

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 машини для безперервного розливання сталі» в сере-
довищі CAD/CAM-систем

Виконав: здобувач групи
ЗПМ-22 Соловйов І.С.

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

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 машини для безперервного розливання сталі» в сере-
довищі CAD/CAM-систем

Виконав здобувач гр. ЗПМ-22

Ігор СОЛОВЙОВ

Керівник роботи

Наталія ЦИВІНДА

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

Здобувача гр. ЗПМ-22 Ігоря Сергійовича Соловйова

Тема: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва деталі «Вал машини для безперервного розливання сталі» в середовищі CAD/CAM-систем

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

Тема затверджена наказом по КНУ № 310с від “05” 06 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. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ САМ-системі FeatureCAM

3. КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

4. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Креслення заготовки 2. Креслення деталі. 3. Ескізи операцій 4. Креслення верстатно - інструментального налагодження. 5 Креслення верстатного оснащення

6. Календарний план:

Етап роботи	Термін виконання
1 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ВАЛ 1.1 Службове призначення машини 2 ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ПРОЕКТУ 2.1 Технічний опис та матеріалознавче обґрунтування деталі «Вал» 2.2 Аналіз якості та точності поверхонь деталі 2.3 Технічний контроль робочого креслення 2.4 Аналіз технологічності деталі 2.5 Вибір типу виробництва. Задачі проектування. Пропозиції щодо удосконалення 3. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ..... 3.1 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовок 3.2 Вибір і обґрунтування технологічних баз 3.2 Визначення послідовності виконання технологічних операцій..... 3.3 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь 3.4 Розробка маршруту обробки деталі 3.5 Розробка технологічних операцій 3.6 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку 3.7 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій	До 28.01 2026р.
4 РОЗРОБКА ВЕРСТАТНО-ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО НАЛАГОДЖЕННЯ ТА РОЗРАХУНКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ ДЛЯ ОПЕРАЦІЇ НА ВЕРСТАТІ З ЧПК	02.02 26р.- 20.05.20 26р.
5 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ	з 31.03.20 26р.
6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБґРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОБЛАДНАННЯ З ЧПК 7. АНАЛІЗ ШКІДЛИВИХ ТА НЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІВ, ПРИСУТНІХ ПРИ ФРЕЗЕРУВАННІ ШПОНКОВИХ ПАЗІВ НА ВАЛУ ТА ЗАХОДИ ЇХ ПОПЕРЕДЖЕННЯ	31.04. 26р. до 5.06.26
Попередній захист	10.06 2026р.

Дата видачі завдання: “08” 01 2026р.

Студент _____ / Соловйов І.С./
 Керівник роботи _____ /Цивінда Н.І./

РЕФЕРАТ

Об'єкт дослідження – деталь типу «Вал», що входить до складу машини безперервного розливання сталі.

Мета роботи – підвищення ефективності технологічної підготовки виробництва та вдосконалення технологічного процесу виготовлення деталей типу «вал» шляхом застосування сучасних конструкторських і технологічних рішень, а також засобів CAD/CAM-систем.

У роботі виконано аналіз конструкції деталі та оцінку її технологічності. Проведено вибір раціонального способу отримання заготовки та обґрунтовано її конструктивні параметри. Розроблено технологічний процес механічної обробки деталі з урахуванням сучасних вимог до точності, продуктивності та економічності виробництва.

Для реалізації технологічного процесу підібрано високопродуктивне металорізальне обладнання, сучасне технологічне оснащення та прогресивний різальний інструмент. Виконано розрахунок припусків на механічну обробку, режимів різання, технологічних норм часу та інших параметрів, необхідних для забезпечення ефективного виготовлення деталі.

Для фрезерування пазів спроектовано спеціальний пневматичний пристрій для установлення і закріплення деталі. Застосування пневматичного пристрою скорочує допоміжний час, внаслідок цього скорочується і штучно-калькуляційний час, а також збільшується продуктивність праці.

Для вимірювання радіального биття циліндричних поверхонь вала спроектовано спеціальний контрольний прилад, який дає можливість визначити точність виготовлення деталей.

У роботі виконано розрахунок виробничої програми, визначено необхідну кількість обладнання та чисельність виробничого персоналу для забезпечення заданих обсягів випуску продукції.

В економічному розділі проведено оцінку техніко-економічних показників запропонованих рішень, виконано розрахунок собівартості виготовлення деталі та визначено економічну ефективність впровадження розробленого технологічного процесу.

МАШИНА БЕЗПЕРЕРВНОГО РОЗЛИВАННЯ СТАЛІ, ВАЛ, ЗАГОТОВКА, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, МЕХАНІЧНА ОБРОБКА, CAD/CAM-ТЕХНОЛОГІЇ, МЕТАЛОРИЗАЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОСНАЩЕННЯ, РІЗАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, СОБІВАРТІСТЬ, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.

					КНУ.КБР.131.26.5-01.P				
Змін	Ар-	№ Докумен-	Підпис	Да-	Реферат	Літ.		Арк.	Аркшів
Розроб.		Соловійов							
Перевір.		Цивінда							
Н. контр.		Нечаєв							
Затверд.		Рязанцев							
						Кафедра ТМ зп ЗГМ-22			

ABSTRACT

The object of the study is a part of the "Shaft" type, which is part of a continuous steel casting machine.

The purpose of the work is to increase the efficiency of technological preparation for production and improve the technological process of manufacturing parts of the "shaft" type by using modern design and technological solutions, as well as CAD/CAM systems.

The work analyzes the design of the part and assesses its manufacturability. A rational method of obtaining the workpiece is selected and its design parameters are justified. A technological process for machining the part is developed taking into account modern requirements for accuracy, productivity and production efficiency.

To implement the technological process, high-performance metal-cutting equipment, modern technological equipment and progressive cutting tools were selected. The calculation of machining allowances, cutting modes, technological time standards and other parameters necessary to ensure the effective manufacture of the part was performed.

A special device was designed to perform the boring operation, which provides the necessary positioning accuracy, reliable fixation of the workpiece and increased processing productivity. Technological adjustments for the main machining operations were also developed.

The work calculated the production program, determined the required amount of equipment and the number of production personnel to ensure the specified volumes of production.

In the economic section, an assessment of the technical and economic indicators of the proposed solutions was carried out, the cost of manufacturing the part was calculated and the economic efficiency of implementing the developed technological process was determined.

CONTINUOUS STEEL CASTING MACHINE, SHAFT, BLANK, TECHNOLOGICAL PROCESS, MECHANICAL MACHINING, CAD/CAM TECHNOLOGIES, METAL CUTTING EQUIPMENT, TECHNOLOGICAL EQUIPMENT, CUTTING TOOL, CUTTING MODES, COST, ECONOMIC EFFICIENCY.

					<i>KHY.KBP.131.26.5-01.P</i>	Ap-
Змі	Ар-	№ Докуме-	Підпис	Да-		

№ стро- ки	Формат	Позначення	Назва	Кіль- кість	Примітки		
1							
2			Документація загальна				
3							
4	A4	КНУ.КБР.26.131.5-01.РПЗ	Пояснювальна записка				
5	A4	КНУ.КБР.26.131.5-01.ТП	Тех. процес виготовлення	32			
6			валу				
7							
8							
9							
10			Документація по розділам				
11			роботи				
12							
13	A1	КНУ.КБР.26.131.5-01. В	Вал	1			
14	A2	КНУ.КБР.26.131.5-01.ВПШ	Вал (поковка штампована)	1			
15	A1	КНУ.КБР.26.131.5-01.ЕО	Ескізи операцій	1			
17	A1	КНУ.КБР.26.131.5-01.ВН	Верстатне налагодження	1			
19	A1	КНУ.КБР.26.131.5-01. ВП	Пристрій верстатний	1			
20	A1	КНУ.КБР.26.131.5-01. ПК	Пристрій контрольний	1			
21	A3	КНУ.КБР.26.131.5-01.	План механічного цеху	1			
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
Зм	Літ	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.5-01 .ВОКБР		
Розробив	Соловійов				Відомість обсягу кваліфікаційної роботи		
Керівник	Цивінда						
Консулат.							
Н.контр.	Нечаєв						
Затвер-	Рязанцев						
					Літ	Лист	Листів
					Д Т	4	205
					Каф. техмаш Гр. ЗПМ-22		

ЗМІСТ

Вступ

1 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ВАЛ

1.1 Службове призначення машини

2 ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ПРОЕКТУ

2.1 Технічний опис та матеріалознавче обґрунтування деталі «Вал»

2.2 Аналіз якості та точності поверхонь деталі

2.3 Технічний контроль робочого креслення

2.4 Аналіз технологічності деталі

2.5 Вибір типу виробництва. Задачі проектування. Пропозиції щодо удосконалення

3. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

3.1 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовок

3.2 Вибір і обґрунтування технологічних баз

3.2 Визначення послідовності виконання технологічних операцій

3.3 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

3.4 Розробка маршруту обробки деталі

3.5 Розробка технологічних операцій

3.6 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку

3.7 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВАРІАНТІВ МАРШРУТУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

5 РОЗРОБКА ВЕРСТАТНО-ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО НАЛАГОДЖЕННЯ ТА РОЗРАХУНКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ ДЛЯ ОПЕРАЦІЇ НА ВЕРСТАТІ З ЧПК

6 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ

7.АНАЛІЗ ШКІДЛИВИХ ТА НЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІ , ПРИСУТНІХ ПРИ ФРЕЗЕРУВАННІ ШПОНКОВИХ ПАЗІВ НА ВАЛУ ТА ЗАХОДИ ЇХ ПОПЕРЕДЖЕННЯ

Висновки

Список використаних джерел.....

					КНУ.КБР.131.26.5-01.3			
Змін	Ар-	№ Локumen-	Підпис	Ла-	Зміст	Літ.	Арк.	Арквів
Розроб.		Соловйов						
Перевір.		Цивінда						
Н. контр.		Нечаєв						
Затверд.		Рязанцев				Кафедра ТМ зв ЗПМ_22		

ВСТУП

Машинобудівна індустрія традиційно належить до ключових і провідних галузей вітчизняного промислового комплексу. Зважаючи на стрімкий прогрес у цій сфері, сьогодні практично неможливо акумулювати весь масив міжгалузевих знань у межах навчальних програм однієї інженерної спеціальності.

Безперервне зростання обсягів технічної інформації, що супроводжує виробництво, та жорсткі вимоги до якості продукції задля її конкурентоспроможності на ринку зумовлюють доцільність заміни поодиноких технологічних процесів груповими. Застосування групових технологій дозволяє суттєво мінімізувати витрати часу на технологічну підготовку виробництва, а також оптимізувати й скоротити номенклатуру використовуваного обладнання, різального інструменту та верстатних пристосувань, необхідних для обробки певної групи деталей.

Ключові вектори науково-технічного прогресу (НТП) у сучасному машинобудуванні пов'язані з масштабним технічним переоснащенням підприємств. Це передбачає розробку та впровадження високоефективного обладнання підвищеної потужності, використання інноваційних матеріалів, а також інтеграцію прогресивних технологічних систем для всебічної механізації та автоматизації виробничих циклів.

Головною метою кваліфікаційної роботи є комплексна розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Вал машини для безперервного розливання сталі». Під час проєктування технологічних операцій акцент зміщено на такі пріоритетні напрямки:

1. Поліпшення фізико-механічних властивостей матеріалів разом із раціоналізацією та зниженням їх витрат завдяки впровадженню прогресивних і точних методів отримання заготовок.
2. Забезпечення максимальної безперервності, експлуатаційної безпеки, гнучкості та високої продуктивності виробництва шляхом підвищення рівня автоматизації та механізації робочих процесів.
3. Зростання ступеня комплексної механізації процесів за рахунок інтеграції сучасного верстатного парку (зокрема, верстатів з ЧПК, автоматів та напіваавтоматів), а також використання високоефективного технологічного оснащення задля суттєвого зменшення трудомісткості виготовлення як окремої деталі, так і виробу в цілому.

					КНУ.КБР.131.26.5-01.B			
Змін	Ап-	№ Локumen-	Підпис	Ла-	Вступ			
Розроб		Соловійов						
Перевір		Пивінда						
Н контр		Нечепев						
Затверд		Рязанцев			Кафедра ТМ зв. ЗГМ-22			

1 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ВАЛ

1.1 Службове призначення машини

Машина безперервного лиття заготовок (МБЛЗ) є базовим технологічним комплексом у сучасній сталеплавильній індустрії. Цей металургійний агрегат забезпечує пряме перетворення розплавленої сталі на тверді напівфабрикати заданого профілю (блони, сляби або сортові заготовки), повністю виключаючи застарілий та менш ефективний етап відливання у традиційні зливки.

Технологічний процес функціонує за таким принципом: рідкий метал безперервно надходить до водоохолоджуваного кристалізатора, де внаслідок швидкого зниження температури починає твердіти, набуваючи необхідної геометрії поперечного перерізу. Далі сформований зливоч переміщується вниз у зону вторинного охолодження для остаточної кристалізації, витягується за допомогою системи тягнучих роликів, розкroюється на фрагменти заданої довжини і транспортується на склад або безпосередньо до прокатного цеху для подальшої обробки.



Рисунок 1.1- Фрагмент вузла машини для безперервної розливання сталі ПАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг»

					КНУ.КБР.131.26.5-01.01.РТПВ			
Змін	Ап-	№ Локвмен-	Підпис	Ла-	Розробка технологічної підготовки виробництва			
Розроб	Соловійов							
Перевір	Пивінда							
Н. контр.	Нечаєв							
Затверд	Рязанцев							
					Літ.	Арк.	Арк.шіт	
							Кафедра ТМ	
							20 27М 22	

Ця деталь є конструктивним елементом ведучого вала, який входить до системи електрозапуску машини безперервного лиття заготовок (МБЛЗ). Ведучий вал забезпечує передачу крутного моменту від вала серводвигуна через приводну шестірню до коробки приводів, що необхідно для розкручування механізму.

1.2 Розрахунок лінійних розмірних ланцюгів методом регулювання (деталі вузла - кільця)

На основі аналізу складального креслення вузла ведучого вала визначено лінійний зазор між торцевою поверхнею роликотідишника та регулювальним кільцем, який становить $A_{\Sigma} = 0_{-0,5}^{+1,5}$

Щоб досягти максимальної точності складання на вихідній ланці, було застосовано метод регулювання із використанням компенсатора. У ролі компенсатора виступає елемент конструкції вузла — регулювальне кільце. Вихідна ланка $A_{\Sigma} = 0_{-0,5}^{+1,5}$

Вихідна ланка $[T_{\Sigma}] = 1,5 - (-0,5) = 2 \text{ мм}$

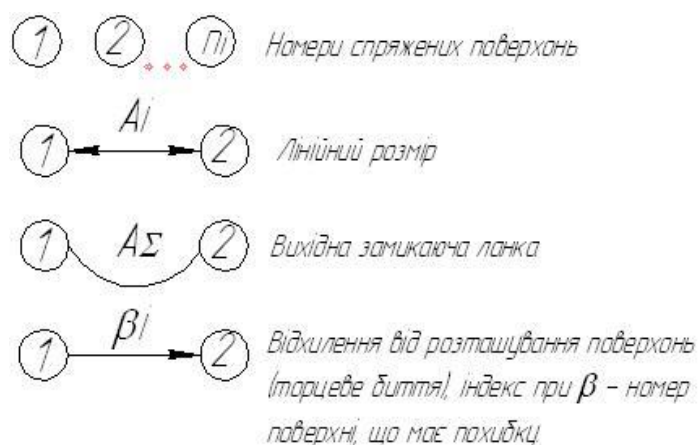
Координата середньої точки поля допусків вихідної ланки

$$\Delta C_{\Sigma} = \frac{eS_{\Sigma} + ei_{\Sigma}}{2} \quad (1.1)$$

$$\Delta C_{\Sigma} = \frac{1,5 + (-0,5)}{2} 0,5 \text{ мм}$$

На складальному кресленні виявляємо збільшуючі ($\vec{A}_3$) і зменшуючі ($\vec{A}_1, \vec{A}_2, \vec{A}_4 \dots \vec{A}_8$) розмірні ланки.

Схема конструкторського розмірного ланцюга на рис. 1.2 в табл.1.1.



					КНУ.КБР.131.26.5-01.01.РТПВ	Ар-
Змі	Ар-	№ Докуме-	Підпис	Да-		

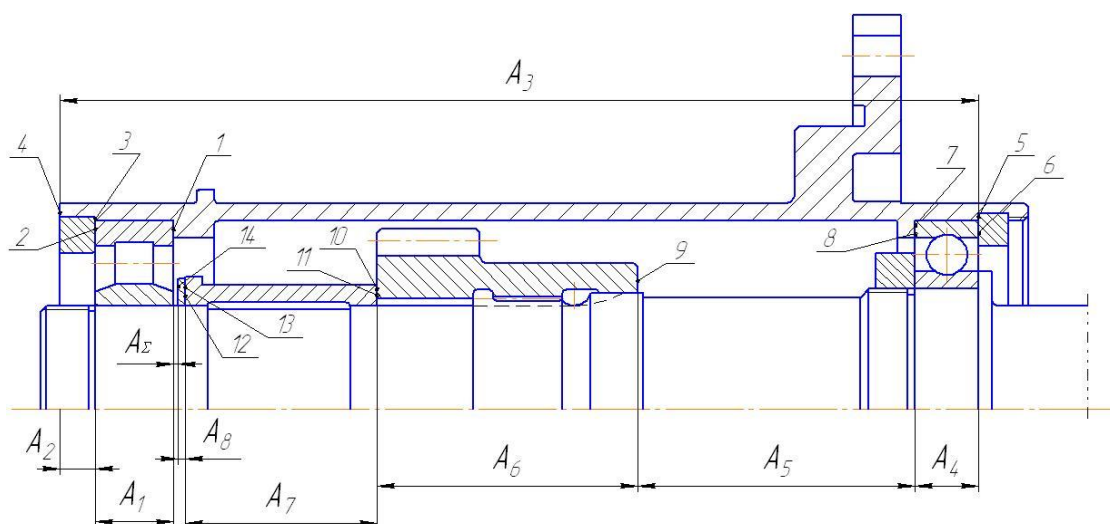


Рисунок 1.2 –Розташування ланок у розмірному ланцюзі

На всі ланки розмірного ланцюга призначаємо технологічно виконуючі допуски, граничні відхилення за IT12...IT14 квалітетами точності і заповнюємо таблицю 1.1.

Виконуємо розрахунок лінійного розмірного ланцюга методом регулювання (деталі вузла - кільця).

- 1) Визначаємо допуск технологічно досягнутої замикаючої ланки

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n (T_{Ai} + \beta_i) \quad (1.2)$$

$$T_{\Sigma} = (0,2 + 0,43 + 0,57 + 0,2 + 0,3 + 0,3 + 0,35 + 0,2) + (0,02 + 0,02 + 0,05 + 0,05 + 0,05) \\ = 2,55 + 0,19 = 2,74 \text{ мм}$$

- 2) Координата середини розміру допуску

$$\Delta C_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n (\Delta \vec{C}_i + \Delta \vec{\beta}_i) - \sum_{j=1}^m (\Delta \vec{C}_j + \Delta \vec{\beta}_j) \quad (1.3)$$

$$\Delta \beta_i = \frac{\beta_i}{2} \quad (1.4)$$

$$\Delta C_1 = \frac{0 + (-0,2)}{2} = -0,1$$

$$\Delta C_2 = \frac{0 + (-0,43)}{2} = -0,215$$

$$\Delta C_3 = \frac{0 + (-0,57)}{2} = -0,285$$

$$\Delta C_4 = \frac{0 + (-0,2)}{2} = -0,1$$

$$\Delta C_5 = \frac{0,15 + (-0,15)}{2} = 0$$

					КНУ.КБР.131.26.5-01.01.РТПВ	Ар-
Змі	Ар-	№ Докуме-	Підпис	Да-		

$$\Delta C_6 = \frac{0 + (-0,3)}{2} = -0,15$$

$$\Delta C_7 = \frac{0 + (-0,35)}{2} = -0,175$$

$$\Delta C_8 = \frac{0,1 + (-0,1)}{2} = 0$$

$$\Delta \beta_1 = \Delta \beta_4 = \frac{0,02}{2} = 0,01$$

$$\Delta \beta_3 = \Delta \beta_6 = \Delta \beta_{7=} \frac{0,05}{2} = 0,025$$

$$\Delta C_{\Sigma} = [(-0,285) + 0,025] - [(-0,1) + (-0,215) + (-0,1) + 0 + (-0,15) + (-0,175) + 0 + 0,01 + 0,01 + 0,025 + 0,025] = -0,26 - (-0,74) - 0,07 = 0,41_{мм}$$

3) Визначаємо значення залежної ланки

$$es_{\Sigma} = \Delta C_{\Sigma} + \frac{T_{\Sigma}}{2} \quad (1.5)$$

$$es_{\Sigma} = 0,41 + \frac{2,74}{2} = 1,78$$

$$ei_{\Sigma} = \Delta C_{\Sigma} - \frac{T_{\Sigma}}{2} \quad (1.6)$$

$$ei_{\Sigma} = 0,41 - \frac{2,74}{2} = -0,96$$

4) Компенсація допуску:

$$T_{\kappa} = T_{\Sigma} - [T_{\Sigma}] \quad (1.7)$$

$$T_{\kappa} = 2,74 - 2 = 0,74_{мм}$$

5) Ступенів компенсатора:

$$N = \frac{T_{\kappa}}{[T_{\Sigma}] - T_{комп}} + 1 \quad (1.8)$$

$$N = \frac{0,74}{2 - 0,2} + 1 = 1,41$$

Отримали N=2ст.

6) Уточнюючий допуск :

					КНУ.КБР.131.26.5-01.01.РТПВ	Ар-
Змі	Ар-	№ Докуме-	Підпис	Да-		

$$T_{cm} = \frac{T_{\kappa}}{N-1} \quad (1.9)$$

7) Середній розмір ланки компенсатора, вибраний із числа зменшених ланок, який після пригонки зменшується

$$A_{ck} = A_{комп} + \Delta C_{комп} + \Delta C_{\Sigma} + [\Delta C_{\Sigma}] \quad (1.10)$$

$$A_{ck} = 2 + 0 + 0,41 - 0,2 = 2,21$$

8) Шукаємо ланку компенсатор:

$$A_{\kappa_{max}} = A_{ck} + \frac{T_{\kappa}}{2} \quad (1.11)$$

$$A_{\kappa_{max}} = 2,21 + \frac{0,74}{2} = 2,58$$

$$A_{\kappa_{max}} = A_{ck} - \frac{T_{\kappa}}{2} \quad (1.12)$$

$$A_{\kappa_{max}} = 2,21 - \frac{0,74}{2} = 1,84$$

9) Розміри ступеней із кількості зменшених ланок

Іступінь $A_8 = A_{8max} \pm \frac{T_{компA_8}}{2} \quad (1.13)$

$$A_8 = 2,58 \pm \frac{0,2}{2} = 2,58 \pm 0,1$$

ІІступінь $A_8 = (A_{8max} - T_{cm}) \pm \frac{T_{компA_8}}{2} \quad (1.14)$

$$A_8 = (2,58 - 0,74) \pm \frac{0,2}{2} = 1,84 \pm 0,1$$

Похибка розрахунку

$$\varepsilon = \frac{IcmA_8 - A_{8min}}{A_{8min}} \cdot 100\% \quad (1.15)$$

$$\varepsilon = \frac{1,84 - 1,8}{1,8} \cdot 100\% = 2,2\%$$

1.3 Розробка схеми складального з'єднання

Технологічна схема складання, показана на рисунку, виконується на основі складального креслення виробу. Послідовність процесу складання визначається його конструктивними особливостями

					КНУ.КБР.131.26.5-01.01.РТПВ	Ар-
Змі	Ар-	№ Докуме-	Підпис	Да-		

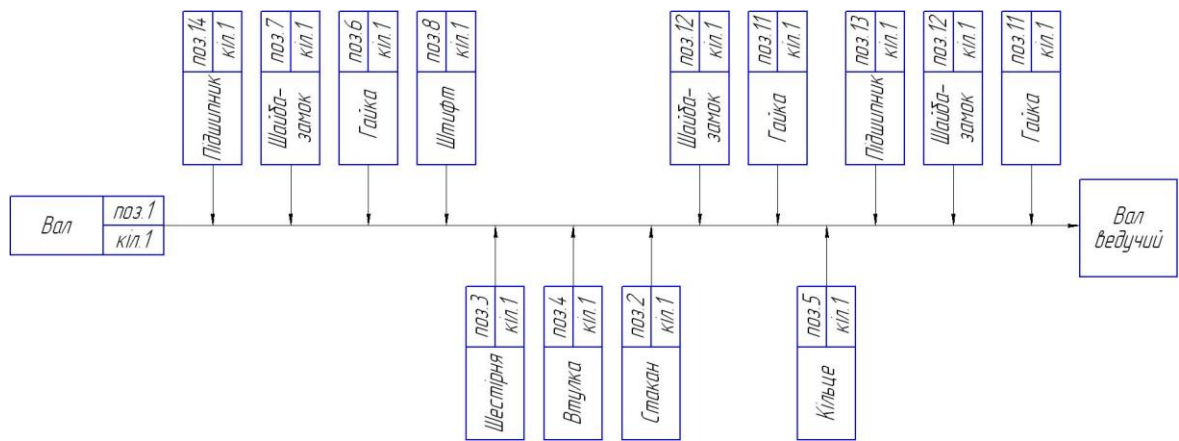


Рисунок 1.3 – Схема послідовності складання вала ведучого

Висновки

Процес складання ведучого вала базується на застосуванні методів регулювання та неповної взаємозамінності, де ролі компенсатора виконує регулювальне кільце вузла.

Завдяки обраній технології досягається чітко визначена взаємодія між рухомими й нерухомими деталями. Це дозволяє конструкції стабільно витримувати розрахункові експлуатаційні навантаження та здійснювати необхідні кінематико-динамічні переміщення, що безпосередньо гарантує надійність та ефективну роботу всього агрегату.

2 ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ПРОЕКТУ

2.1 Технічний опис та матеріалознавче обґрунтування деталі «Вал»

Деталь «Вал» виступає ключовим елементом ведучого вала та за загальною класифікацією належить до класу валів. Його просторова геометрія безпосередньо обумовлена специфікою розташування суміжних компонентів і підшипникових опор. Конструктивно цей виріб виконано у вигляді прямого східчастого вала масою 11,4 кг та загальною довжиною 492 мм, який налічує 10 робочих ступенів. Комплекс спеціальних конструктивних елементів деталі включає зубчасті або шліцьові вінці, шпонкові пази, зовнішні різьбові поверхні, а також технологічні канавки та гладкий отвір.

Головне функціональне призначення вала полягає в трансляції крутного моменту вздовж його осі, надійній фіксації змонтованих на ньому деталей і сприйнятті супутніх силових факторів. Експлуатація виробу у складі валопроводу супроводжується комбінованим тривалим впливом деформацій скручування, вигинання та розтягування. Через такі складні умови роботи до конструкції висуваються суворі вимоги щодо забезпечення високої конструктивної жорсткості, стійкості до вібрацій у регламентованих експлуатаційних режимах, а також належної зносостійкості контактних поверхонь.

Вибір конструкційного матеріалу базувався на службовому призначенні вузла, вимогах до його міцності й довговічності, а також на жорстких масогабаритних обмеженнях. Основним матеріалом було затверджено конструкційну леговану сталь 18Х2Н4МА згідно з ДСТУ 7806:2015, яка характеризується оптимальним поєднанням підвищеної міцності, в'язкості та стійкості до зношування. Для підвищення комплексних механічних властивостей матеріалу та оптимізації процесів його механічної обробки різнанням передбачено термічну обробку у вигляді гартування в оливі з подальшим відпуском. Це дозволяє гарантовано досягти цільової твердості металу в межах 321...388 НВ. У разі виробничої потреби як найбільш близький за своїми фізико-механічними характеристиками технологічний замінник рекомендовано застосовувати хромонікелеву сталь 20Х2Н4А ДСТУ 7806:2015.

					КНУ.КБР.131.26.5-01.02.ТЕАВД				
Змін	Ап-	№ Докумен-	Підпис	Ла-	Техніко-економічний аналіз вихідних да- них проекту	Літ	Апк	Апквмір	
Розроб		Соловійов							
Перевір		Пиливкін							
Н контр		Нечаєв							
Затверд		Рязанцев							
						Кафедра ТМ зв. ЕПМ 22			

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 18Х2Н4МА

Вуглець С, %	Кремній Si, %	Марганець Mn, %	Хром Cr, %	Нікель Ni, %	Молибден Mo, %	фосфор Не більше, ніж	сірка	мідь
0,14 - 0,2	0,17-0,37	0,25-0,55	1,35-16,5	4 - 4,4	0,3 - 0,4	0,025	0,025	0,3

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 18Х2Н4МА

Твердість по Брінелю НВ	Границя міцності при розтягуванні δ_B , МПа (кгс/мм ²)	Границя плинності δ_T , МПа (кгс/мм ²)	Відносне видовження δ , %	Відносне звуження Ψ , %
321...388	1130(115)	835(85)	12	50

2.2 Аналіз якості та точності поверхонь деталі

Усі спряжені поверхні вала за своїм функціональним призначенням поділяються на основні та допоміжні. Роль основних поверхонь виконують підшипникові опори діаметрами Ø70js6 та Ø60k6, які безпосередньо визначають точне просторове розташування та базування приєднуваних деталей вузла. З огляду на високу відповідальність цих ділянок, до них висуваються суворі вимоги щодо геометричної точності та мінімальної шорсткості. Відповідно, опорні шийки запроектовані за високим 6-м квалітетом точності із забезпеченням шорсткості поверхні Ra 0,8 мкм.

До категорії допоміжних спряжених поверхонь належать циліндричні ділянки Ø60p6, Ø67,5p6, Ø53e8 і Ø60h8, а також шліцьові (зубчасті) вінці та наявні різьбові поверхні. Ці конструктивні елементи виготовляються в межах 6–8 квалітетів точності, а регламентований параметр шорсткості для них становить Ra 0,8 мкм або Ra 1,6 мкм залежно від умов спряження.

Стосовно фізико-механічних характеристик і спеціального стану поверхневого шару матеріалу деталі, то особливих або підвищених технологічних вимог у технічному завданні не передбачено.

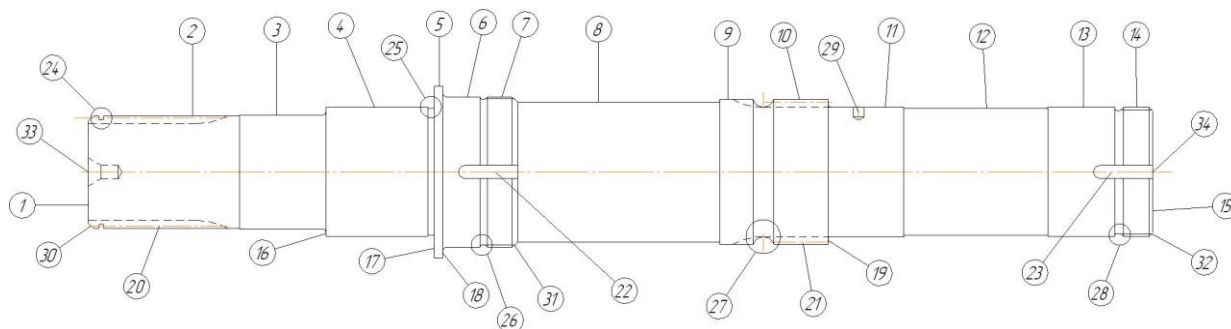


Рисунок 2.1- Вал з нумерацією поверхонь

Таблиця 2.5 – Аналіз якості поверхонь вала

№ поверхні	Номинальний розмір, мм	Квалітет ІТ	Допуск Т чи відхилення розміру, мм	Шорсткість Ra	Відхилення форми і розташування поверхонь
1	2	3	4	5	6
1,15	492	h12	$\begin{matrix} 0 \\ -0,63 \end{matrix}$	3,2/3,2	
2	Ø52,5		$\begin{matrix} -0,15 \\ -0,30 \end{matrix}$	3,2	
3	Ø53	e8	$\begin{matrix} -0,060 \\ -0,106 \end{matrix}$	1,6	
4	Ø60	h8	$\begin{matrix} 0 \\ -0,046 \end{matrix}$	0,8	
5	Ø80	h12	$\begin{matrix} 0 \\ -0,30 \end{matrix}$	3,2	
6	Ø70	Js6	$\pm 0,0095$	0,8	
7	M70x1,5-6e			3,2	
8	Ø65	h12	$\begin{matrix} 0 \\ -0,30 \end{matrix}$	3,2	
9	Ø67,5	p6	$\begin{matrix} +0,051 \\ -0,032 \end{matrix}$	0,8	
10	Ø67,5	h12	$\begin{matrix} 0 \\ -0,30 \end{matrix}$	3,2	
11	Ø60	p6	$\begin{matrix} +0,051 \\ -0,032 \end{matrix}$	0,8	

Продовження таблиці 2.5

28	канавка b=2,5	H12	$\begin{smallmatrix} +0,1 \\ 0 \end{smallmatrix}$	6,3	
	Ø57,8	h12	$\begin{smallmatrix} 0 \\ -0,3 \end{smallmatrix}$	6,3	
29	Отв. Ø5	H7	$\begin{smallmatrix} +0,012 \\ 0 \end{smallmatrix}$	1,6	
30	Фаска 2,5x45°			3,2	
31	Фаска 1,6x45°			3,2	
32	Фаска 1,6x45°			3,2	

2.3 Технічний контроль робочого креслення

Робоче креслення деталі виконано на форматі A1 і містить головний вигляд, локальні розрізи по шліцах Ж–Ж і пазах И–И та 3–3, а також виносні елементи Г, Д, Е, К для деталізації геометрії канавок. Ця сукупність зображень забезпечує однозначне й вичерпне сприйняття конструкції вала, чітко визначаючи форму та взаємозв'язок кожного його елемента.

На полі креслення проставлено всі необхідні розміри, при цьому більшість їхніх номінальних значень, а також відповідні квалітети точності й параметри шорсткості оброблюваних поверхонь повністю узгоджені з нормальними рядами чинних стандартів ДСТУ. Окрему увагу приділено точності взаємного розташування: технічні вимоги регламентують граничні сумарні відхилення форми, зокрема радіальне й торцеве биття циліндричних і торцевих поверхонь вала.

Окрім геометричних характеристик, графічний документ містить повний обсяг супутньої технологічної інформації. У технічних вимогах чітко прописані параметри термічної обробки матеріалу та специфікації щодо нанесення захисного покриття, а в основному написі вказано офіційні відомості про марку матеріалу та кінцеву вагу готового виробу.

2.4 Аналіз технологічності деталі

2.4.1 Якісний аналіз технологічності

Для умов серійного виробництва найбільш економічно та технологічно виправданим методом виготовлення заготовки є кування. Зважаючи на службове призначення виробу, марка матеріалу — легована сталь 18Х2Н4МА — вибрана абсолютно раціонально, тому впроваджувати будь-які альтернативні замінники немає виробничої потреби.

					КНУ.КБР.131.26.5-01.02.ТЕАВД	Ар-
Змі	Ар-	№ Докуме-	Підпис	Да-		

Під час механічної обробки функцію технологічних баз для точного позиціонування та закріплення деталі виконують центрові отвори та зовнішні циліндричні поверхні. Зовнішній обвід вала відрізняється правильною геометричною конфігурацією, завдяки чому його виготовлення не викликає суттєвих труднощів. Конструктивне виконання деталі гарантує безперешкодний підвід та відвід як різального, так і вимірювального інструменту до всіх зон обробки.

Висока конструктивна жорсткість вала робить його зручним для базування й надійної фіксації у пристроях, що дозволяє стабільно дотримуватися принципу сталості баз. Задані технічні допуски розмірів та вимоги до шорсткості поверхонь є повністю обґрунтованими й логічно узгоджуються між собою. Усі робочі поверхні деталі адаптовані для обробки на універсальних верстатах, напівавтоматах та верстатах з ЧПК, що забезпечує стабільне досягнення регламентованої точності та шорсткості.

2.4.2 Кількісний аналіз технологічності

1) Коефіцієнт використання металу

$$K_M = \frac{G_g}{G_z} \cdot 100\% \quad (2.1)$$

де $G_g = 11,4 \text{ кг}$

$G_z = 15,4 \text{ кг}$

$$K_M = \frac{11,4}{15,4} \cdot 100\% = 74\%$$

2) Коефіцієнт точності обробки

$$K_{Tq} = 1 - \frac{1}{T_{сер}} \quad (2.2)$$

$$T_{сер} = \frac{\sum(Ti \cdot ni)}{\sum ni} \quad (2.3)$$

$$T_{сер} = \frac{6 \cdot 4 + 7 \cdot 1 + 8 \cdot 2 + 12 \cdot 19}{26} = 10,6$$

$$T_{сер} = 11$$

$$K_{Tq} = 1 - \frac{1}{11} = 0,91 > 0,8$$

3) Коефіцієнт шорсткості поверхонь

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{III_{сер}} \quad (2.4)$$

					КНУ.КБР.131.26.5-01.02.ТЕАВД	Ар-
Змі	Ар-	№ Докуме-	Підпис	Да-		

$$Ш_{сер} = \frac{\sum(Ш_i \cdot n_i)}{\sum n_i} \quad (2.5)$$

$$Ш_{сер} = \frac{0,8 \cdot 5 + 1,6 \cdot 4 + 3,2 \cdot 12 + 6,3 \cdot 13}{34} = 5,1$$

$$Ш_{сер} = 5,2$$

$$K_{ш} = \frac{1}{5,1} = 0,19 < 0,2$$

4) Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів

$$K_{y.e} = \frac{Q_{y.e}}{Q_e} \quad (2.6)$$

Таблиця 2.6 – Аналіз поверхонь вала для визначення коефіцієнта уніфікації

Найменування поверхонь	Кількість поверхонь	Кількість уніфікованих поверхонь
Циліндричні поверхні	11	8
Гладкі отвори	1	1
Різьбові поверхні	2	2
пази	2	2
радіуси	7	7
фаски	3	3
ухили	10	10
канавки	5	4
шліцьовий вінець	2	-
Разом	33	27

$$K_{y.e} = \frac{27}{33} = 0,82 > 0,6$$

Висновок: Деталь «Вал» - технологічна за кількісними та якісними показниками. Змін в конструкції деталі не визначаємо.

2.5 Вибір типу виробництва. Задачі проектування. Пропозиції щодо удосконалення.

2.5.1 Вибір типу виробництва та методу роботи

Вихідні дані	
Річна програма N_p , шт	100
Штучно-калькуляційний час, хв	
$T_{шт.-к.1}$	10,18
$T_{шт.-к.2}$	48,3
$T_{шт.-к.3}$	64,02
$T_{шт.-к.4}$	12,1
$T_{шт.-к.5}$	56,9
Йомвірний тип виробництва (ДС=1, СС=2, ВС=3)	2
Кількість змін	1

Коефіцієнт закріплення операцій

$$K_{з.о.} = \frac{\sum \Pi_{oi}}{\sum P_i}$$

де $\sum \Pi_{oi}$ – сумарне число різних операцій за місяць з розрахунку на одного змінного
 $\sum P_i$ – явочне число робітників ділянки, що виконують різні операції при роботі в одну

$$\Pi_{oi} = \frac{13182 \cdot \eta_H}{T_{шт.к.} \cdot N_M}$$

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

$$N_M – \text{місячна програма випуску заданої деталі, шт} \quad N_M = \frac{N_p}{s \cdot 12}$$

$$\Pi_{o1} = \frac{13182 \cdot 0,8}{10,18 \cdot 8,333} = 124,3$$

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

$$\Pi_{o2} = \frac{13182 \cdot 0,8}{48,3 \cdot 8,333} = 26,2$$

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

$$\Pi_{o3} = \frac{13182 \cdot 0,8}{64,02 \cdot 8,333} = 19,77$$

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

$$\Pi_{o4} = \frac{13182 \cdot 0,8}{12,1 \cdot 8,333} = 104,6$$

$$K_{з.о.} = \frac{297,10}{4} = 74,3$$

$$\Pi_{o5} = \frac{13182 \cdot 0,8}{56,9 \cdot 8,333} = 22,24$$

Розмір партії деталей
$n = \frac{N_p \cdot a}{\Phi}$ де Φ – число робочих днів в році; a – кількість днів запаса деталей на складі; для крупних деталей – 2...3 дн.; середніх – 3...5 дн.; дрібних – 5...10 дн. $n = \frac{100 \cdot 2}{249} = 1 \text{ шт.}$

На основі розрахунку типу виробництва по коефіцієнту закріплення операції робимо висновок , що виробництво одиничне.

2.5.2 Вибір діючого заводського чи типового технологічного процесу.
 Задачі проектування. Пропозиції щодо удосконалення діючого ТП

Складаємо структуру повного конструкторсько-технологічного коду деталі «Вал» на підставі класифікатора ЄСКД (клас 71).

Клас 710000 – деталь-тіло обертання дисків, шківів, валів, вісей, штоків, шпинделів тощо.

Підклас 715000 - деталь з L вище 2D (вали, шпинделі, осі, штоки, втулки, тощо) із зовнішньою циліндричною поверхнею.

Група 715500 - деталь без закритих уступів, східчаста, із зовнішньою різьбою.

Підгрупа 715510–деталь без центрального отвору.

Вид 715514 - деталь з пазами та шлицями на зовнішній поверхні, з отвором поза осі деталі.

Повний структурний код деталі «Вал» складає 715514.

Базовий техпроцес наводимо в таблиці 2.7.

					КНУ.КБР.131.26.5-01.02.ТЕАВД	Ар-
Змі	Ар-	№ Докуме-	Підпис	Да-		

Таблиця 2.7 – Базовий техпроцес виготовлення вала

№ операції	Найменування операції Зміст переходів	Устаткування
005	Токарна Чорнове підрізування і центрування торців; чорнове обточування зовнішніх поверхонь	Токарні верстати 16K20, 16K25, 1M63, 1A64
010	Токарна Чистове підрізування торців; чистове обточування зовнішніх поверхонь; проточування канавок, нарізування різьби	Токарні верстати 16K20, 16K25, 1M63, 1A64
015	Круглошліфувальна Чорнове шліфування поверхонь	Круглошліфувальні напівавтомати 3м151, У131М, 3У142
020	Зубофрезерна Нарізання зубчастих і шліцьових вінців	Зубофрезерні верстати і напівавтомати 5K324А, 5K310, 53А20П, 53А30П
025	Фрезерна Фрезерування шпонкових пазів	Вертикально-фрезерні верстати 6Р13, 6540, 6550
030	Розмічання Розмічання отворів	Плита
035	Свердлильна Обробка гладких і різьбових отворів	Радіально-свердлильні верстати 2М55, 2М57
040	Круглошліфувальна Чистове шліфування поверхонь	Круглошліфувальні напівавтомати 3м151, 3У131М, 3У142

Основні завдання поточного проєкту полягають у модернізації виробничого обладнання для суттєвого підвищення якості обробки й скорочення штучно-калькуляційного часу, а також у комплексному вдосконаленні самого технологічного процесу. Важливою складовою інженерних рішень є розробка спеціалізованого верстатного та контрольного оснащення, покликаного звести до мінімуму похибки встановлення й подальшого технічного контролю деталей.

Для оптимізації техпроцесу виготовлення вала передбачено заміну традиційних універсальних верстатів на сучасне обладнання з ЧПК, яке застосовуватиметься на етапі чистового точіння зовнішніх поверхонь. З метою нівелювання похибок базування безпосередньо під час механічної обробки розробляється оригінальне верстатне пристосування. Паралельно, задля максимального підвищення точності вимірювань та мінімізації ризиків при дефектації, проєктується спеціалізований контрольний прилад, що в комплексі гарантує високу стабільність геометричних параметрів готового виробу.

					<i>КНУ.КБР.131.26.5-01.02.ТЕАВД</i>	Ар-
Змі	Ар-	№ Докуме-	Підпис	Да-		

3 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

3.1 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовок

3.1.1 Вибір і техніко-економічне обґрунтування заготовок

Таблиця 3.1 – Матриця впливу факторів

Фактори Метод виготовлення заготовки	Форма і розміри заготовки	Потрібні точність якості поверхневого шару	Технологічні властивості матеріалу	Річна програма	Виробничі можливості підприємства	сума
Прокат	+	-	+	+	+	4
Кування штамповане на КГШП	+	+	+	+	+	5
Кування вільне на молоті	+	-	+	+	-	3

На основі детального аналізу матриці впливу факторів встановлено, що найбільш технологічно доцільними та раціональними варіантами для виготовлення вала є використання металургійного прокату або штампованого кування. Задля прийняття остаточного інженерного рішення виконується комплексне техніко-економічне обґрунтування заготовки.

Оптимальний вид вихідної заготовки визначається методом розрахунку технологічної собівартості, який базується на обчисленні реальних витрат на виробництво деталі. У межах цього аналізу розглядаються два конкурентні рішення. Перший варіант передбачає застосування гарячекатаного прокату звичайної точності. Другий варіант полягає у використанні штампованого кування, отриманого на кривошипному гарячештампувальному пресі в спеціальних рознімних матрицях.

					КНУ.КБР.131.26.5-02.03.ПТП			
Змін	Ап-	№ Докумен-	Підпис	Ла-	Проектування технологічного процесу			
Розроб	Соловійов							
Перевір	Півнінда							
Н контр	Нечепев							
Затверд	Рязанцев				Кафедра ТМ зв. з ПМ зв			

Підсумковий розрахунок вартості вихідної заготовки для кожного з наведених варіантів технологічного процесу здійснюється за такою базовою формулою:

$$S = Q \cdot S_{\kappa} \cdot K_T - (Q - q) \cdot S_{\epsilon}, \text{ грн} \quad (3.1)$$

де Q - вага заготовки, кг; $Q_1 = 29,6$ кг; $Q_2 = 15,5$ кг;

q - вага деталі, кг; $q = 11,4$ кг

S_{κ} - оптова ціна за 1 кг матеріалу, грн.; для сталі 18Х2Н4МА – $S_{\kappa} = 150,5$ грн

K_T - коефіцієнт, враховуючий транспортно – заготівельні витрати,

$K_T = 1,05 \dots 1,06$;

S_{ϵ} - ціна за 1 кг відходів, грн.

$$S_{\epsilon} = 0,1 \cdot S_{\kappa} \quad (3.2)$$

$$S_{\epsilon} = 0,1 \cdot 150,5 = 15,05 \text{ грн.}$$

За першим варіантом

$$S_1 = 29,6 \times 150,5 \times 1,05 - (29,6 - 11,4) \times 15,05 = 4403,63 \text{ грн}$$

За другим варіантом

$$S_2 = 15,5 \times 150,5 \times 1,05 - (15,5 - 11,4) \times 15,05 = 2387,67 \text{ грн}$$

Різницю вартості вибраних заготовок визначаємо за формулою:

$$A = S_1 - S_2, \text{ грн.} \quad (3.3)$$

де S_1, S_2 - вартість заготовок за вибраними варіантами, грн.

$$A = 4403,63 - 2387,67 = 2015,99 \text{ грн}$$

Із двох варіантів виготовлення заготовки робимо вибір, виходячи із умов забезпечення максимальної продуктивності праці і мінімальної собівартості заготовки.

Річну економію матеріалу визначаємо за формулою:

$$E_{\mathcal{M}} = \frac{q \cdot (K_{\mathcal{M}2} - K_{\mathcal{M}1})}{K_{\mathcal{M}1} \cdot K_{\mathcal{M}2}} \cdot N, \text{ кг} \quad (3.4)$$

$N_p = 100$ шт.

$$K_{\mathcal{M}} = \frac{q}{Q}; \quad (3.5)$$

$$K_{\mathcal{M}1} = \frac{11,4}{29,6} = 0,39;$$

$$K_{\mathcal{M}2} = \frac{11,4}{15,5} = 0,74$$

$$E_{\mathcal{M}} = \frac{11,4 \cdot (0,74 - 0,39)}{0,74 \cdot 0,39} \cdot 100 = 138,542 \text{ кг}$$

					КНУ.КБР.131.26.5-01.03.ПТП	Ар-
Змі	Ар-	№ Докуме-	Підпис	Да-		

Річну економію вартості заготовок визначаємо за формулою:

$$E_{\text{г.з}} = A \cdot N, \text{ грн} \quad (3.6)$$

де A – різниця вартості вибраних заготовок.

$$E_{\text{г.з}} = 2015,99 \cdot 1000 = 2015990 \text{ грн}$$

Економічний ефект на річну програму від використання кування штампованого з урахуванням витрат на механічну обробку (чорнову) визначаємо за формулою:

$$E = E_{\text{г.з}} + (Z_1 - Z_2) \cdot (1 + \frac{H}{100}) \cdot N, \text{ грн} \quad (3.7)$$

де Z_1 і Z_2 - основна заробітна плата виробничих робітників за двома варіантами на чорнових операціях механічної обробки, тобто де відображується додаткова величина припуску на обробку, грн.;

H - цехові накладні витрати, $H = 200 \dots 300\%$

Основну заробітну плату верстатників для виконання операцій чорнової токарної обробки визначаємо за формулою:

$$Z = \frac{T_{\text{год}}}{60} \cdot T_{\text{шк}} \cdot K, \text{ грн} \quad (3.8)$$

де $T_{\text{год}}$ – годинна тарифна ставка токаря четвертого розряду, грн.;

$$T_{\text{год}} = 120,5 \text{ грн}$$

$T_{\text{шк}}$ – норма штучно – калькуляційного часу на чорнові операції, хв.;

$$T_{\text{шк1}} = 36,2 \text{ хв};$$

$$T_{\text{шк2}} = 24,4 \text{ хв}$$

K - тарифний коефіцієнт даного розряду робіт, для четвертого розряду

$$K = 1,48$$

$$Z_1 = \frac{120,5}{60} \cdot 36,2 \cdot 1,48 = 107,59 \text{ грн}$$

$$Z_2 = \frac{120,5}{60} \cdot 24,4 \cdot 1,48 = 72,52 \text{ грн}$$

$$E = 2015990 + (107,59 - 72,52) \cdot (1 + \frac{300}{100}) \cdot 1000 = 2156270 \text{ грн}$$

Висновок: За результатами розрахунку економічної ефективності для подальшого виробництва затверджено другий варіант, який передбачає отримання заготовки методом штампованого кування.

3.1.2 Проектування кування штампованого

Для розрахунку та призначення технологічних припусків і допусків на лінійні розміри штампованої поковки використовується нормативна база стандарту ДСТУ ГОСТ 7505-89. Вихідні дані для проектування заготовки визначаються специфікою виробничого процесу, де як основне ковальсько-штампувальне обладнання застосовується гідравлічний штампувальний прес,

					КНУ.КБР.131.26.5-01.03.ПТП	Ар-
Змі	Ар-	№ Докуме-	Підпис	Да-		

а нагрівання металу перед деформацією здійснюється в газовій полум'яній печі. Відповідно до чинних технічних вимог та конструктивних особливостей вала, для заготовки встановлено четвертий клас точності Т4, друга група сталі М2 за вмістом вуглецю та легуючих елементів, а також другий ступінь складності геометричної конфігурації С2.

Маса кування (розрахункова)

$$G_{\text{заг}} = m_0 \cdot K_p, \quad (3.9)$$

де $m_0 = 43$ кг.

$$K_p = 1,6$$

$$G_{\text{заг}} = 11,4 \cdot 1,6 = 18,3 \text{ кг}$$

Для проектування заготовки обрано плоску конфігурацію поверхні розніму штампа, що позначається індексом П, при цьому загальний вихідний індекс заготовки становить 16. Нормативні припуски на обробку для штампованого кування з масою в діапазоні від 10 кг до 20 кг призначаються за відповідною таблицею стандарту.

До розрахованих базових значень додаються компенсаційні припуски, які враховують потенційне технологічне зміщення по лінії розніму штампа в розмірі 0,4 мм, а також відхилення геометрії від прямолінійності та площинності. Ці додаткові значення безпосередньо залежать від довжини ділянок: для лінійних розмірів до 100 мм надбавка становить 0,3 мм, для інтервалу від 100 до 160 мм вона дорівнює 0,4 мм, у межах від 160 до 250 мм закладається 0,5 мм, а для протяжних зон від 400 до 630 мм припуск збільшується до 0,8 мм.

Полегшення виймання поковки з робочої порожнини забезпечується за рахунок штампувальних ухилів, які на зовнішніх поверхнях становлять 3 градуси, а радіуси заокруглення зовнішніх кутів витримуються в межах від R2 до R3. Кінцевий розрахунок загальної маси штампованого кування виконується аналітичним шляхом, для чого тіло заготовки умовно поділяється на кілька елементарних сегментів із найбільш простими геометричними формами.

Визначаємо обсяг кування за формулою:

$$V_{\text{п}} = V_1 + V_2 + \dots + V \text{ см}^3 \quad (3.10)$$

Обсяг елементарної фігури дорівнює:

$$V = \pi R^2 \cdot L, \text{ см}^3 \quad (3.11)$$

$$V_1 = 3,14 \cdot 3^2 \cdot 11,1 = 314 \text{ см}^3$$

$$V_2 = 3,14 \cdot 3,35^2 \cdot (16,1 - 11,1 + 15,1) = 709 \text{ см}^3$$

$$V_3 = 3,14 \cdot 4,325^2 \cdot 1,1 = 65 \text{ см}^3$$

$$V_4 = 3,14 \cdot 3,85^2 \cdot (50,1 - 16,1 - 15,1) = 880 \text{ см}^3$$

					КНУ.КБР.131.26.5-01.03.ПТП	Ар-
Змі	Ар-	№ Докуме-	Підпис	Да-		

$$V_{II} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4, \text{ см}^3 \quad (3.12)$$

$$V_{II} = 314 + 709 + 65 + 880 = 1968 \text{ см}^3$$

Маса кування штампованого

$$G_{II} = V_{II} \cdot \gamma \text{ г} \quad (3.13)$$

де $\gamma = 7,85 \text{ г/см}^3$

$$G_{II} = 1968 \cdot 7,85 = 15500,2 = 15,5 \text{ кг}$$

					КНУ.КБР.131.26.5-01.03.ПТП	Ар-
Змі	Ар-	№ Докуме-	Підпис	Да-		

Таблиця 3.2 – Припуски і допуски на оброблювані поверхні вала

Номіналь- ний розмір, мм	Точність IT	Граничні відхилення, мм	Шорст- кість, Ra	Допуск на заго- товку, мм	Граничні відхи- лення, мм	Припуск, мм	Додатковий припуск, мм	Розмір кування, мм	
								Розра- хунко- вий	Прий- нятий
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ø 80	h12	0 -0,3	3,2	2,8	+1,8 -1	2,5·2=5	(0,4+0,3)·2=1,4	Ø 86,4	Ø 86,5
Ø 70	js6	+0,0095 -0,0095	0,8	2,8	+1,8 -1	2,7·2=5,4	(0,4+0,3)·2=1,4	Ø 76,8	Ø 77
Ø 60	h8	0 -0,046	0,8	2,8	+1,8 -1	2,7·2=5,4	(0,4+0,3)·2=1,4	Ø 66,8	Ø 67
Ø 60	k6	+0,021 +0,002	0,8	2,8	+1,8 -1	2,7·2=5,4	(0,4+0,3)·2=1,4	Ø 66,8	Ø 67
Ø 53	e8	-0,060 -0,106	1,6	2,8	+1,8 -1	2,7·2=5,4	(0,4+0,3)·2=1,4	Ø 59,8	Ø 60
492	h12	0 -0,63	3,2/3,2	4,5	+3 -1,5	3,5·2=7	(0,4+0,8)·2=2,4	501,4	501
4	h12	0 -0,12	3,2/3,2	2,5	+1,6 -0,9	2,7·2=5,4	(0,4+0,3)·2=1,4	10,8	11
160	IT12/2	+0,2 -0,2	3,2/3,2	3,2	+2,1 -1,1	3,5-2,7=0,8	(0,4+0,8)- (0,4+0,4)=0,4	161,2	161
150	IT12/2	+0,2 -0,2	3,2/3,2	3,2	+2,1 -1,1	3,5-2,7=0,8	(0,4+0,8)- (0,4+0,4)=0,4	151,2	151
110	IT12/2	+0,1 -0,1	3,2/3,2	3,2	+2,1 -1,1	3,5-2,7=0,8	(0,4+0,8)- (0,4+0,4)=0,4	111,2	111

Визначаємо обсяг вихідної заготовки

$$V_{3Г} = V_{II} \cdot \frac{100 + \delta}{100}, \text{см}^3 \quad (3.14)$$

де δ – чад металу.

Чад металу при нагріванні вихідної заготовки в газовій печі складає 2%.

$$V_{3Г} = 1968 \cdot 1,02 = 2008 \text{ см}^3$$

Маса вихідної заготовки

$$G_{3Г} = V_{3Г} \cdot \gamma, \text{Г} \quad (3.15)$$

$$G_{3Г} = 2008 \cdot 7,85 = 15800 \text{ г} = 15,8 \text{ кг}$$

Аналітичним шляхом розраховуються геометричні параметри вихідної заготовки. З метою запобігання деформаціям та викривленню напівфабрикату під час подальшої механічної обробки, його лінійні розміри мають суворо задовольняти такі математичні умови:

$$m = \frac{L_{3Г}}{D_{3Г}} \leq 2,8 \quad (3.16)$$

$$m = 2,1.$$

Діаметр вихідної заготовки

$$D_{3Г} = 1,08 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_{3Г}}{m}}, \text{ мм} \quad (3.17)$$

$$D_{3Г} = 1,08 \cdot \sqrt[3]{\frac{2,008 \cdot 10^6}{2,1}} = 98,5 \text{ мм}$$

Приймаємо за стандартним рядом $D_{3Г} = 100 \text{ мм}$.

Довжина вихідної заготовки

$$L_{3Г} = \frac{V_{3Г}}{S_{3Г}}, \text{ мм} \quad (3.18)$$

$$S_{3Г} = \frac{\pi D_{3Г}^2}{4}, \text{ см}^2 \quad (3.19)$$

$$S_{3Г} = \frac{3,14 \cdot 10^2}{4} = 78,5 \text{ см}^2$$

$$L_{3Г} = \frac{2008}{78,5} = 25,6 \text{ см}$$

Приймаємо $L_{3Г} = 256 \text{ мм}$

Норма витрат металу на кування штамповане складає:

$$G_{\text{с}} = \frac{\pi D_{3Г}^2}{4} \cdot L_{3Г} \cdot \gamma, \text{ Г} \quad (3.20)$$

$$G_{\text{с}} = \frac{3,14 \cdot 10^2}{4} \cdot 25,6 \cdot 7,85 = 16200 \text{ г} = 16,2 \text{ кг}$$

Визначаємо коефіцієнт використання металу

					КНУ.КБР.131.26.5-01.03.ПТП	Ар-
Змі	Ар-	№ Докуме-	Підпис	Да-		

$$\eta = \frac{G_o}{G} \cdot 100\% \quad (3.21)$$

Для кування штампованого $\eta = \frac{11,4}{15,5} \cdot 100\% = 74\%$

Для вихідної заготовки $\eta = \frac{11,4}{16,2} \cdot 100\% = 70\%$

3.2 Вибір і обґрунтування баз

За своєю геометричною конфігурацією деталь «Вал» належить до класу тіл обертання типу валів. Роль основних конструкторських баз у цій конструкції виконують відповідальні поверхні опорних шийок із діаметрами $\varnothing 60k6$ та $\varnothing 70js6$. До категорії допоміжних конструкторських баз віднесені циліндричні ділянки $\varnothing 60p6$, $\varnothing 67,5p6$, $\varnothing 53e8$, $\varnothing 60h8$, а також наявні різьбові поверхні та шліцьові (зубчасті) вінці.

Система технологічних баз виробу класифікується на чорнові та чистові. Як вихідні чорнові бази використовуються необроблені зовнішні поверхні опорних шийок. На початковій технологічній операції здійснюється підрізання (фрезерування) торців та зацентрування виробу, причому від якості та точності виконання цих центрових отворів безпосередньо залежить похибка обробки на всіх наступних етапах.

Надалі сформовані центрові отвори разом із уже обробленими шийками опор виступають як чистові технологічні бази, утворюючи єдину базу для позиціонування вала впродовж усього подальшого маршруту виготовлення. Оскільки ті самі опорні шийки послідовно застосовуються на різних стадіях обробки, у техпроцесі повністю реалізується принцип сталості технологічних баз. Окрім того, поєднання в одних і тих самих поверхнях функцій опорних шийок як конструкторських, так і технологічних баз дозволяє успішно виконати фундаментальний принцип суміщення (єднання) баз, що суттєво підвищує загальну точність виготовлення вузла.

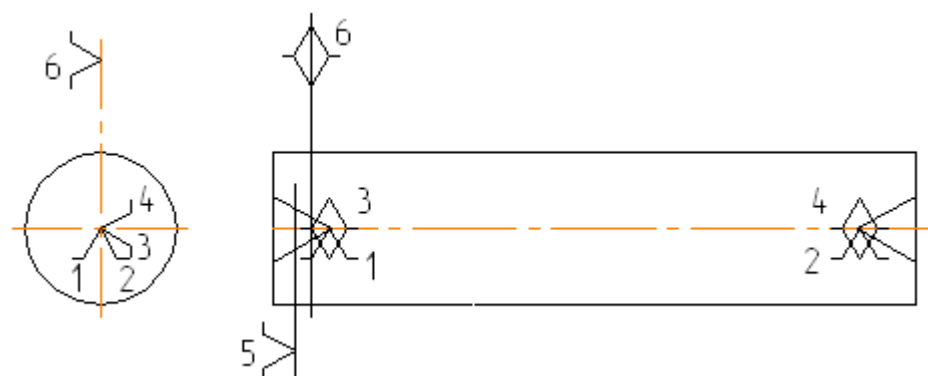


Рисунок 3.1 – Основна схема базування №1

1,2,3,4 – подвійна напрямна база; 5 – опорна база; 6 – опорна база.

					КНУ.КБР.131.26.5-01.03.ПТП	Ар-
Змі	Ар-	№ Докуме-	Підпис	Да-		

Вид установлення: в центрах. Схема використовується в операціях токарних, токарних з ЧПК, круглошліфувальних.

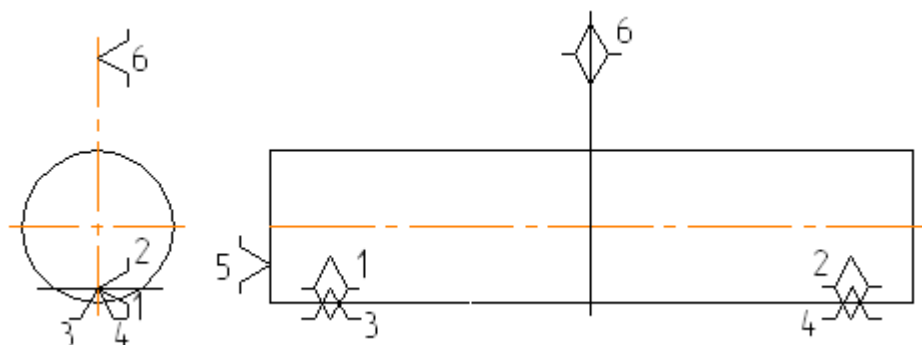


Рисунок 3.2 – Схема базування №2

1,2,3,4 – подвійна напрямна база; 5 – опорна база; 6 – опорна база

Вид установлення: на призмах, закріплення механічне або пневматичне. Схема використовується в операціях горизонтально-розточувальних, фрезерній, свердлильній.

3.3 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

Таблиця 3.3 – Послідовність обробки поверхонь вала

Номер поверхні, розмір, мм		Найменування переходів	Шорст- кість Ra	Точ- ність IT	Допуск Т мкм
1		2	3	4	5
1,15	492h12	Заготовка фрезерування чорнове фрезерування чистове	25 12,5/12,5 3,2/3,2	h16 h14 h12	4500 1550 630
2	Ø52,5	обточування чорнове обточування чистове	12,5 3,2	h14 -	740 150
3	Ø53e8	Заготовка обточування чорнове обточування чистове шліфування	25 12,5 3,2 1,6	h17 h14 h11 e8	2800 740 190 46
4	Ø60h8	Заготовка обточування чорнове обточування чистове шліфування	25 12,5 3,2 0,8	h17 h14 h11 h8	2800 740 190 46

1	2	3	4	5	6
5	Ø80h12	Заготовка обточування чорнове обточування чистове	25 12,5 3,2	h17 h14 h12	2800 740 300
6	Ø70js6	Заготовка обточування чорнове обточування чистове шліфування чорнове шліфування чистове	25 12,5 3,2 1,6 0,8	h17 h14 h11 h8 js6	2800 740 190 46 19
7	M70x1,5- 6e	Заготовка обточування чорнове обточування чистове нарізання різьби	25 12,5 3,2 3,2	h17 h14 h11 -	2800 740 190 -
8	Ø65h12	Обточування чорнове обточування чистове	12,5 3,2	h14 h12	740 300
9	Ø67,5p6	Обточування чорнове обточування чистове шліфування чорнове шліфування чистове	12,5 3,2 1,6 0,8	h14 h11 h8 p6	740 190 46 19
10	Ø67,5h12	Обточування чорнове обточування чистове	12,5 3,2	h14 h12	740 300
11	Ø60p6	Заготовка обточування чорнове обточування чистове шліфування чорнове шліфування чистове	25 12,5 3,2 1,6 0,8	h17 h14 h11 h8 p6	2800 740 190 46 19
12	Ø59h12	Обточування чорнове обточування чистове	12,5 3,2	h14 h12	740 300
13	Ø60k6	Заготовка обточування чорнове обточування чистове шліфування чорнове шліфування чистове	25 12,5 3,2 1,6 0,8	h17 h14 h11 h8 k6	2800 740 190 46 19
14	M60x1,5- 6e	Заготовка обточування чорнове обточування чистове нарізання різьби	25 12,5 3,2 3,2	h17 h14 h11 -	2800 740 190 -
1,16	$\frac{IT12}{110^2}$	Заготовка підрізування чорнове підрізування чистове	25 12,5/12,5 3,2/3,2	IT17/2 IT14/2 IT12/2	3200 600 200

					КНУ.КБР.131.26.5-01.03.ПТП	Ар-
Змі	Ар-	№ Докуме-	Підпис	Да-		

1,17	$\frac{IT12}{160 \cdot 2}$	Заготовка підрізування чорнове підрізування чистове	25 12,5/12,5 3,2/3,2	IT17/2 IT14/2 IT12/2	3200 1000 400
17,18	4h12	Заготовка підрізування чорнове підрізування чистове	25 12,5/12,5 3,2/3,2	h17 h14 h12	2500 300 120
15,19	$\frac{IT12}{150 \cdot 2}$	Заготовка підрізування чорнове підрізування чистове	25 12,5/12,5 3,2/3,2	IT17/2 IT14/2 IT12/2	3200 1000 400
23,24	Пази b=6	Фрезерування	6,3	-	200
29	Отв. Ø5H7	Свердління Розгортання	6,3 1,6	H12 H7	120 12

3.4 Розробка маршруту обробки деталі

На підставі базового технологічного процесу і задач проектування розробляємо технологічну послідовність обробки деталі «Вал». Номера поверхонь використовуємо по рисунку 2.1. Розробку маршруту подаємо у вигляді таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Перелік операцій Маршрутної технології

№ операції	Найменування операції	№ оброблюваної поверхні	№ базової поверхні	Тип, модель верстата
1	2	3	4	5
005	Горизонтально-розточувальна	1,15,33,34	4,11	Горизонтально-розточувальний верстат 2A620Ф1
010	Токарна	2,3,4,5,16,17 6,7,8,9,10, 11,13,14,18, 19	13,15, 34,33 1,2,33 34	Токарно-гвинторізний верстат 16K20
015	Токарна з ЧПК	2,3,4,5,16, 17,24,25,30	13,15, 34,33	Токарний верстат з ЧПК 16K20Ф3
020	Токарна з ЧПК	6,7,8,9,10,11, 12,13,14,18, 19,26,27,28, 31,32	1,2,33 34	Токарний верстат з ЧПК 16K20Ф3

1	2	3	4	5
025	Круглошліфувальна	3,4 6,9,11,13	13,15, 33,34 1,2,33, 34	Круг- лошліфувальний напівавтомат 3У142
030	Зубофрезерна	21 20	1,33,34 15,33, 34	Зубофрезерний верстат 53А30
035	Свердлильна з ЧПК	29, Технологічні отвори	33,34	Свердлильний верстат з ЧПК 2Р135Ф2
040	Фрезерна	22,2	1,4,8, 11	Вертикально- фрезерний верстат 6А56
045	Круглошліфувальна	6,9,11,13	1,2,33, 34	Круг- лошліфувальний напівавтомат 3У142

3.5 Розробка технологічних операцій

Таблиця 3.5 – Послідовність виконання технологічних операцій

№ опе- рації	1. Назва операції 2. Верстат 3. Зміст переходів технологічної операції	Верстатне пристосу- вання	Інструмент (ріжучий, допоміжний, вимірювальний)
1	2	3	4
005	1. Горизонтально-розточувальна 2. 2А620Ф1 3. Переходи 1. Фрезерувати торці 3,4 начорно 2. Фрезерувати торці 3,4 начисто 3. Свердлити центрові отвори 1,2	Призми, прихвати, Стіл оберталь- ний	Фреза торцева Ø80 2210-0073 ДСТУГОСТ 9304-69 Оправка Ø32 6222-0036 ДСТУГОСТ 13785-68 Свердло центрове Ø6,3 2317-0009 ДСТУГОСТ 14952- 75 Штангенциркулі ШЦ-I-125-0,1-1 ШЦ-II-250-630-0,1-1

					КНУ.КБР.131.26.5-01.03.ПТП	Ар-
Змі	Ар-	№ Докуме-	Підпис	Да-		

1	2	3	4
			ДСТУГОСТ 166-89
010	1. Токарна 2. 16K20 3. Переходи А. 1. Обточити поверхню 1 2. Підрізати торець 14 3. Обточити поверхню 2 4. Підрізати торець 13 5. Обточити поверхню 3 Б. 6. Обточити поверхню 7, 9 7. Обточити поверхню 8 8. Підрізати торець 10 9. Обточити поверхню 6 10. Обточити поверхню 5 11. Підрізати торець 11 12. Обточити поверхню 4 13. Підрізати торець 12	Патрон 3-х кулачковий 7100-0007 ДСТУГОСТ 2675-80	Центр А-1-5-Н ДСТУГОСТ 8742-75 Різець підрізний 2112-0061 ВК8 ДСТУГОСТ 18880-73 Різець прохідний 2101-0057 ВК8 ДСТУГОСТ 18879-73 Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1-1 ДСТУГОСТ 166-89 Штангенглибиномір ШГ-200-0,05 ДСТУГОСТ 162-90
025	1. Круглошліфувальна 2. 3У142 3. Переходи А. 1. Шліфувати поверхню 1 2. Шліфувати поверхню 2 Б. 3. Шліфувати поверхню 3 4. Шліфувати поверхню 4 5. Шліфувати поверхню 5 6. Шліфувати поверхню 6	Центри	Круг шліфувальний ПП 600x50x203 24А40ПСМ1К6 ДСТУГОСТ 2424-83 Індикатор ІЧ 10кл. 1 дстуГОСТ 577-68 Штатив ШМ-II В-8 ДСТУГОСТ 10197-70 Мікрометр МК 75 ДСТУГОСТ 6507-90
030	1. Зубофрезерна 2. 53А30 3. Переходи А. 1. Фрезерувати зуб'я 1 Б. 2. Фрезерувати зуб'я 2	Підставка, центр	Фреза черв'ячна m=2,5 спеціальна; Мікрометр М3 Н50 ДСТУГОСТ 6507-90
035	1. Свердлильна з ЧПК 2. 2Р135Ф2 3. Переходи Обробити за програмою: 1. Свердлити отвір 1	Подільна головка	Свердло Ø4,9 2300-2161 ДСТУГОСТ886-77 Розгортка 2363-0060 Н7 ДСТУГОСТ

	2. Розгорнути отвір 1 3. Свердли 4 технологічні отвори 2 4. Розгорнути 4 технологічні отвори 2		1672-80 Свердло Ø5,9 2300-6971 ДСТУГОСТ 886-77 Розгортка 2363-0061 Н7 ДСТУГОСТ 1672-80 Калібр-пробка Ø5 8133-0910 Н7 ДСТУГОСТ 14810-69 Калібр-пробка Ø6 8133-0913 Н7 ДСТУГОСТ 14810-69
040	1. Фрезерна 2. 6А56 3. Переходи 1. Фрезерувати 2 паза 1 2. Фрезерувати 4 паза 2	Пристрій пневматич- ний спеціальний	Фреза кінцева Ø6 2220-0007 ДСТУГОСТ 17025-71 Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1-1 ДСТУГОСТ 166-89 Нутромір 3-6 ДСТУГОСТ 9244-75
045	1. Круглошліфувальна 2. 3У142 3. Переходи 1. Шліфувати поверхню 1 2. Шліфувати поверхню 2 3. Шліфувати поверхню 3 4. Шліфувати поверхню 4	Центри, прилад контроль- ний	Круг шліфувальний ПП 600х50х203 24А40ПСМ1К6 ДСТУГОСТ 2424-83 Індикатор 1МІГ ДСТУГОСТ 9696-82 Мікрометр МР75 ДСТУГОСТ 4381-87

3.6 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку

3.6.1 Аналітичний розрахунок припусків на зовнішню циліндричну поверхню

Проводиться аналітичний розрахунок проміжних операційних припусків та допусків для відповідальної зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 60k6$. Задля досягнення регламентованого замовником квалітету точності $k6$ та цільового параметра шорсткості $Ra\ 0,8$ мкм, технологічний маршрут передбачає послідовне виконання комплексу таких переходів механічної обробки.

					КНУ.КБР.131.26.5-01.03.ПТП	Ар-
Змі	Ар-	№ Докуме-	Підпис	Да-		

Таблиця 3.6 – Зведена таблиця аналітичного розрахунку припусків на обробку поверхні Ø60к6 вала

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску мкм				Розрахунковий припуск 2zmin мкм	Розрахунковий розмір dmin	Допуск Td	Прийняті граничні розміри, мм		Прийняті граничні припуски, мкм	
	Rz	h _Σ	Δ _Σ	ε _y				dmax	dmin	2zmax	2zmin
Заготовка	250	300	1948	-	-	66	2800	68,8	66		
Чорнове обточування	125	120	120	-	4996	61,004	740	61,74	61	7060	5000
Чистове обточування	50	50	6	-	730	60,274	190	60,46	60,27	1280	730
Чорнове шліфування	10	20	-	-	212	60,062	46	60,108	60,062	352	208
Чистове шліфування	5	15	-	-	60	60,002	19	60,021	60,002	87	60

Перевірка загальних припусків:

$$\sum 2Z \max - \sum 2Z \min = Td_{заг} - Td_{дет} \tag{3.33}$$

$$8779-5998=2800-19$$

$$2781=2781$$

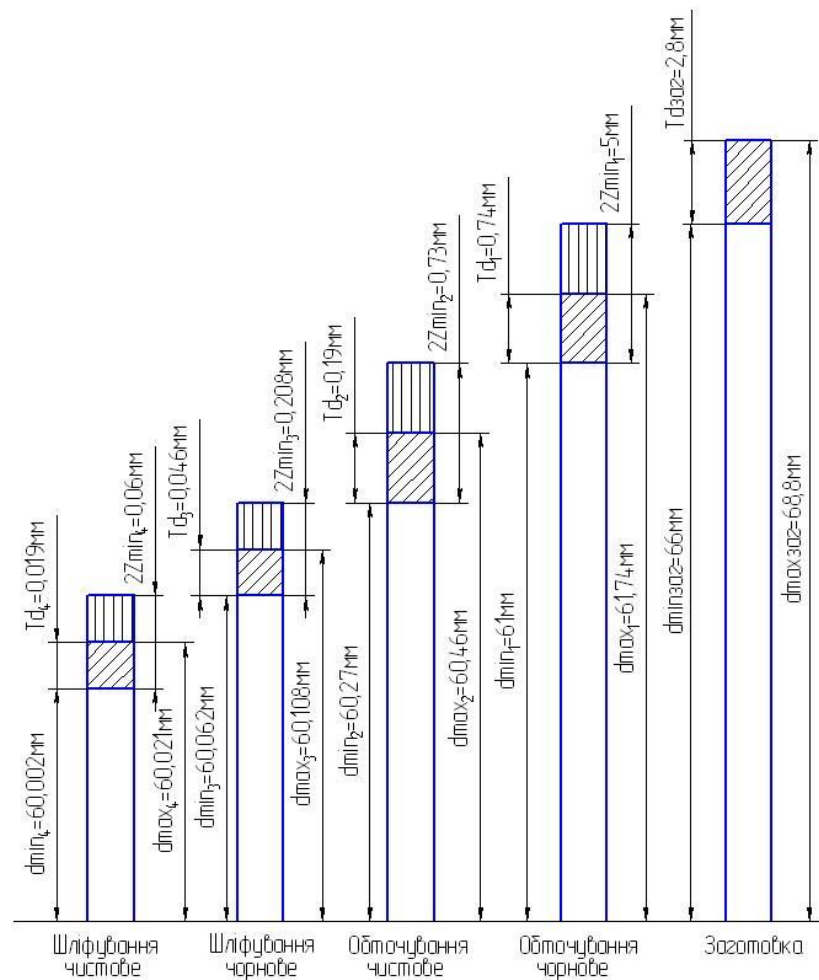


Рисунок 3.3 – Схема розміщення припусків і допусків на обробку поверхні $\varnothing 60k6$

3.6.2 Розрахунок міжопераційних лінійних розмірів

Формується таблиця 3.7, яка регламентує послідовність механічної обробки торцевих поверхонь, що безпосередньо входять до лінійних розмірних ланцюгів деталі. На основі цього технологічного маршруту призначаються нормативні припуски на обробку кожного з наведених торців.

Таблиця 3.7 – Послідовність обробки торцевих поверхонь

№ пов.	Найменування переходів	Номинальний розмір	Шорсткість Ra	Точність JT	Допуск T	Припуск t	Позначення припуску Zi
1	2	3	4	5	6	7	8
1,15	Заготовка	501	25		4,5		
1	Підрізування	496,5	3,2	h12	0,63	4,5	Z ₁
15	Підрізування	492	3,2	h12	0,63	4,5	Z ₁₀
1,16	Заготовка	111	25		3,2		
1	Підрізування	106,5	3,2	JT14/ 2	0,6	4,5	Z ₁
16	Підрізування чорнове	109	12,5	JT14/ 2	0,6	2,5	Z ₂
16	Підрізування чистове	110	3,2	JT12/ 2	0,2	1	Z ₃
1,17	Заготовка	161	25		3,2		
1	Підрізування	156,5	3,2	JT14/ 2	1	4,5	Z ₁
17	Підрізування чорнове	159	12,5	JT14/ 2	1	2,5	Z ₄
17	Підрізування чистове	160	3,2	JT12/ 2	0,4	1	Z ₅
17,1 8	Заготовка	11	25		2,5		
17	Підрізування чорнове	8,5	12,5	h14	0,3	2,5	Z ₇
18	Підрізування чорнове	6	12,5	h14	0,3	2,5	Z ₄
17	Підрізування чистове	5	3,2	h12	0,12	1	Z ₆
18	Підрізування чистове	4	3,2	h12	0,12	1	Z ₅
15,1 9	Заготовка	151	25		3,2		
15	Підрізування	146,5	3,2	JT14/ 2	1	4,5	Z ₁₅
19	Підрізування чорнове	149	12,5	JT14/ 2	1	2,5	Z ₉
19	Підрізування чистове	150	3,2	JT12/ 2	0,4	1	Z ₈

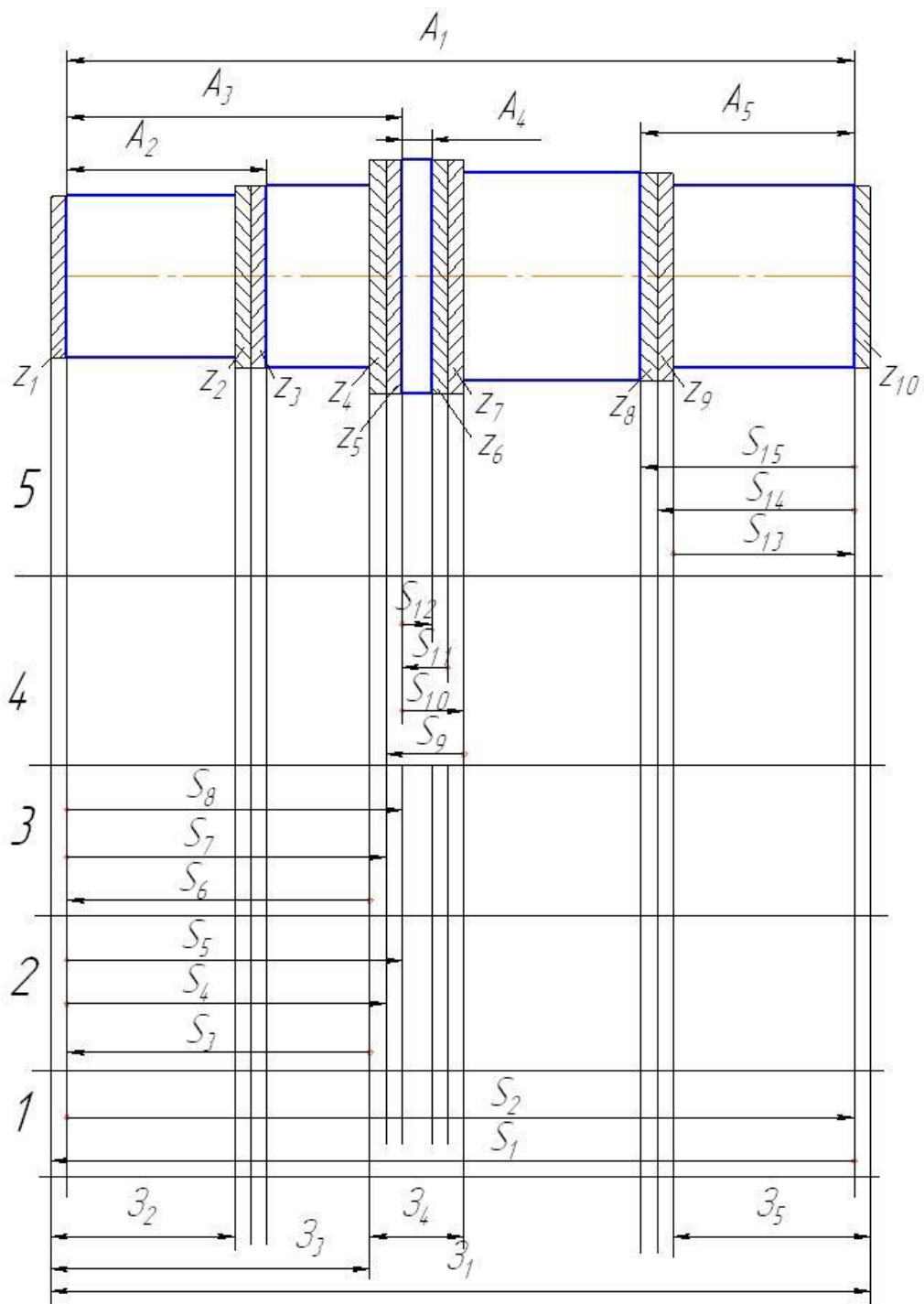
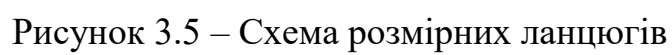


Рисунок 3.4 – Схема деталі з припусками на торцеві поверхні

					КНУ.КБР.131.26.5-01.03.ПТП	Ар-
Змі	Ар-	№ Докуме-	Підпис	Да-		



КНУ.КБР.131.26.5-01.03.ПТП

Змі Ар-
№ Докуме-
Підпис
Да-
КНУ.КБР.131.26.5-01.03.ПТТ
Ар-
ку

Таблиця 3.8 – Розрахунок розмірних ланцюгів

№ лан.	Рівняння розмірних ланцюгів	Вихідне значення	Номинальний технологічний розмір, мм	Допуск Т, мм	Технологічний розмір, мм	Уточнююче значення припуску, мм
1	2	3	4	5	6	7
1	$S_1=S_2+Z_{10}$	$S_2=A_1=492_{-0,63}$ $Z_{10}=4,5$	$S_1=492+4,5=$ $=496,5$	0,63	$S_1=496,5_{-0,63}$	$Z_{10} = S_1 - S_2 = 496,5_{-0,63} - 492_{-0,63} = 4,5 \pm 0,63$
2	$3_1=S_1+Z_1$	$S_1=496,5_{-0,63}$ $Z_1=4,5$	$3_1=496,5+4,5=$ $=501$	$4,5\left(\begin{smallmatrix} +3 \\ -1,5 \end{smallmatrix}\right)$	$3_1=501_{-1,5}^{+3}$	$Z_1 = 501_{-1,5}^{+3} - 496,5_{-0,63} = 4,5_{-1,5}^{+3,63}$
3	$S_4=S_5-Z_3$	$S_5=A_2=$ $=110\pm0,1$ $Z_3=1$	$S_4=110-1=109$	$0,2\pm0,1$	$S_4=109\pm0,1$	$Z_3 = 110\pm0,1 - 109\pm0,1 = 1_{-0,2}^{+0,2}$
4	$S_3=S_4-Z_2$	$S_4=109\pm0,1$ $Z_2=2,5$	$S_3=109-2,5=$ $=106,5$	$0,6\pm0,3$	$S_3=106,5\pm0,3$	$Z_2 = 109\pm0,1 - 106,5\pm0,3 = 2,5\pm0,4$
5	$3_2=S_3+Z_1$	$S_3=106,5\pm0,3$ $Z_1=4,5$	$3_2=106,5+4,5=$ $=111$	$3,2\left(\begin{smallmatrix} +2,1 \\ -1,1 \end{smallmatrix}\right)$	$3_2=111_{-1,1}^{+2,1}$	$Z_1 = 111_{-1,1}^{+2,1} - 106,5\pm0,3 = 4,5_{-1,4}^{+2,4}$
6	$S_7=S_8-Z_5$	$S_8=A_3=$ $=160\pm0,2$ $Z_5=1$	$S_7=160-1=159$	$0,4\pm0,2$	$S_7=159\pm0,2$	$Z_5 = 160\pm0,2 - 159\pm0,2 = 1\pm0,2$
7	$S_6=S_7-Z_4$	$S_7=159\pm0,2$ $Z_4=2,5$	$S_6=159-2,5=$ $=156,5$	$1(\pm0,5)$	$S_6=156,5\pm0,5$	$Z_4 = 159\pm0,2 - 156,5\pm0,5 = 2,5\pm0,7$
8	$3_3=S_6+Z_1$	$S_6=156,5\pm0,5$ $Z_1=4,5$	$3_3=156,5+4,5=$ $=161$	$3,2\left(\begin{smallmatrix} +2,1 \\ -1,1 \end{smallmatrix}\right)$	$3_3=161_{-1,1}^{+2,1}$	$Z_1 = 161_{-1,1}^{+2,1} - 156,5\pm0,5 = 4,5_{-1,6}^{+2,6}$
9	$S_{11}=S_{12}+Z_6$	$S_{12}=A_4=4_{-0,12}$ $Z_6=1$	$S_{11}=4+1=5$	0,12	$S_{11}=5_{-0,12}$	$Z_6 = 5_{-0,12} - 4_{-0,12} = 1\pm0,12$

3mi	Ap-	№	Докуме-	Плѣнuc	Дa-	КНУ.КБР.131.26.5-01.03.ПТТТ Ap- кy

1	2	3	4	5	6	7
11	$S_9=S_{10}+Z_7$	$S_3=6_{-0,3}$ $Z_7=2,5$	$S_9=6+2,5=8,5$	0,3	$S_9=8,5_{-0,3}$	$Z_7=8,5_{-0,3}-6_{-0,3}=2,5\pm0,3$
12	$3_4=S_9+Z_4$	$S_9=8,5$ $Z_4=2,5$	$3_4=8,5+2,5=11$	$2,5(^{+1,6}_{-0,9})$	$3_4=11^{+1,6}_{-0,9}$	$Z_4=11^{+1,6}_{-0,9}-8,5_{-0,3}=2,5^{+1,9}_{-0,9}$
13	$S_{14}=S_{15}-Z_8$	$S_{15}=A_5=150$ $\pm0,2$ $Z_8=1$	$S_{14}=150-1=149$	$0,4\pm0,2$	$S_{14}=149\pm0,2$	$Z_8=150\pm0,2-149\pm0,2=1\pm0,4$
14	$S_{13}=S_{14}-Z_9$	$S_{14}=149\pm0,2$ $Z_9=2,5$	$S_{13}=149-2,5=$ $=146,5$	$1\pm0,5$	$S_{13}=146,5\pm0,5$	$Z_9=149\pm0,2-146,5\pm0,5=2,5\pm0,7$
15	$3_5=S_{13}+Z_{10}$	$S_{13}=$ $=146,5\pm0,5$ $Z_{10}=4,5$	$3_5=146,5+4,5=$ $=151$	$3,2(^{+2,1}_{-1,1})$	$3_5=151^{+2,1}_{-1,1}$	$Z_{10}=151^{+2,1}_{-1,1}-146,5\pm0,5=4,5^{+2,6}_{-1,6}$

3.6.3 Вибір міжопераційних розмірів і припусків на обробку

Таблиця 3.9 – Міжопераційні розміри з допусками

Поверхня		Найменування переходу	Шорсткість Ra	Точність IT	Допуск T, мм	Припуск 2t, мм	Міжопераційний розмір з допуском
1		2	3	4	5	6	7
3	Ø53e8	Заготовка	25	h17	2,8	7	Ø 60 ^{+1,8} ₋₁
		Обточування чорнове	12,5	h14	0,74	4,5	Ø 55,5 _{-0,74}
		Обточування чистове	3,2	h11	0,19	2	Ø 53,5 _{-0,19}
		Шліфування	1,6	e8	0,046	0,5	Ø 53 _{-0,060} Ø 53 _{-0,106}
4	Ø60h8	Заготовка	25	h17	2,8	7	Ø 67 ^{+1,8} ₋₁
		Обточування чорнове	12,5	h14	0,74	4,5	Ø 62,5 _{-0,74}
		Обточування чистове	3,2	h11	0,19	2	Ø 60,5 _{-0,19}
		Шліфування	0,8	h8	0,046	0,5	Ø 60 _{-0,046}
5	Ø80h12	Заготовка	25	h17	2,8	6,5	Ø 86,5 ^{+1,8} ₋₁
		Обточування чорнове	12,5	h14	0,74	4,5	Ø 82 _{-0,74}
		Обточування чистове	3,2	h12	0,3	2	Ø 80 _{-0,3}
6	Ø70js6	Заготовка	25	h17	2,8	7	Ø 77 ^{+1,8} ₋₁
		Обточування чорнове	12,5	h14	0,74	4,5	Ø 72,5 _{-0,74}
		Обточування чистове	3,2	h11	0,19	2	Ø 70,5 _{-0,19}
		Шліфування чорнове	1,6	h8	0,046	0,4	Ø 70,1 _{-0,046}
		Шліфування чистове	0,8	js6	0,019	0,1	Ø 70 ± 0,0095
11	Ø60p6	Заготовка	25	h17	2,8	7	Ø 67 ^{+1,8} ₋₁
		Обточування чорнове	12,5	h14	0,74	4,5	Ø 62,5 _{-0,74}
		Обточування чистове	3,2	h11	0,19	2	Ø 60,5 _{-0,19}
		Шліфування чорнове	1,6	h8	0,046	0,4	Ø 60,1 _{-0,046}
		Шліфування чистове	0,8	p6	0,019	0,1	Ø 60 ^{+0,051} _{+0,032}

Продовження таблиці 3.9

1		2	3	4	5	6	7
7	M70x1, 5	Заготовка	25	h17	2,8	7	$\varnothing 77^{+1,8}_{-1}$
		Обточування чорнове	12,5	h14	0,74	4,5	$\varnothing 72,5_{-0,74}$
		Обточування чистове	3,2	h10	0,12	2,69	$\varnothing 69,81_{-0,12}$
		Нарізання різьби	3,2	-	-	0,19	M70x1,5
14	M60x1, 5	Заготовка	25	h17	2,8	7	$\varnothing 67^{+1,8}_{-1}$
		Обточування чорнове	12,5	h14	0,74	4,5	$\varnothing 62,5_{-0,74}$
		Обточування чистове	3,2	h10	0,12	2,69	$\varnothing 59,81_{-0,12}$
		Нарізання різьби	3,2	-	-	0,19	M60x1,5
2	$\varnothing 52,5$	Обточування чорнове	12,5	h14	0,74	4,5	$\varnothing 55,5_{-0,74}$
		Обточування чистове	3,2	-	0,15	3	$\varnothing 52,5_{-0,30}^{-0,15}$
8	$\varnothing 65h12$	Обточування чорнове	12,5	h14	0,74	10	$\varnothing 67_{-0,74}$
		Обточування чистове	3,2	h12	0,3	2	$\varnothing 65_{-0,3}$
9	$\varnothing 67,5p$ 6	Обточування чорнове	12,5	h14	0,74	7	$\varnothing 70_{-0,74}$
		Обточування чистове	3,2	h11	0,19	2	$\varnothing 68_{-0,19}$
		Шліфування чорнове	1,6	h8	0,046	0,4	$\varnothing 67,6_{-0,046}$
		Шліфування чистове	0,8	p6	0,019	0,1	$\varnothing 67,5_{+0,032}^{+0,051}$
10	$\varnothing 67,5h$ 12	Обточування чорнове	12,5	h14	0,74	7	$\varnothing 70_{-0,74}$
		Обточування чистове	3,2	h12	0,3	2,5	$\varnothing 67,5_{-0,3}$
12	$\varnothing 59h12$	Обточування чорнове	12,5	h14	0,74	6	$\varnothing 61_{-0,74}$
		Обточування чистове	3,2	h12	0,3	2	$\varnothing 59_{-0,3}$

3.7 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій

Проводиться аналітичний розрахунок режимів різання для фрезерної операції, що реалізується на вертикально-фрезерному верстаті моделі 6A56. Для виконання обробки вал позиціонується та фіксується у спеціалізованому пневматичному пристрої, змонтованому на столі верстата.

У межах цієї технологічної операції передбачено послідовне фрезерування шести пазів, кожен з яких має ширину 6 мм та довжину 27,5 мм. Обробка ведеться на глибину 2,2 мм і здійснюється за один робочий прохід на кожен паз. Графічне представлення схеми базування, закріплення та траєкторії руху інструменту наведено на операційному ескізі (рисунок 3.6).

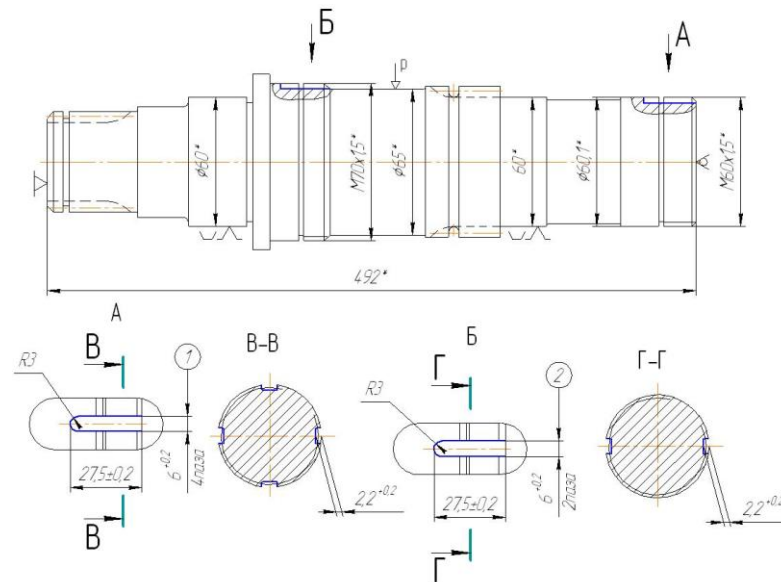


Рисунок 3.6 – Ескіз до фрезерної операції

Вибираємо ріжучий інструмент – фрезу кінцеву із швидкорізальної сталі Р6М5 діаметром 6мм, кількість зубів 4 по ДСТУГОСТ 17025-71.

Призначаємо режими різання.

Фрезерування здійснюємо за один прохід, припуск $h=2,2\text{мм}$, шорсткість $Ra6,3$.

Глибина різання $t = h = 2,2\text{мм}$

Стійкість інструмента $T = 60\text{хв}$

по [2,с.290,т.40]

Подача на зуб $S_z = 0,03\text{мм/зуб}$

по [2,с.284,т.35]

Швидкість різання $V = \frac{C_v D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v, \text{м/хв}$ (3.35)

$C_v = 46,7; q = 0,45; x = 0,5; y = 0,5; u = 0,1; p = 0,1; m = 0,33$ [2,с.286,т.39]

$K_v = K_{M_v} \cdot K_{n_v} \cdot K_{u_v}$ (3.36)

$K_{M_v} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_b} \right)^{n_v}$ [2,с.262,т.2]

$K_{M_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{1130} \right)^1 = 0,66$

$K_{n_v} = 1$ [2,с.263,т.5] $K_{u_v} = 1$ [2,с.263,т.6]

$V = \frac{46,7 \cdot 6^{0,45} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,66}{60^{0,33} \cdot 2,2^{0,5} \cdot 0,03^{0,5} \cdot 6^{0,1} \cdot 4^{0,1}} = 15,4\text{м/хв}$

Частота обертання фрези $n = \frac{1000V}{\pi D}, \text{об/хв}$ (3.37)

$n_1 = \frac{1000 \cdot 15,4}{3,14 \cdot 6} = 815\text{об/хв}$

За паспортом верстата $n_d = 500\text{об/хв}$

Фактична швидкість різання

					КНУ.КБР.131.26.5-01.03.ПТП	Ар-
Змі	Ар-	№ Докуме-	Підпис	Да-		

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n_o}{1000}, \text{ м / хв} \quad (3.38)$$

$$V_{o1} = \frac{3,14 \cdot 6 \cdot 800}{1000} = 15 \text{ м / хв}$$

Хвилинна подача $S_{xв} = Sz \cdot n_o \cdot Z, \text{ мм / хв}$ (3.39)

$$S_{xв1} = 0,03 \cdot 800 \cdot 4 = 96 \text{ мм / хв}$$

За паспортом верстата $S_{xв_o} = 100 \text{ мм / хв}$

Сила різання $P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} K_{mp}, \text{ Н}$ (3.40)

$C_p=68,2; x=0,86; y=0,72; u=1; q=0,86; w=0$ [2,с.291,т.41]

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_6}{750} \right)^n,$$

$$K_{mp} = \left(\frac{750}{1130} \right)^{0,3} = 0,88 \quad [2,с.264,т.9]$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 2,2^{0,86} \cdot 0,03^{0,72} \cdot 6^1 \cdot 4}{6^{0,86} \cdot 800^0} \cdot 0,88 = 490 \text{ Н}$$

Обертальний момент на шпинделі $M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100}, \text{ Н} \cdot \text{м}$ (3.41)

$$M_{кр1} = \frac{490 \cdot 6}{2 \cdot 100} = 14,7 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Потужність різання $N_p = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт}$ (3.42)

$$N_{p1} = \frac{490 \cdot 15}{1020 \cdot 60} = 0,12 \text{ кВт}$$

Потужність на шпинделі верстата 6А56 $N_{шп} = N_{об} \cdot \eta, \text{ кВт}$ (3.43)

$N_{дв}=22 \text{ кВт}$

$\eta=0,85$

$$N_{шп} = 22 \cdot 0,85 = 18,7 \text{ кВт}$$

Для можливості обробки на верстаті потрібно, щоб $N_p < N_{шп}$. В нашому випадку умову витримано.

$$N_p = 0,12 \text{ кВт} < N_{шп} = 18,7 \text{ кВт}$$

На інші операції і переходи режими різання призначаємо табличним методом по довідниках [6], [7] і зводимо до таблиці 3.10.

Виконуємо технічне нормування фрезерної операції для обробки пазів закритого з одного боку

Основний час на операцію $T_o = \frac{L + (0,5 \div 2)}{S_{xв}}$ (3.44)

					КНУ.КБР.131.26.5-01.03.ПТП	Ар-
Змі	Ар-	№ Докуме-	Підпис	Да-		

$$T_O = \frac{27,5+2}{100} = 0,3хв$$

Для 6 пазів

$$T_O = 0,3 \cdot 6 = 1,8хв$$

Допоміжний час

$$T_{\partial} = T_{\partial 1} + T_{\partial 2}, хв$$

(3.47)

$$T_{\partial} = 1,2 + 4,2 = 5,4хв$$

Оперативний час

$$T_{On} = T_O + T_{\partial}, хв$$

(3.48)

$$T_{On} = 1,8 + 5,4 = 7,2хв$$

Додатковий час

$$T_{\partial o \partial} = T_{вi \partial n} + T_{обсл.}, хв$$

(3.49)

$$T_{вi \partial n} = 0,06 \cdot T_{On} = 0,06 \cdot 7,2 = 0,43хв$$

$$T_{обсл} = 0,03 \cdot T_{On} = 0,03 \cdot 7,2 = 0,22хв$$

$$T_{\partial o \partial} = 0,43 + 0,22 = 0,65хв$$

Штучний час

$$T_{шт} = T_{On} + T_{\partial o \partial}, хв$$

(3.50)

$$T_{шт} = 7,2 + 0,65 = 7,85хв$$

Штучно калькуляційний час

$$T_{штк} = \frac{T_{nз}}{n} + T_{шт}, хв$$

(3.51)

$$T_{штк} = \frac{24}{100} + 7,85 = 8,09хв$$

На інші операції розраховуємо тільки основний час, а інші складові Тшк вибираємо табличним методом по довідниках [6], [7] і зводимо до таблиці 3.10.

Ескізи операцій до таблиці 3.10 виконуємо на рисунках 3.7-3.15.

					КНУ.КБР.131.26.5-01.03.ПТП	Ар-
Змі	Ар-	№ Докуме-	Підпис	Да-		

Продовження таблиці 3.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
010	1. Токарна 2. KNUTH V-Turn 410 3. Переходи										Σ 11,0 7	10,9 6	22,0 3	2,2	24,23	24,2 3	20
	Установ А 1.Обточити поверхню 1	Див. рисунок 3.8	Різець 2112-0061 VK8 ДСТУ-ГОСТ 18880-73 Різець 2101-0057 VK8 ДСТУ-ГОСТ 18879-73 ШЦ-П-250-0,-1 ДСТУ-ГОСТ166 ШГ-250-0,1-1 ДСТУ-ГОСТ162	ø55	109	2,25	0,3 5	35	200	1	1,64						
	2.Підрізати торець 14			Ø62,5	3,5	2,5	0,2 5	40	200	1	0,18						
	3.Обточити поверхню 2			ø62,5	50	2,25	0,3 5	40	200	1	0,8						
	4.Підрізати торець 13			Ø82	9,8	2,5	0,2 5	52	200	1	0,32						
	5.Обточити поверхню 3			Ø82	8,5	2,25	0,3 5	52	200	1	0,2						
	Установ Б 6.Обточити поверхню 7 9			Ø62,5	149	2,25	0,3 5	40	200	1	2,21						
	7.Підрізати торець 10			Ø70	3,8	2,5	0,2 5	44	200	1	0,18						
	8.Обточити поверхню 8			Ø61	64,5	0,75	0,3 5	38	200	1	1						
	9.Обточити поверхню 6			Ø70	52	3,5	0,3 5	44	200	1	0,83						

					КНУ.КБР.131.26.5-01.03.ПТТТ	Ар- ку
Змі	Ар-	№ Докумен-	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
5. Обточити поверхню 9 6. Обточити поверхню 8 7. Обточити поверхню 7 8. Обточити поверхню 6 9. Підрізати торець 11 10. Обточити поверхню 5 11. Обточити поверхню 4 12. Обточити поверхню 3 13. Обточити поверхню 2	Див. рисунок 3.10	Різці канавкові спеціальні Різець 2660-0005 Т15К6 ДСТУ-ГОСТ 18885-73 Кільце 8211-0183 8211-0209 ДСТУ-ГОСТ 17763-72	Ø59,8	17,5	1,3	0,2	60	315	1	0,37							
			Ø60,4	31	1	0,2	60	315	1	0,59							
			Ø59	66,5	1	0,2	60	315	1	1,13							
			Ø60,5	35	1	0,2	60	315	1	0,65							
			Ø67,5	3,5	1	0,2	67	315	1	0,13							
			Ø67,5	30	1,25	0,2	67	315	1	0,57							
			Ø68	20	1	0,2	67	315	1	0,41							
			Ø65	93,5	1	0,2	64	315	1	1,56							
			Ø69,8	17,5	1,35	0,2	70	315	1	0,37							
14. Обточити поверхню 1			Ø70,5	17	15	0,2	70	315	1	0,37							

Змі	Ар-	№ Докумен-	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.5-01.03.ПТП														Ар- ку
Продовження таблиці 3.10																			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
030	1.Зубофрезерна 2. 53A30 3. Переходи	Див. рисунок 3.12	Фрези червячні спеціаль- ніМікро- метр МЗ Н50 ДСТУ- ГОСТ 6507-90								Σ 44,5	7,48	51,9	4,67	56,65	56,9	25		
	Установ А 1. Фрезерувати зуб'я 1 начорно			Ø67,5	26	3,5	2	22	63	1	10,52								
	2. Фрезерувати зуб'я 1 начисто			Ø67,5	26	0,25	0,8	50	160	1	10,36								
	Установ Б 3. Фрезерувати зуб'я 2 начорно			Ø52,5	50	3,5	2	22	63	1	11,9								
	4. Фрезерувати зуб'я 2 начисто			Ø52,5	50	0,25	0,8	50	160	1	11,72								
035	1. Свердлильна з ЧПК 2. 2P135Ф2 3. Переходи	Див. рисунок 3.13	Свердло 2300-2161 ДСТУ- ГОСТ886 Свердло 2300-6971 ДСТУ- ГОСТ886 Зенківка 2353-0107 ДСТУГОСТ 14953 Калібри- пробки 8133-0910 8133-0913								Σ 2,21	4,81	7,02	0,74	7,76	7,91	15		
	Обробити за програмою: 1. Свердли отвір 1			Ø4,9	4,5	2,45	0,1	12	800	1	0,12								
	2. Зенкувати фаску в отворі 1			Ø10	1	0,1	0,1	15	500	1	0,06								
	3. Розгорнути отвір 1			Ø5	4,5	0,05	0,1	6,3	400	1	0,23								
	4. Свердли 4 отвори 2			Ø5,9	6	2,95	0,1	15	800	1	0,56								

Продовження таблиці 3.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	5. Зенкувати фаску в отворі 2		Розгортка 2363-0061 ДСТУ-ГОСТ1672	Ø10	1	0,1	0,1	15	500	1	0,24						
	6. Розгорнути отвір 2			Ø6	6	0,05	0,1	7,5	400	1	1						
040	1. Фрезерна 2. 6A56 3. Переходи	Див. рис. 3.14	Фреза 2220-0007 ДСТУ-ГОСТ 17025 ШЦ-I-125 ДСТУ-ГОСТ166								Σ 1,18	5,4	7,2	0,65	7,85	8,09	24
	1. Фрезерувати 2 пази 1			6	27,5	2,2	0,12	15	800	1	0,6						
	2. Фрезерувати 4 пази			6	27,5	2,2	0,12	15	800	1	1,2						
045	1.Круглошліфув альна 2. 3У142 3. Переходи	Див. рисунок 3.15	Круг 600x50 x203 ГОСТ2424 Мікрометр MP-75 ДСТУ-ГОСТ 4381-87								Σ 3,23	1,5	4,73	0,43	5,16	5,32	16
	1. Шліфувати поверхню 1			Ø70	17	-	0,01	20	90	-	0,87						
	2. Шліфувати поверхню 2			Ø67,5	20	-	0,01	20	95	-	0,84						
	3. Шліфувати поверхню 3			Ø60	35	-	0,01	20	105	-	0,76						
	4. Шліфувати поверхню 4			Ø60	31	-	0,01	20	105	-	0,76						

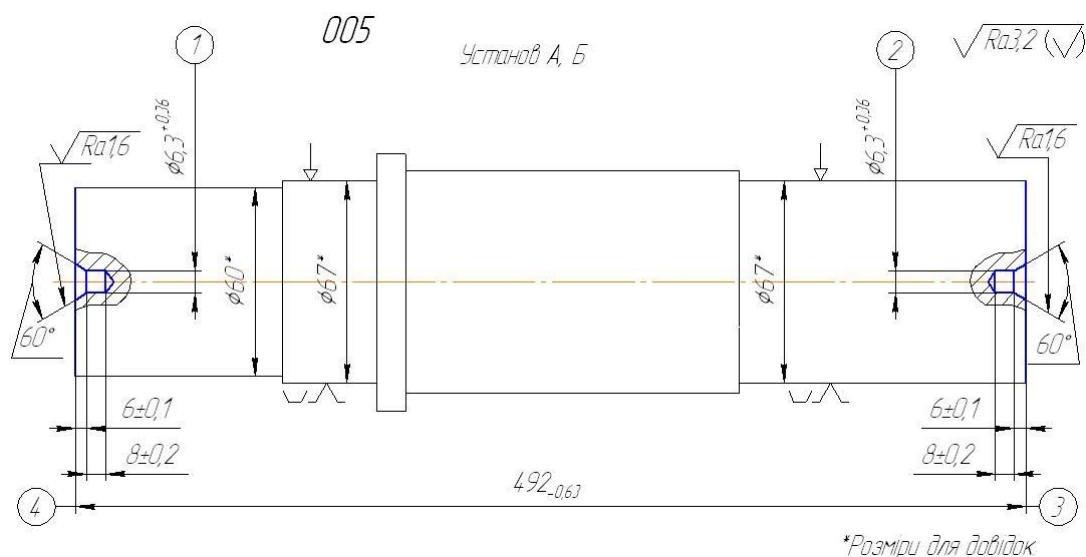


Рисунок 3.7 – Ескіз до операції 005

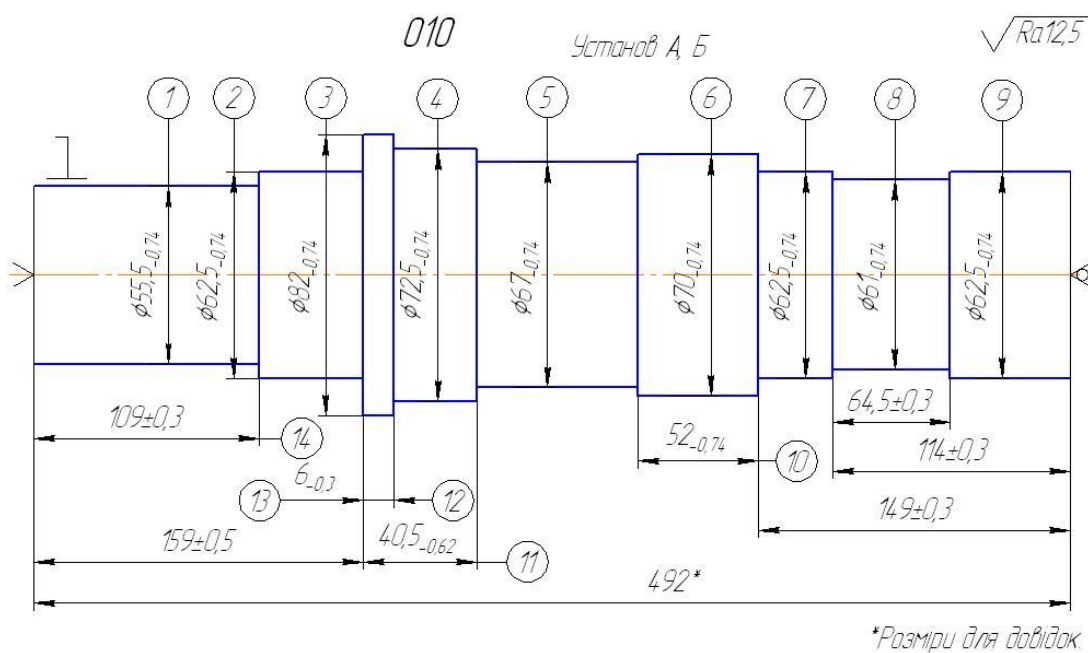


Рисунок 3.8 – Ескіз до операції 010

					КНУ.КБР.131.26.5-01.03.ПТП	Ар-
Змі	Ар-	№ Докуме-	Підпис	Да-		

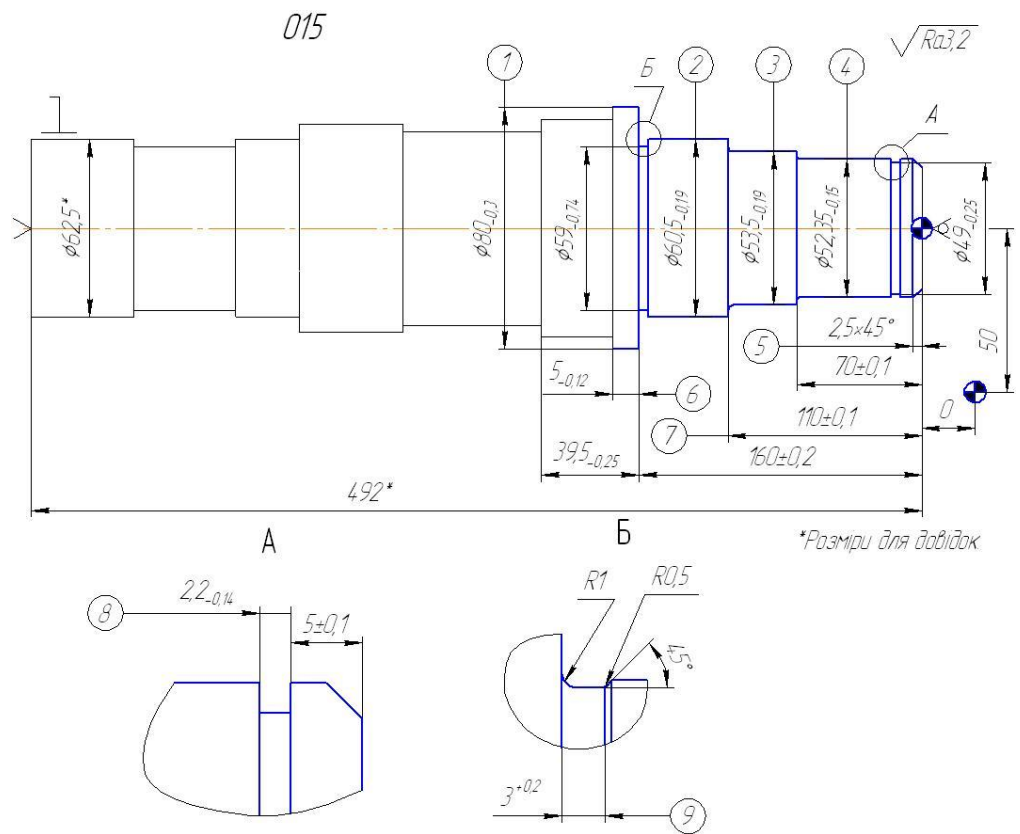


Рисунок 3.9 – Ескіз до операції 015

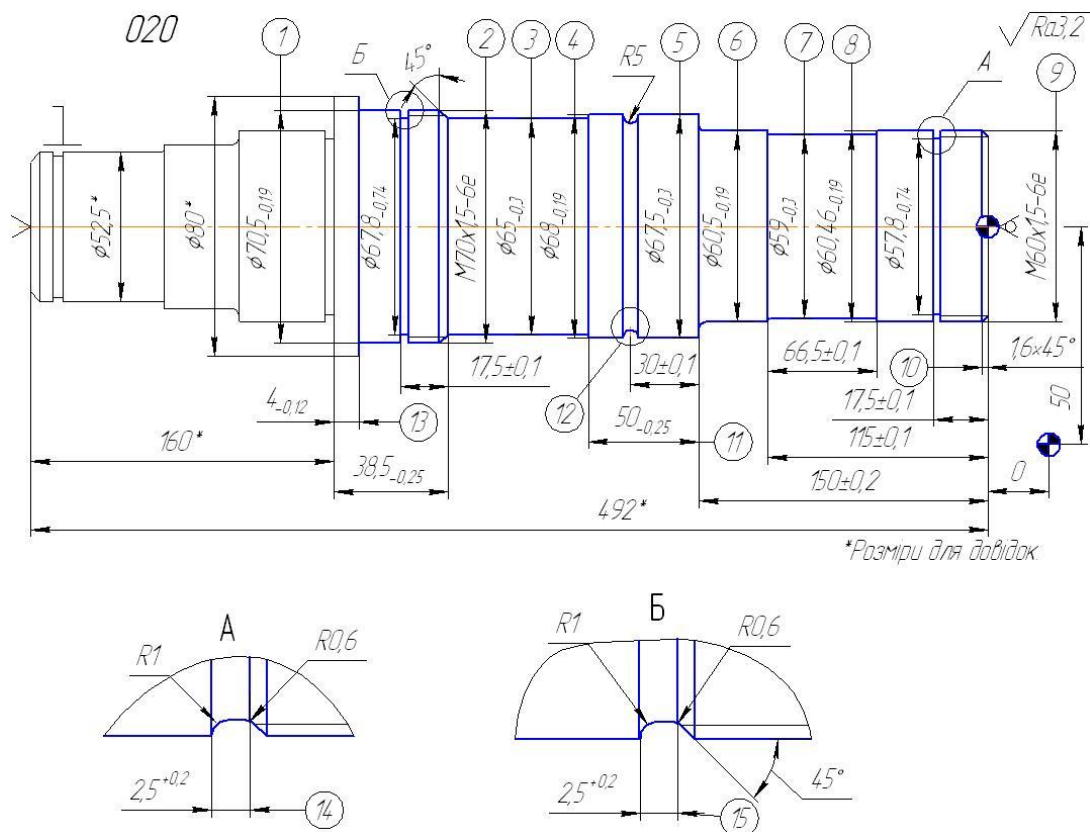


Рисунок 3.10 – Ескіз до операції 020

Змі	Ар-	№ Докуме-	Підпис	Да-	КНУ.КБР.131.26.5-01.03.ПТП	Ар-

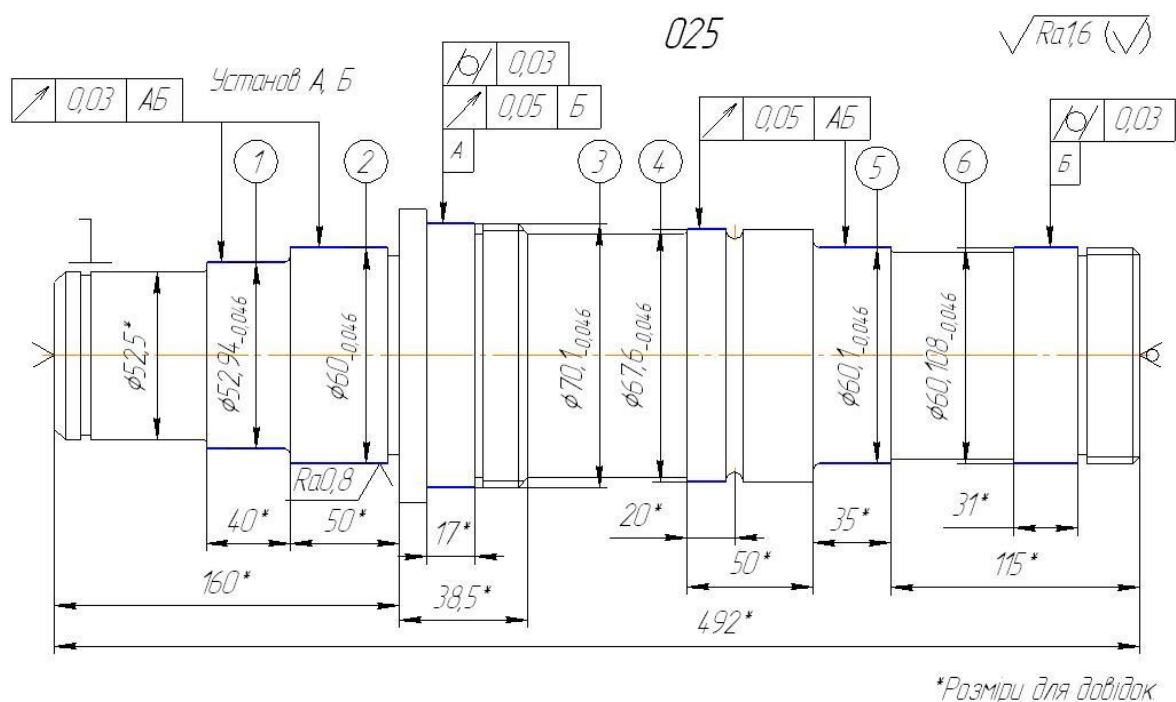


Рисунок 3.11 – Ескіз до операції 025

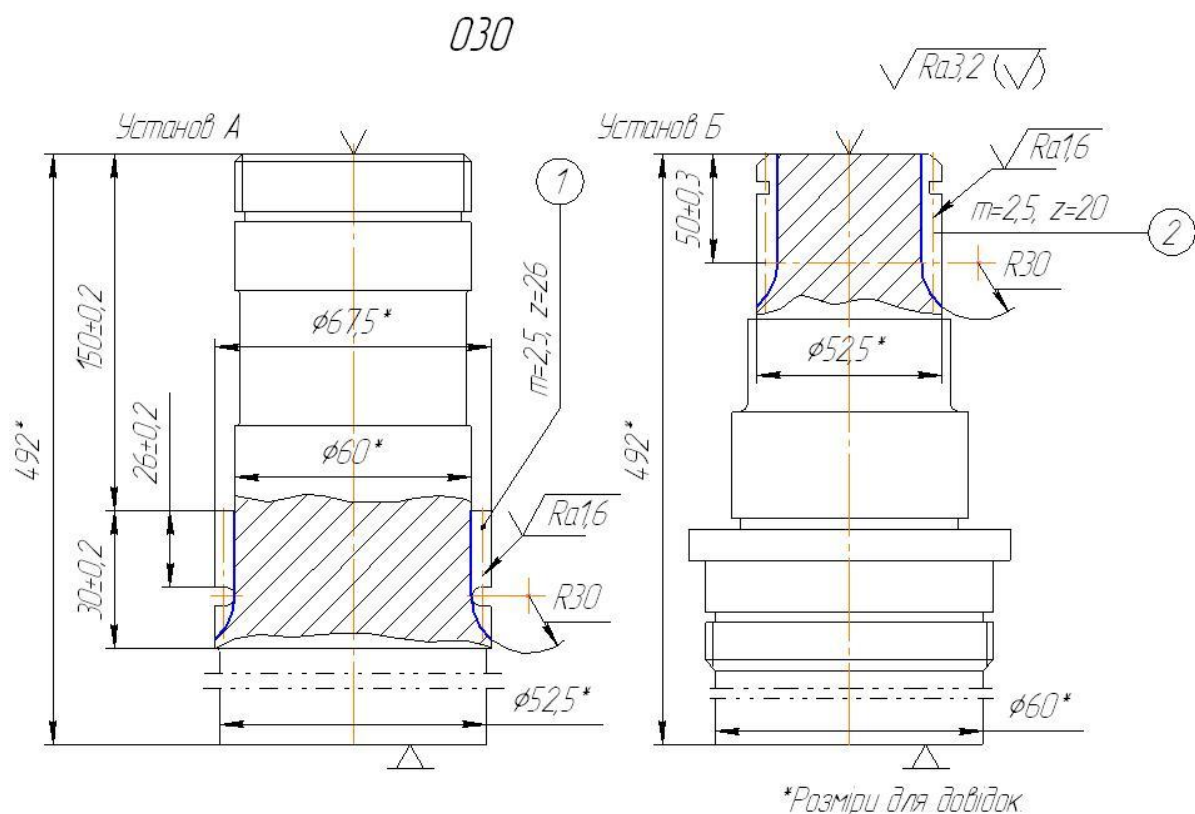


Рисунок 3.12 – Ескіз до операції 030

Змі	Ар-	№ Докуме-	Підпис	Да-	КНУ.КБР.131.26.5-01.03.ПТП	Ар-
-----	-----	-----------	--------	-----	----------------------------	-----

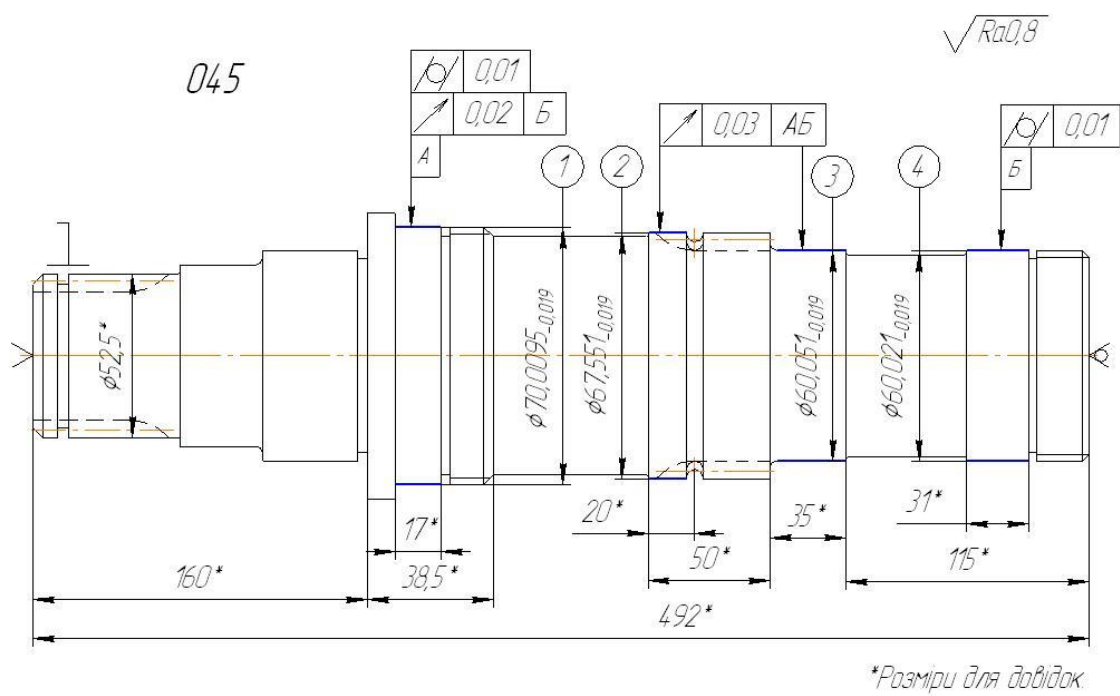


Рисунок 3.15 – Ескіз до операції 045

					КНУ.КБР.131.26.5-01.03.ПТП	Ар-
Змі	Ар-	№ Докуме-	Підпис	Да-		

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВАРІАНТІВ МАРШРУТУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Проводиться розрахунок економічної ефективності від впровадження токарного верстата з ЧПК для обробки партії однотипних деталей порівняно з традиційним обладнанням. Переведення операцій чистової механічної обробки з універсальних верстатів на автоматизовані комплекси з ЧПК вважається інженерно та фінансово виправданим лише за умови досягнення позитивного економічного ефекту, що забезпечує повну самоокупність інвестицій упродовж 3–4 років.

Нижче наведено вихідні дані, які використовуються для розрахунку та порівняльного аналізу економічної ефективності:

Базовий варіант: Токарно-гвинторізний верстат універсальної групи моделі 16K20.

Новий (проектний) варіант: Сучасний токарний верстат з ЧПК моделі Haas ST-15

Таблиця 4.1 – Вихідні дані розрахунку

Дані					Базовий варіант	Новий варіант
1					2	3
По деталях-представниках						
Річний обсяг випуску деталей, шт					1000	1000
Кількість запусків, шт					12	12
Тривалість випуску деталей, років					3	3
Штучний час обробки деталі, $t_{шт}$, хв					15,2	11,86
Час налагодження верстата, хв					80	60
Розряд:						
Контролера					4	4
Верстатника					4	5
Наладчика налагодження інструменту					-	4
Кількість кадрів програми, шт					-	40
Вартість заготовки $S_{заг}$, грн					16,27	16,27
Вартість комплекту спец. пристосування, грн					-	-
Оптова ціна на прокат одного УСП, $C_{усп}$, грн					-	-
Середній час налагодження за прибором одного інструмента поза верстатом, хв.					-	4
Середній період стійкості інструмента, хв					-	60

					КНУ.КБР.131.26.5-01.04.ТЕО		
Змі	Ап-	№ Локвме-	Підпис	Ла-			
Розроб	Соловійов						
Перевір	Пивінда				Техніко-економічне обґрунтування		
Н контр	Нечаєв						
Затверд	Рязанцев						
					Лім	Апк	Апквміів
					Кафедра ТМ		
					зв ЗГМ-22		

1	2	3
Середня кількість граней пластини, шт	-	4
Коефіцієнт, що враховує питому вагу основного часу в штучному, K_m	-	0,7
Вартість одного кадру ПК, грн	-	1,29
Вартість розробки ПК, грн	-	51,6
Погодинна зарплата, грн		
Верстатника $H_{ст}$	12,5	13,7
Наладчика $H_{нал}$	11,5	12,5
Наладчика - налагоджувальника інструмента $H_{ін}$	-	11,5
Контролера H_k	11,5	11,5
По верстатах		
Клас точності верстата	Н	П
Маса верстата, т	3,2	4
Габарити верстата(довжина x ширина),м	2,8x1,19	3,36x1,71
Габарити верстата з ЧПК,м	-	1,19x0,49
Тип пристрою ЧПК	-	H22-1M
Термін служби верстата до капітального ремонту $T_{рц}$, років	9	10
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	11	11
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:		
- механічної частини R_m	12	11
- електротехнічної частини R_e	9	10
Кількість верстатів, що обслуговує один робочий d, шт	1	2
Оптова ціна верстата, грн	70000	260000
Коефіцієнт завантаження верстата η_z	0,85	0,85
Площа верстата за габаритами A , м ²	3,33	5,75
Площа пристрою ЧПК A_y , м ²	-	0,58
Витрати на одиницю ЕРС верстата, грн.		
- механічної частини H_m	27,6	28,9
- електротехнічної частини H_e	7,9	7,7
Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК Q , грн	-	860
Коефіцієнт, що враховує клас точності верстата μ	1	1,2

					КНУ.КБР.131.26.5-01.04.ТЕО	Ар-
Змі	Ар-	№ Докуме-	Підпис	Да-		

Продовження таблиці 4.1

1	2	3
Ефективний річний фонд часу роботи верстата, год.	4055	3935
Коефіцієнт, що враховує додаткову площу верстата	4,5	4
По виробничих та інших площах		
Вартість 1 м ² площі механічної Ц _{пл.зд,кол}	5,95	5,95
Вартість 1 м ² площі, що займають службово-побутові приміщення Ц _{сл.поб.,кол}		
Площа службово-побутових приміщень, що приходяться на одного робочого А _б , м ²	6,25	6,25
Витрати на утримання та амортизаційні витрати на 1м ² цеху Н _{пл} , грн (10% від вартості) Для верстатів масою до 10т	7	7
А=0,053	0,053	0,053

[illegible]

[illegible]

Таблиця 4.5 – Результати розрахунку

Дані	Формула	Базовий варіант	Новий варіант
1	2	3	4
Приведені витрати З, грн.	$Z_1 = C_1 + E_n \cdot K_1$ $Z_2 = C_2 + E_n \cdot K_2$	$39933 + 0,15 \cdot 361675 =$ $= 94184$	$26207 + 0,15 \cdot 410736 =$ $= 87817$
Річний економічний ефект E_p , грн.	$E_p = Z_1 - Z_2$	$E_p = 94184 - 87817 = 6367 \text{ грн}$	
Термін окупності $T_{ок}$, років	$T_{ок} = \frac{K_2 - K_1}{C_1 - C_2}$	$T_{ок} = \frac{410736 - 361675}{39933 - 26207} = \frac{49061}{13726} = 3,5 \text{ років}$	

5 РОЗРОБКА ВЕРСТАТНО-ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО НАЛАГОДЖЕННЯ ТА РОЗРАХУНКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ ДЛЯ ОПЕРАЦІЇ НА ВЕРСТАТІ З ЧПК

Складаємо програму ЧПК для токарної операції (PROG 1). В операції виконується чистова обробка зовнішніх циліндричних поверхонь, торців, каналок.

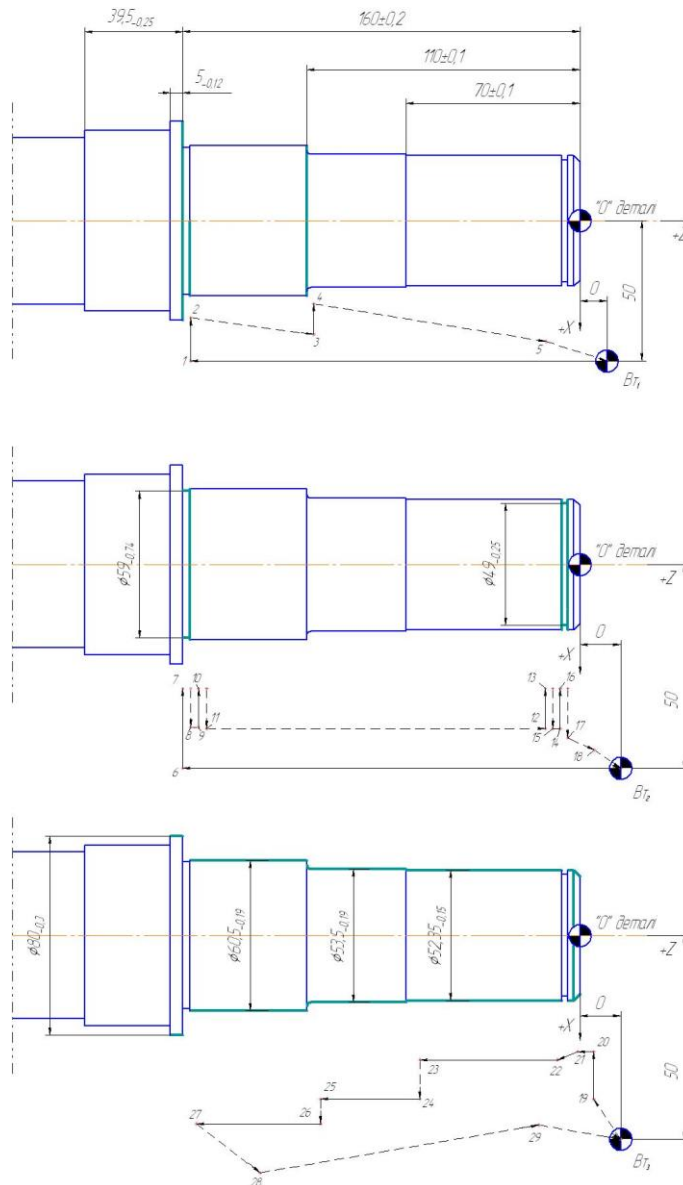


Рисунок 5.1 - Траєкторія руху ріжучих інструментів

В таблиці 5.2 вказуємо координати переміщення інструмента з режимами різання.

					КНУ.КБР.131.26.5-01.05.РВІН			
Змі	Ар-	№ Докумен-	Підпис	Да-	Розробка верстат- НО- інструментального			
Розроб.	Соловійов							
Перевір.	Пивінда				Літ. Арк. Архившів Кафедра ТМ зп зПМ-22			
Н. контр.	Нечаєв							
Затверд.	Рязанцев							

Таблиця 5.1 – Карта налагодження інструмента

Інструмент	Початкове положення	
	X	Z
Різець прохідний упорний 2101-0057 T15K6 ДСТУГОСТ 18879-73	50	0
Різець канавковий	50	0

Таблиця 5.2 – Координати траєкторії руху інструмента

№ інстр.	Інструмент	Обробка	Номер точки	Координати переміщення		Режими різання			
				X=0	Z	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	η, об/хв
T1	Різець прохідний упорний 2101-0057 T15K6 ГОСТ 18879-73	Обробка чистова	0	100	0				315
			1	85	-159,5				315
			2	62,9	-159,5	0,5	0,2	80	315
			3	65	-109,7				315
			4	55,9	-109,7	0,5	0,2	60	315
			5	80	0				315
T2	Різець канавковий спеціальний	Обробка чистова	6	85	-160				150
			7	59	-160	0,5	0,1	80	150
			8	63	-160	0,5	0,5	80	150
			9	63	-159		0,5	80	150
			10	59	-159	1,75	0,1	58	150
			11	64	-159		0,5	58	150
			12	64	-7,2				150
			13	48,9	-7,2	1,75	0,1	49	150
			14	56	-7,2		0,5	49	150
			15	56	-7		0,5	49	150
			16	48,9	-7	1,75	0,1	49	150
			17	60	-7		0,5	49	150
			18	80	0				150
T3	Різець прохідний упорний 2101-0057 T15K6 ГОСТ 18879-73	Обробка чистова	19	70	0,5				315
			20	47,35	0,5	15	0,2	52	315
			21	47,35	0	15	0,2	52	315
			22	52,25	-2,5	15	0,2	52	315
			23	52,25	-70	15	0,2	52	315
			24	53,4	-70	1	0,2	53	315
			25	53,4	-110	1	0,2	53	315
			26	60,4	-110	1	0,2	60	315
			27	60,4	-158	1	0,2	60	315
			28	64	-155		0,2	60	315
			29	80	0				315

(PROGR №1)

N1 T1

N2 M3 S315

N3 X85000 Z-159500 W

N4 F200 X62900

N5 X65000 Z-109700 W

N6 F200 X55900

N7 X80000 Z0 W

N8 M0

N9 T2

N10 M3 S150

N11 X85000 Z-160000 W

N12 F100 X59000

N13 F500 X63000

N14 Z-159000

N15 F100 X59000

N16 F500 X64000

N17 Z-7200 W

N18 X57000 W

N19 F100 X48900

N20 F500 X56000

N21 Z-7000

N22 F100 X48900

N23 F500 X60000

N24 X80000 Z0 W

N25 M0

N26 T1

N27 M3 S315

N28 X70000 Z500 W

N29 X56000

N30 F200 X47350

N31 Z0

N32 X52250 Z-2500

N33 Z-70000

N34 X53400

N35 Z-110000

N36 X60400

N37 Z-158000

N38 X64000 Z-155000

N39 X80000 Z0 W

N40 M30

					КНУ.КБР.131.26.5-01.05.РВІН	Ар-
Змі	Ар-	№ Докуме-	Підпис	Да-		

6 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ

6.1 Проектування верстатного пристосування

Для проектування верстатного пристрою вибираємо фрезерну операцію, в якій виконується фрезерування пазів на вертикально-фрезерному верстаті моделі 6A56.

6.1.1 Принцип роботи

Проектоване пневматичне пристосування призначене для одночасного позиціонування та надійної фіксації двох деталей безпосередньо на верстаті. Корпус пристрою монтується на робочому столі верстата, де орієнтується за допомогою двох напрямних шпонок і жорстко затискається чотирма болтами через спеціальні пази.

Конструктивні особливості пристрою

Основою оснащення є корпус (1), на якому нерухомо встановлено дві опорні призми (2). Саме на ці призми базуються оброблювані вали, які згодом притискаються робочим прихватом (3), розташованим на верхньому кінці рухомого штока (10).

У нижній частині корпусу інтегровано циліндричну порожнину пневмоциліндра. Усередині неї здійснює зворотно-поступальний рух (вгору–вниз) поршень (6), що жорстко з'єднаний із нижнім кінцем штока. Поршень виконує роль розділювача, утворюючи у пневмоциліндрі дві ізольовані робочі камери — верхню та нижню. Подача стисненого повітря до цих камер реалізується через систему вкручених штуцерів (14). Для забезпечення повної герметичності нижній торець пневмоциліндра щільно закритий кришкою (4) через ущільнювальну прокладку.

Принцип роботи оснащення

Цикл затискання деталей відбувається за такою схемою:

1. Стиснене повітря через штуцер спрямовується у верхню порожнину пневмоциліндра.
2. Під дією тиску поршень починає рухатися вниз, тягнучи за собою шток та закріплений на ньому прихват.
3. Прихват опускається і щільно притискає заготовки до опорних призм, забезпечуючи їх жорстку фіксацію для подальшого фрезерування пазів.
4. Під час цього такту повітря з нижньої камери циліндра вільно скидається в атмосферу.

8.1.2 Вибір схеми базування деталі

					КНУ.КБР.131.26.5-01.06.ПТО								
Змін	Ап-	№ Локммен-	Підпис	Ла-	Проектування технологічного оснащення					Лім		Апк	Апквшів
Розроб	Соловійов												
Перевір.	Цивінда												
Н контр	Нечаяв												
Затверд	Рязанцев									Кафедра ТМ 20 2ГМ-22			

Тверде тіло має 6 ступенів вільності: три ступеня пов'язані з переміщенням тіла вздовж трьох взаємно перпендикулярних осей координат OX, OY, OZ і три ступеня з можливим його обертотом відносно цих осей. При установленні деталі до приладу кожна із ступенів вільності пов'язана засобом притискування деталі до відповідної нерухомої точки (опори) приладу.

На рисунку 8.1 виконуємо схему базування деталі і базові (опорні) точки.

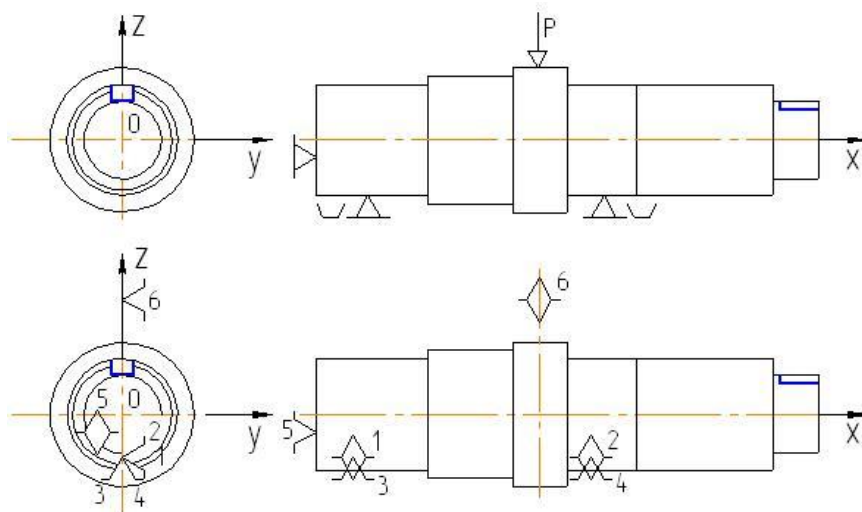


Рисунок 6.1 – Схема базування вала

Базування деталі у пристрої реалізується за класичною схемою шести точок. Вал встановлюється на опорні призми, які надійно обмежують чотири ступені вільності: переміщення вздовж поперечних осей Y і Z (опорні точки 1, 2, 3, 4), а також кутовий поворот навколо поздовжньої осі X . Для поздовжньої орієнтації деталь досилається одним із торців до допоміжного упора, який фіксує п'яту точку (координата на осі X).

Остаточне закріплення здійснюється за допомогою прихвата в точці 6, який блокує зміщення у вертикальній та поздовжній площинах (осі Z та X). Додатково, сили тертя, що виникають на робочих поверхнях призм під дією зусилля затискання, унеможливають розвороти вала навколо осей Y і Z . У такий спосіб забезпечується повне позбавлення заготовки всіх шести ступенів вільності.

6.1.3 Розрахунок похибки базування

Похибка базування являє собою відхилення фактично отриманого положення заготовки під час встановлення від його теоретично необхідного розміщення. Основними передумовами виникнення цієї похибки є несуміщення технологічної (установчої) бази з конструкторською або вимірювальною базою.

У розроблюваному пристосуванні фіксація циліндричної поверхні вала виконується на призмі з кутом профілю $\alpha = 90^\circ$. Графічне представлення гео-

					КНУ.КБР.131.26.5-01.06.ПТО	Ар-
Змі	Ар-	№ Докуме-	Підпис	Да-		

метричних зв'язків та аналітична схема для визначення величини похибки базування наведені на рисунку 6.2.

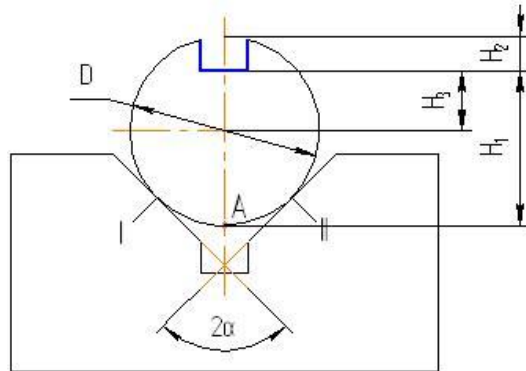


Рисунок 6.2 – Схема визначення похибки базування

Похибка базування при установленні на призмах є функцією допуску на діаметр циліндричної поверхні $D = 60h8_{(-0,046)}$; деталі і залежить від похибки її форми.

Величина похибки базування при встановленні вала на призму є функцією допуску на діаметр D зовнішньої циліндричної поверхні деталі, а також безпосередньо залежить від похибок її геометричної форми. Для проведення розрахунків використовуються такі вихідні дані: кут призми $2\alpha = 90^\circ$ відповідно, половина кута $\alpha = 45^\circ$ та допуск на діаметр заготовки $TD = 0,046 \text{ мм}$.

Під час витримування лінійного розміру H_1 технологічними (установчими) базами служать лінії контакту циліндричної поверхні вала з робочими площинами I та II призми. Водночас вимірювальною базою для цього ж розміру є нижня утворююча циліндра в точці A. Оскільки технологічна та вимірювальна бази не збігаються, виникнення похибки базування для розміру H_1 є неминучим. Її величина коливається в межах поля допуску на діаметр деталі, який було отримано на попередньому етапі механічної обробки.

Аналітичне визначення похибки базування для розміру H_1 виконується за такою математичною формулою:

Для дотримування розміру H_1 установленими базами служать утворюючі циліндричної поверхні в точках, які стикаються з площинами I і II призми, а вимірювальною базою – нижня утворююча в точці A. Похибка базування розміру H_1 неминуча і коливається в межах допуску на розмір діаметра деталі, отриманого на попередній операції, тобто $\delta_D = 0,046 \text{ мм}$.

Похибку базування розміру H_1 визначаємо за формулою:

$$E_{\delta H_1} = 0,5 \cdot TD \cdot \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right), \text{мм} \quad [1] \text{ с.45, т.18} \quad (6.1)$$

					КНУ.КБР.131.26.5-01.06.ПТО	Ар-
Змі	Ар-	№ Докуме-	Підпис	Да-		

$$E_{\delta H_1} = 0,5 \cdot 0,046 \cdot \left(\frac{1}{\sin 45^\circ} - 1 \right) = 0,5 \cdot 0,046 \cdot \left(\frac{1}{0,707} - 1 \right) = 0,0095 \text{ мм}$$

Для дотримування розміру Н₂ установленими базами є утворюючі циліндричної поверхні в точках, які стикаються з площинами І і ІІ, а вимірювальною базою – верхня утворююча частина циліндричної поверхні деталі. Похибка базування розміру Н₂ також коливається в межах допуску на розмір діаметра деталі і визначається за формулою:

$$E_{\delta H_2} = 0,5 \cdot TD \cdot \left(\frac{1}{\sin \alpha} + 1 \right), \text{ мм} \quad [1] \text{ с.45, т.18} \quad (6.2)$$

$$E_{\delta H_2} = 0,5 \cdot 0,046 \cdot \left(\frac{1}{0,707} + 1 \right) = 0,0555 \text{ мм}$$

Для дотримування розміру Н₃ установлені бази ті самі, що й в попередніх випадках, а вимірювальна база – осьова лінія, котра водночас є конструкторською і технологічною базою при обробці деталі на попередній операції.

Похибка базування Н₃ також коливається в межах допуску на розмір діаметра деталі і дорівнює:

$$E_{\delta H_3} = 0,5 \cdot TD \cdot \frac{1}{\sin \alpha}, \text{ мм} \quad [1] \text{ с.45, т.18} \quad (6.3)$$

$$E_{\delta H_3} = 0,5 \cdot 0,046 \cdot \frac{1}{0,707} = 0,0325 \text{ мм}$$

Визначаємо загальну похибку базування

$$E_{\delta} = E_{\delta H_1} + E_{\delta H_2} + E_{\delta H_3}, \text{ мм} \quad (6.4)$$

$$E_{\delta} = 0,0095 + 0,0555 + 0,0325 = 0,0975 \text{ мм}$$

Прилад є придатним до застосування, якщо $E_{\delta} \leq Td$ (6.5)
де Td – допуск на розмір оброблюваного пазу;
 $Td = 0,2 \text{ мм}$;
Тоді, $E_{\delta} = 0,0975 \text{ мм} < Td = 0,2 \text{ мм}$.
Умову виконано.

6.1.4 Розрахунок зусиль закріплення

Пази вала оброблюється кінцевою фрезою ø6мм. Виконуємо схему сил, що діють на деталь під час обробки паза на рисунку 6.3.

					КНУ.КБР.131.26.5-01.06.ПТО	Ар-
Змі	Ар-	№ Докуме-	Підпис	Да-		

Вал установлений на призмах з кутом 90° і притиснутий до площин призм силою затиску Q3. При фрезеруванні на деталь діють дві складові сили різання P_z і P_y . Окружна сила різання P_z створює обертальний момент на фрезі і прагне відірвати деталь від опори. Радіальна сила P_y спрямована по радіусу фрези і прагне також зрушити деталь в призмі. Так як деталь одним торцем притискується до упора, то її зрушування під дією сили P_y виключно. Сумарна сила P_{yz} складається також із згинаючої сили P_v і сили подачі P_h , яка теж прагне зрушити деталь. Зміщенню деталі поздовж осі і оберту навколо осі протидіють сили тертя, що виникають на поверхні контакту деталі з призмою і прихватом.

Для того, щоб при обробці деталь знаходилась у спокої, необхідно виконати умову:

$$M_2 \cdot k \leq M_1 \quad (6.6)$$

де M_1 - момент від сил тертя, Н·м

M_2 - момент від сил різання при фрезеруванні, Н·м

k – коефіцієнт надійності закріплення, $k=1,5 \dots 2,5$ [13] с.187

$$M_1 = (T_1 \cdot R_1 + T_2 \cdot R_2) \quad (6.7)$$

де T_1, T_2 - сили тертя, Н·м

R_1 – радіус поверхні, до якої прикладено силу затиску, $R_1=32,5\text{мм}$

R_2 – радіус опорної поверхні вала, мм; $R_2=30\text{мм}$

$$M_2 = M_k + M_s \quad (6.8)$$

де M_k – обертальний момент від сили різання P_z , Н·м,

$M_k=14,7\text{Н·м}$ (із аналітичного розрахунку режимів різання)

M_s - момент від сили подачі P_h , Н·м.

					КНУ.КБР.131.26.5-01.06.ПТО	Ар-
Змі	Ар-	№ Докуме-	Підпис	Да-		

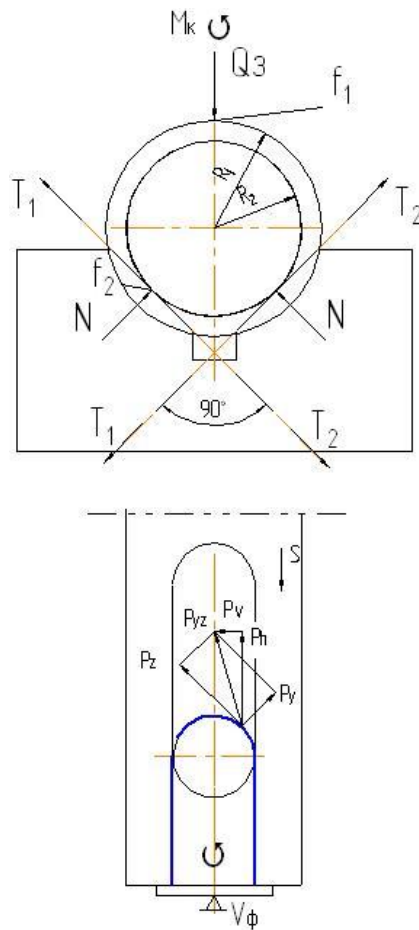


Рисунок 6.3 – Схема сил, діючих на вал

M_s - момент від сили подачі P_h , Н·м.

$$M_s = P_h \cdot R \quad (6.9)$$

$$P_h = (0,3 \dots 0,4) \cdot P_z \quad [2] \text{ с.292} \quad (6.10)$$

$$P_z = 490 \text{ Н}, \quad P_h = 0,4 \cdot 490 = 196 \text{ Н}$$

$$M_s = 196 \cdot 3 = 588 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

$$T_1 = Q_3 \cdot f_1 \quad (6.11)$$

де Q_3 – сила затиску, Н;

f_1 - коефіцієнт тертя між гладкими поверхнями.

$$T_2 = N \cdot f_2 \quad (6.12)$$

де N – сила, протидіюча силі затиску, Н.

Виходячи із схеми на рисунку 3.4, визначаємо:

$$N = \frac{Q_3}{\sin \frac{\alpha}{2}} \quad (6.13)$$

Підставляємо значення N до формули (6.12):

$$T_2 = \frac{Q_3}{\sin \frac{\alpha}{2}} \cdot f_2 \quad (6.14)$$

					КНУ.КБР.131.26.5-01.06.ПТО	Ар-
Змі	Ар-	№ Докуме-	Підпис	Да-		

де $f_1 = f_2 = f$ - коефіцієнт тертя між гладкими стальними поверхнями.
 $f=0,15$ [10] с.105

α – кут призми, $\alpha=90^\circ$

Підставляємо значення T_1, T_2 до формули (6.2):

$$Q_3 \cdot f_1 \cdot R_1 + \frac{Q_3}{\sin \frac{\alpha}{2}} \cdot f_2 \cdot R_2 = Q_3 \cdot f \cdot \left(R_1 + R_2 \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right) \quad (6.15)$$

Підставляємо значення M_1 і M_2 до формули (8.7)

$$K \cdot (M_k + M_s) = Q_3 \cdot f \cdot \left(R_1 + R_2 \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right) \quad (6.16)$$

Визначаємо силу затиску

$$Q_3 = \frac{K \cdot (M_k + M_s)}{f \cdot \left(R_1 + R_2 \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right)} \quad (6.17)$$

$$Q_3 = \frac{2,5 \cdot (14700 + 588)}{0,15 \cdot \left(32,5 + 30 \cdot \frac{1}{0,707} \right)} = 3400 \text{ Н} = 340 \text{ кг}$$

6.1.5 Розрахунок робочого діаметру пневмоциліндру

В приладі використовуємо пневмоциліндр двійної дії. Зусилля на штоку такого пневмоциліндру при тиску повітря в порожнині визначається за формулою:

$$W = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot \eta_{\theta} \cdot P_{\theta}, \quad (6.18)$$

де $W = Q_3$

$d=25\text{мм}$;

$P_{\theta} = 4 \dots 6 \text{ кг/см}^2$, приймаємо $P_{\theta} = 4 \text{ кг/см}^2$;

$\eta=0,85 \dots 0,9$, приймаємо $\eta=0,85$.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_3}{\pi \cdot P_{\theta} \cdot \eta} + d^2}, \text{ см} \quad (6.19)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 340}{3,14 \cdot 4 \cdot 0,85} + 2,5^2} = 11,5 \text{ см}$$

Найближчий стандартний діаметр поршня $D=125\text{мм}$ [13] с.228, т.6

					КНУ.КБР.131.26.5-01.06.ПТО	Ар-
Змі	Ар-	№ Докуме-	Підпис	Да-		

6.1.6 Розрахунок на міцність деталей приладу

Зусилля зі штоку циліндру на тягу передається через різьбовий кінець. Діаметр різьби М18х2,5. Виконаємо перевірку штока на розривання в небезпечному перетині по внутрішньому діаметру різьби.

$$\delta_p = \frac{Q_{\max}}{F_{\min}} \leq [\delta_p] \quad (6.20)$$

$$\text{для сталі 40X} \quad [\delta_p] = 200 \text{ МПа} \quad [3] \text{ с.90, т.16}$$

$$F_{\min} = \frac{\pi \cdot d_{\text{в}}^2}{4}, \text{ мм}^2 \quad (6.21)$$

де $d_{\text{в}}$ - внутрішній діаметр різьби, мм; $d_{\text{в}} = 15,294 \text{ мм}$ [3] с.448, т.85

$$F_{\min} = \frac{3,14 \cdot 15,294^2}{4} = 184 \text{ мм}^2$$

$$Q_{\max} = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot P_{\text{в}} \cdot \eta, \text{ кг} \quad (6.22)$$

$$Q_{\max} = \frac{\pi}{4} \cdot (12,5^2 - 2,5^2) \cdot 4 \cdot 0,85 = 345 \text{ кг} = 3450 \text{ Н}$$

$$\delta_p = \frac{3450}{184} = 18 \text{ МПа} \leq [\delta_p]$$

Умову витримано.

6.2 Проектування контрольного пристосування

6.2.1 Конструктивні особливості та принцип роботи контрольного пристрою

Розроблюване контрольне пристосування призначене для перевірки радіального биття циліндричних поверхонь вала. Для забезпечення високої точності вимірювань контроль геометричних параметрів деталі здійснюється в центрах. Зважаючи на те, що регламентований допуск биття становить 0,02 мм, контроль такої точності доцільно реалізувати за допомогою вимірювального індикатора годинникового типу.

Для точного позиціонування та фіксації індикатора у відношенні до контрольованої поверхні в конструкції пристрою передбачено використання рухомої стійки із затискним тримачем. Поточна схема вимірювання розрахована на почергову перевірку однієї з поверхонь вала. Під час проведення технічного контролю деталь повинна здійснювати повний оберт навколо своєї поздовжньої осі, що стабільно забезпечується її надійним базуванням у центрових отворах.

6.2.2 Вибір баз і базуючих елементів

					КНУ.КБР.131.26.5-01.06.ПТО	Ар-
Змі	Ад-	№ Докме-	Підпис	Да-		

Так як радіальне биття задано відносно осі деталі, тому базою при вимірюванні биття буде вісь деталі. При вимірюванні необхідно надійно установити деталь в прилад, щоб максимально зменшити похибку вимірювання. Для базування по осі деталі застосовуються центри. Установлення в центрах забезпечує найбільш точне базування при виконуваних контролю.

6.2.3 Принцип роботи приладу

Основою конструкції контрольного приладу є жорстка плита (1), на якій змонтовані дві бабки з центрами. Передня бабка (2) зафіксована на плиті нерухомо, тоді як задня бабка (3) виконана з можливістю позовжнього переміщення у спеціальних напрямних пазах. Така рухомість робить пристрій універсальним, дозволяючи адаптувати його для технічного контролю деталей різної довжини. Також на плиті розміщено індикаторну стійку (7) зі спеціальним тримачем (8), який можна переміщати по вертикалі й фіксувати на необхідній висоті.

Процес вимірювання радіального биття виконується у такій послідовності:

1. Контрольований вал базується та затискається в центрах обох бабок.
2. Тримач з індикатором виставляється по висоті на рівні перевіряної шийки та надійно фіксується на стійці.
3. Вимірювальний наконечник індикатора підводиться до поверхні вала з попереднім натягом у межах 2–3 поділок шкали, після чого циферблат виставляється на нульову позначку.
4. Деталь плавно повертають навколо її позовжньої осі на повний оберт, фіксуючи водночас максимальне відхилення стрілки приладу.

Загальне компонування та графічна схема розробленого контрольного пристрою детально представлені на рисунку 6.4.

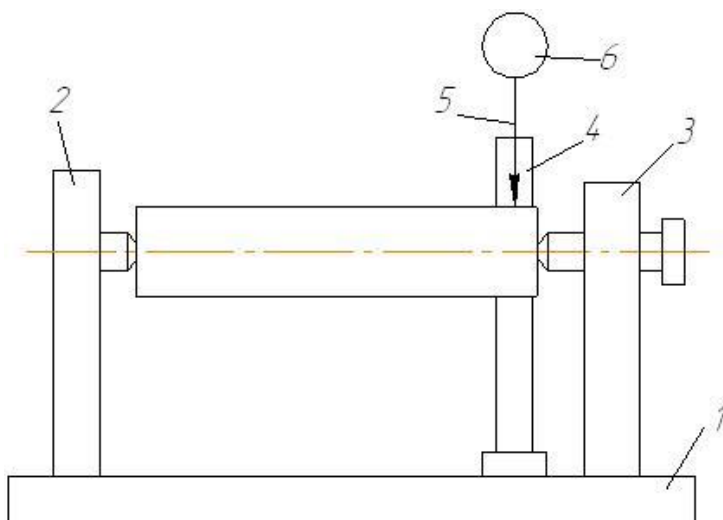


Рисунок 6.4 – Схема контрольного приладу: 1-плита; 2-бабка нерухома; 3-бабка рухома; 4-стійка; 5-державка; 6-індикатор

					КНУ.КБР.131.26.5-01.06.ПТО	Ар-
Змі	Ар-	№ Докуме-	Підпис	Да-		

6.2.4 Призначення точності приладу і розрахунок похибки Вимірювання

Допуск радіального биття поверхні вала дорівнює 0,02 мм. Розмір такої точності можна проконтролювати ричажно-зубчастим багатоповерховим індикатором 1 МІГ, з ціною поділення 0,001 мм і похибкою вимірювання 0,002 мм.

Похибка вимірювання має великий вплив на результат вимірювання. Тому допускаємо похибку вимірювання нормуємо. Для даного вимірювання вона складає 30% від контролюємої величини. Тому допустима похибка має значення:

$$[\Delta]=0,02 \cdot 0,3=0,006 \text{ мм}$$

Після аналізу приладу сумарна йог похибка має вигляд рівняння :

$$\Delta_{\Sigma}=\Delta_{y.e}+\sqrt{\Delta_B^2 + \Delta_{iH}^2} \quad (6.23)$$

де $\Delta_{y.e}$ – похибка установлення;

Δ_B – випадкова похибка;

Δ_{iH} – похибка індикатора

При визначенні похибки приладу не беремо до уваги похибку базування і закріплення, тому що при установленні в центрах повністю вибираються всі можливі зазори між базовою поверхнею і установленими поверхнями центрів.

Тому, $\Delta_{\delta}=0$; $\Delta_3=0$

$$\Delta_B=0,05 \cdot T \quad (6.24)$$

$$\Delta_B=0,05 \cdot 0,02=0,001 \text{ мм}$$

$$\Delta_{iH}=0,002$$

$\Delta_{y.e}$ – похибка установчих елементів являє собою співвісність передньої та задньої бабок

$$\Delta_{y.e}=\Delta_{\Sigma}-\sqrt{\Delta_B^2 + \Delta_{iH}^2} \quad (6.25)$$

де $\Delta_{\Sigma}=[\Delta]$, то

$$\Delta_{y.e}=0,006-\sqrt{0,002^2 + 0,001^2}=0,006-0,0022=0,0038 \text{ мм}$$

Визначаємо допустиму не співвісність вісей лівої та правої бабок $\Delta_{п.с}$ за схемою на рисунку 6.5.

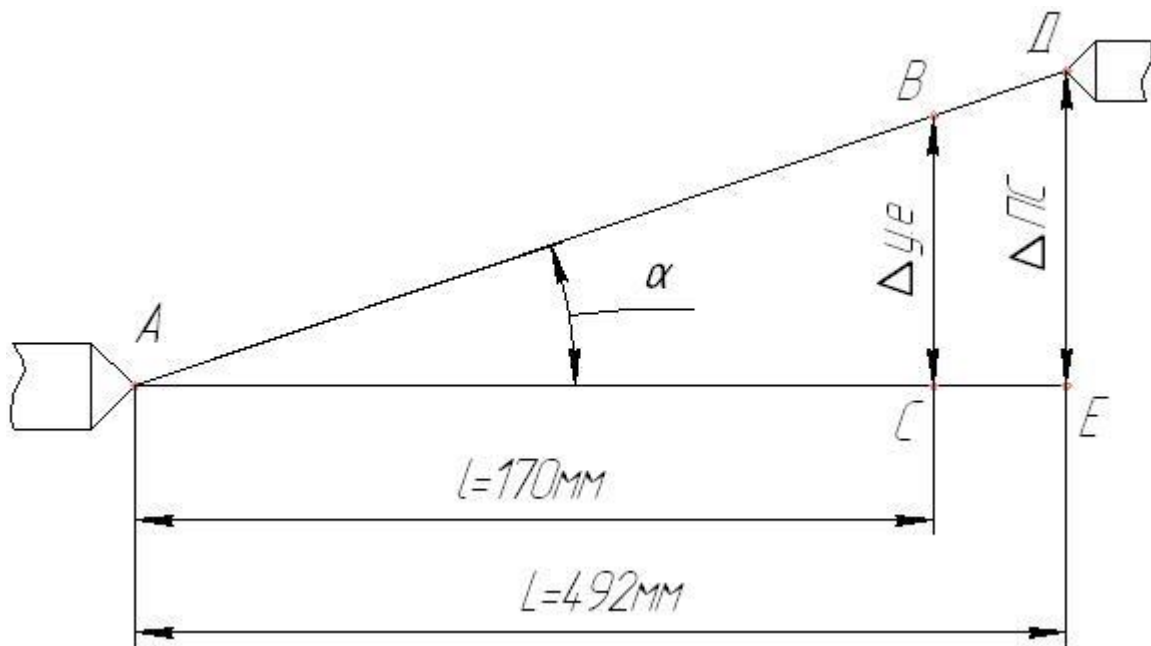


Рисунок 6.5 – Розрахункова схема приладу

Вимірювання радіального биття здійснюється на відстані l від торцю «А» деталі. Визначаємо допустиму не співвісність.

Із співвідношення трикутника визначаємо $\Delta_{п.с}$

$$\frac{\Delta_{п.с}}{L} = \frac{\Delta_{y.e}}{l} \quad (6.26)$$

$$\Delta_{п.с} = \frac{\Delta_{y.e} \cdot L}{l} \quad (6.27)$$

$$\Delta_{п.с} = \frac{0,0038 \cdot 492}{170} = 0,01 \text{ мм}$$

У технічних вимогах креслення виконуємо запис: «Зсув вісей центрів бабок не більше 0,01 мм».

Висновок: спроектований прилад задовольняє вимогам для контролю радіального биття зовнішніх поверхонь вала.

					КНУ.КБР.131.26.5-01.06.ПТО	Ар-
Змі	Ар-	№ Докуме-	Підпис	Да-		

7 АНАЛІЗ ШКІДЛИВИХ ТА НЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІВ, ПРИСУТ- НИХ ПРИ ФРЕЗЕРУВАННІ ШПОНКОВИХ ПАЗІВ НА ВАЛУ ТА ЗАХОДИ ЇХ ПОПЕРЕДЖЕННЯ

У даному розділі бакалаврської роботи розглядаються питання забезпе-
чення безпечних і нешкідливих умов праці при виконанні технологічної опе-
рації фрезерування шпонкових пазів на валу із конструкційної сталі 45ДСТУ
7806:2015. Проектування робочого місця здійснюється відповідно до Закону
України «Про охорону праці», Кодексу законів про працю України, а також
чинних нормативно-правових актів з охорони праці (НПАОП), санітарних
норм і державних стандартів (ДСТУ).

1. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів (НШВФ)

Процес механічної обробки сталі різанням на фрезерних верстатах су-
проводжується низкою небезпечних та шкідливих виробничих факторів. На
робочому місці фрезерувальника діють такі фактори:

1.1. Фізичні небезпечні фактори:

- **Обертові та рухомі частини обладнання:** Головну небезпеку стано-
вить обертовий інструмент (дискова або кінцева шпонкова фреза). При роботі
без захисного кожуха існує ризик затягування одягу або волосся робітника в
зону різання.

- **Елементи збірної інструменту:** При фрезеруванні шпонкових пазів
дисковими фрезами зі вставними ножами існує ризик вильоту ножів у разі їх
слабкого закріплення або перевищення режимів різання.

- **Стружка, що відлітає:** Сталева стружка (сталь 45) під час фрезе-
рування має високу кінетичну енергію та температуру (400–600 °С). Вона
розлітається на значні відстані й може спричинити серйозні опіки шкіри та
травми очей (аж до втрати зору).

- **Електробезпека:** Напруга живлення фрезерного верстата (380 В
змінного струму) становить загрозу ураження електричним струмом у разі
пошкодження ізоляції, відсутності заземлення або пробоя на корпус.

1.2. Фізичні шкідливі фактори:

- **Виробничий шум та вібрація:** Джерелом шуму та вібрації є елек-
тродвигуни головного приводу, коробка швидкостей, а також процес уривча-
стого різання фрезою. Тривала дія шуму призводить до професійної при-
глухуватості, а вібрація — до вібраційної хвороби.

- **Недостатня освітленість:** Відсутність або неефективність місцевого
освітлення зони різання викликає перенапруження зору, втому та підвищує
ймовірність помилкових дій.

					КНУ.КБР.131.26.5-01.07.АШНФ						
Змін	Ар-	№ Локumen-	Підпис	Ла-	Аналіз шкідливих та небезпечних факторів	Лім.		Арк.	Аркхвів		
Розроб		Соловійов									
Перевір		Півнінда									
Н. контр.		Нечаєв							Кафедра ТМ зв. з ПМ 22		
Затверд		Рязанцев									

1.3. Хімічні шкідливі фактори:

- Аерозолі мастильно-охолоджувальних рідин (МОР) та пил: Під дією високих температур у зоні різання МОР випаровується, утворюючи дрібнодисперсний туман. Вдихання аерозолів МОР та дрібного сталевого пилу викликає подразнення дихальних шляхів та може призвести до хронічних захворювань органів дихання.

1.4. Психофізіологічні фактори:

- Фізичні перевантаження: Спроби маніпуляцій з вантажем без спеціальних засобів призводять до важких травм опорно-рухового апарату.

2. Технічні та організаційні заходи забезпечення безпеки праці

2.1. Безпека експлуатації фрезерного інструменту на горизонтально-розточному верстаті:

- Зона різання повинна обладнуватися захисним екраном із загартованого скла або міцного прозорого пластику, який затримує стружку та бризки МОР.

- Для огороження шпонкових фрез застосовують спеціальні регульовані щитки (наприклад, із набором пластин на осі), які виставляються навколо фрези із зазором не більше 3 мм.

- Категорично забороняється виконувати вимірювання пазів, перевіряти шорсткість поверхні валу або підтискати кріпильні елементи при-стосування (болти, притискні планки) до повної зупинки шпинделя верстата.

2.3. Забезпечення електробезпеки:

- Усі металеві частини верстата, які можуть опинитися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції (корпус верстата, шафа керування, пульт), підлягають надійному захисному заземленню (або зануленню) відповідно до вимог ПУЕ.

- Верстат повинен мати чітко марковану кнопку аварійної зупинки («Стоп» грибоподібної форми червоного кольору), розташовану в легкодо-ступному для оператора місці.

2.4. Освітлення та вентиляція робочої зони:

- На робочому місці застосовується комбіноване освітлення. Для місцевого освітлення зони різання використовується світильник на регульова-ному кронштейні з напругою живлення не більше 42 В (для запобігання ура-женню струмом у вологому середовищі МОР). Світильник встановлюють так, щоб світловий потік не засліплював фрезерувальника.

- Для видалення аерозолів МОР верстат обладнується індивідуаль-ним пилостружкоприймачем або локальним витяжним пристроєм (місцевою вентиляцією).

2.5. Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ):

- Фрезерувальник забезпечується спецодягом (костюм бавовняний з щільно прилеглими манжетами), захисним взуттям з металевим підноском (для захисту ніг від падіння предметів).

- Для захисту очей обов'язкове використання захисних окулярів (якщо відсутній стаціонарний екран).

					КНУ.КБР.131.26.5-01.07.АШНФ	Ар-
Змі	Ар-	№ Докуме-	Підпис	Да-		

- Важливо: Працювати на фрезерувальних верстатах у рукавицях чи рукавичках суворо заборонено через ризик їх намотування на обертову фрезу! Рукавиці дозволяється використовувати лише під час вантажно-розвантажувальних та стропувальних робіт.

3. Пожежна безпека в механічному цеху

Механічний цех за пожежною небезпекою відноситься до категорії В або Д (залежно від наявності ЛЗР, ГР та МОР). Основні заходи:

- Очищення верстата від промасленої стружки повинно виконуватися регулярно. Використане ганчір'я (дрантя) слід збирати у металеві ящики з кришками та виносити з цеху в кінці зміни для запобігання самозаймання.

- Робоче місце фрезерувальника укомплектовується первинними засобами пожежогасіння (вуглекислотний вогнегасник типу ВВ-3 або ВВ-5, який дозволяє гасити електроустановки під напругою).

					КНУ.КБР.131.26.5-01.07.АШНФ	Ар-
Змі	Ар-	№ Докуме-	Підпис	Да-		

ВИСНОВОК

У бакалаврській роботі вирішено комплекс завдань, пов'язаних з організацією виробництва деталей приводів гірничо-металургійного обладнання та удосконаленням технології їх виготовлення на основі сучасних підходів до технологічної підготовки виробництва і застосування CAD/CAM-технологій.

У ході виконання роботи проведено аналіз конструкції та службового призначення деталі «Вал», виконано оцінку її технологічності, обґрунтовано вибір заготовки, розроблено технологічний процес механічної обробки, підібрано сучасне обладнання, різальний інструмент і технологічне оснащення.

У результаті реконструкції механічного цеху та вдосконалення технологічного процесу виготовлення деталі були реалізовані технічні рішення, спрямовані на підвищення ефективності виробництва, зниження матеріаломісткості та трудомісткості обробки.

При проєктуванні заготовки вдалося суттєво наблизити її конфігурацію до форми готової деталі, що дозволило зменшити припуски та допуски на механічну обробку найбільш раціональним методом - куванням штампованим, що дозволило підвищити коефіцієнт використання матеріалу з 40% на 74% і скоротити штучно-калькуляційний час на 15%. Удосконалення технологічного процесу передбачало застосування пневматичних пристосувань для базування та закріплення заготовок, що сприяло скороченню допоміжного часу та підвищенню продуктивності праці. Крім того, ряд універсальних операцій було об'єднано в більш концентровані переходи із використанням верстатів з числовим програмним керуванням, що дозволило скоротити кількість переналагоджень, підвищити точність обробки та зменшити виробничий цикл виготовлення деталі.

Також виконано модернізацію технологічного обладнання шляхом заміни застарілих верстатів на більш продуктивне сучасне обладнання, що забезпечує вищу точність, надійність і стабільність виробничого процесу.

Для механічної обробки обрано сучасний твердосплавний різальний інструмент, який дозволяє працювати на підвищених режимах різання, збільшити стійкість інструменту та зменшити основний машинний час. Це позитивно вплинуло на продуктивність виробництва та якість оброблених поверхонь.

Для фрезерування пазів спроектовано спеціальний пневматичний пристрій для установа і закріплення деталі. Застосування пневматичного пристрою скорочує допоміжний час, внаслідок цього скорочується і штучно-калькуляційний час, а також збільшується продуктивність праці.

					КНУ.КБР.131.26.5-01.В										
Змін	Ап-	№ Локммен-	Підпис	Ла-	Висновок						Лім		Апк	Апквшів	
Розроб		Соловійов													
Перевір.		Цивінда													
Н контр		Нечаєв													
Затверд		Рязанцев													
										Кафедра ТМ					
										зв. ЗПМ-22					

Для вимірювання радіального биття циліндричних поверхонь вала спроектовано спеціальний контрольний прилад, який дає можливість визначити точність виготовлення деталей. Застосування сучасних засобів автоматизованого проектування та технологічної підготовки виробництва на базі CAD/CAM-систем дозволило підвищити якість інженерних рішень, скоротити терміни розроблення технологічної документації та забезпечити високий рівень підготовки виробництва.

Отримані результати підтверджують доцільність запропонованих технологічних та організаційних рішень і можуть бути використані на машинобудівних підприємствах, що спеціалізуються на виготовленні деталей приводів гірничо-металургійного обладнання. Реалізація запропонованих заходів забезпечує підвищення продуктивності праці, зниження собівартості продукції, раціональне використання матеріальних ресурсів та покращення техніко-економічних показників виробництва.

					КНУ.КБР.131.26.5-01.07.АШНФ	Ар-
Змі	Ар-	№ Докуме-	Підпис	Да-		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1.С.Г. Бондаренко. Розмірні розрахунки механоскладального виробництва. – Київ, 1993.
- 2.Дипломне проектування з технології машинобудування/ Григурко О.І, Брендюля МФ., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,- 860 с.
3. Інженерна графіка в SolidWorks: Навчальний посібник/ С.І. Пустюльга, В.Р. Самостян, Ю.В. Клак. Луцьк: Вежа, 2018. 172 с. URL: <http://surl.li/fmeiv>
4. ДСТУ 8781:2018 Відливки зі сталі.Загальні технічні умови.
5. ДСТУ EN 10250-1:2008 Поковки сталеві ковані для машинобудування
- 6.ДСТУ 2500-94 Основні норми взаємозамінності. Єдина система допусків та посадок. Терміни та визначення. Позначення та загальні норми.
- 7.ДСТУ 2413-94 Основні норми взаємозамінності. Шорсткість поверхні.
- 8.ДСТУ 2498-94 Основні норми взаємозамінності. Допуски форми та розташування поверхонь. Терміни та визначення
9. 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.
- 10.Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. Навч. посібник - К.: Вища шк. 1993р. - 414с.
11. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок - Львів, Світ, 1996.
- 12.ДСТУ 3.1107-81. Базування та бази в машинобудуванні.
13. Технологія машинобудування Горбатюк Е.О. Мазур М.П.,Зенкін А.С., Каразей В.Д. Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-360 с.
14. Технологія обробки типових деталей (курсове проектування) Григурко О.І, Брендюля МФ., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008, 576 с.
- 15.Залога В. О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні Суми: СумДУ, 2013.
- 16.Кузнєцов Ю.М. Верстати з ЧПУ та верстатні комплекси. Частина 2.-К.-Тернопіль.ТОВ «ЗМОК» -ПП «Гнозіс», 2001.-298 с.

17.Кіяновський М.В., Цивінда Н.І., Цівко Ф.В. Довідник нормувальника машинобудівного виробництва. – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2008.

18.Методичні вказівки з курсу ”Системи ЧПК та програмування обробки де-

талей”	до практичної роботи	”Розробка верстатно-інструментального нала-	КНУ КБР 1.31.26.5-01-СВД								
годження на верстати з ЧПК”	для здобувачів спеціальності 131 Прикладна	механіка денної та заочної форми навчання / Цивінда Н.І.,									
Змівч. Ап.	№ Документ	Підпис							Кривий Ріг: КНУ,		
Розроб.	Соловійов								Літ		
2023.	Цивінда								Анк		
Перевін									Анквншів		
			Кафедра ТМ								
Н контр	Нечаєв										
Затверд	Рязанцев										

19. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці: Підручник. – Львів: Афіша, 2005.

20.ДСТУ ГОСТ 3.1127:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання текстових технологічних документів. (ГОСТ 3.1127-93, IDT).

21.ДСТУ ГОСТ 3.1128:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання графічних технологічних документів. (ГОСТ 3.1128-93, IDT).

22.ДСТУ 2974-95. Технологічне підготовлення виробництва. Основні терміни та визначення.

23.ДСТУ 2925-94. Якість продукції. Оцінювання якості. Терміни та визначення.

24.ДСТУ ГОСТ 3.1102:2014 Єдина система технологічної документації. Стадії розробки та види документів. Загальні положення).

25.ДСТУ ГОСТ 3.1105:2014 Єдина система технологічної документації. Форми та правила оформлення документів загального призначення

26.ДСТУ ГОСТ 2.308:2013 ЄСКД. Зазначення допусків форми та розміщення поверхонь (ГОСТ 2.308-2011, IDT).

27.Єдина система конструкторської документації НАНЕСЕННЯ РОЗМІРІВ І ГРАНИЧНИХ ВІДХИЛІВ (ГОСТ 2.307-2011, IDT) ДСТУ ГОСТ 2.307:2013

28.Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи для студентів спеціальності 131“Прикладна механіка ”Освітньо-професійної програми Прикладна механіка усіх форм навчання, Кривий Ріг: КНУ, 2025.

ДОДАТКИ

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 де-
талі «Вал машини для безперервного розливання сталі» в середовищі
CAD/CAM-систем

Виконав здобувач гр. ЗПМ-23ск

Ігор СОЛОВЙОВ

Керівник роботи

Наталія ЦИВІНДА

Нормоконтроль

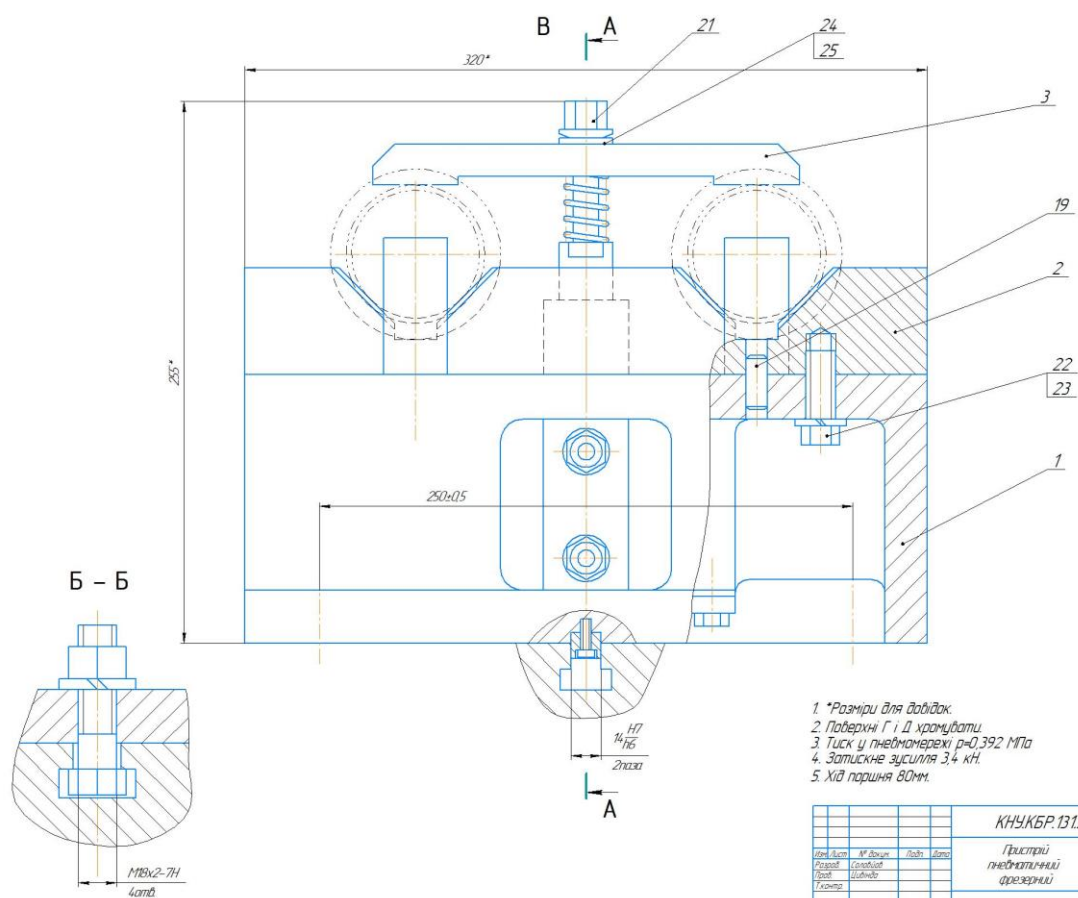
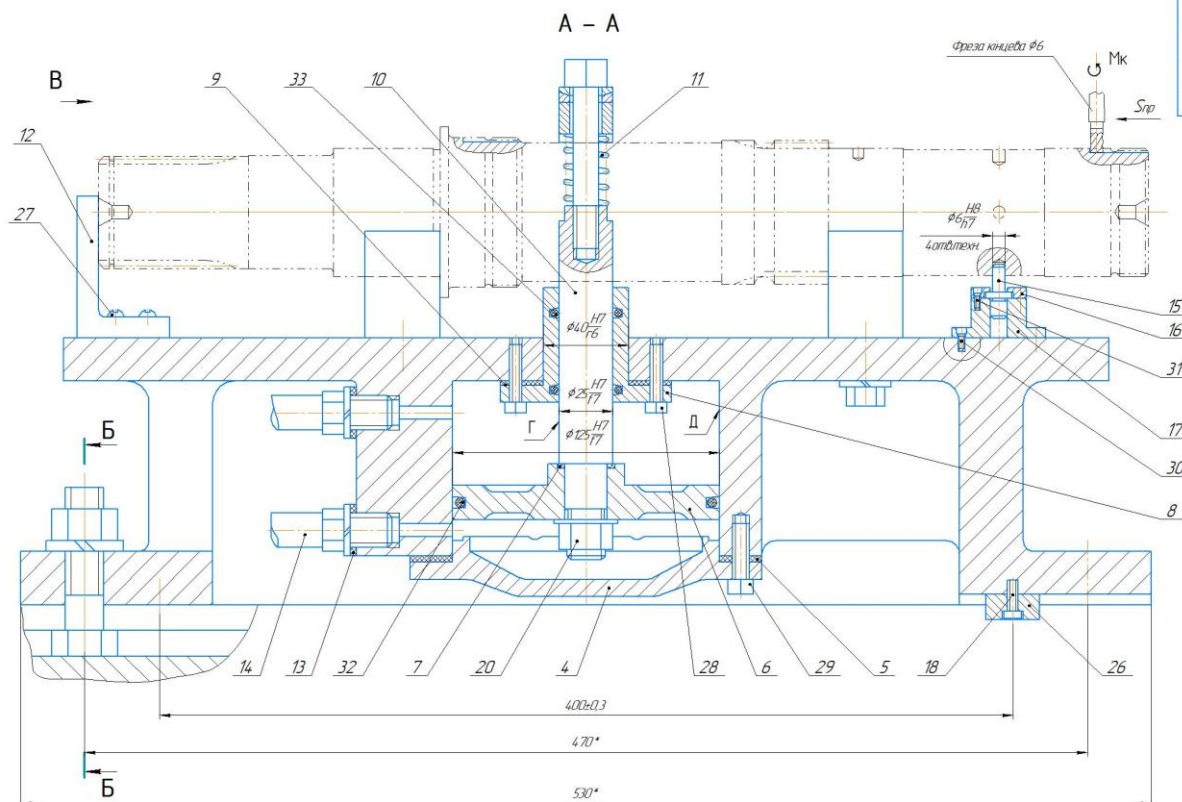
Василь НЕЧАЄВ

Завідувач кафедри

Антон РЯЗАНЦЕВ

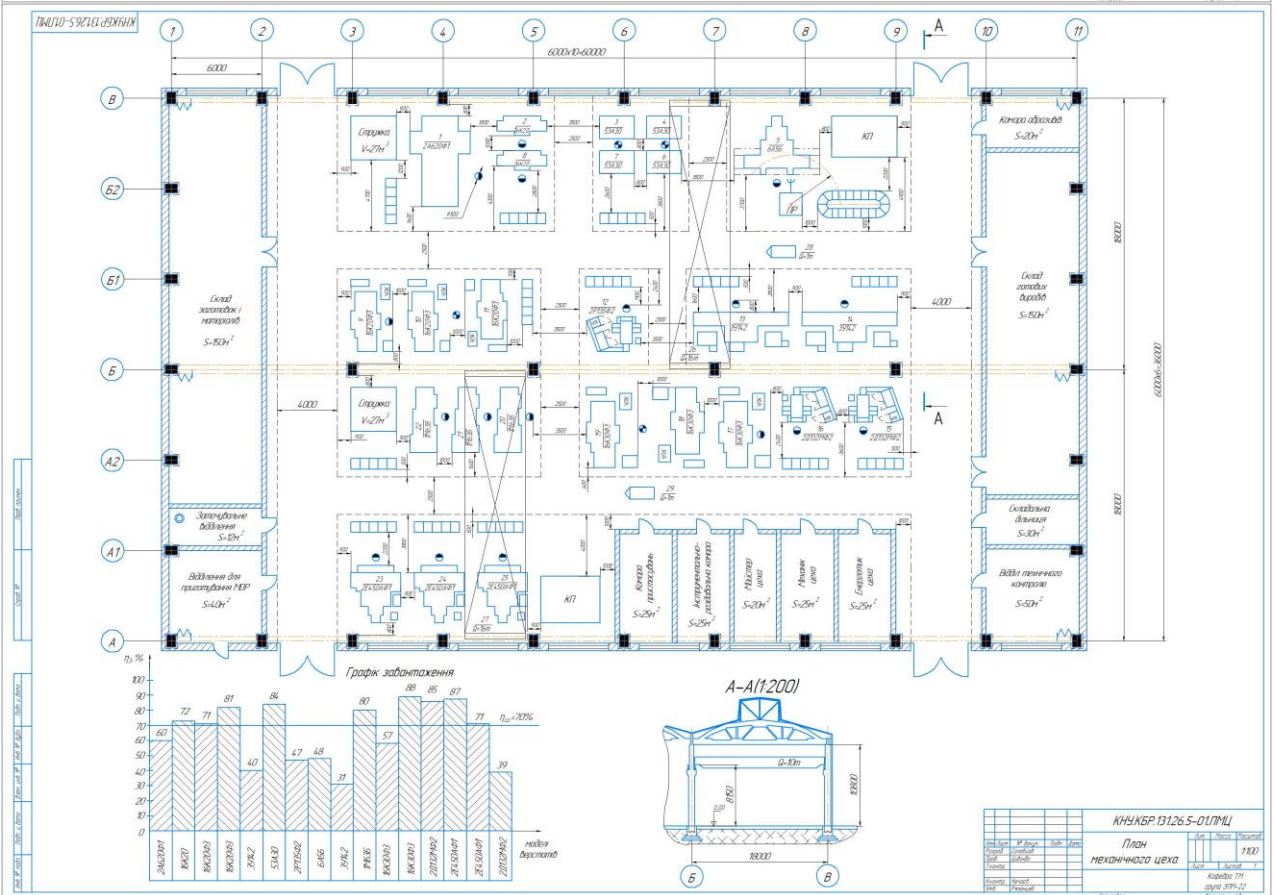
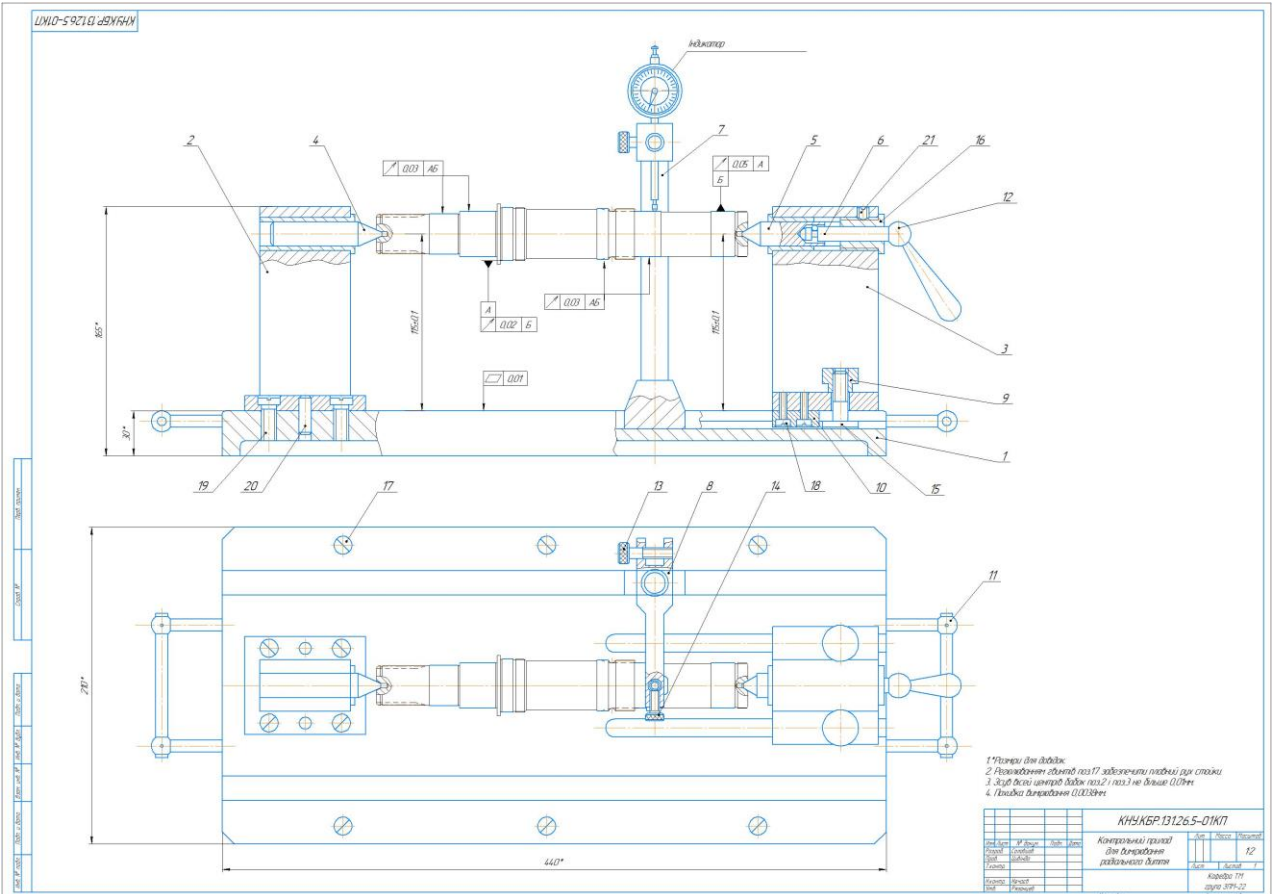
м.Кривий Ріг
2026 р.

№ стро- ки	Формат	Позначення	Назва	Кіль- кість	Примітки		
1							
2							
3			Креслення				
4							
5	A1	КНУ.КБР.26.131.5-01. В	Вал	1			
6	A2	КНУ.КБР.26.131.5-01.ВПШ	Вал (поковка штампована)	1			
7	A1	КНУ.КБР.26.131.5-01.ЕО	Ескізи операцій	1			
8	A1	КНУ.КБР.26.131.5-01.ВН	Верстатне налагодження	1			
9	A1	КНУ.КБР.26.131.5-01. ВП	Пристрій верстатний	1			
10	A1	КНУ.КБР.26.131.5-01. ПК	Пристрій контрольний	1			
11	A3	КНУ.КБР.26.131.5-01.	План механічного цеху	1			
12							
13							
14							
15							
17							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
				КНУ.КБР.131.26.5-01 .ВЕД			
Зм	Літ	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Соловйов			Відомість електрон- них документів		
Керівник		Цивінда					
Консулат.							
Н.контр.		Нечаєв					
Затвер-		Рязанцев					
					Літ	Лист	Листів
					Д Т	4	205
					Каф. техмаш Гр. ЗПМ-22		



1. *Розміри для довідок.
2. Поверхні Г і Д храмувати.
3. Тиск у пнедоматережі $p=0,392$ МПа
4. Затискне зусилля 3,4 кН.
5. Хід поршня 80мм.

					КНУКБР.131.26.5-01ПФФ			
Відп. Асист.	Відп. Асист.	Відп. Асист.	Відп. Асист.		Лист	Морзе	Мовчати	
Розподіл	Секретаріат						11	
Відп.	Відп.							
Копія					Лист	Листом	1	
Відп. Асист.	Відп. Асист.				Кафедра ТМ			
Відп.	Відп.				група ЗНН-22			



Взам.														
Подл.								Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
											Листов	Лист		
Разраб.				КНУ										
Проверил														
Согласов.														
Т. контр.														
Н. Контр.														

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Зав. кафедрою технології машинобудування
_____(Рязанцев А.О..)
«__»_____2026 г.

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС

Виготовлення деталі Вал
Виріб машина безперервного лиття

УЗГОДЖЕНО:

Керівник _____(Цивінда Н.І.)

Розробник ____.(Соловйов І.С.)

Н.контроль _____(Нечасв В.П.)

