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

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Підвищення ефективності виробництва вузлів опорних бурових верстатів за рахунок використанням CAD/CAM технологій в проектуванні технологічного процесу виготовлення шпинделя.

Виконав: магістрант
групи ПМ-23м
Ковалевський А.В.

Керівник КМР:
к.т.н., доцент
Цивінда Н.І.

Кривий Ріг
2024 р.

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Підвищення ефективності виробництва вузлів опорних бурових верстатів за рахунок використанням CAD/CAM технологій в проектуванні технологічного процесу виготовлення шпинделя.

Виконав магістрант гр. ПМ-23м _____ Ковалевський А.В.
(підпис)

Керівник КМР _____ Цивінда Н.І.
(підпис)

Нормоконтроль _____ Нечаєв В.П.
(підпис)

Завідувач кафедри _____ Рязанцев А.О.
(підпис)

м. Кривий Ріг
2024 р.

Криворізький національний університет
Факультет: механічної інженерії та транспорту
Кафедра: технології машинобудування
Ступінь вищої освіти: магістр
Спеціальність: 131 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма: Технології машинобудування

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

(підпис)

(дата)

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну магістерську роботу

Магістранта гр. ПМ-23м Ковалевського Артема Володимировича

1. Тема: Підвищення ефективності виробництва вузлів опорних бурових верстатів за рахунок використанням CAD/CAM технологій в проектуванні технологічного процесу виготовлення шпинделя.

2. Керівник КМР: доц., к.т.н. Цивінда Н.І.
Затверджена наказом по КНУ № 858с від « 18» 09 2024 р.

3. Термін подання магістрантом закінченої роботи 06.12.2024р.

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

5. Зміст пояснювальної записки: 1Проектування технологічного процесу складання. 2 Техніко-економічний аналіз вихід даних. 3 Проектування технологічного поцесу. 4. Техніко-економічне обгрунтування варіантів обробки. 5. Розробка РТК. 6. Проектування технологічного оснащення 7 Наукова частина

6. Перелік графічного матеріалу: 1. Складальне креслення. 2. Шпиндель. 3. Шпиндель (поковка). 4. Ескізи операцій. 5. Верстатно-інструментальне налагодження. 6. Верстатне пристосування. 7. Контрольне пристосування. 8. Наукова частина.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Організаційно-економічна підготовка виробництва	Цивінда Н.І. к.т.н., доцент		

7. Календарний план:

Розділи пояснювальної записки	**Термін виконання**
1 Розробка та узгодження технічного завдання	12.09.2024
2 Проектування технологічного процесу складання	28.09.2024
2.1 Службове призначення виробу	05.10.2024
3 Техніко-економічний аналіз вихідних даних	15.10.2024
4 Проектування технологічного процесу обробки деталі	18.10.2024
5 Розробка РТК	23.10.2024
6 Проектування технологічного оснащення	06.11.2024
7 Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу	16.11.2024
Наукова частина	17.11.2024
Висновки	20.11.2024
Додатки	20.11.2024
Попередній захист	21.11.2024

Дата видачі завдання: «____» _____ 2024 р.

Завдання видав керівник
кваліфікаційної магістерської роботи _____ / Цивінда Н.І./

Завдання отримав
магістрант _____ /Ковалевський А.В./

РЕФЕРАТ

Об’єктом проектування є технологічний процес для виготовлення деталі шпиндель.

Мета роботи: підвищити ефективність виробництва за рахунок розробки прогресивного технологічного процесу механічної обробки шпинделя з використанням CAD/CAM технологій. Для цього було проектоване та розраховане пристосування для обробки деталі та контролю параметрів заданих технічними умовами. По заданій річній програмі N_p=2000шт. визначений серійний тип виробництва, розроблений маршрутний, операційний, технологічний процес, обрано обладнання і різальний інструмент, розраховані й вибрані припуски на обробку, режими різання.

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

БУРОВИЙ ВЕРСТАТ, ВУЗОЛ ОПОРНИЙ, ШПИНДЕЛЬ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ОСНАЩЕННЯ, НОРМУВАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНА ДОКУМЕНТАЦІЯ

ABSTRACT

The design object is a technological process for the manufacture of spindle parts.

The purpose of the work: to increase the efficiency of production due to the development of a progressive technological process of mechanical processing of the spindle using CAD/CAM technologies. For this, a device was designed and calculated for processing the part and controlling the parameters specified by the technical conditions. According to the given annual program Np=2000 pieces. the serial type of production is determined, the routing, operational, technological process is developed, the equipment and cutting tool are selected, the allowances for processing are calculated and selected, cutting modes.

As a result of the technical and economic analysis, the efficiency of the developed variant of the technological process in comparison with the basic one is shown.

DRILL MACHINE, SUPPORT UNIT, SPINDLE, TECHNOLOGICAL PROCESS, EQUIPMENT, STANDARDIZATION, TECHNOLOGICAL DOCUMENTATION

					КНУ.КМР.131.24.1-09.Р		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Ковалевський			РЕФЕРАТ	Літ.	Арк. / Акрушів
Перевір.		Пивінла					
Н. Контр.		Нечаєв				Каф. ТМ, гр.ПМ-23м	
Зав. каф.		Рязанцев					

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Документація		
А4		1	КНУ.КМР.131.24.1-09.ПЗ	Пояснювальна записка		
				Графічна частина		
А1		2	КНУ.КМР.131.24.1-09.КС	Креслення складальних	1	
				розмірних ланцюгів		
А3		3	КНУ.КМР.131.24.1-09.КШ	Креслення шпинделя	1	
А3		4	КНУ.КМР.131.24.1-09.КШП	Креслення шпинделя (поковка)		
А1		5	КНУ.КМР.131.24.1-09.КЕ	Креслення ескізів	2	
				операцій		
А1		6	КНУ.КМР.131.24.1-09.КІН	Креслення інструментального	1	
				налагодження		
А1		7	КНУ.КМР.131.24.1-09.КВП	Креслення верстатного	1	
				пристосування		
А4		8	КНУ.КМР.131.24.1-09.ПП	Пристосування для перевірки		
				ширини шпоночного пазу	1	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Ковалевський		
Пров.		Цивінда		
Н.контр.		Нечаєв		
Утв.		Рязанцев		

КНУ.МВР.131.24.1-09.ВО

ВІДОМІСТЬ ОБ'ЄМУ КМР

Лит.	Лист	Листов
Н	1	2

Каф. ТМ
гр. ПМ-23м

Копировал

Формат А4

ЗМІСТ

Стор.

Вступ
1 Проектування технологічного процесу складання вузла
1.1 Призначення та умови роботи машини
1.2 Виявлення та розрахунок лінійних та кутових розмірних ланцюгів
1.3 Технологічний процес складання
2. Техніко-економічний аналіз вихідних даних проекту
2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін.
2.2. Аналіз якості поверхонь деталі.
2.3. Технічний контроль робочого креслення.
2.4 Аналіз технологічності деталі.
2.5 Вибір типу виробництва . Задачі проектування.
3 Проектування технологічного процесу
3.1 Вибір, техніко-економічне обґрунтування й проектування заготовок.
3.2. Проектування кування.
3.3. Техніко-економічне обґрунтування методу одержання заготовок.
3.4. Вибір і обгрунтування баз
3.5 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь.
3.6 Розробка маршруту обробки деталі.
3.7 Розробка технологічних операцій
3.8 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку
3.9 Вибір міжопераційних розмірів і припусків на обробку
3.10 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій
4 Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу
6 Розробка розрахунково-технологічної карти та керуючої програми на верстат з ЧПК.
6 Проектування технологічного оснащення
7 Науково-дослідна частина
Список використаних джерел
Висновки
Додатки

					КНУ.КМР.131.24.1-09.3			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Ковалевський			ЗМІСТ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Пивінла						
						Каф. ТМ, гр.ПМ-23м		
Н. Контр.		Нечаєв						
Зав. каф.		Рязанцев						

ВСТУП

Машинобудування, що забезпечує продукцією всі галузі народного господарства, визначає рівень технічного прогресу й впливає на створення матеріально-технічної бази. У зв'язку із цим розвитку машинобудування надається першорядне значення. Одним з факторів, що підвищує рівень машинобудування є розробка прогресивних технологічних процесів.

Виходячи із цього я обрав актуальне питання підвищення ефективності виробництва вузлів бурового верстату за рахунок використання CAD/CAM технологій в проектуванні технологічного процесу виготовлення шпинделю. Для цього був проведений конструкторський аналіз розмірних ланцюгів, обраний метод складання, який визначив точність виготовлення деталі шпиндель. На базовому підприємстві виготовляється буровий верстат з виготовленням комплектуючих деталей.

В проекті розробляються прогресивний технологічний процес обробки деталі шпиндель в умовах серійного виробництва, (програма випуску деталей по 2000 тис. шт.). Технологічний процес спроектований під прогресивні технології виготовлення деталей, із застосуванням продуктивного устаткування з ЧПУ.

Заготовка обрана з урахуванням техніко-економічного аналізу.

На деталь розраховані припуски й лінійні розміри, що враховують досягнення кінцевої точності розміру з мінімальною собівартістю, а так само призначені прогресивні режими різання й здійснене нормування технологічного процесу виготовлення деталей.

В роботі розглянуті довготривалі спостереження за роботою бурових установок у різних гірничо-геологічних та кліматичних умовах, а також низка досліджень і змін у коментарях, пропозиціях і побажаннях гірничих підприємств, що дозволили покращити конструкцію установок. Під час буріння вибухових свердловин у складних структурних масивах гірських порід однією з основних недоліків методу буріння за допомогою роликових конусів є збільшена вібрація бурового струни, що змушує операторів працювати в режимах, які нижчі за ті, що зазначені в паспорті установки.

В альбомі технологічних карт наведені маршрутні та операційні карти для деталей.

1 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ ВУЗЛА

1.1 Призначення та умови роботи машини

Деталь шпиндель входить до складу Опорного вузла, який в свою чергу входить до складу верстату СБШ-250МНА-32 (рис.1.1)

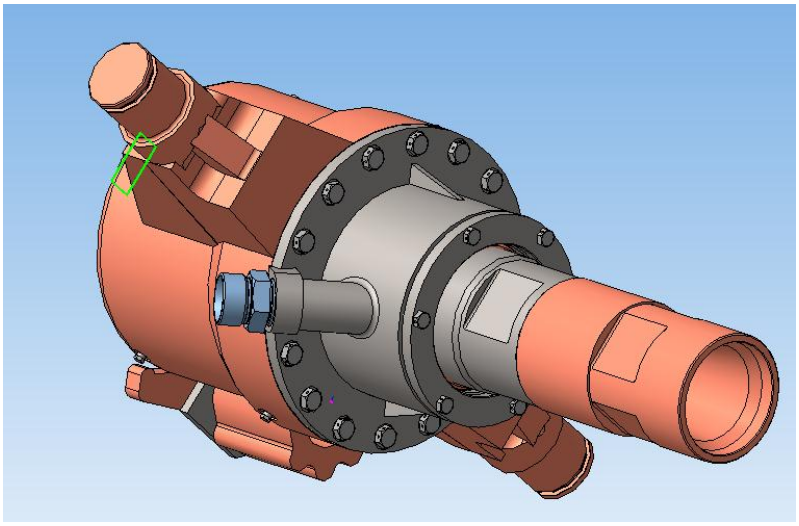


Рисунок 1.1- Вузол опорний верстату СБШ-250МНА-32 (3D)

Верстат буровий шарошечний призначений для буріння вертикальних і похилих (15 град. і 30 град. до вертикалі) вибухових свердловин при видобутку корисних копалин відкритим способом і інших буропідривних робіт.

Вузол опорний призначений для передачі осьового зусилля і крутного моменту, при бурінні на долото, а також підведення легко-водяної суміші для охолоджування долота і очищення свердловини. Передача осьового зусилля при бурінні відбувається в наступній послідовності: з траверси на підшипник, шпиндель і далі на буровий снаряд і долото.

					КНУ.КМР.131.24.1-09.01.ПТПС			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Ковалевський			ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ ВУЗЛА	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Пивінла						
						Каф. ТМ, гр.ПМ-23м		
Н. Контр.		Нечаєв						
Зав. каф.		Рязанцев						

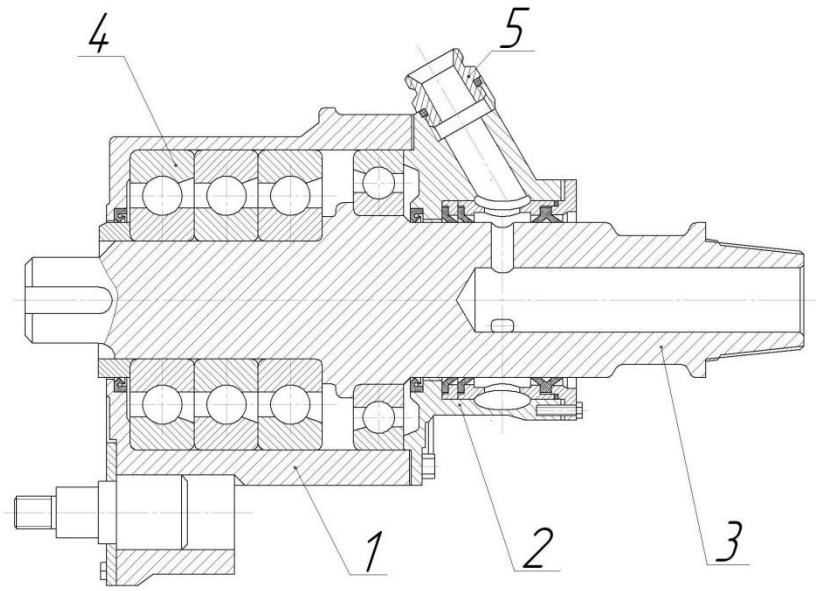


Рисунок 1.2 – Вузол опорний (схема):1 – траверса, 2 – корпус сальника, 3 – шпиндель, 4 – підшипники, 5 - перехідник

1.2 Виявлення та розрахунок лінійних та кутових розмірних ланцюгів

Для визначення методу складання розраховуємо лінійні та кутові розмірні ланцюги.

1.2.1 Виявлення та розрахунок лінійних розмірних ланцюгів

Розглянемо вузол опорний та виділимо лінійний розмірний ланцюг А, що представлений на рисунку 1.3.

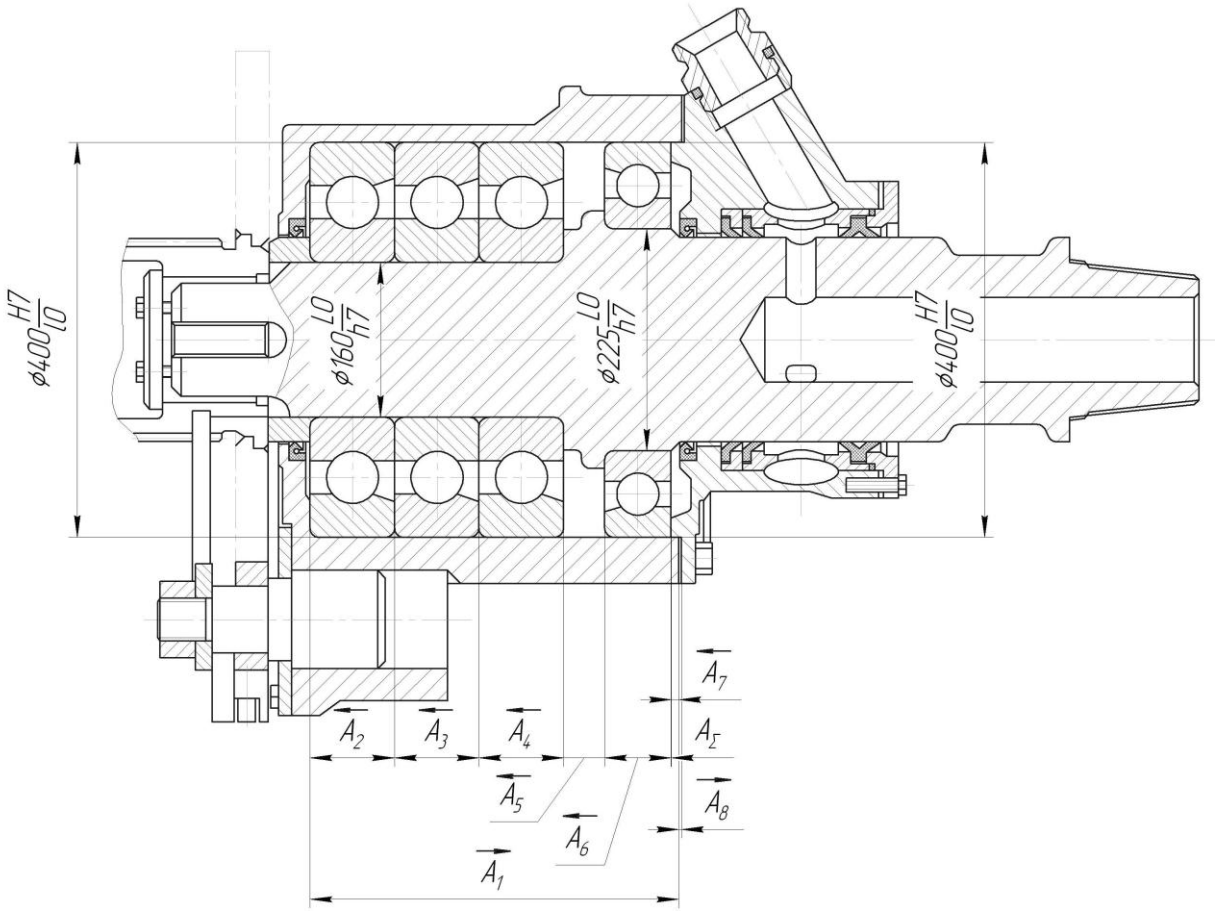


Рисунок 1.3 – Схема лінійного розмірного ланцюга А

Розмірний ланцюг А визначає величину ланки-компенсатора між торцем підшипника та торцем корпусу сальника.

Проводимо розрахунок за методикою розрахунку ланки компенсатора виготовленого у вигляді прокладок однакової товщини.

Вихідні дані:

A_1=387H12(+0,57) мм (глибина посадочного місця траверси),

A_2= A_3= A_4=$85_{-0,4}$ мм (ширина підшипника 46642 ДСТУ 9078:2021),

A_5=$47,5_{-0,52}$ мм (довжина бурта шпинделя),

A_6=$68_{-0,3}$ мм (ширина підшипника 46244 ДСТУ 9078:2021),

A_7=16±0,1 мм (довжина сходинки корпуса сальника),

A_8=$2_{-0,2}$ мм (товщина прокладки)

A_Σ =0,5±0,25мм (осьова гра підшипника)

Величина компенсації:

$$T_K = T_\Sigma - \lfloor T_\Sigma \rfloor \qquad (1.1)$$

де T_Σ - технологічно досяжний допуск на замикаючу ланку (сума допусків складових ланок), $\lfloor T_\Sigma \rfloor$ - потрібний допуск на замикаючу ланку.

T_K=2,8 – 0,5 =2,3мм

Необхідна кількість сходинок компенсатора:

$$N = \frac{T_K}{\lfloor T_\Sigma \rfloor - T_{\text{ÊÎ Ì Ï}}} + 1 = \frac{2,3}{0,5-0,1} + 1 = 6,75, \text{ приймаємо N=7} \qquad (1.2)$$

Уточнення величини сходинки компенсатора:

$$T_{CT} = \frac{T_K}{N-1} = \frac{2,3}{7-1} = 0,48 \text{ мм} \quad (1.3)$$

Середній розмір компенсатора:

$$A_{CK} = A_{KOMП} + \Delta C_{KOMП} + \Delta C_{\Sigma} - \lfloor \Delta C_{\Sigma} \rfloor \quad (1.4)$$

де $A_{КОМП}$ – номінальний розмір ланки-компенсатора, $\Delta C_{KOMП}$ - середина поля технологічно досяжного допуску ланки-компенсатора, $\lfloor \Delta C_{\Sigma} \rfloor$ - середина поля потрібного допуску ланки-компенсатора

$$A_{CK} = 2 + 0 + 0 - 0 = 2 \text{ мм}$$

Граничні значення компенсатора:

$$A_{KMAX} = A_{CK} + \frac{T_K}{2} = 2 + \frac{2,3}{2} = 3,15 \text{ мм}, \quad (1.5)$$

$$A_{KMIN} = A_{CK} - \frac{T_K}{2} = 2 - \frac{2,3}{2} = 0,85 \text{ мм}, \quad (1.6)$$

Розміри сходинок змінних деталей отримуємо шляхом віднімання від максимального розміру ланки-компенсатора величини сходинки компенсатора: 0,85±0,05мм, 1,33±0,05мм, 1,81±0,05мм, 2,29±0,05мм, 2,77±0,05мм, 3,15±0,05мм.

1.2.2 Виявлення та розрахунок кутових розмірних ланцюгів

Схема кутового розмірного ланцюга β зображена на рисунку 1.4. даний кутовий розмірний ланцюг визначає величину перекосу шпинделя відносно траверси завдяки присутньому радіальному зазору у підшипниках кочення.

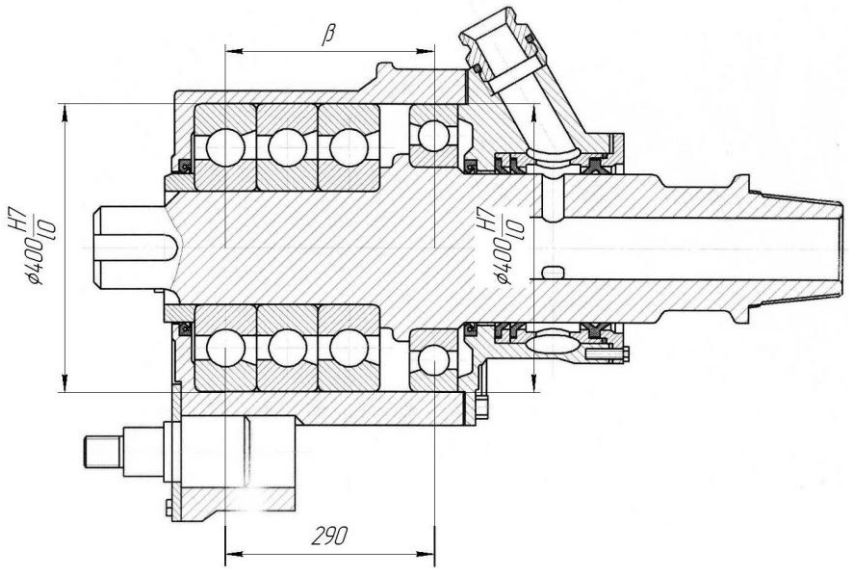


Рисунок 1.4 – Схема кутового розмірного ланцюга β

У вузлі використовують підшипники 466432Л2У3 та 46244 ДСТУ 9078:2021 – підшипники радіально-упорні кулькові. Максимальний радіальний зазор становить $G_{РАД}$= 75мкм [1].

Представимо перекіс шпинделю у вигляді подібних трикутників (рисунок 1.5), що допоможе визначити кут та величину перекосу.

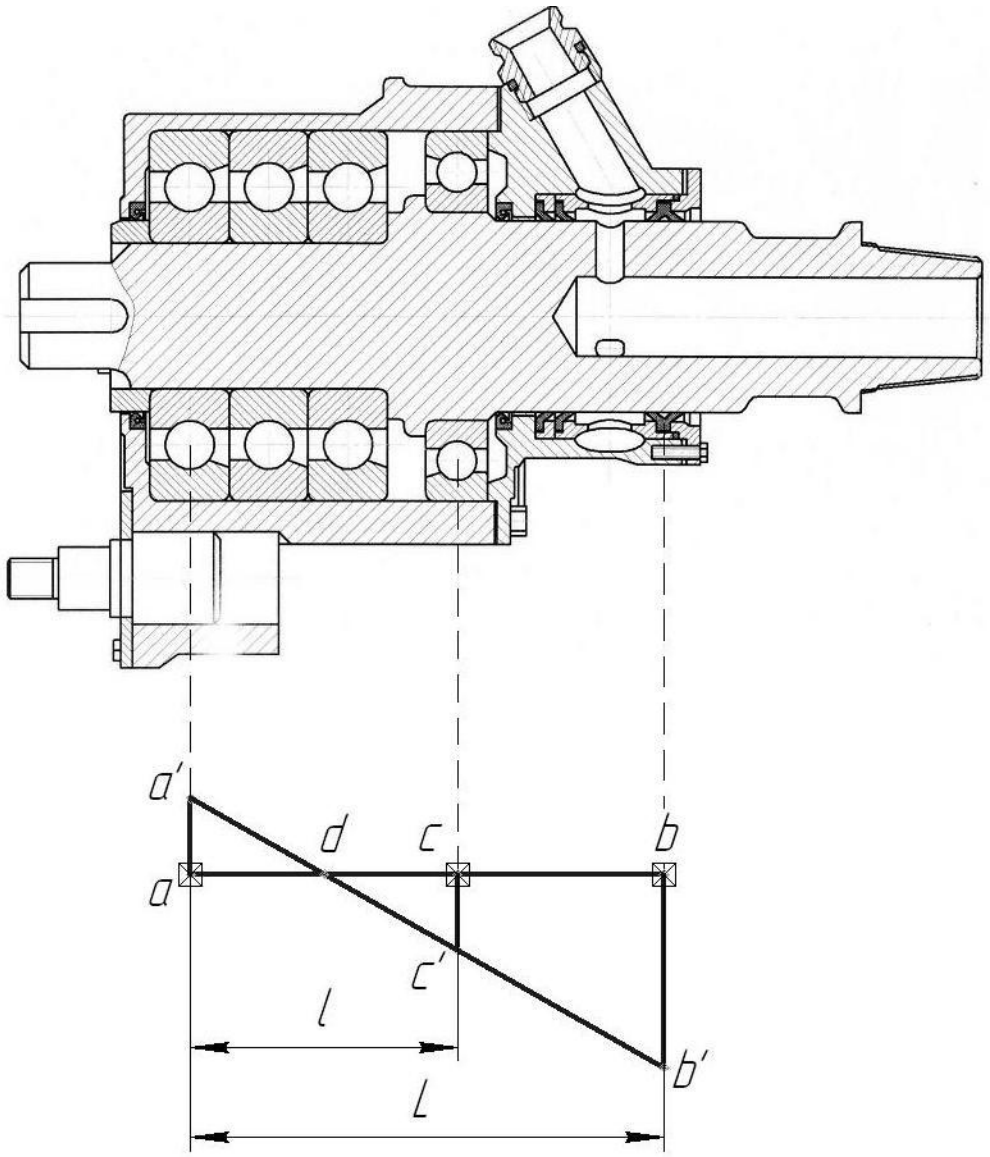


Рисунок 1.5 – Схема для визначення кута та величини перекосу шпинделя

де aa'=cc'= $G_{РАД}$= 75мкм – радіальний зазор [10], l=290мм – відстань між підшипниками, L=315мм – вильот шпинделя за межі траверси.

Кут перекосу вала:

$$\alpha = arctg\left(\frac{2G_{ÐÀÄ}}{l}\right) \qquad (1.7)$$

де $G_{РАД}$ –максимальний радіальний зазор у підшипнику, l – відстань між підшипниками ковзання.

$$\alpha = arctg\left(\frac{2 \cdot 0{,}075}{290}\right) = 0{,}02963 \approx 1'46''$$

З умови подібностей трикутників aa'd та dbb' визначимо радіальне зміщення кінця шпинделя у зоні гумового ущільнення:

$$bb' = \frac{aa' \cdot (2L - l)}{l} = \frac{0.075 \cdot (2 \cdot 315 - 290)}{290} = 0{,}088\,\text{мм} \qquad (1.8)$$

Отже, допуск на радіальне зміщення кінця шпинделя у зоні гумового ущільнення приблизно становить 0,09мм(±0,045мм).

Максимальне радіальне зміщення шпинделя для гумового ущільнення становить Δ=0,115мм, яке значно більше від розрахованого. Таким чином, кут перекосу шпинделя менше максимально допустимого значення.

1.3 Технологічний процес складання

Послідовність складання вузла опорного представлена на рисунку 1.6 та у таблиці 1.1. До складу даного вузла входять складальні одиниці Шпиндель та Корпус сальника, що збираються окремо. Технологічний процес складання відображаємо у технологічних картах складання.

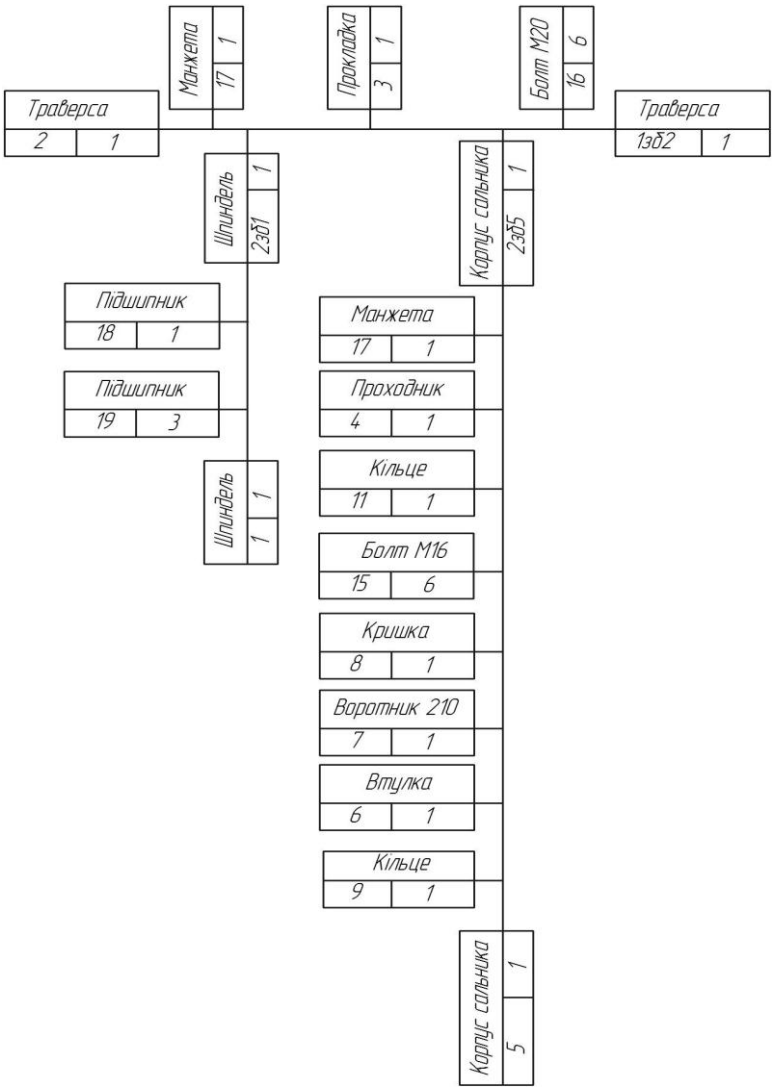


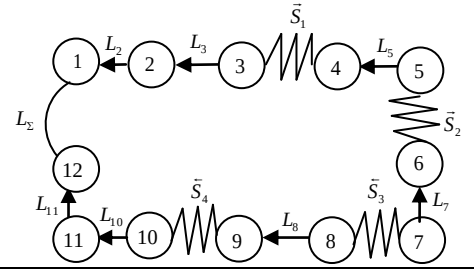
Рисунок 1.6 – Схема складання Вузла опорного

Таблиця 1.2 – Технологічний процес складання Вузла опорного

№	Зміст переходу	Пристосування	Інструмент	$T_{ОСН}$, хв.
1	Розмістити манжету поз.17 у траверсі поз.2	-	-	0,1
2	Напресувати 3 підшипники поз. 19 на шпиндель поз.1	Підйомник, прес	-	0,42
3	Напресувати підшипник поз. 18 на шпиндель поз.1	Підйомник, прес	-	0,14
4	Завести складальну одиницю Шпиндель у траверсу	Підйомник, прес	-	0,3
5	Розмістити кільце поз. 9 у корпусі сальника поз.5	-	-	0,1
6	Розмістити втулку поз. 6 у корпусі сальника поз.5	-	-	0,1
7	Розмістити воротник поз. 7 у корпусі сальника поз.5	-	-	0,1
8	Пригвинтити кришку поз.8 шістьма болтами поз. 15	-	Ключ торцевий	6
9	Насадити кільце поз.11 на проходник поз.4	-	-	0,1
10	Загвинтити перехідник у корпус сальника	-	Ключ рожковий	1,2
11	Розмістити манжету поз. 17 у траверсі	-	-	0,1

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Таблиця 1.2-Розрахунок кутового розмірного ланцюга

Зображення розмірного ланцюга.	Визначення похибки	Рівняння для розрахунку	Значен-ня
	1. Відносний зсув	$l_\Sigma = \sqrt{0.36 * \Sigma T_{Si}^2 + 0.85 * \Sigma l_j^2}$	0,098
	2. Відносний перекіс	$P_\Sigma = \frac{L}{l} * l_\Sigma$	0,057

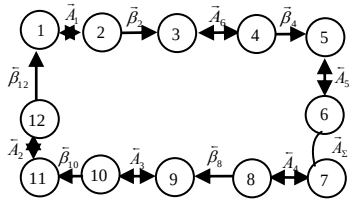
Величини вхідні в розмірний ланцюг.

Пов.	Найменування поверхні	Розмір	Зазор	Величина	T_i	K_i	α_i
1	Вісь стакану	-	S_1	0	0	1.22	0.1
2	Розточення стакану	Ø62					
3	Зовнішній діаметр стакану	$Ø80n6\left(^{+0,039}_{+0,020}\right)$					
4	Діаметр внутрішнього кільця підшипника	$Ø80H7\left(^{+0,030}\right)$	S_2	0. 103	0. 103		
5	Діаметр зовнішнього кільця підшипника	$Ø125h7\left(_{-0,040}\right)$					
6	Діаметр розточення корпуса	$Ø125H8\left(^{+0,063}\right)$					
7	Діаметр розточення корпуса	$Ø125H8\left(^{+0,063}\right)$	S_3	0	0		
8	Діаметр зовнішнього кільця підшипника	$Ø125h7\left(_{-0,040}\right)$					
9	Діаметр внутрішнього кільця підшипника	$Ø80H7\left(^{+0,030}\right)$					
10	Зовнішній діаметр стакану	$Ø80n6\left(^{+0,039}_{+0,020}\right)$	S_4	0. 103	0. 103		
11	Розточення стакану	Ø62					
12	Вісь стакану	-					

КНУ.КМР.131.24.1-09.01.ПТПС

Арк.

Таблиця 1.3- Розрахунок розмірного ланцюга методом максимуму - мінімуму

Схема розмірного ланцюга	Позначення ланки	Вихідні дані: Номінальний розмір	i	Квалітет	Розрахункові величини: Допуск	Розмір з відхиленням	ΔC_i
	$\vec{A}_1$	86	2,17	12	350	$86(\pm 0{,}175)$	0
	$\overleftarrow{A}_2$	22	1,31	12	210	$22\left(_{-0{,}210}\right)$	-0,105
Розрахунок розмірного ланцюга.	$\overleftarrow{A}_3$	37	1,56	12	250	$37\left(_{-0{,}250}\right)$	-0,125
$\vec{A}_1$ - глибина розточення в корпусі	$\overleftarrow{A}_4$	22	1,31	12	210	$22\left(_{-0{,}210}\right)$	-0,105
$\overleftarrow{A}_2$ - ширина підшипника	$\overleftarrow{A}_5$	6	0,73	12	120	$6\left(_{-0{,}120}\right)$	-0,060
$\overleftarrow{A}_3$ - довжина втулки	$\vec{A}_6$	1	0,55	12	100	$1\left(^{-0{,}253}_{-0{,}353}\right)$	-0,303
$\overleftarrow{A}_4$ - ширина підшипника			$\Sigma i = 7{,}63$				
$\overleftarrow{A}_5$ - довжина обточування кришки	$\vec{A}_\Sigma$	0,95			1500	$0{,}95(\pm 0{,}75)$	0
$\vec{A}_6$ - товщина прокладки	$\vec{\beta}_2$	86		10	100		50
$\vec{\beta}_2$ - торцеве биття розточення в корпусі	$\vec{\beta}_4$	1		10	25		12,5
$\vec{\beta}_4$ - торцеве биття прокладки	$\overleftarrow{\beta}_8$	22		10	25		12,5
$\overleftarrow{\beta}_8$ - торцеве биття підшипника	$\overleftarrow{\beta}_{10}$	37		10	60		30
$\overleftarrow{\beta}_{10}$ - торцеве биття втулки	$\overleftarrow{\beta}_{12}$	22		10	25		12,5
$\overleftarrow{\beta}_{12}$ - торцеве биття підшипника					$T_\Sigma = 1475$		

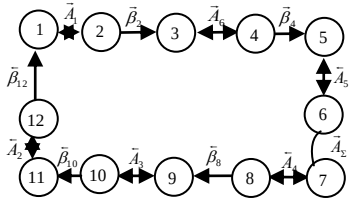
Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

КНУ.КМР.131.24.1-09.01.ПТПС

Арк.

Таблиця 1.4 – Розрахунок розмірного ланцюга теоретико-імовірнісним методом

Призначення розмірного ланцюга	Забезпечення зазору між торцем підшипника й кришкою	Значення вихідної ланки	$A_\Sigma = 0{,}95 \pm 0{,}75$

Схема розмірного ланцюга	Вихідні дані				Розрахункові величини		
	Позначення ланки	Номінальний розмір	і	Квалітет	Допуск	Розмір з відхиленням	ΔC_i
	$\vec{A}_1$	86	2,17	14	870	$86\left(\pm 0{,}435\right)$	0
	$\overleftarrow{A}_2$	22	1,31	13	330	$22\left(_{-0{,}330}\right)$	-0,165
Розрахунок розмірного ланцюга.	$\overleftarrow{A}_3$	37	1,56	14	620	$37\left(_{-0{,}620}\right)$	-0,310
$\vec{A}_1$ - глибина розточення в корпусі	$\overleftarrow{A}_4$	22	1,31	13	330	$22\left(_{-0{,}330}\right)$	-0,165
$\overleftarrow{A}_2$ - ширина підшипника	$\overleftarrow{A}_5$	6	0,73	14	300	$6\left(_{-0{,}300}\right)$	-0,150
$\overleftarrow{A}_3$ - довжина втулки	$\vec{A}_6$	1	0,55	14	250	$1\left(^{-0{,}327}_{-0{,}577}\right)$	-0,452
$\overleftarrow{A}_4$ - ширина підшипника			$\Sigma i^2 = 11{,}41$				
$\overleftarrow{A}_5$ - довжина обточування кришки	$\vec{A}_\Sigma$	0,95			1500	$0{,}95\left(\pm 0{,}75\right)$	0
$\vec{A}_6$ - товщина прокладки	$\vec{\beta}_2$	86		12	200		100
$\vec{\beta}_2$ - торцеве биття розточення в корпусі	$\vec{\beta}_4$	1		12	40		20
$\vec{\beta}_4$ - торцеве биття прокладки	$\overleftarrow{\beta}_8$	22		11	25		12,5
$\overleftarrow{\beta}_8$ - торцеве биття підшипника	$\overleftarrow{\beta}_{10}$	37		12	80		40
$\overleftarrow{\beta}_{10}$ - торцеве биття втулки	$\overleftarrow{\beta}_{12}$	22		11	25		12,5
$\overleftarrow{\beta}_{12}$ - торцеве биття підшипника					T_Σ		

2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ПРОЕКТУ

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу та варіантів замін

За способом буріння всі бурові верстати й установки поділяються на обертальні, ударні, комбіновані та вібраційні.

Залежно від типу обертача бурові установки поділять на шпиндельні, роторні та з рухомим обертачем. У шпиндельних верстатах за допомогою затискних патронів ведучу трубу закріплюють в шпинделі, а її обертання і подачу здійснюють безпосередньо шпинделем. Це дозволяє обертачем створювати осьове навантаження на породоруйнівний інструмент. Шпиндельний обертач знаходить найбільше застосування в установках для алмазного буріння свердловин малого діаметра, в геологічних розрізах, складених твердими і середньої твердості гірськими породами.

Переваги шпиндельного обертача – компактність і простота конструктивної ув’язки шпинделя з механізмом подачі, а також можливість буріння свердловини під різними кутами до горизонту.

Технологічні можливості шпиндельного обертача повністю задовольняють вимоги колонкового буріння в твердих породах: нарощування бурильних колон без відриву снаряда від забою підвищує ресурс алмазних коронок і збільшує вихід керна; незначні витрати робочого часу на перекріплювання патронів і нарощування снаряда збільшує швидкість буріння. Основний недолік шпиндельного обертача – невелика довжина ходу подачі (0,5–0,6 м). Необхідність частих перекріплювань патронів при бурінні м’яких гірських порід істотно знижує швидкість буріння і зменшує відсоток виходу керна.

Рисунок 2.1-Шпиндель

					КНУ.КМР.131.24.1-09.02.ТЕА		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			
Розроб.		Ковалевський			ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ПРОЕКТУ	Літ.	Арк. Акрушів
Перевір.		Пивінда					
						Каф. ТМ, гр.ПМ-23м	
Н. Контр.		Нечаєв					
Зав. каф.		Рязанцев					

Для виготовлення шпинделя використана сталь 40Х ДСТУ 7806:2015.
Замінники - сталь: 45Х, 38ХА, 40ХН, 40 ХС, 40ХФ, 40ХР.

Таблиця 2.1- Хімічний склад в % (40Х ДСТУ 7806:2015)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	P
0.36÷0.44	0.17÷0.37	0.50÷0.80	0.80÷1.10	Не більше			
				0.30	0.30	0. 035	0. 035

Таблиця 2.2 - Механічні властивості

ДСТУ	Стан поставки термообробка.	Перетин у мм.	КП.	σ_{02}	$\sigma_в$	δ_5	ψ		НВ
				МПа		%			
				Не менш					Не більше
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ДСТУ 7806: 2015	Пруток, загартування 860^{0}С масло. Відпустка 500^{0}С вода.	25	-	780	980	10	45		-
ДСТУ ГОСТ 8479-70	Кування: нормалізація	500-800 300-500	245 275	245 275	470 530	15 15	30 32		143-179 156-197
	Загартування; відпустка	500-800	275	275	530	13	30		156-197
	Нормалізація	До100 100-300	315	315	570	17 14	38 35		167-207
	Загартування; відпустка	300-500 500-800	315	315	570	12 11	30 30		167-207
	Нормалізація	До 100		345		18	45		174-217
	Загартування, відпустка.	100-300 300-500	345	345	590	17 14	40 38		
		До 100	395	395	615	17	45		187-229
		100-300 300-500				15 13	40 35		
		До 100	440	440	635	16	45		197-235
		100-300				14	40		
		До 100	490	490	655	16	45		212-248
		100-300				13	40		

Термічну обробку деталі шпиндель роблять неодноразово.

Перша термічна обробка робиться після кування. У цьому випадку деталь піддається відпалюванню для зняття залишкових напруг після кування.

Залишкові напруги можуть викликати зміни розмірів, жолоблення й повідцеві деталі в процесі її наступної обробки різанням, експлуатації або зберігання. При різанні, за рахунок видалення частини металу відбувається порушення рівноваги залишкових напруг, що тягнуть за собою деформацію виробу. Зміна розмірів у процесі зберігання деталей походить із за перерозподіли залишкових напруг при їхній релаксації. Відпалювання відбувається при температурі 200-700^{0}С с наступним повільним охолодженням.

Після обробки різанням, перед шліфуванням і при необхідності, чистової обробки, застосовують інший тип термообробки: загартування, низька відпустка. Загартування роблять для одержання досить високої пластичності й в'язкості, а так само високої зносостійкості, для підвищення міцності й твердості. Загартування роблять при температурах 830-8600С у маслі.

Оскільки деталь довга вона може піддаватися ізотермічному загартуванню в розплавлених солях (240-260^{0}С).

Відпускання є остаточною операцією термічної обробки, у результаті якої сталь одержує необхідні механічні властивості. Крім того відпускання усуває внутрішні напруження, що виникають при загартуванні. Ці напруги знімаються тим повніше чим вище температура відпускання. Низькотемпературне відпускання робиться при нагріванні до 240^{0}С. При цьому знімаються гартівні напруги, підвищується міцність й трохи поліпшується в'язкість без помітного зниження твердості.

Загартована сталь після низькотемпературного відпускання зберігає високу зносостійкість. Тому що деталь довга й має великий перетин, відпускання роблять в тривалий період часу - 8-12 годин.

Таблиця 2.3 - Відхилення розмірів, та розташування поверхонь

№ з/п	Найменування поверхні	Квалітет	Відхилення розміру	Ra	Відхилення розташування	Приміт-ка
1	2	3	4	5	6	7
1	Ø120	m6	$^{+0,035}_{+0,013}$	0,8		пов. Ж
2	Ø160	k6	$^{+0,028}_{+0,003}$	0,8	◎ 0,02 Г ж	
3	Ø220	12	$^{}_{-1}$	25	0,031	пов. Г
4	Ø260	12	$^{}_{-1}$	25	○ 0,031	
5	Ø220	k6	$^{+0,033}_{+0,004}$	0,8	⌭ 0,039	пов. Г
					⌭ 0,039	
6	Ø210	h8	$^{}_{-0,09}$	1,25	○ 0,009	пов. А
					⌭ 0,009	
7	Ø30	12	$^{+0,6}$	25		
8	Ø90	12	$^{+0,8}$	25		
9	Ø200	спр	$^{}_{-1}$	25		
10	М20	Н7				

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7
11	110	12		25		
12	160	12		25		
13	420	12		25		
14	49	12	$^{-0,34}$	25/2,5	↗ 0,03 A	
15	25	12	$^{-0,6}$	25/2,5	↗ 0,03 A	
16	65	12	$^{+0,8}$	2,5/25		
17	196	12	$^{+0,5}_{-0,5}$	2,5/-		
18	520	12	$^{-2}$	-/25		
19	252	12	$^{+0,6}$	25		
20	127	12	$^{+0,8}$	2,5/25		
21	20	12		25/2,5		
22	100	12		25		
23	5	12		25		
24	Ø147,949	спр				
25	Ø126,782	спр				
26	32	12	$^{+0,15}_{-0,15}$	2,5/2,5		
27	90	12	$^{+0,5}_{-0,5}$			
28	92	12	$^{-0,27}$	25		
29	170	12	$^{-1}$	25		
30	105	12		25		
31	5	12		25		
32	38	12		25		
33	35	12		25		
34	1065	12		25		
35	15,875	спр				
36	R65	12		25		
37	Ø135	12		25		

Аналіз точності поверхонь показує, що вимоги до відносної точності складових витримано.

2.2 Аналіз якості поверхонь деталі

До основних поверхонь відносяться поверхні які є базами для даної деталі. До цих поверхонь пред'являються підвищені вимоги по точності й шорсткості, тому що від цього залежить точність обробки і якість поверхонь не

основних. Для валів основними поверхнями можуть бути шийки на які він установлюється в підшипники. Шорсткість таких поверхонь R_a – 0,4…..1,6 точність 6 - 7 квалітет, радіальне биття основних поверхонь 0,005 - 0,04 мм., зсув шпонкових пазів щодо осі не повинно перевищувати половини діаметра шийки, допуски на довжину щаблів по 10 - 12 квалітету.

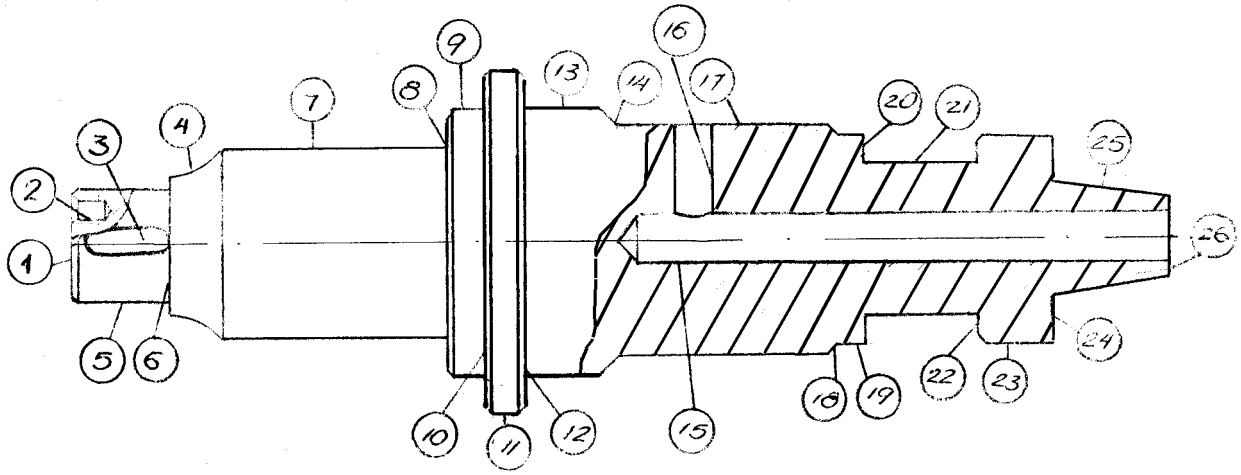


Рисунок. 2.1 - Основні та допоміжні поверхні шпинделю

До основних поверхонь у даній деталі відносяться: 7 - Ø160 к6;13 - Ø220к6;12 – R_a 2,5

Допоміжні поверхні, це поверхні, що є базами для інших деталей. Вимоги по точності до них ставляться такі ж як і до основних поверхонь.

До допоміжних поверхонь відносяться:3 - шпонкові пази;5 - Ø120m6;25 - різьба замкова 3-147 ДСТУГОСТ 24487:2018;17 - Ø210h8

Поверхні, що сполучаються, служать для установки інших деталей не виконуючих службової функції. Вимоги по точності й шорсткості нижче, ніж для основних і допоміжних. До цих поверхонь відносяться:2 - різьба М20-7 Н;6 – торець;8 – торець;16 – 3 отвору $Ø30^{+0,6}$;21 – лиски;24 – торець;1 - торець

Вільні поверхні - не сполучаються з іншими деталями. До них пред'являються низькі вимоги по точності й шорсткості (12 квалітет точності Ra 12,5-25). Ці вимоги записуються в правому верхньому куті креслення (шорсткість).

До цих поверхонь відносяться фаски і радіусні округлення між поверхнями, і крім цього поверхні:4 - R65;9 – $Ø220_{-1}$;10 – торець;11 – $Ø260_{-1}$;14 – ухил 45^0;15 – $Ø90^{+0,8}$;18 – ухил 30^0;19 - Ø200 ;20,22 – торці;23 - Ø200; 26 - торець.

Всі вимоги враховані, спеціальної обробки поверхонь не потрібно.

2.3 Технічний контроль робочого креслення

Креслення деталі (шпиндель) виконане у масштабі 1:2 і відповідає вимогою ДСТУ ЕСКД. Лінійні й діаметральні розміри відповідають значенням нормальних рядів ДСТУ. Шорсткість поверхонь проставлена на кресленні по другому ряді. Деталь має достатню кількість додаткових видів і розрізів для повного уявлення про її зовнішній вигляд і розміри. Не вистачає інформації про

допуски поверхонь, тому приймаємо, що всі поверхні на які не зазначено допуску виготовляємо по 12 квалітету точності.

Базові поверхні на робочому кресленні представлені правильно (зачерненим трикутником).

Лінійні розміри на кресленні проставлені двома способами: у вигляді ланцюга та координатним методом (від бази).

Поверхня Ø210h8 на кресленні проставлена із шорсткістю Ra 1,25 і метод досягнення даної шорсткості - «полірувати».

2.4 Аналіз технологічності деталі

2.1. Якісний аналіз технологічності

Деталь – шпиндель – виготовляється зі сталі 40Х ДСТУ 7806:2015. Поверхні можна обробляти прохідними різцями. Діаметральні розміри шийок вала убувають до кінців вала. Твердості валу досить для одержання високої точності при обробці. Всі поверхні шпинделю можна обробляти стандартним інструментом вони легко доступні при обробці. Отвір $Ø90^{+0,8}$ хоч і є глибоким $L=520_{-2}$мм., але не вимагає додаткової обробки, (зенкерування й розгортання) після свердління. Радіуси закруглення при переході від одного діаметра до іншого можна одержати стандартним інструментом (виключення становить R65 при переході поверхні Ø135 до поверхні Ø160).

Базові поверхні деталі мають достатню довжину й діаметр для установки й закріплення деталі. Є гарна можливість вільного підведення різального інструменту. Шорсткість і точність більшості поверхонь невисока, що дозволяє застосовувати при обробці деталі стійки й оснащення нормальної точності.

2.2. Кількісний аналіз технологічності

Середня шорсткість:

$$Ш_{ср} = \frac{2,5 * N_1 + 25 * N_2}{N_i} \qquad (2.1.)$$

N_i - загальне число елементів деталі

$$Ш_{ср} = \frac{2,5 * 6 + 25 * 20}{26} = 19,8$$

Середня шорсткість відповідає 12 квалітету точності.

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_{уэ} = \frac{Q_{уэ}}{Q_э} \qquad (2.2.)$$

$Q_{уэ}$ - кількість уніфікованих елементів.

$Q_э$ - загальне число елементів.

$$K_{уэ} = \frac{4}{26} = 0,153$$

Середня точність:

$$T_{ср} = \frac{6*N_1 + 7*N_2 + 8*N_3 + 12*N_4}{N_\Sigma} = \frac{6*3 + 7*1 + 8*1 + 12*21}{26} = 11$$

Коефіцієнт використання матеріалів:

$$Км = \frac{m_д}{m_з} * 100\% \qquad (2.3.)$$

$m_д$ - чиста вага деталі, кг.

$m_з$ - вага заготівлі, кг.

$$Км = \frac{167,7}{278,8} * 100 = 60,15\%(0,6015)$$

.

Аналізуючи отримані результати можна зробити висновок, що точність обробки деталі не висока (11 квалітет), коефіцієнт використання матеріалу не високий, уніфікованих поверхонь не багато й середня шорсткість відповідає 11-12 квалітету точності. Але в цілому деталь є технологічною, і не вимагає застосування спеціальних інструментів і спеціальних точних методів обробки різанням і термообробки.

Недоліком деталі є її довжина (1065мм.) і вага (167,7кг.), що вимагає спеціального оснащення й пристосувань.

2.5 Вибір типу виробництва. Задачі проектування

Представляємо типовий технологічний процес обробки шпинделю.

Таблиця 2.4- Типовий технологічний процес

№оп.	Зміст операції	Верстат устаткування	Оснащення
1	2	3	4
005	Відрізати заготівлю.	Фрезерно-відрізний	Призматичні лещата.
010	Термообробка		
015	Фрезерувати торці в розмір 519 $\pm 0,2$ і центрувати із двох сторін одночасно	Фрезерно-центрувальний 2М94	Призми
020	Точити шейки Ø80q6 до Ø85, Ø90h7 до Ø95 і фаски.	Токарний 16К20Ф3	Чотирьохкулачковий патрон, Обертаючий центр

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4
025	Точити шийки Ø85до6 до Ø90, Ø90h7 до Ø95 і фаски. Точити: шейки Ø80q6 до Ø80, Ø105f7 до Ø105,5h4, фаски, Ø90h6 до Ø90,5h4, проточити дві канавки В=5	Токарний 16К20Ф3	Чотирьохкулачковий патрон, обертаючий центр
030	Точити: шийки Ø80q6 до Ø80,5h4, Ø90h6 до Ø90,5h4, фаски, канавки В5.	Токарний 16К20Ф3	Чотирьохкулачковий патрон, обертаючий центр
035	Фрезерувати шпонковий паз 6.	Шпонково--фрезерний 6930	Самоцентруючі лещата
040	Обробляти два різьбових отвори М10 на глибину 10.	Радіально-свердлильний 2А554	Пристосування
055	Зачистити заусениці.	Механізов. верстат.	
060	Шліфувати шийки Ø80q6 Ø90h7, Ø105f7, торець Д.	Круглошліфувальний 3М153ДФ2	Центра, повідок
065	Шліфувати шийки Ø85до6 і Ø90h7	Круглошліфувальний 3М153ДФ2	Центра, повідок
070	Промити деталь.	Мийна машина.	
075	Технічний контроль.		
080	Нанесення покриття проти іржі.		

Типовий технологічний процес обробки великогабаритних валів включає операції по обробці отворів, токарні операції по обробці діаметральних розмірів і підрізуванню торців. Тому його можна взяти за основу технологічного процесу виготовлення шпинделя із внесенням коректувань по встаткуванню під розміри останнього й з додаванням операцій по свердлінню осьового й радіального отворів і по фрезеруванню лисок, а так само по обробці конусної різьбової поверхні.

Вибір типу виробництва здійснюється попередньо по масі й програмі випуску: Nz=2000 шт. і вага 167,7кг. - виробництво серійне. Розрахувавши кількість і коефіцієнт їхнього завантаження визначаємо тип виробництва за коефіцієнтом закріплення операцій:

Вихідні дані	
Річна програма $N_р$, шт	**2000**
Штучно-калькуляційний час, хв	
$T_{шт.-к.1}$	**9**
$T_{шт.-к.т}$	**132,44**
$T_{шт.-к.3}$	**22,925**
$T_{шт.-к.4}$	**16,993**
$T_{шт.-к.5}$	**4,49**
Йомвірний тип виробництва (ДС=1, СС=2, ВС=3)	**2**
Кількість змін	**1**

Коефіцієнт закріплення операцій

$$К_{з.о.} = \frac{\sum П_{oi}}{\sum Pi}$$

де $\sum П_{oi}$ – сумарне число різних операцій за місяць з розрахунку на одного змінного

$\sum P_i$ – явочне число робітників ділянки, що виконують різні операції при роботі в одну

$$П_{Oi} = \frac{13182 \cdot \eta_Н}{T_{шт.к.} \cdot N_м}$$

де $\eta_н$ – плановий нормативний коефіцієнт завантаження верстата, прийнятий для велико-, середньо- та дрібносерійного виробництва відповідно рівним 0,75; 0,8; 0,9;

$N_м$ – місячна програма випуску заданої деталі, шт $N_м = \frac{N_р}{s \cdot 12}$

$$П_{o1} = \frac{13182 \cdot 0,8}{9 \cdot 166,7} = 7,03$$

$$П_{o2} = \frac{13182 \cdot 0,8}{132,4 \cdot 166,7} = 0,478$$

$$П_{o3} = \frac{13182 \cdot 0,8}{22,93 \cdot 166,7} = 2,76$$

$$П_{o4} = \frac{13182 \cdot 0,8}{16.99 \cdot 166.7} = 3,724$$

$$\sum P_i = P_1 + P_2 + \ldots + P_n$$

$$P_i = 0,96 \cdot \eta_н = 0,96 \cdot 0,8 = 0,77$$

$$\sum P_i = 5 \cdot 0,768 = 3,84 = 4$$

$$К_{з.о.} = \frac{28,08}{4} = \mathbf{7,02}$$

Тип виробництва серійний.

3 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

3.1 Вибір і техніко-економічне обґрунтування заготовок

Для техніко-економічного порівняння вибираємо два варіанти одержання заготівлі для даної деталі:

1. Кування на молотах. 2.Круглий прокат.

3.1.1 Проектування кування

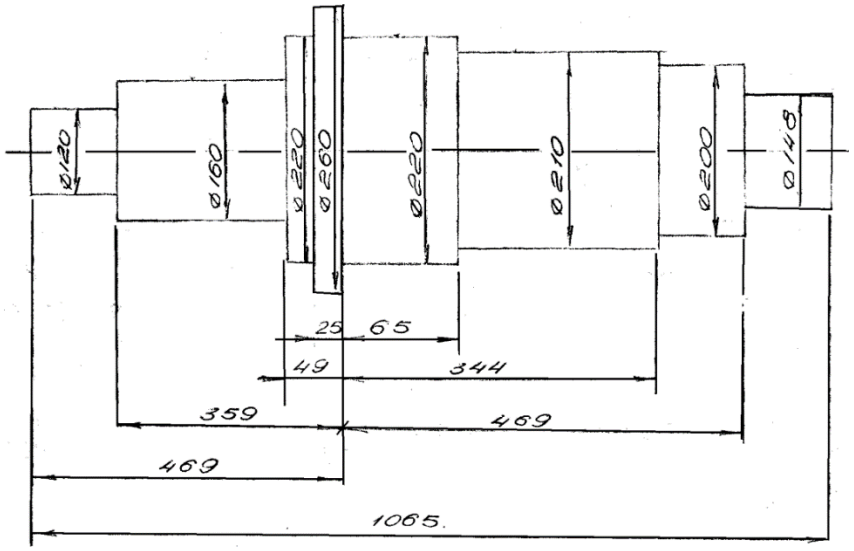


Рисунок 3.1 – Ескіз деталі

Таблиця 3.1– Розрахунок припусків

Номінальний розмір деталі	Основний припуск	Допуск	Додатковий припуск	Розмір заготівлі	Прим.
Ø260	14	±4	6	Ø280±4	
Ø220	14	±4	3	-	
Ø220	14	±4	3	Ø237±4	
Ø210	14	±4	4	-	
Ø200	13	±4	4	Ø217±4	
Ø160	12	±3		Ø172±3	
Ø148	12	±3	6	Ø166±3	
Ø120	11	±3	8	Ø139±3	
L1065	35	±10		1100±10	
L469	28	±8		497±8	
L469	-	±6		469±6	
L359	21	±6		380±6	

1	2	3	4	5	6
L344	-	± 6		344 ± 6	
L65	-	± 6		-	
L49	21	± 6		70 ± 6	
L25	21	± 6		46 ± 6	

Основні припуски й допуски на діаметральні розміри призначаємо виходячи з діаметра основного перетину й максимальної довжини деталі.

Призначаємо додаткові припуски на всі перетини крім основного (перетин з максимальним діаметром 260) - це припуск на несоосність перетину. Припуск призначаємо залежно від різниці діаметрів розглянутого й максимального з урахуванням основних припусків.

Припуск на загальну довжину заготівлі приймаємо рівним

$$2{,}5*(\delta \pm \frac{\Delta}{2}), \qquad (3.1)$$

де $\delta \pm \frac{\Delta}{2}$ - припуск і граничні відхилення призначені на перетин з максимальним діаметром.

L=1065 мм. $2{,}5*(14 \pm 4) = 35 \pm 10.$

Припуск на довжину фланця приймаємо рівним

$$2*(\delta \pm \frac{\Delta}{2}) \qquad (3.2)$$

L=469 мм. $2*(14 \pm 4) = 28 \pm 8$

Припуск на довжини: L=469 мм, L=344 мм., L=65 мм. не призначаємо, призначаємо тільки граничні відхилення

$$\pm 1{,}5\frac{\Delta}{2} = \pm 1{,}5*4 = \pm 6 \qquad (3.3)$$

Припуск на довжини L=359 мм., L=49 мм., L=25 мм.

Призначаємо

$$1{,}5*(\delta \pm \frac{\Delta}{2}) \qquad (3.4)$$

L=359 мм., $1{,}5*(14 \pm 4) = 21 \pm 6$

L=49 мм., $1{,}5*(14 \pm 4) = 21 \pm 6$

L=25 мм., $1{,}5*(14 \pm 4) = 21 \pm 6$

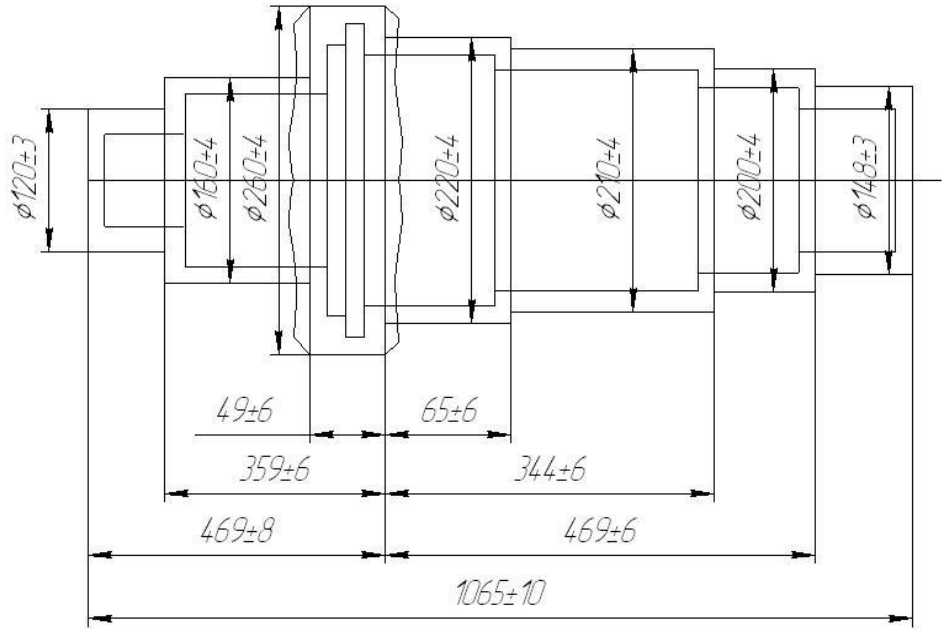


Рисунок 3.2 - Проміжний ескіз заготівлі з основними припусками

Уступ Ø220 свідомо нездійсненний по довжині, тому його виконуємо розміром сусіднього перетину Ø260.

Робимо розрахунок і перевірку основного перетину. Тому що неопрацьованих перетинів на деталі нема, то робимо розрахунок площ поздовжніх перетинів.

$$F=D_{max}*L_{max}=260*49=12740 \text{ мм}^2, \quad (3.5)$$

$$Fi=Di*Li \quad (3.6)$$

$F_1=160*(359-49)=49600$ мм^2.

$F_2=120*(469-359)=13200$ мм^2.

$F_3=220*65=14300$ мм^2.

$F_4=210*(344-65)=58590$ мм^2.

$F_5=200*(469-344)=25000$ мм^2.

$F_6=148*(1065-469-469)=18796$ мм^2.

$$A_i=(F_i-F)*S_i \quad (3.7)$$

S_i – додатковий припуск на і – й перетин.

$A_1=(49600-12740)*6=221160$мм

$A_4=(58590-12740)*4=183400$мм

$A_5=(2500-12740)*4=49040$мм

$A_6=(18796-12740)*6=36336$мм

За основу приймаємо перетин D=160± 3 мм. і переносимо його додатковий припуск на Ø260± 4 мм.

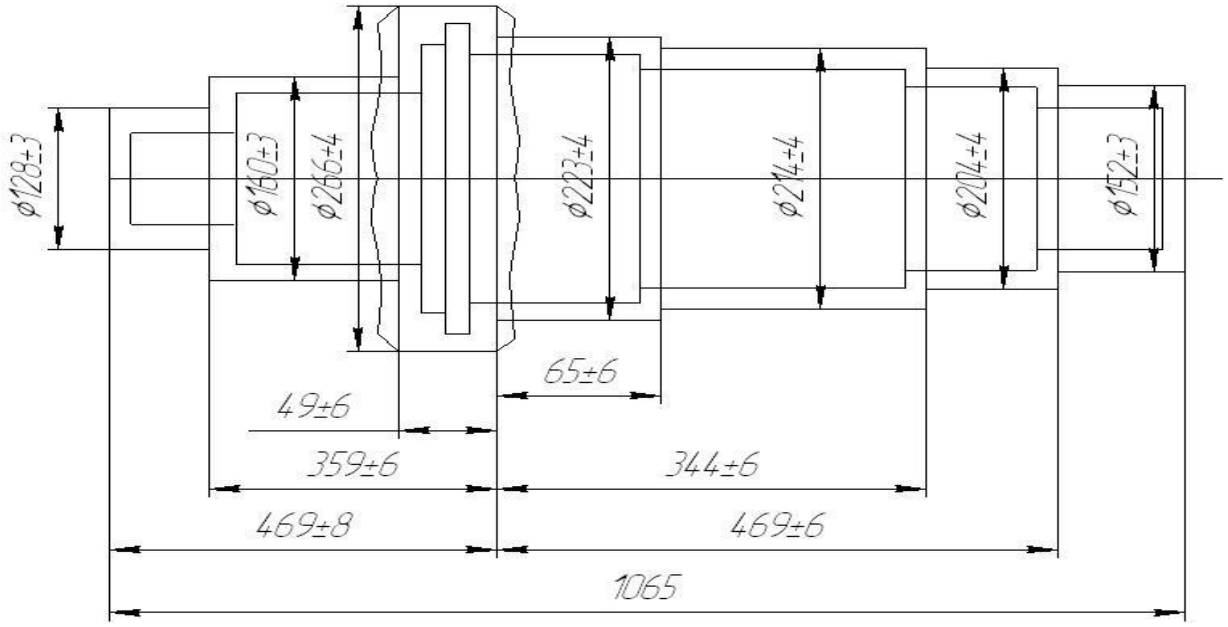


Рисунок 3.3 - Проміжний ескіз заготівлі з основним і додатковим припусками

Перевірка виконуваності уступів по довжині:

$$L_{\min .вып.} = 0{,}4 * B\delta$$
$$L_{\min .вып.} = 0{,}4 * 300 = 120мм. \quad (3.8.)$$

Всі уступи по довжині здійсненні.

Перевірка виконуваності уступів по висоті: $h_{\min/вып.} = 5мм.$(при Ø до 180 мм.)

$h_{\min/вып.} = 6мм.$(при Ø до 180-250 мм.)

$h_{\min/вып.} = 7мм.$ (при $Ø \succ 250$ мм.) Висоту уступу вважаємо як на піврізницю сусідніх діаметрів.

3.1.2 Техніко економічне обґрунтування методу одержання заготовок

Економічна оцінка оптимального вибору заготівлі виробляється на основі зіставлення наведених витрат. У загальному випадку кожний варіант заготівлі зміна деяких операцій механічної обробки. Це значить, що необхідно визначити сумарні наведені витрати по варіантах заготівель і на деякі операції механічної обробки.

На основі аналізу технологічного процесу механічної обробки деталей виконується операції, які змінюються при заміні заготівлі. По них розраховується зарплата й поточні витрати по експлуатації верстата.

Вартість прокату D-300мм, L-3000мм складає 27487,50 грн [2], тобто 3 цієї довжини можна отримати дві заготовки.

Розраховуємо вартість поковки за приведеними затратами.

$З$	=	$А$	+	$З_о$	+	$Е_н$	*	$З_к$	+	$О_з$
23336,1		23124,1		88,7847		0,15		72,7382		112,308

$А$	=	$М$	*	$С$	*	$К_с$	*	$К_{оп}$	*	$К_в$	*	$К_м$	*	$К_т$	-	(М	-	q)	*	Ц
23124,1		278,8		48,8		1		0,73		0,74		1,21		3		278,8		167,7		32

$М$ - маса заготовки, кг

$С$ - вихідна оптова ціна 1кг заготовки, грн;

$К_С$, $К_{оп}$, $К_в$, $К_м$, $К_т$ - коефіцієнт, який враховує відповідно:

* групу складності заготовки
* обсяг виробництва заготовок (група серійності)
* вагу заготовки
* матеріал заготовки
* клас точності поковки

q - чиста маса деталі, кг

Ц - ціна 1 кг відходів, грн

$З_о$ - зарплата по операціям механічної обробки, які відрізняються, грн:

		$Т_{шт}$	*	$С_р$	*	$К_1$	*	$К_2$	*	$К_3$	*	$К_4$
$З_о$	=	65,7		33,6		1,4		1,08		1,14		1,4
				60								
88,7847												

$Т_{шт}$ - норма штучно-калькуляційного часу на операцію, яка відрізняється, хв

$С_р$ - часова тарифна ставка четвертого розряду роботи, грн

$К_1$, $К_2$, $К_3$, $К_4$ - коефіцієнти, які враховують відповідно:

* преміальні доплати станочників ($К_1 = 1,4$)
* додаткову заплату ($К_2 = 1,08$)
* відрахування на соціальне страхування ($К_3 = 1,4$)
* зарплату наладчиків верстатів ($К_4 = 1,4$)

$О_з$ - поточні затрати по експлуатації верстата, грн:

		$С_1$	*	$Т_{шт}$
$О_з$	=	120		65,7
		60	*	$К_5$
112,308				1,17

C_1 - годинні поточні затрати по експлуатації верстата, грн; $C_1 = 0{,}003 \cdot C_0$

K_5 - коефіцієнт виконання норм ($K_5 = 1{,}17$)

$E_н$ - нормативний коефіцієнт ефективності ($E_н = 0{,}15$)

$З_к$ - питомі капітальні затрати на операцію, грн

		16906		36968,8		65,7		
$З_к$	=	(Б	+	$К_ц$)	*	$Т_{шт}$		
		60	*	Ф	*	$\eta_в$		
72,7382				4015		0,202		

Б - балансова вартість верстата, грн

$К_ц$ - вартість площі цеха, грн

$К_ц$	=	П	*	φ	*	γ
36968,8		500		29,575		2,5

П - вартість 1м^2 площі механічного цеха, грн

φ - габаритні розміри верстата (довжина * ширину), м^2

γ - коефіцієнт, який враховує додаткову площу

Ф - річний фонд часу роботи вестата, годин

$\eta_в$ - коефіцієнт використання верстата:

				65,7		2000			
$\eta_в$	=			$Т_{шт}$	*	B			
		60	*	Ф	*	K_5	*	m	
0,47089				3975		1,17		1	

B - річна програма випуску деталей, шт

m - кількість верстатів, зайнятих на одній операції

Порівнюючи вартість отримання заготовок куванням та вартість сортового прокату можна помітити, що не дивлячись на додаткові операції токарної обробки вартість заготівлі із сортового прокату дешевше, ніж вартість кованої заготівлі.

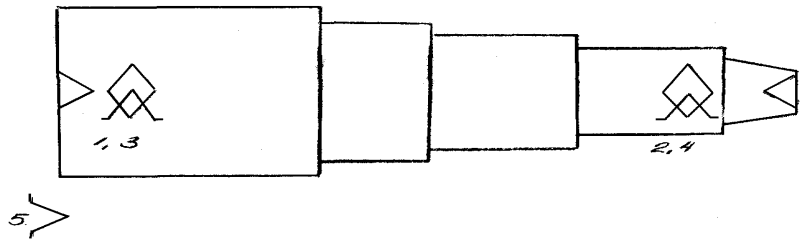
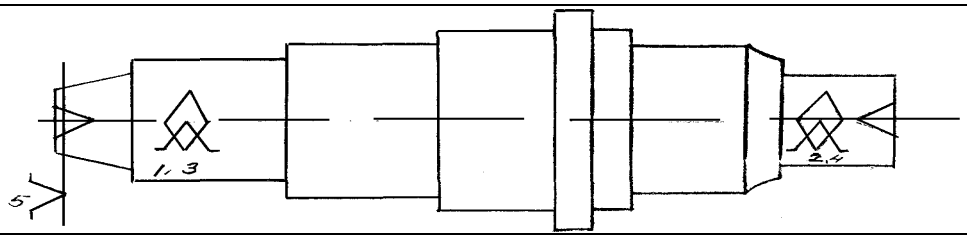
Тому в кінцевому результаті застосовуємо як заготовку сортовий прокат :круг $\frac{250-В\ ДСТУ4738:2007}{40Х-г\ ДСТУ\ 7806:2015}$.

3.4 Вибір і обґрунтування баз

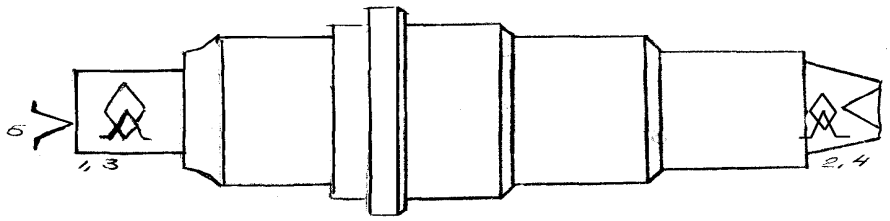
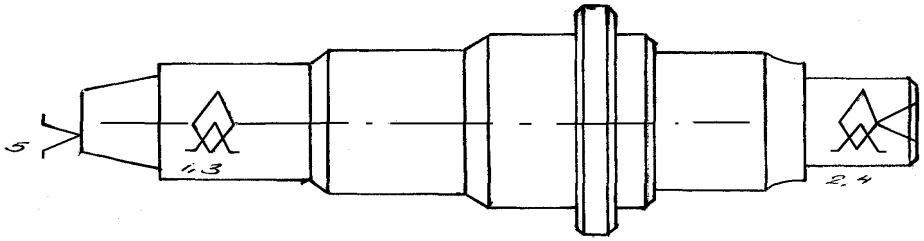
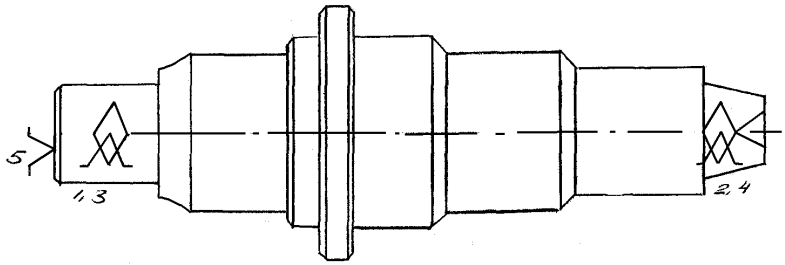
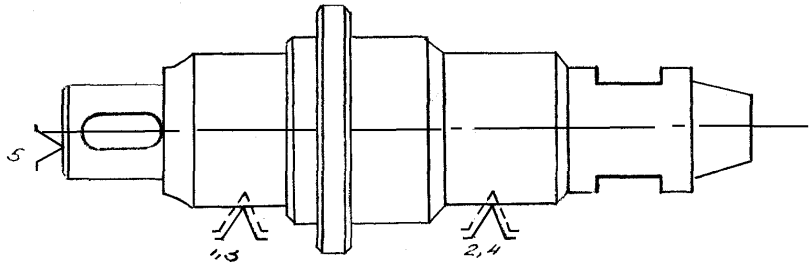
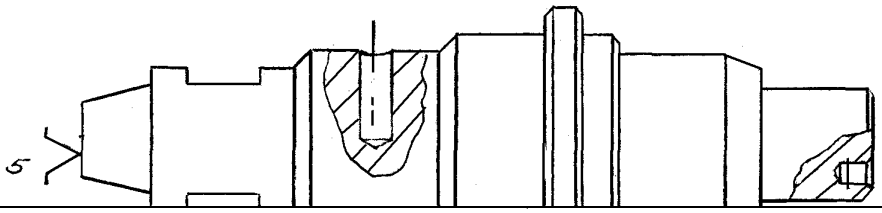
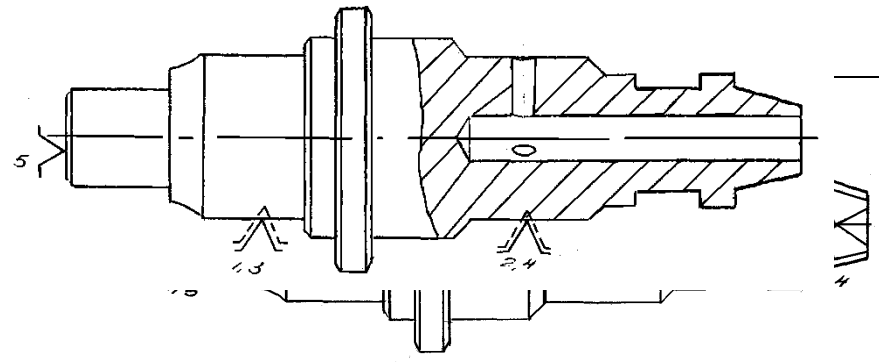
Деталь, відноситься по типу до тіл обертання, а по класу- до класу валів. Для валів вісь симетрії є подвійною напрямною базою, а один з торців вала - опорною базою.

Торець реалізує одну точку (ступінь волі), вісь - чотири точки. Шоста точка реалізується закріпленням по шпонці й тільки при необхідності.

Таблиця 3.2 – Теоретичні схеми базування

№ операції	Теоретична схема базування
1	2
010 1 установ	
2 установ	

Продовження таблиці 3.2

015 (020) 1 установ	
025 1 установ	
2 установ	
030 1 установ	
2 установ	
040	
035	

3.5 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

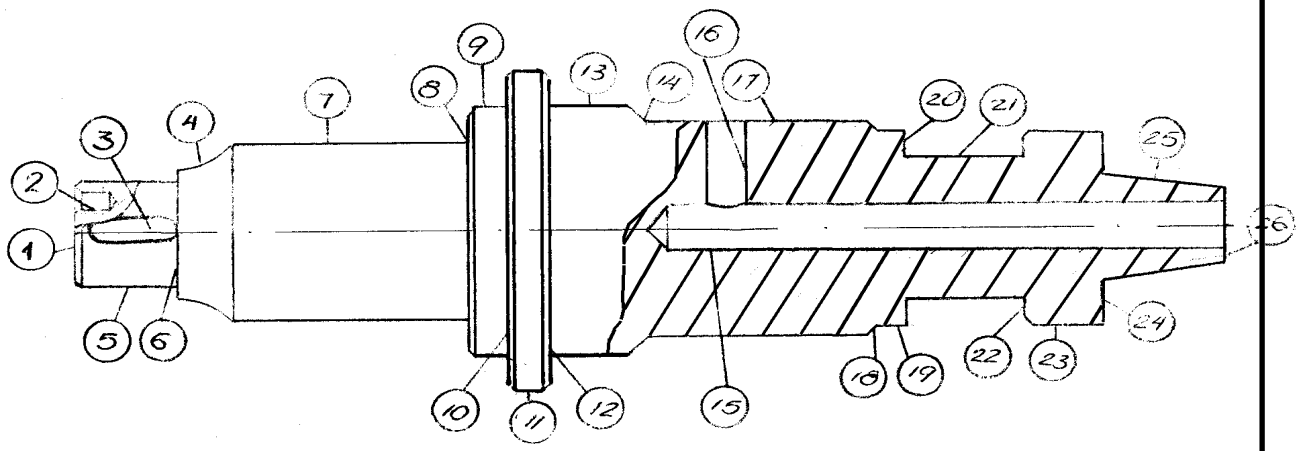


Рисунок 3.5 – Нумерація поверхонь для обробки

Таблиця 3.3 – Операції та переходи

№ з/п поверхні розмір	найменування операцій і переходів	Ra	Точн. JT	допуск Тмкм
1	2	3	4	5
1,26 L=1065	Фрезерно-центрувальна	25	12	1050
2 М207Н	Свердління Зенкерування чорнове нарізування різьблення	12,5 3,2	10 8	84 33
3 155Х32	Фрезерування двох шпонкових пазів	12,5	11	170
4 R65	Чорнове точіння	25	12	
5 Ø120m6	Токарна чорнова Токарна напівчистова Токарна чистова Шліфувальна	25 6,3 3,2 1,25	12 10 8 6	350 140 57 22
6 l=110	Чорнове підрізування торця	25	12	350
7 Ø 160k6	Чорнове точіння Напівчистове точіння Чистове точіння Шліфування	25 6,3 3,2 1,25	12 10 8 6	400 160 63 25
8 l=420	Чорнове підрізування торця Чистове підрізування	25 6,3	12 10	630 250
9 Ø220	Чорнове точіння	25	12	460
10 l=444	Чорнове підрізування торця	25	12	630
11 Ø260	Чорнове точіння	25	12	520

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5
12 l=596	Чорнове підрізування Напівчистове підрізування Чистове підрізування	25 6,3 2,5	12 10 9	700 280 175
13 Ø 220k6	Чорнове точіння Напівчистове точіння Чистове точіння Шліфування	25 6,3 3,2 1,25	12 10 8 6	460 185 72 29
14 фаска 450				
15 Ø90+0,8	Свердління	25	12	800
16 Ø30	Свердління (3отв.)	25	12	330
17 Ø 210h8	Чорнове точіння Напівчистове точіння Чистове точіння	25 3,2 1,25	12 10 8	460 185 72
18фаска 5Х450				
19,23 Ø200	Токарна чорнова	25	12	460
20,21,22 170-1	Фрезерування лисок	25	12	400
24 l=127	Чорнова, напівчистова, чистове підрізування	25 6,3 2,5	12 10 9	400 160 63
25	Чорнове точіння Напівчистове точіння Чистове точіння Нарізування різьблення замкової 3-47 ДСТУ ГОСТ 244887:2018	25 6,3 3,2	12 10 8	

3.6 Розробка маршруту обробки деталі

Деталі - тіла обертання обробляються методом перекладання, змінюється тільки торець, а вісь залишається технологічною базою при будь-якій установці й закріпленні.

При установці технологічного маршруту необхідно врахувати деякі вимоги:

- завжди перша операція призначена для обробки поверхонь, службовців технологічними базами. При цьому встановлювати деталь потрібно на поверхні, які надалі не будуть оброблятися або з них буде зніматися мінімальний припуск;

- чорнову неопрацьовану поверхню як база можна використати тільки один раз;

- далі обробляються найбільш точні поверхні для того, щоб у випадку виявлення дефектів можна було відразу забракувати або виправити деталь;

- найбільш точні й чисті поверхні на чистових операціях обробляються в останню чергу для того, щоб не ушкодити їх.

Таблиця 3.4 – Послідовність операцій та переходів

№ поверхні розмір	Найменування операцій і переходів	Ra	Квалітет JT	допуск Тмкм
005	Фрезерно-центрувальна	1,26	7, 17, 8	2М942
010	Токарна чорнова 1 - установ. 2 - установ.	17, 14, 13, 12 25, 24, 19, 18 5, 4, 7, 6, 8, 9, 10, 11	 5, 1, 26 26, 1, 23	 16К20Ф3
015	Токарна напівчистова з ЧПК	-	-	-
020	Токарна чистова з ЧПК	-	-	-
025	Шліфувальна	 5,7 13	 1,26, 23 5,1, 26	 3М161Е
030	Свердлильно-фрезерно-розточувальна 1 - установ. 2 - установ.	 3, 21, 20, 22 2 (2 отв.) 16	 7, 17, 1 7, 17, 26	 2А622МФ2
035	Токарна (нарізування замкового різьблення)	25	1,5, 26	16К20Ф3
040	Свердлильно-фрезерно-розточувальна	15	7, 8, 17	2А622МФ2

3.7 Розробка технологічних операцій

Таблиця 3.5 – Технологічні операції та переходи

№ операцій і переходів	Назва операцій Верстат зміст переходів технологічних операцій	Верстатне пристосування	Інструмент: ріжучий, допоміжний, міряльний
1	2	3	4
005	Фрезерно-центрувальна 2М942 фрезерувати торці1, 26 розмір 1065, свердлити 2 центрувальні отвори	призми, притиск	фреза торцева ГОСТ 1092-80 свердло центрувальне ГОСТ 14952-75

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4
010	токарна чорнова з ЧПК 16К20Ф3 точити зовнішні циліндричні поверхні, підрізати торці	Нерухомий передній центр, повідковий патрон, обертовий центр, люнет	різець токарний, Mitsubishi з пластинами із твердого сплаву CVD, пластина UE6020 ромбічна з кутом α=107º, стружколом MV державка PDJNR
015 020	Токарна напівчистова (чистова) з ЧПК 16К20Ф3 точити зовнішні циліндричні поверхні, підрізати торці, зняти фаски, точити поверхня R 65, точити конусну поверхню	обертаючий центр, люнет, патрон	Патрон D800 7103-0054 ДСТУДСТУ ГОСТ3890-82; штангенциркуль ШЦ-III-500-0,1 ДСТУДСТУ ГОСТ166-89; штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1 ДСТУ ГОСТ166-89; мікрометр МК300-1 ДСТУ ГОСТ6507-90; різець токарний Mitsubishi з пластинами із твердого сплаву CVD, пластина NX2525 ромбічна з кутом α=107º, стружколом SH, державка 2525M15
025	Шліфувальна 3М161Е шліфувати поверхня 5 у розмір Ø $120^{+0,035}_{+0,013}$, поверхня 7 у розмір Ø $160к6^{+0,028}_{+0,003}$, поверхня 13 у розмір Ø $220к6^{+0,033}_{+0,004}$	-	ПП-300Х20Х51 15А50 СМ210К ДСТУГОСТ 2424-83
030	Свердлильно-фрезерно-розточувальна 2А622МФ2 фрезерувати 2 шпонкових пази, фрезерувати 2 лиски $B=10^{0+0,8}$	призми, упор,	фреза шпонкова D (e8) ДСТУГОСТ 9140-78 фреза дискова 3-х стороння ДСТУГОСТ 9474-73

1	2	3	4
035	Токарна з ЧПК (нарізування замкового різьблення) 16К20Ф3 нарізати різьблення замкове 3 - 147 ГОСТ 5285 - 58	Трикулачковий патрон, обертаючий центр	Різьбовий різець різьбові пластини GC4125 F a CoroThread 266 Sandvik Coromant
040	Свердлильно-фрезерно-розточувальна 2А622МФ2 свердлити отвір Ø 90+0,8 L520-2		Свердло збірне перовое з конічним хвостовиком ТУ 2-035-741-81; Ø90

3.8 Розрахунок між операційних розмірів і припусків на обробку

3.8.1Розрахунок міжопераційних лінійних розмірів

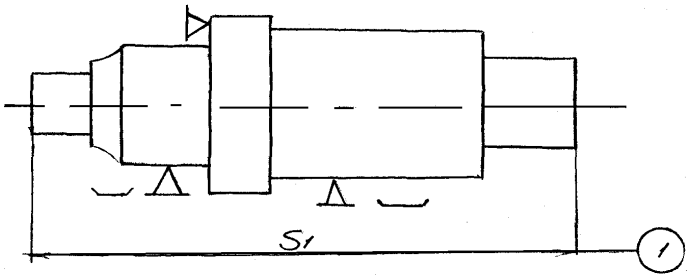
Таблиця 3.7 - Міжопераційні розміри

Пов.	Зміст переходу	Ra	Точн. JT	Доп. T.	Прип. t	Обозн. прип.
1065	Заготівля. Чорнове підрізування. Чорнове підрізування 2 торці	50 25 25	14 12 12	2625 1052,5 1050	5,0 2,5 2,5	 Z9 Z1
596	Заготівля. Чорнове підрізування. Напівчистове підрізування. Чистове підрізування.	50 25 6,3 2,5	14 12 10 9	1725 700 280 175	5,9 2,5 2,0 1,4	 Z5 Z4 Z3
420	Заготівля. Чорнове точіння	50 25	14 12	970 630	2,5 2,5	 Z2
127	Заготівля. Чорнове точіння. Напівчистове підрізування торця. Чистове підрізування.	50 25 6,3 2,5	14 12 10 9	1000 400 160 100	5,0 2,5 1,5 1,0	 Z8 Z7 Z6

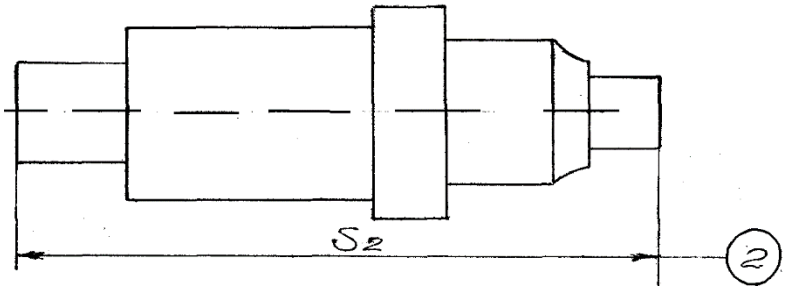
Послідовність обробки торців.

1. Фрезерно-центрувальна

Фрезерувати торець 1 в розмір S1

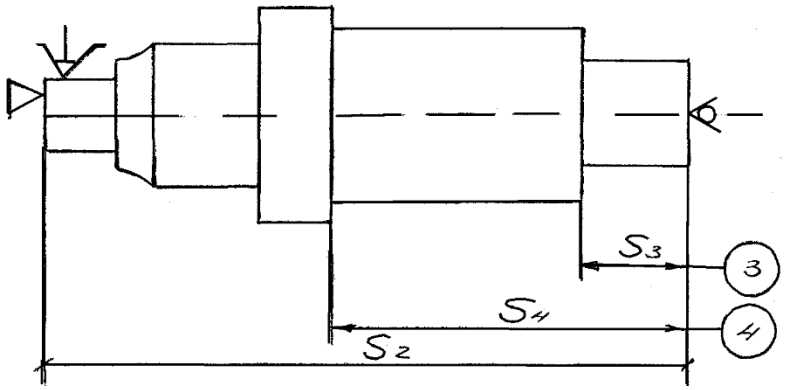


Фрезерувати торець 2 в розмір S2

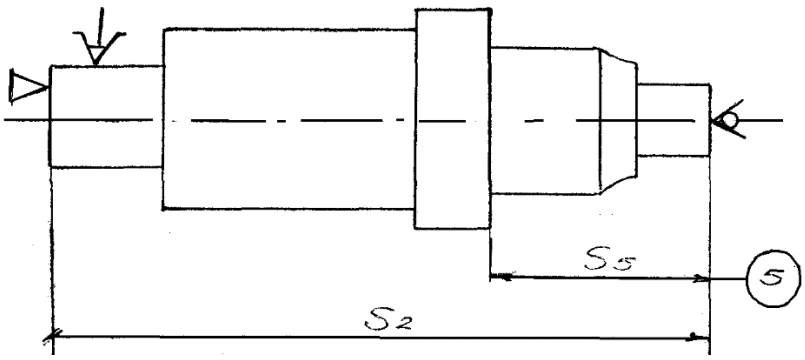


2. Токарна чорнова

1. Підрізати торець 3 в розмір S3

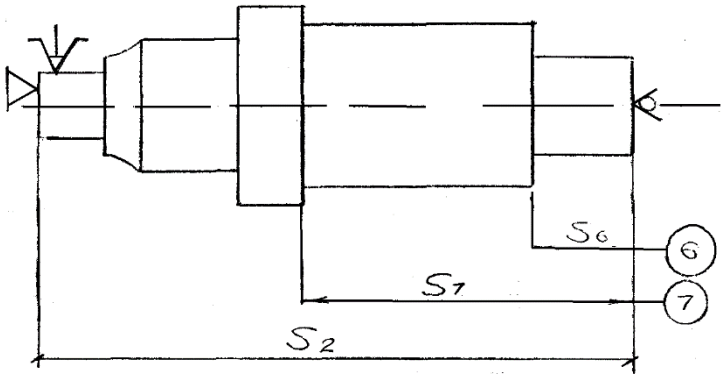


2. Підрізати торець 4 в розмір S4



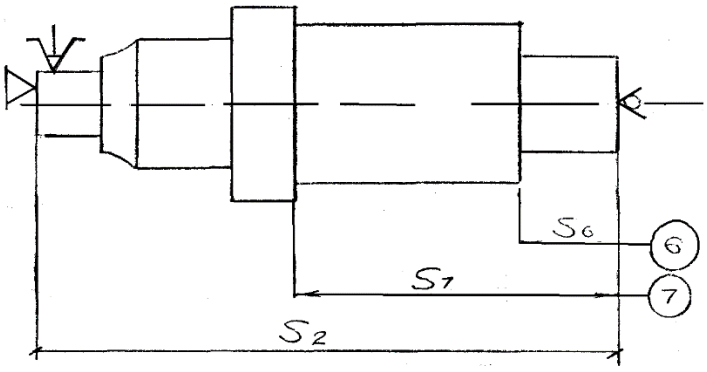
Підрізати торець 5 в розмір S5

Підрізати торець 6 в розмір S6

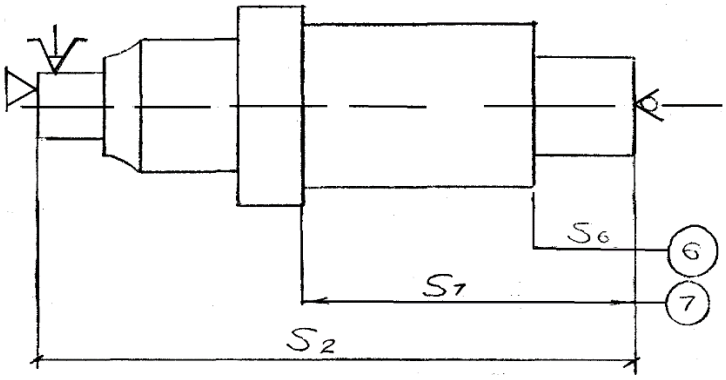


Підрізати торець 7 в розмір S7

3. Токарна напівчистова



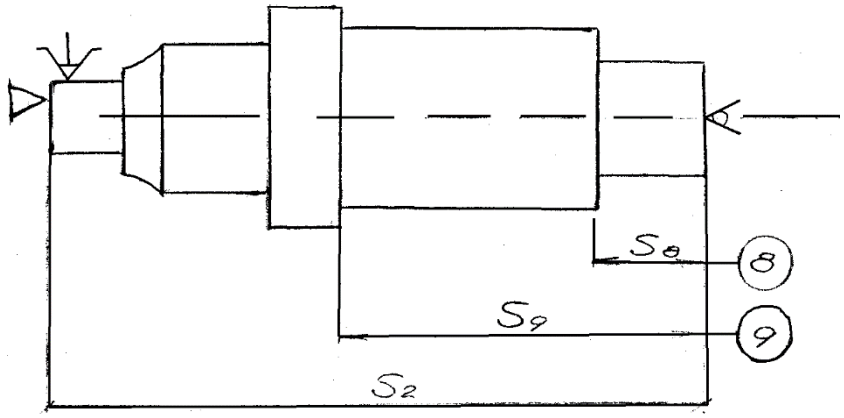
Підрізати торець 6 в розмір S6



Підрізати торець 7 в розмір S7

4. Токарна чистова

1. Точить торець 8 в розмір S8



2.Точить торець 9 в розмір S9

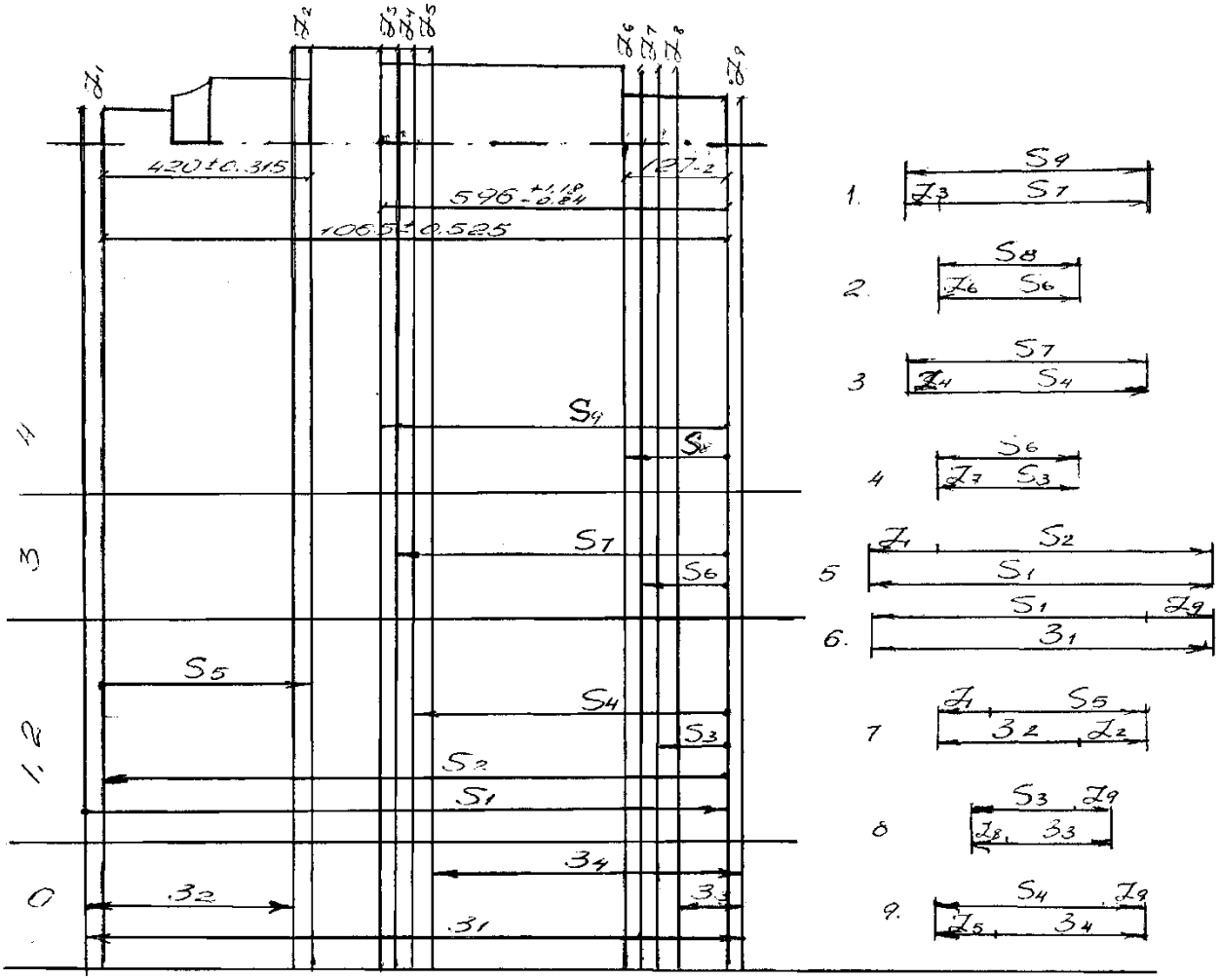


Рисунок 3.8 – Розмірні ланцюги

3.9 Вибір міжопераційних розмірів і припусків на обробку

Таблиця 3.8- Розрахунок розмірного ланцюга

1	2	3	4	5

№ з/п ланцюга	Вихідні дані	Розрахунок розмірного ланцюга	Між операційний розмір з відхиленням.	Уточнене значення припуску.
1	2	3	4	5
1	$S_9 = 596^{+1.18}_{-0.84}$ $Z_3 = 1.4$	$S_7 = S_9 - Z_3$ $S_7 = 596 - 1.4 = 594.6$	$S_7 = 594.6^{+0.28}$	$Z_3 = S_9 - S_7 = 596^{+1.18}_{-0.84} -$ $- 594.6^{+0.28} = 1.4^{+1.18}_{-1.12}$ Збільшуємо $Z_3 = 2.5^{+1.18}_{-1.12}$ $S_1 = 593.5^{+0.28}$
2	$S_8 = 127_{-2}$ $Z_6 = 1.0$	$S_6 = S_8 - Z_6$ $S_6 = 127 - 1 = 126$	$S_6 = 126^{+0.16}$	$Z_6 = S_8 - S_6 = 127_{-2} -$ $- 126^{+0.16} = 1_{-2.16}$ Збільшуємо $Z_6 = 2.5_{-2.5}$ $S_6 = 124.5^{+0.16}$
3	$S_7 = 593.5^{+0.28}$ $Z_4 = 2.0$	$S_4 = S_7 - Z_4$ $S_4 = 593{,}5 - 2 = 591{,}5$	$S_4 = 591.5^{+0.7}$	$Z_4 = S_7 - S_4 = 593.5^{+0.28} -$ $- 591.5^{+0.7} = 2.0^{+0.28}_{-0.7}$
4	$S_6 = 124.5^{+0.16}$ $Z = 1.5$	$S_3 = S_6 - Z_7$ $S_3 = 124{,}5 - 1.5 = 123$	$S_3 = 123^{+1.0}$	$Z_7 = S_6 - S_3 = 124.5^{+0.16} -$ $- 123^{+1.0} = 1.5^{+0.16}_{-1.0}$
5	$S_2 = 1065^{+0.525}_{-0.525}$ $Z_1 = 2.5$	$S_1 = S_2 + Z_1$ $S_1 = 1065 + 2{,}5 = 1067{,}5$	$S_1 = 1067.5^{+1.3125}_{-1.3125}$	$Z_1 = S_1 - S_2 = 1067.5^{+1.3125}_{-1.3125} -$ $- 1065^{+0.525}_{-0.525} = 2.5^{+1.8375}_{-1.8375}$ Збільшуємо $Z_1 = 4.5^{+1.8375}_{-1.8375}$ $S_1 = 1069.5^{+1.3125}_{-1.3125}$
6	$S_1 = 1069.5^{+1.3125}_{-1..3125}$ $Z_9 = 2.5$	$3_1 = S_1 - Z_9$ $3_1 = 1069{,}5 + 2{,}5 = 1072$	$3_1 = 1072^{+1{,}3125}_{-1{,}3125}$	$Z_9 = 3_1 - S_1 = 1072^{+1.3125}_{-1.3125} -$ $- 1069.5^{+1.3125}_{-1.3125} = 2.5^{+2.625}_{-2.625}$ Приймаємо $Z_9 = 5.5^{+2.625}_{-2.625}$ $3_1 = 1075^{+1.3125}_{-1.3125}$
7	$S_3 = 123^{+1}$ $Z_8 = 2.5$ $Z_8 = 5.5^{+2.625}_{-2.625}$	$3_3 = S_3 + Z_9 - Z_8$ $3_3 = 123 + 5{,}5 - 2{,}5 = 12$	$3_3 = 126^{+1{,}0}$	$Z_8 = S_3 + Z_9 - 3_3 = 123^{+1.0} +$ $+ 5{,}5^{+2.625}_{-2.625} - 126^{+1.0} = 2{,}5^{+3.625}_{-3.625}$ Приймаємо $Z_8 = 7.5^{+3.625}_{-3.625}$ $3_3 = 121^{+1.0}$

8	$S_5 = 420^{+0,315}_{-0.315}$ $Z_2 = 2,5$ $Z_1 = 4,5^{+1,8735}_{-1,8375}$	$З_2 = S_5 + Z_1 - Z_2$ $З_2 = 420 + 4,5 - 2,5 =$ $= 422$	$З_2 = 422^{+0,97}$	$Z_2 = S_5 + Z_1 - З_2 = 420^{+0.315}_{-0.315} +$ $+ 4,5^{+1.8375}_{-1.8375} - 422^{+0.97} = 2,5^{+2.1525}_{-3.1225}$ Приймаємо $Z_2 = 5.5^{+2.1525}_{-3.1225}$ $З_2 = 419^{+0.97}$
9	$S_9 = 591,5^{+0,7}$ $Z_9 = 5,5^{+2,625}_{-2,625}$ $Z_5 = 2,5$	$З_4 = S_4 + Z_9 - Z_5$ $З_4 = 591,5 + 5,5 - 2,5 =$ $= 594,5$	$З_4 = 594,5^{+0,8625}_{-0,8625}$	$Z_8 = S_3 + Z_9 - З_3 = 123^{+1.0} +$ $+ 5,5^{+2.625}_{-2.625} - 126^{+1.0} = 2,5^{+3.625}_{-3.625}$ Приймаємо $Z_5 = 8^{+4.1875}_{-3.4875}$ $З_4 = 589^{+0.8625}_{-0.8625}$

Таблиця 3.9- Зведена таблиця між операційних розмірів і припусків

№з/п пов	Найменування переходу	Ra	Квалітет IT	Допуск T	Припуск t	Міжопераційний розмір з допусками
1	2	3	4	5	6	7
1,26	Фрезерно-центрувальна.	25	12	1050	10	$1065^{+0,525}_{-0,525}$
2	Свердління. Зенкерування. Нарізування різьблення М20-7Н	12,5 3,2	10 8	84 33	9 1	$Ø\ 18^{+0,084}$ $Ø\ 20_{-0,033}$ М2-7Н
3	Фрезерування шпонкових пазів: чорнове. Чистове	 25 12,5	 12 11	 170	 3,0	 $152 * 29$ $155 * 32$
4	Чорнове точіння.	25	12			
5	Чорнове точіння. Напівчистове точіння. Чистове точіння. Тонке точіння.	25 6,3 3,2 1,25	12 10 8 6	350 140 57 22	2,5 2,0 1,7 1,0	$124,7^{+0,175}_{-0,175}$ $122,7^{+0,07}_{-0,07}$ $121 \pm 0,0285$ $120m6(^{+0.035}_{+0.013})$
6	Чорнове підрізування торця.	25	12	350	2,5	$110\text{-}_{0,35}$
7	Чорнове точіння. Напівчистове точіння. Чистове точіння. Тонке точіння.	25 6,3 3,2 1,25	12 10 8 6	400 160 63 25	2,2 2,2 2,1 0,6	$160^{+1.2}_{+0.8}$ $160^{+0.54}_{+0.38}$ $160^{+0.185}_{+0.122}$ $160^{+0.028}_{+0.03}$
8	Чорнове підрізування торця.	25	12	630	2,5	420 ± 0.315
9	Чорнове точіння.	25	12	460	2,0	$Ø220^{-0.46}$

1	2	3	4	5	6	7
11	Чорнове точіння.	25	12	520	2,0	$Ø260 \pm 0.260$
12	Чорнове підрізування торця. Напівчистове підрізування торця. Чистове підрізування торця.	25 6,3 2,5	12 10 9	700 280 175	8,0 2,0 2,5	$606.5^{+0.7}$ $598.5^{+0.28}$ $596^{+0.175}$
13	Чорнове точіння. Напівчистове точіння. Чистове точіння. Тонке точіння.	25 6,3 3,2 1,25	12 10 8 6	460 185 72 29	2,5 2,0 1,7 1,0	$Ø224,7 \pm 0.23$ $Ø222,7 \pm 0.0925$ $Ø221 \pm 0.036$ $Ø220^{+0.033}_{+0.004}$
15	Свердління.	25	12	800	45	$Ø90^{+0.8}$
16	Свердління.	25	12	330	15	Ø30+0.33
17	Чорнове точіння. Напівчистове точіння. Чистове точіння.	25 3,2 1,25	12 10 8	460 185 72	2,5 2,0 1,7	$Ø213,7 \pm 0,23$ $Ø211,7 \pm 0,0925$ Ø210-0,072
19, 23	Чорнове точіння.	25	12	460	2,5	Ø200-0,46
20,21 ,22	Фрезерування лисок.	25	12	400	2,0	Ø170-1*100+0,4
24	Чорнове підрізування торця. Напівчистове підрізування торця. Чистове підрізування торця.	25 6,3 2,5	12 10 9	400 160 63	7,5 1,5 2,5	$131 \pm 0,2$ $129,5 \pm 0,08$ 127-0,63
25	Чорнове точіння. Напівчистове точіння. Чистове точіння. Нарізування різьблення замкової.	25 6,3 3,2	12 10 8			

3.10 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій.

Розрахунок режимів різання розрахунково-аналітичним методом для поверхні: Ø30 обробки на верстаті 2А622МФ2.

глибина різання:

$$t=0.5К=0,5\times30=15мм. \quad (3.25)$$

2. При свердленні отворів без обмежуючих факторів вибирають максимально припустиму по міцності свердла подачу.

S=0.32...0.35мм/об.

Приймаємо S=0.34мм/об.

3. Швидкість різання

$$v = \frac{C_v * D^q}{T^m * S^y} * K_v \tag{3.26}$$

де T = 50хв - стійкість інструмента; Cv=9,8; q=0,40;y=0,50;m=0,2

Kv- загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання

$$K_v = K_{uv} * K_w * K_{ev} \tag{3.27}$$

Kw – коефіцієнт на оброблюваний матеріал

$$K_w = K_r * \left(\frac{750}{G_b}\right)^w \tag{3.28}$$

де Kr = 0.85

w=0.9

Gb=980

$$K_w = 0{,}85 * \left(\frac{750}{980}\right)^{0{,}9} = 0{,}67$$

де Kuv=1.0 – коефіцієнт на інструментальний матеріал

Kev=1.0 – коефіцієнт враховуючу глибину свердління

Kv= 0.67*1.0*1.0=0.67

$$v = \frac{9{,}8 * 30^{0.4}}{50^{0.2} * 0{,}34^{0.5}} * 0{,}67 = 20{,}073 м/мин$$

4. Крутний момент і осьова сила

$$M_{кр} = 10 * C_м * D^q * S^y * K_p$$

$$P_o = 10 * C_p * D^q * S^y * K_p \tag{3.29}$$

де Cм = 0,0345 Cp =68

q = 2,0 q = 1,0

y = 0,8 y = 0,7

Kp – коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки, у цьому випадку залежить тільки від матеріалу оброблюваної заготівлі, Kp=Kмр

$$K_{мр} = \left(\frac{C_в}{750}\right)^n \tag{3.30}$$

$n = 0.75$

$$K_{мр} = \left(\frac{980}{750}\right)^{0{,}75} = 1{,}222$$

$$K_p = 1{,}222$$

$$M_{кр} = 10 * 0{,}0345 * 30^2 * 0{,}34^{0{,}8} * 1{,}22 = 160{,}072 Нм$$

$$P_o = 10 * 68 * 30 * 0{,}34^7 * 1{,}222 = 11714{,}847 H$$

Потужність різання

$$Ne = \frac{M_{kp} * n}{9750}(кВт)$$
$$n = \frac{1000v}{\Pi D} \quad (3.31)$$

де n- частота обертання інструмента.

$$n = \frac{1000 * 20.073}{3.14 * 30} = 213.09$$ об/хв

$$Ne = \frac{160.072 * 213.09}{9750} = 3.5кВт$$

$$N_{cm} = 15кВт$$

6. Основний час.

$$T_o = \frac{DL}{DnS} = \frac{70}{0.34 * 214} = 1мин. \quad (3.32)$$

Для свердління трьох отворів час повинне бути збільшене в три рази Те=3хв.

Для всіх інших поверхонь режими різання й нормування робимо табличним методом (табл.3.10).

Таблиця 3.10 – Зведена таблиця режимів різання з нормами часу

№ оп.	Зміст переходу	Модель верстата	Поверхня	Припуск	v м/хв.	K_1	K_2	K_3	v_q м/хв.	S_T мм/об.	$П_p$ обхв	$П_q$ об/хв	N_p квт	Час t	Інструмент
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
005	Фрезеру-ваня торців Центрування отворів	2М942	L=1065 2 отв. Ø10	10	37 21.6	1.0 0.55	0.55 1.15	1.0 1.0	20.4 13.7	S_z= 0.12 0.22	49.8 435	50	1.5 3.6	0.12 0.16	Фреза торц. оснащ. пласт.

Продовження таблиці 3.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
010	Токарна чорнова Підрізування торця L110 L420 L449 L127 L596 Чорнове точіння.	16К20П	L= 110 420 449 127 596 Ø= 120 160 220 260 220 210 200 148	5.5 5.5 5.5 7.5 8 2.5 2.5 2.5 2.5 2.5 2.5 2.5 2.5	22 22	0,5 0,5	0,8 0,8	1,0 1,0	8,8 8,8	0,45 0,9	17,5 17,5	20 20	3,6 3,6	3,6 59,2	Різець прохідний (швидкорізальна сталь)
015	Токарна напівчистова. Підрізування торця Чистове точіння.	16К20П	L= 127 596 Ø 120 160 220 210 140	1.5 2.0 1.5 1.5 1.5 1.5 1.5	25 25	0,5 0,5	1,0 1,0	1,0 1,0	12,5 12,5	0,7 0,4	24,8 24,8	25 25	0,5 0,5	0,47 60,9	Різець прохідний Р6М5

Продовження таблиці 3.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
020	Токарна напівчистова. Підрізування торця Напівчистове точіння.	16К20Ф3	L= 127 596 420 Ø 120 160 220 210 140	2.5 2.5 2.5 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0	37 37	0,5 0,5	1,0 1,0	0,8 0,8	15 15	0,6 0,6	29,8 29,8	30 30	0,5 0,5	0,42 59,2	Різець прохідний Р6М5
025	Шліфування	3М151	Ø 120 160 220	0.5 0.5 0.5	37	0,6	1,15	0,8	20,5	0,6	40,7	45	0,2	17,4	
030	Свердлильно-фрезерно-розточувальна. Шпонка (2шт) Лиски (2шт) 2 отв. 3 отв.	2А622МФ2	R16 X105 100 X107 М10 Ø30	16 15 5 15	22 37 27,67 20,1	1,1 1,0 0,65 0,7 0,67	0,55 0,55 1,15 1,0	1,15 0,9 1,0 1,0	15,3 18,3 20,6 4,9 22,6	0,15 0,1 0,16 0,5 0,34	153 58,3 821,3 156 213	155 60 840 156 240	62 0.15 0.6 0,23 5	0,6 2,3x20 0,45 0,773 0	
035	Токарна	16К20Ф3	Різьба замкова ДСТУГОСТ 7595-58	-	20	0,75	-	-	15	3,3	32,5	35	3,95	1,1	Різець різьбовий Р6М5
040	Свердлильно-фрезерно-розточувальна.	2А622МФ2	Ø90 L520	45	26	0,65	1,15	0,8	15,6	0,4	55	55	1,3	23,6	Свердло збірне перове Р6М5

Таблиця 3.11 - Нормування технологічних операцій

№ і найменування операцій	То	$T_в$			Топ	$T_{об}$		Топ	$T_{шт}$	Т п.з	n	$T_{штж}$
		$T_{ус}+T_з$	Тдоп	$T_{из}$		$T_{тех}$	Торг					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
005 Фрезерно-центрувальна	0,28	0,134	0,2	0,09	0,704	0,012	0,008	0,04	0,84	30	10	3,84
010 Токарна чорнова	62,8	0,478	0,17	3,31	66,758	1,75	1,14	3,34	72,788	31,2	10	76,108
015 Токарна напівчистова	61,07	0,478	0,25	3,31	65,10	1,697	1,1	3,26	71,16	31,2	10	74,28
020 Токарна чистова	59,62	0,478	0,25	3,31	63,658	1,65	1,08	3,18	69,577	31,2	10	12,697
025 Шліфування	17,4	0,478	0,25	0,99	19,11	0,725	0,33	0,96	21,13	27,7	10	23,90
030 Свердлильно-фрезерно-розточувальна. фрезерувати: 2 шпонки,2 лиски свердлити: 3 отв. Ø30 2 отв. М20	0,6 4,6 3,0 0,45 0,77	0,332	0,23	2,23	12,212	6,05	0,55	0,225	19,037	27	10	27,737
035 Токарна	1,1	0,234	0,10	0,72	2,15	0,08	0,04	0,10	2,38	30,7	10	5,45
040 Свердлильно-фрезерно-розточувальна. свердлити: отв. Ø90 L=520	23,6	0,166	0,07	0,24	24,076	0,55	0,24	1,204	26,07	14	10	27,47

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВАРІАНТІВ МАРШРУТУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Розрахунок проводиться в математичній програмі з метою виявлення умов застосування верстату з ЧПК. Таким чином при однаковій заготовці та тривалості випуску деталей видно, що один верстат з ЧПК заміняє 4 універсальні верстати.

Вихідні дані					
Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	16К20П	16К20П	16К20П	16К20П	16К20Ф3
Деталі					
Річний обсяг випуску деталей **N**, шт.	1200				2000
Кількість запусків партій деталей в рік, шт	12				12
Тривалість випуску деталей **Z**, років	3				3
Штучний час обробки деталі $t_{шт}$, хв.	120	120	120	120	103,37
Час наладки верстата, хв.	0	0	0	0	35,2
Розряд:	0				
контролера	5				0
верстатника	5	5	5	5	3
наладчика	3	3	3	3	3
наладчика інструменту		0			4
Кількість кадрів програми, шт.		0			100
Вартість заготовки $S_{заг}$, грн.	13743				13743
Вартість комплекту спец. пристосувань $K_{пр}$, грн					
Оптова ціна на прокат одного УСП $Ц_{усп}$, грн					
Середній час налагодження за прибором одного інструменту поза верстатом, хв.					20
Середній період стійкості інструменту, хв.	60	60	60	60	90
Середня кількість граней пластинки, шт.	1	1	1	1	3
Коефіцієнт, що враховує питому вагу основного часу в штучному $k_т$	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083
Вартість одного кадру ПК, грн.		0			8,9

Вартість розробки ПК **Кпк**, грн.		0			340
Середньочасова зарплатня робітника, грн:					
верстатника Нст	33,6	33,6	33,6	33,6	20,1
наладчика Ннал	33,6	33,6	33,6	33,6	34,3
наладчика інструмента Нін					31,1
контролера Нк	29,8				29,8

Верстати					
Клас точності верстата	**Н**	**Н**	**Н**	**Н**	**А**
Маса верстата, т	**3**	**3**	**3**	**3**	**5**
Габарити верстата (довжина х ширина), м.	*2,5 х 2,7*	*2,5 х 2,7*	*2,5 х 2,7*	*2,5 х 2,7*	*3,7 х2,2*
Габарити пристрою ЧПК, м					*0,5 х 0,5*
Тип пристрою ЧПК					*FANUC 0iMF*
Строк служби верстата до капітального ремонту **Трц** , років	*7*	*7*	*7*	*7*	*8*
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	*10*	*10*	*10*	*10*	*20*
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:					
механічної частини **Rм**	**25**	**25**	**25**	**25**	**35**
електротехнічної частини **Re**	**21**	**21**	**21**	**21**	**32**
Кількість верстатів, що обслуговує один робочий **d**, шт	**1**	**1**	**1**	**1**	**2**
Оптова ціна верстата **Ц**, грн.	**11000**	**11000**	**11000**	**11000**	**23000**
Коефіцієнт завантаження верстата **ηз**	**0,75**	**0,75**	**0,75**	**0,75**	**0,8**
Площа верстата за габаритами **А**, м. кв.	**25,0**	**25,0**	**25,0**	**25,0**	**50,0**

Площа верстата за габаритами **А**, м. кв.	**25,0**	**25,0**	**25,0**	**25,0**	**50,0**
Площа пристрою ЧПК **Ау** , м. кв.					**1,44**
Витрати на одну одиницю ЕРС верстата, грн.					
механічної частини **Нм**	**100**	**100**	**100**	**100**	**325**
електротехнічної частини **Не**	**8б**	**8б**	**8б**	**8б**	**60**
Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК **Q**, грн.					**11950**

Коеф., що враховує додаткову площу верстата, **γ**	4,5	4,5	4,5	4,5	4
Коеф., що враховує клас точності верстата, **μ**	1	1	1	1	1,2
Ефективний річний фонд часу роботи верстата **Фоб**, год	4055	4055	4055	4055	3950

Виробничі та інші площи					
Вартість 1 м. кв. площі механічної **Цпл.зд.**, грн	**500**				**500**
Вартість 1 м. кв. площі, що займають службово–побутові приміщення **Цсл. поб**, грн	**1000**				**1000**
Площа службово-побутових приміщень, що приходяться на одного робочого **Аб** , м. кв.	7				7
Витрати на утримання та амортизаційні витрати на 1 м. кв. цеху **Нпл**, грн.	180	180	180	180	180

Розрахунок допоміжних показників					
Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	16К20П	16К20П	16К20П	4-ий верстат	16К20Ф3
Трудомісткість обробки **Тшт**, год	2400	2400	2400	2400	3445,666667
Час наладки верстата впродовж року **Тн**, год	0	0	0	0	7,04
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року **Тн.ін**, год	0	0,00	0	0	265,44
Час контролю деталей впродовж року **Тк**, год	254,5	199,2	199,2	199,2	125,2
Кількість верстатників **Рст**, чол. (розрах.)	0,80	0,80	1,29	1,29	0,93
(дійсна)	1	1	2	2	1
Кількість наладчиків верстатів **Рн**, чол. (розрахункова)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0038
(дійсна)	0	0	0	0	1
Кількість наладчиків інструмента поза верстатом **Рн.ин**, чол. (розрахункова)	0	0,0000	0	0	0,14271
(дійсна)	0	0	0	0	1

Кількість контролерів $P_к$, чол. (розрах.)	0,14	0,14	0,107	0,11	0,15
(дійсна)	1				1
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК $P_{дод}$, чол (розрахункова)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55
(дійсна)	0	0	0	0	1
Загальна кількість працівників на річну програму випуску деталей, чол.	2				1
Частка завантаження верстата обробкою деталі в обсязі річного випуску **β**	0,79	0,79	0,7891	0,789	2,00

Собівартість механічної обробки річного випуску деталей

С = Из + Ин + Иін + Ипк + Ипр + Иусп + Иа + Ипл + Исл + Ир + Иу + Ик,

де Из – зарплатня верстатника;
Ин – зарплатня за наладку верстата;
Иін – зарплатня налагоджувальника інструмента поза верстатом;
Ипк – витрати на підготовку та поновлення керуючої програми;
Ипр – витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань
Иусп – витрати на прокат універсально-зборних пристосувань при їх використанні;
Иа – амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання;
Ипл – витрати на утримання приміщень, яке займає верстат;
Исл – витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень;
Ир – витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання;
Иу – витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК;
Ик – зарплатня контролера

С1 на деталь = 571,31

С2 на деталь = 120,87

	Из		Ин		Иін		Ипк		Ипр		Иусп		Иа		Ипл		Исл		Ир		Иу		Ик		
С1 =	533782	+	0,00	+	0,00	+	0,00	+	0	+	0	+	1527,79	+	63922,52	+	49000	+	13592,3	+	0,0	+	23744,64	=	**685569,23**
С2 =	57557	+	379,71	+	8255,31	+	113,33333	+	0	+	0	+	2024,00	+	74073,60	+	35000	+	31908,0	+	23900,0	+	8522,51	=	**241733,93**

1. Зарплатня верстатника (основна та додаткова) Из

Из = Нст.заг · Тшт / d

де Нст.заг – середньочасова заробітна платня верстатників зі усіма нарахуваннями, грн.;

Тшт – час обробки деталей в обсязі їх річного випуску, год;

d – кількість верстатів, які обслуговує один робочий

Нст.заг = Нст + Зд + Свідр + Спрем

де Нст – тарифна ставка верстатника, грн;

Зд – додаткова заробітна платня, 8%
Свідр – відрахування на соціальне страхування, 12%
Спрем – преміальні доплати, 35%

Базовий варіант							Новий варіант						
	Из =	Нст.заг	·	Тшт	/	d		Из =	Нст.заг	·	Тшт	/	d
16К20П	**134033**	55,85		2400		1	16К20Ф3	**57557**	33,41		3446		2
16К20П	Из =	Нст.заг	·	Тшт	/	d	**Всього Из2**	**57557**					
	131682	54,87		2400		1							
16К20П	Из =	Нст.заг	·	Тшт	/	d							
	134033	55,85		2400		1							
16К20П	Из =	Нст.заг	·	Тшт	/	d							
	134033	55,847232		2400		1							
Всього Из1	**533782**												

2. Зарплатня за наладку верстата Ин

Ин = Ннал.заг · Тн

де Ннал.заг – середньочасова зарплатня наладчиків з усіма нарахуваннями, грн;
Тн – час наладки верстата впродовж року, год

Ннал.заг = Ннал + Зд +Свідр + Спрем

де Ннал – тарифна ставка наладчика, грн;
Зд – додаткова заробітна платня, 8%
Свідр – відрахування на соціальне страхування, 12%
Спрем – преміальні доплати, 30%

Тн = tн · jр / 60

де tн – час наладки верстата для обробки партії деталей, хв;

jр – кількість запусків партій деталей за рік

Базовий варіант							Новий варіант						
	Ин =	Ннал	·	Тн				Ин =	Ннал	·	Тн		
16К20П	**0,00**	52,84		0			16К20Ф3	**379,71**	53,94		7,04		
16К20П	Ин =	Ннал	·	Тн			**Всього Ин2**	**379,71**					
	0,00	52,84		0									
16К20П	Ин =	Ннал	·	Тн									
	0,00	52,84		0									
16К20П	Ин =	Ннал	·	Тн									
	0,00	52,84		0									
Всього Ин1	**0,00**												

3. Зарплатня налагоджувальника інструмента поза верстатом, $Н_{ін}$

$И_{ін} = Н_{ін} \cdot Т_{н.ін.}$

де $Н_{ін}$ – середньочасова зарплатня наладчика, грн;

$Т_{н.ін.}$ – час, який затрачується на налагодження інструмента поза верстатом, хв

$Т_{н.ін.} = 1{,}3 \cdot t_{ін} \cdot Т_{шт} \cdot kT / (T \cdot nГ)$

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

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

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

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

T – середній період стійкості інструменту, хв.;

nГ – кількість граней пластинки, що не переточується

Базовий варіант				Новий варіант			
16К20П	$И_{ін}$ =	$Н_{ін}$ ·	$Т_{н.ін.}$	16К20Ф3	$И_{ін}$ =	$Н_{ін}$ ·	$Т_{н.ін.}$
	0	0	0		**8255,31**	31,1	265,44
16К20П	$И_{ін}$ =	$Н_{ін}$ ·	$Т_{н.ін.}$	**Всього $И_{ін2}$**	**8255,31**		
	0,00	0	0,00				
16К20П	$И_{ін}$ =	$Н_{ін}$ ·	$Т_{н.ін.}$				
	0,00	0	0				
16К20П	$И_{ін}$ =	$Н_{ін}$ ·	$Т_{н.ін.}$				
	0,00	0	0				
Всього $И_{ін1}$	**0,00**						

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

$И_{пк} = К_{пк} / Z$

				Базовий варіант				Новий варіант			
16К20П	$И_{пк}$ =	$К_{пк}$	/ Z	16К20П	$И_{пк}$ =	$К_{пк}$	/ Z	16К20Ф3	$И_{пк}$ =	$К_{пк}$	/ Z
	0	0	1200		**0**	0	3		**113,3333**	340	3
16К20П	$И_{пк}$ =	$К_{пк}$	/ Z	16К20П	$И_{пк}$ =	$К_{пк}$	/ Z	**Всього $И_{пк2}$**	**113,3333333**		
	0	0	1200		**0,00**	0	3				
				Всього $И_{пк1}$	**0,00**						

5. Витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань $И_{пр}$

$И_{пр} = К_{пр} (1/Z + 0{,}04)$

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

Базовий варіант					Новий варіант				
16К20П	$И_{пр}$ =	$К_{пр}$ ·	(1/Z +	0,04)	16К20Ф3	$И_{пр}$ =	$К_{пр}$ ·	(1/Z +	0,04)
	0	0	0,33333			**0**	0	0,333	
16К20П	$И_{пр}$ =	$К_{пр}$ ·	(1/Z +	0,04)	**Всього $И_{ін2}$**	**0**			
	0	0	0,33333						
16К20П	$И_{пр}$ =	$К_{пр}$ ·	(1/Z +	0,04)					
	0	0	0,33333						
16К20П	$И_{пр}$ =	$К_{пр}$ ·	(1/Z +	0,04)					
	0	0	0,33333						
Всього $И_{ін1}$	**0**								

6. Витрати на прокат універсально-збірних пристосувань при їх використанні $И_{усп}$

$И_{усп} = Ц_{усп} \cdot j_р$

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

Базовий варіант				Новий варіант			
16К20П	$И_{усп}$ =	$Ц_{усп}$ ·	$j_р$	16К20Ф3	$И_{усп}$ =	$Ц_{усп}$ ·	$j_р$
	0	0	12		**0**	0	12
16К20П	$И_{усп}$ =	$Ц_{усп}$ ·	$j_р$	**Всього $И_{усп2}$**	**0**		
	0	0	12				
16К20П	$И_{усп}$ =	$Ц_{усп}$ ·	$j_р$				
	0	0	12				
16К20П	$И_{усп}$ =	$Ц_{усп}$ ·	$j_р$				
	0	0	12				
Всього $И_{усп1}$	**0**						

7. Амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання **Иа**

Иа = Кб · А

де А – норма амортизаційних відрахувань на повне відновлення верстата, що приймається:

- для верстатів масою до 10 т, які обробляють деталі металевими та абразивними інструментами, відповідно – 0,053 та 0,056;
- для верстатів масою вище 10 т – 0,04 та 0,042 відповідно

Базовий варіант							Новий варіант						
16К20П	Иа =	**381,95**	Кб	9549	А	0,04	16К20Ф3	Иа =	**2024,00**	Кб	50600	А	0,04
16К20П	Иа =	**381,95**	Кб	9549	А	0,04	**Всього Иа2**	**2024,00**					
16К20П	Иа =	**381,95**	Кб	9549	А	0,04							
16К20П	Иа =	**381,95**	Кб	9549	А	0,04							
Всього Иа1	**1527,79**												

8. Витрати на утримання приміщення, яке займає верстат **Ипл**

Ипл = Нпл · (А + Ау) · γ · β

де Нпл – вартість амортизації та утримання 1 м. кв. площі механічного цеху

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

Базовий варіант									Новий варіант								
16К20П	Ипл =	**15981,71**	Нпл	180	(А +	25,0023	Ау)	0	γ 4,5	β 0,79	16К20Ф3	Ипл =	**74074**	Нпл 180	(А +	50	Ау)	1,44	γ	β
16К20П	Ипл =	**15980,27**	Нпл	180	(А +	25	Ау)	0	γ 4,5	β 0,79	**Всього Ипл2**	**74073,60**								
16К20П	Ипл =	**15980,27**	Нпл	180	(А +	25	Ау)	0	γ 4,5	β 0,79										
16К20П	Ипл =	**15980,27**	Нпл	180	(А +	25	Ау)	0	γ 4,5	β 0,79										
Всього Ипл1	**63922,52**																			

9. Витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень **Исл**

Исл = Нпл · Аб · (Рст + Рн + Рдод + Рк)

Базовий варіант								
	Ксл =	Цпл.б	· Аб ·	(Рст +	Рн +	Рдод +	Рк)	
49000	1000	7	6	0	0	1		
Всього Ксл1	**49000**							

Новий варіант								
	Ксл =	Цпл.б	· Аб ·	(Рст +	Рн +	Рдод +	Рк)	
35000	1000	7	1	2	1	1		
Всього Ксл2	**35000**							

10. Витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання **Ир**

Ир = (Нм · Rм + Нв · Rв) · μ · β

де Нм, Нв – витрати на одиницю ремонтної складності відповідного механічної та електротехнічної частин, грн.;
Rм, Rв – ремонтна складність відповідно механічної та електротехнічної часток, що приймається за паспортом верстата, а для деяких верстатів ЧПК;
μ – коефіцієнт, який враховує клас точності верстата, що приймається для класів точності Н, П, В, А, С – відповідно 1; 1,2; 1,5; 1,8; 2,2

Базовий варіант										Новий варіант									
16К20П	Ир =	**3398,1**	(Нм ·	100	Rм +	25	Нв ·	86	Rв) ·	21	μ · 1	β 0,79	16К20Ф3	Ир =	31908,0	(Нм ·	325	Rм +	35	Нв ·	60	Rв) ·	32	μ 1,2
16К20П	Ир =	**3398,1**	(Нм ·	100	Rм +	25	Нв ·	86	Rв) ·	21	μ · 1	β 0,79	**Всього Ир2**	**31908,0**										
16К20П	Ир =	**3398,1**	(Нм ·	100	Rм +	25	Нв ·	86	Rв) ·	21	μ · 1	β 0,79												
16К20П	Ир =	**3398,1**	(Нм ·	100	Rм +	25	Нв ·	86	Rв) ·	21	μ · 1	β 0,79												
Всього Ир1	**13592,3**																							

11. Витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК **Иу**

Иу = Q · β

де Q – річні витрати при експлуатуванні у дві зміни і повній загрузці верста з ЧПК, грн

Базовий варіант					Новий варіант				
16К20П	Иу =	**0**	Q ·	β 0,79	16К20Ф3	Иу =	**23900,0**	Q · 11950	β 2,00
16К20П	Иу =	**0**	Q ·	β 0,79	**Всього Иу2**	**23900,0**			
16К20П	Иу =	**0**	Q ·	β 0,79					
16К20П	Иу =	**0**	Q ·	β 0,79					
Всього Иу1	**0,0**								

12. Зарплатня контролера **Ик**

Ик = Нк · Тк

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

Тк – час контроля деталей впродовж року, год.

Для базових верстатів:

Тк1 = 0,083 · Тшт

де 0,083 – середньостатистична частка трудомісткості контрольних операцій

Для обробки на верстатах з ЧПК

Тк1 = 0,2 · Тшт

Базовий варіант					Новий варіант				
16К20П	Ик =	Нк	·	Тк	16К20Ф3	Ик =	Нк	·	Тк
	5936,16	29,8		199,20		**8522,512**	29,8		285,99
16К20П	Ик =	Нк	·	Тк	**Всього Ик2**	**8522,511933**			
	5936,16	29,8		199,20					
16К20П	Ик =	Нк	·	Тк					
	5936,16	29,8		199,20					
16К20П	Ик =	Нк	·	Тк					
	5936,16	29,8		199,20					
Всього Ик1	**23744,64**								

Капітальні вкладення споживача

К = Кб + Кзд + Ксл + Кнез + Кпр + Кп.у.

де Кб – балансова вартість верстата, грн;

Кзд – вартість приміщення, яке займає верстат, грн.;

Ксл – вартість службово-побутових приміщень, грн.;

Кнез – обігові кошти в незакінченому виробництві, грн.;

Кпр – вартість комплекту спеціальних пристосувань, які використовуються на верстатах при обробці деталей, грн.;

Кп.у. – витрати на створення керуючої програми (КП), грн.

	Кб		Кзд		Ксл		Кнез		Кпр		Кп.у.		
К1 =	38195	+	177563	+	49000	+	13284841	+	0	+	0	=	13549599
К2 =	50600	+	205760,00	+	35000	+	13803433	+	0	+	340	=	14095133,48

1. Балансова вартість верстата **Кб**

Кб = Ц · α · β

де Ц – оптова ціна верстата, грн

α – коеф., що враховує витрати на доставку та встановлення верстата та приймається рівним 1,1;

β – частка завантаження верстата

β = Тшт + Тк / (Фоб · ηз)

Базовий варіант						Новий варіант					
16К20П	Кб =	Ц	·	α	· β	16К20Ф3	Кб =	Ц	·	α	· β
	9549	11000,00		1,1	0,79		**50600**	23000,00		1,1	2,00
16К20П	Кб =	Ц	·	α	· β	**Всього Кб2**	**50600**				
	9549	11000,00		1,1	0,79						
16К20П	Кб =	Ц	·	α	· β						
	9549	11000		1,1	0,79						
4-ий верстат	Кб =	Ц	·	α	· β						
	9549	11000		1,1	0,79						
Всього Кб1	**38195**										

2. Вартість приміщень, які займає верстат **Кзд**

Кзд = Цпл.зд (А+Ау) · γ · β

де Цпл.зд. – вартість 1 м. кв. площі механічного цеху;

А – площа, яку займає верстат по габаритах, м. кв.;

Ау – площа, яку займають виносні, допоміжні пристрої, м. кв;

γ – коефіцієнт, який враховує додаткову площу

Базовий варіант								Новий варіант							
16К20П	Кб =	Цпл.зд	(А	+	Ау)	· γ	· β	16К20Ф3	Кб =	Цпл.зд	(А	+	Ау)	· γ	· β
	44394	500	25,002		0	4,5	0,79		**205760**	500	50		1,44	4	2,00
16К20П	Кб =	Цпл.зд	(А	+	Ау)	· γ	· β	**Всього Кзд2**	**205760,00**						
	44390	500	25		0	4,5	0,79								
16К20П	Кб =	Цпл.зд	(А	+	Ау)	· γ	· β								
	44390	500	25		0	4,5	0,79								
4-ий верстат	Кб =	Цпл.зд	(А	+	Ау)	· γ	· β								
	44390	500	25		0	4,5	0,79								
Всього Кзд1	**177563**														

3. Вартість службово–побутових приміщень **Ксл**

Ксл = Цпл.б · Аб · (Рст + Рн + Рдод + Рк)

де Цпл.б. – вартість 1 м. кв. службово–побутових приміщень, грн;

Аб – площа службово–побутових приміщень, яка приходиться на одного робочого;

Рст, Рн, Рдод – кількість відповідно верстатників, наладчиків та додаткових робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК;

Рк – кількість контролерів

Базовий варіант								
	Ксл =	Цпл.б	· Аб	· (Рст	+ Рн	+ Рдод	+ Рк)	
	49000	1000	7	6	0	0	1	
Всього Ксл1	**49000**							

Новий варіант								
	Ксл =	Цпл.б	· Аб	· (Рст	+ Рн	+ Рдод	+ Рк)	
	35000	1000	7	1	2	1	1	
Всього Ксл2	**35000**							

4. Обігові кошти в незакінченому виробництві **Кнез**

Кнез = 3 · **n''** · (Sзаг + С / Nріч · 0,5) · β

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

n'' – розмір наладочної партії деталей (партії запуска), шт:

n'' = Nріч / jp

Sзаг – вартість заготовки, грн;

С – собівартість механічної обробки річного випуску деталей, грн;

0,5 – коеф. наростання витрат

Базовий варіант

Кнез =	3	· n''	· (Sзаг	+	С	/	Nріч	· 0,5) · β
13284841,13		100	13743		685569,23		1200	3,16

Всього Ксл1	**13284841**

Новий варіант

Кнез =	3	· n''	· (Sзаг	+	С	/	Nріч	· 0,5) · β
13803433,48		166,67	13743		241733,93		2000	2,00

Всього Ксл1	**13803433**

Приведені витрати

З1	=	С1	+	Ен	·	К1
2718009		685569		0,15		13549599
З2	=	С2	+	Ен	·	К2
2356004		241734		0,15		14095133

Строк окупності

Ток =	(К2	-	К1)	/	(С1	-	С2)
1,2291	14095133,48		13549599		685569,23		241733,93

Річний економічний ефект

Е	=	З1	-	З2
362005		2718009		2356004

Оскільки річний економічний ефект від впровадження верстатів зі ЧПК вийшов позитивний, а строк окупності дорівнює 1,2 роки, можна зробити висновок, що доцільно на виробництві застосовувати верстати зі ЧПК (у цьому випадку на токарних операціях замість верстата 16К20П застосувати верстат 16К20Ф3). Це дає в рік додатково зекономлених 362005 грн., які можна застосувати на інші мети (розширення виробництва, поліпшення умов праці.).]

5 РОЗРОБКА РОЗРАХУНКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ ТА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ НА ВЕРСТАТ З ЧПК

Розробка токарної з ЧПК за допомогою автоматизованого програмування у програмному модулі Delcam Power Shape.

Мета. Визначити траєкторію руху інструментів та розрахувати координати опорних точок. Створити візуалізацію траєкторії переміщення інструменту в зоні токарного верстату 16К20Ф3. Зміст операції :точіння зовнішніх циліндричних поверхонь, підрізання торців, зняття фасок, точіння поверхонь R 65, точіння конусної поверхні.

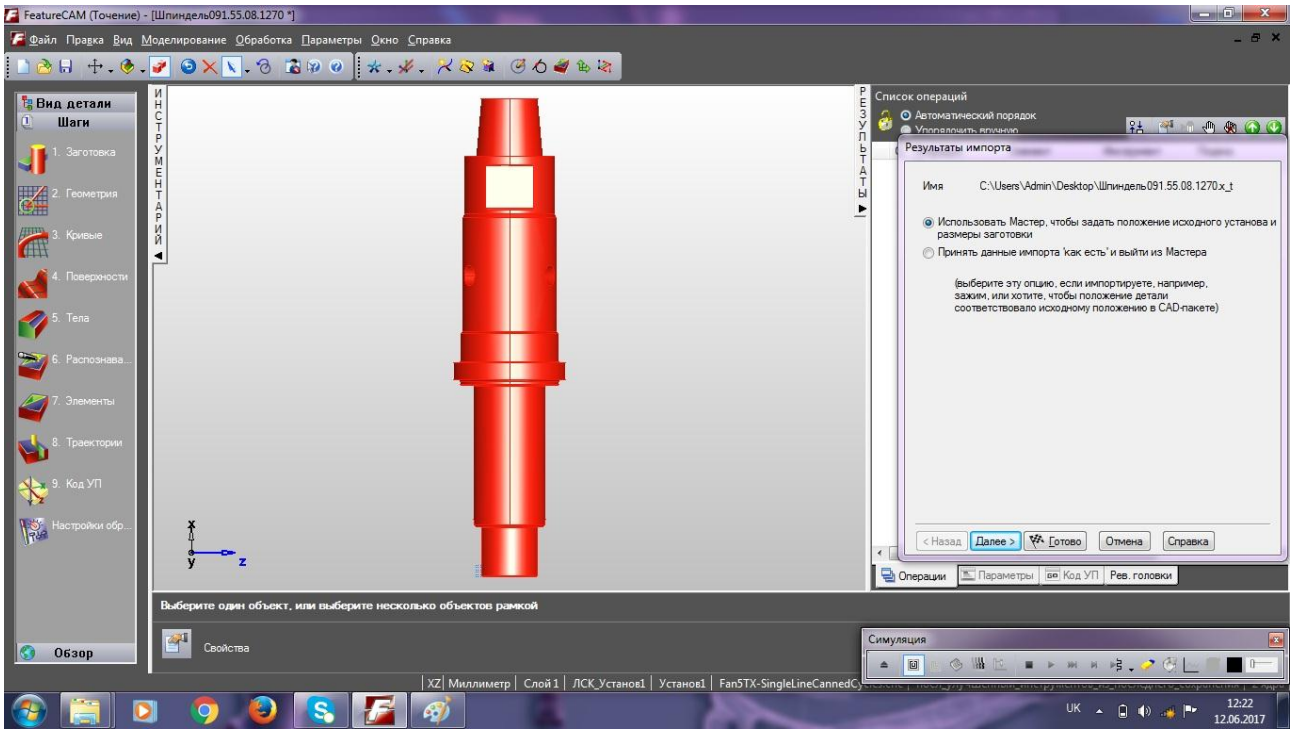


Рисунок 5.1-Імпорт деталі

					КНУ.КМР.131.24.1-09.05.РРТК	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
Розроб.		Ковалевський			РОЗРОБКА РТК та КП	Літ. / Арк. / Акрушів
Перевір.		Пивінла				
Н. Контр.		Нечаєв				Каф. ТМ, гр.ПМ-23м
Зав. каф.		Рязанцев				

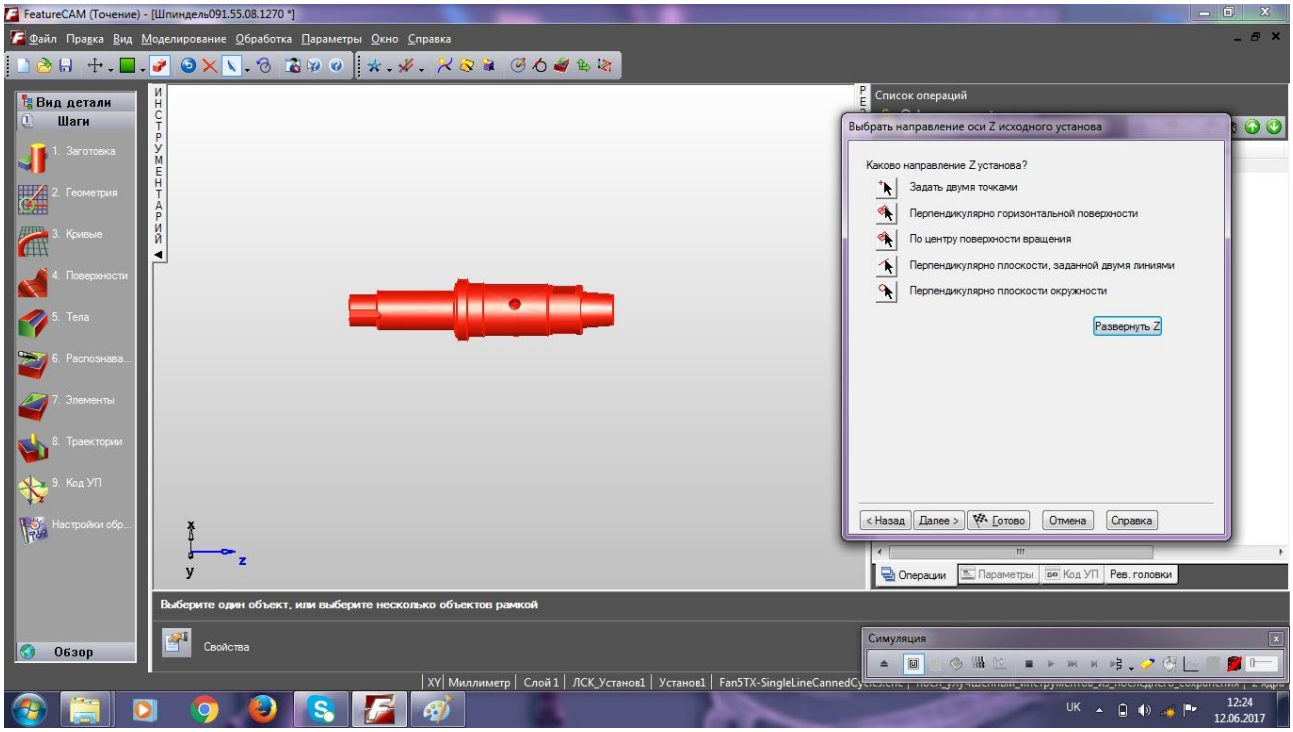


Рисунок 5.2- Вибір напряму осі Z

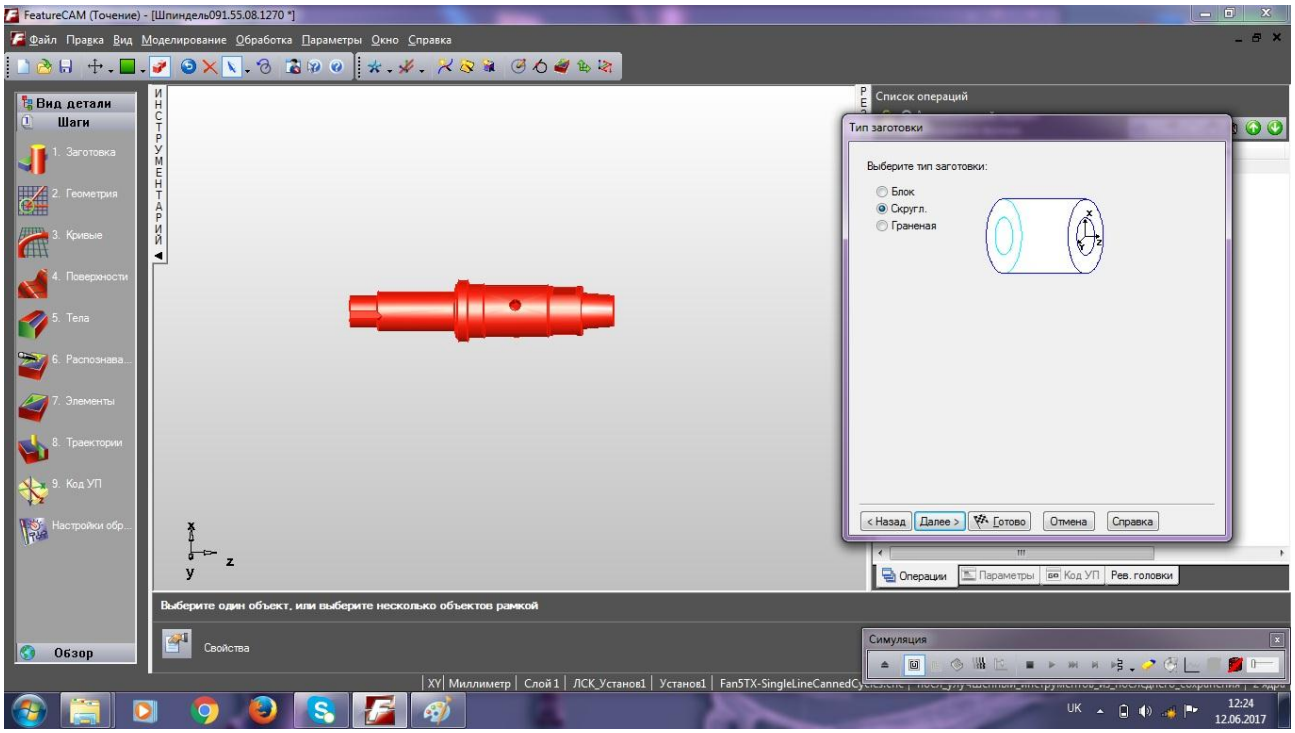


Рисунок 5.3- Вибір типу заготовки

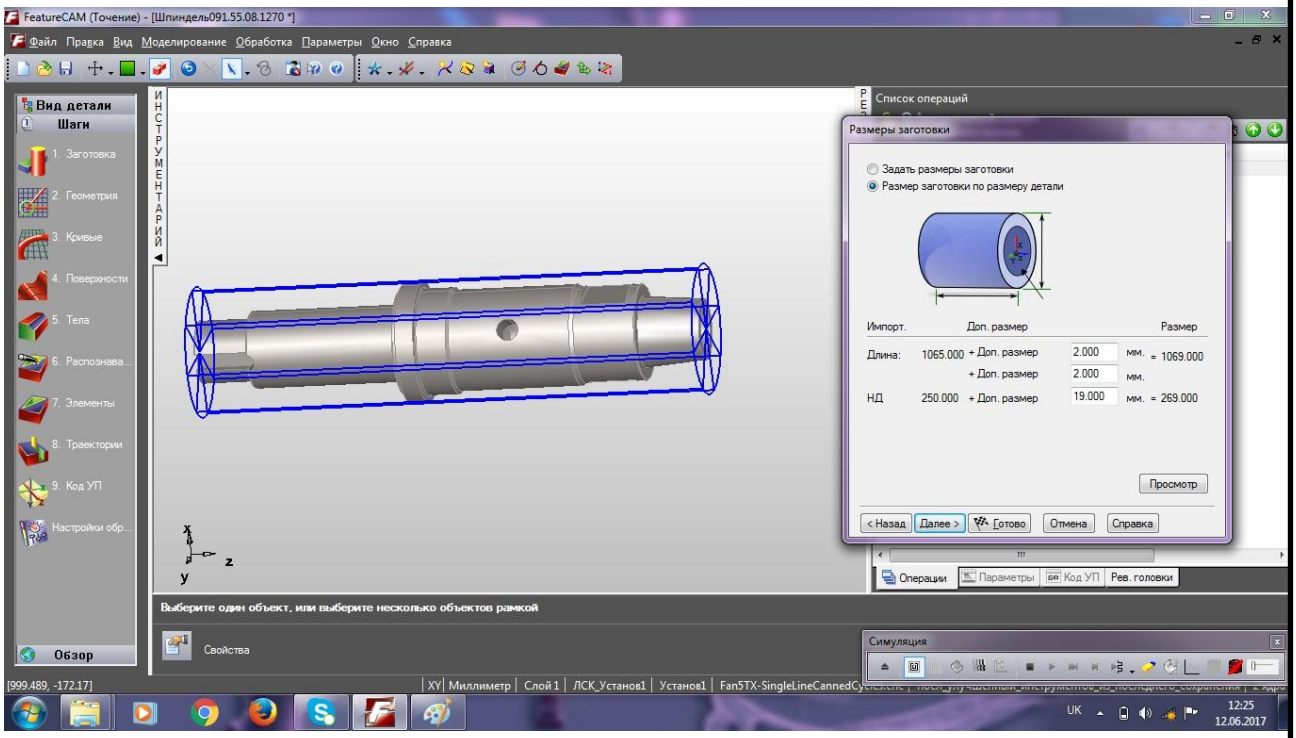


Рисунок 5.4- Установка розмірів заготовки

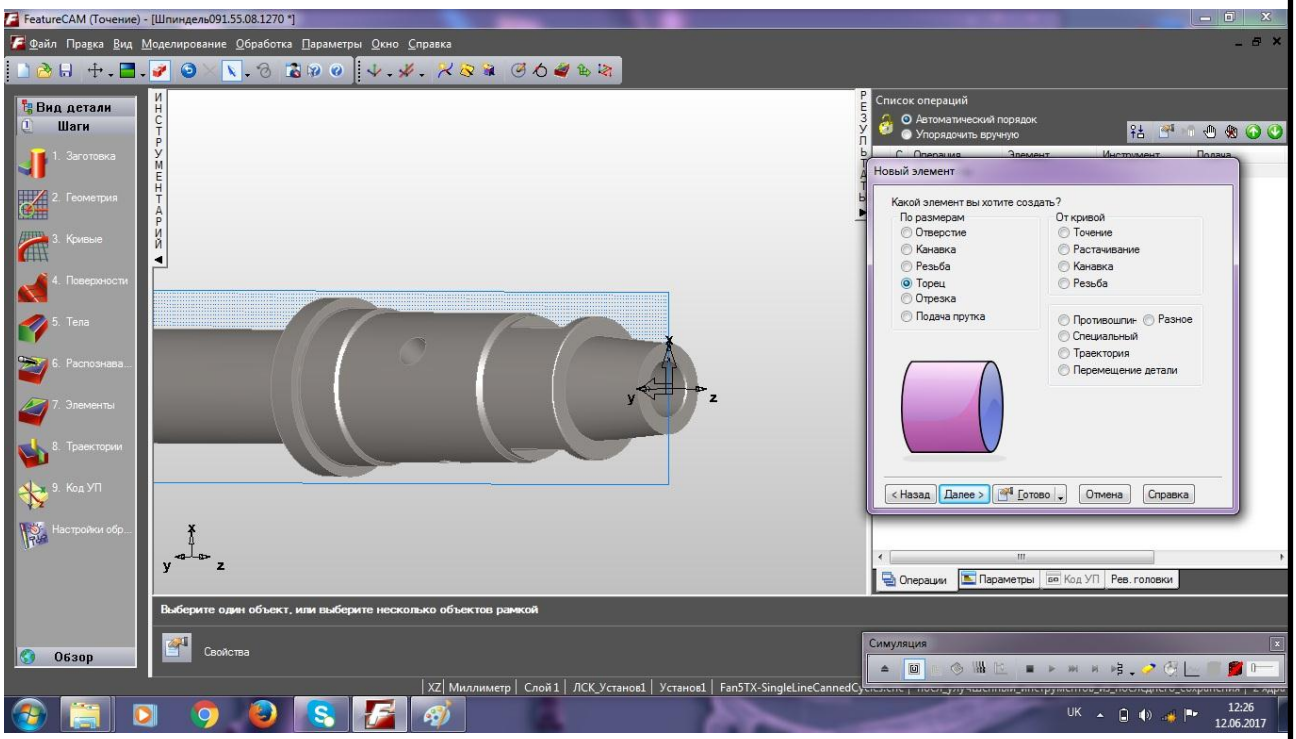


Рисунок 5.5- Елемент торець

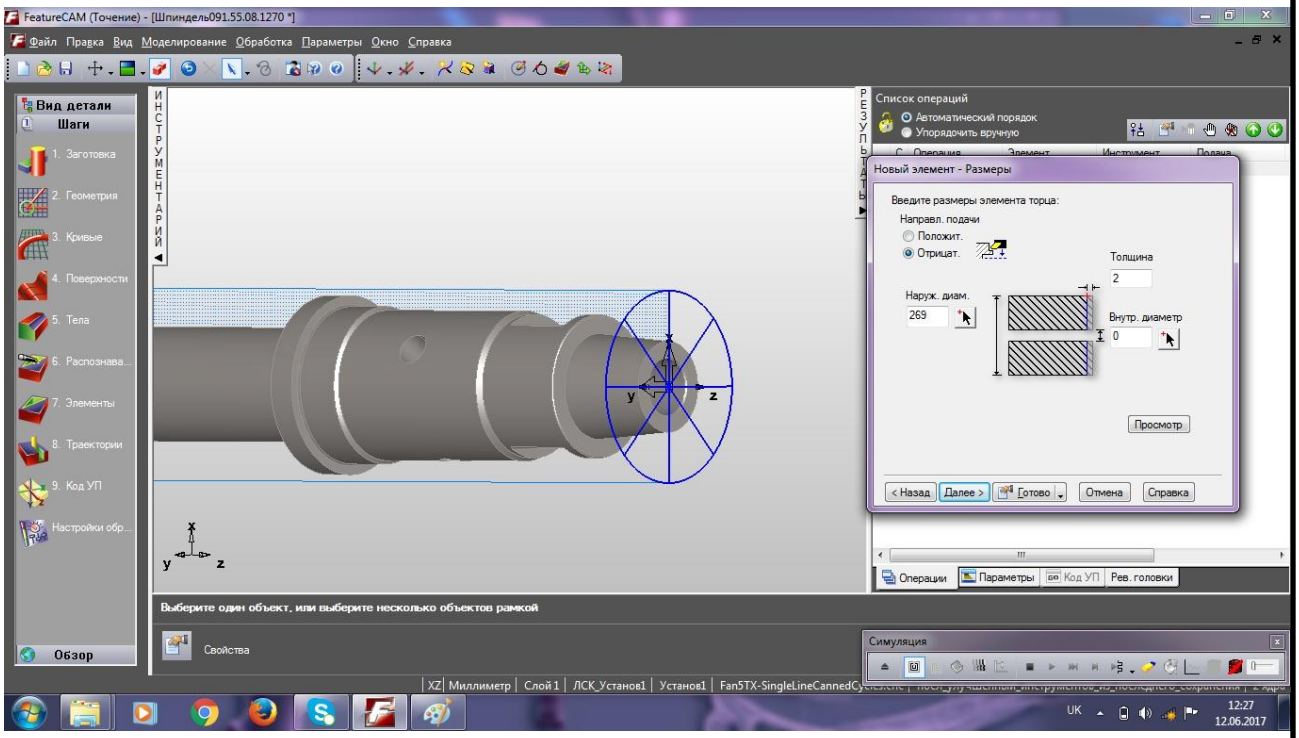


Рисунок 5.6-Елемент торець розміри

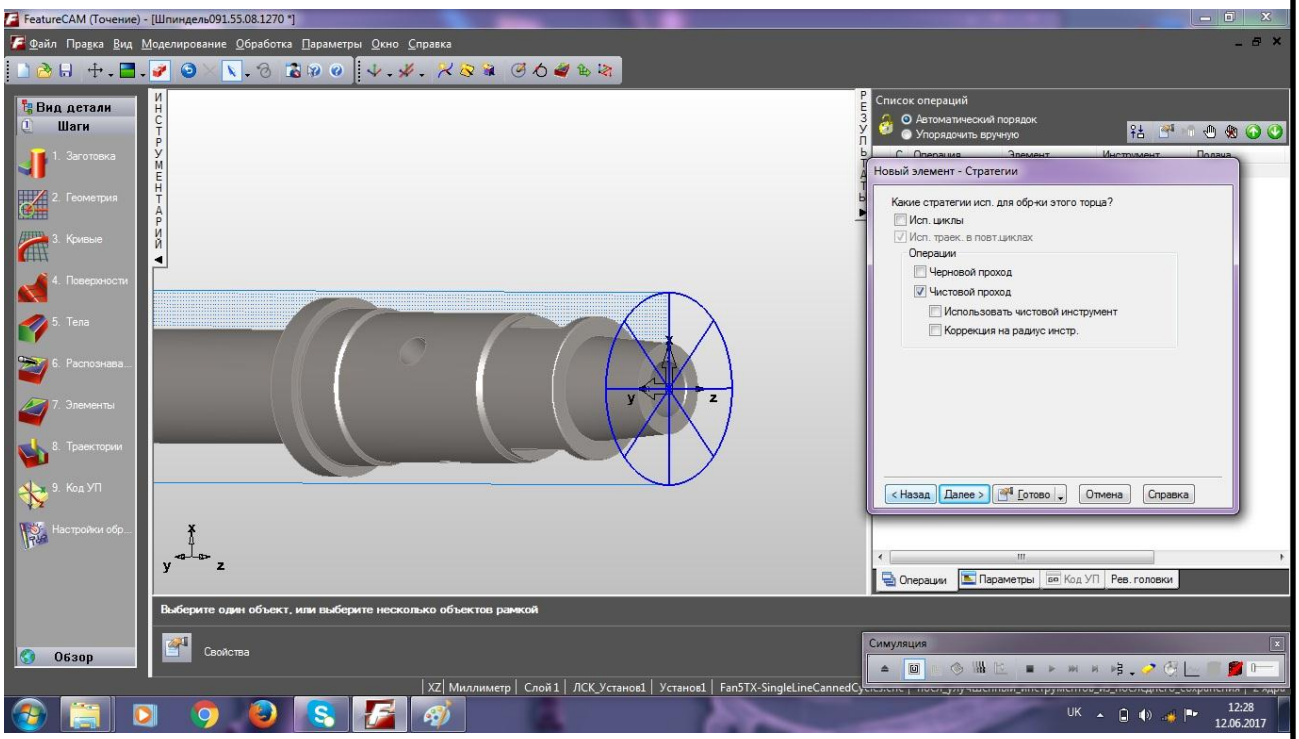


Рисунок 5.7- Стратегії обробки торця

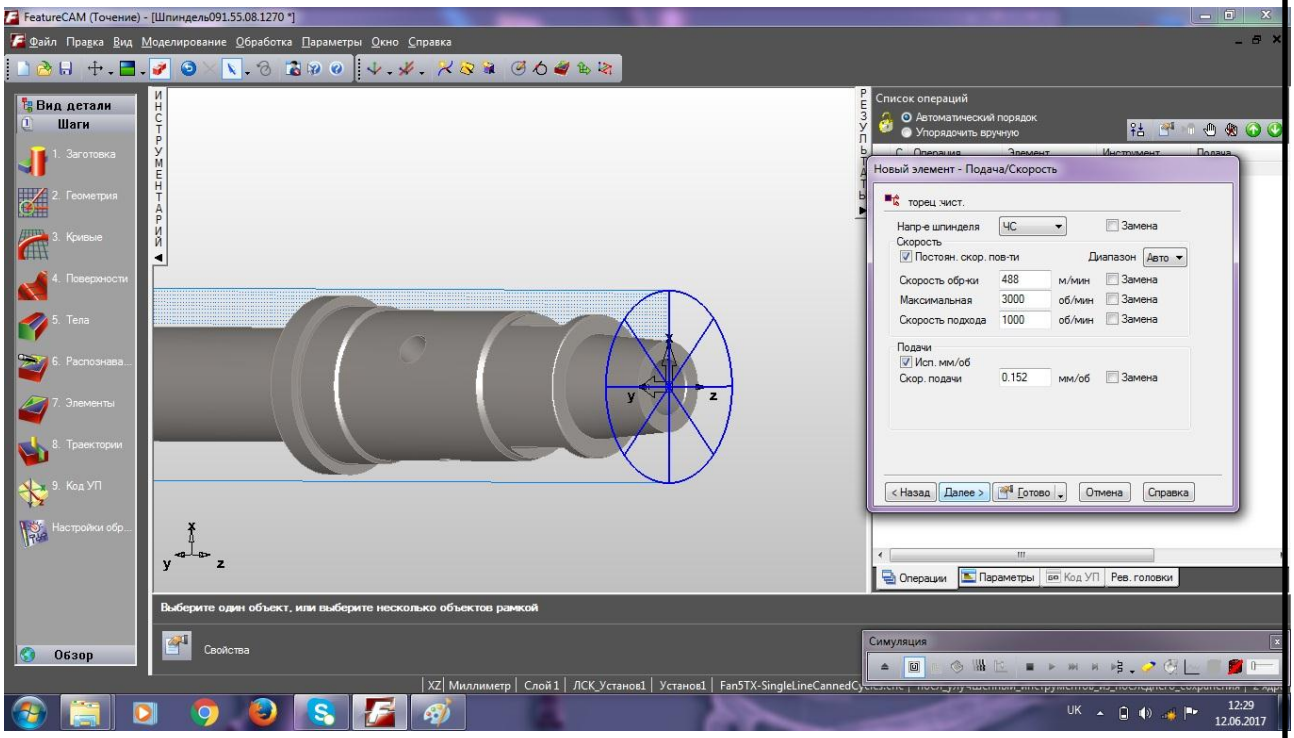


Рисунок 5.8- Режими обробки торця

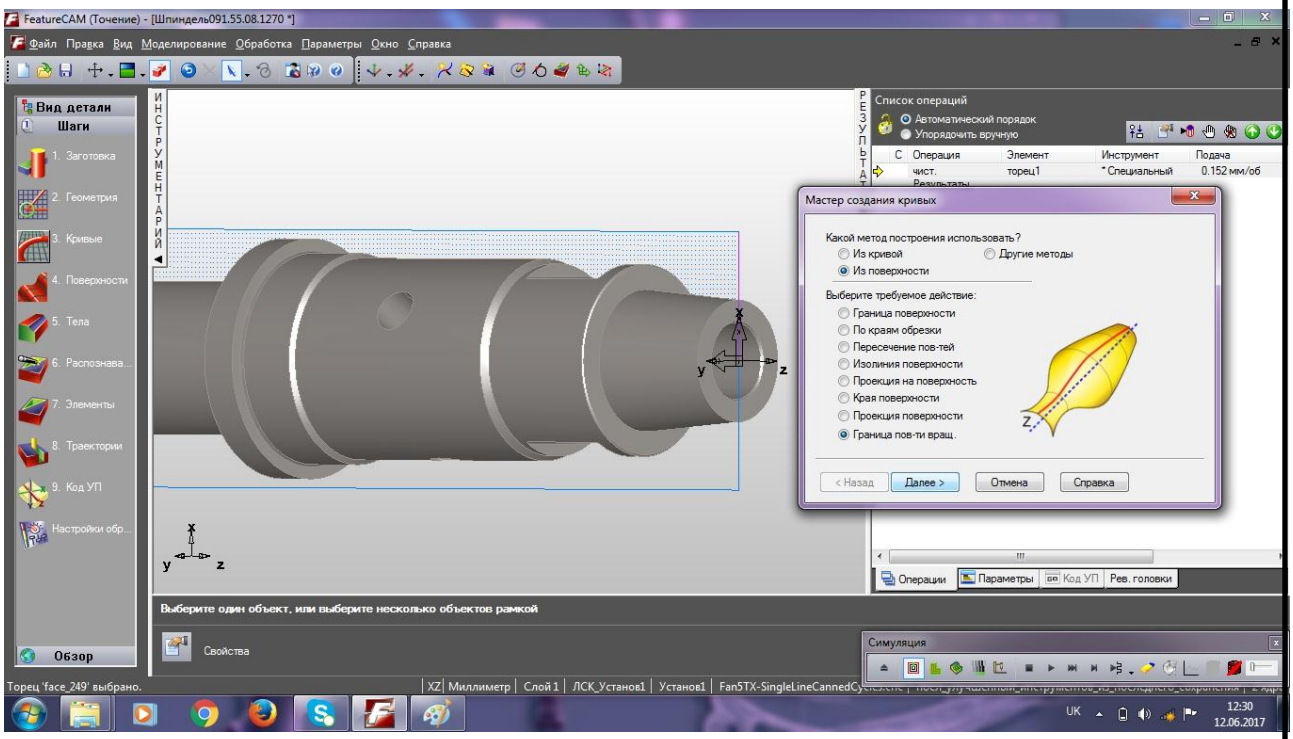


Рисунок 5.9- Створення кривих

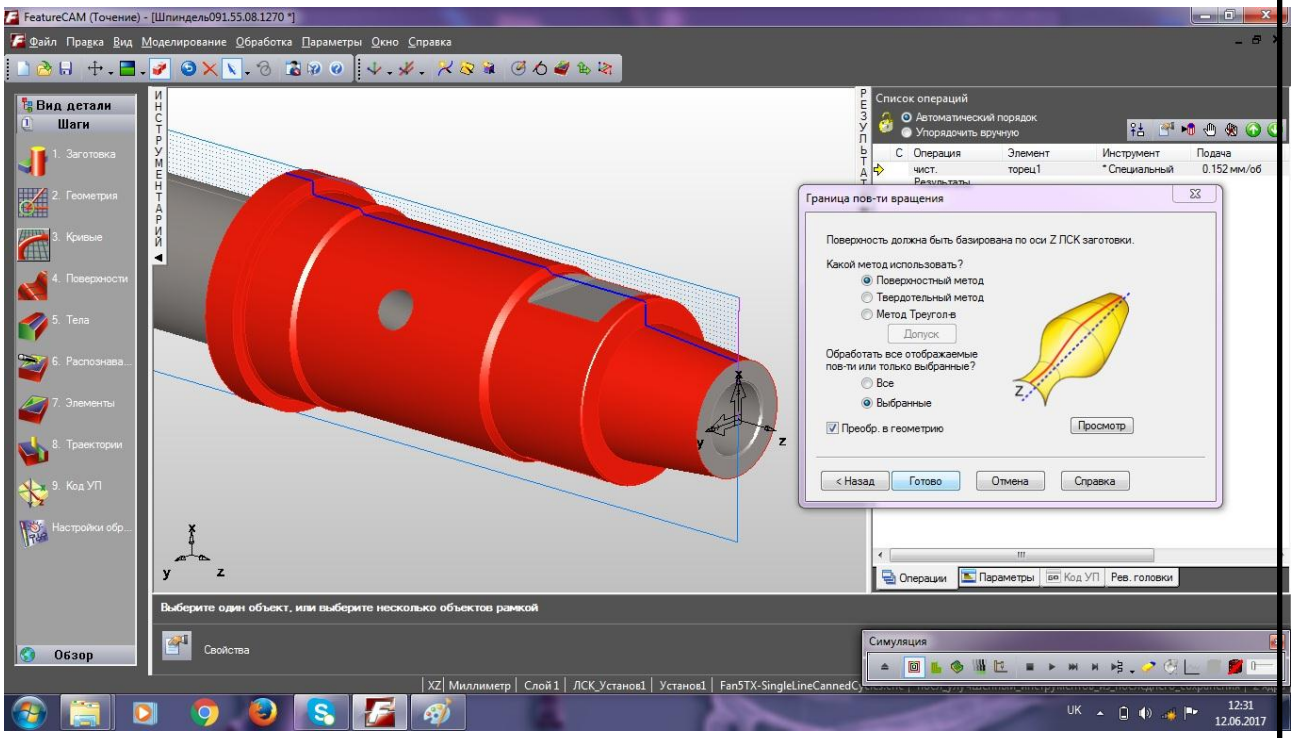


Рисунок 5.10 -Криві на поверхнях обробки

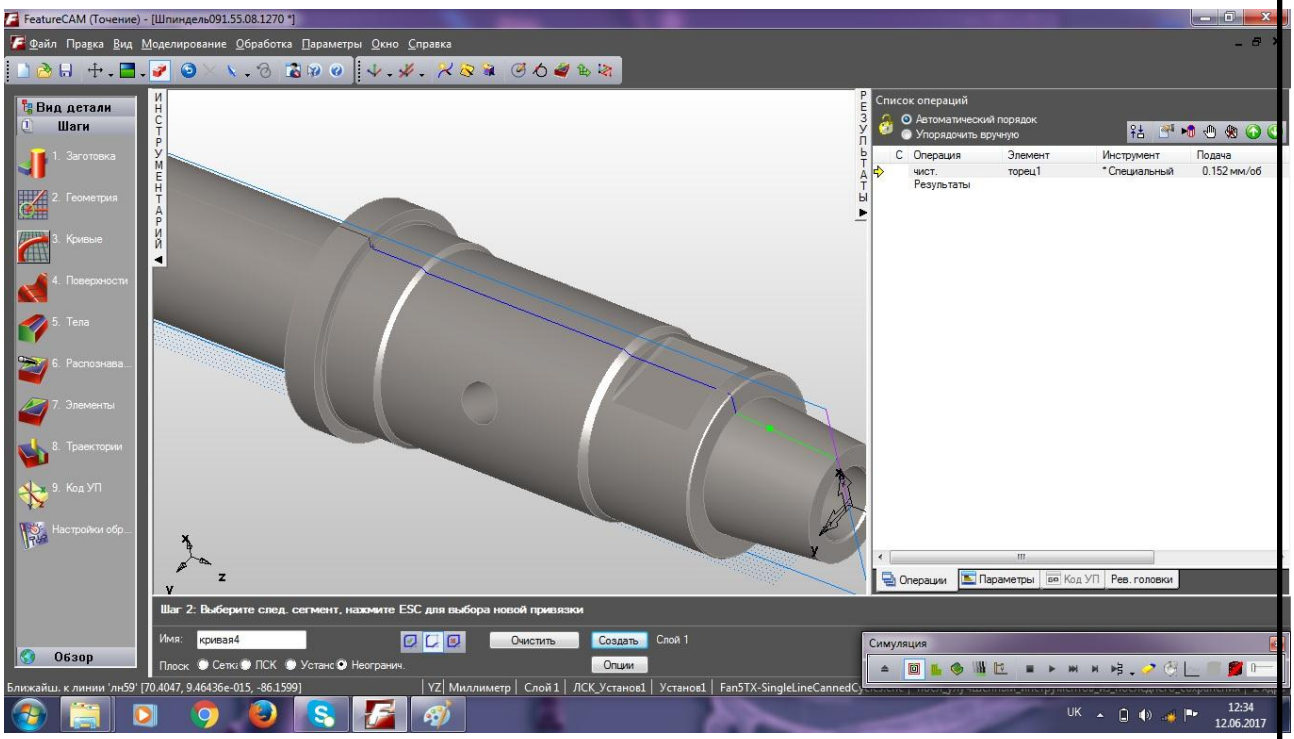


Рисунок 5.11- Об’єднання кривих

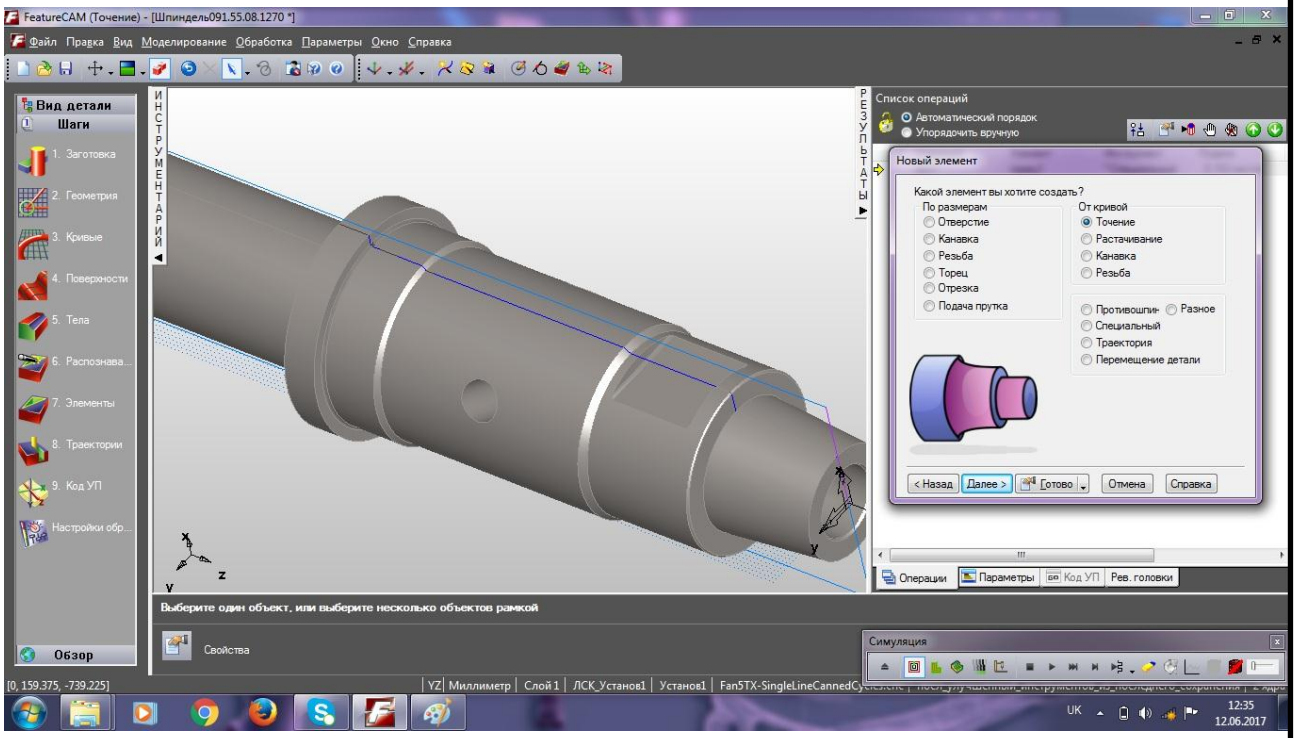


Рисунок 5.12- Елемент точіння

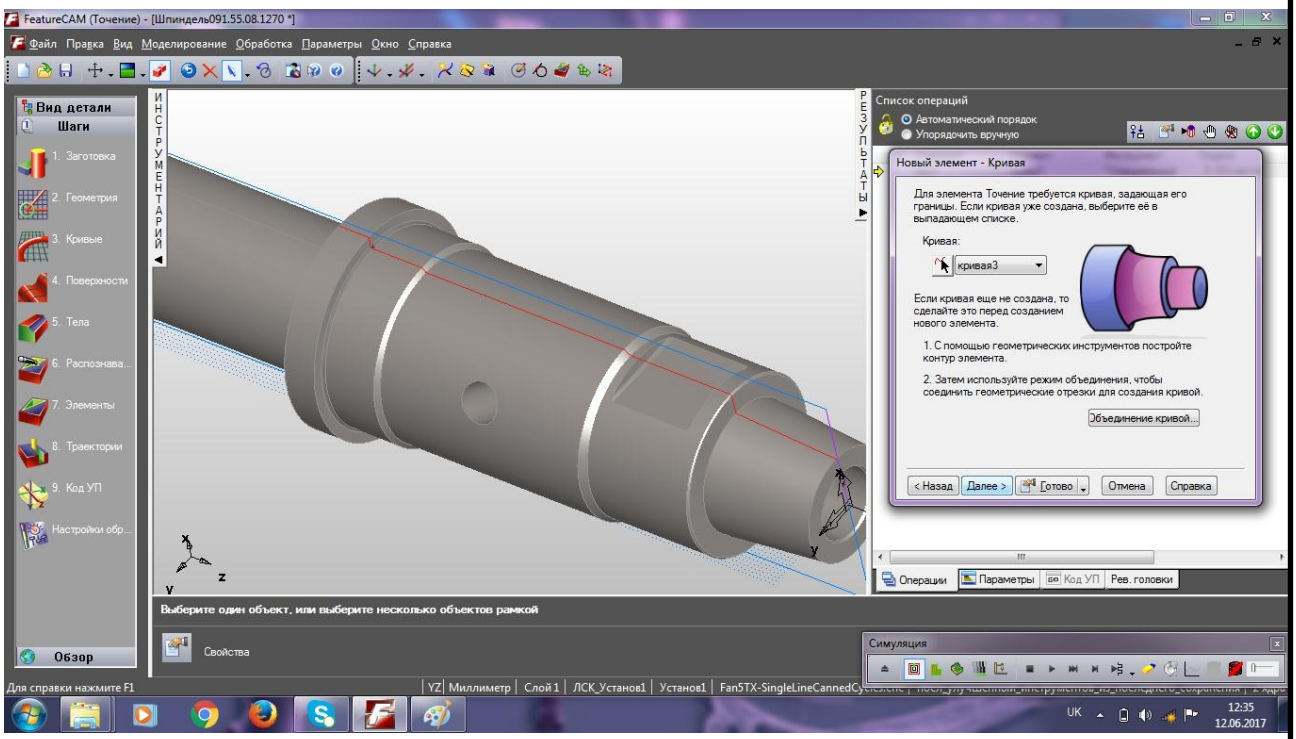


Рисунок 5.13 -Елемент крива

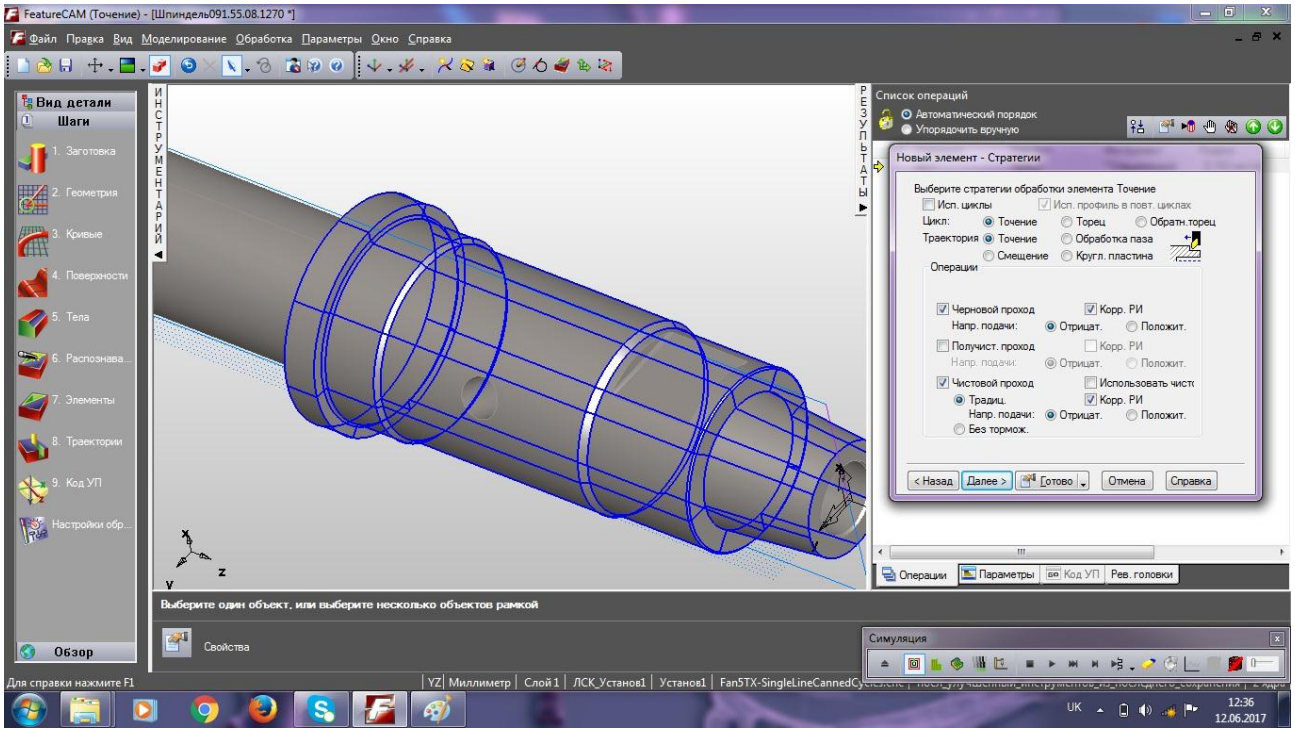


Рисунок 5.14- Стратегії обробки циліндричної поверхні

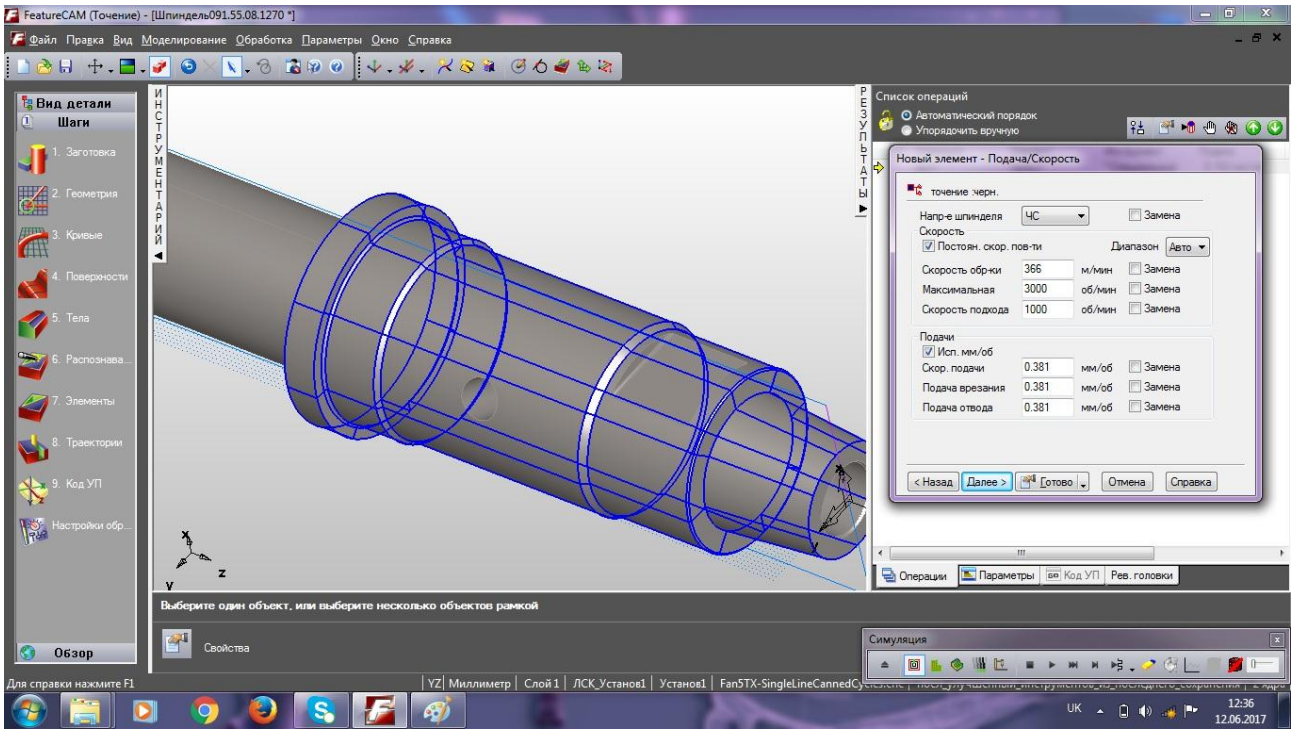


Рисунок 5.15-Режими різання

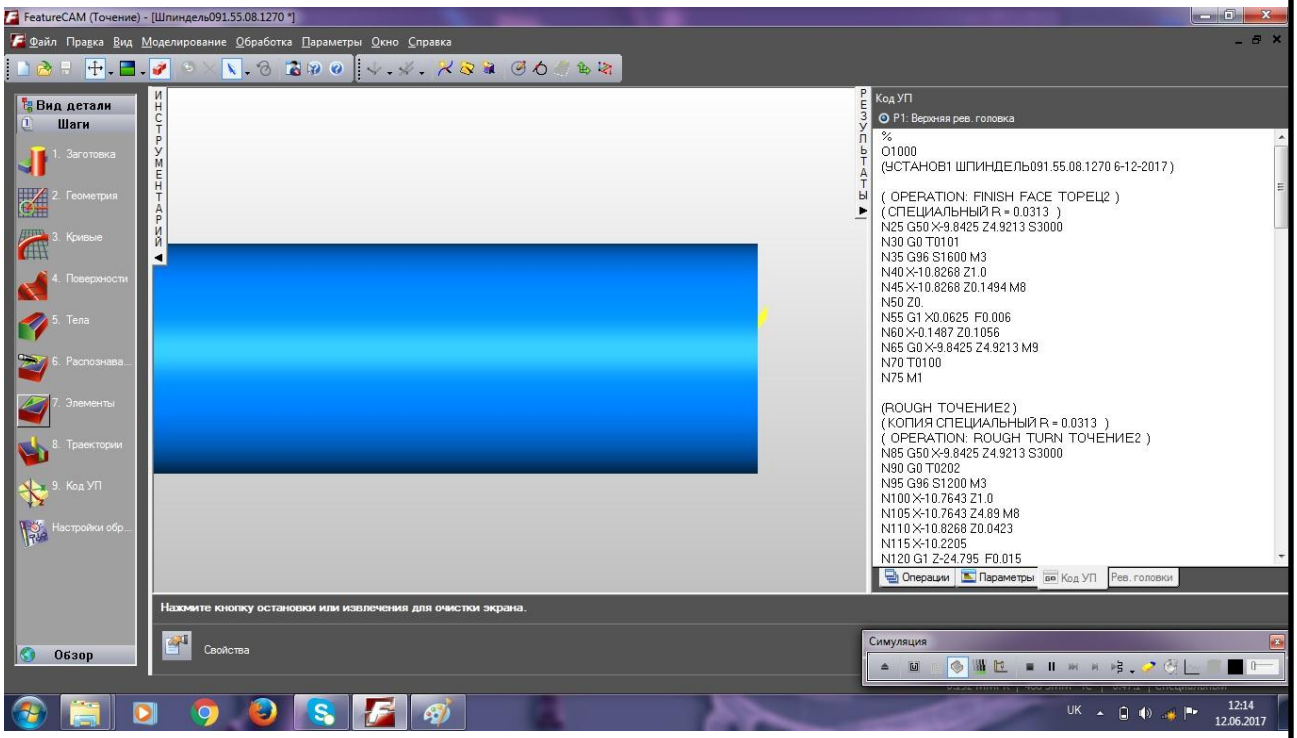


Рисунок 5.16- Підрізання торця

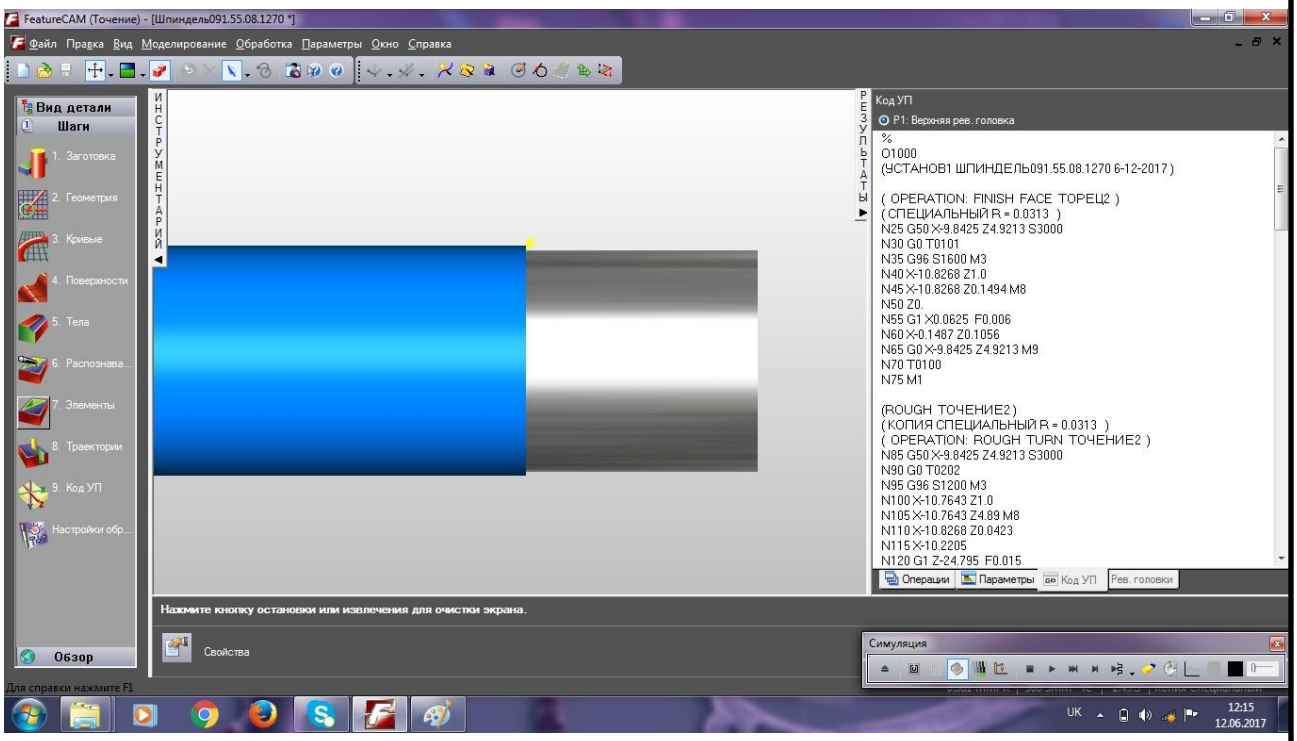


Рисунок 5.17 -Чорнове точіння циліндричної поверхні

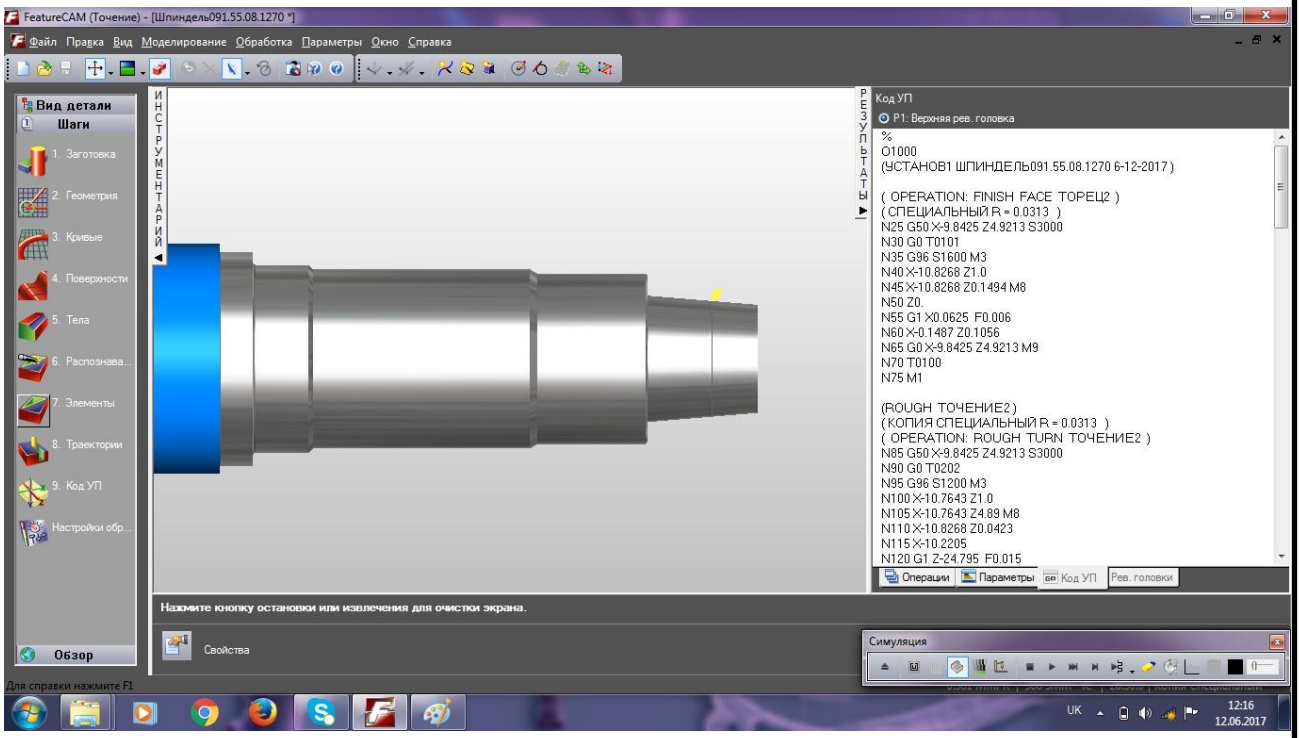


Рисунок 5.18- Кінець чорнового точіння

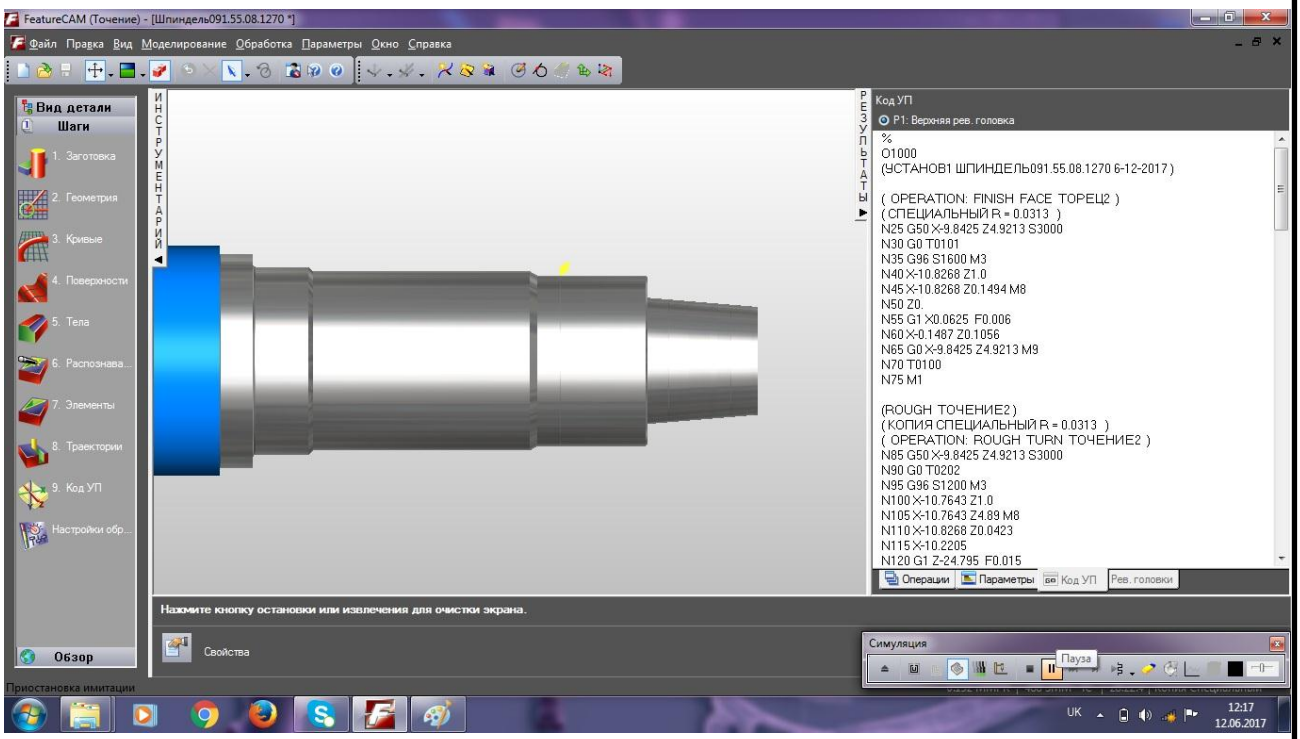


Рисунок 5.19- Чистове точіння

Керуюча програма

Таблиця 5.1-Керуюча програма

1	2
(ROUGH ТОЧІННЯ1) (КОПІЯ СПЕЦІАЛЬНИЙ R = 0.0313) (OPERATION: ROUGH TURN ТОЧІННЯ1) N85 G50 X-9.8425 Z4.9213 S3000 N90 G0 T0202 N95 G96 S1200 M3 N100 X-10.8268 Z1.0 N105 X-10.8268 Z4.9213 M8 N110 X-10.8893 Z0.0735 N115 X-10.2205 Z0.0397 N120 G1 G42 Z-24.7638 F0.015 N125 G40 X-10.6299 N130 G0 Z0.0397 N135 G1 G42 X-9.8504 N140 Z-24.7638 N145 G40 X-10.2598	N375 Z-5.0748 N380 G40 X-6.8403 N385 G0 Z0.0397 N390 G1 G42 X-6.0803 N395 Z-5.0748 N400 G40 X-6.48 N405 G0 Z0.0397 N410 G1 G42 X-5.72 N415 Z-4.4025 N420 X-5.832 Z-5.0748 N425 G40 X-6.1197 N430 G0 Z0.0397 N435 G1 G42 X-5.3597 N440 Z-2.2405 N445 X-5.72 Z-4.4025 N450 G40 X-5.7593
N150 G0 Z0.0397 N155 G1 G42 X-9.4567 N160 Z-23.2638 N165 X-9.8425 N170 G3 X-9.8504 Z-23.2677 R0.0039 N175 G1 G40 X-9.8898 N180 G0 Z0.0397 N185 G1 G42 X-9.063 N190 Z-23.2638 N195 G40 X-9.4961 N200 G0 Z0.0397 N205 G1 G42 X-8.6693 N210 Z-23.1496 N215 G2 X-8.8976 Z-23.2638 R0.1142 N220 G1 G40 X-9.1024 N225 G0 Z0.0397 N230 G1 G42 X-8.2756 N235 Z-20.5102 N240 X-8.667 Z-20.7059 N245 G3 X-8.6693 Z-20.7087 R0.0039 N250 G1 G40 X-8.7087	N455 G0 Z0.0397 N460 G1 G42 X-4.9993 N465 Z-0.0784 N470 X-5.3597 Z-2.2405 N475 G40 X-5.399 N480 G0 X-5.4613 Z0.0706

Продовження таблиці 5.1

1	2
	(OPERATION: FINISH TURN ТОЧІННЯ1) N490 G50S3000 N495 G96S1600M3 N500 X-5.1545 Z0.0307 N505 X-5.0922 Z0.0281 N510 G1 G42 X-4.9915 Z-0.0787 F0.006 N515 X-5.8248 Z-5.0787 N520 X-7.7165 N525 X-7.874 Z-5.1575 N530 Z-10.1709 N535 X-8.2677 Z-10.5118 N540 Z-20.5118 N545 X-8.6614 Z-20.7087 N550 Z-23.1496 N555 G2 X-8.8976 Z-23.2677 R0.1181 N560 G1 X-9.8425 N565 Z-24.7638 N570 G40 X-10.0787 N575 G0 X-10.8893 N580 Z0.1494 N585 X-9.8425 Z4.9213 M9 N590 T0200 N595 M30 %

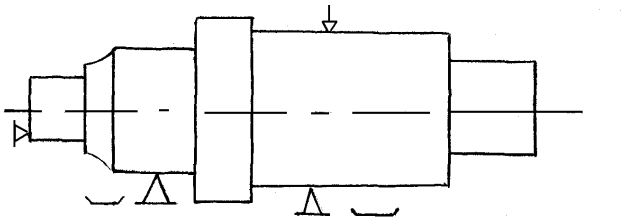
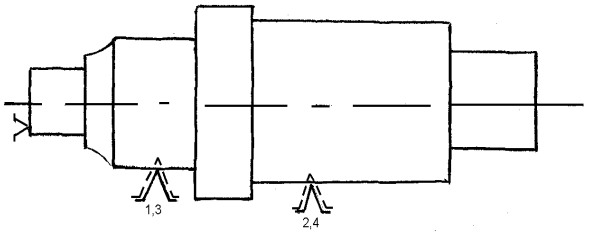
6 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ

6.1 Проектування верстатного пристосування

Пристосування розробляється для закріплення деталі шпиндель на верстаті 2А622МФ2 (свердлильно-фрезерно-розточувальної) для операції – свердління отвору Ø 90+0,8 і L=520-2 мм перовим свердлом.

Даний верстат має два шпинделі, вертикальний і горизонтальний. 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.

Таблиця 6.1 - Схема пристосування

Умовна	Теоретична схема
	

Пристосування складається із плити, двох стандартних опорних призм за ДСТУГОСТ 12195-66, упору й затискача. Всі елементи пристосування до плити кріпляться болтами й гвинтами й від зрушення їх запобігають штифти.

Умови зрушення

$$P_З = \frac{2 * K * H}{D_З * (f_2 + f_1 / \sin 0.5\alpha)} (кН) \qquad (6.1)$$

К=2 - коефіцієнт запасу.

f1=f2=0,16 – коефіцієнти тертя відповідно в місцях контакту заготівлі з опорами й ЗМ.

$D_З$=210 мм - це діаметр оброблюваної заготівлі.

$$M = 10 * C_м * Д^q * S^y * K_p \qquad (6.2)$$

См=0,0345 ; D=90мм; q=2; y=0,8; S=0.48*0.8=0.384мм/об; Кр=1;

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

$$P_З = \frac{2 * 1{,}5 * 1299{,}5}{210 * (0{,}16 + 0{,}16 / \sin 45^\circ)} = 3898{,}5 / 81{,}12 = 48{,}06 кН$$

					КНУ.КМР.131.24.1-09.06.ПТО			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Ковалевський			ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Пивінла						
Н. Контр.		Нечаєв				Каф. ТМ, гр.ПМ-23м		
Зав. каф.		Рязанцев						

Сила різання - осьова сила

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

$C_p = 68$

$q = 1$

$y = 0,7$

$P_o = 10 * 68 * 90 * 0,384^{0,7} * 1 = 31317,2H = 31,32кН$

$P_3 \geq P_o$

$48,06 \succ 31,32$

Умова виконана.

6.2 Розрахунок пристосування на точність

При розрахунку пристосування 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: погрішність установки ε вус.
погрішність обробки ε обр
погрішність самого пристосування ε ін

$$\Sigma\varepsilon = \varepsilon_{ус} + \varepsilon_{обр} + \varepsilon_{пр} \quad (6.5)$$

Погрішність установки складається з погрішності базування й погрішності закріплення.

$$\varepsilon_{уз} = \sqrt{\varepsilon_б^2 + \varepsilon_з^2}$$

$$\varepsilon_б = 0,5 * T * \alpha * \frac{1}{\sin\alpha} \quad (6.6)$$

Т$*\alpha$ =0,09 мм.=90 мкм.- допуск на зовнішній діаметр.

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

$$\varepsilon_з = \left[\left(K_{RZ} * RZ + \frac{K_{HB}}{HB}\right) + C_1\right] * \left(\frac{Q}{19.6 * l}\right)^n \quad (6.7)$$

$K_{RZ} = 0.005$

$RZ = 100$

$K_{HB} = 15$

$HB = 296$

$C_1 = 0.086 + \frac{8.4}{D_з} = 1,026 * 10^{-1} = 0,126мм.$

$Q = 48.06$

$l = 520$

$n = 0.7$

$\varepsilon_3 = \left[\left(0.005 * 100 + \frac{15}{296}\right) + 0.126\right] * \left(\frac{48.06}{19.6 * 520}\right)^{0.7} = 0.016мм$

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

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

$$\Sigma\varepsilon = 65{,}62мкм$$

$$Td = 80мм$$

$$\Sigma\varepsilon \prec Td$$

Умова виконана.

6.2 Проектування контрольного пристосування

Деталь, розглянута в роботі має поверхні, при неточному виготовленні яких змінюється її конструктивне призначення. Однієї з таких поверхонь призначена під посадку підшипника кочення (Ø160К6). Дана поверхня виготовляється по граничному відхиленню es=+0.028 мм., ei=+0.003 мм., і шорсткість Ra=1.25.

Для контролю гладких циліндричних поверхонь у середньому й велико серійному виробництві використовуються листові скоби, які являють собою круглу пластину виїмку, що має. Виїмка має східчасту форму: одна частина є прохідний, а інша - непрохідний.

При контролі розмірів вала в прохідній частині скоби повинен проходити, а в непрохідний - не проходити в отвір скоби.

Прохідна й непрохідна частина скоби виготовляють як можна тонше й мають шорсткість Ra=0,8.

Отже, робимо конструювання листової робочої скоби для контролю гладкого циліндричного вала $Ø160^{+0,028}_{+0,003}$.

Мінімальний розмір вала

$$\alpha_{\min} = \alpha_H + ei = 160 + 0.003 = 160.003мм. \quad (6.8)$$

$$\alpha_{\max} = \alpha_H + es = 160 + 0.028 = 160.028мм. \quad (6.9)$$

максимальний розмір вала.

$\alpha_1 = 0$

Z1=6 мкм. – відхилення середини поля допуску прохідної робочої скоби від найбільшого розміру вала.

В1=4мкм. – границя зношування прохідної робочої скоби від найбільшого розміру вала.

Н1=8 мкм. – допуск на прохідну й непрохідну скобу.

Нр=3,5 мкм. - допуск на контрольний калібр.

Найменші припустимі розміри на виготовлення робітників прохідний, і непрохідний скоб і розмір зношеної скоби:

$$\text{Р-ПРmin} = \alpha_{\max} - z1 - H1/2 = 160.028 - 0.006 - 0.008/2 = 160.018 \text{ мм.} \quad (6.10)$$

$$P - HE_{\min} = \alpha_{\min} + \alpha_1 - \frac{H_1}{2} = 160.003 + 0 - \frac{0.008}{2} = 159.999мм. \quad (6.11)$$

$$P - ПР_{изм} = \alpha_{\max} + Y_1 - \alpha_1 = 160.028 + 0.004 - 0 = 160.032мм. \quad (6.12)$$

Найбільші припустимі розміри на виготовлення контрольних калібрів для скоб прохідний, непрохідний і зношений.

$$К-ПР_{\max}=\alpha_{\max}-Z_1+\frac{H_P}{2}=160.028-0.006+\frac{0.0035}{2}=160.02375мм. \quad (6.13)$$

$$К-НЕ_{\max}=\alpha_{\max}+У_1-\alpha_1+\frac{H_P}{2}=160,028+0,004-0+\frac{0.0035}{2}=160,03375мм. \quad (6.14)$$

7 НАУКОВА ЧАСТИНА НА ТЕМУ: «ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОТАЦІЙНОГО РІЗАННЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЄЮ РЕЖИМІВ БУРІННЯ»

Збільшення продуктивності бурових установок пов'язане з інтенсифікацією режимів буріння, що, у свою чергу, обмежується вібраціями елементів бурової установки. Основним джерелом цих вібрацій є взаємодія бурового інструмента із забоєм свердловини.

Під час роботи машини з ротаційним механізмом подачі (РМП) картриджного типу, крім поздовжніх і поперечних вібрацій, які визначають її стійкість, виникають крутильні вібрації. Параметри цих вібрацій здебільшого залежать від крутильної жорсткості шестигранного шпинделя та бурового штока, а також від електромеханічних характеристик приводу обертача. При цьому, якщо одна з власних частот динамічної системи приводу РМП близька або збігається з випадковою чи детермінованою частотою компонента спектра зовнішньої збурювальної дії, можуть виникати резонансні явища. Це призводить до зростання навантажень, виходу з ладу та передчасного зношування елементів металоконструкцій машини.

Щоб уникнути таких явищ, оператор бурової установки змушений працювати на ірраціональних режимах буріння, які знижують експлуатаційну продуктивність установки.

Довготривалі спостереження за роботою бурових установок у різних гірничо-геологічних та кліматичних умовах, а також низка досліджень і змін у коментарях, пропозиціях і побажаннях гірничих підприємств дозволили покращити конструкцію установок. Під час буріння вибухових свердловин у складних структурних масивах гірських порід однією з основних недоліків методу буріння за допомогою роликових конусів є збільшена вібрація бурового струни, що змушує операторів працювати в режимах, які нижчі за ті, що зазначені в паспорті установки.

Вібрація спричиняє утворення тріщин від втоми та руйнування конструктивних елементів, призводить до виходу з ладу обладнання, встановленого на рамі машини, має шкідливий вплив на обслуговуючий персонал та збільшує витрати на обслуговування машин. Зі збільшенням потужності до маси та динамічного навантаження приводу також зростають енергетичні втрати. При сильних вібраціях бурової установки частка енергії, що витрачається на створення корисного моменту, становить 30-50%. У результаті значна частина встановленої потужності приводу машини залишається не використаною.

Специфіка режимів роботи машини вимагає розглядати її привід не тільки як джерело механічної енергії, але й як елемент машини, який має вирішальний вплив на величину та характер сил, що діють у ньому, надійну та довговічну роботу в умовах, небезпечних для вібрацій.

Одним з основних резервів для підвищення ефективності ротаційних різців є інтенсифікація режимів буріння, що значно ускладнюється вібраціями та динамічними навантаженнями, які виникають під час процесу буріння. Відомі різні пристрої для зменшення вібрацій і динамічних навантажень на елементи бурових установок, як для шпиндельних, так і картриджних схем: система автоматичного контролю режимів буріння за рівнем вібрацій, амортизатори над бурами та над штоками, стабілізатори для бурової струни.

Використання цих пристроїв допомагає зменшити вібрації та навантаження в елементах бурової установки, однак ці пристрої не знайшли широкого застосування через їх низьку ефективність та надійність.

Їх використання здебільшого спрямоване на зниження рівня вібрацій у вертикальній площині, і практично не існує пристроїв, які зменшують горизонтальні вібрації машини.

Важливим напрямом у роботі над покращенням механізму ротаційної подачі бурових установок картриджного типу є впровадження механізму подачі акумуляторного типу в гідравлічну схему, що дає змогу значно зменшити рівень вібрацій установки та досягти буріння в примусових режимах.

Прикладом використання таких пристроїв є акумулятори, виготовлені у вигляді гідравлічних циліндрів зі стрижнями, що навантажуються пружинами, гідравлічно з'єднаними з порожнинами штоків гідравлічних циліндрів подачі. Однак регулювання жорсткості в таких акумуляторах можна здійснювати лише за допомогою змінних пружин, що в кар'єрі є складним. Тому для захисту рідини та газу від прямого контакту, в якому може статися розчинення газу в робочій рідині, використовуються гідравлічні акумулятори з еластичною камерою. Гідравлічні акумулятори з еластичною камерою мають абсолютну герметичність, швидкість і майже повну інерційність, можливість швидко регулювати жорсткість шляхом зміни зарядного тиску газу - p0 у їхніх газових порожнинах та демпфування завдяки дисипації енергії робочої рідини, що проходить через дросель, встановлений на вході в акумулятор. Регулювання швидкості подачі бура до забою за допомогою дроселя, забезпечує безперервність потоку робочої рідини в поршневій порожнині (при коливаннях поршня гідравлічного циліндра), обсяг робочої рідини акумулятора, гідравлічна порожнина якого поповнюється під час бездіяльності гідравлічного циліндра.

Гідромеханічний ротаційний механізм подачі, схема установки якого на буровій установці СБШ-250МНА-32 показана на Рисунку 1, є комбінованим трьохступеневим редуктором з гідравлічною гальмівною системою для носія диференціального механізму. Він призначений для передачі крутного моменту робочому органу при бурінні вертикальних і похилих свердловин у тверді гірські породи, в усьому робочому діапазоні швидкостей обертання двигуна постійного струму ДВП-52.

Рисунок 7.1- Бурова установка СБШ-250МНА-32

Метою експериментальних досліджень машини СБШ-250МНА-32 з гідромеханічним обертачом, є:

a) визначення ефективності зменшення рівня вібрацій машини та динамічних навантажень у трансмісії обертача завдяки впровадженню коригуючої ланки;

b) перевірка працездатності та ефективності використання як коригуючої ланки гідравлічної машини з гідравлічними пневматичними акумуляторами, що працюють в режимі гальмування;

c) встановлення можливості інтенсифікації режимів буріння при використанні гідромеханічного обертача та визначення області раціональних робочих параметрів;

d) дослідження ефективності гідрофікованого ротаційно-подаючого механізму на основі гідромеханічного обертача;

e) оцінка впливу крутильних вібрацій трансмісії обертача на вертикальні вібрації машини;

f) оцінка впливу введення динамічної коригуючої ланки в трансмісію обертача на довговічність інструмента.

Результатом експериментальних досліджень мають стати рекомендації щодо розрахунку та проектування обертачів і ротаційно-подаючих механізмів з динамічною коригуючою ланкою, а також вибору обсягів і зарядних тисків гідравлічно-пневматичних акумуляторів [12].

Для надійної оцінки ефективності та продуктивності використання гідромеханічного обертача програма досліджень передбачає тести в таких етапах:

Етап I. Підключення динамічної коригуючої ланки (гідравлічні машини з гідравлічно-пневматичними акумуляторами (Рис. 72).

Кінематична схема гідравлічного обертача (Рис. 7.2) включає електродвигун 1 (ДПВ-52), редуктор (Z = 40, m = 3), жорстко закріплений на його валу і з'єднаний через каркас 3 з сонячним колесом 4 (Z = 20, m = 5) диференціала, епіцикл 8 (Z = 82, m = 5), який жорстко з'єднаний з зубчастим

колесом 9 (Z = 50, m = 6), що взаємодіє з колесом 10 (Z = 50, m = 6), розташованим на тому ж валу P -P з зубчастим колесом 11 (Z = 19, m = 10), і взаємодіє з колесом вихідного шестигранника 13 (Z = 46, m = 10) через паразитне колесо 12 (Z = 47, m = 10).

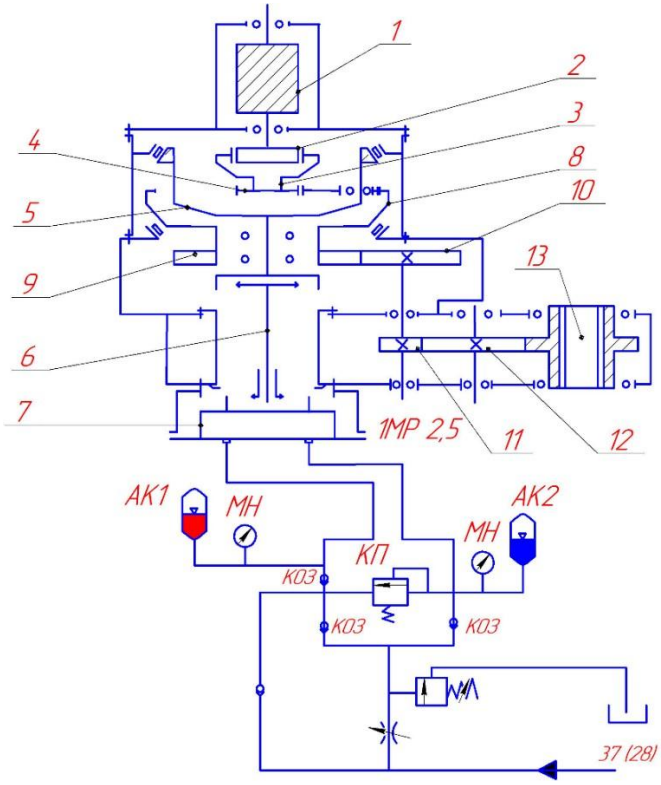


Рисунок 7.2- Схематична діаграма гідромеханічного обертача бурової установки СБШ-250МНА-32

- Дросель DP з розвантажувальним клапаном КП, встановлений між лінією подачі гідросистеми та зворотними клапанами KO1 і KO2, призначений для підтримки необхідного тиску та потоку в зливній лінії гальмівної гідравлічної машини 7.

Етап II. Робота обертача без динамічної коригуючої ланки (чисто механічна трансмісія).

У цьому випадку необхідно, щоб машина під час випробувального періоду працювала в однакових гірничо-геологічних умовах. Для виконання цих вимог конструкція прототипу обертача передбачає установку та демонтаж гідравлічного мотора 1MP2.5, а також його підключення до лінії подачі гідравлічних циліндрів без розбирання основного редуктора та корпусу клапанів [4,8].

Основними критеріями для оцінки ефективності гідромеханічного обертача є рівень динамічних прискорень бурової установки, швидкість буріння та продуктивність, на основі яких визначено набір параметрів для вимірювання та реєстрації:

- назва та міцність оброблених порід;
- амплітуда прискорення верстата в вертикальній площині;
- амплітуда прискорення верстата в горизонтальній площині, вздовж поздовжньої та поперечної осі машини;

- струм привідного мотора;
- напруга привідного мотора;
- тиск в головці та зливних лініях гідравлічної машини;
- обертова швидкість бурового штанги або елемента трансмісії, що знаходиться в кінематичній мішені після планетарного редуктора;
- тиск в поршневих порожнинах гідравлічних циліндрів для подачі бурового штанги;
- швидкість подачі бурового штанга;
- довговічність роликових конусних бурів та характер зносу;
- продуктивність машини.

-

Усі вимірювання здійснюються за допомогою обладнання.

1. Реєстрація всіх параметрів проводиться за допомогою VIBXPERT II (Topaz і Quartz).

2. Електричні параметри привідного мотора вимірюються та реєструються за загальноприйнятими схемами без використання спеціальних датчиків.

3. Оберти бурової штанги (об/хв) та швидкість подачі вимірюються за допомогою VIBXPERT II (Topaz і Quartz). Тиски в основних лініях вимірюються за допомогою телеметричних датчиків тиску TMD-100, TMD-I50, TMD-250. Прискорення на рамі машини вимірюються за допомогою датчиків VIBXPERT II (Topaz і Quartz) з комплектом обладнання для вимірювання вібрацій, що включає в себе вібраційний передатчик і епіграфічний вібраційний датчик.

Контроль зміни параметрів Іав, Vст, Vав, Рос проводиться за допомогою шкальних вимірювальних приладів, встановлених в кабіні водія бурової установки, а після зміни тиску в лініях гідравлічної машини — за допомогою манометрів МН1, МН2, встановлених на гідравлічному блоці.

Змінні параметри під час експерименту:

- частота обертання стави. Діапазон зміни: 50 ÷ 150 об/хв;
- осьова сила. Діапазон зміни: 10 ÷ 24 тс;
- зарядний тиск гідравлічного акумулятора, встановленого в лінії високого тиску гідравлічної машини. Діапазон зміни: 0,3 ÷ 0,9 Рном.

Найбільшу кількість вимірювань слід проводити, коли швидкість обертання стави перевищує 100 об/хв, а осьовий тиск перевищує 20 тс, для надійного обґрунтування можливості буріння в примусових режимах.

Програма досліджень включає роботи, що виконуються в умовах заводу та відкритого кар'єра.

Наступні роботи виконуються в заводських (лабораторних) умовах:

- підготовка та калібрування телеметричних датчиків тиску, а також виготовлення відповідних гідравлічних арматур;
- статичне калібрування датчиків DUS-5 комплекту обладнання для вимірювання вібрацій VIBXPERT II (Topaz і Quartz);

- встановлення та калібрування схем для вимірювання та реєстрації напруги і струму електричного мотора приводу обертача та швидкості подачі бурового штанга;
- калібрування VIBXPERT II (Topaz і Quartz) для вимірювання обертальної швидкості бурової штанги;
- розробка та виготовлення точок кріплення для VIBXPERT II (Topaz і Quartz) і датчиків DUS-5.

В умовах відкритого кар'єра на першому етапі випробувань передбачається виконання таких робіт:

- встановлення обертача та корпусу клапанів на машину СБШ-250МНА-32;
- підключення корпусу клапанів і гідравлічного мотора IMP2.5 до гідросистеми машини;
- встановлення датчиків VIBXPERT II (Topaz і Quartz), датчиків прискорення та тиску;
- підключення вимірювального та реєструючого обладнання до електричної схеми панелі керування машини;
- перевірка та остаточне калібрування вимірювального та реєструючого обладнання.

Другий етап передбачає встановлення фланця блокування на проміжний вал трансмісії замість гідравлічного мотора 1MP2.5, тим самим фіксуючи проміжний вал нерухомо відносно корпусу обертача.

На кожному етапі, в одному з вибраних режимів проводяться вимірювання та реєстрація вібраційних параметрів відповідно до загальноприйнятої процедури.

Порядок експерименту:

1. Вимірювання та реєстрація параметрів під час буріння однієї свердловини проводяться:
   - під час буріння;
   - під час буріння з другим штоком;
   - наприкінці буріння на всю довжину стави.
2. Під час реєстрації одного виконання осцилограф реєструє в журналі спостережень контрольні показання шкальних вимірювальних приладів в кабіні водія та на гідравлічному блоці, а також продуктивність бурової установки.

Контрольний кластер свердловин був пробурений на відстані 7 м одна від одної, глибиною до 23 м по обкритому серпентиніту з азбестовими різами. Буріння проводилося за допомогою пінових вібраційних бугів ТР-215.9.

Під час дослідження ефективності гідромеханічного обертача буріння здійснювалося в усьому діапазоні режимів, передбачених технічними характеристиками установки. Осьове навантаження підтримувалося в межах 6-14 т, що було оптимальним при бурінні 215,9 мм бурами в зазначених породах.

Швидкість обертання бурового інструмента варіювалася від 60 до 158 об/хв. Вимірювання вібрацій проводилися за допомогою комплекту обладнання для вимірювання вібрацій типу VIBXPERT II (Topaz і Quartz) або VI6-6TN

Реєстрація змін тиску в падаючому механізмі та в лініях гідравлічної машини IMP2.5 проводилася за допомогою датчиків тиску типів TMD і TMG. Реєстрація числа обертів бурового штанга та двигуна здійснювалася за допомогою VIBXPERT II (Topaz і Quartz) типу TMG-Z0. Реєстрація показників датчиків проводилася на певних інтервалах глибини буріння на першому, другому та третьому штангах, що забезпечувало повну відповідність фізичних і механічних властивостей пробурених порід у всіх свердловинах на момент запису параметрів за допомогою осцилографа [13].

Під час випробувань було зафіксовано 24 режими, з яких 11 без гідравлічної машини з жорстко зафіксованим планетарним носієм, і 13 з гідравлічною машиною, вал якої з'єднаний з планетарним носієм, а лінії оснащені пневматичними акумуляторами.

Попередній аналіз VIBXPERT II (Topaz і Quartz), фрагменти яких показано на Рис. 3, 4, 5, показав, що при введенні гідравлічної машини обертача в трансмісію, в лініях якої були встановлені гідропневматичні акумулятори з заданими значеннями параметрів жорсткості та демпфування, природа зміни досліджуваних параметрів змінилася кардинально.

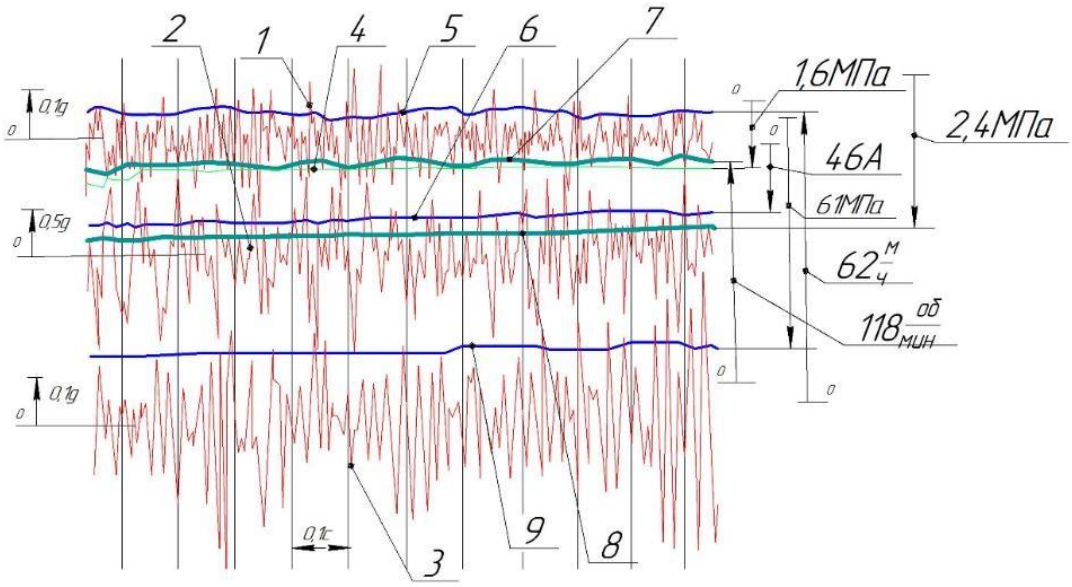


Рисунок 7.3- Робота бурової установки VIBXPERT II до встановлення гідромеханічного обертача: 1 - прискорення в горизонтальній площині (вздовж рами); 2 - прискорення у вертикальній площині; 3 - прискорення в горизонтальній площині (поперек рами); 4 - тиск в поршневій площині гідравлічного циліндра подачі; 5 - швидкість буріння; 6 - струм двигуна; 7 - швидкість обертання стави; 8 - тиск в лінії заповнення гідравлічної машини; 9 - тиск в лінії тиску гідравлічної машини.

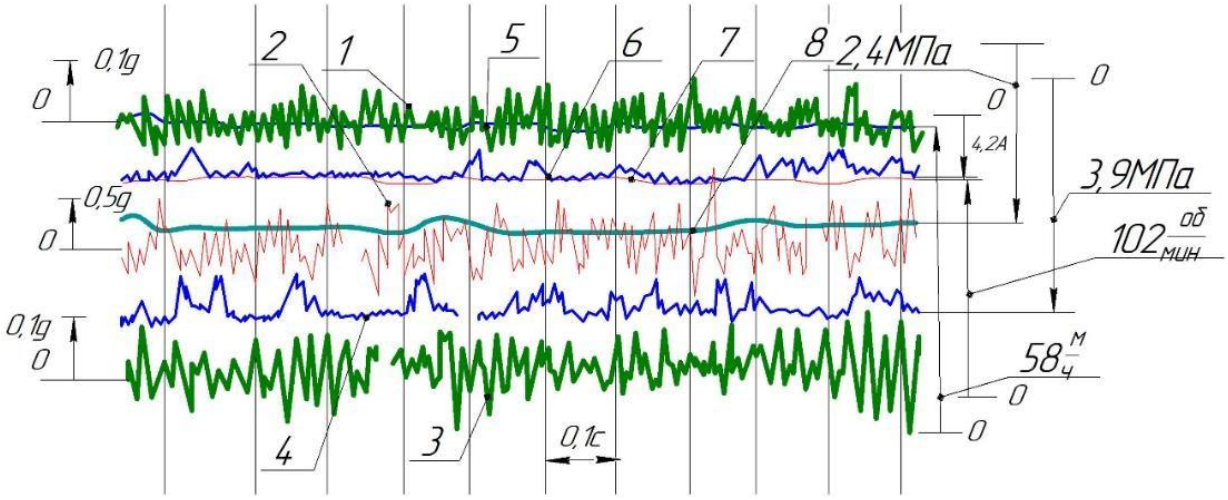


Рисунок 7.4-Робота бурової установки VIBXPERT II після встановлення гідромеханічного обертача: 1 - прискорення в горизонтальній площині (вздовж рами); 2 - прискорення у вертикальній площині; 3 - прискорення в горизонтальній площині (поперек рами); 4 - тиск у поршневій порожнині циліндрів подачі; 5 - швидкість буріння; 6 - струм двигуна; 7 - швидкість обертання стави; 8 - тиск у лінії заповнення гідравлічної машини.

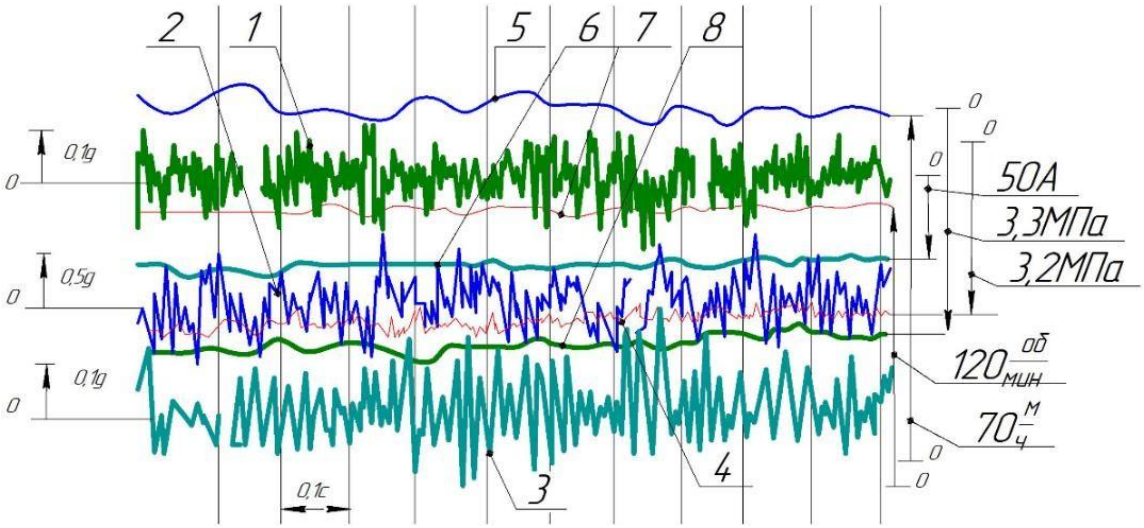


Рисунок 7.5-Робота бурової установки VIBXPERT II після встановлення гідромеханічного обертача: 1 - прискорення в горизонтальній площині (вздовж рами); 2 - прискорення у вертикальній площині; 3 - прискорення в горизонтальній площині (поперек рами); 4 - тиск у поршневій порожнині циліндрів подачі; 5 - швидкість буріння; 6 - струм двигуна; 7 - швидкість обертання стави; 8 - тиск у лінії заповнення гідравлічної машини.

Процес зміни вібраційних прискорень став більш випадковим, неперіодичним за своєю природою, а коливання виникають здебільшого через неоднорідність розробленого гірського масиву.

Максимальні значення вібраційного прискорення основи щогли у вертикальній площині $Q_{верт}$ до встановлення гідравлічної машини становлять (Рис. 7.3) 0.2 ÷ 0.9g; при роботі з гідравлічною машиною (Рис. 7.5) 0.2 ÷ 0.5g за однакового крутного моменту, що генерується електродвигуном, швидкості обертання та осьової сили бурового штанга.

Аналогічно, в горизонтальній площині (поперек рами машини) (Рис. 7.3), в першому випадку вони складають 0.06 ÷ 0.27g, а в другому випадку 0.04 ÷ 0.1g.

При роботі без гідравлічної машини вібрації з частотами 2, 6.4, 58 Гц в горизонтальній площині та 1.1, 2, 16, 71 Гц у вертикальній площині виражені чітко. При бурінні з гідравлічною машиною частоти 2 Гц у горизонтальній площині та 1.1 і 2 Гц у вертикальній площині відсутні, що дозволяє зробити висновок, що природна частота обертача зміщена до нижчого частотного діапазону завдяки введенню додаткової пружності і зменшенню реакції системи на збурювальні впливи в частотному діапазоні від 1 до 2 Гц.

Характерною є відносна зміна струму навантаження двигуна (крива 6) та тиску в лінії тиску гідравлічної машини (крива 9) до встановлення гідравлічної машини та тиску в лінії заповнення (крива 8) після її встановлення. Як струм збільшується, тиск зменшується, і навпаки, що пояснюється тим, що в момент збільшення навантаження на буровий шток і відповідного збільшення струму двигуна гідравлічна машина починає обертатися, що спричиняє зниження тиску в лінії заповнення. Частота зміни навантаження становить 1.8-2.6 Гц, що відповідає обертальній швидкості бурової штанги $n_{ст}$=108÷156 об/хв. Водночас частота коливань швидкості буріння становить 5.4 ÷ 7.8 Гц, що відповідає трьом обертам бурової штанги, що спричинено рухом ріжучого елемента по трьохвильовому дні.

Таким чином, введення в механічну трансмісію ротора гнучкої динамічної ланки у вигляді гідравлічної машини з гідравлічно-пневматичними акумуляторами з регульованою жорсткістю в широкому діапазоні дозволило значно зменшити природну частоту приводу і, таким чином, реалізувати невідповідність між природними та збурювальними частотами. У результаті цього було досягнуто зменшення амплітуд вібраційних прискорень при тому ж навантаженні на електродвигун ротора на 25 ÷ 44% у вертикальній площині та на 33 ÷ 62% у горизонтальній площині.

ВИСНОВОК

Дана робота мала на меті проектування технологічного процесу виготовлення деталі шпиндель, який би підвищив ефективність виробництва в умовах ремонтних підприємств ГЗК .

Для визначення методу складання вузла був проведений конструкторський аналіз розмірних ланцюгів лінійних та кутових, визначена точність спряжених розмірів деталей .

Спроектовані заготовки поковка кована та прокат та рекомендований для підприємства прокат. Складений технологічний процес та розроблена документація. Використані CAD/CAM технології для підвищення продуктивності процесу складення керуючої програми на верстат з ЧПК.

Всі конструкторські розрахунки супроводжувались техніко – економічним аналізом для порівняння найбільш ефективних варіантів відносно базового на основі математичних програм.

Спроектоване верстатне пристосування дозволить обробляти типові деталі.

В цілому проект реальний його розрахунки можуть бути впроваджені у виробництво.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 9078:2021 Підшипники кочення. Підшипники шарикові радіально-упорні однорядні. Типи і основні розміри.
2. https://metinvest-smc.com/ru/products/krug/steel;st40kh/?srsltid=AfmBOoqOAzWlL0O5qyw5Rio4Y7eHzW8FNqXopL68JZpNuCWDG1Ql3Mhl
3. https://polidecktech.com/all-catalogs/catalog-sandvik-coromant/
4. С.Г. Бондаренко. Розмірні розрахунки механоскладального виробництва. – Київ, 1993.
5. Боженко, Л.І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні [Текст] / Л.І. Боженко. – К.: НМК ВО, 1990. – 264 с.
6. ДСТУ 2974-95. Технологічне підготовлення виробництва. Основні терміни та визначення.
7. ДСТУ 2891-1994 Чавун для виливків. Терміни та визначення
8. ДСТУ 2232-93 Базування та бази в машинобудування. Терміни та визначення
9. Технологія обробки типових деталей (курсове проектування) Григурко О.І, Брендуля МФ., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008, 576 с.
7. Кіяновський М.В., Цивінда Н.І., Цівко Ф.В. Довідник нормувальника маши нобудівного виробництва. – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2008

8.Кузнєцов Ю.М. Верстати з ЧПУ та верстатні комплекси. Частина 2.-К.-Тернопіль.ТОВ «ЗМОК» -ПП «Гнозіс», 2001.-298 с.

9.Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. Навч. посібник - К.: Вища шк. 1993р. - 414с.

10.Залога В. О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні Суми: СумДУ, 2013.

11.Сучасні методи аналізу технологічних процесів у машинобудуванні: [Текст] :

12. Кіяновський М.В., Цивінда Н.І. Електрофізичні та електрохімічні методи обробки поверхонь деталей у машинобудуванні: [навчальний посібник]. – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2011.- 412с.Навчальний посібник / В.В. Душинський. – К.: 1СДО, 1994. – 216 с

13. Технологія машинобудування. Проектування технологічного спорядження: Посібник / Боженко Л.І.-Львів.Світ, 2001.-296 с.

14.Технологічна оснастка. Курс лекцій.: Навчальний посібник./Дичковський М.Г. – Херсон Олді – Плюс, 2008 – 328 с.

15.ДСТУ 3008:2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання

					КНУ.КМР.131.24.1-09.СВД		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Ковалевський			СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	Літ.	Арк. 1 / Аркушів 1
Перевір.		Цивінда					
Т. Контр.						Каф.ТМ, гр ПМ-23м	
Н. Контр.		Нечаєв					
Затверд.		Рязанцев					

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

АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ЗАСВІДЧУЮЧИХ АРКУШІВ

до кваліфікаційної магістерської роботи

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Підвищення ефективності виробництва вузлів опорних бурових верстатів за рахунок використанням CAD/CAM технологій в проектуванні технологічного процесу виготовлення шпинделя.

Виконав магістрант гр. ПМ-23м _____ Ковалевський А.В.
(підпис)

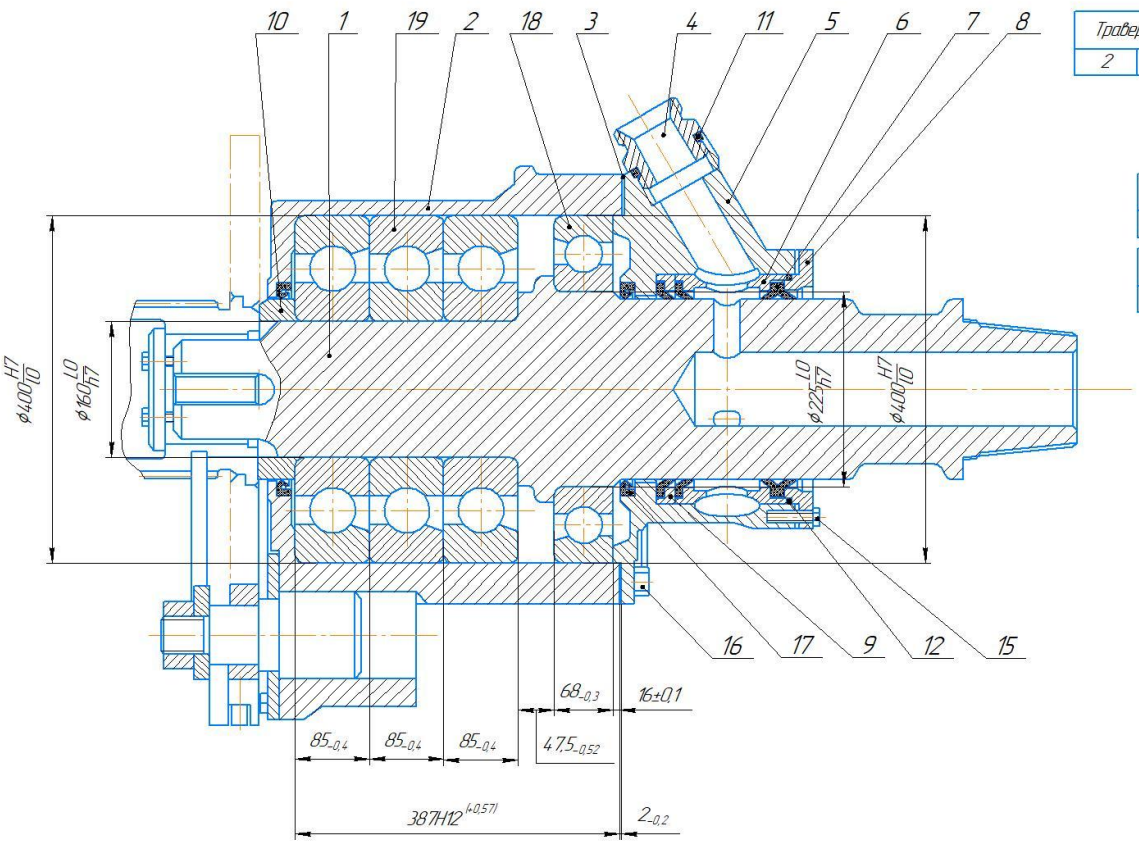
Керівник КМР _____ Цивінда Н.І.
(підпис)

Нормоконтроль _____ Нечаєв В.П.
(підпис)

Завідувач кафедри _____ Рязанцев А.О.
(підпис)

Кривий Ріг
2024 р.

КНУ.КМР.131.24.1-09.ВО



Послідовність складання

Траверса	2	1	Манжета	17	1	Прокладка	3	1	Болт М20	16	6
Траверса	1зб2	1	Шпиндель	2зб1	1	Корпус сальника	2зб5	1			
Підшипник	18	1	Підшипник	19	3	Шпиндель	1	1			
Манжета	17	1	Проходник	4	1	Кільце	11	1			
Болт М16	15	6	Кришка	8	1	Воротник 210	7	1			
Втулка	6	1	Кільце	9	1	Корпус сальника	5	1			

1. При зборці опорного вузла підшипникову порожнини та порожнини під ущільнення набити змащенням литол-24 ДСТУГОСТ 21150-87
2. Після установки кришки (поз. 21), між нею та корпусом сальника (поз. 20) повинен бути зазор 3±2 мм.
3. Після складання, шпиндель опорного вузла повинен провертатися від зусилля одного чоловіка з застосуванням кляча довжиною ричага 1 м.
4. Випробувати на герметичність повітрям при тиску 5±0,5 кгс/см2.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Ковалевський		
Пров.		Цивінда		
Т.контр.				
Н.контр.		Нечаєв		
Утв.		Рязанцев		

КНУ..КМР.131.24.1-09.ВО

Вузол опорний

Лит.	Масса	Масштаб
	876	1:2

Лист | Листов 1

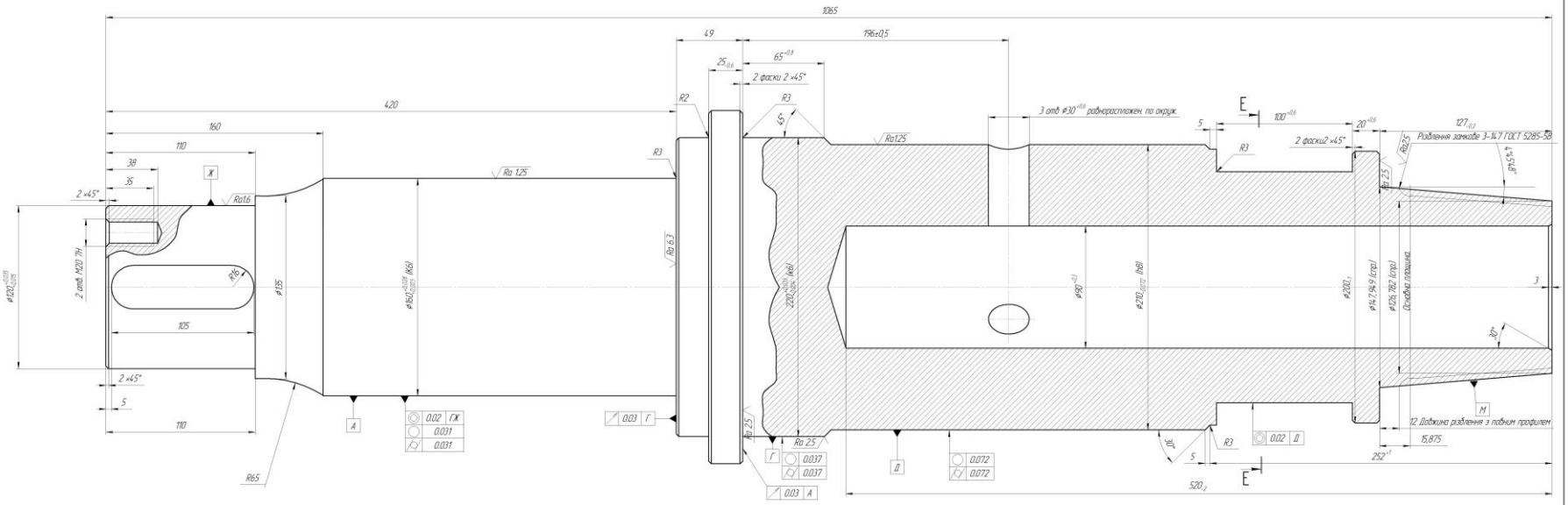
Кафедра ТМ,гр ПМ-23м

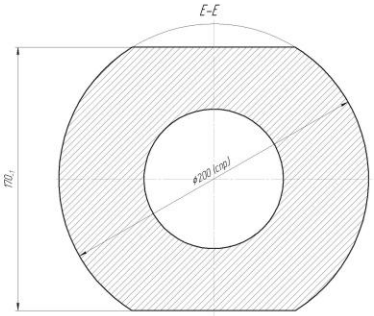
Копировал | Формат А2

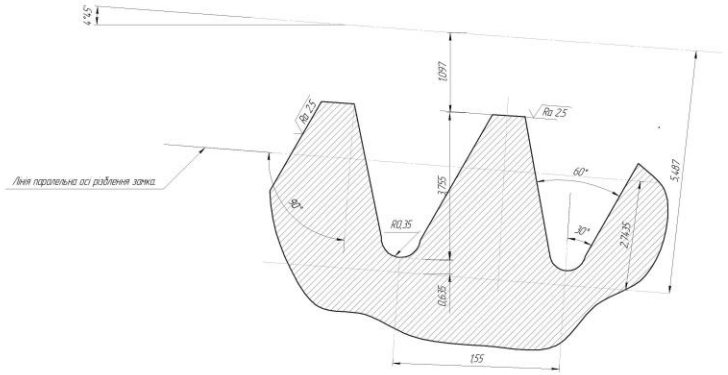
Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

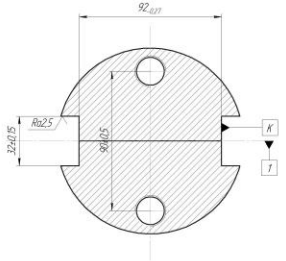
КНУ.КМР.13124.1-09.Ш

Ra25 (√) (√)









Граничні відхилення		
Шага		Половина кута профіля розділення ±0,5
На одним розділенні 25 мм/на усій довжині розділення		
мм		
±0,08	±0,15	

1. Після попередньої обробки полягшити НВ250-265.
2. Зсув шпонкових пазів К відносно осі 1 допускається не більше 0,1 мм.
3. Відхилення конусності розділення М по внутрішньому й середньому діаметрі не повинне перевищувати 0,2 мм. на довжині конуса.

Розроб.	Ж. Ивлев			КНУ.КМР.13124.1-09.Ш			
Перевір.	Кобилянська			Шпиндель	Літ.	Маса	Масштаб
Т.контр.	Шевчук					167,7	1:1
Н.контр.	Начальн.				Аркуш	Аркушів	
Затв.	Шевчук			250-В ДСТУ 4738:2007	Коваджа ПМ		
				Сталь 40Х-2 ДСТУ 7806:2015	ср. ПМ-23м		
				Копіював	Формат А3х2		

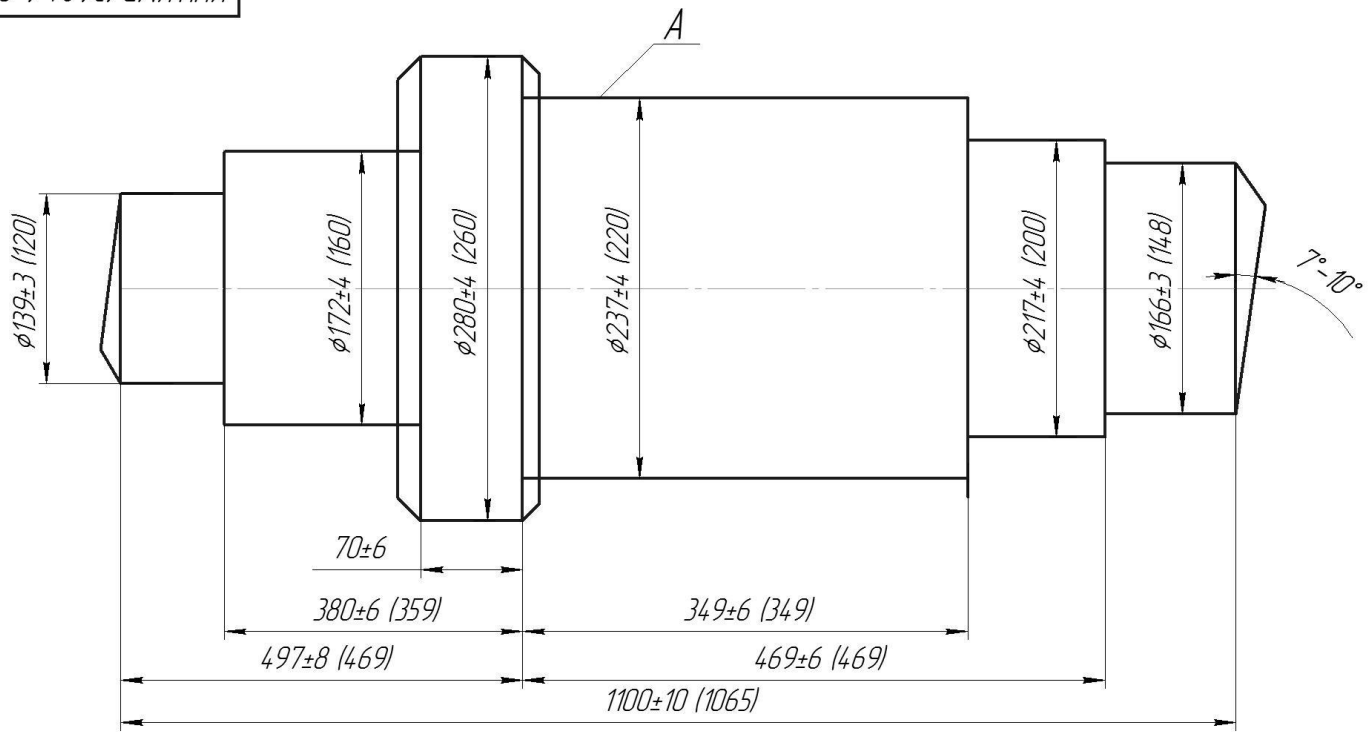
Інв. № подл. | Підп. і дата | Взам. інв. № | Інв. № дубл. | Підп. і дата

Інв. № подл. | Підп. і дата

Копіював | Формат А3х2

КНУ.КМР.131.24.1-09.ШП

Rz320



1. Можлива заміна сталі 40Хна сталь 45Х ДСТУ7806:2015
2. Поверхню заготовки дробеструїть.
3. Поверхню заготовки відпалити до НВ 197.
4. Твердість заготовки виміряють на поверхні А.
5. На поверхні не допускаються раковини.
6. Контролювати 20% від партії.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-09.ШП			
Разраб.		Ковалевський			ШПИНДЕЛЬ (ПОКОВКА)	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.		Цивінда				Н	278.8	1:1
Т.контр.						Лист 1	Листов 1	
Н.контр.		Нечаєв			Сталь 40Х ДСТУ 7806:2015	Каф. ТМ гр.ПМ-23м		
Утв.		Рязанцев						

Копировал

Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

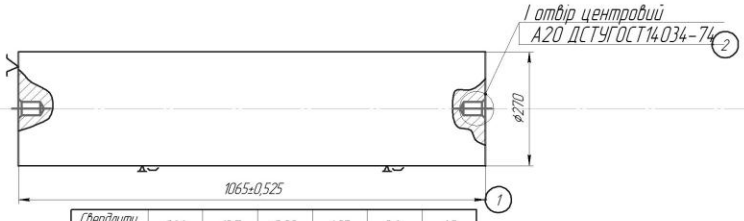
Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

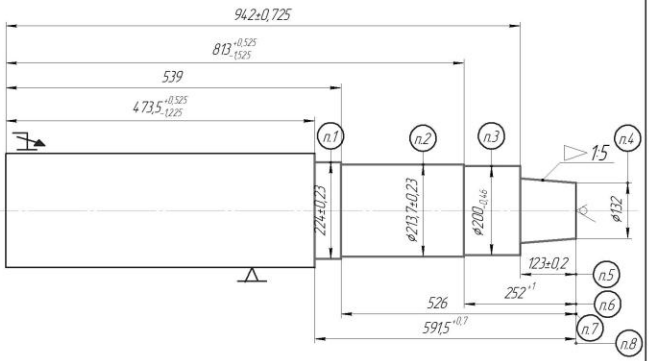
КНУ.МВР.131.24.1-09.0Е.

005 Фрезерно-центрувальна
станок 2М942



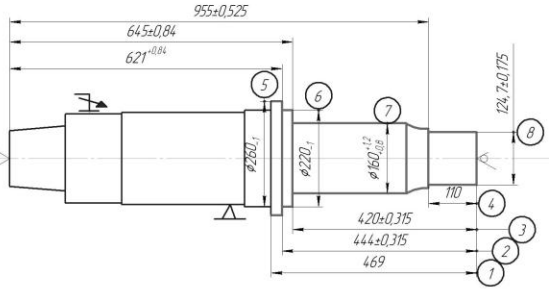
Свердлити отв. 2	21.6	13.7	0.22	435	3.6	1.0
Фрезерувати пов. 1	37	20.4	0.12	50	1.5	2.84
Найменування операції	v_T, м/хв.	v_0, м/хв.	s_T, мм/об.	n_0 об/хв	N_0 кВт.	T_0, хв.

010 Токарна чорнова з ЧПК
I – установ
станок 16К20Ф3



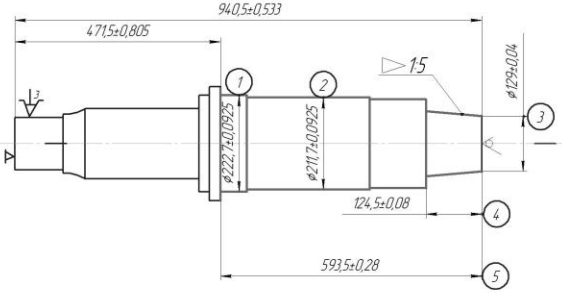
Підрізування торців	22	0.5	0.8	1.0	8.8	0.45	20	3.6	2.016
Наружне точіння	22	0.5	0.8	1.0	8.8	0.9	20	3.6	33.15
Найменування переходу	v_T, м/хв.	k_1	k_2	k_3	v_0, м/хв.	s_T, мм/об.	n_0 об/хв.	N_0 кВт.	T_0, хв.

010 Токарна чорнова з ЧПК
II – установ
станок 16К20Ф3



Підрізування торців	22	0.5	0.8	1.0	8.8	0.45	20	3.6	0.26
Зовнішнє точіння: 8,7,6,5	22	0.5	0.8	1.0	8.8	0.9	20	3.6	26.05
Найменування переходу	v_T, м/хв.	k_1	k_2	k_3	v_0, м/хв.	s_T, мм/об.	n_0 об/хв.	N_0 кВт.	T_0, хв.

015 Токарна напівчистова з ЧПК
станок 16К20Ф3



Підрізування торців	25	0.5	1.0	1.0	12.5	0.7	25	0.5	33.5
Зовнішнє точіння	25	0.5	1.0	1.0	12.5	0.4	25	0.5	0.26
Найменування операції	v_T, м/хв.	k_1	k_2	k_3	v_0, м/хв.	s_T, мм/об.	n_0 об/хв.	N_0 кВт.	T_0, хв.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	КНУ.МВР.131.24.1-09.0Е.				
Розроб.		Ковалевський			ОПЕРАЦІЙНІ ЕСКІЗИ	Лит.	Масса	Масштаб	
Пров.		Цивінда				Н		1:4	
Т.контр.						Лист 1	Листов 1		
Н.контр.		Нечаєв				Каф. ТМ гр.ПМ-23м			
Утв.		Рязанцев							

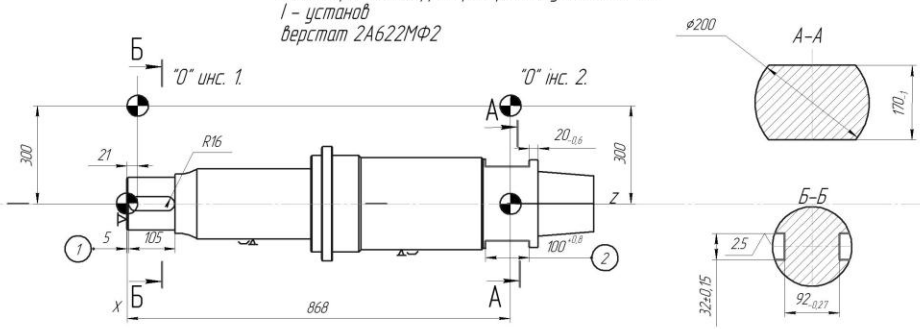
Копировал Формат А1

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

КНУ.КМР.131.24.1-09.0Е

Ra25

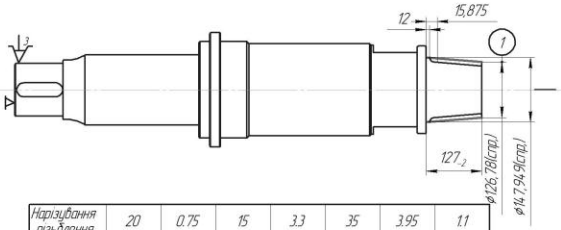
030 Свердлильно-фрезерно-розточувальна з ЧПК
I – установ
верстат 2А622МФ2



Фрезерування шпон. пазів	22	1.1	0.55	1.15	15.3	0.15	155	1.2	0.6
лисок.	37	1.0	0.55	0.9	18.3	0.1	90	0.15	4.6
Найменування переходу.	v_1, м/хв.	k_1	k_2	k_3	$v_{ф}$, м/хв	s_1, мм/об.	n_0 об/хв.	$N_{ф}$ кВт.	$T_{ф}$, хв

Ra25

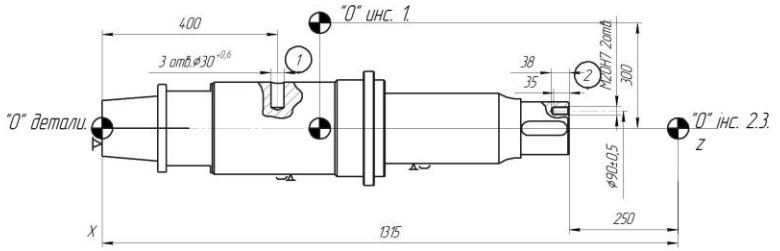
035 Токарна з ЧПК
верстат 16К20Ф3



Нарізування різьблення.	20	0.75	15	3.3	35	3.95	1.1
Найменування переходу.	v_1, м/хв.	k_v	$v_{ф}$, м/хв	s_1, мм/об.	n_0 об/хв.	$N_{ф}$ кВт.	$T_{ф}$, мин.

030 Свердлильно-фрезерно-розточувальна з ЧПК
II – установ
верстат 2А622МФ2

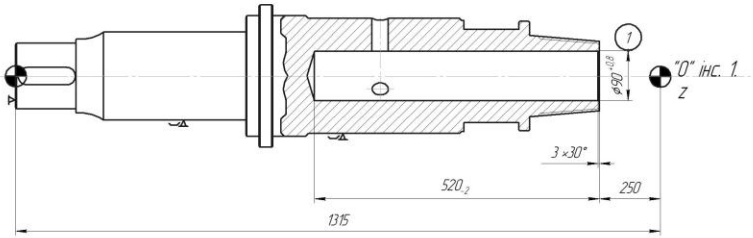
Ra25



M20	Нарезание різьби	7	0.7	k_2	k_3	4.9	0.5	156	0.5	0.77
	Свердління	27.6	0.65	1.0	1.0	20.64	0.16	840	0.6	0.9
ø30	Свердління	20.1	0.67	1.15	1.0	22.6	0.34	240	3.5	3.0
р-р.	Найменування переходу	v_1, м/хв.	k_1	–	–	$v_{ф}$, м/хв.	s_1, мм/об.	n_0 об/хв.	$N_{ф}$ кВт.	$T_{ф}$, хв.

040 Свердлильно-фрезерно-розточувальна з ЧПК
верстат 2А622МФ2

Ra25



Свердління отвору 1	26	0.65	1.15	0.8	15.6	0.4	55	1.3	23.6
Найменування переходу.	v_1, м/хв.	k_1	k_2	k_3	$v_{ф}$, м/хв	s_1, мм/об.	n_0 об/хв.	$N_{ф}$ кВт.	$T_{ф}$, хв.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Розроб.		Коваленський		
Пров.		Цывінда		
Т.контр.				
Н.контр.		Нечаєв		
Утв.		Рязанцев		

КНУ.КМР.131.24.1-09.0Е

ОПЕРАЦІЙНІ ЕСКІЗИ

Лит.	Масса	Масштаб
Н		14
Лист	Листов	

Каф. ТМ
гр.ПМ-23м

Копировал

Формат А1

Перв. примен.

Справ. №

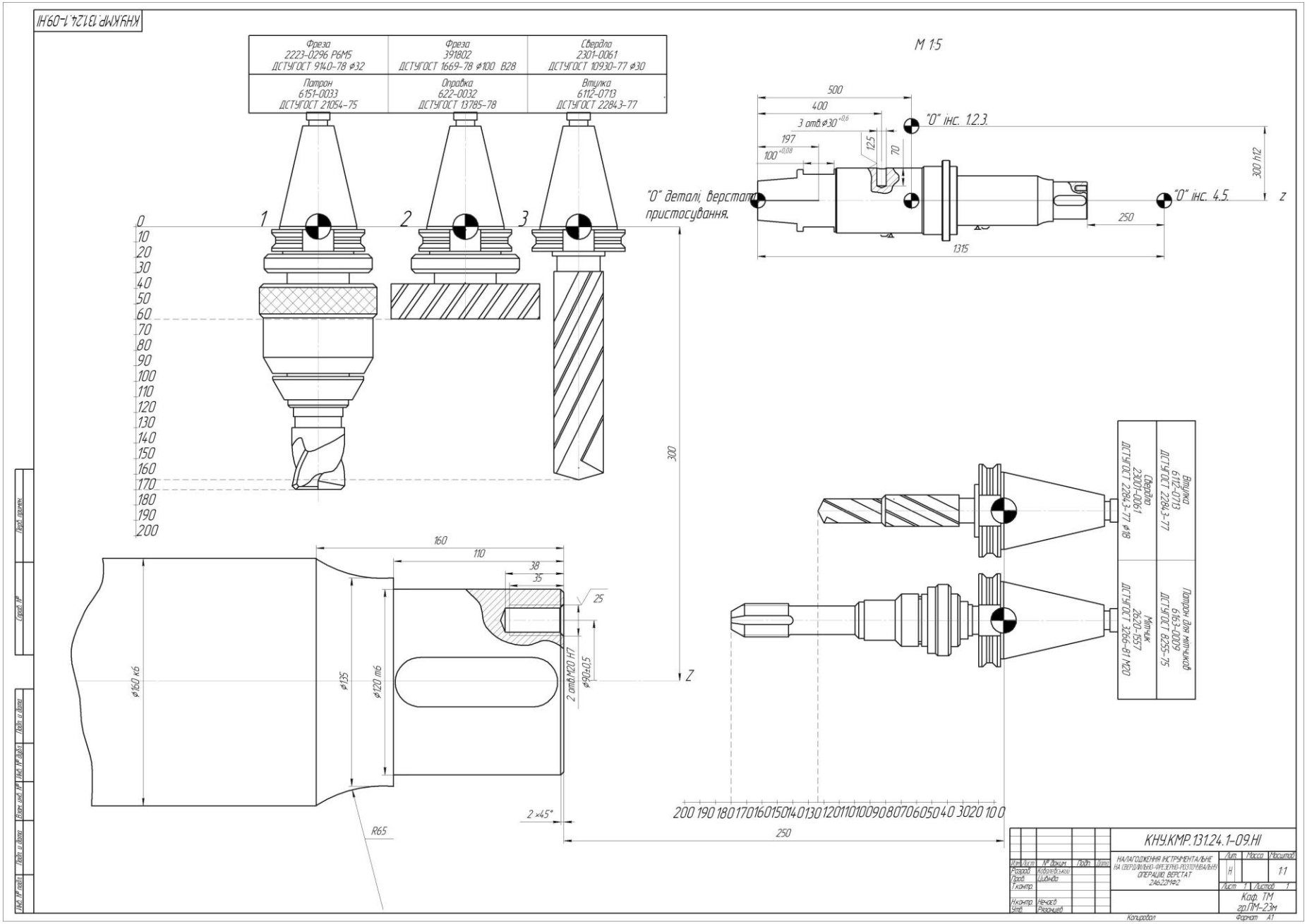
Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.


КНУ.КМР.131.24.1-09.НІ
Фреза
2223-0296 Р6М5
ДСТУГОСТ 9140-78 ⌀32
Фреза
391802
ДСТУГОСТ 1669-78 ⌀100 В28
Свердло
2301-0061
ДСТУГОСТ 10930-77 ⌀30
Патрон
6151-0033
ДСТУГОСТ 21054-75
Оправка
622-0032
ДСТУГОСТ 13785-78
Втулка
6112-0713
ДСТУГОСТ 22843-77
М 1:5
"0" деталі, верстата пристосування.
"0" інс. 1.2.3.
"0" інс. 4.5.
Втулка
6112-0713
ДСТУГОСТ 22843-77
Свердло
23001-0061
ДСТУГОСТ 22843-77 ⌀18
Патрон для мітчиків
6163-0009
ДСТУГОСТ 8255-75
Мітчик
2620-1557
ДСТУГОСТ 3266-81 М20
2 отв.М20 Н7
R65
2 ×45°
Z
КНУ.КМР.131.24.1-09.НІ
НАЛАГОДЖЕННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНЕ НА СВЕРДЛИЛЬНО-ФРЕЗЕРНО-РОЗТОЧУВАЛЬНУ ОПЕРАЦІЮ ВЕРСТАТ 2А622МФ2
Каф. ТМ
гр.ПМ-23м
Копировал
Формат А1

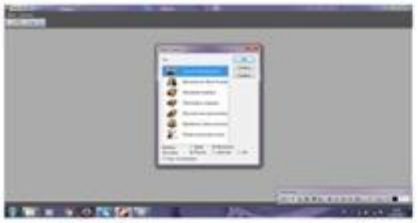


Рис. 1 Новий проект

Рис. 2 Імпорт деталі

Рис. 3 Вибір напряму осі

Рис. 4 Тип заготовки

Рис. 5 Розміри заготовки

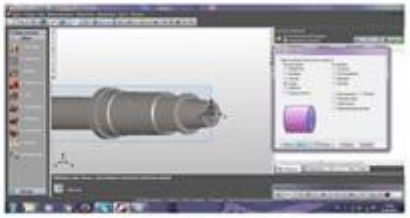


Рис. 6 Елемент торець

Рис. 7 Розміри торця

Рис. 8 Стратегії підрізання торця

Рис. 9 Режими підрізання торця

Рис. 10 Створення кривих

Рис. 11 Крива на поверхні заготовки

Рис. 12 Об'єднання кривих

Рис. 13 Елемент точіння

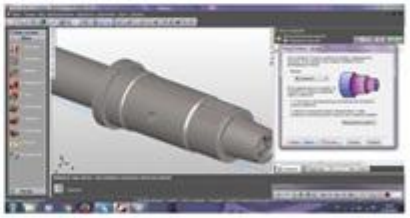


Рис. 14 Елемент криві

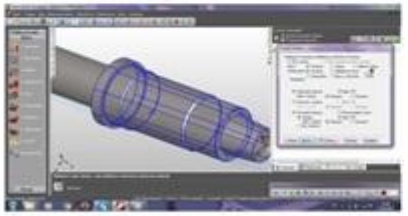


Рис. 15 Стратегії обробки

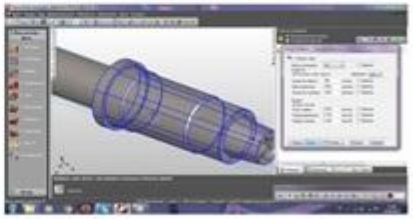


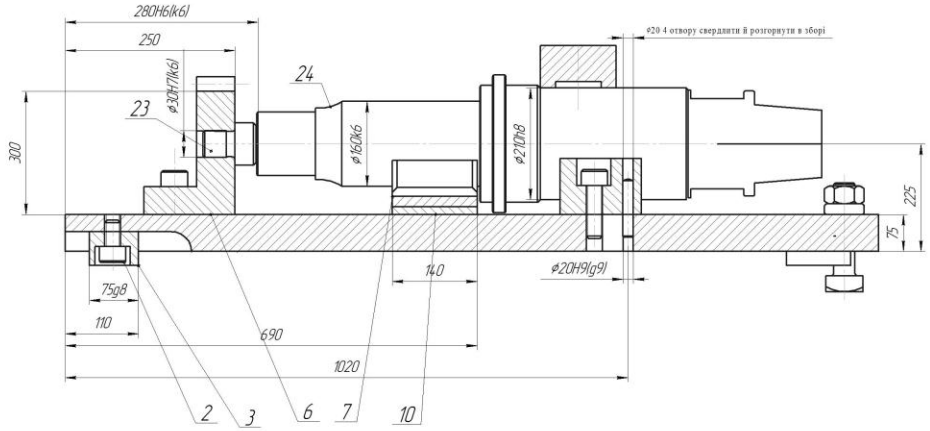
Рис. 16 Режими різання

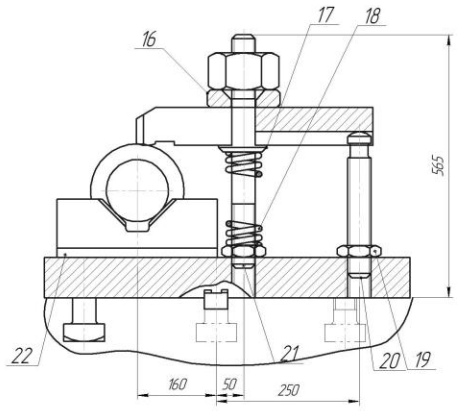
Рис. 17 Підрізання торця

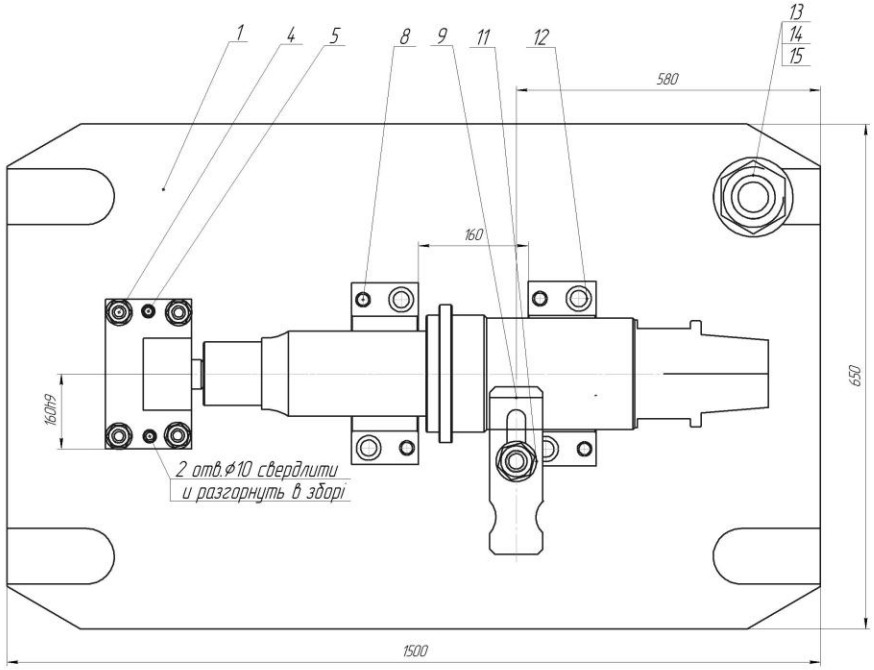
Рис. 18 Чорнове точіння циліндричної поверхні

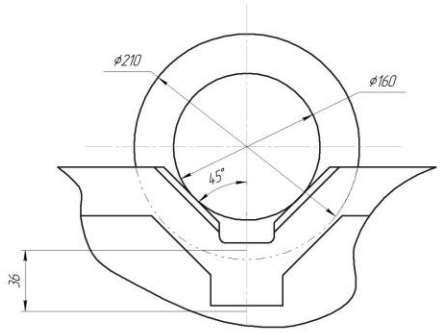
Рис. 19 Чистове точіння поверхні

КНУ.КМР.131.24.1-09.ПВ









1. Пристосування виконане для установки на верстат моделі 2А226МФ2.
2. Зусилля затиску P_3=48.01 кН.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-09.ПВ			
Разраб.		Коболевський			ПРИСТОСУВАННЯ ВЕРСТАТНЕ	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.		Цивінда				Н		1:5
Т.контр.						Лист 1	Листов 1	
Н.контр.		Нечаєв				Каф. ТМ гр.ПМ-23м		
Утв.		Рязанцев						

Копировал

Формат А1

Перв. примен.

Справ. №

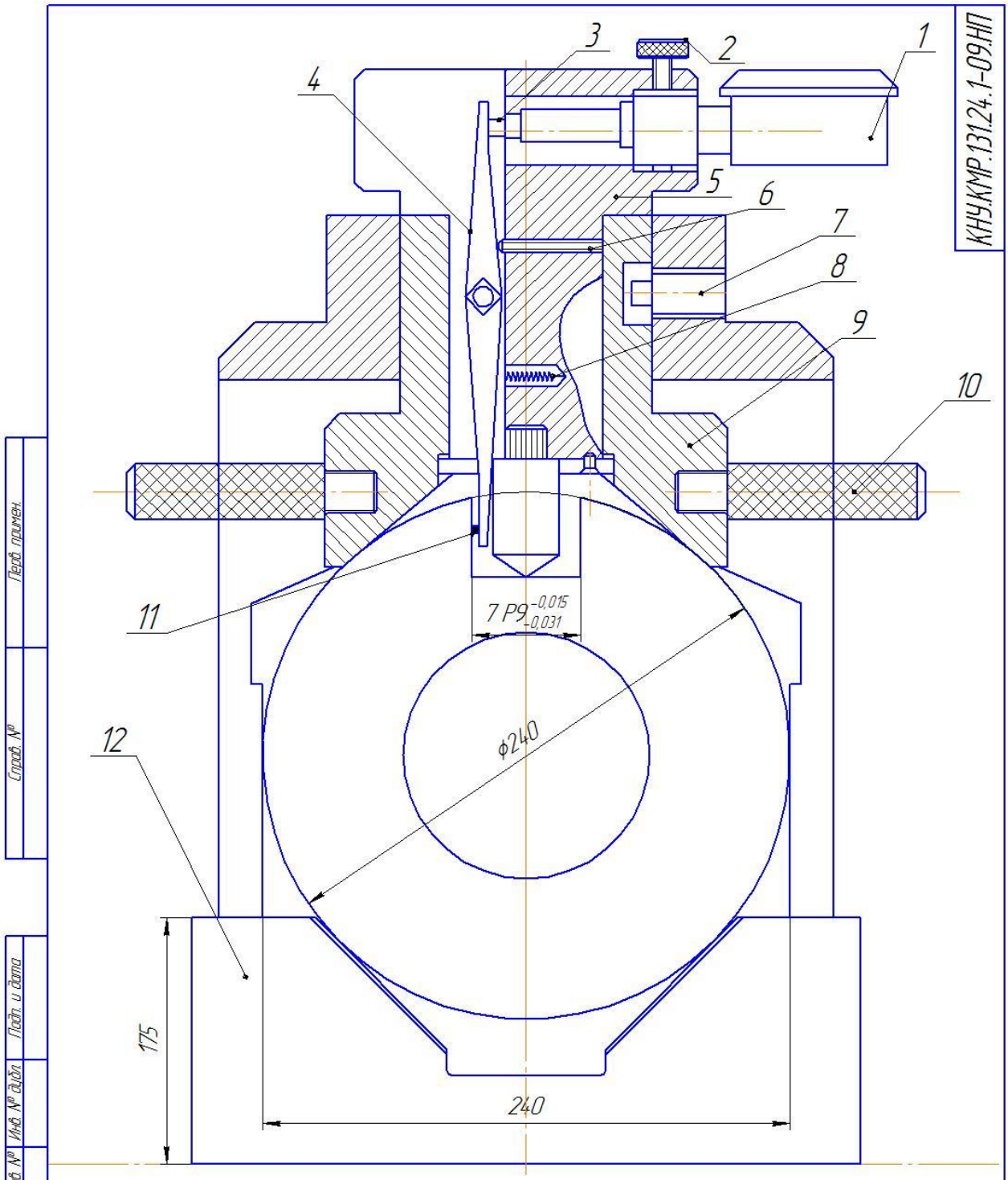
Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл.



КНУ.КМР.131.24.1-09.НП

					КНУ.КМР.131.24.1-09.НП	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	НАКЛАДНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ШИРИНИ ШПОНКОВОГО ПАЗА	Лит. / Масса / Масштаб: Н / 2:1
Разраб.		Ковалевський				Лист 1 / Листов 1
Пров.		Цивінда				Каф. ТМ гр.ПМ-23м
Т.контр.						
Н.контр.		Нечаєв				
Утв.		Рязанцев				

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

Копировал

Формат А3