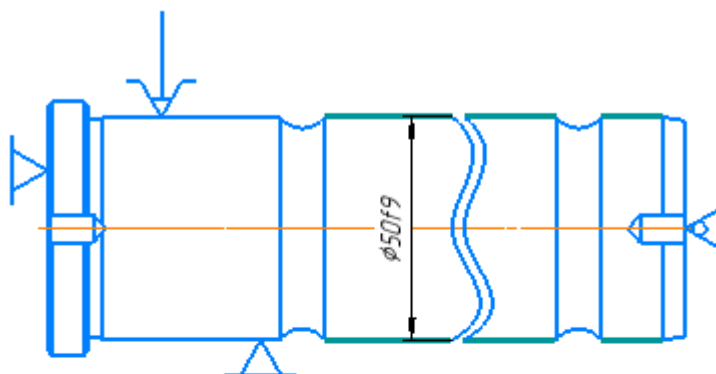
Технологічна база - попередньо оброблена зовнішня поверхня і базовий торець.

					КНУ.КБР.131.26.1-18.02.ТПВД	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Установ А - Переустановити деталь в трикулачковий патрон, проточити поверхню $\varnothing 50$ з припуском під шліфування.

Установ Б – Перевенути деталь та переустановити в трикулачковий патрон, проточити поверхню $\varnothing 50$ з припуском під шліфування, проконтролювати діаметри $\varnothing 50$.

Установ А



Установ Б

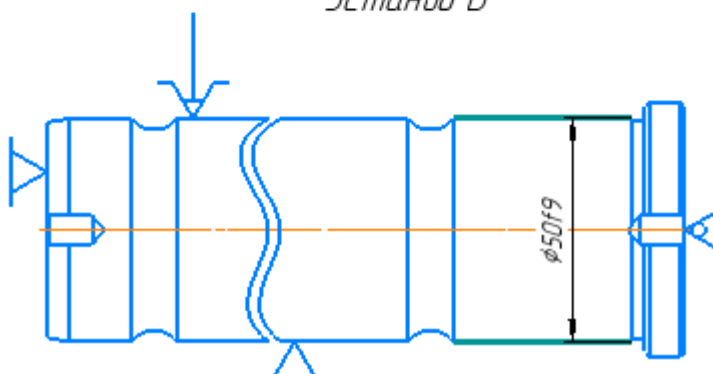


Рисунок 2.8 – Операція 025

Операція 030 Фрезерно-сверлильна

Обладнання: фрезерний верстат з ЧПК Ibmia ZVN STAR.

Пристосування: призма; лещата; установче пристосування.

Ріжучий інструмент: фреза торцева, свело.

Вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-1-150, калібр-пробка $\varnothing 8$.

Технологічна база - зовнішній діаметр і базовий торець.

Установити деталь у призму, базувати деталь по зовнішній циліндричній поверхні і торцю, фрезерувати першу лиску, переорієнтувати деталь на 180° , фрезерувати другу лиску, повторити для півчистового фрезерування, витримати розмір між лисками 36 мм, проконтролювати симетричність лисок, просверлити поперечні отвори $\varnothing 8$, проконтролювати розміри, видалити задирки.

					КНУ.КБР.131.26.1-18.02.ТПВД	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

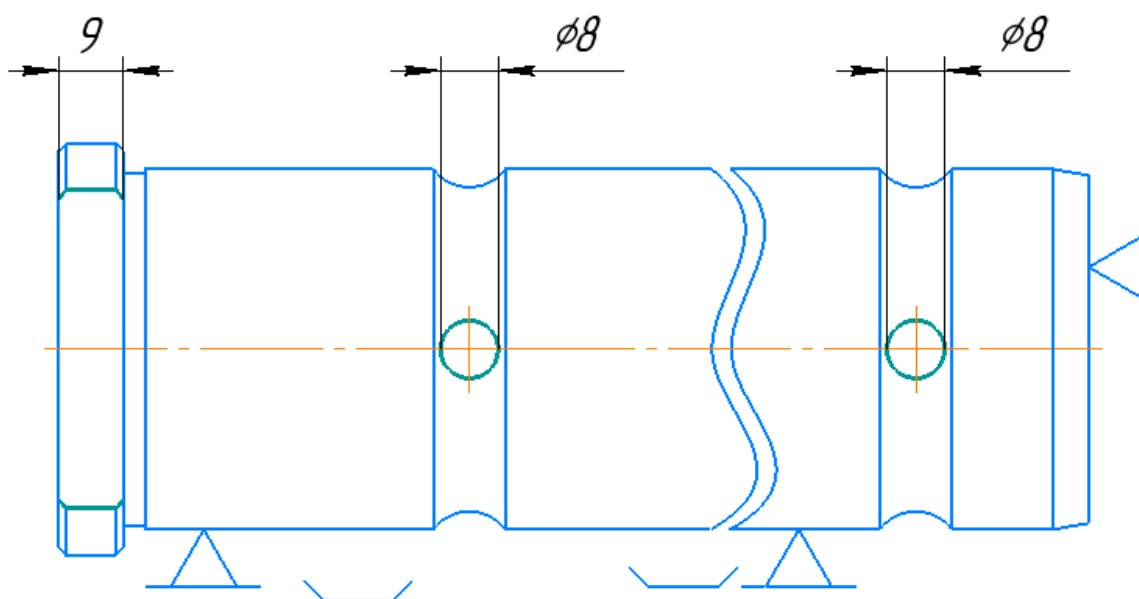


Рисунок 2.9 – Операція 030

Операція 035 Свердлильна

Обладнання: фрезерний верстат з ЧПК Ibmia ZVN STAR.

Пристосування: патрон 3-х кулачковий.

Ріжучий інструмент: Свердло, зенківка.

Вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-1-150, калібр-пробка Ø8.

Технологічна база - зовнішній діаметр, базовий торець.

Установити деталь у трикулачковий патрон, свердлити поздовжній отвір Ø8, зенкувати кромку отвору 4×60°, видалити задирки, проконтролювати діаметр отвора, видалити задирки.

					КНУ.КБР.131.26.1-18.02.ТПВД	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

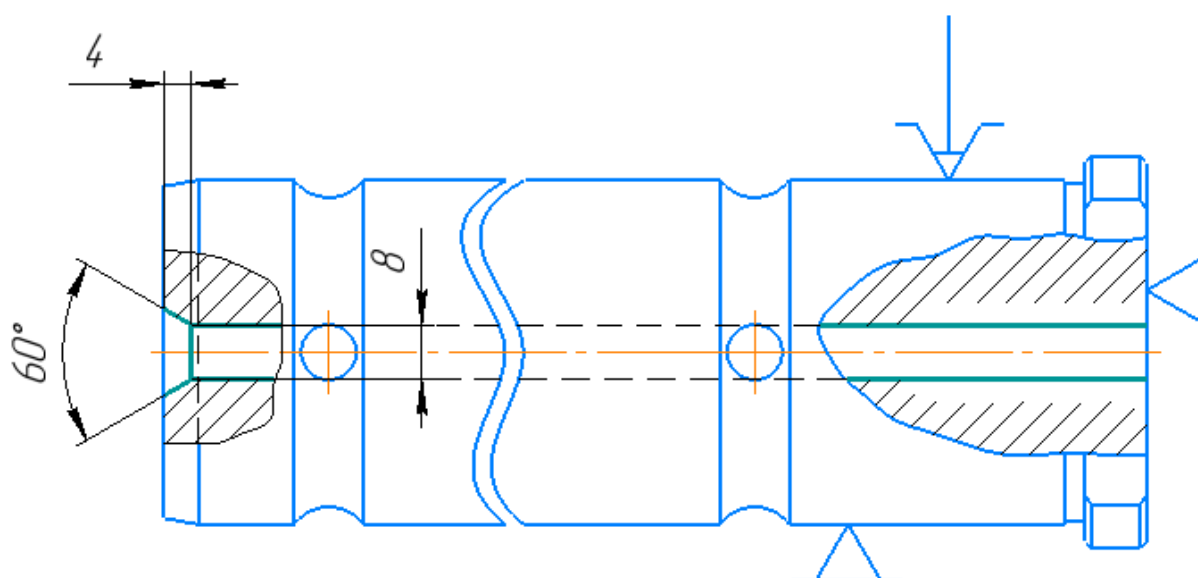


Рисунок 2.10 – Операція 035

Операція 040 Свердлильно-різьбонарізна

Обладнання: фрезерний верстат з ЧПК Iparmia ZVN STAR.

Пристосування: патрон 3-х кулачковий.

Ріжучий інструмент: Свердло, мітчик, зенківка.

Вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-1-150, глибиномір, калібр різбовий M16×1,5-7H.

Технологічна база - зовнішній діаметр і торець.

Установити деталь у трикулачковий патрон, свердлити осьовий отвір Ø14,5, нарізати різьбу M16×1,5-7H, зенкувати кромку отвору 3×60°, проконтролювати глибину різьби, проконтролювати якість різьби калібром, видалити задирки.

					КНУ.КБР.131.26.1-18.02.ТПВД	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

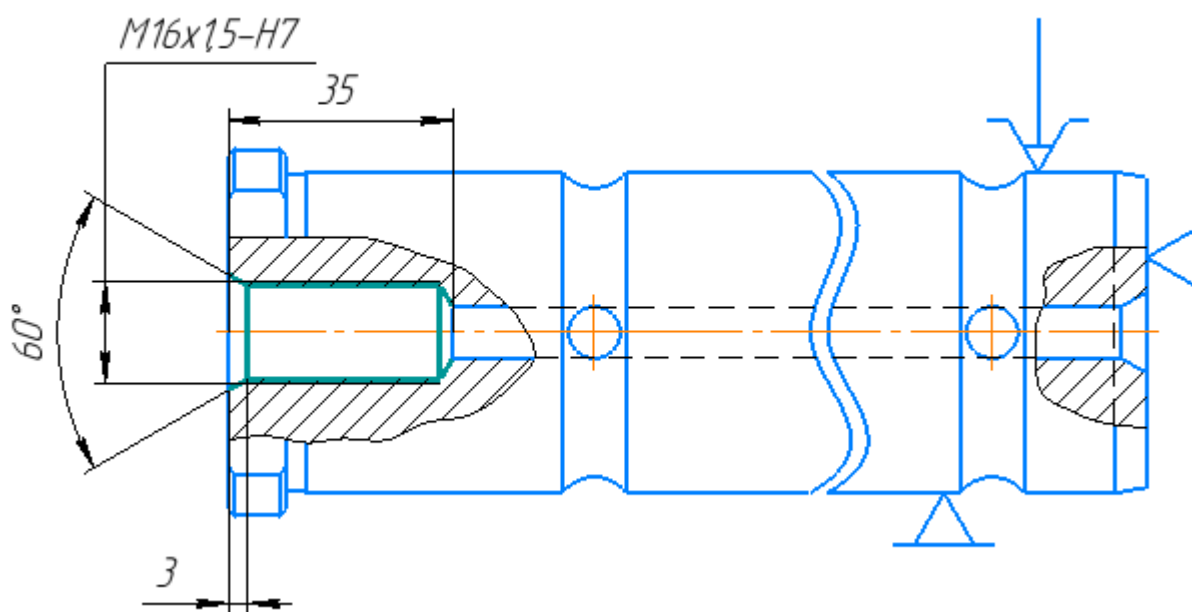


Рисунок 2.11 – операція 040

Операція 045 Термічна ТВЧ

Обладнання: установка ТВЧ.

Пристосування: спеціальне пристосування установки ТВЧ.

Ріжучий інструмент: -

Вимірювальний інструмент: твердомір.

Технологічна база - оброблені зовнішні поверхні.

Підготувати деталь до термічної обробки, очистити робочі поверхні, установити деталь у пристосування установки ТВЧ, загартувати посадкові поверхні Ø50 згідно з технічними вимогами креслення, охолодити деталь відповідно до режиму, проконтролювати твердість робочих поверхонь, передати деталь на шліфування.

Операція 050 Круглошліфувальна

Обладнання: круглошліфувальний верстат з ЧПК Tsugami серії G300F.

Пристосування: центри; призми.

Ріжучий інструмент: круг шліфувальний для зовнішнього круглого шліфування.

Вимірювальний інструмент: мікрометр МК-50-75, індикатор годинникового типу.

Технологічна база - зовнішні діаметри і центрові бази.

Шліфувати посадкову поверхню Ø50f9, проконтролювати діаметри після шліфування, забезпечити шорсткість Ra 1,6, проконтролювати биття і співвісність, проконтролювати остаточні розміри.

					КНУ.КБР.131.26.1-18.02.ТПВД	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

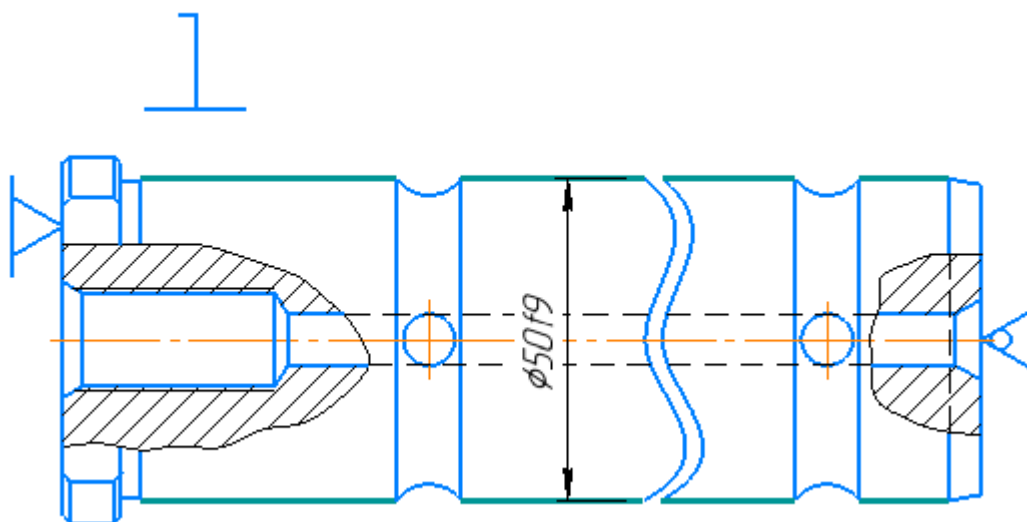


Рисунок 2.12 – Операція 050

Операція 055 Слюсарна

Обладнання: верстак слюсарний.

Пристосування: лещата.

Ріжучий інструмент: напилек, шліфувальна шкурка, шабер.

Вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-1-150.

Технологічна база - допоміжні поверхні деталі.

Зачистити задирки після механічної обробки, притупити гострі кромки, зачистити поверхні в місцях свердління і нарізування різьби, прокалібрувати різьбу.

Операція 060 Контрольна

Обладнання: контрольний стіл.

Пристосування: призми, підкладки, стійка індикаторна.

Ріжучий інструмент: -

Вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-1-250, мікрометр МК-50-75, калібр-пробка Ø8, калібр різбовий М16×1,5-7Н, індикатор, твердомір.

Технологічна база - вимірювальні бази за кресленням.

Проконтролювати загальну довжину 196 мм, проконтролювати діаметр Ø57, проконтролювати діаметр Ø49, проконтролювати посадкові поверхні Ø50f9, проконтролювати розмір між лисками, проконтролювати отвори Ø8H12, проконтролювати різьбу М16×1,5-7Н, проконтролювати твердість після ТВЧ, проконтролювати биття, співвісність і шорсткість поверхонь.

					КНУ.КБР.131.26.1-18.02.ТПВД	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	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	Найменування операції	Тип інструмента
1	2	3
1,11	Чорнове підрізання торця	Підрізний різець
2	Чорнове точіння Пів чистове точіння	Прохідний різець
3	Чорнове підрізання торця Пів чистове підрізання торця	Підрізний різець
4	Чорнове точіння Пів чистове точіння	Прохідний різець
5	Чорнове підрізання торця Пів чистове підрізання торця	Підрізний різець
6,8,10	Чорнове точіння Пів чистове точіння Чистове точіння Шліфування	Прохідний різець Шліфувальний круг
7,9	Чорнове точіння Пів чистове точіння	Прохідний різець
12	Точіння фаски чорнове Точіння фаски напівчистове	Прохідний різець
13	Точіння фаски чорнове Точіння фаски напівчистове	Прохідний різець
14,15	Чорнове фрезерування Пів чистове фрезерування	Фреза
16	Свердління	Свердло

					КНУ.КБР.131.26.1-18.03.ВРДІ			
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата				
Розроб.	Лазарев				Вибір ріжучих та допоміжних інструментів	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Бондар							
						Кафедра ТМ гр. ПМ-22		
Н. контр.	Нечасв							
Затверд.	Рязанцев							

Продовження таблиці 3.1

1	2	3
17	Свердління	Свердло
18	Свердління Нарізування різьби	Свердло або свердло- зенківка Мітчик
19	Зенкування	Зенківка або свердло- зенківка
20	Зенкування	Зенківка

3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів

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.

1) Позиції: 1, 11, 3, 5 - Чорнове підрізання торця:

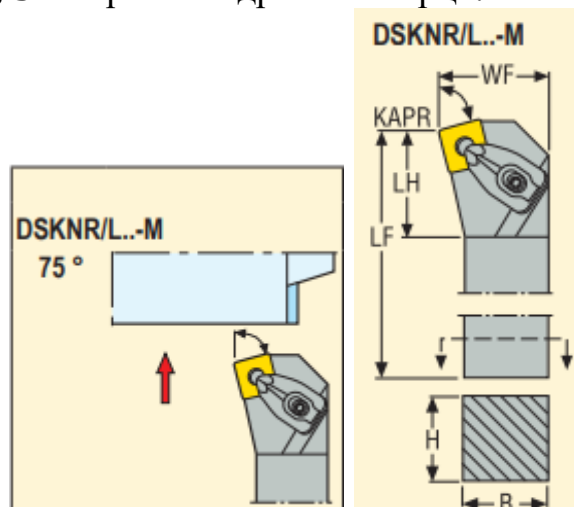


Рисунок 3.1 – Державка DSKNR 2525M12-M [1, с. 235]

Геометричні параметри державки :H=25мм; B=25мм; LF=150мм; WF=32мм; LH=33мм; KAPR = 75°; GAMO=-6°; LAMS=-6°

					КНУ.КБР.131.26.1-18.03.ВРДІ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

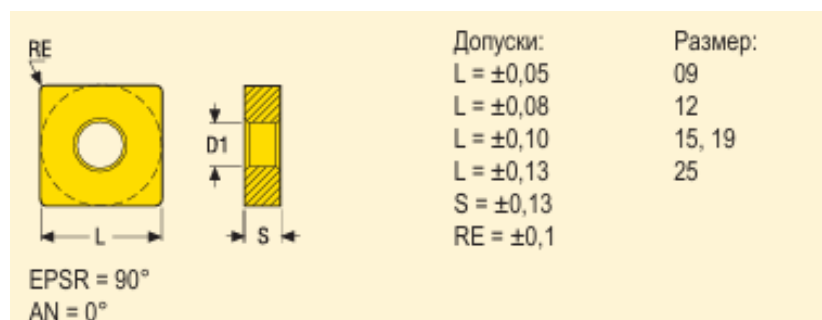


Рисунок 3.2 – Пластина SNMG 120412-M5, з CDV покриттям TP1501
[1, с. 451]

Геометричні параметри: $L = 12,7\text{мм}$; $S = 4,76\text{мм}$; $D1 = 5,15\text{мм}$;

2) Позиції 3, 5-Пів чистове підразання торця

Обираємо державку: DSKNR 2525M12-M (Рисунок 3.1)

Обираємо пластину: SNMG 120412-MF2, з CDV покриттям TP2501
(Рисунок 3.2)

3) Позиція 2,4,6,8,10,12,13 - чорнове точіння

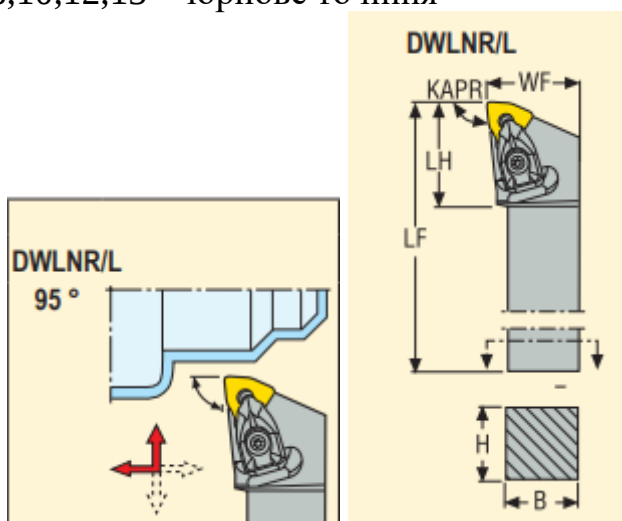


Рисунок 3.3 – Державка DWLNR 2525M06 [1, с. 241]

Геометричні параметри: $H = 25\text{мм}$; $B = 25\text{мм}$; $LF = 150\text{мм}$; $WF = 32\text{мм}$;
 $LH = 30\text{мм}$; $KAPR = 95^\circ$; $GAMO = -6^\circ$; $LAMS = -6^\circ$

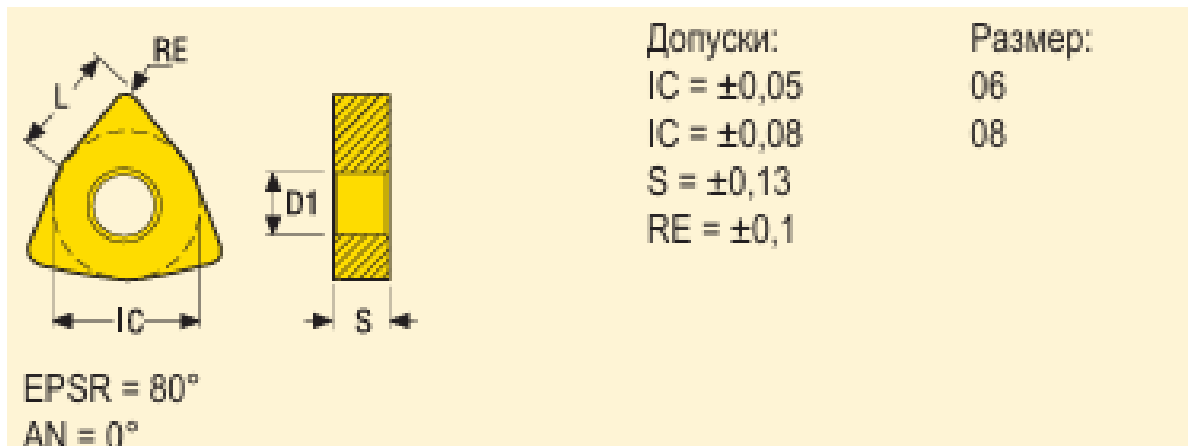


Рисунок 3.4 – Пластина WNUMG 060412-M5; CDV покриття TP1501 [1, с. 477]

Геометричні параметри: IC = 9,53мм; L = 6,5мм; S=4,76; D1= 3,81мм

4) Позиції: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 13 Пів чистове точіння:

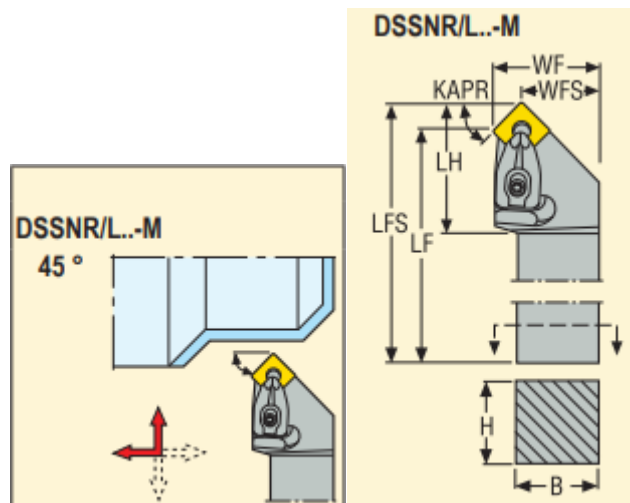


Рисунок 3.5 – Державка DSSNR 2525 M12-M [1, с. 236]

Геометричні параметри: H=25мм; B=25мм; LF=150мм; LFS=159,3мм; WF=32мм; WFS =23,9мм; LH=39мм; KAPR = 45°; GAMO=-8°; LAMS=0°

Обираємо пластину SNMG 120408-MF2, з CDV покриттям TP2501 (рисунок 3.2)

5) Позиції: 6,8,10 - Чистове точіння

Обираємо державку DSSNR 2525 M12-M (Рисунок 3.5)

Обираємо пластину SNMG 120408-MF2, з CDV покриттям TP2501 (Рисунок 3.2)

					КНУ.КБР.131.26.1-18.03.ВРДІ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

6) Позиції: 6,8,10 – Шліфування:

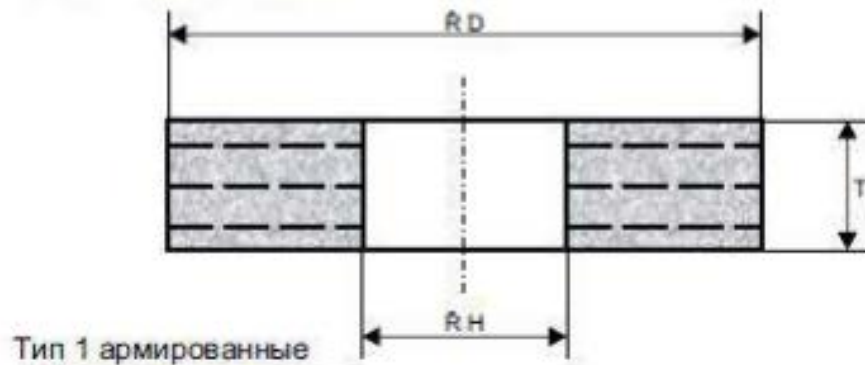


Рисунок 3.6 – Шліфувальний круг 1 типу [5, ст. 52]

Маркування шліфувального круга:

1-455x51x75-CRA46J6B-50

Геометричні параметри: 1 – круг прямого профілю; D=мм; T=20 – мм; H=13мм; CRA – абразив (білий електрокорунд); 46 – зернистість; J – твердість зв'язки (середня); 6B – бакелітова зв'язка з армуванням; 50 – максимальна робоча швидкість, м/с.

7) Позиції 7,9 - чорнове, пів чистове точіння:

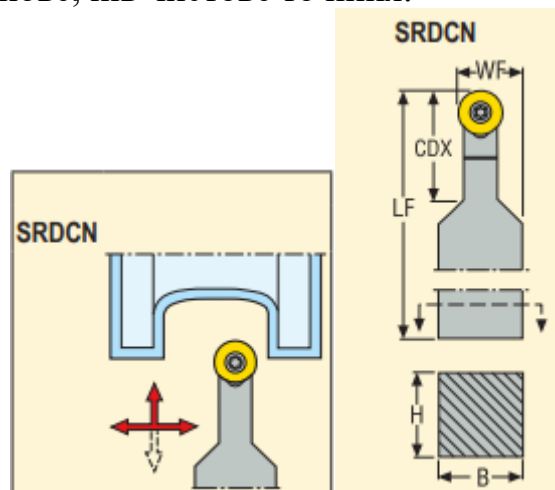


Рисунок 3.7 – Державка SRDCN 2525M12 [1, с.264]

Геометричні параметри: H=25мм; B=25мм; LF=150мм; WF=18,5мм; CDX=25мм; GAMO=0°; LAMS=0°

					КНУ.КБР.131.26.1-18.03.ВРДІ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

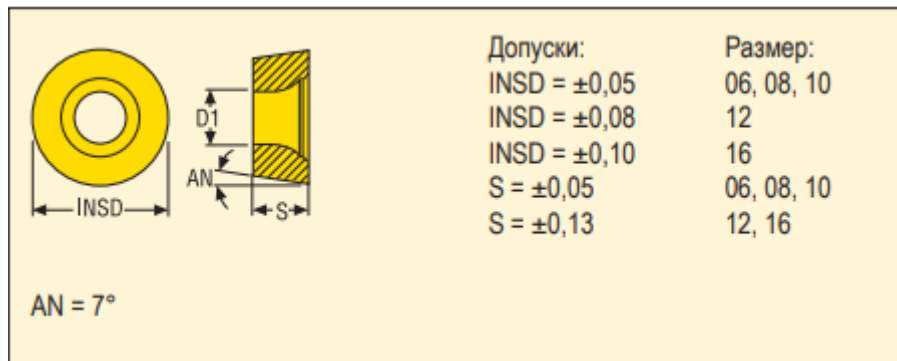


Рисунок 3.8 – Пластина RCMT [1, с.445]

Геометричні параметри: INSD=12 мм; S=4,76 мм; D1=4,5мм

Чорнове точіння, пластина:

RCMT 1204M0-RR94, з CDV покриттям TP3501

Пів чистове точіння, пластина:

RCMT 1204M0-M3, з CDV покриттям TP2501

8) Позиції 14, 15 - Чорнове фрезерування:

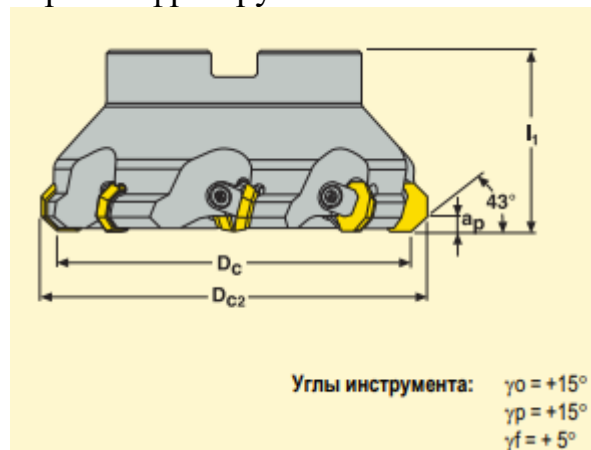


Рисунок 3.9 – Фреза R220.43 -0050-07W [3, с.47]

Геометричні параметри: Dc=50мм; Dc2=62мм; L1=60мм; ap=5; z=4мм

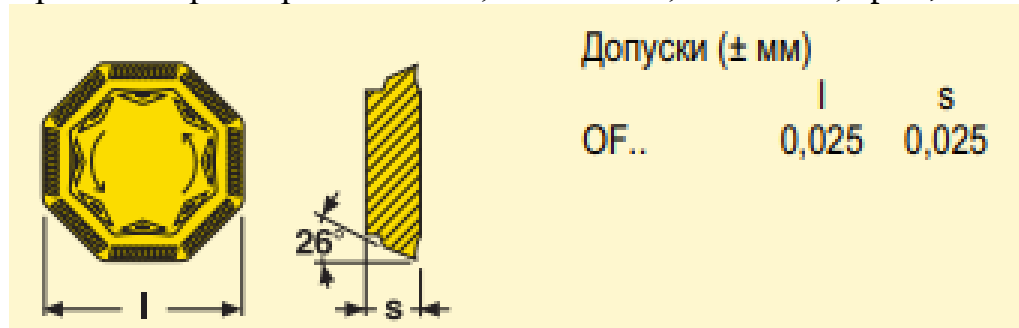


Рисунок 3.10 – Пластина OFER 070405TN-ME10, з CDV покриттям MS2500 [3, с. 522]

Геометричні параметри: L=17,94 S=4,56

8) Позиції 14, 15 - Пів чистове фрезерування:

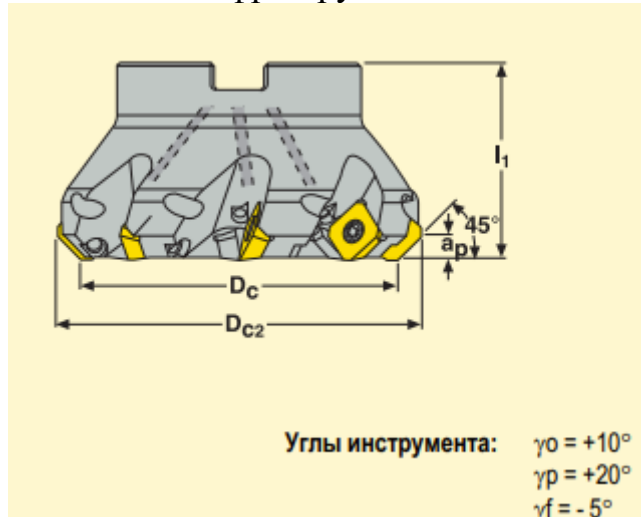


Рисунок 3.11 – Фреза R220.53 -0050-12-5A [3, с.37]

Геометричні параметри: $D_c=50\text{мм}$; $D_{c2}=62\text{мм}$; $L_1=40\text{мм}$; $a_p=6$; $z=5\text{мм}$

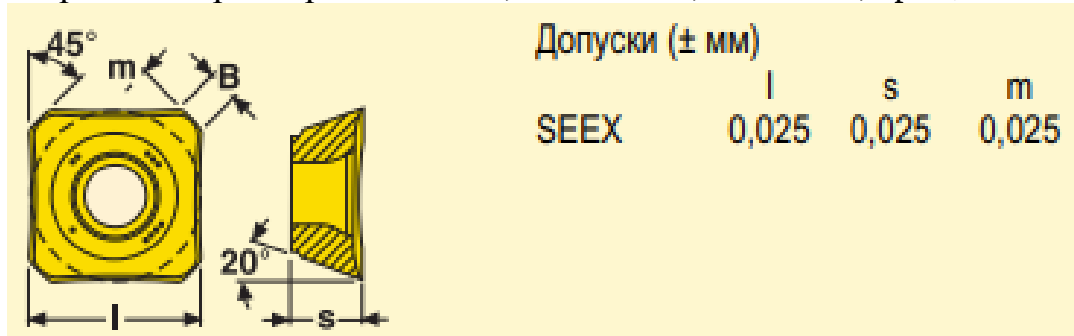


Рисунок 3.12 – Пластина SEEX 1204AFTN-MD18, з CDV покриттям MP3000 [3, с.539]

Геометричні параметри: $L=12,7$ $S=4,76$

9) Позиція 16 - свердління:

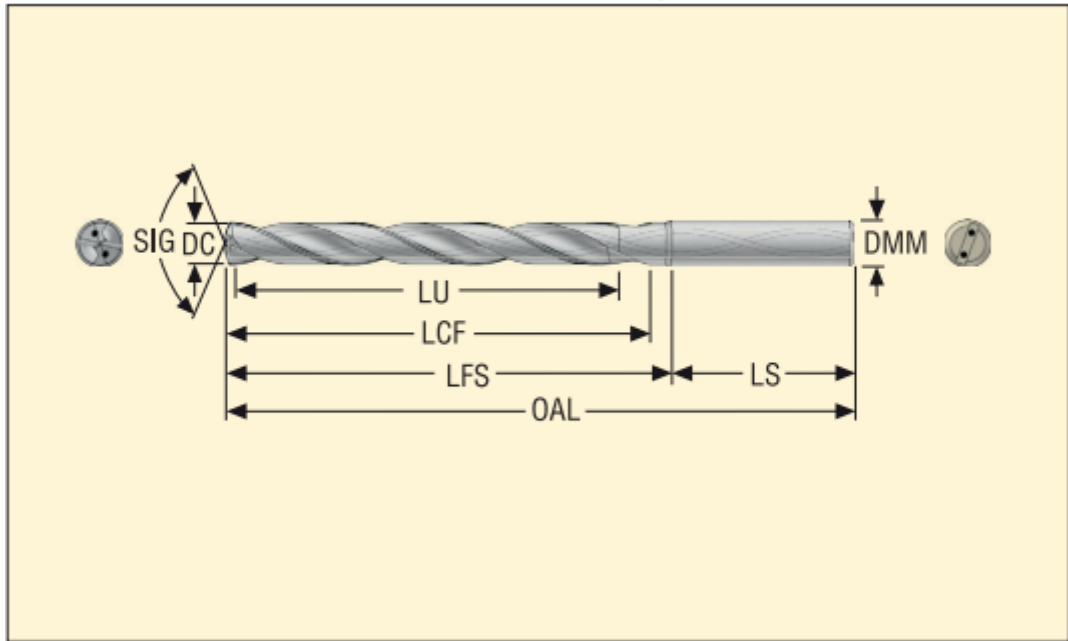


Рисунок 3.13 – Свердло SD1108A-0800-064-08R1, з покриттям TiAlN
[2, с.41]

Геометричні параметри: LU=64мм; DC=8мм; LFS=80мм; OAL=116мм;
DMM=8мм; LCF=76мм; LS=36мм;

10) Позиція 17 - свердління:

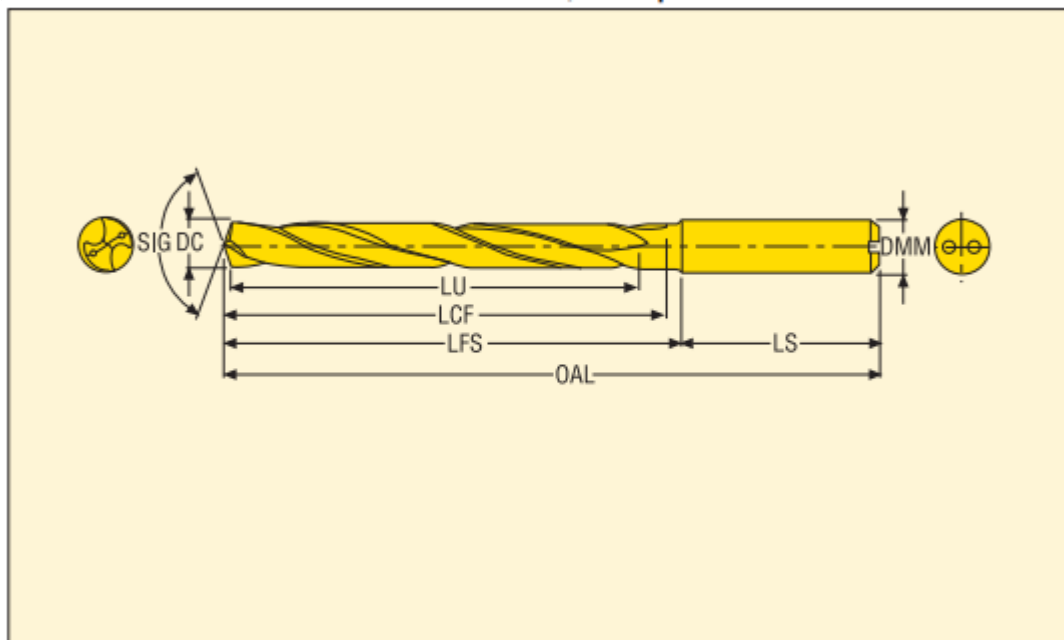


Рисунок 3.14 – Свердло SD230A-8.0-225-8R1, з покриттям TiAlN+TiN
[2, с. 62]

Геометричні параметри: LU=225мм; DC=8мм; LFS=243мм; OAL=279мм;
DMM=8мм; LCF=239мм; LS=36мм;

					КНУ.КБР.131.26.1-18.03.ВРДІ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

11) Позиція 18 - свердління:

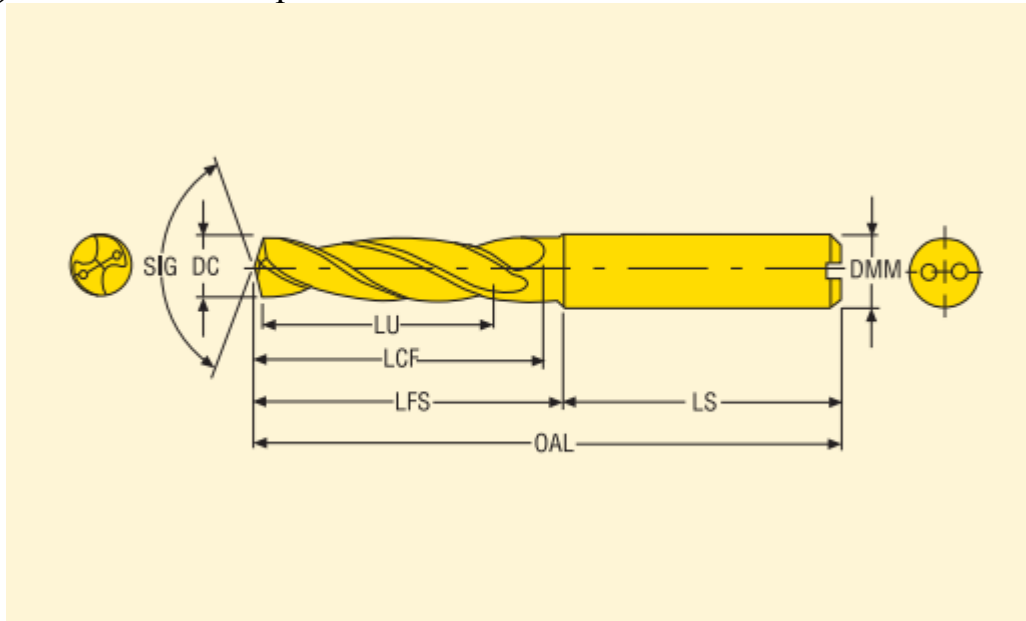


Рисунок 3.15 – Свердло SD203A-1450-045-16R1-P, з покриттям TiAlN
[2, с. 49]

Геометричні параметри: LU=45мм; DC=14,5мм; LFS=67мм; OAL=115мм;
DMM=16мм; LCF=65мм; LS=48мм;

Нарізування різьби:

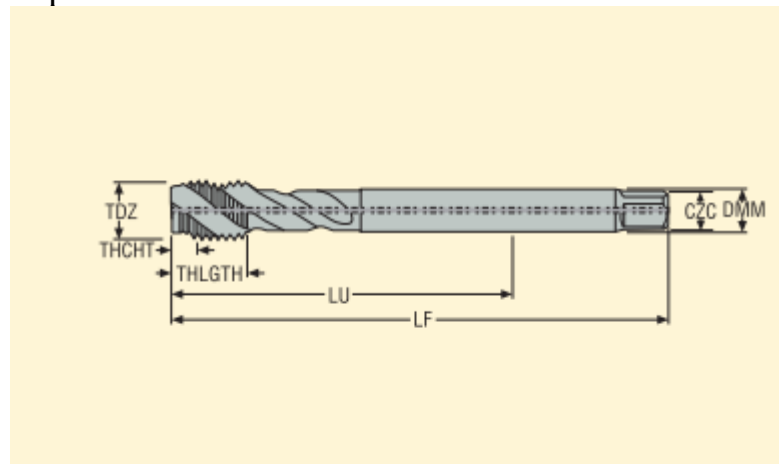


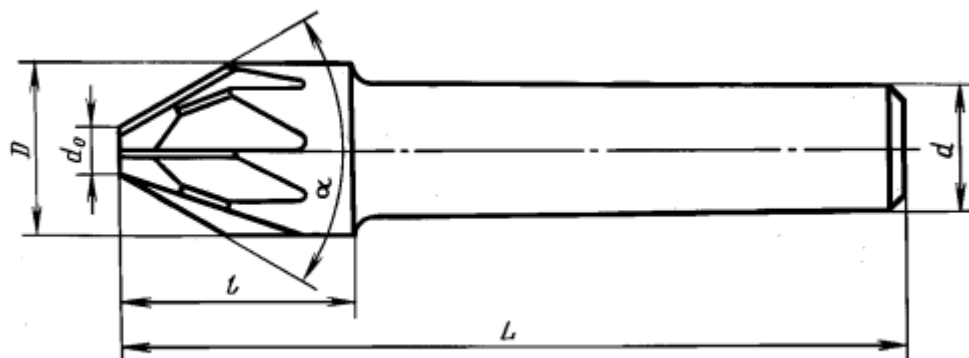
Рисунок 3.16 – Мітчик MTH-M16X1.50ISO6H-BC-V038-A, з покриттям TiN
[4, с.249]

Геометричні параметри: TDZ= MF16X1.5; mm=1,5; DMM=12мм;
THLGTH=15мм; LF=100мм; CZC= 12.00X9.00; LU=58мм;

					КНУ.КБР.131.26.1-18.03.ВРДІ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

12) Позиція 19 - зенкування:

Типи 5, 6, 7



Черт. 5

Рисунок 3.17 – Зенківка тип 5 з кутом при вершині 60° з циліндричним хвостовиком [6, с.5]

Умовне позначення:

Зенківка 2353-0105 ДСТУ ГОСТ 14953-80/DIN335

Геометричні параметри: $D=18\text{мм}$, $d_0=4\text{мм}$, $d=10\text{мм}$, $L=64\text{мм}$, $l=28\text{мм}$; $\alpha=60^\circ$

13) Позиція 20 – зенкування

Умовне позначення:

Зенківка 2353-0103 ДСТУ ГОСТ 14953-80/DIN335 (Рисунок 3.17)

Геометричні параметри: $D=12,5\text{мм}$, $d_0=2,5\text{мм}$, $d=8\text{мм}$, $L=52\text{мм}$, $l=20\text{мм}$; $\alpha=60^\circ$

14) Позиція 18 та 19 – свердління та зенкування

З метою підвищення продуктивності механічної обробки та скорочення кількості технологічних переходів при виготовленні деталі «Палець» доцільно застосувати комбінований різальний інструмент - свердло-зенківку. Такий інструмент дозволяє одночасно виконувати свердління отвору та формування фаски за один робочий хід, що є ефективним для серійного виробництва.

Застосування свердла-зенківки забезпечує скорочення допоміжного часу на зміну інструменту та переустановлення деталі, зменшує трудомісткість обробки й підвищує продуктивність. Крім того, об'єднання декількох переходів в одну операцію підвищує точність взаємного розташування поверхонь отвору та фаски і знижує вплив похибок базування.

Проектування спеціального комбінованого інструменту - свердла-зенківки виконується у четвертому розділі роботи, де наведено розрахунок конструктивних параметрів, вибір матеріалу ріжучої частини та інженерний аналіз працездатності інструменту. Креслення інструменту надано в альбомі креслень.

					КНУ.КБР.131.26.1-18.03.ВРДІ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Таблиця 3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів

№ з/п поверхні	Тип інструменту	Матеріал різальної частини інструменту	Матеріал державки (корпуса, хвостовика) інструменту	Геометричні параметри різальної частини інструмента
1, 11, 3, 5	Підрізний різець	Чорнова – TP1501	Сталь 40X	$\varepsilon=90^\circ$
3, 5	Підрізний різець	П/Ч – TP2501	Сталь 40X	$\varepsilon=90^\circ$
2, 4, 6, 8, 10, 12, 13	Прохідний різець	Чорнова – TP1501	Сталь 40X	$\varepsilon=80^\circ$
2, 4, 6, 8, 10, 12, 13	Прохідний різець	П/Ч – TP2501	Сталь 40X	$\varepsilon=90^\circ$
6, 8, 10	Прохідний різець	Чистова – TP2501	Сталь 40X	$\varepsilon=90^\circ$
6, 8, 10	Шліфування	CRA-абразив		
7,9	Прохідний різець	Чорнова – TP3501 П/Ч – TP2501	Сталь 40X	$\varepsilon=7^\circ$
14,15	Фреза	Чорнова - MS2500 П/Ч – MP3000	Сталь 40X	$\varepsilon=45^\circ$
16	Свердло	Покриття TiAlN	P6M5	
17	Свердло	Покриття TiAlN+TiN	P6M5	
18	Свердло Мітчик	Покриття TiAlN Покриття TiN	P6M5 HSS-PM	
19	Зенківка	P6M5	Сталь 40X	$\alpha=60^\circ$
20	Зенківка	P6M5	P6M5	$\alpha=60^\circ$

3.3 Вибір типорозміру різальних інструментів

З урахуванням виду обробки, типу інструмента, параметрів різальної частини та габаритів, визначених за умовою міцності, призначаються типорозміри металорізальних інструментів, виготовлених вітчизняними та іноземними виробниками. Наводимо ескіз обраного ріжучого інструмента відповідно до оброблюваної поверхні. Дані внесено до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Вибір типорозміру різальних інструментів

№ з/п поверхні	Тип інструмен ту і пластини	Основні розміри інструменту, пластини	Матеріал різальної частини інструменту	Шифр інструменту (державки, пластини) за міжнародними стандартами
1	2	3	4	5
1, 11, 3, 5	Підрізний різець	Державка - Н=25мм; В=25мм; LF=150мм; WF=32мм; LH=33мм; KAPR = 75°; GAMO=- 6°; LAMS=-6°.	Покриття TP1501	Державка - DSKNR 2525M12-M. Пластина - SNMG 120412-M5
3, 5	Підрізний різець	Пластина - L= 12,7мм; S= 4,76мм; D1= 5,15мм;	Покриття TP2501	Державка - DSKNR 2525M12-M. Пластина - SNMG 120412-MF2
2, 4, 6, 8, 10, 12, 13	Прохідний різець	Державка - Н=25мм; В=25мм; LF=150мм; WF=32мм; LH=30мм; KAPR = 95°; GAMO=- 6°; LAMS=-6°. Пластина - IC = 9,53мм; L= 6,5мм; S=4,76; D1= 3,81мм	Покриття TP1501	Державка - DWLNR 2525M06. Пластина - WNMG 060412-M5
2, 4, 6, 8, 10, 12, 13	Прохідний різець	Державка - Н=25мм; В=25мм; LF=150мм; LFS=159,3мм; WF=32мм; WFS =23,9мм; LH=39мм; KAPR = 45°; GAMO=- 8°; LAMS=0°.	Покриття TP 2501	Державка - DSSNR 2525 M12-M. Пластина - SNMG 120408-MF2
6, 8, 10	Прохідний різець	Пластина - L= 12,7мм; S= 4,76мм; D1= 5,15мм;		

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5
6, 8, 10	Шліфування	1 – круг прямого профілю; D=мм; T=20 – мм; H=13мм; CRA – абразив (білий електрокорунд); 46 – зернистість; J – твердість зв'язки (середня); 6B – бакелітова зв'язка з армуванням; 50 – максимальна робоча швидкість, м/с.	CRA-абразив	1–455x51x75–CRA46J6B–50
7,9	Прохідний різець	Державка - H=25мм; B=25мм; LF=150мм; WF=18,5мм; CDX=25мм; GAMO=0°; LAMS=0°. Пластина - INSD=12 мм; S=4,76 мм; D1=4,5мм	Чорнова - покриття TP3501. П/Ч - покриття TP2501	Державка - SRDCN 2525M12. Пластина чорнова - RCMT 1204M0-RR94. Пластина П/Ч - RCMT 1204M0-M3.
14,15	Фреза	Чорнова. Фреза - Dc=50мм; Dc2=62мм; L1=60мм; ap=5; z=4мм. Пластина - L=17,94 S=4,56. П/Ч. Фреза - Dc=50мм; Dc2=62мм; L1=40мм; ap=6; z=5мм. Пластина - L=12,7 S=4,76	Чорнова - MS2500 П/Ч – MP3000	Чорнова. Фреза - R220.43 -0050-07W. Пластина - OFER 070405TN-ME10. П/Ч. Фреза - R220.53 -0050-12-5A. Пластина - SEEX 1204AFTN-MD18
16	Свердло	LU=64мм; DC=8мм; LFS=80мм; OAL=116мм; DMM=8мм; LCF=76мм; LS=36мм	Покриття TiAlN	SD1108A-0800-064-08R1
17	Свердло	LU=225мм; DC=8мм; LFS=243мм; OAL=279мм; DMM=8мм; LCF=239мм; LS=36мм;	Покриття TiAlN+TiN	SD230A-8.0-225-8R1

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5
18	Свердло Мітчик	Свердло - LU=45мм; DC=14,5мм; LFS=67мм; OAL=115мм; DMM=16мм; LCF=65мм; LS=48мм. Мітчик - TDZ= MF16X1.5; mm=1,5; DMM=12мм; THLGTH=15мм; LF=100мм; CZC= 12.00X9.00; LU=58мм;	Свердло – покриття TiAlN Мітчик - покриття TiN	Свердло - SD203A- 1450-045-16R1-P. Мітчик - MTH- M16X1.50ISO6H- BC-V038-A
19	Зенківка	D=18мм, d0=4мм, d=10мм, L=64мм, l=28мм; α=60°	P6M5	Зенківка 2353-0105 ДСТУ ГОСТ 14953-80/DIN335
20	Зенківка	D=12,5мм, d0=2,5мм, d=8мм, L=52мм, l=20мм; α=60°	P6M5	Зенківка 2353-0103 ДСТУ ГОСТ 14953-80/DIN335

3.4 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту

Для одного з прийнятих типів інструментів обираються найбільш навантажені умови роботи (чорнова обробка). З урахуванням умов різання (фізико-механічні властивості матеріалу деталі, характеристики верстата та 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 DSKNR 2525M12-M, оскільки саме він знімає найбільший припуск на механічну обробку та працює в найбільш складних умовах. Розміри різця: h = 25 мм; b = 25 мм; l₁(LF) = 150 мм; l₂(LH) = 30 мм; f (WF) = 32 мм. Матеріал різця - сталь 40X з межею міцності σ_в = 980 МПа і допустимою напругою σ_{д.п.} = 600 МПа. Матеріал заготовки - сталь 45X з межею міцності σ_в = 1030 МПа. Діаметр заготовки - 57 мм, припуск на обробку (з кожного боку - 3 мм), подача S = 0,5 мм/об, виліт різця l = 65 мм.

Визначаємо силу різання

$$P_z = 9,81 C_{pz} t^{x_{pz}} S^{y_{pz}} K_{pz}; H \quad (3.1)$$

					КНУ.КБР.131.26.1-18.03.ВРДІ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

де: $K_{p_z} = 1$ - сумарний поправочний коефіцієнт;
 $X_{p_z} = 0,9$ - показник степені при глибині різання;
 $Y_{p_z} = 0,9$ - показник степені при подачі;

$$P_z = 9,81 * 384 * 3^{0,9} * 0,5^{0,9} * 1 = 5426 \text{ Н} \quad (3.2)$$

Ширина і висота перетину державки $b=25\text{мм}$; $h=25\text{мм}$.

Перевіряємо міцність і жорсткість державки різця:

а) максимальне навантаження, допустима міцність різця:

$$P_{z \text{ доп}} = \frac{bh^2\sigma_{н.д}}{6l} = \frac{25 * 10^{-3} * (25 * 10^{-3})^2 * 600 * 10^6}{(6 * 65 * 10^{-3})} = 24038 \text{ Н} \quad (3.3)$$

б) максимальне навантаження, допустима жорсткість різця:

$$P_{z \text{ жорс}} = \frac{3fEJ}{l^3} = \frac{3 * 0,1 * 10^{-3} * 2 * 10^{11} * 3,255 * 10^{-8}}{(65 * 10^{-3})^3} = 7111 \text{ Н} \quad (3.4)$$

де: $f=0,1\text{мм}$ – допустима стріла прогину при чорновому точінні;

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

J – момент інерції прямокутного перетину державки:

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{25 \cdot 25^3}{12} = 32552 \text{ м}^4. \quad (3.5)$$

Перевірка різця на міцність і жорсткість:

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

$$24038 > 5426 < 7111$$

Умова виконана. Різець володіє достатньою міцністю і жорсткістю.

3.5 Вибір параметрів допоміжної частини 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.

					КНУ.КБР.131.26.1-18.03.ВРДІ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

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. Розробку інструментального налагодження проводимо на токарну операцію. Операції точіння проводимо на верстаті Mazak Quick Turn 200, операції фрезерування, свердління та нарізування різі проводимо на верстаті HAAS VF-3SSYT. Інструментальний комплекс складається за даними таблиць 3.1, 3.2, 3.3 відповідно до технологічної операції. Дані занесено в таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 – Вибір типу допоміжного інструменту

№ з/п поверхні	Металорізальний верстат	Параметри посадочного місця верстата під інструмент	Тип ріжучого інструменту (Шифр інструменту)	Параметри посадочного місця ріжучого інструменту	Допоміжний інструмент (Шифр інструменту) за міжнародними стандартами
1	2	3	4	5	6
1, 11, 3, 5	EMCO Maxxtur n 95	Кількість позицій – 12; Тип – VDI40	DSKNR 2525M12-M	B=25мм, H=25мм.	Різцетримач радіальний - ASHA-R-VDI40-25-JETI
2, 4, 6, 8, 10, 12, 13	EMCO Maxxtur n 95	Кількість позицій – 12; Тип – VDI40	DWLN R 2525M06; DSSNR 2525 M12-M	B=25мм, H=25мм.	Різцетримач радіальний - ASHA-R-VDI40-25-JETI
7,9	EMCO Maxxtur n 95	Кількість позицій – 12; Тип – VDI40	SRDCN 2525M12	B=25мм, H=25мм.	Різцетримач радіальний - ASHA-R-VDI40-25-JETI
14,15	Ibarmia ZVH STAR	Тип хвостовика: конус HSK A-63	R220.43 - 0050-07W; R220.53 - 0050-12-5A	dmm=22	Тримач для торцевих фрез HSKA63-SM22-100-L1

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5	6
16	Ibarmia ZVH STAR	Тип хвостовика: конус HSK A- 63	SD1108A- 0800-064- 08R1	DMM=8	Цанговий патрон для свердла E9304567216 60. Цанга 56721608
17	Ibarmia ZVH STAR	Тип хвостовика: конус HSK A- 63	SD230A-8.0- 225-8R1	DMM=8	Цанговий патрон для свердла E9304567216 60. Цанга 56721608
18	Ibarmia ZVH STAR	Тип хвостовика: конус HSK A- 63	Свердло - SD203A- 1450-045- 16R1-Р. Мітчик - МТН- М16Х1.50ІS О6Н-ВC- V038-A	Свердло - DMM=16 Мітчик - DMM=12	Цанговий патрон для свердла E9304567225 100. Цанга 56722516. Мітчиковий патрон E9304586725 128.
19	Ibarmia ZVH STAR	Тип хвостовика: конус HSK A- 63	Зенківка 2353-0105 ДСТУ ГОСТ 14953- 80/DIN335	d=8	Цанговий патрон для зенківки E9304567216 60. Цанга 56721610
20	Ibarmia ZVH STAR	Тип хвостовика: конус HSK A- 63	Зенківка 2353-0103 ДСТУ ГОСТ 14953- 80/DIN335	d=10	Цанговий патрон для зенківки E9304567216 60. Цанга 56721608

1) Позиції: 1-13. Операція токарна, підрізання торця, точіння;

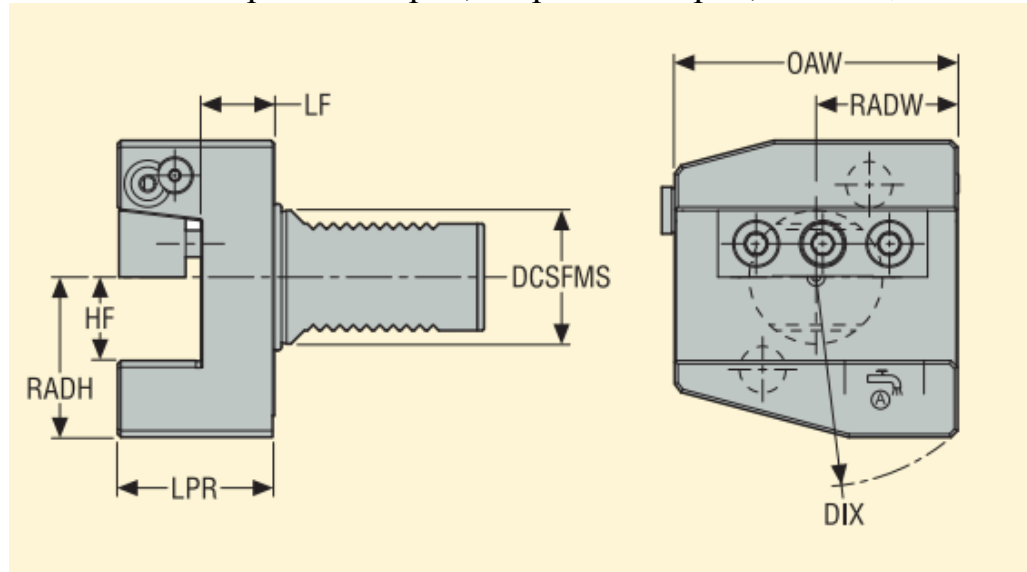


Рисунок 3.17 - Різцетримач радіальний - ASHA-R-VDI40-25-JETI [1, с.407]

Геометричні параметри: DCSFMS=40мм, DIX=128мм, RADW=43мм, OAW=85мм, RADH=48мм, HF=25мм, LF=22мм, LPR=47мм.

2) Позиції: 14,15. Операція фрезерувальна:

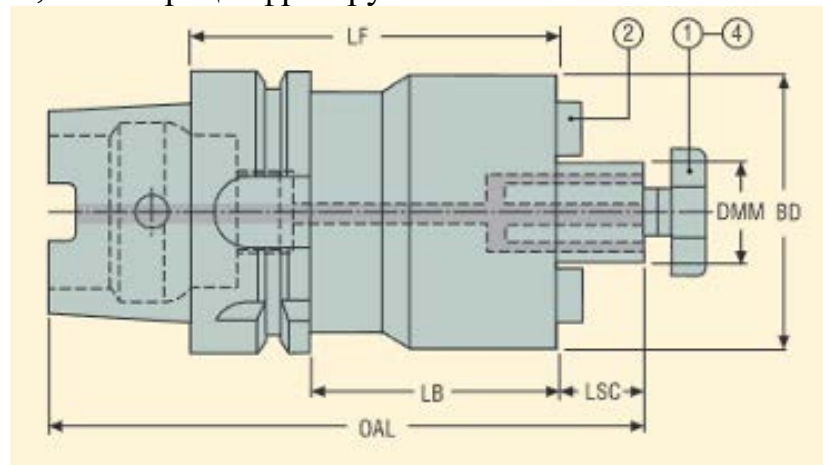


Рисунок 3.18 - Тримач для торцевих фрез HSKA63-SM22-100-L1[7, ст.23]

Геометричні параметри: LF=100мм; BD=48мм; OAL=151мм; LB=74мм; LSC=19мм;

					КНУ.КБР.131.26.1-18.03.ВРДІ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

3) Позиція 16 – операція свердлильна:

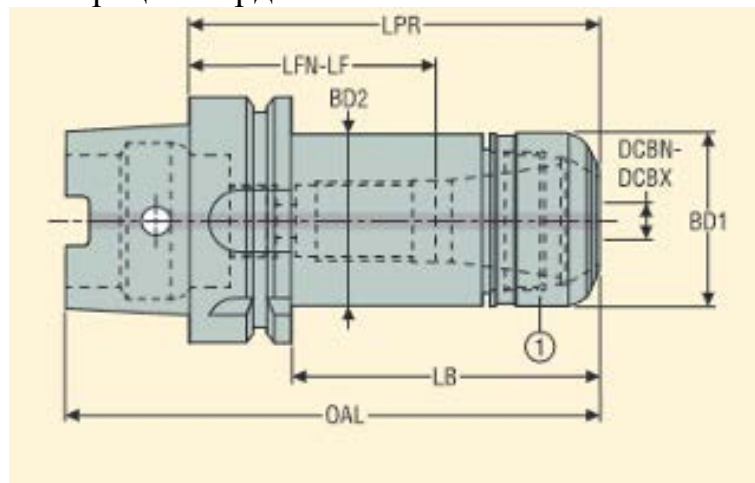


Рисунок 3.19 – Цанговий патрон для свердла E930456721660 [7, с.102]

Геометричні параметри: DCBN–DCBX: 0,5–10,0 мм; LPR: 60 мм; BD1: 30 мм; BD2: 30 мм; OAL: 92 мм; LB: 34 мм; LFN–LF*: 29–30 мм.

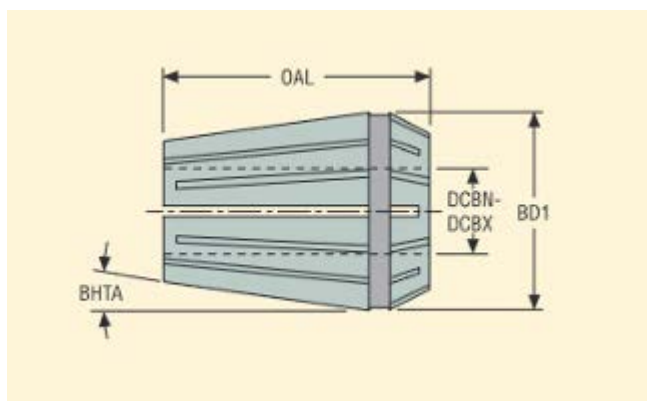


Рисунок 3.20 – Цанга 56721608 [7, с.322]

Геометричні параметри: DCBN-DCBX=8мм; BD1=17мм; OAL=27,5мм;

4) Позиція 17 – операція свердлильна:

Цанговий патрон для свердла Цанговий патрон для свердла E930456721660 (рисунок 3.19)

Цанга 56721608 (рисунок 3.20)

5) Позиція 18 – операція свердлильна:

Цанговий патрон для свердла E9304567225100 (рисунок 3.19)

Геометричні параметри: DCBN–DCBX: 1,0–16,0 мм; HP=25мм; LPR=100 мм; BD1= 40 мм; BD2= 40 мм; OAL=132 мм; LB=74 мм; LFN–LF*: 44,0–62,0 мм.

Цанга 56722516 (рисунок 3.20)

Геометричні параметри: DCBN-DCBX=16мм; BD1=26мм; OAL=34мм;

					КНУ.КБР.131.26.1-18.03.ВРДІ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

6) Позиція 18 – нарізання різі:

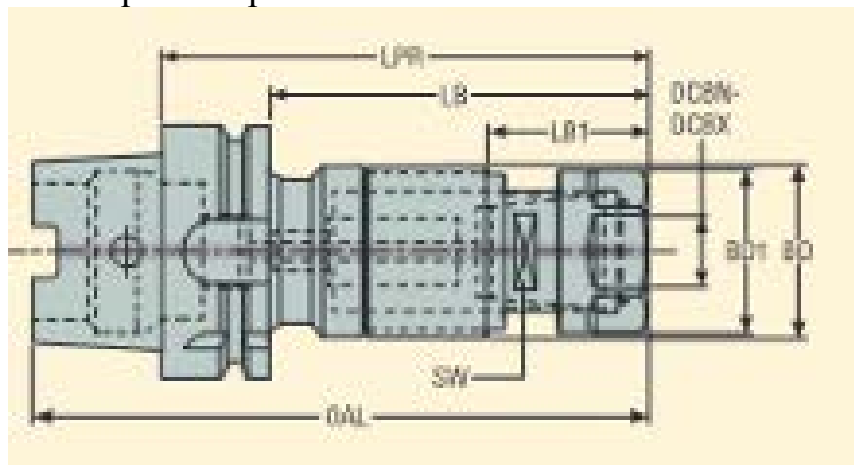


Рисунок 3.21 – Мітчиковий патрон E9304586725128 [7, с.108]

Геометричні параметри: LPR=122,5 мм; LB= 96,5 мм; LB1= 37,1 мм; BD= 44 мм; BD1= 42 мм; OAL= 154,4 мм; SW= 28 мм; діапазон зажиму = M8÷M20;

7) Позиція 19 – операція зенкування:

Цанговий патрон для зенківки E930456721660 (рисунок 3.19)

Геометричні параметри: DCBN–DCBX: 0,5–10,0 мм; LPR: 60 мм; BD1: 30 мм; BD2: 30 мм; OAL: 92 мм; LB: 34 мм; LFN–LF*: 29–30 мм.

Цанга 56721610 (рисунок 3.20)

Геометричні параметри: DCBN–DCBX=10мм; BD1=17мм; OAL=27,5мм;

8) Позиція 20 – операція зенкування:

Цанговий патрон для зенківки E930456721660 (рисунок 3.19)

Геометричні параметри: DCBN–DCBX: 0,5–10,0 мм; LPR: 60 мм; BD1: 30 мм; BD2: 30 мм; OAL: 92 мм; LB: 34 мм; LFN–LF*: 29–30 мм.

Цанга 56721608 (рисунок 3.20)

Геометричні параметри: DCBN–DCBX=8мм; BD1=17мм; OAL=27,5мм;

9) Позиція 18 та 19 – операція сверління та зенкування:

Цанговий патрон для свердла-зенківки E9304567232100 (рисунок 3.19)

Геометричні параметри: DCBN–DCBX: 2,0–20,0 мм; HP=32мм; LPR=100 мм; BD1= 50 мм; BD2= 40 мм; OAL=132 мм; LB=74 мм; LFN–LF*: 44,0–48,0 мм.

Цанга 56723218 (рисунок 3.20)

Геометричні параметри: DCBN–DCBX=18мм; BD1=33мм; OAL=40мм;

					КНУ.КБР.131.26.1-18.03.ВРДІ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

4 ПРОЄКТУВАННЯ 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 - сверла-зенківки.

Вихідні дані:

Матеріал заготовки: 45Х

Твердість: $\sigma_B=1030\text{МПа}$

Стан поверхні: після механічної обробки

Діаметр отвору до обробки: $\varnothing 8\text{H}12$

Діаметр отвору після обробки: $\varnothing 14,5\text{H}12$

Довжина отвору: 37мм

Розміри фаски: $3\times 60^\circ$

Шорсткість поверхні: Ra 6,3

Верстат: 2Н150

Стан верстата: Задовільний

Тип виробництва: Серійне

Заготівка закріплюється в пристрої. Матеріал робочої частини свердла та зенківки - Р6М5 за ДСТУ 9073:2021, матеріал хвостовика - сталь 40Х. Виготовляти Свердло-зенківку повністю з інструментального матеріалу недоцільно, тому для зниження собівартості інструменту хвостова частина виготовляється з дешевшої конструкційної сталі. Вибір матеріалу ріжучої частини зумовлений видом оброблюваного матеріалу та необхідною точністю обробленої поверхні.

1. Визначаємо наружній діаметр свердла D.

Для свердління отвору діаметром $d=14,5$ мм приймаємо діаметр свердла рівним $D=14,5$ мм ДСТУ ГОСТ 10902:2008 [8, с.145 т.41]

Для зняття фаски $s=3\times 60^\circ$ приймаємо діаметр зенківки рівним $D=18$ мм ДСТУ ГОСТ 14953-80/DIN335 [8, с.154 т.47]

					КНУ.КБР.131.26.1-18.04.ПІАР			
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата				
Розроб.	Лазарев				Проектування та інженерний аналіз різального інструмента	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Бондар							
						Кафедра ТМ гр. ПМ-22		
Н. контр.	Нечасв							
Затверд.	Рязанцев							

2. Визначаємо розрахункову швидкість [9. с.168]

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot S^y} \quad (4.1)$$

Сверління

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot S^y} = \frac{9,8 \cdot 14,5^{0,4} \cdot 0,75}{45^{0,2} \cdot 0,4^{0,5}} = 15,81 \text{ м/хв}$$

D=14,5мм – діаметр інструмента

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv} = 0,75 \cdot 1 \cdot 1 = 0,75 \quad (4.2)$$

Kv – поправочний коефіцієнт [8, с.276]

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{nv} = \left(\frac{750}{1030} \right)^{0,9} = 0,75; \quad (4.3)$$

nv=0,9; Kr = 1; [8.с262.т.1-2].

Kuv = 1 [8.с263.т.6].

Klv = 1 [8.с280.т.31].

T=45 хв – період стійкості інструмента [8. с280 т.30]

S=0,4 мм/об [8. с277 т.25]

Cv=9,8; q=0,4; m=0,2; y=0,5 [8.с.278.т.28]

Зенкування

$$V_{расч} = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot S^y \cdot t^x} = \frac{16,3 \cdot 18^{0,3} \cdot 0,75}{30^{0,3} \cdot 0,7^{0,5} \cdot 0,75^{0,2}} = 13,28 \frac{\text{м}}{\text{хв}} \quad (4.4)$$

D=18 – діаметр інструмента

Kv = Kmv · Kuv · Klв = 0,75 · 1 · 1 = 0,75 – поправочний коефіцієнт [8, с.276]

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{nv} = 1 \left(\frac{750}{1030} \right)^{0,9} = 0,75;$$

nv=0,9; Kr = 1; [8.с262.т.1-2].

Kuv = 1 [8.с263.т.6].

Klv = 1 [8.с280.т.31].

T=30 хв – період стійкості інструмента [8. с280 т.30]

S=0,7 мм/об [8. с277 т.25]

Cv=16,3; q=0,3; m=0,3; y=0,5; x=0,2 [8. с.279.т.29].

$$t = 0,5(D - d) = 0,5(18 - 14,5) = 1,75 \text{ мм} - \text{глибина різання}; \quad (4.5)$$

3. Визначаємо частоту оберту шпинделя n, об/хв [9. с.169]

Сверління

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{3,14 \cdot D} = \frac{1000 \cdot 15,81}{3,14 \cdot 14,5} = 347 \frac{\text{об}}{\text{хв}} \quad (4.6)$$

					КНУ.КБР.131.26.1-18.04.ПІАР	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Зенкування

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{3,14 \cdot D} = \frac{1000 \cdot 13,28}{3,14 \cdot 18} = 234 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Обираємо лімітуючу частоту оберту $n_p = 234$ об/мин, корегуємо по паспорту станка $n_d = 250$ об/мин

4. Визначаємо дійсну швидкість різання $V_{\text{дійс.}}, \text{м/хв}$ [9. с. 170]

Сверління

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_c}{1000} = \frac{\pi \cdot 14,5 \cdot 250}{1000} = 11,38 \frac{\text{м}}{\text{хв}}. \quad (4.7)$$

Зенкування

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000} = \frac{\pi \cdot 18 \cdot 250}{1000} = 14,13 \frac{\text{м}}{\text{хв}}.$$

5. Визначаємо осьову силу різання $P_0, \text{Н}$ [8. с. 277]

Обираємо лімітуючу подачу $S=0,4$ мм/об

Сверління

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 14,5^1 \cdot 0,4^{0,7} \cdot 1,27 = 6593,6 \text{ Н} \quad (4.8)$$

$C_p=68; q=1; y=0,7; [8. \text{ с.} 281 \text{ т.} 32]$

$$K_p = K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{1030}{750}\right)^{0,75} = 1,27 \quad (4.9)$$

K_p – поправочний коефіцієнт [8. с. 264 т. 9]

Зенкування

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot t_x \cdot S_y \cdot K_p = 10 \cdot 67 \cdot 1,75^1 \cdot 0,4^{0,65} \cdot 1,27 = 820,83 \text{ Н} \quad (4.10)$$

$C_p=67; x=1,2; y=0,65; [8. \text{ с.} 281 \text{ т.} 32]$

$$K_p = K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{1030}{750}\right)^{0,75} = 1,27$$

K_p – поправочний коефіцієнт [8. с. 264 т. 9]

6. Визначаємо крутний момент $M_{\text{кр}}, \text{Н} \cdot \text{м}$ [8. с. 277]

Сверління

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad (4.11)$$

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 14,5^2 \cdot 0,4^{0,8} \cdot 1,27 = 44,26 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

					КНУ.КБР.131.26.1-18.04.ПІАР	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

$C_m=0,0345$; $q=2$; $y=0,8$; [8. с.281 т.32]

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{1030}{750}\right)^{0,75} = 1,27$$

Зенкування

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p \quad (4.12)$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,09 \cdot 18^1 \cdot 1,75^{0,9} \cdot 0,4^{0,8} \cdot 1,27 = 16,36 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$C_m=0,09$; $q=1$; $x=0,9$; $y=0,8$; [8. с.281 т.32]

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{1030}{750}\right)^{0,75} = 1,27$$

7. Визначаємо потужність різання [9. с. 170]

Сверління

$$N_p = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{44,26 \cdot 250}{9750} = 1,1 \text{ кВт} \quad (4.13)$$

Зенкування

$$N_p = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{16,36 \cdot 250}{9750} = 0,42 \text{ кВт}$$

8. Обираємо довжину свердла-зенківки

Загальну довжину свердла-зенківки L , довжину робочої частини свердла l_1 , довжину робочої частини зенківки l_2 , довжину хвостовика l_x , довжину шийки $l_{ш}$ приймаємо згідно з ДСТУ ГОСТ 10902:2008, ДСТУ ГОСТ 12489–71 та відповідно до довжини оброблюваної поверхні.

$$L = l_1 + l_2 + l_x + l_{ш} = 30 + 26 + 80 + 3 = 139 \text{ мм.} \quad (4.14)$$

9. Обираємо геометричні і конструктивні параметри робочої частини свердла.

Форму заточування приймаємо ДПЛ (подвійна з підточкою поперечної кромки та стрічки) [8. с.151 т.43]. Кут нахилу гвинтової канавки $\omega = 30^\circ$. Кути між різальними крайками: $2\phi = 118^\circ$, $2\phi_o = 70^\circ$, $b = 2,5 \text{ мм}$. Задній кут $\alpha = 12^\circ$. Кут нахилу поперечної крайки $\psi = 55^\circ$. Розміри підточеної частини поперечної кромки: $a = 1,5 \text{ мм}$, $l = 3 \text{ мм}$. Розміри підточеної частини перемички: $h = 1,5 \text{ мм}$, $k = 2,3 \text{ мм}$ [8. с.151 т.44]..

					КНУ.КБР.131.26.1-18.04.ПІАР	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Крок гвинтової канавки:

$$H = \pi \cdot \frac{D}{tg} \omega = 3,14 \cdot \frac{14,5}{tg 30^\circ} = 78,86 \text{ мм.} \quad (4.15)$$

10. Обираємо товщину серцевини свердла [9. с.193].

$$dc = 0,14 \cdot D = 0,14 \cdot 14,5 = 2,03 \text{ мм} \quad (4.16)$$

Потовщення сердечника в напрямку до хвостовика становить 1,4–1,8 мм на кожні 100 мм довжини робочої частини свердла. Приймаємо це потовщення рівним 1,5 мм.

11. Зворотну конусність свердла (зменшення діаметра в напрямку до хвостовика) на 100 мм довжини робочої частини для свердла діаметром $D = 14,5$ мм приймаємо рівною 0,09 мм [9. с.193].

12. Ширина ленточки f_0 та висота затилку по спинці K вибираються відповідно до діаметра свердла: $f_0 = 1$ мм, $K = 0,4$ мм [9. с.194 т.63].

13. Ширина пера $B = 0,58 \cdot D = 0,58 \cdot 14,5 = 8,41$ мм [9. с.193].

14. Обираємо геометричні елементи профіля фрези для фрезерування канавок свердла за спрощеним аналітичним методом [9. с.193-194].

Більший радіус профіля

$$R_0 = C_R \cdot C_r \cdot C_\phi \cdot D \quad (4.17)$$

$$C_R = \frac{0,026 \cdot 2\phi \cdot \sqrt[3]{2\phi}}{\omega} = \frac{0,026 \cdot 118 \cdot \sqrt[3]{118}}{30} = 0,5 \quad (4.18)$$

$$C_r = \left(\frac{0,14 \cdot D}{d_c} \right)^{0,044} \quad (4.19)$$

При відношенні товщини серцевини d_c к діаметру свердла D , рівним 0,14, $C_r = 1$;

$$C_\phi = \left(\frac{13 \cdot \sqrt{D}}{D_\phi} \right)^{0,9} \quad (4.20)$$

D_ϕ – діаметр фрези.

При $D_\phi = 13 \cdot \sqrt{D}$, $C_\phi = 1$.

Тому, $R_0 = 0,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 14,5 = 7,25$ мм.

Меньший радіус профіля $R_k = C_k \cdot D$, де

					КНУ.КБР.131.26.1-18.04.ПІАР	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

$$C_k = 0,015 \cdot \omega_{0,75} = 0,015 \cdot 300,75 = 0,192. \quad (4.21)$$

Тому,

$$R_k = 0,192 \cdot 14,5 = 2,78 \text{ мм}. \quad (4.22)$$

Ширина профіля

$$B = R_0 + R_k = 7,25 + 2,78 = 10,03 \text{ мм}. \quad (4.23)$$

15. Установлюємо основні технічні вимоги та допуски на розміри свердла.

Граничні відхилення діаметра свердла $D = 14,5h9_{(-0,036 \text{ мм})}$. Допуск на загальну довжину та довжину робочої частини свердла дорівнює подвоєному допуску за 14-м квалітетом із симетричним розташуванням граничних відхилень згідно з ДСТУ ISO 286-1-2002. Радіальне биття робочої частини свердла відносно осі хвостовика не повинно перевищувати 0,15 мм.

Кути: $2\phi = 118^\circ \pm 2^\circ$; $2\phi_0 = 70^{+5^\circ}$. Кут нахилу гвинтової канавки $\omega = 30^\circ_{-2^\circ}$.

Граничні відхилення розмірів підточки перемички ріжучої частини свердла: +0,5 мм. Твердість робочої частини свердла - 63–66 HRC_э, у лапці хвостовика свердла - 32–46,5 HRC_э.

16. Визначаємо геометричні та конструктивні параметри ріжучої частини зенківки [8. с.153 т. 47].

Діаметр зенківки $D = 18 \text{ мм}$

Задній кут на головній ріжучій кромці - $\alpha = 12^\circ$

Кут при вершині - $2\phi = 60^\circ$

Кількість зубців - 8

Довжину робочої частини зенківки $l_2 = 26 \text{ мм}$

Побудуємо 3D-модель сверла-зенківки за допомогою програми SOLIDWORKS згідно розрахованих раніше даних для проведення інженерного аналізу.

					КНУ.КБР.131.26.1-18.04.ПІАР	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		



Рисунок 4.1 – Змодельоване Свердло-зенківка

4.2. Інженерний аналіз спеціального різального інструменту

Метою інженерного аналізу є перевірка працездатності спеціального різального інструменту - сверла-зенківки - в умовах дії робочих навантажень та визначення його напружено-деформованого стану при виконанні операцій свердління і зенкування. Розрахунок виконувався в програмному середовищі SOLIDWORKS Simulation на основі попередньо побудованої тривимірної моделі інструменту. Робоча частина інструменту приймалась із сталі Р6М5, хвостовик - зі сталі 40Х.

На першому етапі було побудовано скінченно-елементну сітку моделі сверла-зенківки та виконано перевірку її якості за критерієм Якобіана.

					КНУ.КБР.131.26.1-18.04.ПІАР	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

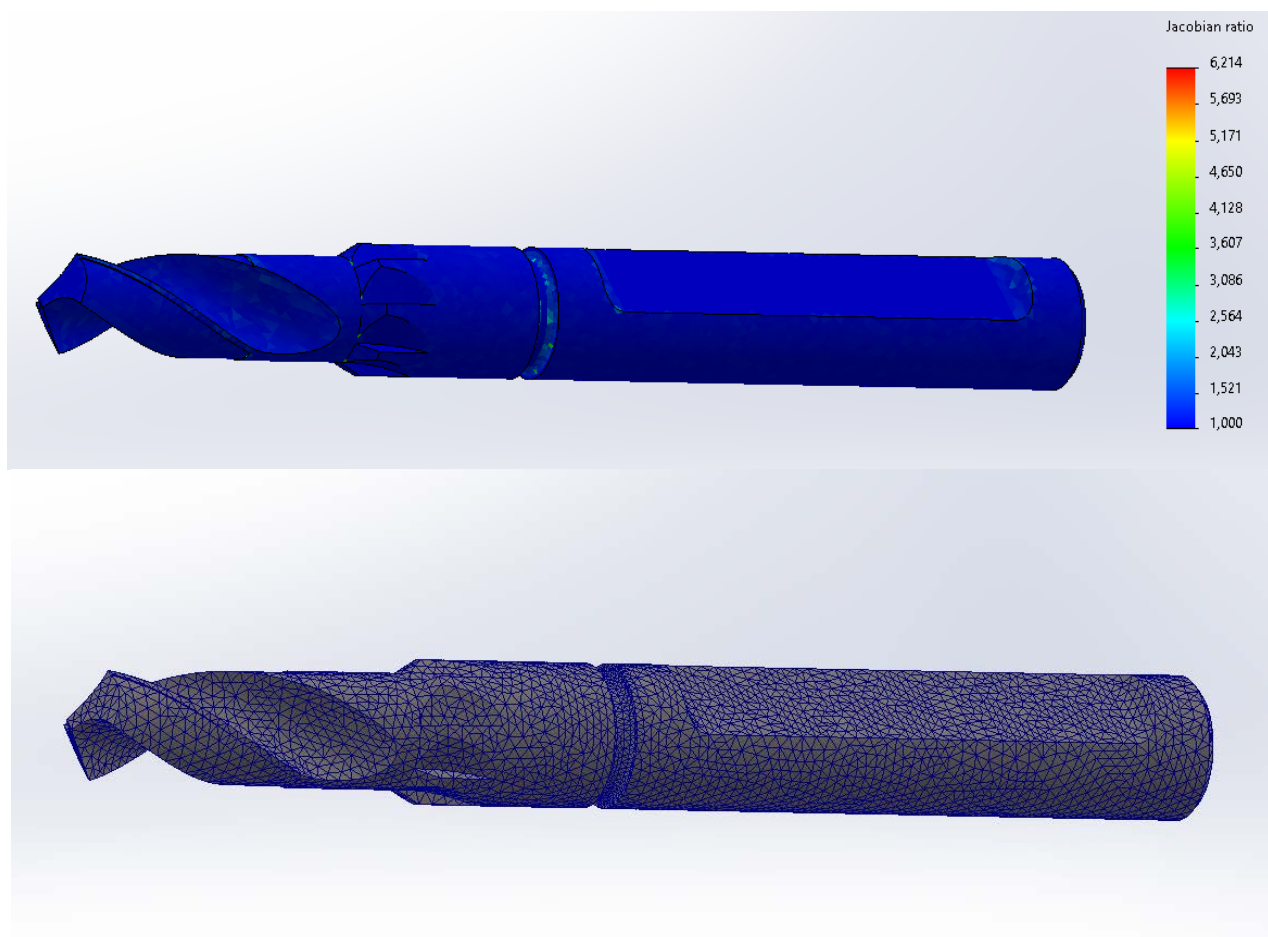


Рисунок 4.2 – Сітка кінцевих елементів моделі (а) та епюра якості сітки за критерієм Якобіана (б)

Другим етапом було визначено умови фіксації та прикладення навантажень при режимі свердління. Закріплення інструменту моделювалося по хвостовій частині, що відповідає його затиску в шпинделі верстата. До ріжучої частини інструменту було прикладено осьову силу $P_0 = 6593,6 \text{ Н}$ та крутний момент $M_{кр} = 44,26 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

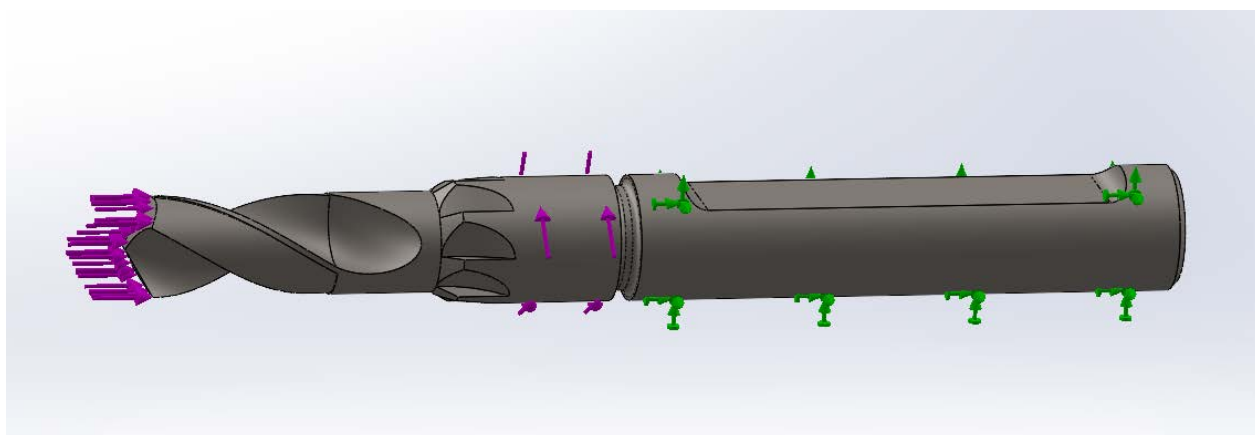


Рисунок 4.3 – Закріплення сверла-зенківки та прикладені навантаження при режимі свердління

					КНУ.КБР.131.26.1-18.04.ПІАР	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Згідно з отриманими епюрами статичного навантаження та коефіцієнта запасу міцності для режиму свердління, зображеними на рисунку 4.4, можна дійти висновку, що найбільш навантаженою є ріжуча частина інструменту в зоні вершини свердла. Максимальні еквівалентні напруження за Мізесом становлять близько $\sigma_{\text{тах}} = 554,52$ МПа, а мінімальний коефіцієнт запасу міцності становить близько $n = 2,2$, що свідчить про забезпечення міцності конструкції в даному режимі роботи.

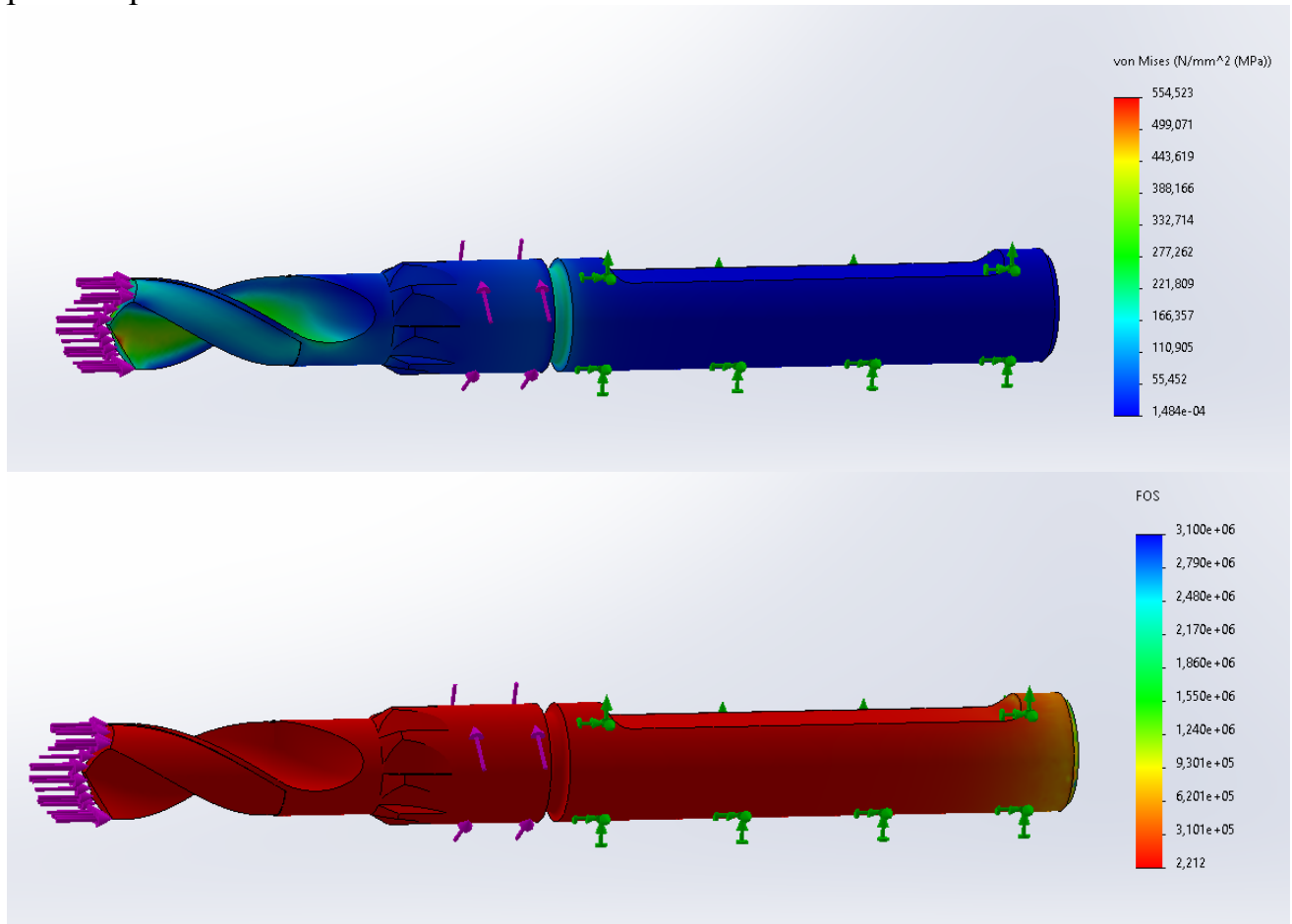


Рисунок 4.4 – Епюри статичного аналізу сверла-зенківки при режимі свердління

Для режиму зенкування було змінено схему прикладення навантаження відповідно до роботи зенкувальної частини інструменту. До робочих поверхонь зенківки прикладено осьову силу $P_0 = 820,83$ Н та крутний момент $M_{\text{кр}} = 16,36$ Н·м. Закріплення інструменту при цьому залишалося аналогічним попередньому розрахунковому випадку.

					КНУ.КБР.131.26.1-18.04.ПІАР	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

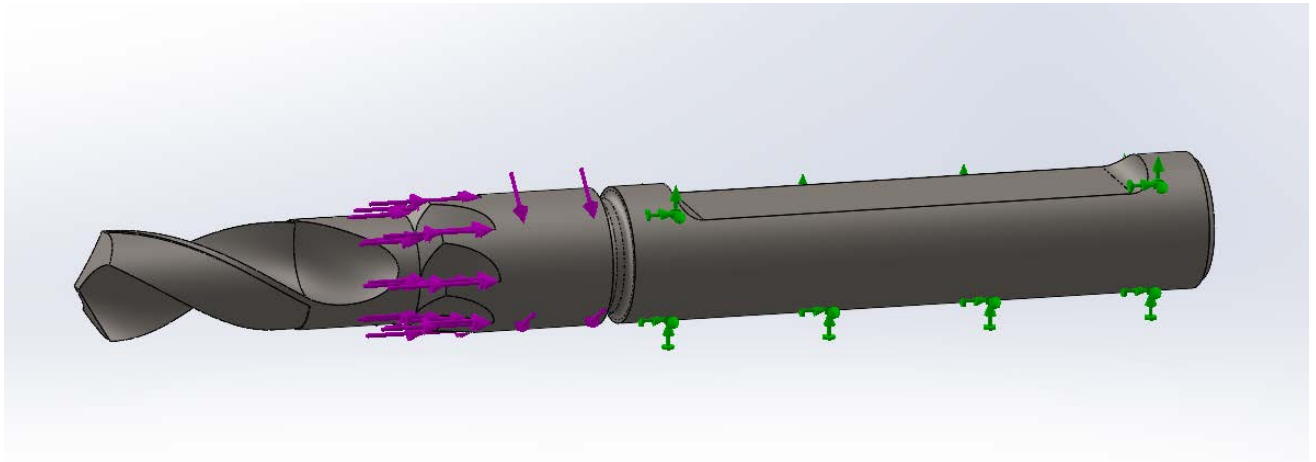


Рисунок 4.5 – Закріплення сверла-зенківки та прикладені навантаження при режимі зенкування

Згідно з отриманими епюрами статичного навантаження та коефіцієнта запасу міцності для режиму зенкування, зображеними на рисунку 4.6, можна дійти висновку, що напружено-деформований стан інструменту в цьому випадку є значно менш напруженим, ніж при свердлінні. Максимальні еквівалентні напруження становлять близько $\sigma_{\max} = 69,15$ МПа, а мінімальний коефіцієнт запасу міцності становить близько $n = 6,65$, що підтверджує достатню міцність і жорсткість інструменту при виконанні операції зенкування.

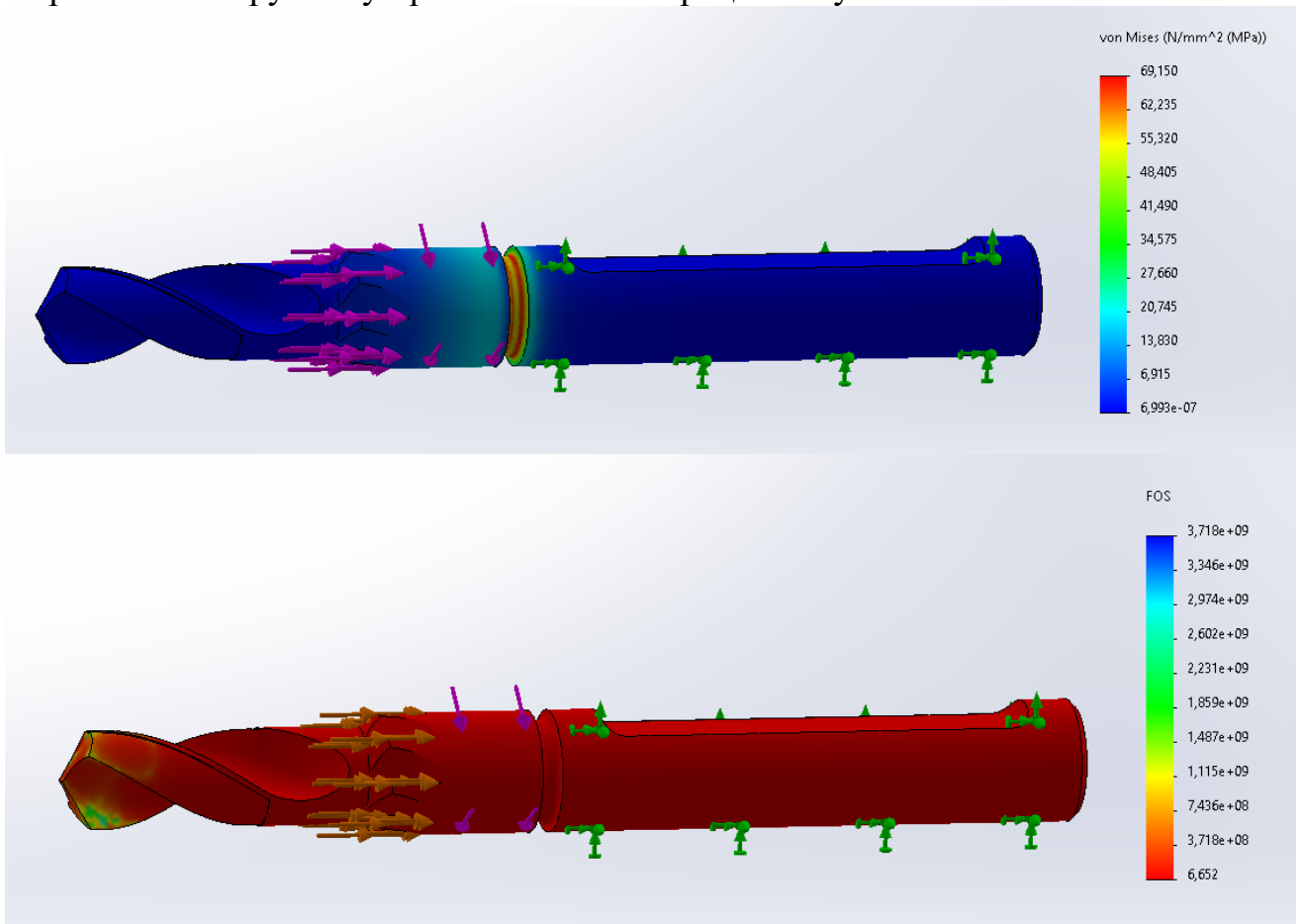


Рисунок 4.6 – Епюри статичного аналізу сверла-зенківки при режимі зенкування

					КНУ.КБР.131.26.1-18.04.ПІАР	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Порівняння результатів показало, що найбільш небезпечним для спеціального інструменту є режим свердління, оскільки саме в ньому спостерігаються найбільші значення еквівалентних напружень і найменший коефіцієнт запасу міцності. У режимі зенкування навантаження на інструмент є суттєво меншими, тому конструкція сверла-зенківки забезпечує працездатність в обох досліджених режимах обробки.

					КНУ.КБР.131.26.1-18.04.ПІАР	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

5 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

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

Моделювання та програмування механічної обробки виконувалося для операції свердління отвору з подальшим зенкуванням і нарізуванням різьби. Зміст операції полягає у свердлінні отвору діаметром 14,5 мм з наступним нарізуванням різьби М16. Як заготовку було створено модель, що відповідає деталі типу «Палець» після виконання токарної обробки та свердління наскрізного отвору діаметром 8 мм для подальшого імпорту в САМ-систему.

Для моделювання було обрано систему Autodesk FeatureCAM, оскільки вона забезпечує автоматизоване розпізнавання технологічних елементів, спрощує процес створення керуючих програм та дозволяє виконувати перевірку обробки з урахуванням кінематики верстата. Використання даної системи знижує ймовірність помилок при програмуванні та підвищує ефективність підготовки виробництва.

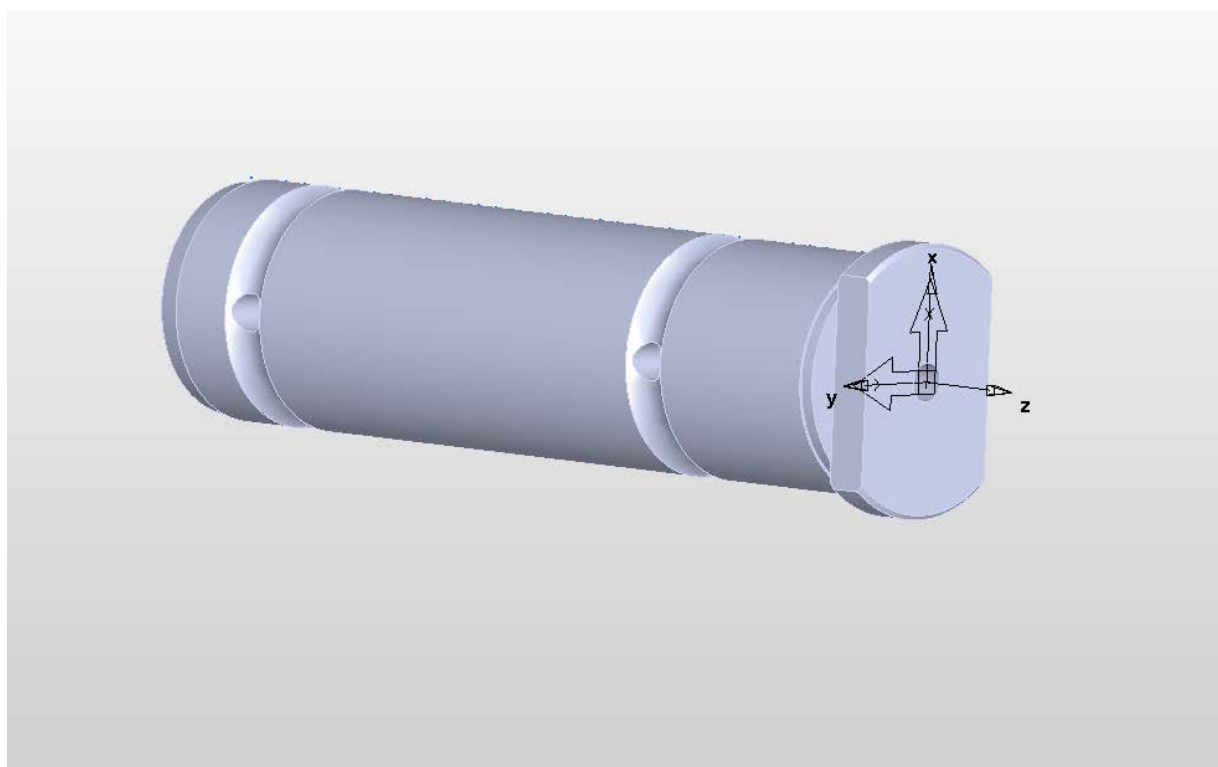


Рисунок 5.1 – Загальний вид заготовки

					КНУ.КБР.131.26.1-18.05.МПОМ						
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата	Моделювання та проєктування операцій механічної обробки				Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.	Лазарев										
Перевір.	Бондар										
									Кафедра ТМ гр. ПМ-22		
Н. контр.	Нечаєв										
Затверд.	Рязанцев										

При програмуванні обробки було обрано зручну систему координат із нульовою точкою, розташованою на торцевій поверхні заготовки по осі отвору. Такий вибір спрощує програмування, забезпечує симетричність обробки та зменшує ймовірність похибок при встановленні деталі на верстаті.

5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм

Керуюча програма являє собою впорядковану послідовність команд, що включає підготовчі (G-коди) та допоміжні (M-коди). Її структура передбачає задання системи координат, підведення інструменту до зони обробки, виконання основних робочих переміщень, відведення інструменту та завершення циклу обробки. Така побудова програми забезпечує чітку організацію процесу та безпечне функціонування верстата. Така структура забезпечує логічну послідовність обробки та безпечну роботу обладнання.

Моделювання процесу обробки та перевірку керуючої програми здійснено в програмному середовищі Autodesk FeatureCAM. До системи було імпортовано модель заготовки (рисунок 5.1), після чого створено новий елемент «Свердління». Параметри цього елемента наведено на рисунку 5.2.

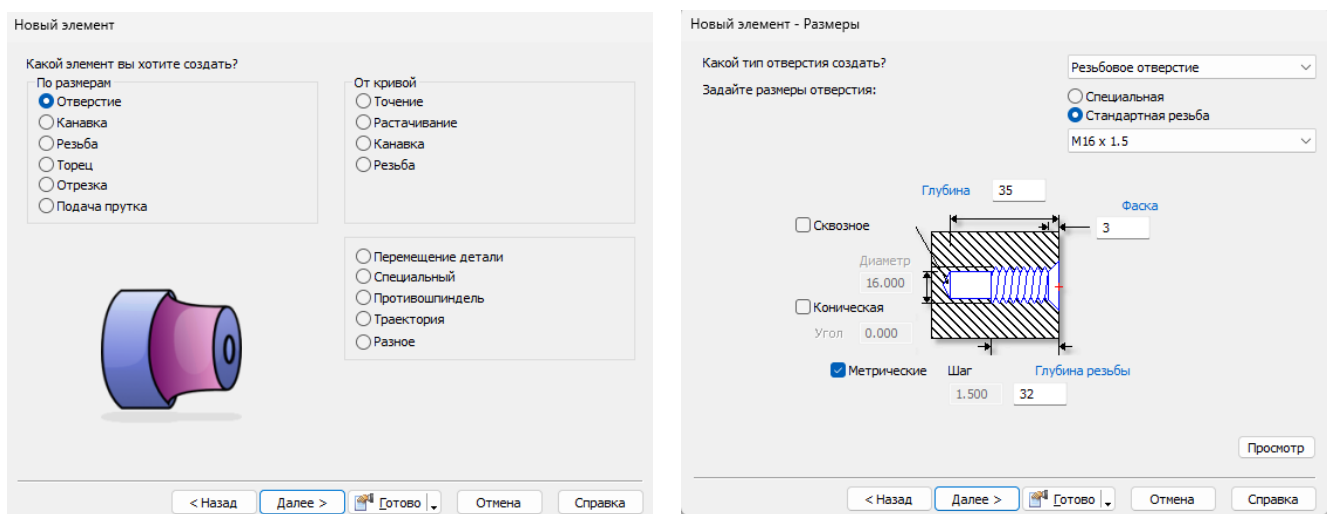


Рисунок 5.2 – Вибір елемента «Сверління» та його налаштування

					КНУ.КБР.131.26.1-18.05.МПОМ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

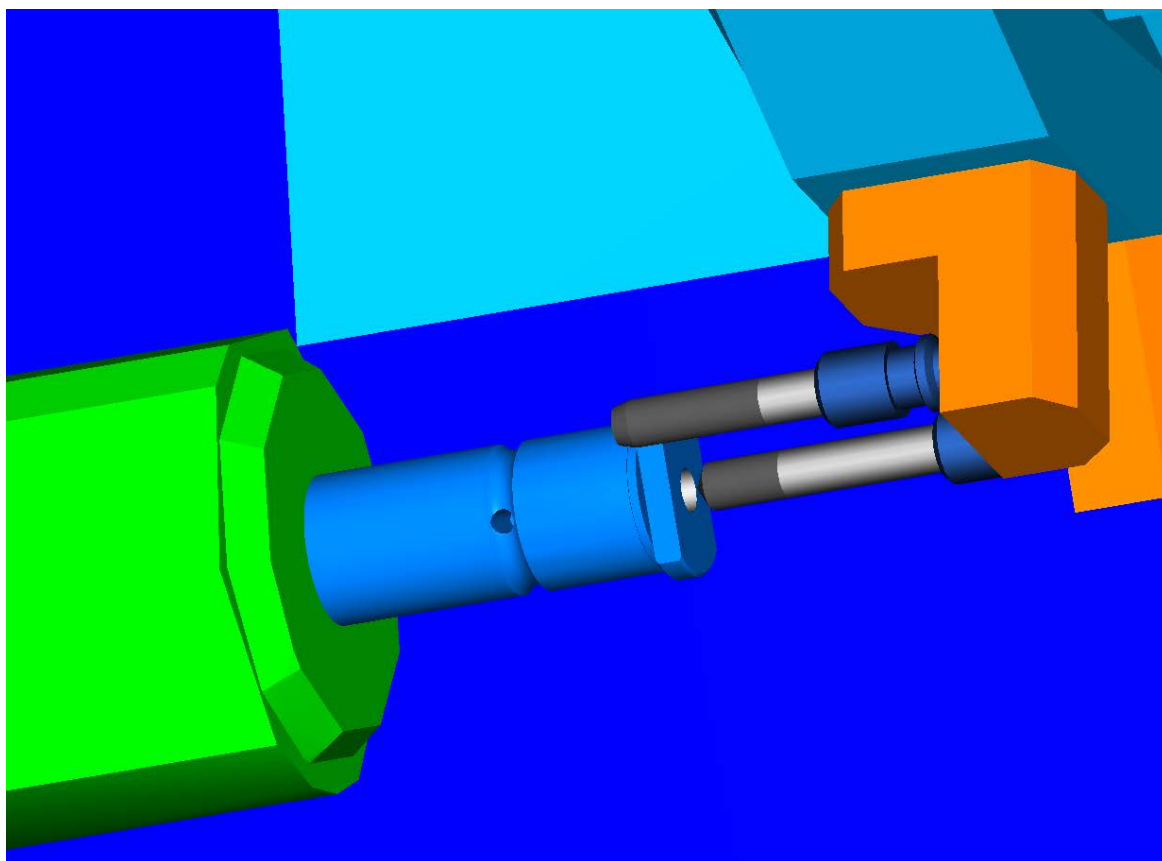


Рисунок 5.3 – Процес симуляції обробки отвору на верстаті

У процесі моделювання було виконано перевірку на наявність колізій між інструментом, заготовкою та елементами верстата. За результатами симуляції зіткнень не виявлено, що підтверджує коректність обраної стратегії обробки та безпечність виконання операції.

					КНУ.КБР.131.26.1-18.05.МПOM	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

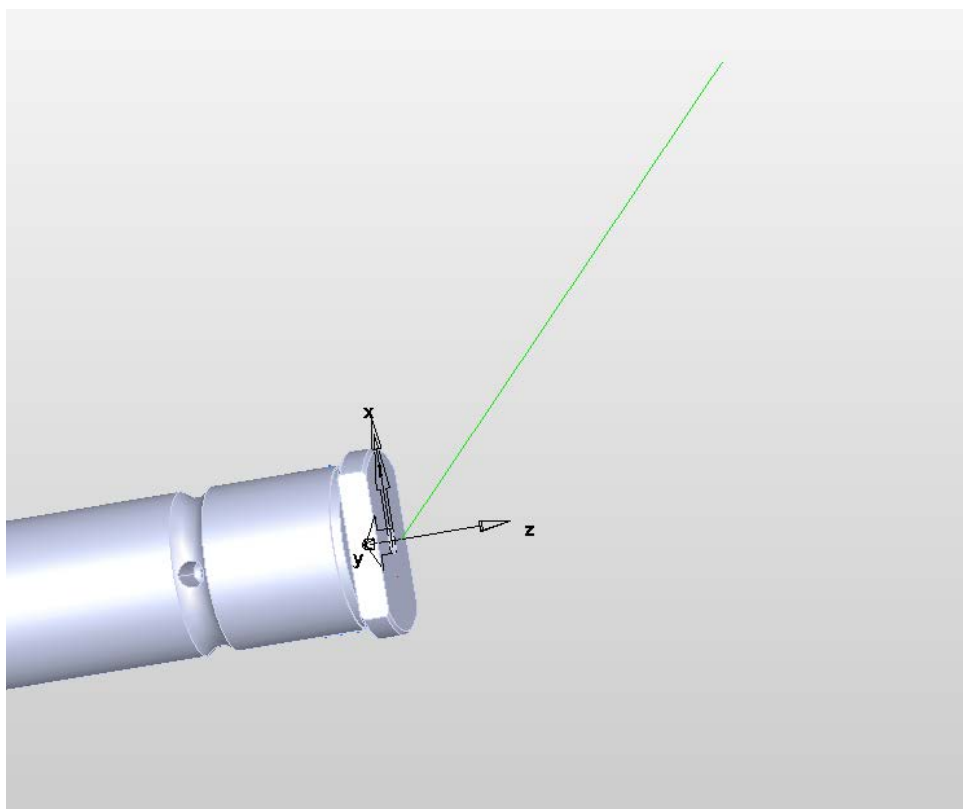


Рисунок 5.4 – Загальний вигляд траєкторії переміщення інструменту

Аналіз траєкторії руху інструменту показує, що переміщення виконуються з урахуванням мінімізації холостих ходів та забезпечення плавного входу інструменту в матеріал. Це дозволяє зменшити динамічні навантаження, підвищити точність обробки та продовжити термін служби інструменту.

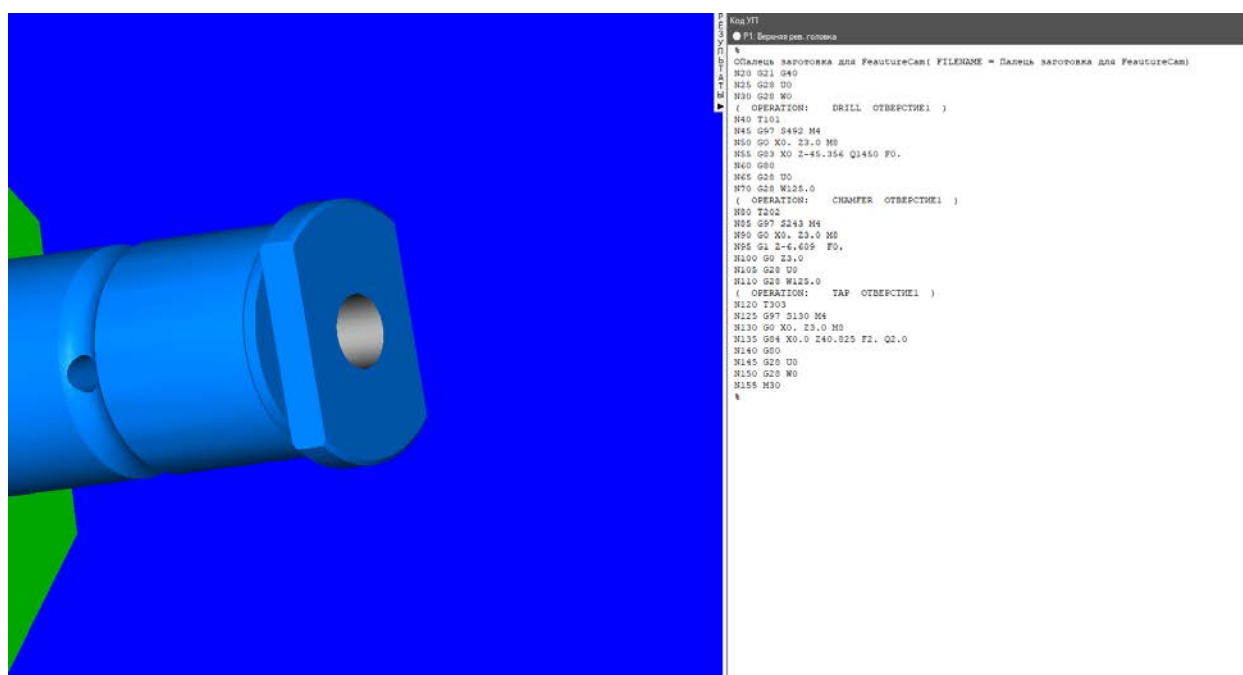


Рисунок 5.5 – Результат обробки деталі та керуюча програма

					КНУ.КБР.131.26.1-18.05.МПOM	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Отриманий результат моделювання свідчить про досягнення необхідної геометричної точності та якості поверхні оброблюваного отвору. Вибрана стратегія обробки забезпечує рівномірне зняття припуску та стабільність процесу різання.

Використання моделювання дозволяє ще на етапі підготовки виробництва виявити можливі помилки в керуючій програмі, оцінити ефективність траєкторій інструменту та уникнути браку при реальній обробці.

У результаті виконаного моделювання та програмування було розроблено керуючу програму для обробки отвору з нарізуванням різьби. Проведена симуляція підтвердила правильність вибору технологічних параметрів і відсутність помилок у траєкторії інструменту. Отримані результати можуть бути використані для безпосереднього впровадження у виробництво.

					КНУ.КБР.131.26.1-18.05.МПOM	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Охорона праці та екологія виробництва

Під час виготовлення деталі «Палець» виконуються токарні, фрезерувальні, свердлильні та шліфувальні операції, у процесі яких на працівників можуть впливати небезпечні та шкідливі виробничі фактори. До основних із них належать рухомі частини верстатів, гостра та нагріта стружка, підвищений рівень шуму, вібрація, а також мастильно-охолоджувальні рідини.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори умовно поділяються на механічні, фізичні, хімічні та психофізіологічні. До механічних відносять рухомі частини обладнання та інструменту; до фізичних - шум, вібрацію та підвищену температуру; до хімічних - вплив мастильно-охолоджувальних рідин; до психофізіологічних - перевтому та монотонність праці.

Мастильно-охолоджувальні рідини застосовуються для покращення умов різання, зниження температури інструменту та заготовки. Водночас при потраплянні на шкіру або при вдиханні аерозолів вони можуть чинити шкідливий вплив на організм працівника. Неналежне поводження з відпрацьованими МОР може призводити до забруднення навколишнього середовища.

Стружка, що утворюється в процесі механічної обробки, має гострі краї та підвищену температуру, тому є потенційно небезпечною. Її потрапляння в очі або на відкриті ділянки тіла може спричинити травмування. Прибирання стружки виконується лише після повної зупинки обладнання із застосуванням спеціальних інструментів.

У виробничому приміщенні обов'язково передбачаються засоби пожежогасіння, такі як вогнегасники, пожежні щити. Забороняється зберігання легкозаймистих матеріалів поблизу працюючого обладнання. Персонал повинен бути проінструктований щодо дій у разі виникнення пожежі.

Для зменшення впливу шкідливих виробничих факторів необхідно застосовувати засоби індивідуального захисту: захисні окуляри, рукавиці, спецодяг, а за потреби - респіратори. Важливими заходами є також дотримання правил експлуатації обладнання, використання місцевої вентиляції, своєчасне збирання та утилізація відпрацьованих МОР, а також організоване збирання металевої стружки з подальшою передачею на вторинну переробку. Реалізація цих заходів забезпечує безпечні умови праці та зменшує негативний вплив виробництва на довкілля.

					КНУ.КБР.131.26.1-18.06.ОЕПВ			
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата				
Розроб.	Лазарев				Організаційно- економічна підготовка виробництва	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Бондар							
						Кафедра ТМ гр. ПМ-22		
Н. контр.	Нечасв							
Затверд.	Рязанцев							

Робоче місце оператора повинно бути організоване відповідно до ергономічних вимог. Обладнання розташовується таким чином, щоб забезпечити зручний доступ до органів керування та достатню видимість зони обробки. Освітлення має бути комбінованим - загальним і місцевим, що дозволяє зменшити зорове навантаження.

Особливу увагу слід приділяти електробезпеці, оскільки верстати з ЧПК живляться від електромережі. Усі металеві частини обладнання повинні бути заземлені, а електрообладнання - справним і таким, що проходить регулярні перевірки. Робота на несправному обладнанні забороняється.

З метою зменшення негативного впливу на довкілля доцільно впроваджувати ресурсозберігаючі технології, зокрема повторне використання МОР після очищення. Металева стружка підлягає сортуванню та подальшій вторинній переробці. Також ефективним є використання сучасних екологічно безпечних МОР зі зниженим рівнем токсичності та здатністю до біологічного розкладу.

6.2 Оцінка техніко-економічної ефективності вибору токарного обладнання

Оцінка техніко-економічної ефективності виконана методом порівняльного аналізу базового та нового варіантів токарного обладнання при виконанні токарних операцій у технологічному процесі виготовлення деталі «Палець». У базовому варіанті розглянуто верстати 16A20Ф3, 16K20Ф3С5 та 1В340Ф30, а як новий варіант прийнято токарний верстат з ЧПК ЕМСО Maxxturn 95.

Порівняння варіантів здійснено за критеріями мінімізації витрат та максимізації ефективності виробництва. Основними показниками оцінки є собівартість обробки деталі, річні експлуатаційні витрати та економічний ефект від впровадження нового обладнання.

Під час розрахунків враховано штучний час обробки деталі, час налагодження обладнання, витрати на оплату праці, витрати на розробку керуючих програм, поточні витрати на експлуатацію обладнання та капітальні вкладення. Розрахунки виконано за допомогою табличного процесора Microsoft Excel, а результати подано у вигляді таблиць і розрахункових схем.

					КНУ.КБР.131.26.1-18.06.ОЕПВ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Вихідні дані				
Дані	Базовий варіант			Новий варіант
	16A20Ф3	16K20Ф3С 5	1B340Ф30	EMCO Maxxturn 95
Деталі				
Річний обсяг випуску деталей N, шт.	3000			
Кількість запусків партій деталей в рік, шт	12			
Тривалість випуску деталей Z, років	1			
Штучний час обробки деталі tшт, хв.	24	22	20	13
Час наладки верстата, хв.	35	28	24	22
Розряд:				
контролера	5			5
верстатника	4	4	4	5
наладчика	4	4	4	5
наладчика інструменту	4			5
Кількість кадрів програми, шт.	420			650
Вартість заготовки Sзаг, грн.	76,28			76,28
Середній період стійкості інструменту, хв.	45	50	55	100
Середня кількість граней пластинки, шт.	1	2	2	4
Коефіцієнт, що враховує питому вагу основного часу в штучному Kт	0,100	0,120	0,150	0,220
Вартість одного кадру ПК, грн.	7,0			8,9
Вартість розробки ПК Kпк, грн.	3000			5600
Середньочасова зарплата робітника, грн:				
верстатника Нст	30,8	31,6	32,4	36,5
наладчика Ннал	31,5	31,8	32,6	37,2
наладчика інструмента Нін	31,1			34
контролера Нк	29,8			29,8

Рисунок 6.1 – Вихідні дані до економічних розрахунків

Приведені витрати					Строк окупності										
Z_1	=	C_1	+	E_n	·	K_1	Ток	=	$(K_2$	-	$K_1)$	/	$(C_1$	-	$C_2)$
1 387 849,56		600 349,56		0,15		5 250 000,00	1,3583		6 050 000,00		5 250 000,00		600 349,56		11 385,00
Z_2	=	C_2	+	E_n	·	K_2									
918 885,00		11 385,00		0,15		6 050 000,00									
Річний економічний ефект															
E	=	Z_1	-	Z_2											
468 964,56		1 387 849,56		918885,0											

Рисунок 6.2 – Підсумок втрат та результат розрахунків

					КНУ.КБР.131.26.1-18.06.ОЕПВ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Використання верстата з ЧПК забезпечує підвищення точності обробки, зменшення впливу людського фактора та скорочення часу виконання операцій. Автоматизація процесу дозволяє знизити трудомісткість виготовлення деталі та підвищити стабільність якості продукції.

У структурі витрат значну частку становлять витрати на оплату праці, амортизацію обладнання та енергоспоживання. Застосування сучасного обладнання дозволяє оптимізувати ці витрати за рахунок підвищення продуктивності та скорочення тривалості обробки.

Отриманий економічний ефект підтверджує доцільність модернізації виробництва та впровадження сучасного обладнання. Відносно короткий строк окупності свідчить про ефективність інвестицій та можливість швидкого повернення вкладених коштів.

За результатами порівняння встановлено, що застосування токарного верстата з ЧПК ЕМСО Maxxturn 95 є економічно доцільним. Новий варіант забезпечує зниження поточних витрат і підвищення ефективності виконання токарних операцій. Річний економічний ефект від впровадження становить 174 892 грн 05 коп., а строк окупності капітальних вкладень - 2,71 року.

Таким чином, впровадження сучасних технологій та обладнання не лише покращує умови праці та зменшує негативний вплив на довкілля, але й забезпечує економічну ефективність виробництва, що є важливим фактором підвищення конкурентоспроможності підприємства.

					КНУ.КБР.131.26.1-18.06.ОЕПВ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК

У даній кваліфікаційній бакалаврській роботі було виконано конструкторсько-технологічну підготовку виготовлення деталі «Палець» та обґрунтування параметрів різального інструменту із застосуванням CAD/CAM/CAE систем. У ході роботи розроблено технологічний процес виготовлення деталі, виконано підбір стандартного та проєктування спеціального різального інструменту, проведено його інженерний аналіз, а також змодельовано процеси механічної обробки на верстатах з ЧПК.

У першому розділі наведено технічне завдання та виконано аналіз вихідного креслення деталі «Палець». Було визначено службове призначення деталі як елемента шарнірного механізму, що забезпечує з'єднання деталей та передачу навантажень у вузлі. Розглянуто конструктивні особливості деталі, умови її роботи та виконано розрахунок параметрів точності посадки $\varnothing 50H9/f9$. На основі проведених розрахунків побудовано схему полів допусків для з'єднання «отвір-палець».

У другому розділі розглянуто службове призначення деталі, обґрунтовано вибір матеріалу - сталі 45X, а також наведено властивості можливих аналогів матеріалу. Проведено аналіз поверхонь деталі та, з урахуванням вимог до точності й шорсткості, призначено технологічні методи обробки. Для виготовлення деталі підібрано сучасне металорізальне обладнання та наведено його технічні характеристики: токарний верстат з ЧПК EMCO Maxxturn 95 - для токарних операцій, фрезерний 5-осьовий верстат з ЧПК Ibmarmia ZVN STAR - для фрезерування лисок, свердління та нарізування різьби, а також круглошліфувальний верстат Tsugami серії G300F - для остаточного шліфування посадкових поверхонь. Також було розроблено маршрутно-операційну технологію механічної обробки деталі «Палець».

У третьому розділі виконано вибір ріжучих і допоміжних інструментів, необхідних для обробки деталі. Для різних операцій обробки було підібрано прохідні, підрізні та канавкові різці, свердла, фрези, мітчики та шліфувальні круги. Також виконано розрахунок конструктивних параметрів і перевірку на міцність спеціального різального інструменту. З урахуванням конструкції верстатів та параметрів інструментів підібрано допоміжне оснащення для токарних, фрезерних і свердлильних операцій.

Четвертий розділ присвячено проєктуванню та інженерному аналізу спеціального різального інструменту. У програмному середовищі SOLIDWORKS створено тривимірну модель інструменту та проведено його інженерний аналіз із використанням модуля SOLIDWORKS Simulation.

					КНУ.КБР.131.26.1-18.B			
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата				
Розроб.	Лазарев				Висновок	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Бондар							
Н. контр.	Нечасв					Кафедра ТМ гр. ПМ-22		
Затверд.	Рязанцев							

Отримані результати дозволили оцінити міцність, жорсткість і працездатність інструменту в умовах експлуатації.

У п'ятому розділі виконано моделювання та програмування операцій механічної обробки деталі «Палець». За допомогою Autodesk FeatureCAM створено траєкторії руху інструменту та виконано симуляцію процесу обробки на верстатах з ЧПК. Проведене моделювання дозволило оцінити правильність керуючих програм, приблизний час обробки та можливі ризики виникнення аварійних ситуацій під час виготовлення деталі.

Шостий розділ присвячено питанням охорони праці, екології виробництва та оцінці техніко-економічної ефективності використання сучасного обладнання з ЧПК. Проведені розрахунки підтвердили доцільність застосування запропонованих технологічних рішень у серійному виробництві. Результати виконаної роботи можуть бути використані для підвищення продуктивності, точності та якості виготовлення деталей, а також для зниження витрат на механічну обробку й удосконалення технологічних процесів у машинобудуванні.

					КНУ.КБР.131.26.1-18.В	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Токарна обробка: Кат. та техн. керівництво. SECO, 2020. 808 с.
2. Обробка отворів: Кат. та техн. керівництво. SECO, 2020. 493 с.
3. Фрезерування: Кат. та техн. керівництво. SECO, 2009. 626 с.
4. Нарізування різи: Кат. та техн. керівництво. SECO, 2020. 288 с.
5. Абразивний інструмент: Кат. та техн. керівництво. ANDRE ABRASIVE ARTICLES, 2020. 89 с.
6. ДСТУ ГОСТ 14953-80. Зенківки конічні. Технічні умови. 1982. 19с.
7. Допоміжний інструмент: Кат. та техн. керівництво. SECO, 2020. 364с.
8. Довідник технолога-машинобудівника. У 2-х т. С74 Т. 2 / Під ред. А. Г. Косилової та Р. К. Мещерякова. - 4-те вид., Перероб. та дод. - М.: Машинобудування, 1986. 495 с.
9. Нефьодов Н., Осипов К. Збірник задач і прикладів з різання металів і різального інструменту : Навч. посі б. 5-те вид. М. : "Машинобудівництво", 1990. 447 с.6
10. ДСТУ ГОСТ 10902:2008. Свердла спіральні з циліндричним хвостовиком. Середня серія. Основні розміри. 1979. 13с.

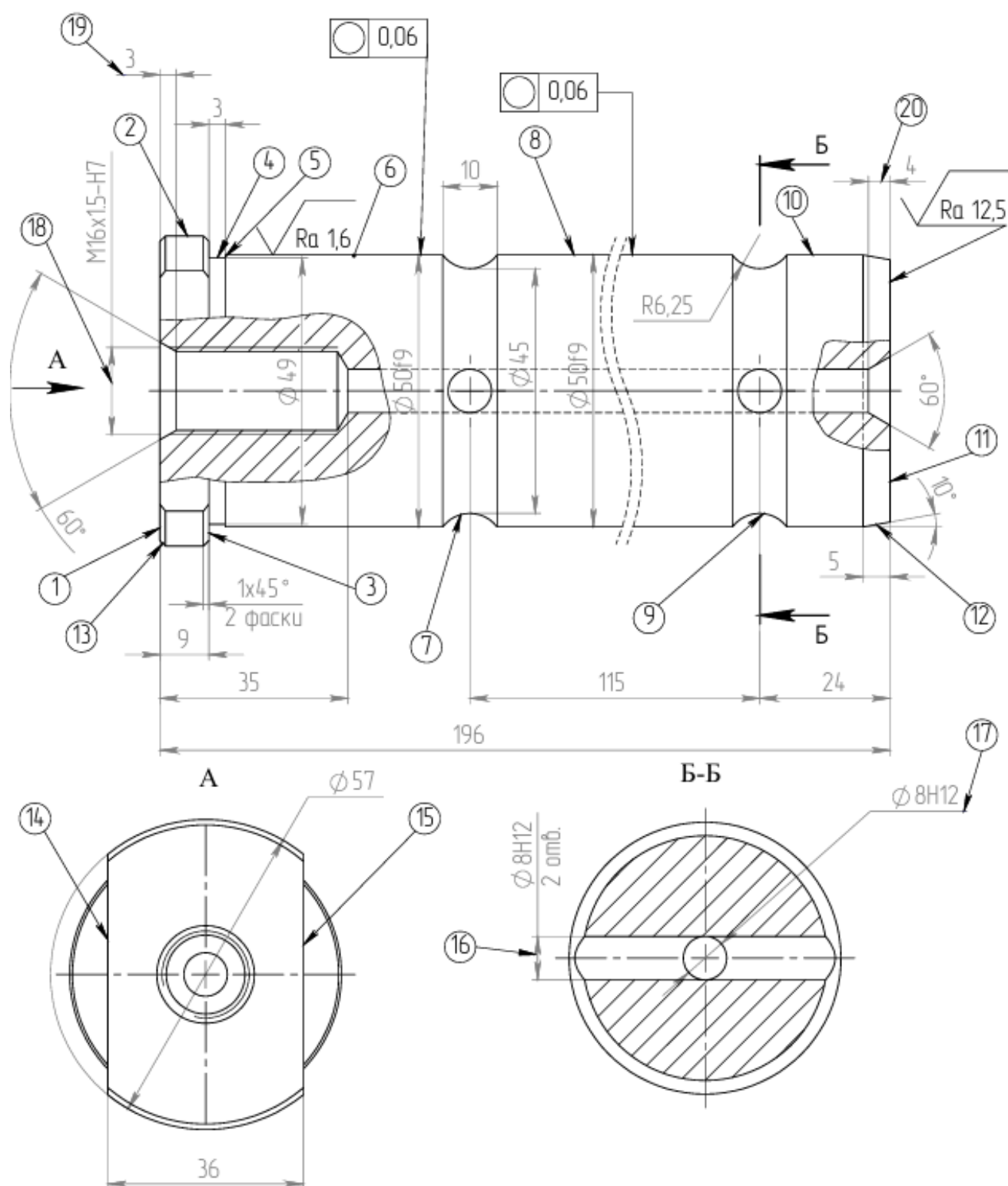
					КНУ.КБР.131.26.1-18.СВД			
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата				
Розроб.		Лазарев			Список використаних джерел	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Бондар						
Н. контр.		Нечасв				Кафедра ТМ гр. ПМ-22		
Затверд.		Рязанцев						

ДОДАТОК

					КНУ.КБР.131.26.1-18.Д			
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата	Додаток			
Розроб.	Лазарев							
Перевір.	Бондар							
Н. контр.	Нечасв							
Затверд.	Рязанцев							
					Літ.		Арк.	Аркушів
					Кафедра ТМ гр. ПМ-22			

ДОТАТОК А

Нумерація поверхонь деталі



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 «Палець» та обґрунтування параметрів різального інструменту
за допомогою CAD /CAE-систем

Виконав здобувач гр. ПМ-22

(підпис)

Максим ЛАЗАРЕВ

Керівник КБР

(підпис)

Олена БОНДАР

Нормоконтроль

(підпис)

Василь НЕЧАЄВ

Завідувач кафедри

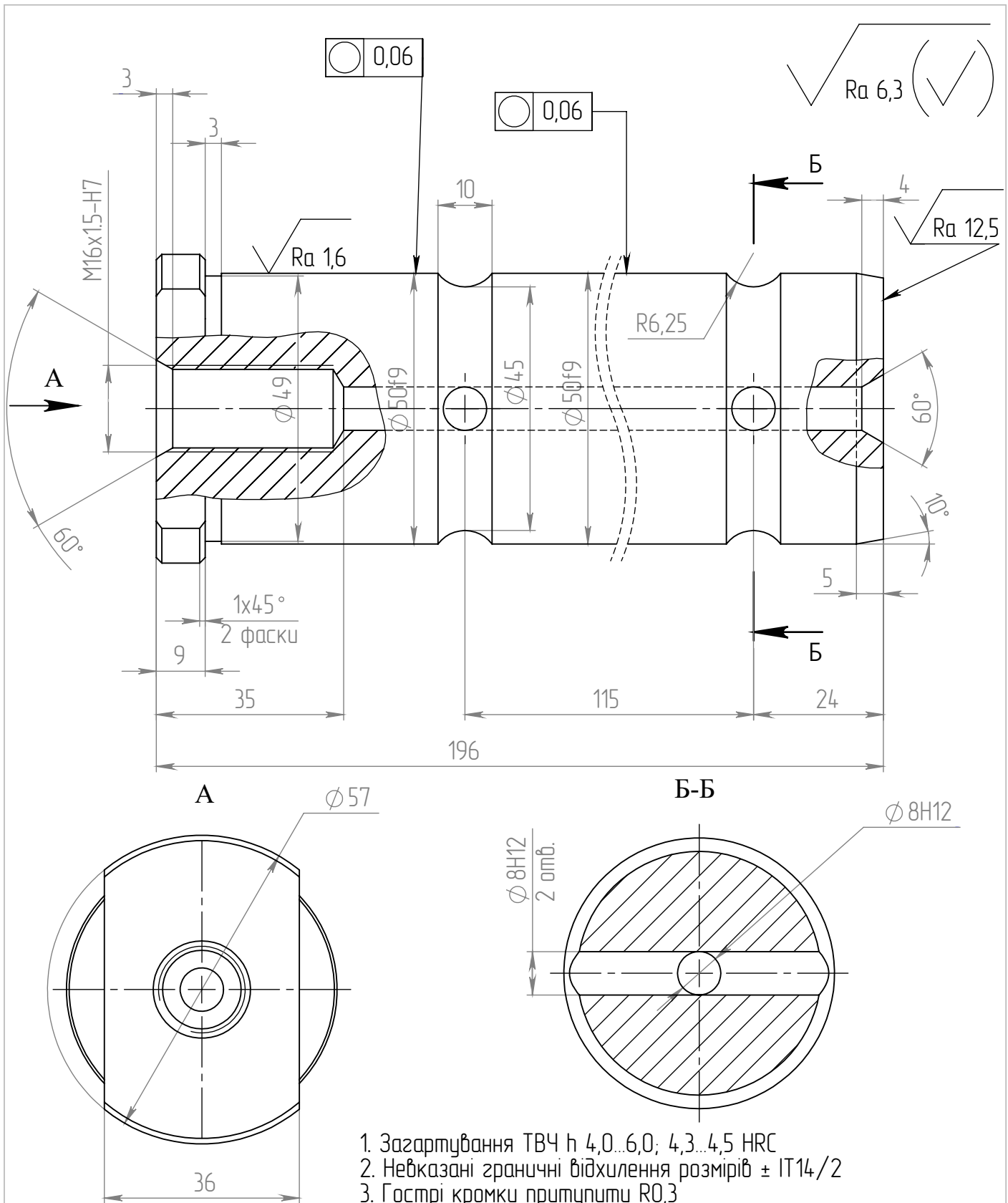
(підпис)

Антон РЯЗАНЦЕВ

Кривий Ріг
2026 р.

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	К-сть	Примітка
				Деталі		
A4		2	КНУ.КБР.131.26.1-18.П.2D.3A	Палець	1	
A1		3	КНУ.КБР.131.26.1-18.ВІН.2D.3A	Верстатно-інструментальне налагодження	1	
A3		4	КНУ.КБР.131.26.1-18.СЗ.2D.3A	Свердло-зенківка	1	
A2		5	КНУ.КБР.131.26.1-18.ІАСРІ.2D.3A	Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	1	
A3		6	КНУ.КБР.131.26.1-18.МПМО.2D.3A	Моделювання процесу механічної обробки	1	

					КНУ.КБР.131.26.1-18.ВЕДКБР		
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата	Відомість електроних документів КБР		
Розроб.	Лазарев						
Перевір.	Бондар						
Н. контр.	Нечасв						
Затверд.	Рязанцев				Кафедра ТМ гр. ПМ-22		



КНУ.КБР.131.26.18.П

Зм. Лист № докум. Підпис Дата
Розробив Лазарев
Перевірив Бондар
Т. контр

Н. контр Нечаєв
Затв Рязанцев

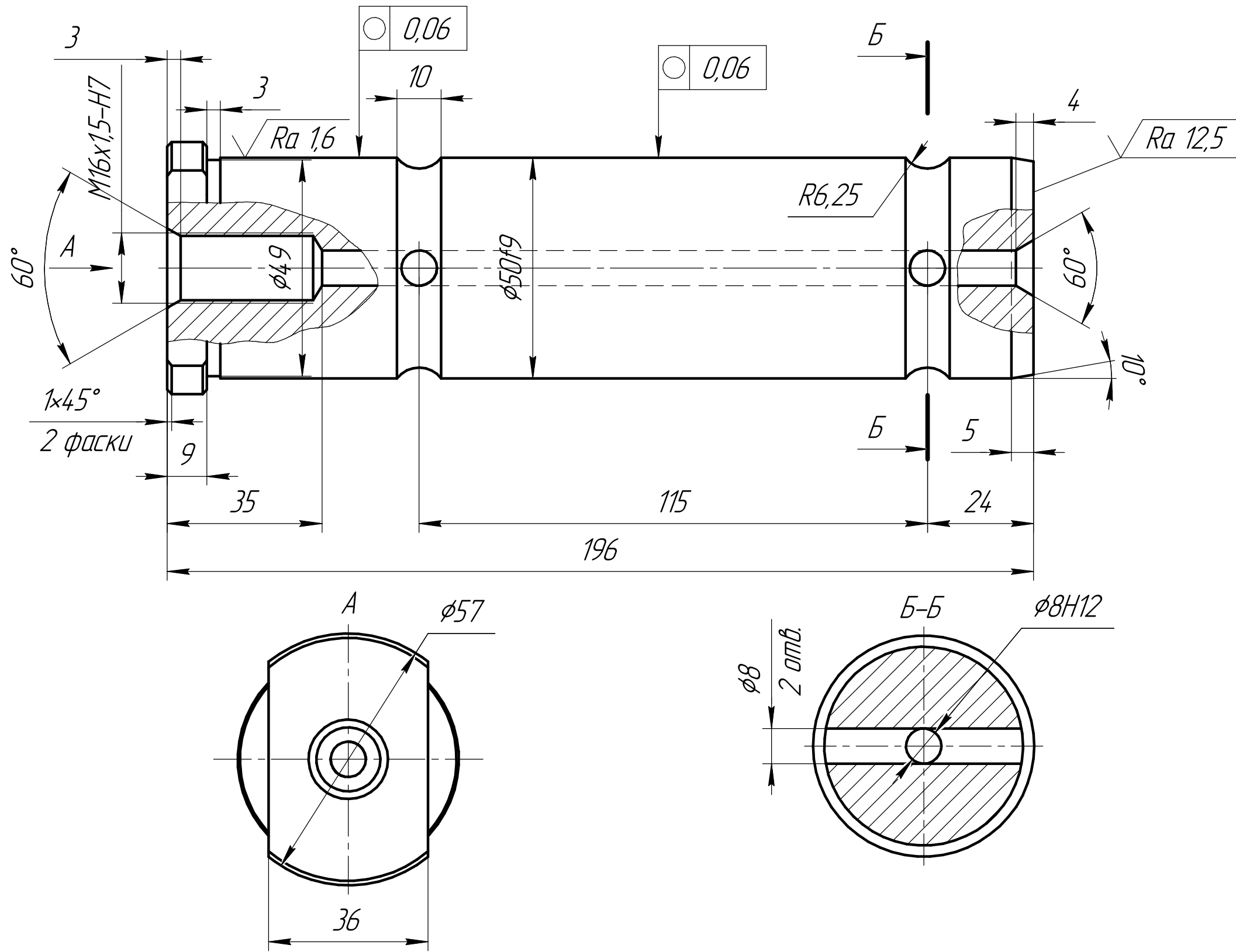
Палець

Сталь 45Х ДСТУ7806:2015

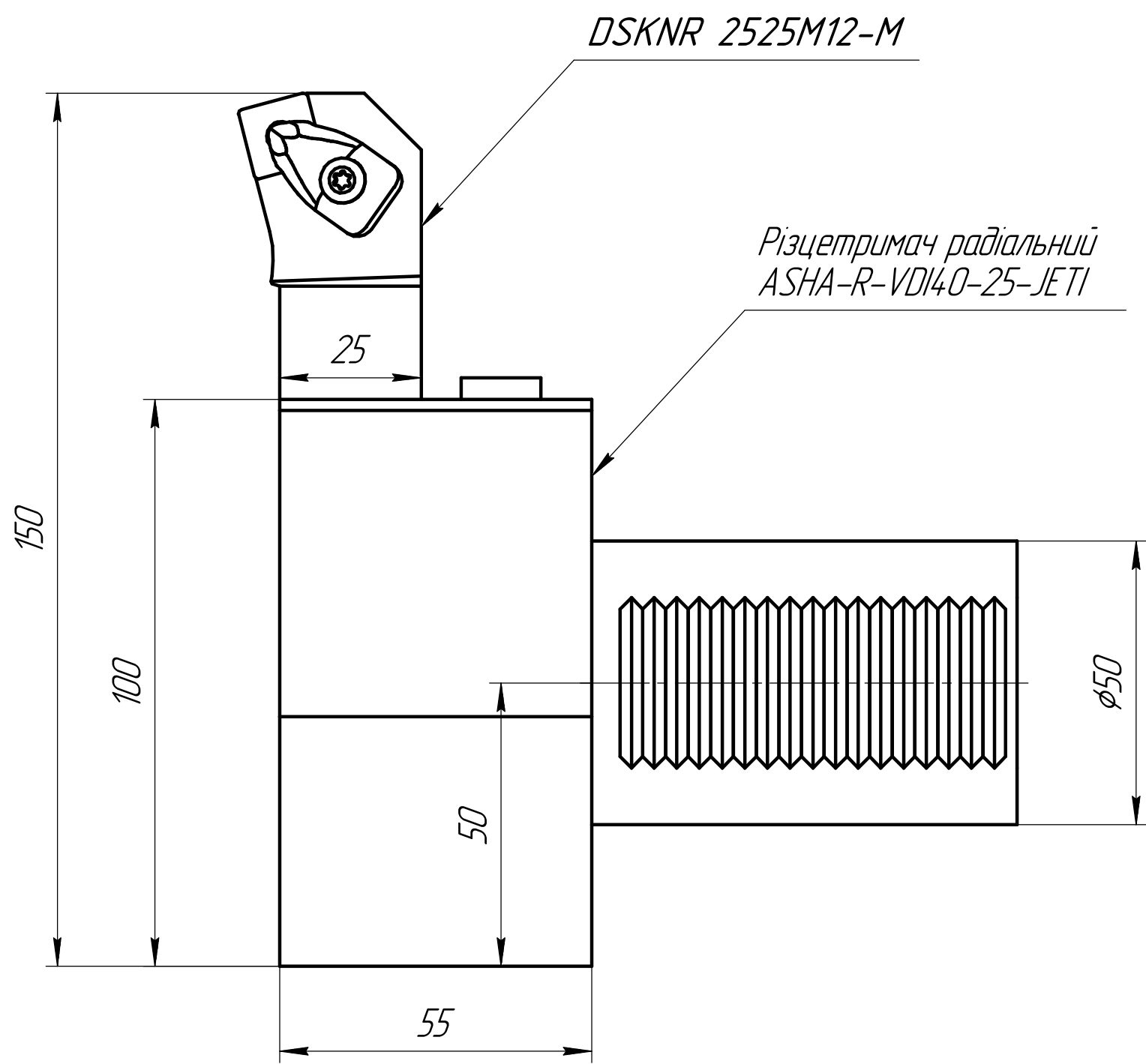
Лім	Маса	Масштаб
Н	3,15	1:1
Лист	Листів	

Кафедра ТМ
гр. ПМ-22

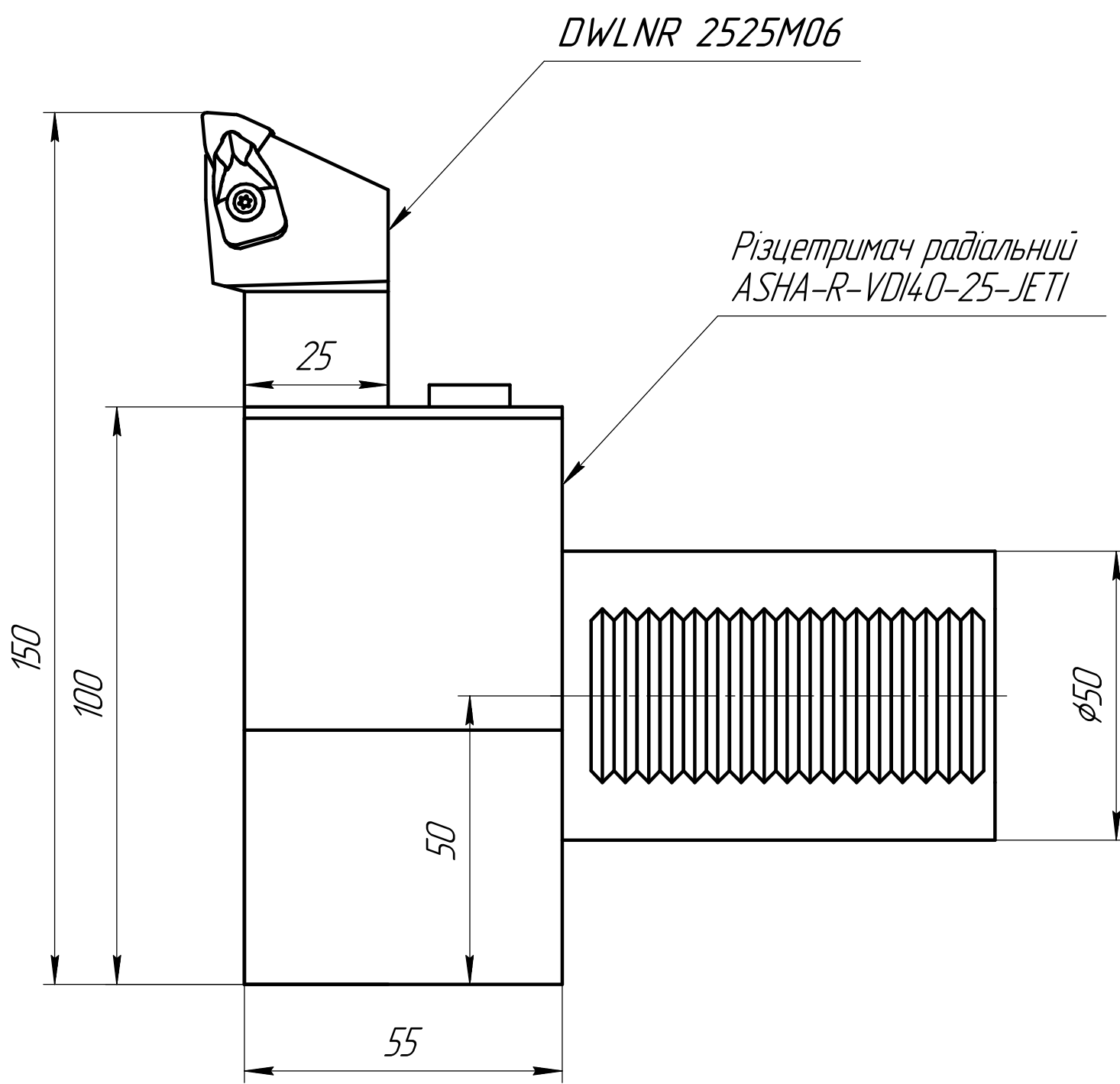
Операція токарна з ЧПК, верстат моделі EMCO Maxxturn 95



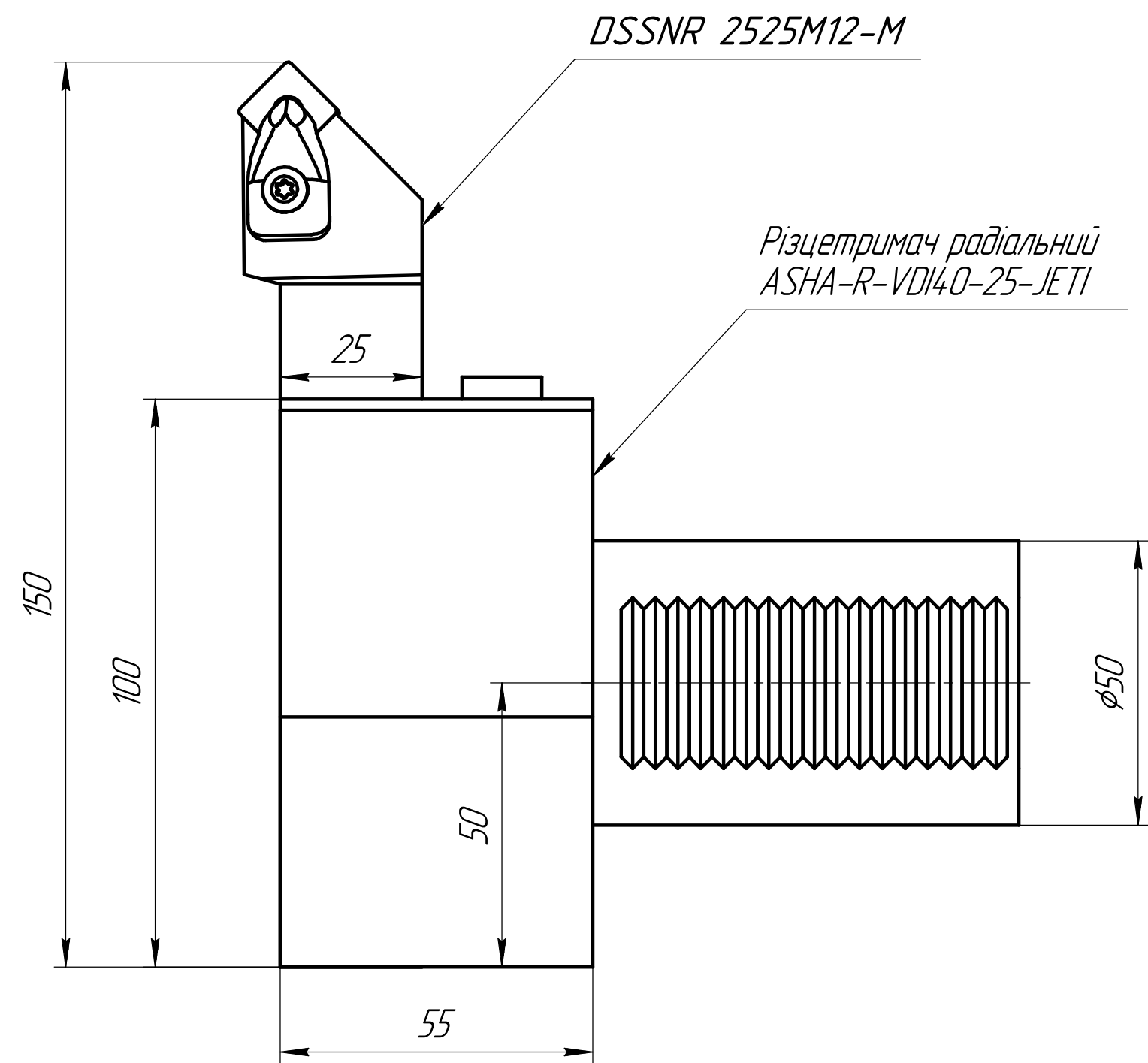
Поверхні обробки: 1, 11, 3, 5.



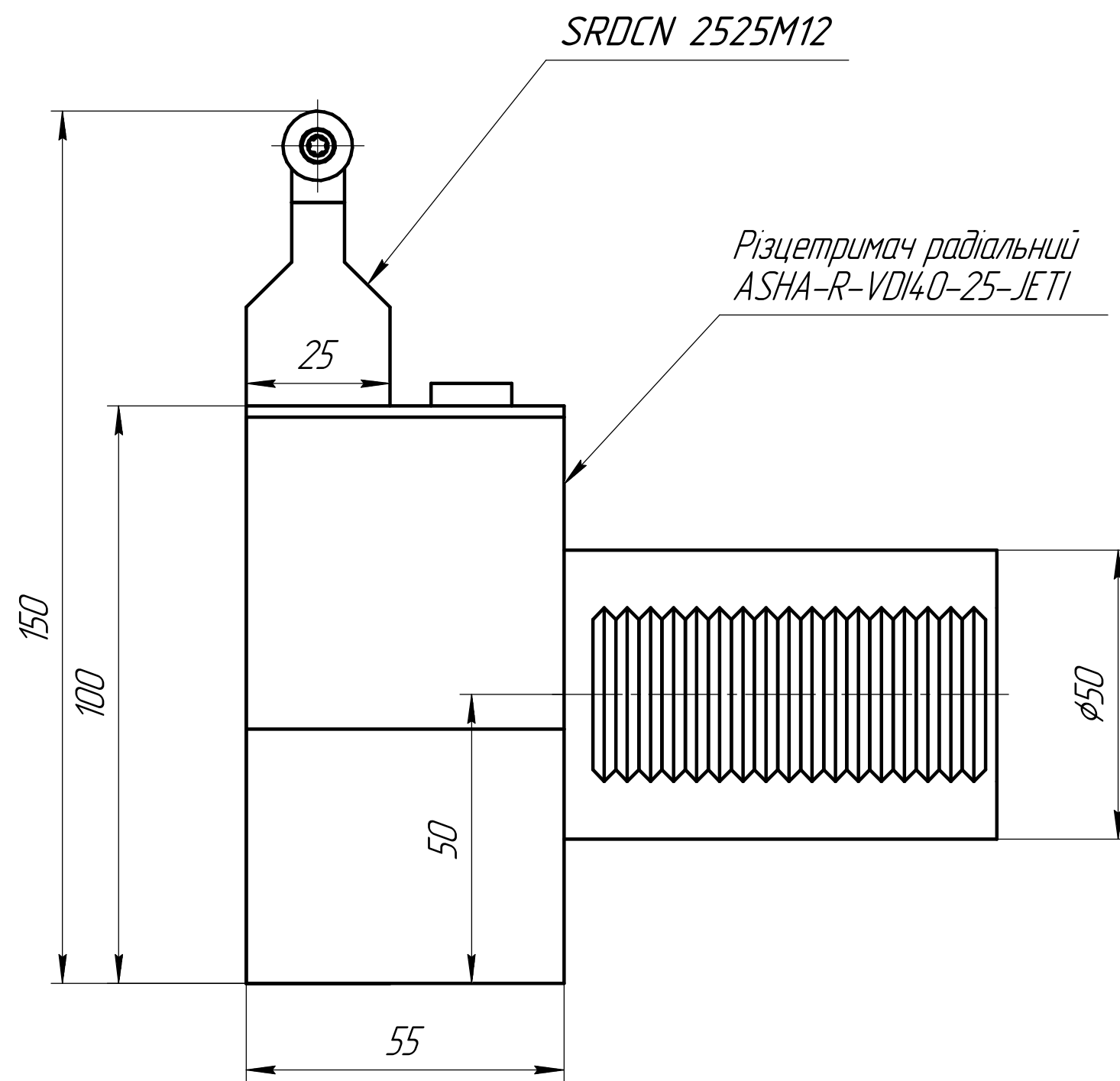
Поверхні обробки: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 13.



Поверхні обробки: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 13.



Поверхні обробки: 7, 9.

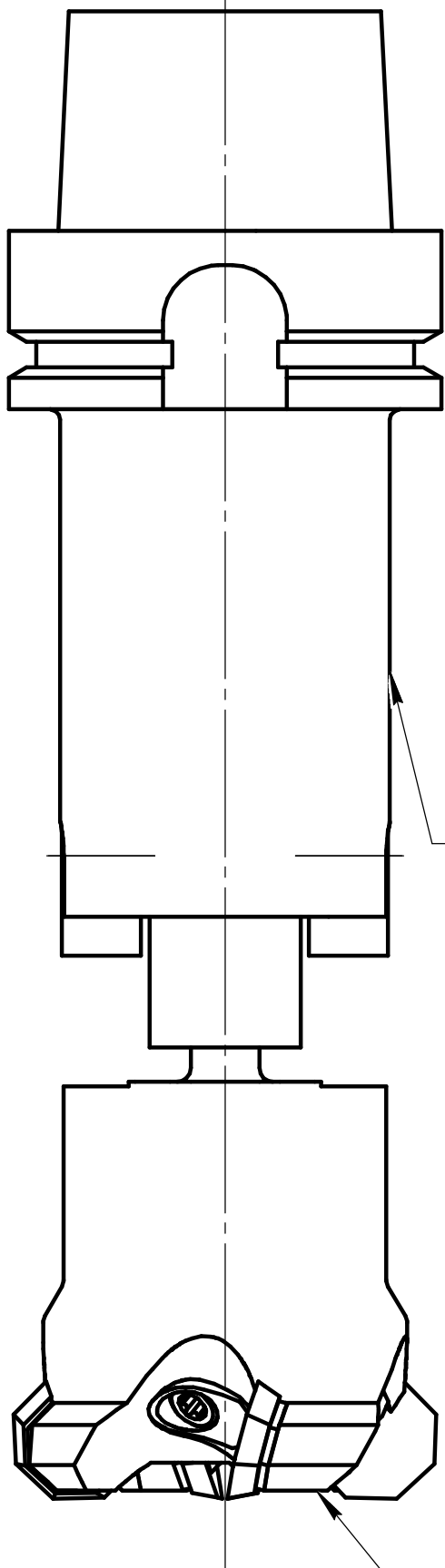


Типи різців	Шифр державки	Шифр пластины	Пластина	Матеріал пластины	Геометричні параметри пластины, мм	Геометричні параметри державки, мм
Підрізний різець	DSKNR 2525M12-M	SNMG 120412-M5 SNMG 120412-MF2		TP1501 TP2501	L=12,7мм; S=4,76мм; D1=5,15мм.	H=25мм, B=25мм; LF=150мм, WF=32мм; KAPR=75°
Прохідний різець	DWLNR 2525M06	WNMG 060412-M5		TP1501	LC=9,53мм; L=6,5мм; S=4,76мм; D1=3,81мм.	H=25мм, B=25мм; LF=150мм, WF=32мм; LN=30мм, KAPR=95°
Прохідний різець	DSSNR 2525M12-M	SNMG 120412-M5 SNMG 120412-MF2		TP1501 TP2501	L=12,7мм; S=4,76мм; D1=5,15мм.	H=25мм, B=25мм; LF=150мм, WF=32мм; KAPR=45°
Прохідний різець	SRDCN 2525M12	RCMT 1204M0-RR94 RCMT 1204M0-M3		TP3501 TP2501	INSO=12мм; S=4,76мм; D1=4,5мм.	H=25мм, B=25мм; LF=150мм, WF=18,5мм; CDX=25мм

					КНУ.КБР.131.26.1-18.ВІН.2D.3А								
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата	Верстатно інструментальне налагодження				Літ.		Арк.	Аркушів	
Розроб.	Лазарев												
Перевір.	Бондар												
									Кафедра ТМ гр. ПМ-22				
Н. контр.	Нечасв												
Затверд.	Рязанцев												

Операції фрезерувальна, свердлильна з ЧПК, верстат моделі Ibarria ZVH STAR

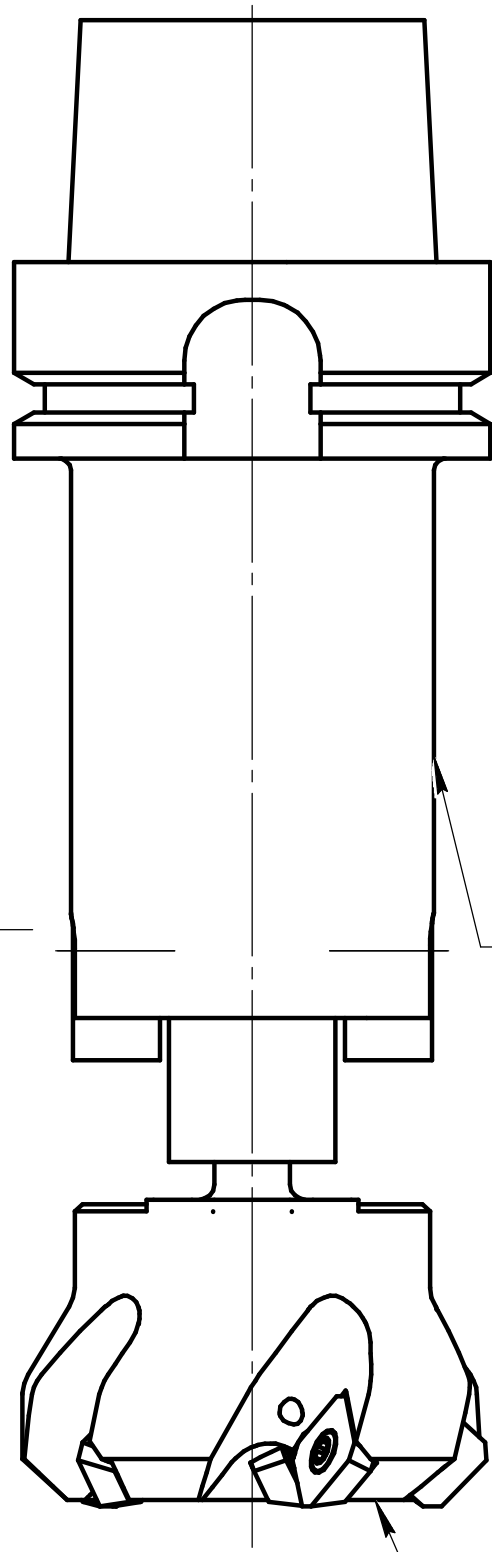
Поверхні обробки: 14, 15.



Тримач для торцевих фрез HSKA63-SM22-100-L1

Фреза R220.43 -0050-07W

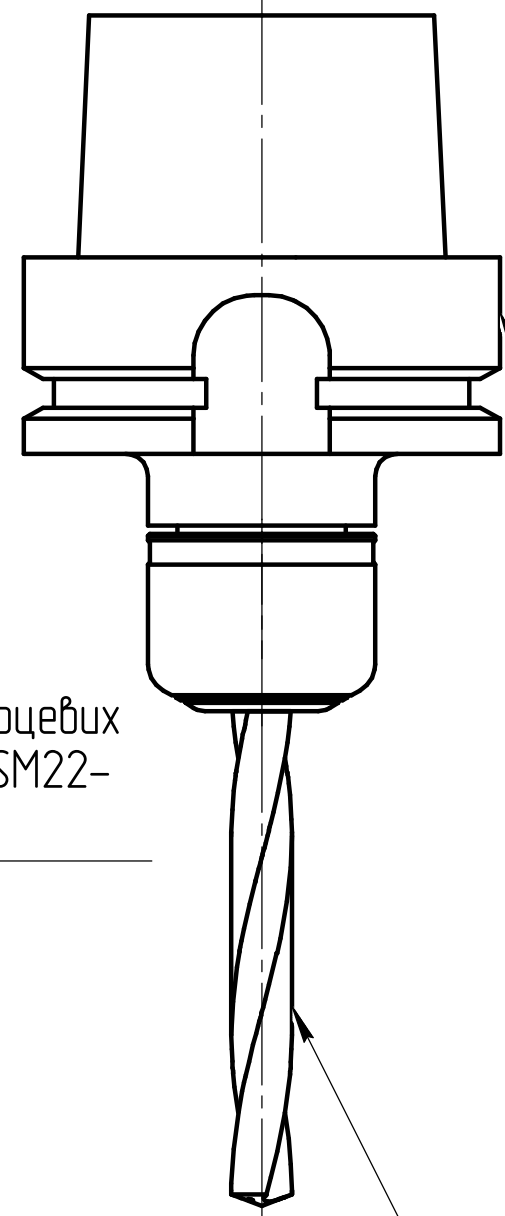
Поверхні обробки: 14, 15.



Тримач для торцевих фрез HSKA63-SM22-100-L1

Фреза R220.53 -0050-12-5A

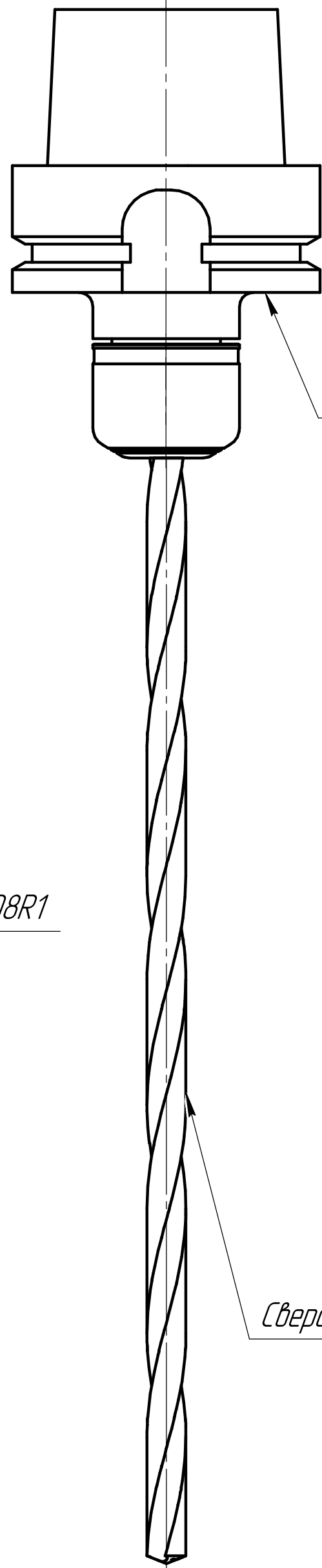
Поверхні обробки: 16.



Цанговий патрон E930456721660 з цангою 56721608

Свердло SD1108A-0800-064-08R1

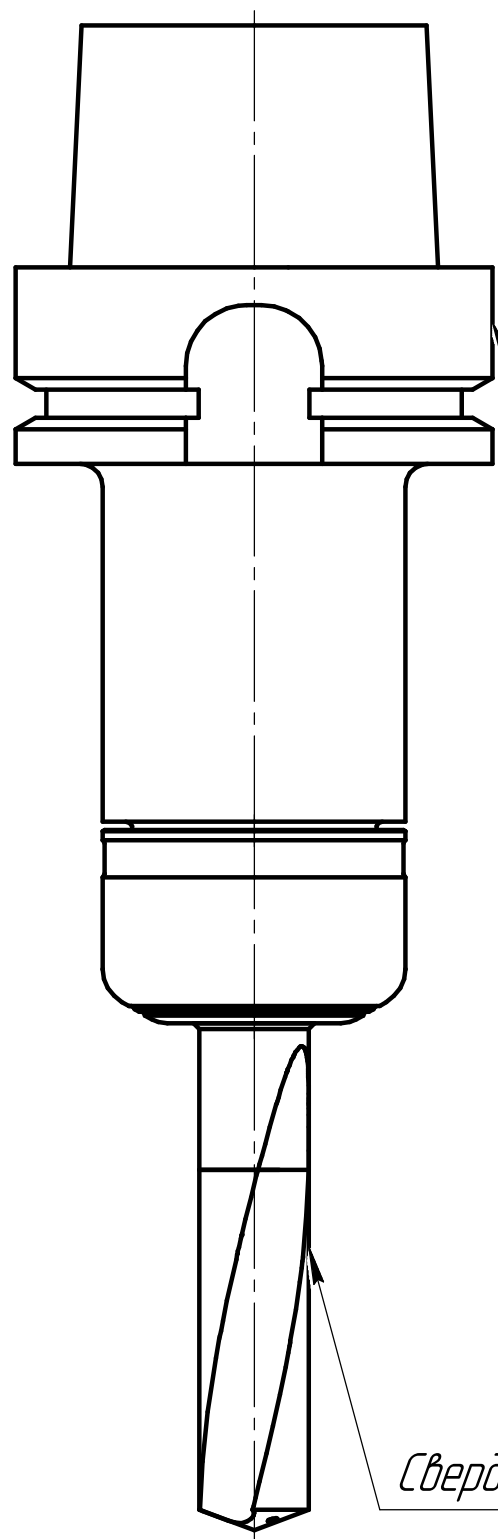
Поверхні обробки: 17.



Цанговий патрон E930456721660 з цангою 56721608

Свердло SD230A-8.0-225-8R1

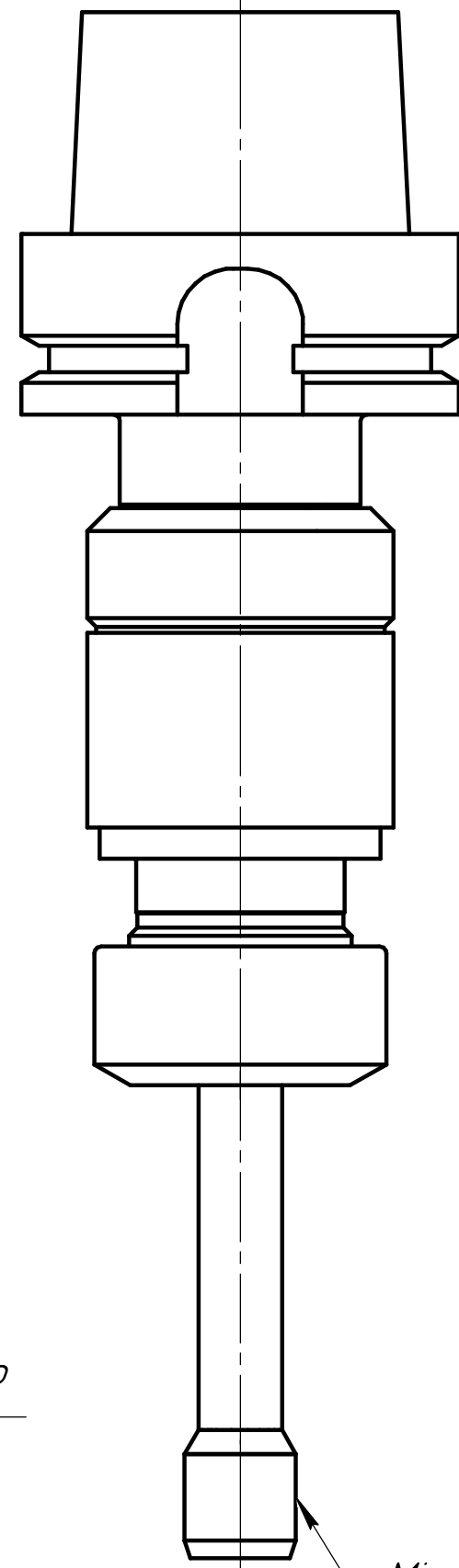
Поверхні обробки: 18.



Цанговий патрон E9304567225100 з цангою 56722516

Свердло SD203A-14.50-045-16R1-P

Поверхні обробки: 18.

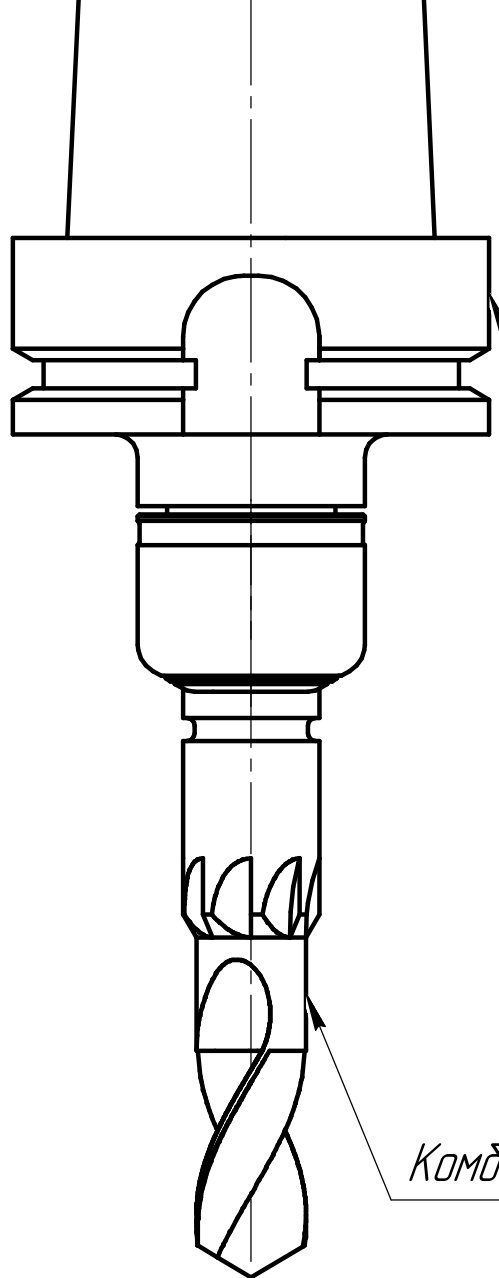


Мітчик MTH-M16X1.50ISO6H-BC-V038-A

Мітчик MTH-M16X1.50ISO6H-BC-V038-A

Тип інструменту	Шифр інструменту	Шифр пластини	Пластина	Матеріал пластини, ріжучої частини інструменту	Геометричні параметри пластини, мм	Геометричні параметри інструменту, мм
Торцева фреза	R220.43-0050-07W	OFER 070405TN-ME10		MS2500	L=17,94мм; S=4,56мм	Dc=50мм, Dc2=62мм; L1=60мм, ap=5; Z=4мм
Торцева фреза	R220.53-0050-12-5FA	SEEX 1204AFTN-MD18		MP3000	L=12,7мм; S=4,76мм	Dc=50мм, Dc2=62мм; L1=40мм, ap=6; Z=5мм
Свердло	SD1108A-0800-0640-08R1	-	-	TiAlN	-	LU=64мм, DC=8мм, LFS=80мм; OAL=116мм, DMM=8мм; LCF=76мм, LS=36мм
Свердло	SD230A-8.0-225-8R1	-	-	TiAlN+TiN	-	LU=225мм, DC=8мм, LFS=243мм; OAL=279мм, DMM=8мм; LCF=239мм, LS=36мм
Свердло	SD203A-14.50-045-16R1-P	-	-	TiAlN	-	LU=45мм, DC=14,5мм, LFS=67мм; OAL=115мм, DMM=16мм; LCF=65мм, LS=48мм
Мітчик	MTH-M16X1.50 ISO6H-BC-V038-A	-	-	TiN	-	TDZ= M16X1.5, mm=15, DMM=12mm; THLGT=15mm, LF=100mm; CZC= 1200X9.00, LU=58mm
Зенківка	Зенківка 2353-0105 ДСТУ 14.953-80	-	-	P6M5	-	D=18мм, d0=4мм, d=10мм, L=64мм, l=28мм, α=60°
Зенківка	Зенківка 2353-0103 ДСТУ 14.953-80	-	-	P6M5	-	D=12,5мм, d0=2,5мм, d=8мм, L=52мм, l=20мм, α=60°
Свердло-зенківка	-	-	-	P6M5	-	Dc=14,5мм, Dз=18мм, L=139мм, L1=30мм, l2=26мм

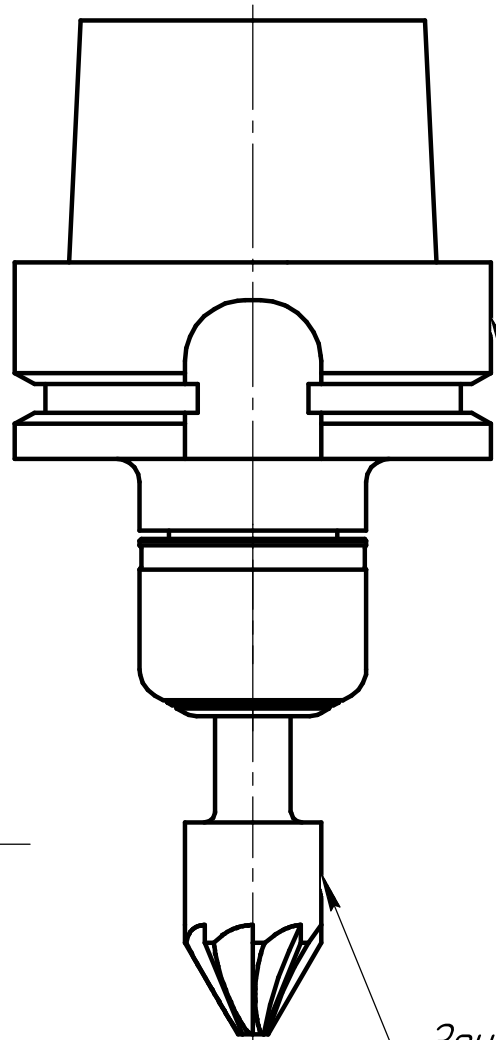
Поверхні обробки: 18, 19.



Цанговий патрон E9304567232100 з цангою 56723218

Комбінований інструмент – свердло-зенківка

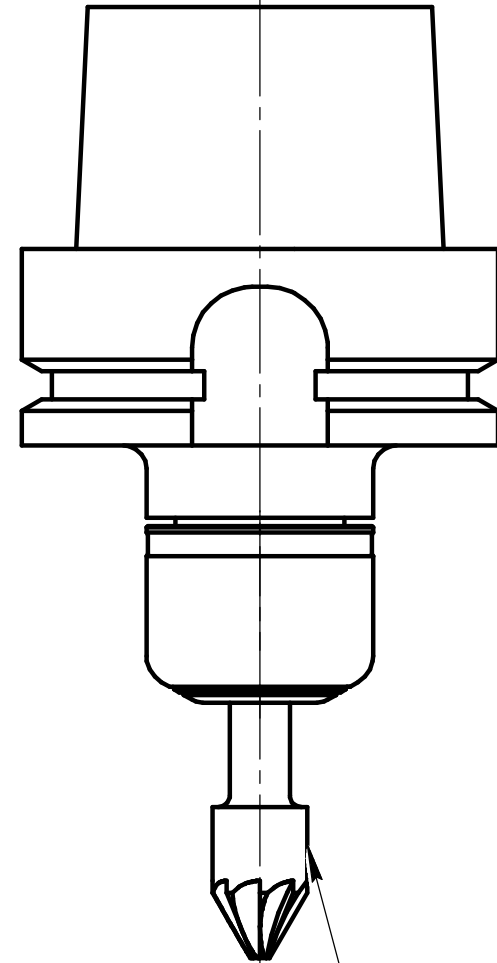
Поверхні обробки: 19.



Цанговий патрон E930456721660 з цангою 56721610

Зенківка 2353-0105 ДСТУ 14.953-80

Поверхні обробки: 20.

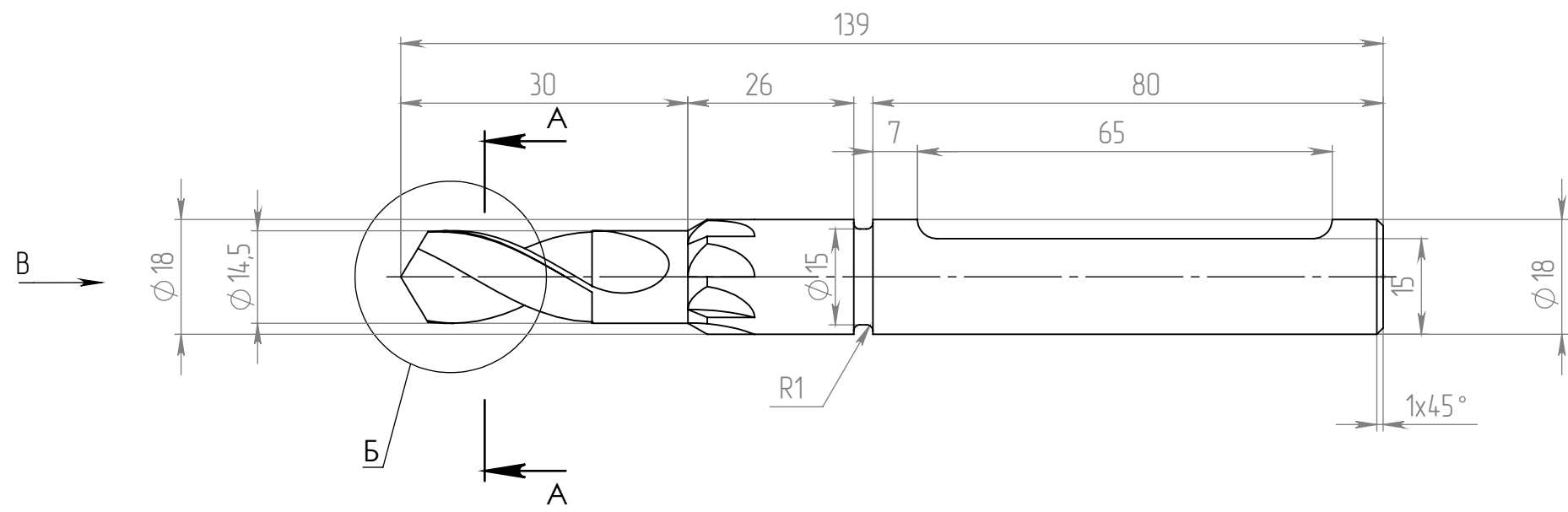


Цанговий патрон E930456721660 з цангою 56721608

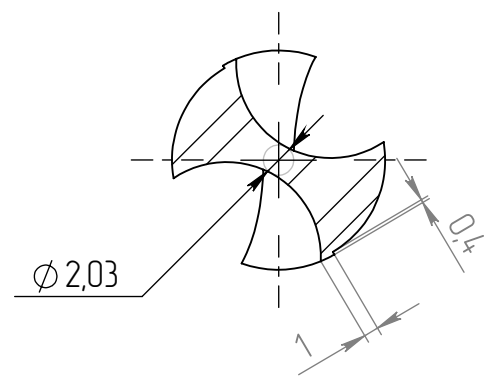
Зенківка 2353-0103 ДСТУ 14.953-80

					КНУ.КБР.131.26.18.ВІНСФО					
					Верстатно-інструментальне налагодження на свердлильні та фрезні операції			Лист	Масса	Масштаб
										1:1
								Лист	Листов	1
Ізм./Лист	№ док.	Підп.	Дата					Каф. ТМ		
Розроб.	Лазарев							гр. ПМ-22		
Проб.	Бондар									
Т.контр.										
Н.контр.	Нечаєв									
Утв.	Рязанцев									

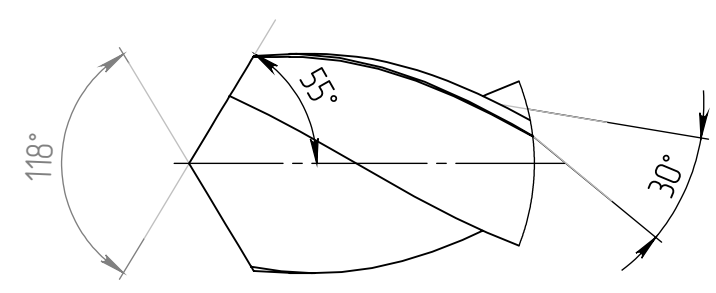
					КНУ.КБР.131.26.1-18.ВІН.2D.3А									
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата	Верстатно інструментальне налагодження					Літ.		Арк.	Аркушів	
Розроб.	Лазарев													
Перевір.	Бондар													
										Кафедра ТМ гр. ПМ-22				
Н. контр.	Нечасв													
Затверд.	Рязанцев													



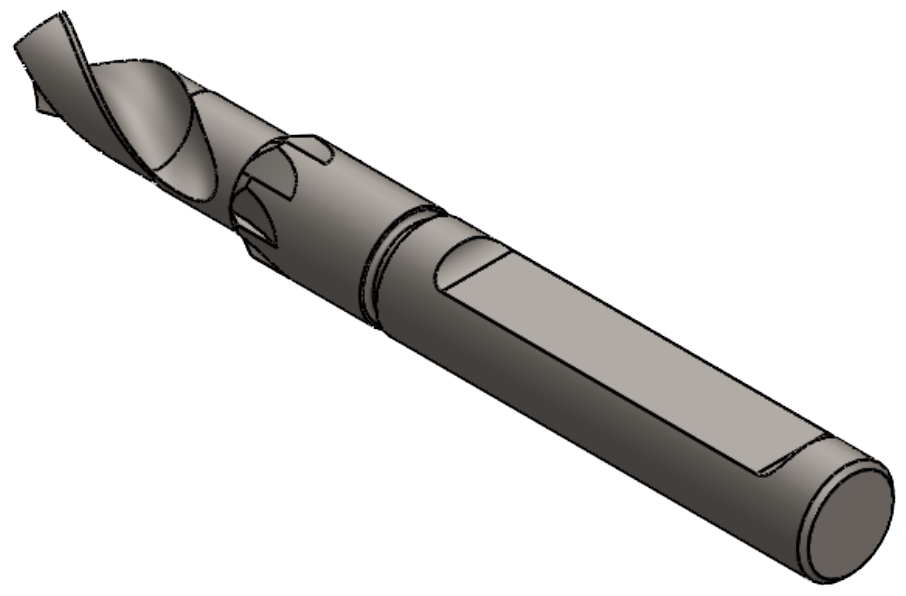
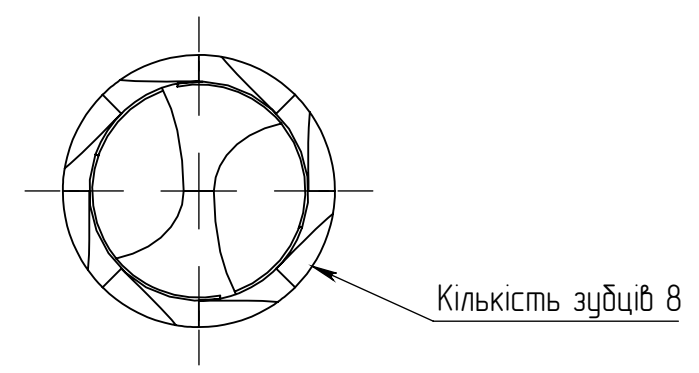
A-A (2 : 1)



Б (2 : 1)



В (2 : 1)

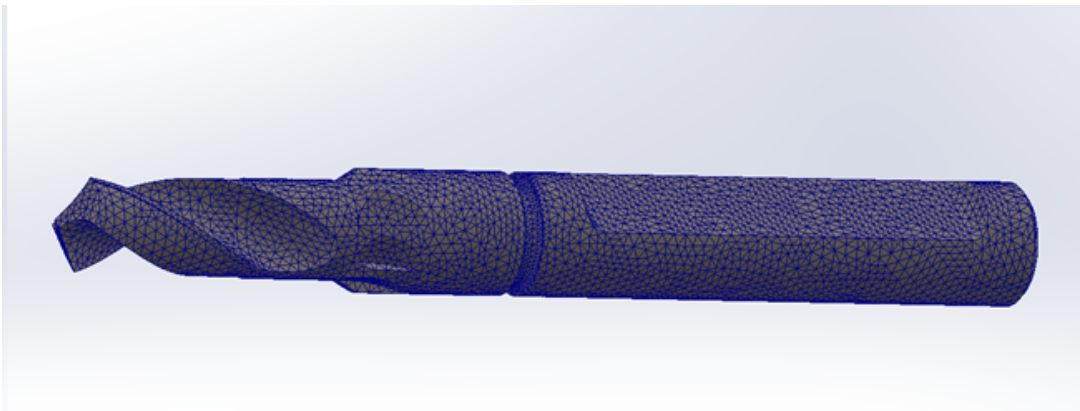


- 1. Матеріал ріжучої частини свердла – швидкорізальна сталь Р6М5 за ДСТУ 19265-73.
- 2. Матеріал хвостової частини – сталь 40Х за ДСТУ 4543-71.
- 3. З'єднання ріжучої і хвостової частин здійснюється зварюванням тертям за ДСТУ 5264-80.
- 4. Свердло повинно відповідати технічним вимогам за ДСТУ 10903-77.
- 5. Зенківка повинна відповідати технічним вимогам за ДСТУ 6694-53.
- 6. Незазначені граничні відхилення розмірів $\pm IT14/2$ (ДСТУ 25347-82).
- 7. Маркувати: діаметр свердла, діаметр зенківки, марку швидкорізальної сталі, товарний знак заводу-виробника.

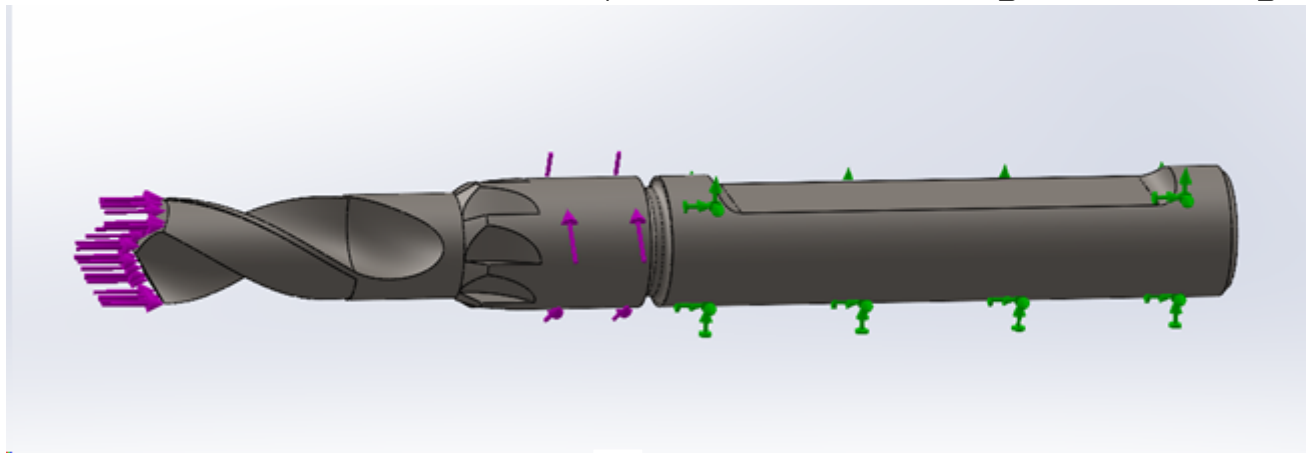
					КНУ.КБР.131.26.18.СЗ				
					СВердло-зенківка	Лім		Маса	Масштаб
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата			Н		1:1	
Розробив	Лазарев								
Перевірів	Бондар								
Т. контр						Лист		Листів	
					Сталь Р6М5		гр. ПМ-22		
Н. контр	Нечаєв				ДСТУ 9073:2021				
Затв	Рязанцев								

					КНУ.КБР.131.26.1-18.C3.2D.3A									
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата	Свердло-зенківка					Літ.		Арк.	Аркушів	
Розроб.	Лазарев													
Перевір.	Бондар													
Н. контр.	Нечасв													
Затверд.	Рязанцев									Кафедра ТМ гр. ПМ-22				

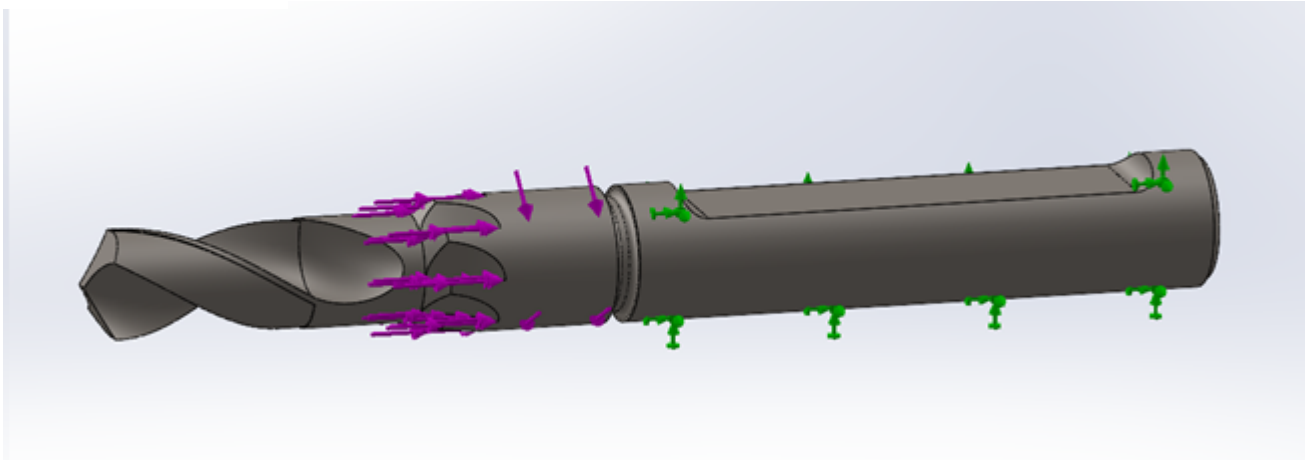
Загальний вигляд сітки



Фіксація сверла-зенківки та прикладені сили під час сверління(а) і зенкування(б) у SW Simulation

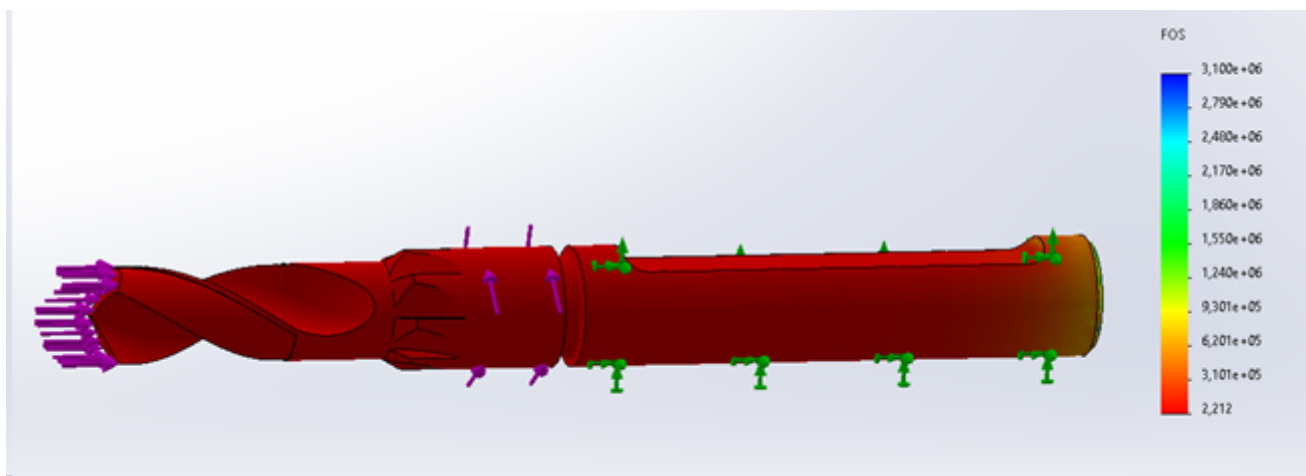


а

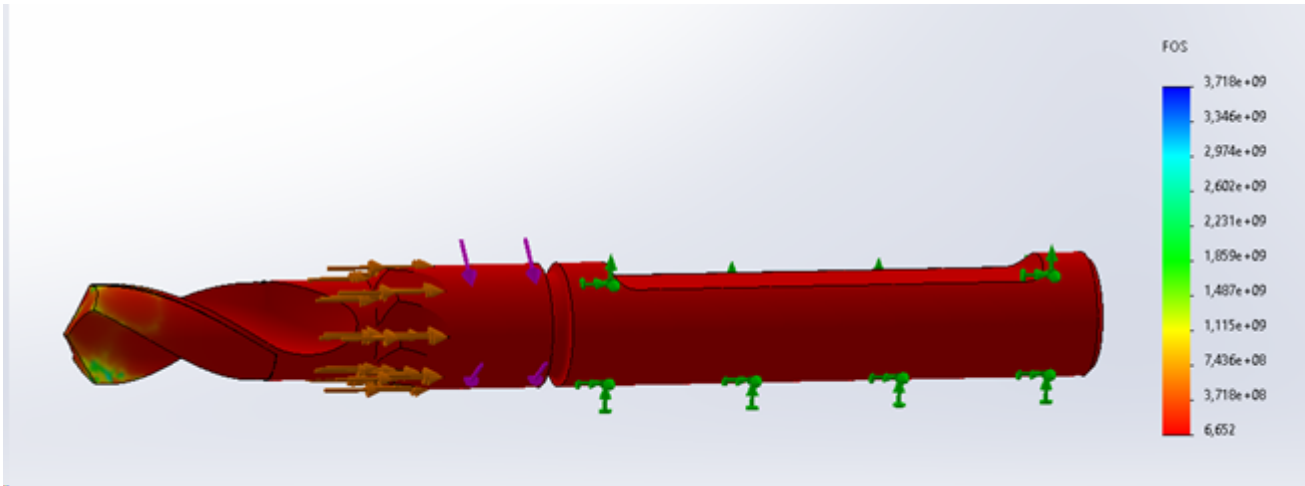


б

Дослідження "Factor of Safety" SW Simulation сверління(а) і зенкування(б)

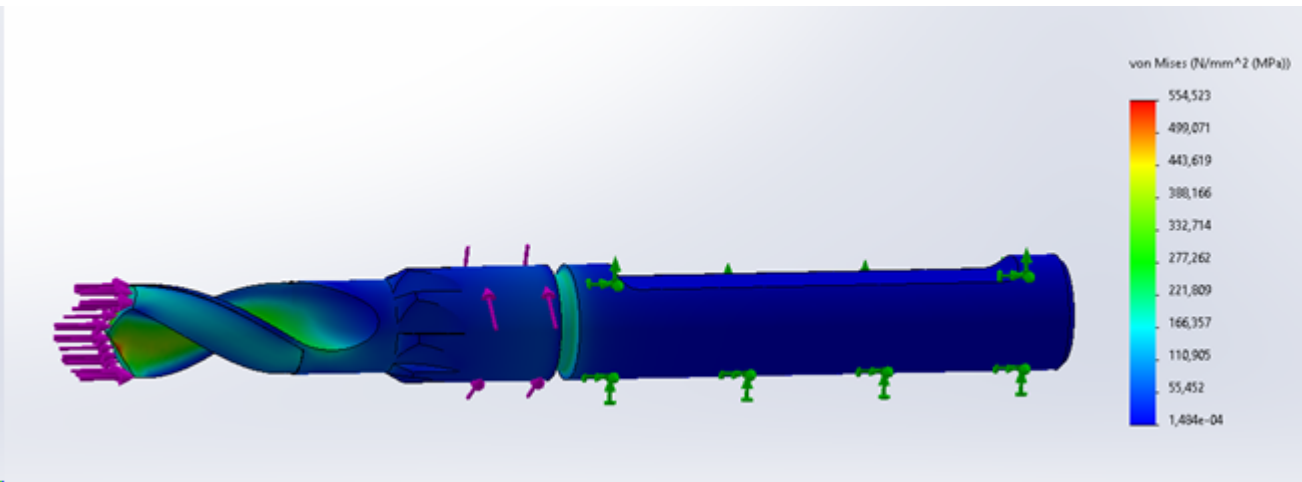


а

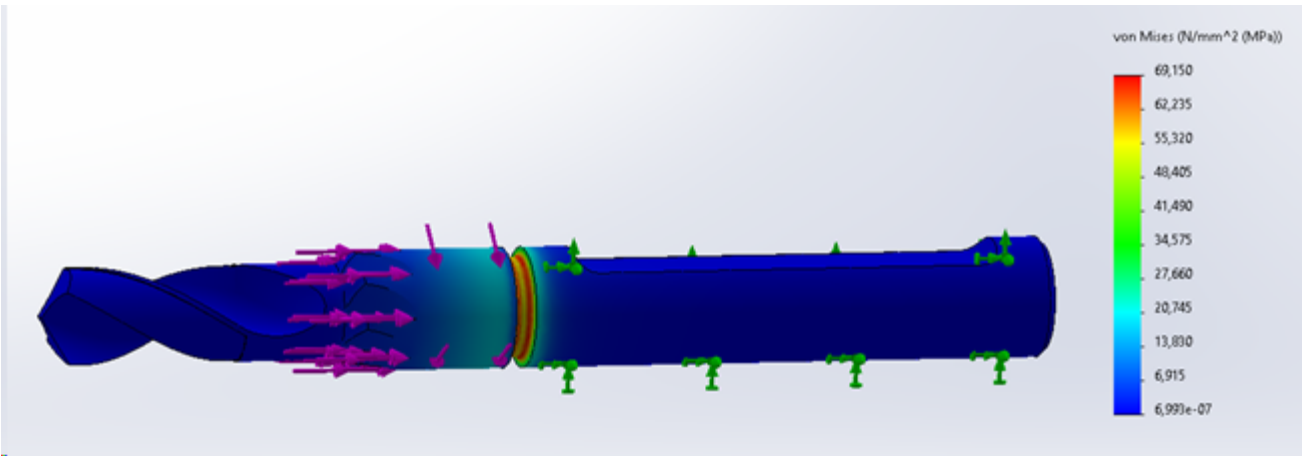


б

Дослідження "Stress" SW Simulation сверління(а) і зенкування(б)



а



б

						КНУ.КБР.131.26.1-18.ІАСРІ		
Ізм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Інженерний аналіз спеціального різального інструменту		Лит.	Масштаб
Разраб.	Лазарев						Н	1:1
Пров.	Бондар						Лист	Листов 1
Т.контр.							Кафедра ТМ гр. ПМ-22	
Н.контр.	Нечаєв						Формат А2	
Утв.	Рязанцев							

					КНУ.КБР.131.26.1-18.ІА.2D.3А						
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата	Інженерний аналіз				Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.	Лазарев										
Перевір.	Бондар										
									Кафедра ТМ гр. ПМ-22		
Н. контр.	Нечасв										
Затверд.	Рязанцев										

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

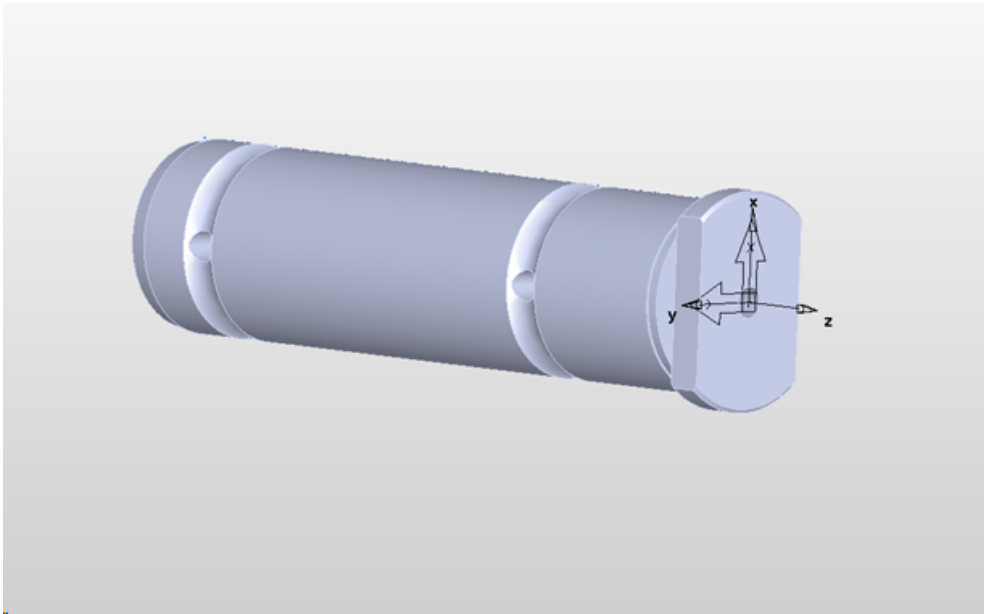
Взам. инв. №

Подп. и дата

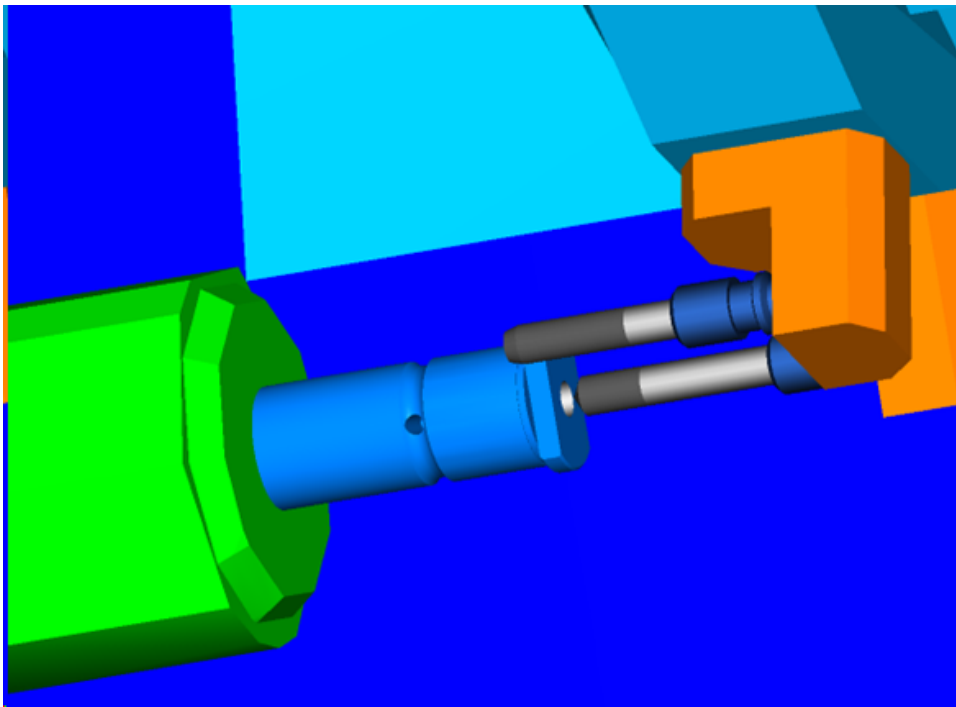
Инв. № подл.

КНУ.КБР.131.26.1-18.МПМО

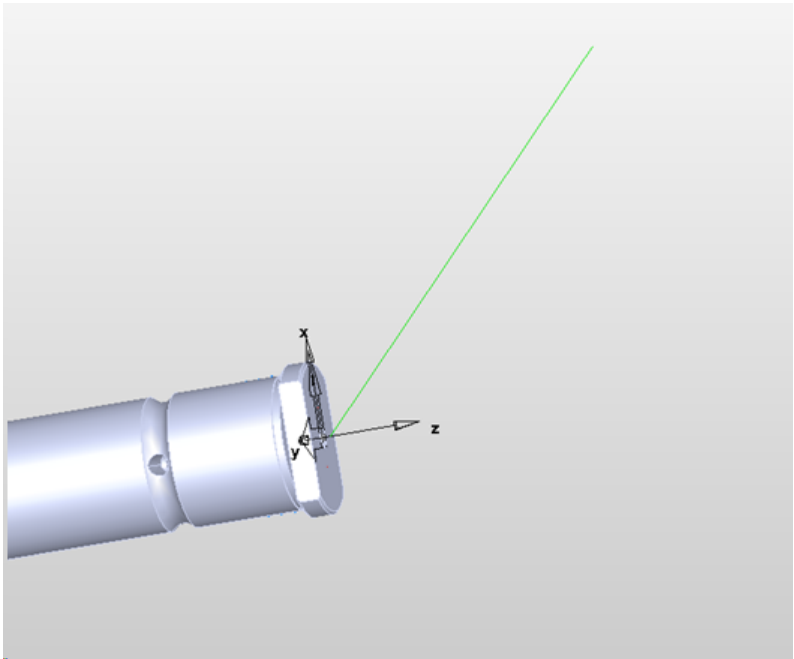
Модель заготовки у FeatureCAM



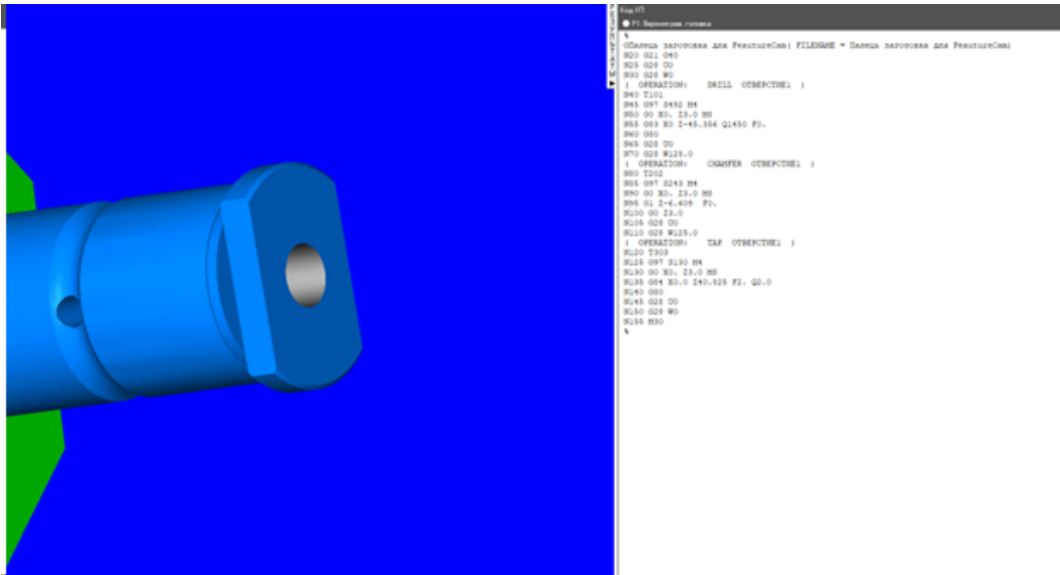
Сверління отвору сверлом у FeatureCAM



Траєкторія руху інструменту у FeatureCAM



Результат обробки та керуюча програма у FeatureCAM



					КНУ.КБР.131.26.1-18.МПМО			
					Моделювання процесу механічної обробки	Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		Н		1:1
Разраб.		Лазарев						
Пров.		Бондар						
Т.контр.								
						Лист	Листов	1
Н.контр.		Нечаєв				Кафедра ТМ		
Утв.		Рязанцев				гр. ПМ-22		

					КНУ.КБР.131.26.1-18.МО.2D.3А						
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата							
Розроб.		Лазарев			Моделювання оброобки				Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Бондар									
									Кафедра ТМ гр. ПМ-22		
Н. контр.		Нечасв									
Затверд.		Рязанцев									