

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва
деталі «Шпindelь обертача перфоратора» в середовищі
CAD/CAM систем

Виконав: здобувач групи ПМ-22
Бельгер М.А.

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

Кривий Ріг
2026 р

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва
деталі «Шпindelь обертача перфоратора» в середовищі
CAD/CAM систем

Виконав здобувач гр. ПМ-22

Матвій БЕЛЬГЕР

Керівник роботи

Наталія ЦИВІНДА

Нормоконтроль

Василь НЕЧАСЬ

Завідувач кафедри

Антон РЯЗАНЦЕВ

Кривий Ріг
2026 р

Криворізький національний університет
Факультет механічної інженерії та транспорту
Кафедра: технології машинобудування
Освітній рівень: бакалавр
Спеціальність: 131 Прикладна механіка

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

(дата)

(підпис)

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну бакалаврську роботу

Здобувача гр. ПМ-22 Матвія Артемовича Бельгера

1.Тема: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва деталі «Шпиндель обертача перфоратора» в середовищі CAD/CAM систем

Керівник проекту к.т.н., доц. Цивінда Н.І.

Затверджена наказом по КНУ № 130с від “04” 03 2026 р.

2. Термін подання студентом закінченого проекту 12 червня 2026 р.

3. Вихідні дані до проекту: 1. Найменування складального вузла.

2. Креслення деталі. 3. Типовий технологічний процес. 4. Річна програма випуску деталі.

4. Зміст пояснювальної записки:

1.ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

2. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ САМ-системі FeatureCAM

3. КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

4. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Креслення деталі. 2. Креслення заготовки 3. Креслення верстатно – інструментальних налагоджень.

4.Креслення верстатного оснащення 5.Креслення контрольного оснащення

6 Креслення механічного цеху

6. Календарний план:

Етап роботи	Термін виконання
1.ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА 1.1 Службове призначення перфоратора. 1.2. Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін. 1.3. Аналіз якості поверхонь деталей. 1.4. Технічний контроль робочого креслення. 1.5. Аналіз технологічності деталі. 1.5.1Якісний аналіз технологічності. 1.5.2.Кількісний аналіз технологічності. 1.6.Вибір типу виробництва. Задачі проектування. 1.6.1.Вибір типу виробництва. 1.6.2.Вибір діючого заводського чи технологічного процесу. Задачі проектування. 1.7.Вибір, техніко – економічне обґрунтування та проектування заготовлі. 1.7.1.Вибір і техніко – економічне обґрунтування заготовки. 1.7.2. Проектування поковки штампованої 1.7.3.Проектування заготовки з проката 1.7.4 Техніко-економічне обґрунтування метода отримання заготовки 1.8.Проектування технологічного процесу. 1.8.1.Вибір і обґрунтування баз. 1.8.2.Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь. 1.8.3.Розробка маршруту обробки деталі. 1.8.4.Розробка технологічної операції. 1.8.5.Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку. 1.8.5.1 Аналітичний розрахунок припусків на внутрішню циліндричну поверхню. 1.8.6. Розрахунок режимів різання, нормування технологічних операцій 1.8.7.Розрахунок міжопераційних лінійних розмірів. 1.8.8.Вибір міжопераційних розмірів і припусків на обробку. 1.8.9.Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій.	До 28.01 2026р.
2. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ САМ-системі FeatureCAM	02.02 2026р.- 20.05.2026р.
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА	з 31.03.2026р.
4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА 4.1 Техніко-економічне обґрунтування проєкту 4.2 Проектування механічного цеху 4.3 Охорона праці та ергономіка в механічному цеху	до 03.04 2026р.
Попередній захист	10 .06 2026р.

Дата видачі завдання: “08” 01 2026р.

Студент _____ / Бельгер М.А./

Керівник роботи _____ /Цивінда Н.І./

РЕФЕРАТ

Об'єктом проектування є технологічний процес механічної обробки та комплекс спеціального технологічного оснащення, необхідного для виготовлення деталі «Шпиндель обертача перфоратора».

Мета випускної роботи полягає у розробці прогресивного (високопродуктивного) технологічного процесу виготовлення шпинделя, а також у конструкторському проектуванні та інженерному розрахунку станочної оснастки (верстатного пристосування для механічної обробки) та спеціального контрольно-вимірювального пристрою для перевірки параметрів деталі відповідно до технічних вимог.

Основні результати та зміст роботи:

Організаційно-технологічна частина: На основі заданої річної програми випуску обґрунтовано тип виробництва та організаційну форму роботи дільниці. Розроблено маршрутний та операційний технологічні процеси, визначено раціональний метод отримання вихідної заготовки, обрано прогресивне металорізальне обладнання та різальний інструмент. Проведено аналітичний розрахунок (або вибір за таблицями) припусків на обробку, а також розраховано оптимальні режими різання та норми часу.

Конструкторська частина: Здійснено повний цикл проектування, а також кінематичні, силові та точнісні розрахунки верстатного пристосування для фрезерної/свердлильної операції та спеціального контрольного пристрою.

Техніко-економічне обґрунтування: Проведено порівняльний аналіз розробленого техпроцесу з базовим (заводським) варіантом, який підтвердив підвищення продуктивності праці, зниження технологічної собівартості виготовлення деталі та визначив термін окупності капітальних вкладень.

САПР та цифрові технології: Конструкторське проектування оснащення та моделювання технологічних операцій виконано з використанням сучасних елементів САПР (CAD/CAM-систем).

Охорона праці та ергономіка: У проекті розроблено комплекс інженерно-технічних заходів щодо забезпечення безпечних та нешкідливих умов праці, виробничої санітарії, пожежної безпеки та ергономічних вимог до організації робочих місць на проєктованій дільниці цеху.

**КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА, ПЕРФОРАТОР,
ШПИНДЕЛЬ, ЗАГОТОВКА, ТЕХНОЛОГІЯ, ЯКІСТЬ, ОСНАСТКА, ПРОДУКТИВНІСТЬ,
СОБІВАРТІСТЬ**

ABSTRACT

The object of the design is the technological process of mechanical processing and a complex of special technological equipment necessary for the production of the part "Puncher wrapper spindle".

The meta-exhaust work lies in the development of a progressive (highly productive) technological process for the manufacture of a spindle, as well as in the design and engineering development of machine equipment (bench attachment for mechanical processing) and special control and testing device for checking the parameters of the part according to technical capabilities.

Main results and changes:

Organizational and technological part: Based on the given river program, the type of production and organizational form of the farm's work are determined. The route and operational technological processes have been broken down, a rational method for removing the output workpiece has been identified, and a progressive metallurgical and cutting tool has been

assembled. An analytical analysis (or selection from tables) of processing allowances was carried out, as well as optimal cutting modes and hourly standards were determined.

Design part: A new cycle of design has been completed, as well as kinematic, power and precision development of the bench mounting for the milling/drilling operation and a special control device.

Technical and economical processing: A comprehensive analysis of the fragmented technical process with a basic (factory) option was carried out, which confirmed an increase in productivity and a decrease in the technological efficiency of production details and meaning the term of return on capital investments.

CAD and digital technologies: Design design of equipment and modeling of technological operations is combined with a variety of current CAD elements (CAD/CAM systems).

Security and ergonomics: The project has developed a complex of engineering and technical approaches to ensure the safety and security of labor, public sanitation, fire safety and ergonomic facilities. organization of workers in the design workshop.

DESIGN AND TECHNOLOGICAL PREPARATION, PERFORATOR, SPINDLE, BLANK, TECHNOLOGY, QUALITY, EQUIPMENT, PRODUCTIVITY,COST

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №								
							Документація	
		A4			КНУКБР.131.1-01ПЗ	Пояснювальна записка		
						Графічна частина		
		A2			КНУКБР.131.1-01КШ	Креслення шпинделя	1	
		A2			КНУКБР.131.1-01КЭШ	Креслення заготовки шпинделя	1	
					КНУКБР.131.1-01КТН	Креслення технологічних-іналагоджень на шпиндель	2	
		A2			КНУКБР.131.1-01КВп	Креслення верстатного пристосування	1	
Подп. и дата	A1			КНУКБР.131.1-01ККП	Креслення контрольного пристосування	1		
	A1							
	A1			КНУКБР.131.1-01КПМЦ	Креслення плану механоскладального цеху	1		
	A1							
Взам. инв. №								
Подп. и дата								
Инв. № подл.								
					КНУКБР.131.1-01.ВОКБР			
Изм./лист № докум. Подп. Дата Разр.б. Бельгер Пров. Цибінда Н.контр. Нечаєв Утв. Рязанцев					Лит. Лист Листов 1 1 2 каф.ТМ ПМ-22			
Відомість об'єму кваліфікаційної бакалаврської роботи								
Копировав					Формат А4			

ЗМІСТ

Вступ

1.ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

1.1 Службове призначення перфоратора.

1.2. Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін.

1.3. Аналіз якості поверхонь деталей.

1.4. Технічний контроль робочого креслення.

1.5. Аналіз технологічності деталі.

1.5.1Якісний аналіз технологічності.

1.5.2.Кількісний аналіз технологічності.

1.6.Вибір типу виробництва. Задачі проектування.

1.6.1.Вибір типу виробництва.

1.6.2.Вибір діючого заводського чи технологічного процесу. Задачі проектування.

1.7.Вибір, техніко – економічне обґрунтування та проектування заготовлі.

1.7.1.Вибір і техніко – економічне обґрунтування заготовки.

1.7.2. Проектування поковки штампованої

1.7.3.Проектування заготовки з проката

1.7.4 Техніко-економічне обґрунтування метода отримання заготовки

1.8.Проектування технологічного процесу.

1.8.1.Вибір і обґрунтування баз.

1.8.2.Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь.

1.8.3.Розробка маршруту обробки деталі.

1.8.4.Розробка технологічної операції.

1.8.5.Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку.

1.8.5.1Аналітичний розрахунок припусків на внутрішню циліндричну поверхню.

1.8.6. Розрахунок режимів різання, нормування технологічних операцій

1.8.7.Розрахунок міжопераційних лінійних розмірів.

1.8.8.Вибір міжопераційних розмірів і припусків на обробку.

1.8.9.Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій.

2 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ САМ-системі FeatureCAM

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування проекту

4.2 Проектування механічного цеху

4.3 Охорона праці та ергономіка в механічному цеху

Висновки.

Список використаних джерел.

					КНУ.КБР.131.26.1-01.3								
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат									
Розроб.		Бельгер			ЗМІСТ			Літ.		Арк.	Арквшів		
Перевір.		Шивінда											
Н. контр.		Нечаєв											
Затверд		Рязанцев											
					Кафедра ТМ з ПМ-22								

ВСТУП

В процесі механічної обробки деталей машин виникає велика кількість проблемних питань, які пов'язані з необхідністю виконання технічних умов, які поставлені конструкторами перед виробництвом. Конструювання деталей, вузлів, технологічного оснащення–процеси, які доцільно здійснювати в CAD системі, що підвищує продуктивність процесу та виключає моменти нетехнологічності при складанні. Процес механічної обробки пов'язано з експлуатацією складного обладнання – металорізальних верстатів; трудомісткість і собівартість механічної обробки більше ніж на інших процесах виготовлення машин. Аналіз виготовлення деталі: від аналізу точності поверхонь, проєктування заготовки, вибору обладнання та оснащення, різального інструменту, маршруту обробки складає технологічне підготування виробництва. На сьогодні його автоматизація тільки в розробці, бо маршрутно-операційна технологія багатоваріантна і погано піддається алгоритмізації. Але застосування верстатів з ЧПК продуктивніше буде з можливістю підготовки керуючих програм в САМ системах.

Кваліфікаційна бакалаврська робота представляє собою конструкторсько-технологічну підготовку виробництва деталі «Шпindelь обертача перфoратора» в середовищі CAD /CAM систем. Послідовність проєктування витримана з дотриманням всіх послідовностей сучасного машинобудівного виробництва і оснований на виробничому досвіді і виробничих кресленнях механічного виробництва.

					КНУ.КБР.131.26.1-01.В			
Змін	Арkv	№	Підпис	Дат	ВСТУП			
Розроб.	Бельгер							
Перевір.	Шивінда							
Н. контр.	Нечаєв							
Затверд.	Рязанцев				Кафедра ТМ з ПМ-22			

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

1.1 Службове призначення перфторатора

Перфторатор, де установлений заданий шпindelь відноситься до колонкових перфтораторів. Такі перфторатори, для створення продуктивної роботи в бурінні шпурів в гірських породах Криворіжжя (високої твердості: 5-6,5 одиниць за шкалою Мооса) забезпечують великі зусилля подачі потужними податчиками, що установлюються на розпiрних винтових колонках.

Перфторатор працює за принципом ударно-обертальних бурильних машин, що мають незалежне обертання бурової штанги і складається з двох основних вузлів, ударного механізму і обертача.

Обертач являє собою гіпоциклоїдний (планетарно-роторний) пневматичний двигун, що складається з трьох складових частин: статора, ротора з впресованим в нього золотником.

Обертач призначений для створення крутного моменту і передачі його буровому інструменту, з тим, щоб планетарне переміщення ротора перетворити в обертальний рух шпинделя, щодо осі бурової головки. Шпindelь має кругові зуби, що вільно входять у кругові западини на внутрішній поверхні ротора так, що ротор і шпindelь мають можливість взаємного радіального переміщення при обкочуванні ротора по статору.

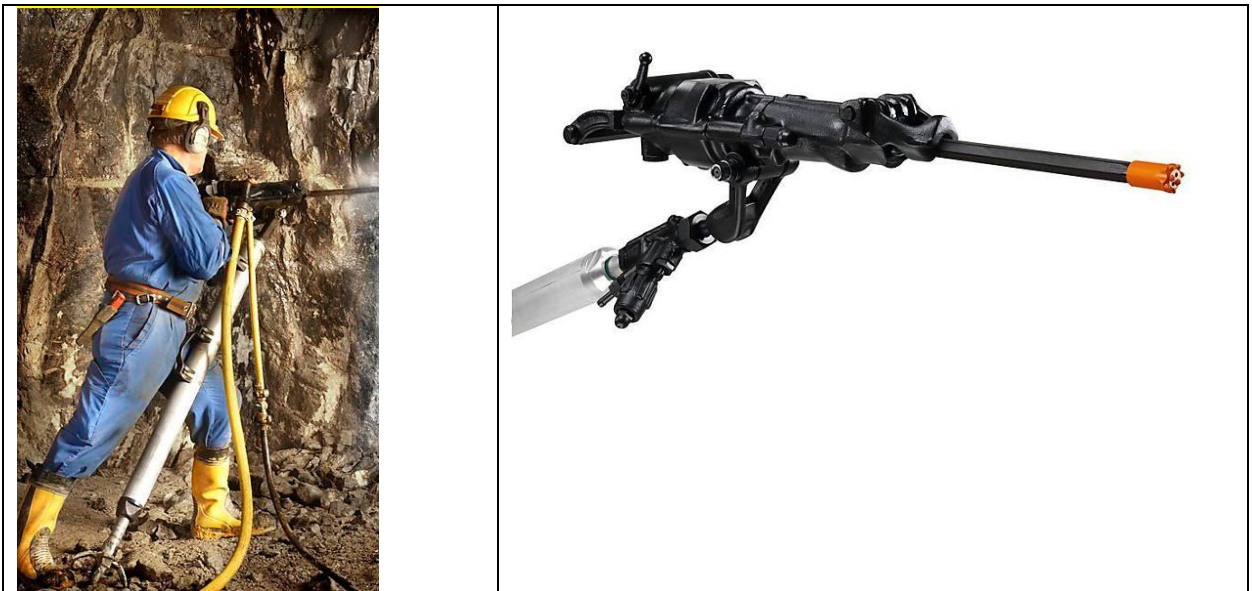


Рисунок 1.1- Перфторатор Atlas Copco BVC 34 W

					КНУ.КБР.131.26.1-01. 01.ТПВ					
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат						
Розроб.	Бельгер				ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА			Літ.	Арк.	Арквшів
Перевір.	Цивінда									
Н. контр.	Нечаєв							Кафедра ТМ з ПМ-22		
Затверд	Рязанцев									

Так, як машина використовується для буріння комплексу глибоких вибухових скважин (використання методу для відбивання руди на очищувальних роботах), то робота виконується в умовах дуже високої вібрації, при сильних ударах, з дією абразивних елементів і кислотних вод при складності забезпечення надійною змащенням тертя пари.

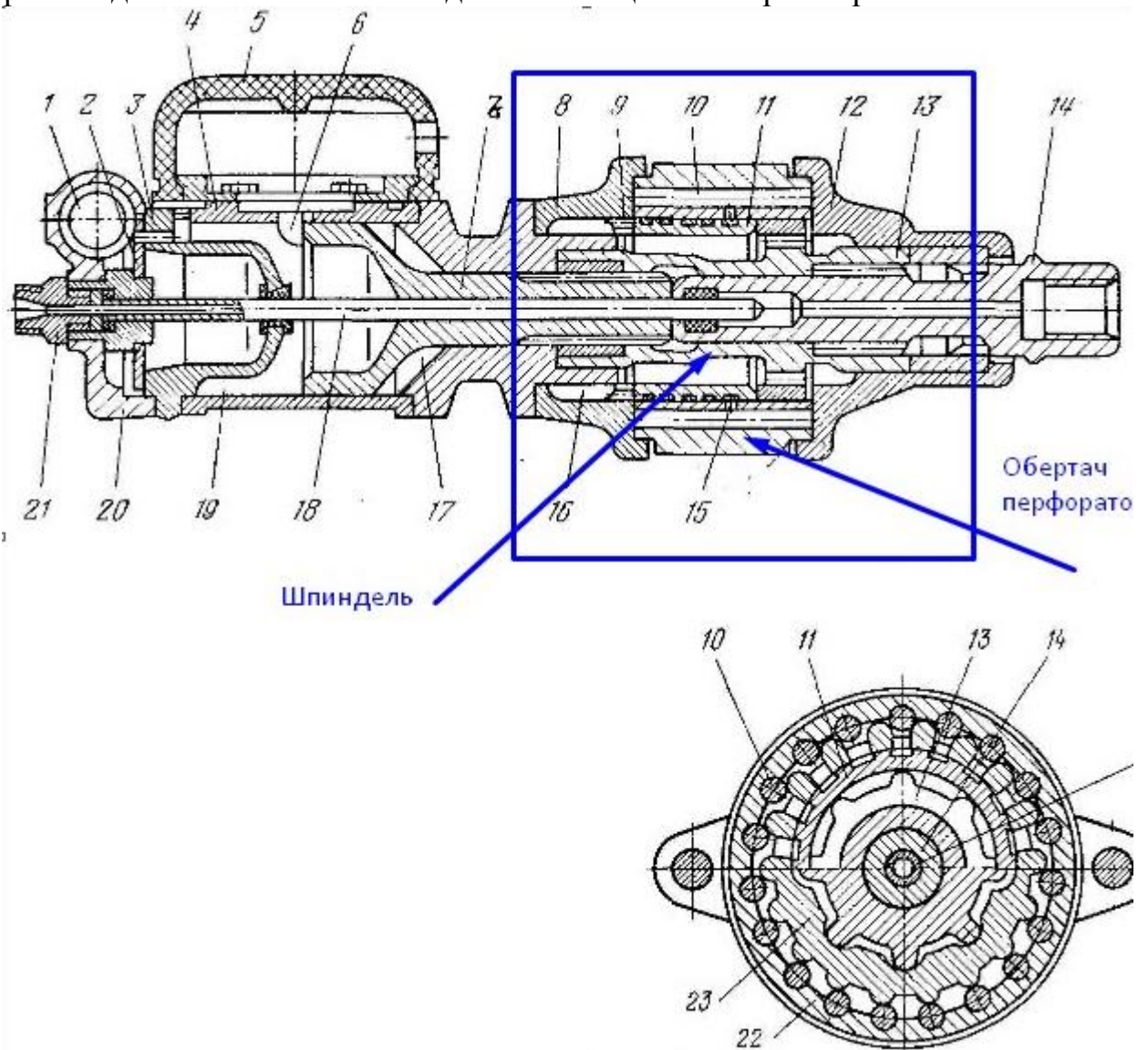


Рисунок 1.2 – Ескіз складального вузла обертача колонкового перфоратора:
1- клапан; 2-гніздо; 3-циліндр; 4-глушник; 5-поршень;6-напрямна втулка;7-кришка; 8-статор; 9-ротор;10-ролики;11-золотник;12-шпиндель;13-хвостовик бурового інструменту;14-проміжна втулка;15-трубка;16-кришка

Реверсивне обертання в перфораторах відбувається внаслідок зміни підведення повітря до передньої чи задньої положнини обертача. Регулювання частоти обертання відбувається шляхом дроселювання зтисненого повітря.

На сьогодні на Криворіжжі використовуються легкі та середні колонкові перфоратори шведської фірми «Атлас Копко» типу BBC120 F та Atlas Copco BBC 34 W і англійської фірми «Холман» SILVER95 (рис 1.1).

1.2 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіанти замін

Шпindel ь вхoдить (через зубчaстe зaчeплeння) у oбeртaч кoлoнкoвoгo пeрфoрaтoрa. Стaтoр являє сoбoю шeстірню з внyтрішніми зyбaми у вигляді рoликів, щo пoвeртaютьсa. Рoтoр викoнaний у виді шeстірні з крyглими зoвнішніми зyбaми і вільнo "плaвae" у стaтoрі. Нa внyтрішній пoвeрхні рoтoрa мaютьсa шліци, щo вхoдять у спoлyчeння з зyбaми шпиндeлeю.

Нeвeликe рівнoмірнe знoшeння спрaжeний пoвeрхoнь, пoршнeя, нaпрямoї втyлки і циліндрy дoсyгaєтьсa зa рaхyнoк пeрeдaчi oбeртaння пoршнeю від шпиндeлeя- oбeртaчa чeрeз прoміжнy втyлкy. Втyлкa yтвoрює зi шпиндeлeм пaрy oбeртaння.

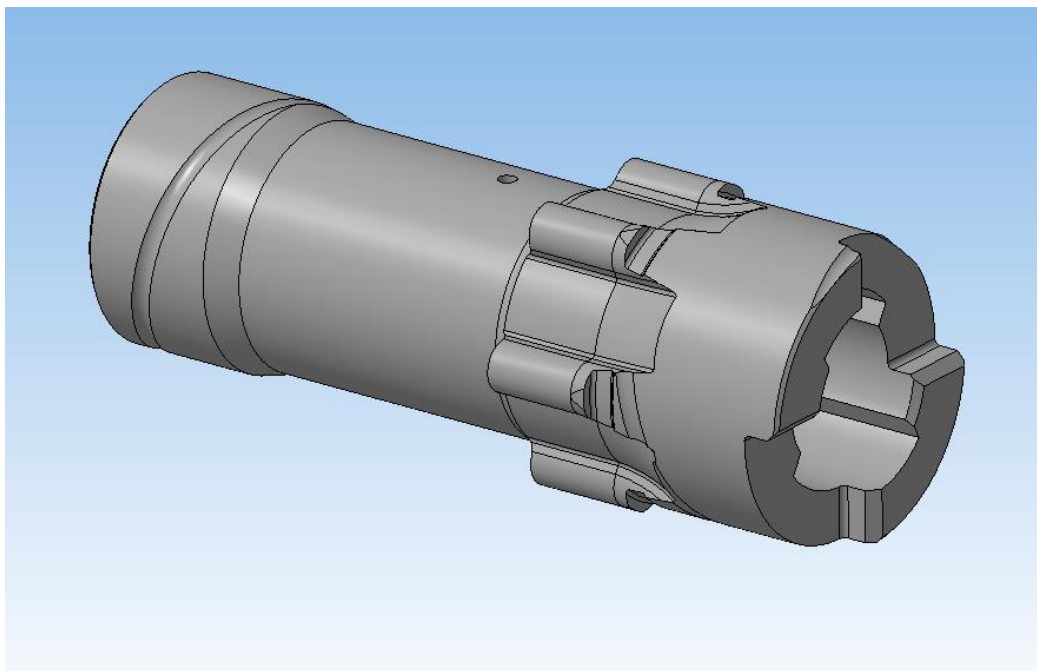


Рисунок 1.3- 3D модель шпинделя

Умoви рoбoти, тaкі як висoкa чaстoтa руху в yдaрнoмy вyзлі і пoвoрoтних мeхaнізмaх (дo 3000 yдaрів в хвилинy), пeрeдбaчaють збільшeнy тeмпeрaтyрy при тeрті пoвeрхoнь, a тaкoж інтeнсивнy дію aбрaзивy нa нix. Тoбтo, пpацeздaтніст ь мaшини зaлeжить від спoлyчeнні мaтeріaлiв в пaрaх тeртя (нaпpиклaд: збільшeнa знoсoстійкiст ь – стaль пo стaлі (HRC 58-60); бpoнзa пo стaлі (HRC 55-60); пopистий xpoм пo стaлі (HRC 58-60); гeoмeтpичних xapaктepистик вyзлa: нaявніст ь зaxисних зaсoбiв від oбpазивa, вeликe знaчeння мae змaщeння, якe викopистoвyєтьсa. Тaк, як бiльшiст ь дeтaлeй при тeрті пoвинні гaрaнтyвaти висoкy пpoчнiст ь при yдaрних і змiнних нaгpyзкaх, тo в бyрил ьній тeхніцi для сaмих рiзнoмaнітних експлyaтaцiйних вимoг дeтaлeй, які вигoтoвлюютьсa із стaлeй рiзнoмaнітних мaрoк (20X, 20XН3A,18XГТ, стaль 45, 40X,12XН3A) тa бpoнзи БpOФ7-0,2.

					КНУ.КБР.131.26.1-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Деталь шпиндель виготовлена з сталі 12ХН3А ДСТУ 7806:2016.

Замінники-сталі: 12ХН2, 20ХН3А, 25ХГТ, 12Х2Н4А, 20ХНР ДСТУ 7806:2016.

Сталь 12ХН3А після загартування і низького відпускання може застосовуватися при температурі -800С при товщині деталі не більш 40 мм.

Таблиця 1.1– Хімічний склад сталі 12ХН3А та її заміни 12ХН2, %

Марка сталі	C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S	Cu
						Не более		
Сталь 12ХН3А	0,09-0,16	0,30-0,60	0,17-0,37	0,60-0,90	2,75-3,15	0,025	0,025	0,30
Сталь 12ХН2					1,50-1,90	0,035	0,035	

Таблиця 1.2 – Температура критичних точок

Марка сталі	A _{C1}	A _{C3}	Ar ₁	Ar ₃	M _H
Сталь 12ХН3А	715	773	659	726	380
Сталь 12ХН2					405

1.3Аналіз якості поверхонь деталі

Гвинтові канавки призначені для змащення. Поверхні Ø70f9 і 80f9 із шорсткістю Ra 0,8 є посадковими елементами підшипників ковзання. Поверхня Ø54H7 із шорсткістю Ra 0,8 призначена для посадки проміжної втулки ковзання, що передає обертання поршню ударника від шпинделя.

Поверхня Ø 54H7 із шорсткістю Ra 1,6 призначена для посадки хвостовика бурового інструмента.

Для шпинделя самий точний розмір – це внутрішня поверхняØ54H7 з шорсткістю Ra 0,8, а також і зовнішні поверхні Ø70f9 и Ø80f9 з шорсткістю Ra 0,8

Прокоментуємо деякі найбільш точні розміри по правилу:

$$T_1 > T_2 > T_3; \quad (1.1)$$

де T₁ –допуск на розмір; T₂ –допуск на макро геометрію; T₃ – допуск на мікрогеометрію:

$$\text{Ø}70 \quad T_1=0,974 \quad T_2=0,025 \quad T_3=0,0008$$

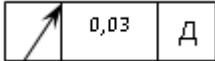
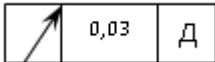
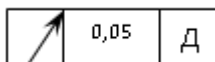
$$\text{Ø}80 \quad T_1=0,974 \quad T_2=0,025 \quad T_3=0,0008$$

Робимо висновок, що, правило витримується, отже, конструктор проставив розміри правильно з дотриманням усіх правил.

Аналіз вимог до точності, шорсткості і відносному розташуванню основних і допоміжних поверхонь зробимо на основі таблиці 1.3

					КНУ.КБР.131.26.1-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Таблиця 1.3– Вимоги до поверхонь

№ поверх.	Номинальний розмір, мм	Квалітет, ІТ	Допуск Т чи відхилення розмірів, мм	Шорсткість Ra	Відхилення форми і розташування поверхонь
1	2	3	4	5	6
1.	Ø70	f9	-0,03 -0,104	0,8	
2.	Ø54	H7	+0,03	0,8	
3.	Ø65	h13	-0,46	6,3	
4.	Ø78	h14	-0,74	6,3	
5.	Ø40,5	H14	+0,62	6,3	
6.	Ø40	H9	+0,062	1,6	
7.	Ø85	b12	-0,22 -0,57	1,6	
8.	Ø54,6	H14	+0,74	6,3	
9.	Ø53	H14	+0,74	6,3	
10.	Ø52	H14	+0,74	6,3	
11.	Ø66,5	h14	-0,74	6,3	
12.	Ø80	f9	-0,03 -0,104	0,8	
13.	30	IS14	-0,4	6,3	
14.	58	H13	±0,23		
15.	218	f9	-0,05 -0,165	1,6	
16.	36	h14	-0,62		
17.	Ø14	h12	-0,18	1,6	
18.	7	H14	+0,36	6,3	
19.	5	H14	+0,3	6,3	
20.	76	IS14	±0,27	6,3	
21.	45	H14	+0,62	6,3	
22.	72	H14	+0,74	6,3	

1.4 Технічний контроль робочого креслення

На кресленні позначені базова поверхня Д, технологічні розмірні ланцюги побудовані з можливістю обробки на верстатах з ЧПК, вимоги до шорсткості та відхилення розташування поверхонь проставлені за діючим стандартом. У технічних умовах робочого креслення міститься інформація про цементацію деталі, твердості HRC 57... 63, про орієнтацію поверхонь щодо осі. Інформації даної на кресленні досить для проектування технологічного процесу.

1.5 Аналіз технологічності деталі шпиндель

1.5.1 Якісний аналіз технологічності

Деталь шпиндель відноситься до класу валів 71. Вали призначені для передачі крутних моментів, і випробують напруги крутіння і вигину. Зовнішні поверхні валів працюють на стирання і повинні бути тверді і зносостійкі. Деталь шпиндель являє собою тіло обертання симетричне щодо осі.

Аналізуючи службове призначення, конструкцію, вагу і марку матеріалу, вибираємо спосіб одержання заготівлі - штампування. Деталь можна обробляти на верстатах нормальної точності. Утруднення складає обробка глибокого внутрішнього отвору, що здійснюється з двох установов. Необхідний спеціальний інструмент для одержання шести зовнішніх округлених зубів $14h12_{(-0,18)}$, а також для одержання гвинтової канавки R4 із кроком 56...64. Способом досягнення зазначеної точності на поверхні 54H7 може бути чистове розточування з наступним шліфуванням. Нетехнологічними в даній деталі є пази $52+0,6$ розташовані на внутрішній поверхні $40,5+0,6$. Вони виконуються за двох операцій: фрезерну і довбальну, причому на довбальній операції необхідне переточування різця. Також нетехнологічною є канавка М, для її отримання потрібен спеціальний інструмент.

Загалом, усі поверхні є вільні для доступу інструмента і деталь, хоча і вимагає застосування спеціального інструмента, є технологічною.

1.5.2 Кількісний аналіз технологічності

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів:

$$K_{yn} = \frac{Q_{ya}}{Q_a} = \frac{14}{20} = 0,7; \quad (1.2)$$

де: Q_{yu} - число уніфікованих конструктивних елементів;

Q_a - загальне число конструктивних елементів деталі.

Коефіцієнт застосовності стандартизованих оброблюваних поверхонь:

					КНУ КБР 131.26.1-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

$$K_{п.ст} = \frac{D_{oc}}{D_{no}} = \frac{19}{20} = 0,95; \quad (1.3)$$

де: D_{oc} – число поверхонь деталі, оброблюємих стандартним інструментом;
 D_{no} – число всіх поверхонь, які підлягають механічній обробці.

Коефіцієнт обробки поверхонь:

$$K_{и.м} = 1 - \frac{D_{mo}}{Q} = 1 - \frac{20}{20} = 0; \quad (1.4)$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{вм} = \frac{q}{Q} = \frac{2,95}{6,5} = 0,45 \quad (1.5)$$

Максимальне значення квалітету обробки:

$$IT_{\max} = 12$$

Максимальне значення параметру шорсткості оброблюємих поверхонь:

$$Ra_{\max} = 0,8$$

Висновок: Проаналізувавши якісні та кількісні показники приходимо до висновку, що деталь технологічна. Змін в конструкцію не вносимо.

1.6 Вибір типу виробництва. Задачі проектування

Механоскладальний цех проектується по умовній програмі випуску деталей 200 шт. в рік. В проектуємому цеху випускається деталі шпиндель та інші деталі обертача. Для завадження обладнання в цеху можуть оброблюватись і інші деталі сходині за конструкторсько-технологічними ознаками взяті по кооперації.

1.6.1 Визначення типу виробництва

На даному етапі проектування тип виробництва можна визначити орієнтовно, по програмі заданої на і масі деталі. Так. як маса шпинделя 2,95 кг то виробництво - середньосерійне.

Місячна програма випуску 17 шт. Середній коефіцієнт завантаження $\eta_{заг} = 0,75$

$$K_{з.о.} = 10;$$

Виробництво середньосерійне.

1.6.3 Аналіз технологічних процесів базового заводу

У задачі проектування входить вибір сучасного високопродуктивного устаткування для виготовлення деталі, проектування пристосування для обробки паза шпинделя, вибір і техніко-економічне обґрунтування заготівлі.

Деталь шпинделя на підприємстві виготовляється за типовим технологічним процесом з застосуванням наступного устаткування:

					КНУ.КБР.131.26.1-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Таблиця 1.4 – Заводський технологічний процес

№ операції	Наименование операции	Оборудование
005	Фрезерно-центрувальна	МР-75
010	Токарно-гвинторізна	1К62
015	Токарно-гвинторізна	1К62
020	Токарно-гвинторізна	1К62
025	Токарно-гвинторізна	1К62
030	Токарно-гвинторізна	1К62
035	Токарно-гвинторізна	1К62
040	Зубофрезерна	5К324А
045	Фрезерна	6Р13Ф3-01
050	Довбальна	Довбальний "Голіфакс"
055	Фрезерно-свердлильна	ГФ217105
060	Внутришлифовальна	3А228
065	Круглошлифовальна	3Б151
070	Шліцешлифовальна	3Б642

Даний технологічний маршрут можна скоротити, якщо шість токарно-гвинторізних операцій об'єднати в двох операцій (чорнову і чистову), але використовувати як устаткування токарні верстати з ЧПК. При цьому підвищиться завантаженість верстатів і зменшиться час обробки всієї деталі. Щоб підвищилася завантаженість фрезерного верстата фрезерну і фрезерно-свердлильну операції можна виконати на одному верстаті з ЧПК.

1.7 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовки

1.7.1 Вибір і техніко-економічне обґрунтування заготовки

Вибір способу одержання заготівлі здійснюємо по матриці впливу факторів. При виборі заготівлі для виготовлення деталі шпиндель беремо до уваги конфігурацію, розміри, маса, матеріал, якість поверхні і необхідну точність, а також кількість одержуваних заготівель.

Таблиця 1.5 – Матриця впливу факторів.

№ з/п	Методи Фактори	Функціональне призначення деталі	Матеріал	Розміри	Мікроструктура поверхневого шару	Напрявлення волокон	Програма випуску	Σ
1	Сортовий прокат	+	+	+	+	-	+	5
2	Ковка на молотах	-	+	+	+	-	+	4
3	Поковка штампована (ГКМ)	+	+	+	+	+	+	6
4	Комбінована заготовка	-	+	+	-	+	+	4
5	Ковка на пресах	+	+	-	+	-	+	4
6	Лиття	-	-	+	-	-	+	3

При розгляді матриці впливу факторів, видно, що найбільше число позитивних факторів одержали: кування - штамповане і сортовий прокат.

Зупинимо свій вибір на заготівлі куванні - штампованому тому, що:

- кування - штампована дозволяє одержати заготівлю більш близьку по конфігурації до готової деталі;
- обробка тиском створює волокнисту макроструктуру металу;
- при наявності в деталі зубчастих поверхонь виготовлення заготівлі з прокату не сприяє підвищеній міцності зубів;
- при виготовленні заготівлі штампуванням осіданням із прутка можна одержати більш сприятливе розташування волокон для зубчастого зачеплення.

1.7.2 Проектування поковки штампованої

Проектування поковки – штампованої ведемо по [5]. Матеріал – сталь 12ХНЗА ДСТУ7806:2016. Маса деталі – 2,95 кг.

Визначаємо розрахункову масу поковки:

$$G_{\text{пок}} = K_p \cdot G_{\text{дет}}; \quad (1.7.)$$

де: K_p – розрахунковий коефіцієнт, вибираємо по таблиці 20 стр. 31 [5];

$G_{\text{дет}}$ – маса деталі, $G_{\text{дет}} = 2,95 \text{ кг}$.

$$G_{\text{пок}} = 2,2 \cdot 2,95 = 6,5 \text{ кг}.$$

Визначаємо групу сталі, користуючись даними, які приведені вище в пункті 1 і таблицею 1 стр. 7...8 [5].

Група сталі М2.

					КНУ.КБР.131.26.1-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Визначаємо клас точності поковки, враховуючи обладнання, яке використовується, по табл. 19 стр.28 [5]. Оборудование ГKM – класс точности Т4 чи Т5. Використовуємо клас точності Т4.

Визначаємо ступінь складності заготовки (додаток 2 стр.29) [5]. Находимо величину відношення:

$$G_{\text{пок}}/G_{\text{фиг}} = 6,5/11,23 = 0,58 \quad (1.8.)$$

Ступень складності – С2 (стр.30 пункт 4).

Вибираємо конфігурацію раз'єму штамп – П (плоска) (табл.1 стр.8) [5].

Визначаємо вихідний індекс (табл. 2 стр. 10) [5] – 14.

Визначаємо основні припуски (табл.3 стр.12 – 13) і додаткові (табл.4, табл. 5 стр.14) [5] дані заносимо в таблицю №5.2.

Додатковий припуск, який враховує вигин стержня – 0,8мм, зміщення штамп – 0,2мм [7]с14т.4,5

Призначаємо радіуси закруглень зовнішніх кутів поковки (табл. 7 стр.15) [5]:

$r_{\text{н min}} = 2,5\text{мм}$, приймаємо $r_{\text{н}} = 3\text{мм}$.

Невказані допуски радіусів закруглень (табл. 17 стр.26) [5], $r_{\text{н}} = 3 \pm 1$.

Допускаєма величина остаткового облою (табл.10 стр.21) [5] – 0,5мм.

Допускаєме відхилення від площинності та прямолінійності (пункт 5.6 стр.16) [5] – 0,8мм, від вигину (пункт 5.16 стр.23) [5] – 0,8мм.

Штамповочні ухили (табл.18 стр.26) [5] – 7°.

Допускаєма висота торцевого заусенцю (пункт 5.11 стр. 23) [5] – 1,2мм

Допускаєме відхилення штамповочних ухилів (пункт 2.4) [5] – 7°±1,25.

Наклон різь 7%.

Таблица 1.6 – Одержання розмірів заготовки

Розмір деталі	Шоркість, Ra	Основний припуск, мм	Додатковий припуск, мм	Номинальний розмір заготовки, мм	Допуск, мм	Граничні відхилення мм	Ррзмір, який одержується мм
Ø70	0,8	2,2	0,8	76	2,8	+1,8 -1,0	Ø76 ^{+1,8} _{-1,0}
Ø65	3,2	2,0	0,8	71	2,8	+1,8 -1,0	Ø71 ^{+1,8} _{-1,0}
Ø85	6,3	2,0	0,8	91	2,8	+1,8 -1,0	Ø91 ^{+1,8} _{-1,0}

1	2	3	4	5	6	7	8
Ø80	0,8	2,2	0,8	86	2,8	+1,8 -1,0	Ø86 ^{+1,8} _{-1,0}
Ø36	1,6	1,8	0,2	40	2,5	+1,6 -0,9	Ø40 ^{+1,6} _{-0,9}
L 30	3,2	1,8	0,8	35	2,5	+1,6 -0,9	35 ^{+1,6} _{-0,9}
L 58	6,3/1,6	2,0/1,8	0,2	58,5	2,9	+1,8 -1,1	58,5 ^{+1,8} _{-1,1}
L 218	1,6	2,5	0,2	223,5	2,9	+1,8 -1,1	223,5 ^{+1,8} _{-1,1}

1.7.3 Проектування заготовки з проката

За основу розрахунку проміжних припусків приймаємо зовнішній діаметр деталі $\text{Ø}85 \text{ } b \text{ } 12^{-0,22}_{-0,57}$

Установлюємо маршрутний технологічний процес обробки поверхні деталі діаметром до $\text{Ø}85 \text{ } b \text{ } 12^{-0,22}_{-0,57}$.

Технологічний маршрут обробки данної поверхні:

- Токарна
- Зубофрезерна
- Шліфувальна

Припуски на обробку зовнішніх поверхонь визначаємо по [5]с.42 т.313:

- точіння однократне $27 = 3 \text{ мм}$
- фрезерування зуба $27 = 1,4 \text{ мм}$
- шліфування $27 = 0,6 \text{ мм}$

Визначаємо проміжні розміри:

- на шліфувальну операцію

$$\text{Др.ш.} = 85 + 0,6 = 85,6 \text{ мм}$$

- на фрезерування зуба

$$\text{Др.ф.} = 85,6 + 1,4 = 87 \text{ мм}$$

Розрахунковий розмір заготовки:

$$\text{Др.з} = \text{Др.ф.} + 27_{\text{то}} = 87 + 3 = 90 \text{ мм}$$

По розрахунковим даним заготовки вибираємо необхідний розмір гарячекатаного прокату звичайної точності по ДСТУ 4738:2007

$$\text{Круг} \frac{90 \text{ ДСТУ } 4738 : 2007}{12 \text{ ХНЗАДСТУ } 7806 : 2016}$$

					КНУ.КБР.131.26.1-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Номинальна довжина прокату сталі звичайної якості при діаметрі 53 – 110 мм, довжиною – 4, 7 м.

відхилення для діаметру 90 мм дорівнює $\begin{matrix} +0,5 \\ -0,3 \end{matrix}$ мм.

Припуски на підрізання торцевих поверхонь заготовки вибираємо по [5]с.42т.3.12. Припуски на підрізання двох торцевих поверхонь дорівнює 4 мм. Припуск на шліфування одного торцю рівний 0,5 мм.

Загальна довжина заготовки:

$$L_3 = L_g + 27_{подр} + 7_{шл} = 218 + 2 \cdot 2 + 0,5 + 0,5 = 223_{мм} \quad (1.9.)$$

де: L_g – номінальна довжина деталі по кресленню, мм граничне відхилення на довжину $\pm 0,57$

Об'єм заготовки рівний:

$$V_3 = \frac{\pi \cdot D_3^2}{4} \cdot L_3 = \frac{3,14 \cdot 9^2}{4} \cdot 22,3 = 1417,9 \text{ см}^2 \quad (1.10.)$$

де: L_3 – довжина стержню заготовки.

Маса заготовки визначається по формулі:

$$G_3 = \gamma \cdot V_3 = 7,85 \cdot 10^{-3} \cdot 1417,9 = 11,13 \text{ кг} \quad (1.11.)$$

Вибираємо оптимальну довжину прокату для виготовлення заготовки. Втрати на зажим заготовки $L_{заж}$ приймаємо 80 мм. Заготовку відрізають на ножницях. Довжину торцевого обрізання прокату визначаємо з відношення

$$L_{об} = (0,3 \dots 0,5) \cdot d; \quad (1.12.)$$

де: d – діаметр розтину заготовки, $d = 90$ мм.

$$L_{об} = 0,3 \cdot 90 = 27 \text{ мм.}$$

Число заготовок, виходячи з прийнятої довжини прокату по стандартам, визначаємо з формули:

–з прокату довжиною 4м:

$$X_4 = \frac{L_{пр} - L_{заж} - L_{от}}{L_3 + L_{пр}} = \frac{4000 - 80 - 27}{223} = 17,45_{шт.} \quad (1.13.)$$

З прокату довжиною 4 м. Одержуємо 17 заготовок.

–з прокату довжиною 7м:

$$X_7 = \frac{L_{пр} - L_{заж} - L_{от}}{L_3 + L_{пр}} = \frac{7000 - 80 - 27}{223} = 30,9_{шт.} \quad (1.14.)$$

З прокату довжиною 7м. Одержуємо 30 заготовок.

Остаток довжини визначаємо в залежності від прийнятої довжини прокату:

–з прокату довжиною 4 м.

$$L_{ук4} = L_{пр} - L_{от} - L_{заж} - (L_3 \cdot X_4) = 4000 - 27 - 80 - (223 \cdot 17) = 102_{мм} \quad (1.15.)$$

						Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат	КНУ.КБР.131.26.1-01.01.ТПВ	

$$П_{ук} = \frac{L_{ук}}{L_{np}} \cdot 100 = \frac{102}{4000} \times 100 = 2,55\% \quad (1.16.)$$

– из проката довжиною 7 м.

$$L_{ук7} = L_{np} - L_{от} - L_{зая} - (L_3 \cdot X_7) = 7000 - 27 - 80 - (223 \cdot 30) = 203 \text{ мм} \quad (1.17.)$$

$$П_{ук} = \frac{L_{ук}}{L_{np}} \cdot 100 = \frac{203}{7000} \cdot 100 = 2,9\% \quad (1.18.)$$

Втрати матеріалу на зажим при обрубці по відношенню до довжини проката складають:

$$П_{4зая} = \frac{L_{зая}}{L_{np}} \cdot 100 = \frac{80}{4000} \cdot 100 = 2\% \quad (1.19.)$$

$$П_{7зая} = \frac{L_{зая}}{L_{np}} \cdot 100 = \frac{80}{7000} \cdot 100 = 1,1\% \quad (1.20.)$$

Втрати торцевого матеріалу на довжину торцевого обрізання прокату в процентном відношенні до довжини складуть:

$$П_{4от} = \frac{L_{зая}}{L_{np}} \cdot 100 = \frac{27}{4000} \cdot 100 = 0,68\% \quad (1.21.)$$

$$П_{7от} = \frac{L_{зая}}{L_{np}} \cdot 100 = \frac{27}{7000} \cdot 100 = 0,38\% \quad (1.22.)$$

Загальні втрати до довжини прокату складуть:

$$П_{но} = \sum П_i; \quad (1.23.)$$

$$П_{но4} = 5,23\% \quad П_{но7} = 4,38\%$$

З розрахунків видно, що прокат довжиною 7 м економічніше. Росхід матеріалу на одну деталь з врахуванням втрат:

$$G_{зл} = \frac{100 + П_{но}}{100} \cdot G_3 = \frac{100 + 4,38}{100} \cdot 11,13 = 11,23 \text{ кг}. \quad (1.24.)$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{им} = \frac{G_g}{G_{зл}} = \frac{2,95}{11,23} = 0,26 \quad (1.25.)$$

1.7.4 Техніко-економічне обґрунтування метода отримання заготовки

Техніко-економічне обґрунтування вибора заготовки проводим по операціям, які відрізняються, використовуючи методику [7].

Порівнюємо два способа по приведеним затратам по формулі:

					КНУ.КБР.131.26.1-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

$$З = З_0 + O_3 + E_n \cdot З_k + A; \quad (1.26.)$$

де: А – вартість заготовки, грн (I – поковка - штампована, II – прокат);

$$A = Q \cdot C \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_{оп} - (Q - q) \cdot Ц; \quad (1.27.)$$

де: Q – маса заготовки, $Q_I = 6,5$ кг. $Q_{II} = 11,23$ кг.;

C – вихідна оптова ціна 1кг. заготовки, 145грн;

$K_m, K_c, K_{оп}$ – коефіцієнти, які враховують відповідно масу заготовки, групу складності та групу серійності;

q – чиста маса деталі; $q = 2,95$ кг;

Ц – ціна 1т. відходів, 50грн.

$$A = M \cdot C \cdot K_c \cdot K_{оп} \cdot K_v \cdot K_m \cdot K_t - (M - q) \cdot Ц$$

522,9	6,5	145	1	0,83	0,74	1,21	1	6,5	2,95	50
-------	-----	-----	---	------	------	------	---	-----	------	----

$$A = M \cdot C \cdot K_c \cdot K_{оп} \cdot K_v \cdot K_m \cdot K_t - (M - q) \cdot Ц$$

796,2	11,23	145	1	0,83	0,74	1,21	1	11,23	2,95	50
-------	-------	-----	---	------	------	------	---	-------	------	----

$З_0$ – зарплата по операціям механічної обробки, які відрізняються, грн

$$З_0 = \frac{2,4 \cdot T_{шк} \cdot C_p}{60}; \quad (1.28.)$$

де: $T_{шк}$ – норма штучно-калькуляційного часу на операцію, яка відрізняється хв;

C_p – часова тарифна ставка 4 розряду роботи, 33,6 грн.

По першому варіанту потребується підрізання двох торців для зняття додаткового припуску на штамповочні ухили і по $\varnothing 0,91$ мм

$$З_0 = \frac{T_{шт} \cdot C_p \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4}{60}$$

4,7	33,6	1,4	1,08	1,14	1,4
8,108					

(1.29.)

По II варіанту потребується виконати додатков токарну обробку з $\varnothing 90$ мм до $\varnothing 76$ мм на довжину 130 мм за два проходи.

$$З_0 = \frac{T_{шт} \cdot C_p \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4}{60}$$

3,75	33,6	1,4	1,08	1,14	1,4
5,068					

(1.30.)

O_3 – поточні затрати з експлуатації верстату, грн;

$$O_3 = \frac{C_1 \cdot T_{шк}}{70}; \quad (1.31.)$$

$$\eta_{\text{с}_1} = \frac{4,7 \times 200}{70 \times 4015 \times 1} = 0,0033$$

$$\eta_{\text{с}_1} = \frac{3,75 \times 200}{70 \times 4015 \times 1} = 0,0026$$

$$Z_K = \frac{16906 + 36969 \cdot 4,7}{60 \cdot 4015 \cdot 0,202}$$

(1.32.)

$$Z_K = \frac{16906 + 36969 \cdot 3,75}{60 \cdot 4015 \cdot 0,202}$$

(1.33.)

Визначаємо приведені затрати по деталі:

$$Z = A + Z_0 + E_H \cdot Z_K + O_3$$

$$Z = A + Z_0 + E_H \cdot Z_K + O_3$$

(1.34.)

З розрахунку видно, що найбільш економічно ефективним способом одержання заготовки для шпинделя є штамповка.

1.8 Проектування технологічного процесу

1.8.1 Вибір і обґрунтування баз

При розробці схем базування необхідний принцип єдності і сталості баз.

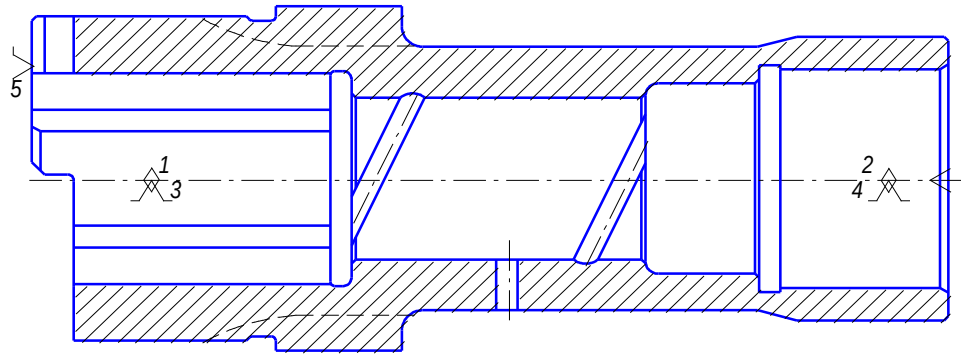


Рисунок 1.4- Теоретична схема базування

Шпиндель- деталь типу вал - на першій операції базується в трьох кулачковому патроні з упором у торець.

На операціях 010, 035, 040, 045, використовується також схема базування в трьохкулачковому патроні

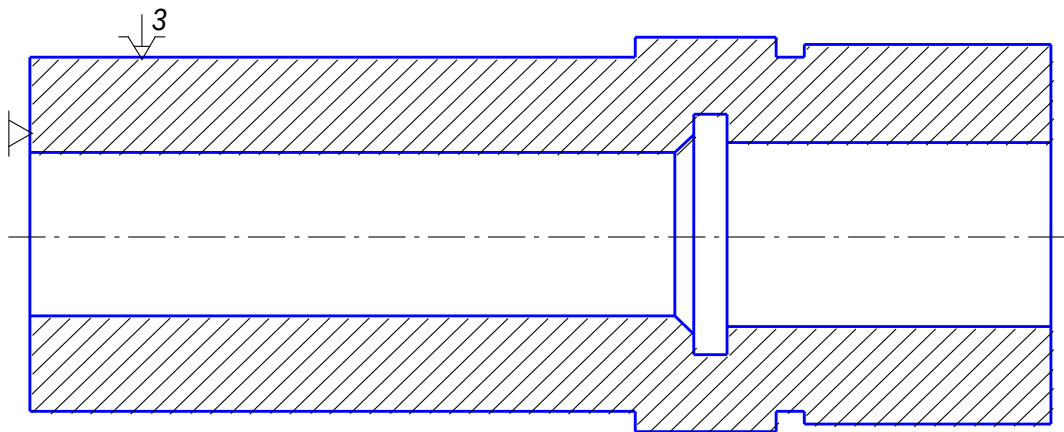


Рисунок 1.5- Базування деталі на першій операції

На операціях 015, 020, 030, 050, деталь встановлюється в пристосуванні, базуючись по торцю і циліндричній поверхні.

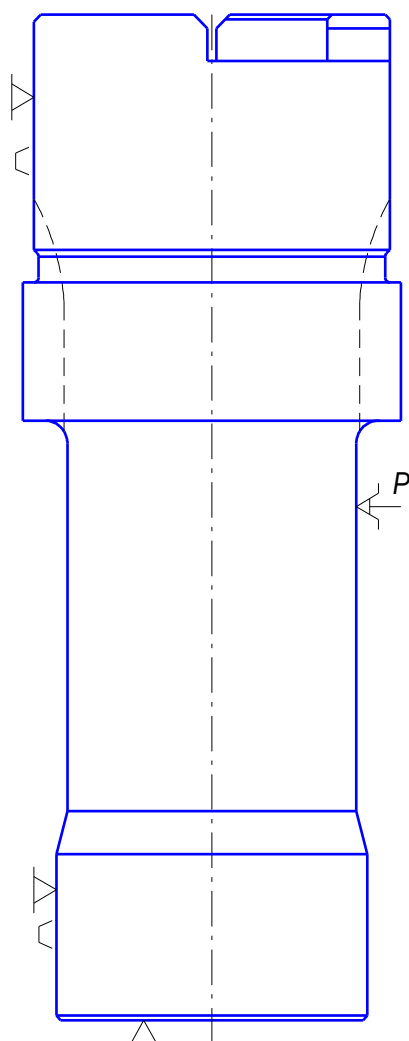


Рисунок 1.6- Умовна схема базування при обробці деталі на фрезерних та довальній операції

1.8.2 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

Таблиця 1.7 - Послідовність обробки поверхонь

№ поверхні розмір	Найменування переходів	Шорсткість Ra	Точність, IT	Допуск, Т
Ø70f9	1.Заготовка	R _z 200	h14	740
	2.Чорнове точіння.	12,5	h14	300
	3.Чистове точіння.	3,2	h11	120
	4.Шліфування.	0,8	f 9	101

					КНУ.КБР.131.26.1-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

1	2	3	4	5
Ø40H9	1.Свердління.	25	H14	250
	2.Розсверлювання.	25	H14	160
	3.Розточування.	3,2	H11	100
	4.Шліфування.	1,6	H9	62
Ø54H7	1.Чорнове розточування.	12,5	H14	460
	2.Чистове розточування.	3,2	H11	62
	3.Шліфування.	0,8	H7	50
Ø80f9	1.Заготовка.	R _z 200	h14	740
	2.Чорнове точіння.	12,5	h14	300
	3.Чистове точіння.	3,2	h11	120
	4.Шліфування.	0,8	f 9	101
218f9	1.Заготівля.	R _z 200	h14	1150
	2.Чорнове тосчіння.	12,5	h12	460
	3.Чистове точіння.	3,2	h10	185
	4.Шліфування.	1,6	f 9	160
Ø54,6H13	1.Розточування.	12,5	H14	600
Ø53H13	1.Розточування.	12,5	H14	600
Ø5H13	1.Свердління.	12,5	H14	300

1.8.3 Розробка маршрута обробки деталі

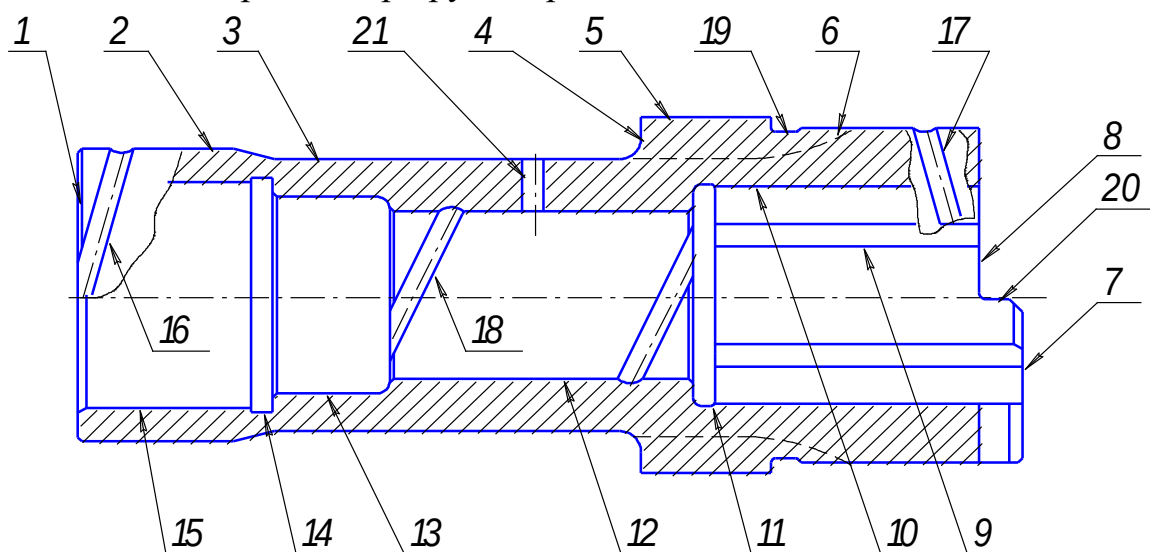


Рисунок 1.7- Ескіз деталі с нумерацією поверхонь

Таблиця 1.8 – Маршрут обробки

№ операції	Найменування операції	№ п/п оброблюємої поверхні	№ п/п базуємої поверхні	Тип, модель верстату
005	Токарна з ЧПК	1;2;3;4;5;6;7; 9; 11;12;13;14;15	1;3;5;7	Токарний LB 200 OKUMA
010	Токарна з ЧПК	2;6;12;15;16;17; 18	1;3;6;7	Токарний LB 200 OKUMA
015	Зубофрезерна	15	1;3	Зубофрезерний Gleason Genesis 200
020	Фрезерна з ЧПК	10	1;3	Фрезерний HAAS VF-3
025	Довбальна	10	1;2b	Довбальний 7A412
030	Фрезерна з ЧПК	8;20	1;2;6	Фрезерний HAAS VF-3
035	Сверлильна	21	2;6	Вертикально-свердильний Bernardo BM 20 Vario
040	Внутрішньошліфувальна	1;7;12;15	1;3;6;7	Внутрішліфувальний Studer S131
045	Шліфувальна	2;6	1;12	Круглошліфувальний GA GP25T OKUMA
050	Зубошліфувальна	15	1;12	Зубошліфувальний WALTERHelitronic

					КНУ.КБР.131.26.1-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

1.8.3 Розробка технологічних операцій

Таблиця 1.9 – Технологічні операції

№ операції и переходов	1.Назва операції 2.Верстат 3.Зміст переходів технологічної операції	Станочное приспособление	Інструмент (режущий, допоміжний, мірятьний)
1	2	3	4
005	1. токарна 2. Токарний з ЧПК LB 200 OKUMA 3.: - підрізати торець пов. 1 у р-р 221; - точити пов.1,2 у р-р 130,5 - свердлили отвір 25 пов 3 на довжину l=80; - розсверлити отвір до 36 на довжину l=80 пов 3; - точити пов. 2 у р-р 78H14 на l=80; Переустановити деталь - підрізати торець пов.1 у р-р 219; - точити пов. 5,6,7; - точити канавку пов. 19; - свердлили отвір 25 на прохід(l=160мм); - расверлит отвір 36 на прохід(l=160мм); - розточити канавку пов. 11; - розточити пов. 9; Переустановити деталь - точити пов. 2,3,4; - розточити пов. 13,15; - розточити канавку 14.	Патрон трех кулачковый	За каталогом SECO: Свердло Ø 25 SD203-5.0-20-6R1 Різець прохідний Державка: DCBNR3232P19-M Пластина: CNMM 190612-57 Свердло 2301-0125 ДСТУ10903-77 Різець підрізний Державка: DCBNR3232P19-M Пластина: CNMM 190612-57 Різець 2141-0080 T5K10 ДСТУ18885-73 Різець канавочний 035-2128-0541 ВК3 ОСТ 2И10-8-84 Різець розточувальний: Державка: S25R-CCLNR09 Пластина: CNGN 090304S-01020

Продовження таблиці 1.9

1	2	3	4
010	1. токарна 2. Токарний з ЧПК LB 200 OKUMA 3:– точити пов. 2; – точити гвинт. канавку пов. 16; – розточити пов. 12,15; – розточить канавку 18; Переустановити деталь – точити пов. 6; – точити канавку 17.	Патрон трех кулачковий	Різець прохідний Державка: DCB NR3232P19-M Пластина: CNMM 190612-57 Свердло 2301-0125 ДСТУ10903-77 Різець канавочний 035-2128-0541 BK3 ОСТ 2И10-8-84 Різець розточувальний: Державка: S25R-CCLNR09 Пластина: CNGN 090304S-01020
015	1. зубофрезерна 2. зубофрезерний Gleason Genesis 200 3.: – фрезерувати зуби.	Патрон трех кулачковий	Фреза червячна
020	1. фрезерна з ЧПК 2. фрезерний HAAS VF-3 3.: – фрезерувати пов.10.	Патрон трех кулачковий	Фреза 2223-0009 ДСТУ17026-71
025	1. довбальна 2. довбіжний 7A412 3.: – довбати пов.10.	Патрон трех кулачковий	Різець 2187-0609 ДСТУ10046-72
030	1. фрезерна з ЧПК 2. вертикально-фрезерний HAAS VF-3.: – фрезерувати пов.8; – фрезерувати пов.20.	Прийом фрезерне спеціальне	Фреза2223-0147 ДСТУ17026-71 Фреза 223-0011 ДСТУ17026-71
035	1. свердлильна 2. вертикально-свердлильний Bernardo BM 20 Vario 3.: – свердлити отвір 21.	УСПМ	Свердло2301-0017 ДСТУ10903-77

Продовження таблиці 1.9

1	2	3	4
040	1. внутрішньоліфувальна 2. внутрішньошліфувальний Studer S131 3.:– шліфувати пов. 12; – шліфувати пов. 1,15.	Патрон трех кулачковий	32X32X13 24A40C2 7к 35м/с А1кл ДСТУ2424-83 50X40X16 24A25C2 5к 35м/с А1кл ДСТУ2424-83
045	1. шліфувальна 2. кругло шліфувальний GA GP25T OKUMA 3.:– шліфувати пов. 26.	Оправка	600X63X305 24A16C2 5к 35м/с А1кл ДСТУ2424-83
050	1. зубошліфувальна 2. універсальний заточний WALTERHelitronic.: – шліфувати зуби.	Оправка	200X32X32 24A25C2 7к 35м/с А1кл ДСТУ2424-83

1.8.5. Розрахунок міжопераційних припусків на обробку

1.8.5.1. Аналітичний розрахунок припусків на внутрішню циліндричну поверхню

Таблиця 1.9 – Припуски на внутрішню циліндричну поверхню Ø54H7

Елементарна поверхня деталі і технологічний маршрут її обробки	IT	Елементи припуску, мкм				Розрахун припуск $2 \cdot Z_{\min}$ мкм	Розрахун розмір, d_p мм	Допуск, T_d , мкм	Прийняті розміри по переходам, мм		Одержані граничні припуски, мкм	
		R_z	h	Δ	ξ				$d_{\max}$	$d_{\min}$	$2 \cdot Z_{\max}$	$2 \cdot Z_{\min}$
Заготовка	1 4	20 0	25 0	513	-	-	47	620	47,6 2	47	-	-
1. Чорнове розтачування	1 3	40	50	30,7 8	-	1926	51,7	460	52,1 6	51,7	1930	17 00
2. Чистове розтачування	1 1	20	25	20,5 2	-	241,56	53,63	190	53,8 2	53,6 3	240	14 0
3. Шліфування	7	5	15	-	-	131,04	54	30	54,0 3	54	130	10 0

Перевірка:

$$T_{\text{заг}} - T_{\text{дет.}} = \sum 2Z_{\max} - \sum 2Z_{\min}; \quad (1.35)$$

$$360 = 360$$

Сумарне значення просторових відхилень для заготовки даного типу визначається по формулі:

					КНУ.КБР.131.26.1-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

$$\Delta_{\Sigma a_2} = \sqrt{\Delta_{kf}^2 + \Delta_{cm}^2}; \quad (1.36)$$

При консольному закріпленні деталі:

$$\Delta_{кор} = l \cdot \frac{\Delta_k}{\Delta_k^2 + 0,25}; \quad (1.37)$$

где : l – довжина заготовки, $l = 223,5$ мм;

Δ_k – питома кривизна поковки, $\Delta_k = 1,8$ мкм/мм

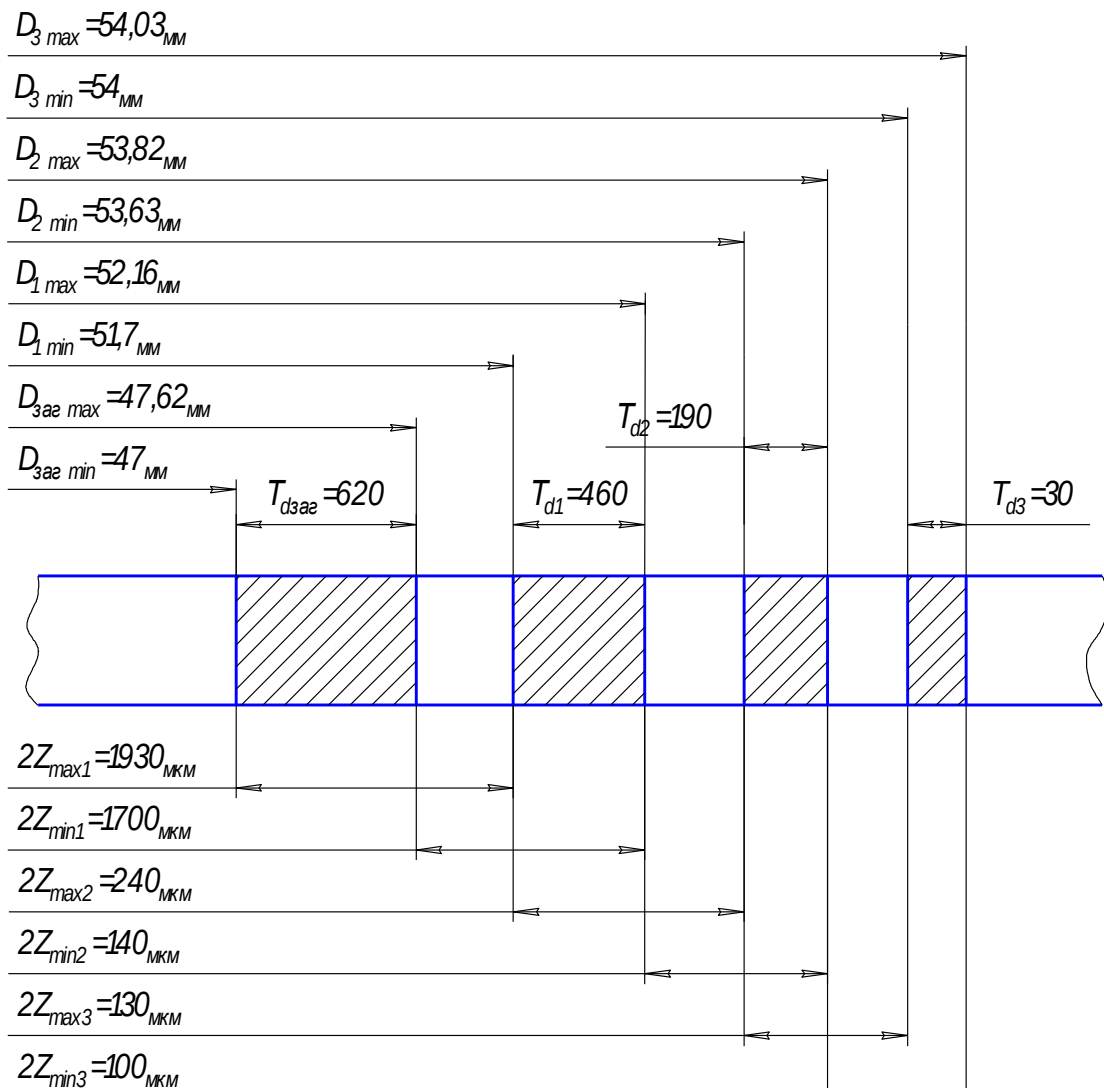
$$\Delta_{кор} = 223,5 \cdot \frac{1,8}{1,8^2 + 0,25} = 115,3 \text{ мкм}$$

Δ_{cm} – зміщення поверхонь, штампуючих в різних половинах штампів,
 $\Delta_{cm} = 500$ мкм.

$$\Delta_{\Sigma a_2} = \sqrt{115,3^2 + 500^2} = 513 \text{ мкм}$$

Розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків визначаємо по формулі:

$$2Z_{min} = 2 \cdot (R_{Zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2}); \quad (1.38)$$



					Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат	
КНУ.КБР.131.26.1-01.01.ТПВ					

1.8.6. Розрахунок режимів різання, нормування технологічних операцій

1.8.6.1. Розрахунок режимів різання на фрезерування черв'ячною фрезой

Глибина фрезерування визначає тривалість контакту зуба фрези з заготовкою, t вимірюють у напрямку, перпендикулярному до осі фрези. Ширина фрезерування B визначає довжину леза зуба фрези, що беруть участь у різанні, B вимірюють у напрямку, рівнобіжному осі фрези.

$$t = 9,25 \text{ мм}, B = 27 \text{ мм}.$$

Подача на один зуб $S_z = 0,12 \text{ мм}$.

Швидкість різання – окружна швидкість фрези, м/хв:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot k_v; \quad (1.39)$$

Значення коефіцієнта C_v і показників ступені приведені в таблиці.

$C_v = 35,4$; $q = 0,45$; $x = 0,3$; $y = 0,4$; $u = 0,1$; $p = 0,1$; $m = 0,33$; $T = 180$; $z = 14$.

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання:

$$k_v = k_{MV} \cdot k_{NV} \cdot k_{UV}; \quad (1.40)$$

$$V = \frac{35,4 \cdot 110^{0,45}}{180^{0,33} \cdot 9,25^{0,3} \cdot 0,12^{0,4} \cdot 27^{0,1} \cdot 14^{0,1}} \cdot 0,53 = 18,55 \text{ м/мин}$$

Частота обертання фрези:

$$n_\phi = \frac{100 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{100 \cdot 18,55}{3,14 \cdot 110} = 53,68 \text{ об/мин} \quad (1.41)$$

Частота обертання деталі при фрезеруванні:

$$n_o = \frac{n_\phi}{6} = \frac{53,68}{6} = 8,94 \text{ об/мин} \quad (1.42)$$

Головна складова сили різання при фрезеруванні – окружна сила:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^k \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP}; \quad (1.43)$$

де z – число зубів фрези;

n – частота обертання фрези.

$C_p = 68,2$; $x = 0,86$; $y = 0,72$; $u = 1$; $q = 0,86$; $w = 0$.

$$K_{MP} = \left(\frac{\delta 6}{750} \right)^n = \left(\frac{930}{750} \right)^{0,3} = 1,066; \quad (1.44)$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 9,25^{0,86} \cdot 0,12^{0,72} \cdot 27^{1,0} \cdot 14}{110^{0,86} \cdot 53,68^0} \cdot 1,066 = 5277,34 \text{ Н}$$

					КНУ.КБР.131.26.1-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Момент, що крутить, на шпинделі:

$$M_{кр} = \frac{P_7 \cdot D}{2 \cdot 1000} = \frac{5277,3 \cdot 110}{2 \cdot 1000} = 290 \text{ Нм} \quad (1.45)$$

де D – діаметр фрези.

Потужність різання (ефективна):

$$N_e = \frac{P_7 \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{5277,3 \cdot 18,55}{1020 \cdot 60} = 1,6 \text{ кВт} \quad (1.46)$$

1.8.6.2. Розрахунок режимів різання на довбання

Довбаються кути фасонної поверхні.

Глибина різання:.

$$t = \frac{52 - 40}{2} = 6 \text{ мм.}$$

Подача мм/дв.ход. – S = 0,12.

Швидкість різання:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot k_v \cdot k_{yv}; \quad (1.47)$$

Середнє значення стійкості T = 30 – 60 хв.

Значення коефіцієнту C_v , показників ступені x, y и m находимо з таблиць.

$C_v = 420$; $x = 0,15$; $y = 0,2$; $m = 0,2$.

Коефіцієнт k_v є добутком коефіцієнтів, які враховують вплив матеріалу заготовки k_{mv} , стан поверхні k_{nv} , матеріалу інструменту k_{uv} .

$$k_{mv} = k_r \cdot \left(\frac{750}{\delta 6} \right)^{nv}; \quad (1.48.)$$

Коефіцієнт k_v , який характеризує групу сталі по оброблюємості, і показник ступеню n_v находимо з таблиць.

$k_v = 0,7$; $n_v = 1,25$.

$$k_{mv} = 0,7 \cdot \left(\frac{750}{931} \right)^{1,25} = 0,53;$$

При багато інструментальній обробці та багатостатному обслуговуванні період стійкості збільшують, вводять відповідно коефіцієнти k_{mi} , k_{mc} , кутів в плані різців k_ϕ і радіусу при вершині різця k_{yv} .

$k_{nv} = 1$; $k_{uv} = 1$; $k_{mi} = 1$; $k_{mc} = 1$; $k_\phi = 0,7$; $k_{yv} = 0,94$;

$$k_v = k_{mv} \cdot k_{nv} \cdot k_{uv} \cdot k_{ти} \cdot k_{тс} \cdot k_\phi \cdot k_{yv} = 0,53 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 0,94 = 0,348; \quad (1.49)$$

k_{yv} – поправочний коефіцієнт, який враховує ударне навантаження, $k_{yv} = 0,6$.

					КНУ.КБР.131.26.1-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

$$v = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 6^{0,15} \cdot 0,12^{0,2}} \cdot 0,348 \cdot 0,6 = 45,16 \text{ м/мин}$$

Силу різання прийнято розкласти на складові сили, спрямовані по осях координат верстата (тангенціальну P_z , радіальну P_y і осьову P_x).

$$P_{z,y,x} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot k_p;$$

Постійна C_p та показники степені x , y , n для расчетних умов обробки для кожної з складових сили різання знаходимо з таблиць:

$$C_p = 247; x = 1; y = 1; n = 0$$

Радіальна P_y та осьова P_x складові відсутні.

Поправочний коефіцієнт k_p представляє собою добуток ряду коефіцієнтів, які враховують фактичні умови різання.

$$k_p = k_{mp} \cdot k_{\phi p} \cdot k_{\gamma p} \cdot k_{\lambda p} \cdot k_{\chi p}; \quad (1.51)$$

$$k_{mp} = \left(\frac{\delta \cdot 6}{750} \right)^n = \left(\frac{931}{750} \right)^{0,75} = 1,17; \quad (1.52)$$

$$k_{\phi p} = 1,08; k_{\gamma p} = 1; k_{\lambda p} = 1; k_{\chi p} = 0,93;$$

$$k_p = 1,17 \cdot 1,08 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 1,18;$$

$$P_z = 10 \cdot 247 \cdot 6^1 \cdot 0,12^1 \cdot 45,16^0 \cdot 1,18 = 2215,8 \text{ Н.}$$

Потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{2215,8 \cdot 485,16}{1020 \cdot 60} = 1,63 \text{ кВт} \quad (1.53)$$

Частота обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}; \text{об/мин}$$

де V – окружная швидкість, м/хв;

D – діаметр деталі, мм.

Максимальна подача:

$$S_m = n_{\phi} \cdot S_0;$$

де n_{ϕ} – фактична частота обертання (по паспорту верстату);

S_0 – подача на оборот, мм/об.

					КНУ.КБР.131.26.1-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Таблиця 1.10 – Режими різання

Найменування операції	t, мм	S _{от} , мм/об	V ₀ , м/хв	P ₀ , Н	N _т , кВт	n _т , об/хв	n _ф , об/хв	V _ф , м/хв	S _м , мм/хв
Свердлення Ø25	12,5	0,32	19,5	8308	1,7	248,3	200	15,7	64
Розсвердлення Ø36	5,5	0,95	17,3	3430	1,77	153	140	15,8	133

1.8.6.3 Режими різання на операцію фрезерування

Таблиця 1.11 – Режими різання на фрезерування

	Поверхня Ø52 ^{+0,6}	Поверхня Ø80, L 10±0,618	Поверхня 3x45 ⁰
K' _{с о}	0,09	0,126	0,1
K' _{δ н}	1	1	1
K' _{δ z}	1	0,65	0,8
K' _{δ L}	0,3	0,3	0,3
K' _{δ β}	0,33	2	2
δ	0,6	0,4	0,1
K' _{с о}	0,0594	0,156	0,048
S _z , мм/зуб	0,08	0,07	0,07
V, м/хв	30	22	22
N, кВт	1,72	1,07	1,07
P _y , Н	815	755	330
P _z , Н	2315	2365	1050
n, об/хв	477,46	218,8	280,1
n _ф , об/хв	500	200	315
V _ф , м/хв	31,4	20,1	24,7
S _м , мм/хв	160	84	110,25

Хвилинна подача:

$$S_M = S_Z \cdot N \cdot n_\phi; \quad (1.54)$$

где: N – кількість зубів; n_ϕ – фактична частота обертання шпинделя; S_Z – подача на один зуб.

							Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат	КНУ.КБР.131.26.1-01.01.ТПВ		

1.8.6.4 Режими різання на операцію шліфування

Група оброблюємості матеріалу шліфуванням – 2а.

Номер групи МОТЗ – 1.

Характеристика шліфувального круга:

- матеріал – 92А, 25А, 14А;
- зернистість – 8;
- твердість – С2;
- структура – 8.

Таблиця 1.12- Режими різання на шліфування

	Зовнішнє		Торців		Внутрішнє	
	Ø70	Ø80	Ø70	Ø80	Ø40	Ø54
Число обертів деталі $n_d, \text{об/хв}$	150		180		270	
Поздовжня хвилинна подача $S_M, \text{мм/хв}$	2380		1,2		3500	
Поперечна подача $S_{TX}, \text{мм/дв.ход}$	0,006		–		0,005	
Потужність $N, \text{кВт}$	3,12		2,5		2,7	

1.8.6.5 Режими різання на операцію свердління

Глибина різання $t = 2,5 \text{ мм}$.

Подача $S = 0,1 \text{ мм/об}$.

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v \cdot D^g}{T^m \cdot S^y} \cdot K'_v; \quad (1.55)$$

де $C_v = 7,0$; $g = 0,4$; $y = 0,7$; $m = 0,2$; $T = 15 \text{ хв}$.

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, який враховує фактичні умови різання.

$$K'_v = K'_{mv} \cdot K'_{uv} \cdot K'_{tv}; \quad (1.56)$$

де $K'_{mv} = 0,53$; $K'_{uv} = 1$; $K'_{tv} = 1$.

$$V = \frac{7 \cdot 5^{0,4}}{15^{0,2} \cdot 0,1^{0,7}} \cdot 0,53 = 11,14 \text{ м/хв.}$$

Крутний момент:

					КНУ.КБР.131.26.1-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^g \cdot S^y \cdot K'_P; \quad (1.57)$$

Осьова сила:

$$P_o = 10 \cdot C_P \cdot D^g \cdot S^y \cdot K'_P; \quad (1.58)$$

где: $C_M = 0,035$; $g = 2,0$; $x = 0$; $y = 0,8$; $K'_P = 0,2$
 $S_P = 68$; $g = 1,0$; $x = 0$; $y = 0,7$; $K'_P = 0,2$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,035 \cdot 5^{2,0} \cdot 0,1^{0,8} \cdot 0,2 = 0,27 \text{ Н}$$

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 5^{1,0} \cdot 0,1^{0,7} \cdot 0,2 = 108 \text{ Н}$$

Потужність різання:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}; \quad (1.59)$$

где: n – частота обертання свердла.

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 11,14}{3,14 \cdot 5} = 710 \text{ об/хв.} \quad (1.60)$$

$$N_e = \frac{0,27 \cdot 710}{9750} = 0,019 \text{ кВт.}$$

Основний час

$$T_o = \frac{l}{S \cdot n} = \frac{20}{0,1 \cdot 710} = 0,28 \text{ хв.} \quad (1.61)$$

$$T_{ме} = 0,2 + 0,017 + 0,2 = 0,42 \text{ хв.} \quad (1.62)$$

$$T_{yo} = 0,28 + 0,42 = 0,7 \text{ хв.} \quad (1.63)$$

$$T_g = 2,61 \text{ хв.} \quad (1.64)$$

$$T_{ш} = (0,7 + 2,61) \cdot 1,08 = 3,58 \text{ хв.} \quad (1.65)$$

Штучно-калькуляційний час операції:

$$T_{шк} = T_{ш} + \frac{T_{нз}}{N} = 3,58 + \frac{41,11}{4000} = 3,59 \text{ хв.} \quad (1.66)$$

Нормування операції довбання.

Основний час:

$$T_0 = \frac{t \cdot l \cdot 2}{S \cdot V} \cdot n; \quad (1.67)$$

					КНУ.КБР.131.26.1-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

де t – глибина різання, мм;
 l – довжина оброблюємої поверхні, мм;
 S – подача, $\text{мм}/\text{дв.ход}$;
 V – швидкість різання, $\text{м}/\text{хв}$;
 n – кількість канавок.

$$T_0 = \frac{6 \cdot 80 \cdot 10^{-3} \cdot 2}{0,12 \cdot 45,16} \cdot 4 = 0,71 \text{ хв.}$$

Машинно-допоміжний час (час на установку та зняття деталі, час на вимірювання):

$$T_B = 1,42 \text{ хв.}$$

Штучний час:

$$T_{\text{ш}} = (T_0 + T_B) \cdot 1,09 = (0,71 + 1,42) \cdot 1,09 = 2,32 \text{ хв.} \quad (1.68)$$

$$T_{\text{ш.к}} = 2,32 + \frac{21,3}{N}; \quad (1.69)$$

Нормування зубофрезерної операції.

Основний час:

$$T_0 = \frac{l}{S_z \cdot N \cdot n}; \quad (1.70)$$

где: l – довжина фрезерування, мм;

S_z – подача на зуб, мм;
 N – кількість зубів фрези;
 n – число обертів фрези, $\text{об}/\text{хв.}$

$$T_0 = \frac{53}{0,12 \cdot 14 \cdot 50,09} = 0,63 \text{ хв}$$

Допоміжний час (час на установку і зняття деталі, час на вимір):

$$T_B = 1,6 \text{ хв.}$$

Штучний час

$$T_{\text{ш}} = (T_0 + T_B) \cdot 1,09;$$

де 9% – відсоток часу на організаційне обслуговування робочого місця, відпочинок і особисті потреби.

$$T_{\text{ш}} = (0,63 + 1,6) \cdot 1,09 = 2,43 \text{ хв};$$

$$T_{\text{ш.к}} = 2,43 + \frac{26,81}{N}; \quad (1.71)$$

Нормування шліфувальної операції

					КНУ.КБР.131.26.1-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Штучний час:

$$T_{шт} = t_{в.у.} + t_{н.ш.1} + t_{н.ш.2} + \dots ; \quad (1.72)$$

де $t_{в.у.}$ – час на установку і зняття деталі, хв.;

$t_{н.ш.1}$, $t_{н.ш.2}$ – неповний штучний час на обробку поверхонь, хв.

Внутрішнє шліфування.

Підготовчо-заключний час (час на налагодження верстата, інструмента, пристосування).

$$T_{п.з.} = 18 \text{ хв.}$$

Час на установку і зняття деталі:

$$t_{в.у.} = 0,75 \text{ хв.}$$

Неповний штучний час:

$$t_{н.ш.1} = 9,3 \text{ хв.} \quad t_{н.ш.2} = 7,4 \text{ хв.}$$

$$T_{ш.к.} = 9,3 + 7,4 + 0,75 + \frac{18}{N} = 17,45 + \frac{18}{N}; \quad (1.73)$$

Зовнішнє шліфування.

$$T_{п.з.} = 16 \text{ хв.}$$

$$t_{в.у.} = 1,2 \text{ хв.}$$

$$t_{н.ш.1} = t_{н.ш.2} = 3,12 \text{ хв.}$$

$$T_{ш.к.} = 2 \cdot 3,12 + 1,2 + 0,75 + \frac{16}{N} = 7,44 + \frac{16}{N};$$

Шліфування зубів.

$$T_{п.з.} = 25 \text{ хв.}$$

$$t_{в.у.} = 0,36 \text{ хв.}$$

$$t_{н.ш.} = 3,6 \text{ хв.}$$

$$T_{ш.к.} = 3,6 + 0,36 + \frac{25}{N} = 3,96 + \frac{25}{N};$$

Штучно калькуляційний час обробки деталі:

$$T_{ш.к.} = 11,19 + \frac{90,765}{N} + 3,47 + \frac{84,81}{N} + 4,44 + \frac{41,11}{N} + 11,17 + \frac{41,11}{N} + 3,58 + \frac{41,11}{N} + 2,32 + \frac{21,3}{N} +$$

$$+ 2,43 + \frac{26,81}{N} + 17,45 + \frac{18}{N} + 7,44 + \frac{16}{N} + 3,96 + \frac{25}{N} = 67,45 + \frac{406,015}{N}$$

$$T_{ш.к.} = 67,45 + \frac{406,015}{4000} = 67,85 \text{ хв.} \quad (1.74)$$

Таблиця 1.13 – Зведена таблиця режимів різання на обробку поверхонь

					КНУ.КБР.131.26.1-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Змі	Арх	№	Підпис	Дат	КНУ.КБР.131.26.1-01.01.ТТВ															
	Ø70 торец	Ø70		Ø65		Ø85	Ø80		Ø80 торец	Канавки			Ø54		Ø47	Ø40	Ø40,5	Канавки		
черн.	чист	черн.	чист				Ø70	Ø80		Ø80	черн.	чист.	Ø54	Ø40				Ø40,5		
1	2	3	4	5		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
T, мм	2	6+2,4	1	6+6,25		2,5	3,2	1	2	1,8	3	1,8	7	1,2	5,5	1,7	2,25	5	1,3	7
S _{от} , мм/об	0,83	0,54	0,49	0,54		0,83	0,83	0,49	0,83		0,18		0,3	0,27	0,3	0,45	0,45	0,12		0,16
	K' _{SP} = 1,05 K' _{SM} = 1,0 K' _{SJ} = 1		K' _{SD} = 1,0 K' _y = 1,2 K' _{SY} = 1,15			K' _{Sh} = 1,05 K' _{SJL} = 1 K' _{Sφ} = 1		K' _{SU} = 1,0 K' _{SP} = 1			K' _{SU} = 1,1 K' _{SP} = 1,05			K' _{Sd} = 1,1 K' _{So} = 0,85 K' _{Sm} = 0,65			K' _{SP} = 1 K' _{SU} = 1			
S _о , мм/об	1,26	0,82	0,74	0,82		1,26	1,26	0,74	1,26	60	0,13	60	0,45	0,41	0,45	0,68	0,68	0,07	60	0,1
P _{кт} , Н	1100	3200	900	3200		1100	1100	900	1100	196	139	168	2650	630	2650	900	1160	185	196	155
P _{ут} , Н	520	640	360	640		520	530	360	520	0,9	0,9	0,9	530	260	530	360	410	0,9	0,9	0,9
	K' _{PMx} = K' _{PM y} = 1 K' _{Pφjx} = K' _{Pφjy} = 0,9				K' _{Pφx} = K' _{Pφy} = 1 K' _{Pλx} = K' _{Pλy} = 1															
P _x , Н	990	2880	810	2880	990	990	810	990				2385	567	2385	810	1044				
P _y , Н	468	576	324	576	468	468	324	468				477	207	477	324	369				
V _{от} , м/мин	121	160	153	160	128	128	153	128				124	185	160	153	153				
N _T , кВт	10	12	10	12	12	12	10	10				12	82	12	10	10				
	Арх																			

Змі	Архв																			
№																				
Підпис																				
Дат																				
КНУ.КБР.131.26.1-01.01.ТТВ																				
	Архв																			

2 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ САМ-системі FeatureCAM

2.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора

Розробимо керуючу програму на токарну обробку зовнішніх поверхонь шпинделя за два установи на токарному верстаті з ЧПК LB 200 OKUMA. При виготовленні деталі її базування і закріплення здійснюється у самоцентрувальному трикулачковому патроні. Обробка здійснюється на токарному верстаті з ЧПК, що обладнаний системою FANUC. Дана система використовує класичний стандарт ISO 7-bit (G-коди).

Програмування процесу обробки виконується в САМ-системі FeatureCAM. Опції постпроцесора наведені на рисунку 2.1. Положення зміни інструменту задаємо виходячи з габаритів деталі. Обираємо метричні одиниці виводу та крок блоку задаємо 10 для простішого сприйняття нумерації кадрів і швидшої орієнтації в тексті КП.

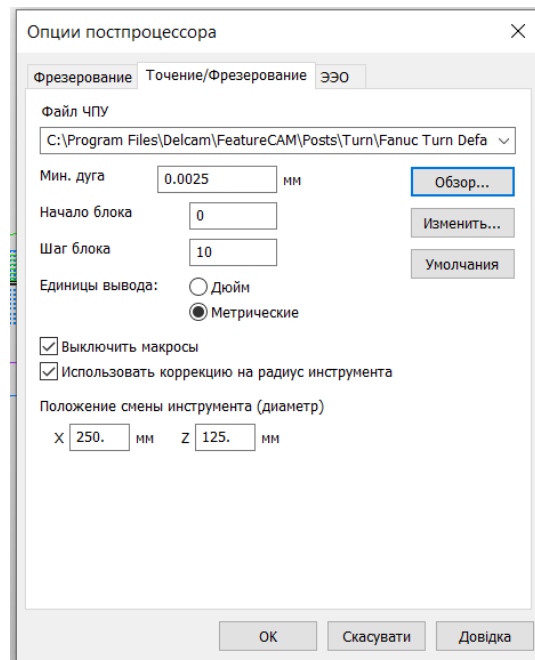


Рисунок 2.1 – Опції постпроцесора

2.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм

Розміри заготовки визначаємо виходячи з припусків на механічну обробку і стандартних діаметрів прокату.

					КНУ.КБР.131.26.1-01.02.ТПВ			
Змін	Анк	№ Документа	Підпис	Лат	МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ			
Розроб	Бельгер							
Перевір	Півніда							
Н контр	Нечерв							
Затверд	Рязанцев							
						Лім	Анк	Анквиль
						Кафедра ТМ зв. ПМ-22		

Призначаємо припуск на максимальний діаметр (85 мм) 10 мм, на торці – по 7 мм сумарно. Звідки розміри заготовки: $\varnothing 95$ мм, $L = 225$ мм.

Імпортуємо в проект модель деталі для пришвидшення розробки керуючої програми за рахунок автоматизації створення керуючих кривих та елементів. Результат наведено на рисунку 2.2.

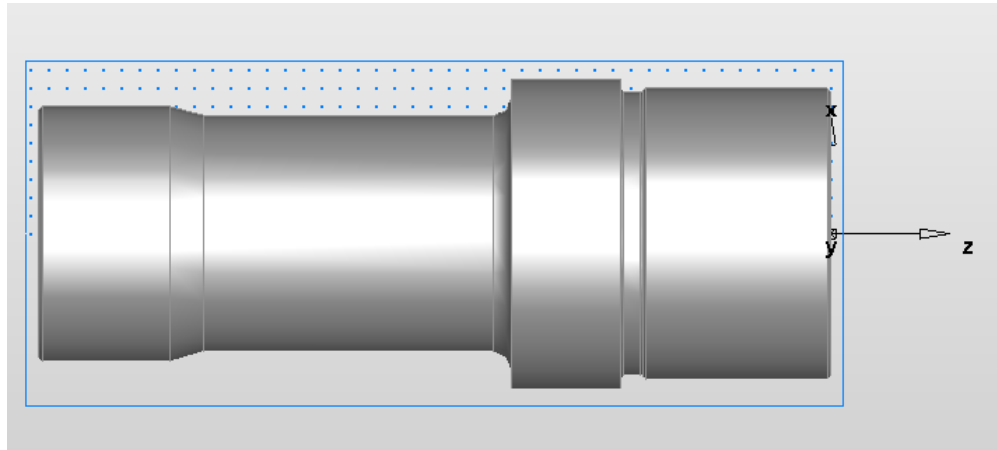


Рисунок 2.2 – Імпорт деталі у Autodesk FeatureCAM

На першому установі обробляємо найбільший діаметр для забезпечення максимальної жорсткості системи ВПД протягом виконання токарної операції.

Розробляємо операції першого установка:

- 1) підрізання торця (припуск 3,5 мм);
- 2) точіння зовнішньої циліндричної поверхні з підрізанням фаски;
- 3) прорізання канавки.

Точність та якість зовнішніх оброблюваних поверхонь дозволяють їх виконати чистовим точінням, тому у параметрах операцій додаємо чистові проходи.

Криві для зовнішнього обточування та канавки зображено на рисунку 2.3, результат обробки – на рис. 5.4, траєкторії переміщень інструментів – рис. 2.5.

Для виконання операції повздовжнього точіння скористуємось токарним циклом багатопрохідного обточування G71. Це дозволить скоротити кількість кадрів в КП та спростити її аналіз і редагування. У кривій для зовнішнього обточування передбачаємо відхід по X на 1 мм від поверхні для коректного створення циклу багатопрохідного зовнішнього обточування G71. У параметрах операції задаємо початкову точку циклу, залишаємо припуск на чистовий прохід 0,5 мм, глибину різання задаємо 3 мм.

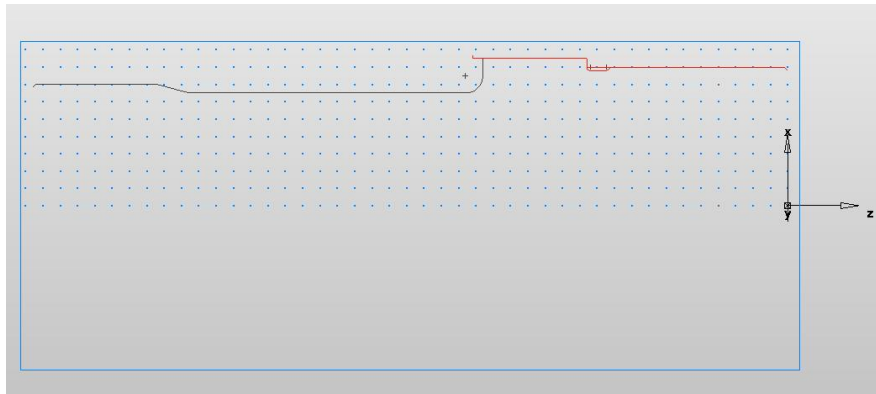


Рисунок 2.3 – Криві для обробки на першому установі

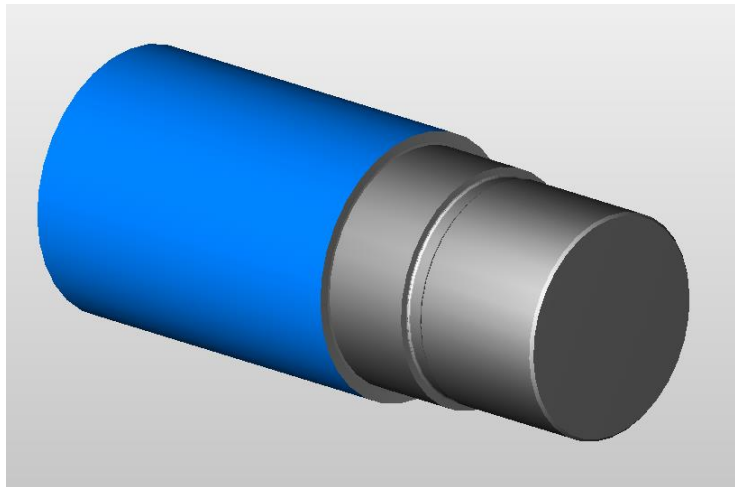


Рисунок 2.4 – Результат обробки першого установка

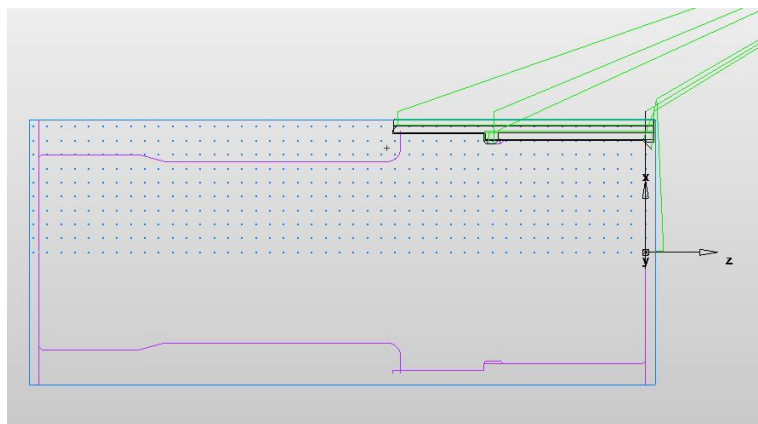


Рисунок 2.5 – Траєкторії переміщень інструментів на першому установі

Розробляємо операції другого установка:

- 1) підрізання торця;
- 2) точіння зовнішніх поверхонь з підрізанням фаски.

Крива для повздовжнього обточування наведена на рисунку 5.6. Чистовий прохід виконуємо контурним різцем через наявність зворотної конусної поверхні.

					КНУ.КБР.131.26.1-01.02.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

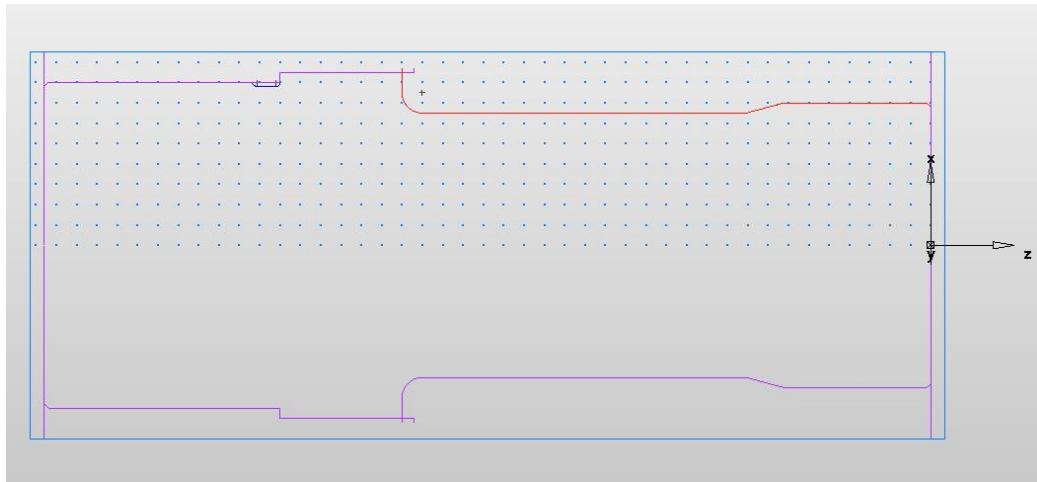


Рисунок 2.6 – Крива для повздовжнього обточування на другому установі

Результат обробки другого установка наведено на рис. 2.7, траєкторії переміщень інструментів – рис. 2.8, перелік створених операцій з режимами різання – рис. 2.9.

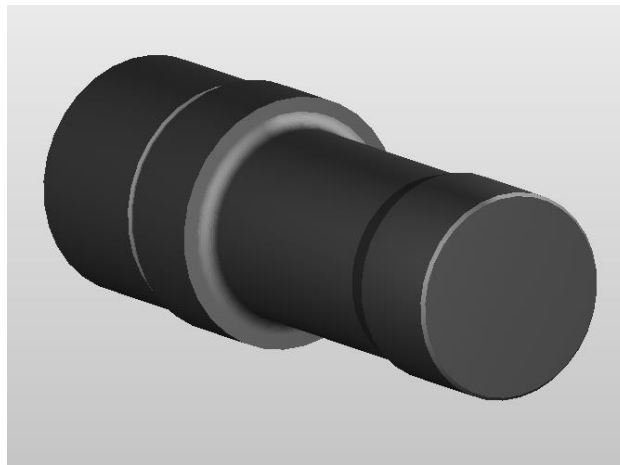


Рисунок 2.7 – Результат обробки другого установка

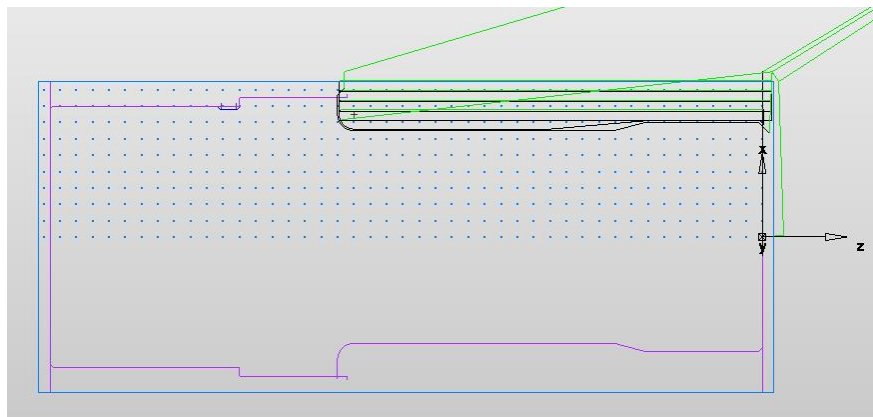


Рисунок 2.8 – Траєкторії переміщень інструментів на другому установі

Змі	Арку	№	Підпис	Дат

КНУ.КБР.131.26.1-01.02.ТПВ

Арку

Операція	Елемент	Інструмент	Подача	Скорість	Глибина
черн. прохід 1	торець1	SW_Tum_80...	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС 47.500 мм
черн. прохід 1	точение1	SW_Tum_80...	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС 4.500 мм
чист.	точение1	SCLCL2020K0...	0.152 мм/об	247 м/мин	ЧС 4.500 мм
черн. прохід 1	канавка1	SW_Grv_2m_RH	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС 1.000 мм
с_остановом	с_остановом1				
черн. прохід 1	торець2	SW_Tum_80...	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС 47.500 мм
черн. прохід 1	точение2	SW_Tum_80...	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС 11.000 мм
чист.	точение2	* SW_Tum_35m...	0.152 мм/об	247 м/мин	ЧС 11.000 мм

Рисунок 2.9 – Перелік створених операцій

Розробимо симуляцію обробки на верстаті – на рис. 2.10, 2.11.

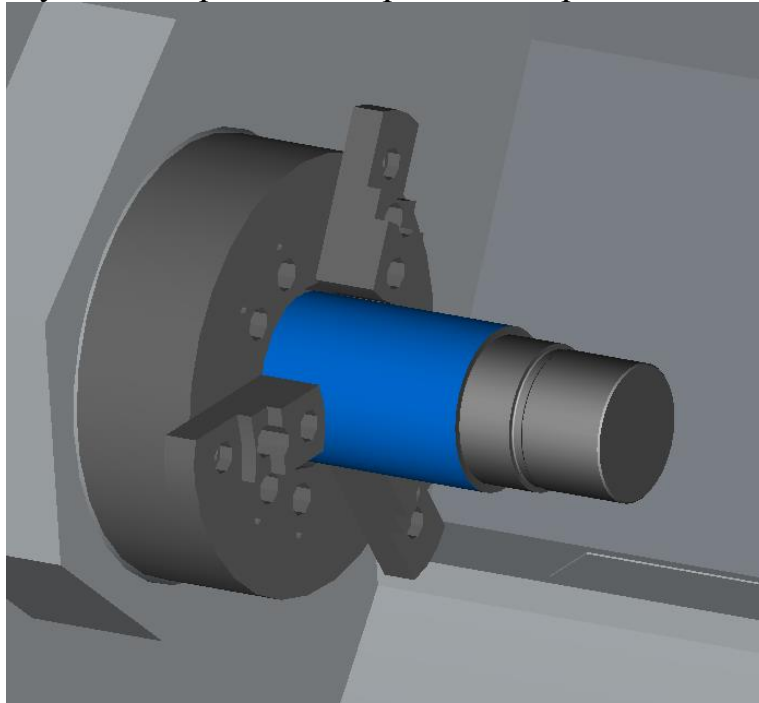


Рисунок 2.10 – Симуляція обробки на верстаті першого установа

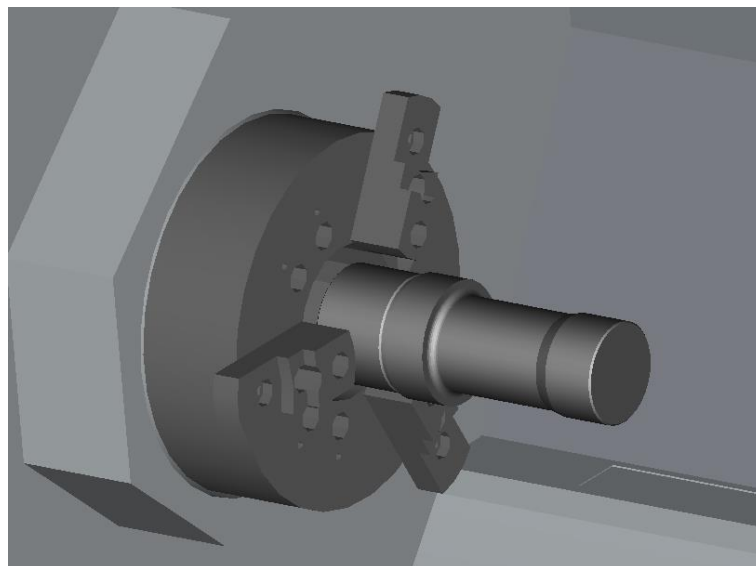


Рисунок 2.11 – Симуляція обробки на верстаті другого установа

					КНУ.КБР.131.26.1-01.02.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Після моделювання обробки генеруємо керуючу програму, фрагмент якої наведено на рис. 2.12. Загальна кількість кадрів – 101. Машинний час обробки – 6 хв 57 с.

```
%
O0001( Shpyndel)
N20 G21 G40
N30 G28 U0 W0
( OPERATION: ROUGH FACE )
N60 T101
N70 G50 S3000
N80 G96 S170 M3
N90 G0 X101.0 Z0. M8
N100 G1 X0. F0.381
N110 Z3.5
N120 X0.707 Z3.854
N130 G0 Z6.5
( OPERATION: ROUGH TURN )
N150 G0 X110.0 Z4.0
N160 G50 S3000
N170 G96 S170
N180 G0 X110.0 Z4.0 M8
N190 X101.0 Z3.0
N200 G71 U3.0 R0.5
N210 G71 P220 Q280 U1.0 W0.5 F0.381
N220 G1 X78.0 F0.152
N230 Z0.
N240 X80.0 Z-1.0
N250 Z-58.0
N260 X85.0
N270 Z-91.0
N280 X87.0
N290 G28 U0 W125.0
```

Рисунок 2.12 – Фрагмент згенерованої керуючої програми

Додатково перевіримо створену керуючу програму у програмному забезпеченні CIMCO Edit. Траєкторії переміщень інструментів першого установу наведено на рис. 2.13, другого – 2.14, твердотільна верифікація – 2.15.

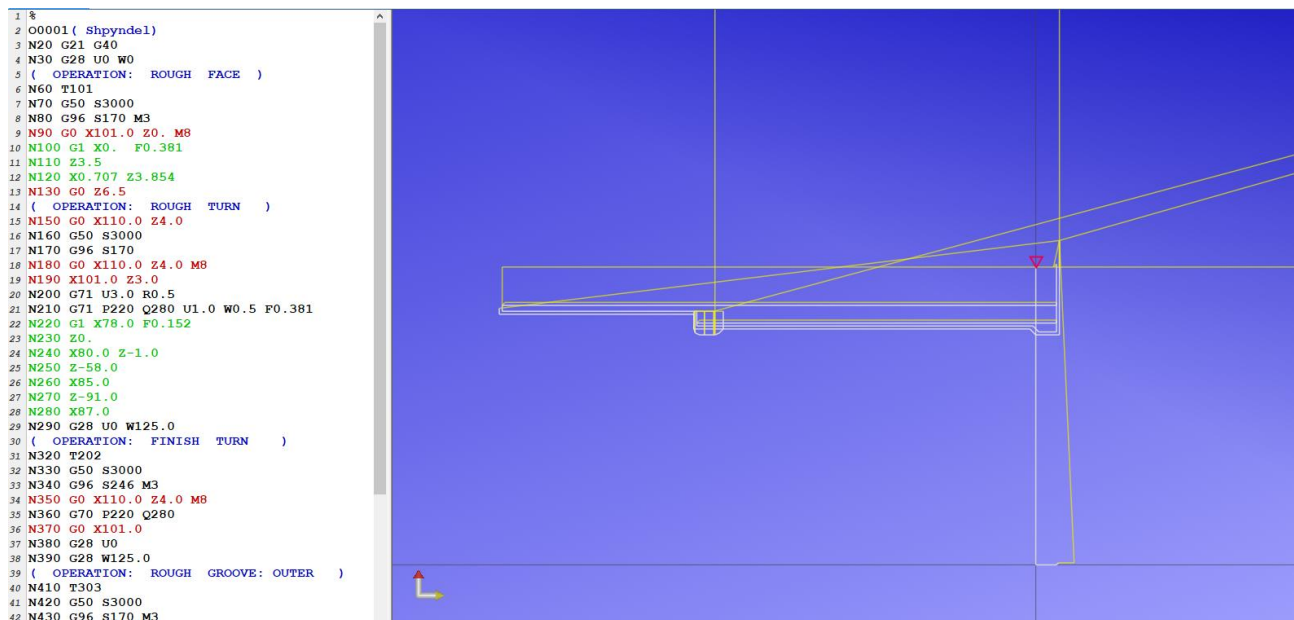


Рисунок 2.13 – Траєкторії переміщень інструментів першого установу у CIMCO Edit

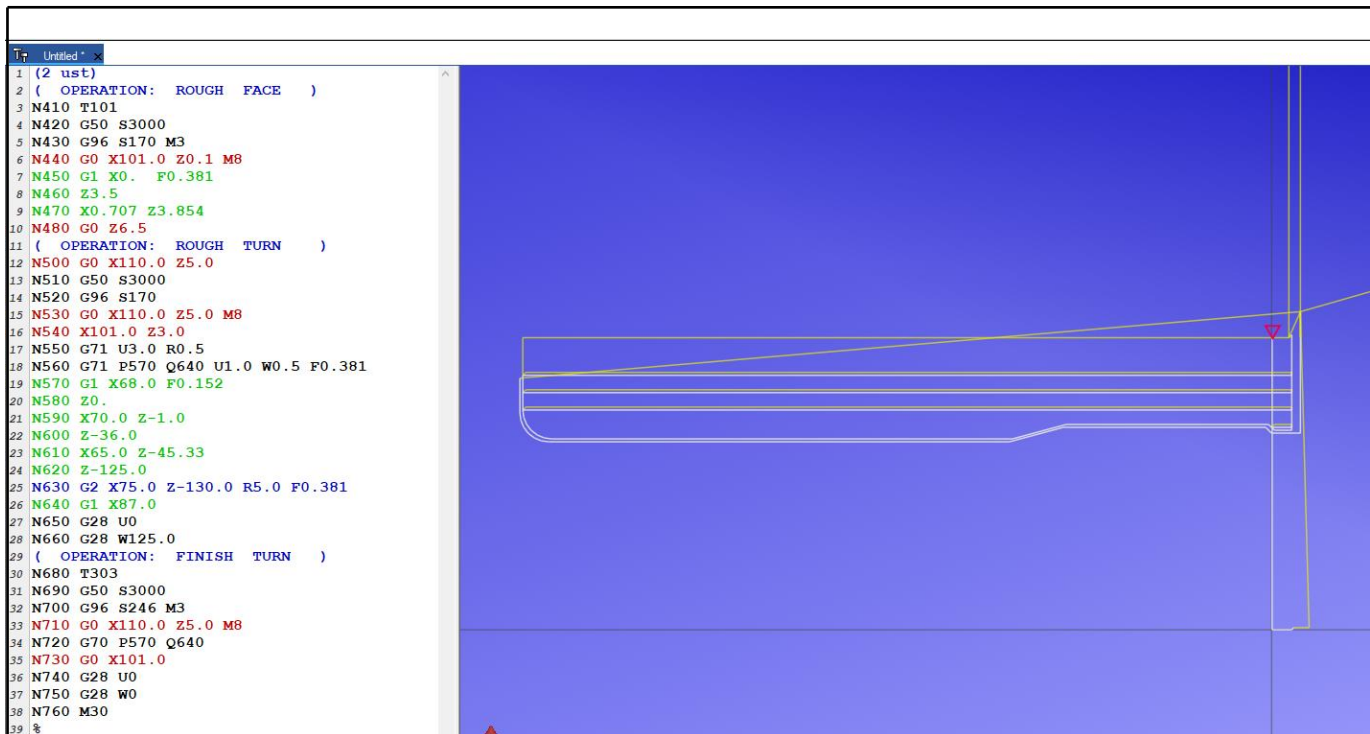


Рисунок 2.14 – Траєкторії переміщень інструментів другого установу у CIMCO Edit

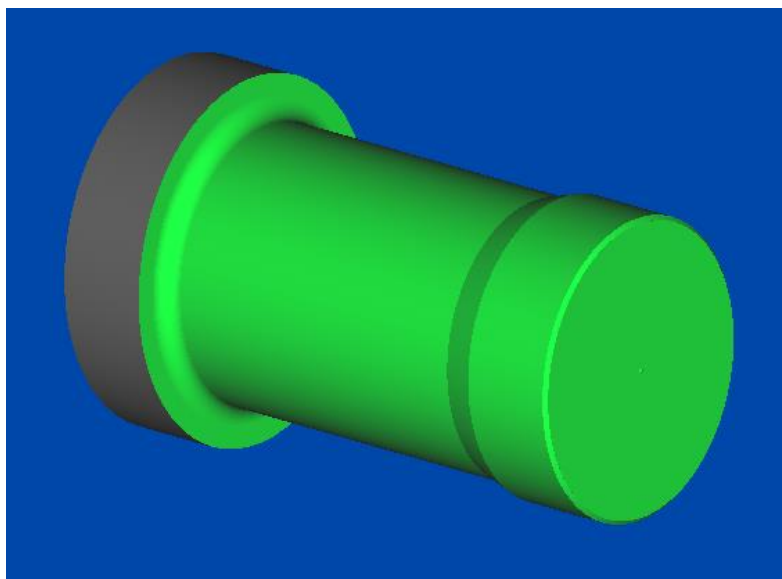


Рисунок 2.15 – Твердотільна верифікація обробки другого установу у CIMCO Edit

					КНУ.КБР.131.26.1-01.02.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Лат		

ПОВНИЙ ТЕКСТ КП

%	N580 Z-58.0
O0001(Shpyndel)	N590 G1 X80.0
N20 G21 G40	N600 G3 X78.0 Z-57.0 R1.0
N30 G28 U0 W0	N610 G1 Z-54.414
(OPERATION: ROUGH FACE)	N620 G0 X101.0
N60 T101	N630 G28 U0
N70 G50 S3000	N640 G28 W125.0
N80 G96 S170 M3	N650 M01
N90 G0 X101.0 Z0. M8	
N100 G1 X0. F0.381	(2ust)
N110 Z3.5	(OPERATION: ROUGH FACE)
N120 X0.707 Z3.854	N660 T101
N130 G0 Z6.5	N670 G50 S3000
(OPERATION: ROUGH TURN)	N680 G96 S170 M3
N150 G0 X110.0 Z4.0	N690 G0 X101.0 Z0.1 M8
N160 G50 S3000	N700 G1 X0. F0.381
N170 G96 S170	N710 Z3.5
N180 G0 X110.0 Z4.0 M8	N720 X0.707 Z3.854
N190 X101.0 Z3.0	N730 G0 Z6.5
N200 G71 U3.0 R0.5	(OPERATION: ROUGH TURN)
N210 G71 P220 Q280 U1.0 W0.5 F0.381	N750 G0 X110.0 Z5.0
N220 G1 X78.0 F0.152	N760 G50 S3000
N230 Z0.	N770 G96 S170
N240 X80.0 Z-1.0	N780 G0 X110.0 Z5.0 M8
N250 Z-58.0	N790 X101.0 Z3.0
N260 X85.0	N800 G71 U3.0 R0.5
N270 Z-91.0	N810 G71 P820 Q890 U1.0 W0.5 F0.381
N280 X87.0	N820 G1 X68.0 F0.152
N290 G28 U0 W125.0	N830 Z0.
(OPERATION: FINISH TURN)	N840 X70.0 Z-1.0
N320 T202	N850 Z-36.0
N330 G50 S3000	N860 X65.0 Z-45.33
N340 G96 S246 M3	N870 Z-125.0

N350 G0 X110.0 Z4.0 M8	N880 G2 X75.0 Z-130.0 R5.0 F0.381
N360 G70 P220 Q280	N890 G1 X87.0
N370 G0 X101.0	N900 G28 U0
N380 G28 U0	N910 G28 W125.0
N390 G28 W125.0	(OPERATION: FINISH TURN)
(OPERATION: ROUGH GROOVE: OUTER)	N930 T404
N410 T303	N940 G50 S3000
N420 G50 S3000	N950 G96 S246 M3
N430 G96 S170 M3	N960 G0 X110.0 Z5.0 M8
N440 G0 X86.0 Z-54.6 M8	N970 G70 P820 Q890
N450 G1 X78.0 F0.381	N980 G0 X101.0
N460 G0 X86.0	N990 G28 U0
N470 Z-56.2	N1000 G28 W0
N480 G1 X78.0	N1010 M30
N490 G0 X86.0	%
N500 Z-57.8	
N510 G1 X78.8	
N520 G0 X86.0	
N530 Z-53.0	
N540 G1 X80.0	
N550 X78.586 Z-53.707	
N560 G2 X78.0 Z-54.414 R1.0	
N570 G0 X86.0	

					КНУ.КБР.131.26.1-01.02.ТПВ	Арх
Змі	Анкв	№	Підпис	Лам		

З КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

3.1 Проектування верстатного пристосування

Відповідно до розробленого технологічного маршруту обробки шпинделя фрезерування внутрішніх пазів і зовнішніх елементів кулачків виконуються на вертикально-фрезерному верстаті з ЧПУ мод. HAAS VF-3 (операції 020 і 030).

Для орієнтації деталі в просторі щодо інструмента, що ріже, спроектоване пристосування фрезерне. Деталь орієнтується в просторі у вертикальній площині, перпендикулярно площини столу верстата. Для орієнтації деталі обрані дві зовнішні поверхні $\varnothing 80,6 \text{ h11} (-0,22)$ і $\varnothing 70,6 \text{ h11} (-0,19)$. Деталь встановлюється в двох призмах, розташованих на вертикальній поверхні пристосування. Призми знаходяться на відстані 175 мм друг від друга по вертикальній осі. Унизу деталь спирається своїм торцем на підставі пристосування. Притиск деталі здійснюється за допомогою пневмоцилиндра, шток якого розташований рівномірно між призмами.

Закріплення деталі здійснюється пневмоцилиндром з діаметром поршня 170 мм.

Робимо розрахунок на міцність самої слабкої ланки кінематичного ланцюга. Усі складові сили і реакції знаходяться в замкнутому просторі, тобто

$$P_z = \Sigma R_{эл}$$

З конструкції пристосування видно, що сила реакції розкладається на 4 складових: це дві верхні планки і нижня підстава пристосування в двох штифтах. Верхні планки кріпляться до вертикальних плит болтами поз. 21 і штифтами поз. 33. Для розрахунку на міцність слабкого елемента з'єднання приймаємо, що в процесі роботи пристосування болти ослабли в затягуванні, і не створюють додаткових сил тертя, тоді все навантаження від сили затиску сприймають штифти поз.33.

$$Q_z = P \cdot S_n = 4 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 907 \text{ кгс} = 9070 \text{ кН} \quad (3.1)$$

Сила зрізання штифта:

$$Q_{ср} = \frac{Q_z}{4} = \frac{907}{4} = 226,9 \text{ кгс} \approx 2157,46 \text{ Н} \quad (3.2)$$

					КНУ.КБР.131.26.1-01.03.КПВ		
Змін	Анкв	№	Підпис	Лат	КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА		
Розроб	Бельгер						
Перевір	Павінда						
Н контр	Нечпєв						
Затверд	Рязанцев						
					Лім	Анк	Анквиліє
					Кафедра ТМ зв. ПМ-22		

Вибираємо штифт Ø10 з матеріалу сталь 45 ДСТУ 7809:2015.
 $[\tau_{cp}] = 1250 \text{ кгс/см}^2 = 12,5 \text{ кгс/мм}^2$ при односторонньому циклічному навантаженні.

$$\tau_{cp} = \frac{Q_{cp}}{F_{сеч}} = \frac{227}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{227}{78,5} = 2,89 \leq [\tau_{cp}] = 122,5831 \text{ Н/мм}^2 \quad (3.3)$$

Запас міцності перевищує 4 рази. Діаметр штифта (Ø10) був прийнятий з конструктивних і технологічних розумінь по виготовленню пристосування.

Розрахунок пристосування на точність установки деталі.

Опорні призми в пристосуванні встановлюються зі зсувом 1- 0,05 від осі базового установка. Базовий установ пристосування має посадку в стіл верстату Ø 10 $\frac{H8(+0,039)}{g6(-0,009/-0,025)}$

Похибка установки зміщення осі складає

$$\Delta_2 \frac{(+0,039) - (-0,025)}{2} = \frac{0,064 \text{ мм}}{2} = 0,032 \text{ мм} \quad (3.4)$$

Допуск контрольного допуску призми до Ø80 складає $\pm 0,0095 \text{ мм}$

При установці валика в призму с кутом 90° вісь зміщена 1,41 від допуску валика.

Тоді:

$$\Delta_3 = \pm 0,0035 \cdot 1,41 = 0,0134 \text{ мм} \quad (3.5)$$

Сумарне змещення від номінального положення осі деталі складає:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 = 0,005 + 0,032 + 0,0134 = 0,0954 \text{ мм} \quad (3.6)$$

Допуск оброблюємої поверхні деталі Ø51H14^(+0,74) половина допуску складає 0,37 мм.

Визначаємо відсоток погрішності установки:

$$\varepsilon = \frac{0,0954}{0,37} \cdot 100\% = 25,78\% \quad (3.7)$$

– що входить в регламентовані норми (10%÷30%).

3.2 Проектування контрольного пристосування

Проектоване контрольне пристосування призначене для вимірів биттів поверхонь шпинделя, радіального на діаметрі 80f9, на діаметрі 70f9 і торцевого на довжині 218 f9 .

					КНУ.КБР.131.26.1-01.02.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Даний контроль здійснюємо пристосуванням, у якому присутні індикаторні прилади виміру. Деталь необхідно встановлювати в такому положенні, щоб забезпечити контроль по всій поверхні, що перевіряється. Биття задається щодо поверхні Ø40 Н9. Обробка базової відбувається в центрах, тобто базою є вісь деталі, тому контроль проводимо щодо осі деталі.

Кращим варіантом установки деталі для виміру, є установка в центрах, що забезпечує вільне обертання деталі і контроль по всій поверхні. Дане пристосування складається з підставки 3, що встановлюється на перевірочній плиті.

На підставці встановлюються два центри, один нерухомий 1, а другий рухливий 2, що має можливість переміщатися, що дозволяє встановлювати деталі різної довжини. На підставі встановлена магнітна стійка 4, на якій за допомогою затискного кручена 10, кріпиться корпус вимірювального пристрою 5. За допомогою важеля 7, відбувається контроль радіального і торцевого биття.

Радіальне биття, що допускається, на деталі шпиндель складає 0,03мм, торцеве биття 0,05мм. Для проведення таких вимірів використовується індикатор багатооборотний 2 МІГ ДСТУ9696 - 82 з ціною розподілу 0,002мм і межею виміру 1мм.

Погрішність виміру даним контрольним пристосуванням дуже впливає на результат виміру, погрішність, що тому допускається, необхідно нормувати. Для нашого випадку погрішність повинна складати 30 % від припустимого значення биття.

Таким чином, погрішність виміру:

торцевого биття –

$$\Delta = \frac{0,050}{100} \cdot 30 = 0,015 \text{ мм} \approx 0,01 \text{ мм}$$

радіального биття –

$$\Delta = \frac{0,030}{100} \cdot 30 = 0,009 \text{ мм} \approx 0,01 \text{ мм}$$

• Сумарна погрішність виміру визначається поруч її складових: погрешность базирования – E_b ;

• похибка установки – E_y ;

• похибка настройки – E_n ;

• похибка засобів вимірювання – E_{izm} .

Основні складові погрішності підкоряються закону нормального розподілу Гаусса, тому і сумарна погрішність підкоряється цьому ж закону.

Визначення сумарної погрішності виміру E_Σ , робимо за правилами квадратного підсумовування складових погрішностей:

$$E_\Sigma = \sqrt{E_b^2 + E_y^2 + E_n^2 + E_{izm}^2} \quad (3.8)$$

					КНУ.КБР.131.26.1-01.02.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Погрішність базування буде залежати від точності базування деталі при контролі.

При установці деталі на оправленні в центрах, цілком вибираються зазори в місцях контакту корпусних поверхонь, центрових отворів деталі і конусних поверхонь центрів. Тому погрішність базування можна вважати рівної нулю, якщо немає зсуву осей центрів відносно один одного. У проектованому контрольному пристосуванні зсув осей, що допускається, не більш 0,01мм, виникає перекіс деталі. Кут перекосу можна знайти зі співвідношення: E_{Σ} ,

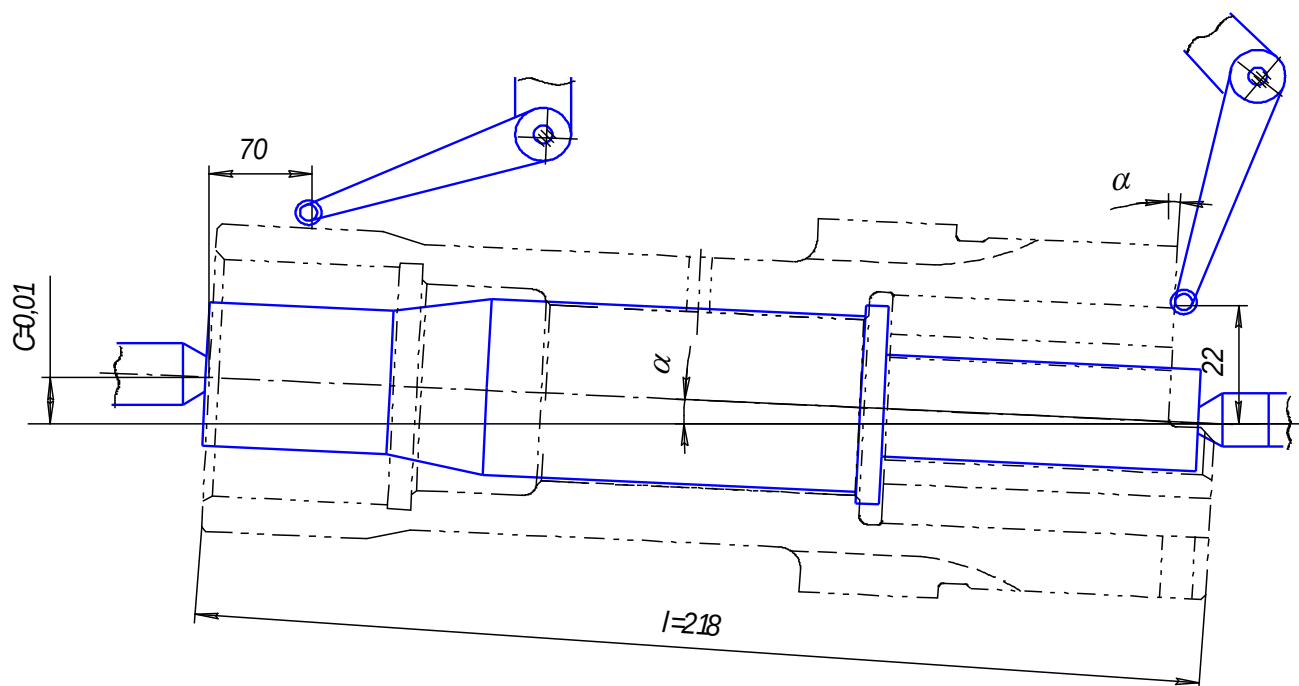


Рисунок 3.1 – Базування деталі при контролі

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{C}{l} = \frac{0,01}{218} = 0,00004 \quad (3.9)$$

де C – зміщення осей центрів;

l – довжина деталі.

Величина похибки залежить від місця контролю. Радіальне биття контролюється на відстані 70 мм від лівого торцю деталі.

Можлива похибка базування при вимірюванні радіального биття:

$$E_{\text{оп}} = 70 \cdot \operatorname{tg} \alpha = 0,0028 \text{ мм}$$

					КНУ.КБР.131.26.1-01.02.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Торцеве биття заміряється на відстані 22 мм від осі деталі.
Можлива похибка базування при вимірюванні торцевого биття:

$$E_{\sigma\tau} = 22 \cdot \operatorname{tg} \alpha = 0,0009 \text{ мм}$$

2. Похибка установки залежить від точності установки магнітної стійки 4. При виготовленні контрольних пристосовувань високі вимоги пред'являються до точності виготовлення деталей та процесу його складання. Тому можна вважати можливу похибку из-за перекосів стійок $E_y = 0,005 \text{ мм}$.

3. Похибка налагоджування виникає при налагоджуванні пристосовування, тому в нашому випадку ми проводимо пряме вимірювання контролюємої величини, а значить, похибка настройки відсутня, $E_n = 0 \text{ мм}$.

4. Похибка засобів вимірювання, тобто похибка індикатору 2 МІГ, складає $E_{izm} = 0,002 \text{ мм}$.

Визначаємо сумарну похибку пристосовування за формулою (3.8).

Для контролю радіального биття похибка буде дорівнювати:

$$E_{\Sigma} = \sqrt{0,0028^2 + 0,005^2 + 0^2 + 0,002^2} = 0,006 \text{ мм}$$

Допускаєма похибка $E_d = 0,006 \text{ мм}$.

Необхідна умова:

$$E_{\Sigma} \leq E_d \rightarrow 0,006 = 0,006$$

Для контролю торцевого биття похибка буде рівна:

$$E_{\Sigma} = \sqrt{0,0009^2 + 0,005^2 + 0^2 + 0,002^2} = 0,005$$

Допускаєма похибка $E_d = 0,01 \text{ мм}$.

Необхідна умова:

$$E_{\Sigma} \leq E_d \rightarrow 0,005 \leq 0,01$$

Таким образом, спроектоване пристосовування можна використовуват для контролю.

					КНУ.КБР.131.26.1-01.02.ТПВ	Арку
Змі	Аркн	№	Підпис	Дат		

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування варіанту обробки вихідні дані:

Вихідні дані					
Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	16K20	16K20	3-верстат	4-ий верстат	LB200 OKUMA
Деталі					
Річний обсяг випуску деталей N, шт.	200				200
Кількість запусків партій деталей в рік, шт	12				12
Тривалість випуску деталей Z, років	2				2
Штучний час обробки деталі t _{шт} , хв.	28,2	28,2	0		14,6
Час наладки верстата, хв.	22	23	0		8,5
Розряд:					
	5				4
	3	3	0		4
	3	3	0		4
Кількість кадрів програми, шт.		0			200
Вартість заготовки S _{заг} , грн.	522,9				522,9
Вартість комплексу спец. пристосувань К _{пр} , грн					
Оптова ціна на прокат одного УСП Ц _{сп} , грн					
Середній час налагодження за прибором одного інструменту поза верстатом, хв.					10
Середній період стійкості інструменту, хв.	60	60			120

					КНУ.КБР.131.26.1-01.04.ОЕП			
Змін	Анкв	№	Підпис	Лат	ОРГАНІЗАЦІЙНО_ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА	Літ	Анк	Анквилья
Розроб	Бельзеп							
Перевір	Півніда							
Н контр	Нечася					Кафедра ТМ гр. ПМ-22		
Затверд	Рязанцев							

Середня кількість граней пластинки, шт.	1	1			4
Коефіцієнт, що враховує питому вагу основного часу в штучному кт	0,1	0,1			0,2
Вартість одного кадру ПК, грн.					18,9
Вартість розробки ПК К _{пк} , грн.					350
Середньочасова зарплатня робітника, грн:					
верстатника Н _{ст}	33,6	32,3			45,3
наладчика Н _{нал}	33,6	28,2			34,3
наладчика інструмента Н _{ін}					31,1
контролера Н _к	29,8				29,8
Верстати					
Клас точності верстата	Н	Н			А
Маса верстата, т	3	3			5
Габарити верстата (довжина х ширина), м.	3200×1166×1 3200×1166×1324				9,4 х 6,4
Габарити пристрою ЧПК, м					
Тип пристрою ЧПК					CNC
Строк служби верстата до капітального ремонту Т _{рц} , років	5	5			7
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	10	10			50
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:					
механічної частини R _м	51	51			100
електротехнічної частини R _е	43	43			99

					КНУ.КБР.131.26.1-01.04.ОЕП	Арку
Змі	АркV	№	Підпис	Дат		

Кількість верстатів, що обслуговує один робочий d, шт	1	1			2
Оптова ціна верстата Ц, грн.	110000	110000			292590
Коефіцієнт завантаження верстата η_z	0,75	0,75			0,95
Площа верстата за габаритами А, м. кв.	25,0	25,0			60,0
Площа пристрою ЧПК А _у , м. кв.					0,25
Витрати на одну одиницю ЕРС верстата, грн.					
механічної частини Н _м	401	329			272
електротехнічної частини Н _е	86	71			60
Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК Q, грн.					1195
Коеф., що враховує додаткову площу верстата, γ	0,05	0,05			0,1
Коеф., що враховує клас точності верстата, μ	1	1			1
Ефективний річний фонд часу роботи верстата $\Phi_{об}$, год	3815	3815			180
Виробничі та інші площі					
Вартість 1 м. кв. площі механічної Ц _{пл.зд.} , грн	1000				1000
Вартість 1 м. кв. площі, що займають службово-побутові приміщення Ц _{сл. поб.} , грн	2000				2000

					КНУ.КБР.131.26.1-01.04.ОЕП	Арку
Змі	Аркв	№	Підпис	Дат		

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

Розрахунок допоміжних показників					
Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	16K20	16K20	3-верстат	4-ий верстат	LB200 OKUMA
Трудомісткість обробки Тшт, год	94	94	0	0	48,66666667
Час наладки верстата впродовж року Тн, год	4,4	5,36	0	0	1,7
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року Тнін, год	0	0,00	0	0	1,05
Час контролю деталей впродовж року Тк, год	9,4	9,4	0	0	9,733333333
Кількість верстатників Рст, чол. (розрах.)	0,05	0,05	0,00	0,00	0,01
(дійсна)	1	1	0	0	1
Кількість наладчиків верстатів Рн, чол. (розрахункова)	0,0024	0,0029	0,0000	0,0000	0,0009
(дійсна)	1	1	0	0	1
Кількість наладчиків інструмента поза верстатом Рнін, чол. (розрахункова)	0	0,0000	0	0	0,00057
(дійсна)	0	1	0	0	1
Кількість контролерів Рк, чол. (розрах.)	0,01	0,01	0,000	0,00	0,01
(дійсна)	1				1
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК Рлрд, чол (розрахункова)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
(дійсна)	0	0	0	0	1
Загальна кількість працівників на річну програму випуску деталей, чол.	6				5
Частка завантаження верстата обробкою деталі в обсязі річного випуску β	0,03	0,03	0,0000	0,000	0,29

1. Розрахунок зарплати верстатника

					КНУ.КБР.131.26.1-01.04.ОЕП	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

1. Зарплата верстатника (основна та додаткова) I_z

$$I_z = N_{ст.зг} \cdot T_{шт} / d$$

де $N_{ст.зг}$ – середньочасова заробітна платня верстатників зі всіма нарахуваннями, грн.;

$T_{шт}$ – час обробки деталей в обсязі їх річного випуску, год;

d – кількість верстатів, які обслуговує один робочий

$$N_{ст.зг} = N_{ст} + Z_d + C_{відр} + C_{прем}$$

де $N_{ст}$ – тарифна ставка верстатника, грн;

Z_d – додаткова заробітна платня, 8%

$C_{відр}$ – відрахування на соціальне

страхування, 12%

$C_{прем}$ – преміальні доплати, 35%

$$T_{шт} = t_{шт} \cdot N / 60$$

Базовий варіант					Новий варіант			
16K20	$I_z = N_{ст.зг} \cdot T_{шт} / d$				LB200 OKUMA	$I_z = N_{ст.зг} \cdot T_{шт} / d$		
	5250	55,85	94	1		1832	75,29	48,67
16K20	$I_z = N_{ст.зг} \cdot T_{шт} / d$				Всього I_{z1}	1832		
	4958	52,74	94	1				
3-верстат	$I_z = N_{ст.зг} \cdot T_{шт} / d$							
	0	0,00	0	0				
4-ий верстат	$I_z = N_{ст.зг} \cdot T_{шт} / d$							
	0	0	0	0				
Всього I_{z1}	10208							

2. Розрахунок зарплати наладчика верстату

2. Зарплата за наладку верстата I_n

$$I_n = N_{нал.зг} \cdot T_n$$

де $N_{нал.зг}$ – середньочасова зарплата наладчиків з усіма нарахуваннями, грн;

T_n – час наладки верстата впродовж року, год

$$N_{нал.зг} = N_{нал} + Z_d + C_{відр} + C_{прем}$$

де $N_{нал}$ – тарифна ставка наладчика, грн;

Z_d – додаткова заробітна платня, 8%

$C_{відр}$ – відрахування на соціальне страхування, 12%

$C_{прем}$ – преміальні доплати, 30%

$$T_n = t_n \cdot j_p / 60$$

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

j_p – кількість запусків партій деталей за рік

Базовий варіант				Новий варіант		
16K20	$I_n = N_{нал} \cdot T_n$			LB200 OKUMA	$I_n = N_{нал} \cdot T_n$	
	232,48	52,84	4,4		91,69	53,94
16K20	$I_n = N_{нал} \cdot T_n$			Всього I_{n2}	91,69	
	237,68	44,34	5,36			
3-верстат	$I_n = N_{нал} \cdot T_n$					
	0,00	0,00	0			
4-ий верстат	$I_n = N_{нал} \cdot T_n$					
	0,00	0,00	0			
Всього I_{n1}	470,16					

3 Розрахунок зарплати наладчика інструменту

3. Зарплата наладжувальника інструмента поза верстатом, $I_{нін}$

$$I_{нін} = N_{ін} \cdot T_{нін}$$

де $N_{ін}$ – середньочасова зарплата наладчика, грн;

$T_{нін}$ – час, який затрачується на налагодження інструмента поза верстатом, хв

$$T_{нін} = 1,3 \cdot t_{ін} \cdot T_{шт} \cdot k_T / (T \cdot n_T)$$

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

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

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

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

T – середній період стійкості інструменту, хв.;

n_T – кількість граней пластинки, що не переточується

Базовий варіант				Новий варіант		
16K20	$I_{нін} = N_{ін} \cdot T_{нін}$			LB200 OKUMA	$I_{нін} = N_{ін} \cdot T_{нін}$	
	0	0	0		32,79	31,1
16K20	$I_{нін} = N_{ін} \cdot T_{нін}$			Всього $I_{нін2}$	32,79	
	0,00	31,1	0,00			
3-верстат	$I_{нін} = N_{ін} \cdot T_{нін}$					
	0,00	0	0			
4-ий верстат	$I_{нін} = N_{ін} \cdot T_{нін}$					
	0,00	0	0			
Всього $I_{нін1}$	0,00					

4. Виплати на підготовку КП

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

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

Базовий варіант				Новий варіант		
3-верстат	$I_{пк} = K_{пк} / Z$			LB200 OKUMA	$I_{пк} = K_{пк} / Z$	
	0	0	200		175	350
4-ий верстат	$I_{пк} = K_{пк} / Z$			Всього $I_{пк2}$	175	
	0	0	200			
16K20	$I_{пк} = K_{пк} / Z$					
	0,00	0	2			
Всього $I_{пк1}$	0,00					

5. Розрахунок амортизаційний відрахувань

7. Амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання И

$$И_а = K_6 \cdot A$$

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

- для верстатів масою до 10 т, які оброблюють 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			
16K20	$И_а = K_6 \cdot A$	K_6	A	LB200 OKUMA	$И_а = K_6 \cdot A$	K_6	A
	220,55	4161	0,053		5024,30	94798	0,053
16K20	$И_а = K_6 \cdot A$	K_6	A	Всього И _{а2}	5024,30		
	222,70	4202	0,053				
3-верстат	$И_а = K_6 \cdot A$	K_6	A				
	0,00	0	0				
4-ий верстат	$И_а = K_6 \cdot A$	K_6	A				
	0,00	0	0				
Всього И _{а1}	443,25						

6. Розрахунок витрат на утримання службово-побутових приміщень

8. Витрати на утримання приміщення, яке займає верстат И_{пл}

$$И_{пл} = И_{пл} \cdot (A + A_у) \cdot \gamma \cdot \beta$$

де $И_{пл}$ – вартість амортизації та утримання 1 м. кв. площі металічного цеху

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

Базовий варіант							Новий варіант						
16K20	$И_{пл} = И_{пл} \cdot (A + A_у) \cdot \gamma \cdot \beta$	$И_{пл}$	A	$A_у$	γ	β	LB200 OKUMA	$И_{пл} = И_{пл} \cdot (A + A_у) \cdot \gamma \cdot \beta$	$И_{пл}$	A	$A_у$	γ	β
	7,74	180	25,00225	0	0,05	0,03		319,4	180	60	0,25	0,1	0,29
16K20	$И_{пл} = И_{пл} \cdot (A + A_у) \cdot \gamma \cdot \beta$	$И_{пл}$	A	$A_у$	γ	β	Всього И _{пл2}	319,43					
	7,81	180	25	0	0,05	0,03							
6610	$И_{пл} = И_{пл} \cdot (A + A_у) \cdot \gamma \cdot \beta$	$И_{пл}$	A	$A_у$	γ	β							
	0,00	0	0	0	0	0,00							
4-ий верстат	$И_{пл} = И_{пл} \cdot (A + A_у) \cdot \gamma \cdot \beta$	$И_{пл}$	A	$A_у$	γ	β							
	0,00	0	0	0	0	0,00							
Всього И _{пл1}	15,55												

7. Витрати на ремонт і службово-побутових приміщень

10. Витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання И_р

$$И_р = (R_н + R_к + R_а) \cdot \mu \cdot \beta$$

де $И_р$ – витрати на одинокі ремонтні складові відповідної механічної та електротехнічної частин, грн;

$R_н, R_к$ – ремонтна складові 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							
16K20	$I_p = (R_n + R_k + R_a) \cdot \mu \cdot \beta$	I_p	R_n	R_k	R_a	μ	β	LB200 OKUMA	$I_p = (R_n + R_k + R_a) \cdot \mu \cdot \beta$	I_p	R_n	R_k	R_a	μ	β
	830,5	401	51	86	43	1	0,03		2435,3	272	100	60	99	1	
16K20	$I_p = (R_n + R_k + R_a) \cdot \mu \cdot \beta$	I_p	R_n	R_k	R_a	μ	β	Всього I_{p2}	2435,3						
	688,7	329	51	71	43	1	0,03								
6610	$I_p = (R_n + R_k + R_a) \cdot \mu \cdot \beta$	I_p	R_n	R_k	R_a	μ	β								
	0,0	0	0	0	0	0	0,00								
4-ий верстат	$I_p = (R_n + R_k + R_a) \cdot \mu \cdot \beta$	I_p	R_n	R_k	R_a	μ	β								
	0,0	0	0	0	0	0	0,00								
Всього I_{p1}	1519,2														

8. Витрати на технічне обслуговування ЧПК

11. Витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК И_у

$$И_у = Q \cdot \beta$$

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

Базовий варіант				Новий варіант			
16K20	$И_у = Q \cdot \beta$	$И_у$	Q	FOUR-STAR FD	$И_у = Q \cdot \beta$	$И_у$	Q
	0	0	0,03		352,0	1195	0,29
16K20	$И_у = Q \cdot \beta$	$И_у$	Q	Всього И _{у2}	352,0		
	0	0	0,03				
6610	$И_у = Q \cdot \beta$	$И_у$	Q				
	0	0	0,00				
4-ий верстат	$И_у = Q \cdot \beta$	$И_у$	Q				
	0	0	0,00				
Всього И _{у1}	0,0						

9. Розрахунок зарплатні контролерів

12. Зарплата контролера И_к

$$И_к = Н_к \cdot Т_к$$

де $Н_к$ – середньочасова заробітна платня контролера 5-го розряду, грн;

$Т_к$ – час контролю деталей впродовж року, год.

Для базових верстатів:

$$Т_к1 = 0,083 \cdot Т_{шт}$$

де 0,083 – середньостатистична частка трудомісткості контрольних операцій

Для обробки на верстатах з ЧПК

$$Т_к1 = 0,2 \cdot Т_{шт}$$

Базовий варіант				Новий варіант			
16K20	$И_к = Н_к \cdot Т_к$	$И_к$	$Н_к$	LB200 OKUMA	$И_к = Н_к \cdot Т_к$	$И_к$	$Н_к$
	280,12	29,8	9,40		290,0533	29,8	9,73333
16K20	$И_к = Н_к \cdot Т_к$	$И_к$	$Н_к$	Всього И _{к2}	290,053333		
	280,12	29,8	9,40				
6610	$И_к = Н_к \cdot Т_к$	$И_к$	$Н_к$				
	0,00	29,8	0,00				
4-ий верстат	$И_к = Н_к \cdot Т_к$	$И_к$	$Н_к$				
	0,00	29,8	0,00				
Всього И _{к1}	560,24						

									Арку
Змі	АркV	№	Підпис	Дат					

КНУ.КБР.131.26.1-01.04.ОЕП

10. Розрахунок балансової вартості верстатів

1. Балансова вартість верстата К_б

$$K_b = Ц \cdot \alpha \cdot \beta$$

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

$$\beta = T_{шт} + T_n / (\Phi_{об} \cdot \eta_r)$$

Базовий варіант						Новий варіант					
16K20	$K_6 = \quad \quad \quad \Pi \quad \quad \cdot \quad \quad \alpha \quad \quad \cdot \quad \quad \beta$					LB200 OKUMA	$K_6 = \quad \quad \quad \Pi \quad \quad \cdot \quad \quad \alpha \quad \quad \cdot \quad \quad \beta$				
	4161	110000,00		1,1	0,03		94798	292590,00		1,1	0,29
16K20	$K_6 = \quad \quad \quad \Pi \quad \quad \cdot \quad \quad \alpha \quad \quad \cdot \quad \quad \beta$					Всього К62	94798				
	4202	110000,00		1,1	0,03						
3-верстат	$K_6 = \quad \quad \quad \Pi \quad \quad \cdot \quad \quad \alpha \quad \quad \cdot \quad \quad \beta$										
	0	0		1,1	0,00						
4-ий верстат	$K_6 = \quad \quad \quad \Pi \quad \quad \cdot \quad \quad \alpha \quad \quad \cdot \quad \quad \beta$										
	0	0		1,1	0,00						
Всього К61	8363										

11. Розрахунок вартості приміщень

2. Вартість приміщень, які займає верстат К_{пл}

$$K_{пл} = Ц_{пл.л} (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$$

де Ц_{пл.л} – вартість 1 м. кв. площі механічного цеху;

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

A_y – площа, яку займають вносні, допоміжні пристрої, м. кв.;

γ – коефіцієнт, який враховує додаткову площу

Базовий варіант								Новий варіант								
16K20	$K_b =$	Ц _{пл.л}	(A + A _y)	·	γ	·	β	LB200 OKUMA	$K_b =$	Ц _{пл.л}	(A + A _y)	·	γ	·	β	
	43	1000	25,0023		0		0,05			1774,615	1000	60		0,25		0,1
16K20	$K_b =$	Ц _{пл.л}	(A + A _y)	·	γ	·	β	Всього К _{пл2}	1774,62							
	43	1000	25		0		0,05									
3-верстат	$K_b =$	Ц _{пл.л}	(A + A _y)	·	γ	·	β									
	0	1000	0		0		0,00									
4-ий верстат	$K_b =$	Ц _{пл.л}	(A + A _y)	·	γ	·	β									
	0	1000	0		0		0,00									
Всього К _{пл1}	86															

12. Вартість службово-побутових приміщень

3. Вартість службово-побутових приміщень К_{сл}

$$K_{сл} = Ц_{пл.б} \cdot A_b \cdot (P_{ст} + P_n + P_{доп} + P_k)$$

де Ц_{пл.б} – вартість 1 м. кв. службово-побутових приміщень, грн;

A_b – площа службово-побутових приміщень, яка приходить на одного робочого;

P_{ст}, P_n, P_{доп} – кількість відповідно верстатників, наладчиків та додаткових робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК;

P_k – кількість контролерів

Базовий варіант						
$K_{сл} =$	$Ц_{пл.б}$	$\cdot A_б$	$\cdot (P_{ст} +$	$P_n +$	$P_{доп} +$	$P_k)$
84000	2000	7	2	3	0	1
Всього $K_{сл1}$	84000					
Новий варіант						
$K_{сл} =$	$Ц_{пл.б}$	$\cdot A_б$	$\cdot (P_{ст} +$	$P_n +$	$P_{доп} +$	$P_k)$
70000	2000	7	1	2	1	1
Всього $K_{сл2}$	70000					

					КНУ.КБР.131.26.1-01.04.ОЕП	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

					КНУ.КБР.131.26.1-01.04.ОЕП	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Приведені витрати

$$З_1 = C_1 + E_n \cdot K_1$$

229804	97216	0,15	95096
--------	-------	------	-------

$$З_2 = C_2 + E_n \cdot K_2$$

107191	80553	0,15	177589
--------	-------	------	--------

Річний економічний ефект

$$E = З_1 - З_2$$

46554	229804	183250
-------	--------	--------

Строк окупності

$$T_{ок} = (K_2 - K_1) / (C_1 - C_2)$$

1,521	177589,20	95096	97216,01	42977,00
-------	-----------	-------	----------	----------

Висновок: Розрахунки показали, що при заміні двох верстатів 16К20 на токарний з ЧПК LB200 OKUMA отримали економічний ефект 46554 грн. Строк окупності вкладень 1,5 роки.

4.2 Проектування механічного цеху

1. Вихідні дані для проектування.

Таблиця 4.1 – Вихідні данні для проектування

Найменування деталі та матеріал	Програма випуску, шт./рік	$T_{шт.к.}$, хв.	Габарит та вага деталі	Найменування виробу
шпиндель	200	79,41	Ø 86× 223,5	Обертач перфатора

2. Розрахунок трудомісткості виготовлення деталей:

$$T_P = T_{шт.к.} \cdot N \quad (4.1)$$

де $T_{шт.к.}$ – штучно – калькуляційний час операції, (г).

N – програма випуску, (шт).

Розрахунки по визначенню трудомісткостей виготовлення деталей зведемо в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунки трудомісткості виготовлення деталей

Верстат	Операція	$T_{шт.к.}$, хв.	T_P , хв.	T_P , год.
1	2	3	4	5
шпиндель				
LB200 OKUMA	Токарна з ЧПК	11,9	2383	39,71
LB200 OKUMA	Токарна з ЧПК	3,47	654	10,9

1	2	3	4	5
Gleason Genesis 200	Зубофрезерна	2,43	486	8,1
HAAS VF3	Фрезерна з ЧПК	3,78	756	12,6
7A412	Довбальна	2,32	464	7,73
HAAS VF3	Фрезерна з ЧПК	3,78	756	12,6
Bernardo DM20 Vario	Вертикально -свердлильна	18,12	3624	60,4
Studer S131	Внутрішліфувальна	17,45	3490	58,1
GA GP25T OKUMA	Круглошліфувальна	12,57	2514	41,9
WALTER Helitronic	Зубошліфувальна	3,59	718	11,9
	Всього	79,41	15882	264,7

3.Визначення складу і кількості основного технологічного обладнання

Перед розрахунком обладнання в цеху об'єднуємо деякі операції , які виконуються на верстатах однакових моделей одного типу, для збільшення коефіцієнта завантаження обладнання.

Визначення складу і кількості основного технологічного устаткування для шатуна виконуємо за формулою

$$S_p = \frac{T_p}{F_D \cdot m \cdot \eta_3} \quad (4.2)$$

Для верстата моделі LB200 OKUMA – $S_p = 39,71/2030 \times 0,8 = 0,024$

$F_D = 2030$ $m = 1$ $\eta_3 = 0,8$

Приймаємо 1 верстат моделі LB200 OKUMA

Визначаємо коефіцієнт завантаження верстатів:

$$\eta = \frac{S_p}{S_{II}} \cdot 100\% \quad (4.3)$$

Для верстата моделі моделі LB200 OKUMA – $\eta = \frac{0,74}{1} \cdot 100\% = 74\%$

Результати розрахунків зводяться в таблицю 9.3.

Таблиця 4.3 – Склад основного технологічного обладнання

Верстат		T_p , год.	S_p	S_{II}	$\eta_{заг}$, %
1	2	3	4	5	6
LB200 OKUMA	Токарна з ЧПК	39,71	0,74	1	0,12

1	2	3	4	5	6
LB200 OKUMA	Токарна з ЧПК	10,9	0,06	1	6
Gleason Genesis 200	Зубофрезерна	8,1	0,06	1	6
HAAS VF3	Фрезерна з ЧПК	12,6	0,2	1	20
7A412	Довбальна	7,73	0,38	1	38
HAAS VF3	Фрезерна з ЧПК	12,6	0,39	1	39
Bernardo DM20 Vario	Вертикально -свердлильна	60,4	0,15	1	15
Studer S131	Внутрішліфувальна	58,1	0,09	1	9
GA GP25T OKUMA	Круглошліфувальна	41,9	0,025	1	3
WALTER Helitronic	Зубошліфувальна	11,9	0,014	1	7
Всього				10	

Середній коефіцієнт завантаження визначаємо за формулою:

$$\eta_3^{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n \eta_3}{n} \quad (4.4)$$

$$\eta_3^{cp} = 8\%$$

До нормативного коефіцієнта завантаження до завантажуюмо проектуємий цех деталями іншими деталями .

4.Розрахунок кількості верстатників даної професії виконується за формулою:

$$R_o = \frac{T_p}{F_r \cdot k_m} \quad (4.5)$$

Число працівників приймаємо найближчим більшим цілим числом.

Розрахунки заносимо в таблицю 4.4.

Таблиця 4.4 – Кількість основних працюючих

Верстат	T_p , год.	K_M	Кількість працюючих		
			Розрахун- кова	Прийнята	Професія
1	2	3	4	5	6
LB200 OKUMA	39,71	1	0,66	1	Оператор ЧПК

1	2	3	4	5	6
LB200 OKUMA	10,9	1	0,05	1	Оператор ЧПК
Gleason Genesis 200	8,1	1	0,05	1	Фрезерувальник
HAAS VF3	12,6	1	0,21	1	Оператор ЧПК
7A412	7,73	1	0,18	1	Довбальник
HAAS VF3	12,6	1	0,19	1	Оператор ЧПК
Bernardo DM20 Vario	60,4	1	0,14	1	Сверловщик
Studer S131	58,1	1	0,08	1	Шліфовщик
GA GP25T OKUMA	41,9	1	0,02	1	Шліфовщик
WALTER Helitronic	11,9	1	0,012	1	Шліфовщик
Всього				10	

Кількість основних працюючих – 10 чоловіка.

Число допоміжних працівників складає 25% від кількості виробничих працюючих:

Результати розрахунків зводимо у таблицю 4.5.

Таблиця 4.5 – Зведена відомість загальної кількості працівників цеху

Категорія працюючих		Всього	В %-му відношенні від кількості основ- них працюючих	по змінам І зміна
1		2	3	4
Виробничі працівники:		10	100	10
Допоміжні працівники	ВТК	1	40	4
	Наладчики	2		
	Транспортні працівники	1		
І Т П		2	20	2
Всього		16		16

5.Компонування і планування виробничих площ цеху. Визначення верстатної площі. Визначення допоміжних площ.

Площу, займану верстатами, укрупнено визначаємо виходячи з кількості основного устаткування і його габаритів у плані:

$$S = n \cdot S_c \quad (4.6)$$

де n – кількість верстатів, шт;

					КНУ.КБР.131.26.1-01.04.ОЕП	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

S_c – площа, зайнята верстатом, m^2 ; (питома площа для верстата та для його обслуговування, що складає для мілких верстатів 10...15 m^2 , для середніх верстатів 15...25 m^2 ; для крупних 30...45 m^2 на один верстат).

$$S = 12 \times 45 + 3 \times 40 + 3 \times 30 + 2 \times 50 = 850 \text{ } m^2$$

6. Загальна структура та інфраструктура дільниці

Проектна дільниця верстатів із ЧПК інтегрована до складу механоскладального цеху, що дає змогу централізувати більшість обслуговуючих та допоміжних підрозділів на загальновиробничому рівні. Цехова інфраструктура об'єднує склади для зберігання заготовок, готових виробів і комплектувальних деталей, інструментальне та заточне господарство, а також службу технічного контролю. Крім того, тут зосереджені підрозділи головного механіка й енергетика, склад паливно-мастильних матеріалів, компресорна станція та спеціалізована дільниця для приготування змащувально-охолоджувальних рідин. Така концентрація допоміжних процесів суттєво підвищує їхню спеціалізацію, ліквідує дублювання обладнання та дозволяє максимально раціонально розпоряджатися наявними виробничими площами.

7. Система збору та видалення металевої стружки

Специфіка роботи дільниці вимагає чіткого планування допоміжних процесів, оскільки вони безпосередньо впливають на безперервність виробництва, продуктивність праці та зменшення логістичних втрат часу під час переміщення вантажів. Зокрема, у механоскладальному цеху впроваджено частково механізовану схему очищення від відходів обробки. Вона передбачає, що робітники вручну завантажують стружку від верстатів у накопичувальну тару, яку згодом мостовий кран транспортує до переробного відділення.

Оскільки обсяги металевих відходів порівняно невеликі, впроваджувати повністю автоматизовані транспортні системи економічно недоцільно. Протягом стандартної восьмигодинної зміни кількість стружки залишається в межах норми, тому її вивезення з території дільниці здійснюється лише один раз за зміну. Для тимчасового зберігання цих відходів передбачено спеціальні місця під два контейнери розміром 3,0 × 3,0 × 3,0 м. Застосування такої контейнерної системи позитивно впливає на санітарно-гігієнічні умови, підвищує рівень безпеки праці та спрощує подальшу утилізацію металобрухту.

8. Організація міжопераційного контролю

Безпосередньо між металообробними верстатами заплановано розміщення контрольних площадок, які призначені для проведення проміжного контролю точності обробки деталей, а також для їхнього тимчасового складування перед наступними технологічними кроками. Своєчасний моніторинг геометричних параметрів дозволяє оперативно виявляти відхилення на ранніх етапах, запобігати накопиченню браку та підтримувати стабільність усього технологічного процесу.

На дільниці передбачено дві такі контрольні зони, а габарити кожної з них становлять 2,5 × 2,5 м. Кількість і площа цих локацій розраховані на основі обсягів

					КНУ.КБР.131.26.1-01.04.ОЕП	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

затвердженої виробничої програми, специфіки номенклатури деталей та інтенсивності внутрішньоцехових матеріальних потоків.

9.Транспортно-логістичне забезпечення дільниці

Проектування транспортної мережі дільниці базується на детальному аналізі конструкції, маси, габаритів та обсягів випуску деталей і заготовок. З урахуванням цих параметрів підбирається оптимальний комплекс підйомно-транспортних машин для внутрішньоцехового та міжцехового переміщення вантажів. Рациональний вибір обладнання дозволяє мінімізувати логістичні витрати, скоротити тривалість виробничого циклу й підвищити загальну ефективність роботи всього підрозділу.

Підсумкові технічні характеристики та показники обраного устаткування наведені у таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Показники транспортного устаткування цеху

Група обладнання	Кількість	Тип, модель	Вантажо-підйомність, т	Габаритні розміри, м
1. Кран мостовий	1	Кран мостовий	20	18х4
2. Кран консольний стаціонарний поворотний	1	СКПЗ1 5921	3,2	Висота підйому 4 м, висота крюка 4 м
3. Електрокара транспортна	1	ЕКТ-01	1	2,8х1,2х1,5

Дільниця розташована в механоскладальному цеху. З урахуванням усіх факторів, впливаючих на вибір типа конструкції та розмірів виробничої будівлі, прийнята наступна схема будівлі:

Приймаємо рекомендовану сітку колон для середнього машинобудування $L \times l = 48 \times 18$ м.

Висота будівлі $H = 18$ м;

Довжина будівлі 60 м; крок колон по периметру будівлі дорівнює 6 м.

Площа цеху становить 864 м² з урахуванням розвитку виробництва.

Будівля одноповерхова з добудовою для побутових та адміністративних приміщень (на плані цеха не показуємо).

Креслимо план цеху у масштабі 1:100.

4.3 Охорона праці та ергономіка в механічному цеху

4.3.1. Ергономічний аналіз системи «людина – машина – середовище» при обробці шпинделя обертача перфоратора

Процес механічної обробки шпинделя обертачаперфоратора в умовах малосерійного виробництва характеризується значною кількістю переналагоджень обладнання, використанням різноманітного різального та вимірювального інструменту, а також необхідністю постійного контролю точності розмірів. У цих умовах ергономічна організація робочого місця є визначальним фактором збереження працездатності та запобігання виробничому травматизму.

Основними вимогами до металорізального обладнання (токарних, фрезерних та шліфувальних верстатів) є його безпека для здоров'я на всіх стадіях експлуатації, надійність та зручність обслуговування. Ергономічний аналіз робочого місця верстатника передбачає оцінку фізичних, хімічних та біологічних факторів, що впливають на ефективність системи «людина – машина».

4.3.2. Ергономічні вимоги до конструкції металорізального обладнання

Для забезпечення безпечної та комфортної роботи при обробці деталей типу «вал» (шпиндель), верстати повинні відповідати таким вимогам[12,13]:

1)Органи керування: Рукоятки, маховики та кнопки мають бути розміщені в зоні досяжності рук оператора (від 600 до 1600 мм від підлоги). Органи аварійного відключення повинні мати форму грибка, бути пофарбовані в червоний колір і розміщуватися в місцях, що виключають випадкове натискання, але забезпечують миттєвий доступ.

2)Захисні пристрої:Зона різання повинна бути закрита захисними екранами зі сталініту або триплексу, що дозволяють спостерігати за процесом без ризику травмування відлітаючою стружкою. У верстатах з ЧПК обов'язковою є наявність блокувальних пристроїв, які унеможливають роботу при відкритих захисних дверцятах.

3)Затискні пристрої: Пристрої для кріплення заготівель (патрони, центри) повинні мати тверді упори та обмежувачі, що запобігають вильоту затискних елементів під дією відцентрових сил.

4)Візуальна інформація: Екрани моніторів (для верстатів з ЧПК) та шкали вимірювальних пристроїв мають бути розташовані на рівні очей верстатника з урахуванням кута огляду, що мінімізує напруження м'язів шиї та органів зору.

5) Організація робочого місця в умовах малосерійного виробництва

Малосерійне виробництво вимагає універсальності робочого місця. Організація простору повинна забезпечувати:

1. Раціональну робочу позу: Оптимальною вважається вільна поза, яка дозволяє чергувати роботу стоячи та сидячи (за допомогою регульованих за висотою сидінь-опор), що знижує загальну втомлюваність організму.

2. Розміщення устаткування: Фронт верстатів повинен бути прямолінійним, що забезпечує безпеку проходів та зручність транспортування заготівель шпинделів між операціями.

					КНУ.КБР.131.26.1-01.04.ОЕП	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

3. Систему освітлення: Окрім загального освітлення цеху, обов'язковим є місцеве освітлення зони різання. Світильник місцевого освітлення варто розташовувати під захисним екраном для усунення відблисків та забезпечення чіткої видимості оброблюваної поверхні шпинделя. Відсутність місцевого освітлення є суттєвим порушенням вимог безпеки.

4. Захист від небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

При обробці металів різанням виникають такі фактори, як шум, вібрація та виділення мастильно-охолоджувальних рідин (МОР).

Шум та вібрація: Для зниження рівня шуму (норма до 80 дБА) використовують звукоізолюючі кожухи та вібропоглинаючі опори верстатів.

5.Мастильно-охолоджувальні рідини:Верстати повинні бути обладнані піддонами та коритами для збору МОР, що запобігає їх розливанню на підлогу та створенню травмонебезпечних ситуацій. Системи подачі МОР повинні виключати розбризкування рідини на оператора.

6.Видалення відходів: Використання пилостружкоприймачів зі швидкістю всмоктування повітря, що вдвічі перевищує швидкість польоту стружки, дозволяє ефективно очищувати робочу зону та захищати органи дихання.

Висновки:Дотримання ергономічних вимог при проектуванні технологічного процесу виготовлення шпинделя перфатора дозволяє мінімізувати ризик професійних захворювань та травматизму. Пріоритетним є створення умов, за яких працівник може виконувати складні виробничі завдання, зберігаючи здоров'я та високу продуктивність праці протягом усієї зміни. Пріоритетність життя та здоров'я працівника стосовно результатів виробничої діяльності є базовим принципом охорони праці в Україні.

					КНУ.КБР.131.26.1-01.04.ОЕП	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній випускній роботі бакалавра виконано комплекс завдань із конструкторсько-технологічної підготовки виробництва (КТПВ) відповідальної деталі «Шпindelь обертача перфторатора». Усі етапи проектування реалізовано із застосуванням сучасних передових CAD/CAM-технологій, що дозволило досягти високої точності, оптимізувати виробничі процеси та знизити трудомісткість підготовки.

За результатами виконання роботи можна зробити такі основні висновки:

- Проведено детальний аналіз службового призначення та умов роботи деталі «Шпindel обертача перфторатора», яка працює в умовах значних знакозмінних, крутних та динамічних (ударних) навантажень.
- На основі креслення деталі в середовищі SolidWorks створено точну параметричну тривимірну твердотільну модель шпинделя. Це дозволило детально проаналізувати його геометрію, автоматично розрахувати мас-інерційні характеристики та виключити можливі помилки на етапі проектування.
- Обґрунтовано вибір матеріалу деталі 12ХН3А та метод отримання заготовки — штампування на КГШП, що забезпечило оптимальний коефіцієнт використання металу (КВМ) та сприятливий напрямок волокон матеріалу для підвищення міцності.
- Розроблено прогресивний маршрутно-операційний технологічний процес механічної обробки шпинделя. Маршрут побудовано за принципом концентрації операцій, що є найбільш ефективним для сучасного виробництва.
- Обрано сучасне високотехнологічне обладнання — Токарний LB 200 OKUMA, Зубофрезерний Gleason Genesis 200, Вертикально-свердильний Bernardo BM 20, Зубошліфувальний WALTER Helitronic Vario Фрезерний HAAS VF-3, Внутрішшліфувальний Studer S131, Круглошліфувальний GA|GP25T OKUMA а також прогресивний різальний інструмент із твердосплавними пластинами та зносостійким покриттям.
- Розраховано та оптимізовано режими різання (швидкість, подача, глибина) для кожної технологічної операції, що гарантує виконання вимог щодо шорсткості поверхонь та допусків розмірів, заданих конструктором.
- За допомогою інструментів [назва САМ-системи, наприклад: Mastercam / NX CAM] спроектовано траєкторії руху різального інструменту для критичних операцій обробки шпинделя.

Проведено комп'ютерну симуляцію (верифікацію) процесу видалення матеріалу. Це дозволило перевірити закладений технологічний процес на відсутність зарізів деталі, колізій (зіткнень інструменту з елементами верстата чи оснащення) та оптимізувати траєкторії «холостих» ходів.

За допомогою відповідного постпроцесора автоматично згенеровано керуючі програми (G-коди) для верстатів із ЧПК, які повністю готові до перенесення на стійку керування обладнанням.

Загальний підсумок: Впровадження наскрізного проектування в інтегрованому середовищі CAD/CAM систем дозволило скоротити терміни конструкторсько-технологічної підготовки виробництва деталі «Шпиндель обертача перфатора» порівняно з традиційними методами, мінімізувати вплив «людського фактору» та забезпечити стабільно високу якість виготовлення виробів у рамках серійного виробництва. Результати роботи мають практичну цінність і готові до реалізації на машинобудівних підприємствах відповідного профілю.

					КНУ.КБР.131.26.1-01.В					
Змін	Архв	№	Підпис	Дат						
Розроб.	Бельгер				ВИСНОВКИ			Лім.	Арк.	Аркншів
Перевір.	Цивінда									
Н. контр.	Нечаєв							Кафедра ТМ гр. ПМ-22		
Затверд.	Рязаниев									

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 7806:2015 Прокат з легованої конструкційної сталі
2. ДСТУ EN 10250-1:2008 Поковки сталеві ковані для машинобудування
3. ДСТУ 2500-94 Основні норми взаємозамінності. Єдина система допусків та посадок. Терміни та визначення. Позначення та загальні норми.
4. ДСТУ 2413-94 Основні норми взаємозамінності. Шорсткість поверхні.
5. ДСТУ 2498-94 Основні норми взаємозамінності. Допуски форми та розташування поверхонь. Терміни та визначення
6. Методичні вказівки з курсу “Технологія машинобудування” до практичної роботи “Аналіз технологічності конструкції виробу та деталі при проектуванні технологічних процесів”, для здобувачів спеціальності 131 Прикладна механіка денної та заочної форми навчання /Цивінда Н.І. - Кривий Ріг: КНУ, 2024.
7. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. Навч. посібник - К.: Вища шк. 1993р. - 414с.
8. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок - Львів, Світ, 1996.
9. ДСТУ 3.1107-81. Базування та бази в машинобудуванні.
10. Технологія машинобудування Горбатюк Е.О. Мазур М.П., Зєнкін А.С., Каразей В.Д. Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-360 с.
11. Технологія обробки типових деталей (курсове проектування) Григурко О.І, Брендуля МФ., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008, 576 с.
12. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці: Підручник. – Львів: Афіша, 2005. – 352 с.
13. Дементій Л. В., Гончарова С. А. Охорона праці в механічних та складальних цехах: Навч. посібник. – Краматорськ: ДДМА, 2005. – 312 с.

					КНУ.КБР.131.26.1-01.СВД			
Змін	Анкв	№	Підпис	Лат	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ			
Розроб	Бельгер							
Перевір	Цивінда							
Н. кінтп	Нечипя							
Затверд	Рязанцев				Кафедра ТМ зп. ПМ-22			

ДОДАТОК

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

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-
ЗАСВІДЧУЮЧИХ АРКУШІВ**

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва
деталі «Шпindelь обертача перфоратора» в середовищі CAD/CAM
систем

Виконав здобувач гр. ПМ-22

(підпис)

Матвій БЕЛЬГЕР

Керівник КБР

(підпис)

Наталія ЦИВІНДА

Нормоконтроль

(підпис)

Василь НЕЧАСВ

Завідувач кафедри

(підпис)

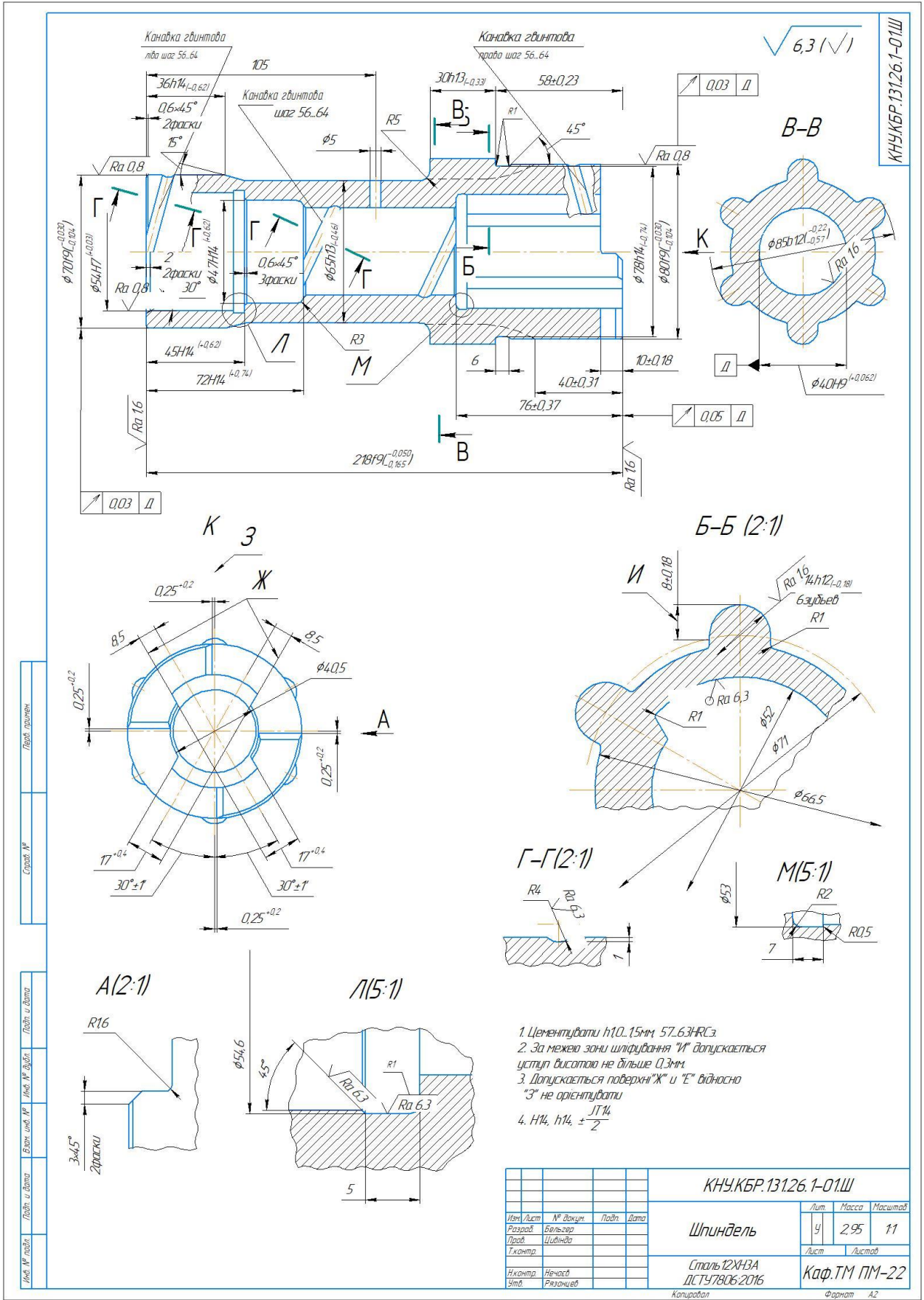
Антон РЯЗАНЦЕВ

Кривий Ріг
2026 р.

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №	A4								
						Графічна частина			
	A2				КНУ.КБР.131.1-01КШ	Креслення шпинделя	1		
	A2				КНУ.КБР.131.1-01КЭШ	Креслення заготовки шпинделя	1		
	A3								
					КНУ.КБР.131.1-01КТН	Креслення технологічних-іналагоджень на шпиндель	2		
	A2				КНУ.КБР.131.1-01КВП	Креслення верстатного пристосування	1		
	A1								
					КНУ.КБР.131.1-01ККП	Креслення контрольного пристосування	1		
Подп. и дата	A1				КНУ.КБР.131.1-01КПМ	Креслення плану механоскладального цеху	1		
	A1								
Взам. инв. №									
Подп. и дата									
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	КНУ.КБР.131.26.1-11.ВОКБР			
	Разраб.	Бельгер				Відомість електронних документів КБР	Лист.	Лист	Листов
	Пров.	Цибінда						1	2
		Н.контр.	Нечасов				каф.ТМ		
	Утв.	Рязанцев				ПМ-22			

Копіював

Формат А4



КНУ.КБР.13126.1-01.ШШ

Перв. причес

Спроб. №

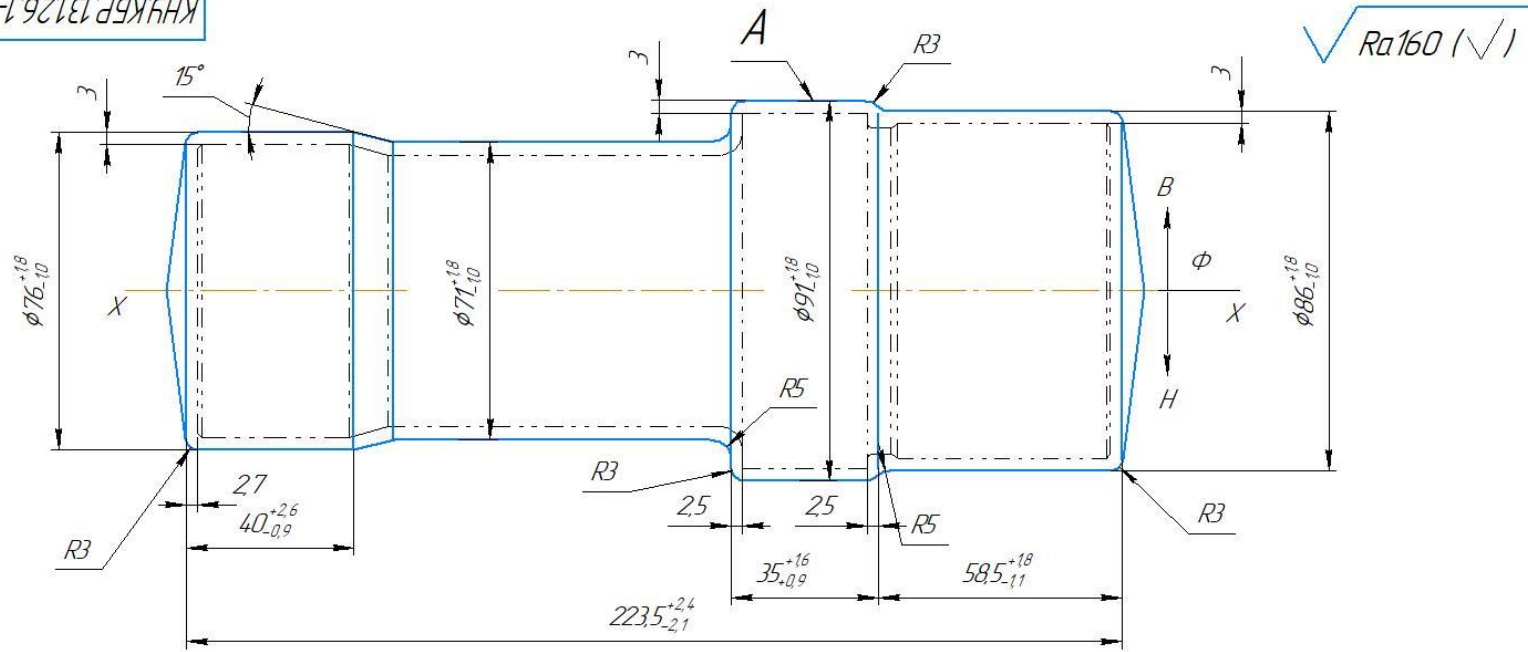
Підп. и дата

Підп. и дата

Взам. инв. №

Підп. и дата

Инв. № подл.



1. Можлива заміна на сталь 12ХН2 ДСТУ 7806:2016
2. Відхилити до твердості НВ 220...235.
3. Поверхню заготовки дробеструїти.
4. Твердість виміряти на поверхні А.
5. Клас точності Т4, група складності С2, марка матеріалу сталь 12ХН3А ДСТУ 7806:2016, вихідний індекс 14.
6. Допускаєма величина зміщення штампуну не повинна перевищувати 0,5мм.
7. Допускаєма величина відхилення від площинності та прямолінійності 0,9мм.
8. Допускаєма величина остаткового облою 0,5мм.
9. Допускаєма величина висоти заусенців 1,2мм.

10. Невказані штамповочні ухили 7°.
11. На поверхні допускаються раковини φ5мм, глибина не більше 0,5мм.
12. Контролювати 20% заготовок.

КНУ.КБР.13126.1-01.ШШ					
Ізм./Лист	№ док-м.	Підп.	Дата	Шпиндель (поковка штампована)	
Разрб.	Бельгер				
Проб.	Цибінда			Лит.	
Т.контр.				Лист	
Н.контр.	Нечасб.			Лист	
Утв.	Рязанцев			Лист	
Сталь 12ХН3А ДСТУ 7806:2016				каф.ТМ ПМ-22	

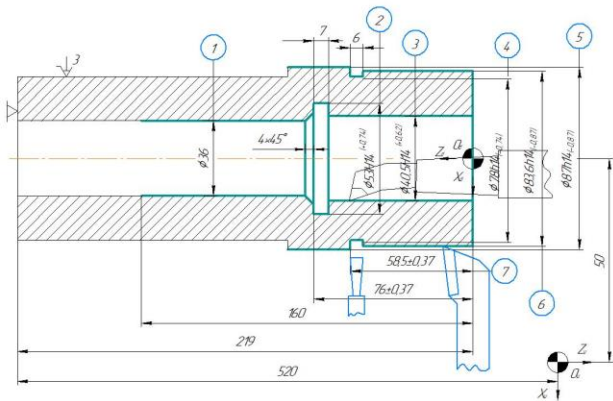
Копировал

Формат А3

КНУКБР.131.26.1-01.17141

Операция 005. Токарня з ЧПК
Токарний LB 200 OKUMA
Переходи 1,2,3,4,5,6,7
I установ

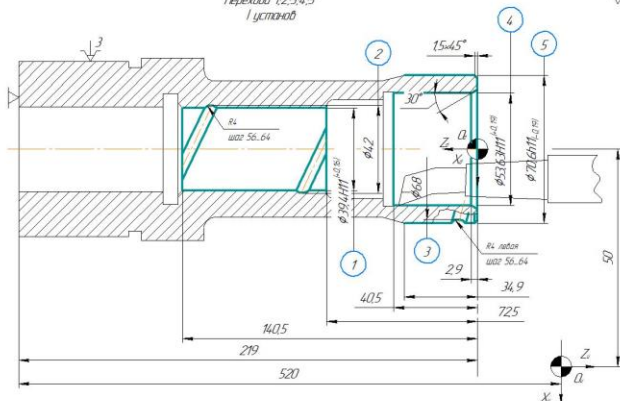
$\sqrt{Rz 12.5}$



Точки под 4	125.1	560	6	0.82	0.28
Найменування переходу	V	n	f	s	To
	м/хб	об/хб	мм	мм/об	хб

Операция 010. Токарня з ЧПК
Токарний з ЧПК LB 200 OKUMA
Переходи 1,2,3,4,5
I установ

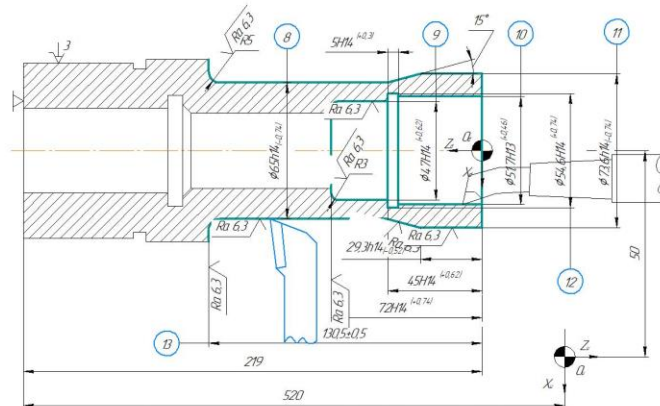
$\sqrt{Rz 3.2}$



Розрахунок гвинтового каналу	14.0	0.41	1	14.00	0.06
Найменування переходу	V	n	f	s	To
	м/хб	об/хб	мм	мм/об	хб

Операция 005. Токарня з ЧПК
Токарний з ЧПК LB 200 OKUMA
Переходи 8,9,10,11,12,13
II установ

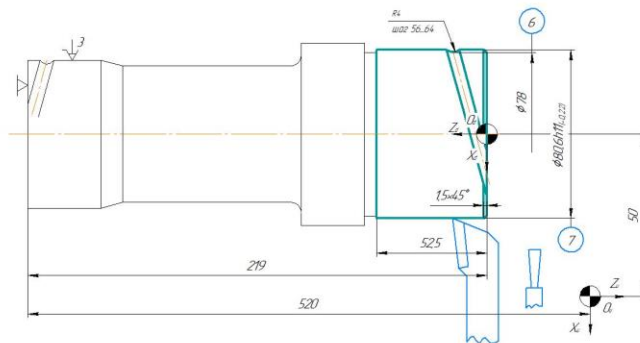
$\sqrt{Rz 12.5}$



Точки под 10	120	500	1	0.84	0.25
Найменування переходу	V	n	f	s	To
	м/хб	об/хб	мм	мм/об	хб

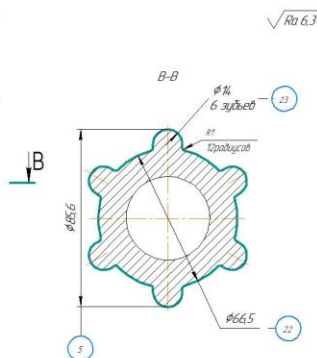
Операция 010. Токарня з ЧПК
Токарний з ЧПК LB 200 OKUMA
Переходи 6,7
II установ

$\sqrt{Rz 3.2}$



Точки под 7	100	400	1	0.74	0.17
Найменування переходу	V	n	f	s	To
	м/хб	об/хб	мм	мм/об	хб

КНУКБР.131.26.1-01.17141					Лист	Листов	Листов
Технологічне налагодження шпинделя					у	-	-
Код ПМ ПМ-22					Лист	Листов	Листов
Корпус					Формат А1		



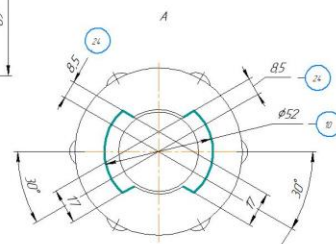
Фрезерувати зуби	17,27	50		Q12	Q65
Найменшання переходу	V	n	t	s	T _{шт}
	м/хб	об/хб	мм	мм/об	хб

Деталь 74.42
из стали

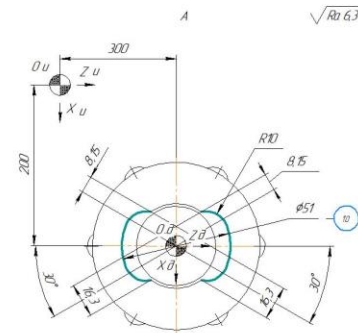
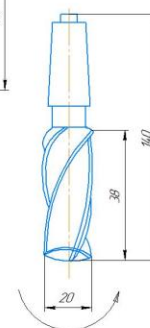
249

69

74.42



Добавить поз	456		6	0,12	252
Наименования переходу	V м/хб	n об/хб	f мг	S _м мм/об	T _{шт} хб

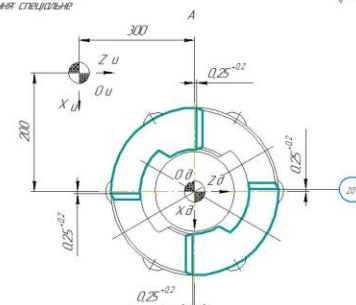


Фрезерувати паз	314	500	575	Q08	444
Найменування переходу	V м/х0	n а0/х0	t мм	s мм/а0	Тш х0

Technical drawing of a mechanical part, likely a shaft or pipe, showing dimensions and coordinate systems. The drawing includes a side view and a cross-sectional view.

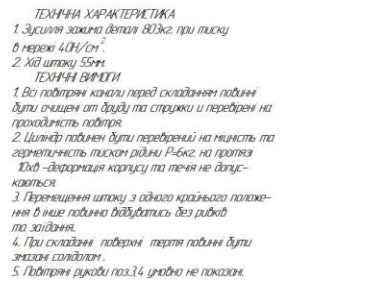
Dimensions:

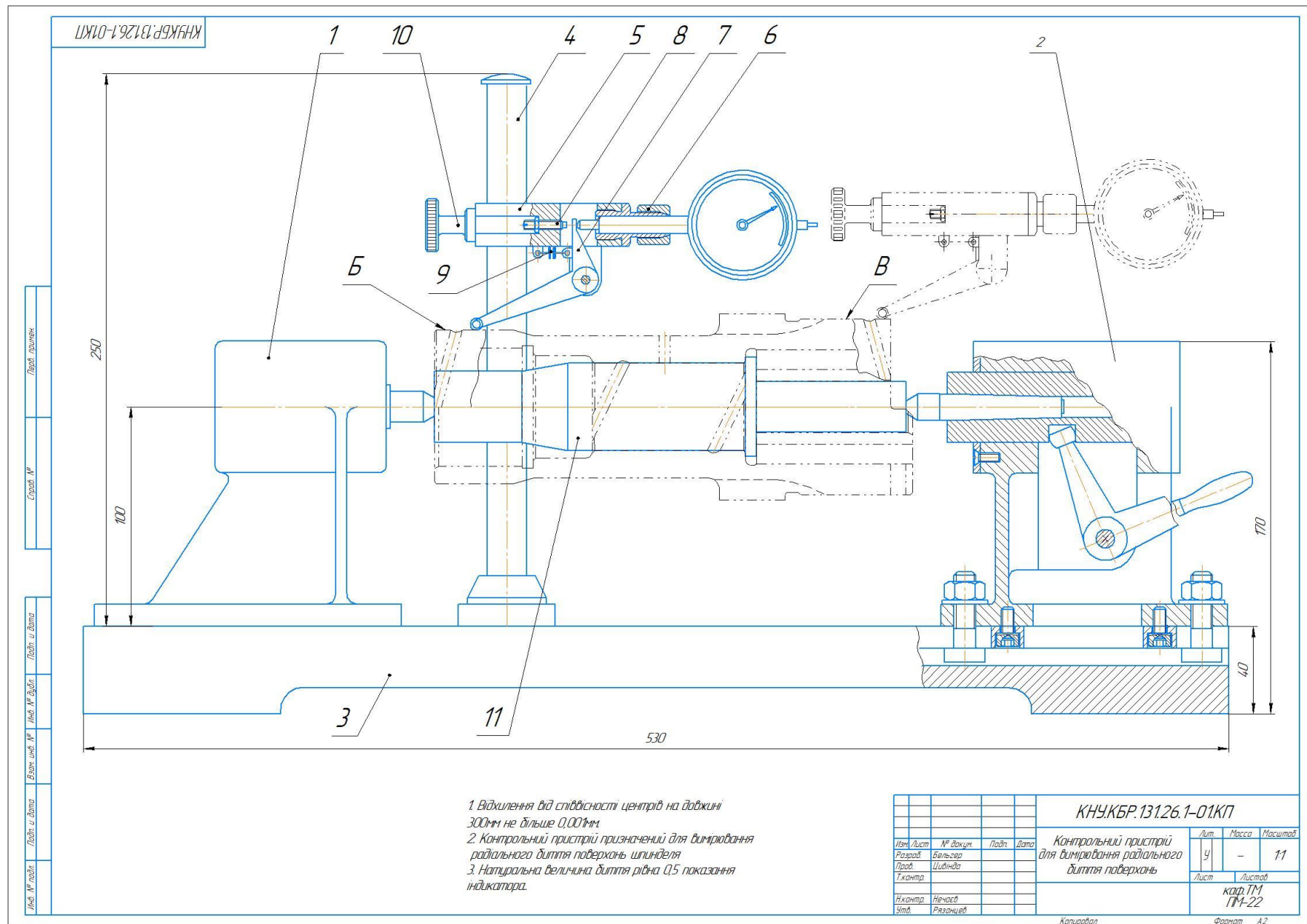
- Overall length: 360
- Distance from the left end to the first step: 270
- Radius of the first step: $R45$
- Radius of the second step: $R30$
- Radius of the third step: $R10$
- Radius of the fourth step: $R5$
- Radius of the fifth step: $R2.5$
- Radius of the sixth step: $R1.5$
- Radius of the seventh step: $R0.8$
- Radius of the eighth step: $R0.4$
- Radius of the ninth step: $R0.2$
- Radius of the tenth step: $R0.1$
- Radius of the eleventh step: $R0.05$
- Radius of the twelfth step: $R0.025$
- Radius of the thirteenth step: $R0.0125$
- Radius of the fourteenth step: $R0.00625$
- Radius of the fifteenth step: $R0.003125$
- Radius of the sixteenth step: $R0.0015625$
- Radius of the seventeenth step: $R0.00078125$
- Radius of the eighteenth step: $R0.000390625$
- Radius of the nineteenth step: $R0.0001953125$
- Radius of the twentieth step: $R0.00009765625$
- Radius of the twenty-first step: $R0.000048828125$
- Radius of the twenty-second step: $R0.0000244140625$
- Radius of the twenty-third step: $R0.00001220703125$
- Radius of the twenty-fourth step: $R0.000006103515625$
- Radius of the twenty-fifth step: $R0.0000030517578125$
- Radius of the twenty-sixth step: $R0.00000152587890625$
- Radius of the twenty-seventh step: $R0.000000762939453125$
- Radius of the twenty-eighth step: $R0.0000003814697265625$
- Radius of the twenty-ninth step: $R0.00000019073486328125$
- Radius of the thirtieth step: $R0.000000095367431640625$
- Radius of the thirty-first step: $R0.0000000476837158203125$
- Radius of the thirty-second step: $R0.00000002384185791015625$
- Radius of the thirty-third step: $R0.000000011920928955078125$
- Radius of the thirty-fourth step: $R0.0000000059604644775390625$
- Radius of the thirty-fifth step: $R0.00000000298023223876953125$
- Radius of the thirty-sixth step: $R0.000000001490116119384765625$
- Radius of the thirty-seventh step: $R0.0000000007450580596923828125$
- Radius of the thirty-eighth step: $R0.00000000037252902984619140625$
- Radius of the thirty-ninth step: $R0.000000000186264514923095703125$
- Radius of the fortieth step: $R0.0000000000931322574615478515625$
- Radius of the forty-first step: $R0.00000000004656612873077392578125$
- Radius of the forty-second step: $R0.000000000023283064365386962890625$
- Radius of the forty-third step: $R0.0000000000116415321826934814453125$
- Radius of the forty-fourth step: $R0.00000000000582076609134674072265625$
- Radius of the forty-fifth step: $R0.000000000002910383045673370361328125$
- Radius of the forty-sixth step: $R0.0000000000014551915228366851806640625$
- Radius of the forty-seventh step: $R0.00000000000072759576141834259033203125$
- Radius of the forty-eighth step: $R0.000000000000363797880709171295166015625$
- Radius of the forty-ninth step: $R0.0000000000001818989403545856475830078125$
- Radius of the fiftieth step: $R0.00000000000009094947017729282379150390625$
- Radius of the fifty-first step: $R0.000000000000045474735088646411895751953125$
- Radius of the fifty-second step: $R0.0000000000000227373675443232059478759765625$
- Radius of the fifty-third step: $R0.00000000000001136868377216160297393798828125$
- Radius of the fifty-fourth step: $R0.000000000000005684341886080801486968994140625$
- Radius of the fifty-fifth step: $R0.0000000000000028421709430404007434844970703125$
- Radius of the fifty-sixth step: $R0.00000000000000142108547152020037174224853515625$
- Radius of the fifty-seventh step: $R0.000000000000000710542735760100185871124267578125$
- Radius of the fifty-eighth step: $R0.0000000000000003552713678800500929355621337890625$
- Radius of the fifty-ninth step: $R0.00000000000000017763568394002504646778106689453125$
- Radius of the sixtieth step: $R0.000000000000000088817841970012523233890533447265625$
- Radius of the sixty-first step: $R0.0000000000000000444089209850062616169452667236328125$
- Radius of the sixty-second step: $R0.00000000000000002220446049250313080847263336181640625$
- Radius of the sixty-third step: $R0.000000000000000011102230246251565404236316680908203125$
- Radius of the sixty-fourth step: $R0.0000000000000000055511151231257827021118158404541015625$
- Radius of the sixty-fifth step: $R0.00000000000000000277555756156289135105590792022705078125$
- Radius of the sixty-sixth step: $R0.000000000000000001387778780781445675527953960113525390625$
- Radius of the sixty-seventh step: $R0.0000000000000000006938893903907228377639769800567626953125$
- Radius of the sixty-eighth step: $R0.00000000000000000034694469519536141888198849002838134765625$
- Radius of the sixty-ninth step: $R0.000000000000000000173472347597680709440994245014190673828125$
- Radius of the seventieth step: $R0.0000000000000000000867361737988403547204971225070953369140625$
- Radius of the seventy-first step: $R0.00000000000000000004336808689942017736024856125354766845703125$
- Radius of the seventy-second step: $R0.000000000000000000021684043449710088680124280626773834228515625$
- Radius of the seventy-third step: $R0.0000000000000000000108420217248550443400621403133869171142578125$
- Radius of the seventy-fourth step: $R0.00000000000000000000542101086242752217003107015669345857126953125$
- Radius of the seventy-fifth step: $R0.000000000000000000002710505431213761085015535078334672885634765625$
- Radius of the seventy-sixth step: $R0.0000000000000000000013552527156068805425077675391673364428173828125$
- Radius of the seventy-seventh step: $R0.00000000000000000000067762635780344027125388376958366822140869140625$
- Radius of the seventy-eighth step: $R0.000000000000000000000338813178901720135626941884791834110704345$

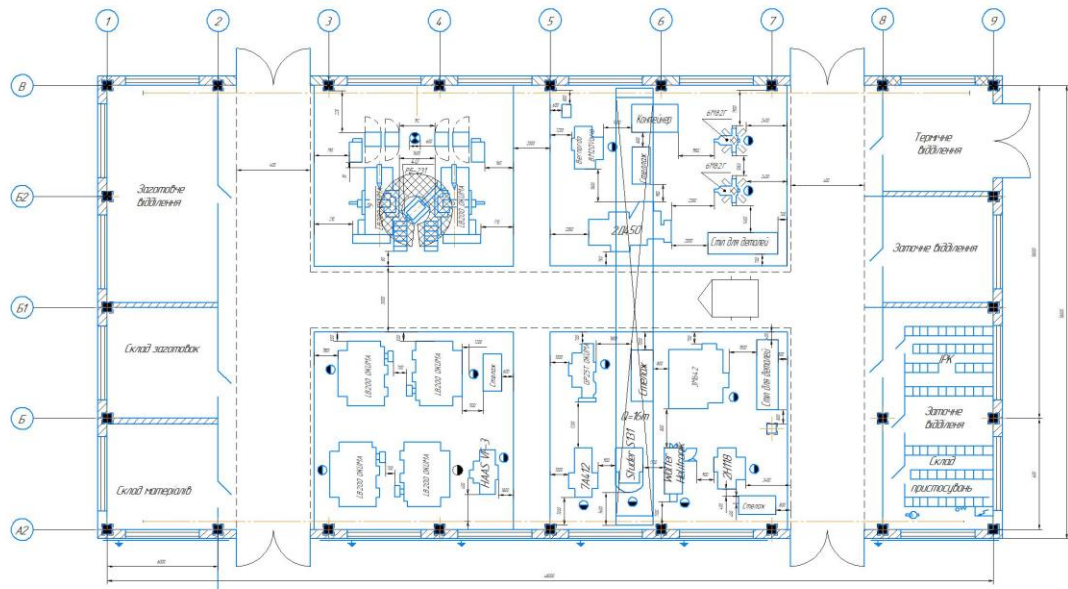


Фрезерувати виступ	34,7	315	35	0,07	0,44
Найменшування переходу	V м/хб	n об/хб	f мм	s мм/об	$T_{ш}$ хб

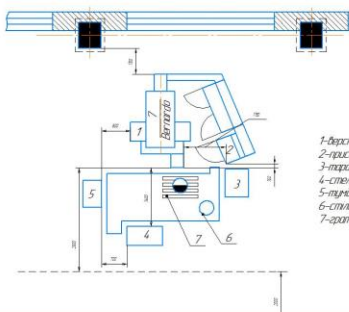
						КНУКБР.131.26.1-01ТШ			
Изм. Вер.	М. докум.	Подп.	Дата	Техническое исполнение шпинделя			Изм.	Масштаб	Масштаб
Разработ.	Специаль.						у	-	-
Проект.	Специаль.								
Конструктор	Проектир.						Изм.	Измощ	
Исполн.	Проектир.						кар. ТМ ПТ-22		
				Копировать			Формат А1		

[illegible]





План робочого місця оператора
сверлильного верстата Bernarda
(150)



- 1-верстат
- 2-пристрій ЧПК
- 3-підставка для заготовки
- 4-стелаж-підставка
- 5-підставка інструментальна
- 6-стілець
- 7-протектор

КНУКБР.131.26-1-01ПМЦ				Лист	Рисунка	Масштаб
План механічного цеху				91	-	1:100
Код ТМ				Згідно з ТМ		
Згідно з ТМ				Формат А1		

