

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 «Вал насоса масляного» в середовищі CAD/CAM-
технології

Виконав: здобувач групи ЗПМ-22
Сахно В. А.

Керівник випускної роботи:
докт.техн.наук, проф.
Кіяновський М.В.

м.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 «Вал насоса масляного» в середовищі CAD/CAM-
технології

Проектував ст.гр. ЗПМ-22

Вадим САХНО

Керівник роботи

Микола КІЯНОВСЬКИЙ

Нормоконтроль

Василь НЕЧАЄВ

Завідувач кафедри

Антон РЯЗАНЦЕВ

м.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

Студент гр. ЗПМ-22 Вадиму Андрійовичу Сахно

Тема: Конструкторсько-технологічне підготування виробництва деталі «Вал насоса масляного» в середовищі CAD/CAM-технології

1. Керівник проекту д.т.н., проф. Кіяновський М.В.

Тема затверджена наказом по КНУ № 131с від “04” 03 2026 р.

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

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

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

4. Зміст пояснювальної записки:

1. ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

2. РОЗРОБКА ВЕРСТАТНО-ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО

НАЛАГОДЖЕННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ В СЕРЕДОВИЩІ
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. Календарний план:

Етап роботи	Термін виконання
1.ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА 1.1. Службове призначення складального вузла та визначення точності розмірів, що сполучаються 1.2. Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів заміन. 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 заготівлі. 1.7.1.Вибір і техніко – економічне обґрунтування заготовки. 1.7.2.Проектування заготовки. 1.8 Проектування технологічного процесу	До 28.01 2026р.
2 МОДЕЛЮВАННЯ ОПЕРАЦІЇ ТА ПРОГРАМУВАННЯ В СЕРЕДОВИЩІ FEATURERCAM	02.02 2026р.- 20.05.2026р.
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА	з 31.03.2026р.
4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА	до 03.04 2026р.
Попередній захист	10 .06 2026р.

Дата видачі завдання: “08” 01 2026р.

Студент _____ / Сахно В.А./
 Керівник роботи _____ /Кіяновський М.В./

РЕФЕРАТ

Тема кваліфікаційної бакалаврської роботи: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва деталі «Вал масляного насоса» із застосуванням сучасних CAD/CAM-технологій.

- Об'єкт дослідження — процес конструкторсько-технологічної підготовки виробництва деталей класу «тіла обертання» (зокрема валів) у сучасній машинобудівній промисловості.

- Предмет дослідження — методи, алгоритми та інструменти автоматизованого проектування (CAD) і генерації керуючих програм (CAM) для механічної обробки деталей на металорізальному обладнанні з ЧПК.

- Основні завдання роботи

Для досягнення поставленої інженерної мети в роботі було вирішено такі завдання:

1. Аналітичне дослідження: Проаналізувати службове призначення виробу, умови його експлуатації та виконати комплексний аналіз технологічності конструкції деталі.

2. Оптимізація заготовки: Техніко-економічно обґрунтувати вибір вихідної заготовки та методу її отримання для максимального підвищення коефіцієнта використання матеріалу (КВМ) та мінімізації відходів.

3. Проектування техпроцесу: Розробити раціональний маршрутний та операційний технологічний процес механічної обробки вала, що забезпечить задану точність.

4. Вибір оснащення: Здійснити обґрунтований вибір сучасного високоефективного різального та допоміжного інструменту, верстатного обладнання та станочних пристроїв.

5. Автоматизація обробки: Виконати комп'ютерне моделювання процесів обробки в середовищі інтегрованої САМ-системи та згенерувати безпомилкові керуючі програми для верстата з ЧПК.

6. Розрахункова частина: Провести необхідні інженерні розрахунки оптимальних режимів різання, а також технічне нормування штучного й операційного часу.

КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА
ВИРОБНИЦТВА, МАСЛЯНИЙ НАСОС, ВАЛ, ЗАГОТОВКА,
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ЯКІСТЬ ОБРОБКИ, ВЕРСТАТНЕ
ПРИСТОСУВАННЯ, CAD/CAM-ТЕХНОЛОГІЇ, ВЕРСТАТИ З ЧПК

					КНУ.КБР.131.26.3-01.Р			
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат	РЕФЕРАТ	Літ.	Арк.	Архивів
Розроб.	Сахно							
Перевір.	Кіановський							
Н. контр.	Нечаєв							
Затверд.	Рязанцев				Кафедра ТМ зв ЗПМ-22			

ABSTRACT

Topic of the qualification bachelor's thesis: Design and manufacturing engineering for the “Oil Pump Shaft” part using CAD/CAM technologies

- The object of the study is the process of design and technological preparation of the production of parts of the "body of rotation" class (in particular, shafts) in the modern machine-building industry.

- The subject of the study is methods, algorithms and tools of computer-aided design (CAD) and generation of control programs (CAM) for mechanical processing of parts on CNC metal-cutting equipment.

- Main tasks of the work

To achieve the set engineering goal, the following tasks were solved in the work:

1. Analytical study: To analyze the service purpose of the product, the conditions of its operation and to perform a comprehensive analysis of the manufacturability of the part design.

2. Optimization of the workpiece: To technically and economically justify the choice of the initial workpiece and the method of its production in order to maximize the material utilization factor (MUF) and minimize waste.

3. Process design: Develop a rational routing and operational technological process for shaft machining that will ensure the specified accuracy.

4. Equipment selection: Make a reasonable choice of modern high-performance cutting and auxiliary tools, machine tools and machine tools.

5. Processing automation: Perform computer modeling of processing processes in the environment of an integrated CAM system and generate error-free control programs for a CNC machine.

6. Calculation part: Carry out the necessary engineering calculations of optimal cutting modes, as well as technical standardization of part and operating time.

DESIGN AND TECHNOLOGICAL PREPARATION OF
PRODUCTION, OIL PUMP, SHAFT, BLANK, TECHNOLOGICAL
PROCESS, MACHINE QUALITY, MACHINE ADAPTATION, CAD/CAM
TECHNOLOGIES, CNC MACHINE TOOLS.

					<i>КНУ.КБР.131.26.3-01.Р</i>	Арху
Змі	Арху	№	Підпис	Дат		

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №						Документація загальна		
	A4				КНУКБР.131.26.3-01.РПЗ	Пояснительная записка		
	A4				КНУКБР.131.26.3-01.ТП	Технологічний процес виготовлення деталі вал		
	A4					Графічна частина		
			1	КНУКБР.131.26.3-01.НМ	Насос масляний	1		
			2	КНУКБР.131.26.3-01.В	Вал	1		
			3	КНУКБР.131.26.3-01.ВЗ	Вал (заготовка)	1		
			4	КНУКБР.131.26.3-01.ВЗ	Ескізи операцій	2		
Подп. и дата	A1				5 КНУКБР.131.26.3-01.ВЗ	Верстатно-інструментальне налагодження	1	
	A2				6 КНУКБР.131.26.3-01.ВЗ	Прийомання фрезерне	1	
					7 КНУКБР.131.26.3-01.ВЗ	План механічного цеху	1	
	A1							
	A1							
	A1							
	A1							
Взам. инв. №	A1							
	A1							
	A1							
Подп. и дата								
Инв. № подл.								
					КНУКБР.131.26.3-01.ПЗ			
Изм./лист № докум. Подп. Дата					Лит. Лист Листов			
Разрб. Сохно					У 1 2			
Проб. Кіяндовський					Відомість матеріалів кваліфікаційної бакалаврської роботи			
Н.контр. Нечаєв					гр.ЗПМ-22			
Утв. Рязанцев								

Копировал

Формат A4

ЗМІСТ

Вступ

1.ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

1.1. Службове призначення складального вузла та визначення точності розмірів, що сполучаються

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 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 зовнішню(внутрішню) циліндричну поверхню.

1.8.5.2Розрахунок міжопераційних лінійних розмірів.

1.8.5.3Вибір міжопераційних розмірів і припусків на обробку.

1.8.6 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій.

2 МОДЕЛЮВАННЯ ОПЕРАЦІЇ ТА ПРОГРАМУВАННЯ В СЕРЕДОВИЩІ FEATURCSAM

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА

Висновки.

Список використаних джерел.

					КНУ.КБР.131.26.3-01.3				
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат					
Розроб.	Сахно				ЗМІСТ	Лім.	Арк.	Арквшів	
Перевір.	Кіяновський								
Н. контр.	Нечаєв					Кафедра ТМ зп ЗПМ-22			
Затверд	Рязанцев								

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасне машинобудування є фундаментом індустріальної потужності будь-якої держави. У світі, де швидкість виходу продукту на ринок та його якість визначають успіх підприємства, роль конструкторсько-технологічної підготовки виробництва (КТПВ) стає критичною. Сьогодні машинобудування перейшло від епохи «кульманів та ватманів» до концепції Industry 4.0, де центральне місце посідають CAD/CAM технології.

Деталь «Вал насоса масляного» є відповідальним елементом вузлів тертя та систем мащення двигунів або гідравлічних систем. Її надійна робота безпосередньо впливає на ресурс всього агрегату. Використання автоматизованих систем проектування (CAD) та виготовлення (CAM) дозволяє не лише створити ідеальну 3D-модель, а й мінімізувати вплив людського фактора під час написання керуючих програм для верстатів із ЧПК. Це забезпечує високу точність, повторюваність та зниження собівартості, що і визначає актуальність обраної теми.

Мета роботи — розробка раціонального конструкторсько-технологічного процесу виготовлення деталі «Вал насоса масляного» з використанням сучасного програмного забезпечення для підвищення ефективності виробництва та якості виробу.

					КНУ.КБР.131.26.3-01.В				
Змі	Анкв	№	Підпис	Лат	ВСТУП		Літ.	Арк.	Арквшів
Розроб.	Сахно								
Перевір.	Кіяновський								
Н. контр.	Нечаєв						Кафедра ТМ зп ЗГМ-22		
Затверд	Рязанцев								

					КНУ.КБР.131.26.3-01.01.ТПВ					
Змі	Аркв	№	Підпис	Дат	РЕФЕРАТ			Літ.	Арк.	Арквнів
Розроб.	Сахно									
Перевір.	Кіяновський									
Н. контр.	Нечаєв							Кафедра ТМ		
Затверд	Рязанцев							зп ЗПМ-22		

Із порожнини нагнітача олива відводиться через трубу відведення, з'єднану з корпусом імелера телескопічним вузлом.

Труба відведення оливи встановлюється в корпус підшипника та ущільнюється прокладкою. Зовнішнє ущільнення виконано фланцевим з'єднанням із застосуванням ущільнювального кільця, натискного кільця та гайки. Для запобігання самовідгвинчуванню труби використовується стопорний елемент (замок).

Мастило для змащування підшипників подається окремою трубою, через отвори в корпусі підшипників надходить у масляний колектор, а далі через жиклери та розподільний колектор — на доріжки кочення підшипників. Для контролю тиску в розвантажувальній порожнині силової турбіни передбачено вимірювальну трубу.

Відведення та суфлювання оливи з корпусу підшипників здійснюється через зливну трубу.

До масляного насоса висуваються такі основні вимоги:

1. Максимальна частота обертання — 5820 об/хв.
2. Напрямок обертання — лівий згідно з ГОСТ 1630-46.
3. Продуктивність при максимальній частоті обертання, тиску нагнітання 1,96 МПа та тиску на виході 0,049 МПа становить не менше 60000 кг/год.

Умови роботи складального вузла є силовими, що зумовлює підвищені вимоги до точності виготовлення та складання. Відповідно, масляний насос повинен забезпечувати високу міцність, надійність і стабільність роботи в експлуатації.

1.2 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

Вал є складовою частиною масляного насоса, який призначений для подачі мастильної оливи в систему змащування газоперекачувального агрегату ГПА-10. Обертання насоса здійснюється від шестерні, встановленої на валу Р59070106. Передача крутного моменту на вал виконується через шліцьове з'єднання типу Л (по діаметру $\varnothing$ мм).

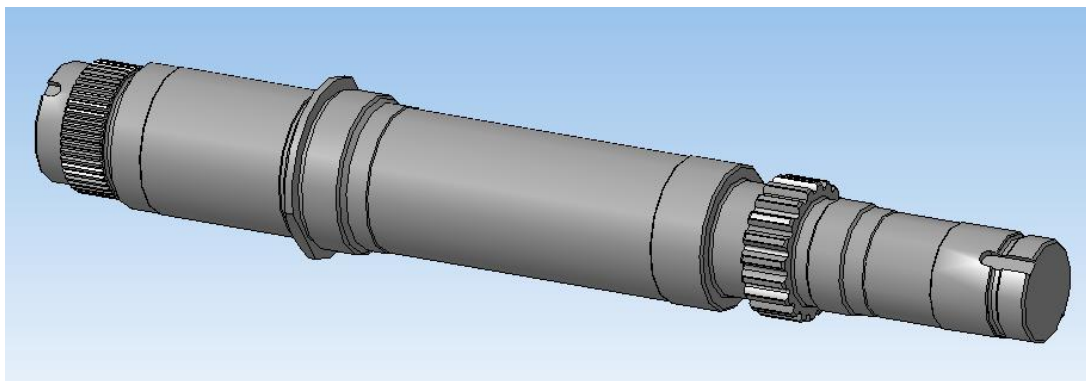


Рисунок 1.2-3 D модель валу

					КНУ.КБР.131.26.3-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Хвостова частина вала, що виходить із корпусу, ущільнюється трьома сальниками, встановленими на прецизійно оброблену поверхню діаметром Ø мм. Сальники з одного боку фіксуються кільцем, а з іншого — розточкою корпусу насоса. Крутний момент від вала до насоса передається через крильчатку, яка з'єднана з валом шліцами типу К (по діаметру Ø мм). Крильчатка фіксується по бурту діаметром Ø мм з одного боку та стопорним кільцем з іншого.

Для кріплення обтічника та забезпечення з'єднання з насосом передбачено різьбовий отвір М30×1,5.

Вал Р59070106 встановлюється на кулькових підшипниках, внутрішні поверхні яких мають посадки відповідно Ø60 js6 та Ø60 m6. Для забезпечення осрової фіксації підшипників і шестерні на валу застосовуються втулки з посадковими діаметрами Ø мм та Ø40 мм. Фіксація підшипника у заданому положенні здійснюється стопорною шайбою та гайкою, яка закручується по різьбі М30×1,5. Шпонкові пази використовуються для запобігання самовідгвинчуванню елементів з'єднання.

Вал виконує функцію передачі крутного моменту, тому під час роботи він зазнає дії згинальних і крутних навантажень. У місцях шпонкових з'єднань виникають додаткові напруження зминання, що зумовлює підвищені вимоги до міцності та зносостійкості матеріалу.

Вал виготовляється зі сталі 18Х2Н4МА (ДСТУ 7806:2015). Дана сталь у цементованому та покращеному стані застосовується для виготовлення відповідальних деталей, до яких висуваються вимоги високої міцності, в'язкості та зносостійкості, а також для елементів, що працюють в умовах вібраційних і динамічних навантажень. Робочий температурний діапазон сталі становить від –70 °С до +450 °С [2].

Як альтернативний матеріал може застосовуватися сталь 20Х2Н4А [2].

Таблиця 0.1- Хімічний склад сталі [2]

Марка сталі	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	P	S	Cu
							не более		
18Х2Н4МА	0,14-0,2	0,25-0,55	0,17-0,37	1,35-1,65	4,0-4,4	0,3-0,4	0,025	0,025	0,3
20Х2Н4А	0,16-0,22	0,3-0,6	0,17-0,37	1,25-1,65	3,25-3,65	–	0,025	0,025	0,3

Таблиця 0.2- Механічні властивості сталі [2]

Марка сталі	σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ %	ψ %	КСИ, Дж/см ²	HRC
18Х2Н4МА	1130	1250	12	54	170	42
20Х2Н4А	820	940	12	50	70	HB 269

При виготовленні деталі вал застосовується сталь 18Х2Н4МА, оскільки вона порівняно зі сталлю 20Х2Н4А має більш сприятливий комплекс механічних властивостей.

Для підвищення міцнісних характеристик деталей після чорнової токарної обробки піддають термічному зміцненню (поліпшенню), яке включає гартування при температурі $860\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ та наступну високу відпустку при $530\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$. У результаті формується структура відпущеного сорбіту, що забезпечує оптимальне поєднання міцності та в'язкості матеріалу. Для покращених сталей висувуються підвищені вимоги щодо межі плинності, витривалості та ударної в'язкості.

Крім того, робочі поверхні М та шліцьові елементи Л додатково піддаються азотуванню на глибину $h = 0,15 \dots 0,25$ мм, що дозволяє суттєво підвищити їх зносостійкість з урахуванням умов експлуатації та службового призначення деталі.

1.3 Аналіз якості поверхонь деталі

Таблиця 1.3-Аналіз якості поверхонь деталі

№ пов.	Номінальний розмір	Квалітет IT	Допуск Т, мм	Шорсткість R_a	Відхилення форми і розташування поверхні
1	торець $\varnothing 45$	h14	0,74	6,5	
2	$\varnothing 45$ ($\varnothing A$)	js10	$\pm 0,008$	0,8	 0,02 Б
3	торець $\varnothing 49,5$	h14	0,62	6,3	
4	$\varnothing 49,5$	12	$\begin{smallmatrix} -0,1 \\ -0,2 \end{smallmatrix}$	6,3	
5	торець $\varnothing 49,5$	h14	0,62	6,3	
6	$\varnothing 44$	h12	0,25	6,3	 0,02 В
7	торець $\varnothing 54,5$	h14	0,74	1,6	 0,03 Б
8	$\varnothing 54,5$ ($\varnothing B$)	js6	$\pm 0,0095$	0,8	
9	торець $\varnothing 55$	h14	0,74	1,6	
10	$\varnothing 55$	h8	$-0,046$	0,2	 0,02 В
11	конус под 30°	h14	0,74	6,3	
12	$\varnothing 68$	h13	0,46	6,3	

13	торець Ø68	h13	0,46	1,6	 0,03 B
14	Ø60	js6	±0,0095	0,8	
15	торець Ø60	h14	0,74	6,3	
16	Ø54,5 (Ø Г)	js6	±0,0095	0,8	
17	Ø54	h12	0,3	6,3	
18	Ø55	js6	±0,0095	0,8	 0,02 B
19	торець Ø55	h14	0,74	6,3	
20	Ø43	h12	0,25	6,3	
21	торець Ø52,5	h14	0,74	6,3	
22	Ø52,5	12	$\begin{matrix} -0,15 \\ -0,3 \end{matrix}$	6,3	
23	торець Ø52,5	h13	0,46	6,3	
24	канавка (Ø41)	h12	0,25	6,3	
25	Ø42 (Ø Д)	js6	±0,008	0,8	 0,02 Г
26	торець Ø42	h14	0,62	6,3	
27	Ø40	m6	$\begin{matrix} -0,025 \\ -0,009 \end{matrix}$	0,8	
28	Ø39	h12	0,25	6,3	
29	Ø42 (Ø Е)	m6	$\begin{matrix} -0,025 \\ -0,009 \end{matrix}$	0,8	 0,02 Г
30	Ø36,8 (канавка)	h12	0,25	6,3	
31	M39x1,5	7 кл.	0,025	6,3	
32	торець M39x1,5	h14	0,74	6,3	
33	M30x1,5	7 кл.	0,021	6,3	
34	Ø30,7	h12	0,25	6,3	
35	2 паза П (6H9)	H9	+0,03	6,3	
36	2 паза Н (6H9)	H9	+0,03	6,3	
37	канавка (елемент ІІ)	h14		1,6	
38	канавка (елемент ІІ)	h14		1,6	

39	канавка (елемент II)	h14		1,6	
40	канавка (елемент III)	h14		1,6	
41	канавка (елемент III)	h14		1,6	
42	лиска	h10	0,048	6,3	
43	лиска	h10	0,048	6,3	

Основними поверхнями деталі є поверхні 14 (Ø60 js6) та 29 (Ø40 m6). До допоміжних поверхонь відносяться поверхні 4, 22, 33, 31, 37, 38, 39, 40, 41, а до вільних — поверхні 17 і 28.

До основних поверхонь висуваються найжорсткіші вимоги щодо точності розмірів і параметрів шорсткості. Найбільш відповідальними є поверхні 14 і 29, оскільки вони виконують функцію посадкових шийок під підшипники. При цьому поверхня 29 виконується з посадкою m6, що забезпечує надійне напресування підшипника на вал.

Конструктивні особливості деталі спрямовані на забезпечення співвісності посадкових шийок вала, що є необхідною умовою для якісного складання та стабільної роботи вузла.

Підвищені вимоги до шорсткості висуваються також до поверхні 10, яка є посадочною під ущільнювальні сальники, оскільки від її якості залежить герметичність з'єднання.

До допоміжних поверхонь встановлюються менш жорсткі вимоги щодо точності та шорсткості, оскільки вони виконують переважно сполучні функції при складанні масляного насоса і впливають на загальну точність складання вузла.

Оскільки деталь проходить термічну обробку — гартування з наступною відпусткою до твердості HRC 30–39, фізико-механічні властивості для більшості поверхонь є однаковими. Виняток становлять поверхні М та шліци Л, які додатково піддаються азотуванню на глибину $h = 0,15 \dots 0,25$ мм, при цьому твердість серцевини становить HRC 34–41.

Основними поверхнями є поверхні 14 (Ø60js6), поверхні 29 (Ø40m6).

До допоміжних поверхонь відносяться поверхні: 4, 22, 33, 31, 37, 38, 39, 40, 41.

До вільних поверхонь належать поверхні: 17, 28.

До основних поверхонь пред'являються найвищі вимоги щодо точності та шорсткості. Найбільш точні є поверхні 14 і 29, оскільки вони є шийками під підшипники. При цьому поверхню 29 слід виконати з посадкою m6, щоб здійснити наступне напресування підшипника на вал.

Зміни в конструкції деталі служать для забезпечення співвісності посадкових шийок валу та отримання якісного складання вузла.

					КНУ.КБР.131.26.3-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Найвищі вимоги щодо шорсткості пред'явлені до поверхні 10, що є посадковою під ущільнювальні сальники.

До допоміжних поверхонь пред'явлені менш високі вимоги щодо точності та шорсткості, оскільки дані поверхні є сполучними при складанні масляного насоса і забезпечують точність складання машини. Так як деталь піддається гартуванню та відпустці з отриманням твердості HRC 30-39, то фізико-механічні характеристики для різних поверхонь будуть однаковими, крім поверхні М та шліців Л для яких здійснюється азотування на глибину h 0,15...0,25 мм з твердістю серцевини HRC 34...41.

					КНУ.КБР.131.26.3-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

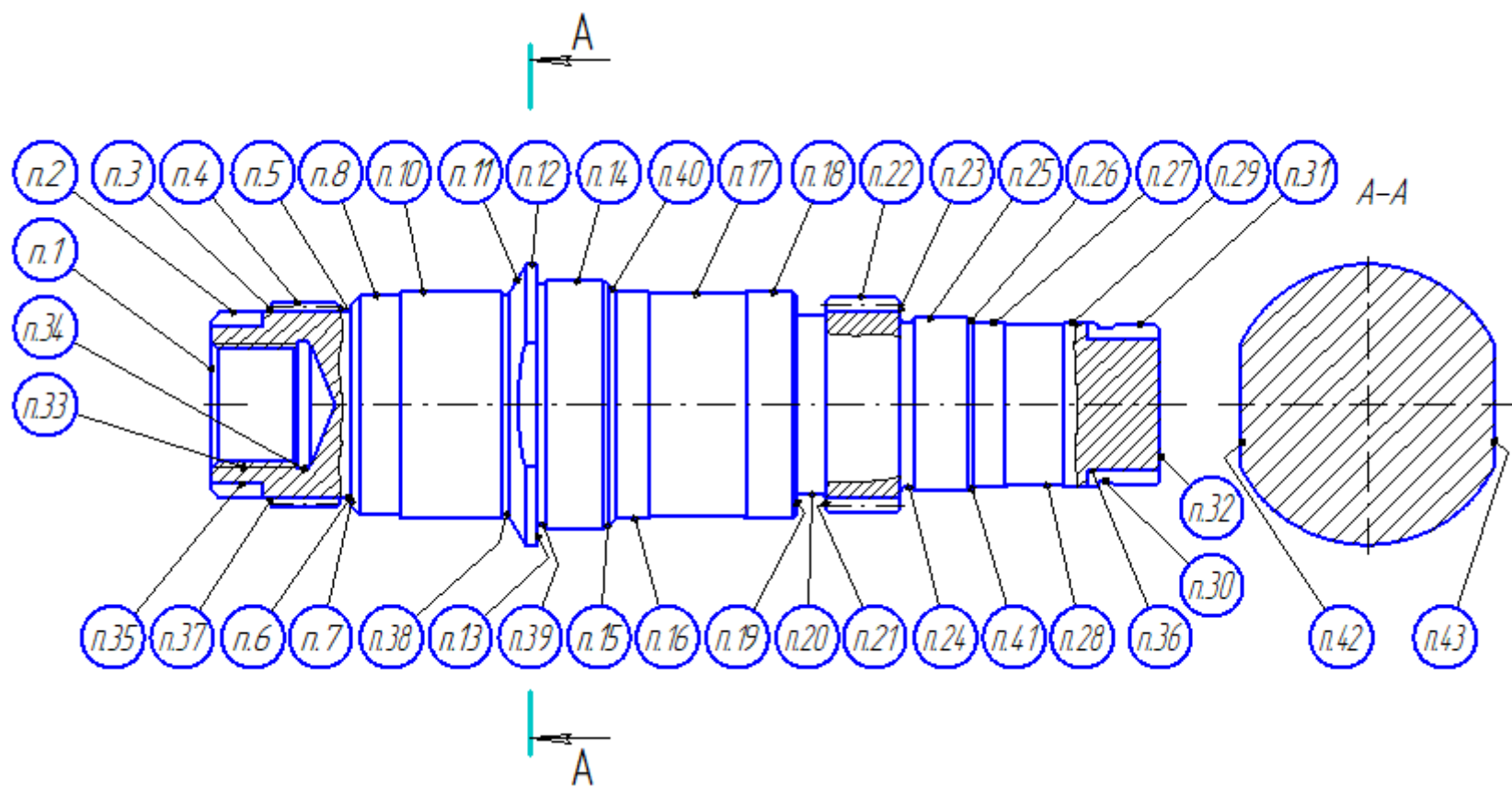


Рисунок 1.3 – Позначення поверхонь

Змі					
Арх					
№					
Підпис					
Дат					
КНУ.КБР.131.26.3-01.01.ТТВ					
Арх					

1.4 Технічний контроль робочого креслення

На кресленні формату А2 виконано зображення деталі у вигляді одного основного виду, трьох перерізів та п'яти виносних елементів. Поданої інформації достатньо для повного уявлення про геометричну форму, розміри та якісні характеристики деталі. Значення параметрів шорсткості призначені відповідно до умов експлуатації: для основних поверхонь задано $Ra = 0,2$ мкм і $Ra = 0,8$ мкм, для допоміжних — $Ra = 1,6 \dots 6,3$ мкм, що обумовлено їх функціональним призначенням. Також встановлено вимоги до відхилень взаємного розташування поверхонь. За результатами аналізу відповідно до чинних стандартів значення шорсткості для всіх поверхонь залишаються без змін.

Разом із тим встановлено, що креслення деталі не повністю відповідає вимогам ЄСКД. Зокрема, шпонкові пази Н і П виконані за 13 квалітетом, а посадки на діаметральні розміри задані за застарілими стандартами. Відповідно до чинних нормативів ЄСКД доцільно виконати шпонкові пази за 9 квалітетом точності (Н9) та скоригувати посадки згідно з діючими стандартами.

Оскільки вал є складовою частиною складального вузла, а не самостійною деталлю, усі лінійні та діаметральні розміри залишаються без змін з метою забезпечення якісної збірки. Водночас слід відзначити, що не всі розміри відповідають вимогам «Нормального ряду лінійних розмірів» ($\varnothing 49,5$ мм, $\varnothing 54,5$ мм, $\varnothing 68$ мм, $\varnothing 43$ мм, $\varnothing 36,8$ мм, $\varnothing 30,7$ мм, довжини 405 мм, 395 мм, 74 мм).

Позначення баз на кресленні відсутні. Виходячи з функціонального призначення деталі, за базову поверхню приймається вісь вала, при цьому технологічна обробка забезпечується у межах вимог ДСТУ.

Радіальне биття шийок вала відповідає високому класу точності виготовлення. Також задані вимоги щодо зміщення осі відносно номінального положення шпонкових пазів Н і П. Сукупність розмірів, допусків форми, розташування та шорсткості дозволяє однозначно визначити геометрію, точність та якість обробки всіх поверхонь.

Аналіз технічних умов робочого креслення, методів обробки та конструктивних особливостей дозволяє зробити висновок, що виготовлення деталі потребує виконання додаткових трудомістких операцій, зокрема азотування та полірування. Операція полірування вимагає підвищеної точності налаштування обладнання та інструменту, що призводить до збільшення собівартості виготовлення готового виробу.

1.5 Аналіз технологічності деталі

1.5.1 Якісний аналіз технологічності

Деталь відноситься до класу валів із торцевими отворами. На валу передбачені шліцьові з'єднання Л і К, які забезпечують передачу крутного

					КНУ.КБР.131.26.3-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

моменту. Крім того, конструкцією передбачено виконання шпонкових пазів, що використовуються для фіксації відповідних елементів під час складання.

Для умов середньосерійного виробництва раціональним є застосування продуктивних та економічно доцільних способів отримання заготовки, зокрема використання сортового прокату або кування на молотах.

Конструкція деталі має достатньо розвинені базові поверхні для надійного встановлення та закріплення. Як бази використовуються центрові отвори на обох торцях заготовки, що дає змогу обробляти всі зовнішні поверхні вала в центрах із єдиною базою. Водночас під час обробки шліців і шпонкових пазів Н і П базування здійснюється по зовнішніх циліндричних поверхнях, які також мають достатню площу контакту для забезпечення стабільного встановлення.

$$\text{Жорсткість деталі: } \frac{l}{d} = \frac{405}{68} = 5,95 < 10$$

З аналізу співвідношення довжини до діаметра випливає, що вал має середню жорсткість. Це обмежує можливість застосування багатолезової обробки та вимагає зменшення подач і глибини різання під час механічної обробки на металорізальних верстатах.

Конструкція деталі забезпечує вільний доступ ріжучого та вимірювального інструменту, оскільки відсутні замкнені або важкодоступні поверхні. Необхідна точність 6-го квалітету та шорсткість $R_a = 0,2$ мкм можуть бути досягнуті при використанні обладнання та оснащення нормальної точності.

До нетехнологічних елементів конструкції відноситься торцевий отвір $M30 \times 1,5$, який потребує додаткової обробки після шліфувальних операцій, що ускладнює технологічний процес. Також нетехнологічними елементами є шість канавок різної конфігурації, для виготовлення яких необхідне застосування трьох спеціальних різців.

1.5.2 Кількісний аналіз технологічності

Коефіцієнт використання металу K_{vm} , визначаємо по формулі:

$$K_{vm} = \frac{Q_d}{Q_3} \cdot 100\% , (1.1)$$

$$K_{vm} = \frac{6,7}{10,2} \cdot 100\% = 65,7\%$$

Середню точність визначимо по формулі:

					КНУ.КБР.131.26.3-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

$$IT_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n IT}{N}, (1.2)$$

$$IT_{cp} = \frac{6 \cdot 8 + 8 \cdot 1 + 9 \cdot 2 + 10 \cdot 2 + 12 \cdot 9 + 13 \cdot 3 + 14 \cdot 16}{41} = 11,3 \text{ квалитет}$$

Середню шорсткість R_{cp} , визначимо по формулі:

$$R_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n R_a}{N}, (1.3)$$

$$R_a = \frac{0,8 \cdot 8 + 0,2 \cdot 1 + 6,3 \cdot 2 + 6,3 \cdot 10 + 1,6 \cdot 3 + 6,3 \cdot 12 + 1,6 \cdot 5}{41} = 4,16 \text{ мкм}$$

Коефіцієнт уніфікації, K_y визначимо по формулі:

$$K_y = \frac{N_y}{N}, (1.4)$$

$$K_y = \frac{52}{65} \cdot 100\% = 0,8 \cdot 100\% = 80\%$$

Кількісний аналіз технологічності показав, що деталь має досяжну точність, високу шорсткість і високий ступінь застосування уніфікованих елементів.

1.6 Вибір типу виробництва. Задачі проектування

1.6.1 Вибір типу виробництва

На початковому етапі розробки приймається, що виготовлення основної деталі здійснюватиметься в умовах середньосерійного виробництва з обробкою на технологічній лінії. Водночас допоміжна деталь обробляється в цеху, організованому за типом дрібносерійного виробництва.

Таким чином, річна програма випуску основної деталі становить 1500 шт.

1.6.2 Вибір діючого заводського чи типового технологічного процесу Задачі проектування

					КНУ.КБР.131.26.3-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Розробка технологічного процесу включає класифікацію (кодування) виготовленої деталі ступиця на підставі класифікаторів [4], [5].

Клас 710000 – клас деталі тіла обертання.

Підклас 716000 – довжина деталі понад два діаметри.

Група 716700 – із зовнішньою поверхнею конічної, із закритими уступами, із зовнішнім різьбленням.

Підгрупа – 716730 – з центровим глухим отвором з різьбленням.

Вид 716733 – з пазами і шліцами на зовнішній поверхні без отвору поза віссю деталі.

Технологічний код деталі вал – 716733.

У якості базового використовуємо заводський технологічний процес

Таблиця 1.7 -Заводський технологічний процес

№ операції	1. Назва операції. 2. Верстат. 3. Зміст переходу.	Верстатне пристосування	Інструмент
005	Токарно-гвинторізна Верстат 16K20 Закріпити деталь у 3 ^х - кулачковому патроні 1. Проточити два шейки під люнет 2. Установити люнет 3. Підрізати торець Переустановити деталь 4. Підрізати торець	Патрон 7102- 0006 ДСТУГОСТ 2675-80 Центра 7032- 4114 ДСТУГОСТ 8742-75	Різець 2103-0007 ДСТУГОСТ 18879-73
010	Загартування		
015	Токарно-гвинторізна Верстат 16K20 Закріпити деталь у 3 ^х - кулачковому патроні 1. Зацентрувати деталь з пере установкою. Переустановити деталь і закріпити її в центрах верстата за допомогою хомутика 2. Обточити поверхню Ø Х 3. Обточити поверхню Ø Г и підрізати торець И	Патрон 7100- 0009 ДСТУГОСТ 2675-80 Центра 7032- 4114 ДСТУГОСТ 8742-75 Хомутик 7107- 0041	Свердел 2317- 0106 ДСТУГОСТ 14952-75 Різець 2102-0071

						Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат	КНУ.КБР.131.26.3-01.01.ТПВ	

		4. Обточити поверхню $\varnothing E$ и підрізати торець 5. Обточити поверхню $\varnothing D$ і	ДСТУГОСТ 2578-70	ДСТУГОСТ 18877-73
		6. підрізати торець Переустановити деталь 7. Обточити поверхню $\varnothing A$ і підрізати торець 8. Зняти фаску 9. Гострі кромки притупити		Різець 2103-0007 ДСТУГОСТ 18879-85
020		Токарно-гвинторізна Верстат 16K20 Закріпити деталь у центрах верстата за допомогою хомутка 1. Обточити поверхню $\varnothing B$ і підрізати торець 2. Обточити поверхню $\varnothing D$ і підрізати торець 3. Точити канавку під вихід довб'яка 4. Обточити поверхню $\varnothing E$ і підрізати торець 5. Точити канавку Переустановити деталь 6. Обточити поверхню $\varnothing X$ 7. Обточити поверхню $\varnothing A_1$ 8. Обточити поверхню $\varnothing B$ і підрізати торець 9. Обточити поверхню $\varnothing L$ і підрізати торець 10. Обточити поверхню $\varnothing A$ і підрізати торець 11. Точити конус по $<30^\circ$ 12. Точити елемент III для 2^x місць 13. Точити канавку під вихід довб'яка 14. Зняти фаски 15. Гострі кромки притупити	Центра 7032- 4114 ДСТУГОСТ 8742-75 Хомутик 7107- 0041 ДСТУГОСТ 2578-70	Різець 2103-0007 ДСТУГОСТ 18879-85 Різець 2177-0509 ДСТУГОСТ 18890-73 Різець спеціальний Різець 2177-0503 ДСТУГОСТ 18890-73

					КНУ.КБР.131.26.3-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

025	Зубодовбальна Верстат 5140 Закріпити деталь у 3 ^х - кулачковому патроні 1. Довбати шліци	Патрон 7100- 0009 ДСТУГОСТ 2675-80	Довб'як спеціальний
030	Зубодовбальна Верстат 5140 Закріпити деталь у 3 ^х - кулачковому патроні 1. Довбати шліци	Патрон 7100- 0009 ДСТУГОСТ 2675-80	Довб'як спеціальний
030	Фрезерна Верстат 6P13 Закріпити деталь у 3 ^х - кулачковому патроні ділильної голівки, піджати центром 1. Фрезерувати 2 пази відповідно до креслення перетин Т-Т	Центра 7032- 4114 ДСТУГОСТ 8742-75	Фреза 2234-0205 ДСТУГОСТ 18463-80
035	Слюсарна Видалити задирки після механічної операції		
040	Лудіння		
045	Азотування Азотувати h 0,15...0...0,25HV≥650		
050	Слюсарна Очистити центрові фаски від окалини		
055	Токарна Верстат 16K20 Закріпити деталь у центрах верстата за допомогою хомутика 1. Обточити поверхню Ø В і підрізати торець 2. Обточити поверхню Ø Г і підрізати торець 3. Точити вибірку Ø Ш 4. Обточити поверхню Ø Д і	Центра 7032- 4114 ДСТУГОСТ 8742-75 Хомутик 7107- 0041 ДСТУГОСТ 2578-70	Різець 2103-0007 ДСТУГОСТ 18879-85 Різець спеціальний Різець 2660-0001 ДСТУГОСТ 18885-73

					КНУ.КБР.131.26.3-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

	5. підрізати торець 6. Обточити поверхню $\varnothing E$ і підрізати торець 7. Точити вибірку $\varnothing K$ 8. Точити елемент III для 3 ^x місць 9. Обточити поверхню під різьблення 10. Точити елемент I 11. Нарізати різьблення 12. Зняти фаски 13. Гострі крайки притупити		
060	Фрезерна Верстат 6P13 Закріпити деталь у 3 ^x -кулачковому патроні ділильної голівки, піджати центром 1. Фрезерувати 2 лиски 2. Фрезерувати 2 пази відповідно до креслення перетин Р-Р	Центра 7032-4114 ДСТУ ГОСТ8742-75	Фреза 2223-0007 ДСТУГОСТ 17026-82 Фреза 2234-0205 ДСТУГОСТ 18463-80
065	Слюсарна Видалити задирки після механічної операції		
070	Кругла-шліфувальна Верстат 3M151B Закріпити деталь у центрах верстата за допомогою хомутика 1. Шліфувати деталь	Центра 7032-4114 ДСТУГОСТ 8742-75 Хомутик 7107-0041 ДСТУГОСТ 2578-70	Коло ПП250x40x76 Е9А25 СМ18К ДСТУГОСТ 2424-83
075	Низька відпустка		
080	Токарна Верстат 16K20 Закріпити деталь у 3 ^x -кулачковому патроні. Установити на люнет поверхнею $\varnothing K$	Патрон 7100-0009 ДСТ 2675-80	Свердел 2301-1437 ДСТУГОСТ 22736-74 Різець 2141-0056
Змі	Арку	№	Підпис
Дат			Арку
КНУ.КБР.131.26.3-01.01.ТПВ			

	1. Свердлити отвір 2. Розточити отвір під різьблення 3. Розточити канавку під вихід різьблення 4. Нарізати різьблення М30х15 5. Розточити центрову фаску 6. Гострі крайки притупити		ДСТУГОСТ 18883-73 Мітчик 1419-0521 ДСТУГОСТ 9150-81 Різець 2140-0081 ДСТУГОСТ 18882-73
085	Слюсарна Видалити задирки після механічної операції		
090	Токарна Верстат 16К20 Закріпити деталь у 3 ^х -кулачковому патроні. 1. Полірувати поверхню А ₁	Центра 7032-4114 ДСТУГОСТ 8742-75	Алмазна паста АП20
095	Магнітний контроль		

Даний заводський технологічний процес виконаний для одиничного виробництва. Можна взяти за основу послідовність обробки поверхонь. З обліком того, що в нас приблизно середньосерійне виробництво, то задачі проектування будуть наступні:

1. проектування заготівлі;
2. коректування технологічного процесу з урахуванням обраного устаткування для серійного виробництва;
3. диференціювання операції;
4. розробка докладної технології з заповненням маршрутних, операційних карт і операційних ескізів;
5. розрахунок і обґрунтування припусків по переходах;
6. розробка контрольного і верстатного пристосування.

1.7 Вибір, техніко-економічне обґрунтування і проектування заготовки

1.7.1 Вибір, техніко-економічне обґрунтування заготовки

Для вибору раціональних способів одержання заготівель складаємо матрицю впливу факторів.

					КНУ.КБР.131.26.3-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Таблиця 1.8- Матриця впливу факторів

Спосіб виготовлення заготівлі	Фактори					Сума
	Форма і розміри заготівлі	Необхідна точність і якість поверхневого шару	Технологічні властивості матеріалу	Річна програма випуску	Виробничі можливості підприємства	
Сортовий прокат	+	+	+	+	+	5
Кування на молотах	+	+	+	+	+	5
Кування штампуванням	—	—	+	+	—	2
Кування на пресах	—	+	+	+	—	3

Оскільки виробництво відноситься до середньосерійного типу, найбільш доцільними способами отримання заготовки є кування на молотах та використання сортового прокату. За таких умов забезпечуються необхідні форма і розміри заготовки, а також досягаються задані вимоги щодо точності та якості поверхневого шару. Крім того, мікроструктура металу, сформована при цих способах виготовлення, є найбільш сприятливою для деталі типу вал.

1.7.2 Розрахунок техніко-економічного обґрунтування одержання заготівлі

Розрахунок і техніко-економічне обґрунтування одержання заготівлі ведемо по операціях механічної обробки, що відрізняються. Відмінними рисами зіставлення варіантів технологічного процесу є обсяги виконаних робіт при чорновій токарній обробці зовнішніх поверхонь [6].

I варіант – сортовий прокат

Відповідно до точності і шорсткості поверхонь оброблюваної деталі визначимо проміжні припуски по таблицях. За основу розрахунку проміжних припусків приймаємо зовнішній діаметр деталі $\varnothing 68$ мм.

При чорновому точінні припуск на обробку складає 4,0 мм, при напівчистовому точінні 1,5 мм по табл. 3.13 [7].

Визначаємо розмір заготівлі O_3^p , мм, по формулі:

$$O_3^p = O_n + 2 \cdot Z_1 + 2 \cdot Z_2, \quad (1.5)$$

де O_n – номінальний діаметр вала, мм;

$2 \cdot Z_1$ – припуск при чорновому точінні, мм

					КНУ.КБР.131.26.3-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

$2 \cdot Z_2$ – припуск при напівчистовому точінні, мм.

$$O_3^p = 68 + 4,0 + 1,5 = 73,5 \text{ мм}$$

По розрахунковим даним заготівлі вибираємо необхідний розмір гарячекатаного прокату звичайної точності за ДСТУГОСТ 2590-71

$$O_3^n = 75_{-1,1}^{+0,5} \text{ мм}$$

Припуск на підрізування торцевих поверхонь заготівлі вибираємо :

чорнове підрізання – 1,5 мм

чистове підрізання – 1,2 мм

загальну довжину заготівлі L_3 мм, визначаємо по формулі:

$$L_3 = L_0 + 2 \cdot Z_{\text{подр}} , (1.6)$$

де L_0 – довжина деталі, мм

$Z_{\text{подр}}$ – припуск на підрізування торців, мм

$$L_3 = 405 + 2 \cdot (1,5 + 1,2) = 410,4 \text{ мм.}$$

Виходячи з граничних відхилень, загальну довжину заготівлі округляємо до цілих одиниць.

Приймаємо довжину заготівлі:

$$L_3 = 411 \pm 0,4 \text{ мм}$$

Чорнова обробка за один прохід T_e , хв., визначається по формулі:

$$T_o^i = 0,17 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} , (1.7)$$

де d – діаметр оброблюваної поверхні, мм;

l – довжина оброблюваної поверхні, мм.

Чорнове підрізування торця T_e , хв., визначається по формулі:

$$T_o^i = 0,037 \cdot (D^2 - d^2) , (1.8)$$

де D – d – різниця найбільшого і найменшого діаметрів оброблюваного торця.

Розрахуємо норми часу при чорновій токарській обробці.

1. $T_o^1 = 0,17 \cdot 75 \cdot 300 \cdot 10^{-3} = 3,825$ хв. – обточити поверхня $\varnothing 75$ мм;
2. $T_o^2 = 0,17 \cdot 70 \cdot 290 \cdot 10^{-3} = 3,6975$ хв – обточити поверхня $\varnothing 70$ мм;
3. $T_o^3 = 0,037 \cdot (70^2 - 64^2) \cdot 10^{-3} = 0,0297$ хв. - підрізати торець $\varnothing 70$ мм;
4. $T_o^4 = 0,17 \cdot 64 \cdot 116 \cdot 10^{-3} = 1,262$ хв – обточити поверхня $\varnothing 64$ мм;
5. $T_o^5 = 0,037 \cdot (64^2 - 56^2) \cdot 10^{-3} = 0,0355$ хв – підрізати торець $\varnothing 64$ мм;
6. $T_o^6 = 0,17 \cdot 56 \cdot 92 \cdot 10^{-3} = 0,8758$ хв – обточити поверхня $\varnothing 56$ мм;
7. $T_o^7 = 0,037 \cdot (56^2 - 45^2) \cdot 10^{-3} = 0,0411$ хв– підрізати торець $\varnothing 56$ мм;
8. $T_o^8 = 0,17 \cdot 70 \cdot 105 \cdot 10^{-3} = 1,2495$ хв– обточити поверхня $\varnothing 70$ мм;
9. $T_o^9 = 0,17 \cdot 63 \cdot 105 \cdot 10^{-3} = 1,1246$ хв – обточити поверхня $\varnothing 63$ мм;
10. $T_o^{10} = 0,03 \cdot (70^2 - 57^2) = 0,061$ хв – підрізати торець $\varnothing 70$ мм;

					КНУ.КБР.131.26.3-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Основний технологічний час на операцію T_o , хв, визначимо по формулі:

$$T_o = \sum_{i=1}^n T_o^i, (1.9)$$

де T_o^i – складові норми часу, хв;

$$T_o = 3,825 + 3,6975 + 0,0297 + 1,262 + 0,0355 + 0,8758 + 0,0411 + 1,2495 + 1,1246 + 0,061 = 12,2$$

Штучно-калькуляційний час $T_{ш-к}$, хв, визначимо по формулі:

$$T_{ш-к} = \varphi_k \cdot T_o, (1.10)$$

де φ_k – коефіцієнт, що враховує вид верстатів.

$$\varphi_k = 2,14 \text{ (токарний)}$$

$$T_{ш-к} = 2,14 \cdot 12,2 = 26,108 \text{ хв.}$$

Приведені витрати по деталі 3, грн, визначимо по формулі:

$$3 = A + 3_o + E_H \cdot 3_k + O_3, (1.11)$$

Так як заготівлі мають однакову конфігурацію, то внаслідок цього операції механічної обробки, що розрізняються, будуть відсутні. Тому економічну оцінку зробимо по вартості заготівель.

Вартість заготівель визначимо по формулі 2 [6]:

$$A = M \cdot C \cdot K_H \cdot K_c \cdot K_{он} - (M - q) \cdot Ц, (1.12)$$

Знайдемо масу заготівлі M , кг, по формулі:

$$M = \rho \cdot V_3, (1.34)$$

Обсяг заготівлі V_3 , визначимо по формулі:

$$V_3 = \sum_{i=1}^n \frac{\pi \cdot D_i^2 \cdot L_i}{4}, (1.13)$$

Підставивши значення одержимо:

$$V_3 = \frac{3,14 \cdot 75^2 \cdot 411}{4} = 1814821,875 \text{ мм}^3$$

Отже маса заготівлі:

$$M = 7,85 \cdot 10^{-3} \cdot 1,81 \cdot 10^6 = 14,2 \text{ кг}$$

$$A = 14,2 \cdot 40,23 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 - (14,2 - 6,7) \cdot 20 = 421,26 \text{ грн}$$

Розрахуємо зарплату по операціях механічної обробки 3_o , грн, по формулі:

					КНУ.КБР.131.26.3-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

$$З_o = \frac{T_{м-к} \cdot C_p \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4}{60}, (1.14)$$

$$З_o = \frac{26,108 \cdot 1,57 \cdot 1,4 \cdot 1,08 \cdot 1,14 \cdot 1,4}{60} = 10,64 \text{ грн.}$$

Витрати на експлуатацію верстата O_z грн, знаходимо по формулі:

$$O_z = \frac{C_1 \cdot T_{м-к}}{60 \cdot K_5}, (1.15)$$

$$O_z = \frac{50 \cdot 26,108}{60 \cdot 1,17} = 10,86 \text{ грн}$$

Питомі капітальні витрати на операцію $З_k$ грн, визначаємо по формулі:

$$З_k = \frac{(B + K_{\eta}) \cdot T_{м-к}}{60 \cdot \Phi \cdot \eta_{\epsilon}}, (1.16)$$

де Б – балансова вартість верстата, грн, Б=7000 грн;

K_{η} – вартість цеху (площа), грн;

$$K_{\eta} = \Pi \cdot \phi \cdot \gamma, (1.17)$$

де $\Pi = 54,3$ грн – вартість 1 м²;

ϕ – габарити верстата 16К20, $\phi = 2,505 \times 1,19$;

$\gamma = 0,5$ – коефіцієнт, що враховує додаткову площу.

$$K_{\eta} = 540,3 \cdot 2,505 \cdot 1,19 \cdot 5,0 = 8048,56 \text{ грн}$$

Φ – річний фонд роботи верстата, ч ($\Phi = 2070$ ч)

η_{ϵ} – коефіцієнт використання верстата.

$$\eta_{\epsilon} = \frac{T_{м-к} \cdot B}{70 \cdot \Phi \cdot m}, (1.18)$$

де m – кількість верстатів, задіяних на одній операції, шт;

У – річна програма випуску деталей, шт.

$$\eta_{\epsilon} = \frac{26,108 \cdot 1500}{70 \cdot 2070 \cdot 1} = 0,27$$

$$З_k = \frac{(70000 + 8048,56) \cdot 26,1}{60 \cdot 2070 \cdot 0,27} = 60,08 \text{ грн}$$

$$З = 57,52 + 10,64 + 0,15 \cdot 60,08 + 10,86 = 88,14 \text{ грн}$$

					Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат	

КНУ.КБР.131.26.3-01.01.ТПВ

II варіант – кування на молотах

Відповідно до точності і шорсткості поверхонь оброблюваної деталі визначимо проміжні припуски по таблиці 2 ДСТУГОСТ7829-70 [2]. Потім визначимо наближені норми часу по оброблюваній поверхні, додаток 1 [9].

Чорнова обробка за один прохід T_e , хв, визначається по формулі:

$$T_o^i = 0,17 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3}, (1.41)$$

де d – діаметр оброблюваної поверхні, мм;

l – довжина оброблюваної поверхні, мм.

Чорнове підрізування торця T_e , хв, визначається по формулі:

$$T_o^i = 0,037 \cdot (D^2 - d^2), (1.19)$$

де $D - d$ – різниця найбільшого і найменшого діаметрів оброблюваного торця.

Розрахуємо норми часу при чорновій токарській обробці.

1. $T_o^1 = 0,17 \cdot 51 \cdot 92 \cdot 10^{-3} = 0,7976$ хв – обточити поверхню $\varnothing 51$ мм;
2. $T_o^2 = 0,037 \cdot (51^2 - 45^2) \cdot 10^{-3} = 0,0213$ хв. – підрізати торець $\varnothing 51$ мм;
3. $T_o^3 = 0,17 \cdot 62 \cdot 171 \cdot 10^{-3} = 1,8$ хв – обточити поверхню $\varnothing 62$ мм;
4. $T_o^4 = 0,037 \cdot (62^2 - 55^2) \cdot 10^{-3} = 0,0262$ хв. – підрізати торець $\varnothing 62$ мм;
5. $T_o^5 = 0,17 \cdot 78 \cdot 47 \cdot 10^{-3} = 0,623$ хв – обточити поверхню $\varnothing 68$ мм;
6. $T_o^6 = 0,17 \cdot 65 \cdot 106 \cdot 10^{-3} = 1,1713$ хв – обточити поверхню $\varnothing 65$ мм;
7. $T_o^7 = 0,037 \cdot (65^2 - 57^2) = 0,0361$ хв – підрізати торець $\varnothing 65$ мм;

Основний технологічний час на операцію T_e , хв, визначимо по формулі:

$$T_o = \sum_{i=1}^n T_o^i, (1.20)$$

де T_o^i – складові норми часу, хв;

$$T_o = 0,7976 + 0,0213 + 1,8 + 0,0262 + 0,623 + 1,1713 + 0,0361 = 4,48 \text{ мін}$$

Штучно-калькуляційний час $T_{ш-к}$, хв, визначимо по формулі:

$$T_{ш-к} = \varphi_k \cdot T_o, (1.21)$$

де φ_k – коефіцієнт, що враховує вид верстатів.

$$\varphi_k = 2,14 \text{ (токарний)}$$

$$T_{ш-к} = 2,14 \cdot 4,48 = 9,59 \text{ хв.}$$

$$З = 35,05 + 0,6 + 0,15 \cdot 6,09 + 0,685 = 77,25 \text{ грн}$$

У такий спосіб по мінімуму приведених витрат перевагу варто віддати заготівлі отриманим куванням на молоті. Кування також краще і з погляду економії металу.

					КНУ.КБР.131.26.3-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Таблиця 1.9- Припуски на механічну обробку поверхонь

№ з/П	Номинальний розмір деталі	Припуск	Допуск	Додатковий припуск	Розмір заготовлі
1.	Ø68 мм	7 мм	±2 мм	3 мм	Ø78±2 мм
2.	Ø55 мм	7 мм	±2 мм	—	Ø62±2 мм
3.	Ø55 мм	7 мм	±2 мм	3 мм	Ø65±2 мм
4.	Ø42 мм	6 мм	±2 мм	3 мм	Ø51±2 мм
5.	L 405 мм	18 мм	±5 мм	—	423±5 мм
6.	L 36 мм	11 мм	±3 мм	—	47±3 мм
7.	L 139 мм	14 мм	±4 мм	—	153±4 мм
8.	L 266 мм	4 мм	±4 мм	—	270±4 мм
9.	L 171 мм	—	±3 мм	—	171±3 мм

Припуски на всі діаметри і розміри перетинів призначаємо по таблиці 2 [10] у залежності від загальної довжини деталі і розглянутого номінального розміру перетину. Після призначення основних припусків на розміри перетинів призначаються додаткові припуски по таблиці 3 [10]. Припуск на загальну довжину заготовлі приймають $2,5(\delta + \frac{\Delta}{2})$. Припуск на довжину виступів приймають $1,5(\delta + \frac{\Delta}{2})$.

При проектуванні кування валу, необхідно передбачити можливості перевірки уступів по висоті і по довжині.

Приймемо, що кування буде виготовлятися на молоті, що має жваві шириною 150 мм, тоді мінімальна довжина уступу повинна дорівнювати:

$$l_{\min} = 0,3 \cdot B_{\sigma}, \quad (1.22)$$

де $l_{\min}$ – мінімальна довжина уступу, мм;

B_{σ} – ширина уступу, мм.

$$l_{\min} = 0,3 \cdot 150 = 45 \text{ мм}$$

Також потрібно врахувати, що мінімальна висота здійсненого уступу дорівнює 4 мм, таблиця 4 [10].

Передбачивши всі ці критерії, зобразимо проміжний ескіз з основними припусками рис.1.3

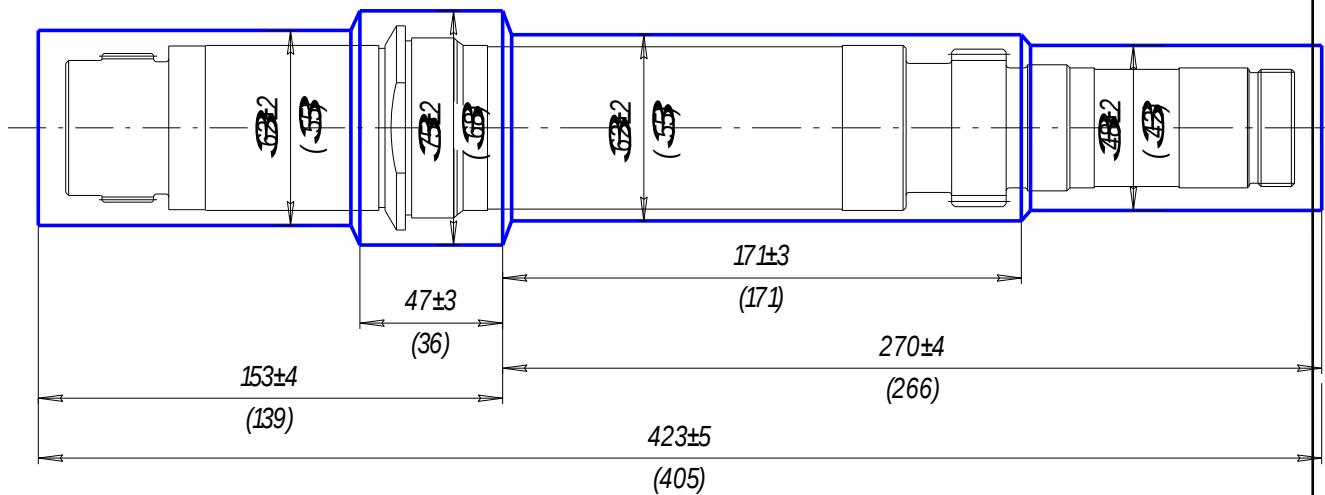


Рисунок 1.4- Проміжний ескіз з основними припусками

Визначаємо основні перетини, для чого розрахуємо площі поздовжніх перетинів F_i , мм², по формулі.

$$F_i = D_i \cdot L_i \quad (1.23)$$

де D_i – діаметр шийки вала, мм;

L_i – довжина шийки вала, мм.

І порівнюємо їх із площею поздовжнього перетину виступу з найбільшим діаметром $D_{\max} \cdot L$.

$$F_{\max} = 75 \cdot 47 = 3525 \text{ мм}^2$$

$$F_1 = 62 \cdot (153 - 47) = 6572 \text{ мм}^2$$

$$F_2 = 62 \cdot 171 = 10602 \text{ мм}^2$$

$$F_3 = 48 \cdot (270 - 171) = 4752 \text{ мм}^2$$

Так як площа поздовжнього перетину ступіні найбільшого діаметра $F_{\max}$, менше площі поздовжніх перетинів ступіней інших діаметрів F_1 , F_2 , F_3 , то розраховуємо величину A_i , мм по формулі.

$$A_i = S_i(D_i \cdot l_i - D_{\max} \cdot l) \quad (1.57)$$

де S_i – додатковий припуск для відповідного перетину;

D_i – діаметр відповідного перетину;

l_i – довжина відповідного перетину.

1. для діаметра 62 мм $A_1 = 3 \cdot (62 \cdot (153 - 47) - 75 \cdot 47) = 9141 \text{ мм}^2$;

2. для діаметра 62 мм $A_2 = 3 \cdot (62 \cdot 171 - 75 \cdot 47) = 21231 \text{ мм}^2$;

3. для діаметра 48 мм $A_3 = 3 \cdot (48 \cdot (270 - 171) - 75 \cdot 47) = 3681 \text{ мм}^2$;

За основний перетин приймаємо уступ діаметром 62 мм, для якого добуток A_2 є найбільшим.

Виконаємо проміжний ескіз з основними і додатковими припусками рис.1.3

Визначаємо здійсненність уступів по діаметру і довжині $B_6=150$ мм, $l_{\min}=45$ мм. По довжині всі уступи здійсненні, тому що всі довжини більші $l_{\min}$, регламентованою таблицею 5 [10].

Мінімально здійсненна висота уступу по таблиці 4 [10].

$$h_{\min}=4 \text{ мм} \quad h_i \geq h_{\min}$$

$$h_1 = 0,5 \cdot (78 - 65) = 6,5 \text{ мм} - \text{уступ виконаємо.}$$

$$h_2 = 0,5 \cdot (78 - 62) = 8 \text{ мм} - \text{уступ виконаємо.}$$

$$h_3 = 0,5 \cdot (62 - 51) = 5,5 \text{ мм} - \text{уступ виконаємо.}$$

Всі уступи здійсненні.

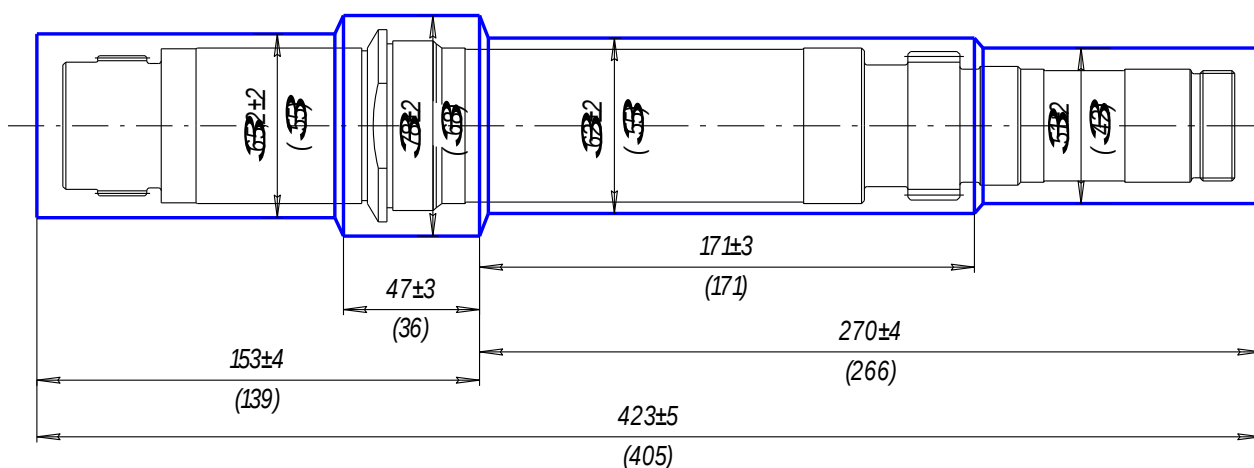


Рисунок 1.5- Проміжний ескіз з основними і додатковими припусками

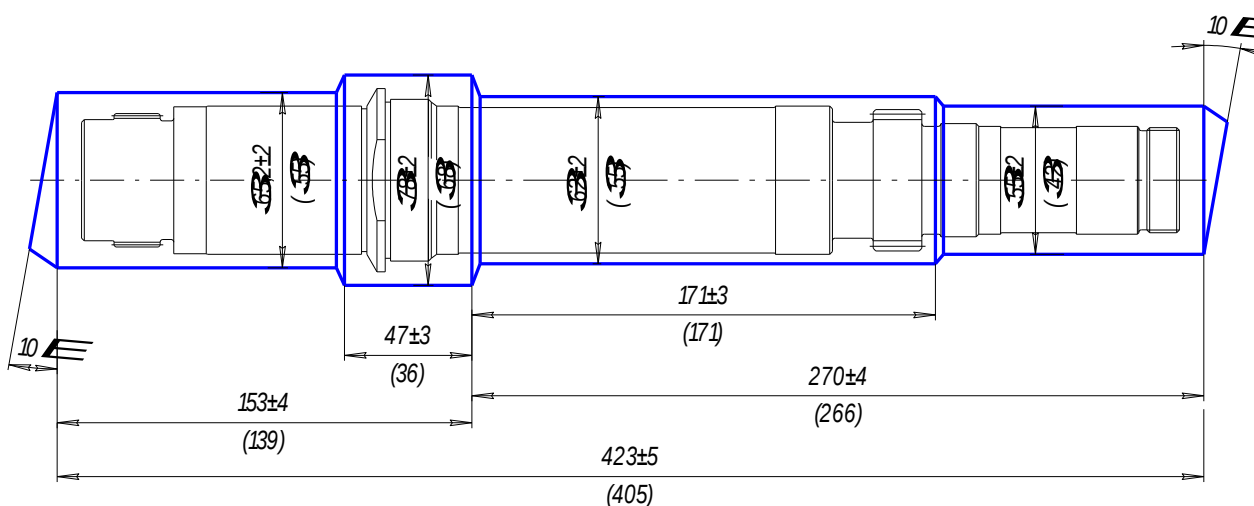


Рисунок 1.6- Ескіз заготовки

1.8 Проектування технологічного процесу

1.8.1 Вибір і обґрунтування баз

Деталь належить до класу вал.

Конструкторська, технологічна база (вісь деталі.

Подвійна направляюча база – вісь деталі.

Завзята база – торцева поверхня.

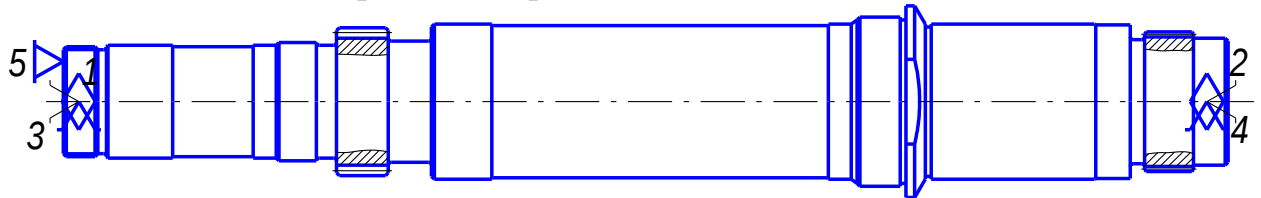


Рисунок 1.7 – Теоретична схема базування

Як базу на першій операції приймаємо зовнішні поверхні двох шийок ($\varnothing 55h8$ і $\varnothing 55js6$). Дані поверхні мають просту геометричну форму, характеризуються мінімальною шорсткістю та не допускають наявності будь-яких дефектів типу раковин, задирок чи нерівностей. Вони також мають достатню площу контакту, що забезпечує надійне та стійке базування заготовки на верстаті.

Під час обробки для забезпечення необхідної точності розмірів слід дотримуватися принципу єдності та суміщення баз. Водночас у даному випадку можливе виникнення похибок, оскільки на різних етапах базування застосовуються різні бази: на одних операціях базовою приймається вісь деталі, а на інших — зовнішні поверхні двох шийок.

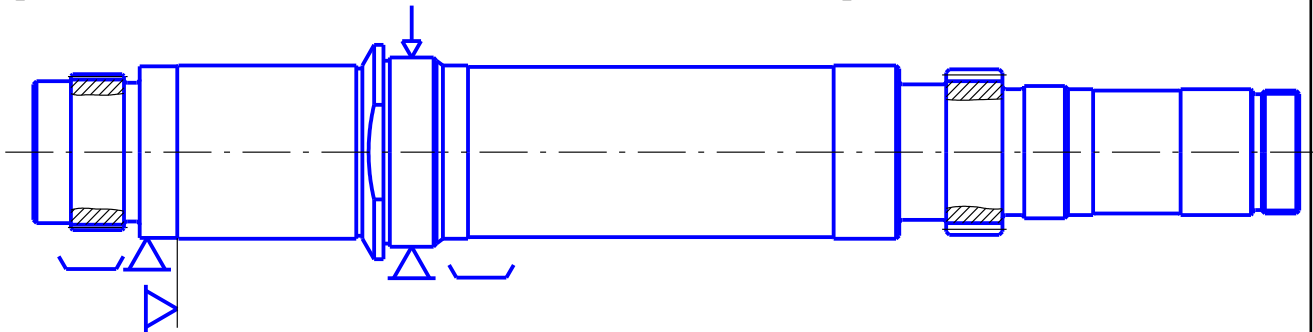


Рисунок 1.8-Установка вала на призмі з упором у торець (фрезерна операція)

					КНУ.КБР.131.26.3-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

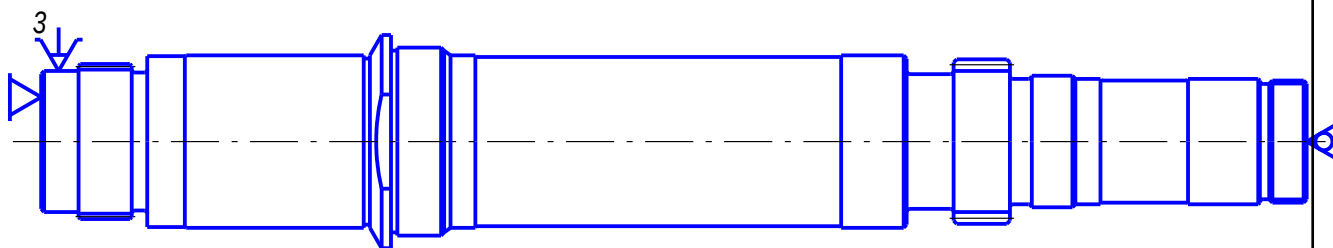


Рисунок 1.9 - Установка детали на токарній операції з установкою в трикулачковий патрон з заднім торцем

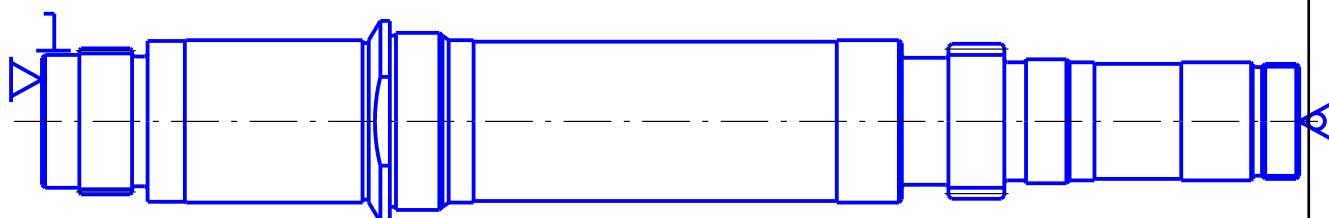


Рисунок 1.10-Установка вала в нерухомому передньому центрі з повідковим патроном і обертовому заднім центрі (операції: Токарна, Шліфувальна, Шліцефрезерна, Шліцешліфувальна)
Токарна

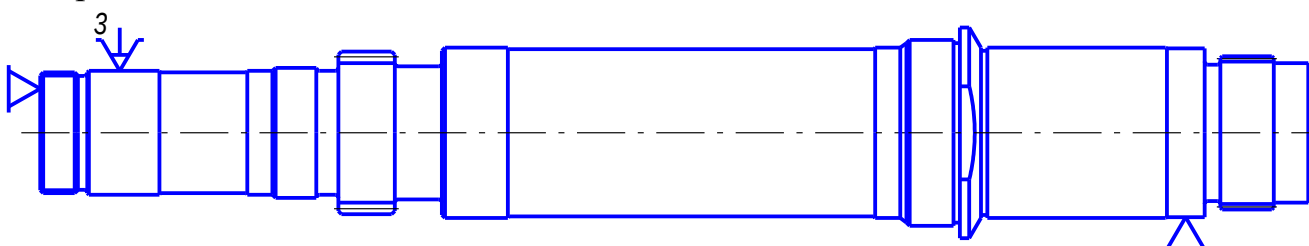


Рисунок 1.11 – Установка вала в трикулачковий патрон із застосуванням люнета

1.8 .2 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

Таблиця 1.10 - Послідовність обробки поверхонь

№ поверхні розмір, мм	Найменування переходів	Шорсткість R_a , мкм	Точність ІТ	Допуск Т, мкм
пов. 1 (торець $\varnothing 45$)	Заготовка		15	1200
пов. 32 (торець М39х1,5)	Фрезерно-центрувальна операція Фрезерування	6,3	14	740
пов. 2 ($\varnothing 45js6$)	Заготовка		14	620
пов. 25 ($\varnothing 42js6$)	Токарна операція Чорнове обточування Напівчистове обточування	12,5 6,3	12 10	250 100

1	2	3	4	5
пов. 27 (Ø40js6)	Чистове обточування	1,6	8	39
пов. 29 (Ø40js6)	Шліфувальна операція			
	Чистове шліфування	0,8	6	16
пов. 3 (торець Ø49,5)	Заготовка Токарна операція Чорнове підрізання торця		15	1000
пов. 5 (торець Ø49,5)				
пов. 26 (торець Ø42)		6,3	14	620
пов. 4 (Ø49,5)	Заготовка Токарна операція Чорнове обточування Напівчистове обточування		14	620
пов. 6 (Ø44)				
пов. 20 (Ø43)				
пов. 24 (Ø41)		12,5	13	390
пов. 28 (Ø39)		6,3	12	250
пов. 30 (Ø36,8)				
пов. 34 (Ø30,7)				
пов. 18 (Ø55js6)	Заготовка		14	740
пов. 16 (Ø55js6)	Токарна операція	12,5	12	300
пов. 14 (Ø60js6)	Чорнове обточування	6,3	10	120
пов. 8 (Ø54,5js6)	Напівчистове обточування	1,6	8	46
	Чистове обточування			
	Шліфувальна операція			
	Чистове шліфування	0,8	6	19
пов. 17 (Ø54)	Заготовка		14	740
пов. 22 (Ø52,5)	Токарна операція	12,5	13	460
	Чорнове обточування	6,3	12	300
пов. 9 (торець Ø55)	Заготовка Токарна операція Чорнове підрізання торця Чистове підрізання торця		15	1200
пов. 13 (торець Ø68)				
пов. 7 (торець Ø54,5)		6,3	14	740
пов. 23 (торець Ø52,5)		1,6	13	460
пов. 10 (Ø55h8)	Заготовка		14	740
	Токарна операція	12,5	12	300
	Чорнове обточування	6,3	10	120
	Напівчистове обточування	1,6	9	74
	Чистове обточування			
	Шліфувальна операція			

					КНУ.КБР.131.26.3-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

	Чистове шліфування	0,8	8	46
	Полірування	0,2	8	46
пов. 11 (конус Ø68)	Заготовка Токарна операція Чорнове підрізання торця	6,3	15	1200
пов. 15 (торець Ø65)			14	740
пов. 19 (торець Ø55)				
пов. 21 (торець Ø52,5)				
пов. 33 (М30х1,5)	Заготовка	12,5 6,3 6,3	14	620
	Токарна операція		12	210
	Свердління		11	130
	Розточування		7	21
пов. 31 (М39х1,5)	Заготовка	12,5 6,3 6,3	14	620
	Токарна операція		12	250
	Свердління		10	100
	Розточування		7	25
пов. 35 (2 пази 6Н9)	Заготовка Фрезерна операція	12,5	10	48
		6,3	9	30
пов. 36 (2 пази 6Н9)	Фрезування паза			
пов. 42 (лыски по Ø68)	Заготовка Фрезерна операція	12,5	12	300
пов. 43 (лыски по Ø68)		6,3	11	190
пов. 12 (Ø68)	Заготовка	12,5	14	740
	Токарна операція		12	300
	Чорнове обточування			

1.8.3 Розробка маршруту обробки деталі

Таблиця 1.11- Маршрут обробки деталі

№ операції	Найменування операції	№ з/п оброблюваної поверхні	№ з/п базуючої поверхні	Тип, модель верстата
005	Фрезерно-центрувальна	1, 32	10, 18 торець 11	МР76М

					КНУ.КБР.131.26.3-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

1	2	3	4	5
010	Токарно-гвинторізна	Установ А 31, 29, 28, 27, 26, 25, 24, 23, 22, 20, 19, 18, 17, 16, 15, 12, 14, 13 Установ Б 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11	2, торець 1, центр. отв. 32 торець, 31 центр. отв.	16K20
015	Термічна обробка			
020	Токарна з ЧПК	Установ А 31, 30, 29, 28, 27, 25, 24, 23, 22, 20, 18, 17, 16, 14, 13 Установ Б 2, 4, 8, 10, 6, 11, 37	2, торець 1, центр. отв. 32 торець, 31 центр. отв.	LU25
025	Фрезерна	35, 36	10, 18, торець 19	6P12
030	Фрезерна	42, 43	10, 18, торець 19	6P12
035	Токарно-гвинторізна	Установ А 29, 28, 27, 25, 18, 17, 16, 14, 39, 40, 31 Установ Б 2, 8, 10	торець 1, центр. отв. торець 32, центр. отв.	16K20
040	Шліцефрезерна	22	торець 32, центр. отв.	5350A
045	Шліцефрезерна	4	торець 32, центр. отв.	5350A
050	Лудіння			
055	Азотування			
060	Круглошліфувальна	Установ А 29, 27, 25, 18, 14, 16 Установ Б 2, 8, 10	торець 1, центр. отв.	3M153
065	Шліцешліфувальна	4	торець 32, центр. отв.	3451
070	Шліцешліфувальна	22	торець 32, центр. отв.	3451
				Арку
КНУ.КБР.131.26.3-01.01.ТПВ				
Змі	Арку	№	Підпис	Дат

1	2	3	4	5
075	Токарно-гвинторізна	33, 34	29, торець 32, люнет	16K20
075	Токарно-гвинторізна	10	торець 32, центр. отв.	16K20
080	Магнітний контроль			

1.8.4 Розробка технологічної операції

При обробці деталі вал на фрезерній операції використовуємо універсальне переналагоджуване пристосування. Застосування спеціального інструмента, що ріже, обумовлено наявністю шести канавок різної конструкції, що вимагають виготовлення 3 різців.

Остаточний сформований зміст операцій представимо у виді таблиці 5.3 при цьому уточнимо модель верстатного устаткування й у залежності від характеру обробки вибираємо різальний інструмент [13], [14].

Таблиця 1.12- Розробка технологічної операції

№ операції	1. Назва операції. 2. Верстат. 3. Зміст переходу.	Верстатне пристосування	Інструмент (ріжучий, допоміжний, мірятьний)
005	Фрезерно-центрувальна Верстат МР76М 5. Фрезерувати торці вала 1, 32 6. Свердлити центрувальні отвори з двох сторін	Пристосування верстата	Оправлення 6220-0255 ДСТ УГОСТ13042-83 Фреза 2214-0153 ВК8 ДСТУГОСТ 9473-80 Свердло 2317-0106 ДСТУГОСТ 14952-75
010	Токарно-гвинторізна Верстат 16K20 Установ А Закріпити деталь у 3 ^х - кулачковому патроні 10. Точити поверхню 31, 29,	Патрон 7100-0009 ДСТ 2675-80	Різець 2102-0071 15K10 ДСТУГОСТ 18877-73 Різець 2103-

							Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат	КНУ.КБР.131.26.3-01.01.ТПВ		

		11. 28, 27 12. Підрізати торець 26 13. Точити поверхню 25, 24 14. Підрізати торець 23 15. Точити поверхню 22, 20 16. Підрізати торець 19 17. Точити поверхню 18, 17, 16 18. Підрізати торець 15 19. Точити поверхню 12 20. Точити поверхню 14 21. Підрізати торець 13 Установ Б Переустановити деталь 12. Точити поверхня 2 13. Підрізати торець 3 14. Точити поверхня 4, 6 15. Підрізати торець 7 16. Точити поверхня 8 17. Підрізати торець 9 18. Точити поверхня 10 19. Підрізати торець 11		0007 15K10 ДСТУГОСТ 18879-73
015		Термічна обробка Поліпшення HRC 30÷39		
020		Токарна Верстат LU 25 Установ А Закріпити деталь у 3 ^х - кулачковому патроні 1. Точити поверхню 31 2. Точити поверхню 29, 28, 27 3. Точити поверхню 25, 24 4. Підрізати торець 23 5. Точити поверхню 22, 20 6. Точити поверхню 18, 17, 16 7. Точити поверхню 14 8. Підрізати торець 13 9. Точити канавку 24 10. Точити канавку 20 11. Точити фаски 12. Точити поверхню 30 (ел. І) Установ Б	Патрон 7100- 0009 ДСТ 2675- 80	Різець 2103- 0007 T15K6 ДСТУГОСТ 20872-80 Різець 2101- 0915 T15K6 ДСТУГОСТ 20872-80
Змі	Арку	№	Підпис	Дат
КНУ.КБР.131.26.3-01.01.ТПВ				Арку

1	2	3	4
	Переустановити деталь 13. Точити поверхню 2 14. Точити поверхню 4 15. Точити поверхню 8 16. Точити поверхню 10 17. Точити канавку 6 18. Точити фаски 19. Точити конус 11 20. Точити поверхню 37		
025	Фрезерна Верстат 6P12 Установити, закріпити Фрезерувати поверхню 35, 36	УСП	Фреза 2234-0205 T15K6 ДСТУГОСТ 18463-80
030	Фрезерна Верстат 6P12 Установити, закріпити Фрезерувати поверхню 42, 43	УСП	Фреза 2223-0007 ДСТУГОСТ 17026-82
035	Токарно-гвинторізна Верстат 16K20 Установ А Закріпити деталь у центрах 1. Точити поверхню 29, 28, 27 2. Точити поверхню 28 3. Точити поверхню 25 4. Точити поверхню 18, 16 5. Точити поверхню 17 6. Точити поверхню 14 7. Точити поверхню 39 (эл. II) 8. Точити поверхню 40 (эл. III) 9. Нарізати різьблення (пов. 31) Установ Б Переустановити деталь 10. Точити поверхню 2 11. Точити поверхню 8 12. Точити поверхню 10	Центра 7032- 4114 ДСТ 8742-75 Хомутик 7107- 0041 ДСТ 2578-70	Різець 2102- 0071 15K10 ДСТУГОСТ 18877-73 Різець 2103- 0011 15K10 ДСТУГОСТ 18879-73 Різець спеціальний Різець 2660- 0001 ДСТУГОСТ 18865-73
040	Шліцефрезерна Верстат 5350А Закріпити деталь у центрах 1. Фрезерувати шліці 22	Центра 7032- 4114 ДСТУГОСТ	Фреза ДСТУГОСТ 9324-80
Змі	Арку	№	Підпис
КНУ.КБР.131.26.3-01.01.ТПВ			
Арку			

1	2	3	4
	2. начорно	8742-75	
	3. Фрезерувати шліци 22 начисто	Хомутик 7107-0041 ДСТУГОСТ 2578-70	
045	Шліцефрезерна Верстат 5350А Закріпити деталь у центрах 1. Фрезерувати шліци 4 начорно 2. Фрезерувати шліци 4 начисто	Центра 7032-4114 ДСТУГОСТ 8742-75 Хомутик 7107-0041 ДСТУГОСТ 2578-70	Фреза ДСТ 9324-80
050	Лудіння		
055	Азотування		
060	Круглошліфувальна Верстат 3М153 Установ А Закріпити деталь у центрах 1. Шліфувати поверхні 29, 27, 25, 18, 16, 14 Установ Б Переустановити деталь у центрах 1. Шліфувати поверхні 28, 10	Центра 7032-4114 ДСТУГОСТ 8742-75 Хомутик 7107-0041 ДСТУГОСТ 2578-70	Коло ПП250x40x76 Е9А25 СМ18К ДСТУГОСТ 2424-83
065	Шліцешліфувальна Верстат 3451 Закріпити деталь у центрах 1. Шліфувати поверхню 4	Центра 7032-4114 ДСТУГОСТ 8742-75 Хомутик 7107-0041 ДСТ 2578-70	Коло 2П250x76x16 $\alpha 30^{\circ}\text{K}$ ДСТУГОСТ 2424-83
070	Шліцешліфувальна Верстат 3451 Закріпити деталь у центрах 1. Шліфувати поверхню 4	Центра 7032-4114 ДСТ УГОСТ8742-75 Хомутик 7107-0041 ДСТУГОСТ 2578-70	Коло 2П250x76x16 $\alpha 30^{\circ}\text{K}$ ДСТУГОСТ 2424-83

					КНУ.КБР.131.26.3-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

1	2	3	4
075	Токарно-гвинторізна Верстат 16K20 Установ А Установити деталь у 3 ^х - кулачковий патрон і люнет 1. Свердлити отвір 33 2. Розточити отвір 33 3. Розточити канавку 34 4. Нарізати різьблення М30х1,5 (пов. 33) 5. Розточити фаску	Патрон 7100-0009 ДСТУГОСТ 2675-80	Свердел 2301-1437 ДСТ УГОСТ22736-71 Різець 2140-0081 Т15К6 ДСТУГОСТ 18882-73 Мітчик 1419-0521 ДСТ УГОСТ9140-81
080	Токарно-гвинторізна Верстат 16K20 Установ А Закріпити деталь у центрах 1. Полірувати поверхню 10	Центра 7032-4114 ДСТУГОСТ 8742-75 Хомутик 7107-0041 ДСТУГОСТ 2578-70	Алмазна паста АП20
085	Магнітний контроль		

1.8.5 Розрахунок між операційних розмірів і припусків на обробку

1.8.5.1 Аналітичний розрахунок припусків на зовнішню (внутрішню) циліндричну поверхню шийки вала $\varnothing 50_{(-0,046)}$.

Таблиця 1.13-Карта розрахунку припусків на обробку і граничні розміри по технологічним переходам

Технологічні переходи обробки поверхні $d50_{(-0,046)}$	Квалітет	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$	Розрахунковий номінальний розмір, мм	Допуск, мкм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків, мкм	
		R_z	h	Δ	ε				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2Z_{\min}^{np}$	$2Z_{\max}^{np}$
Кування	14	250	250	1288	—		59,35	740	60,09	59,35		
Обточування												
чорнове	12	50	50	77,28	80	3580	55,77	300	56,07	55,77	4020	3580

Змі	Архв	№	Підпис	Дат	КНУ.КБР.131.26.3-01.01.ТПВ	Арку

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
напів чистове	10	25,2	30	64,4	4	376,7 6	55,39	120	55,51	55,3 9	560	380
чистове	9	6,4	20	51,52	–	239,2	55,15	74	55,224	55,1 5	286	240
Шліфування чистове	8	1,6	10	25,7 6	–	155,8 4	54,99	46	55,03 6	54,9 9	188	160
Полірування	8	0,8	5	–	–	74,72	54,92	46	54,96 6	54,9 2	70	70

1.8.5.2 Розрахунок між операційних лінійних розмірів

Таблиця 1.14- Послідовність обробки торцевих поверхонь

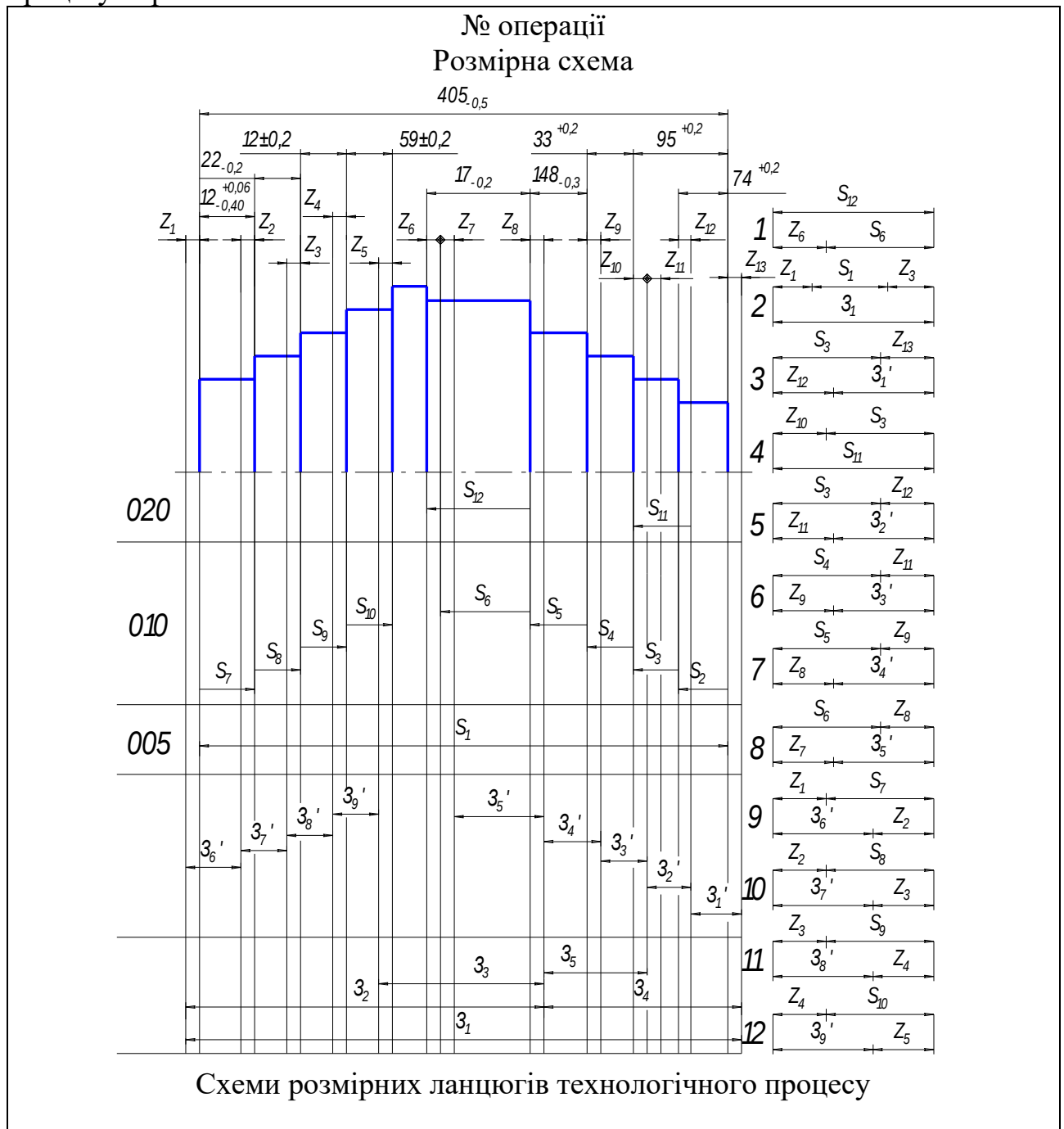
Пов з/п	Послідовність переходів	Шорсткість R _a , мкм	Точність ІТ	Допуск Т, мм	Припуск к t, мм	Позначення припуску
1, 32	Заготовка Фрезування	6,3	15 14	1,2 0,74	9x2	Z ₁ Z ₁₃
3	Заготовка Чорнове підрізання торця	6,3	15 14	1,0 0,62	2	Z ₂
7	Заготовка Чорнове підрізання торця (2 проходи)	1,6	15 14	1,2 0,74	2,5	Z ₃
9	Заготовка Чорнове підрізання торця (2 проходи)	1,6	15 14	1,2 0,74	3,2	Z ₄
11	Заготовка Чорнове підрізання торця	6,3	15 14	1,2 0,74	4	Z ₅
13	Заготовка Чорнове підрізання торця Чистове підрізання торця	6,3 1,6	15 14 13	1,2 0,74 0,46	4,2 1,0	Z ₇ Z ₆
15	Заготовка Чорнове підрізання торця	6,3	15 14	1,2 0,74	3,5	Z ₈
19	Заготовка Чорнове підрізання торця	6,3	15 14	1,2 0,74	2,6	Z ₉
23	Заготовка Чорнове підрізання торця Чистове підрізання торця	6,3 1,6	15 14 13	1,2 0,74 0,46	3,0 2,0	Z ₁₁ Z ₁₀

					КНУ.КБР.131.26.3-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

1	2	3	4	5	6	7
26	Заготовка Чорнове підрізання торця	6,3	15 14	1,2 0,62	1,0	Z ₁₂

При підрізанні торців 7 і 9, задану чистоту R_a=1,6 мкм можна одержати на чорновій операції за рахунок зменшення глибини різання.

Таблиця 1.15- Побудова розмірного ланцюга схеми технологічного процесу обробки вала



Таблиця 1.16- Розрахунок технологічних розмірних ланцюгів

№ розмірного ланцюга	Вихідні дані, мм	Рівняння розмірного ланцюга, номінальний технологічний розмір	Допуск, мкм	Між операційний розмір з допуском, мм	Граничне значення припусків, мм
1	$S_{12} = 17_{-0,2}$ $Z_6 = 1,0$	$S_6 = S_{12} + Z_6 = 17 - 1 = 16$	0,74	$S_6 = 16 \pm 0,37$	$Z_6 = S_{12} - S_6 = 17_{-0,2} - 16 \pm 0,37 = 1,0_{-0,57}^{+0,37}$
2	$S_1 = 405_{-0,5}$ $Z_1 = Z_1 = 9$	$Z_1 = S_1 + Z_1 + Z_{13} = 405 + 9 + 9 = 423$	1,2 0,15 (IT12)	$Z_1 = 423 \pm 0,6$ $Z_{13} = 9 \pm 0,075$	$Z_1 = Z_1 - S_1 - Z_{13} = 423 \pm 0,6 - 405_{-0,5} = 9 \pm 0,075 = 9_{-0,675}^{+1,175}$
3	$S_2 = 74_{+0,2}$ $Z_{13} = 9 \pm 0,075$ $Z_{12} = 1$	$Z_1' = S_2 + Z_{13} + Z_{12} = 74 + 9 - 1 = 82$	1,0	$Z_1' = 82 \pm 0,5$	$Z_{12} = S_2' + Z_{13} - Z_1' = 74_{+0,2} + 9 \pm 0,075 - 82 \pm 0,5 = 1_{-0,775}^{+0,575}$
4	$S_{11} = 21 \pm 0,2$ $Z_{10} = 2$	$S_3 = S_{11} - Z_{10} = 21 - 2 = 19$	0,74	$S_3 = 19 \pm 0,37$	$Z_{10} = S_{11} - S_3 = 21 \pm 0,2 - 19 \pm 0,37 = 2 \pm 0,57$
5	$S_3 = 19 \pm 0,37$ $Z_{12} = 1_{-0,775}^{+0,575}$ $Z_{11} = 3$	$Z_2' = S_3 + Z_{12} + Z_{11} = 19 + 1 - 3 = 17$	1,2	$Z_2' = 17 \pm 0,6$	$Z_{11} = S_3 + Z_{12} - Z_2' = 19 \pm 0,37 + 1_{-0,775}^{+0,575} - 17 \pm 0,6 = 3_{-1,745}^{+1,545}$
6	$S_4 = 35_{+0,2}$ $Z_{11} = 3_{-1,745}^{+1,545}$ $Z_9 = 26$	$Z_3' = S_4 + Z_4 - Z_9 = 35 + 3 - 2,6 = 35,4$	1,2	$Z_3' = 35,4 \pm 0,6$	$Z_9 = S_4 + Z_{12} - Z_3' = 35_{+0,2} + 3_{-1,745}^{+1,545} - 35,4 \pm 0,6 = 26_{-2,545}^{+2,145}$
7	$S_5 = 148_{-0,3}$ $Z_9 = 2,6_{-2,545}^{+2,145}$ $Z_8 = 3,5$	$Z_4' = S_5 + Z_9 - Z_8 = 148 + 2,6 - 3,5 = 147,1$	1,2	$Z_4' = 147,1 \pm 0,6$	$Z_8 = S_5 + Z_9 - Z_4' = 148_{-0,3} + 2,6_{-2,545}^{+2,145} - 147,1 \pm 0,6 = 3,5_{-3,145}^{+3,045}$
8	$S_6 = 16 \pm 0,37$ $Z_8 = 3,5_{-3,145}^{+3,045}$ $Z_7 = 4,2$	$Z_5' = S_6 + Z_8 - Z_7 = 16 + 3,5 - 4,2 = 15,3$	1,2	$Z_5' = 15,3 \pm 0,6$	$Z_7 = S_6 + Z_8 - Z_5' = 16 \pm 0,37 + 3,5_{-3,145}^{+3,045} - 15,3 \pm 0,6 = 4,2_{-4,115}^{+4,015}$
9	$S_7 = 4,2_{-4,115}^{+4,015}$ $Z_1 = 9_{-0,675}^{+1,175}$ $Z_2 = 2$	$Z_6' = S_7 + Z_1 - Z_2 = 12 + 9 - 2 = 19,0$	1,0	$Z_6' = 19,0 \pm 0,5$	$Z_2 = S_7 + Z_1 - Z_6' = 4,2_{-4,115}^{+4,015} + 9_{-0,675}^{+1,175} - 19 \pm 0,5 = 2_{-1,775}^{+2,075}$

№ розмірного ланцюга	Вихідні дані, мм	Рівняння розмірного ланцюга, номінальний технологічний розмір	Допуск, мкм	Між операційний розмір з допуском, мм	Граничне значення припусків, мм
10	$S_8 = 22_{-0,2}$ $Z_2 = 2^{+2,075}_{-1,775}$ $Z_3 = 2,5$	$Z'_7 = S_8 + Z_2 - Z_3 = 22 + 2 - 2,5 = 21,5$	1,2	$Z'_7 = 21,5 \pm 0,6$	$Z_3 = S_8 + Z_2 - Z'_7 = 22_{-0,2} + 2^{+2,075}_{-1,775} - 21,5 \pm 0,6 = 2,5^{+2,875}_{-2,375}$
11	$S_9 = 12 \pm 0,2$ $Z_3 = 2,5^{+2,875}_{-2,375}$ $Z_4 = 3,2$	$Z'_8 = S_9 + Z_3 - Z_4 = 12 + 2,5 - 3,2 = 11,3$	1,2	$Z'_8 = 11,3 \pm 0,6$	$Z_4 = S_9 + Z_3 - Z'_8 = 12 \pm 0,2 + 2,5^{+2,875}_{-2,375} - 11,3 \pm 0,6 = 3,2^{+3,675}_{-3,175}$
12	$S_{10} = 59 \pm 0,2$ $Z_4 = 3,2^{+3,675}_{-3,175}$ $Z_5 = 4$	$Z'_9 = S_{10} + Z_4 - Z_5 = 59 + 3,2 - 4 = 58,2$	1,2	$Z'_9 = 58,2 \pm 0,6$	$Z_5 = S_{10} + Z_4 - Z'_9 = 59 \pm 0,2 + 3,2^{+3,675}_{-3,175} - 58,2 \pm 0,6 = 4^{+4,475}_{-3,975}$

1.8.5.3 Вибір між операційних розмірів і припусків на обробку

Таблиця 1-17 Міжопераційні розміри з допусками

№ поверхні	Найменування переходів	Шорсткість R_a , мкм	Точність IT	Допуск T , мм	Припуск, t , мм	Між операційний розмір з допусками, мм
пов. 1 (торець $\varnothing 45$)	Заготовка фрезерування	6,3	16 14	1,9 0,74	9	$9^{+1,175}_{-0,675}$
пов. 2 ($\varnothing 45js6$)	Заготовка Токарна операція: чорнове обточування Напівчистове обточування чистове обточування	12,5 6,3	12 10	0,25 0,1	5 3,6	$\varnothing$ $50 \pm 0,125$

1	2	3	4	5	6	7
	Шліфувальна операція:	1,6	8	0,039	1,2	Ø
	чистове шліфування	0,8	6	0,016	0,2	$46,4 \pm 0,05$ Ø $45,2 \pm 0,0195$ Ø $45 \pm 0,008$
пов. 3 (торець Ø49,5)	Заготовка Токарна операція: чорнове підрізання торця	6,3	15 14	1,0 0,62	2	$2,0^{+2,075}_{-1,775}$
пов. 7 (торець Ø54,5)	Заготовка Токарна операція: чорнове підрізання торця	1,6	15 14	1,2 0,74	2,5	$2,5^{+2,875}_{-2,375}$
пов. 8 (Ø54,5js6)	Заготовка Токарна операція: чорнове обточування Напівчистове обточування чистове обточування Шліфувальна операція: чистове шліфування	12,5 6,3 1,6 0,8	12 10 8 6	0,25 0,1 0,046 0,019	8,8 1 0,5 0,2	Ø $56,2 \pm 0,15$ Ø $55,2 \pm 0,06$ Ø $54,6 \pm 0,023$ Ø $54,5 \pm 0,0095$
пов. 9 (торець Ø55)	Заготовка Токарна операція: чорнове підрізання торця	1,6	15 14	1,2 0,74	3,2	$3,2^{+3,675}_{-3,175}$

					КНУ.КБР.131.26.3-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

1	2	3	4	5	6	7
пов. 12 (Ø68)	Заготовка Токарна операція: чорнове обточування	6,3	14 12	0,74 0,3	1,0	Ø 68 _{-0,3}
пов. 10 (Ø55h8)	Заготовка Токарна операція: чорнове обточування Напівчистове обточування чистове обточування Шліфувальна операція: чистове шліфування полірування	12,5 6,3 1,6 0,4 0,2	12 10 8 8 8	0,3 0,12 0,074 0,046 0,046	6 1 0,5 0,2 0,02	Ø 59 ± 0,15 Ø 56,2 ± 0,06 Ø 55,2 ± 0,037 Ø 55 ^{+0,046} Ø 55 _{-0,046}
пов. 13 (торець Ø68)	Заготовка Токарна операція: чорнове підрізання торця чистове підрізання торця	6,3 1,6	15 14 13	1,2 0,74 0,46	4,2 1,0	4,2 ^{+4,015} _{-4,115} 1 ^{+0,37} _{-0,57}
пов. 14 (Ø60js6)	Заготовка Токарна операція: чорнове обточування Напівчистове обточування чистове обточування Шліфувальна операція: чистове шліфування	12,5 6,3 1,6 0,8	12 10 8 6	0,3 0,12 0,046 0,019	1,6 1,3 0,5 0,2	Ø 62 ± 0,15 Ø 60,7 ± 0,06 Ø 60,2 ± 0,023 Ø 60 ± 0,009
пов. 15 (торець Ø60)	Заготовка Токарна операція: чорнове підрізання торця	6,3	15 14	1,2 0,74	3,5	3,5 ^{+3,045} _{-3,145}

					КНУ.КБР.131.26.3-01.01.ТПВ		Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат			

1	2	3	4	5	6	7
пов. 16 (Ø55js6)	Заготовка Токарна операція: чорнове обточування Напівчистове обточування чистове обточування Шліфувальна операція: чистове шліфування	12,5 6,3 1,6 0,8	12 10 8 6	0,3 0,12 0,046 0,019	4,5 1,3 1,0 0,2	Ø 57,5±0,15 Ø 56,2±0,06 Ø 55,2±0,023 Ø 55±0,0095
пов. 17 (Ø54)	Заготовка Токарна операція: чистове обточування	6,3	12	0,3	3,5	Ø 54 _{-0,3}
пов. 18 (Ø55js6)	Заготовка Токарна операція: чорнове обточування Напівчистове обточування чистове обточування Шліфувальна операція: чистове шліфування	12,5 6,3 1,6 0,8	12 10 8 6	0,3 0,12 0,046 0,019	4,5 1,3 1,0 0,2	Ø 57,5±0,15 Ø 56,2±0,06 Ø 55,2±0,023 Ø 55±0,0095
пов. 19 (торець Ø55)	Заготовка Токарна операція: чорнове підрізання торця	6,3	15 14	1,2 0,74	2,6	2,6 ^{+2,145} _{-2,545}

					КНУ.КБР.131.26.3-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

1	2	3	4	5	6	7
пов. 23 (торець Ø52,5)	Заготовка Токарна операція: чорнове підрізання торця чистове підрізання торця	12,5 6,3	15 14 13	1,2 0,74 0,46	3,0 2,0	$4^{+1,545}_{-1,745}$ $2 \pm 0,57$
пов. 24 (Ø41)	Заготовка Токарна операція: чистове обточування	6,3	12	0,25	1,2	$\varnothing 41_{-0,25}$
пов. 25 (Ø42js6)	Заготовка Токарна операція: чорнове обточування Напівчистове обточування чистове обточування Шліфувальна операція: чистове шліфування	12,5 6,3 1,6 0,8	12 10 8 6	0,25 0,1 0,039 0,016	6,5 1,5 0,8 0,2	$\varnothing$ $44,5 \pm 0,125$ $\varnothing$ $43 \pm 0,05$ $\varnothing$ $42,2 \pm 0,0195$ $\varnothing$ $42 \pm 0,008$
пов. 26 (торець Ø42)	Заготовка Токарна операція: чорнове підрізання торця	6,3	15 14	1,0 0,62	1,0	$1^{+0,575}_{-0,775}$
пов. 27 (Ø40m6) пов. 29 (Ø40m6)	Заготовка Токарна операція: чорнове обточування Напівчистове обточування чистове обточування Шліфувальна операція: чистове шліфування	12,5 6,3 1,6 0,8	12 10 8 6	0,25 0,1 0,039 0,016	9,0 1,0 0,8 0,2	$\varnothing$ $42 \pm 0,125$ $\varnothing$ $41 \pm 0,05$ $\varnothing$ $40,2 \pm 0,0195$ $\varnothing 40^{+0,025}_{-0,09}$
пов. 28 (Ø39)	Заготовка Токарна операція: чистове обточування	6,3	12	0,25	3,0	$\varnothing 39_{-0,25}$
Змі	Арку	№	Підпис	Дат	КНУ.КБР.131.26.3-01.01.ТПВ	
					Арку	

1	2	3	4	5	6	7
пов. 31 (М39х1,5)	Заготовка Токарна операція: чорнове обточування Напівчистове обточування нарізування різьблення	12,5 6,3 6,3	12 10 7 кл	0,25 0,1 0,025	11 1 1,5	$\varnothing$ $42 \pm 0,125$ $\varnothing 39_{-0,1}$ М39х1,5
пов. 32 (торець М39)	Заготовка Фрезерна операція: фрезування	6,3	16 14(12)	1,9 0,74	9	$9 \pm 0,75$
пов. 31 (М30х1,5)	Заготовка Токарна операція: свердління розсвердлення нарізування різьблення	12,5 6,3 6,3	12 11 7 кл	0,21 0,13 0,021	2,5 3,5 1,5/2	$\varnothing 25^{+0,21}$ $\varnothing 28,5^{+0,13}$ М30х1,5
пов. 42, 43 (лыски)	Заготовка Фрезерна операція: Фрезування	6,3	16 14(12)	0,3 0,19	3,5	$61_{-0,19}$

1.8.6 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій

Операція токарна на токарному верстаті з ЧПК LU25

Потужність електродвигуна головного привода верстата – 10 кВт.

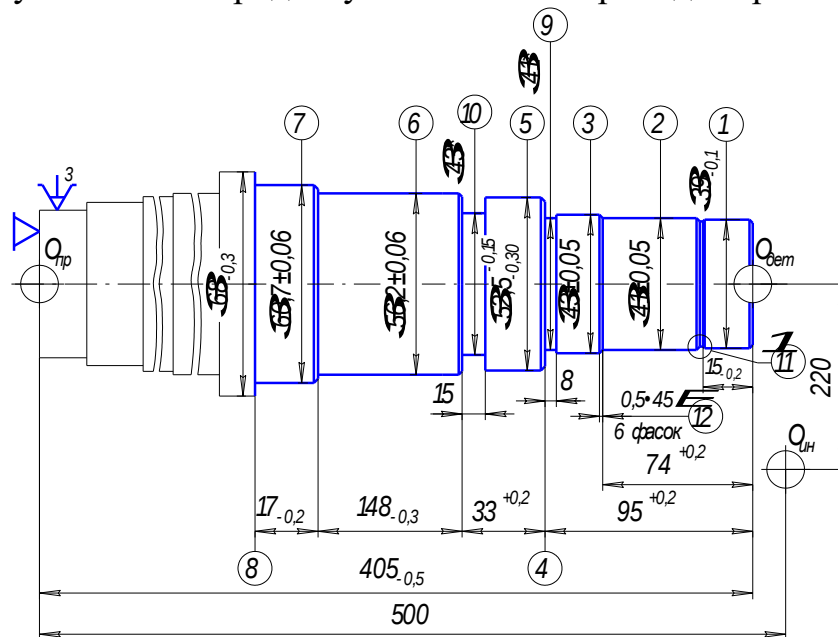


Рисунок 1.12 – Ескіз операції токарної з ЧПК

Змі	Арку	№	Підпис	Дат	КНУ.КБР.131.26.3-01.01.ТПВ	Арку
-----	------	---	--------	-----	----------------------------	------

Розрахунок і вибір режимів різання проводимо для поверхонь 1,8.

Вибір глибини різання.

По карті 2 визначаємо мінімально необхідну глибину різання для напівчистої операції.

Для поверхні 1, діаметр якої відповідає інтервалу розмірів від 30 мм до 50 мм, рекомендується глибина різання 0,7 мм.

Для поверхні 8, діаметр якої відповідає інтервалу розмірів від 50 до 80 мм, рекомендується глибина різання 0,8 мм.

Вибір інструмента.

На верстаті LU25 використовують різці з перетином державки 16x16 мм, товщина пластини виходячи з умов обробки приймаємо тригранну форму пластини з кутом при вершині 60° із твердого сплаву Т15К6.

По додатку 7 і виходячи з умов обробки вибираємо кути в плані: $\varphi=93^\circ$, $\varphi_1=32^\circ$.

По додатку 8 визначаємо інші геометричні параметри частини, що ріже:

задній кут – $\alpha=8^\circ$;

передній кут – $\gamma=5^\circ$;

форма передньої поверхні – плоска без фаски;

радіус округлення ріжучої кромки $r=0,02$ мм;

радіус вершини різця – $r_\Sigma=0,6$ мм;

нормальний період стійкості – $T=30$ хв.

Вибір подачі.

Для поверхні 1, при точінні деталі з діаметром до 50 мм і глибиною різання до 1,5 мм рекомендується подача $S=0,27$ мм/про. Для поверхні 8 відповідно рекомендується подача 0,49 мм/про. Поправочні коефіцієнти на подачу в залежності від інструментального матеріалу $K_{S_s}=1,0$, способу кріплення пластини $K_{S_p}=1,1$.

Поправочні коефіцієнти на подачу напівчистої стадії обробки для змінених умов у залежності від:

перетин державки різця – $K_{S_d}=0,8$;

міцності ріжучої частини, $K_{S_k}=1,0$;

механічних властивостей оброблюваного матеріалу

$K_{S_u}=0,6$;

стану поверхні заготовлі – $K_{S_n}=1,0$;

геометричні параметри різця – $K_{S_g}=1,3$;

жорсткість верстата – $K_{S_j}=1,0$.

					КНУ.КБР.131.26.3-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Аркв	№	Підпис	Дат		

Для поверхні 1:

$$S_o = 0,27 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,6 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,0 = 0,2 \text{ мм/об}$$

Для поверхні 8:

$$S_o = 0,49 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,6 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,0 = 0,35 \text{ мм/об}$$

Для поверхні 8 (найбільш навантаженої) з подачею $S_o = 0,35 \text{ мм/об}$ і глибину різання $t=1 \text{ мм}$, $P_x^r = 630 \text{ Н}$, $P_y^r = 230 \text{ Н}$.

$$\begin{aligned} K_{P_{\text{мх}}} &= K_{P_{\text{мг}}} = 1,3 \\ \text{головного кута в плані} \quad K_{P_{\varphi x}} &= K_{P_{\varphi y}} = 1,0 \\ \text{головного переднього кута} \quad K_{P_{\gamma x}} &= 1,07, \quad K_{P_{\gamma y}} = 1,0 \\ \text{кута нахилу крайки} \quad K_{P_{\lambda x}} &= K_{P_{\lambda y}} = 1,0 \\ P_x &= 630 \cdot 1,0 \cdot 1,07 \cdot 1,0 \cdot 1,3 = 873,3 \text{ Н}; \\ P_y &= 630 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,3 = 873,3 \text{ Н}. \end{aligned}$$

Розраховані значення відповідних сил різання менше, ніж допускаються механізмом подачі верстата.

Вибір швидкості різання

Значення швидкості, що рекомендуються, різання для напівчистової обробки вибираємо з карти 21, при напівчистовій обробці стадії обробки сталі легованої без кірки:

с глибиною різання t до 3 мм і подачею $S_o = 0,2 \text{ мм/об}$, швидкість різання для поверхні 1 $V_T = 241 \text{ м/хв}$;

із глибиною різання t до 3 мм і подачею $S_o = 0,35 \text{ мм/об}$, швидкість різання для поверхні 8 $V_T = 203 \text{ м/хв}$.

Поправочний коефіцієнт для напівчистової стадії обробки в залежності від інструментального матеріалу $K_{VH} = 1,0$.

По карті 23 вибираємо інші поправочні коефіцієнти на швидкість різання для змінених умов в залежності від:

групи оброблюваності матеріалу	$K_{Vc} = 0,9$
виду обробки	$K_{Vo} = 1,0$
жорсткості верстата	$K_{Va} = 1,0$
механічних властивостей матеріалу	$K_{Vm} = 0,5$
геометричних параметрів різця	$K_{V\varphi} = 0,95$
періоду стійкості ріжучої частини,	$K_{Vr} = 1,0$
наявність охолодження	$K_{Vж} = 1,0$

$$K_v = 1,0 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,4275$$

Для поверхні 1.

					КНУ.КБР.131.26.3-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

$$V = 241 \cdot 0,4275 = 103 \text{ м/хв}$$

Для поверхні 8.

$$V = 203 \cdot 0,4275 = 86 \text{ м/хв}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 103}{3,14 \cdot 42} = 780 \text{ об/хв, приймаємо } n_{\phi} = 800 \text{ об/хв.}$$

Для поверхні 8.

$$n = \frac{1000 \cdot 86}{3,14 \cdot 68} = 402,6 \text{ об/хв, приймаємо } n_{\phi} = 500 \text{ об/хв.}$$

Для поверхні 1.

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 42 \cdot 800}{1000} = 105,6 \text{ м/хв.}$$

Для поверхні 8.

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 68 \cdot 500}{1000} = 106,8 \text{ м/хв.}$$

Для поверхні 1

$$N_T = 5,1 \text{ кВт.}$$

Для поверхні 8

$$N_T = 7,5 \text{ кВт.}$$

Для поверхні 1.

$$N = 5,1 \cdot 1,3 \cdot \frac{105,6}{241} = 2,9 \text{ кВт}$$

Для поверхні 8.

$$N = 7,5 \cdot 1,3 \cdot \frac{106,8}{203} = 5,12 \text{ кВт}$$

Жодне з розрахованих значень не перевищує потужність привода головного руху верстата $N = 10$ кВт. Отже, установлений режим різання по потужності здійснений.

Розрахунки для інших поверхонь проводяться аналогічно.

Визначення норми штучного часу.

Для поверхні 1.

$$T_o = \frac{15 \cdot 3}{0,2 \cdot 800} = 0,282 \text{ хв.}$$

Для поверхні 8.

$$T_o = \frac{3,5 \cdot 5}{0,35 \cdot 500} = 0,02 \text{ хв.}$$

Для обробки нашої деталі використовуємо 6 інструментів.

$$T_{мс} = 24 \text{ с} = 0,4 \text{ хв.}$$

Зробивши розрахунки основного час на операцію одержимо.

$$T_o = 4,51 \text{ хв.}$$

$$T_{ца} = 4,51 + 0,4 = 4,91 \text{ хв.}$$

					КНУ.КБР.131.26.3-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Аркв	№	Підпис	Дат		

$$T_{\text{ш}} = (1,97 + 4,91) \cdot \left(1 + \frac{8}{100}\right) = 7,43 \text{ хв.}$$

$$H_{\text{ер}} = T_{\text{шт-к}} = 7,43 + \frac{54,3}{1500} = 7,47 \text{ хв.}$$

На інші операції і переходи, режими різання призначаються табличним способом .

					КНУ.КБР.131.26.3-01.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

2 МОДЕЛЮВАННЯ ОПЕРАЦІЙ ТА ПРОГРАМУВАННЯ В СЕРЕДОВИЩІ FEATURECAM

Розробимо керуючу програму на зовнішню токарну обробку вала за два установи. Операція виконується на токарному верстаті з ЧПК LU25. Система керування верстата — Fanuc. Вал закріплюється у трикулачковому патроні з підтисканням заднім центром через відношення довжини до діаметру більше, ніж 3. Тому в керуючій програмі необхідно передбачити торцювання до діаметра 20...30 мм, щоб різець не врізався у задній центр. В навчальних цілях для покращення візуалізації модельованої обробки упустимо цей фактор та будемо вести обробку до вісі деталі без врахування наявності центра.

Програмування токарної обробки здійснюється у САМ-системі FeatureCAM.

Опції постпроцесора наведені на рисунку 2.1. Задаємо положення зміни інструменту: X250 Z125. Обираємо метричну систему та крок блоку задаємо 10 для простішого сприйняття нумерації кадрів і швидшої орієнтації в тексті КП.

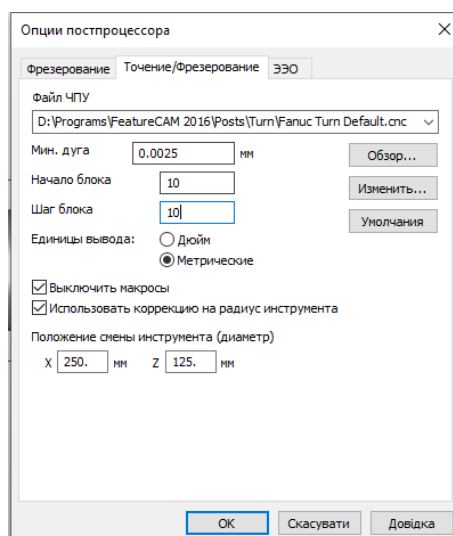


Рисунок 2.1 – Опції постпроцесора

2.1 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм

На першому установі точномо праву сторону до найбільшого діаметру 68 мм на довжину 300 мм, щоб забезпечити максимальну жорсткість на першій чорновій операції.

					КНУ.КБР.131.26.3-01.02.МПО		
Змін	Архв	№	Підпис	Дат			
Розроб.	Сахно				МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ		
Перевір	Кіянський						
Н.	Нечаєв						
Затвер	Рязанцев						
						Лім	Арк
							Аркшіт
						Кафедра ТМ	
						зп ЗГМ-22	

Заготовкою вала є прокат, розміри якого визначаємо виходячи з припусків на механічну обробку і стандартних діаметрів прокату: призначаємо припуск на максимальний діаметр (68 мм) 12 мм, на торці – 5 мм сумарно. Звідки розміри заготовки: $\varnothing 80$ мм, $L = 410$ мм.

Імпортуємо в проєкт модель деталі для пришивидження розробки керуючої програми за рахунок автоматизації створення керуючих кривих та елементів. Результат наведено на рисунку 5.2.

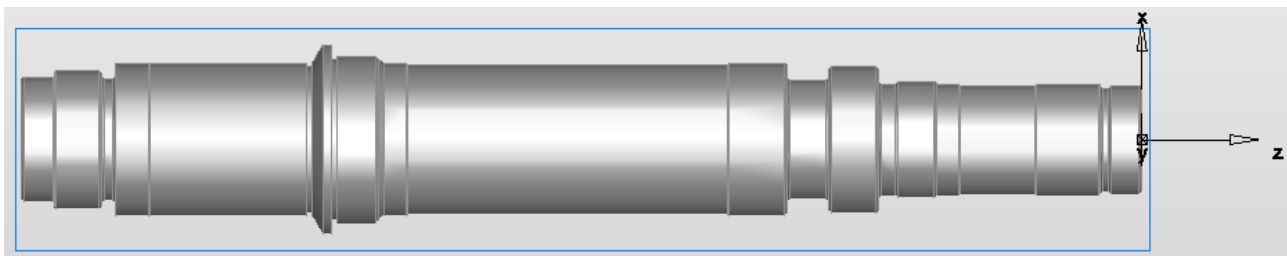


Рисунок 2.1– Імпорт деталі у Autodesk FeatureCAM

Розробляємо операції першого установа:

- 1) підрізання торця (припуск 3 мм);
- 2) точіння зовнішніх циліндричних поверхонь з підрізанням фасок;
- 3) прорізання канавок;
- 4) нарізання різьблення M39x1,5.

Найточніший квалітет деталі — IT6, найменша шорсткість — Ra 0,2. Отже, на відповідні циліндричні поверхні необхідно передбачити припуск на шліфування. Всі інші поверхні отримуються чистовим точінням.

На поверхні $\varnothing 40m6$, $\varnothing 60js6$ залишаємо припуск 1 мм на діаметр під шліфування. Для чистового точіння використовуємо контурним різець для виконання канавок глибиною 1 мм з подальшим доопрацюванням канавковим різцем.

Криві для точіння зображено на рисунку 2.2, результат обробки – на рис. 2.3, траєкторії переміщень інструментів – рис. 2.4.

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 5 мм.

Змі	Арку	№	Підпис	Дат

КНУ.КБР.131.26.3-01.02.МПО

Арку

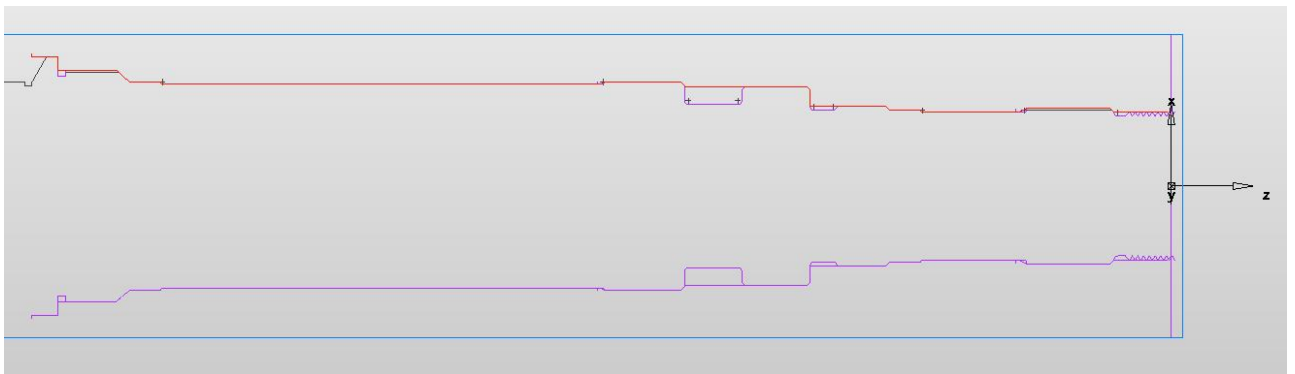


Рисунок 2.2 – Криві для точіння на першому установі

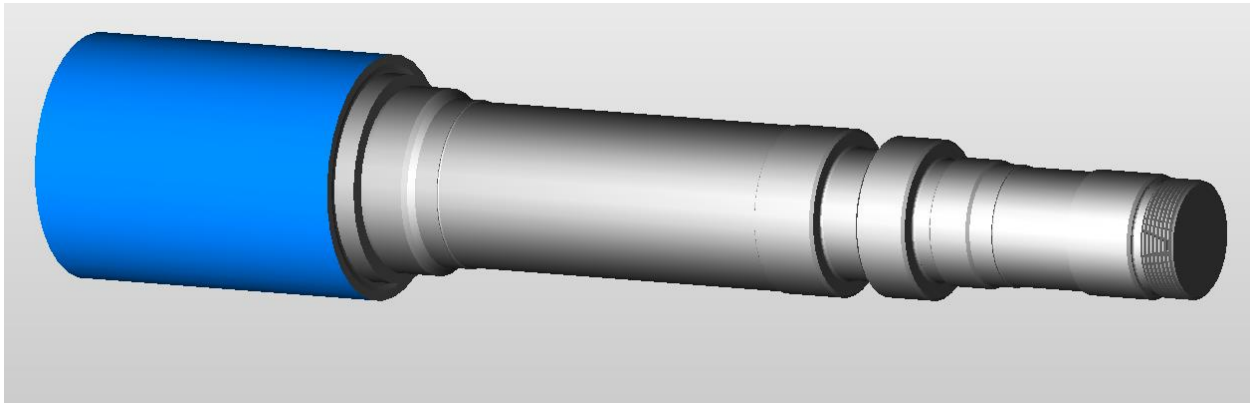


Рисунок 2.3 – Результат обробки першого установка

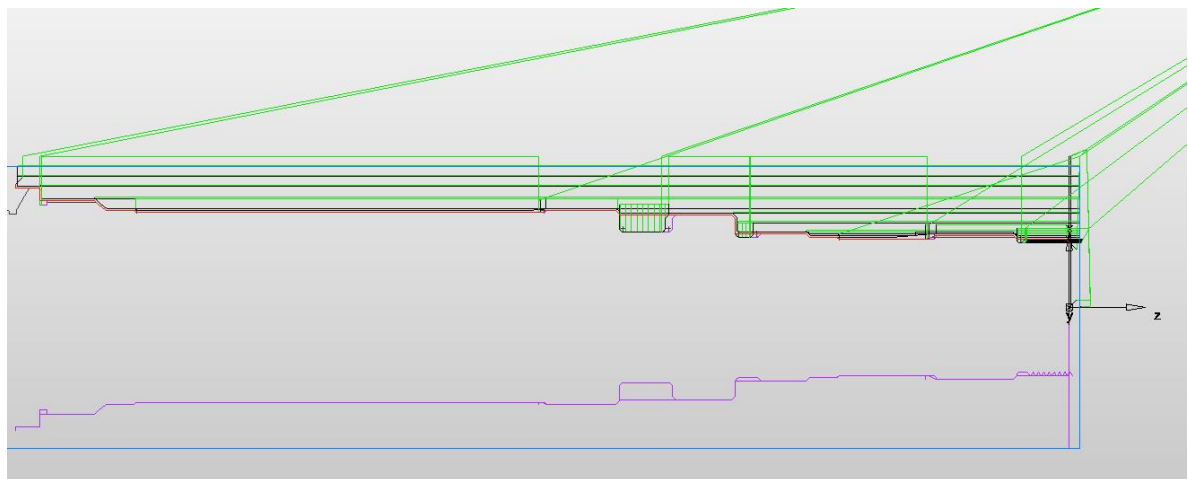


Рисунок 2.4 – Траєкторії переміщень інструментів на першому установі

Розробляємо операції другого установка:

- 1) підрізання торця (припуск 2 мм);
- 2) точіння зовнішніх поверхонь з підрізанням фасок;
- 3) прорізання канавок.

На поверхню $\varnothing 55h8$ залишаємо припуск на шліфування 1 мм. Криві для обробки наведені на рисунку 2.4.

									Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат	КНУ.КБР.131.26.3-01.02.МПО				



Рисунок 2.5 – Криві для точіння на другому установі

Результат обробки другого установка наведено на рис. 2.6, траєкторії переміщень інструментів – рис. 2.7, перелік створених операцій з режимами різання – рис. 2.8.

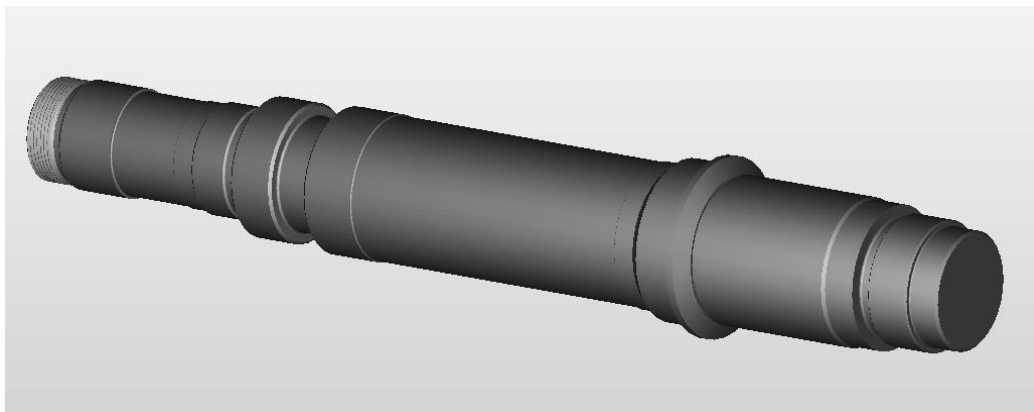


Рисунок 2.6 – Результат обробки другого установка

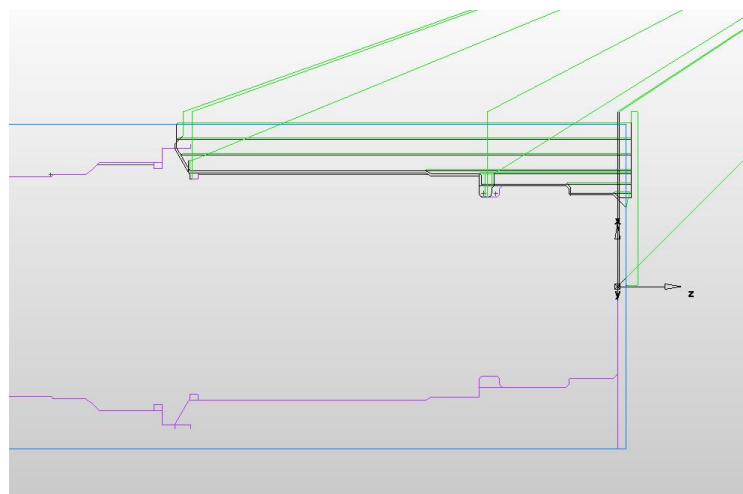


Рисунок 2.7 – Траєкторії переміщень інструментів на другому установі

					КНУ.КБР.131.26.3-01.02.МПО	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

черн. проход 1	торец1	SW_Tum_80...	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС	40.000 мм
чист.	торец1	* SW_Tum_80...	0.152 мм/об	247 м/мин	ЧС	40.000 мм
черн. проход 1	точение1	SW_Tum_80...	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС	16.500 мм
чист.	точение1	* SW_Tum_35m...	0.152 мм/об	247 м/мин	ЧС	16.500 мм
черн. проход 1	канавка1	* SW_Grv_1.5m...	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС	1.100 мм
черн. проход 1	канавка2	* SW_Grv_2m...	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС	1.000 мм
черн. проход 1	канавка3	SW_Grv_2m_RH	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС	1.000 мм
черн. проход 1	канавка4	* SW_Grv_2m...	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС	4.750 мм
чист.	канавка5	* SW_Grv_1.5m...	0.152 мм/об	247 м/мин	ЧС	0.500 мм
черн. проход 1	канавка6	* SW_Grv_1.5m...	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС	1.500 мм
резьба	резьба1	OD_Metric_SW	1.500 мм/об	1390 об/мин	...	1.137 мм
с_остановом	с_остановом1					
черн. проход 1	торец2	SW_Tum_80...	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС	40.000 мм
чист.	торец2	* SW_Tum_80...	0.152 мм/об	247 м/мин	ЧС	40.000 мм
черн. проход 1	точение2	SW_Tum_80...	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС	13.500 мм
чист.	точение2	* SW_Tum_80...	0.152 мм/об	247 м/мин	ЧС	13.500 мм
черн. проход 1	канавка7	* SW_Grv_2m...	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС	2.750 мм
черн. проход 1	канавка8	* SW_Grv_1.5m...	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС	1.500 мм

Рисунок 2.8 – Перелік створених операцій

Розробимо симуляцію обробки на верстаті – на рис. 2.9, 2.10.

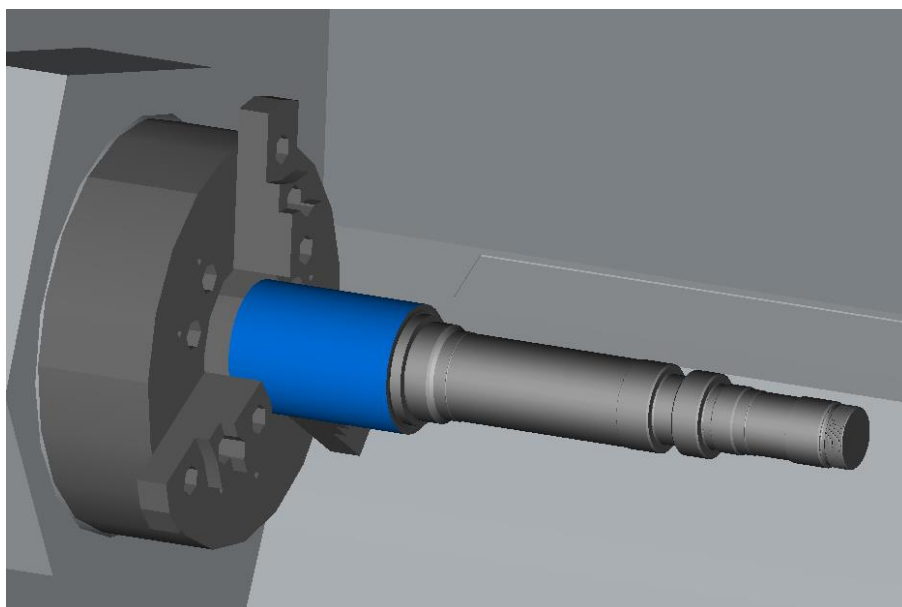


Рисунок 2.9 – Симуляція обробки на верстаті першого установа

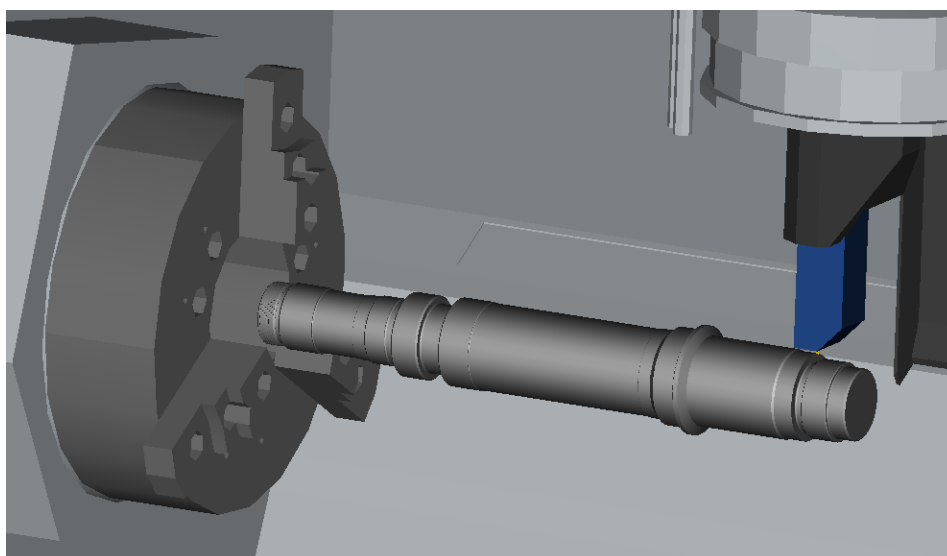


Рисунок 2.10 – Симуляція обробки на верстаті другого установа

						Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат	КНУ.КБР.131.26.3-01.02.МПО	

Після моделювання обробки генеруємо керуючу програму, фрагмент якої наведено на рис. 2.11. Загальна кількість кадрів – 363. Машинний час обробки – 13 хв 15 с.

```
%
O0001( Val)
N30 G21 G40
N40 G28 U0 W0
( OPERATION: ROUGH FACE )
N70 T101
N80 G50 S3000
N90 G96 S170 M3
N100 G0 X90.0 Z5.0 M8
N110 X86.0 Z0.5
N120 G1 X0. F0.381
N130 Z3.0
N140 X0.707 Z3.354
N150 G0 Z6.0
( OPERATION: FINISH FACE )
N170 G0 X90.0 Z5.0
N180 G50 S3000
N190 G96 S246
N200 G0 X90.0 Z5.0 M8
N210 X86.0 Z0.
N220 G1 X0. F0.152
N230 X4.243 Z2.121
N240 G0 Z6.0
( OPERATION: ROUGH TURN )
N260 G0 X90.0 Z5.0
N270 G50 S3000
N280 G96 S170
N290 G0 X90.0 Z5.0 M8
N300 X86.0 Z3.0
N310 G71 U5.0 R0.5
N320 G71 P330 Q600 U1.0 W0.5 F0.381
N330 G1 X37.0 F0.152
N340 Z0.
```

Рисунок 2.11 – Фрагмент згенерованої керуючої програми

Додатково перевіримо створену керуючу програму у програмному забезпеченні CIMCO Edit. Траєкторії переміщень інструментів першого установу наведено на рис. 2.12, другого – 2.13, твердотільна верифікація – 2.14.

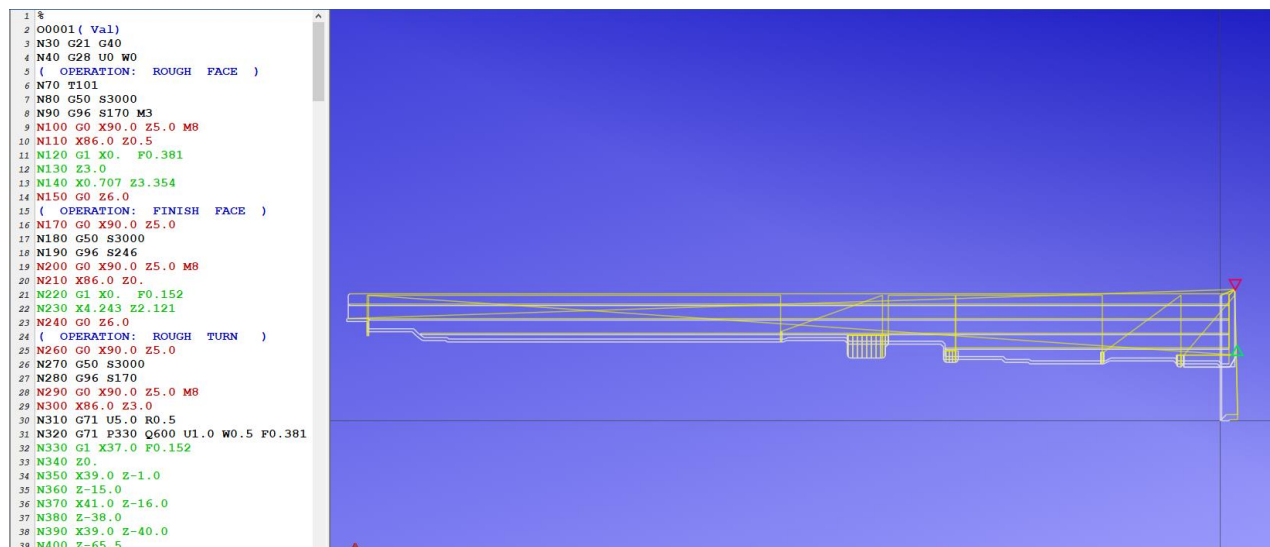


Рисунок 2.14 – Траєкторії переміщень інструментів першого установу у CIMCO Edit

					КНУ.КБР.131.26.3-01.02.МПО	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

```

1 ( OPERATION: ROUGH FACE )
2 N2280 T101
3 N2290 G50 S3000
4 N2300 G96 S170 M3
5 N2310 G0 X90.0 Z5.0 M8
6 N2320 X86.0
7 N2330 G72 W5.0 R0.5
8 N2340 G72 P2350 Q2360 U0. W0.5 F0.381
9 N2350 G1 Z0. F0.152
10 N2360 X0.
11 ( OPERATION: FINISH FACE )
12 N2380 G0 X90.0 Z5.0
13 N2390 G50 S3000
14 N2400 G96 S246
15 N2410 G0 X90.0 Z5.0 M8
16 N2420 G70 P2350 Q2360
17 N2430 G0 X4.243
18 ( OPERATION: ROUGH TURN )
19 N2450 G0 X86.0 Z2.121
20 N2460 G50 S3000
21 N2470 G96 S170
22 N2480 G0 X86.0 Z2.121 M8
23 N2490 Z3.354
24 N2500 X72.333
25 N2510 G1 Z-108.5 F0.381
26 N2520 X80.0
27 N2530 X80.707 Z-108.146
28 N2540 G0 Z3.354
29 N2550 G1 X64.667
30 N2560 Z-107.46
31 N2570 X68.268 Z-108.5
32 N2580 X72.333
33 N2590 X73.04 Z-108.146
34 N2600 G0 Z3.354
35 N2610 G1 X57.0
36 N2620 Z-105.247
37 N2630 X64.667 Z-107.46
38 N2640 X65.374 Z-107.107
39 N2650 G0 Z3.354
40 N2660 G1 X55.5

```

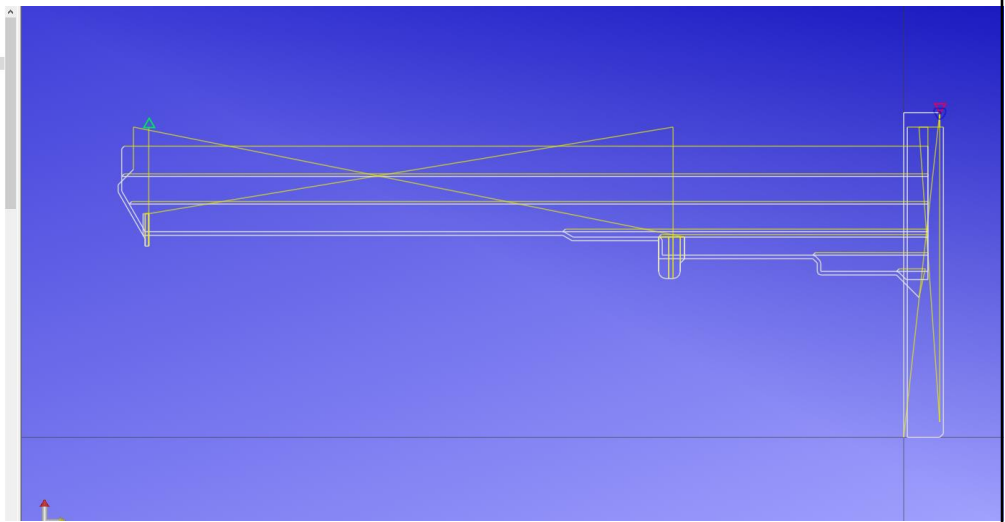


Рисунок 2.13 – Трасекторії переміщень інструментів другого установу у CIMCO Edit

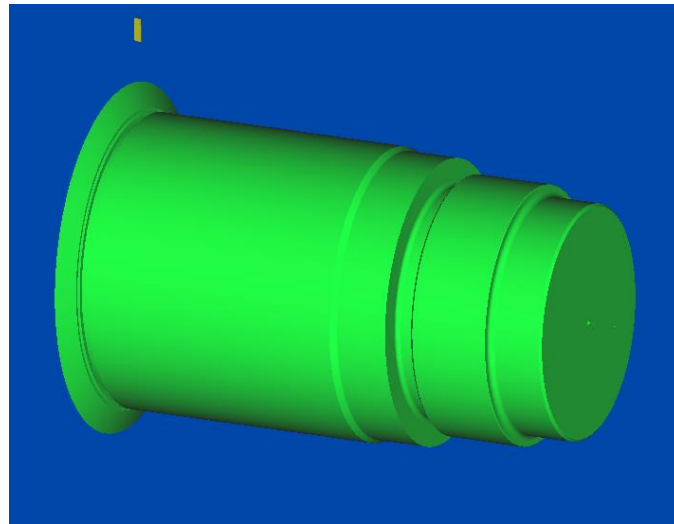


Рисунок 2.14 – Твердотільна верифікація обробки другого установу у CIMCO Edit

КЕРУЮЧА ПРОГРАМА (частково)

% O0001(Val) N30 G21 G40 N40 G28 U0 W0 (OPERATION: ROUGH FACE)) N70 T101 N80 G50 S3000 N90 G96 S170 M3 N100 G0 X90.0 Z5.0 M8 N110 X86.0 Z0.5 N120 G1 X0. F0.381 N130 Z3.0 N140 X0.707 Z3.354 N150 G0 Z6.0	(OPERATION: ROUGH GROOVE: OUTER) N1010 T404 N1020 G50 S3000 N1030 G96 S170 M3 N1040 G0 X47.0 Z-40.0 M8 N1050 G1 X40.0 F0.381 N1060 G0 X47.0 N1070 Z-41.0 N1080 G1 X39.0 N1090 G0 X47.0 N1100 Z-40.0 N1110 G1 X40.0 N1120 G2 X39.0 Z-40.5 R0.5 N1130 G0 X47.0	(OPERATION: FINISH GROOVE: OUTER) N1960 T303 N1970 G50 S3000 N1980 G96 S246 M3 N1990 G0 X61.0 Z-151.0 M8 N2000 G1 X54.0 F0.152 N2010 G0 X61.0 N2020 Z-150.5 N2030 G1 X55.0 N2040 G2 X54.0 Z-151.0 R0.5 N2050 G0 X86.0 (OPERATION: ROUGH GROOVE: OUTER) N2070 G0 Z-292.5
---	--	---

1					2					3				
(OPERATION: FINISH FACE) N170 G0 X90.0 Z5.0 N180 G50 S3000 N190 G96 S246 N200 G0 X90.0 Z5.0 M8 N210 X86.0 Z0. N220 G1 X0. F0.152 N230 X4.243 Z2.121 N240 G0 Z6.0					N1140 Z-41.0 N1150 G1 X39.0 N1160 Z-40.5 N1170 G0 X86.0 (					N2080 G50 S3000 N2090 G96 S170 N2100 G0 X86.0 Z-292.5 M8 N2110 X67.0 N2120 G1 X58.0 F0.381 N2130 G0 X67.0 N2140 Z-293.0 N2150 G1 X58.0 N2160 G0 X86.0 N2170 G28 U0 N2180 G28 W125.0				
(OPERATION: ROUGH TURN) N260 G0 X90.0 Z5.0 N270 G50 S3000 N280 G96 S170 N290 G0 X90.0 Z5.0 M8 N300 X86.0 Z3.0 N310 G71 U5.0 R0.5 N320 G71 P330 Q600 U1.0 W0.5 F0.381 N330 G1 X37.0 F0.152 N340 Z0. N350 X39.0 Z-1.0 N360 Z-15.0 N370 X41.0 Z-16.0 N380 Z-38.0 N390 X39.0 Z-40.0 N400 Z-65.5 N410 G2 X40.0 Z-66.0 R0.5 F0.381 N420 G1 Z-74.0 N430 X42.0 Z-75.0 N440 Z-95.0 N450 X50.5 N460 X52.5 Z-96.0 N470 Z-128.0 N480 X53.0 N490 X55.0 Z-129.0 N500 Z-149.0 N510 X54.0 Z-150.0 N520 Z-265.5 N530 G2 X55.0 Z-266.0 R0.5 N540 G1 Z-274.0 N550 X58.0 Z-276.0 N560 X61.0 Z-277.5 N570 Z-293.0 N580 X68.0 N590 Z-300.0 N600 X70.0 N610 G28 U0 N620 G28 W125.0					OPERATION: ROUGH GROOVE: OUTER) N1190 G0 Z-90.8 N1200 G50 S3000 N1210 G96 S170 N1220 G0 X86.0 Z-90.8 M8 N1230 X48.0 N1240 G1 X40.04 F0.381 N1250 G0 X48.0 N1260 Z-91.933 N1270 G1 X40.0 N1280 G0 X48.0 N1290 Z-93.067 N1300 G1 X40.0 N1310 G0 X48.0 N1320 Z-94.2 N1330 G1 X40.04 N1340 G0 X48.0 N1350 Z-90.0 N1360 G1 X42.0 N1370 G2 X40.0 Z-91.0 R1.0 N1380 G0 X48.0 N1390 Z-95.0 N1400 G1 X42.0 N1410 G3 X40.0 Z-94.0 R1.0 N1420 G1 Z-91.0 N1430 G0 X86.0					(OPERATION: THREAD: OUTER) N2200 T505 N2210 G97 S1390 M3 N2220 G0 X45.0 Z5.663 M8 G76 P010060 Q1137 R0 G76 X36.726 Z-12.5 R0 P1137 Q01137 F1.5 N2250 G28 U0 N2260 G28 W125.0 N2270 M00 (OPERATION: ROUGH FACE) N2280 T101 N2290 G50 S3000 N2300 G96 S170 M3 N2310 G0 X90.0 Z5.0 M8 N2320 X86.0 N2330 G72 W5.0 R0.5 N2340 G72 P2350 Q2360 U0. W0.5 F0.381 N2350 G1 Z0. F0.152 N2360 X0. (OPERATION: FINISH FACE) N2380 G0 X90.0 Z5.0 N2390 G50 S3000 N2400 G96 S246 N2410 G0 X90.0 Z5.0 M8 N2420 G70 P2350 Q2360 N2430 G0 X4.243				
(OPERATION: FINISH TURN) N640 T202 N650 G50 S3000 N660 G96 S246 M3					(OPERATION: ROUGH GROOVE: OUTER) N1450 G0 Z-114.0 N1460 G50 S3000 N1470 G96 S170					(OPERATION: ROUGH TURN) N2450 G0 X86.0 Z2.121 N2460 G50 S3000 N2470 G96 S170				

					КНУ.КБР.131.26.3-01.02.МПО	Арху
Змі	Арху	№	Підпис	Дат		

Арку

N670 G0 X90.0 Z5.0 M8 N680 G70 P330 Q600 N690 G0 X86.0 N700 G28 U0 N710 G28 W125.0 (OPERATION: ROUGH GROOVE: OUTER) N730 T303 N740 G50 S3000 N750 G96 S170 M3 N760 G0 X45.0 Z-12.5 M8 N770 G1 X39.0 F0.381 N780 G0 X45.0 N790 Z-13.5 N800 G1 X36.8 N810 G0 X45.0 N820 Z-14.7 N830 G1 X37.372 N840 G0 X45.0 N850 Z-15.0 N860 G1 X38.8 N870 G0 X45.0 N880 Z-12.5 N890 G1 X39.0 N900 X37.0 Z-13.5 N910 X36.8 N920 G0 X45.0 N930 Z-15.0 N940 G1 X38.8 N950 G3 X36.8 Z-14.0 R1.0 N960 G1 Z-13.5 N970 G0 X86.0 N980 G28 U0 N990 G28 W125.0	N1480 G0 X86.0 Z-114.0 M8 N1490 X58.5 N1500 G1 X52.5 F0.381 N1510 G0 X58.5 N1520 Z-115.0 N1530 G1 X45.0 N1540 G0 X58.5 N1550 Z-116.6 N1560 G1 X43.0 N1570 G0 X58.5 N1580 Z-118.2 N1590 G1 X43.0 N1600 G0 X58.5 N1610 Z-119.8 N1620 G1 X43.0 N1630 G0 X58.5 N1640 Z-121.4 N1650 G1 X43.0 N1660 G0 X58.5 N1670 Z-123.0 N1680 G1 X43.0 N1690 G0 X58.5 N1700 Z-124.6 N1710 G1 X43.0 N1720 G0 X58.5 N1730 Z-126.2 N1740 G1 X43.0 N1750 G0 X58.5 N1760 Z-127.8 N1770 G1 X43.8 N1780 G0 X58.5 N1790 Z-128.0 N1800 G1 X45.0 N1810 G0 X58.5 N1820 Z-114.0 N1830 G1 X52.5 N1840 X50.5 Z-115.0 N1850 X45.0 N1860 G2 X43.0 Z-116.0 R1.0 N1870 G0 X58.5 N1880 Z-128.0 N1890 G1 X45.0 N1900 G3 X43.0 Z-127.0 R1.0 N1910 G1 Z-116.0 N1920 G0 X86.0 N1930 G28 U0 N1940 G28 W125.0	N2480 G0 X86.0 Z2.121 M8 N2490 Z3.354 N2500 X72.333 N2510 G1 Z-108.5 F0.381 N2520 X80.0 N2530 X80.707 Z-108.146 N2540 G0 Z3.354 N2550 G1 X64.667 N2560 Z-107.46 N2570 X68.268 Z-108.5 N2580 X72.333 N2590 X73.04 Z-108.146 N2600 G0 Z3.354 N2610 G1 X57.0 N2620 Z-105.247 N2630 X64.667 Z-107.46 N2640 X65.374 Z-107.107 N2650 G0 Z3.354 N2660 G1 X55.5 N2670 Z-45.866 N2680 X56.866 Z-47.049 N2690 G3 X57.0 Z-47.299 R0.5 N2700 G1 X57.707 Z-46.945 N2710 G0 Z3.354 N2720 G1 X50.5 N2730 Z-33.5 N2740 X54.5 N2750 G3 X55.5 Z-34.0 R0.5 N2760 G1 X56.207 Z-33.646 N2770 G0 Z3.354 N2780 G1 X46.0 N2790 Z-11.5 N2800 X48.3 N2810 G3 X49.007 Z-11.646 R0.5 N2820 G1 X50.207 Z-12.246 N2830 G3 X50.5 Z-12.6 R0.5 N2840 G1 X51.207 Z-12.246 N2850 G0 Z3.354 N2860 G1 X43.707 N2870 Z0.354 N2880 X45.707 Z-0.646 N2890 G3 X46.0 Z-1.0 R0.5 N2900 G1 X46.707 Z-0.646 N2910 G0 Z3.0.... N3590 Z-104.747 N3600 G0 X86.0 N3610 G28 U0 N3620 G28 W0 N3630 M30 %
---	---	--

					КНУ.КБР.131.26.3-01.02.МПО	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА

3.1 Розробка технічного завдання на проектування

1. Розробити пристосування для фрезерування лисок на валу.
2. Операція фрезерна.
3. Верстат вертикально-фрезерний 6Р12.
4. Інструмент – фреза торцева.
5. Програма випуску – 1500 шт.

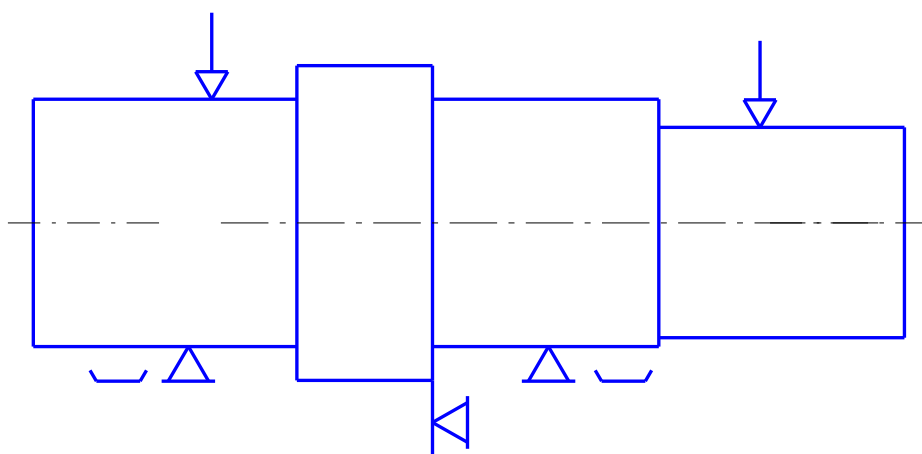


Рис. 3.1 – Схема базування

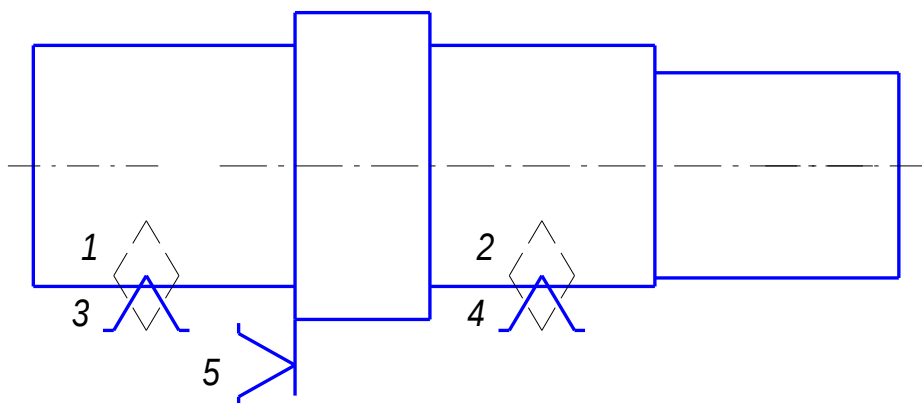


Рисунок 3.2 – Теоретична схема базування

Дві зовнішні циліндричні поверхні $\varnothing 56,2$ мм є стійкими базами і позбавляють деталь чотирьох ступенів волі.

					КНУ.КБР.131.26.3-01.03.КПВ		
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат	КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА		
Розроб.	Сахно						
Переві	Кіяновський						
Н.	Нечаєв						
Затве	Рязанцев						
					Лі	Арк	Арквшітв
					Кафедра ТМ зв ЗПМ-22		

3.2 Розрахунок похибки базування

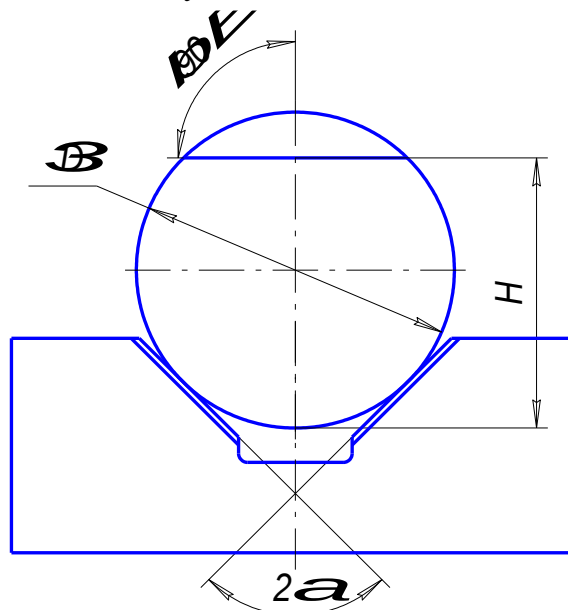


Рисунок 3..3 – Схема установки

Погрішність базування $\delta_{\text{баз}}$ мм при витримуванні розміру H , визначається по формулі [12].

$$\delta_{\text{баз}} = 0,5TD \left(\frac{1}{\sin 2\alpha/2} - 1 \right), \quad (3.1)$$

де TD – допуск на розмір D , мм;

2α – кут призми.

У виді того, що фрезерна операція проводиться після токарської напівчистової операції то допуск на шийку $D=56,2$ мм дорівнює $0,12$ мм.

$$\delta_{\text{баз}} = 0,5 \cdot 0,12 \left(\frac{1}{\sin 45^\circ} - 1 \right) = 0,025 \text{ мм}$$

Провівши попередній аналіз на стадії проектних робіт можна зробити висновок про доцільність обраного рішення.

Змі	Аркв	№	Підпис	Дат

КНУ.КБР.131.26.3-01.03.КПВ

Арку

Розробка схеми закріплення заготівлі і вибір затискного пристрою:

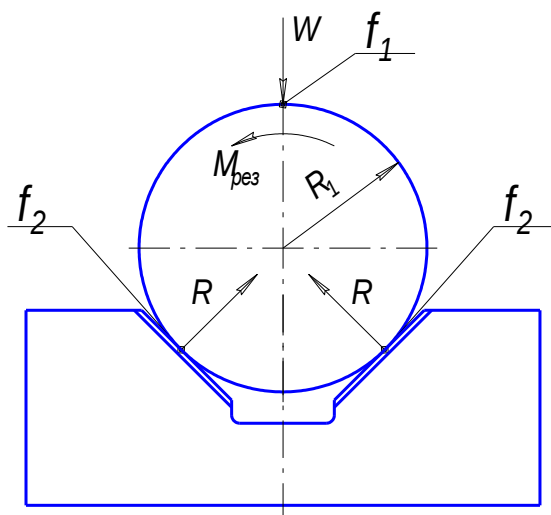


Рисунок 3.4 -Схема закріплення заготівлі

Як затискний пристрій беремо нормалізований гвинтовий прихват з пересувною планкою і регульованою опорою.

Вибираємо стандартні елементи для даної конструкції за ДСТУ: Прихват, Опора регульована, Гайка, Пружина, Шайби, Шпильки.

Проектування базових і допоміжних елементів конструкції

Розроблюємо переналагоджуване пристосування, на основі базових елементів конструкцій вибираємо за ДСТУ, за винятком спеціальної плити й опори.

43

					КНУ.КБР.131.26.3-01.03.КПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

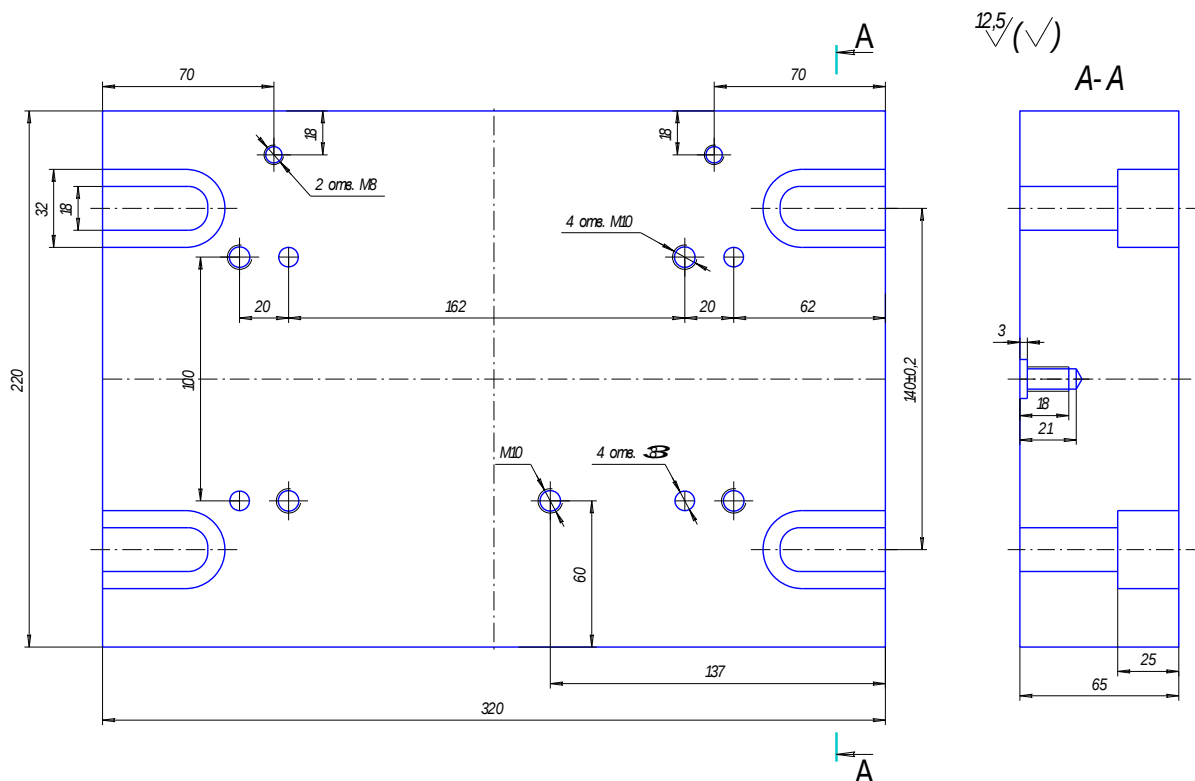


Рисунок 3.5 -Ескіз плити

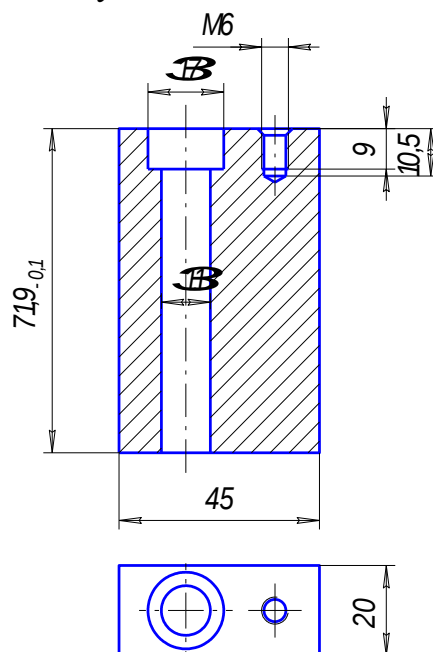


Рисунок 3.6 – Ескіз опори

Стандартними опорними елементами при заданій схемі базування є призми. Вибір призм здійснюється по діаметрі настановних баз зовнішніх циліндричних поверхонь деталі.

Установними базами деталі є зовнішні циліндричні поверхні з параметрами:

					КНУ.КБР.131.26.3-01.03.КПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Ø56,2 мм
L=59 мм

Ø56,2 мм
L=148 мм

За ДСТУГОСТ 12195-66 вибираємо призми з наступними параметрами H=40 мм, L=38 мм, d=11 мм, d=17 мм, d₂=8 мм, A=76 мм, A₁=16 мм, A₂=20 мм, l=12 мм, h=11 мм, h₁=22 мм, b=20 мм, z=1,0 мм.

Вибираємо базові і допоміжні елементи конструкції:

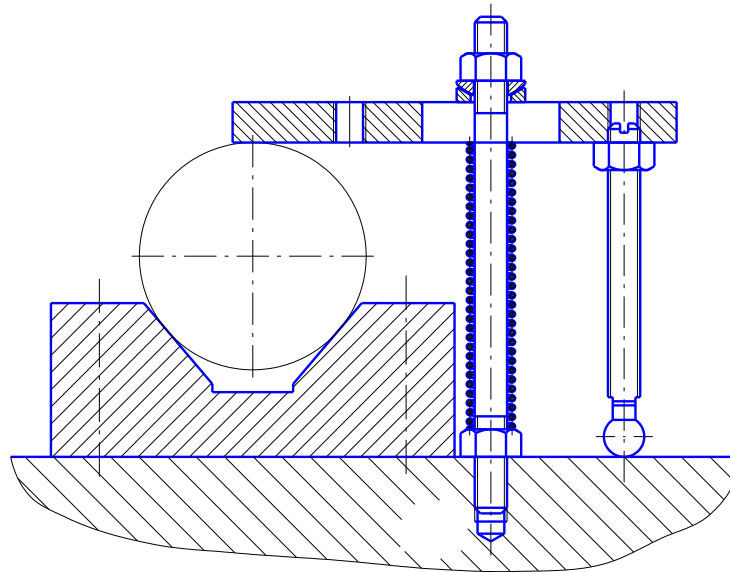


Рисунок 3.7 – Конструктивна схема пристосування

Компонування конструкції та її силовий аналіз:

$$P_z = \frac{10 \cdot 218 \cdot 3,5^{0,92} \cdot 0,24^{0,78} \cdot 4^{1,0} \cdot 3}{20^{1,15} \cdot 300^0} \cdot 1,67^{0,3} = 1015,12 \text{ Н.}$$

$$M_{рез} = \frac{1015,12 \cdot 20}{2 \cdot 100} = 101,5 \text{ Нм.}$$

Для остаточного визначення сили закріплення враховують коефіцієнт запасу:

$$k = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,34$$

Приймаємо коефіцієнт запасу рівним – $k = 2,5$.

$$W = \frac{101,5 \cdot 2,5}{0,15 \cdot 28,1 + 0,15 \cdot 28,1 \cdot \frac{1}{\sin 45^\circ}} = 25,0 \text{ Н.}$$

					КНУ.КБР.131.26.3-01.03.КПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Зобразимо схему дії сил при затиску оброблюваної деталі даним гвинтовим прихватом.

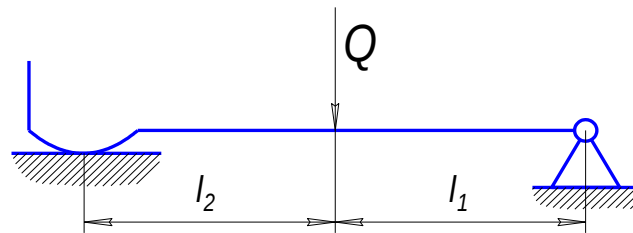


Рисунок 3.8 - Схема дії сили

Визначимо вихідну силу на рукоятці гвинта :

$$Q = \frac{250 \cdot (31,5 + 59,5)}{31,5 \cdot 0,95} = 75,72$$

Перевіримо міцність шпильки прихвата.

Нормальні напруги в поперечному перерізі шпильки σ_z , МПа (по абсолютній величині) :

$$\sigma_z = \frac{75,72}{\left(3,14 \frac{\pi}{4}\right) \cdot 0,008^2} = 1,51 \text{ МПа.}$$

$$L_{рук} = 14 \cdot 8 = 112 \text{ мм}$$

$$M_{кр} = 140 \cdot 112 = 15680 \text{ Нмм} = 15,68 \text{ Нм}$$

Дотичні напруження в точках контуру поперечного переріза :

$$\tau_z = \tau_{\text{дот}} = \frac{15,68}{\left(3,14 \frac{\pi}{16}\right) \cdot 0,008^3} = 15,68 \cdot 10^6 = 15,68 \text{ МПа.}$$

Еквівалентна напруга для небезпечної точки по гіпотезі найбільших напруг σ_3 , МПа, визначається по формулі:

$$\sigma_3 = \sqrt{1,51^2 + 4 \cdot 15,68^2} = 31,4 \text{ МПа.}$$

Габаритні розміри пристосування $L \times B \times H = 320 \times 220 \times 172$. робочу поверхню шпонки обробляють по посадці $\varnothing 18 \frac{H7}{g6}$, штифти встановлюють по $8 \frac{H7}{n6}$.

					КНУ.КБР.131.26.3-01.03.КПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

При розрахунку пристосування на точність сумарна погрішність $\sum \delta$ при обробці деталі не повинна перевищувати величину допуску T розміру $\sum_{i=1}^n \delta \leq T$.

$$\sum_{i=1}^n \delta = \sqrt{0,04^2 + 0,035^2 + 0,025^2 + 0,12^2} = 0,134 \text{ мм.}$$

$$0,134 < 0,19$$

Умова здійснена.

					КНУ.КБР.131.26.3-01.03.КПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу

Розрахуємо економічну ефективність впровадження верстатів із ЧПУ [12].

Порівнюємо 2 варіанти маршруту технологічного процесу – заготівлі однакові, верстат без ЧПУ порівнюється з верстатом із ЧПУ.

На операції напівчистового точіння заміняємо верстат 16K20 на токарний верстат з ЧПК LU25.

Для попередніх розрахунків економічної ефективності впровадження верстата з ЧПУ (при визначенні доцільності придбання верстата) враховується лише заробітна плата верстатника (оператора) і амортизаційні відрахування на повне відновлення верстата, що являють собою основний елемент економії і витрат.

Розрахунок ведеться по формулі:

4

$$E_r = \left(\frac{H_{C_1} \cdot R_{cm}}{d_1} + C_1 \cdot \alpha \cdot P_1 + E_n \cdot C_1 \cdot \alpha \right) \cdot x - \left(\frac{H_{C_2} \cdot R_{cm}}{d_2} + C_2 \cdot \alpha \cdot P_2 + E_n \cdot C_2 \cdot \alpha \right), \quad (4.1)$$

де $C_1 = 70000$ грн і $C_2 = 360000$ грн відповідно ціни базового і нового верстатів;

$x = 1,3$ – коефіцієнт росту продуктивності нового верстата в порівнянні з базовим;

$P_1 = P_2 = 15\%$ – відповідно частка амортизаційних відрахувань від балансової вартості на повне відновлення базового і нового верстатів;

$E_n = 0,15$ – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень;

$\alpha = 1,1$ – коефіцієнт, що враховує витрати на доставку й установку верстата, включаючи пусконаладжувальні роботи;

$H_{C_1} = 5863$ грн і $H_{C_2} = 4435$ грн – середньорічна заробітна плата верстатника (оператора) по порівнюваних варіантах;

$R_{cm} = 2$ – коефіцієнт змінності роботи верстата з ЧПУ;

d_1 и d_2 – відповідно число базових і нових верстатів, що обслуговуються одним робітником.

$$E_r = \left(\frac{5863 \cdot 2}{1} + 70000 \cdot 1,1 \cdot 0,15 + 0,15 \cdot 70000 \cdot 1,1 \right) \cdot 1,3 - \left(\frac{4435 \cdot 2}{2} + 360000 \cdot 1,1 \cdot 0,15 + 0,15 \cdot 360000 \cdot 1,1 \right) = 19310,8 \text{ грн}$$

Впровадження верстата з ЧПУ економічно ефективно і приносить прибуток 19310,8 грн у рік.

					КНУ.КБР.131.26.3-01.04.ОЕП			
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат				
Розроб.	Сахно				ОРГАНІЗАЦІЙНО - ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА	Лім	Арк	Арквшів
Переві	Кіянєвський							
Н.	Нечасєв					Кафедра ТМ єп ЗПМ-22		
Затвер	Рязанєв							

4.2 Охорона праці при проведенні хіміко-термічної обробки деталі вал

Технологічний процес хіміко-термічної обробки (ХТО), а саме газового азотування деталей зі сталі 18Х2Н4МА, пов'язаний із використанням високих температур (500–540°C), токсичних та вибухонебезпечних газів (аміак, водень), а також електричного обладнання високої потужності. Сталь 18Х2Н4МА є високолегованою, і процес її азотування триває досить довго (до десятків годин), що вимагає підвищеної надійності систем автоматизації та суворого дотримання правил безпеки.

4.2.1. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Згідно з ДСТУГОСТ 12.0.003-74, під час проведення операцій термічної обробки та азотування на персонал діють такі чинники:

- Хімічні фактори:
- Токсичність аміаку (NH_3): Газ із різким запахом, який викликає ураження дихальних шляхів, очей та шкіри. Гранично допустима концентрація (ГДК) аміаку в повітрі робочої зони становить 20 мг/м³.
- Диссоціація аміаку: У процесі азотування виділяється водень (H_2), який у суміші з повітрям утворює вибухонебезпечний «гримучий газ».
- Фізичні фактори:
- Підвищена температура поверхонь обладнання: Температура в печі сягає 500–540°C, що створює ризик термічних опіків при контакті з муфелем, оснасткою чи деталями.
- Підвищене теплове випромінювання: Інфрачервоне випромінювання від нагрітої печі під час завантаження/розвантаження деталей.
- Небезпечний рівень напруги в електричному ланцюзі: Живлення електропечей здійснюється від мережі промислової частоти напругою 380 В.
- Надлишковий тиск газів у муфелі печі: Необхідний для правильного перебігу процесу азотування, але створює ризик розгерметизації.
- Шум та вібрація: Джерелами є вентилятори систем циркуляції газу та витяжної вентиляції.
-

4.2.2. Технічні заходи щодо забезпечення безпеки технологічного процесу

4.2.2.1 Забезпечення герметичності та контроль газового середовища

					КНУ.КБР.131.26.3-01.04.ОЕП	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Оскільки процес відбувається з використанням аміаку, головним захистом є абсолютна герметичність системи «піч-муфель-трубопроводи».

- Конструкція печі повинна мати пісочні або рідинні (масляні) затвори, а також силіконові чи графітові ущільнювачі торців муфеля.

- На ділянці обов'язково встановлюються автоматичні газоаналізатори безперервної дії (наприклад, типу ДОЗОР-С), налаштовані на світлозвукову сигналізацію при досягненні 20 мг/м³ аміаку в повітрі.

-

- 4.2.2.2 Електробезпека

Для захисту персоналу від ураження струмом при роботі з електропечами передбачено:

- Захисне заземлення всіх металевих неструмоведучих частин обладнання (корпус печі, пульти керування, трансформатори) відповідно до ПУЕ. Опір заземлювального пристрою не повинен перевищувати 4 Ом.

- Застосування системи захисного вимкнення (ЗВО) та автоматичних вимикачів.

- Блокування дверей печі: при відкритті кришки чи дверці печі живлення нагрівальних елементів має автоматично вимикатися.

-

- 4.2.2.3 Захист від теплового випромінювання та опіків

- Зовнішні стінки печі повинні мати теплоізоляцію (корунд, базальтове волокно) такої товщини, щоб температура кожуха печі не перевищувала 45°C.

- Операції завантаження масивних деталей зі сталі 18Х2Н4МА (наприклад, валом чи шестерень) мають бути повністю механізовані за допомогою кран-балок, тельферів та спеціальних чалочних пристроїв.

-

- 4.2.2.4 Пожежна та вибухобезпека

Аміак горить за наявності постійного джерела вогню. Його суміш із повітрям є вибухонебезпечною в межах концентрацій 15–28%. Водень, що утворюється в результаті дисоціації:



є ще більш вибухонебезпечним (межі вибуховості з повітрям — 4–75%.

Заходи безпеки:

1. Продування печі: Перед початком нагрівання і запуском аміаку піч обов'язково продувають інертним газом (азотом N₂) для витіснення кисню. Об'єм азоту для продувки повинен дорівнювати 3–5 об'ємам муфеля печі.

2. Скидання відпрацьованих газів: Гази, що виходять з печі (недисоційований аміак та водень), не можна випускати в цех. Їх направляють у спеціальну водорозчинну барботажну колону (де аміак поглинається водою з утворенням аміачної води), а залишки водню безпечно спалюють на виході через свічку з вогнеперепинювачем.

					КНУ.КБР.131.26.3-01.04.ОЕП	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

3. Категорично заборонено використання відкритого вогню та проведення зварювальних робіт на відстані ближче ніж 10 метрів від печей азотування. Ділянка комплектується вуглекислотними (ВВ-5) або порошковими (ВП-5) вогнегасниками.

4.2.2.5 Виробнича санітарія та гігієна праці

Розрахунок загальнообмінної вентиляції

Для видалення залишків шкідливих газів та надлишкового тепла на ділянці проєктується припливно-витяжна вентиляція, а безпосередньо над печею — місцева витяжка (зонт).

Необхідний повітрообмін: L (м³/год) для видалення шкідливих виділень (аміаку) розраховується за формулою:

$$L = \frac{M}{C_g - C_n}$$

де M — кількість шкідливих речовин, що виділяються в повітря цеху, мг/год;

- C_g — гранично допустима концентрація речовини в робочій зоні (для аміаку $C_g = 20$ мг/м³);

- C_n — концентрація шкідливих речовин у припливному повітрі (зазвичай $C_n=0$).

Освітлення та мікроклімат

Освітлення: Робота терміста належить до розряду зорової роботи середньої точності (IV розряд). Сумарне штучне освітлення (люмінесцентне або LED) на робочих місцях має становити не менше 200 лк.

Мікроклімат: Оскільки термічна ділянка належить до гарячих цехів, для захисту від перегріву швидкість руху повітря має бути в межах 0,3–0,5 м/с, а відносна вологість — 40–60%.

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)

Працівники ділянки азотування забезпечуються такими ЗІЗ:

Спецодяг: костюм суконний або х/б з вогнестійким просоченням для захисту від бризок масел та високих температур.

Взуття: шкіряні черевики з металевим підноском (для захисту від падіння важких деталей зі сталі 18Х2Н4МА).

Захист очей та обличчя: щиток термостійкий полікарбонатний.

Захист органів дихання: на випадок аварійної розгерметизації кожен працівник повинен мати при собі промисловий протигаз марки «КД» (сіра коробка, захищає від аміаку та сірководню) або «М» (червона).

					КНУ.КБР.131.26.3-01.04.ОЕП	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

Висновок розділу:

Розроблений комплекс технічних та організаційних заходів з охорони праці на ділянці азотування деталей зі сталі 18Х2Н4МА повністю відповідає діючим нормативно-правовим актам (НПАОП) України. Застосування автоматичного контролю газового середовища, захисного заземлення, систем блокування та розрахованої вентиляції мінімізує ризики виробничого травматизму та професійних захворювань, забезпечуючи безпечні та здорові умови праці.

.

					КНУ.КБР.131.26.3-01.04.ОЕП	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

ВИСНОВОК

У бакалаврській роботі на тему «Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва деталі „Вал насоса масляного“ в середовищі CAD/CAM-технологій» виконано комплекс робіт, спрямованих на розроблення сучасного технологічного забезпечення виготовлення деталі в умовах середньосерійного виробництва.

У процесі виконання роботи проведено аналіз службового призначення деталі та умов її експлуатації у складі масляного насоса газоперекачувального агрегату. Виконано аналіз конструкції вала на технологічність, визначено основні та допоміжні поверхні, вимоги до точності, шорсткості та взаємного розташування елементів. Встановлено, що конструкція деталі забезпечує можливість її виготовлення із застосуванням сучасних методів механічної обробки та засобів автоматизованого проектування.

Обґрунтовано вибір матеріалу деталі — сталі 18Х2Н4МА, яка забезпечує необхідні показники міцності, в'язкості та зносостійкості. Розглянуто технологію термічної та хіміко-термічної обробки, що дозволяє отримати необхідні експлуатаційні характеристики відповідальних поверхонь вала.

На підставі аналізу типу виробництва обґрунтовано вибір способу отримання заготовки та розроблено маршрутний технологічний процес механічної обробки деталі. Визначено технологічні бази, підібрано необхідне обладнання, різальний і вимірювальний інструмент, а також виконано розрахунок режимів різання для основних операцій.

У середовищі CAD/CAM-технологій створено тривимірну модель деталі та розроблено керуючі програми для верстатів з числовим програмним керуванням. Використання CAD/CAM-систем дало можливість автоматизувати процес технологічної підготовки виробництва, скоротити терміни розроблення керуючих програм, підвищити точність обробки та зменшити ймовірність виникнення помилок під час програмування.

Результати виконаної роботи підтверджують ефективність застосування сучасних CAD/CAM-технологій при підготовці виробництва деталей машинобудування. Розроблений технологічний процес забезпечує виконання вимог конструкторської документації щодо точності, якості поверхонь та експлуатаційної надійності деталі «Вал насоса масляного», а також сприяє підвищенню продуктивності та економічної ефективності виробництва.

					КНУ.КБР.131.26.3-01.В			
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат	ВИСНОВОК			
Розроб.	Сахно							
Переві	Кіяновський							
Н.	Нечаєв							
Затвер	Рязанцев				Кафедра ТМ зв ЗПМ-22			

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 7806:2015 Прокат з легованої конструкційної сталі
2. ДСТУ EN 10250-1:2008 Поковки сталеві ковані для машинобудування
3. 5.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.,Зенкін А.С., Каразей В.Д. Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-360 с.
11. Технологія обробки типових деталей (курсове проектування) Григурко О.І, Брендюля МФ., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008, 576 с.

					КНУ.КБР.131.26.3-01.СВД			
<i>Змін</i>	<i>Архв</i>	<i>№</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ			
<i>Розроб.</i>	<i>Сахно</i>							
<i>Переві</i>	<i>Кіяновський</i>							
<i>Н.</i>	<i>Нечаєв</i>							
<i>Затвер</i>	<i>Рязанцев</i>				Кафедра ТМ зв ЗПМ-22			

ДОДАТОК

Взам.														
Подл.								Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
												Листов	Лист	
Разраб.														
Проверил														
Согласов.														
Т. контр.														
Н. Контр.														
«ЗАТВЕРДЖУЮ» Зав. кафедрою технології машинобудування _____ (Рязанцев А.О.) « ____ » _____ 2026 г. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС Виготовлення деталі Вал Насос масляний УЗГОДЖЕНО: Керівник _____ (Кіяновський М.В.) Розробник _____. _____ (Сахно В.А.) Н.контроль _____ (Нечаєв В.П.) .														
ТП		ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС												

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 «Вал насоса масляного» в середовищі CAD/CAM-
технології

Проектував ст.гр. ЗПМ-22

Вадим САХНО

Керівник роботи

Микола КІЯНОВСЬКИЙ

Нормоконтроль

Василь НЕЧАСЬ

Завідувач кафедри

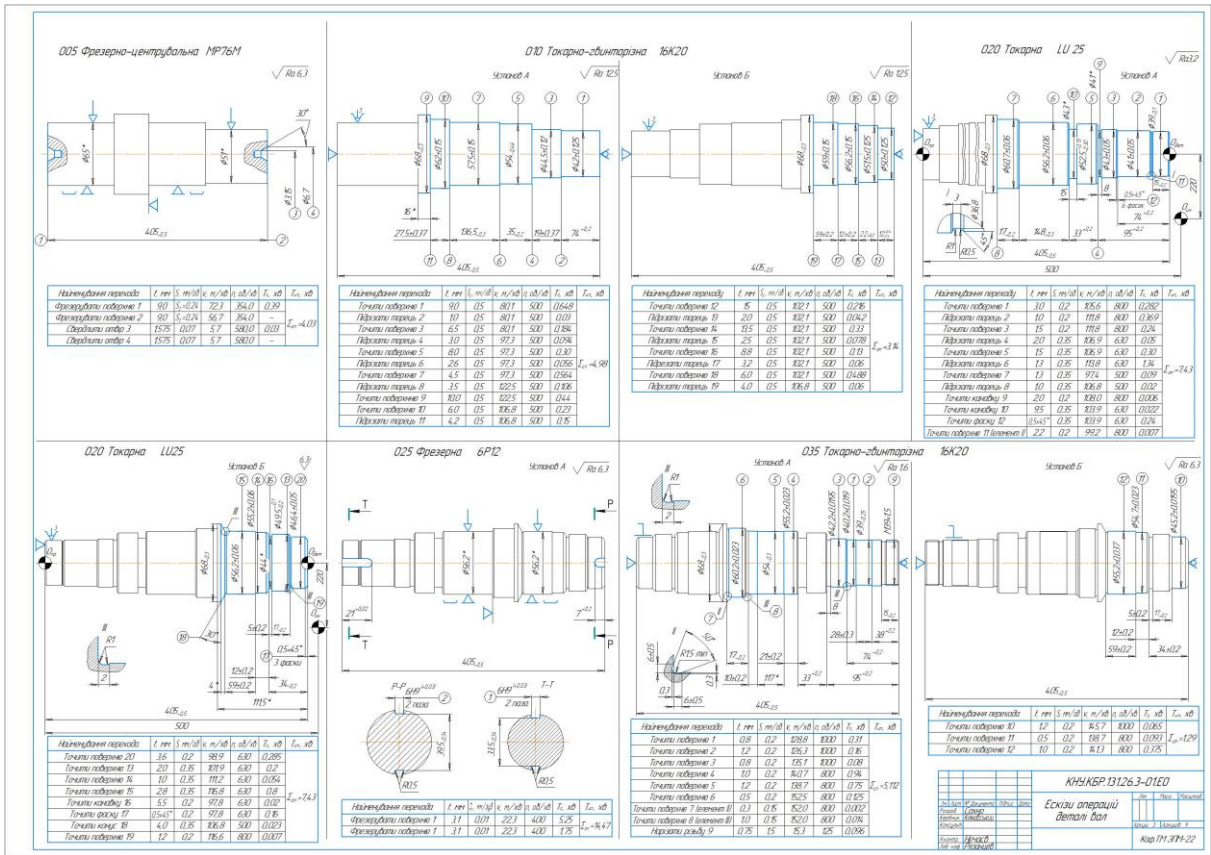
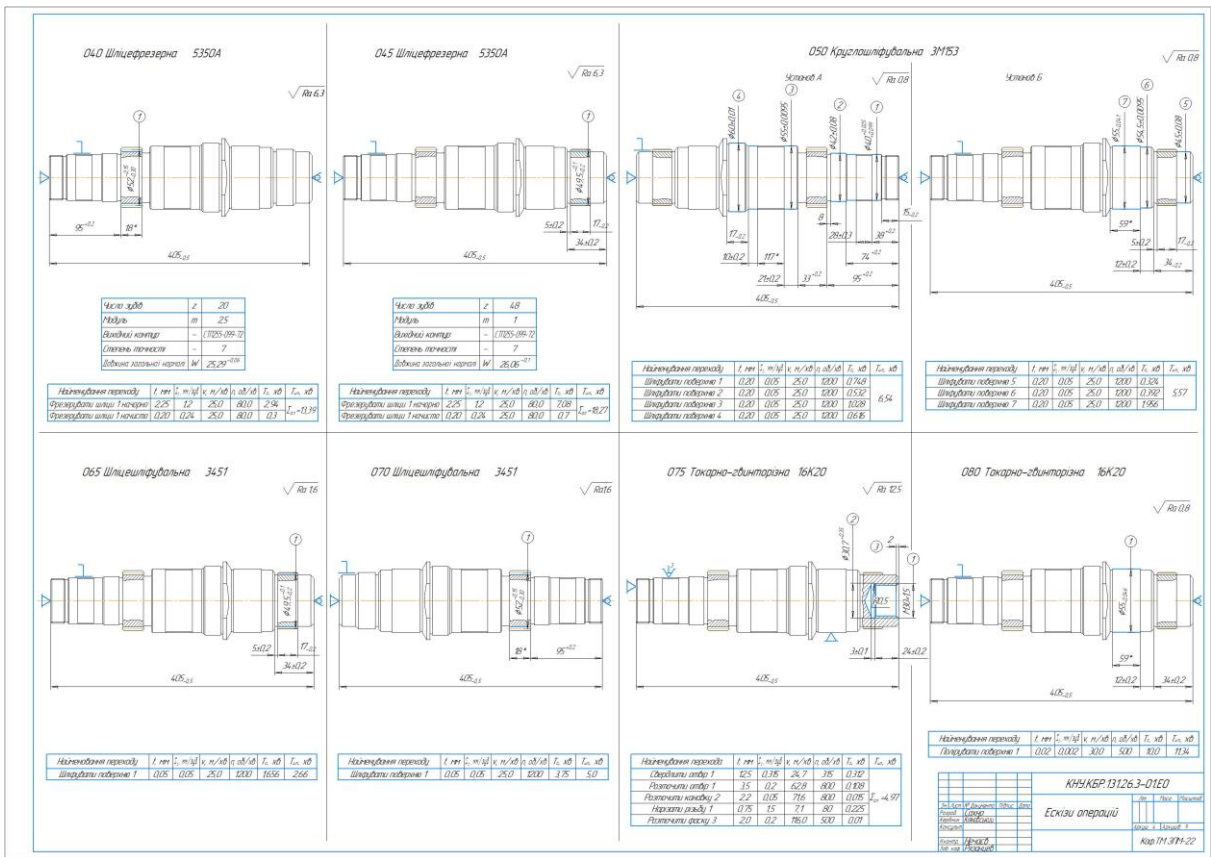
Антон РЯЗАНЦЕВ

м.Кривий Ріг
2026 р

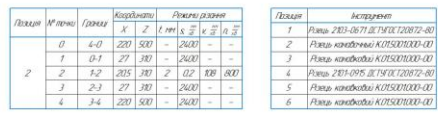
Перв. примен.	Формат	Зона	Паз	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №					Графична частина			
			1	КНУ.КБР.131.26.3-01.НМ	Насос масляний	1		
			2	КНУ.КБР.131.26.3-01.В	Вал	1		
			3	КНУ.КБР.131.26.3-01.В3	Вал (заготовка)	1		
			4	КНУ.КБР.131.26.3-01.В3	Ескізи операцій	2		
	A1		5	КНУ.КБР.131.26.3-01.В3	Верстатно-інструментальне налагодження	1		
A2		6	КНУ.КБР.131.26.3-01.В3	Прийомання фрезерне	1			
		7	КНУ.КБР.131.26.3-01.В3	План механічного цеху	1			
Подп. и дата	A1							
	A1							
	A1							
Инв. № дубл.	A1							
Взам. инв. №	A1							
	A1							
	A1							
Подп. и дата								
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	КНУ.КБР.131.26.3-01.ВЕДКБР		
	Разраб.	Сахно						
	Проб.	Кіянвський						
	Н.контр.	Нечасов						
	Утв.	Рязанцев						
Відомість електронних документів КБР						Лит.	Лист	Листов
						9	1	2
						гр.ЗПМ-22		

Копировал

Формат А4



Sentences A



Позиция	Материал	Горюхи	кардато	Алюминизированный	Алюминизированный
			А 2	Б 2	В 2
0	4-0	20	500	-	2400
1	0-1	27	300	-	2400
2	1-2	205	300	2	0,2
3	2-3	27	300	-	2400
4	3-4	20	500	-	2400

Схемы укладочных систем координат при программировании токарной операции

[illegible]

