

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

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

Виконав: здобувач групи ПМ-22
Грицаєнко О.А

Керівник випускної роботи:
доцент, к.т.н., Нечаєв В.П.

Кривий Ріг
2026 р.

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

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ**

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

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

Виконав здобувач гр. ПМ-22

(підпис)

Олексій ГРИЦАЄНКО

Керівник КБР

(підпис)

Василь НЕЧАЄВ

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 Грицаєнко Олексія Андрійовича

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

Керівник проєкту: доц., к.т.н. Нечаєв В.П.

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 «Вал». 3. Річна програма випуску деталей

4. Зміст пояснювальної записки: 1. Аналіз функціонального призначення обладнання та деталей; 2. Технологічна підготовка виробництва деталі 3. Вибір інструменту відповідно до міжнародних стандартів; 4. Проектування та розрахунок різального інструменту; 5. Моделювання механічної обробки та програмування ЧПУ; 6. Організаційно-економічне планування виробництва.

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

6. Календарний план:

№ з/п	Етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання
1.	Розробка та узгодження технічного завдання	25.02.26
2.	Технічне завдання та аналіз вихідних даних	01.03.26
3.	Призначення об'єкту виробництва	03.03.26
4.	Аналіз технологічності деталі.	10.03.26
5.	Кресленник деталі (А1-А4).	18.03.26
6.	Вибір та обґрунтування послідовності обробки поверхонь деталі.	24.03.26
7.	Розробка технологічного маршруту обробки деталі.	05.04.26
8.	Вибір параметрів ріжучої частини інструментів.	12.04.26
9.	Розрахунок конструктивних параметрів ріжучої частини інструменту.	19.04.26
10.	Вибір розмірів ріжучого інструменту.	25.04.26
11.	Кресленник спеціального ріжучого інструменту (А2-А4).	01.05.26
12.	Кресленник з інженерним аналізом спеціального різального інструменту	04.05.26
13.	Вибір допоміжних інструментів.	08.05.26
14.	Розробка та креслення об'єднаного верстатно-інструментального (А1-А2)	12.05.26
15.	Моделювання та програмування операцій механічної обробки	15.05.26
16.	Кресленник змодельованого процесу обробки (А1-А2)	22.05.26
17.	Організаційно-економічна підготовка виробництва.	27.05.26
18.	Висновки	01.06.26
19.	Оформлення РПЗ	07.06.26
20.	Попередній захист	11.06.26

Дата видачі завдання: « ____ » _____ 2026 р.

Завдання видав керівник КБР

/ Нечасів В.П./

Завдання отримав
здобувач освіти

/ Грицаєнко О.А./

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	К-сть	Примітка
				Документація		
A4			КНУ.КБР.131.26.1-04.ПЗ	Пояснювальна записка		
				Деталі		
A3			КНУ.КБР.131.26.1-04.В	Вал	1	
A1			КНУ.КБР.131.26.1-04.ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження	1	
A3			КНУ.КБР.131.26.1-04.СЗ	Свердло-зенківка	1	
A3			КНУ.КБР.131.26.1-04.ІАСРІ	Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	1	
A3			КНУ.КБР.131.26.1-04.МПМО	Моделювання процесу механічної обробки	1	

					<i>КНУ.КБР.131.26.1-04.ВМКБР</i>		
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Відомість матеріалів КБР</i>		
<i>Разроб.</i>	<i>Грицаєнко</i>						
<i>Перевір.</i>	<i>Нечаєв</i>						
<i>Реценз</i>							
<i>Н. Контр.</i>	<i>Нечаєв</i>						
<i>Затверд.</i>	<i>Рязанцев</i>						
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
					<i>каф. ТМ гр. ПМ-22</i>		

РЕФЕРАТ

Обсяг кваліфікаційної бакалаврської роботи становить 64 сторінок тексту, який ілюстровано 40 графічними зображеннями та 13 таблицями. Основний фокус дослідження спрямовано на проектування прогресивного технологічного процесу виготовлення масивної деталі «Вал» (компонент конусної дробарки ККД 1500x180) із залученням сучасних CAD/CAM-систем.

У межах проєкту виконано комплексний аналіз експлуатаційного призначення виробу, обґрунтовано марку конструкційного матеріалу та сформовано оптимальний маршрут механічної обробки. Окремим етапом реалізовано підбір різального та допоміжного оснащення за міжнародними стандартами. Крім того, розраховано та спроектовано спеціальний комбінований інструмент (свердло-зенківку), для якого проведено статичний інженерний аналіз напружено-деформованого стану.

Практична частина охоплює створення тривимірних моделей у середовищі SOLIDWORKS та генерацію керуючих програм для обладнання з ЧПК за допомогою Autodesk FeatureCAM. Для забезпечення необхідної точності та продуктивності серійного випуску обрано високотехнологічну базу: токарний центр Puma 5100XL, вертикально-фрезерний комплекс Doosan VCF 850L та круглошліфувальний верстат Danobat LG-3000.

Економічна доцільність впровадження запропонованих рішень підтверджена відповідними техніко-економічними розрахунками. Одночасно опрацьовано питання екологічної безпеки та охорони праці, зокрема запропоновано методи мінімізації впливу вібрацій, закритого уловлювання масляних аерозолів (МОР) та безпечного виконання вантажно-розвантажувальних робіт із великогабаритними заготовками.

ВАЛ, ДРОБАРКА, ЧПК, SOLIDWORKS, FEATURECAM, МЕХАНІЧНА ОБРОБКА, РІЗАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ, ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ, СВЕРДЛО-ЗЕНКІВКА, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС

					КНУ.КБР.131.26.1-04.Р			
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата	Реферат			
Розроб.		Грицаєнко						
Перевір.		Нечасів						
Н. контр.		Нечасів						
Затверд.		Рязанцев						
					Літ.			Арк.
					Аркушів			
					Кафедра ТМ гр. ПМ-22			

ABSTRACT

This bachelor's thesis comprises 64 pages of text, illustrated with 40 figures and 14 tables. The main focus of the research is on the design of an advanced manufacturing process for the solid 'Shaft' component (a part of the KKD 1500x180 cone crusher) using modern CAD/CAM systems.

As part of the project, a comprehensive analysis of the product's operational purpose was carried out, the choice of structural material grade was justified, and an optimal machining sequence was established. A separate stage involved the selection of cutting and auxiliary equipment in accordance with international standards. In addition, a special combined tool (drill-countersink) was calculated and designed, for which a static engineering analysis of the stress-strain state was carried out.

The practical part involves the creation of 3D models in the SOLIDWORKS environment and the generation of control programs for CNC equipment using Autodesk FeatureCAM. To ensure the necessary precision and productivity for mass production, a high-tech machine base has been selected: the Puma 5100XL turning centre, the Doosan VCF 850L vertical milling centre and the Danobat LG-3000 cylindrical grinding machine.

The economic feasibility of implementing the proposed solutions has been confirmed by relevant technical and economic calculations. At the same time, issues of environmental safety and occupational health have been addressed; in particular, methods have been proposed to minimise the impact of vibrations, ensure the enclosed capture of oil aerosols (OAC), and ensure the safe handling of large workpieces.

SHAFT, CRUSHER, CNC, SOLIDWORKS, FEATURECAM, MACHINING, CUTTING TOOL, ENGINEERING ANALYSIS, DRILLING-Countersinking, MANUFACTURING PROCESS

					КНУ.КБР.131.26.1-04.P	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА ТА ДЕТАЛІ.	10
1.1 Визначення технічних умов і аналіз наданої інформації.....	10
1.2 Призначення виробничого елемента як складової частини вузла, механізму або машини із зазначенням його конструктивних особливостей та принципу дії.....	11
1.3 Розрахунок параметрів точності шпонкового з'єднання.....	13
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ	16
2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів заміни.....	16
2.2 Аналіз якості поверхонь деталей.....	17
2.3 Технічний контроль робочого креслення	20
2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання	21
3. ВИБІР РІЗУЧИХ ТА ДОПОМІЖНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ЗА МІЖНАРОДНИМИ СТАНДАРТАМИ	26
3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі.....	26
3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів.....	26
3.3 Вибір типорозміру різальних інструментів	33
3.4 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту	36
3.5 Вибір параметрів допоміжної частини інструментів	37
4 ПРОЄКТУВАННЯ ТА ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ	42
4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту.....	42
4.2. Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	46
5 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ.....	51
5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, налаштування постпроцесора.....	51
5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм	52
6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА	57
6.1 Розрахунок техніко-економічних показників ділянки	57
6.2 Охорона праці та екологія виробництва	60
ВИСНОВОК.....	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	64

					<i>КНУ.КБР.131.26.1-04.3</i>		
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Зміст</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Грицаєнко</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Нечасів</i>					
<i>Н. контр.</i>		<i>Нечасів</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Рязанцев</i>			<i>Кафедра ТМ гр. ПМ-22</i>		

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 роботи є технологічна підготовка виготовлення великогабаритної деталі «Вал» конусної дробарки ККД 1500x180 із використанням сучасних CAD/CAM/CAE систем. У процесі виконання роботи було проаналізовано конструкцію та службове призначення високонавантаженої деталі, обґрунтовано вибір матеріалу, розроблено маршрутно-операційну технологію механічної обробки із залученням сучасного високопродуктивного обладнання (токарного центру Puma 5100XL, фрезерного верстата Doosan VCF 850L та круглошліфувального верстата Danobat LG-3000), а також підібрано різальний і допоміжний інструменти за міжнародними стандартами.

Окрему увагу приділено проєктуванню та інженерному аналізу спеціального комбінованого різального інструменту (свердла-зенківки) у середовищі SOLIDWORKS Simulation. Також було виконано моделювання операції фрезерування шпонкового пазу в САМ-системі FeatureCAM. Крім того, у роботі розраховано техніко-економічні показники, які підтверджують доцільність впровадження сучасного верстата з ЧПК замість застарілого універсального обладнання, та розглянуто ключові питання охорони праці й екології на виробничій ділянці.

Результати проведених розрахунків і моделювання спрямовані на підвищення продуктивності виготовлення деталей важкого машинобудування, забезпечення їхньої розмірної точності, зниження витрат на механічну обробку та загальне вдосконалення технологічних процесів

					КНУ.КБР.131.26.1-04.В								
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата									
Розроб.		Грицаєнко			Вступ				Літ.	Арк.	Аркушів		
Перевір.		Нечаєв											
Н. контр.		Нечаєв											
Затверд.		Рязанцев											
					Кафедра ТМ гр. ПМ-22								

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА ТА ДЕТАЛІ

1.1 Визначення технічних умов і аналіз наданої інформації

Базою для розробки технологічного процесу в межах даної кваліфікаційної роботи слугує пакет вихідної документації, що включає: робоче креслення деталі «Вал», технічні специфікації конусної дробарки ККД 1500x180, а також регламентовані вимоги до точності виготовлення виробу. Детальний аналіз графічної документації (рис. 1.1) підтверджує наявність вичерпної інформації щодо розмірів, перерізів та баз, що є достатнім для коректного відтворення геометрії деталі з початкової заготовки.

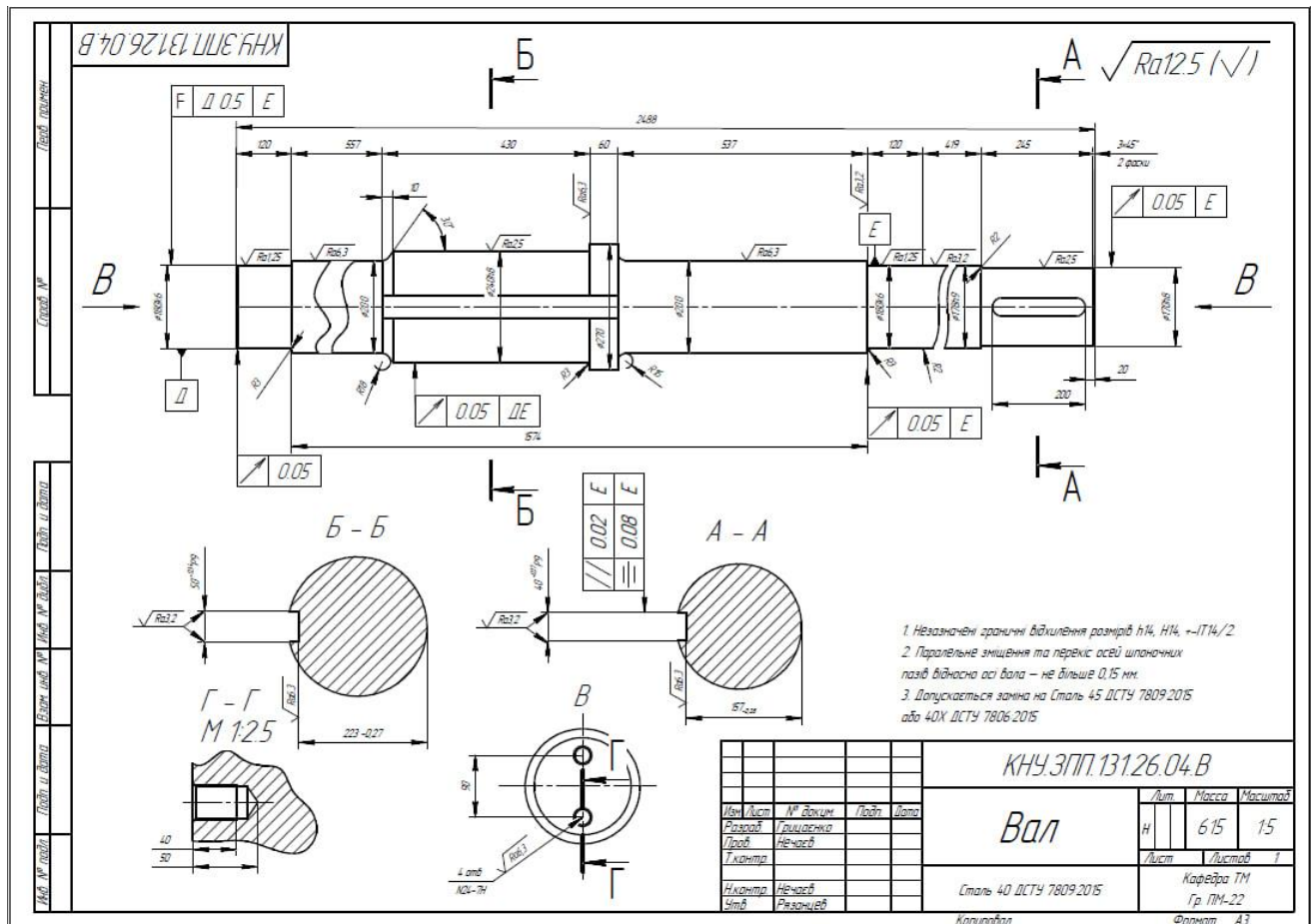


Рисунок 1.1 - Креслення деталі «Вал»

Конструктивний аналіз:

Габаритна довжина виробу становить 2488 мм при масі 615 кг. Конструктивно деталь класифікується як багатоступінчастий вал, утворений

КНУ.КБР.131.26.1-04.01.АСПД							
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата			
Розроб.		Грицаєнко			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Нечаєв					
Реценз.					каф. ТМ гр. ПМ-22		
Н. Контр.		Нечаєв					
Затверд.		Рязанцев					
Аналіз службового Призначення деталі							

комплексом циліндричних поверхонь різних діаметрів. Для інтеграції в кінематичну схему та передачі крутного моменту передбачено фрезерування шпонкових пазів, а на торцевій частині розташовані два кріпильні отвори з різьбою M24-7H.

У зонах переходу діаметрів виконані технологічні галтелі та радіуси заокруглень для зниження концентрації напружень, а також фаски $3 \times 45^\circ$. Робочі креслення містять жорсткі допуски на форму та взаємне розташування посадкових поверхонь, а також підвищені вимоги до параметрів мікрогеометрії (шорсткості). Деталь виготовлена зі Сталі 40Х (ДСТУ 7809:2015).

На основі 2D креслення було створено 3D модель деталі «Вал» дробарки ККД 1500x180, вона відображена на рисунку 1.2.

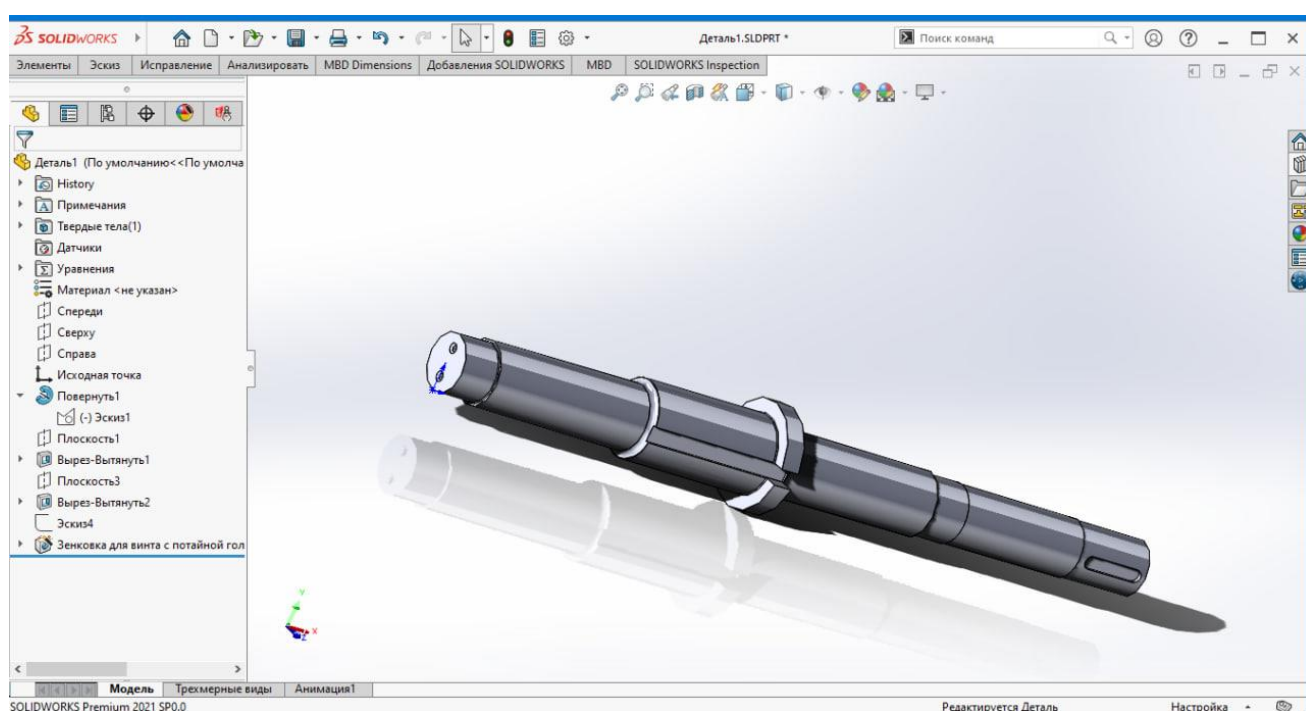


Рисунок 1.2 - 3D модель деталі «Вал»

1.2 Призначення виробничого елемента як складової частини вузла, механізму або машини із зазначенням його конструктивних особливостей та принципу дії

Досліджуванний вал виступає ключовим високонавантаженим компонентом конусної дробарки крупного дроблення ККД 1500×180. Його головне функціональне завдання полягає у трансляції крутного моменту від приводу безпосередньо до робочих вузлів машини, а також у забезпеченні точного базування спряжених елементів (підшипників, муфт, зубчастих коліс) в умовах інтенсивних згинальних, крутильних та вібраційних навантажень.

					КНУ.КБР.131.26.1-04.01.АСПД	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Сама дробарка ККД 1500×180 призначена для первинного подрібнення рудних мас. Процес руйнування породи відбувається за рахунок роздавлювання матеріалу між статичною зовнішньою чашею та рухомим конусом, який здійснює гіраційні коливання від ексцентрикового механізму. Така конструкція гарантує безперервність робочого циклу та високу пропускну здатність агрегату.

Конструктивно вал являє собою ступінчасту деталь типу тіла обертання, на якій виконані посадочні шийки, шпонкові пази, канавки, фаски, галтелі та отвори для кріплення і монтажу суміжних елементів.

Ступінчаста морфологія вала зумовлена необхідністю послідовного монтажу суміжних деталей. Оскільки агрегат працює у важких умовах гірничозбагачувального виробництва, до розмірної точності, співвісності та биття посадкових шийок вала висуваються жорсткі вимоги, недотримання яких призведе до швидкого руйнування підшипникових вузлів.

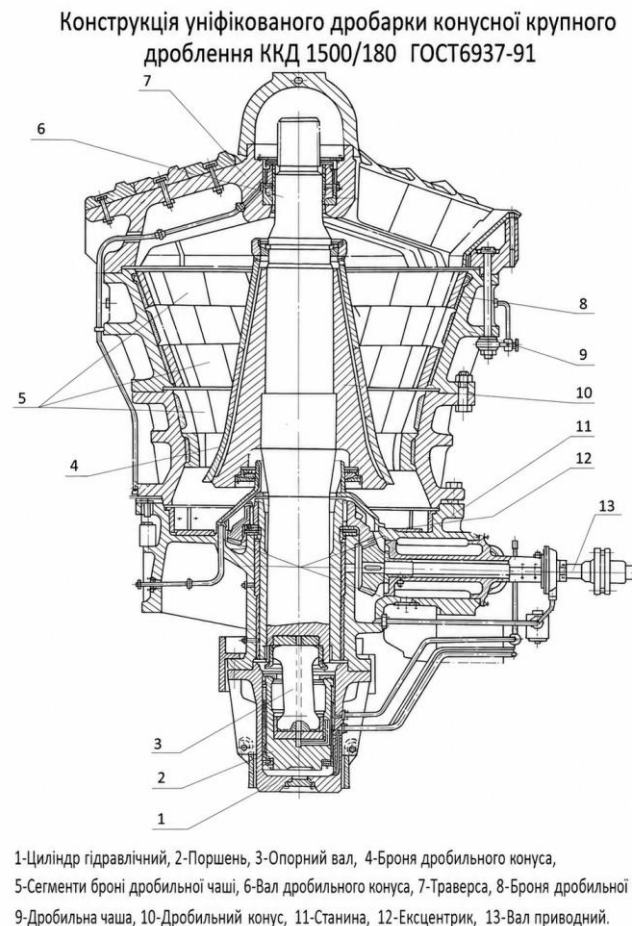


Рисунок 1.3 - Креслення дробарки ККД 1500×180

					КНУ.КБР.131.26.1-04.01.АСПД	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 - Основні технічні характеристики дробарки ККД 1500×180

Типорозмір дробарки	Ширина приймального отвору, мм	Ширина розвантажувальної щілини, мм	Найбільший розмір куска живлення, мм	Продуктивність, м³/год	Потужність головного приводу, кВт	Маса, т
ККД 1500×180	1500	180	1200	1520-2240	400	405-406

Наведені технічні характеристики визначають умови роботи вала та вимоги до його конструкції. У процесі експлуатації вал повинен забезпечувати стійку роботу машини при значних ударних і вібраційних навантаженнях, передавати крутний момент без втрати жорсткості та зберігати точність взаємного розташування спряжених поверхонь.

1.3 Розрахунок параметрів точності шпонкового з'єднання

Конструктивним елементом деталі є шпонковий паз шириною 20 мм. Для передачі крутного моменту використовується призматична шпонка, внаслідок чого утворюється шпонкове з'єднання. Доцільно виконати розрахунок параметрів точності даного шпонкового з'єднання.

Шпонкове з'єднання ($\varnothing 170 - 20 \times 12 - 3$).

$D = 170$; $d = 170$; $b = 20$; $B_B = 20$; $B_{BT} = 20$; $h = 12$

$a = d - t_1 = 170 - 13 = 157$; (1.1)

$A = D + t_2 = 170 + 9,4 = 179,4$. (1.2)

$D = 170H7$;

$d = 170Js6$ (поле допуску базової деталі);

$b = 20h9$;

$B_B = 20N9$;

$B_{BT} = 20Js9$;

$h = 12h11$;

$a = 157h14$;

$A = 179,4H14$.

20h9: $es = 0$ мкм; $ei = -52$ мкм.

20N9: $ES_B = 0$ мкм; $EI_B = -52$ мкм.

20Js9: $ES_{BT} = +26$ мкм; $EI_{BT} = -26$ мкм.

$20 + 0 = 20$; (1.3)

$20 + (-0,052) = 19,948$; (1.4)

$20 + 0 = 20$; (1.5)

$20 + (-0,052) = 19,948$; (1.6)

					КНУ.КБР.131.26.1-04.01.АСПД	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

$$20 + 0,026 = 20,026; \quad (1.7)$$

$$20 + (-0,026) = 19,974. \quad (1.8)$$

$$T_b = 20,000 - 19,948 = 0,052 \text{ мм} = 52 \text{ мкм}. \quad (1.9)$$

$$T_B = 20 - 19,948 = 0,052 \text{ мм} = 52 \text{ мкм}. \quad (1.10)$$

$$T_{BT} = 20,026 - 19,974 = 0,052 \text{ мм} = 52 \text{ мкм}. \quad (1.11)$$

$20 \frac{N9}{h9}$ З'єднання шпонки зі шпонковим пазом вала виконано з перехідною посадкою.

$20 \frac{Js9}{h9}$ З'єднання шпонки зі шпонковим пазом втулки виконано з перехідною посадкою.

Шпонка – шпонковий паз вала.

$$S_{\max} = 20 - 19,948 = 0,052 \text{ мм} = 52 \text{ мкм}. \quad (1.12)$$

$$N_{\max} = 20,000 - 19,948 = 0,052 \text{ мм} = 52 \text{ мкм}. \quad (1.13)$$

Шпонка – шпонковий паз втулки.

$$S_{\max} = 20,026 - 19,948 = 0,078 \text{ мм} = 78 \text{ мкм}. \quad (1.14)$$

$$N_{\max} = 20,000 - 19,974 = 0,026 \text{ мм} = 26 \text{ мкм}. \quad (1.15)$$

Схему полів допусків для шпонкового з'єднання наведено на рисунку 1.4, а відповідний ескіз зображено на рисунку 1.5.

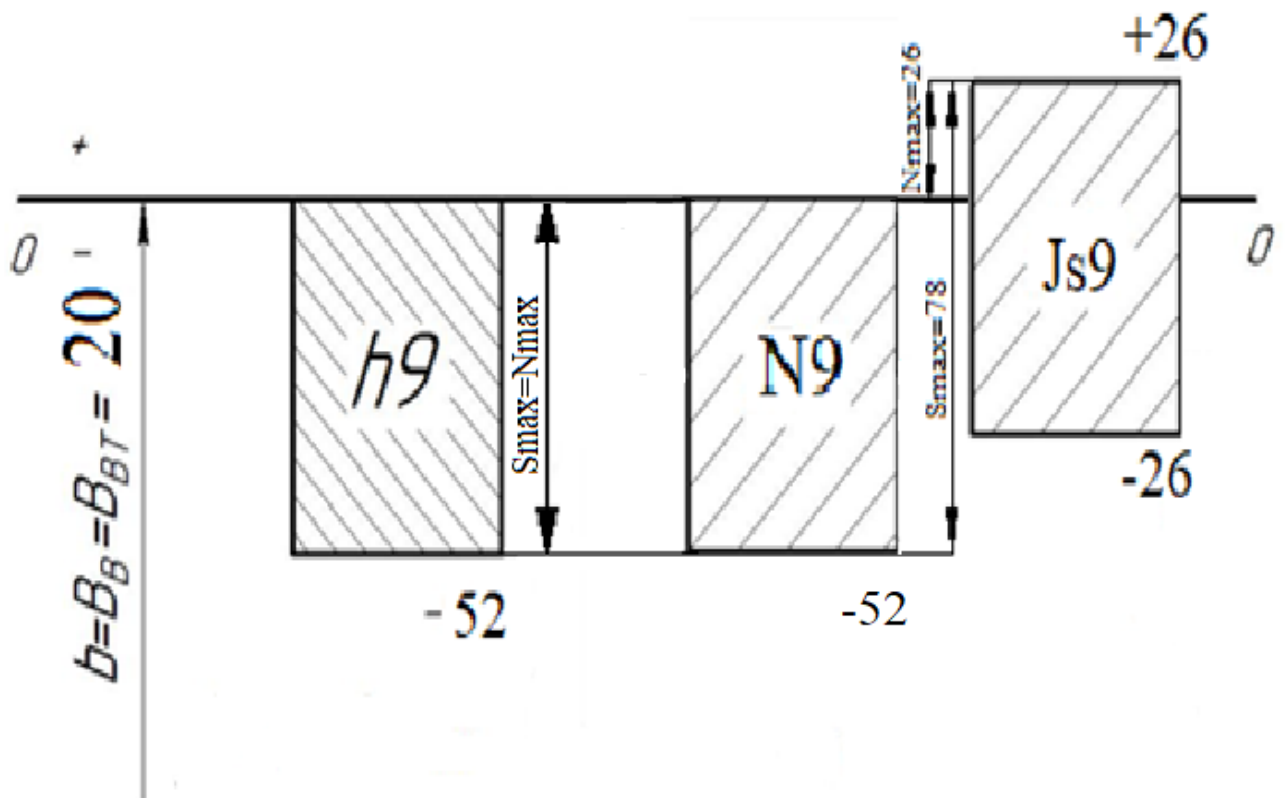


Рисунок 1.4 – Схема полів допусків шпонкового з'єднання

					КНУ.КБР.131.26.1-04.01.АСПД	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

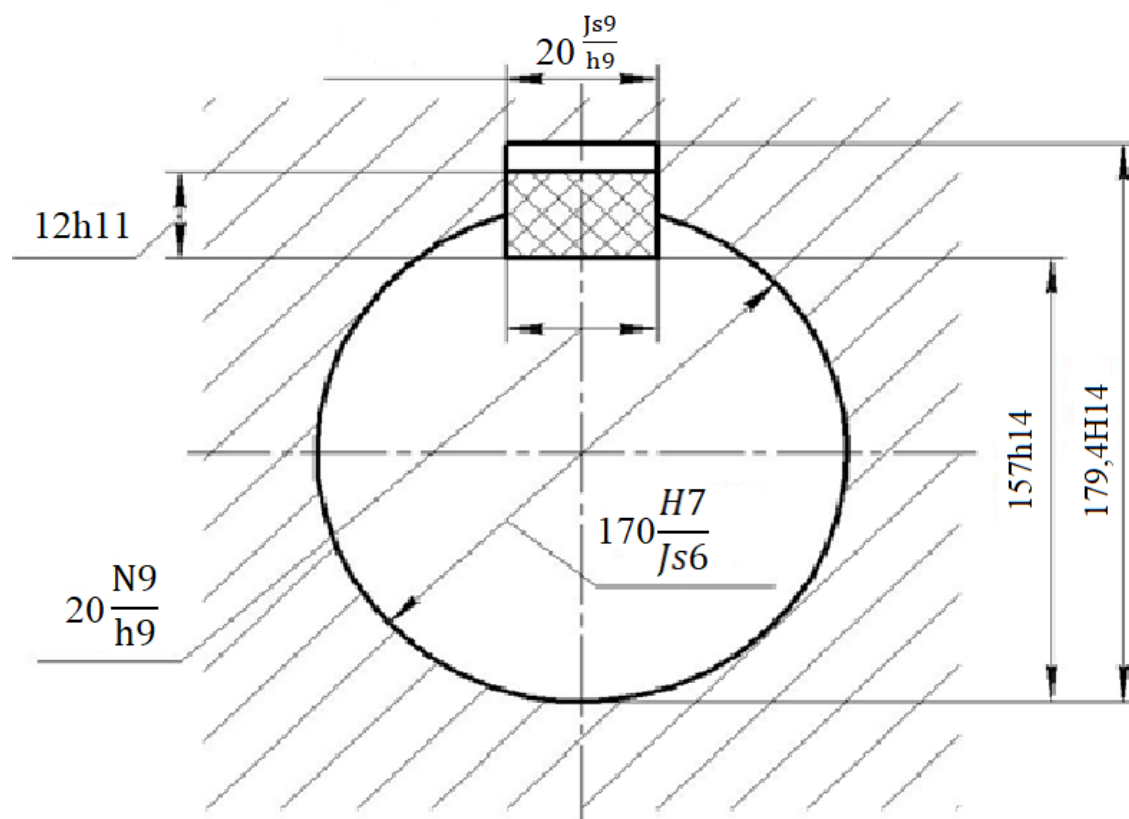


Рисунок 1.5 – Ескіз шпонкового з'єднання

					КНУ.КБР.131.26.1-04.01.АСПД	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів заміни

Вал є базовим конструктивним елементом механізму та використовується для передачі крутного моменту й підтримання встановлених на ньому деталей (зубчастих коліс, шківів, підшипників тощо) з можливістю сприйняття радіальних і осьових навантажень. Деталь працює в умовах згинальних та крутильних напружень, циклічних навантажень, тертя та локального контактного зносу, що висуває підвищені вимоги до міцності, жорсткості та зносостійкості її робочих поверхонь (особливо під посадки підшипників).

З урахуванням умов експлуатації та вимог до надійності, деталь «Вал» виготовляється зі сталі 40 згідно з ДСТУ 7809 2015, яка належить до якісних вуглецевих конструкційних сталей. Зазначена сталь має достатню міцність і добре піддається механічній та термічній обробці, що дозволяє отримати необхідні механічні характеристики серцевини та поверхневих шарів.

Для забезпечення потрібних експлуатаційних властивостей вал піддається термічній обробці, зокрема поверхневого загартування струмами високої частоти (ТВЧ) посадкових шийок для забезпечення високої твердості та зносостійкості при збереженні в'язкої серцевини.

Хімічний склад і механічні властивості сталі 40 наведено в таблицях 2.1 та 2.2 відповідно.

Таблиця 2.1 - Хімічний склад сталі 40

Марка матеріалу	C, %	Si, %	Mn, %	S, %	P, %	Cr, %
Сталь 40	0,37–0,45	0,17–0,37	0,5–0,8	<0,040	<0,035	<0,25

Таблиця 2.2 - Механічні властивості сталі 40

Марка матеріалу	σ_t , МПа	δ_5 , %	σ_B , МПа	НВ
Сталь 40	335	19	570	187–207

З метою забезпечення технологічної гнучкості та можливості заміни матеріалу без втрати експлуатаційних якостей виробу допускається виготовлення вала зі сталей 45 (ДСТУ 7809:2015) або легованої сталі 40Х (ДСТУ 7806:2015) з подальшим термічним поліпшенням, що дозволяє суттєво підвищити міцність, зносостійкість і довговічність виробу в умовах експлуатації.

					КНУ.КБР.131.26.1-04.02.ТПВД			
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата				
Розроб.		Грицаєнко			Технологічна підготовка виробництва деталі	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Нечаєв						
Реценз						каф. ТМ гр. ПМ-22		
Н. Контр.		Нечаєв						
Затверд.		Рязанцев						

Хімічний склад та механічні властивості варіантів заміни наведено в таблицях 2.3 та 2.4.

Таблиця 2.3 – Хімічний склад сталей-замінників

Марка матеріалу	C, %	Si, %	Mn, %	S, %	P, %	Cr, %
Сталь 45	0,42–0,50	0,17–0,37	0,5–0,8	<0,040	<0,035	<0,25
Сталь 40Х	0,36–0,44	0,17–0,37	0,5–0,8	<0,035	<0,035	0,8–1,1

Таблиця 2.4 – Механічні властивості сталей-замінників

Марка матеріалу	σ_T , МПа	δ_5 , %	σ_B , МПа	НВ
Сталь 45	355	16	590	229–285
Сталь 40Х	785	10	980	269–302

2.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Аналіз якості поверхонь розпочинається з їх нумерації (див. ескіз на рис. 2.1). Усі пронумеровані поверхні заносяться до таблиці 2.5. Там же для кожної з них вказується кількість послідовних переходів обробки, потрібних для поступового забезпечення встановлених вимог щодо точності та шорсткості.

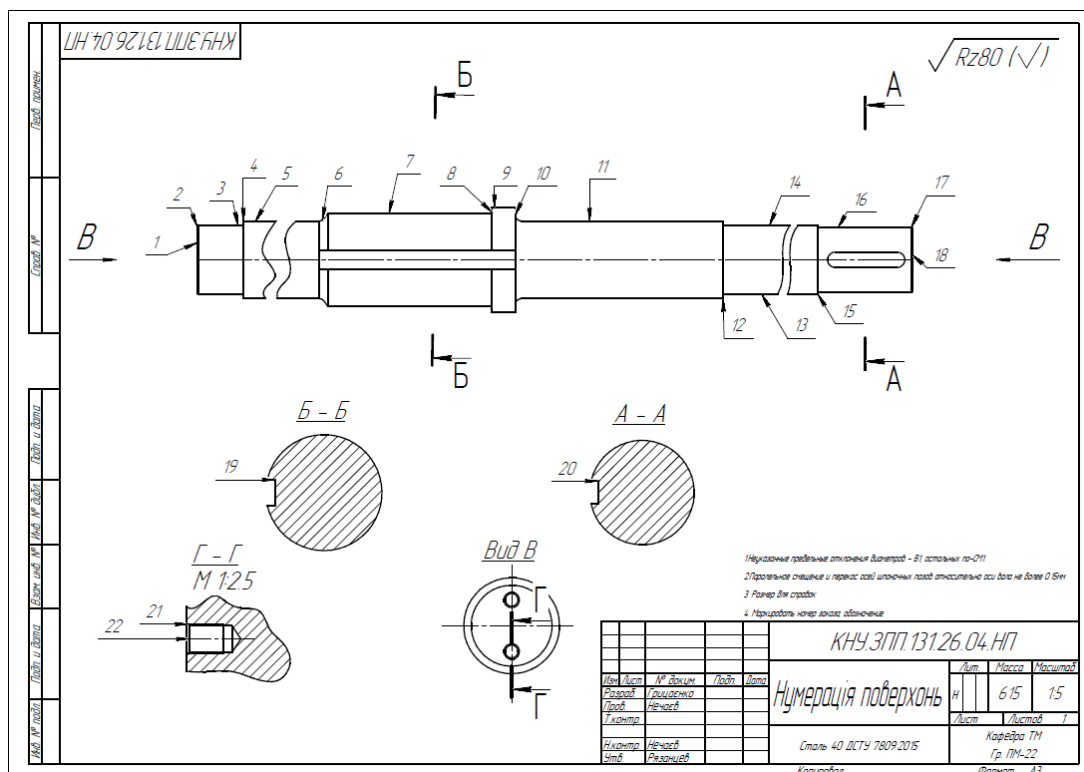
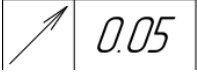
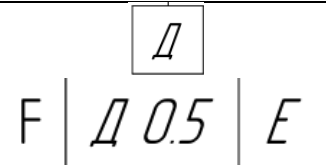
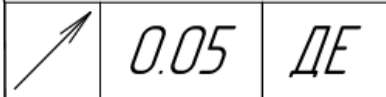


Рисунок 2.1 – Нумерація поверхонь деталі «Вал»

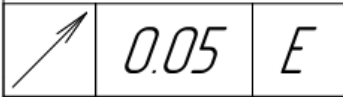
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.1-04.02.ТПВД	Аркуш
-------	-------	-------------	--------	------	-----------------------------	-------

З урахуванням вимог точності та якості було вибрано технологічні методи обробки поверхонь деталі «Вал», дані занесено в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Технологічні методи з обробки поверхонь деталі

№ з/п	Розмір, мм	Шорсткість Ra, мкм	Допуск, IT	Технологічні методи обробки	Примітка
1	2	3	4	5	6
1,18	L2488	20	h14	Чорнове підрізання торця	
2	3x45°	20	h14	Чорнове точіння	
3	Ø180p6	12,5 6,3 3,2 1,25	h14 h11 h9 p6	Чорнове точіння Півчистове точіння Чистове точіння Шліфування	
4	L120	20	h14	Чорнове точіння	
5	Ø200	20 10	h14 h12	Чорнове точіння Півчистове точіння	
6	R18	20	h14	Чорнове точіння	
7	Ø240h	12,5 6,3 2,5	h14 h11 h8	Чорнове точіння Півчистове точіння Чистове точіння	
8	L60	20 10	h14 h12	Чорнове підрізання торця Півчистове підрізання торця	

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6
9	Ø270	20	h14	Чорнове точіння	
10	R16	20	h14	Чорнове точіння	
11	Ø200	20 10	h14 h12	Чорнове точіння Півчистове точіння	
12	L120	20	h14	Чорнове підрізання торця	
13	Ø180k6	12,5 6,3 3,2 1,25	h14 h11 h9 k6	Чорнове точіння Півчистове точіння Чистове точіння Шліфування	
14	R2	20	h14	Чорнове точіння	
15	Ø178h9	12,5 5	h14 h9	Чорнове точіння Півчистове точіння	
16	Ø170h8	12,5 6,3 2,5	h14 h11 h8	Чорнове точіння Півчистове точіння Чистове точіння	
17	3x45°	20	h14	Чорнове точіння	

					КНУ.КБР.131.26.1-04.02.ТПВД	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6
19	L50	12,5 5	h14 h9	Чорнове фрезерування пазу Півчистове фрезерування пазу	
20	L40	12,5 5	h14 h9	Чорнове фрезерування пазу Півчистове фрезерування пазу	
21	2x45°	20	h14	Зенкування	
22	M24-7H	12,5 10	H14 H7	Сверління Нарізування різьби	

2.3 Технічний контроль робочого креслення

На робочому кресленні вала зображено головний вид деталі, вигляд з торця (Вид В) , перерізи (А-А, Б-Б) та місцевий розріз (Г-Г) , які деталізують специфічні елементи: шпонкові пази, фаски та канавки для виходу шліфувального круга.

На кресленні проставлені всі потрібні лінійні та діаметральні розміри, параметри шорсткості (до Ra 1,25) та допуски на відхилення форми і розташування поверхонь (0,05 мм), які необхідні для виготовлення деталі.

Конструкція деталі є технологічно доцільною, хоча забезпечення жорстких допусків потребує використання точного обладнання. Найвищі вимоги до точності та якості поверхні висуваються до обробки посадкових шийок вала, призначених для встановлення підшипників та деталей передачі.

Деталь має форму тіла обертання, що дає змогу застосовувати високопродуктивні режими токарної та шліфувальної обробки, має зручні базові поверхні для виконання початкових операцій (торці та центрові отвори), а також відзначається раціональною ступінчастою геометрією.

Зовнішні циліндричні поверхні можуть виконувати функцію як установчих, так і опорних баз під час механічної обробки (наприклад, при базуванні в патроні з підтисканням заднім центром або в люнеті). Крім того, вони придатні для використання як основні бази при складанні вузла.

					КНУ.КБР.131.26.1-04.02.ТПВД	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання

Було складено маршрутно-технологічну карту виготовлення деталі «Вал».

Таблиця 2.6 – Маршрутна карта

№	Тип операції	Тип та модель верстату	Примітки
005	Заготівельна		Відрізання прокату
010	Токарна	Горизонтально-токарний верстат з ЧПК	Чорнове, півчистове підрізання торців. Чорнове, півчистове, чистове точіння зовнішніх поверхонь
015	Фрезерна	Вертикально фрезерний верстат з ЧПК	Фрезерування шпонкових пазів
020	Сверлильна	Вертикально фрезерний верстат з ЧПК	Сверління отворів, нарізування різьби
025	Шліфувальна	Круглошліфувальний верстат	Шліфування поверхонь до заданої шорсткості
030	Контрольна	Контрольний стіл	Технічний контроль
035	Пакування		Нанесення антикорозійного покриття

З урахуванням раніше визначених технологічних методів обробки поверхонь деталі «Вал» було підібрано типи металорізального обладнання та занесено в таблицю 2.7.

					КНУ.КБР.131.26.1-04.02.ТПВД	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		



Рисунок 2.2 – Верстат Puma 5100XL

Puma 5100XL

Робоча зона та розміри

Макс. діаметр обробки над станиною: 900 мм

Макс. діаметр обробки над супортом: 740 мм

Рекомендований діаметр точіння: 550 мм

Максимальний діаметр точіння: 650 мм

Максимальна довжина точіння: 3040 мм (версія XL)

Діаметр патрона: 380 мм (15") — стандарт для версії А; до 530 мм (21") —
версія С

Шпиндель

Максимальна швидкість: 2000 об/хв (для версії А) / 1000 об/хв (для версії

С)

Потужність двигуна (пост./30 хв): 37 / 45 кВт

Макс. крутний момент: до 3521 Нм (залежить від типу редуктора)

Діаметр отвору в шпинделі: 117 мм (А) / 166 мм (В) / 181 мм (С) / 275 мм
(версія Big Bore)

Інструментальна головка (Револьвер)

Кількість позицій: 10 або 12 станцій

Розмір хвостовика різця: 32 x 32 мм

Діаметр розточувальної оправки: 60 мм

Час індексації (1 позиція): 0.25 сек

Переміщення та подачі

Хід по осі X: 362 мм

Хід по осі Z: 3115 мм

Швидкість швидких ходів (X / Z): 16 / 10 м/хв

Габарити та вага

Довжина: ~7610 мм

Ширина: ~2390 мм

Висота: ~2535 мм

Вага верстата: ~14 500 кг

					КНУ.КБР.131.26.1-04.02.ТПВД	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		



Рисунок 2.3 – Верстат Doosan VCF 850L

Doosan VCF 850L :

Робоча зона та стіл

Довжина столу: 3500 мм

Ширина столу: 850 мм

Макс. навантаження на стіл: 3500 кг

Тип конструкції: Нерухомий стіл та рухома колона (дозволяє обробку довгих деталей понад 3 метри).

Переміщення (Ходи осей)

Вісь X (поздовжній): 3000 мм

Вісь Y (поперечний): 850 мм

Вісь Z (вертикальний): 800 мм

Швидкість швидких ходів (X / Y / Z): 40 / 40 / 30 м/хв

Шпиндель

Тип конуса: ISO 40 (Big Plus)

Макс. швидкість обертання: 12 000 об/хв (стандарт)

Потужність двигуна: 18.5 / 25 кВт (пост. / 30 хв)

Крутний момент: 118 / 159 Нм

Тип приводу: Вбудований (Built-in) — мінімізує вібрації та шум.

Зміна інструменту (АТС)

Кількість інструментів у магазині: 30 позицій (опціонально 60)

Макс. діаметр інструменту: 80 мм (125 мм, якщо сусідні гнізда порожні)

Макс. довжина інструменту: 350 мм

Макс. вага інструменту: 8 кг

Час зміни інструменту (T-to-T): 1.5 сек

Габарити та вага

Площа, яку займає верстат: ~7125 x 4110 мм

Висота верстата: ~3290 мм

Вага: ~24 000 кг

					КНУ.КБР.131.26.1-04.02.ТПВД	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		



Рисунок 2.4 – Верстат Danobat LG-3000

Danobat LG-3000

Робоча зона та потужність

Максимальна довжина деталі: 3000 мм

Висота центрів: 225 мм або 290 мм (залежить від конфігурації)

Максимальний діаметр шліфування: до 450–580 мм

Максимальна вага деталі: до 600 кг (у центрах), може бути збільшена при використанні спеціальних люнетів.

Шліфувальна бабка (В-вісь)

Конфігурація: Верстат може бути оснащений поворотною віссю В з декількома шпинделями.

Кількість кругів: Можливість встановлення до 3-4 шліфувальних кругів (для зовнішнього та внутрішнього шліфування).

Привід: Прямий привід (Direct Drive) для високої точності позиціонування.

Переміщення та точність

Направляючі: Використовуються лінійні напрямні або гідростатичні системи (залежно від специфікації) для максимального гасіння вібрацій.

Лінійні двигуни: На осі Х часто встановлюються лінійні двигуни для забезпечення нанометрової точності та плавності ходу.

Вимірювальна система: Оптичні лінійки високої роздільної здатності в стандартній комплектації.

Система керування та програмне забезпечення

ЧПК: Зазвичай оснащується Fanuc або Siemens.

Danobat DoGrind: Спеціалізоване програмне забезпечення від виробника, яке спрощує програмування складних профілів.

Ключові переваги

Надзвичайна жорсткість: Станина виготовлена з натурального граніту або стабілізованого чавуну (Mehanite), що мінімізує вплив температурних коливань.

					КНУ.КБР.131.26.1-04.02.ТПВД	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Універсальність: Можливість шліфування різблення, конусів та складних некруглих профілів.

Контроль в процесі: Інтегровані вимірювальні системи (Marposs або Renishaw) для контролю розмірів без зняття деталі з верстата.

Таблиця 2.7 - Вибір металорізальних верстатів та інструментів по обробці поверхонь деталі

№	Найменування операції	Тип і модель верстату
1, 18, 8, 12	Чорнове підрізання торця	Токарний верстат з ЧПК Puma 5100XL
8	Півчистове підрізання торця	
2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17	Чорнове точіння	
3, 5, 7, 11, 13, 14, 15, 16	Півчистове точіння	
3, 7, 13, 16	Чистове точіння	
21, 22	Свердління Зенкування	Вертикально фрезерний верстат з ЧПК Doosan VCF 850L
19, 20	Фрезерування пазу	Вертикально фрезерний верстат з ЧПК Doosan VCF 850L
3, 13	Шліфування	Круглошліфувальний верстат з ЧПК Danobat LG-3000

					КНУ.КБР.131.26.1-04.02.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, 18, 8, 12	Чорнове підрізання торця	Підрізний різець
8	Півчистове підрізання торця	Підрізний різець
2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17	Чорнове точіння	Прохідний різець
3, 5, 7, 11, 13, 14, 15, 16	Півчистове точіння	Прохідний різець
3, 7, 13, 16	Чистове точіння	Прохідний різець
22, 21	Свердління Нарізування різьби Зенкування	Сверло Мітчик Зенківка
19, 20	Фрезерування пазу	Фреза
3, 13	Шліфування	Шліфувальний круг

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.

					КНУ.КБР.131.26.1-04.03.ВРДІ								
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата									
Розроб.		Грицаєнко			Вибір ріжучих та допоміжних інструментів			Літ.		Арк.		Акрушів	
Перевір.		Нечаєв											
Реценз													
Н. Кантр.		Нечаєв											
Затверд.		Рязанцев											
					каф. ТМ гр. ПМ-22								

1) Поверхні 1, 18, 8, 12 – Чорнове підрізання торця

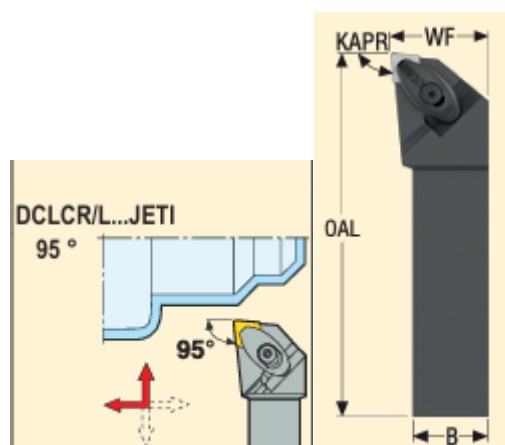


Рисунок 3.1 – Державка DCLCR2525X09JETI [1, с 206]

Геометричні параметри: H=25 мм; B=25 мм; LF=36 мм; LH=38 мм; WF=32 мм.

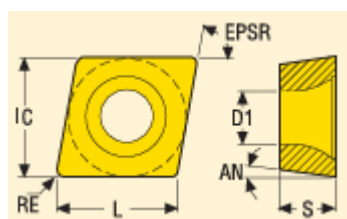


Рисунок 3.2 – Пластина CCMT09T308-M5[1, с 423]

Геометричні параметри L=9,53 мм; L=9,7 мм; S=3,97 мм; D1=4,5 мм; покриття TP1501

2) Поверхні 8 – Півчистове підрізання торця

Обираємо державку DCLCR2525X09JETI (Рисунок 3.1)

Геометричні параметри: H=25 мм; B=25 мм; LF=36 мм; LH=38 мм; WF=32мм.

Обриємо пластину CCMT09T304-MF2 (Рисунок 3.2)

Геометричні параметри L=9,53 мм; L=9,7 мм; S=3,97 мм; D1=4,5 мм; покриття TP2501

					КНУ.КБР.131.26.1-04.03.ВРДІ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

2) Поверхні 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17 – Чорнове точіння

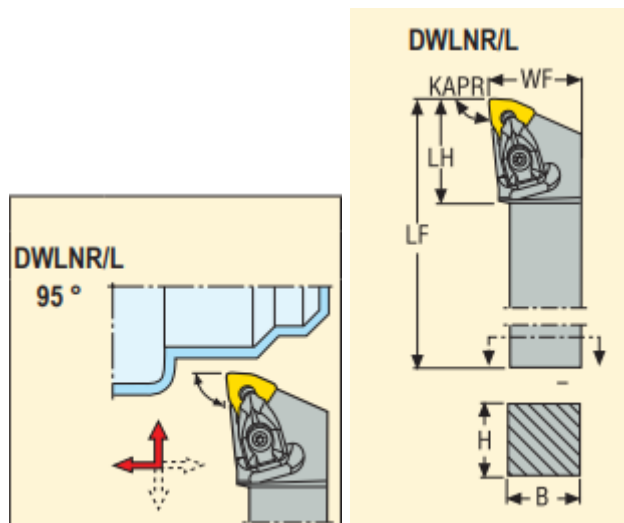


Рисунок 3.3 – Державка DWLNR 2525M06 [1, с. 241]

Геометричні параметри: $H=25\text{мм}$; $B=25\text{мм}$; $LF=150\text{мм}$; $WF=32\text{мм}$; $LH=30\text{мм}$;

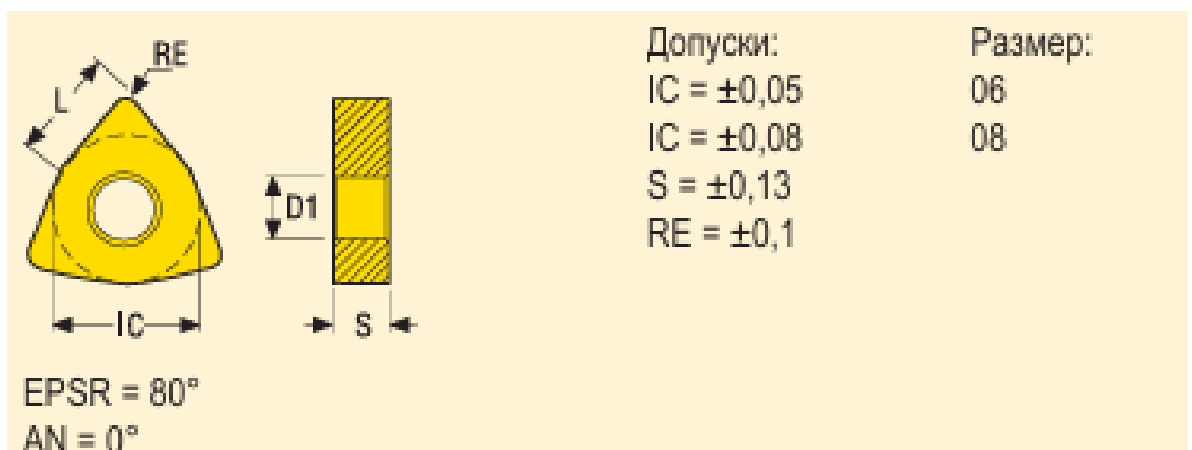


Рисунок 3.4 – Пластина WNMG 060412-M5; [1, с. 477]

Геометричні параметри: $IC = 9,53\text{мм}$; $L = 6,5\text{мм}$; $S = 4,76$; $D1 = 3,81\text{мм}$; CDV покриття TP1501

4) Поверхні 3, 5, 7, 11, 13, 14, 15, 16 – Півчистове точіння

					КНУ.КБР.131.26.1-04.03.ВРДІ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

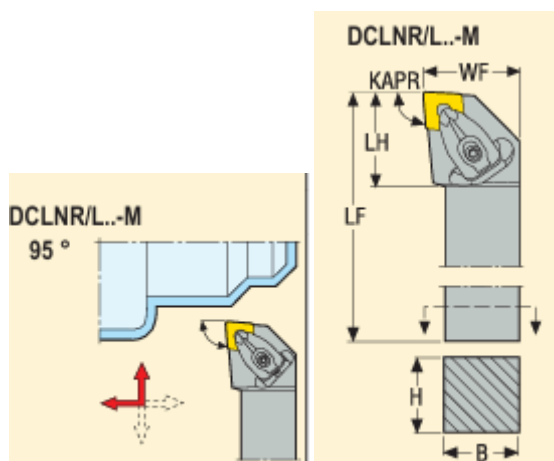


Рисунок 3.5 – Державка DCLNR2525M16-M [1, с. 228]

Геометричні параметри=25мм; B=25мм; LF=150мм; WF=32мм; LH=40мм;

Обиємо пластину CCMT09T304-MF2 (Рисунок 3.2)

Геометричні параметри L=9,53 мм; L=9,7 мм; S=3,97 мм; D1=4,5 мм;
покриття TP2501

5) Поверхні 3, 7, 13, 16 – Чистове точіння

Обираємо державку DCLNR2525M16-M (Рисунок 3.5)

Геометричні параметри: H=25мм; B=25мм; LF=150мм; WF=32мм;
LH=40мм;

Обиємо пластину CCMT09T304-MF2 (Рисунок 3.2)

Геометричні параметри L=9,53 мм; L=9,7 мм; S=3,97 мм; D1=4,5 мм;
покриття TP2501

6) Поверхня 22 – свердління, нарізування різьби

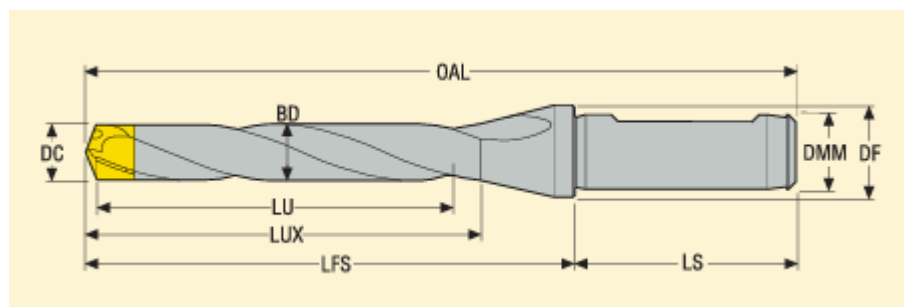


Рисунок 3.6 – обираємо свердло SD105-22.00/23.99-125-25R7 [2, с 130]

Геометричні параметри: DC=22мм ;LU=125мм; OAL=214,5мм;
BD=21,5мм; LUX=138,5мм; LS=56мм; DMM=25мм; DF=31мм;

					КНУ.КБР.131.26.1-04.03.ВРДІ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

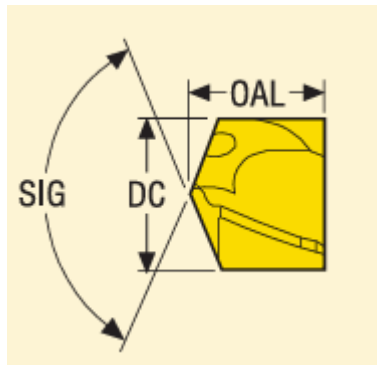


Рисунок 3.7 – обираємо коронку SD100-22.00-M [2, с 134]

Геометричні параметри: DC=22мм; OAL=15,2мм;

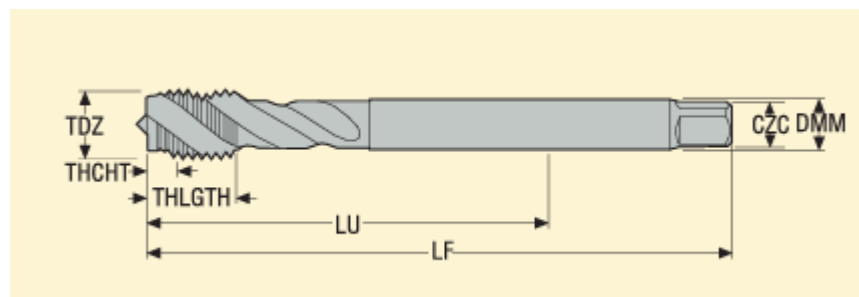
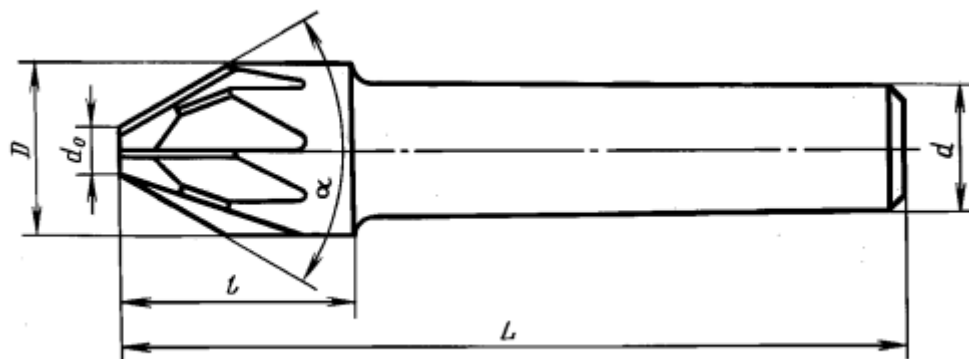


Рисунок 3.8 – обираємо мітчик MTH-M24X2.00ISO6HX-BC-P011[4, с 194]

Геометричні параметри: TDZ=MF24x2мм; mm=2мм; DMM=18мм; LU=93мм; THLGTH=20мм; LF=140мм; CZC=18x14,5мм; покриття AlTiN; матеріал HSS-E-PM;

6) Поверхня 22 – Зенкування

Типы 5, 6, 7



Черт. 5

Рисунок 3.9 – Зенківка тип 6 з кутом при вершині 90 з циліндричним хвостовиком [5, с.9]

КНУ.КБР.131.26.1-04.03.ВРДІ					Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата	

Умовне позначення:

Зенківка 2353-0118 DIN 335

Геометричні параметри: $D=31,5\text{мм}$, $d_0=10\text{мм}$, $d=12\text{мм}$, $L=71\text{мм}$, $l=22\text{мм}$; $\alpha=90^\circ$; матеріал HSS.

7) Поверхня 19 – Фрезерування пазу $L=50$

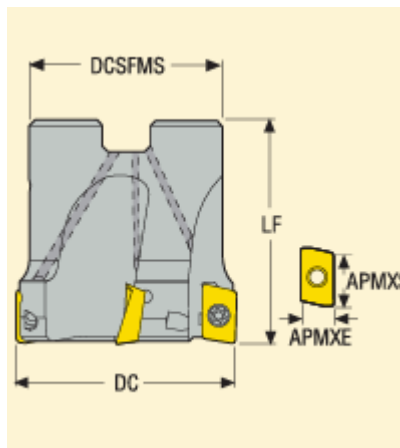


Рисунок 3.10 – Оправка R220.69-0050-10-5A [3, с.29-30]

Геометричні параметри APMXE - 6,0 мм, APMXS - 9,0 мм, DC - 50,0 мм, DCSFMS - 47 мм, DCB - 22 мм, LF - 40,0 мм, RMPX - $1,2^\circ$, C min - 89,0 мм, C max - 98,5 мм, кількість зубців – 5.

Обираємо пластину для чорнової обробки

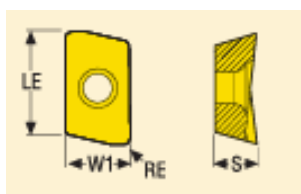


Рисунок 3.11 – Пластина XOEX10T312R-M06 [3, с 662]

Геометричні параметри: $W1=6,9$; $S=3,8$; $LE=9,7$; покриття MP2050

Обираємо пластину для півчистової обробки

Пластина XOMX10T308TR-ME07 (рисунок 3.11)

Геометричні параметри: $W1=6,9$; $S=3,8$; $LE=9,7$; покриття MP2501

8) Поверхня 20 – Фрезерування пазу $L=40$

Обираємо оправку R220.69-0040-10-4A (Рисунок 3.10)

					КНУ.КБР.131.26.1-04.03.ВРДІ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Геометричні параметри APMXE - 6,0 мм, APMXS - 9,0 мм, DC - 40,0 мм, DCSFMS - 35 мм, DCB - 16 мм, LF - 40,0 мм, RMPX - 1,5°, C min - 69,0 мм, C max - 78,5 мм, кількість зубців – 4.

Обираємо пластину для чорнової обробки

Пластина ХОЕХ10Т312R-M06 (рисунок 3.11)

Геометричні параметри: W1=6,9; S=3,8; LE=9,7; покриття MP2050

Обираємо пластину для півчистової обробки

Пластина ХОМХ10Т308TR-ME07 (рисунок 3.11)

Геометричні параметри: W1=6,9; S=3,8; LE=9,7; покриття MP2501

9) Поверхня 3, 11 – Шліфування

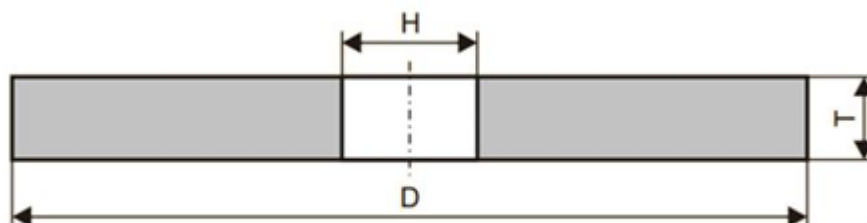


Рисунок 3.12 – Шліфувальний круг 1-500x50x203-14A-16-K-6-V-33-AA-1

[6, с. 112]

Геометричні параметри: D - 500 мм; T - 50 мм; H - 203 мм; Матеріал - 14А; Зернистість – F40; Твердість - О; Структура - 6; Зв'язка - V; v - 33 м/с; Клас точності - А.

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	2	3	4	5
1, 18, 8, 12	Підрізний різець	TP1501	Сталь 40Х	$\epsilon=95$
8	Підрізний різець	TP2501	Сталь 40Х	$\epsilon=95$

					КНУ.КБР.131.26.1-04.03.ВРДІ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5
2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17	Прохідний різець	TP1501	Сталь 40X	$\varepsilon=95$
3, 5, 7, 11, 13, 14, 15, 16	Прохідний різець	TP2501	Сталь 40X	$\varepsilon=95$
3, 7, 13, 16	Прохідний різець	TP2501	Сталь 40X	$\varepsilon=95$
22, 21	Свердло Мітчик Зенківка	Свердло - покриття AlTiN; Мітчик - покриття AlTiN; Зенківка - HSS	матеріал HSS-E- PM;	Зенківка - 90
19, 20	Фреза	Чорнова - покриття MP2050. Півчистова – MP2501	Сталь 40X	
3, 13	Шліфувальний круг	Матеріал 14A	Сталь 40X	

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.

					КНУ.КБР.131.26.1-04.03.ВРДІ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Таблиця 3.3 - Вибір типорозміру різальних інструментів

№ з/п поверхні	Тип інструменту і пластини	Основні розміри інструменту, пластини	Матеріал різальної частини інструменту	Шифр інструменту (державки, пластини) за міжнародними стандартами
1	2	3	4	5
1, 18, 8, 12	Підрізний різець	Державка Н=25 мм; В=25 мм; LF=36 мм; LH=38 мм; WF=32 мм Пластина L=9,53 мм; L=9,7 мм; S=3,97 мм; D1=4,5 мм;	TP1501	Державка DCLCR2525X09JETI Пластина CCMT09T308-M5
8	Підрізний різець	державка Н=25 мм; В=25 мм; LF=36 мм; LH=38 мм; WF=32 мм. Пластина L=9,53 мм; L=9,7 мм; S=3,97 мм; D1=4,5 мм;	TP2501	державка DCLCR2525X09JETI Пластина CCMT09T304-MF2
2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17	Прохідний різець	Державка Н=25мм; В=25мм; LF=150мм; WF=32мм; LH=30мм; Пластина IC = 9,53мм; L= 6,5мм; S=4,76; D1= 3,81мм	TP1501	Державка DWLNR 2525M06 Пластина WNMG 060412-M5
3, 5, 7, 11, 13, 14, 15, 16	Прохідний різець	Державка Н=25мм; В=25мм; LF=150мм; WF=32мм; LH=40мм; Пластина L=9,53 мм; L=9,7 мм; S=3,97 мм; D1=4,5 мм;	TP2501	Державка DCLNR2525M16-M Пластину CCMT09T304-MF2
3, 7, 13, 16	Прохідний різець	Державка Н=25мм; В=25мм; LF=150мм; WF=32мм; LH=40мм; Пластина L=9,53 мм; L=9,7 мм; S=3,97 мм; D1=4,5 мм;	TP2501	Державка DCLNR2525M16-M Пластина CCMT09T304-MF2

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5
22, 21	Свердло Мітчик Зенківка	Свердло DC=22мм ;LU=125мм; OAL=214,5мм; BD=21,5мм; LUX=138,5мм; LS=56мм; DMM=25мм; DF=31мм; Коронка DC=22мм; OAL=15,2мм; Мітчик TDZ=MF24x2мм; mm=2мм; DMM=18мм; LU=93мм; THLGTH=20мм; LF=140мм; CZC=18x14,5мм; покриття AlTiN; матеріал HSS-E-PM; Зенківка D=31,5мм, d0=10мм, d=12мм, L=71мм, l=22мм; a=90; матеріал HSS.	Свердло - покриття AlTiN; Мітчик - покриття AlTiN; Зенківка - HSS	свердло SD105- 22.00/23.99-125-25R7 Коронка SD100-22.00- M мітчик MTH- M24X2.00ISO6HX- BC-P011 Зенківка 2353-0118 DIN 335
19, 20	Фреза	Оправка APMXE - 6,0 мм, APMXS - 9,0 мм, DC - 50,0 мм, DCSFMS - 47 мм, DCB - 22 мм, LF - 40,0 мм, RMPX - 1,2°, C min - 89,0 мм, C max - 98,5 мм, кількість зубців – 5. Геометричні параметри APMXE - 6,0 мм, APMXS - 9,0 мм, DC - 40,0 мм, DCSFMS - 35 мм, DCB - 16 мм, LF - 40,0 мм, RMPX - 1,5°, C min - 69,0 мм, C max - 78,5 мм, кількість зубців – 4. Пластина чорнова W1=6,9; S=3,8; LE=9,7; Пластина півчистова W1=6,9; S=3,8; LE=9,7;	Чорнова - покриття MP2050. Півчистова – MP2501	Оправка R220.69- 0050-10-5A оправка R220.69-0040- 10-4A Пластина чорнова ХОЕХ10Т312R-M06 Пластина півчистова ХОМХ10Т308TR- ME07
3, 13	Шліфувальн ий круг	D - 500 мм; Т - 50 мм; Н - 203 мм; Матеріал - 14А; Зернистість – F40; Твердість - О; Структура - 6; Зв'язка - V; v - 33 м/с; Клас точності - А.	Матеріал 14А	Шліфувальний круг 1- 500x50x203-14А-16-К- 6-V-33-AA-1

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 DWLNR 2525M06, оскільки саме він знімає найбільший припуск на механічну обробку та працює в найбільш складних умовах. Розміри різця: $h = 25$ мм; $b = 25$ мм; $l_1(LF) = 150$ мм; $l_2(LH) = 30$ мм; $f(WF) = 32$ мм. Матеріал різця - сталь 40X з межею міцності $\sigma_B = 980$ МПа і допустимою напругою $\sigma_{д.п.} = 600$ МПа. Матеріал заготовки - сталь 40 з межею міцності $\sigma_B = 60$ МПа. Діаметр заготовки - 270 мм, припуск на обробку (з кожного боку - 3 мм), подача $S = 0,5$ мм/об, виліт різця $l = 60$ мм.

Визначаємо силу різання

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

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;

$$P_z = 9,81 * 384 * 4^{0,9} * 0,4^{0,9} * 1 = 5760 \text{ H}$$

Ширина і висота перетину державки $b=25$ мм; $h=25$ мм.

Перевіряємо міцність і жорсткість державки різця:

а) максимальне навантаження, допустима міцність різця:

$$P_{z \text{ доп}} = \frac{bh^2 \sigma_{н.д}}{6l} = \frac{25 * 10^{-3} * (25 * 10^{-3})^2 * 600 * 10^6}{(6 * 60 * 10^{-3})} = 26041 \text{ H} \quad (3.2)$$

б) максимальне навантаження, допустима жорсткість різця:

$$P_{z \text{ жорс}} = \frac{3fEJ}{l^3} = \frac{3 * 0,1 * 10^{-3} * 2 * 10^{11} * 3,255 * 10^{-8}}{(60 * 10^{-3})^3} = 9041 \text{ H} \quad (3.3)$$

					КНУ.КБР.131.26.1-04.03.ВРДІ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

де: $f = 0,1 \text{ мм}$ – допустима стріла прогину при чорновому точінні;
 $E = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}$ – модуль пружності матеріалу державки;
 J – момент інерції прямокутного перетину державки:

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{25 \cdot 25^3}{12} = 32552 \text{ мм}^4. \quad (3.4)$$

Перевірка різця на міцність і жорсткість:

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

$$26041 > 5760 < 9040$$

Умова виконана. Різець володіє достатньою міцністю і жорсткістю.

3.5 Вибір параметрів допоміжної частини інструментів

Таблиця 3.4 – Вибір типу допоміжного інструменту

№ з/п поверхні	Металорі- зальний верстат	Параметри посадочного місця верстата під інструмент	Тип різучого інструменту (Шифр інструменту)	Параметри посадочного місця різучого інструменту	Допоміжний інструмент (Шифр інструменту) за міжнародним и стандартами
1	2	3	4	5	6
1, 18, 8, 12	Токарни- й верстат з ЧПК Puma 5100XL	VDI40	DCLCR2525 X09JE	B=25мм, H=25мм.	ASHN- VDI40-25- JETI
8		VDI40	DCLCR2525 X09JETI	B=25мм, H=25мм.	ASHN- VDI40-25- JETI
2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 13-17		VDI40	DWLNR 2525M06	B=25мм, H=25мм.	ASHA-R- VDI40-25- JETI
3, 5, 7, 11, 13-16		VDI40	DCLNR2525 M16-M	B=25мм, H=25мм.	ASHA-R- VDI40-25- JETI

					КНУ.КБР.131.26.1-04.03.ВРДІ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5	6
3, 7, 13, 16		VDI40	DCLNR2525 M16-M	B=25мм, H=25мм.	ASHA-R- VDI40-25- JETI
22, 21	Вертикально фрезерний верстат з ЧПК Doosan VCF 850L	ISO40	СверлоSD10 5-2.00/23.99- 125-25R7 Мітчик TH- M24X2.00IS O6HX-BC- P0113енківка 2353-0118 DIN 335		
19, 20		ISO40	Оправка R220.69- 0050-10-5A оправка R220.69- 0040-10-4A		
3, 13	Кругло шліфува льний верстат з ЧПК Danobat LG-3000	500x50	Шліфувальний круг 1- 500x50x203- 14A-16-K-6- V-33-AA-1		

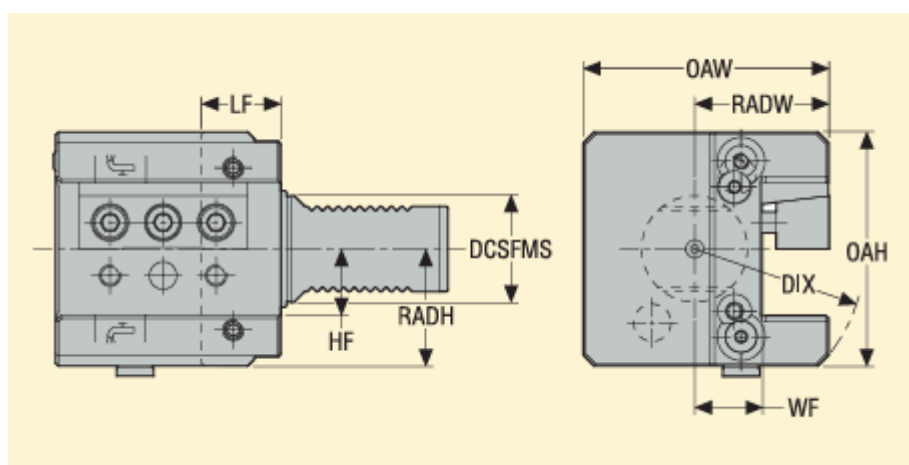


Рисунок 3.13 – Різцетримач ASHN-VDI40-25-JETI [1, с.408]

Геометричні параметри: DCSFMS=40мм, DIX=64мм, RADW=51мм, OAW=93мм, RADH=44мм, HF=25мм, LF=30мм.

					КНУ.КБР.131.26.1-04.03.ВРДІ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

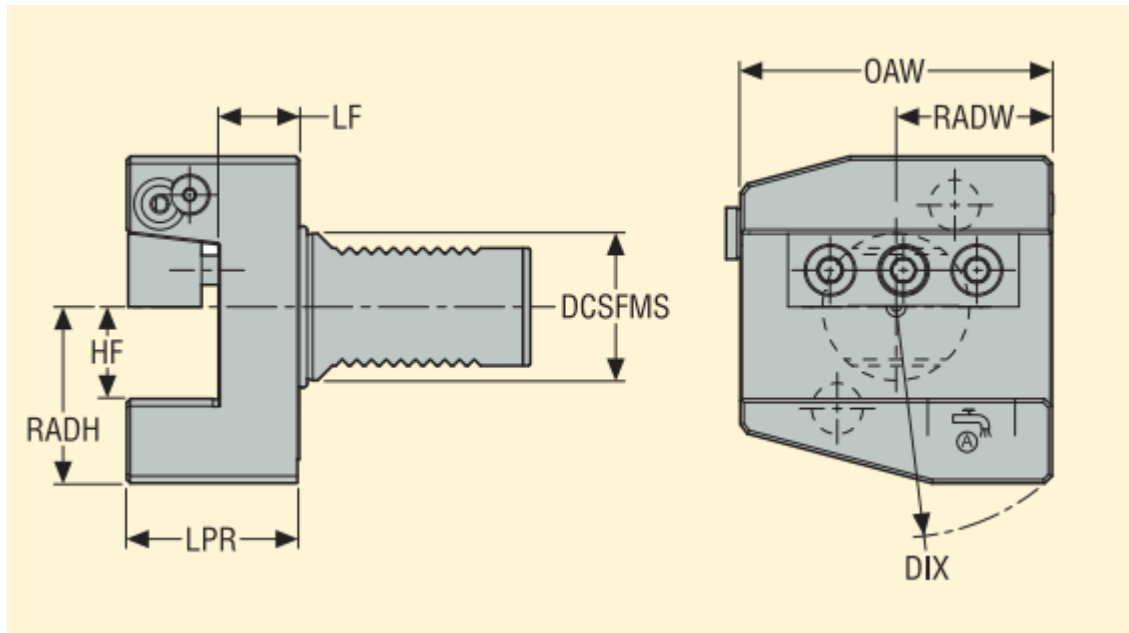


Рисунок 3.14 – Різцетримач радіальний - ASHA-R-VDI40-25-JETI [1, с.407]

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



Рисунок 3.15 - Для свердла, зенківки обираємо цанговий патрон DIN2080 ISO 40 - 591 027 - 14 40×ER40 [7, с. 21]

Геометричні параметри: діапазон зажиму 3-26, D=63мм; L=70мм.

					КНУ.КБР.131.26.1-04.03.ВРДІ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

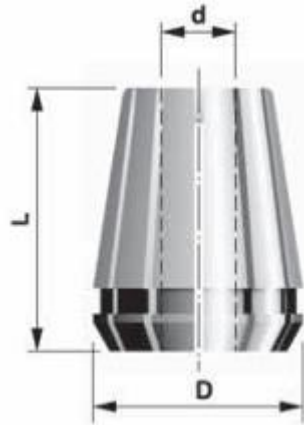


Рисунок 3.16 - Обираємо цангу для свердла 591 046-23 [7, с.30]

Геометричні параметри $D=41,4\text{мм}$; $L=46\text{мм}$; $d=25\text{мм}$.

Обираємо цангу для Зенківки 591 046-10 (рисунок 3.16)

Геометричні параметри $D=41,4\text{мм}$; $L=46\text{мм}$; $d=12\text{мм}$.

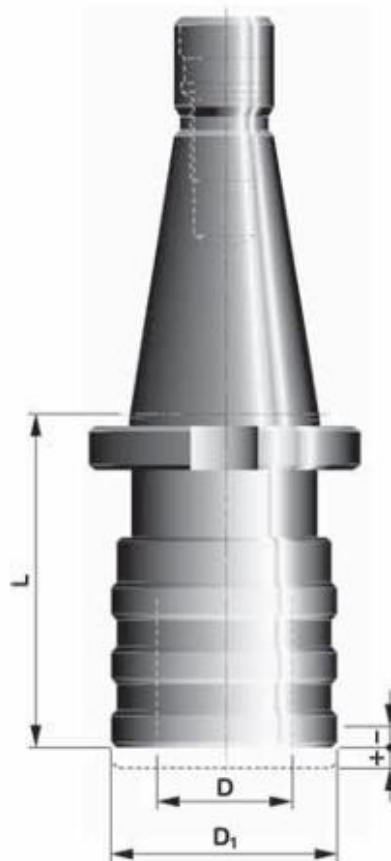


Рисунок 3.17 - Для мітчика обираємо різьбонарізний патрон DIN2080 ISO 40 515 033 – 03 40x3 [7, с.26]

Геометричні параметри: діапазон зажиму M14-M33; $D=48\text{мм}$; $D1=78\text{мм}$; $L=142\text{мм}$; $\pm = 20/20\text{ мм}$;

					КНУ.КБР.131.26.1-04.03.ВРДІ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

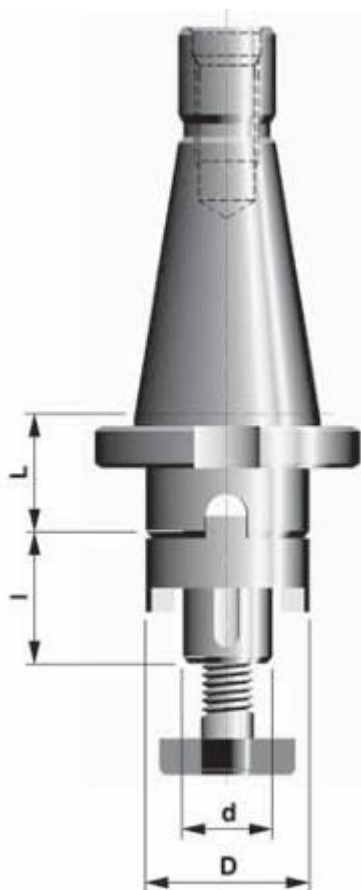


Рисунок 3.18 - Для фрез обираємо комбіновану оправку для торцевих фрез 19 поверхня - Оправка комбінована DIN 2080 ISO 40x22. [7, с. 23]

Геометричні параметри: Тип конуса - ISO 40; Посадковий діаметр d (h6) - 22 мм; Зовнішній діаметр D - 40 мм; Довжина посадки l - 31 мм; Виліт L - 38 мм; Затискний гвинт T - M10.

Для фрез обираємо комбіновану оправку для торцевих фрез 20 поверхня - Оправка комбінована DIN 2080 ISO 40x16. (Рисунок 3.18)

Геометричні параметри: Тип конуса - ISO 40, Посадковий діаметр d (h6) - 16 мм, Зовнішній діаметр D - 32 мм, Довжина посадки l - 30 мм, Виліт L - 36 мм, Затискний гвинт T - M8.

					КНУ.КБР.131.26.1-04.03.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 - свердла-зенківки.

Вихідні дані:

Матеріал заготовки: сталь 40

Твердість: $s_B=600\text{МПА}$

Стан поверхні: після механічної обробки

Діаметр отвору після обробки: $\varnothing 22\text{H7}$

Довжина отвору: 50мм

Розміри фаски: 2x45

Шорсткість поверхні: Ra 10

Верстат: 2Н135

Стан верстата: Задовільний

Тип виробництва: Серійне

Заготівка закріплюється в пристрої. Матеріал робочої частини свердла та зенківки - Р6М5 за ISO 4957, 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.

Визначаємо зовнішній діаметр свердла D.

Для свердління отвору діаметром $d=22\text{ мм}$ приймаємо діаметр свердла рівним $D=14,5\text{ мм}$ DIN 338 [8, с.145 т.41]

Для зняття фаски $c=2\text{x}45$ приймаємо діаметр зенківки рівним $D=26\text{ мм}$ DIN 335 [8, с.154 т.47]

					<i>КНУ.КБР.131.26.1-04.04.ПІАР</i>			
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Проекткування та інженерний аналіз різального інструмента</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Грицаєнко</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Нечасів</i>						
<i>Н. контр.</i>		<i>Нечасів</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Рязанцев</i>						
						<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
					<i>Каф. ТМ гр. ПМ-22</i>			

Визначаємо розрахункову швидкість [9. с.168]

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

Свердління

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot S^y} = \frac{9,8 \cdot 22^{0,4} \cdot 1,22}{40^{0,2} \cdot 0,5^{0,5}} = 27,84 \text{ м/хв}$$

D=22мм – 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]

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{nv} = \left(\frac{750}{600} \right)^{0,9} = 1,22; \quad (4.3)$$

nv=0,9; Kr = 1; [8.с262.т.1-2].

Kuv = 1 [8.с263.т.6].

Klv = 1 [8.с280.т.31].

T=40 хв – період стійкості інструменту [8. с280 т.30]

S=0,5 мм/об [8. с277 т.25]

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

Зенкування

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot S^y \cdot t^x} = \frac{16,3 \cdot 26^{0,3} \cdot 1,22}{40^{0,3} \cdot 0,6^{0,5} \cdot 2^{0,2}} = 18,4 \frac{\text{м}}{\text{хв}} \quad (4.4)$$

D=26 – діаметр інструмента

Kv = Kmv · Kuv · Klv = 0,75 · 1 · 1 = 1,22 – поправочний коефіцієнт [8, с.276]

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{nv} = 1 \left(\frac{750}{600} \right)^{0,9} = 1,22;$$

nv=0,9; Kr = 1; [8.с262.т.1-2].

Kuv = 1 [8.с263.т.6].

Klv = 1 [8.с280.т.31].

T=40 хв – період стійкості інструмента [8. с280 т.30]

S=0,6 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].

$$t = 0,5(D - d) = 0,5(26 - 22) = 2 \text{ мм} - \text{глибина різання}; \quad (4.5)$$

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

Свердління

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{3,14 \cdot D} = \frac{1000 \cdot 27,84}{3,14 \cdot 22} = 403 \frac{\text{об}}{\text{хв}} \quad (4.6)$$

					КНУ.КБР.131.26.1-04.04.ПІАР	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Зенкування

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{3,14 \cdot D} = \frac{1000 \cdot 18,4}{3,14 \cdot 31,5} = 186 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Обираємо лімітуючу частоту оберту $n_p = 186$ об/мин, корегуємо по паспорту станка $n_d = 180$ об/мин

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

Свердління

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_c}{1000} = \frac{\pi \cdot 22 \cdot 180}{1000} = 12,44 \frac{\text{м}}{\text{хв}} \quad (4.7)$$

Зенкування

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000} = \frac{\pi \cdot 26 \cdot 180}{1000} = 14,7 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Визначаємо осьову силу різання P_0 , Н [8. с. 277]

Обираємо лімітуючу подачу $S=0,5$ мм/об

Свердління

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot Dq \cdot S_y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 22 \cdot 0,5^{0,7} \cdot 0,85 = 7827 \text{ Н} \quad (4.8)$$

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

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} = 0,85 \quad (4.9)$$

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

Зенкування

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot t_x \cdot S_y \cdot K_p = 10 \cdot 67 \cdot 2^{1,2} \cdot 0,5^{0,65} \cdot 1,27 = 1245 \text{ Н} \quad (4.10)$$

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

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} = 0,85$$

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

Визначаємо крутний момент $M_{кр}$, Н·м [8. с. 277]

Свердління

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot Dq \cdot S_y \cdot K \quad (4.11)$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 22^2 \cdot 0,5^{0,8} \cdot 0,85 = 81,5 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

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

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} = 0,85$$

Зенкування

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot Dq \cdot t_x \cdot S_y \cdot K_p \quad (4.12)$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,09 \cdot 26 \cdot 2^{0,9} \cdot 0,5^{0,8} \cdot 0,85 = 21,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

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

					КНУ.КБР.131.26.1-04.04.ПІАР	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} = 0,85$$

Визначаємо потужність різання [9. с. 170]

Свердління

$$N_P = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{81,5 \cdot 180}{9750} = 1,5 \text{ кВт} \quad (4.13)$$

Зенкування

$$N_P = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{21,3 \cdot 180}{9750} = 0,4 \text{ кВт}$$

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 DIN 338, DIN 344 та відповідно до довжини оброблюваної поверхні.

$$L = l_1 + l_2 + l_x + l_{ш} = 45 + 26 + 100 + 3 = 174 \text{ мм.} \quad (4.14)$$

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: $2\phi = 118^\circ$, $2\phi_0 = 70^\circ$, $b = 2,5 \text{ мм}$. 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]..

Крок гвинтової канавки:

$$H = \pi \cdot \frac{D}{tg} \omega = 3,14 \cdot \frac{22}{tg 30^\circ} = 120 \text{ мм.} \quad (4.15)$$

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

$$d_c = 0,14 \cdot D = 0,14 \cdot 22 = 3,8 \text{ мм} \quad (4.16)$$

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.

Зворотну конусність свердла (зменшення діаметра в напрямку до хвостовика) на 100 мм довжини робочої частини для свердла діаметром $D = 22 \text{ мм}$ приймаємо рівною 0,09 мм [9. с.193].

Ширина ленточки f_0 та висота затилку по спинці K вибираються відповідно до діаметра свердла: $f_0 = 1,6 \text{ мм}$, $K = 0,7 \text{ мм}$ [9. с.194 т.63].

Ширина пера $B = 0,58 \cdot D = 0,58 \cdot 22 = 12,76 \text{ мм}$ [9. с.193].

Установлюємо основні технічні вимоги та допуски на розміри свердла.

Граничні відхилення діаметра свердла $D = 22h9_{(-0,036 \text{ мм})}$. Допуск на загальну довжину та довжину робочої частини свердла дорівнює подвоєному допуску за 14-м квалітетом із симетричним розташуванням граничних відхилень згідно з ISO 286-1.

					КНУ.КБР.131.26.1-04.04.ПІАР	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Радіальне биття робочої частини свердла відносно осі хвостовика не повинно перевищувати 0,15 мм.

Кути: $2\varphi = 118^\circ \pm 2^\circ$; $2\varphi_0 = 70^{+5^\circ}$. 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.

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

Діаметр зенківки $D = 26$ мм

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

Кут при вершині - $2\varphi = 60^\circ$

Кількість зубців - 6

Довжину робочої частини зенківки $l_2 = 26$ мм

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

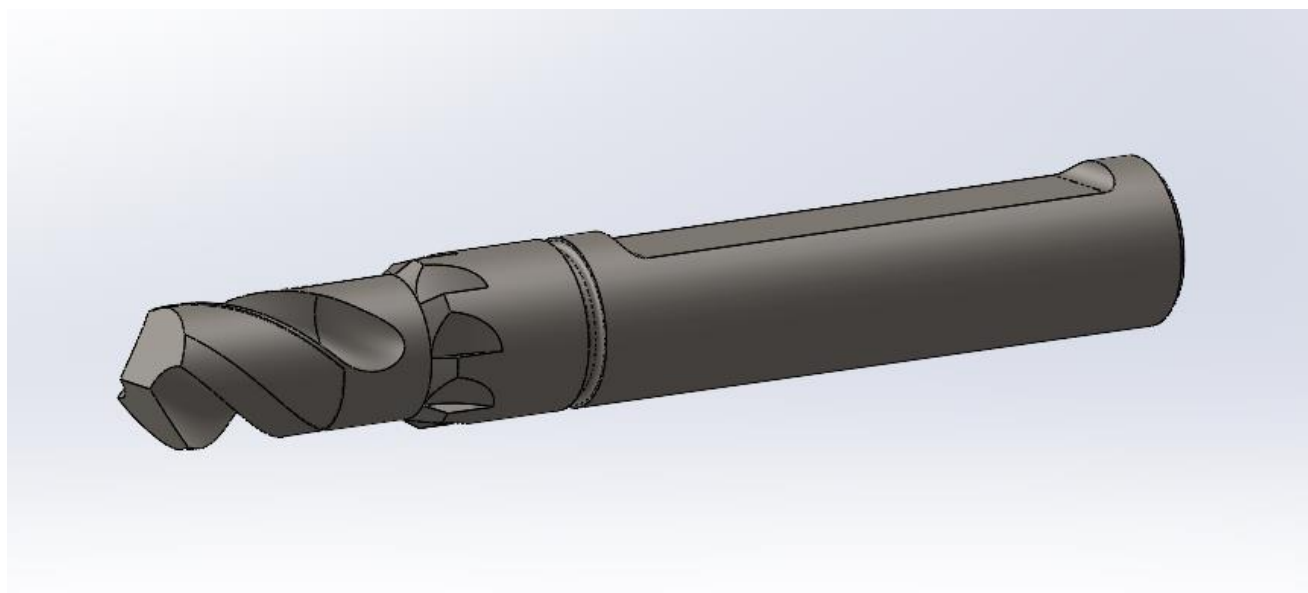
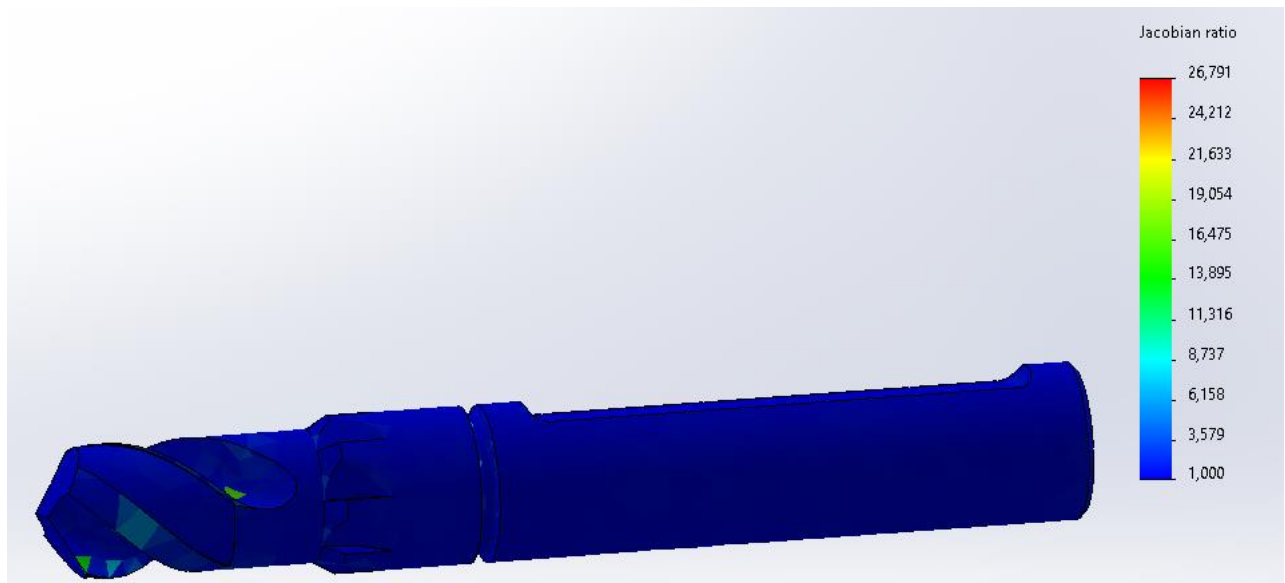


Рисунок 4.1 – Змодельоване свердло-зенківка

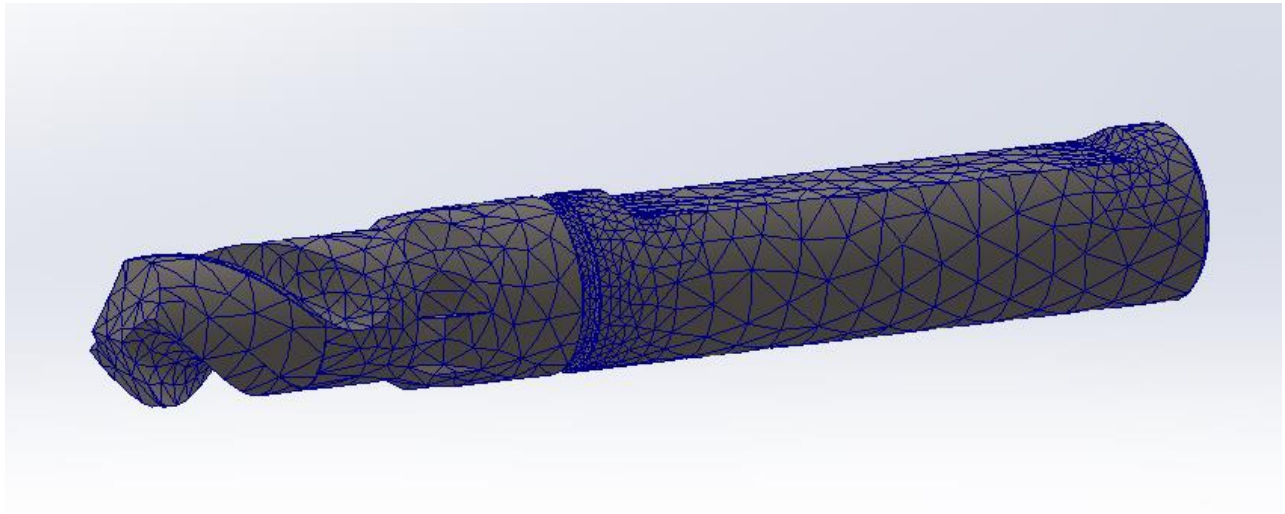
4.2. Інженерний аналіз спеціального різального інструменту

Метою інженерного аналізу є перевірка працездатності спеціального різального інструменту - свердла-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.

					КНУ.КБР.131.26.1-04.04.ПІАР	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		



а)



б)

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

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

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 $P_0 = 7827 \text{ Н}$ та крутний момент $M_{кр} = 81,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

					КНУ.КБР.131.26.1-04.04.ПІАР	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

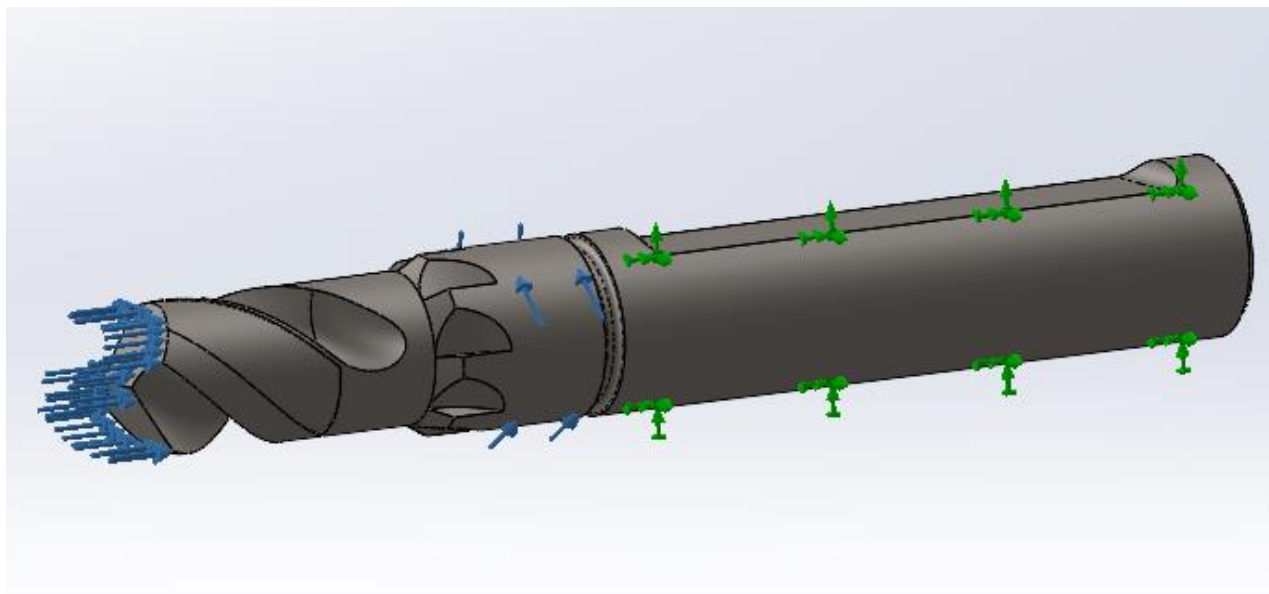
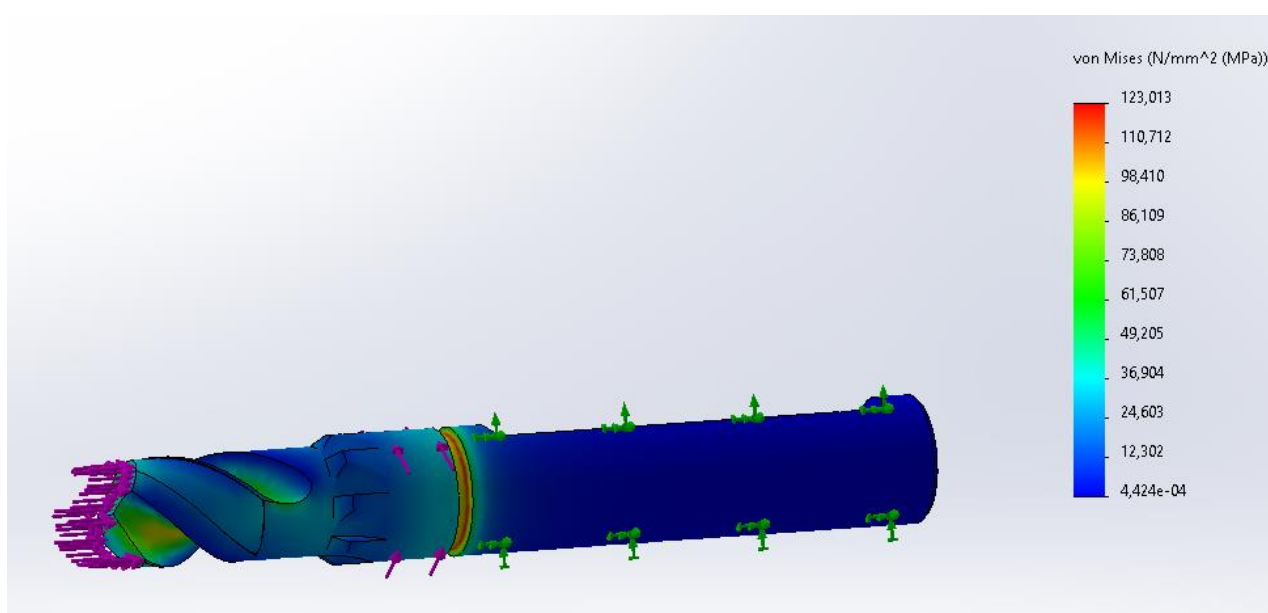


Рисунок 4.3 – Закріплення свердла-зенківки та прикладені навантаження при режимі свердління

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 становлять близько $\sigma_{\max} = 123,013$ МПа, а мінімальний коефіцієнт запасу міцності становить близько $n = 3,739$, що свідчить про забезпечення міцності конструкції в даному режимі роботи.

Для режиму зенкування було змінено схему прикладення навантаження відповідно до роботи зенкувальної частини інструменту. До робочих поверхонь зенківки прикладено осьову силу $P_0 = 1245$ Н та крутний момент $M_{\text{кр}} = 21,3$ Н·м. Закріплення інструменту при цьому залишалось аналогічним попередньому розрахунковому випадку.



					КНУ.КБР.131.26.1-04.04.ПІАР	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

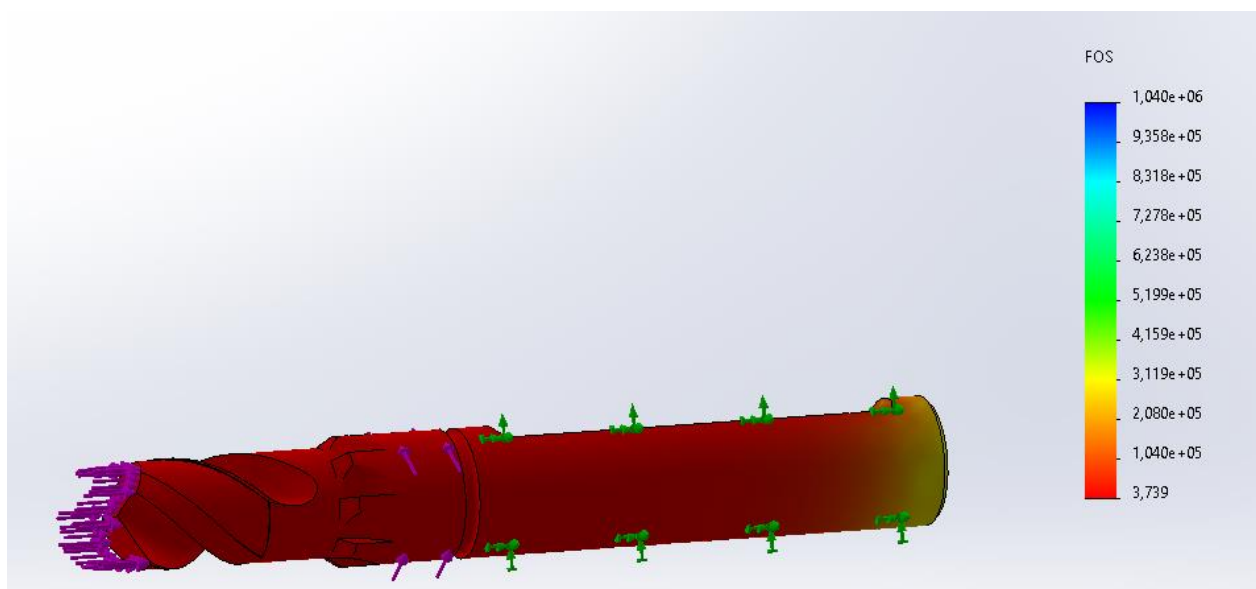


Рисунок 4.4 – Епюри статичного аналізу свердла-зенківки при режимі свердління

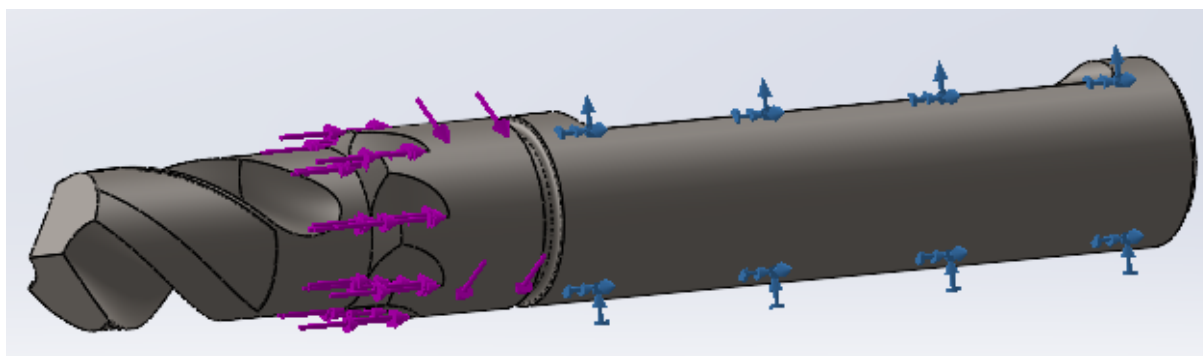


Рисунок 4.5 – Закріплення свердла-зенківки та прикладені навантаження при режимі зенкування

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 $\sigma_{\max} = 23,556$ МПа, а мінімальний коефіцієнт запасу міцності становить близько $n = 19,528$, що підтверджує достатню міцність і жорсткість інструменту при виконанні операції зенкування.

					КНУ.КБР.131.26.1-04.04.ПІАР	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

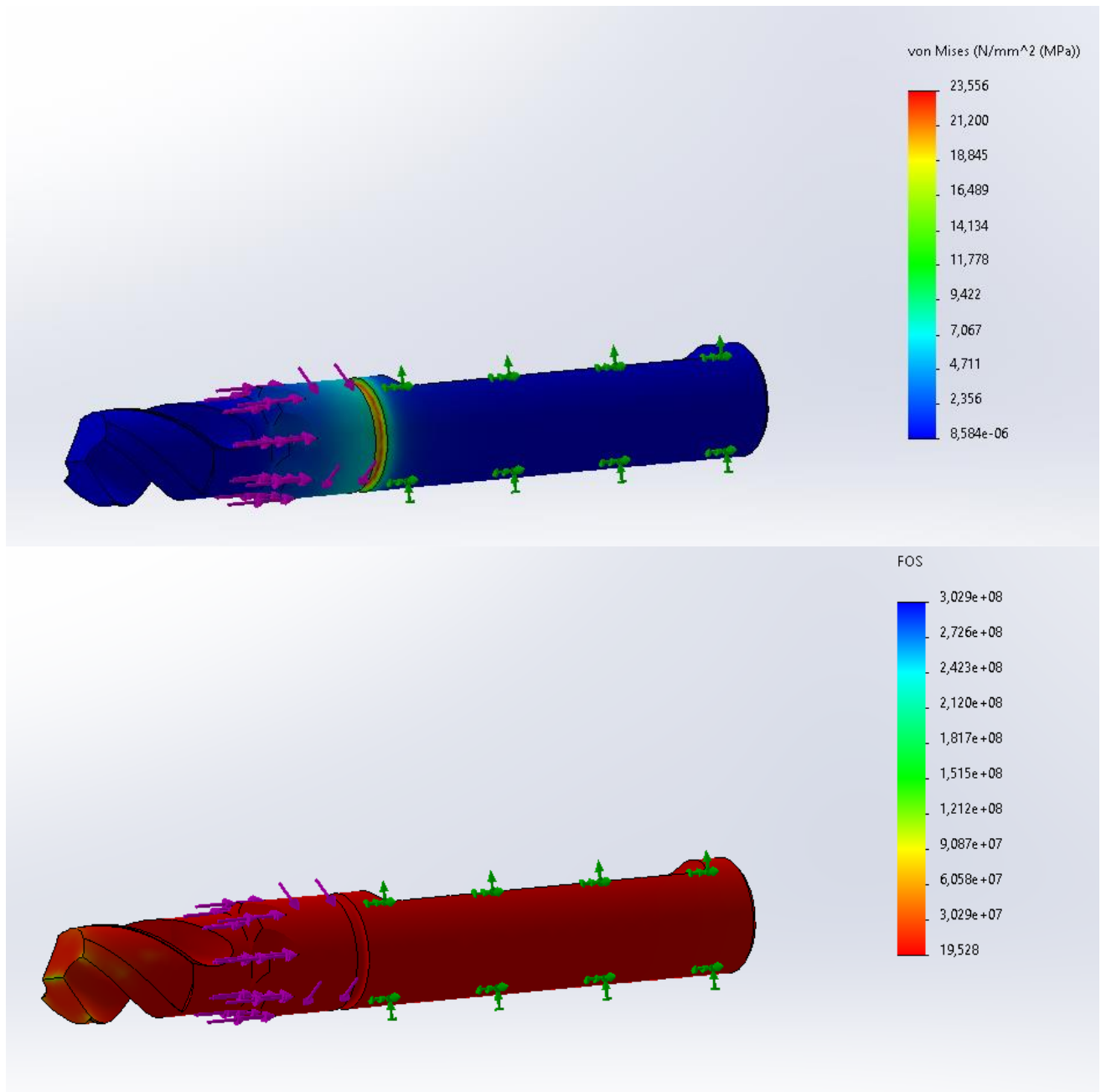


Рисунок 4.6 – Епюри статичного аналізу свердла-зенківки при режимі зенкування

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 свердла-зенківки забезпечує працездатність в обох досліджених режимах обробки.

					КНУ.КБР.131.26.1-04.04.ПІАР	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

5 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

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

Моделювання та програмування механічної обробки проводимо для операції фрезерування шпонкового пазу. Суть операції полягає у фрезеруванні нестандартного (200x40) шпонкового пазу кінцевою фрезою. В якості заготовки було створено модель, що має вигляд деталі «Вал» після проведення токарної обробки (без шпонкового пазу) для подальшого імпортування в САМ-систему.

Таблиця 5.1 – Конфігурація системи ЧПК для Doosan VCF 850L

Функція ЧПК	Опис роботи на верстаті
Багатоосьова кінематика (RTCP / TCRP)	Автоматично перераховує координати всіх осей при нахилі шпинделя для точного утримання кінчика фрези на траєкторії.
Маятникова обробка (Pendulum Machining)	Віртуально ділить 3-метровий стіл на дві зони з різними нуль-точками для одночасної обробки та безпечної заміни заготовок.
Керування інструментом (Tool Management)	Відстежує час роботи кожної фрези та автоматично бере з магазину дублікат при критичному зносі або поломці.
Замкнутий контур (Closed Loop)	Отримує дані від абсолютних оптичних лінійок для компенсації мікронних відхилень та температурних деформацій станіни.
Обробка G-коду (Постпроцесування)	Вимагає спеціалізованого постпроцесора для коректної трансляції траєкторій з урахуванням лімітів повороту шпиндельної голови.

					<i>КНУ.КБР.131.26.1-04.05.МПОМ</i>					
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Моделювання та проектування операцій механічної обробки</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Грицаєнко</i>								
<i>Перевір.</i>		<i>Нечасів</i>								
<i>Н. контр.</i>		<i>Нечасів</i>						<i>Кафедра ТМ гр. ПМ-22</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Рязанцев</i>								

5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм

Під час створення керуючої програми для обробки деталі «Вал» у середовищі FeatureCAM було послідовно змодельовано виконання фрезерних операцій. З урахуванням технічних характеристик верстата Doosan VCF 850L та параметрів металорізального інструменту (див. розділ 3) визначено оптимальну черговість реалізації технологічних етапів. Додатково проведено перевірку прийнятих рішень з метою підтвердження їх коректності та техніко-економічної доцільності.

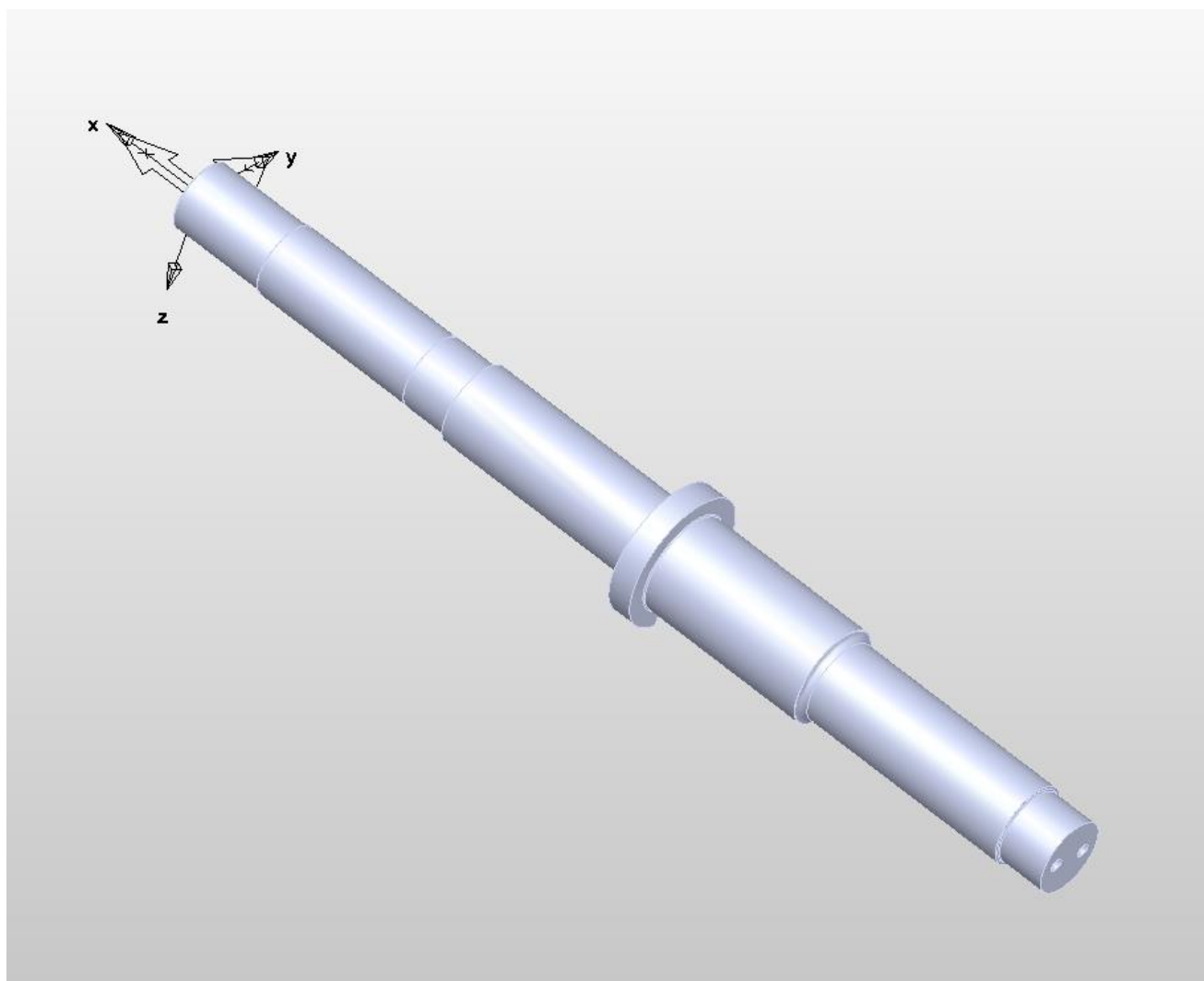


Рисунок 5.1 – Загальний вид заготовки

					КНУ.КБР.131.26.1-04.05.МПОМ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

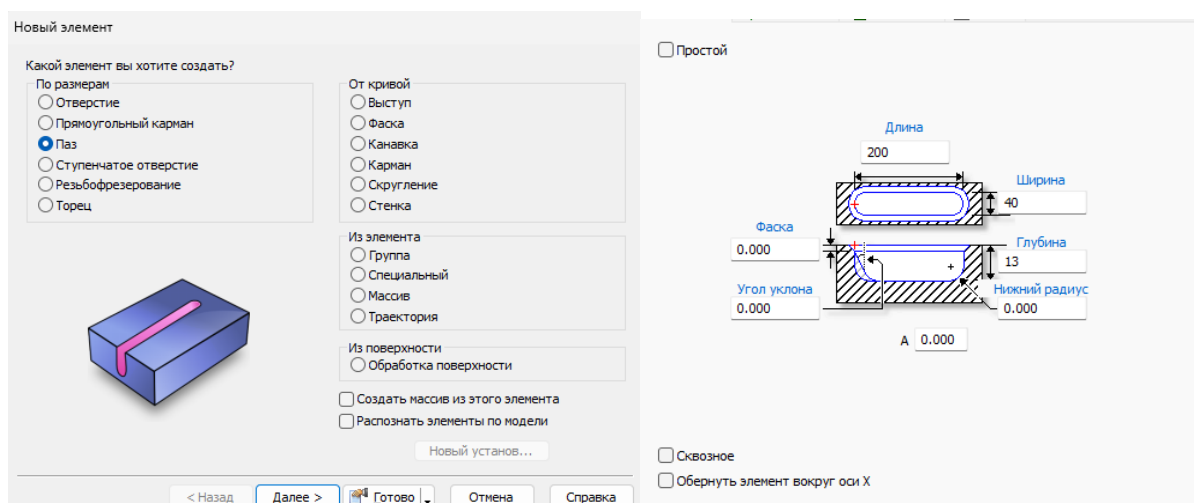


Рисунок 5.2 – Вибір елемента «Паз» та його налаштування

Моделювання обробки та перевірка керуючої програми було проведено в програмному середовищі Autodesk FeatureCAM. Було імпортовано модель заготовки (рисунок 5.1) та створено новий елемент «Паз». Налаштування елемента зображено на рисунку 5.2.

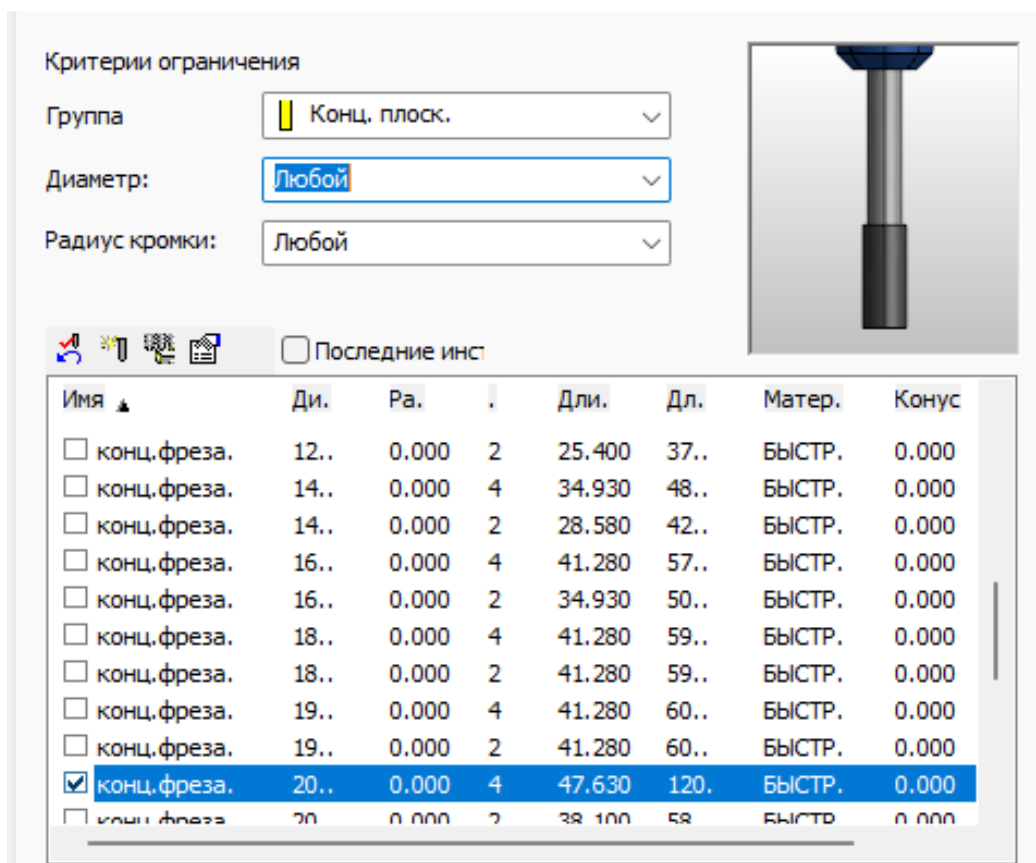


Рисунок 5.3 – Вибір параметрів інструмента

Скорость ☐ Исп. м/мин 509 об/мин ☐ замена (Рекоменд.: 509 об/мин)	
Подача Исп. мм/мин ▾ 244.5 мм/мин ☐ замена (Рекоменд.: 244.5 мм/мин)	

Рисунок 5.4 – Призначення режимів різання

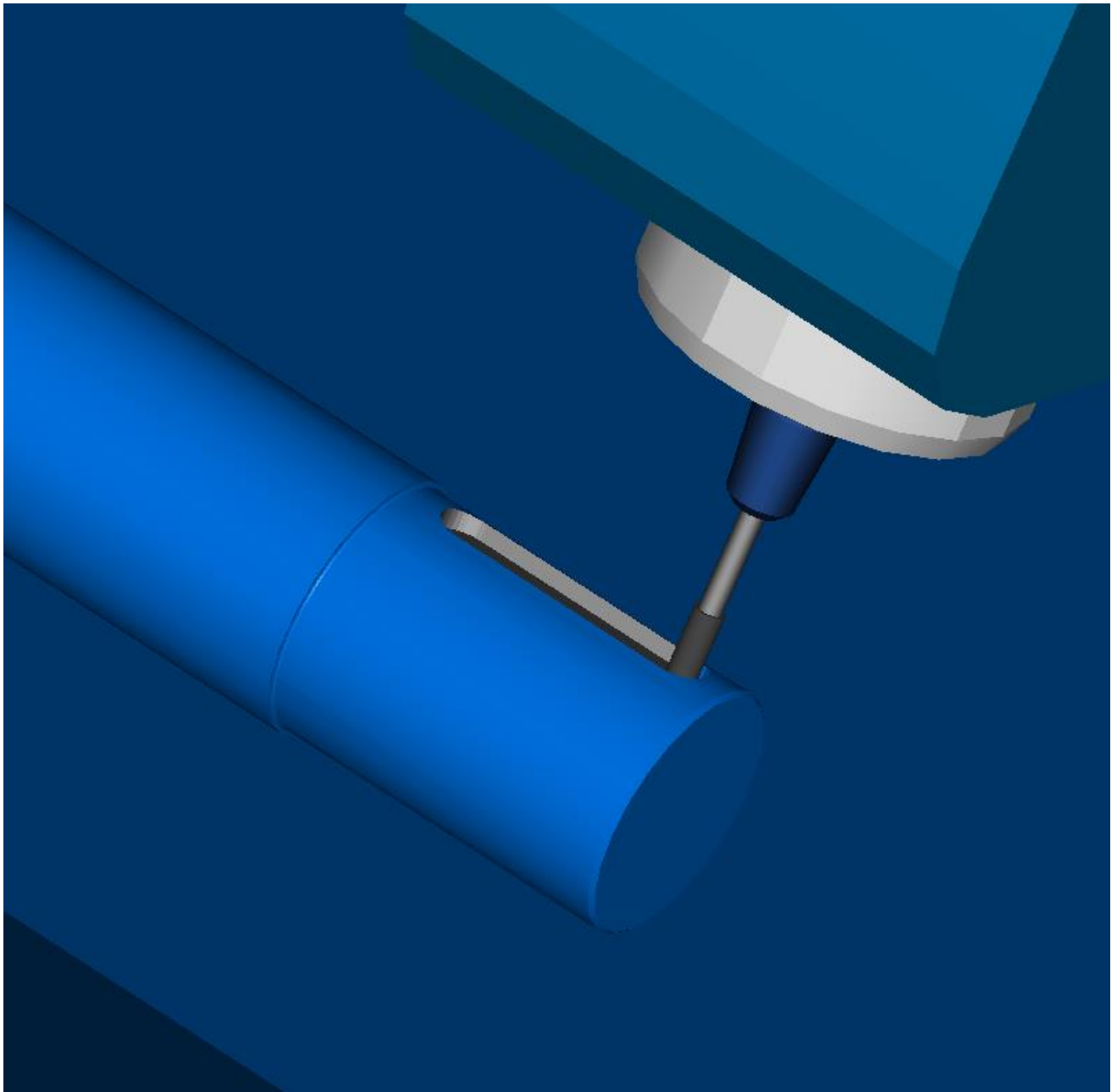


Рисунок 5.5 – Процес симуляції обробки отвору на верстаті

					КНУ.КБР.131.26.1-04.05.МПОМ	Аркуш
Змін	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

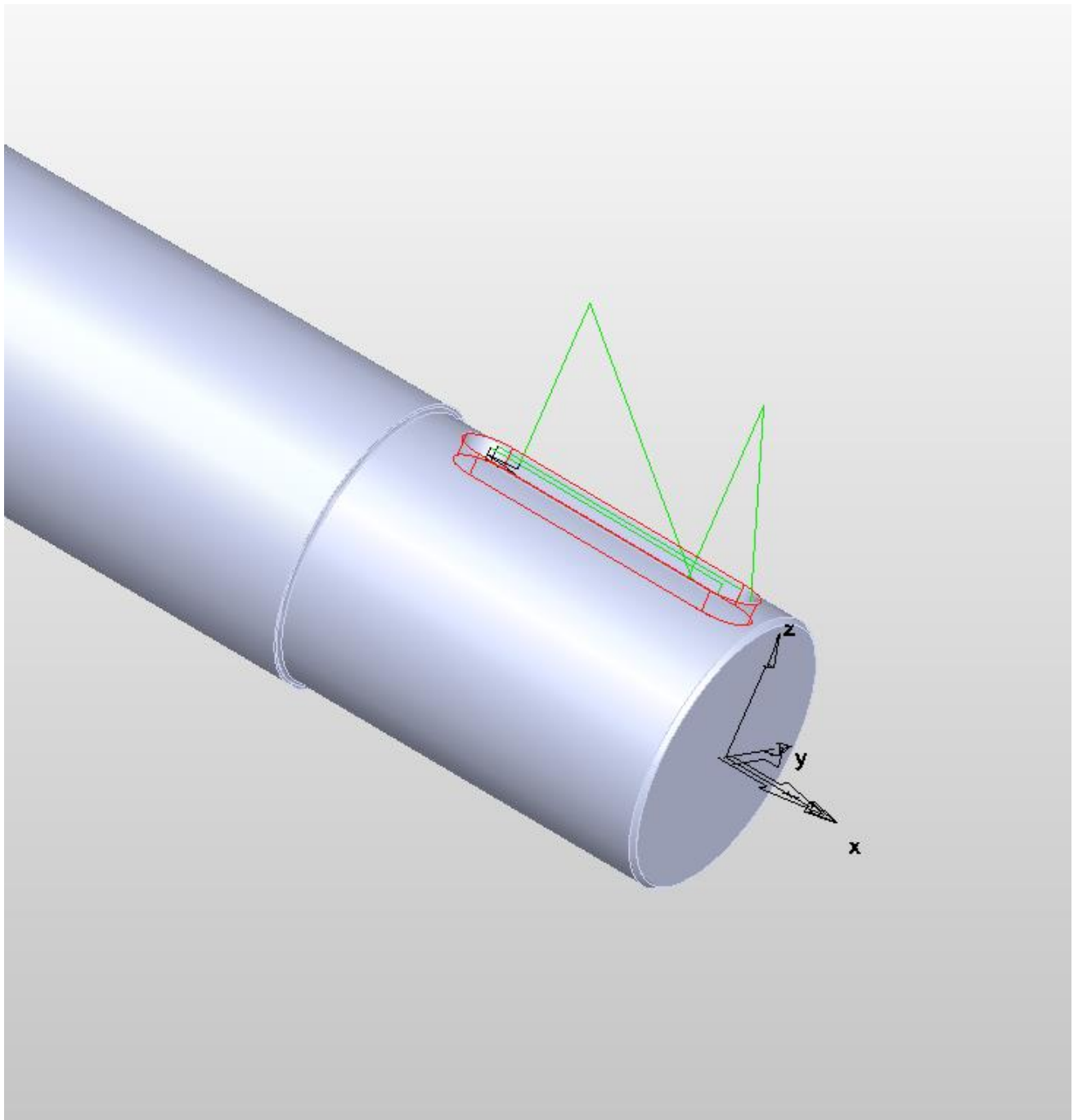


Рисунок 5.6 – Загальний вигляд траєкторії переміщення інструменту

					КНУ.КБР.131.26.1-04.05.МПОМ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

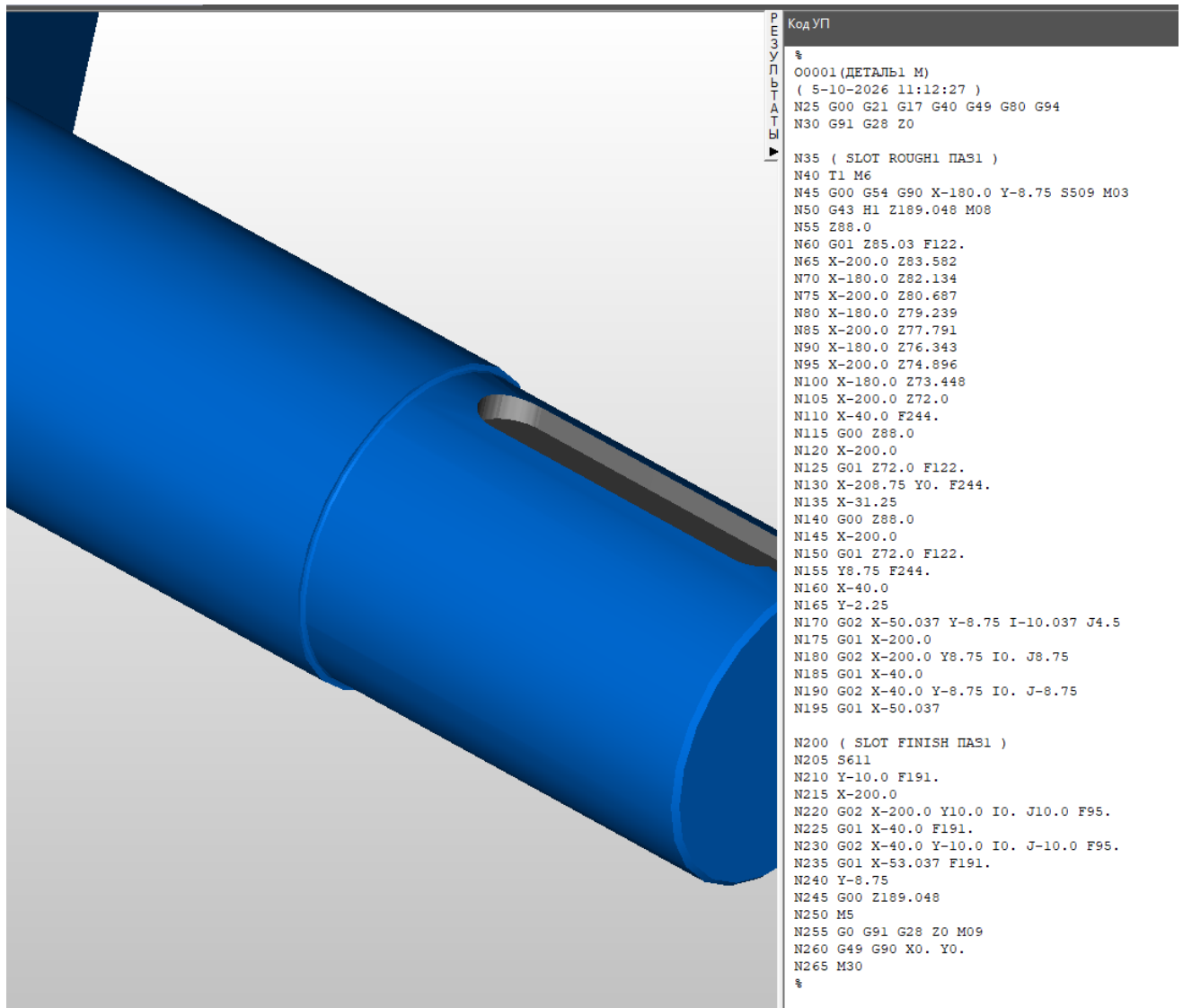


Рисунок 5.7 – Результат обработки детали та керуюча програма

					КНУ.КБР.131.26.1-04.05.МПОМ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Розрахунок техніко-економічних показників дільниці

При проектуванні дільниці механічного цеху в умовах серійного виробництва розраховуються основні техніко-економічні показники для оцінки та вибору найбільш доцільного варіанту технологічного обладнання.

У базовому варіанті (дані для якого прийняті на основі існуючих заводських маршрутів та типових норм часу підприємства-аналога) механічна обробка деталі «Вал» дробарки ККД 1500х180 виконується на важкому універсальному токарно-гвинторізному обладнанні. Для порівняльного аналізу розглядаються верстати моделей 16К40, 1М63 та 1М65. Цей існуючий технологічний маршрут характеризується низьким рівнем концентрації операцій, великою питомою вагою ручної праці, тривалим часом на переналагодження та високою штучною трудомісткістю.

У проектному варіанті передбачається впровадження прогресивного технологічного процесу на базі сучасного високопродуктивного токарного центру з ЧПК моделі Puma 5100XL. Застосування цього обладнання дозволяє забезпечити концентрацію технологічних переходів за одну установку деталі, автоматизувати цикл обробки, суттєво підвищити точність і значно скоротити штучно-калькуляційний час порівняно з існуючим заводським обладнанням.

Таблиця 6.1 - Вихідні дані до економічних розрахунків

Дані	Базовий варіант			Новий варіант
	16К40	1М63	1М65	Puma 5100XL
1	2	3	4	5
Деталь				
Річна програма випуску деталей N, шт.	800			
Кількість запусків партій	12			

					КНУ.КБР.131.26.1-04.06.0ЕПВ				
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата					
Розроб.		Грицаєнко			Організаційно-економічна підготовка виробництва	Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Нечаєв					12	57	
Реценз						каф. ТМ гр. ПМ-22			
Н. Контр.		Нечаєв							
Затверд.		Рязанцев							
					57				

Продовження таблиці 6.1

1	2	3	4	5
Тривалість випуску деталей Z, років	1			
Штучний час обробки деталі тшт, хв.	320	360	300	45
Час наладки верстата, хв	40	45	50	30
Розряд:				
Контролера	4			
Верстатника	5			4
Наладчика	---			6
Наладчика інструменту	---			5
Кількість кадрів програми, шт.	---			120
Вартість заготовки Sзаг, грн.	28500			
Вартість комплекту спеціальних пристосувань Кпр, грн	---			15000
Середній період стійкості інструменту, хв.	60	60	60	90
Середня кількість граней пластинки, шт	1	2	2	4
Коефіцієнт, що враховує питому вагу основного часу в штучному кт	0.45			0.75
Вартість одного кадру ПК, грн	---			37,5

Продовження таблиці 6.1

1	2	3	4	5
Вартість розробки ПК, грн.	---			4500
Середньочасова зарплата робітників, грн:				
верстатник Нст	85			75
наладчик Ннал	---			100
1	2			3
наладчик інструменту Нін	---			85
контролер Нк	75			

Використання сучасного токарного центру з ЧПК Рума 5100XL забезпечує підвищення точності обробки, зменшення впливу людського фактора та значне скорочення часу виконання операцій. Автоматизація процесу дозволяє знизити трудомісткість виготовлення такої великогабаритної та масивної (615 кг) деталі як «Вал» дробарки ККД 1500x180, а також 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, збільшення стійкості твердосплавного інструменту (сучасні пластини з покриттям) та суттєвого скорочення тривалості механічної 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 центру з ЧПК Рума 5100XL є економічно доцільним. Новий варіант забезпечує зниження поточних витрат і підвищення ефективності виконання токарних операцій у порівнянні з існуючими універсальними верстатами. Розрахунковий річний економічний ефект від впровадження нового верстата становить 882 091 грн., а строк окупності капітальних вкладень – 2,78 роки.

					КНУ.КБР.131.26.1-04.06.0ЕПВ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

6.2 Охорона праці та екологія виробництва

Під час виготовлення великогабаритної деталі «Вал» дробарки ККД 1500x180 виконуються переважно важкі токарні операції (чорнові, напівчистові та чистові), у процесі яких на працівників можуть впливати різні небезпечні та шкідливі виробничі фактори. До основних із них належать рухомі частини великогабаритного обладнання, гостра та нагріта стружка, підвищений рівень шуму, вібрація, а також вплив мастильно-охолоджувальних рідин (МОР). Небезпечні та шкідливі виробничі фактори умовно поділяються на механічні, фізичні, хімічні та психофізіологічні.

До механічних факторів відносять обертові шпинделі, затискні патрони, люнети та рухомі супорти важких токарних верстатів (моделей 16K40, 1M63, 1M65 та Puma 5100XL), а також різальний інструмент. Оскільки деталь має велику масу (615 кг), а маса вихідної заготовки становить 750 кг, особливу небезпеку становлять вантажно-розвантажувальні роботи.

Встановлення та зняття деталі вимагає обов'язкового застосування цехових вантажопідіймальних механізмів (мостових кранів або кран-балок). Для запобігання травматизму необхідно суворо дотримуватися правил стропування вантажів, використовувати надійні та перевірені вантажозахоплювальні пристрої, а також уникати перебування персоналу під піднятим вантажем.

До фізичних факторів належать підвищений рівень шуму та вібрації, які виникають під час зняття великих припусків при чорновій обробці поковки. До хімічних факторів належить вплив МОР та їхніх випарів. Мастильно-охолоджувальні рідини застосовуються для покращення умов різання, зниження температури твердосплавного інструменту та заготовки. Водночас при потраплянні на шкіру або при вдиханні масляного аерозолі вони можуть викликати подразнення та алергічні реакції. Психофізіологічні фактори включають нервово-психічне напруження, пов'язане з високою відповідальністю при обробці дорогої масивної заготовки, а також монотонність праці при тривалих проходах на універсальних верстатах.

Для мінімізації негативного впливу цих факторів у проектному варіанті передбачається використання сучасного токарного центру з ЧПК Puma 5100XL. Цей верстат обладнаний повністю закритою робочою зоною із захисними кожухами та вікнами з ударостійкого полікарбонату, що надійно захищає оператора від відлітаючої стружки та бризок МОР. Крім того, верстат оснащений системою місцевої витяжної вентиляції (туманоуловлювачем), яка видаляє аерозолі безпосередньо з робочої кабіни. При роботі на базових універсальних верстатах (16K40, 1M63, 1M65), які мають відкриту робочу зону, безпека забезпечується застосуванням відкидних захисних екранів, носінням засобів індивідуального захисту (захисних окулярів, спецодягу, спецвзуття) та дотриманням безпечних прийомів роботи (видалення стружки виключно спеціальними гачками при зупиненому шпинделі).

					КНУ.КБР.131.26.1-04.06.0ЕПВ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Екологічна безпека ділянки забезпечується правильною організацією збору та утилізації виробничих відходів. Сталева стружка, що утворюється в процесі різання, збирається конвеєром верстата (у випадку ЧПК) або вручну в спеціальні контейнери для подальшого пресування та відправки на переплавлення.

Відпрацьовані мастильно-охолоджувальні рідини не допускається зливати у загальну каналізацію; вони підлягають регенерації або утилізації спеціалізованими службами. Впровадження сучасного високопродуктивного обладнання дозволяє не лише підвищити техніко-економічні показники, але й суттєво покращити умови праці верстатників, знизити ризик виробничого травматизму та зменшити негативне техногенне навантаження на навколишнє середовище.

					КНУ.КБР.131.26.1-04.06.0ЕПВ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК

У представленій кваліфікаційній бакалаврській роботі успішно реалізовано комплекс конструкторсько-технологічної підготовки виробництва деталі «Вал» та виконано обґрунтування параметрів різального інструменту із залученням сучасних систем CAD/CAM/CAE. Протягом виконання проєкту розроблено прогресивний технологічний процес виготовлення виробу, здійснено підбір стандартизованого оснащення, спроектовано спеціальний комбінований інструмент із подальшим інженерним аналізом, а також змодельовано керуючі програми для сучасного обладнання з ЧПК.

У першому розділі опрацьовано вихідне технічне завдання та виконано детальний аналіз робочого креслення деталі. З'ясовано службове призначення вала як високонавантаженого базового елемента конусної дробарки ККД 1500x180, що відповідає за передачу крутного моменту та точне базування суміжних механізмів. Вивчено конструктивні особливості масивної ступінчастої деталі, специфіку її експлуатації та виконано розрахунок параметрів точності для шпонкового з'єднання. За результатами обчислень побудовано схему полів допусків для перехідної посадки шпонки у пази вала та відповідної втулки.

У другому розділі обґрунтовано вибір матеріалу — конструкційної вуглецевої сталі 40 (ДСТУ 7809:2015), а також проаналізовано властивості можливих аналогів (сталь 45, 40Х). Виконано нумерацію поверхонь деталі й, з огляду на вимоги до точності та мікрогеометрії, призначено оптимальні технологічні методи обробки. Для реалізації технологічного маршруту підібрано високопродуктивне промислове обладнання: токарний центр Puma 5100XL (для виконання токарних переходів), вертикально-фрезерний обробний центр Doosan VCF 850L (для фрезерування пазів, свердління та зенкування), а також круглошліфувальний верстат Danobat LG-3000 (для фінішної обробки посадкових шийок). На базі цього сформовано комплексну маршрутно-операційну технологію.

У третьому розділі здійснено вибір різального та допоміжного інструменту від провідних виробників згідно з міжнародними стандартами. Для реалізації різних технологічних переходів підібрано прохідні й підрізні різці зі змінними твердосплавними пластинами, фрези, мітчики та шліфувальний круг. Проведено розрахунок сил різання та перевірку державки токарного різця на міцність і жорсткість. З урахуванням шпиндельних конусів обраних верстатів (VDI40, ISO40) підібрано допоміжне оснащення: різцетримачі, цангові та різьбонарізні патрони.

Четвертий розділ присвячено проєктуванню та інженерному аналізу спеціального комбінованого інструменту — свердла-зенківки. У CAD-

					<i>КНУ.КБР.131.26.1-04.В</i>					
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>						
<i>Розроб.</i>		<i>Грицаєнко</i>			<i>Висновок</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Нечасів</i>								
<i>Н. контр.</i>		<i>Нечасів</i>						<i>Кафедра ТМ гр. ПМ-22</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Рязанцев</i>								

середовищі SOLIDWORKS створено його об'ємну твердотільну модель. За допомогою модуля SOLIDWORKS Simulation проведено статичний аналіз напружено-деформованого стану інструменту для двох робочих режимів обробки. Отримані епюри еквівалентних напружень та коефіцієнтів запасу підтвердили достатню міцність, жорсткість і працездатність спроектованої конструкції під дією розрахункових навантажень.

У п'ятому розділі описано етап комп'ютерного моделювання та програмування операції фрезерування нестандартного шпонкового пазу. У середовищі САМ-системи Autodesk FeatureCAM налаштовано параметри інструменту, створено траєкторії руху кінцевої фрези та згенеровано G-код. Візуальна симуляція процесу дозволила верифікувати режими різання, оцінити правильність керуючої програми та гарантувати відсутність аварійних зіткнень перед передачею коду на верстат.

Шостий розділ розкриває питання охорони праці, екологічної безпеки та містить розрахунок техніко-економічної ефективності впровадження нового обладнання. Доведено, що заміна застарілих універсальних верстатів на сучасний токарний центр Рума 5100XL забезпечує річний економічний ефект у розмірі 882 091 грн із терміном окупності капітальних вкладень 2,78 року. Запропоновані рішення дозволяють суттєво підвищити продуктивність серійного виготовлення деталей, забезпечити високу стабільність якості, а також створити безпечні умови праці на машинобудівному підприємстві.

					КНУ.КБР.131.26.1-04.В	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абразивний інструмент : каталог продукції. Luga Abrasive, 2015. 298 с.
2. ДСТУ 14953-80. Зенківки конічні. Технічні умови. Введ. 1982. 19 с.
3. Довідник технолога-машинобудівника : у 2-х т. / за ред. А. Г. Косилової та Р. К. Мещерякова. 4-те вид., перероб. і допов. М. : Машинобудування, 1986. Т. 2. 495 с.
4. Допоміжний інструмент : технічний каталог. PILANA MCT, 2020. 40 с.
5. Нарізування різьби : каталог та технічне керівництво. SECO, 2020. 288 с.
6. Нефьодов Н., Осипов К. Збірник задач і прикладів з різання металів і різального інструменту : навч. посібник. 5-те вид. М. : Машинобудування, 1990. 447 с.
7. Обробка отворів : каталог та технічне керівництво. SECO, 2020. 493 с.
8. Токарна обробка : каталог та технічне керівництво. SECO, 2020. 808 с.
9. Фрезерування : каталог та технічне керівництво. SECO, 2020. 730 с.

					КНУ.КБР.131.26.1-04.СВД				
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата					
Розроб.		Грицаєнко			Список використаних джерел		Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Нечасів							
Н. контр.		Нечасів					Кафедра ТМ гр. ПМ-22		
Затверд.		Рязанцев							

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

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-
ЗАСВІДЧУЮЧИХ АРКУШІВ**

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

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

Виконав здобувач гр. ПМ-22

(підпис)

Олексій ГРИЦАЄНКО

Керівник КБР

(підпис)

Василь НЕЧАЄВ

Нормоконтроль

(підпис)

Василь НЕЧАЄВ

Завідувач кафедри

(підпис)

Антон РЯЗАНЦЕВ

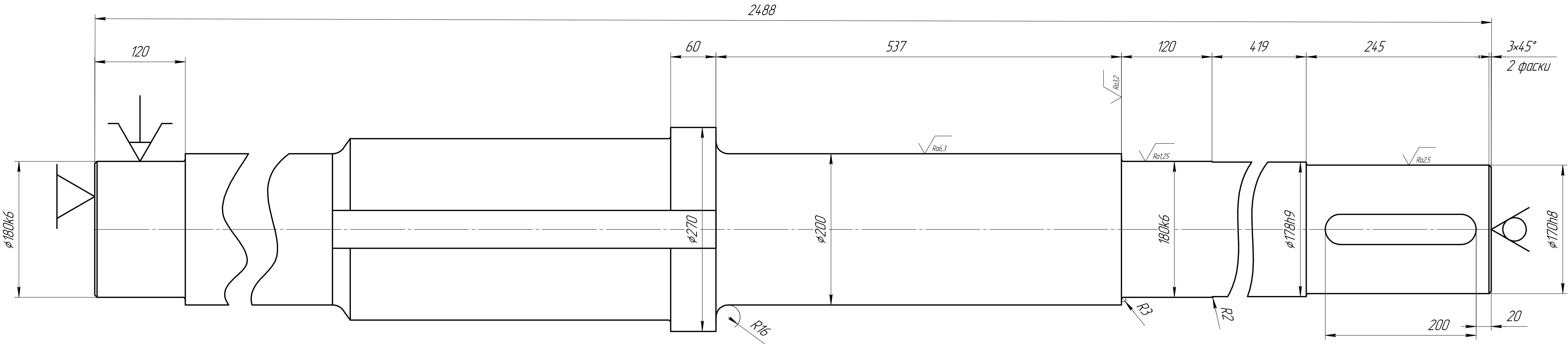
Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	К-сть	Примітка
				Креслення		
A4		1	КНУ.КБР.131.26.1-04.В	Вал	1	
A1		2	КНУ.КБР.131.26.1-04.ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження	1	
A3		3	КНУ.КБР.131.26.1-04.СЗ	Свердло-зенківка	1	
A3		4	КНУ.КБР.131.26.1-04.ІАСРІ	Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	1	
A3		5	КНУ.КБР.131.26.1-04.МПМО	Моделювання процесорізальної механічної обробки.	1	

					<i>КНУ.КБР.131.26.1-04.ВЕД</i>		
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Відомість електронних документів КБР</i>		
<i>Розроб.</i>	<i>Грицаєнко</i>						
<i>Перевір.</i>	<i>Нечаєв</i>						
<i>Реценз</i>							
<i>Н. Контр.</i>	<i>Нечаєв</i>						
<i>Затверд.</i>	<i>Рязанцев</i>				<i>каф. ТМ гр. ПМ-22</i>		

Формат А3

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Грицаенко		
Пров.		Нечаев		
Т.контр.				
Н.контр.		Нечаев		
Утв.		Рязанцев		

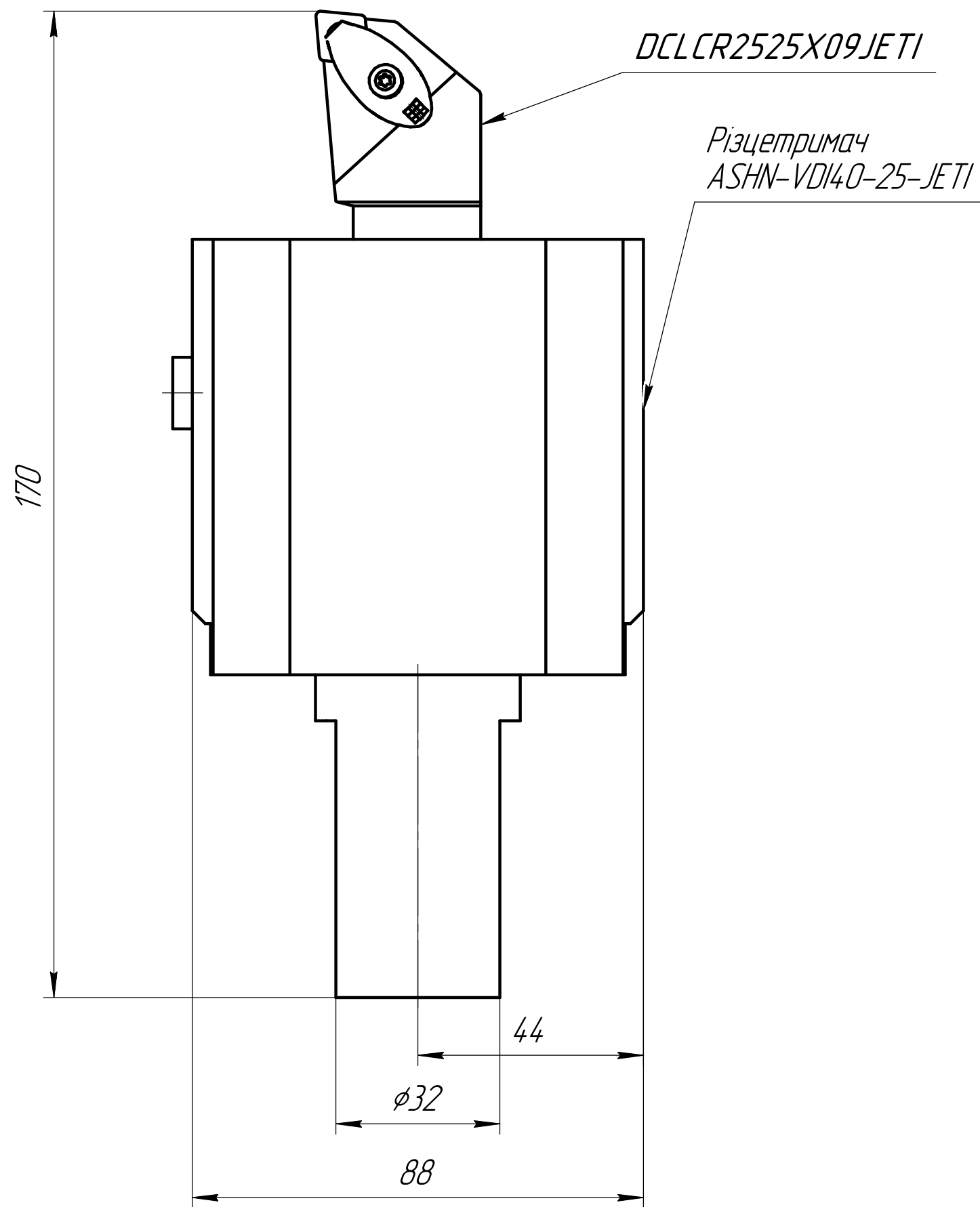
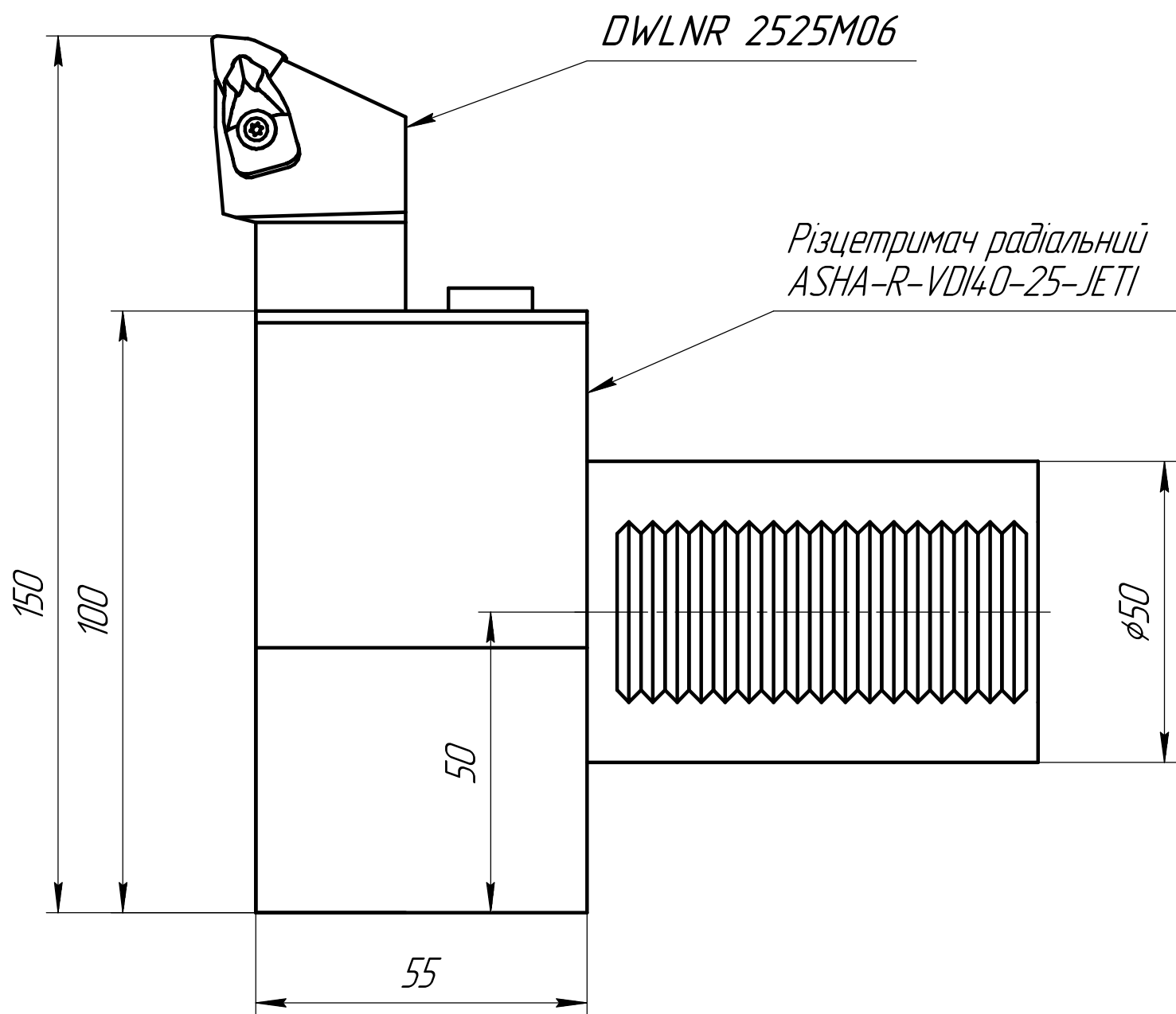
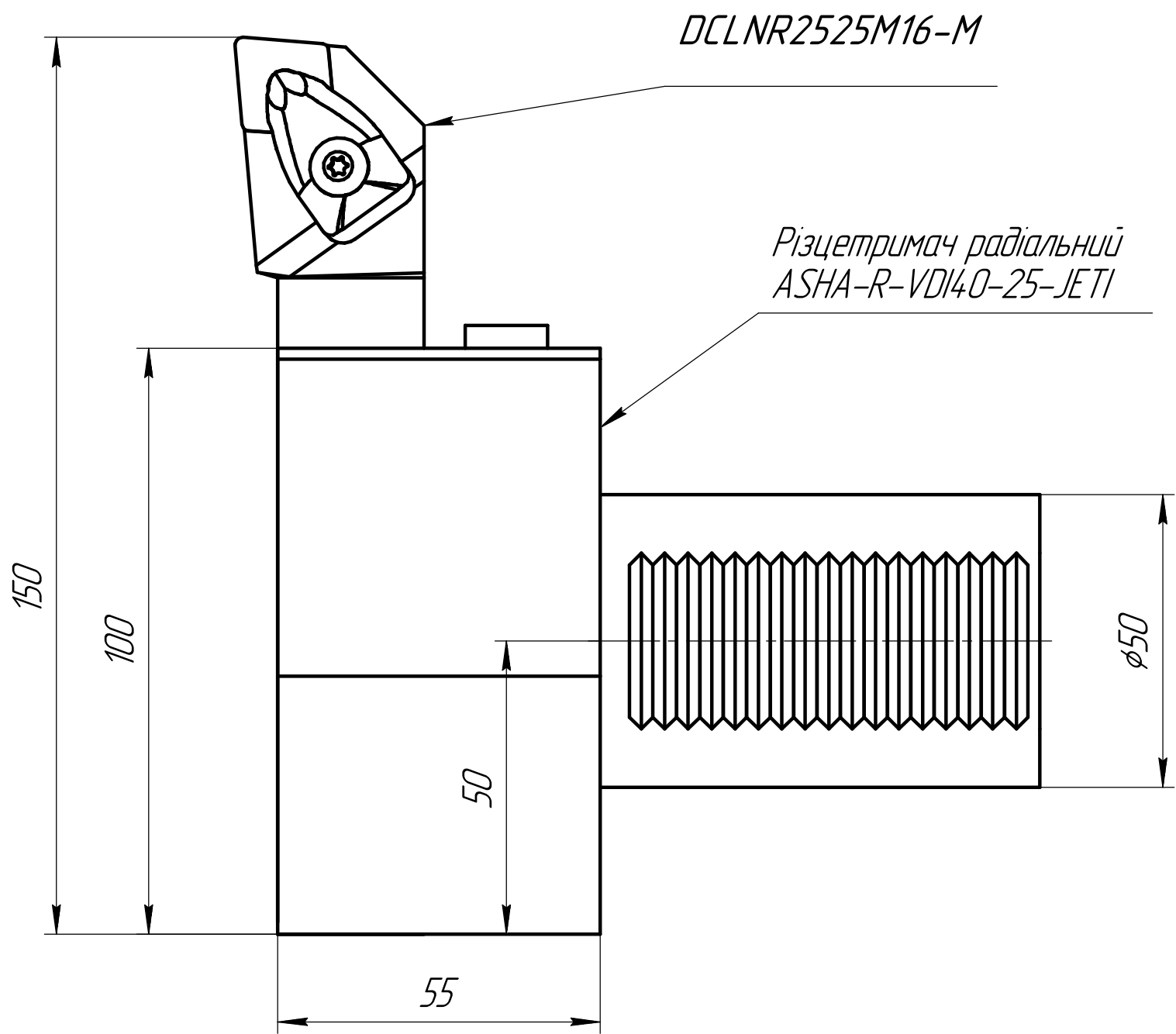
Операція токарна з ЧПК, верстат моделі Рута 5100XL



Поверхні обробки: 1, 18, 8, 12

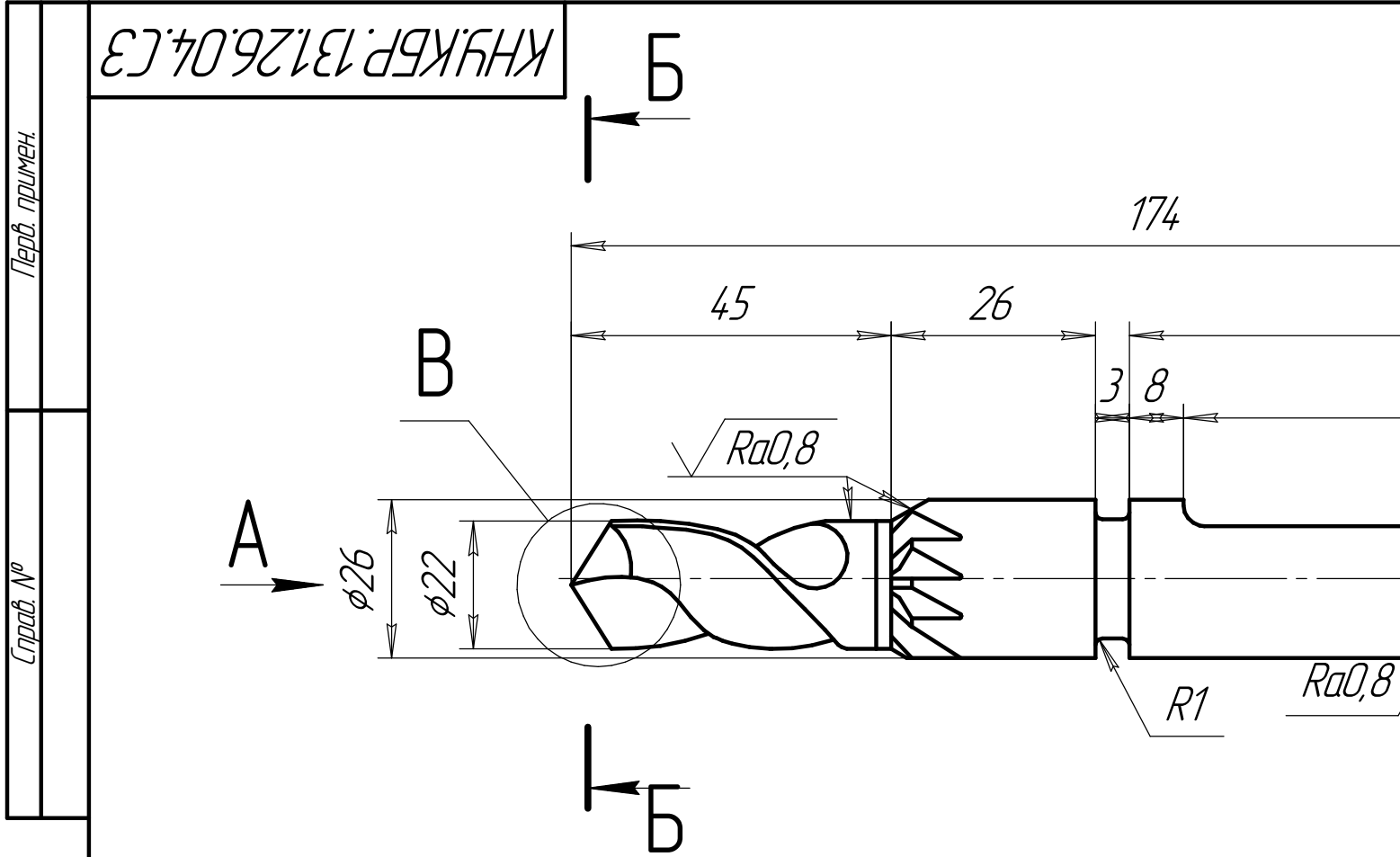
Поверхні обробки: 3, 5, 7, 11, 13, 14, 15, 16

Поверхні обробки: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17

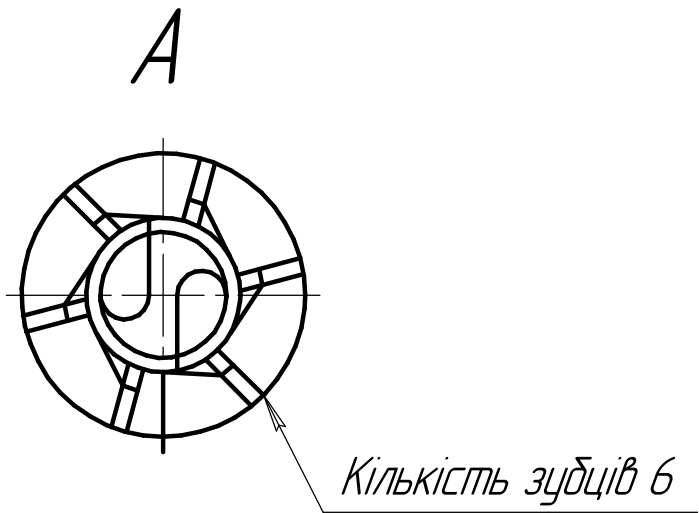


Типи різців	Шифр державки	Шифр пластини	Пластина	Матеріал пластини	Геометричні параметри пластини, мм	Геометричні параметри державки, мм
Підрізний різець	DCLCR2525X09JETI	CCMT09T308-M5 CCMT09T304-MF2		TP1501 TP2501	L=9,53мм; S=3,97мм; D1=5,15мм.	H=25мм; B=25мм; LF=36мм; WF=32мм;
Прохідний різець	DWLNR 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; LH=30мм; KAPR=95°
Прохідний різець	DCLNR2525M16-M	CCMT09T304-MF2		TP1501 TP2501	L=9,53мм; S=3,97мм; D1=5,15мм.	H=25мм; B=25мм; LF=150мм; WF=32мм; LH=40мм;

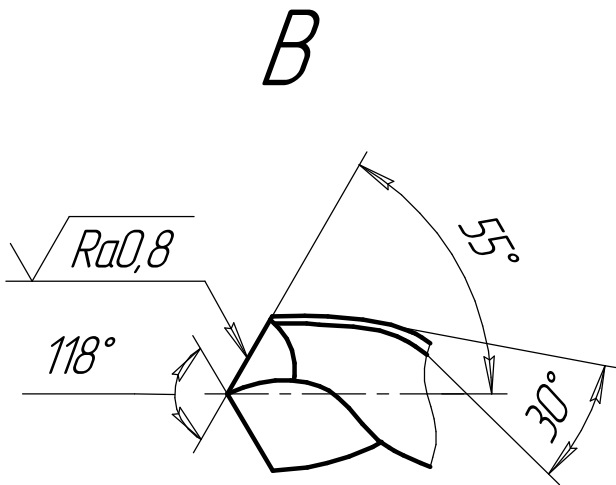
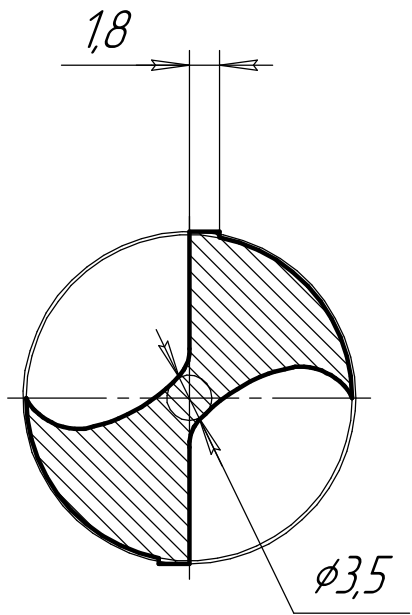
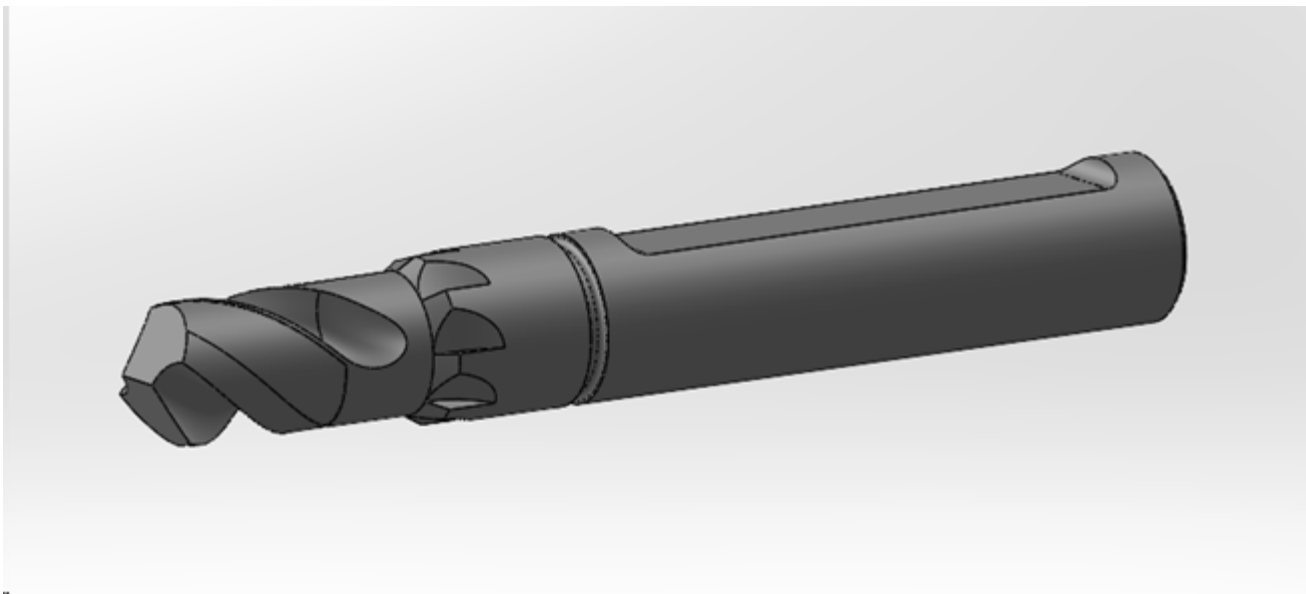
КНУ.КБР.131.26.04.ВІН						Верстатно-інструментальне налагодження			Лист	Масштаб	Масштаб
Ізм.	Лист	№ док.	Підп.	Дато		Лист	Листів	1	1:1		
Разр.	Григоренко	Нечасів									
Проб.	Нечасів										
Т.контр.											
Н.контр.	Нечасів										
Утв.	Рязанцев										
Копіював						Каф. ТМ гр. ПМ-22					
						Формат А1					



√ Ra3,2 (√)



Б-Б(4:1)

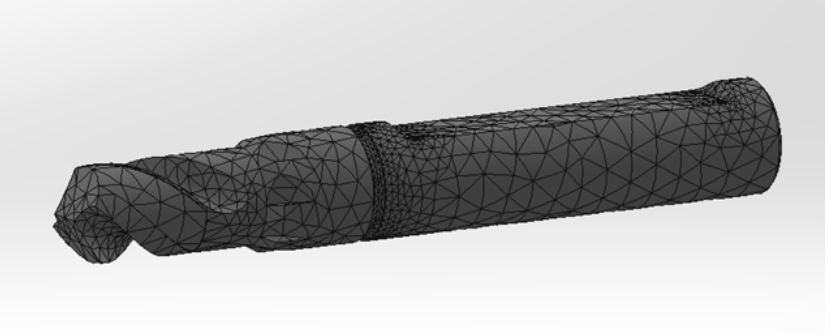


1. Матеріал робочої частини сталь Р6М5, хвостовика сталь 40Х.
Сварка тертям.
2. Твердость робочей части 63...66 HRC, лапки хвостовика 32...46,5 HRC.

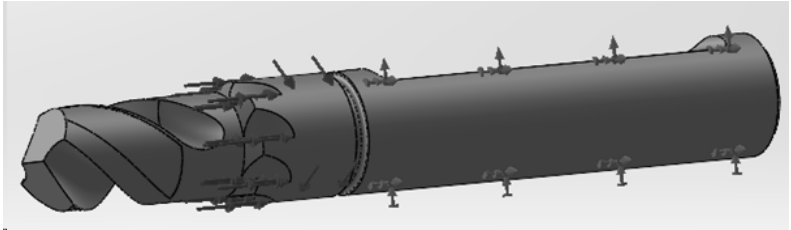
					КНУ.КБР.131.26.04.СЗ				
					Свердло-зенківка	Лит.	Масса	Масштаб	
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Н			1:1		
Разраб.	Грицаєнко								
Пров.	Нечаєв								
Т.контр.						Лист	Листов		
					Сталь Р6М5 ДСТУ 19265-73	Кафедра ТМ гр. ПМ-22			
Н.контр.	Нечаєв				Сталь 40Х ДСТУ 7806:2015				
Утв.	Рязанцев								

Перв. примен.	Справ. №	Подп. и дата	Инв. № дцкл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.

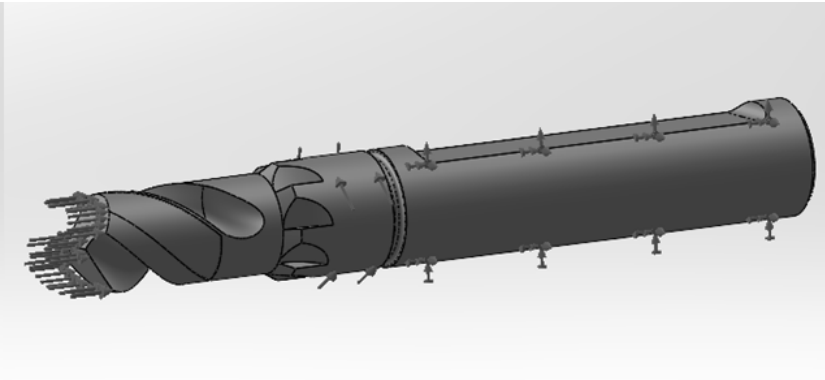
КНУ.КБР.131.26.04.ІАСРІ



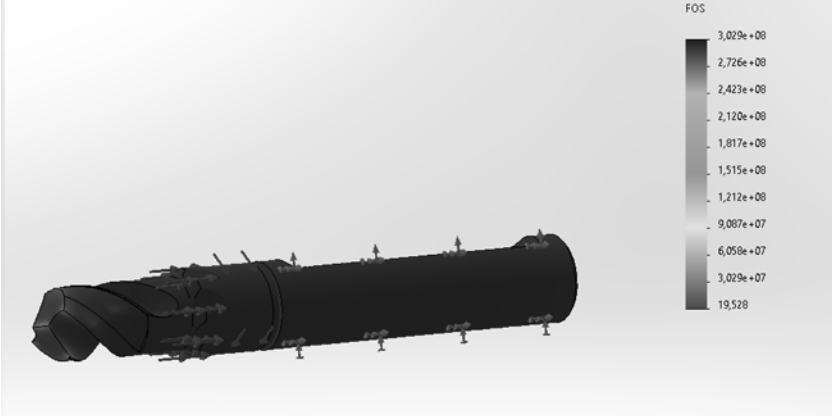
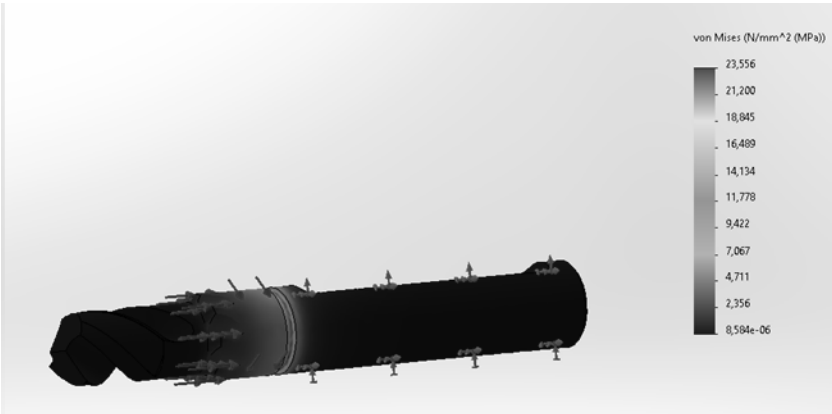
Сітка кінцевих елементів моделі та еюра якості сітки за критерієм Якобіана



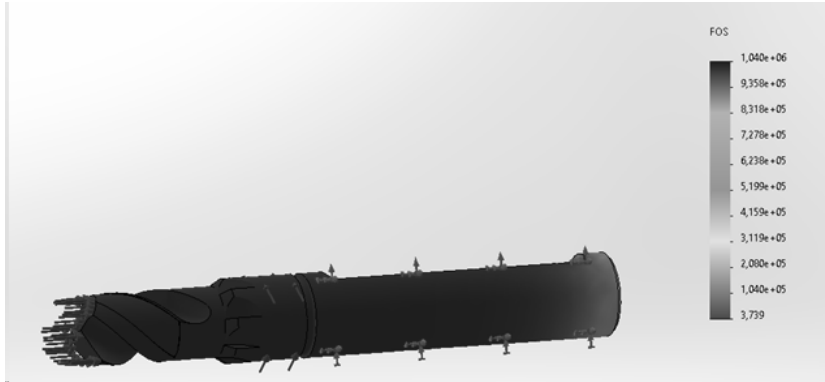
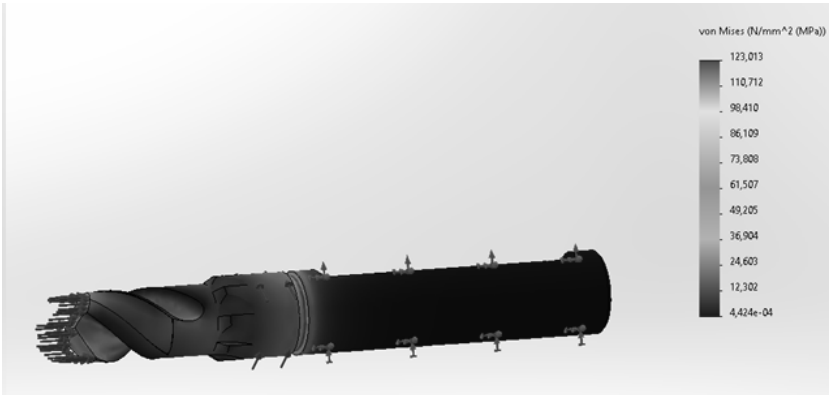
Закріплення сверла-зенківки та прикладені навантаження при режимі зенкування



Закріплення сверла-зенківки та прикладені навантаження при режимі свердління



Епюри статичного аналізу сверла-зенківки при режимі зенкування



Епюри статичного аналізу сверла-зенківки при режимі свердління

					КНУ.КБР.131.26.04.ІАСРІ				
					Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	Лит.	Маса	Масштаб	
Ізм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		Н			
Разраб.	Грицаєнко								
Пров.	Нечаєв								
Т.контр.						Лист	Листов	1	
Н.контр.	Нечаєв					Кафедра ТМ			
Утв.	Рязанцев					Гр. ПМ-22			

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

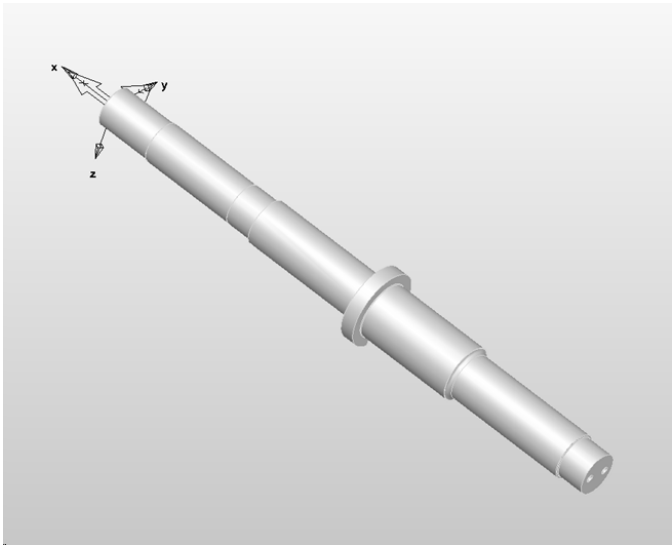
Инв. № дроб.

Взам. инв. №

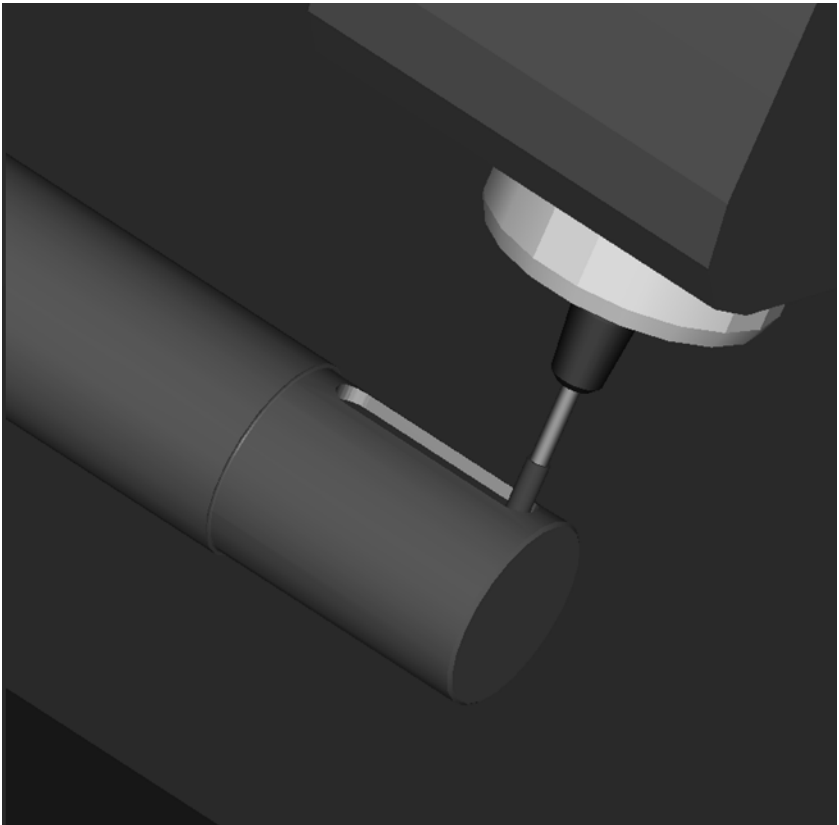
Подп. и дата

Инв. № подл.

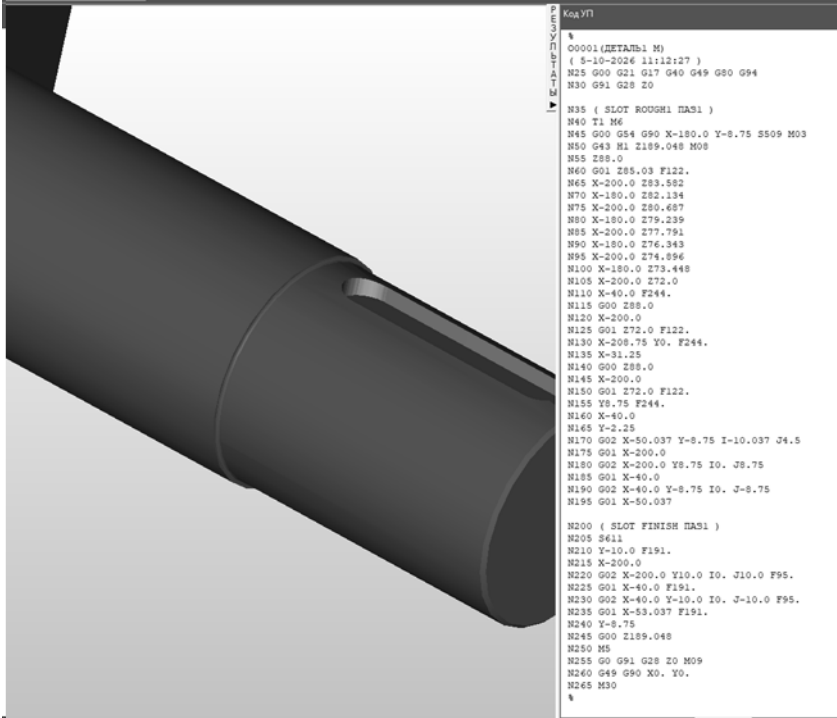
КНУ.КБР.131.26.04.МПМО



Загальний вид заготовки



Процес симуляції обробки отвору на верстаті



Результат обробки деталі та керуюча програма

Критерии ограничения

Группа:

Диаметр:

Радиус кромки:

☐ Последние инст

Имя	Ди.	Ра.	Дли.	Дл.	Матер.	Конус
☐ конц. фреза.	12..	0.000	2	25.400	37..	Быстр. 0.000
☐ конц. фреза.	14..	0.000	4	34.930	48..	Быстр. 0.000
☐ конц. фреза.	14..	0.000	2	28.580	42..	Быстр. 0.000
☐ конц. фреза.	16..	0.000	4	41.280	57..	Быстр. 0.000
☐ конц. фреза.	16..	0.000	2	34.930	50..	Быстр. 0.000
☐ конц. фреза.	18..	0.000	4	41.280	59..	Быстр. 0.000
☐ конц. фреза.	18..	0.000	2	41.280	59..	Быстр. 0.000
☐ конц. фреза.	19..	0.000	4	41.280	60..	Быстр. 0.000
☐ конц. фреза.	19..	0.000	2	41.280	60..	Быстр. 0.000
☒ конц. фреза.	20..	0.000	4	47.630	120.	Быстр. 0.000

Вибір параметрів інструмента

Скорость

☐ Исп. м/мин

509 об/мин ☐ замена

(Рекоменд.: 509 об/мин)

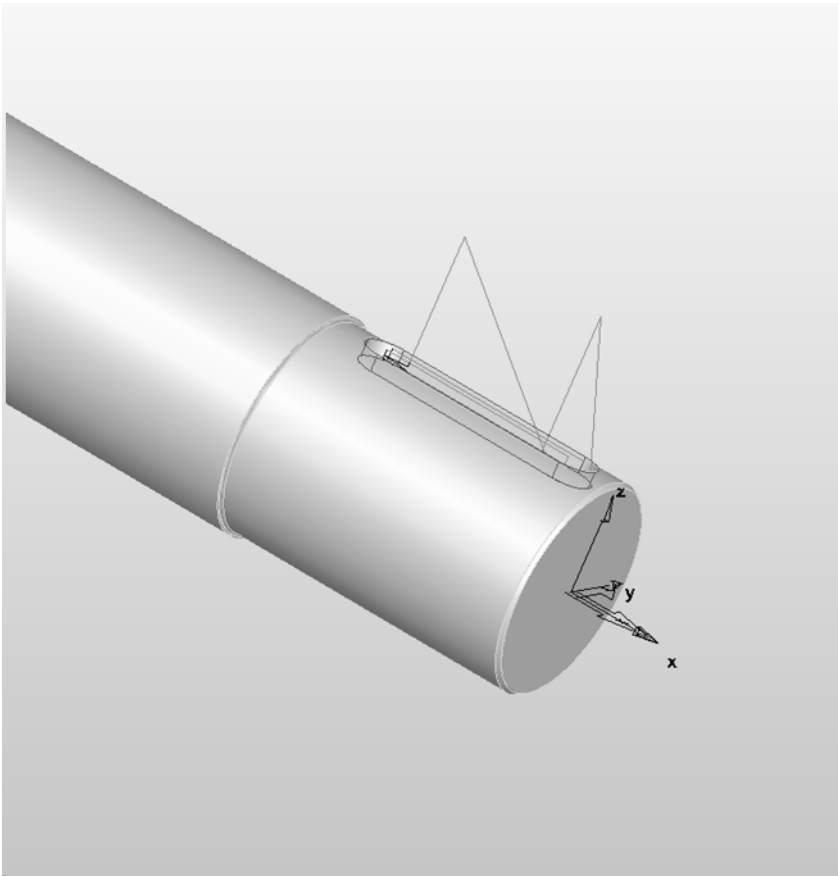
Подача

Исп. мм/мин

244.5 мм/мин ☐ замена

(Рекоменд.: 244.5 мм/мин)

Призначення режимів різання



Загальний вигляд траєкторії переміщення інструменту

Новый элемент

Какой элемент вы хотите создать?

☐ По размерам

☐ Открытие

☐ Прямоугольный карман

☒ Паз

☐ Ступенчатое отверстие

☐ Радиусное отверстие

☐ Торцы

Открытой

☐ Выступ

☐ Впадина

☐ Канавка

☐ Карман

☐ Окружение

☐ Стенка

Из элемента

☐ Группа

☐ Специальный

☐ Маски

☐ Транспарант

Из поверхности

☐ Обработка поверхности

☐ Создать массив из этого элемента

☐ Распознать элементы по модели

Новый установ...

Справка

Простой

Длина: 200

Ширина: 40

Глубина: 13

Радиус: 0.000

Угол уклона: 0.000

А: 0.000

☐ Сварное

☐ Обратить элемент вокруг оси X

Вибір елемента «Паз» та його налаштування

						КНУ.КБР.131.26.04.МПМО			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Моделирование процессоризальной механической обработки.		Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Грицаенко						Н		
Пров.	Нечаев						Лист	Листов	1
Т.контр.					Кафедра ТМ Гр. ПМ-22				
Н.контр.	Нечаев								
Утв.	Рязанцев								
						Копировал	Формат А3		