

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Шпindel» та обґрунтування параметрів надійності процесу за допомогою CAD/CAM/CAE систем

Виконав: здобувач групи ПМ-21
Герула Б.О.

Керівник випускної роботи:
доцент, к.т.н., Цивінда Н.І.

Кривий Ріг
2025 р.

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

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ**

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення
деталі «Шпindel» та обґрунтування параметрів надійності процесу
за допомогою CAD/CAM/CAE систем

Виконав здобувач гр. ПМ-21

(підпис)

Богдан ГЕРУЛА

Керівник КБР

(підпис)

Наталія ЦИВІНДА

Нормоконтроль

(підпис)

Василь НЕЧАЄВ

Завідувач кафедри

(підпис)

Антон РЯЗАНЦЕВ

м. Кривий Ріг
2025 р.

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

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

(дата)

(підпис)

ЗАВДАННЯ **на кваліфікаційну бакалаврську роботу**

Здобувача групи ПМ-21 Герула Богдан Олегович

1. Тема: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Шпиндель» та обґрунтування параметрів надійності процесу за допомогою CAD/CAM/CAE систем

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

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

2. Термін подання здобувачем закінченої роботи «__» _____ 2025 р.

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

4. Зміст пояснювальної записки: 1. Аналіз службового призначення вузла та деталі. 2. Технологічна підготовка виробництва деталі. 3. Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами. 4. Проектування та інженерний аналіз оснащення. 5. Моделювання та програмування операцій механічної обробки. 6. Організаційно-економічна підготовка виробництва.

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Шпиндель. 2. Верстатно-інструментальне налагодження. 3. Оснастка. 4. Моделювання процесу обробки. 5. Інженерний аналіз оснащення.

6. Календарний план:

№ з/п	Етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання
1.	Розробка та узгодження технічного завдання	
2.	Технічне завдання та аналіз вихідних даних	
3.	Призначення об'єкту виробництва	
4.	Аналіз технологічності деталі.	
5.	Креслення деталі (A1-A4).	
6.	Вибір та обґрунтування послідовності обробки поверхонь деталі.	
7.	Розробка технологічного маршруту обробки деталі.	
8.	Вибір параметрів ріжучої частини інструментів.	
9.	Розрахунок конструктивних параметрів ріжучої частини інструменту.	
10.	Вибір розмірів ріжучого інструменту.	
11.	Креслення спеціального ріжучого інструменту (A2-A4).	
12.	Креслення з інженерним аналізом спеціального різального інструменту	
13.	Вибір допоміжних інструментів.	
14.	Розробка та креслення об'єднаного верстатно-інструментального (A1-A2)	
15.	Моделювання та програмування операцій механічної обробки	
16.	Креслення змодельованого процесу обробки (A1-A2)	
17.	Організаційно-економічна підготовка виробництва.	
18.	Висновки	
19.	Оформлення РПЗ	
20.	Попередній захист	

Дата видачі завдання: «___» _____ 2025 р.

Завдання видав керівник КБР _____

/ Цивінда Н.І./

Завдання отримав
здобувач освіти

/ Герула Б.О./

[illegible]

РЕФЕРАТ

Мета роботи: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Шпиндель» та обґрунтування параметрів надійності процесу за допомогою CAD/CAM/CAE систем.

За заданою річною програмою $N_p = 2000$ шт, обрано тип виробництва-середньосерійний, розроблено маршрутний та операційний технологічні процеси, способи отримання заготовки, на базі порівняння собівартості, обрано обладнання та різальний інструмент, розраховано і обраний припуски на обробку та режими різання, прономовано технологічні процеси.

В результаті проведеного техніко - економічного аналізу показана ефективність розробленого варіанту технологічного процесу в порівнянні з базовим.

КЛІТЬ ДРІБНОСОРТНОГО СТАНУ, ШПИНДЕЛЬ, ЗАГОТОВКА, ОСНАЩЕННЯ, ТЕХНОЛОГІЯ, ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ, ЯКІСТЬ, ПРОДУКТИВНІСТЬ

ABSTRACT

Purpose of work: Design and technological preparation of the manufacture of the "Spindle" part and justification of the process reliability parameters using CAD/CAM/CAE systems.

According to the given annual program $N_p = 2000$ pcs, the type of production was selected - medium-series, route and operational technological processes were developed, methods of obtaining the workpiece were developed, based on a comparison of the cost, equipment and cutting tools were selected, allowances for processing and cutting modes were calculated and selected, technological processes were standardized.

As a result of the conducted technical and economic analysis, the effectiveness of the developed version of the technological process was shown in comparison with the basic one.

FINE-GRADE WRENCH, SPINDLE, WORKPIECE, EQUIPMENT, TECHNOLOGY, TECHNICAL SOLUTIONS, QUALITY, PRODUCTIVITY

					КНУ.КБР.131.25.01-06.Р		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РЕФЕРАТ		
Розроб.	Генула						
Перевір.	Пивінла						
Реценз.							
Н. Контр.	Нечасв						
Зав. каф.	Рязанцев						
					Лім.	Арк.	Аркушів
					Кафедра ТМ, гр. ПМ-21		

Зміст

Вступ.....	
1. Аналіз службового призначення деталі.....	
1.1 Службове призначення виробу	
1.2 Розробка схеми складання вузла.....	
1.3 Перевірка надійності деталі шпиндель в Solid Works Simulation.....	
2. Аналіз вихідних даних проекту.....	
2.1 Службове призначення шпинделя.....	
2.2 Технічний контроль робочого креслення.....	
2.3 Аналіз якості поверхонь шпинделя.....	
2.4 Аналіз технологічності деталі.....	
2.4.1 Якісний аналіз технологічності.....	
2.4.2 Кількісний аналіз технологічності.....	
2.5 Визначення типу виробництва.....	
2.6 Аналіз технологічних процесів базового заводу.....	
2.6.1 Маршрутний процес базового заводу по обробці універсального шарового шпинделя	
3 Розробка технологічного процесу виготовлення шпинделя	
3.1 Вибір методу одержання заготовки	
3.2 Вибір конструкторських, технологічних і вимірювальних баз	
3.3 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь.....	
3.4 Розробка маршрутно-операційної технології обробки деталі	
3.5 Розробка технологічної операції.....	
3.6 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку.....	
3.6.1 Аналітичний розрахунок припусків на внутрішню циліндричну поверхню обойми Ø40H7.....	
3.6.2 Аналітичний розрахунок припусків поверхні універсального шарового шпинделя Ø50H7 автоматизованим способом.....	
3.7 Розрахунок між операційних лінійних розмірів.....	
3.8 Вибір і розрахунок режимів обробки.....	
4 Техніко-економічне обґрунтування маршруту технологічного процесу.....	
5 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	
5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора.....	
5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм.....	
6 Проектування технологічного оснащення.....	
6.1 Проектування верстатного оснащення.....	
6.1.1 Аналіз вихідних даних.....	
6.1.2 Розрахунок оснащення на точність	
Висновки	
Література	

					КНУ.КБР.131.25.1-06 3		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Герула				ЗМІСТ	Літ.	Арк.
Перевір.	Цивінда						Аркушів
Реценз.							
Н. Контр.	Нечаєв					гр. ПМ-21	
Затверд.	Рязанцев						

ВСТУП

Рівень розвитку машинобудування - один з вагомих факторів розвитку прогресу, оскільки корінні перетворення в будь-якій сфері виробництва можливі тільки в слідстві створення більш сучасних машин і розробки принципово нових технологій.

Розвиток та удосконалення технології виробництва сьогодні тісно пов'язані з автоматизацією виробництва, створенням робототехнічних комплексів, широким використанням обчислювальної техніки з використанням обладнання з числовим програмним управлінням. Все це складає базу, на якій створюється автоматизоване виробництво, стають можливими оптимізація технологічних процесів, створення гнучких автоматизованих комплексів.

За останні роки ПАТ «АрсеорМіттал Кривий Ріг» показує впевнену динаміку росту виробництва серед підприємств машинобудівної галузі, зарекомендувавши себе як надійного партнера на традиційних ринках збуту.

Продукція підприємства - широко відома не тільки в Україні, а й за її межами.

Основні види продукції підприємства: сталеве і чавунне литво, поковки і штампування, механічно оброблені деталі та вузли, зварні металоконструкції. Разом з тим, ПАТ «АМКР» намагається розширювати асортимент своєї продукції і шукає нові ринки збуту.

На ПАТ «АМКР» встановлено переважно універсальне обладнання, що обумовлено типом організації виробництва. Завод оснащений верстатами та обладнанням, яке дає можливість проводити різні види обробки матеріалів, виготовляти унікальні деталі та вузли.

					КНУ.КБР.131.25.1-06.В		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВСТУП		
Розроб.	Герула						
Перевір.	Цивінда						
Реценз.							
Н. Контр.	Рязанцев						
Затверд.	Нечаєв						
					Літ.	Арк.	Аркуші
					гр. ПМ-21		

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ

1.1 Службове призначення виробу

Виріб взятий для проектування - вузол шарового шпинделя чорнової кліті дрібносортового стану МС 250.

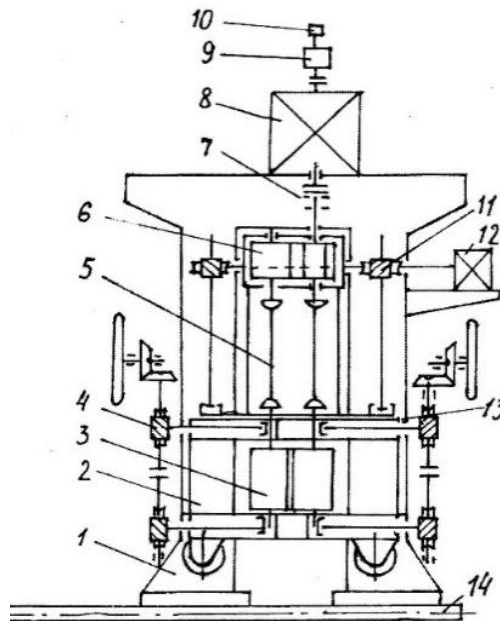


Рисунок 1.1- Схема прокатної кліті дротового стану

з вертикальними валками, прокатна кліть складається зі: 1-станина, 2- рама, 3 вмонтовані робочі валки, 4- механізм регулювання зазору, 5- вузла універсальних шпинделів, 6- комбінованої шестеренної кліті, 7- шпиндельного вала з опорою, 8- електродвигуна, 9- тахометра, 10- відцентровий вимикач, 11- механізм вертикального переміщення рами, 12- привід електродвигуна, 13- механізм перевалки змінної рами, 15- тяговий ланцюг, 16- привід червячного редуктора, 17- електродвигуна.

					КНУ.КБР.131.25.1-06.АСПД		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Генула				Аналіз службового призначення деталі	Лім.	Арк.
Перевір.	Пивінла						Аркушів
Реценз.							
Н. Контр.	Нечасв					Кафедра ТМ, гр. ПМ-21	
Зав. каф.	Рязанцев						



Рисунок 1.2 – Універсальний шаровий шпиндель установлений в прокатній кліті дротового стану

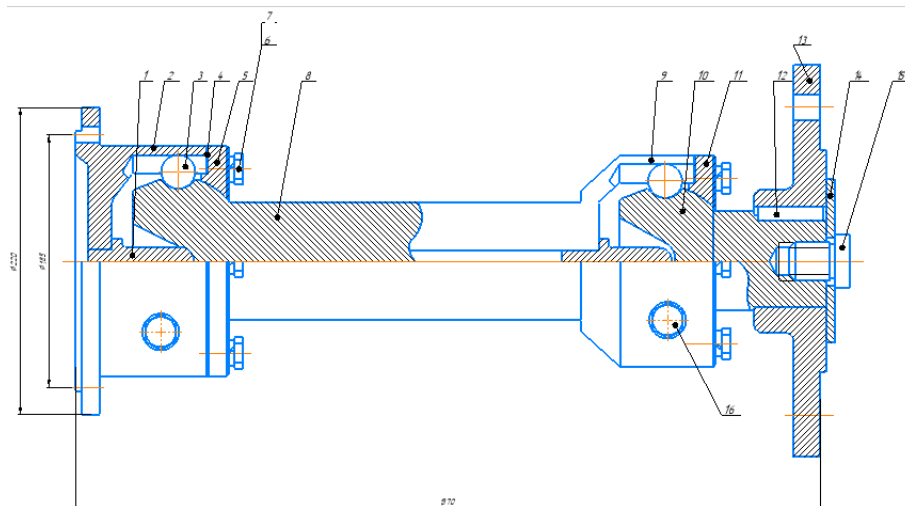


Рисунок 1.3 – Складальний вузол універсального шарового шпинделя:
1-підпятник, 2-обойма, 3-куля Ø28,576, 4-прокладка Ø105/140-1, 5-кришка роз'ємна, 6-болт М12х25, 7-шайба пружина 12, 8-вал, 9-обойма, 10-головка, 11-кришка, 12- шпонка 11х18х35, 13-фланець, 14- планшайба, 15- болт, 16- пробка М10х1

Універсальний шаровий шпиндель складається із двох напівмуфт із циліндричними пазами, валу з головками й лунками під стандартні кульки. Комбіноване ущільнення надійно втримує закладене змащення.

Обидві головки універсального шарового шпинделя зовсім однакові. Вони складаються (рис. 1.3) з муфти 2, що має з однієї сторони внутрішню шліцеву нарізку для надягання на шліцевий кінець робочого вала або вала редуктора, а з іншого боку - напівциліндричні пази. За допомогою шести стандартних куль 3 сидячих у сферичних гніздах головки вала 3 і, що заходять у напівциліндричні пази утворюється шарнір.

					КНУ.КБР.131.25.1-06.АСПД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При такій конструкції шарніра універсальний шаровий шпindel може встановлюватися на певний кут стосовно муфти в будь-якій площині. Шарнір закритий кришкою 5 із вмонтованим манжетом ущільнення 4, що служить для втримання змащення усередині кулі. Ущільнювальна манжета 4 з браслетною пружиною для втримання змащення усередині шарніра від абразивних часток зовні.

1.2 Розробка схеми складання вузла

Для зручного складання вузла універсальний шаровий шпindel встановлюємо на призми.

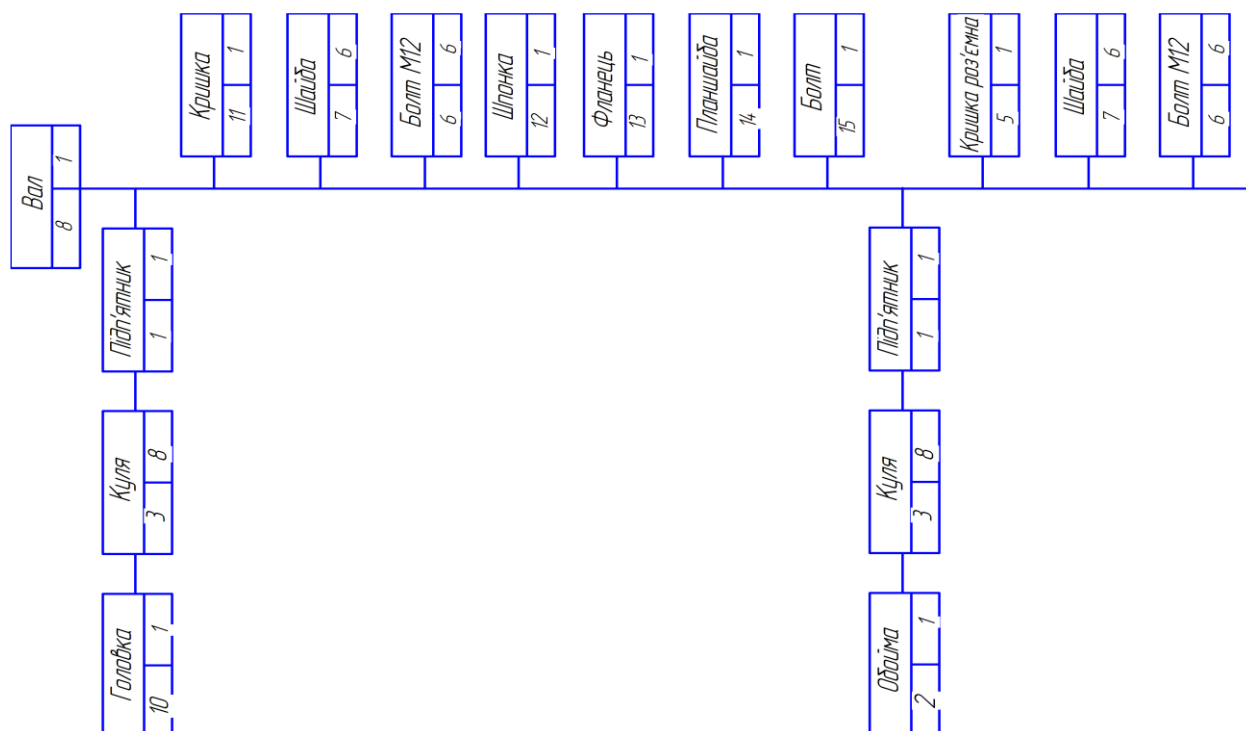


Рисунок 1.4 – Схема складання «Універсального шарового шпindelю»

1.3 Перевірка надійності деталі шпindel в Solid Works Simulation

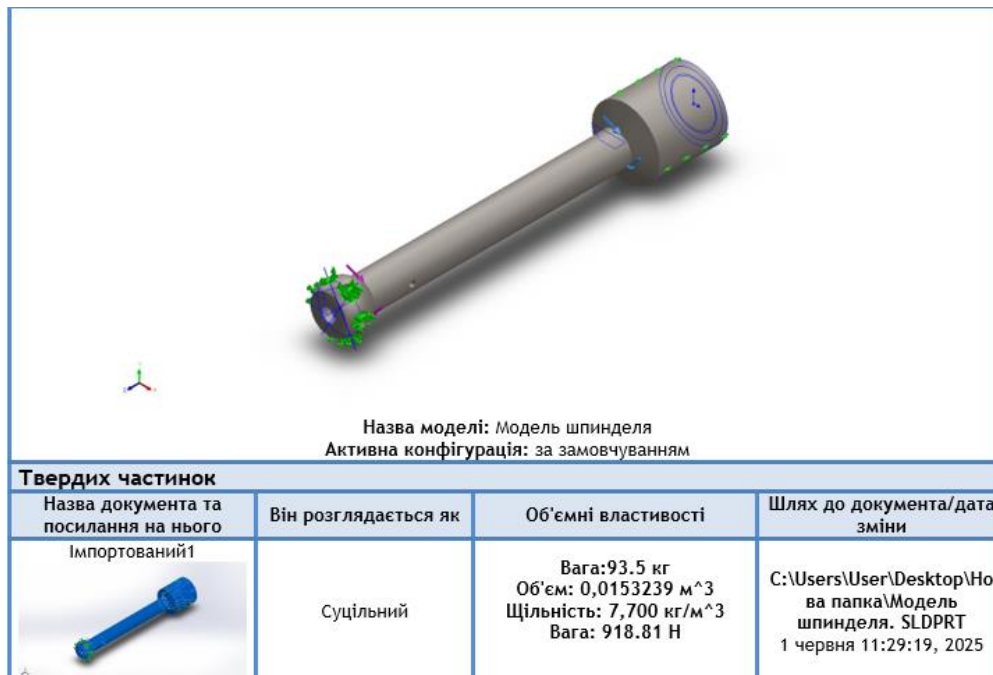


Рисунок 1.5 – Інформація про модель

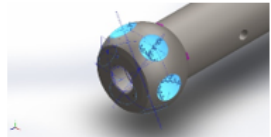
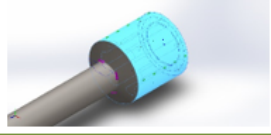
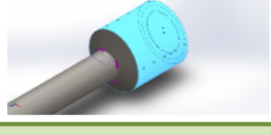
Назва монтунання	Монтажний образ	Дані для монтажу		
Виправлено-1		Об'єктів: 6 об'єктів Тип: Замкнена геометрія		
Результуючі сили				
Компоненти	X	I	З	Результуючий
Сила реакції (Н)	-89,4878	-258,929	116,872	297,845
Реактивний крутний момент (Нм)	0	0	0	0
Ролик/Слайдер -1		Об'єктів: 13 об'єктів Тип: Ролик/Повзунк		
Результуючі сили				
Компоненти	X	I	З	Результуючий
Сила реакції (Н)	-2,6174E-16	-8,38406E-17	-81,2733	81,2733
Реактивний крутний момент (Нм)	0	0	0	0
Ролик/Слайдер -2		Об'єктів: 1 об'єктів Тип: Ролик/Повзунк		
Результуючі сили				
Компоненти	X	I	З	Результуючий
Сила реакції (Н)	0	0	-133,197	133,197
Реактивний крутний момент (Нм)	0	0	0	0

Рисунок 1.6 –Кріплення шпинделя

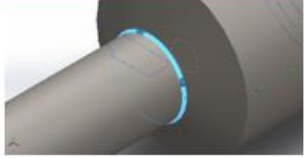
Ім'я завантаження	Завантажити зображення	Завантажити дані
Крутний момент-1		Об'єктів: 1 Особа Посилання: Грань< 1 > Тип: Застосуйте крутний момент Значення: 50 000 Нм
Крутний момент-2		Об'єктів: 1 Особа Посилання: Грань< 1 > Тип: Застосуйте крутний момент Значення: 50 000 Нм

Рисунок 1.7 – Навантаження на шпиндель

Сили реакції

Вибраний набір	Одиниць	Сума X	Сума Y	Сума Z	Результуючий
всієї моделі	N	-89,4878	-258,929	35,585	276,258

Моменти реакції

Вибраний набір	Одиниць	Сума X	Сума Y	Сума Z	Результуючий
всієї моделі	Нм	0	0	0	0

Вільні сили тіла

Вибраний набір	Одиниць	Сума X	Сума Y	Сума Z	Результуючий
всієї моделі	N	-382,302	-415,641	-475,347	738,151

Моменти вільних тіл

Вибраний набір	Одиниць	Сума X	Сума Y	Сума Z	Результуючий
всієї моделі	Нм	0	0	0	1e-33

Рисунок 1.8 – Результуючі сили

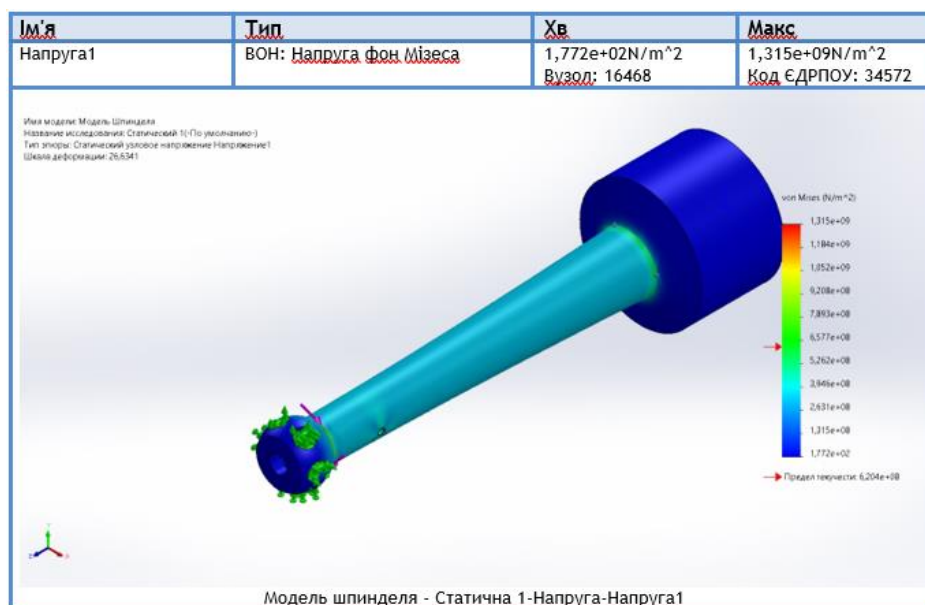


Рисунок 1.9 – Результати дослідження напруги

					КНУ.КБР.131.25.1-06.АСПД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

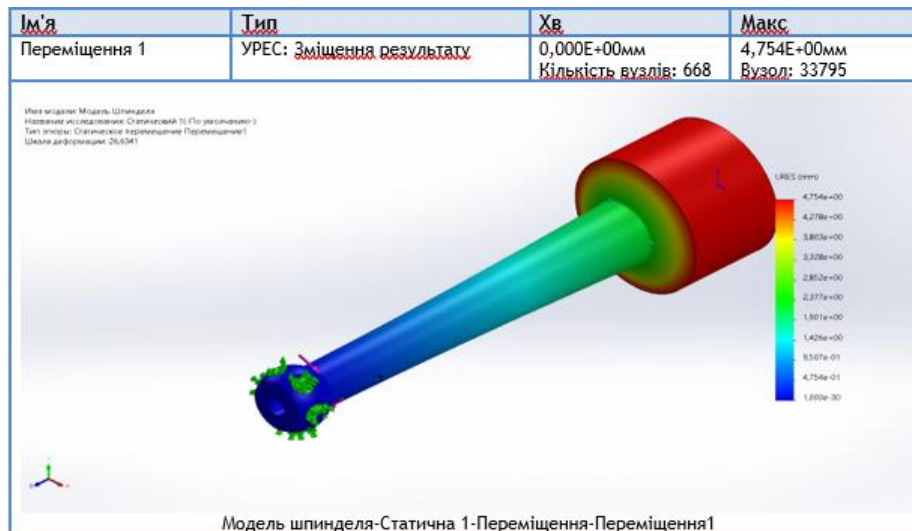
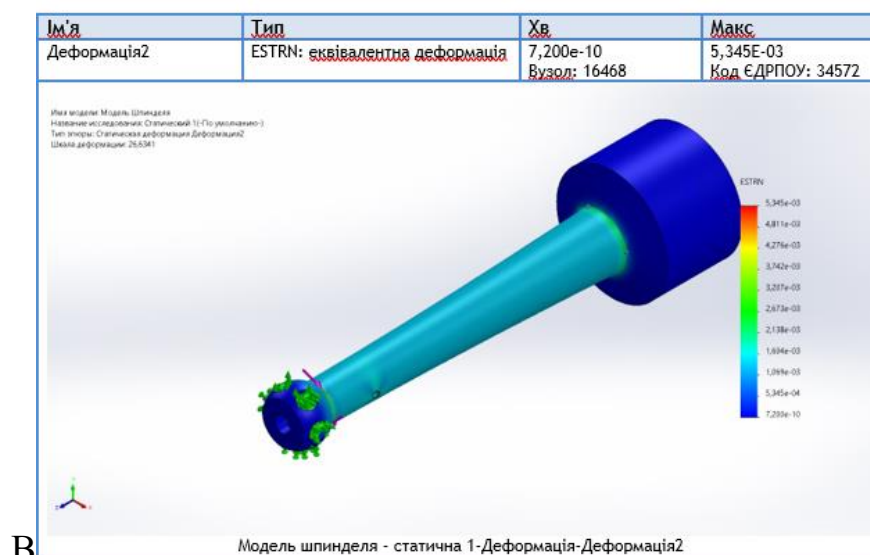
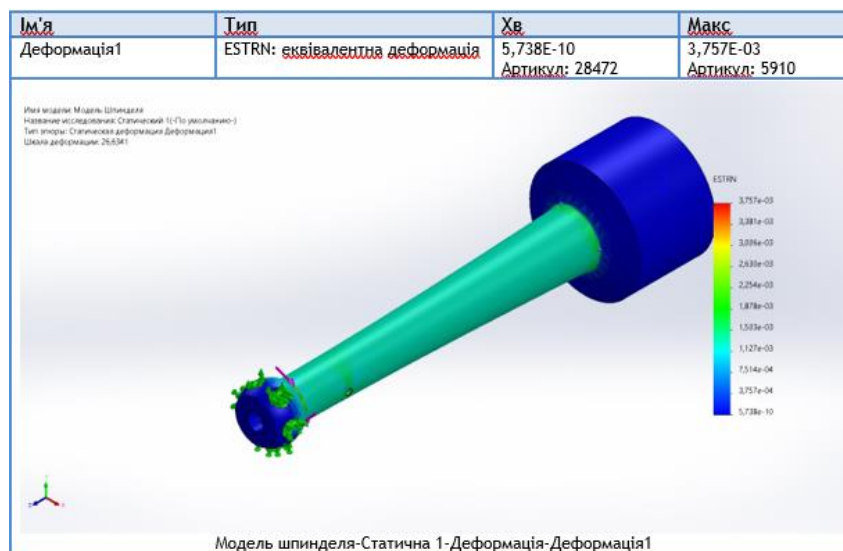


Рисунок 1.10 – Результати дослідження переміщення



В

Рисунок 1.11 – Результати дослідження деформації

Висновок: Аналіз кінцевих елементів (АКЕ) забезпечує надійний чисельний метод аналізу проектних розробок. Процес починається із створення геометричної моделі. Потім програма розбиває модель на малі частини простих форм (елементи), що з'єднуються у загальних точках, які називаються вузлами. Процес розбивки моделі на малі частини називається створенням сітки. Програми аналізу кінцевих елементів розглядають модель як мережу з'єднаних між собою елементів.

Точність аналізу залежить від якості сітки, тобто чим дрібніша сітка – тим вища точність.

Статистичний аналіз деталі дозволяє дослідити такі фактори як: напруження деталі, переміщення, деформацію, запас міцності, перевірка деталі на втому.

Виконавши аналіз деталі шпіндель бачимо її деформацію, та значення максимальної деформації $3,757 \cdot 10^{-3}$ Па при прикладанні крутного моменту в 50 кН. При даному навантаженні видно, що ми обрали правильний матеріал і він витримає навантаження при роботі шпинделя.

					КНУ.КБР.131.25.1-06.АСПД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ПРОЕКТУ

2.1 Службове призначення шпинделя

Деталь Шпиндель є складовою частиною шарового шпинделя кліті.

Шпиндель призначений для передачі валкам робочої кліті обертання й крутних моментів від шестеренної кліті або безпосередньо від головних електродвигунів. В основу конструкції універсальних шпинделів покладений принцип шарніру Гука, ці шпинделі можуть передавати обертання й крутний момент під кутом нахилу до $8-10^\circ$. Завдяки шарнірній конструкції універсальні шпинделі працюють плавно, разом з тим вони дозволяють передавати більші крутні моменти, тому їх застосовують для привода валків листових і сортових станів (при куті нахилу близько $1-2^\circ$ і моменту $500 - 2000$ кН).

Для привода валків чистових клітей безперервних дрібно сортних і дротових станів працюючих при великих частотах обертання (до 2000 об/хв) універсальні шпинделі із бронзовими вкладишами й шпинделі із шарнірами на підшипниках кочення повинні мати підвищену надійність, перші – з-за незадовільних умов змащення й швидкого зношування вкладишів, інші – з-за незначної довговічності хрестовин з підшипниками кочення.

При застосуванні цих шпинделів виникає сильна вібрація валків при прокаті. На деяких станах застосовують кулькові (роликові) універсальні шпинделі. У конструкцію шпинделя безупинно подається густе мастило від централізованої системи через стаціонарне середнє кільце. Вібрація шпинделів і валків повністю усунута.

Деталь випробовує деформації крутіння, тому матеріал з якого вона виготовлена повинен мати в'язку структуру. Півсфери для шарового з'єднання повинні мати високу зносостійкість, для досягнення необхідних вимог, після механічної обробки деталь піддається термічній обробці.

Перерахованим вимогам найбільше відповідають марки наступних сталей: сталь 40ХНМА й сталь 40Х2Н2МА ДСТУ EN 1025-22008 для поковок. [1]

У таблиці 2.1 наведений хімічний склад цих сталей і механічні властивості.

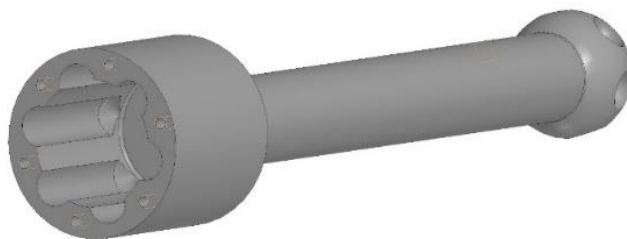


Рисунок 2.1 – 3D модель деталі «шпиндель»

					КНУ.КБР.131.25.1-06.АВДП		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Аналіз вихідних даних проекту		
Розроб.	Генула						
Перевір.	Пивінла						
Реценз.							
Н. Контр.	Нечасв						
Зав. каф.	Рязанцев				Кафедра ТМ, гр. ПМ-21		

Таблиця 2.1 - Хімічні властивості (%)

Марка сталі	Вміст елементів								
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	P	S	Cu
40ХНМА	0,37-0,44	0,5-0,8	0,17-0,37	0,6-0,9	1,25-1,45	0,15-0,25	до 0,025	до 0,025	до 0,3
40Х2Н2МА	0,35-0,42	0,3-0,6	0,17-0,37	1,25-1,69	1,35-1,75	0,2-0,5	до 0,025	до 0,025	до 0,3

Таблиця 2.2 - Механічні властивості

Сталь	Перетин	КП	$\sigma_{0,2}$ МПа	σ_B	δ	ψ	Кси	НВ (не більше)
40ХНМА	100-300	590	590	735	13	40	49	235÷277
40Х2Н2МА	100-300	590	590	735	12	35	44	235÷277

Границя витривалості

Сталь 40ХНМА ДСТУ 4738:2007: $\sigma = 390$ МПа; загартування 750°C, мастило відпускання 610°C, $\sigma_{0,3} = 1030$ МПа; $\sigma_B = 1200$ МПа ;

Сталь 40Х2Н2МА ДСТУ EN 1025-22008: $\sigma = 520$ МПа; загартування 790°C, $\sigma_{0,3} = 1030$ МПа; $\sigma_B = 1200$ МПа ;

Сталь 40ХНМА ДСТУ EN 1025-22008: $t = 20^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C}$ 103...93, загартування 860°C, мастило відпускання 580°C, $\sigma_{0,3} = 620$ МПа; $\sigma_B = 790$ МПа;

Сталь 40Х2Н2МА ДСТУ EN 1025-22008: $t = 20^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}$ 50...41...41, загартування 880°C, мастило відпускання 200°C, $\sigma_{0,3} = 780$ МПа; $\sigma_B = 970$ МПа, $\delta = 20\%$; $\psi = 61\%$;

З огляду на тяжкі умови роботи універсальних шарових шпинделів пов'язаних з високою температурою й запиленістю навколишнього середовища, можливі змінні навантаження, а також вартість матеріалу, яка відображається на собівартості, вибираю матеріал для виготовлення універсальних шарових шпинделів сталь 40ХНМА.

Сталь 40ХНМА - високоякісна легована конструкційна сталь, що має високу міцність й в'язкість. Застосовується для виготовлення різних відповідальних зовнішніх деталей. Дрібнозерниста структура піддається загартуванню й відпусканню. Твердість загартованої поверхні в азотному середовищі досягає HRC 50 -55.

2.2 Технічний контроль робочого креслення

Креслення має всі лінійні розмірами, деякі з яких мають допуски, зазначені шорсткості поверхонь. Всі розміри стандартні, відносяться до нормального ряду розмірів. Три розміри мають підвищену точність: внутрішня поверхня порожнини

					КНУ.КБР.131.25.1-06.АВДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

шпинделя Ø158H8, зовнішній діаметр кульового кінця шпинделя Ø 158d9, а також осьовий отвір кульового кінця шпинделя Ø 50H7.

На розрізі А-А зазначений ще один точний розмір сферичних лунок Ø 51 з допуском 0,1мм. Зазначено кут нахилу конусної частини при переході з більшого діаметра в менший. У місцях сполучення площин зазначені радіуса скруглень, зазначені фаски й шорсткості поверхонь. Кульовий кінець шпинделя має перетин Б-Б на якому зазначені розміри невидимі на загальному плані й на розрізі А-А внутрішніх фрагментів.

На кресленні не вказані допуски на відхилення форми. Установлюю допуск на радіальне биття, щодо осі деталі з точністю 0,02 мм на зовнішній Ø 158d9 і внутрішній Ø 158H8. Допуск на торцеве биття з сторони більшого діаметру шпинделю встановлюю з точністю до 0,01мм.

Деталь піддається поліпшенню HB 269÷289.

Поверхні напівциліндричних пазів Ø 51; сферичних лунок Ø 51; сфери Ø 158d9 піддаються термообробці до твердості HRC 45-55.

Незазначені граничні відхилення розмірів, отворів H14 валів h14; інші ±IT14/2.

Деталь виготовляється зі сталі 40ХНМА.

2.3 Аналіз якості поверхонь шпинделя

Аналізую поверхні деталі відповідно до нумерації зазначеної на кресленні деталі.

Заготовка отримана методом гарячого кування на молотах. Квалітет заготовки - 17.

Розміри поверхні задані по 14 квалітету. Для досягнення заданої точності досить одного технологічного переходу чорного точіння.

З аналогічною точністю задані поверхні 2,4,5,6,7,8,12.

Поверхні 3,16:

1. При аналізі встановлюю, що в процесі механічної обробки розглянутих поверхонь допуск розміру діаметра вихідної заготовки $Td_3=6\text{мм}$ зменшується до допуску розміру діаметра деталі $Td_d=0,1\text{мм}$ (відповідно зростає точність розміру). При цьому загальний коефіцієнт жорсткості точності розміру обчислюю за формулою 2.1:

$$K_{\text{жорст.}} = \frac{Td_3}{Td_d}, \quad (2.1)$$

де Td_3 – допуск вихідної заготовки; Td_d – допуск деталі;

$$K_{\text{жост.}} = \frac{6}{0,1} = 60$$

2. Кількість необхідних технологічних переходів визначаю по формулі: 2.2

					КНУ.КБР.131.25.1-06.АВДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{lq60}{0,46}, \quad (2.2)$$

де $K_{жорст.}$ - коефіцієнт жорсткості точності розміру;

$$n = \frac{1,778}{0,46} = 3,9$$

3. Допуск розміру діаметра заготовки $Td_3 = 6$ мм відповідає приблизно 17 квалітету точності, а розмір деталі – 9 квалітету. Отже точність підвищується на $17-9=8$ квалітетів. По прийнятим чотирьом технологічним переходам розподіляю за законом прогресивного зменшення: $8=3+2+2+1$. Точність проміжних розмірів у процесі механічної обробки буде відповідати:

після 1-го переходу - 14 квалітету ($h14$)

після 2-го переходу - 12 квалітету ($h12$)

після 3-го переходу - 10 квалітету ($h10$)

після 4-го переходу - 9 квалітету ($h9$)

Поверхню 9 розраховуємо аналогічно поверхні 3:

1. При аналізі встановлюю, що в процесі механічної обробки розглянутих поверхонь допуск розміру діаметра вихідної заготовки $Td_3 = 0,62$ мм зменшується до допуску розміру діаметра деталі $Td_d = 0,025$ мм (відповідно зростає точність розміру). При цьому загальний коефіцієнт жорсткості точності розміру обчислюю по формулі [2]:

$$K_{жорст} = \frac{Td_3}{Td_d}, \quad (2.3.)$$

де Td_3 – допуск вихідної заготовки; Td_d – допуск деталі;

$$K = \frac{0,62}{0,025} = 24,8 \approx 25$$

2. Кількість необхідних технологічних переходів визначаю по формулі [2]:

$$n = \frac{lqK_{жорст}}{0,46}, \quad (2.4)$$

$K_{жорст.}$ - коефіцієнт жорсткості точності розміру

$$n = \frac{lq25}{0,46} = 3$$

3. Отже точність підвищується на $14-7=7$; на 7 квалітетів. По прийнятим чотирьох технологічним переходам розподіляють за законом прогресивного зменшення: $7=3+2+2$; $H12 > H9 > H7$.

					КНУ.КБР.131.25.1-06.АВДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Поверхні 10,15:

1. При аналізі встановлюю, що в процесі механічної обробки розглянутих поверхонь допуск розміру діаметра вихідної заготовки $Td_3=0,3\text{мм}$ зменшується до допуску розміру діаметра деталі $Td_d=0,074\text{мм}$ (відповідно зростає точність розміру). При цьому загальний коефіцієнт жорсткості точності розміру обчислюю по формулі [2] :

$$K_{\text{жорст}} = \frac{Td_3}{Td_d}, \quad (2.5)$$

де Td_3 – допуск вихідної заготовки; Td_d – допуск деталі;

$$K = \frac{0,3}{0,074} = 4$$

2. Кількість необхідних технологічних переходів визначаю по формулі 2:

$$n = \frac{l_d K_{\text{уж.р.общ.}}}{0,46}, \quad (2.6)$$

де $K_{\text{жорст}}$ - коефіцієнт жорсткості точності розміру;

$$n = \frac{14}{0,46} = 1,3$$

3. Отже точність підвищується на $12-9=3$; квалітетів. По прийнятим чотирьох технологічним переходам розподіляють за законом прогресивного зменшення: $12-2+1$; $H12>H10>H9$.

Поверхні 11;13;14

Задану точність досягаємо при нарізуванні різьби за рахунок інструмента.

Таблиця 2.3 - Аналіз точності поверхонь

№ з/п	Найменування поверхні	Квалітет точності ІТ	Шорсткість, Ra
1	2	3	4
1	Зовнішній діаметр	14	12,5
2	Кульовий кінець шпинделя	9	1,6
3	Глухий отвір Ø25мм	14	12,5
4	Отвір Ø40мм	14	12,5
5	Отвір Ø50мм	7	1,6

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4
6	Фаска	14	1,6
7	Півсфери	14	1,6

					КНУ.КБР.131.25.1-06.АВДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8	Отвір наскрізний Ø5мм	14	12,5
9	Різьбовий отвір із трубною різьбою	9	3,2
10	Внутрішній діаметр порожнього кінця шпинделя	8	1,6
11	Напівциліндричний паз	9	1,6
12	Різьбовий отвір M16	9	3,2
13	Внутрішній торець порожнього шпинделя	14	12,5
14	Зовнішній кінець шпинделя	14	12,5

2. 4 Аналіз технологічності деталі

2.4.1 Якісний аналіз технологічності

Шпиндель є тілом обертання, отже деталь технологічна. Однак виконання уступу вимагає застосування двох різців, що ускладнює технологічний процес. Задану шорсткість Ra 12,5 одержувати нескладно. Осьовий отвір Ø25мм не технологічний, тому що його довжина становить $L=260\text{мм}$, а відношення $L/d=260/25=10,4$.

Розточування цього отвору на глибину 60мм до діаметра 40мм при Ra12,5 - технологічно. Подальше розточування на глибину 30мм до діаметра 50мм по 7 квалітету точності вимагає більше точного настроювання інструмента.

Фрезерування сфер Ø51мм розташованих під кутом 60° один відносно одного можна виконати повертанням деталі в ділильному пристосуванні. Застосування додаткових пристосувань здорожує собівартість деталі.

Сфери пов'язані із центральним отвором деталі радіальними отворами Ø5мм. Виконання яких представляє певні труднощі при довжині отвору 60мм необхідно застосувати довгий свердел при обробці на знижених режимах обробки.

Наскрізні отвори з нарізаним трубної різьби на G ½ по зовнішній стороні отвору нетехнологічні, тому що вимагають зміни свердлів двох діаметрів (свердління, розсвердлювання), а також, zenківки та мітчиків. Крім того, отвір, який свердлиться під кутом 30° до осі деталі, вимагає додатковий час на обслуговування верстата пов'язаний з поворотом робочого стола не технологічний.

Кінець шпинделя більшого діаметру має по внутрішньому діаметрі 6 напівциліндричних пазів Ø51мм, одержати які неможливо за допомогою свердління. Для виключення відведення свердла при свердлінні, в заготівлі отвори не висаджують, що знижує коефіцієнт використання металу.

У цілому, незважаючи на гадану простоту конфігурації, при виготовленні припускаються ряд складностей, які все-таки не заважають застосовувати форсовані режими різання.

Універсальний шаровий шпиндель $m=93,5\text{кг}$, виготовляється зі сталі 40ХНМА ДСТУ EN 1025-22008.

Методом одержання вихідної заготовки є вільне кування на молоті: маса заготовки 121,3 кг.

2.4.2 Кількісний аналіз технологічності

					КНУ.КБР.131.25.1-06.АВДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо показники технологічності конструкції:

1. Коефіцієнт уніфікації конструкції розраховується по формулі [3]:

$$K_{y.э.} = \frac{Q_{y.e.}}{Q_e} \quad (2.7)$$

де $Q_{y.e.}$ - кількість уніфікованих елементів; Q_e - кількість елементів деталі;

$$K_{y.e.} = \frac{26}{39} = 0,66$$

За цим показником деталь технологічна, тому що $K_{y.э.} > 0,6$

2. Коефіцієнт використання матеріалу розраховується по формулі [3]:

$$K_{и.м.} = \frac{M_d}{M} \quad (2.8)$$

де M_d – маса деталі; M_z – маса заготовки;

$$K_{вм.} = \frac{93,5}{121,3} = 0,77$$

Для вихідної заготовки цього типу такий показник свідчить про задовільне використання матеріалу.

3. Коефіцієнт точності обробки розраховуємо по формулі: [2.9]

$$K_T = 1 - \frac{1}{A_{сеп}} \quad (2.9)$$

де $A_{ср.}$ - середній квалітет точності:

$$A_{ср.} = (7 \cdot 1 + 8 \cdot 1 + 9 \cdot 15 + 14 \cdot 24) : 39 = 11,7$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{11,7} = 0,91$$

т.к. $K_T > 0,8$; те деталь по цьому показнику технологічна.

4. Коефіцієнт шорсткості поверхні розраховується по формулі 2.10:

$$K_{ш.п.} = \frac{1}{B_{сеп}} \quad (2.10)$$

де $B_{ср}$ – середня шорсткість (R_a)

$$B_{ср} = (1,6 \cdot 17 + 3,2 \cdot 8 + 12,5 \cdot 14) : 39 = 5,8 \text{ мкм}$$

					КНУ.КБР.131.25.1-06.АВДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_M = \frac{1}{5,8} = 0,17$$

Оскільки $K_{ш.п.} < 0,32$ – по цьому показнику деталь технологічна.

Згідно зроблених розрахунків деталь технологічна.

2.5 Визначення типу виробництва

Тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій $K_{зо.}$, що показує відношення всіх різних технологічних операцій, виконуваних або підлягаючому виконанню підрозділом на протязі місяця до числа робочих місць. $K_{зо}$ відбиває періодичність обслуговування робітником усім необхідної інформації, а також постачання робочого місця всіма необхідними елементами виробництва.

Коефіцієнт закріплення операцій	
$K_{з.о.} = \frac{\sum \Pi_{oi}}{\sum P_i}$	
де $\sum \Pi_{oi}$ – сумарне число різних операцій за місяць з розрахунку на одного змінного майстра; $\sum P_i$ – явочне число робітників ділянки, що виконують різні операції при роботі в одну зміну	
$\Pi_{Oi} = \frac{13182 \cdot \eta_H}{T_{шт.к.} \cdot N_M}$	
де η_H – плановий нормативний коефіцієнт завантаження верстата, прийнятий для велико-, середньо- та дрібносерійного виробництва відповідно рівним 0,75; 0,8; 0,9; N_M – місячна програма випуску заданої деталі, шт. $N_M = \frac{N_p}{s \cdot 12}$	
$\Pi_{o1} = \frac{13182 \cdot 0,8}{38,4 \cdot 8,333} = 32,96$	$\sum P_i = P_1 + P_2 + \dots + P_n$ $P_i = 0,96 \cdot \eta_H = 0,96 \cdot 0,8 = 0,768$ $\sum P_i = 5 \cdot 0,768 = 3,84 = 4$
$\Pi_{o2} = \frac{13182 \cdot 0,8}{400 \cdot 8,333} = 3,164$	
$\Pi_{o3} = \frac{13182 \cdot 0,8}{243,6 \cdot 8,333} = 5,195$	
$\Pi_{o4} = \frac{13182 \cdot 0,8}{184,3 \cdot 8,333} = 6,866$	
$\Pi_{o5} = \frac{13182 \cdot 0,8}{98,5 \cdot 8,333} = 12,85$	
$K_{з.о.} = \frac{61,03}{4} = \mathbf{15,26}$	
Виробництво СЕРЕДНЬОСЕРІЙНЕ	

Рисунок 2.2 – Розрахунок типу виробництва за вихідними даними: річна програма $N_p = 2000$ шт.; штучно-калькуляційний час, хв: $T_{шт.-к.1} = 38,4$; $T_{шт.-к.2} = 400$; $T_{шт.-к.3} = 243,6$; $T_{шт.-к.4} = 184,3$; $T_{шт.-к.5} = 98,5$; кількість змін = 20

Оскільки $10 < K_{зо} < 20$, отже виробництво на спроектованій ділянці є середньосерійним.

2.6 Аналіз технологічних процесів базового заводу

2.6.1 Маршрутний процес базового заводу по обробці універсального шарового шпинделя

					КНУ.КБР.131.25.1-06.АВДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Заводський маршрут являє собою одиничне виробництво універсальних шарових шпинделів обумовлений виробничими можливостями заводу. Устаткування ручного керування розташовано не за маршрутом обробки, а по групах верстатів, що представляє незручність у виробництві універсальних шарових шпинделів і відбивається на транспортних витратах, тому що доводиться транспортувати деталі нераціонально не продуктивно витрачаючи час при транспортуванні, а також під час між операційні перевезення.

Заготовки універсальних шарових шпинделів, отримані з прокату малопродуктивні, мають реальні припуски більше розрахункових, що ускладнює процес різання й збільшує машинний час.

Послідовність операцій заводського маршруту обробки деталі приводимо в таблиці 2.4. Послідовність операцій установлена правильно для досягнення заданої точності обробки.

Таблиця 2.4 - Заводський технологічний процес

№ операції	№ переходів	Найменування операції й зміст переходів	Устаткування
1	2	3	4
005		Заготовча	
010	A 1 2	Фрезерно-центрувальна Установити, закріпити, зняти Фрезерувати торці в розмір 1270мм Ra12,5 Центрувати із двох сторін отвір А 6,3мм	Горизонтально-фрезерний MP75M
015	A 1	Токарна Установити в центрах, закріпити в кулачковий патрон Точити з переустановкою всі зовнішні поверхні згідно креслення	Токарний 1M553
020	A 1	Фрезерна Установити, вивірити, закріпити Фрезерувати послідовно 6 лунок Ø51	Фрезерний 2A637Ф1

Продовження таблиці 2.4

№ операції	№ переходів	Найменування операції й зміст переходів	Устаткування
1	2	3	4
030	A 1	Горизонтально -розточна Установити в патроні й люнеті Свердлити отвір Ø 25мм на L=260мм	Горизонтально-розточний 2636Ф1

					КНУ.КБР.131.25.1-06.АВДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

	2 3 4 5	Розточити до 40мм на L=60мм Розточити Ø 50мм на L=30мм Зачистити Ø50мм на L=30мм Ra1,6 Зняти фаску з торця, починаючи з Ø100мм на вихід під кутом 10° до торця шпинделю	
040	A 1 2 3 4 5	Радіально- свердлильна Установити, закріпити, зняти Свердлити 2 отвору Ø 10мм Розсверлити Ø 10мм до Ø 18,5мм на L=30мм Свердлити 6 отворів Ø 14,5мм на L=30мм Свердлити 6 отворів Ø 50мм на L=195мм Свердлити осьовий отвір Ø 60мм на L=215мм	Радіально- свердлильний 2636Ф1
045	A 1 2	Слюсарна Установити, зняти Нарізати різьблення в 6 отворах M16 Нарізати різьблення в 2 отворах G	Верстак
055	1	Термічна Розжарювати напівциліндричні пази Ø 51, сферичну головку Ø 158d9, HRC 50- 55	
060	A 1	Слюсарна Установити, зняти Зачистити 6 лунок, сферичну головку, внутрішню частину порожнього шпинделю шліфованою шкуркою до шорсткості Ra1,6	Верстак слюсарний

Висновок проаналізувавши типовий технологічний процес приходимо до висновку, що для забезпечення процесу необхідно застосувати верстати з ЧПК, що скоротить штучно калькуляційний час та підвищить точність обробки.

					КНУ.КБР.131.25.1-06.АВДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ШПИНДЕЛЮ

3.1 Вибір заготовки

1. Розміри обробленої заготовки деталі шпиндель на молотах наведені на рисунку 3.1.

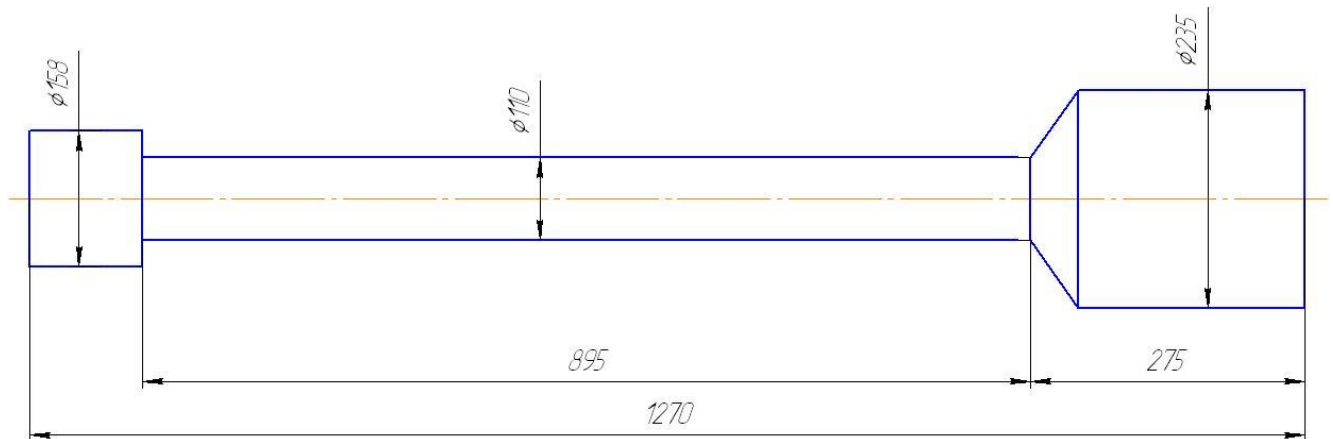


Рисунок 3.1 - Ескіз деталі

2. Призначення основних і додаткових припусків і граничних відхилень виконую, користуючись *ДСТУ EN 10250-2:2022 Поковки сталеві ковані для машинобудування загальної призначеності*. Дані заносу в таблицю 3.1

Таблиця 3.1 - Основні й додаткові припуски

№ з/п	Номінальний розмір деталі	Припуск	Граничні відхилення	Допуск, припуск	Розмір деталі
1	Ø235	15	±4	-	Ø250±4
2	Ø110	12	±4	+7	Ø122±4
3	Ø158	13	±4	+4	Ø171±4
4	1270	+38	±10	-	1308±10
5	875	-23	±6	-	852±6
6	275	+30	±8	-	305±8

Поковка із призначеними на неї основними припусками й граничними відхиленнями наведені на рисунку 3.2

					КНУ.КБР.131.25.1-06.РТПВШ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Генула				Розробка технологічного процесу виготовлення шпинделю	Лім.	Арк.
Перевір.	Пивінла						Аркушів
Реценз.							
Н. Контр.	Нечасв					Кафедра ТМ, гр. ПМ-21	
Зав. каф.	Рязанцев						

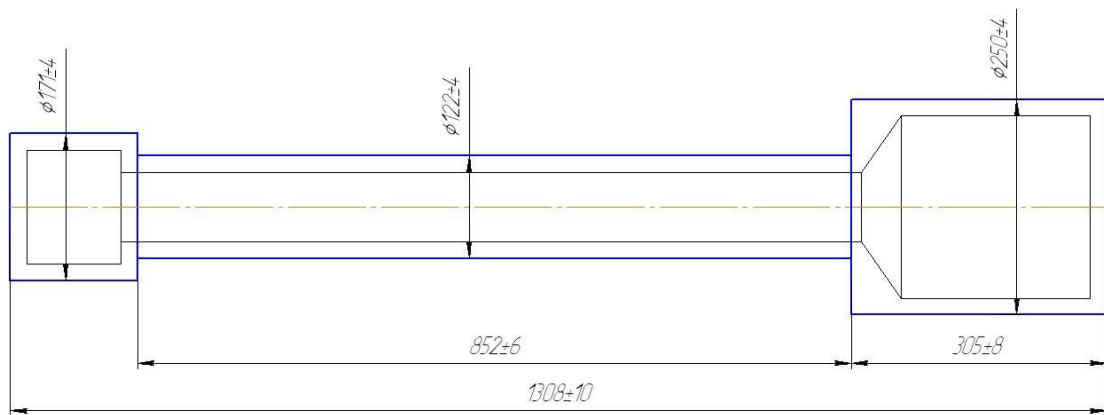


Рисунок 3.2- Проміжний ескіз поковки

3.Додатковий припуск на неспіввісність призначаємо попередньо на всі діаметри поковки крім найбільшого $\phi 250$ [5, табл 3.1, рис 3.2].

4.Визначаємо основний перетин, для чого розраховую площі поздовжніх перетинів щаблів (рис 3.2):

$$F_1 = D1_{\max}^2$$

$$F_2 = D_2 \cdot l_2 = 122 \cdot 852 = 103944 \text{ мм}^2$$

$$F_3 = D_3 \cdot l_3 = 171 \cdot (1308 \cdot 852 \cdot 305) = 25821 \text{ мм}^2$$

Т.к. площа перетину тільки одна є більше площі поздовжнього перетину найбільшого діаметра - порівнювати не із чим:

F_2 – основний перетин заготовки.

У зв'язку з тим, що за основний перетин прийнятий уступ, додатковий припуск - 7мм призначається на $\phi 250$ мм.

Поковку із призначеними на неї основними й додатковими припусками привожу на рис 2.3

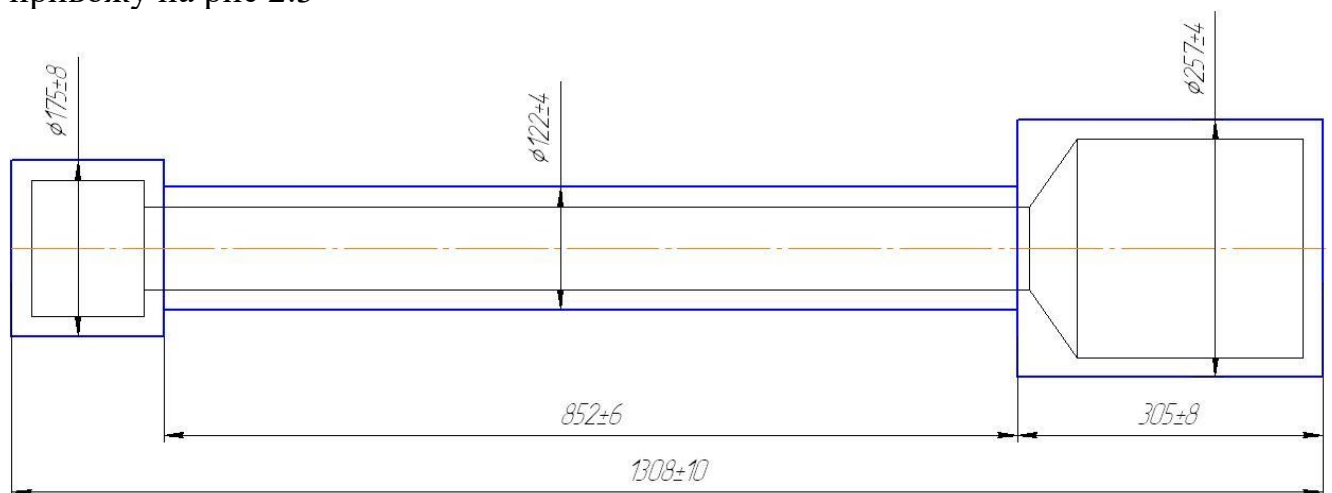


Рисунок 3.3 -Остаточний ескіз поковки

					КНУ.КБР.131.25.1-06.РТПВШ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Перевіримо можливість виконання уступів по висоті: приймаю – поковка буде виготовлятися на молоті, що має бойок шириною $B_6=300\text{мм}$

а) проміжний уступ $\varnothing 122\text{мм}$ і $L 852\text{мм}$, виконуємо тому що висота уступу

$$h'=0,5\cdot(157-122)=17,5\text{ мм}$$

більш мінімально - припустимих 4мм .

б) другий припуск

$$h''=0,5\cdot(257-122)=67,5\text{ мм}$$

також виконуємо, тому що висота його уступу більше мінімально - припустимої - 5мм .

6. Перевіримо можливість виконання фланців:

$$L_1=151; h_1=(175-122)\cdot 0,5=11,5\text{мм}; 0,2D_1=55$$

$$1,2h_1 < L < 0,2D_1 \text{ – виконаємо}$$

$$L_2=305\text{мм}; 1,2h_2=(257-122)/2=81\text{мм}$$

$$0,2D_2=51,4\text{мм}; 1,2h_2 < L_2 < 0,2D_2 \text{ – виконаємо}$$

7. Перевіряємо можливість виконання виїмки, тому що поковка буде виготовлятися на молоті, який має ширину бойка 300мм ,

$$L_{\min}=0,5\cdot D_6=0,5\cdot 300=150\text{мм}$$

$$D_{\min} = D_3 \sqrt{\frac{L_{\min}}{L}} \quad (3.1)$$

$$D_{\min} = 175 \sqrt{\frac{150}{852}} = 175 \cdot 0,4 = 73$$

Виїмка здійсненна.

Остаточні розміри поковки з нанесенням на неї основними й додатковими припусками після перевірки можливість виконання уступу фланців до виїмки наведений на кресленні.

Розрахункова маса заготовки дорівнює $121,3\text{кг}$.

3.2 Вибір конструкторських, технологічних і вимірювальних баз

					КНУ.КБР.131.25.1-06.РТПВШ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Шпиндель - деталь циліндрична, оскільки її довжина більше діаметра, утворена шляхом обертання радіуса навколо осі, тому вісь є подвійною прямою базою.

При виконанні першої операції механічної обробки фрезерно-центрувальної, деталь установлюється в призми. Надалі шпиндель установлюється в патрон за підтримкою упорного центра або люнета.

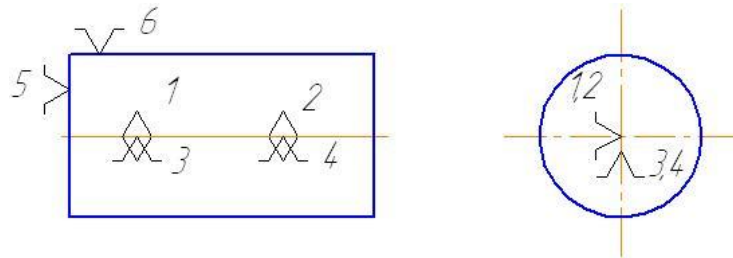


Рисунок 3.4 - Теоретична схема базування

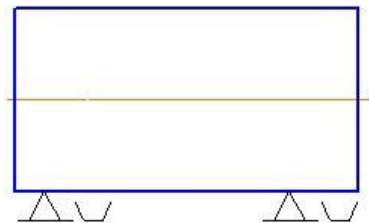


Рисунок 3.5 - Схема установки в призмах при фрезеруванні торців і закріпленні центрових отворів

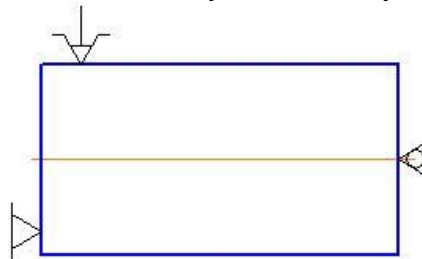


Рисунок 3.6 - Схема закріплення в трьохкулачковому патроні з обертовим заднім центром з упором у торець

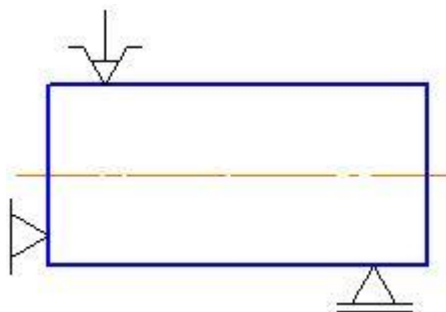


Рисунок 3.7 - Схема закріплення в трьохкулачковому патроні з механічним пристроєм затискача кулачків, упором у торець і із кріпленням у рухливий люнет

					КНУ.КБР.131.25.1-06.РТПВШ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

Користуючись таблицею стандартних переходів механічної обробки (послідовність обробок для досягнення необхідної точності й шорсткості); [10]

Таблиця 3.2 - Послідовність обробки шпинделя

Номер поверхні і її розмір	Найменування переходу	Квалітет, IT	Шорсткість, Ra	Допуск, T (мкм)	Припуск, 2t (мкм)	Міжопераційний розмір, (мм)
1	2	3	4	5	6	7
1;5 L1270	1.Заготовка	17	50	-	14,5	1305
	2.Чорнове фрезерування	14	12,5	720	14,5	1276
2 Ø 235	1.Заготовка	17	50	-	10,71	239,29
	2.Чорнове точіння	14	12,5	720	4,29	235
3 Ø 110	1.Заготовка	17	50	-	6	122
	2.Чорнове точіння	14	12,5	720	6	110
4 Ø 158d9	1.заготовка	17	50	-	5,775	166,225
	2.Чорнове точіння	14	12,5	720	3,4	160,825
	3.Напівчистове точіння	12	6,3	290	2,6	159,225
	4.Чистове точіння	10	3,2	182	0,9	158,325
	5.Шліфування	9	1,6	115	0,52	157,805
5 Ø 25	1.Сверлення	12	12,5	210	0,52	25,52
6 Ø 40	1.Розсверлення	12	12,5	250	0,62	40,62
7 Ø 50H7	1.Чорнове розточування	12	12,5	250	6,415	51,715
	2.Чистове розточування	9	6,3	100	1,3	50,415
	3.Тонке розточування	7	1,6	25	0,39	50,025
8 Фаска 80°	1Чорнове точіння	12	12,5	1150		
9 Фаска 2x45°	1.Чорнове точіння	12	12,5	460		
10 Ø 14,5	1.Свердління	12	12,5	180	0,52	14,52
	2.Нарізування різьби	9	3,2	100		
11 Ø 51	1.Свердління	12	12,5	250	0,52	50,52
	2.Розточування	9	3,2	120	0,58	51,1

Продовження таблиці 3.2

					КНУ.КБР.131.25.1-06.РТПВШ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Номер поверхні і її розмір	Найменування переходу	Ква літе т, IT	Шор сткіс ть, Ra	Допу ск, Т (мкм)	Прип уск, 2t (мкм)	Міжопера ційний розмір, (мм)
1	2	3	4	5	6	7
12 Ø 158H8	1.Свердління 2.Чорнове розточування 3.Чистове розточування 4.Тонке розточування	12 11 9 8	6,3 3,2 1,6	250 72 63	1,8 1,32 0,8	50 150,22 156,463 158,063
13 Ø 51	1.Фрезерування шести лунок	8	3,2	63	0,25	81,05
14 Ø5	1.Свердління	11	6,3	75	0,3	5,3
15 G1/2	1.Свердління Ø10 2.Розсвердлювання Ø 18,5 3.Нарізування різьбиG1/2	12 12 9	12,5 12,5 3,2	120 180 180	0,36 0,25	10,36 18,75
16 G1/2	1.Свердління Ø 10 2.Розсверлювання Ø 18,5 3.Нарізування різьби G1/2	12 12 9	12,5 12,5 3,2	120 180	0,36 0,25	10,36 18,75

3.4 Розробка маршрутно-операційної технології обробки деталі

Таблиця 3.3 - Маршрут обробки шпинделя

№ опера ції	Найменування операції	№ оброблюваної поверхні	№ базової поверхні	Модель верстата
005	Заготівельна			
010	Фрезерно- центрувальна	1,5	1;1а;2; 3;5;5а	SYIL X9
015	Токарна	16;15; 14; 13;4;3,2;1	1;1а;2; 3;5;5а	MAST ML SH8
020	Фрезерна	1;3;4;5;6;7;8;10;11;12	2;5;5а;1а;4; 3;5;4	SYIL X9
025	Контрольна			
030	Свердлильна	5,6,7,8,4	2;5;5а;1а;4; 3;5;4	Cormak WK50

Продовження таблиці 3.3

					КНУ.КБР.131.25.1-06.РТПВШ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

№ операції	Найменування операції	№ оброблюваної поверхні	№ базової поверхні	Модель верстата
035	Фрезерна	16,15	2;5;5a;1a;4;3;5;4	Zenitech VMC1000
040	Розточувальна	11,10	1;1a;2;3;5;5a	Fermat WFT 13
045	Токарна	12	1;1a;2;3;5;5a	JET GH-2040ZH DRO
050	Термічна			
055	Круглошліфувальна	4,13	1a;5a	Bernardo URS 800 N
060	Внутрішшліфувальна	12,11	1a;5a	Poleks KT 1600

Всі дані зводимо в таблицю 3.6

Таблиця 3.4 - Розробка технологічних операцій для шпинделя

№ опер. і перех.	1.Найменування операції 2.Верстат 3.Зміст переходів технологічних операцій	Верстатне пристосування	Інструмент
1	2	3	4
005	Заготівельна		
010 1 2	1.Фрезерно-центрувальна 2. Фрезерно-центрувальний верстат SYIL X9 3.Фрезерувати торці в розмір L=1270мм Центрувати із двох сторін отвір Ø 20мм, Ø 16мм за ДСТУ ISO 2540:2018	Призми, упор	Каталог: SECO 2020 Фреза торцева SECO R220.53 -8315-09-18C Пластини: SEEX 09T3AFN-M05 Свердло центрувальне: SD203-20.0-49-20R

Продовження таблиці 3.4

					КНУ.КБР.131.25.1-06.РТПВШ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1	2	3	4
015 1 перехід	1.Токарна зі ЧПУ 2. Токарний верстат MAST ML SH8 3.Точити з переустановкою всі зовнішні поверхні начорно із двох установов	Трьохкулачковий патрон	Різець прохідний Державка: DCBNR3232P19-M Пластина: CNMM 190612-57 Різець підрізний Державка: Державка: DCBNR3232P19-M Пластина: CNMM 190612-57
2 перехід	Свердлити отвір Ø 25мм на L=250мм; Розсвердлити отвір Ø 25мм до Ø 40мм на L=30мм; Розточити Ø 50H7 Зняти фаску 2x45°; Зняти фаску 10° з торця, починаючи з Ø100мм до Ø158мм; Точити начисто Ø 158мм.		Каталог SECO: Свердло Ø 25: SD107-25.00-175-25R7 Свердел Ø 40: SD502-40-80-40R7 Центральна пластина: SPGX 12T3-C1 Периферійна пластина: SCGX 120408 Різець розточувальної: Державка: S25R-CCLNR09 Пластина: CNGN 090304S-01020 Різець прохідний: Державка: DCBNR3232P19-M Пластина: CNMM 190612-57 Різець підрізний: Державка: PSSNR 3225P12 Пластина: SNMG 120408-M5
020	1. Фрезерна 2. Фрезерний верстат SYIL X9 3.Фрезерувати послідовно 6 лунок Ø51 ^{+0,1} мм	УСП Ділильна головка	Фреза фасонна дискова Dф-64
025	Контрольна		

Продовження таблиці 3.4

					КНУ.КБР.131.25.1-06.РТПВШ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1	2	3	4
030	1.Свердлильна 2. Свердлильний верстат Cormak WK50 Свердлити 6 отворів Ø 5		За каталогом SECO: Свердло Ø 5 SD203-5.0-20-6R1
035 1 2 3	1.Фрезерна 2.Вертикально-фрезерний верстат Zenitech VMC1000 3.Свердлити 2отв. Ø 10мм (в одному випадку на вихід в іншому на L=45мм); Розсвердлити 2отв. до Ø 18,5мм на глибину L=30мм; Зенкерувати фаски двох отворів 1,6x45°		За каталогом SECO: Свердло Ø 10 SD205A-10.0-48-10R1 Свердло Ø 18 SD203-18.0-41-18R1 Зенкер Ø 25 ДСТУ ГОСТ 14953-80
040 1 2 3	1. Розточувальна 2. Горизонтально- розточувальний верстат Fermat WFT 3.Свердлити 7отв. Ø 50мм на L=195мм; Свердлити 6отв. Ø 14,5мм на L=35мм;	Люнет	За каталогом SECO: Свердло Ø 50: SD503-31.5-200-32R7- SP11 Свердло Ø 14,5: SD203-14.5-38-16R Державка: S32S-CCLNR09 Пластина: CNGN 090304S-01020 Різець розточувальний Державка: S32S-CCLNR09 Пластина: CNGN 090304S-01020
4	4. Зенкерувати фаску 1,66x45° в ботв.; 5. Розточити ботв. Ø 50мм до Ø 158мм 6. Розточити тонко до 158H8		Зенкер ДСТУ ГОСТ 14953-80
045	1. Токарна 2. Токарно-гвинторізний JET GH-2040ZH DRO 3.Розточити отв. осьове Ø 50мм до Ø 158мм на L=215мм	Трьохкулач ко-вий патрон	За каталогом SECO: Різець розточувальний Державка: S32S-CCLNR09 Пластина: CNGN 090304S-01020
050	Термічна		

Продовження таблиці 3.4

					КНУ.КБР.131.25.1-06.РТПВШ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

055	зняти Слюсарна порожнина $\varnothing 51\text{мм}$ і напівциліндричні пази $\varnothing 51\text{мм}$		
060	1.Круглошліфувальна 2.Круглошліфувальний Bernardo URS 800 N 3.Шліфувати сферичну головку $\varnothing 158\text{d}9$, сферичні лунки $\varnothing 51\text{мм}$,	Верстатне пристосування	Коло ПП 300*20*51 А 50СМ210 ДСТУ ISO 603- 4:2019
065	1.Внутрішшліфувальна 2. Внутрішшліфувальний Poleks KT 1600 3.Шліфувати порожнина $\varnothing 51\text{мм}$ і напівциліндричні пази $\varnothing 51\text{мм}$	Верстатне пристосування	Коло ППА300 НСТ195x138x16x8

По даним з таблиці 3.4 підбираємо інструмент:

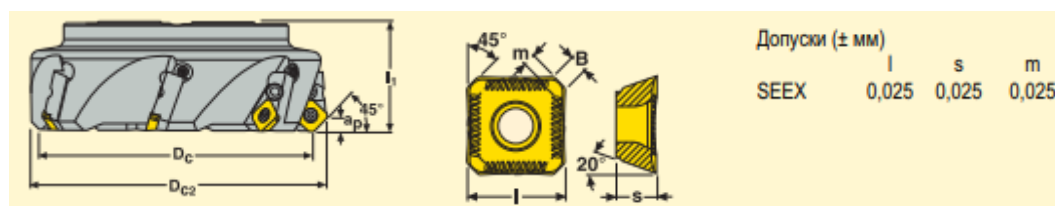


Рисунок 3.8 – Торцева фреза для операції 010, R220.53-8315-09-18С, Розміри: $D_c=315$; $D_{c2}=325$; $l_1=80$; $a_p=4,5$; Кількість пластин: 18; швидкість: 3700 об/хв; матеріал пластини: МР3000; Пластина: SEEX 09Т3AFN-M05; матеріал: МР3000, Розміри: $B=1,5$; передній кут= 0° , $l=9,525$; $s=3,97$

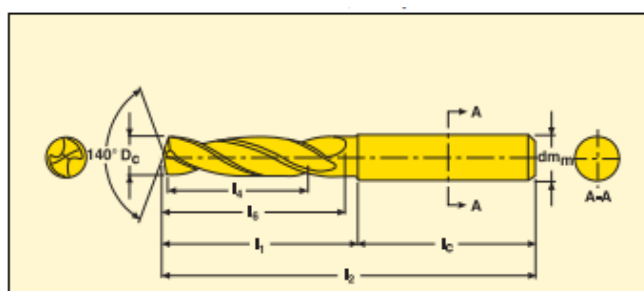


Рисунок 3.10 – Свердло для операції 010: SD203-20.0-49-20R; Розміри(мм): $D_c=20,0$; Макс. глибина свердління= 49 мм; $l_2=131$; $l_1=81$; $l_c=50$; $l_6=79$; $dm_h6=20$

					КНУ.КБР.131.25.1-06.РТПВШ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

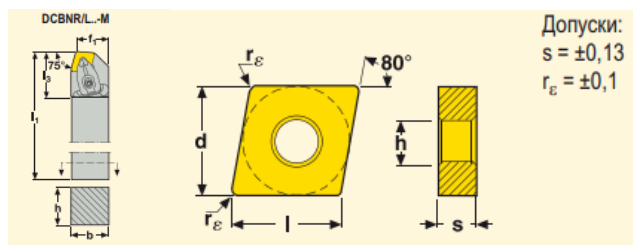


Рисунок 3.11 - Різець прохідний для операції 015: Державка : DCBNR3232P19-M Розміри: $h=32$; $b=32$; $l_1=170$; $f_1=27$; $l_3=41$; Пластина: CNMM 190612-57; матеріал: TP1500; Розміри (мм): $d=19,05$; $l=19,3$; $s=6,35$; $h=7,92$; $r_e=0,8-2,4$



Рисунок 3.13 – Свердло для операції 015 2 перехід: SD107-25.00-175-25R7; Розміри (мм): $D_c=25$; $l_4=175$; $l_2=264,5$; $l_{1s}=208,5$; $l_c=56,0$; $l_{3s}=188,5$; $D_{cby}=23,5$; $dm_m=25,0$; $D_{5m}=31$



Рисунок 3.14 - свердло для операції 015 2 перехід: SD502-40-80-40R7 Розміри (мм): $D_c=40$; $l_4=80$; $l_2=178$; $l_{1s}=110$; $l_c=68$; $l_{3s}=85$; $dm_m=40$; $D_{5m}=50$; Центральна пластина: SPGX 12T3-C1 Периферійна пластина: SCGX 120408

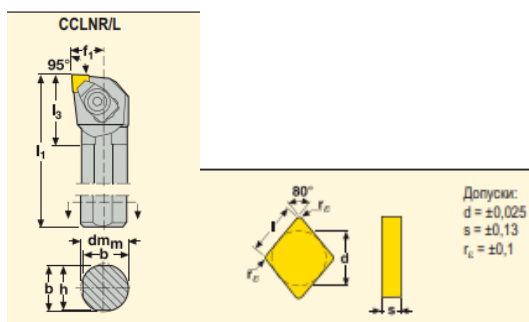


Рисунок 3.14 - Різець розточувальний для операції 015 2 перехід, державка: S25R-CCLNR09; Розміри (мм): $dm_m=20$; $h=18$; $b=19$; $l_1=200$; $f_1=13$; $l_3=30$; $D_{m\min}=25$; Пластина: CNGN 090304S-01020; Матеріал: CBN100; Розміри (мм): $d=9,25$; $l=9,7$; $s=3,18$; $r_e=0,4-1,2$

					КНУ.КБР.131.25.1-06.РТПВШ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

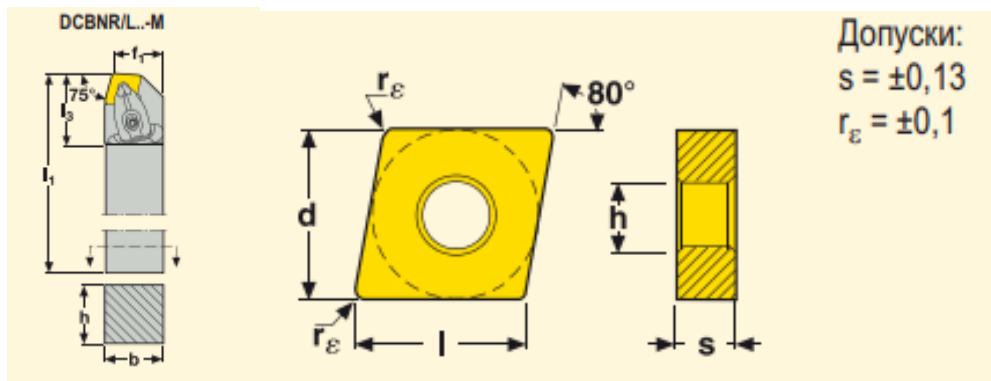


Рисунок 3.15 – Різець прохідний для операції 015 2 перехід: Державка: DCBNR3232P19-M; Розміри (мм): $h=32$; $b=32$; $l_1=170$; $f_1=27$; $l_3=41$; Пластина: CNMM 190612-57; Матеріал: TP1500; Розміри (мм): $d=19,05$; $l=19,3$; $s=6,35$; $h=7,92$; $r_\varepsilon=0,8-2,4$

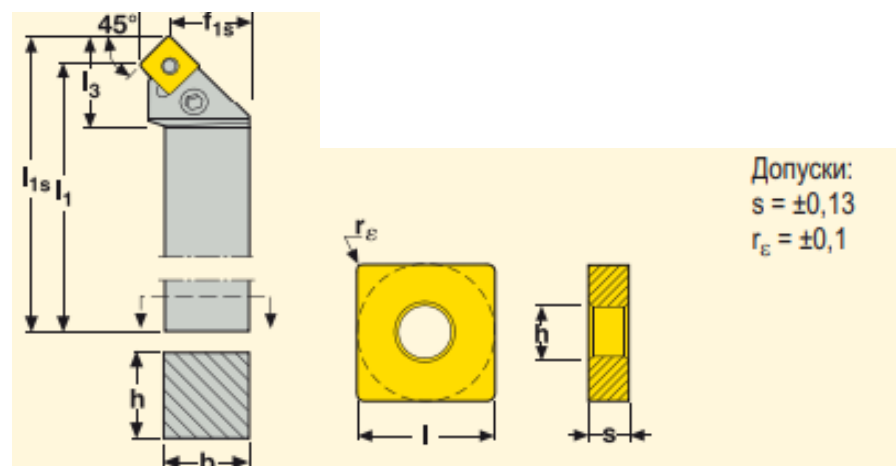


Рисунок 3.16 – Різець підрізний для операції 015 2 перехід: державка: PSSNR 3225P12; Розміри (мм): $h=32$; $b=25$; $l_1=170$; $l_{1s}=178,3$; $f_1=32$; $f_{1s}=23,7$; $l_3=29$; Пластина: SNMG 120408-M5; Матеріал: TP1500; Розміри (мм): $l=12,7$; $s=4,76$; $h=5,15$; $r_\varepsilon=0,4-1,6$

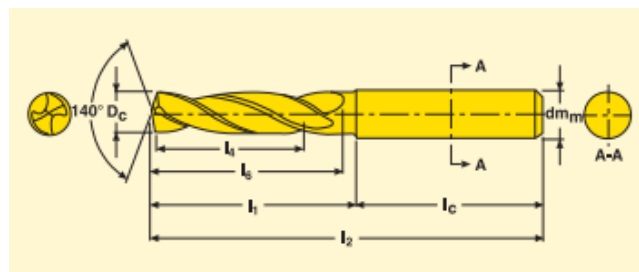


Рисунок 3.17 – Свердло для операції 030: SD203-5.0-20-6R1; Розміри (мм): $D_c=5$; Макс. глибина свердління= 20 мм; $l_2=66$; $l_1=30$; $l_c=36$; $l_6=28$; $dm_{h6}= 6$

					КНУ.КБР.131.25.1-06.РТПВШ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

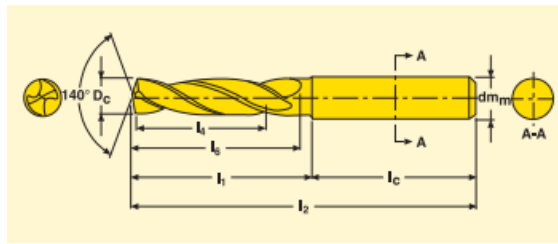


Рисунок 3.18 – свердло для операції 035: SD205A-10.0-48-10R1; Розміри (мм): $D_c=10$; Макс. глибина свердління= 45 мм; $l_2=103$; $l_1=63$; $l_c=40$; $l_6=40$; $dm_{h6}=10$

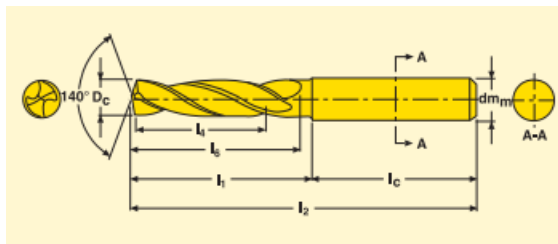


Рисунок 3.19 – Свердло для операції 035: SD203-18.0-41-18R1
Розміри (мм): $D_c=18$; Макс. глибина свердління= 41 мм; $l_2=123$; $l_1=75$; $l_c=48$;
 $l_6=73$; $dm_{h6}=18$

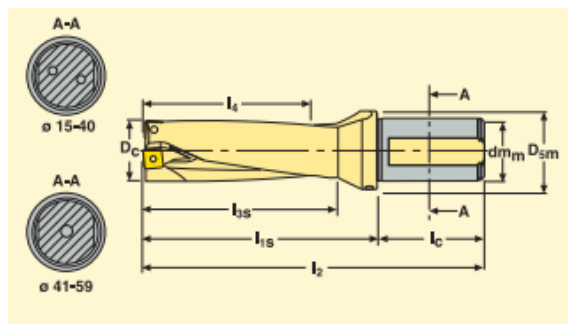


Рисунок 3.20 – Свердло для операції 040: SD503-31.5-200-32R7-SP11;
Розміри (мм): $D_c=50$; Макс. глибина свердління= 200 мм; $l_2=400$; $l_{1s}=325$;
 $l_{3s}=210$; $l_6=32$; $dm_{h6}=42$

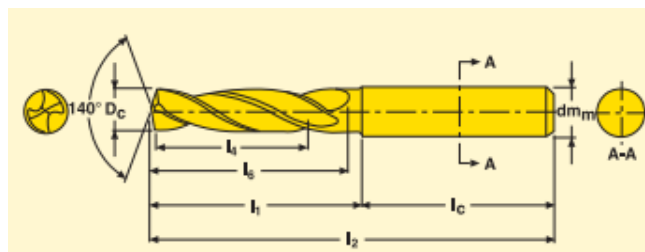


Рисунок 3.21 – Свердло для операції 040: SD203-14.5-38-16R; Розміри (мм)
 $D_c=14,5$; Макс. глибина свердління= 38 мм; $l_2=115$; $l_1=67$; $l_c=48$; $l_6=65$; $dm_{h6}=16$

					КНУ.КБР.131.25.1-06.РТПВШ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

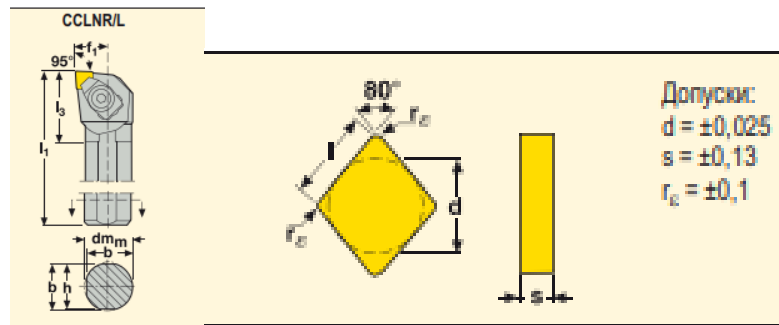


Рисунок 3.22 – Різець розточувальний для операції 045: Державка: S32S-CCLNR09; Розміри (мм): $d_{mm}=32$; $h=30$; $b=31$; $l_1=250$; $f_1=22$; $l_3=44$; $D_{min}=40$; Пластина: CNGN 090304S-01020; Матеріал: CBN100; Розміри (мм): $d=9,25$; $l=9,7$; $s=3,18$; $r_e=0,4-1,2$

3.7 Розрахунок між операційних лінійних розмірів

Для ефективного рішення цього забезпечення мінімальних припусків і максимально можливих допусків на обробку використовується розмірний аналіз конструкції й технологічних процесів.

Таблиця 3.5 - Операційні розміри

№ пов-ні	Номінальний розмір	Найменування переходу	Квалітет, IT	Допуск, Т	Припуск, t	Zi
11	Лівий головний торець 220	1.Заготівля 2.Чорнове підрізання 3.Чистове підрізання	15 12 11	1150 460 290	- 2,0 1,0	- 31 Z2
1	Правий головний торець	1.Заготівля 2.Чорнове точіння 3.Чистове точіння	15 12 11	1150 460 290	- 3,0 1,0	- 33 Z9
21	Лінійний розмір 65	1.Заготівля 2.Чорнове точіння	15 12	740 300	- 0,19	- S3
8	Лінійний розмір 20	1.Заготівля 2.Чорнове точіння	15 12	330 210	- 0,66	Z7 S4
2	Лінійний розмір 135	1.Заготівля 2.Чорнове точіння	15 12	1000 400	- 1,0	S Z7

Максимальний припуск на операцію визначається з умов:

$$ZB_k^i = TB_k^i + ZB_k^i + TB_k^i$$

Результати розмірного аналізу технологічного процесу виготовлення шпинделя наведені в таблиці 3.6.

					КНУ.КБР.131.25.1-06.РТПВШ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.6 – Розрахунок розмірних ланцюгів

№/п розмір	Вихідні дані	Розрахунок номінальних значень	Міжопераційні розміри з відхиленнями	Уточнене значення припуску
1	$S_6=20-0,21$	$A_2=S_6=20$	$A_2=20-0,21(IT10)$	$A_2=S_6=20-0,21$
2	$S_6=20-0,21$	$A_1=S_5-S_6=65-20=45$	$S_5=45^{+0,21}_{-0,15}$ (IT11)	$A_1=S_5-S_6=65-0,35-20-0,21=45^{+0,21}_{-0,15}$
3	$Z_6=0,3$ $S_5=45$	$Z_6=S_3-S_5=0,3+45=45,3$	$Z_5=0,19^{+0,35}_{-0,11}$ (IT11) $S_3=45^{+0,19}_{-0,11}$ (IT11)	$Z_6=S_3-S_5=45,19-0,3-45^{+0,21}_{-0,15}=0,19^{+0,33}_{-0,11}$ $S_3=S_5+Z_6=45^{+0,21}_{-0,15}+0,3=45^{+0,19}_{-0,11}$
4	$Z_5=0,1$ $S_4=20,85$	$Z_5=S_4+S_5-S_6+S_3=S_4=20+45-45+0,1=20,1$	$Z_5=0,66^{+0,3}_{-0,56}$ (IT11) $S_4=20^{+0,85}_{-0,64}$ (IT11)	$Z_5=S_4+S_5-S_6+S_3=S_4=20+45,49-44,65+0,1=20,64$ $S_4=20,64+0,21=20,85$ $Z_5=20,85-0,21+45^{+0,21}_{-0,35}-45,19-0,3-20-0,22=0,66^{+0,3}_{-0,56}$
5	$S_2=220-0,46$	$A_3=S_2=220$	$A_3=220-0,46(IT11)$	$A_3=S_2=220-0,46$
6	$Z_4=0,4$ $S_1=24,74$	$Z_4=S_3-S_1-S_4=45,19-20,85-0,4=23,94$	$Z_4=0,15-0,16(IT10)$ $S_1=24^{+0,19}_{-0,16}$ (IT11)	$Z_4=S_3-S_1-S_4$; $S_1=S_3-S_4$ $Z_4=45,19-20,85-0,4=23,94+0,25=24,19-0,25$ $Z_4=45,19-0,3-24,19-0,25=0,15-0,16$
7	$Z_7=0,4$ $S_2=24,1$	$Z_7=S_1+32-S_3=45,19+0,4-24,19=21,4$	$Z_7=3^{+0,1}_{-0,75}$ (IT11) $S_2=24,1^{+0,1}_{-0,8}$ (IT11)	$Z_7=S_1+32-S_3$; $S_3=S_3+Z_7$ $S_1=45,19+0,4-24,19=21,4+2,7=24,1-0,9$
8	$Z_9=0,4$ $S_3=198$	$Z_9=S_9+33-S_2=230+0,4-24,19=196,21$	$Z_9=3^{+0,4}_{-0,39}$ (IT11) $S_3=199^{+0,21}_{-1}$ (IT11)	$Z_9=S_9+33-S_2$; $S_3=220-0,46+0,4-24,19-0,25=196,21-0,21+3=199,21-1$ $Z_9=24,19+199,21-1-220-0,46=3,4-0,79$
9	$Z_2=0,4$ $S_1=25,59$	$Z_2=31-S_1=24,19+0,4=24,59$	$Z_2=2^{+0,9}_{-0,33}$ (IT11) $S_1=27^{+0,04}_{-0,71}$ (IT10)	$Z_2=31-S_1$; $S_1=24,19+0,4=24,59+2,5=27,09-0,8$ $Z_2=27,09-0,8-24,19-0,25=2,9-0,55$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 3.7

					КНУ.КБР.131.25.1-06.РТПВШ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.7 - Операційні припуски на універсальний шаровий шпиндель

Перевірка $Td_3 - Td = 620 - 25 = 595 \text{ мкм}$

Технологічні переходи обробки $\varnothing 50 \text{ H7}$	Елементи припуску; мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$, мкм	Розрахунковий мінімальний розмір d_p , мм	Допуск на виготовлення	Прийняті розміри по переходах, мм		Отримані граничні припуски, мм	
	Rz	h	Δ	ϵ				$d_{\max}$	$d_{\min}$	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
Заготовка	300	300	-	-	1216	49,65	400	49,3	49,7	-	-
Чорнове розточування	50	50	0,4	127	200,8	49,85	160	49,69	49,85	150	390
Чистове розточування	30	30	0,32	6	120,64	49,97	62	49,9	49,97	120	210
Тонке розточування	10	20	-	6	60	50,025	25	50	50,03	60	100

 $Td_3 - Td = Z_{0\min} - Z_{0\max}$ $Z_{0\min} - Z_{0\max} = 1610 - 1015 = 595 \text{ мкм}$

Таблиця 3.8 – Призначення між операційних розмірів

№ п/п	Найменування переходу	Шорсткість, R_a	Допуск, T_d	ІТ	Припуск, t	міжопераційні розміри
220h11 _{-0,27}	1.Заготовка	15	1150	-	-	$223 \pm 0,8$
	2.Чорнове точіння	12	460	12	$2^{+0,9}_{-0,39}$	$221 - 0,46$
	3.Чистове точіння	11	290	11	$1^{+0,09}_{-0,71}$	$220 - 0,29$
220h11 _{-0,29}	1.Заготовка	15	1150	-	-	$224 \pm 0,8$
	2.Чорнове точіння	12	460	12	$3^{+0,4}_{-0,39}$	$221 - 0,46$
	3.Чистове точіння	11	290	11	$1^{+0,21}_{-0,6}$	$220 - 0,29$

Продовження таблиці 3.8

					КНУ.КБР.131.25.1-06.РТПВШ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

№ п/п	Найменування переходу	Шорсткість, Ra	Допуск, Td	IT	Припуск, t	міжопераційні розміри
64h11 _{-0,3}	1.Заготовка	15	740	-	-	66,5±0,38
	2.Чорнове точіння	12	300	11	1,5 ^{+0,21} _{-0,15}	65±0,15
20h10 _{-0,21}	1.Заготовка	15	330	-	-	21,5-0,33
	2.Чорнове точіння	10	210	10	1,5 ^{+0,19} _{-0,11}	20-,21
135h11 _{±0,2}	1.Заготовка	15	1000	-	-	136,5±0,5
	2.Чорнове точіння	11	400	11	1,5 ^{+0,1} _{-0,75}	135±0,2

					КНУ.КБР.131.25.1-06.РТПВШ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

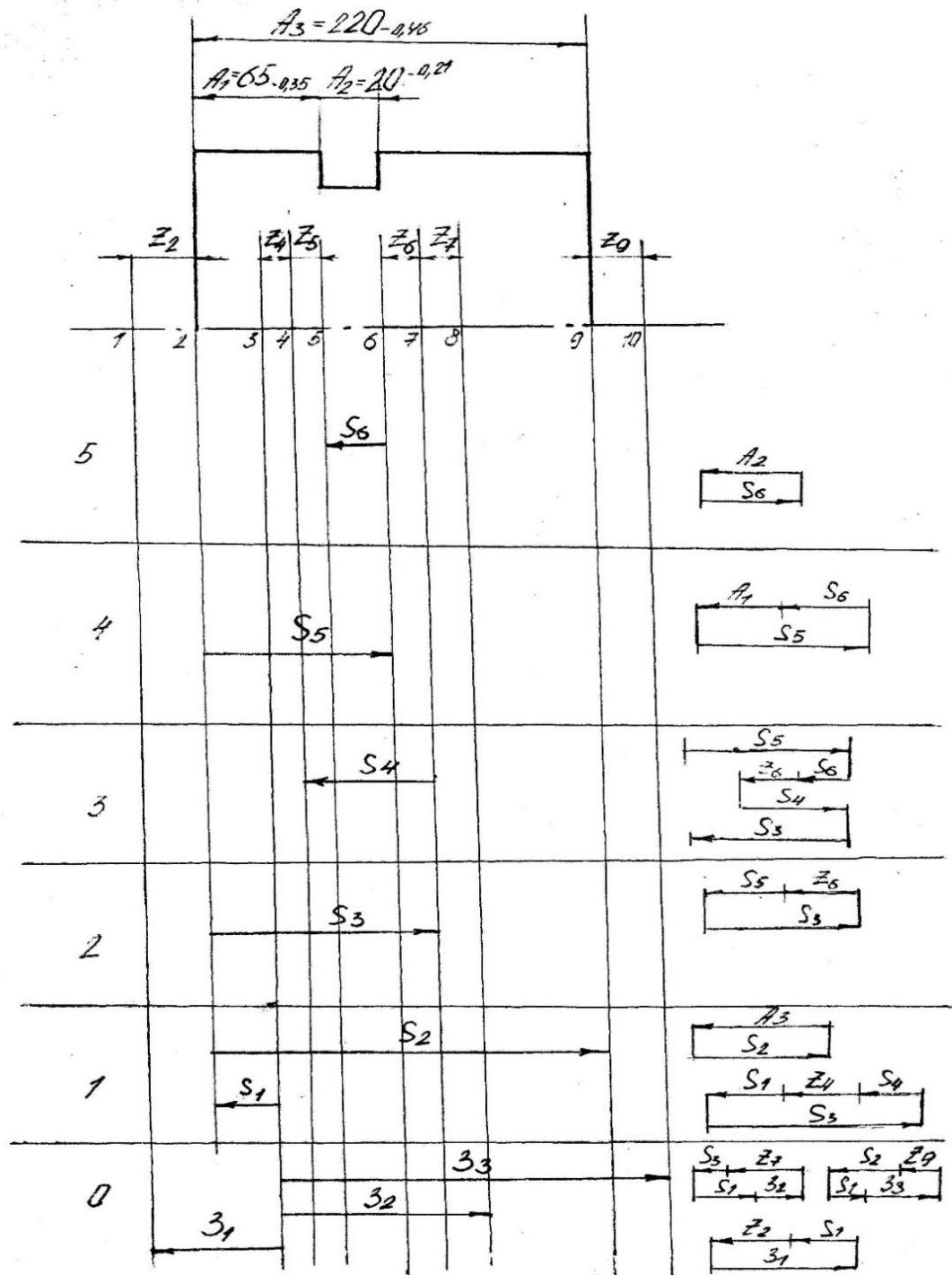


Рисунок 3.9- Схема розташування розмірних ланцюгів

3.8 Вибір і розрахунок режимів обробки

Аналітичний розрахунок режимів різання на одну операцію (перехід) деталі – шпиндель:

1. операція - 015 багатоцільова ;
2. діаметр заготовлі $D=40\text{мм}$;
3. діаметр після обробки $d=50\text{мм}$;

					КНУ.КБР.131.25.1-06.РТПВШ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. довжина оброблюваної поверхні $L=30\text{мм}$
5. шорсткість обробленої поверхні $Ra_{1,6}$;
6. матеріал деталі сталь 40ХНМА, $\delta_v=735\text{МПа}$;
7. вид заготівлі – кування.

1. Для обробки деталі обраний токарний верстат MAST ML SH8.
2. Для обробки поверхні деталі на довжину 30мм при чорновому точінні беремо розточувальний токарний різець із діаметром перетину $d=20\text{мм}$ і вильотом $L=100\text{мм}$.

Відповідно до рекомендацій, обробку робимо пластинами із твердого сплаву TP1500 - для чорнового точіння й TP1500 - для чистового й тонкого точіння.

По додатку 6 [26] вибираю ромбічну твердосплавну пластину: спосіб кріплення пластини – хитним елементом.

Геометричні параметри ріжучої частини інструмента вибираю з додатка 8 [26].

Для чистової стадії обробки (форма передньої поверхні різця плоска без фаски):

$\alpha=0^\circ$ - задній кут;

$\gamma=0^\circ$ – передній кут;

$r=0,1$ - радіус округлення ріжучої кромки:

$r_{\text{чв}}=0,1\text{мм}$ – радіус округлення вершини різця.

Для чорнової стадії обробки:

$\alpha=0^\circ$ - задній кут;

$\gamma=0^\circ$ – передній кут;

$r=0,1$ - радіус округлення ріжучої кромки:

$r_{\text{чв}}=0,1\text{мм}$ – радіус округлення вершини різця.

3. Глибина різання при чорновому точінні визначається по формулі: [13, стр 85]

$$t_1 = \frac{d-D}{2} - (t_2 + t_3) \quad (3.5)$$

де: t_2 – чистове точіння; $t_2=0,7\text{мм}$; t_3 – тонке точіння; $t_3=0,3\text{мм}$

$$t_1 = \frac{50 - 40}{2} - (0,7 + 0,3) = 4 \text{ мм}$$

4. Визначаємо подачу при чорновій стадії обробки різцем квадратного перетину $d=32 \text{ мм}$ при глибині $t_1=4\text{мм}$. Рекомендується подача $S_t=0,46\text{мм/об}$. На чистовій стадії обробки, значення подачі визначаю аналогічним образом величина подачі складе $S_t=0,43\text{мм/об}$.

Подача при тонкому точінні дорівнює $S_t=0,28\text{мм/об}$.

Обрані значення подач коректую з обліком коефіцієнтів, які вибираю для змінених умов.

					КНУ.КБР.131.25.1-06.РТПВШ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_p = S_\Gamma \cdot K_S \quad (3.6)$$

$$K_S = K_{SM} \cdot K_{S\Gamma} \cdot K_{SP} \cdot K_{SD} \cdot K_\phi \cdot K_{SH} \cdot K_H \quad (3.7)$$

де k_{SM} - інструментального матеріалу $k_{SM}=1,1$; $k_{СП}$ - стан поверхні матеріалу заготовлі $k_{СП}=1,0$; k_{SP} - спосіб кріплення пластини $k_{SP}=1,0$; k_{SD} - діаметр деталі $k_{SP}=0,62$; k_{ϕ} - геометричні параметри різця $k_{\phi}=1,0$; k_{SM} - механічні властивості оброблюваного матеріалу $k_{SM}=1,0$; k_{SL} - виліт різця $k_{SL}=1,0$.

$$K_S = 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,62 \cdot 1 \cdot 1 = 0,681$$

$$S_1 = 0,46 \cdot 0,682 = 0,31 \text{ мм/об}$$

$$S_2 = 0,43 \cdot 0,682 = 0,29 \text{ мм/об}$$

$$S_3 = 0,28 \cdot 0,682 = 0,19 \text{ мм/об}$$

5. Визначаю стійкість інструмента: середнє значення T при обробці деталі становить 30 - 60 хв. Приймаю нормальний період стійкості $T=45$ хв. [26]

6. Визначаю розрахункову швидкість різання: швидкість різання при розточуванні визначаю по формулі:

$$V = \frac{C_v \cdot K_v}{T^{m_v} \cdot x \cdot S_y}; \text{ м/мин} \quad (3.8)$$

де $C_v=340$; $x=0,15$; $v=0,45$; $m=0,20$

$$K_v = K_{iM} \cdot K_m \cdot K_{v_n} \cdot K_{v_t} \cdot K_{T_c} \cdot K_n \cdot K_r \quad (3.9)$$

де K_{iM} – коефіцієнт впливу матеріалу заготовлі; K_{vr} – коефіцієнт враховуюча якість поверхні; $K_{vr}=0,9$; K_{iM} – коефіцієнт якості матеріалу інструмента; $K_{iM}=1,15$; K_{vt} – коефіцієнт нагрівання різця; $K_{vt}=1,0$; K_{tc} – коефіцієнт багатостанкового обслуговування; $K_{tc}=1,0$; K_ϕ – коефіцієнт кутів у плані різця; $K_\phi=1,0$; K_t – коефіцієнт радіуса при вершині різця; $K_t=0,84$;

$$K_{iM} = \left(\frac{750}{\delta_B} \right)^{n_r} \cdot K_r \quad (3.10)$$

де $K_r=1,0$; $n_r=-1,0$

$$K_{iM} = \left(\frac{750}{735} \right)^{-1} \cdot 1 = 0,98$$

$$K_v = 0,98 \cdot 0,9 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,84 = 0,852$$

					КНУ.КБР.131.25.1-06.РТПВШ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{p1} = \frac{340 \cdot 0,852}{45^{0,2} \cdot 4^{0,15} \cdot 0,31^{0,45}} = 86,15 \text{ хв/мин}$$

$$V_{p2} = \frac{340 \cdot 0,852}{45^{0,2} \cdot 0,7^{0,15} \cdot 0,29^{0,45}} = 112,8 \text{ хв/мин}$$

$$V_{p3} = \frac{340 \cdot 0,852}{45^{0,2} \cdot 0,3^{0,15} \cdot 0,19^{0,45}} = 179,1 \text{ хв/мин}$$

7. Визначаю частоту обертання шпинделя по формулі: [26,стор.75]

$$n = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D}; \text{об/хв} \quad (3.11)$$

де V_p – швидкість обертання розрахункова; D – оброблюваний діаметр.

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 86,15}{3,14 \cdot 48} = 571,3 \text{ об/хв}$$

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 112,8}{3,14 \cdot 49,4} = 726,8 \text{ об/хв}$$

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 179,1}{3,14 \cdot 50} = 1140,2 \text{ об/хв}$$

8. По паспорті верстата [13] вибираю дійсне число обертів шпинделя:

$$n_d \leq n_p$$

$n_1=525\text{об/хв}; n_2=710\text{об/хв}; n_3=1050\text{об/хв}$

9. Визначаю головну силу різання по формулі: [13,стор.60]

$$P_Z = 10 \cdot C_{pz} \cdot t^{X_{pz}} \cdot S^{Y_{pz}} \cdot V^{n_{pz}} \cdot K_p \quad (3.12)$$

де $C_{pz}=300$ $z=1,0$; $v=0,75$; $n=-0,15$;

$$K_p = K_{pm} \cdot K_{py} \cdot K_{pz} \cdot K_{pr} \quad (3.13)$$

де $K_{pf}=1$; $K_{py}=1,15$; $K_{p\lambda}=1,0$; $K_{pr}=0,93$

$$K_{pm} = \left(\frac{\delta_B}{750} \right)^n \quad (3.14)$$

$$K_{pm} = \left(\frac{735}{750} \right)^{0,75} = 0,98$$

					КНУ.КБР.131.25.1-06.РТПВШ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_p = 0,98 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 1,07$$

$$P_{Z1} = 10 \cdot 300 \cdot 4^1 \cdot 0,31^{0,75} \cdot 56,15^{-0,15} \cdot 1,07 = 1904 \text{ Н}$$

$$P_{Z2} = 10 \cdot 300 \cdot 0,7^1 \cdot 0,29^{0,75} \cdot 112,8^{-0,15} \cdot 1,07 = 287,9 \text{ Н}$$

$$P_{Z3} = 10 \cdot 300 \cdot 0,3^1 \cdot 0,19^{0,78} \cdot 179,1^{-0,15} \cdot 1,07 = 39,9 \text{ Н}$$

10. Визначаємо фактичну швидкість різання по формулі: [13,стор.60]

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000}; \text{ м/мин} \quad (3.15)$$

де n_d – дійсна частота обертання,

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 112,8}{3,14 \cdot 49,4} = 726,8 \text{ об/хв}$$

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 179,1}{3,14 \cdot 50} = 1140,2 \text{ об/хв}$$

8. По паспорті верстата [13] вибираю дійсне число обертів шпинделя:

$$n_d \leq n_p$$

$n_1=525\text{об/хв}; n_2=710\text{об/хв}; n_3=1050\text{об/хв}$

9. Визначаю головну силу різання по формулі: [13,стор.60]

$$P_Z = 10 \cdot C_{pz} \cdot t^{X_{pz}} \cdot S^{Y_{pz}} \cdot V^{n_{pz}} \cdot K_p \quad (3.12)$$

де $C_{pz}=300$; $z=1,0$; $v=0,75$; $n=-0,15$

$$K_p = K_{pm} \cdot K_{py} \cdot K_{pz} \cdot K_{pr} \quad (3.13)$$

де $K_{pf}=1$; $K_{py}=1,15$; $K_{pz}=1,0$; $K_{pr}=0,93$

$$K_{pm} = \left(\frac{\delta_B}{750} \right)^n \quad (3.14)$$

$$K_{pm} = \left(\frac{735}{750} \right)^{0,75} = 0,98$$

$$K_p = 0,98 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 1,07$$

					КНУ.КБР.131.25.1-06.РТПВШ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{Z1} = 10 \cdot 300 \cdot 4^1 \cdot 0,31^{0,75} \cdot 56,15^{-0,15} \cdot 1,07 = 1904 \text{ Н}$$

$$P_{Z2} = 10 \cdot 300 \cdot 0,7^1 \cdot 0,29^{0,75} \cdot 112,8^{-0,15} \cdot 1,07 = 287,9 \text{ Н}$$

$$P_{Z3} = 10 \cdot 300 \cdot 0,3^1 \cdot 0,19^{0,78} \cdot 179,1^{-0,15} \cdot 1,07 = 39,9 \text{ Н}$$

10. Визначаємо фактичну швидкість різання по формулі: [13,стор.60]

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000}; \text{ м/хв} \quad (3.15)$$

де n_d – дійсна частота обертання,

$$V_{d1} = \frac{3,14 \cdot 48 \cdot 522}{1000} = 79,17 \text{ м/хв}$$

$$V_{d2} = \frac{3,14 \cdot 49,4 \cdot 710}{1000} = 110,2 \text{ м/хв}$$

$$V_{d3} = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 1050}{1000} = 164,9 \text{ м/хв}$$

На підставі виробничих розрахунків складаю таблицю режимів на токарну операцію 015.

Таблиця 3.10 - Режими різання на токарна операцію 015

Елементи режимів різання	Стадії обробки		
	чорнова	чистова	тонка
Глибина різання, t мм	4	0,7	0,3
Подача таблична, S_t мм/об	0,46	0,43	0,28
Подача розрахункова, S_p мм/об	0,31	0,29	0,19
Швидкість різання розрахункова, V_p м/хв	86,15	112,8	179,1
Швидкість різання фактична, V_f м/хв	79,15	110,2	104,9
Частота обертання шпинделя, n_p об/хв	571,3	726,8	1140,2
Фактична частота обертання, n_f об/хв	525	710	1050
Головна сила різання, P_z Н	1904	287,9	39,9

1. Визначення основного часу на виконання i -го переходу обробки елементарної поверхні по формулі:

$$T_o = \frac{L+L_1+L_2}{n \cdot S}; \text{ хв} \quad (3.16)$$

					КНУ.КБР.131.25.1-06.РТПВШ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де L - довжина обробки
для чорнового точіння:

$$T_{o1} = \frac{30 + 2 + 2}{500 \cdot 0,31} = 0,22 \text{ хв}$$

для чистового точіння:

$$T_{o2} = \frac{30 + 2 + 2}{640 \cdot 0,29} = 0,19 \text{ хв}$$

для тонкого точіння:

$$T_{o3} = \frac{30 + 2 + 2}{800 \cdot 0,19} = 0,33 \text{ хв}$$

Сумарний основний час на операцію розточування Ø40H14 до Ø 50H7 визначаємо по формулі:

$$T_o = T_{o1} + T_{o2} + T_{o3} \quad (3.17)$$

$$T_o = 0,22 + 0,19 + 0,33 = 0,74 \text{ хв}$$

2. Визначаю допоміжний час по формулі:

$$T_b = T_{b.y} + T_{b.вид} + T_{b.вкл.}; \text{ хв} \quad (3.18)$$

де T_{б.в.} – час на установку й зняття деталі при роботі в самоцентруючому трьохкулачковому патроні; T_{б.в.}=0,55хв; T_{б.вид} – час на контроль розмірів візуальним способом; T_{б.вид}=0,39хв; T_{б.вкл.} – час на включення й вимикання верстата; T_{б.вкл.}=0,01хв;

$$T_b = 0,55 + 0,39 + 0,01 = 0,95 \text{ хв}$$

3. Час на обслуговування й час на відпочинок призначаємо у відсотковому відношенні від оперативного часу (10%):

$$T_{оп} \cdot 0,1$$

Оперативний час визначаємо по формулі:

$$T_{оп} = T_o + T_b; \text{ хв} \quad (3.19)$$

$$T_{оп} = 0,74 + 0,95 = 1,69 \text{ хв}$$

					КНУ.КБР.131.25.1-06.РТПВШ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$1,69 \cdot 0,1 = 0,17$$

4. Час роботи верстата по програмі дорівнює неповному оперативному часу верстата, що визначається по формулі:

$$T_{п.у.} = T_o + T_{м.в.}; \text{хв} \quad (3.20)$$

де $T_{м.в}$ – машинно-допоміжний час, що включає весь комплекс прийомів, пов'язаних із прискореним переміщенням робочих органів верстата, підведення інструмента уздовж осі в зону обробки, для даного верстата; $T_{м.в}=0,19\text{хв}$.

$$T_{п.у.} = 5,72 + 0,19 = 5,91 \text{ хв}$$

5. Підготовчо-заклучний час визначаємо по формулі:

$$T_{п.з.} = \frac{30}{N}; \text{хв} \quad (3.21)$$

де N - програма випуску

$$T_{п.з.} = \frac{30}{2000} = 0,15 \text{ хв}$$

Сумарний підготовчо-заклучний час визначаємо по формулі:

$$\sum T_{п.з.} = T_{п.з.1} + T_{п.з.2} + T_{п.з.3}; \text{хв} \quad (3.22)$$

де $T_{п.з.1}$ – час на налагодження; $T_{п.з.1}=12\text{хв}$; $T_{п.з.2}$ – час на вимір і додаткову обробку; $T_{п.з.2}=10\text{хв}$; $T_{п.з.3}$ – час витрачене на пробну обробку; $T_{п.з.3}=8\text{хв}$

$$\sum T_{п.з.} = 12 + 10 + 8 = 30 \text{ хв}$$

6. Штучний час обробки деталі визначаємо по формулі: [26,стор.88]

$$T_{шт.} = T_o + T_v + T_{обсл.} + T_{отд.}; \text{хв} \quad (3.23)$$

$$T_{шт} = 0,74 + 0,95 + 0,17 = 18,6 \text{ хв}$$

7. Штучно-Калькуляційний час визначаємо по формулі: [11,стор.88]

$$T_{шт.к.} = T_{шт} + \frac{T_{п.з.}}{n_p}; \text{хв} \quad (3.24)$$

де n_z – розмір партії деталей; визначаємо по формулі: [11,стор.88]

					КНУ.КБР.131.25.1-06.РТПВШ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_3 = \frac{P}{S_n}; \text{шт} \quad (3.25)$$

де Р - річний випуск деталей; Р=2000шт; S_n – число запусків у рік; S_n=1

$$n_3 = \frac{2000}{1} = 2000 \text{ шт}$$

$$T_{\text{шт.к.}} = 1,86 + \frac{0,15}{2000} = 1,86075 \text{ хв}$$

Таблиця 3.11 - Норми часу на точіння поверхню 7

№ п/п	Найменування переходу	Тшт.до хв	Тосн, хв	Тв, хв	Тобс. і Твід, хв	Тшт, хв	Тп.з. хв
1	Чорнове точіння	2,49	0,22	0,95	1,17	2,34	0,15
2	Чистове точіння	2,43	0,19	0,95	1,14	2,28	0,15
3	Тонке точіння	2,71	0,33	0,95	1,28	2,56	0,15

					КНУ.КБР.131.25.1-06.РТПВШ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					КНУ.КБР.131.25.1-06.РТПВШ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ МАРШРУТУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Переклад механічної обробки зі звичайних верстатів на верстати з ЧПК вважається економічно доцільним при наявності позитивного економічного ефекту окупності витрат за 2-3 роки .

Дані для розрахунку економічного ефекту	Базовий варіант	Новий варіант
1	2	3
	16K30	MAST ML SH8
Річний обсяг випуску деталей, шт.	2000	2000
Кількість запусків.	12	12

Таблиця. 4.1 - Визначення економічного ефекту

Тривалість випуску деталей, років.	3	3
Штучний час обробки деталі t шт., хв.	36,2	12,3
Час налагодження верстата, хв.	425	185
Розряд: контролера,	5	5
верстатника,	3	2
наладчика.	3	5
Настроювання інструмента.	-	4
Кількість кадрів програми, шт.	-	340
Вартість заготівлі, Sзаг. грн.	41,74	41,74
Середній час настроювання по приладу одного інструмента поза верстатом, хв.	-	4
Середній період стійкості інструмента.	-	60
Середня кількість граней пластинки, шт.	-	3
Коефіцієнт враховуюча питома вага основного часу в штучному K1.	-	0,8
Вартість одного кадру ПУ, грн.	-	0,34
Вартість розробки ПУ, грн.	-	116
Середньорічна зарплата, грн:		
верстатника Нст.,	0,8	0,7
наладчика Ннал.,	0,8	0,9
Настроювання інструмента Нінст.,	-	0,7
контролера Нк.	0,7	0,7
Клас точності верстата	Н	П

					КНУ.КБР.131.25.1-06.ТЕОМТП									
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата										
Розроб.		Герула			Техніко-економічне обґрунтування маршруту технологічного процесу				Лім.		Арк.		Аркушів	
Перевір.		Пивінла												
Реценз.														
Н. Контр.		Нечаєв							Кафедра ТМ, гр. ПМ-21					
Зав. каф.		Рязанцев												

Продовження таблиці 4.1

Маса верстата, т.	3,685	4
Габарити верстата (Д*Ш), м.	3,795X1,19	3,36X1,71
Габарити пристрою ЧПК, м.	-	1,19X1,19
Тип пристрою ЧПК.	-	H22-1M
Термін служби верстата до капітального ремонту Тр*ц, років.	9,5	10
Установлена потужність двигуна, квт.	11	10
Площа пристрою ЧПК Ау, м2.	-	1,42
Витрати на одну одиницю ЕПС верстата, грн.: механічної частини, Нм. електричної частини Нэ.	30,1 7,4	30,3 7,7
Норматив річних витрат на поточне обслуговування й ремонт ЧПК, Q, грн.	-	860
Коефіцієнт враховуючу додаткову площу верстата γ .	4,5	4
Коефіцієнт враховуючий клас точності верстата, μ .	1	1,2
Ефективний річний фонд часу роботи верстата, година.	4055	3955
Вартість 1 м2., площі механічного цеху Упл.зд., коп.	595	595
Вартість 1 м2, площі зайнятий АБК, Упл.побут., коп.	625	625
Площа АБК, що доводиться на одного робітника, Ас, м2.	7	7
Витрати на зміст і амортизаційні витрати на 1 м2 цехи, Нпл, грн. (10% від вартості.)		

Річний економічний ефект визначається різницею річних наведених витрат по базовому й новому варіантах. $Эг=З_1-З_2$

Эр- річний економічний ефект від використання нового верстата зі ЧПК. (за 1 рік експлуатації.)

$З_1, З_2$ – наведені витрати, грн.

Наведені витрати:

$$З_1=З_1+E_n*K_1 \quad (4.1)$$

$$З_2=З_2+E_n*K_2 \quad (4.2)$$

$З_1$ – собівартість по базовому варіанті; $З_2$ – собівартість по новому варіанті, грн.; K_1, K_2 – капітальні вкладення споживача при використанні відповідно базового верстата, розраховані на річний випуск деталей, вироблених на новому

					КНУ.КБР.131.25.1-06.ТЕОМТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

верстаті, і нового верстата, грн.; $E_n = 0,15$ – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень.

Капітальні вкладення:

$$K = K_6 + K_{зд} + K_{сл} + K_{нез} + K_{пр} + K_{пу} \quad (4.3)$$

K_6 – балансова вартість верстата

$$K_6 = U_1 * \alpha * \beta \quad (4.4)$$

U_1 – оптова ціна верстата; $\alpha = 1,1$ – коефіцієнт враховуючої витрати на доставку й монтаж верстата; β – частка зайнятості порівнюваних верстатів обробкою даної деталі.

$$\beta = \frac{T_{ум} + T_n}{\phi_{об} * \eta_3} \quad (4.5)$$

$$T_{ум} = \frac{t_{ум} * N_r}{60} \quad (4.6)$$

$$T_{шт1} = \frac{35,8 * 5000}{60} = 2983 \text{ час.}$$

$$T_{шт1} = \frac{18,7 * 5000}{60} = 1558 \text{ час.}$$

$$\Phi_{об1} = 4055 \text{ час.}$$

$$\phi_{об2} = 3955 \text{ час;}$$

$$\eta_{31} = \eta_{32} = 0,85$$

$$T_H = \frac{t_H * J}{60} \quad (4.7)$$

$$T_{H1} = \frac{425 * 12}{60} = 85 \text{ час.}$$

$$T_{H2} = \frac{185 * 12}{60} = 37 \text{ час.}$$

$$\beta_1 = 2,8927$$

$$\beta_2 = 1,29221$$

					КНУ.КБР.131.25.1-06.ТЕОМТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{61} = 7000 * 1,1 * 2,8927 = 22273,79 \text{ грн.}$$

$$K_{62} = 26800 * 1,1 * 1,29221 = 38094,283 \text{ грн.}$$

J=12 – кількість запусків партії деталей; Кзд – вартість приміщення займаного верстатом, грн.

$$K_{30} = U_{1\text{пл.зод.}} (A + A_y) * \gamma \beta$$

$$K_{301} = 595 * (4,52 + 0) * 4,5 * 2,8927 = 350,08 \text{ грн.}$$

$$K_{302} = 592 * (5,75 + 1,42) * 4 * 1,29221 = 219,4 \text{ грн.} \quad (4.8)$$

Ксл – вартість службово-побутових приміщень доводяться на один верстат.

$$K_{cl} = U_{плб} * A_{\phi} * (P_{cm} + P_H + P_{дон} + P_{\kappa})$$

$$U_{плб} = 6,25 \text{ грн.}$$

$$A_{\phi} = 7 \text{ м}^2 \quad (4.9)$$

P – чисельність робітників: верстатників.

$$P_{ст} = \frac{T_{шт}}{1860 * \alpha} \quad (4.10)$$

$$P_{ст1} = \frac{2983}{1860 * 1} = 1,6 \approx 2 \text{ робочих.}$$

$$P_{ст2} = \frac{1558}{1860 * 2} = 0,42 \approx 1 \text{ робочий.}$$

$$P_H = \frac{T_H}{1860} \quad (4.11)$$

–наладчиков:

$$P_{H1} = \frac{85}{1860} = 1 \text{ робочий.}$$

$$P_{H2} = \frac{37}{1860} = 1 \text{ робочий}$$

$$P_{доп1} = \frac{0,5 * (2983 + 85)}{4055 * 0,85} = 2 \text{ робочих..}$$

–допоміжних:

$$P_{доп} = \frac{0,5 * (T_{шт} + T_H)}{\phi_{об} * \eta_3} \quad (4.12)$$

					КНУ.КБР.131.25.1-06.ТЕОМТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{\text{доп2}} = \frac{0,5 * (1558 + 37)}{3955 * 0,85} = 1 \text{рабочий.}$$

–контролерів:

$$P_k = \frac{T_k}{1860} \quad (4.13)$$

$$P_{k1} = P_{k2} = 1 \text{человек.}$$

$$K_{\text{сл1}} = 6,25 * 7 * (6 + 1 + 2 + 1) = 437,5 \text{грн.}$$

$$K_{\text{сл2}} = 6,25 * 7 * (2 + 1 + 1 + 1) = 218,75 \text{грн.}$$

Кпу – витрати на створення керуючих програм.(ПУ), грн.; $P_{\text{пу1}}=29$ грн.;
 $P_{\text{пу2}}=116$ грн.; Капітальні вкладення $K1=23090,37$ грн.; $K2=38648,433$ грн.

Визначення собівартості обробки деталей.

$$Z = H_3 + H_n + H_{\text{ин}} + H_A + H_{\text{пл}} + H_{\text{сл}} + H_p + H_y + H_k \quad (4.14)$$

H_3 - зарплата верстатників;

$$H_3 = \frac{H_c * T_{\text{шт}}}{\alpha} \quad (4.15)$$

$$H_{31} = \frac{0,8 * 2983}{1} = 2386,4 \text{грн.}$$

$$H_{32} = \frac{0,7 * 1558}{2} = 1090,6 \text{грн.}$$

H_n – зарплата на налагодження верстатів

$$H_3 = \frac{H_c * T_{\text{шт}}}{\alpha} \quad (4.16)$$

$$H_{31} = \frac{0,8 * 2983}{1} = 2386,4 \text{грн.}$$

$$H_{32} = \frac{0,7 * 1558}{2} = 1090,6 \text{грн.}$$

$H_{\text{ин}}$ – зарплата за роботу інструмента поза верстатом.

$$H_{\text{ин}} = H_{\text{ин}} * T_{\text{н}} \cdot I_{\text{н}} \quad (4.17)$$

					КНУ.КБР.131.25.1-06.ТЕОМТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{\text{нин}} = \frac{1,3 * t_{\text{ин}} * T_{\text{шт2}} * K_T}{T * n_T} \quad (4.18)$$

$$T_{\text{нин1}} = \frac{1,3 * 4 * 1558 * 0,8}{60 * 3} = 8,3$$

$$H_{\text{ин}} = 0,7 * 8,3 = 5,8 \text{ грн.}$$

Нк – зарплата контролера.

$$H_K = 0,7 * T_K$$

$$T_{K1} = 0,083 * T_{\text{шт1}} = 0,083 * 2983 = 247,58 \quad (4.19)$$

$$T_{K2} = 0,2 * T_{K1} = 49,5$$

$$H_{K1} = 0,7 * 820,49 = 574,34 \text{ грн.}$$

$$H_{K2} = 0,7 * 164,1 = 114,87 \text{ грн.}$$

Нпу- зарплата на підготовку й поновлення програми керування.

$$H_{\text{пу}} = \frac{1,1 * K_{\text{пу}}}{Z}$$

$$Z = 3 \quad (4.20)$$

$$H_{\text{пу1}} = \frac{1,1 * 29}{3} = 10,6 \text{ грн.}$$

$$H_{\text{пу2}} = \frac{1,1 * 116}{3} = 42,5 \text{ грн.}$$

НА – річні амортизаційні відрахування на повне відновлення верстата.

$$H_A = K_6 * A \quad (4.21)$$

$$H_{A1} = 22273,79 * 0,053 = 1180,51 \text{ грн}$$

$$H_{A2} = 38094,283 * 0,053 = 2019 \text{ грн.}$$

Нпл- вартість амортизації на зміст одного м2 площі механічного цеху.

$$H_{\text{пл}} = H_{\text{пл}} * (A + A_y) * \alpha \beta \quad (4.22)$$

$$H_{\text{пл1}} = 18 * (4,52 + 0) * 2,8927 * 1,1 = 258,89 \text{ грн.}$$

					КНУ.КБР.131.25.1-06.ТЕОМТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$H_{пл2} = 18 * (5,75 + 1,42) * 1,29221 * 1,1 = 183,45 \text{ грн.}$$

Нсл – амортизаційні відрахування на зміст АБК.

$$H_{сл} = H_{пл} * A_6 * (p_{ст} + p_n + p_{доп} + p_k) \quad (4.23)$$

$$H_{сл1} = 18 * 7 * 10 = 1260 \text{ грн.}$$

$$H_{сл2} = 18 * 7 * 5 = 630 \text{ грн.}$$

Нр - витрати на ремонт і ТЕ встаткування.

$$H_p = (H_m * R_m + H_3 * R_3) \mu * \beta \quad (4.24)$$

$$H_{p1} = (30,1 * 12 + 7,4 * 9,5) * 1 * 2,8927 = 1248,2 \text{ грн.}$$

$$H_{p2} = (30,3 * 11 + 7,7 * 22) * 1,2 * 1,29221 = 779,52 \text{ грн.}$$

Ну – витрати на ремонт і ТЕ пристрою ЧПК.

$$H_y = Q * \beta \quad (4.25)$$

$$H_{y2} = 860 * 1,29221 = 1111,3 \text{ грн.}$$

$$З_1 = 12508,88 \text{ грн.}; З_2 = 6391,1 \text{ грн.}$$

Наведені витрати.

$$З_1 = 12508,88 + 0,15 * 23090,37 = 15972,24 \text{ грн.}$$

$$З_2 = 6391,1 + 0,15 * 38648,433 = 12188,36 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект.

$$\mathcal{E}Г = 15972,24 - 12188,36 = 3783,88 \text{ грн.}$$

Строк окупності (років) додаткових капітальних вкладень.

$$T_{ок} = \frac{K_2 - K_1}{C_1 - C_2} \quad (4.26)$$

$$T_{ок} = \frac{38648,433 - 23090,37}{12508,88 - 6391,1} = 2,5 \text{ роки}$$

					КНУ.КБР.131.25.1-06.ТЕОМТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оскільки річний економічний ефект від впровадження верстатів зі ЧПК вийшов позитивний, можна зробити висновок, що доцільно на виробництві застосовувати верстати зі ЧПК (у цьому випадку на токарних операціях замість верстата 16K30 застосувати верстат MAST ML SH8). Це дає в рік додатково зекономлених 3783,88 грн., які можна застосувати на інші цілі (розширення виробництва, поліпшення умов праці.). [4]

					КНУ.КБР.131.25.1-06.ТЕОМТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора

Вихідні дані:

Деталь – шпиндель. Заготовка – поковка. Матеріал – сталь 40ХНМА ДСТУ 4738:2007.

Базова поверхня – торці оброблені остаточно.

Технологічне устаткування – верстат моделі MAST ML SH8.

Постпроцесор верстата – Mazak QuickTurn.

Пристосування - трикулачковий патрон, рухомий люнет та задній центр.

Таблиця 5.1 – Відомості інструментального комплексу на токарну операцію

№	Різальний інструмент	Каталог інстр. і його основні параметри	Допоміжний інструмент	Вимірювальний інструмент
1	Різець прохідний	Каталог TaeguTec Державка: PCKNR/L 2525 M12 Пластина: CNMG120404	Різцетримач правий радіальний, короткий DIN 10889-3 509.31.32 B1	Штангенциркуль ШЦ 1-125-0,1
2	Різець прохідний	Каталог TaeguTec Державка: PCKNR/L 2525 M12 Пластина: CNMM120408 RH	Різцетримач правий радіальний, короткий DIN 10889-3 509.31.32 B1	Штангенциркуль ШЦ 1-125-0,1

5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм

Було розроблено технологічний процес токарної обробки деталі «Шпиндель» в програмі FeatureCAM, щ обуло пов'язано з розрахунком заготовки та створенням 3D-моделі. Перед початком роботи було створено модель у CAD системі SolidWorks, та імпортовано у FeatureCAM.(рис.5.1).

					КНУ.КБР.131.25.1-06.МПМО				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.	Герула				Моделювання та програмування операцій механічної обробки	Лім.	Арк.	Аркушів	
Перевір.	Пивінла								
Реценз.						Кафедра ТМ, гр. ПМ-21			
Н. Контр.	Нечаєв								
Зав. каф.	Рязанцев								

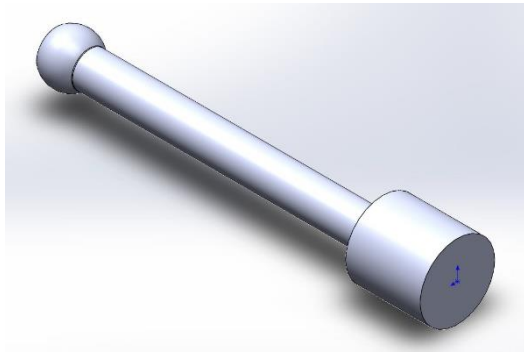


Рисунок 5.1 – Модель деталі «Шпиндель»

Наступним кроком задаємо геометричні параметри заготовки, його положення та тип.

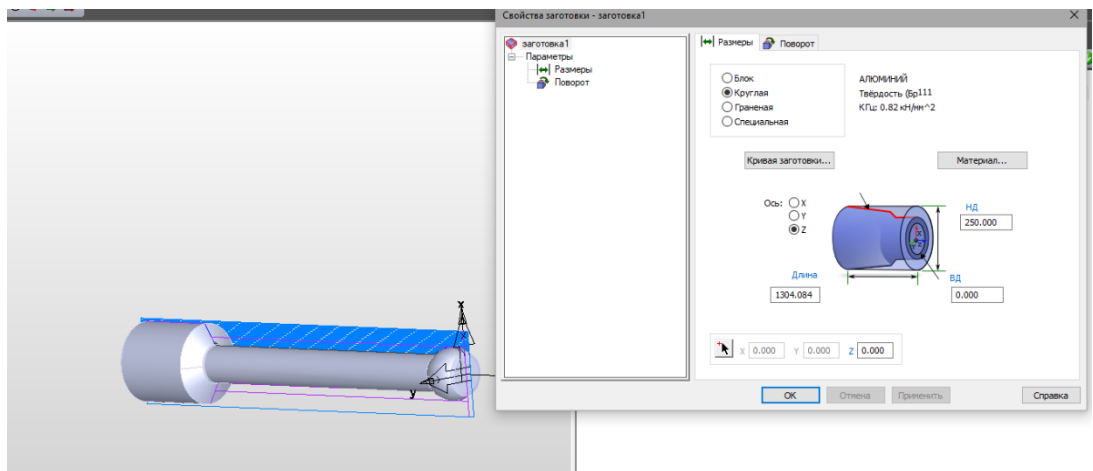


Рисунок 5.2 – Загальний вигляд імпортування деталі та обраних параметрів заготовки

За допомогою інструмента «Майстер кривих» створюємо контур деталі, як границі поверхні обертання.

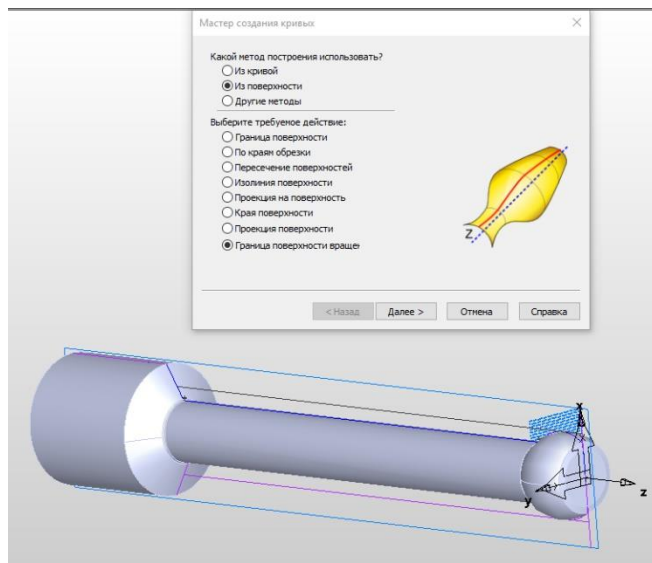


Рисунок 5.3 – Створення контуру деталі

					КНУ.КБР.131.25.1-06.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Токарна операція на деталь передбачає дві установи:

- Установ 1 – обробка для отримання одної бобишки, та місця закріплення для подальшої обробки не зручних місць.
- Установ 2 – зміна сторони закріплення та доточення деталі.

Установ 1:

Після визначення місця першого установу, створюємо контур для чорнового та чистового точіння за допомогою кнопки «Геометрія», створення незамкнутої кривої (рис. 5.4). Через кнопку «Елементи» обираємо метод створення операції «Від кривої – точіння», стратегію обробки та параметри інструменту T1 (рис. 5.5).

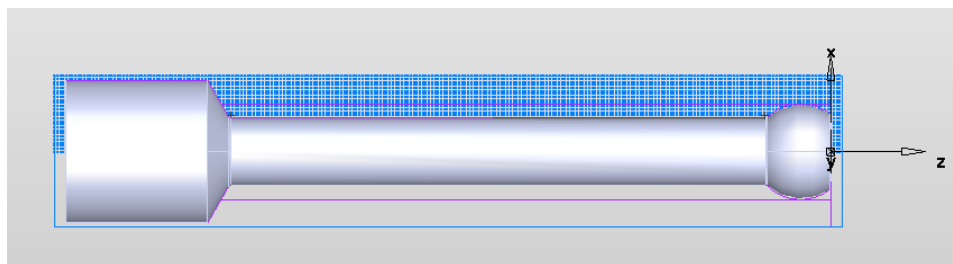


Рисунок 5.4 – Крива чорнового проходу

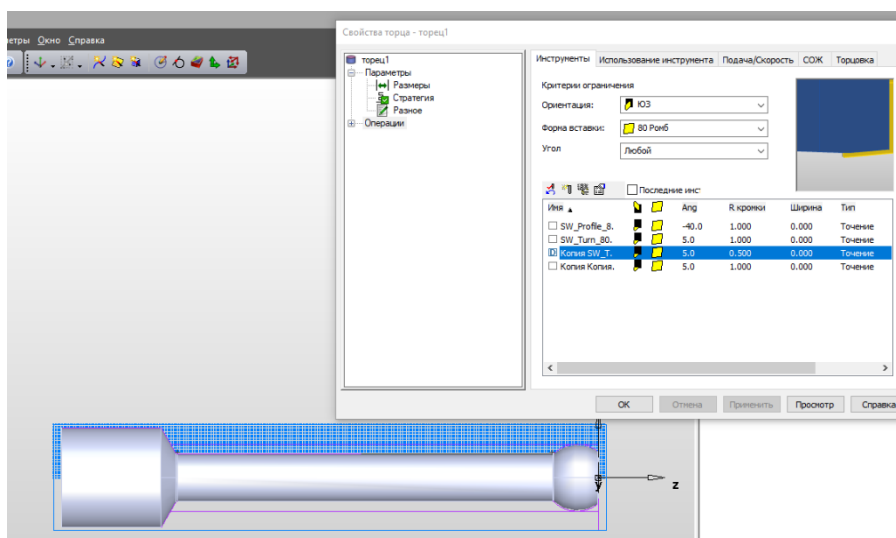


Рисунок 5.5 – Вибір параметрів інструменту T1

Використовуючи FeatureCAM ми маємо можливість візуально оцінити коректність траєкторії руху інструмента (рис. 5.6), отримати 2D та 3D модель (рис.5.7)

					КНУ.КБР.131.25.1-06.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

FeatureCAM дає можливість візуалізувати траєкторії руху інструмента (рис. 5.6), створити 2D та 3D симуляції (рис. 5.7). Завдяки цій функції перевіряється коректність написаного коду керуючої програми.

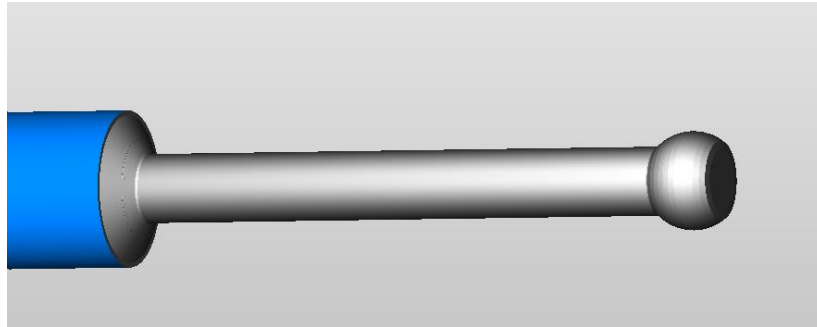


Рисунок 5.6 – Результат 3D модель обробки

Установ 2:

Для фінальної токарної обробки потрібно змінити установ на іншу сторону заготовку. На основі створеного програмою контуру створюємо криву для подальшої обробки деталі (рис. 5.7). «Елементи» обираємо метод створення операції «Від кривої – точіння», стратегію обробки та параметри інструментів T1 та T2 (рис. 5.8).

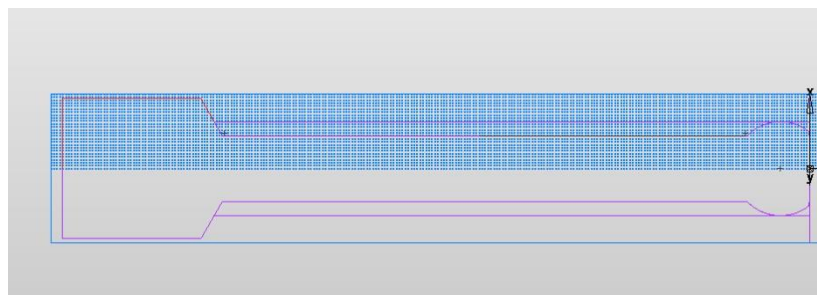


Рисунок 5.7 – Крива деталі

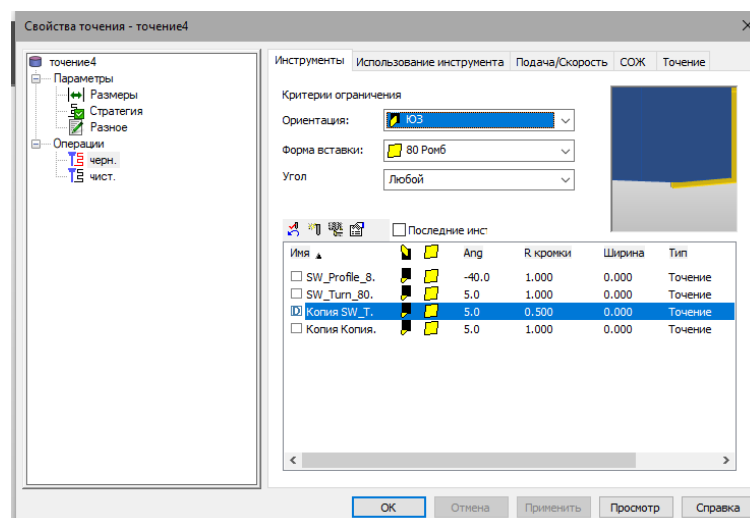


Рисунок 5.8 – Вибір параметрів інструменту T2

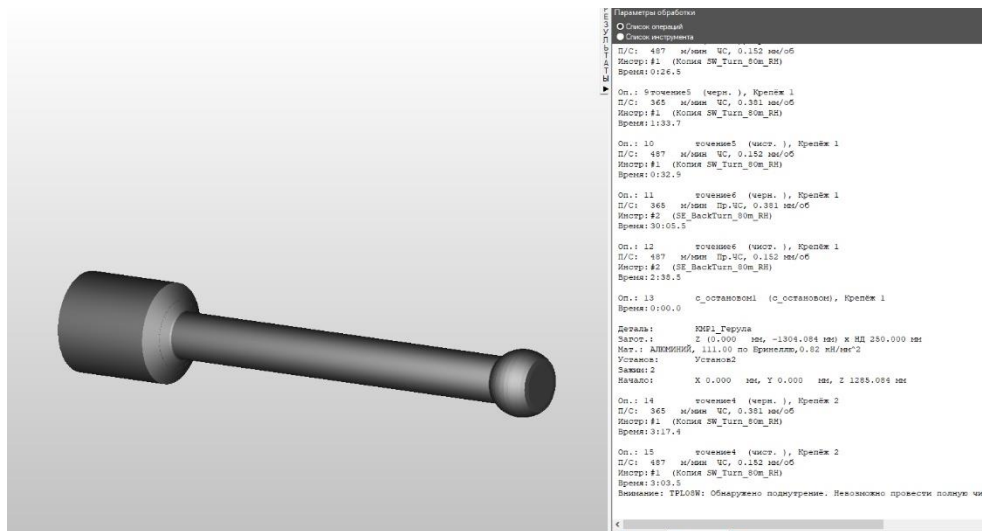


Рисунок 5.9 – Фрагмент найменування переходів

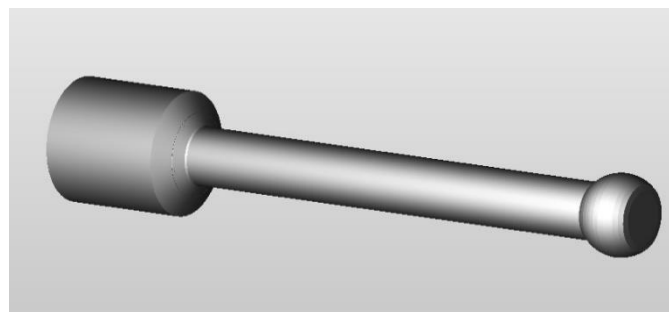


Рисунок 5.10 – Результат 3D симуляції обробки

Керуюча програма для 040 Розточної операції, що проводиться на верстаті Femat WFT 13 .

Таблиця 5.1 – Різальні інструменти

№	Найменування
1	Свердло Ø14,5 DIN 6537B
2	Свердло Ø50 ISO 9766
3	Різець розточний ISO 1832-2004
4	Зенківка ДСТУ ГОСТ14593-80

Таблиця 5.2 – Координати точок

№	X, мм	Y, мм
1	0	0

					КНУ.КБР.131.25.1-06.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2	0	-75
3	-129,9	-75
4	-129,9	75
5	0	75
6	129,9	75
7	129,9	-75
8	110	-95,26
9	-110	-95,26
10	-110	0
11	-110	95,26
12	110	95,26
13	110	0

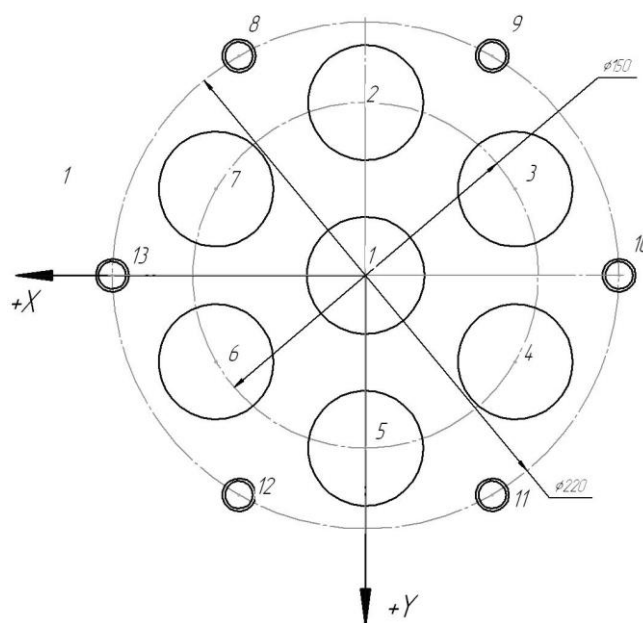


Рисунок 5. 11 – Координати точок

Таблиця 5.3 - Програма

Точка	Код програми	Пояснення
1	N001 T02 S08 F02 L02 ПС	Свердлення отворів Ø14,5мм
	N002 X+000000 Y+00000 ПС	
	N003 G81 R+020000 Z+39500 ПС	
2	N004 X+000000 Y-07500 ПС	
	N003 R+020000 Z+39500 ПС	
3	N006 X-012990 Y-07500 ПС	
	N007 R+020000 Z+39500 ПС	
4	N008 X-012990 Y+07500 ПС	
	N009 R+020000 Z+39500 ПС	
5	N010 X+000000 Y+07500 ПС	
	N011 R+020000 Z+39500 ПС	
6	N012 X+012990 Y+07500 ПС	

					КНУ.КБР.131.25.1-06.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

	N013 R+020000 Z+39500 ПС	
7	N014 X+012990 Y-07500 ПС	
	N015 R+020000 Z+39500 ПС	
8	N016 X+011000 Y-09526 ПС	
	N017 R+020000 Z+39500 ПС	
9	N018 X-011000 Y-09526 ПС	
	N019 R+020000 Z+39500 ПС	
10	N020 X-011000 Y+00000 ПС	
	N021 R+020000 Z+39500 ПС	
11	N022 X-011000 Y+09526 ПС	
	N023 R+020000 Z+39500 ПС	
12	N024 X+011000 Y+09526 ПС	
	N025 R+020000 Z+39500 ПС	
13	N026 X+011000 Y+00000 ПС	
	N027 R+020000 Z+39500 ПС	
1	N028 T03 S06 F02 L03 ПС	Розсвердлювання отворів Ø50мм
	N029 X+000000 Y+00000 ПС	
	N030 G81 R+020000 Z+39500 ПС	
2	N031 X+000000 Y-07500 ПС	
	N032 R+020000 Z+39500 ПС	
3	N033 X-012990 Y-07500 ПС	
	N034 R+020000 Z+39500 ПС	
4	N035 X-012990 Y+07500 ПС	
	N036 R+020000 Z+39500 ПС	
5	N037 X+000000 Y+07500 ПС	
	N038 R+020000 Z+39500 ПС	
6	N039 X+012990 Y+07500 ПС	
	N040 R+020000 Z+39500 ПС	

Продовження таблиці 5.3

1	2	3
7	N041 X+012990 Y-07500 ПС	Зенкування фасок
	N042 R+020000 Z+39500 ПС	
8	N043 T04 S05 F09 L04 ПС	
	N044 X+011000 Y-09526 ПС	
	N045 R+020000 Z+39500 ПС	
9	N046 X-011000 Y-09526 ПС	
	N047 R+020000 Z+39500 ПС	
10	N048 X-011000 Y+00000 ПС	
	N049 R+020000 Z+39500 ПС	
11	N050 X-011000 Y+09526 ПС	
	N051 R+020000 Z+39500 ПС	
12	N052 X+011000 Y+09526 ПС	
	N053 R+020000 Z+39500 ПС	

					КНУ.КБР.131.25.1-06.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13	N054 X+011000 Y+09526 ПС	
	N055 R+020000 Z+39500 ПС	
14	N043 T05 S06 F11 L05 ПС	Розточування отвору Ø51мм
	N044 X+000000 Y-00000 ПС	
	N045 R+020000 Z+39500 ПС	
	M02 ПС	Кінець програми

					КНУ.КБР.131.25.1-06.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ

6.1 Проектування верстатного оснащення

6.1.1 Аналіз вихідних даних

У кваліфікаційній бакалаврській роботі розробляється пристосування для закріплення деталі типу «шпиндель» на верстаті Fermat WFT 13 для горизонтальна-розточна операції – свердління отвору $\varnothing 50^{+0,8}$ і $L=195_{-2}$ мм перовим свердлом.

Різальний інструмент закріплюється в горизонтальному шпинделі, тому для установки деталі можна застосовувати схему базування на призмах з упором у торець і затискачем зверху. Схема пристосування буде мати вигляд.

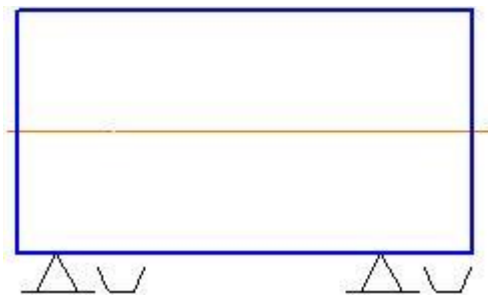


Рисунок 6.1-Теоретична схема базування

Оснащення складається із призм . Всі елементи пристосування верстаті встановлюються за допомогою болтів.

Умови зрушення

$$P_3 = \frac{2 \cdot K \cdot H}{D_3 \cdot \left(f_2 + \frac{f_1}{\sin 0.5\alpha} \right)} \text{ (кН)} \quad (6.1.)$$

$D_0=2$ - коефіцієнт запасу; $f_1=f_2=0.16$ – коефіцієнти тертя відповідно в місцях контакту заготівлі з опорами; $D_3=158$ мм. - це діаметр оброблюваної заготівлі.

$$M = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad (6.2)$$

$C_m=0,0345$; $D=50$; $q=2$; $v=0,8$; $S=0.48 \cdot 0.8=0.384$; $K_p=1$;

					КНУ.КБР.131.25.01-06.ПТО						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Генула			Проектування технологічного оснащення			Лім.		Арк.	Аркушів
Перевір.		Пивінла									
Реценз.								Кафедра ТМ, гр. ПМ-21			
Н. Контр.		Нечаєв									
Зав. каф.		Рязанцев									

$$V = 10 * 0.0345 * 90^2 * 0.384^{0.8} * 1 = 1299.5 \text{ H / м}$$

$$P_3 = \frac{2 * 1.5 * 1299.5}{210 * (0.16 + 0.16 / \sin 45^\circ)} = 3898.5 / 81.12 = 48.06 \text{ кН}$$

Сила різання - осьова сила

$$P_o = 10 * C_p * D^q * S^y * K_p \quad (6.3)$$

$$C_p = 68$$

$$q = 1$$

$$y = 0.7$$

$$P_o = 10 * 68 * 50 * 0.384^{0.7} * 1 = 31317.2 \text{ Н} = 31.32 \text{ кН}$$

$$P_3 \geq P_o$$

$$48.06 > 31.32$$

Умова виконана.

6.1.2 Розрахунок оснащення на точність

При розрахунку оснащення на точність сумарна погрішність пристосування повинна бути менше або дорівнює допуску на оброблюваний розмір.

$$\Sigma \varepsilon \leq T \quad (6.4)$$

Сумарна погрішність складається з погрішності установки $\varepsilon_{\text{ус}}$, погрішності обробки $\varepsilon_{\text{обр}}$, погрішність самого пристосування $\varepsilon_{\text{ін.}}$.

$$\Sigma \varepsilon = \varepsilon_{\text{ус}} + \varepsilon_{\text{обр}} + \varepsilon_{\text{ін.}} \quad (6.5)$$

Погрішність установки складається з погрішності базування й погрішності закріплення.

$$\varepsilon_{\text{уз}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{б}}^2 + \varepsilon_{\text{з}}^2}$$

$$\varepsilon_{\text{б}} = 0.5 * T * \alpha * \frac{1}{\sin \alpha} \quad (6.6)$$

$$T * \alpha = 0.09 \text{ мм.} = 90 \text{ мкм.} - \text{ допуск на зовнішній діаметр.}$$

					КНУ.КБР.131.25.01-06.ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\varepsilon_{\sigma} = 0,5 * 0,09 * \frac{1}{0,707} = 0,06364 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_3 = \left[\left(K_{RZ} * RZ + \frac{K_{HB}}{HB} \right) + C_1 \right] * \left(\frac{Q}{19,6 * l} \right)^n$$

$K_{RZ}=0,005$; $RZ=100$; $K_{HB}=15$; $HB=296$; $C_1=0,086+8,4/D_3=1,026*10^{-1}=0,126$ мм;
 $Q=48,06$; $l=520$; $n=0,7$.

$$\varepsilon_3 = \left[\left(0,005 \cdot 100 + \frac{15}{296} \right) + 0,126 \right] \cdot \left(\frac{48,06}{19,6 \cdot 520} \right)^{0,7} = 0,016 \text{ мм}$$

Якщо прийняти що $\varepsilon_{обр}$ й $\varepsilon_{пр} = 0$, то

$$\Sigma \varepsilon = \varepsilon_{yc} = \sqrt{0,06364^2 * 0,016^2} = 0,06562 \text{ мм}$$

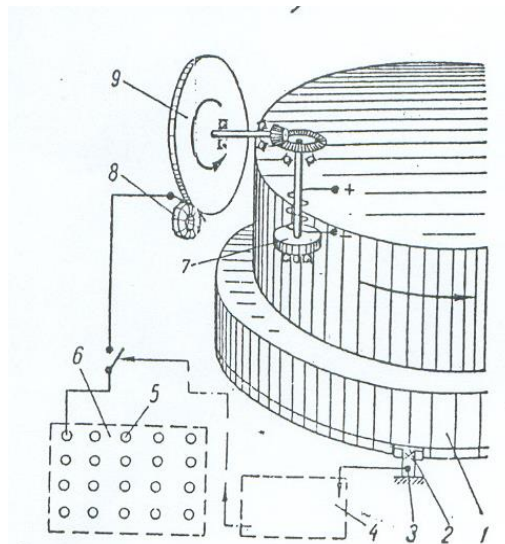
$$\Sigma \varepsilon = 65,62 \text{ мкм}$$

$$TD = 0,2 \text{ мм}$$

$$\Sigma \varepsilon < TD$$

Умова виконана.

6.2 Вибір контрольного пристосування



					КНУ.КБР.131.25.01-06.ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 6.3 - Принципова схема імпульсного способу вимірювання великих діаметрів: 1- Планшайба верстата; 2- рухомий виступ; 3- нерухомий виступ; 4- лічильник обертів планшайба; 5- неонові лампи; 6- електронний лічильник імпульсів; 7- магнітний ролик; 8- магнітна головка; 9- імпульсний зубчастий диск

Принцип роботи пристрою для автоматичного контролю діаметра виробу і управління циклом роботи верстата полягає у тому, що кількість магнітних імпульсів, які подаються еталонним імпульсним диском, залежать від довжини вимірюємого кола і реєструються електронним лічильником. При досягненні даного діаметра, який виражений числом імпульсів, пристрій подає сигнал.

З описання методів активного контролю найбільш універсальним методом є метод обкатки мірними роликами.

Пристосування для активного автоматичного контролю діаметрів виробів і управління режимами роботи верстата є універсальним і може застосовуватись при обробці на токарних, лоботокарних, карусельних, розточувальних круглошліфувальних і других верстатах.

Пристосування про обробці на горизонтально розточних верстатах з ЧПУ доцільно розмістити на направляючих стійках, по яким проходить зміна блоків з інструментом в револьверній головці. Для цього передбачені на верстаті направляючі 10 за допомогою маховичка 15, шестерні 8 і рейки 7 переміщуються салаки 9 вимірювального супорта. Для полегшення пересування салазки поставлені на ролики 11. У вертикальних направляючих салазок за допомогою маховичка 14 по рейці 12 переміщується повзун 13 з вимірювальним хоботом 16. Принципова схема розташування пристрою на верстаті показана на рисунку 6.3.

					КНУ.КБР.131.25.01-06.ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

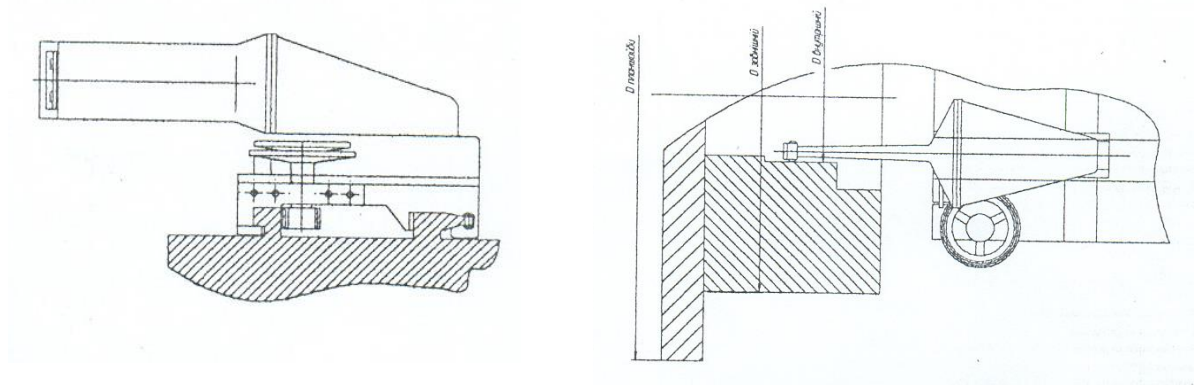


Рисунок 6.4 - Схема розташування пристрою на верстаті

У верхній частині хобота розміщені магнітна головка 19, еталонний імпульсний диск 18 ($Z=1248$, $m=0,2\text{мм}$), зв'язаний за допомогою вала 17, зубчастої передачі 21 і 20 і валків 22 з роликами 23.

Вимірювальний супорт за допомогою маховичка 15, шестерні 8 і рейки 7 притискається роликами 23 до деталі, що контролюється (до зовнішньої чи внутрішньої поверхні виробу 27). При цьому стискається або пружина 3 (між головкою штока 2 і буртом корпусу реєчної шестерні), або пружина 4 (між буртами корпусу і салазок 9), виконується зв'язок між реєчною шестернею 8 і салазками 9 супорта. У зв'язку стискання пружин змінюється величина щіли між корпусом реєчної шестерні 8 і салазками 9.

По лінійці 1 можна судити про степінь стискання пружин і про зусилля притискання роликів 23 до вимірювальної поверхні. Положення реєчної шестерні фіксується жорстко зв'язаним з нею двостороннім храповим колесом 5 і собачками 6. Вершина зуба диска 18, проходячи біля щіли головки 19, замикає на себе магнітне поле і збуджує в котушці головки імпульси струму.

Кількість імпульсів струму, які проходять через електронний лічильник, визначають по комбінації неонових ламп 26. Число обертів планшайби і деталі, яка встановлена на ній, відраховуються лічильником 25 по сигналам головки 24.

Пристосування налагоджується на заданий діаметр обробки. При досягненні заданого для даного етапу обробки розміру діаметра вмикаються лампи і посилається сигнал перемикання верстата на наступний режим обробки. По

					КНУ.КБР.131.25.01-06.ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

досягненні остаточного розміру в діапазоні поля допуску на даний діаметр, пристосування подає сигнал на відключення подачі і через реле часу – на відведення інструменту і зупинку верстата. Кожен цикл роботи пристосування виконується автоматично.

За допомогою представленого приладу контролюється радіальне биття діаметру валу Ø158H8, яке не повинно перевищувати 0,2 мм відносно вісі.

					КНУ.КБР.131.25.01-06.ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК

В кваліфікаційній бакалаврській роботі розглянуто актуальне питання - проведення конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталі шпиндель та обґрунтування параметрів надійності процесу за допомогою САМ / САМ /САЕ систем. Шпиндель взятий для проектування установлений у вузол універсального шарового и шпинделю чорнової кліті дрібносортного стану МС 250, взятий на підприємстві ПАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг» під час практики є актуальним об'єктом, затребуваним у виробництві.

Спроектована заготовка – поковка вільним куванням на молоті з коефіцієнтом використання матеріалу 0,77. Обґрунтована послідовність обробки поверхонь, базування при обробці, проаналізована технологічність шпинделю, щодо обробки.

Обрані верстати з ЧПК фрезерно-центрувальний SYIL X9 та токарний MAST ML SH8 дали можливість скороти Тшк, застосувати сучасні інструменти підвищити точність обробки. За допомогою САД системи Solid Works була спроектована 3D модель шпинделю, це дало можливість імпортувати її в САМ систему Future CAM, скласти керуючу програму та візуалізувати обробку. САЕ система Solid Works Simulation дозволила виявити спроможність деталі опиратися статичним та динамічним навантаженням, розрахувати коефіцієнт пружності, скласти картину деформації деталі при прикладанні сил.

Всі технічні рішення супроводжувались економічними розрахунками. Доведено зниження собівартості при застосуванні сучасного обладнання.

					КНУ.КБР.131.25.1-06.В		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Висновок		
Розроб.	Генула						
Перевір.	Пивінла						
Реценз.							
Н. Контр.	Нечасв						
Зав. каф.	Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Аркушів
					Кафедра ТМ, гр. ПМ-21		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1.Дипломне проектування з технології машинобудування/ Григурко О.І, Брендюля МФ., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-860 с.
- 2.ДСТУ 2413-94 Основні норми взаємозамінності. Шорсткість поверхні.
- 3.ДСТУ 2498-94 Основні норми взаємозамінності. Допуски форми та розташування поверхонь. Терміни та визначення
4. ДСТУ 7505-89 Поковки сталеві штамповані
5. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок - Львів, Світ ,1996.
- 6.Методичні вказівки з курсу “Технологія машинобудування“ до практичної роботи “Аналіз технологічності конструкції виробу та деталі при проектуванні технологічних процесів”, для здобувачів спеціальності 131 Прикладна механіка денної та заочної форми навчання /Цивінда Н.І. - Кривий Ріг: КНУ, 2024
- 7.ДСТУ 3.1107-81. Базування та бази в машинобудуванні
- 8.Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. Навч. посібник - К.: Вища шк. 1993р. - 414с.
- 9.Кіяновський М.В., Цивінда Н.І., Цівко Ф.В. Довідник нормувальника машинобудівного виробництва. – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2008.
- 10.Методичні вказівки з курсу ”Системи ЧПК та програмування обробки деталей” до практичної роботи ”Розробка верстатно-інструментального налагодження на верстати з ЧПК”, для здобувачів спеціальності 131 Прикладна механіка денної та заочної форми навчання / Цивінда Н.І., - Кривий Ріг: КНУ, 2019.
11. Технологія машинобудування Горбатюк Е.О. Мазур М.П.,Зєнкін А.С., Каразей В.Д. Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-360 с.
12. Технологія обробки типових деталей (курсове проектування) Григурко О.І, Брендюля МФ., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008, 576 с.
- 13.Залога В. О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні Суми: СумДУ, 2013.
- 14.Кузнецов Ю.М. Верстати з ЧПУ та верстатні комплекси. Частина 2.-К.-Тернопіль.ТОВ «ЗМОК» -ПП «Гнозіс», 2001.-298 с.

					КНУ.КБР.131.25.1-06.СВЛ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ				Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Герула									
Перевір.		Пивінда									
Т.контр											
Н. Контр.		Нечаєв									
Затв.		Рязанцев									
					Кафедра ТМ, ПМ-21						

Дубл.														
Взам.														
Подл.									Змі	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
											Аркушів		Арк.	
Розроб.	Герула			КНУ						каф.ТМ гр.ПМ-21				
Перевір.	Цивінда													
Погодив														
Т. контр.	Нечаєв													
Н. Контр.	Рязанцев													
«ЗАТВЕРДЖУЮ»														
Зав. кафедрою технології машинобудування														
_____ (Рязанцев А.О.)														
«___» _____ 2025 р.														
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС <u>Виготовлення шпинделя</u> Виріб чорнова кліть стану МС 250 УЗГОДЖЕНО: Керівник _____ (Цивінда Н.І.) Розробила _____ (Герула Б.О.) Н.контроль _____ (Нечаєв В.П.) .														
ТП		ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС												

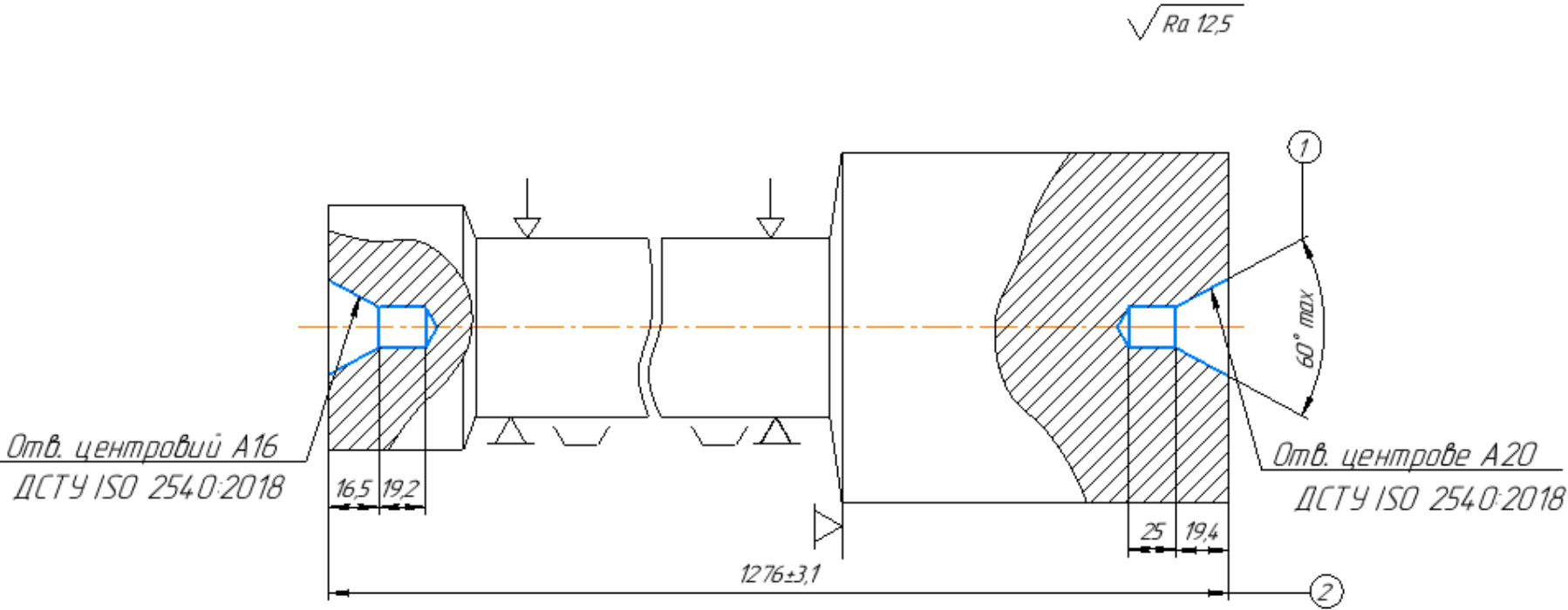
Дубл.														
Взам.														
Подл.									Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	
										Аркушів			Арк.	
Розроб.	Герула			КНУ				каф.ТМ	гр.ПМ-21					
Перевірив	Цивінда													
Узгод.														
Т. контр.	Нечаєв			Шпindelь										
Н.контр	Рязанцев													
Найменування операції				Матеріал		Твердість	ЕВ	МД	Профіль і розміри		МЗ	КОІД		
Контрольна				Сталь 40ХМА ДСТУ EN 1025-22008		HB735	кг	93,5	235x1270		121,3			
№ пер	Зміст переходу				Вимірювальний інструмент, пристосування			% кон-тролю	Особливі відмітки					
	Перевірити шорсткість поверхні Ø158d9				39.4341.xxxx			100	Візуально					
					Зразки шорсткості Ra1,6									
	Перевірити розмір Ø158H8				393450									
					Нутромір мікрометричний 75-600 _{0,01}			25	Виробничо					
	Розмір Ø50H7				393450 Нутромір мікрометричний 50-75 _{0,01}			25	Виробничо					
	Розмір Ø235				393311 Шангенциркуль			10	Виробничо					
					ШЦ-111-0-400 _{0,1}									
	Розмір 1270 _{-0,1}				393311 Штангенцикуль 0,1 500-1600			25	Виробничо					
ОКТК		ОПЕРАЦІЙНА КАРТА ТЕХНІЧНОГО КОНТРОЛЮ												

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

--	--	--	--	--

Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

									Аркушів	Аркуш
Розробн.	Герула			КНУ			каф. ТМ гр.ПМ-21			
Перевірів	Цивінда									
Узгод.										
Т. контр.	Нечаєв			Шпindelь						015
Н. Контр.	Рязанцев									

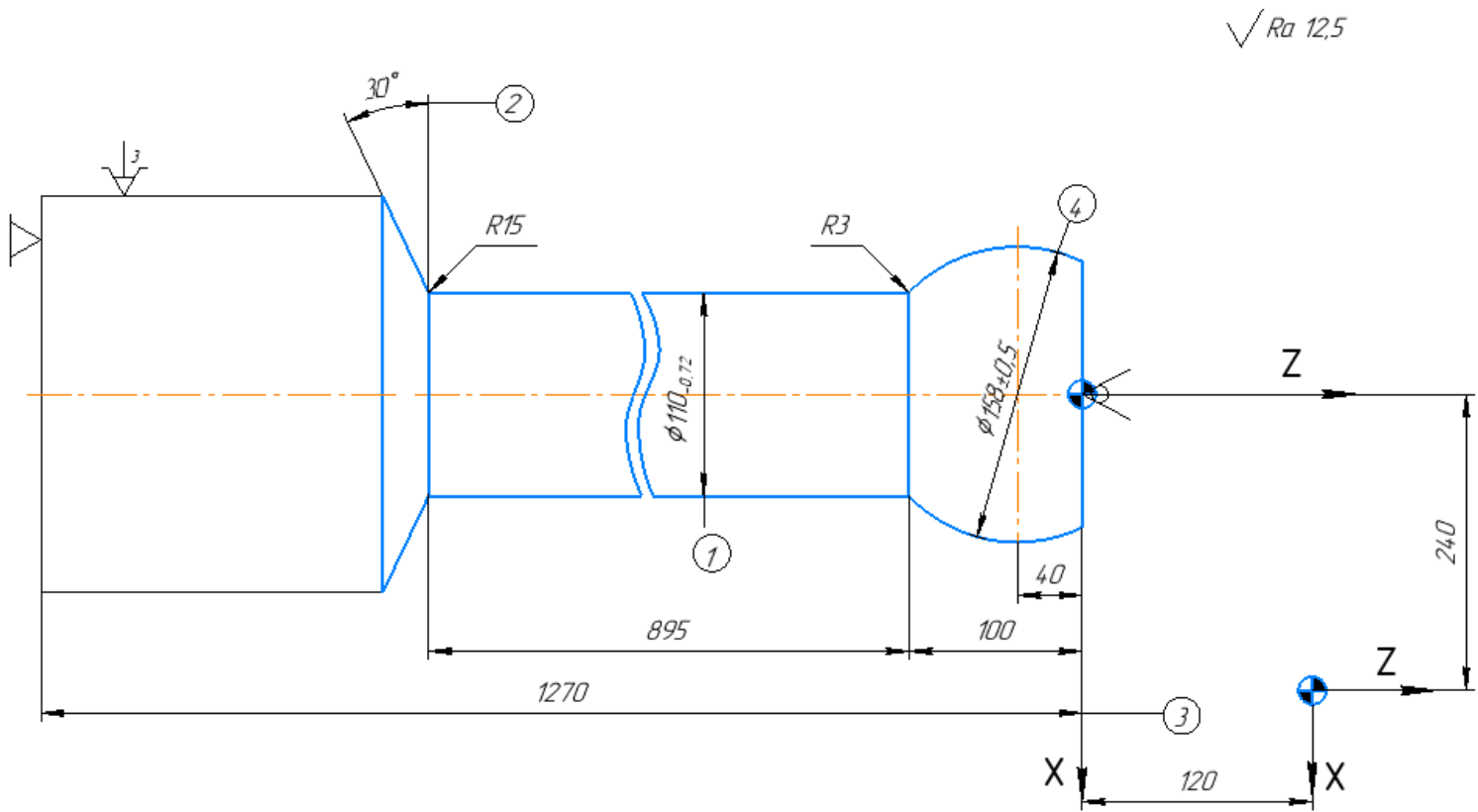


Дубл.			
Взам.			
Подл.			

Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата
			Аркушів	Аркуш

Розроб.	Герула		
Перевірив	Цивінда		
Узгод.			
Т. контр.	Нечаєв		
Н. Контр.	Рязанцев		

КНУ			каф.ТМ гр.ПМ-21		
Шпиндель					015



Дубл.			
Взам.			
Подл.			

--	--	--	--	--	--

Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата
			Аркушів	Аркуш

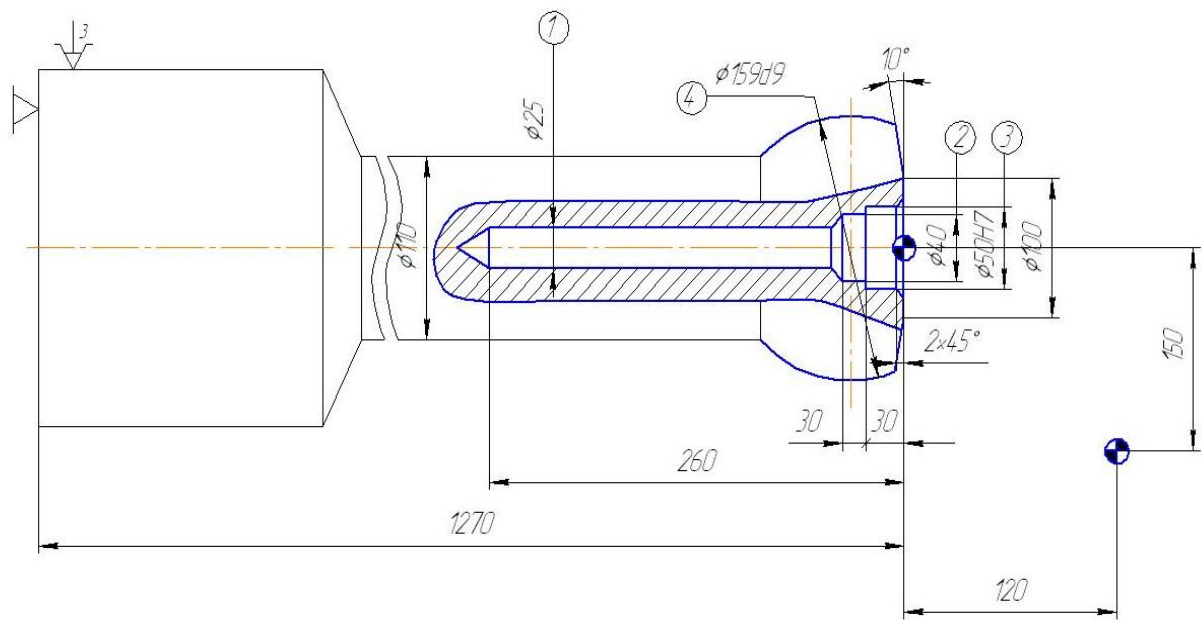
Розроб.	Герула		
Перевірів	Цивінда		
Узгод.			
Т. контр.	Нечаєв		
Н. Контр.	Рязанцев		

КНУ

каф.ТМ
гр.ПМ-21

Шпиндель

015



Дубл.			
Взам.			
Подл.			

--	--	--	--	--	--

Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата
			Аркушів	Аркуш

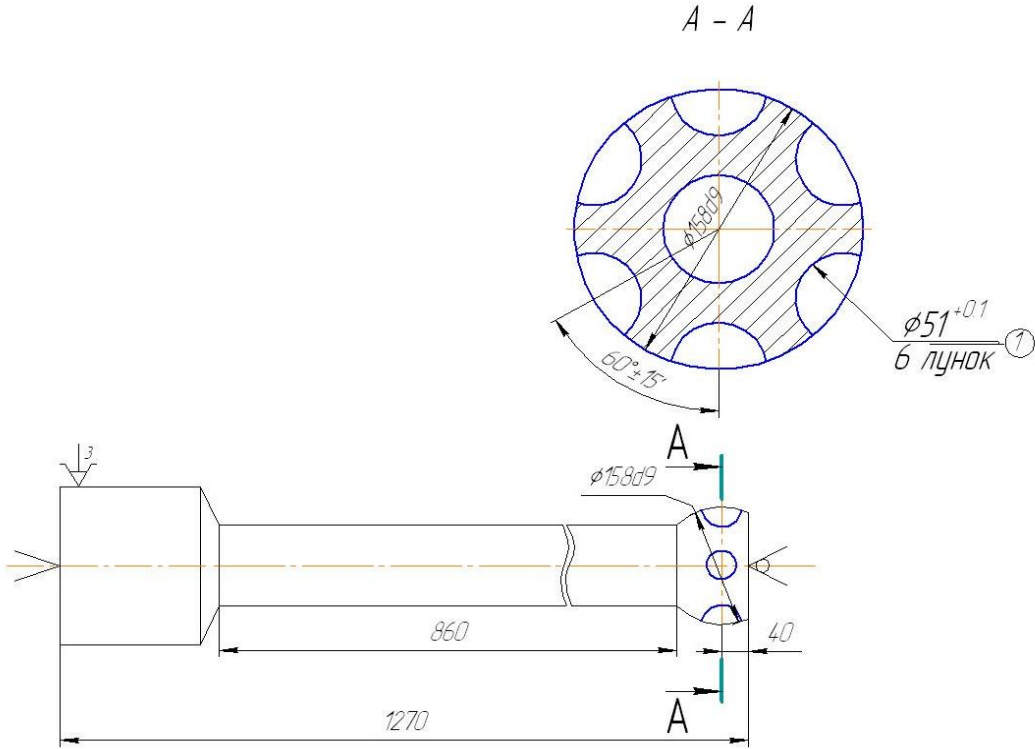
Розроб.	Герула		
Перевірів	Цивінда		
Узгод.			
Т. контр.	Нечаєв		
Н. Контр.	Рязанцев		

КНУ

каф.ТМ
гр.ПМ-21

Шпиндель

020



KE

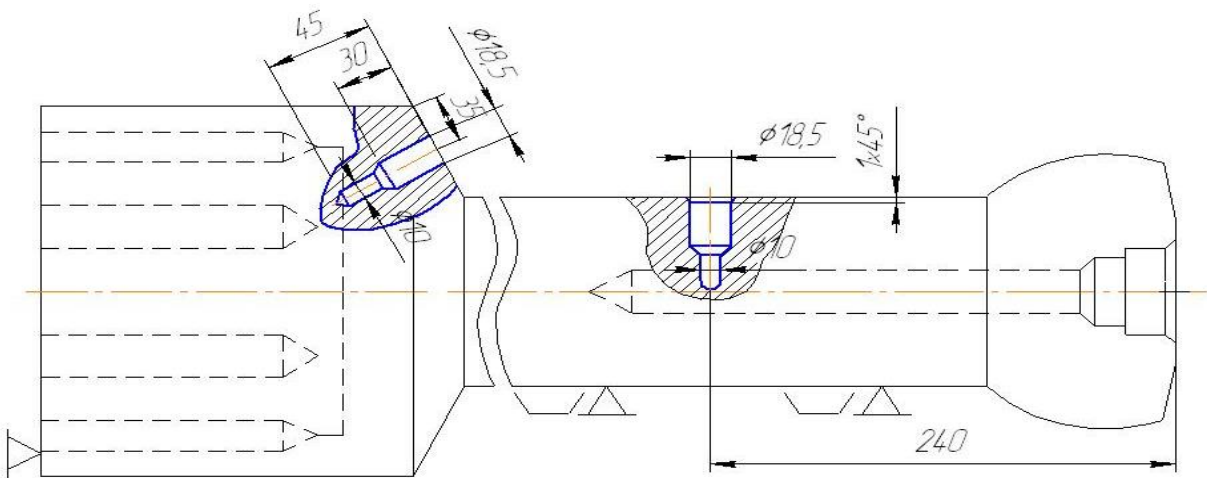
КАРТА ЕСКІЗІВ

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

--	--	--	--	--

Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

									Аркушів	Аркуш
Розроб.	Герула			КНУ			каф.ТМ гр.ПМ-21			
Перевірів	Цивінда									
Узгод.										
Т. контр.	Нечаєв			Шпindelь						035
Н. Контр.	Рязанцев									



Дубл.			
Взам.			
Подл.			

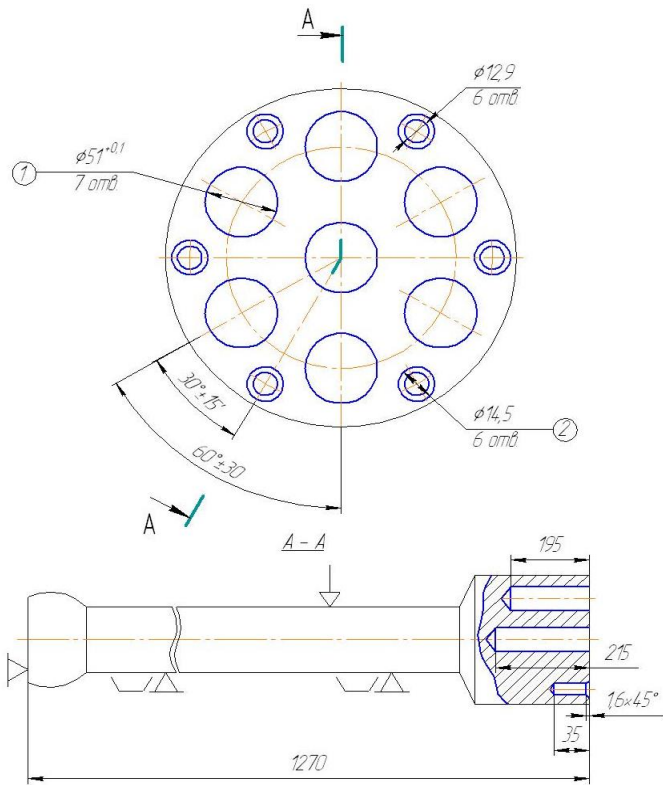
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

				Аркушів	Аркуш
--	--	--	--	---------	-------

Розроб.	Герула		
Перевірів	Цивінда		
Узгод.			
Т. контр.	Нечаєв		
Н. Контр.	Рязанцев		

КНУ			каф.ТМ гр.ПМ-21
-----	--	--	--------------------

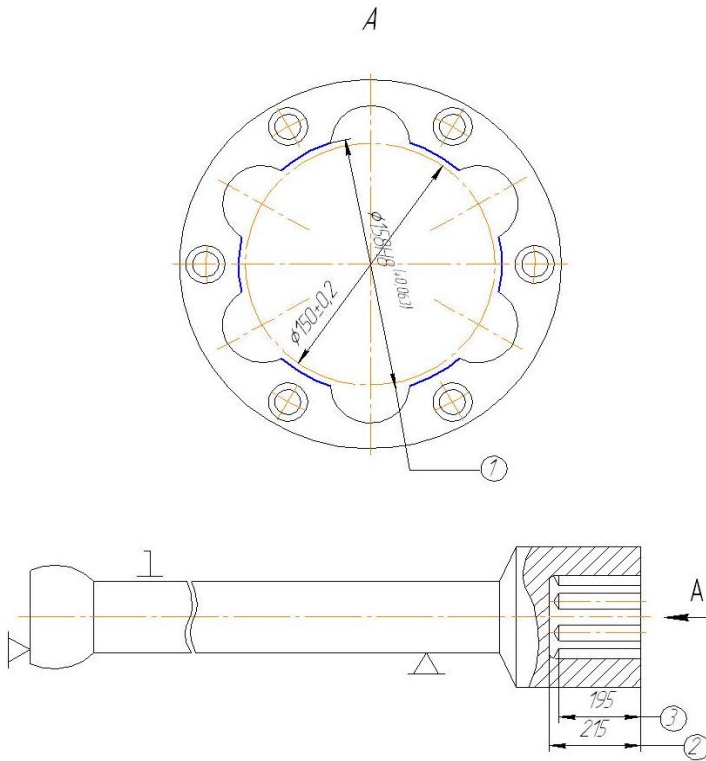
Шпindelь			040
----------	--	--	-----



Дубл.			
Взам.			
Подл.			

Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

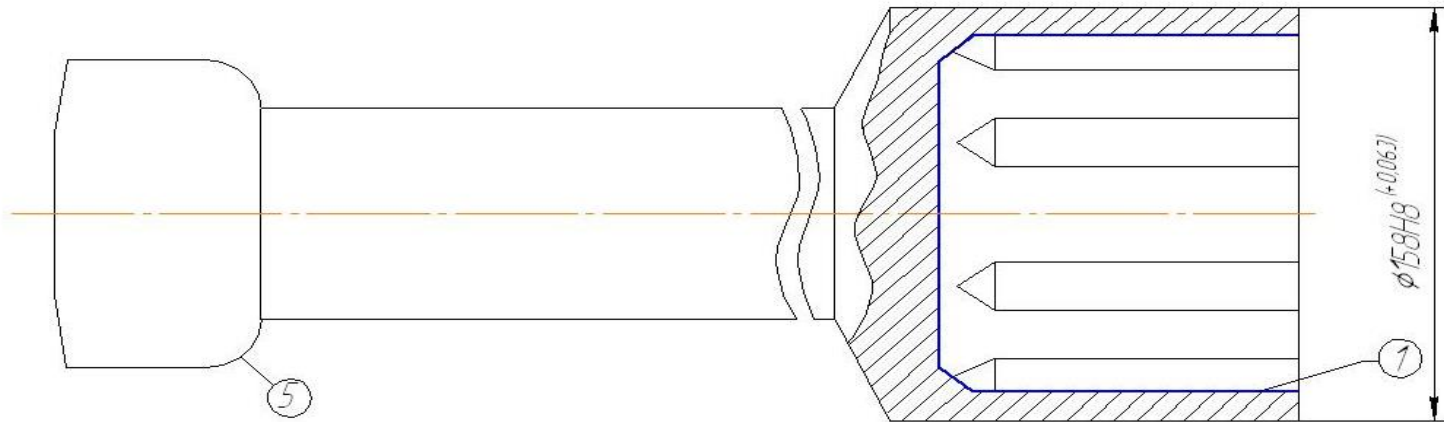
									Аркушів	Аркуш
Розроб.	Герула			КНУ			каф.ТМ			
Перевірів	Цивінда						гр.ПМ-21			
Узгод.										
Т. контр.	Нечаєв			Шпindelь						045
Н. Контр.	Рязанцев									



Дубл.			
Взам.			
Подл.			

Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

									Аркушів	Аркуш
Розроб.	Герула			КНУ			каф.ТМ гр.ПМ-21			
Перевірів	Цивінда									
Узгод.										
Т. контр.	Нечаєв			Шпindelь						055
Н. Контр.	Рязанцев									



KE

КАРТА ЕСКІЗІВ

Дубл.																																												
Взам.																																												
Подл.																																												
																				Змін.					Аркуш					№ докум.					Підпис					Дата				
																														Аркушів					Аркуш									
Розроб.					Герула															КНУ															каф.ТМ					гр.ПМ-21				
Перевірів					Цивінда																																							
Узгод.																																												
Т. контр.					Нечаєв															Шпindelь																								
Н. контр					Рязанцев																																							
M01		Сталь 40ХНМА ДСТУ EN 1025-22008																																										
M02		Код				ЕВ		МД		ЕН		Н. расх.		КИМ		Код загот.				Профіль і розміри				КД		МЗ																		
						КГ		93,5		1						41212х				Ø235х1270				1		121,5																		
А		Цех		Уч.		РМ		Опер.		Код, назва операції								Позначення документа																										
Б		Код, найменування обладнання																		СМ		Проф.		Р		УТ		КР		КОИД		ЕН		ОП		К шт		Т п.з.		Т шт.к				
A01		1		1		1		005		Заготовча																																		
A02		1		1		1		010		7915 Фрезерно-центрувальна								38,4																										
B03										391621 Фрезерно-центрувальний SYIL X9								18632		4		1		1		1		1		167		1												
A04		1		1		1		015		6414 Токарна								400																										
B05										381111 Токарний MAST ML SH8								18225		4		1		1		1		1		167		1												
A06		1		1		1		020		1304 Фрезерна								243,6																										
B07										381572 Фрезерний SYIL X9								18225		4		1		1		1		1		167		1												
A08		1		1		1		025		Контрольна																																		
09																																												
A10		1		1		1		030		5312 Свердлильна								184,3																										
B11										381211 Свердлильний Cormak WK50								17336		4		1		1		1		1		167		1												
A12		1		1		1		035		7115 Фрезерна																																		
B13										381611 Вертикально-фрезерний Zenitech VMC1000								18632		4		1		1		1		1		167		1		98,5										
14																																												
МК		МАРШРУТНА КАРТА																																										

Дубл.																					
Взам.																					
Подл.																					
															Змін.		Аркуш	№ докум.	Підпис		Дата
																	Аркушів		Аркуш		
Розроб.	Герула				КНУ												каф.ТМ гр.ПІМ-21				
Перевірів	Цивінда																				
Узгод.																					
Т. контр.	Нечасв								Шпindelь												
Н. контр	Рязанцев																				
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, назва операції						Позначення документа										
Б	Код, найменування обладнання						СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К шт	Т п.з.	Т шт.				
A01	1	1	1	040	3608 Розточувальна														273,6		
B02					381269 Горизонтально-розточувальний Fermat WFT 13						18217	4	1	1	1	1	167	1			
A03	1	1	1	045	6310 Токарна																
B04					381101 Токарно-гвинторізний JET GH-2040ZH DRO						18217	4	1	1	1	1	167	1	31,5		
A05					050	Термічна															
06																					
A07	1	1	1	055	4131 Круглошліфувальна																
B08					381311 Круглошліфувальний Bernardo URS 800 N													50,3			
A09	1	1	1	060	4131 Внутрішліфувальна																
B10					381311 Внутрішліфувальний Poleks KT 1600													67,7			
A11					065	Слюсарна															
12																					
13																					
14																					
15																					
16																					
17																					
МК	МАРШРУТНА КАРТА																				

Дубл.																
Взам.																
Подл.									Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата			
												Аркушів	Аркуш			
Розроб.	Герула			КНУ					каф.ТМ гр.ПІМ-21							
Перевірив	Цивінда															
Узгод.																
Т. контр.	Нечасів			Шпіндель										010		
Н. контр	Рязанцев															
Найменування операції				Матеріал		Твердість		ЕВ	МД	Профіль і розмір			МЗ	КОИД		
Фрезерно-центрувальна				Сталь 40ХНМА ДСТУ EN 1025-22008		НВ 735			93,5				121,3			
Обладнання, пристрій ЧПК				Позначення операції		Т о		Т в		Т пз		Т шт		СОЖ		
SYIL X9						32,28		3,22		6,36		36,5		-		
Р						ПІ	Д або В		L		t		i	S	n	V
О 01	Встановити, закріпити, зняти, УСПМ															
Т 02	Фрезерувати торці 2, фреза торцева права, фреза торцева ліва															
Р 03						1	1276		17,5		1	0,07	100	54,6		
04																
О 05	Встановити, закріпити, зняти, УСПМ															
Т 06	Центрувати 2 отвори 1. Свердло центрувальне ДСТУ ISO 2540:2018															
Р 07						2	1276		-		1	0,19	160	18,4		
08																
09																
10																
11																
12																
13																
14																
ОК	ОПЕРАЦІЙНА КАРТА															

Дубл.																
Взам.																
Подл.									Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата			
										Аркушів					Аркуш	
Розроб.	Герула			КНУ							каф.ТМ гр.ПМ-21					
Перевірив	Цивінда															
Узгод.																
Т. контр.	Нечасів			Універсальний шаровий шпіндель										015		
Н. контр.	Рязанцев															
Найменування операції				Матеріал		Твердість		ЕВ	МД	Профіль і розмір			МЗ	КОИД		
Токарна				Сталь 40ХНМА ДСТУ EN 1025-22008		НВ 735			93,5				121,3			
Обладнання, пристрій ЧПК				Позначення операції		Т о		Т в		Т пз		Т шт.		СОЖ		
MAST ML SH8						361,31		22,93		44,1		383,2		укрінол		
Р						ПИ	Д або В		L		t		i	S	n	V
О 01	Встановити, закріпити, зняти, центри, поводковий патрон															
Т 02	Точити з переустановом поверхні 4,3,2,1, Різець															
Р 03						1			1276	5,0	1	0,63	200	100		
04																
Т 05	Свердлити отвори 5,6,7,8,4. Свердло															
Р 06						2	25	250		12,5	1	0,23	280	14,6		
07																
08																
09																
10																
11																
12																
13																
14																
ОК	ОПЕРАЦІЙНА КАРТА															

Дубл.														
Взам.														
Подл.									Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	
													Аркушів	Аркуш
Розроб.	Герула			КНУ					каф.ТМ гр.ПМ-21					
Перевірів	Цивінда													
Узгод.														
Т. контр.	Нечасв			Шпindelь										020
Н. контр	Рязанцев													
Найменування операції				Матеріал		Твердість		ЕВ	МД	Профіль і розміри			МЗ	КОИД
Фрезерна				Сталь 40ХНМА ДСТУ EN 1025-22008		НВ 735			93,5				121,3	
Обладнання, пристрій ЧПК				Позначення операції		Т о		Т в		Т пз		Т шт.		СОЖ
SYIL X9						182,5		34		70,2		216,5		-
Р						ПИ	Д або В		L	t	i	S	n	V
О 01	Встановити, закріпити, зняти, УСП, ділильна головка													
Т 02	Фрезерувати послідовно 6 лунок 13. Фреза фасонна Dф-64													
Р 03						51			29,5	1	0,25	485	29,5	
04														
05														
06														
07														
08														
09														
10														
11														
12														
13														
14														
ОК	ОПЕРАЦІЙНА КАРТА													

Дубл.															
Взам.															
Подл.									Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		
													Аркушів	Аркуш	
Разраб.	Герула			КНУ			каф.ТМ гр.ПМ-21								
Перевірів	Цивінда														
Узгод.															
Т. контр.	Нечасв														
Н. контр	Рязанцев			Шпindelь										030	
Найменування операції				Матеріал		Твердість		ЕВ	МД	Профіль і розміри			МЗ	КОИД	
Свердлильна				Сталь 40ХНМА ДСТУ EN 1025-22008		НВ 735			93,5				121,3		
Обладнання, пристрій ЧПК				Позначення програми		Т о		Т в		Т пз		Т шт.		СОЖ	
Cormak WK50						82,5		70,5		16,5		172,2		укрінол	
Р						ПИ	Д або В		L	t	i	S	n	V	
О 01	Встановити, вивірити, закріпити, призьми, упор														
Т 02	Свердлити 6 отворів 14, свердло Ø5														
Р 03							5				1	0,11	125	28,2	
04															
05															
06															
07															
08															
09															
10															
11															
12															
13															
14															
ОК	ОПЕРАЦІЙНА КАРТА														

Дубл.												
Взам.												
Подл.						Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис			
						Аркушів		Аркуш				
Розроб.	Герула			КНУ			каф.ТМ гр.ПМ\21					
Перевірив	Цивінда											
Узгод.												
Т. контр.	Нечасв			Шпindelь						035		
Н. контр	Рязанцев											
Найменування операції				Матеріал		Твердість	ЕВ	МД	Профіль і розміри		МЗ	КОИД
Фрезерна				Сталь 40ХНМА ДСТУ EN 1025-22008		НВ 735		93,5			121,3	
Обладнання, пристрій ЧПК				Позначення програми		Т о	Т в	Т пз	Т шт.		СОЖ	
Zenitech VMC1000						86,74	11,4	50	97,14		укрінол	
Р						ПІ	Д або В	L	t	i	S	n V
О 01	Встановити, вивірити, закріпити, призми, упор											
Т 02	Свердлити 2 отвори 16. Свердло Ø10											
Р 03						10	45		1	0,25	764	24
04												
Т 05	Розсвердлити 2 отвори15. Свердло Ø18											
Р 06						18,5	30		1	0,55	795	12,5
07												
Т 08	Зенкерувати фаски 2-х отворів 1,6x45 16;15. Зенкер Ø25											
Р 09									1	0,55	795	12,5
10												
11												
12												
13												
14												
ОК	ОПЕРАЦІЙНА КАРТА											

Дубл.											
Взам.											
Подл.											
				Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата			
								Аркушів	Аркуш		
Розроб.	Герула			КНУ			каф.ТМ гр.ПМ-21				
Перевірив	Цивінда										
Узгод.											
Т. контр.	Нечасв			Шпindelь							
Н. контр	Рязанцев										
Найменування операції				Матеріал		Твердість	ЕВ	МД	Профіль і розміри	МЗ	КОИД
Розточна				Сталь 40ХНМА ДСТУ EN 1025-22008		НВ 735		93,5		121,3	
Обладнання, пристрій ЧПК				Позначення програми		Т о	Т в	Т пз	Т шт.	СОЖ	
Fermat WFT 13						140,22	74,92	44,1	3256,01	укрінол	
Р						ПН	Д або В	L	t	i	S
О 01	Встановити, вивірити, закріпити, УСП										
Т 02	Свердли 7 отворів 11, свердло Ø50										
Р 03						50	195	25	0,07	63	10,5
04											
Т 05	Свердли 6 отворів 10 , свердло Ø14,5										
Р 06						14,5	35	7,25	0,61	200	31,4
07											
Т 08	Зенкувати фаску 1,6x45° в 6 отворах 10										
Р 09						14,5			0,61	200	31,4
10											
Т 11	Нарізати різьбу М16 в 6 отворах 10, мітчик М16										
Р 12									1,25	63	10,5
Т 13	Центрувати осьовий отвір, свердло центрувальне Ø6,3										
Р 14						6,3		3,15	0,61	200	12,5
ОК	ОПЕРАЦІЙНА КАРТА										

ДСТУ ГОСТ 3.1404-86										Форма 2				
Дубл.														
Взам.														
Подл.														
						Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата				
									Аркушів	Аркуш				
Розроб.	Герула			КНУ						каф.ТМ гр.ПМ-21				
Перевирів	Цивінда													
Узгод.														
Т. контр.	Нечаєв			Шпindelь								045		
Н. контр	Рязанцев													
Найменування операції				Матеріал		Твердість		ЕВ	МД	Профіль і розміри		МЗ	КОИД	
Токарна				Сталь 40ХНМА ДСТУ EN 1025-22008		НВ 735			93,5			121,3		
Обладнання, пристрій ЧПК				Позначення програми		Т о		Т в		Т пз		Т шт. СОЖ		
JET GH-2040ZH DRO						27,5		0,95		1,2		31,5 укрінол		
Р						ПИ	Д або В		L	t	i	S	n	V
О 01	Встановити, вивірити, закріпити, трикулачковий патрон з упором в обертovому центрі													
Т 02	Розточити отвір 12. Різець розточний спеціальний													
Р 03						158	195	54	0,55		800	217		
04														
05														
06														
07														
08														
09														
10														
11														
12														
13														
14														
ОК	ОПЕРАЦІЙНА КАРТА													

Дубл.															
Взам.															
Подл.									Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		
													Аркушів	Аркуш	
Розроб.	Герула			КНУ							каф.ТМ гр.ПМ-21				
Перевірів	Цивінда														
Узгод.															
Т. контр.	Нечасв			Шпindelь										055	
Н. контр	Рязанцев														
Найменування операції				Матеріал		Твердість		ЕВ	МД	Профіль і розміри			МЗ	КОИД	
Круглошліфувальна				Сталь 40ХНМА ДСТУ EN 1025-22008		НВ 735			93,5				121,3		
Обладнання, пристрій ЧПК				Позначення програми		Т о		Т в		Т пз		Т шт.		СОЖ	
Bernardo URS 800 N						178,83		23,4		8,25		364,45		укрінол	
Р						ПИ	Д або В		L	t	i	S	n	V	
О 01	Встановити, вивірити, закріпити, призьми, СВП														
Т 02	Шліфувати сферичну головку 4, сферичні лунки 13. Круг ПП300x20x51 20СМ210														
Р 03															
04															
05															
06															
07															
08															
09															
10															
11															
12															
13															
14															
ОК	ОПЕРАЦІЙНА КАРТА														

Дубл.															
Взам.															
Подл.									Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		
												Аркушів	Аркуш		
Розроб.	Герула			КНУ					каф.ТМ гр.ПМ-21						
Перевірив	Цивінда														
Узгод.															
Т. контр.	Нечасв			Шпindelь										060	
Н. контр	Рязанцев														
Найменування операції				Матеріал		Твердість		ЕВ	МД	Профіль і розміри			МЗ	КОИД	
Внутрішньошліфувальна				Сталь 40ХНМА ДСТУ EN 1025-22008		НВ 735			93,5				121,3		
Обладнання, пристрій ЧПК				Позначення програми		Т о		Т в		Т пз		Т шт.		СОЖ	
Poleks KT 1600						58,3		2,8		2,5		65,2		укрінол	
Р						ПИ	Д або В		L	t	i	S	n	V	
О 01	Встановити, вивірити, закріпити, призми, СВП														
Т 02	Шліфувати порожнину 12 і напівциліндричні пази 11. Круг ППА300 НСТ195x138x16x8														
Р 03															
04															
05															
06															
07															
08															
09															
10															
11															
12															
13															
14															
ОК	ОПЕРАЦІЙНА КАРТА														

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

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-
ЗАСВІДЧУЮЧИХ АРКУШІВ**

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення
деталі «Шпиндель» та обґрунтування параметрів надійності процесу
за допомогою CAD/CAM/CAE систем

Виконав здобувач гр. ПМ-21

(підпис)

Богдан Герула

Керівник КБР

(підпис)

Наталія ЦИВІНДА

Нормоконтроль

(підпис)

Василь НЕЧАЄВ

Завідувач кафедри

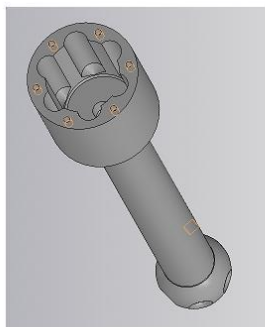
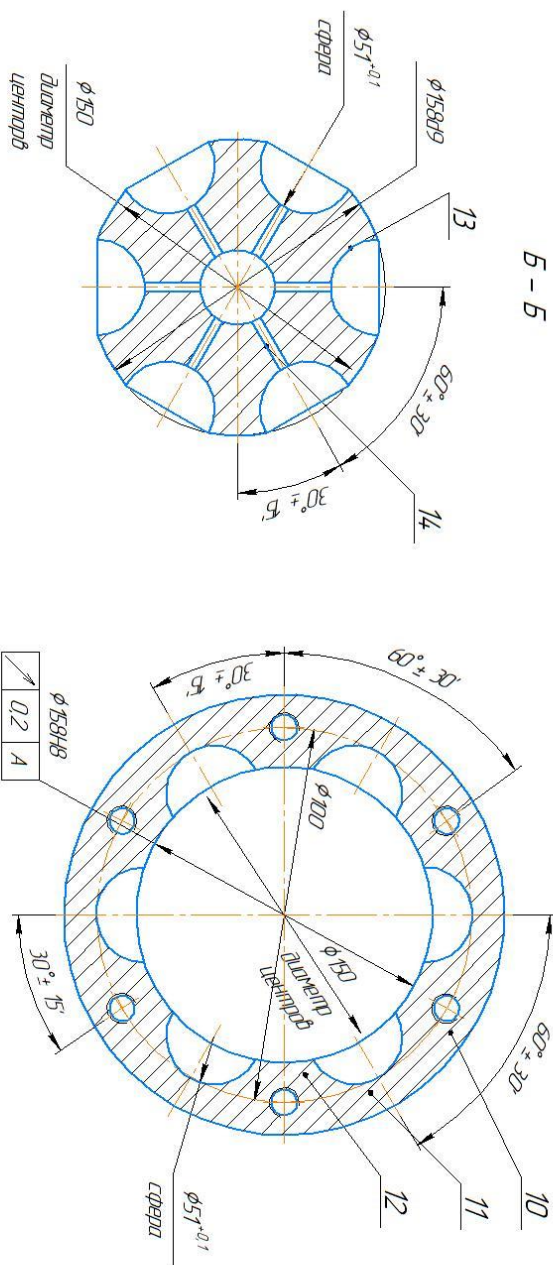
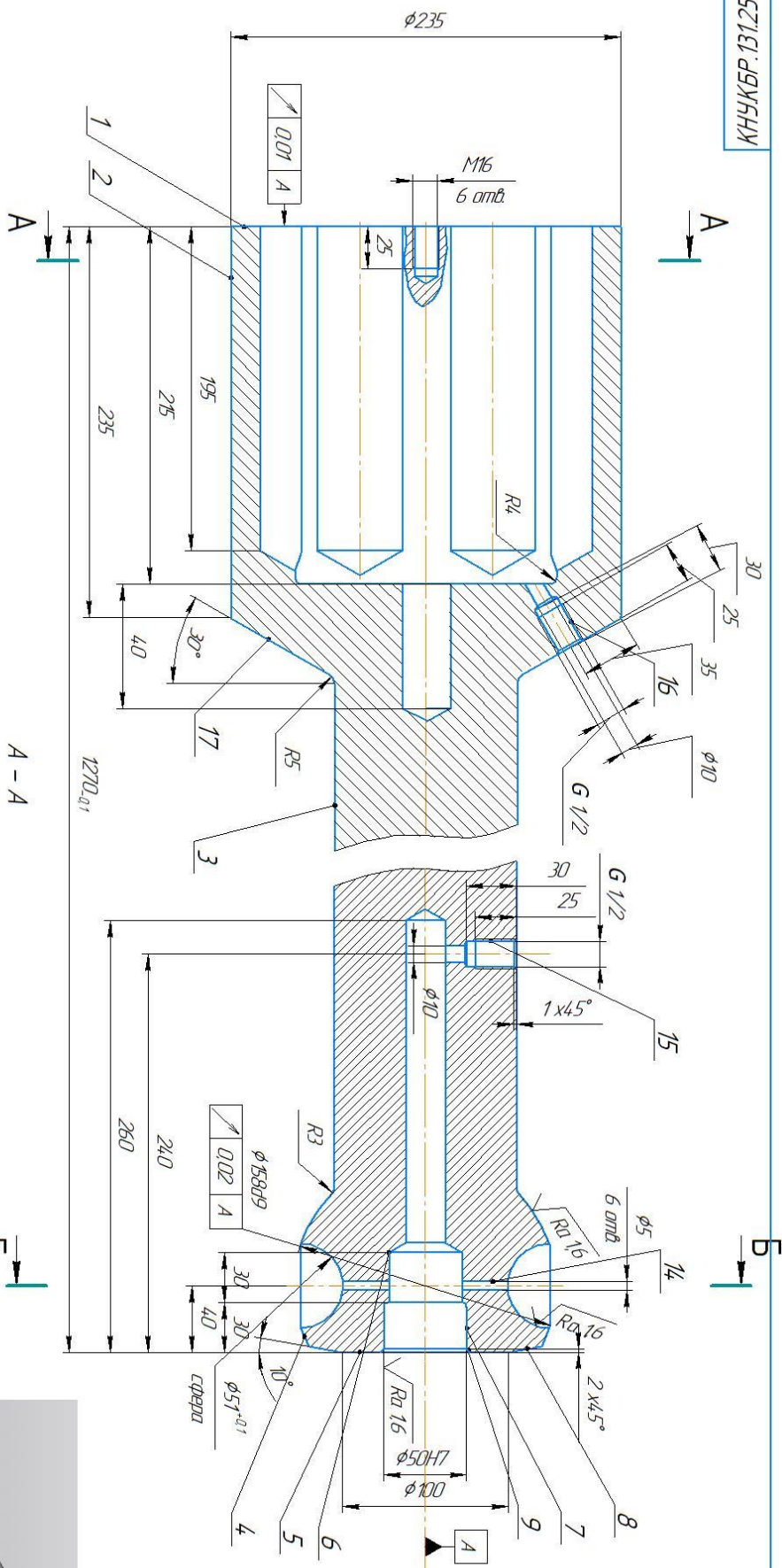
(підпис)

Антон РЯЗАНЦЕВ

Кривий Ріг
2025 р.

[illegible]

Подп. и дата	
--------------	--

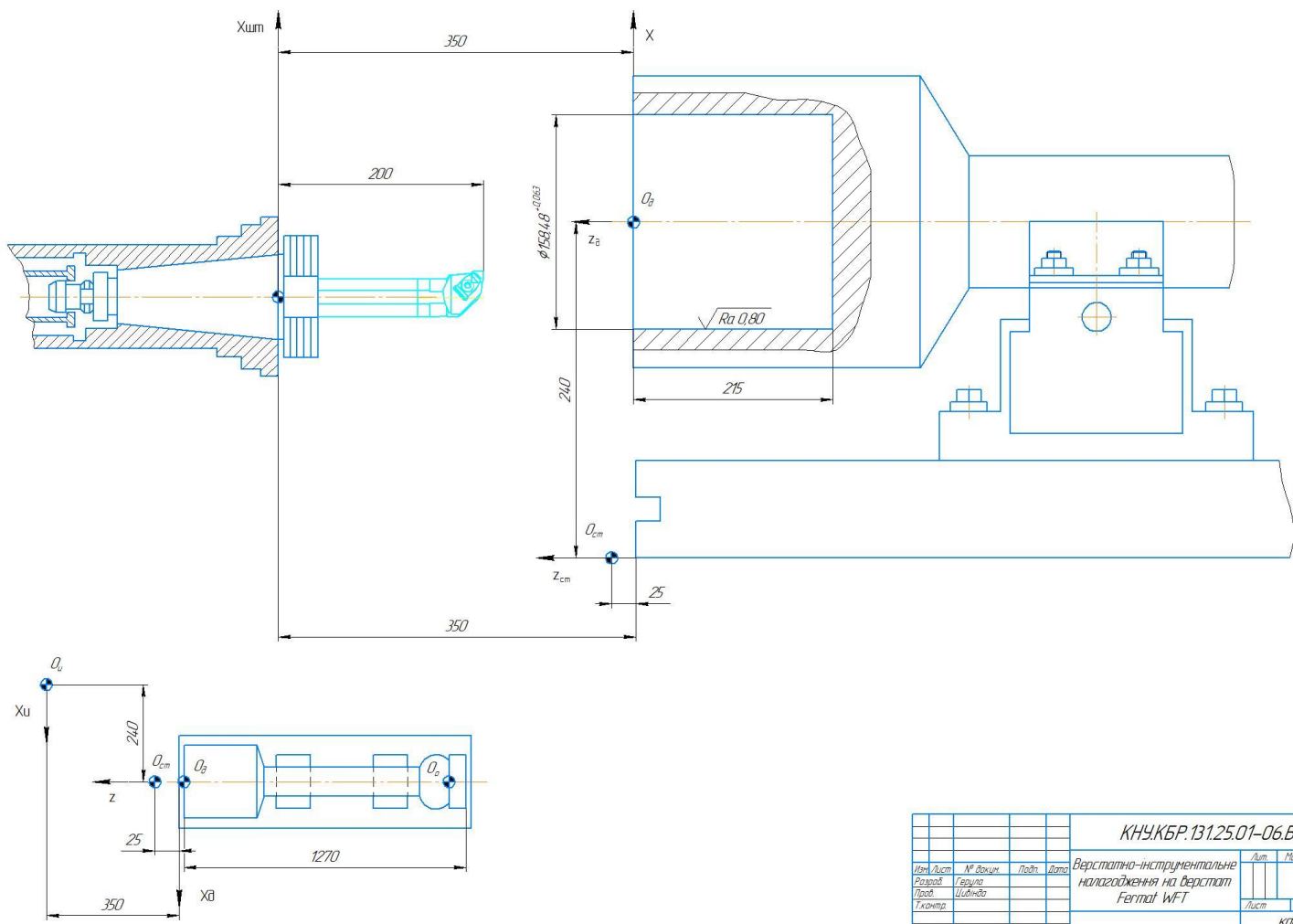
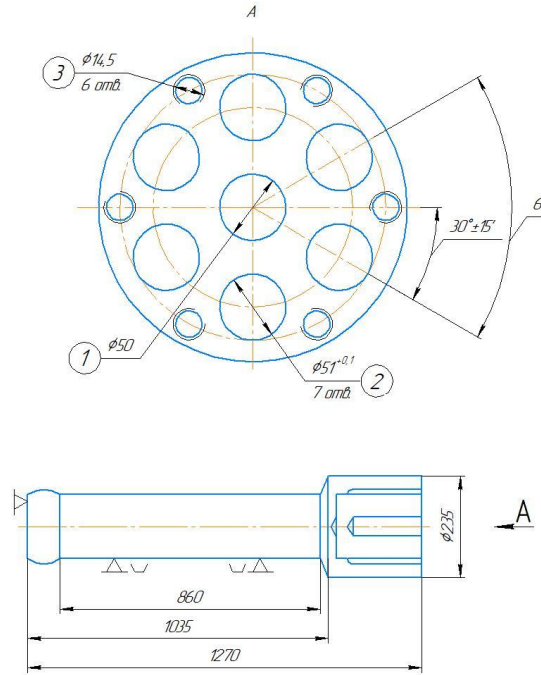
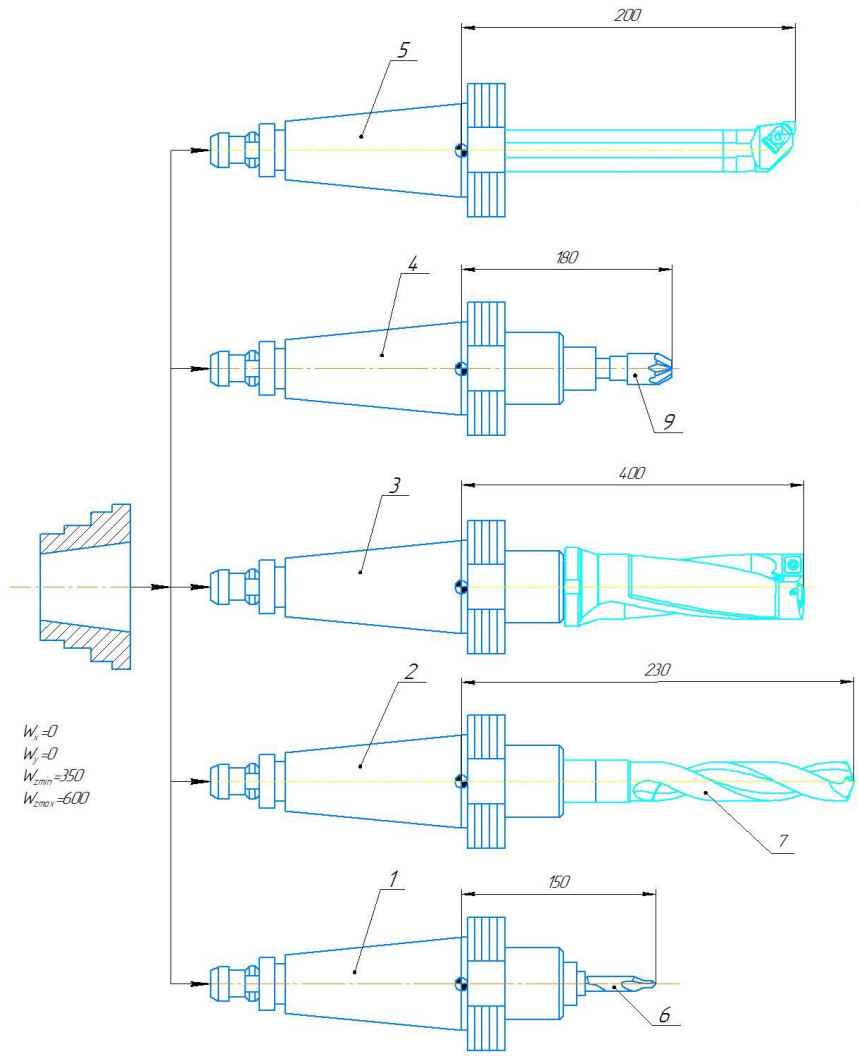


1. Поміщення НВ 269: 289.
2. Підв'язки надповерхових пазів Ø 57^{ст1}, сферичних лючок Ø 57^{ст1}, сфери Ø 158^{ст1}, термообробити до твердості НРС 45-55.
3. Гострі кромки притупити.
4. Невказані з'являючі відхилення розмірів отворів НН, вивід НН, останні $\pm \frac{IT_1}{2}$.

[illegible]

[illegible]

№ позиції	Найменування
1	Опрабка з конусом 7:24. Для регулюємих патронів та втулок
2	Опрабка з конусом 7:24. Для регулюємих патронів та втулок
3	Опрабка з конусом 7:24. Для регулюємих патронів та втулок
4	Опрабка з конусом 7:24. Для зенкерів та роззорток
5	Опрабка з конусом 7:24. Для напівчистової та чистової обробки
6	Свердло $\phi 6,5$ DIN 6537B
7	Свердло $\phi 14,5$ DIN 6537B
8	Свердло $\phi 50$ ISO 9766
9	Зенкер $\phi 16$
10	Різець розточний ISO 1832-2004



КНУКБР.131.25.01-06.ВН				Верстатно-інструментальне наладження на верстат Fertat WFT		Лист 1	
Мен. Лист	№ докум.	Лист	Дата	Лист	Масштаб	1:1	
Розроб.	Гарбуз	Лист	Дата	Лист	Масштаб	1:1	
Проб.	Лібіна	Лист	Дата	Лист	Масштаб	1:1	
Голов.		Лист	Дата	Лист	Масштаб	1:1	
Налостр.	Рендер	Лист	Дата	Лист	Масштаб	1:1	
Змін.	Розточ.	Лист	Дата	Лист	Масштаб	1:1	

