

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: Розробка й інженерне обґрунтування конструкцій і технологій та організації виготовлення деталей механізмів керування потужністю газотурбінних двигунів як альтернативних приводів гірничо-металургійного обладнання з використанням методів прикладної механіки та CAD/CAM-систем

Виконав: здобувач групи ПМ-23СК
Лебединського В.О

Керівник випускної роботи:
доцент, к.т.н., Кіяновський М.В

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: Розробка й інженерне обґрунтування конструкцій і технологій та організації виготовлення деталей механізмів керування потужністю газотурбінних двигунів як альтернативних приводів гірничо-металургійного обладнання з використанням методів прикладної механіки та CAD/CAM-систем

Виконав здобувач гр. ПМ-23СК _____ Вадим ЛЕБЕДИНСЬКИЙ
(підпис)

Керівник КБР _____ Микола КІЯНОВСЬКИЙ
(підпис)

Нормоконтроль _____ Василь НЕЧАЄВ
(підпис)

Завідувач кафедри _____ Антон РЯЗАНЦЕВ
(підпис)

м. Кривий Ріг
2026 р.

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

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

(дата)

(підпис)

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну бакалаврську роботу

Здобувача групи ПМ-23ск Лебединського Вадима Олександровича

• **Тема:** Розробка й інженерне обґрунтування конструкцій і технологій та організації виготовлення деталей механізмів керування потужністю газотурбінних двигунів як альтернативних приводів гірничо-металургійного обладнання з використанням методів прикладної механіки та CAD/CAM-систем

Керівник проєкту: доц., к.т.н. Кіяновський М.В

Затверджена наказом по КНУ № 130с від « 04 » березня 2026 р.

2. Термін подання здобувачем закінченої роботи « » 2026 р.

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

4. Зміст пояснювальної записки: 1. Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі. 2. Технологічна підготовка виробництва деталі. 3.Проектування технологічного процесу обробки деталі. 4. Проектування технологічного оснащення. 5. Моделювання та програмування операцій механічної обробки. 6. Організаційно-економічна підготовка виробництва.

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Золотник. 2. Ескіз заготовки 3. Ескізи операцій 4. Верстатно-інструментальне налагодження.

6. Календарний план:

№ з/п	Етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання
•	Розробка та узгодження технічного завдання	25.02.2026
•	Технічне завдання та аналіз вихідних даних	01.03.2026
•	Призначення об'єкту виробництва	03.03.2026
•	Аналіз технологічності деталі.	10.03.2026
•	Креслення деталі (А1-А4).	18.03.2026
•	Вибір та обґрунтування послідовності обробки поверхонь деталі.	24.03.2026
•	Розробка технологічного маршруту обробки деталі.	05.04.2026
•	Технологічна підготовка виробництва виробу	12.04.2026
•	Техніко-економічний аналіз вихідних даних для обробки деталі	19.04.2026
•	Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій	25.04.2026
•	Конструкторська підготовка виробництва	01.05.2026
•	Проектування технологічного оснащення	04.05.2026
•	Креслення верстатного та контрольного пристосування	08.05.2026
•	Розробка та креслення об'єднаного верстатно-інструментального налагодження (А1-А2)	12.05.2026
•	Моделювання та програмування операцій механічної обробки	15.05.2026
•	Креслення змодельованого процесу обробки (А1-А2)	22.05.2026
•	Організаційно-економічна підготовка виробництва.	27.05.2026
•	Висновки	01.06.2026
•	Оформлення РПЗ	07.06.2026
•	Попередній захист	15.06.2026

Дата видачі завдання: «___» _____ 2026 р.

Завдання видав керівник КБР _____

/Кіяновський М.В./

Завдання отримав
здобувач освіти

/Лебединський В.О./

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: Розробка й інженерне обґрунтування конструкцій і технологій та організації виготовлення деталей механізмів керування потужністю газотурбінних двигунів як альтернативних приводів гірничо-металургійного обладнання з використанням методів прикладної механіки та CAD/CAM-систем

Виконав здобувач гр. ПМ-23СК	_____	Вадим ЛЕБЕДИНСЬКИЙ
	(підпис)	
Керівник КБР	_____	Микола КІЯНОВСЬКИЙ
	(підпис)	
Нормоконтроль	_____	Василь НЕЧАЄВ
	(підпис)	
Завідувач кафедри	_____	Антон РЯЗАНЦЕВ
	(підпис)	

Кривий Ріг
2026 р.

ЗМІСТ

Реферат	
Відомість об'єму	
Зміст	
Вступ	13
1. Конструкторський аналіз і визначення методу складання вузла	15
1.1 Розрахунок лінійних розмірних ланцюгів методом одного квалітету	15
1.2 Розрахунок лінійних розмірних ланцюгів імовірнісним методом	19
1.3 Послідовність проведення розрахунків кутових розмірних ланцюгів	26
1.4. Технологічна схема складання	30
1.5. Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін.	35
1.6 Аналіз якості поверхонь деталей	39
1.7 Технічний контроль робочого креслення	44
1.8 Якісний аналіз технологічності.	46
2. Технологічна підготовка виробництва деталі.	50
2.1 Вибір типу виробництва	50
2.2 Вибір діючого чи типового технологічного процесу. Задачі проектування	52
2.3 .Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовки.	56

					КНУ.КБР.131.26.2-04.3			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Зміст	Піт.	Арк.	Акц.
Розроб.		Лебединський						
Перевір.		Кіановський						
Н. Контр.		Нечасів			Зміст	Каф. ТМ гр. ПМ-23СК		
Зав. каф.		Рязанцев.						

3. Проектування технологічного процесу.	65
3.1 Вибір і обґрунтування баз	65
3.2 Вибір й обґрунтування послідовності обробки поверхонь	69
3.3 Розробка маршруту обробки деталей.	71
3.4 Розробка технологічних операцій.	71
3.5 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку.	74
3.6 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій	76
3.7 Розрахунок складу та кількості верстатного обладнання.	82
3.8 Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу.	87
4. Проектування технологічного оснащення.	95
4.1 Розробка верстатного пристрою.	95
4.2 Проектування контрольного пристосування	105
5. Моделювання та програмування операцій механічної обробки.	110
6. Організаційно-економічна підготовка виробництва.	114
Висновки	122
Список літератури	124

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної бакалаврської роботи містить 125 сторінок, 11 рисунків, 25 таблиць, 4 додатків та комплект графічної документації.

Тема роботи: «Розробка й інженерне обґрунтування конструкцій і технологій та організації виготовлення деталей механізмів керування потужністю газотурбінних двигунів як альтернативних приводів гірничо-металургійного обладнання з використанням методів прикладної механіки та CAD/CAM-систем».

Метою роботи є удосконалення технології виготовлення деталей механізмів керування потужністю газотурбінних двигунів шляхом застосування сучасних методів технологічної підготовки виробництва, обладнання з числовим програмним керуванням, спеціального технологічного оснащення та засобів автоматизації виробничих процесів.

У конструкторсько-технологічній частині виконано аналіз технологічності конструкцій деталей «Золотник», обґрунтовано вибір способів отримання заготовок, розроблено маршрутні та операційні технологічні процеси механічної обробки, визначено припуски на обробку, режими різання, норми часу та необхідне технологічне оснащення. Виконано проєктування спеціального верстатного та контрольного пристосувань, розроблено верстатно-інструментальне налагодження для операції на верстаті з ЧПК.

У науково-дослідній частині проведено аналіз можливостей підвищення ефективності виготовлення деталей механізмів керування потужністю газотурбінних двигунів шляхом концентрації технологічних операцій, використання багатоцільових верстатів з ЧПК, CAD/CAM-систем та елементів гнучких виробничих модулів. Виконано техніко-економічне обґрунтування прийнятих технічних рішень і підтверджено їх економічну доцільність.

					КНУ.КБР.131.26.2-03.P			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Реферат	Підп.	Арк.	Акц.
Розроб.		Лебединський						
Перевір.		Кіянський						
Н. Контр.		Нечасів				Каф. ТМ гр. ПМ-23СК		
Зав. каф.		Рязанцев.						

У роботі розглянуто питання охорони праці, пожежної безпеки та безпеки техногенної діяльності під час виконання операцій механічної обробки. Запропоновано комплекс організаційних та технічних заходів щодо забезпечення безпечних умов праці на виробничій дільниці.

ЗОЛОТНИК, ГАЗОТУРБІННИЙ ДВИГУН, МЕХАНІЗМ КЕРУВАННЯ ПОТУЖНІСТЮ, ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, CAD/CAM-СИСТЕМИ, ВЕРСТАТ З ЧПК, ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОСНАЩЕННЯ, ВЕРСТАТНЕ ПРИСТОСУВАННЯ, КОНТРОЛЬНЕ ПРИСТОСУВАННЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА, ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ.

					КНУ.КБР.131.26.2-04.Р	Арк.
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACT

The explanatory note to the Bachelor's Qualification Thesis contains 125 pages, 11 figures, 30 tables, _4_ appendices, and a set of graphical documentation.

Thesis topic: "Development and Engineering Justification of Designs, Technologies, and Manufacturing Organization for Gas Turbine Engine Power Control Mechanism Components as Alternative Drives for Mining and Metallurgical Equipment Using Applied Mechanics Methods and CAD/CAM Systems."

The purpose of the thesis is to improve the manufacturing technology of gas turbine engine power control mechanism components through the application of modern methods of technological preparation of production, CNC equipment, special technological tooling, and production automation systems.

The design and technological section includes an analysis of the manufacturability of the Spool Valve and Gear Wheel components, justification of the selected methods for obtaining blanks, development of route and operational machining processes, determination of machining allowances, cutting parameters, production time standards, and the required technological equipment. The design of special machine fixtures and inspection fixtures was carried out, and machine-tool setup documentation for CNC machining operations was developed.

The research section analyzes the possibilities of increasing the efficiency of manufacturing gas turbine engine power control mechanism components through the concentration of technological operations, the use of multifunctional CNC machine tools, CAD/CAM systems, and flexible manufacturing modules. A technical and economic assessment of the proposed engineering solutions was performed, confirming their economic feasibility.

The thesis also addresses occupational safety, fire safety, and industrial safety issues related to machining operations. A set of organizational and technical measures aimed at ensuring safe working conditions in the production area has been proposed.

					КНУ.КБР.131.26.2-04.Р	Арк.
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Keywords: SPOOL VALVE, GAS TURBINE ENGINE, POWER CONTROL MECHANISM, APPLIED MECHANICS, TECHNOLOGICAL PROCESS, CAD/CAM SYSTEMS, CNC MACHINE TOOL, TECHNOLOGICAL TOOLING, MACHINE FIXTURE, INSPECTION FIXTURE, PRODUCTION AUTOMATION, TECHNICAL AND ECONOMIC JUSTIFICATION.

					КНУ.КБР.131.26.2-04.Р	Арк.
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Газотурбінні двигуни є перспективними силовими установками, що набувають дедалі ширшого застосування не лише в авіаційній та енергетичній галузях, а й як альтернативні приводи гірничо-металургійного обладнання. Особливе значення у функціонуванні таких двигунів відіграють механізми керування потужністю, від точності та надійності виготовлення деталей яких безпосередньо залежить ефективність і безпека роботи всього приводу.

Удосконалення технології виготовлення деталей механізмів керування потужністю газотурбінних двигунів є актуальною науково-практичною задачею, вирішення якої потребує системного застосування сучасних методів технологічної підготовки виробництва, обладнання з числовим програмним керуванням та CAD/CAM-систем.

Метою кваліфікаційної бакалаврської роботи є удосконалення технології виготовлення деталей механізмів керування потужністю газотурбінних двигунів шляхом застосування прогресивних методів проектування технологічних процесів, спеціального технологічного оснащення та засобів автоматизації виробничих процесів.

Для досягнення поставленої мети вирішуються такі задачі:

- виконання конструкторського аналізу вузла механізму та розрахунку розмірних ланцюгів;
- технологічний аналіз деталей «Золотник», обґрунтування вибору матеріалів і методів отримання заготовок;
- аналіз технологічності конструкцій деталі;
- вибір типу виробництва та обґрунтування задач проектування;
- розроблення маршрутних та операційних технологічних процесів механічної обробки;

					КНУ.КБР.131.26.2-03.В					
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.	Лебединський				Вступ			Піт.	Арк.	Акресив
Перевір.	Кіяновський									
Н. Контр.	Нечасів									
Зав. каф.	Рязанцев.									
					Каф. ТМ гр. ПМ-23СК					

- розрахунок припусків, режимів різання та нормування операцій;
- техніко-економічне обґрунтування варіантів технологічного процесу;
- розроблення верстатно-інструментального налагодження для операції на верстаті з ЧПК;
- проектування спеціального верстатного пристосування та контрольного пристосування;
- аналіз умов праці й розроблення заходів з охорони праці та пожежної безпеки.

Об'єктом дослідження є технологічний процес виготовлення деталі механізму керування потужністю газотурбінного двигуна – «Золотника»

Предметом дослідження є методи підвищення ефективності виготовлення деталі шляхом концентрації технологічних операцій, застосування багатоцільових верстатів з ЧПК та CAD/CAM-систем.

Практична значущість роботи полягає у розробленні технологічного процесу, впровадження якого забезпечує зниження технологічної собівартості обробки деталі «Золотник» на 38,7% порівняно з базовим варіантом – із 26,515 грн до 16,255 грн на виріб, – завдяки підвищенню концентрації операцій і широкому застосуванню обладнання з числовим програмним керуванням.

					КНУ.КБР.131.26.2-04.В	Арк.
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі

1.1 Розрахунок лінійних розмірних ланцюгів методом одного квалітету

На першому аркуші графічної частини представлено вузол механізму керування потужністю газотурбінного двигуна, який розглядається як складова альтернативного приводу гірничо-металургійного обладнання. Даний вузол призначений для забезпечення надійної передачі механічного зусилля та стабільного функціонування системи керування в умовах експлуатаційних навантажень.

Під час роботи елементи конструкції сприймають крутні та згинальні навантаження, що висуває підвищені вимоги до точності виготовлення деталей і якості їх складання. Особливого значення набуває забезпечення необхідних монтажних зазорів і взаємного розташування спряжених поверхонь, від яких безпосередньо залежить довговічність і надійність роботи механізму.

Для оцінки точності складання та забезпечення взаємозамінності деталей виконується розрахунок лінійного розмірного ланцюга методом одного квалітету. Застосування даного методу дозволяє призначити єдиний рівень точності для більшості складових ланок, що сприяє спрощенню технологічної підготовки виробництва та зменшенню трудомісткості виготовлення виробу.

Виявляємо і зображуємо лінійний розмірний ланцюг.

Рухаючись проти годинникової стрілки, включаємо в розмірний ланцюг усі ланки, що мають вплив на зазор. Наносимо розмірний ланцюг на креслення і визначаємо характер ланки (збільшувальні чи зменшувальні) стрілкою зверху. Усім поверхням що сполучаються і попали в розмірний ланцюг привласнюємо порядковий номер. Зображуємо схему розмірного ланцюга А з вказівкою торцевих биттів у таблиці 1.1. У підсумковому верхньому куті таблиці 1.1 записуємо позначення і призначення розмірного ланцюга, а в графі «Найменування ланок розмірного ланцюга» таблиці 1.1 записуємо усі ланки записом їхнього призначення.

					КНУ.КБР.131.26.2-03.01.АСП			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі	Піт	Арк	Акрюшів
Розроб.	Лебединський							
Перевір.	Кіановський							
Н. Контр.	Нечасів							
Зав. каф.	Рязанцев.					Каф. ТМ гр. ПМ-23СК		

У графі «Позначення ланки» і «Номінальні розміри» заносимо позначення ланок із узівкою характеру і номінальні значення ланок, що вимірюємо на складальному кресленні.

2) Вирішуємо пряму задачу методом одного квалітету (однакової точності) [1]. Розрахунок кількості одиниць допуску робимо за виразом (1.1), виходячи з нормальної точності на відхилення від розташування поверхонь, при якій сума торцевих биттів складових ланок $\sum \beta_i = 0,3T_\Sigma$

$$a = \frac{0,7 \cdot ([T_\Sigma] - \sum T_{CT})}{\sum_{j=1}^n i_j} \quad (1.1)$$

де $[T_\Sigma]$ - допуск замикаючої ланки

$\sum T_{CT}$ - сума допусків стандартних деталей. Допуски на ширину підшипника кулькового однорядного і його торцеве биття вибираються, як стандартні значення з таблиці 4.82, стор. 95 [2]. Значення T_Σ і $\sum T_{CT}$ підставляємо в мкм.

i_j - значення одиниці допуску, що вибираємо відповідно до ДСТУ ISO 286-1 та ДСТУ ISO 286-2. з таблиці 3.3, стор.20 [3] відповідно до інтервалу номінальних розмірів в яких входить j – планка, і заносимо в таблицю 1.1 у графу «j». Унизу стовпчика визначається сума одиниць допусків

n – кількість нестандартних ланок розмірного ланцюга.

$$a = \frac{0,7 \cdot (1000 - 120)}{1,31 + 0,55 + 0,9} = \frac{0,7 \cdot 880}{2,76} = 223,19$$

Знайдене значення кількості одиниць $a=223,19$ відповідає JT12, JT13 (і входить в інтервал $a=160 \div 250$ табл. 1.8 стор 7 [2] Передбачувані квалітети записуємо в четвертий, а допуски в п'ятий стовпчик таблиці 1.1.

Торцеве биття призначаються і вимірюється по найбільших діаметрах деталей, лінійні розміри яких записуються в графі «номінальний розмір» табл. 1.1. Торцеві биття вибираються по табл 2.28 стор 52 [2] відповідно до обраної норми точності.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.01.АСП	Арк.

Обрано нормальну точність, тому ступінь точності обрано нормальну точність, тому ступінь точності торцевого биття на одиницю менше, ніж квалитет точності відповідного розміру.

3) Перевірка правильності призначення допусків виконується за виразом

$$T_{\Sigma} = \sum_{j=1}^n (T_{Aj} + \beta_j) \quad (1.2)$$

де T_{Σ} - сума допусків усіх ланок розмірного ланцюга

T_{Aj} - допуски складових ланок

β_j - торцеві биття поверхонь, що сполучаються

n - кількість ланок у ланцюзі

$$T_{\Sigma} = \sum_{j=1}^n (T_{Aj} + \beta_i) = (210 + 140 + 120 + 150 + 120 + 100 + 160) = 1000 \text{ мкм}$$

Похибка розрахунку

$$\varepsilon = \left| \frac{T_{\Sigma} - [T_{\Sigma}]}{T_{\Sigma}} \right| \cdot 100\% = \left| \frac{1000 - 1000}{1000} \right| \cdot 100\% = 0\% \quad (1.3)$$

0% < 5%. Отже корекція допусків не потрібна.

4) Призначення граничних відхилень.

Допуск на відстань між торцем корпусу та лівим торцем канавки A_1 призначаємо симетрично.

Допуск на товщину стопорного кільця A_2 призначаємо у тіло деталі, тобто в «мінус».

Граничні відхилення призначаємо на всі ланки крім однієї, незалежної ланки. Залежна ланка потрібна для того, щоб компенсувати випадково призначені відхилення. Як залежну ланку вибираємо деталь, що легко обробити з будь-якою точністю. Цією ланкою буде висота ніжки кришки A_4 . Виділяємо цю ланку квадратом. Заповнюємо колонку «Розмір з відхиленням» таблиці 1.1 на усі ланки,

					КНУ.КБР.131.26.2-04.01.АСП	Арк.
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

крім залежної. У колонку « ΔC_j » проставляємо значення серед полів допусків, визначені за виразом

$$\Delta C_j = \frac{es_j + ei_j}{2} \quad (1.4)$$

Координата середини поля допуску торцевого биття визначається по формулі

$$\Delta \beta_j = \frac{\beta_j}{2} \quad (1.5)$$

5) Визначення граничних відхилень залежної ланки починається з визначення координати середини поля допуску цієї ланки. Залежна ланка обрана з числа зменшувальних ланок. Тому координата середини її поля допуску обчислюється за формулою

$$\Delta C_x = \sum_{K=1}^m (\Delta \vec{C}_K + \Delta \vec{\beta}_K) - \sum_{f=1}^p (\Delta \vec{C}_f + \Delta \vec{\beta}_f) - \Delta C_\Sigma \quad (1.6)$$

де ΔC_K и $\Delta \beta_K$ - середини полів допусків та торцеві биття збільшувальних ланок розмірного ланцюга

де ΔC_f и $\Delta \beta_f$ - середини полів допусків та торцеві биття зменшувальних ланок розмірного ланцюга

m и n – кількості відповідно збільшувальних і зменшувальних ланок у розмірному ланцюзі

Координата середини поля допуску залежної зменшувальної ланки A_4

$$\Delta \vec{C}_{A_4} = (0 + 0,05) - (-0,07 - 0,06 + 0,06 + 0,08) - 0,7 = -0,66 \text{ мм}$$

Граничні відхилення залежної ланки визначаються по виразах:

$$es_i = \Delta C_i + \frac{T_i}{2} \quad ei_i = \Delta C_i - \frac{T_i}{2} \quad (1.7)$$

$$es_{A_4} = -0,66 + \frac{0,150}{2} = -0,585 \text{ мм} \quad ei_{A_4} = -0,66 - \frac{0,150}{2} = -0,735 \text{ мм}$$

$$A_4 = 10_{-0,735}^{-0,585} \text{ мм}$$

Граничні відхилення ланки A_4 записуємо в табл. 1.1

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.01.АСП	Арк.

б) Перевірка правильності призначення граничних розмірів виконується по виразах (1.8) и (1.7)

Координата середини поля допуску

$$\Delta C_{\Sigma} = \sum_{k=1}^m (\Delta \vec{C}_k + \frac{\vec{\beta}_k}{2}) - \sum_{f=1}^p (\Delta \vec{C}_f + \frac{\vec{\beta}_f}{2}) \quad (1.8)$$

$$\Delta C_{\Sigma} = (0 + 0,05) - (-0,07 - 0,06 - 0,66 + 0,06 = 0,08) = 0,7 \text{ мм}$$

Граничні відхилення згідно з виразом (1.7)

$$es_{\Sigma} = 0,7 + \frac{1,0}{2} = 1,20 \text{ мм} \quad ei_{\Sigma} = 0,7 - \frac{1,0}{2} = 0,200 \text{ мм}$$

Замикаюча ланка $A_{\Sigma} = 0_{+0,2}^{+1,2} \text{ мм}$

Розрахунок зроблений правильно. Однак вимоги до точності лінійних розмірів дуже високі, тому переходимо до розрахунку розмірних ланцюгів імовірнісним методом.

1.2 Розрахунок лінійних розмірних ланцюгів імовірнісним методом

Для підвищення технологічності виготовлення та забезпечення економічно обґрунтованих вимог до точності складання досліджуваного механізму додатково виконується розрахунок лінійного розмірного ланцюга імовірнісним методом.

На відміну від методу повної взаємозамінності, імовірнісний підхід враховує статистичний характер розсіювання фактичних розмірів деталей, що виготовляються в умовах сучасного машинобудівного виробництва. Використання цього методу дозволяє розширити поля допусків окремих ланок без погіршення експлуатаційних характеристик виробу.

Побудова розмірного ланцюга та визначення його складових виконуються аналогічно попередньому розрахунку. Подальший розрахунок здійснюється відповідно до прийнятої методики із застосуванням теоретико-імовірнісного підходу.

1) Виявлення і зображення розмірних ланцюгів аналогічно попередньому розрахунку.

					КНУ.КБР.131.26.2-04.01.АСП	Арк.
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

2) Розрахунок кількості одиниць допуску робимо за виразом.

$$a = \frac{[T_{\Sigma}] - \sqrt{1,44 \cdot \sum T_{CT}^2 + 0,56 \sum \beta_{CT}^2}}{1,2 \sqrt{\sum_{j=1}^n j_j^2}} = \frac{1000 - \sqrt{1,44 - 120^2}}{1,2 \sqrt{(1,31^2 + 0,55^2 + 0,9^2)}} = 424,138 \quad (1.9)$$

Знайдене значення кількості одиниць, $a=424,138$ відповідає JT14, JT15 і входить в інтервал $a=400 \div 640$ табл 1.8 стор. 7 [2].

Призначені квалітети записуємо в четвертий стовпчик табл. 1,2, а обрані по табл. 1.8 допуски – в п'ятий стовпчик. торцеві биття вибираються по табл. 2.28 стор 52 [2].

3) Перевірка правильності призначення допусків виконується за виразом

$$T_{\Sigma} = \sqrt{1,44 \cdot \sum_{i=1}^n T_i^2 + 0,56 \sum_{j=1}^m \beta_j^2} \quad (1.10)$$

$$T_{\Sigma} = \sqrt{1,44 \cdot (0,52^2 + 0,4^2 + 0,12^2 + 0,36^2) + 0,56 \cdot (0,3^2 + 0,25^2 + 0,4^2)} = 1,011 \text{ мм}$$

Похибку розрахунку перевіряємо за формулою (1.3)

$$\varepsilon = \left| \frac{T_{\Sigma} - [T_{\Sigma}]}{T_{\Sigma}} \right| \cdot 100\% = \left| \frac{1,0011 - 1,0}{1,0} \right| \cdot 100\% = 0,107\%$$

$0,107\% < 5\%$ отже, допуски призначено вірно

4) Призначення граничних відхилень робимо по п 1.1.4. Як залежну ланку вибираємо A_4 і виділяємо її квадратом.

5) Визначення граничних відхилень залежної ланки.

Залежна ланка обрана з числа зменшувальних ланок. Тому координата середини її поля допуску обчислюється по формулі.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.01.АСП	Арк.

$$\Delta \overset{\leftarrow}{C}_x = \sum_{K=1}^m \left[\Delta \vec{C}_K + \Delta \overset{\rightarrow}{\beta}_K + 0,05 \cdot (\vec{T}_K + \overset{\rightarrow}{\beta}_K) \right] - \sum_{f=1}^p \left[(\Delta \overset{\leftarrow}{C}_f + \Delta \overset{\leftarrow}{\beta}_f + 0,5) \cdot (\overset{\leftarrow}{T}_f + \overset{\leftarrow}{\beta}_f) \right] - \Delta C_{\Sigma} - 0,05 T_{\Sigma} - 0,05 T_x \quad (1.11)$$

$$\Delta C_{A_4} = [0 + 0,125 + 0,05 \cdot (0,52 + 0,25)] - [-0,2 - 0,06 + 0,15 + 0,2 + 0,05 \cdot (0,4 + 0,12 + 0,3 + 0,4)] - 0,7 - 0,05 \cdot 0,36 = -0,7555 \text{ мм}$$

Граничні відхилення залежної ланки визначають за формулами (1.7)

$$es_{A_4} = -0,7555 + \frac{0,36}{2} = -0,5755 \text{ мм} \quad ei_{A_4} = -0,7555 - \frac{0,36}{2} = -0,9355 \text{ мм}$$

Знайдені значення записуються в табл 1.2

б) Перевірка правильності визначення граничних відхилень робиться за виразами (1.12) в (1.7)

$$[\Delta C_{\Sigma}] = \sum_{K=1}^m \left[\Delta \vec{C}_K + \frac{\overset{\rightarrow}{\beta}_K}{2} + 0,05 \cdot (\vec{T}_K + \overset{\rightarrow}{\beta}_K) \right] - \sum_{f=1}^p \left[\Delta \overset{\leftarrow}{C}_f + \frac{\overset{\leftarrow}{\beta}_f}{2} + 0,5 \cdot (\overset{\leftarrow}{T}_f + \overset{\leftarrow}{\beta}_f) \right] - 0,05 T_{\Sigma} \quad (1.12)$$

$$[\Delta C_{\Sigma}] = [0 + 0,125 + 0,05 \cdot (0,52 + 0,25)] - [-0,2 - 0,06 - 0,7555 + 0,15 + 0,2 + 0,05 \cdot (0,4 + 0,12 + 0,36 + 0,3 + 0,4)] - 0,05 \cdot 1,0 = +0,7 \text{ мм}$$

$$es_{\Sigma} = 0,7 + \frac{1,0}{2} = +1,2 \text{ мм} \quad ei_{\Sigma} = 0,7 - \frac{1,0}{2} = +0,200 \text{ мм}$$

$$A_{\Sigma} = 0_{+0,2}^{+1,2} \text{ мм}$$

Розрахунок зроблений правильно.

Застосування імовірнісного методу розрахунку дозволило забезпечити необхідну точність складання при використанні технологічно досяжних допусків. Отримані результати підтверджують можливість виготовлення деталей вузла з мінімальними виробничими витратами та забезпеченням необхідної надійності функціонування механізму керування потужністю газотурбінного двигуна.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.01.АСП	Арк.

1.3 Послідовність проведення розрахунків кутових розмірних ланцюгів

Одним із важливих етапів конструкторсько-технологічної підготовки виробництва є забезпечення необхідної точності взаємного розташування деталей механізму. Для механізмів керування потужністю газотурбінних двигунів особливого значення набуває правильне взаємне положення валів, підшипникових опор та зубчастих передач, оскільки від цього залежить плавність роботи приводу, рівень навантаження на окремі елементи конструкції та їхній ресурс.

Розрахунок кутових розмірних ланцюгів виконується з метою визначення допустимих величин зміщення та переносу осей деталей, що знаходяться у взаємодії. Під час проектування враховуються допуски на виготовлення деталей, похибки складання та параметри стандартних комплектуючих, зокрема підшипників кочення.

Схема кутового розмірного ланцюга наведена на першому аркуші графічної частини роботи. Як вихідні дані використовуються параметри посадок, допуски на міжосьові відстані та характеристики зубчастого зачеплення. Розрахунок здійснюється методом прецедентів, який широко застосовується під час аналізу вузлів із використанням стандартних елементів машинобудівного виробництва.

На першому етапі визначається відносне зміщення осей валів у підшипникових опорах, після чого виконується оцінка можливого переносу в характерних перерізах конструкції. Отримані результати використовуються для перевірки працездатності вузла та відповідності прийнятих технічних рішень вимогам точності складання.

1) У досліджуваному вузлі механізму керування потужністю газотурбінного двигуна визначаються характерні перерізи, через які проходять осі деталей, що беруть участь у формуванні кутового розмірного ланцюга. Для кожного перерізу встановлюються поверхні та осі, які впливають на взаємне положення елементів конструкції, після чого їм присвоюються відповідні умовні позначення.

І Ланцюг γ , що визначає відносний зсув і перекіс вала в підшипникових опорах.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.01.АСП	Арк.

II Ланцюг К визначає переки́с шестерні щодо опори 2.

2) Побудова розмірного ланцюга γ виконується по п.2. [1] зображення його приведене в таблиці 1.3.

3) Ланцюг γ складається з наступних величин

$S_1=S_4$ – зазор у посадці внутрішнього кільця підшипника на вал та на опору

$$25 \frac{L6}{K6} \left(\frac{-0.008}{+0.015 \atop +0.002} \right)$$

$S_2=S_3$ – зазор у посадці зовнішнього кільця підшипника в корпус та в

розточення маточини $\varnothing$ $47 \frac{H7}{L6} \left(\frac{+0.025}{-0.009} \right)$

$e_{10} = e_{17}$ – ексцентриситет посадкової шийки вала та опори

$e_{12} = e_{15}$ – половина радіального биття підшипників кочення

e_{14} – ексцентриситет посадкової шийки вала та опори

4) Вибір стандартних значень

а) Величина вихідної ланки e_{Σ} визначається із зачеплення блоку шестерень по ступені точності на всі норми 8 і виду бічного зазору С тобто зачеплення 8-С. Для міжцентрової відстані 94 мм та модуля зубчастого зачеплення $m=5$ граничне відхилення міжосьової відстані $f_a = \pm 45$ мкм по табл. 5.17 ([2] стор 116). Вихідне значення вибирається як половина допуску тобто $[e_{\Sigma}] = \pm 0,0225$ мм, $[et_{e_{\Sigma}}] = 0$ мм

б) Вибираємо підшипники класу точності 6. граничні відхилення на посадкові розміри підшипників і їхні радіальне биття вибираємо з табл. 4,82 ([2] стор 95-99). При визначенні e_{12} і e_{15} радіальні биття внутрішнього і зовнішнього кілець підсумовують за виразом.

$$e_{12} = e_{15} = \frac{e_{12\text{вн}} + e_{15\text{зовн}}}{2} = \frac{0,008 + 0,010}{2} = 0,009 \text{ мм} \quad (1.13)$$

в) Ексцентриситет посадкових шийок вала дорівнює половині допуску радіального биття, що вибираємо по табл. 2.40 [2] стор.53 відповідно до обраної

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.01.АСП	Арк.

норми точності. Обрано нормальну точність, тому ступінь точності радіально биття на одиницю менше, ніж квалітет точності відповідного розміру. Для вала Ø25K6 ступінь точності – 5.

$$e_{10} = e_{17} = \frac{0,010}{2} = 0,005 \text{ мм}$$

г) Не співвісність осей отвору у корпусі теж вибираємо по табл. 2.40 [2] стор. 53 відповідно до обраної норми точності. Для отвору Ø47H7 ступінь точності – 6.

$$e_{14} = 0,020 \text{ мм}$$

Зсув осей отворів у корпусі погоджується з табл 5.17 ([2] стор 115). Він повинен знаходитися в межах половини гарантованого бічного зазору $j_{n \min}$ тобто

$$P_{\Sigma} \leq \frac{j_{n \min}}{2} = \frac{87}{2} = 43.5 \text{ мкм} \quad (1.14)$$

5) Допуски зазорів визначається за виразом

$$TS_i = S_{\max i} - S_{\min i} \quad (1.15)$$

$$\text{де } S_{\max} - \text{максимальний зазор,} \quad S_{\max} = ES - ei \quad (1.16)$$

$$S_{\min} - \text{мінімальний зазор,} \quad S_{\min} = EI - es \quad (1.17)$$

ES, EI – верхнє і нижнє відхилення отвору

es, ei - верхнє і нижнє відхилення вала

$$S_{1,4 \max} = ES - ei = 0 - 0,002 = -0.002 \text{ мм} = N_{\min}$$

$$S_{1,4 \min} = EI - es = -0,008 - 0,015 = -0.022 \text{ мм} = N_{\max}$$

Таким чином у сполученні забезпечується натяг, але в розрахунок включається тільки зазор, тобто $TS_{1,4} = 0 \text{ мм}$

$$S_{2,3 \max} = ES - ei = +0,025 - (-0,009) = 0,034 \text{ мм}$$

$$S_{2,3 \min} = EI - es = 0 - 0 = 0 \text{ мм}$$

$$TS_{2,3} = 0,034 - 0 = 0,034 \text{ мм}$$

б) Координата середини поля допуску зазору визначається за виразом

$$em_{si} = \frac{em_D - em_d}{2} \quad (1.18)$$

Де em_D - координата середини поля допуску отвору

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.01.АСП	Арк.

em_d - координата середини поля допуску вала

$$em_D = \frac{ES + EJ}{2} \quad (1.19)$$

$$em_d = \frac{es + ej}{2} \quad (1.20)$$

$$em_L = \frac{0 + (-0.008)}{2} = -0.004 \text{ мм} \quad em_d = \frac{0.015 + 0.002}{2} = 0.0085 \text{ мм}$$

$$em_{S_{1.4}} = \frac{-0.04 + 0.0085}{2} = 0.00225 \text{ мм}$$

$$em_D = \frac{0.025 + 0}{2} = 0.0125 \text{ мм}$$

$$em_l = \frac{0 - 0.009}{2} = -0.0045 \text{ мм}$$

$$em_{S_{2.3}} = \frac{0.0125 + (-0.0045)}{2} = 0.004$$

Дані заносимо і табл.1.3

7) Допуск на вихідну ланку визначається по ймовірнісному методу для проектних розрахунків за виразом (1.21)

$$T_{e_\Sigma} = \sqrt{0.36 \cdot \sum_{i=1}^n T_{si}^2 + 0.56 \cdot \sum_{j=1}^m T_{ej}^2} \quad (1.21)$$

$$T_{e_\Sigma} = \sqrt{0.36 \cdot (0 + 2 \cdot 0.034^2) + 0.56 \cdot (2 \cdot 0.005^2 + 2 \cdot 0.009^2 + 0.02^2)} = 0.0343 \text{ мм}$$

8) Визначаємо координату середини поля допуску за формулою (1.22)

$$em_{e_\Sigma} = \sum_{i=1}^n \left[\vec{em}_{si} + 0.5 \vec{T}_{ei} + 0.05 \cdot (\vec{T}_{si} + \vec{T}_{ei}) \right] - \sum_{j=1}^m \left[\vec{em}_{sj} + 0.5 \vec{T}_{ej} + 0.05 \cdot (\vec{T}_{sj} + \vec{T}_{ej}) \right] \quad (1.22)$$

$$em_{e_\Sigma} = [(0.00225 + 0.004) + 0.5 \cdot (0.005 + 0.009 + 0.02) + 0.05 \cdot (0 + 0.034 + 0.005 + 0.009 + 0.02)] - [(0.00225 + 0.004) + 0.5] \cdot [(0.005 + 0.009) + 0.05 \cdot (0 + 0.034 + 0.005 + 0.009)] = 0.011 \text{ мм}$$

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.01.АСП	Арк.

9) Визначаємо граничні відхилення замикаючої ланки величини зсуву осі вала в опорах за формулами (1.23)-(1.24)

$$es_{e_{\Sigma}} = em_{e_{\Sigma}} + \frac{T_{e_{\Sigma}}}{2} = 0,011 + \frac{0,343}{2} = 0,02815 \text{ мм} \quad (1.23)$$

$$ei_{e_{\Sigma}} = em_{e_{\Sigma}} - \frac{T_{e_{\Sigma}}}{2} = 0,011 - \frac{0,343}{2} = 0,00615 \text{ мм} \quad (1.24)$$

10) Визначаємо величину перекосу в перетинах 1,3. Перетин 1 вибираємо основним, у перетині 1 перекіс буде в межах зсуву $T_{e_{\Sigma}} = 0,0343 \text{ мм}$ згідно п. 6.3.3 ([1]) перекіс визначаємо з трикутників за схемою, що зображена на рис. 1.1.

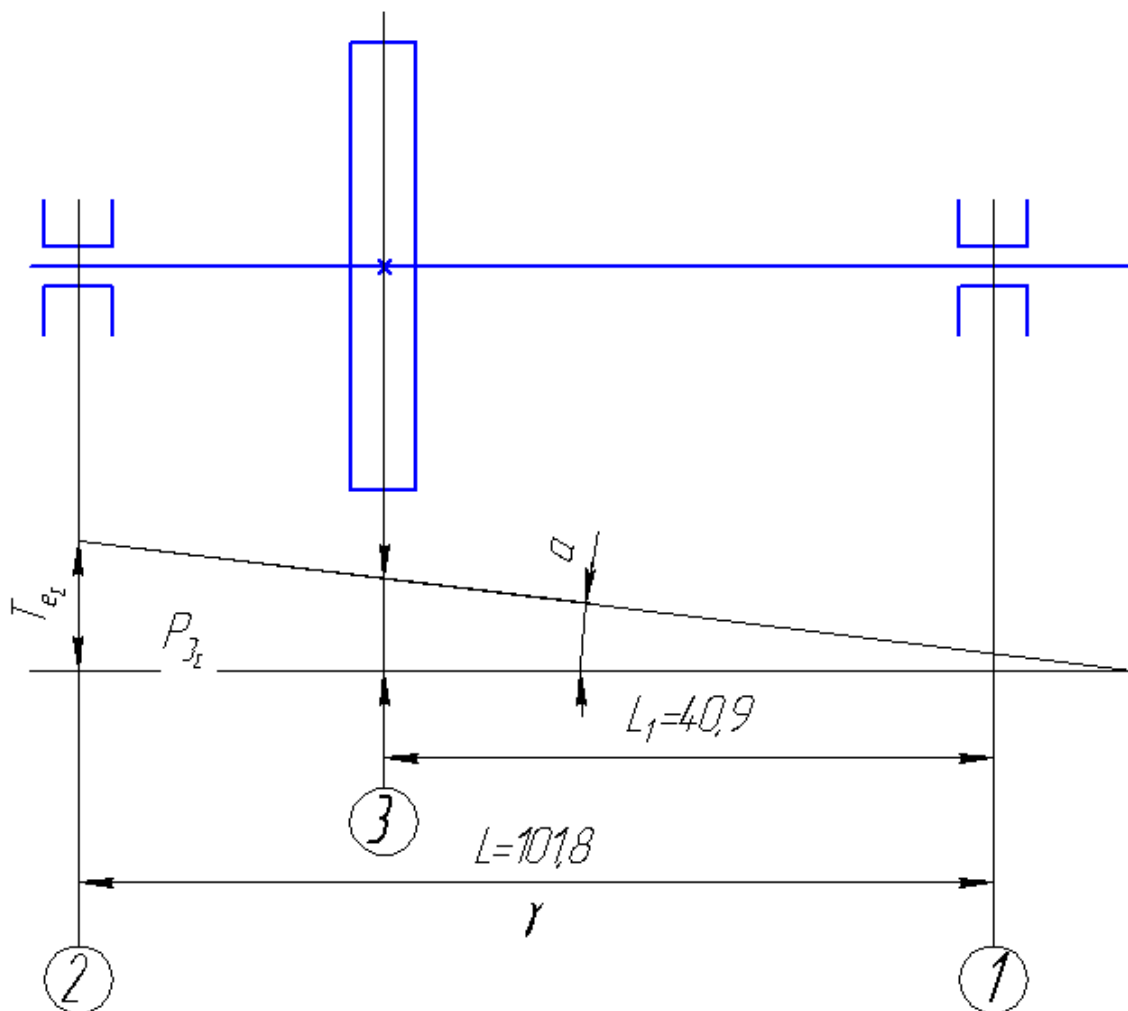


Рисунок 1.1 – Схема відносного перекосу в зубчастому зчепленні редуктора.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.01.АСП	Арк.

Спрощений розрахунок відносного перекосу визначається за виразом (1.25)

$$\frac{Te_{\Sigma}}{L} = \frac{P_{3_{\Sigma}}}{L_1} \Rightarrow P_{3_{\Sigma}} = \frac{Te_{\Sigma} \cdot L_1}{L} = \frac{0,0343 \cdot 40,9}{101,8} = 0,0138_{мм}$$

Отриманий переки́с не повинний перевищувати мінімальний гарантований бічний зазор.

$$j \min > P_{3_{\Sigma}}$$

Бічний зазор призначений для компенсацій погрішностей виготовлення і зборки, температурних деформацій і вільного розміщення змащення. Для перетину 3 знаходимо по таблиці 5.17 стор 115 [2] гарантований бічний зазор

$$j_n \min = 87 \text{ мкм}$$

$$\text{т.я. } 0,087 > 0,0138 \text{ мм}$$

Отримані результати свідчать про те, що величина взаємного перекосу та зміщення осей не перевищує допустимих значень, установлених для даного типу механізмів. Це підтверджує правильність прийнятих конструкторських рішень і забезпечує надійну роботу вузла в умовах експлуатації. Визначені параметри точності можуть бути використані під час подальшого проектування технологічного процесу виготовлення та складання виробу.

					КНУ.КБР.131.26.2-04.01.АСП	Арк.
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4 Технологічна схема складання

Раціональна організація процесу складання є одним із ключових факторів забезпечення надійності та довговічності механізму керування потужністю газотурбінного двигуна. Правильно побудована технологічна схема дозволяє мінімізувати похибки взаємного розташування деталей, скоротити трудомісткість складальних робіт та підвищити якість готового виробу.

Під час розроблення технологічної схеми складання враховується конструкція виробу, послідовність монтажу окремих деталей та вузлів, а також особливості використання стандартних комплектуючих. Базовою деталлю приймається елемент конструкції, відносно якого здійснюється встановлення інших складових частин.

На схемі складання всі деталі та складальні одиниці розташовуються відповідно до технологічної послідовності їх монтажу. Спочатку формуються окремі під вузли, після чого виконується їх остаточне складання у єдиний механізм. За необхідності передбачаються допоміжні операції, пов'язані із змащуванням, запресуванням, фіксацією або регулюванням окремих елементів конструкції.

Розроблена технологічна схема є основою для складання маршрутної та операційної технологічної документації, а також для визначення трудомісткості виконання складальних робіт.

					КНУ.КБР.131.26.2-04.01.АСП	Арк.
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4.1 Розробка технологічного процесу складання

Технологічний процес складання являє собою впорядковану сукупність операцій і переходів, виконання яких забезпечує отримання готового виробу із заданими експлуатаційними характеристиками. Послідовність виконання операцій визначається конструктивними особливостями вузла, вимогами до точності складання та умовами виробництва.

Під час розроблення технологічного процесу враховується можливість застосування універсального та спеціального оснащення, а також використання сучасних методів контролю якості складальних операцій. Для кожного переходу визначаються необхідні пристосування, допоміжний інструмент і нормативний час виконання робіт.

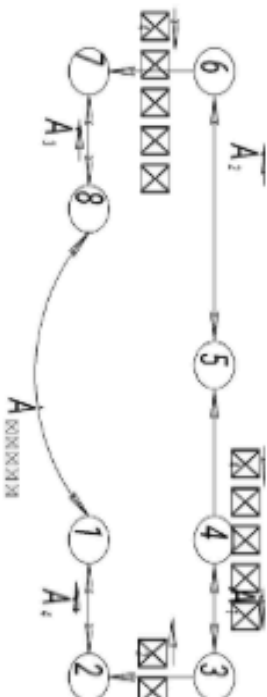
Маршрут складання формується таким чином, щоб забезпечити мінімальну трудомісткість процесу та стабільність параметрів готового механізму.

Таблиця 1.4 – Технологічна карта складання згідно креслення.

№	Зміст переходу	Пристосування	T _о , хв
	Складання складальної одиниці		
1	Установите шпонку 3 на вал 2	стіл	0,07
2	Установите шестерню 4 на вал 2 до упора		0,07
3	Установите втулку распірну 5 на вал 2		0,05
4	Установите втулку распірну на вал 2		0,05
5	Встановити кільця масловідбійні 7,8 на вал 2		0,36
6	Встановити кільце пружинне 9 на вал 2		0,1
7	Запресувати внутрішні кільця підшипників 10,11 на вал 2		1,0
8	Установити шайбу стопорну 12 на вал 2		0,07
9	Накрутити контр гайку 13 й застопорити стопорною гайкою 12		0,8
10	Установите втулку 14 на вал	тара	0,07
11	Відкласти складальну одиницю в тару		0,05

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.01.АСП	Арк.

Таблиця 1.1 – Розрахунок лінійних розмірних ланцюгів А методом min-max

Призначення розмірного ланцюга		Ланцюг А забезпечує зазор між кришкою і підшипником		Значення вихідної ланки		Повної взаємозамінності		А _Σ = 0 ^{+1,2} _{+0,2} ; Т _Σ = 1,0 мм; ΔC _Σ = +0,7 мм		
Схема розмірного ланцюга				Вихідні дані			Розрахункові величини			
				Позначення ланки	Номінальний розмір	i	Квалітет	Допуск Мкм	Розмір з відхиленнями	ΔC _i
				$\overline{A_1}$	23,7	1,31	IT12	210	2,37 ± 0,105	0
				$\overline{A_2}$	1,7	0,55	IT13	140	1,7 _{-0,140} ^{+0,140}	-0,007 0
				$\overline{A_3}$	12	Станд.	Станд.	120	12 _{-0,120} ^{+0,120}	-0,060
				$\overline{A_4}$	10	$\begin{matrix} 0,9 \\ \Sigma=5,34 \end{matrix}$	IT12	$\begin{matrix} 150 \\ \Sigma=620 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 10_{-0,385}^{+0,385} \\ 10_{-0,715}^{+0,715} \end{matrix}$	-0,66
				Розрахунок розмірного ланцюга			$\overline{A_2}$ – відстань між торцем корпусу 3 та лівим торцем канавки 4	78		11
			$\overline{A_4}$ – товщина стопорного кільця	49,5		11	100	0,050		
			$\overline{A_3}$ – ширина підшипника	49,5		12	160	0,080		
			$\overline{A_4}$ – висота ніжки кришки				Σ=380			
			$\overline{\beta_2}$ – торцеве биття торця 2 кришки	$\alpha = \frac{0,7 \cdot (1000 - 120)}{1,31 + 0,55 + 0,9} = 223,19;$ $T_{\Sigma} = \sum_{j=1}^n (T_{A_j} + \beta_j) = 210 + 100 + 120 + 150 + 120 + 100 + 100 = 900_{\text{мкм}}$ $\Sigma = \left \frac{T_{\Sigma} - [T_{\Sigma}]}{T_{\Sigma}} \right \cdot 100\% = \left \frac{1000 - 1000}{10000} \right \cdot 100\% = 0$ $\Delta C_{A_4} = (0 + 0,05) - (-0,07 - 0,06 + 0,06 + 0,08) - 0,7 = -0,66_{\text{мм}}$						
			$\overline{\beta_4}$ – відхилення від паралельності торця корпусу від лівого торця канавки (поверхня 4)							
			$\overline{\beta_6}$ – торцеве биття стопорного кільця							

Продовження таблички 1

$$es_{A_4} = -0.66 + \frac{1.50}{2} = -0.585_{мм}; \quad ei_{A_4} = -0.66 - \frac{0.150}{2} = -0.735_{мм} \quad A_4 = 10^{+0.585}_{-0.735};$$

$$\Delta C_{\Sigma} = (0 + 0.05) - (-0.07 - 0.06 - 0.66 - 0.06 - 0.08) = 0.7_{мм} \quad es_{\Sigma} = 0.7 + \frac{1.0}{2} = +1.2_{мм}$$

$$ei_{\Sigma} = 0.7 - \frac{1.0}{2} = +0.2_{мм} \quad A_{\Sigma} = 0^{+1.2}_{+0.2};$$

Вимоги до точності лінійних розмірів високі

КНУ.КБР.131.26.2-04.01.АСП					Арк.
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

Продовження табл. 1

$es_{A_4} = -0,7555 + \frac{0,36}{2} = -0,5755_{mm}$ $ei_{A_4} = -0,7555 - \frac{0,36}{2} = -0,9355_{mm}$ $A_4 = 10_{-0,5755}^{-0,9355}$
 $[AC_{\Sigma}] = [0 + 0,125 + 0,05 \cdot (0,52 + 0,25)] -$
 $[-0,2 - 0,06 - 0,7555 + 0,15 + 0,2 + 0,05 \cdot (0,4 + 0,12 + 0,36 + 0,3 + 0,4)] - 0,05 \cdot 1,0 = +0,7_{mm}$
 $es_{\Sigma} = 0,7 + \frac{1,0}{2} = +1,2_{mm}$ $ei_{\Sigma} = 0,7 - \frac{1,0}{2} = +0,2_{mm}$ $A_{\Sigma} = 0_{+0,2}^{+1,2}_{mm}$
 Допуски на складові ланки розмірного ланцюга
 виготовляються за технологічно досяжними і прийнятними з
 економ. точки зору.

Арк.

КНУ.КБР.131.26.2-04.01.АСП

Змн.

Лист

№ докум.

Підпис

Дата

Таблиця 1.3 – Кутовий розмірний ланцюг

Позначення розмірного ланцюга	Визначення величини відносного зсуву та відносного перекосу вісі вала в підшипникових опорах	Призначення розмірного ланцюга	$a_w=94 \text{ мм}$		$j_{\text{п min}}=0.087 \text{ мм}$ $f_s=\pm 0.045 \text{ мм}$		
Схема розмірного ланцюга			Шукана величина	Повної взаємозамінності	Теоретико-вірогідний		
			e_{Σ}	$\pm 0.0225 \text{ мм}$			
			em_{Σ}	0.011 мм			
			Te_{Σ}	0.00343 вв			
			P_{Σ}	0.00138 вв			
Ланка	Найменування розміру	Величина T_{ei}	T_{Si}	em_i	em_{ei}	K_i	f_i
$\overline{S_1}=S_4$	Зазор у посадці внутрішнього кільця підшипника на вал та на опорі	$\varnothing 25 \frac{L6}{K6} \begin{pmatrix} -0.08 \\ -0.015 \\ -0.002 \end{pmatrix}$	0	$\frac{-0.004}{+0.0085}$	0.00225	1.22	0.02
$\overline{S_2}=S_3$	зазор у посадці зовнішнього кільця підшипника в корпус та в розточення маточини	$\varnothing 47 \frac{H7}{I6} \begin{pmatrix} +0.025 \\ -0.015 \\ -0.009 \end{pmatrix}$	0.034	$\frac{+0.0125}{-0.0045}$	0.04	1.22	0.02
$e_{12}=e_{19}$	ексцентриситет посадкової шийки вала та опори	$\frac{0.010}{2} = 0.005 \text{ мм}$		0.0025		0.75	0.02
$e_{14}=e_{17}$	Половина радіального биття підшипників кочення	$\frac{0.008 + 0.010}{2} = 0.009$		0.045		0.75	0.02
e_{16}	Зсув осей отворів у корпусі та маточині	0.020 мм		0.010		0.75	0.02

Арк.

КНУ.КБР.131.26.2-04.01.АСП

Дата

Підпис

№ докум.

Лист

Змн.

1.5 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу й варіантів замін.

Досліджувана деталь є одним із основних елементів механізму керування потужністю газотурбінного двигуна, який застосовується як альтернативний привід гірничо-металургійного обладнання. Її функціональне призначення полягає у забезпеченні стабільної роботи системи регулювання та точного взаємного положення елементів приводу під час експлуатації.

У процесі роботи деталь здійснює поступальне переміщення в напрямних поверхнях вузла, забезпечуючи необхідний режим функціонування механізму керування. Конструкція виробу повинна гарантувати плавність переміщення, достатню жорсткість та збереження геометричних параметрів протягом усього терміну служби.

До основних експлуатаційних вимог належать забезпечення точності взаємного розташування спряжених поверхонь, зносостійкості, стабільності геометричних розмірів та достатньої міцності в умовах змінних механічних навантажень. Це обумовлює необхідність правильного вибору конструкційного матеріалу та технології виготовлення деталі.

З урахуванням умов експлуатації, конструктивних особливостей виробу та вимог до технологічності його виготовлення для деталі прийнято матеріал – сірий чавун марки СЧ20 відповідно до вимог ДСТУ EN 1561:2014 . Даний матеріал характеризується достатнім рівнем міцності, високою зносостійкістю, добрими ливарними властивостями та задовільною оброблюваністю різанням.

Важливою перевагою сірого чавуну є його здатність ефективно демпфувати вібраційні навантаження, що позитивно впливає на довговічність вузлів машин і механізмів. Крім того, використання цього матеріалу забезпечує економічну доцільність виготовлення деталей складної конфігурації.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.01.АСП	Арк.

Як альтернативні матеріали можуть застосовуватися марки СЧ21, СЧ24, СЧ25 та СЧ30, механічні властивості яких дозволяють використовувати їх для виготовлення аналогічних деталей машинобудівного призначення.

Рекомендований хімічний склад та механічні властивості матеріалу деталі та варіантів замін наведені в таблицях 1.4-1.5

Таблиця 1.5 – Рекомендований хімічний склад та механічні властивості сірого чавуну СЧ 20 та варіантів замін [4]

Чавун	C,%	Si,%	Mn,%	S,%	P,%	$\sigma_{\hat{a}}$, МПа	Твердість HB·10 ⁻¹ МПа
СЧ 20	3,3...3,5	1,4...2,2	0,7...0...1,0	≤ 0,15	≤ 0,2	196	170-241
СЧ 21	3,3...3,5	1,4...2,2	0,7...0...1,0	≤ 0,15	≤ 0,2	206	170-241
СЧ 24	3,2...3,4	1,4...2,2	0,7...0...1,0	≤ 0,15	≤ 0,2	235	170-241
СЧ 25	3,2...3...3,4	1,4...2,2	0,7...0...1,0	≤ 0,15	≤ 0,2	245	180-250
СЧ 30	3,0...3...3,2	1,0...1...1,3	0,7...0...1,0	≤ 0,12	≤ 0,2	294	181-255

Таблиця 1.6 - Механічні властивості сірих чавунів [4]

СЧ 20- СЧ 30	При розтягненні			При стисканні				
	$E \cdot 10^{-3}$ МПа	σ , %	σ_{-1D} МПа	σ_c МПа	$E \cdot 10^{-3}$ МПа	μ	ψ , %	σ_{-1D} МПа
	85-125	0,4-065	90-115	850-1000	93-130	0,28-0,29	15-30	120 -145
	При крутінні		При зрізі		ψ , % при вібрації з навантаже нням рівним 1/3 $\sigma_{0,2}$	a_n кДж/м ²	При вигині	
	$\tau_{\hat{a}}$ МПа	τ_{-1} МПа	$\tau_{\hat{a}}$ МПа	$G \cdot 10^{-3}$ МПа			σ_{-1D} МПа	$\sigma_{\hat{e}}$ МПа
	280-360	100-120	250-355	45-54			67-133	400-500

Герметичність виливок із чавуну залежить як від графітової. Так і від усадочної пористості, незважаючи на наявність графіту, герметичність чавуну досить велика, якщо у виливках відсутні ливарні дефекти.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.01.АСП	Арк.

Зварюваність сірого чавуна значно гірше, ніж у вуглецевої сталі, тому газове й дугове зварювання, як і заварка дефектів (особливо великих) на виливках проводиться за особливою технологією.

Оброблюваність сірого чавуну пропорційна його твердості. Вона поліпшується в міру збільшення кількості фериту в структурі, а також у міру підвищення однорідності структури, тобто при відсутності в ній включень фосфідної евтектики, карбідів, що володіють підвищеною твердістю. Наявність графіту корисна, тому що стружка виходить такою, що кришиться й тиск на інструмент зменшується.

Термообробка не передбачена технічними умовами.

Таблиця 1.7 – Хімічний склад сталі 45 та варіантів заміни %, ДСТУ EN 10083-2:2017

Хімічні елементи		Матеріали			
		45	40х	50	50Г2
C		0,42-0,50	0,36-0,44	0,47-0,55	0,46-0,55
Si		0,17-0,37	0,17-0,37	0,17-0,37	0,17-0,37
Mn		0,50-0,80	0,50-0,80	0,50-0,80	1,4-1,8
Cr	НЕ БІЛЬШЕ	0,25	0,80-1,10	0,25	0,3
S		0,04	0,035	0,04	0,035
P		0,035	0,035	0,035	0,035
Cu		0,25	0,30	0,25	0,3
Ni		0,25	0,30	0,25	0,3
As		0,08	-	0,08	-

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.01.АСП	Арк.

Таблиця 1.8 – Порівняння механічних властивостей сталі 45 і варіантів замін [5]

Марка матеріалу	Термообробка	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_{\dot{a}}$	σ_3	ψ	KCU Дж/см ³	HB
		МПа		%			
Сталь 45	Загартування 850 °С, вода. Отпуск 550°C	440	690	13	40	49	202-234
Сталь 40X	Загартування 850 °С, вода. Повітря. Отпуск, 580-650 °С, вода	490	655	15	45	59	212-248
Сталь 50	Загартування 850 °С, вода. отпуск 580-600°C повітря	470	740	13	40	39	180
Сталь 50Г2	Нормалізація	315	570	17	38	39	167-207

Технологічні властивості .

Температура ковкі, С°: початку 1250, кінця 700. Для перетинів до 400 мм прохолодження на повітрі. Зварюваність – важко зварювана. Способи зварювання РДС, КТС. Необхідний підігрів і наступна термообробка.

Оброблюваність різанням – у гарячекатаному стані при HB 170÷179, σ_a =640МПа, $K_{v.b.cпл}$ =1,0, $K_{v.b.cпл}$ =1,0

Флокеночутливість – мало чуттєва.

Схильність до відпускнуї крихкості – не схильна

Як термічну обробку обрано поверхневе загартування ([6])

Метою цього виду термічної обробки є досягнення високої міцності поверхневого шару. Це досягається завдяки швидкому нагріванню поверхневого шару вище крапок фазових перетворень і створення градієнта температури по перетину деталі. Швидке наступне охолодження приводить до того що поверхневий шар, нагрітий вище крапки A_{c3} загартується цілком, шар, що прилягає до поверхневого частково,серцевина залишається незагартованою. Гартівні температури для поверхневого загартування вибираються більш високими, чим для звичайного загартування тому що при нагріванні з високими

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.01.АСП	Арк.

швидкостями перетворення перліту в аустеніт йде в області більш високих температур.

Оскільки перегрів тонкого поверхневого шару здійснюється з дуже великою швидкістю, це не приводить до погіршення структури сталі за рахунок росту зерна аустеніту. Для поверхневого загартування деталей групи обраний найбільш розповсюджений метод – загартування з індукційним нагріванням – нагріванням струмами високої частоти. Він заснований на виділенні теплоти при проходженні перемінного струму високої частоти у поверхневому шарі металевого виробу.

Цей струм індукується контуром, що оточує виріб і створює перемінне електро – магнітне поле. Поверхнєве нагрівання забезпечується дією скін-ефекту , що полягає в тім, що індукований перемінний струм протікає в тим більш тонкому шарі чим вище частота цього струму і магнітна проникність матеріалу. Джерелом СВЧ служать спеціальні генератори різної потужності.

Загартування з індукційним нагріванням дозволяє одержати структуру сталі з твердістю на 3...5 HRC вище , ніж при звичайному загартуванні, і з набагато більш дрібним зерном. Виникаючі в поверхневому шарі залишкові напруги стиску різко підвищують опір втомлюваному руйнуванню, що звичайно ініціюється утворенням поверхневих тріщин під дією напруг , що розтягують.

1.6 Аналіз якості поверхонь деталей

Для раціонального проектування технологічного процесу виготовлення деталей необхідно виконати аналіз їх поверхонь та визначити їх функціональне призначення. Такий аналіз дозволяє встановити взаємозв'язок між службовим призначенням поверхонь, вимогами до точності їх виготовлення та методами механічної обробки. Відомості про поверхні деталі «Золотник» наведені в таблиці 1.9 та на рисунку 1.2

Основними (виконавчими) поверхнями деталі є лівий торець Ø130g6 та внутрішній отвір 30H7, які забезпечують необхідне базування та точність взаємного розташування елементів вузла. До виконавчих поверхонь також належать зовнішня циліндрична вибірка R100js6, вікно складальної конфігурації,

					КНУ.КБР.131.26.2-04.01.АСП	Арк.
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

чотири отвори $\varnothing 3,8H14$, дві бокові поздовжні канавки шириною $5H12$ та внутрішні циліндричні поверхні $\varnothing 86H11$, $\varnothing 86H14$ і $\varnothing 85H10$.

До допоміжних поверхонь належать паз шириною $18H12$, внутрішні циліндричні поверхні $\varnothing 75H9$ та $\varnothing 44H9$, канавка шириною $2,2H12$, чотири різьбові отвори $4 \times M1-7H$, а також інші вільні поверхні деталі.

Для забезпечення необхідної працездатності виробу основні поверхні повинні виготовлятися з дотриманням допусків 6–7 квалітетів точності, тоді як для допоміжних поверхонь допускається застосування 7–12 квалітетів. Виконавчі поверхні безпосередньо взаємодіють із робочим середовищем та суміжними деталями, тому до них висуваються підвищені вимоги щодо точності розмірів і параметрів шорсткості.

Як технологічні бази прийнято лівий торець та внутрішній отвір деталі, відносно яких забезпечуються вимоги до взаємного розташування та форми основних і допоміжних поверхонь.

Проведений аналіз показує, що взаємозв'язок між точністю виготовлення поверхонь, вимогами до їх взаємного розташування та параметрами шорсткості відповідає умовам забезпечення нормальної відносної геометричної точності деталі.

Аналіз показує, що прийняті вимоги до точності, взаємного розташування та шорсткості поверхонь забезпечують необхідні експлуатаційні характеристики виробу та відповідають сучасним вимогам машинобудівного виробництва.

Для підвищення зносостійкості робочих поверхонь після механічної обробки передбачається проведення поверхневого зміцнення струмами високої частоти до твердості HRC 20–25 на глибину 0,8–1,0 мм.

					КНУ.КБР.131.26.2-04.01.АСП	Арк.
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

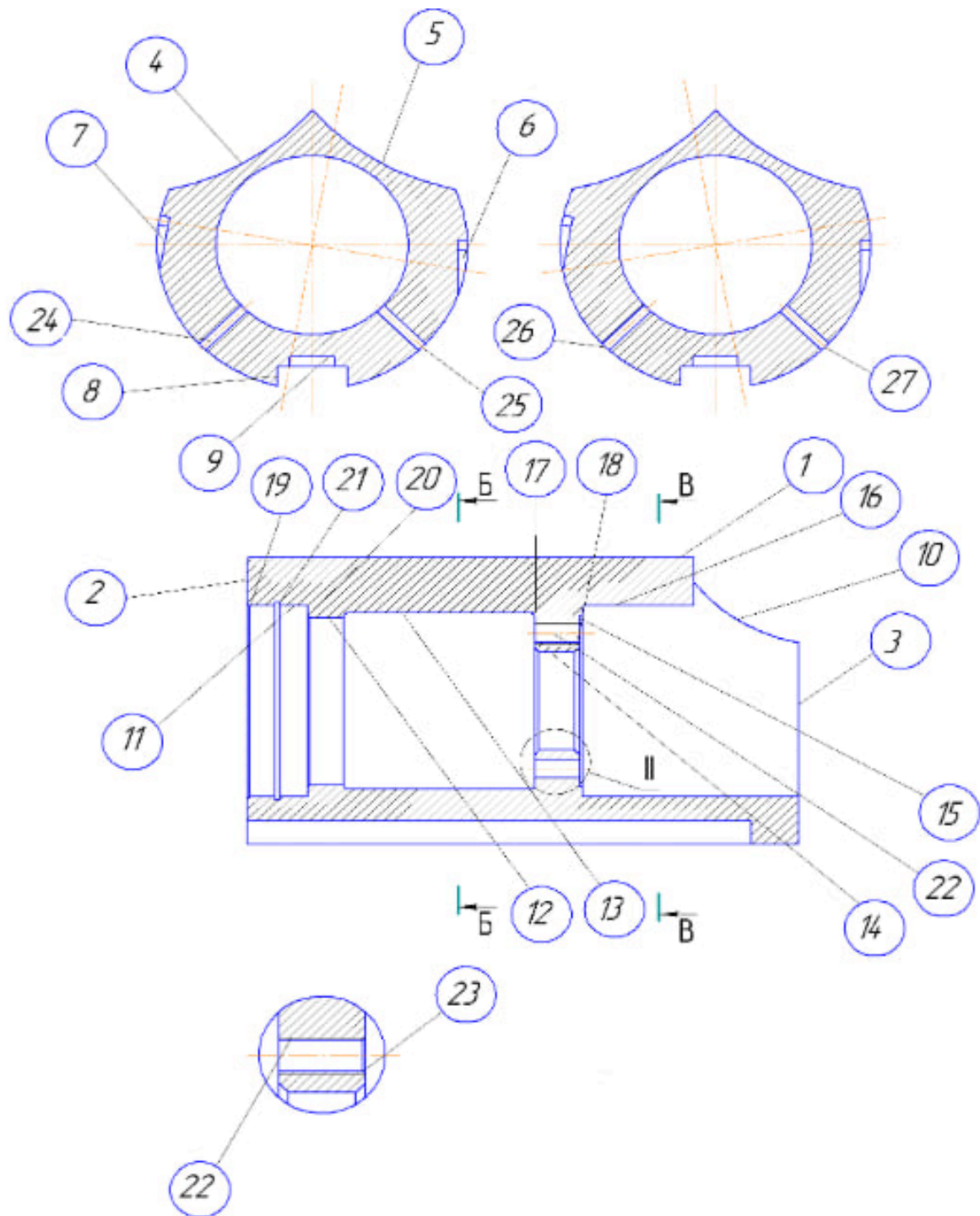


Рисунок 1.2 - Поверхні деталі “золотник”

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.01.АСП	Арк.

Таблиця 1.9 - Відомість про поверхні деталі "Золотник"

Поверхня		Номинальний розмір		Поло- ження допус- ку	Допуск T, мм	Граничні відхи- лення ES es мм EI ei	Шорс- тові Ra	Вихід- на форма і розмі- ри штан- га перевірки, мм	Характ- еристика поверх- ні	Ступі- нь точно- сті	Відносна геометрич- на точність
№ п.ч	Назва поверхні	Познач. Елементів									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Циліндрич- на поверхня	D	13 0	G6	0,025	-0,014 -0,039	0,8	Радіальне биття 0,02	Вихона вча основа	5	Н (нормальн а)
			23 0	js12	0,460	+0,230 -0,230					
			13 0	G6	0,025	-0,014 -0,039					
2,3	Торцеві	D	13 0	G6	0,025	-0,014 -0,039	12, 5	Торцеве биття 0,25	Основа а	11	А (нормальн а)
			23 0	js12	0,460	+0,230 -0,230					
			Координуюч ий розмір								
4,5	Циліндрич- на поверхня	R	10 0	Js6	0,029	+0,0145 -0,0145	0,8	Радіальне биття 0,02	Вихона вча	5	Н (нормальн а)
			23 0	js12	0,460	+0,230 -0,230					
			E								
6,7	Подовжн- на канавка	B	5	H12	0,043	+0,120 0	12, 5	Парал. 0,012	Вихона вча		
			19 0	Js12	0,460	+0,230 -0,230					
			H	H12	0,043	+0,120 0					
8	Паз	B	30	H7	0,021	+0,021 0	0,8	Парал. 0,012	Вихона вча Основа а	6	А (нормальн а)
			21 0	Js12	0,460	+0,230 -0,230					
			H	H12	0,043	+0,120 0					
9	Паз	B	18	H12	0,021	+0,180 0	12, 5		Допомі- жна		Н (нормальн а)
			39	Js14	0,620	+0,310 -0,310					
			L								

Арк.

КНУ.КБР.131.26.2-04.01.АСП

Дата

Підпис

№ докум.

Лист

Змн.

Продовження таблиці 1.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
19, 20	Фаска	В	1	НІ 4	0,2 50	+0,250 0	12,5	-	Відня		Н (норма льна)
		α	45 °		0,3 50	+0,175 -0,175					
21	Канавка	Д	88 5	НІ 2	0,3 50	0,350 0	12,5		Допоміжна		Н (норма льна)
		В	2 2	НІ 3	0,1 40	0,140	6,3	-			
22	Різьблені метри чітні	Д	М 8								
		Д ₂	7, 35	7Н	0,1 90	+0,190 0					
		Д ₁	6, 91 7	7Н	0,3 00	+0,300 0	12,5	-	Допоміжна		Н (норма льна)
		ε	18 5	Заміняюча ланка							
23	Фаска	Р	1								
		В	0, 5	НІ 4	0,2 50	+0,250 0	12,5	-	Відня		Н (норма льна)
		α	45 °								
24, 25	Цилиндричні поверхні	Д	3, 8	НІ 4	0,3 00	+0,300 0	12,5		Висока		Н (норма льна)
		ε	25	Заміняюча ланка							
26, 27	Цилиндричні поверхні	Д	3, 8	НІ 4	0,3 50	0,350 0	12,5		Висока		Н (норма льна)
		ε	22	Заміняюча ланка							

Арк.

КНУ.КБР.131.26.2-04.01.АСП

Дата

Підпис

№ докум.

Лист

Змн.

1.7 Технічний контроль робочого креслення

Робоче креслення деталі «Золотник» представлено шістьма видами та трьома розрізами, що забезпечує повне відображення її конструктивних особливостей, геометричної форми та взаємного розташування конструктивних елементів.

На кресленнях зазначено всі необхідні розміри, граничні відхилення, параметри шорсткості поверхонь, вимоги до форми та взаємного розташування поверхонь, а також інші технічні вимоги, необхідні для виготовлення та контролю деталей. Для поверхонь, на яких окремі вимоги не зазначені, діють загальні технічні вимоги, наведені на кресленні.

Креслення містять відомості про матеріал деталей, їх масу, масштаб виконання, вимоги до термічної обробки та інші характеристики, необхідні для розроблення технологічного процесу виготовлення.

Під час аналізу встановлено, що більшість лінійних і кутових розмірів, а також їх граничних відхилень відповідають вимогам ДСТУ ISO 286-1:2022 та ДСТУ ISO 286-2:2022, які регламентують систему допусків і посадок.

Допуски форми та взаємного розташування поверхонь призначені відповідно до вимог ДСТУ ISO 1101:2020 "Геометричні характеристики виробів (GPS). Допуски форми, орієнтації, розташування та биття".

Позначення параметрів шорсткості поверхонь виконані відповідно до вимог ДСТУ ISO 1302:2007, а числові значення параметрів шорсткості прийняті згідно з вимогами чинної нормативної документації.

Лінійні та кутові розміри, радіуси заокруглень і фаски призначені із застосуванням переважних рядів розмірів відповідно до ДСТУ ISO 3:2001.

Виконаний аналіз показує, що прийняті технологічні бази та система допусків забезпечують необхідну точність виготовлення деталей, їх взаємозамінність та відповідність вимогам сучасного машинобудівного виробництва.

Разом з тим для окремих розмірів доцільно застосовувати переважні значення полів допусків і параметрів шорсткості, що дозволить підвищити

					КНУ.КБР.131.26.2-04.01.АСП	Арк.
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

технологічність конструкції та спростити процес виготовлення деталей без погіршення їх експлуатаційних характеристик.

За результатами технічного контролю встановлено, що робочі креслення містять повний обсяг інформації, необхідної для проектування технологічного процесу, вибору технологічного оснащення та організації виготовлення деталей механізму керування потужністю газотурбінного двигуна.

					КНУ.КБР.131.26.2-04.01.АСП	Арк.
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1.8 Якісний аналіз технологічності

Основна деталь «Золотник» за своїми конструктивними ознаками належить до деталей типу «втулка». Її геометрична форма та конструктивне виконання забезпечують можливість застосування типових технологічних процесів механічної обробки, що позитивно впливає на технологічність виготовлення виробу.

Відповідно до службового призначення найбільш відповідальні поверхні деталі виготовляються за 6–7 квалітетами точності з параметрами шорсткості поверхні Ra 0,8–12,5 мкм. Для допоміжних поверхонь призначаються 7–12 квалітети точності при шорсткості Ra 1,6–12,5 мкм. Інші поверхні не потребують підвищеної точності та можуть виготовлятися за 14 квалітетом або залишатися без механічної обробки, якщо це не впливає на працездатність виробу.

Матеріалом деталі прийнято сірий ливарний чавун марки СЧ20, який характеризується достатньою міцністю, хорошими ливарними властивостями та високою оброблюваністю різанням. З урахуванням конструкції виробу та прийнятого матеріалу найбільш доцільним способом отримання заготовки є лиття у піщано-глинисті форми, що забезпечує необхідну точність і є економічно виправданим для даного типу виробництва.

Аналіз робочого креслення показує, що як технологічні бази доцільно використовувати вісь деталі та торцеву поверхню $\varnothing 130g6$. Обрані бази мають достатні розміри та забезпечують надійне базування заготовки під час виконання основних операцій механічної обробки.

Розрахунок жорсткості деталі зробимо за формулою:

$$\frac{l}{d - D_{cp}} = \frac{230}{79,712} = 2,89 < 5 \quad (1.26)$$

$$D_{cp} = \frac{85 \cdot 23,8 + 88,5 \cdot 2,2 + 75 \cdot 15 + 80 \cdot 79 + 44 \cdot 18,5 + 78 \cdot 1,5 + 86 \cdot 90}{230} = 79,712 \quad (1.27)$$

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.01.АСП	Арк.

де d – зовнішній діаметр;

$D_{\text{ср}}$ – середнє значення внутрішнього діаметру;

l – довжина деталі

Отримані результати свідчать про те, що конструкція деталі є достатньо жорсткою, що забезпечує стабільність її геометричних параметрів у процесі обробки.

Вільне підведення та відведення різального та вимірювального інструменту цілком можливе з-за достатніх розмірів отворів.

Окремі конструктивні елементи деталі характеризуються підвищеною складністю виготовлення. Зокрема, бокові канавки 6 і 7 шириною 5 мм мають складний профіль та потребують застосування контурного фрезерування кінцевим інструментом малого діаметра.

Підвищені вимоги до точності також висуваються до зовнішніх радіусних поверхонь 4 і 5, центри яких розташовані поза межами деталі. Для забезпечення необхідної геометричної точності їх доцільно обробляти на сучасному обладнанні з числовим програмним керуванням із використанням CAD/CAM-систем для автоматизованого формування траєкторії руху інструмента.

Аналіз конструкції показав, що паз 9 ($B=18H12$, $L=39Js14$), який у базовому технологічному процесі використовувався як допоміжна технологічна база, не бере безпосередньої участі у виконанні службових функцій деталі. У зв'язку з цим у проектованому технологічному процесі його виготовлення не передбачається, що дозволяє знизити трудомісткість обробки без погіршення експлуатаційних характеристик виробу.

Призначені вимоги до точності та якості поверхонь деталі можуть бути забезпечені із застосуванням сучасного металорізального обладнання, стандартного технологічного оснащення та засобів автоматизованої технологічної підготовки виробництва.

					КНУ.КБР.131.26.2-04.01.АСП	Арк.
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Для оцінки рівня технологічності конструкції основної деталі виконується кількісний аналіз за сукупністю узагальнених показників. До основних критеріїв належать коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів, коефіцієнт використання матеріалу, коефіцієнт точності обробки та коефіцієнт шорсткості поверхонь. Комплексна оцінка зазначених показників дозволяє визначити відповідність конструкції сучасним вимогам технологічності машинобудівного виробництва.

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів.

$$K_{y.e} = \frac{Q_{y.e}}{Q_e} = \frac{27}{27} = 1 \quad (1.28)$$

де $Q_{y.e}=27$ – число уніфікованих елементів;

$Q_e=27$ – загальне число елементів.

Коефіцієнт використання матеріалу.

$$K_{g.m} = \frac{G_g}{G_{3.6}} = \frac{12}{0} = 0 \quad (1.29)$$

де G_g – маса готової деталі по кресленню, кг;

$G_{3.6}$ – маса матеріалу заготовки з неминучим технологічними витратами, кг.

Коефіцієнт точності обробки деталі

$$\begin{aligned} K_{T,ч} &= \frac{\sum_{i=1}^n}{n} = \\ &= \frac{JT14 \cdot 13 + JT13 \cdot 1 + JT12 \cdot 15 + JT11 \cdot 2 + JT10 \cdot 1 + JT9 \cdot 2 + JT7 \cdot 3 + JT6 \cdot 3}{40} = \\ &= \frac{464}{40} = 11.6 \end{aligned} \quad (1.30)$$

де JT_i – квалітети розмірів поверхонь деталей;

n – загальне число розмірів.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.01.АСП	Арк.

Коефіцієнт точності обробки деталі менший за середній коефіцієнт точності обробки деталей такого класу ($JT_{cp}=12$).

Коефіцієнт шорсткості поверхонь деталі

$$K_u = \frac{Q_{u.n}}{Q_{u.o}} = \frac{0}{27} = 0 \quad (1.31)$$

$Q_{u.n}$ – число поверхонь деталей необгунтованої шорсткості T_i ,

$Q_{u.o}$ – загальне число поверхонь деталей, що підлягають обробці.

Проведений кількісний аналіз технологічності показав, що конструкція деталі характеризується достатнім рівнем уніфікації конструктивних елементів та раціональним використанням матеріалу. Прийняті параметри точності та шорсткості поверхонь відповідають службовому призначенню деталі і можуть бути забезпечені сучасними методами механічної обробки.

Обраний спосіб отримання заготовки та прийняті технологічні рішення є економічно доцільними і забезпечують необхідний рівень якості готового виробу. Аналіз отриманих коефіцієнтів підтверджує, що конструкція деталі відповідає сучасним вимогам технологічності та придатна для виготовлення в умовах машинобудівного виробництва із застосуванням CAD/CAM-технологій і сучасного технологічного оснащення.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.01.АСП	Арк.

2. Технологічна підготовка виробництва деталі.

2.1 Вибір типу виробництва

Тип виробництва визначається коефіцієнтом закріплення операцій, який характеризує співвідношення між кількістю технологічних операцій та кількістю робочих місць, задіяних у виробничому процесі. Розрахунок цього показника виконується за формулою:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum P_{oi}}{\sum P_i}, \quad (2.1)$$

де $\sum P_{oi}$ - сумарне число операцій за місяць по ділянці з розрахунку на одного змінного майстра;

$\sum P_i$ - явне число робітників ділянки при роботі в одну зміну.

Річна програма випуску деталей – 2000 шт.

На основі штучно-калькуляційного часу для кожної технологічної операції визначається необхідна кількість технологічного обладнання.

$$S_i = \frac{N_i \cdot T_{шт.к.}}{60 \cdot F_i \cdot \eta_{з.н.}}, \quad (2.2)$$

де N_i – річна програма випуску деталей при роботі в одну зміну;

F_i – річний фонд часу роботи верстатів при роботі в одну зміну;

$\eta_{з.н.} = 0,8$ – нормований коефіцієнт завантаження верстатів;

$$S_{020} = \frac{2000 \cdot 25,84}{60 \cdot 2040 \cdot 0,8} = 0,53$$

$$S_{025} = \frac{2000 \cdot 11,56}{60 \cdot 2040 \cdot 0,8} = 0,236$$

					КНУ.КБР.131.26.2-03.01.ТП			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Технологічна підготовка виробництва деталі	Піт	Арк	Акрушів
Розроб.		Лебединський						
Перевір.		Кіановський						
Н. Контр.		Нечаєв						
Зав. каф.		Рязанцев.			Каф. ТМ гр. ПМ-23СК			

$$S_{030} = \frac{2000 \cdot 44,15}{60 \cdot 2040 \cdot 0,8} = 0,9$$

$$S_{035} = \frac{2000 \cdot 27,108}{60 \cdot 2040 \cdot 0,8} = 0,55$$

$$S_{040} = \frac{2000 \cdot 3,01}{60 \cdot 2040 \cdot 0,8} = 0,06$$

Знаходжу фактичний коефіцієнт завантаження для кожної операції, виходячи з прийнятого числа робочих місць Р по кожній операції:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{S_i}{P_i}, \quad (2.3)$$

Результати проведених розрахунків наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Коефіцієнт завантаження по кожній операції

№ з/п	Операція	$\dot{Q}_{од. \dot{e.}}$	S	P	$\eta_{з.ф.}$	П
020	Токарна чорнова	25,84	0,53	1	0,53	1,5
025	Токарна чистова	11,56	0,236	1	0,236	3,39
030	Свердлильно-фрезерно-розточувальна	44,15	0,9	1	0,9	0,89
035	Свердлильно-фрезерно-розточувальна	27,108	0,55	1	0,55	1,45
040	Шліфувальна	3,01	0,06	1	0,06	13,33

На основі отриманих результатів визначається кількість технологічних операцій, що припадають на одне робоче місце:

$$P_{o.i.} = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}}, \quad (2.3)$$

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУКБР.131.26.2-04.02.ТП	Арк.

$$P_{020} = \frac{0,8}{0,53} = 1,5$$

$$P_{025} = \frac{0,8}{0,236} = 3,39$$

$$P_{030} = \frac{0,8}{0,9} = 0,89$$

$$P_{035} = \frac{0,8}{0,55} = 1,45$$

$$P_{040} = \frac{0,8}{0,06} = 13,33$$

За сумарними значеннями кількості робочих місць та кількості операцій визначається коефіцієнт закріплення операцій.

$$K_{з.о.} = \frac{1,5 + 3,39 + 0,89 + 1,45 + 13,33}{5} = 4,11$$

За результатами розрахунків його значення становить 4,11, що відповідає крупносерійному типу виробництва. Такий тип виробництва забезпечує можливість ефективного використання спеціалізованого технологічного оснащення, сучасного обладнання з числовим програмним керуванням та раціональної організації виробничого процесу.

2.2 Вибір діючого заводського чи типового технологічного процесу. Задачі проектування

Відповідно до вимог чинної системи технологічної підготовки виробництва розроблення технологічного процесу передбачає класифікацію (кодування) деталі за її конструктивно-технологічними ознаками на підставі відповідних класифікаторів [8], [9].

Деталь – золотник:

Клас 710000 – клас деталі тіла обертання.

Підклас 714000 – довжина деталі не більше, ніж половина не менше, ніж подвійний діаметр ($0,5 < L < 2D$).

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.02.ТП	Арк.

Група 714200 – із зовнішньою криволінійною поверхнею.

Підгрупа – 714250 – з центровим наскрізним отвором, круглим у поперечному перетині, циліндричним, із різьблення, ступінчастим.

Вид 714251 – з пазами на зовнішній поверхні та з отворами поза віссю деталі.

Технологічний код деталі – 714251.

Діючий технологічний процес виготовлення деталі «Золотник» наведено в таблиці 4.2.

Метою проектування є розроблення удосконаленого технологічного процесу виготовлення деталей механізму керування потужністю газотурбінного двигуна з використанням сучасних методів технологічної підготовки виробництва та CAD/CAM-систем.

Для підвищення продуктивності та скорочення тривалості виробничого циклу передбачається концентрація окремих операцій механічної обробки із застосуванням багатоцільового верстата з числовим програмним керуванням.

Використання такого обладнання дозволяє виконувати комплекс технологічних переходів за одну установку деталі, що позитивно впливає на точність виготовлення та зменшує допоміжний час.

Крім того, у межах проекту передбачається розроблення спеціального верстатного пристосування, яке забезпечує надійне базування заготовки, підвищення точності обробки та покращення техніко-економічних показників виробничого процесу.

					КНУ.КБР.131.26.2-04.02.ТП	Арк.
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 – Заводський технологічний процес обробки деталі "золотник"

№ опер.	1. Найменування операції 2. Модель верстата 3. Зміст переходів	1. Верстатне пристосування 2. Різальний інструмент	Вимірювальний інструмент (узагальнено)
1	2	3	4
010	1. Дрібеструйна 2. Дрібеструй		- Штангенциркулі - Набори шаблонів - Калібри - Глибиномір - Індикатор - Зразки шорсткості - Нутроміри - Мікрометр - Пробки - Скоби
020	1. Токарна багаторізева 2. Токарний багаторізцевий напівавтомат 1Н713 3. Обточити зовнішню поверхню Ø133	1. 3-х кулачковий патрон Центр грибковий 2. Різець ВК6	
030	1. Токарно-гвинторізна 2. Токарно-гвинторізний 1Б04А 3. Обточити зовнішню поверхню Ø133	1. 3-х кулачковий патрон 2. Різець ВК6	
040	1. Токарна з ЧПК 2. Токарний з ЧПК 16К20Ф3 3. Розточити внутрішні поверхні Ø86, Ø73 та фаску 2х45°, підрізати торець	1. 3-х кулачковий патрон Оправка 2. Різець ВК6	
050	1. Токарна з ЧПК 2. Токарний з ЧПК 16К20Ф3 3. Розточити внутрішні поверхні Ø44	1. 3-х кулачковий патрон 2. Різець ВК6	
060	1. Токарна з ЧПК 2. Токарний з ЧПК 16К20Ф3 3. Розточити внутрішні поверхні Ø88, Ø85, Ø75, Ø44, фаску та канавку	1. 3-х кулачковий патрон 2. Різець ВК6	
070	1. Токарно-гвинторізна 2. Токарно-гвинторізний 1Б04А	1. Оправка 2. Різець ВК6	
080	1. Вертикально-фрезерна 2. Вертикально-фрезерний з ЧПК 3. Фрезерувати шпонкові пази начорно	1. Спеціальне пристосування (типу призми) 2. Фреза кінцева Ø18 Р6М5	
090	1. Вертикально-фрезерна 2. Вертикально-фрезерний з ЧПК 3. Фрезерувати шпонкові пази начисто		

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.02.ТП	Арк.

Продовження таблиці 2.2

№ опер.	1. Найменування операції 2. Модель верстата 3. Зміст переходів	1. Верстатне пристосування 2. Різальний інструмент	Вимірювальний інструмент (узагальнено)
1	2	3	4
100	1. Вертикально-фрезерна 2. Вертикально-фрезерний з ЧПК 3. Фрезерувати радіусні поверхні	1. Спеціальне пристосування (типу призми) 2. Фреза кінцева Ø60 P6M5	
110	1. Вертикально-фрезерна 2. Вертикально-фрезерний з ЧПК 3. Фрезерувати фігурний паз	1. Спеціальне пристосування (типу призми) Патрон цанговий 2. Фреза кінцева Ø18 P6M5	
120	1. Вертикально-фрезерна 2. Вертикально-фрезерний з ЧПК 3. Фрезерувати фігурний паз	1. Спеціальне пристосування (типу призми) 2. Фреза кінцева Ø8 P6M5	
130	1. Слюсарна 2. Верстак		
140	1. Вертикально-фрезерна 2. Вертикально-фрезерний з ЧПК 3. Фрезерувати 2 канавки	1. Спеціальне пристосування (типу призми) 2. Фреза Ø5	
150	1. Токарно-гвинторізна 2. Токарно-гвинторізний	1. Спеціальне пристосування (типу призми) Насадка 2. Різець BK8	
160	1. Радіально-свердлильна 2. Радіально-свердлильний 3. Свердлити 4 отвори, зенкувати 4 фаски, нарізати в них різьблення метричне	1. Кондуктор подовжувач 2. Свердло Ø6,8 Зенківка мітчик M8	
170	1. Слюсарна 2. Верстак		
180	1. Круглошліфувальна 2. Круглошліфувальний 3. Шліфувати зовнішні поверхні	1. Оправка 2. Коло шліфувальне	
190	1. Алмазно-розточувальна 2. Алмазно-розточувальний 3. Точити радіусні поверхні начисто	1. Спеціальне пристосування (типу призми) 2. Пластина композитна 10Д (гексаніт) Ø5,56	
200	1. Вертикально-свердлильна 2. Вертикально – свердлильний 2H106П 3. Свердлити 4 отвори	1. Спеціальне пристосування (типу призми) 2. Свердло Ø3,8	

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.02.ТП	Арк.

2.3 Вибір і проектування заготовки для основної деталі "золотник"

Вид вихідної заготовки в значній мірі впливає на характер технологічного процесу механічної обробки деталі. В свою чергу на вибір виду вихідної заготовки найбільш впливає матеріал, форма та розміри деталі, а також тип виробництва.

Враховуючи те, що матеріал деталі – чавун СЧ 20 ДСТУ EN 1561:2014, а тип виробництва в нашому випадку – серійне, то приймаємо найбільш доцільні методи отримання заготовки – лиття в піщано-глинисті форми та лиття в оболонкові форми.

На попередньому етапі вибору оптимального способу одержання заготовки використовуємо матрицю впливу факторів ([11]).

Таблиця 2.3- Матриця впливу факторів

Методи лиття	форма й розміри	Необхідні точність та якість поверхневого шару	Технологічні властивості матеріалу	Річна програма	Виробничі можливості підприємства
Оболонкові форми	+	-	+	+	+
Піщано-глинисті	-	+	+	-	-

Проектування заготовки, отриманої литтям у піщано-глинисті форми
Проектування заготовки робимо відповідно до ([11]) та ([12]).

Для зменшення висоти заготовки розташовуємо її вісь горизонтально ([11]).

Група складності виливки – II.

Клас точності розмірів – 7...13т (для лиття в сухі та сирі піщані форми та максимального розміру виливки – до 630 мм.). Ряди припусків – 2...5. Обираємо клас точності розмірів – 9, ряд припусків – 4.

Пронумеруємо та випишемо в таблицю всі поверхні деталі, що підлягають механічній обробці, та їх відповідні допуски та основні припуски.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.02.ТП	Арк.

Таблиця 2.4 – Допуски та основні припуски для відливки в піщані форми

№ пов.	Розмір деталі	ІТ	Допуск	Ряд припусків	Припуск на сторону	Сумарний припуск	Розмір заготовки
1	Ø130g6	9	2,4	4	4,0	+8,0	Ø130±1,2
11	Ø85H10		2,2		3,8	-7,69	Ø77,4±1,1
12	Ø75H9		2,2		3,8	-7,6	Ø67,4±1,1
14	Ø44H9		2,0		3,5	-7,0	Ø37,0±1,0
16	Ø86H11		2,2		3,8	-7,6	Ø78,4±1,1
22	M8-7H		1,2		2,8	-5,6	Ø1,4±0,6
24-27	Ø3,8H14		1,0		2,6	-5,2	Ø0
2,3	230js12		2,8		4,2	+8,4	238,4±1,4
	26H12		1,8		3,5	+0,7	26,7±0,9
	90IS12		2,2		4,0	+0,2	90,2±1,1

Площину рознімання форми доцільно розташувати по осі деталі. Для прийнятого класу точності граничні відхилення зміщення елементів по площині рознімання не перевищують допустимих значень і є меншими за половину основного допуску на відповідний розмір, що забезпечує необхідну точність виготовлення виливка.

Відношення мінімального габаритного розміру до максимального:

$$18/238,4=0,076 \quad (2.4)$$

Отримане співвідношення відповідає прийнятому ступеню короблення виливка. Розрахункове значення можливого відхилення не перевищує допустимих меж, тому введення додаткових припусків на механічну обробку є недоцільним.

Визначаємо приведенний габаритний розмір заготовки:

$$N = \frac{2l + b + h}{3} \quad (2.5)$$

$$N = \frac{2 \cdot 0,2384 + 0,138 + 0,138}{3} = 0,25093$$

де l, b та h – відповідно довжина, ширина та висота заготовки, м.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.02.ТП	Арк.

За результатами розрахунку мінімальна допустима товщина стінки становить 5 мм, що підтверджує можливість виготовлення всіх елементів заготовки методом лиття без застосування додаткових технологічних прийомів.

Мінімальний діаметр отворів для чавуну:

$$d_{\min}=d_0+0,1s=7+0,1\cdot5=7,5 \text{ мм.} \quad (2.6)$$

Аналіз показує, що методом лиття можуть бути безпосередньо сформовані лише центральні отвори деталі. Отвори під різьбу М8-7Н мають менший діаметр, тому їх остаточне формування передбачається виконувати під час механічної обробки із залишенням необхідних технологічних напусків.

Формувальні ухили призначаються відповідно до геометричних параметрів заготовки та забезпечують безперешкодне вилучення моделі з форми без пошкодження її робочих поверхонь.

За результатами виконаних розрахунків визначаються номінальні розміри виливка та розробляється креслення заготовки. Як основну технологічну базу для чорнової та чистової механічної обробки приймається вісь заготовки. Додатковими чистовими базами обираються торцеві поверхні, що забезпечують необхідну точність взаємного розташування оброблюваних елементів.

Згідно з розрахованими розмірами визначаємо масу заготовки ($Q'_3=18,1355$ кг).

Розраховуємо коефіцієнт габаритного об'єму за формулою:

$$k_v = \frac{l \cdot b \cdot h}{Q'_3} = \frac{2,384 \cdot 1,38 \cdot 1,38}{18,135} = 0,25 \quad (2.7)$$

тут l , b та h виражені в дм. Отримане значення коефіцієнта габаритного об'єму відповідає II групі технологічної складності, що узгоджується з прийнятими на початку проектування вихідними даними.

Проектування заготовки, отриманої литтям у оболонкові форми

Клас точності розмірів – 5...8т (для лиття в оболонкові форми та максимального розміру виливки – понад 100 мм.). Ряди припусків – 1...2. Обираємо клас точності розмірів – 6, ряд припусків – 2.

					КНУ.КБР.131.26.2-04.02.ТП	Арк.
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Пронумеруємо та випишемо в таблицю всі поверхні деталі, що підлягають механічній обробці, та їх відповідні допуски та основні припуски.

Площина рознімання проходить через вісь деталі ($l=230$ мм з допуском $0,9$ мм.). Граничні відхилення зсуву елементів по площині рознімання для 6 класу точності та відстані між центрувальними пристроями форми до 630 мм - $\pm 0,4$ мм., що значно менше половини основного допуску на цей розмір ($0,9/2=0,45$ мм).

Відношення мінімального габаритного розміру до максимального:

$$16,1/233,0=0,07 \quad (2.8)$$

цей показник відповідає ступеню короблення 3...9. Для 6 ступеню та найбільшого габаритного розміру $233,0$ мм граничне відхилення короблення - $\pm 0,24$, це також менше половини основного допуску на цей розмір. Тому додаткові припуски на механічну обробку не призначаємо.

Мінімальна товщина стінок, отримана литтям в оболонкові форми дорівнює $2...4$ мм. Отже всі стінки заготовки можуть бути виконані.

Згідно з висотою уступів ([11]) вибираємо формувальні ухили ($1^\circ 31'$ та $1^\circ 09'$).

По отриманих даних визначаємо номінальні розміри виливки та отримуємо креслення литої заготовки. Загальною базою чергової та чистової механічної обробки служитиме вісь заготовки. За другу чистову базу обираємо лівий торець. Як дугу чистову базу чистової обробки обрано правий торець заготовки, який оброблюється при базуванні на чорнові бази.

Для заготовки, отриманої вільним литтям у піщано-глинисті форми:

$$k_{в.м.} = \frac{q_d}{Q_3} = \frac{9,96}{18,1355} = 0,55 \quad (2.9)$$

Для заготовки, отриманої литтям в оболонкові форми:

$$k_{в.м.} = \frac{q_d}{Q_3} = \frac{9,96}{15,2939} = 0,65 \quad (2.10)$$

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.02.ТП	Арк.

Виходячи з вищезазначених розрахунків, можемо стверджувати, що коефіцієнт використання матеріалу вище у заготовки, що отримана литтям у оболонкові форми.

2.3.1 Техніко-економічне обґрунтування методу отримання заготовки

Матеріалом основної деталі є сірий ливарний чавун марки СЧ20, механічні та технологічні властивості якого відповідають вимогам ДСТУ EN 1561:2014. Для деталей такого типу найбільш раціональним способом отримання заготовки є лиття.

Конструкція внутрішніх порожнин деталі передбачає використання ливарних стрижнів, які після завершення процесу формування виливка видаляються шляхом руйнування. З огляду на геометричні особливості виробу застосування спеціальних способів лиття є технологічно недоцільним, оскільки вони потребують використання складного та дорогого оснащення або не забезпечують можливості формування внутрішніх порожнин заданої конфігурації.

Лиття у піщано-глинисті форми забезпечує можливість використання одноразових стрижнів, характеризується відносно невисокою собівартістю та дозволяє виготовляти деталі складної конфігурації різної маси. Завдяки цьому зазначений спосіб широко застосовується в умовах серійного машинобудівного виробництва.

Оскільки розглянуті способи виготовлення забезпечують однакову геометричну форму заготовки, техніко-економічне порівняння доцільно проводити за показниками матеріаломісткості та собівартості отримання заготовок.

Собівартість заготовки S_z визначається по формулі:

$$S_z = Q \cdot C \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_{on} - (Q - q) \cdot C_{omx}, \quad (2.11)$$

Де Q й q - маса заготовки й деталі, кг

C і C_{omx} — собівартість всього лиття й відходів.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.02.ТП	Арк.

$K_m, K_c, K_{оп}$ – коефіцієнти враховуючі масу заготовки, групу складності, об'єм виробництва.

$Q'=18,1355$ кг – маса заготовки, що отримана литтям у піщано-глинисті форми

$Q''=15,2939$ кг – маса заготовки, що отримана литтям у оболонкові форми

$C'=2080$ грн – вихідна оптова ціна за 1 т лиття у піщано-глинисті форми

$C''=3080$ грн – вихідна оптова ціна за 1 т лиття у оболонкові форми

Згідно з розрахунками та [11] групи складності литої заготовки – II. Для неї $K'_c=0,82, K''_c=0,88$.

Для програми випуску 5000 т/рік $K_{оп}=1,06$;

$C_{відх}=140$ грн.

Тоді вартість заготовки, що отримана литтям у піщано-глинисті форми

$$S'_z = 18,155 \cdot 2,08 \cdot 0,82 \cdot 0,82 \cdot 1,06 - (18,1355 - 9,96) \cdot 0,14 = 25,742 \text{ грн.}$$

Вартість заготовки, що отримана литтям у оболонкові форми

$$S''_z = 15,2939 \cdot 3,08 \cdot 0,84 \cdot 0,88 \cdot 1,06 - (15,2939 - 9,96) \cdot 0,14 = 36,163 \text{ грн.}$$

Висновок: Незважаючи на те, що застосування оболонкових форм дозволяє зменшити масу заготовки до 15,2939 кг та підвищити коефіцієнт використання матеріалу, результати техніко-економічного аналізу показують перевагу лиття у піщано-глинисті форми. Собівартість такої заготовки є меншою на 10,421 грн, що при серійному виготовленні забезпечує суттєвий економічний ефект. Тому для реалізації проектного технологічного процесу обирається заготовка, отримана методом лиття у піщано-глинисті форми.

За результатами виконаних розрахунків для виготовлення заготовки приймається гарячекатаний круглий прокат діаметром Ø80 мм відповідно до вимог ДСТУ EN 10060:2008. Нормальна довжина прокату для даного діапазону діаметрів становить 4–7 м. Для забезпечення необхідних припусків на механічну обробку враховуються допуски на розміри заготовки та торцеві поверхні.

Припуск на обробку двох торцевих поверхонь заготовки загальною довжиною 60 мм при чорновому підрізанні приймаємо 2,0 мм.

					КНУ.КБР.131.26.2-04.02.ТП	Арк.
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальна довжина заготовки:

$$L_3 = L_n + 2z_{\text{підр}} = 60,0 + 2 \cdot 2,0 = 64,0 \text{ мм.} \quad (5.13)$$

Допуск на довжину заготовки встановлюємо по [2] IT14=0,74 мм.

Загальні витрати матеріалу на деталь, що виготовляється з прокату складаються з витрат на неkratність, витрати при обраній довжині затиску, витрати на обрізку заготовки та на торцеву обрізку прокату.

Вибираємо оптимальну довжину прокату для виготовлення заготовки.

Довжину торцевого обрізання прокату визначаємо з співвідношення:

$$l_{o.t.} = (0,3 \dots 0,5)d \quad (2.14)$$

$$l_{o.t.} = 0,3 \cdot 80 = 24 \text{ мм.}$$

Приймаємо найближче значення - 25 мм.

Кількість заготовок, виходячи з прийнятої довжини прокату по стандартах, визначається по формулі:

$$x = \frac{L_{\text{пр}} - l_{\text{зат}} - l_{\text{от}}}{L_3 + l_p} \quad (2.15)$$

де $L_{\text{пр}} = 4-7 \text{ м}$ – нормальна довжина прокату;

$L_3 = 64,0 \text{ мм}$ – нормальна довжина заготовки;

$l_{\text{зат}} = 70 \text{ мм}$ – витрати на затиск заготовки;

$l_p = 2 \text{ мм}$ – ширина різь;

З прокату довжиною 4 м одержуємо:

$$x = \frac{4000 - 25 - 70}{64,0 + 2} = 59,17 \text{ шт.}$$

Приймаємо кількість отриманих заготовок = 59 шт.

З прокату довжиною 7 м:

$$x = \frac{7000 - 25 - 70}{64,0 + 2} = 104,62 \text{ шт.}$$

Приймаємо кількість отриманих заготовок = 104 шт.

Залишок довжини (неkratність) визначається в залежності від прийнятої довжини прокату:

$$L_{\text{н.к.}} = L_{\text{пр}} - l_{o.t.} - x(L_3 + l_p) \quad (2.16)$$

						Арк.
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.02.ТП	

З прокату довжиною 4 м:

$$L_{н.к.1}=4000-25-70-59 \cdot (64,0+2)=11 \text{ мм.}$$

З прокату довжиною 7 м:

$$L_{н.к.1}=7000-25-70-59 \cdot (64,0+2)=41 \text{ мм.}$$

Втрати на неkratність визначаються за формулою:

$$\Pi_{н.к.} = (l_{н.к.}/L_{пр}) 100\% \quad (2.17)$$

Тоді втрати на неkratність при виготовленні заготовки з прокату довжиною 4 м складуть:

$$\Pi_{н.к.} = (11/4000) 100\%=0,275\%$$

Втрати на неkratність при виготовленні заготовки з прокату довжиною 7 м складуть:

$$\Pi_{н.к.} = (11/7000) 100\%=0,586\%$$

З розрахунків на неkratність можемо зробити висновок, що економічніше використовувати прокат довжиною 4 м.

Витрати на затиск заготовки приймаємо 70 мм. Тоді витрати матеріалу на затиск під час обрізування по відношенню до довжини прокату складатиме:

$$\Pi_{зат} = (l_{зат.}/L_{пр}) 100\% \quad (2.18)$$

$$\Pi_{зат} = (70/4000) 100\%=1,75\%$$

Заготовку ріжуть на ножицях з шириною різку 2 мм.

Тоді витрати матеріалу на різку заготовки:

$$\Pi_p = (l_p/L_{пр}) 100\% \quad (2.19)$$

$$\Pi_p = (2/4000) 100\%=0,05\%$$

Довжина торцевої обрізки прокату дорівнює 25 мм. Тоді витрати матеріалу на торцеву обрізку:

$$\Pi_{о.т} = (l_{о.т.}/L_{пр}) 100\% \quad (2.20)$$

$$\Pi_{о.т} = (25/4000) 100\%=0,625\%$$

Загальні витрати (%) до довжини обраного прокату:

$$\Pi_{п.з} = \Pi_{н.к.} + \Pi_{зат} + \Pi_p + \Pi_{о.т} \quad (2.21)$$

$$\Pi_{п.з} = 0,275 + 1,75 + 0,05 + 0,625 = 2,7\%$$

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.02.ТП	Арк.

Витрати матеріалу на одну деталь з урахуванням всіх технологічно неминучих витрат визначаємо за формулою:

$$Q_{з.в} = \frac{Q_3(100 + \Pi_{н.з})}{100} \quad (2.22)$$

де Q_3 - маса заготовки із прокату, яку розраховуємо за формулою:

$$Q_3 = V_3 \cdot \rho \quad (2.23)$$

де ρ – щільність матеріалу заготовки, що в нашому випадку(для сталі 45) дорівнює $7,82 \text{ г/м}^3$.

Об'єм заготовки отриманої з прокату визначаємо по верхнім граничним відхиленням і розраховуємо за формулою:

$$V_{3=} \sum_{i=1}^n V_i = \frac{\pi}{4} \sum_{i=1}^n (d^2 \cdot l) \quad (2.24)$$

$$V_{3=} \frac{\pi}{4} \cdot (80 + 0,5)^2 \cdot (64,0 + 0,74) = 329499,18 \text{ мм}^3$$

Тоді за формулою (5.19), отримаємо:

$$Q_{з.в} = \frac{Q_3(100 + \Pi_{н.з})}{100} = \frac{2,58 \cdot (100 + 2,7)}{100} = 2,65 \text{ кг.}$$

Визначимо коефіцієнт використання матеріалу заготовки деталі з формули (5.7):

$$k_{в.м.} = \frac{q_d}{Q_3} = \frac{0,85}{2,65} = 0,32$$

Виконані розрахунки показали, що маса заготовки з круглого прокату становить $2,65 \text{ кг}$, а коефіцієнт використання матеріалу – $0,32$. Отримане значення свідчить про наявність достатнього запасу матеріалу для виконання всіх операцій механічної обробки та забезпечення необхідної точності виготовлення деталі. Обраний спосіб отримання заготовки є технологічно обґрунтованим і відповідає умовам крупносерійного виробництва.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.02.ТП	Арк.

3. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

3.1 Вибір й обґрунтування баз

Основна деталь "Золотник" відноситься до типу "втулки" і має такі види баз:

Конструкторські бази – торець діаметром 130 й вісь деталі;

Технологічні бази – торці 2, 3, поверхні 16, 12, 1

Вимірювальною базою є вісь деталі

На першій операції деталь базується на необроблені торцеву поверхню 3 та внутрішню циліндричну поверхню 16, які є чорновими технологічними базами. Ці поверхні використовуються як базові лише в першій обробці деталі, всі наступні установи та операції будуть виконуватись з установкою на оброблені базові поверхні [15].

Теоретична схема базування представлена на рисунку 3.1.

На першій операції оброблюються технологічні бази для наступного установи – лівий торець деталі 2 та внутрішня циліндрична поверхня 12. Для реалізації цієї схеми базування заготовку встановлюють на трьохкулачковий патрон.

На другому установі деталь базується на основні конструкторські бази – лівий торець 2 та зовнішню циліндричну поверхню 1, які були оброблені на першому установі.

Теоретична схема базування представлена на рисунку 3.2.

Схеми базування на токарній чистовій операції співпадають з схемами базування на токарній чорновій операції, тільки поверхні, по яким буде встановлюватись заготовка вже будуть обробленими.

					КНУ.КБР.131.26.2-04.03.ПТП		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Лебединський						
Перевір.	Кіянський						
Н. Контр.	Нечасів						
Зав. каф.	Рязанцев.						
					ПМ-23СК		

На першій свердлильно-фрезерній операції використовують схему базування, що представлена на рисунку 3.3. Для реалізації цієї схеми використовують спеціальний пристрій з розтискною цангою.

На другій свердлильно-фрезерній операції використовують схему базування, що представлена на рисунку 3.4.

На шліфувальній операції використовують схему базування, що представлена на рисунку 6.3 – заготовка буде базуватися на спеціальній оправці, яка кріпиться в повідковому патроні на задньому обертовому центрі.

Висновок: у технологічному процесі виготовлення деталі "Золотник" принцип єдності баз не може бути виконаний.

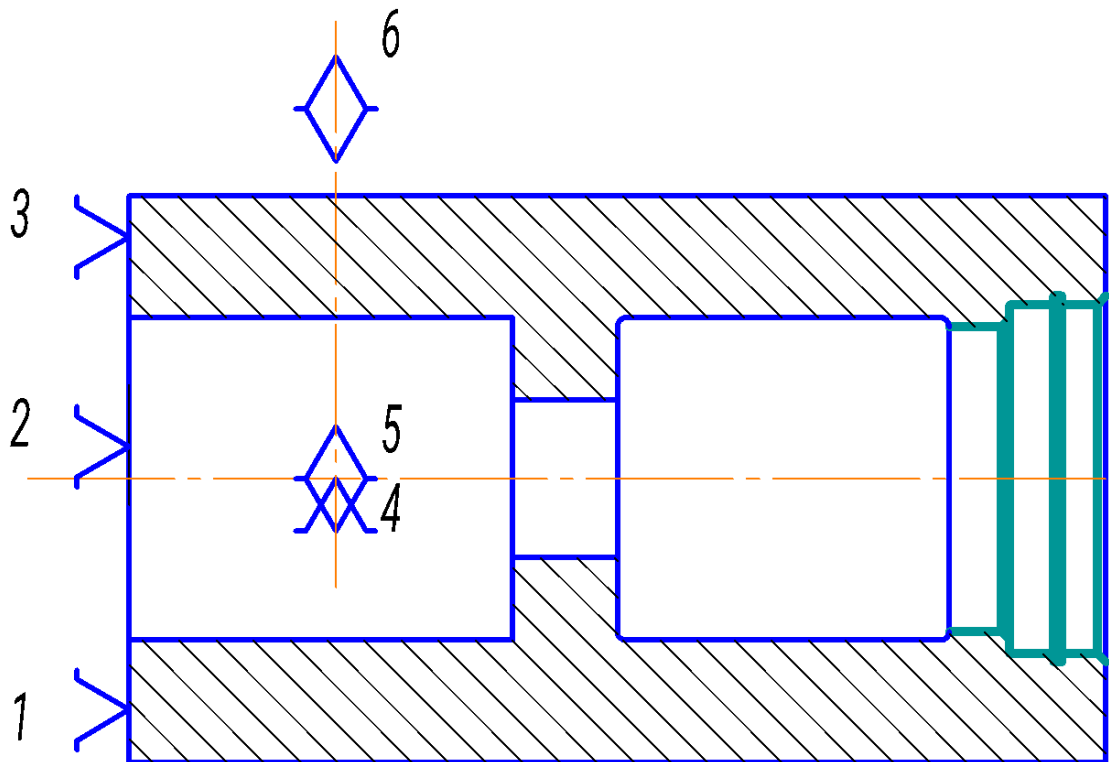


Рисунок 3.1 - Теоретична схема базування деталі "Золотник" на першому установі токарної чорнової операції

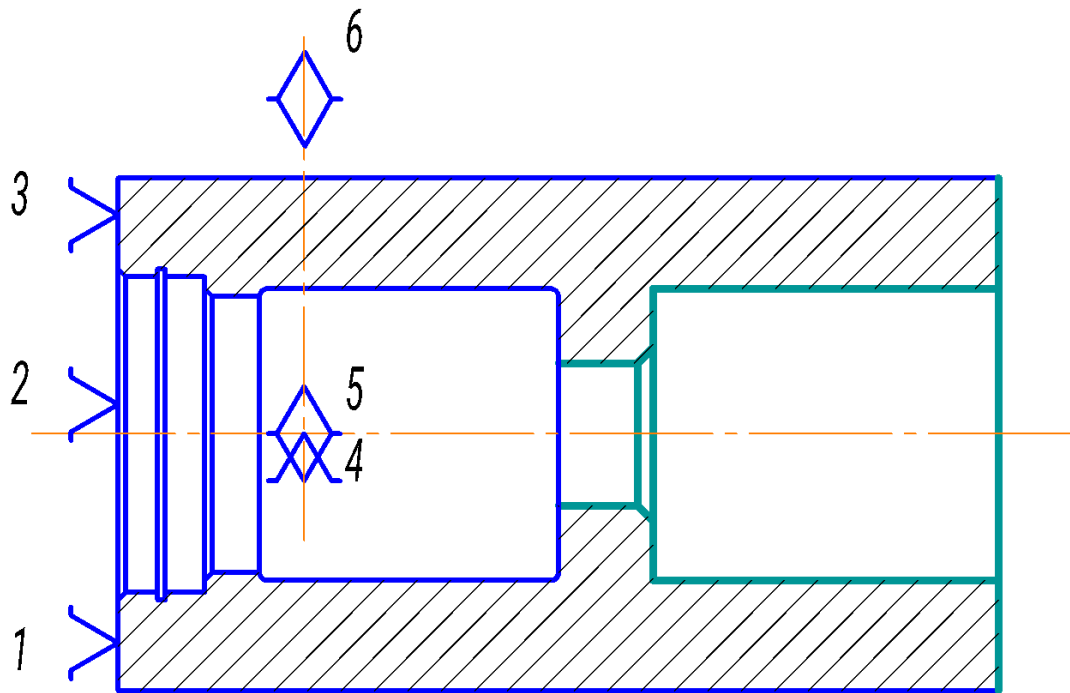


Рисунок 3.2 - Теоретична схема базування деталі "Золотник" на другому установі токарної чорнової операції

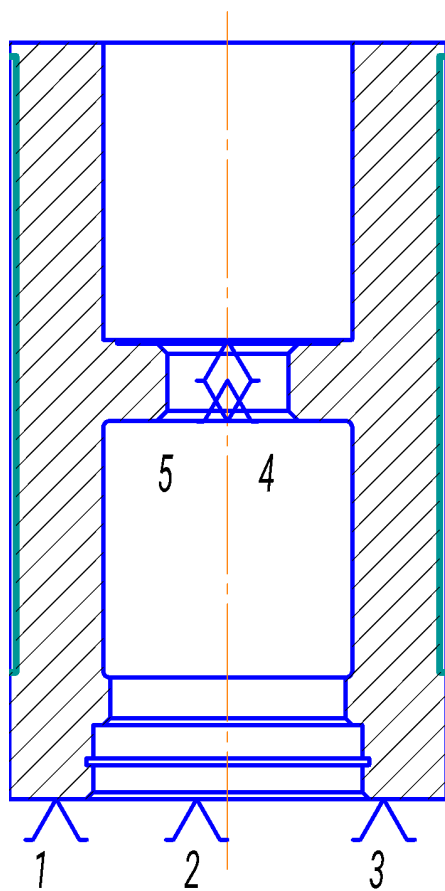


Рисунок 3.3 - Теоретична схема базування деталі "Золотник" на першій фрезерно-свердлильно-розточувальній операції

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.03.ПТП	Арк.

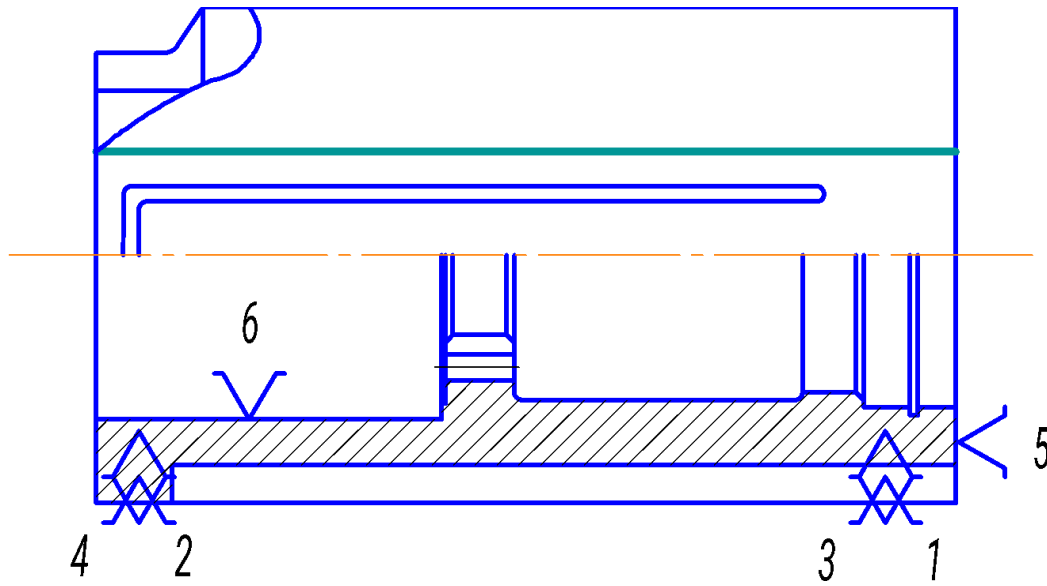


Рисунок 3.4 - Теоретична схема базування деталі "Золотник" на другій фрезерно-свердильно-розточувальній операції

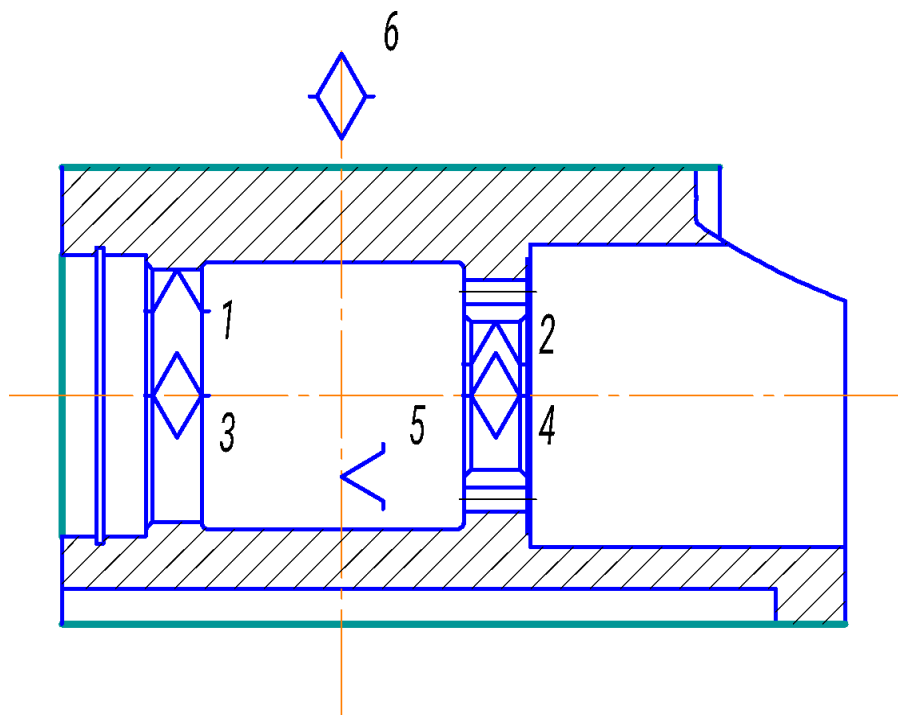


Рисунок 3.5 - Теоретична схема базування деталі "Золотник" на шліфувальній операції

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.03.ПТП	Арк.

3.2 Вибір й обґрунтування послідовності обробки поверхонь

На зовнішні, внутрішні й торцеві поверхні, що підлягають механічній обробки визначимо кількість послідовних переходів з поступовим наближенням до необхідної точності й шорсткості. Дані представимо у вигляді таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Послідовність обробки поверхонь основної деталі "Золотник"

№ поверхні розмір, мм	Найменування переходів	Шорсткість R_a , мкм	Точність IT	Допуск T , мкм
<i>Циліндричні поверхні</i>				
пов. 1 $\varnothing 130g6$	Заготовка	$Rz80$	-	2,400
	Точіння чорнове	12,5	12	0,350
	Точіння напівчистове	6,3	10	0,140
	Точіння чистове	1,6	8	0,063
	Шліфування	0,8	$g6$	0,025
пов. 4,5 $R100Js6$	Фрезерування чорнове	12,5	12	0,460
	Фрезерування чистове	1,6	8	0,072
	Фрезерування фрезою з ельборовими вставками	0,8	$Js6$	0,029
пов. 11 $\varnothing 85H10$	Заготовка	$Rz80$	-	2,200
	Розточування чорнове	12,5	12	0,540
	Розточування напівчистове	6,3	10	0,140
пов. 12 $\varnothing 75H9$	Заготовка	$Rz80$	-	2,200
	Розточування чорнове	12,5	12	0,300
	Розточування чистове	3,2	9	0,074
пов. 14 $\varnothing 44H9$	Заготовка	$Rz80$	-	2,000
	Розточування чорнове	12,5	12	0,250
	Розточування напівчистове	6,3	10	0,100
	Розточування чистове	1,6	9	0,062
пов. 15 $\varnothing 78H11$	Розточування чорнове	6,3	11	0,190
пов. 16 $\varnothing 86H11$	Заготовка	$Rz80$	-	2,2
	Розточування чорнове	12,5	13	0,540
	Розточування напівчистове	6,3	11	0,220
пов. 21 $\varnothing 88,5H13$	Розточування чорнове	12,5	12	0,350
пов. 24-27 $\varnothing 3,8H14$	Свердління	12,5	14	0,300
пов. 22 $M8 \times 1-7H$	Свердління	12,5	12	0,150
	Зенкерування фаски	12,5	12	
	На різання різьблення	12,5	7	

Продовження таблиці 3.1

№ поверхні розмір, мм	Найменування переходів	Шорсткість R_a , мкм	Точність IT	Допуск T, мкм
<i>Лінійні розміри</i>				
<i>пов. 2 230js12</i>	Заготовка	<i>Rz80</i>	-	<i>2,800</i>
	Чорнова підрізка торця	<i>12,5</i>	<i>12</i>	<i>0,460</i>
<i>пов. 3 230js12</i>	Заготовка	<i>Rz80</i>	-	<i>2,800</i>
	Чорнова підрізка торця	<i>12,5</i>	<i>12</i>	<i>0,150</i>
<i>пов. 8 30H7x118H7x 210Js12</i>	Фрезерування чорнове	<i>12,5</i>	<i>12</i>	<i>0,250</i>
	Фрезерування чистове	<i>1,6</i>	<i>10</i>	<i>0,100</i>
	Фрезерування тонке	<i>0,8</i>	<i>7</i>	<i>0,021</i>
<i>пов. 6,7 5H12x4H12x 190Js12</i>	Фрезерування чорнове	<i>12,5</i>	<i>12</i>	<i>0,120</i>
<i>пов. 10 контурне фрезерування</i>	Фрезерування попереднє	<i>Rz80</i>		
	Фрезерування остаточне	<i>Rz80</i>		
<i>пов. 21 2,2H13</i>	Чорнове розточування	<i>6,3</i>	<i>13</i>	<i>0,140</i>

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.03.ПТП	Арк.

Таблиця 3.2 -Маршрут обробки деталі "Золотник"

№ операції	Найменування операції	№ з/п оброблюваної поверхні	№ з/п базуючої поверхні	Тип, модель верстата
005	Заготівельна			
010	Дробоструйна			
015	Контрольна			
020	Токарна чорнова	2,1,11,12,21,3,16,15,14	3,16,2,11	16A20Ф3С32
025	Токарна чистова	1,12,14	3,16	
030	Свердлильно-фрезерно-розточувальна	6,7,8,10,24,25,26,27	3,16	2204ВМФ4
035	Свердлильно-фрезерно-розточувальна	4,5,22,23	1,2	2204ВМФ4
040	Шліфувальна	1	2,12	3К152ВФ20-1
045	Контрольна			

3.4 Розробка технологічної операції

Із стандартних пристроїв для першої та другої деталі можна вибрати трикулачковий самоцентрувальний патрон.

Остаточню сформульований зміст операцій, а також обране стандартне пристосування й різальний інструмент заносимо в таблиці 3.5, 3.6 та операційні ескізи, використовуючи рекомендації з [18], [20], [21], [23], [24].

Таблиця 3.3 - Зміст операцій по виготовленню деталі "Золотник"

№	1. Назва операції. 2. Верстат. 3. Зміст переходів операції	Інструмент		Верстатне пристосування
		різ. (табл 6.14)	мірятьний, допоміжний	
005	Заготівельна			
010	Дробеструйна			
015	Контрольна			
020	1. Токарна чорнова 2. Токарний з ЧПК 16A20Ф3С32 3. Підрізати торець 2 в розмір 1 Точити поверхню 1 в розмір 2 Розточити поверхню 7 в розмір 3 напрохід Розточити поверхню 11 витримуючи розміри 4,5	I, II, III, IV	Штангенглибиномір ШГР-320 (ДСТУ 162:2009) Штангенциркуль ШЦ-II (ДСТУ166:2009)	Патрон токарний 3-х кулачковий 7100-0036

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.03.ПТП	Арк.

Продовження таблиці 3.3

№	1. Назва операції. 2. Верстат. 3. Зміст переходів операції	Інструмент		Верстатн е пристосу ва-ння
		різ. (таб лб.1 4)	мірятьний, допоміжний	
	Точити канавку 21 витримуючи розміри 6,7 Розточити фаску 19 в розмір 8 Розточити фаску 20 в розмір 9 Переустановити Підрізати торець 3 в розмір 1 Розточити поверхню 14 в розмір 2 напрохід Підрізати торець в розмір 3 Розточити поверхню 16 в розмір 4 Розточити фаску 18 в розмір 5 Переустановити Точити поверхню 1 в розмір 1 Розточити поверхню 11 в розмір 2 Переустановити Точити поверхню 1 в розмір 1 напрохід Розточити поверхню 16 в розмір 2 Розточити поверхню 16 витримуючи розміри 3 та 4		Нутромір НМ 50-75 Калібр плоский спеціальний Скоба індикаторна СИ Калібр-пробка Калібр-пробка плоский	
025	1. Токарна чистова 2. Токарний з ЧПК 16A20Ф3С32 3. Точити поверхню 1 в розмір 1 Розточити поверхню 12 в розмір 2 Переустановити Розточити поверхню 14 в розмір 1	I, II	Скоба індикаторна СИ Калібр-пробка плоский	Патрон токарний 3-х кулачков ий 7100-003 6
030	1. Свердлильно-фрезерно-розточувальна 2. 69Б04ПМФ2 3. Фрезерувати канавку витримуючи розміри 1,2,3,4 Повернути стіл Фрезерувати канавку 7 витримуючи розміри 5,1,2,3,4 Повернути стіл Фрезерувати паз 8 начорно Фрезерувати паз 8 чисто Фрезерувати паз 8 тонко	I, II, III, IV	Шаблони фасонні спеціальні Кутомір УМ Скоба індикаторна СИ	Спеціаль ний верстатн ий пристрій

Продовження таблиці 3.5

№	1. Назва операції. 2. Верстат. 3. Зміст переходів операції	Інструмент		Верстатне пристосування
		різ. (табл 6.14)	мірятьний, допоміжний	
	Повернути стіл Попереднє контурне фрезерування вікна 10 Остаточне контурне фрезерування вікна 1,2,3,4,5,6,7,8,9 Повернути стіл Свердлити отвори 24-25, витримуючи розміри 1,2,3 Повернути стіл Свердлити отвори 26-27, витримуючи розміри 1,2,3		Штангенциркуль ШЦ-II	
035	1. Свердлильно-фрезерно-розточувальна 2. 69Б04ПМФ2 3. Фрезерувати поверхні 4,5 начорно, витримуючи розміри 1,2 Фрезерувати поверхні 4,5 чисто Фрезерувати поверхні 4,5 тонко в розмір 3 Свердлити 4 отвори 22, витримуючи розмір 4 напрохід Зенкувати 4 фаски 23 в розмір 5 Нарізати різьблення метричне в 4 отворах 22 в розмір 6		Шаблони фасонні спеціальні Калібр-пробка Кутомір УМ Калібр-пробка різьбова	Спеціальний верстатний пристрій
040	1. Шліфувальна 2. 3К152ВФ20-1 3. Шліфувати поверхню 1 в розмір 1		Калібр-скоба 4781-63	Оправка спеціальна Центр упорний 7032-0019 Поводок Хомутик повідковий 7107-0067

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.03.ПТП	Арк.

3.5 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку

Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків виконується на основі маршруту обробки деталей, визначеного в розділі 3.3, та послідовності обробки поверхонь, наведеної в таблицях 3.1 та 3.2.

Деталь «Золотник»

Розрахунок виконується для зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 130g6$ як основної поверхні деталі.

Послідовність обробки поверхні 1 ($\varnothing 130g6$):

№ переходу	Найменування переходу	Точність ІТ	Допуск Т, мкм	Припуск на сторону, мм	Розрахунковий розмір, мм
–	Заготовка (лиття)	–	2400	–	136,8
1	Точіння чорнове	ІТ12	350	3,1	133,7
2	Точіння напівчистове	ІТ10	140	1,5	132,2
3	Точіння чистове	ІТ8	63	1,0	131,2
4	Шліфування	g6	25	0,4	130,0

Розрахунок виконується для внутрішньої циліндричної поверхні $\varnothing 75H9$ (пов. 12):

№ переходу	Найменування переходу	Точність ІТ	Допуск Т, мкм	Припуск на сторону, мм	Розрахунковий розмір, мм
–	Заготовка (лиття)	–	2200	–	70,6
1	Розточування чорнове	ІТ12	300	1,8	72,4
2	Розточування чистове	ІТ9	74	1,3	75,0

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.03.ПТП	Арк.

Розрахунок виконується для зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 75h8$
(поверхня 8):

№ переходу	Найменування переходу	Точність IT	Допуск T, мкм	Припуск на сторону, мм	Розрахунковий розмір, мм
—	Заготовка (прокат $\varnothing 80$)	—	1800	—	80,0
1	Точіння чорнове	IT12	300	2,5	77,5
2	Точіння чистове	IT8	46	1,25	75,0

Розрахунок для внутрішньої поверхні $\varnothing 20H9$ (поверхня 1):

№ переход у	Найменування переходу	Точність IT	Допуск T, мкм	Припуск на сторону, мм	Розрахунковий розмір, мм
—	Свердління	IT13	330	—	18,0
1	Розточування чорнове	IT11	130	0,8	19,4
2	Розгортання	IT9	52	0,3	20,0

Розраховані міжопераційні розміри та припуски на обробку забезпечують поступове досягнення необхідної точності та шорсткості всіх поверхонь деталі «Золотник» відповідно до вимог робочих креслень. Прийняті значення припусків узгоджуються з даними розділу 5 та є технологічно обґрунтованими для умов серійного виробництва.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.03.ПТП	Арк.

3.6 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій

Режими різання є одним із найважливіших параметрів технологічного процесу механічної обробки, оскільки вони безпосередньо визначають продуктивність виробництва, якість обробленої поверхні, стійкість різального інструменту та економічність виготовлення деталі. Правильно призначені режими різання дозволяють забезпечити необхідну точність розмірів і параметри шорсткості поверхні при мінімальних витратах часу та коштів.

До основних елементів режиму різання належать: глибина різання t , подача S та швидкість різання V . На основі цих параметрів визначається частота обертання шпинделя n , хвилинна подача, а також основний (машинний) час обробки T_0 . Нормування технологічних операцій передбачає визначення штучного часу $T_{шт}$ та штучно-калькуляційного часу $T_{шт.к}$, які є основою для планування виробництва та розрахунку собівартості продукції.

Розрахунок режимів різання виконується для характерних операцій технологічного процесу виготовлення деталі «Золотник» відповідно до маршруту обробки, розробленого в розділі 3.3.

Операція 020 – Токарна чорнова

Верстат: токарний з ЧПК 16A20Ф3С32

Інструмент: різець прохідний правий з твердосплавною пластиною марки ВК4

Оброблювана поверхня: зовнішня циліндрична поверхня 1 ($\emptyset 130g6$), перехід – чорнове точіння до $\emptyset 133,7$ мм

1) Вибір глибини різання

Глибина різання при чорновому точінні призначається з урахуванням величини припуску на обробку. Оскільки загальний припуск на чорнове точіння зовнішньої поверхні становить 3,1 мм на сторону, то глибина різання приймається рівною всьому припуску і знімається за один прохід:

$$t = 3,1 \text{ мм}$$

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.03.ПТП	Арк.

Зняття всього припуску за один прохід є доцільним при чорновій обробці, оскільки дозволяє скоротити основний час обробки та зменшити кількість переходів.

2) Вибір подачі

Подача при чорновому точінні вибирається з урахуванням матеріалу деталі (чавун СЧ 20), глибини різання, а також жорсткості системи верстат–приспособування–інструмент–деталь. Відповідно до нормативних таблиць для чорнового точіння чавуну різцем з твердосплавною пластиною при глибині різання до 4 мм і діаметрі заготовки понад 100 мм рекомендована подача становить:

$$S = 0,6...0,9 \text{ мм/об}$$

Приймаємо подачу за паспортом верстата:

$$S = 0,6 \text{ мм/об}$$

3) Визначення швидкості різання

Швидкість різання при точінні чавуну твердосплавним інструментом розраховується за формулою:

$$V = (C_v / (T^m \cdot t^x \cdot S^y)) \cdot K_v$$

де:

- $C_v = 292$ – коефіцієнт, що залежить від матеріалу заготовки та інструменту

- $T = 60 \text{ хв}$ – стійкість різця

- $m = 0,20$ – показник відносної стійкості

- $x = 0,15$ – показник глибини різання

- $y = 0,35$ – показник подачі

- K_v – загальний поправочний коефіцієнт

Загальний поправочний коефіцієнт визначається як добуток окремих коефіцієнтів:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv}$$

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.03.ПТП	Арк.

де $K_{mv} = 1,0$ (для чавуну СЧ 20), $K_{nv} = 0,9$ (для виливка з кіркою), $K_{iv} = 1,0$ (для твердосплавів ВК4).

$$K_v = 1,0 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,9$$

$$V = (292 / (60^{0,20} \cdot 3,1^{0,15} \cdot 0,6^{0,35})) \cdot 0,9$$

$$V = (292 / (2,27 \cdot 1,18 \cdot 0,82)) \cdot 0,9$$

$$V = (292 / 2,195) \cdot 0,9 = 119,7 \text{ м/хв}$$

4) *Визначення частоти обертання шпинделя*

$$n = (1000 \cdot V) / (\pi \cdot D) = (1000 \cdot 119,7) / (3,14 \cdot 133,7) = 285,4 \text{ об/хв}$$

За паспортом верстата 16А20Ф3С32 приймаємо найближче значення:

$$n = 280 \text{ об/хв}$$

5) *Уточнення фактичної швидкості різання*

$$V_f = (\pi \cdot D \cdot n) / 1000 = (3,14 \cdot 133,7 \cdot 280) / 1000 = 117,6 \text{ м/хв}$$

6) *Визначення основного часу*

Основний (машинний) час визначається за формулою:

$$T_o = (L / (n \cdot S)) \cdot i$$

де $L = l + l_1 + l_2$ – розрахункова довжина обробки, мм:

– $l = 230$ мм – довжина оброблюваної поверхні

– $l_1 = 3$ мм – величина врізання інструменту

– $l_2 = 2$ мм – величина перебігу інструменту

– $i = 1$ – кількість проходів

$$L = 230 + 3 + 2 = 235 \text{ мм}$$

$$T_o = 235 / (280 \cdot 0,6) = 235 / 168 = 1,40 \text{ хв}$$

Операція 025 – Токарна чистова

Верстат: токарний з ЧПК 16А20Ф3С32

Інструмент: різець прохідний правий з твердосплавною пластиною ВК4

Оброблювана поверхня: зовнішня циліндрична поверхня 1 ($\emptyset 130g6$),

чистове точіння до $\emptyset 131,2$ мм

						Арк.
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.03.ПТП	

1) Глибина різання

При чистовому точінні глибина різання визначається з умови знімання припуску на чистову обробку:

$$t = 1,0 \text{ мм}$$

2) Подача

При чистовому точінні подача обмежується вимогами до шорсткості поверхні Ra 1,6 мкм. Відповідно до нормативних таблиць для чистового точіння чавуну при заданій шорсткості приймається:

$$S = 0,15 \text{ мм/об}$$

3) Швидкість різання

$$V = (292 / (60^{0,20} \cdot 1,0^{0,15} \cdot 0,15^{0,35})) \cdot 0,9$$

$$V = (292 / (2,27 \cdot 1,0 \cdot 0,466)) \cdot 0,9$$

$$V = (292 / 1,058) \cdot 0,9 = 248,6 \text{ м/хв}$$

4) Частота обертання шпинделя

$$n = (1000 \cdot 248,6) / (3,14 \cdot 131,2) = 603,5 \text{ об/хв}$$

Приймаємо за паспортом: $n = 600 \text{ об/хв}$

5) Фактична швидкість різання

$$V_f = (3,14 \cdot 131,2 \cdot 600) / 1000 = 247,2 \text{ м/хв}$$

6) Основний час

$$T_o = 235 / (600 \cdot 0,15) = 235 / 90 = 2,61 \text{ хв}$$

Операція 030 – Свердлильно-фрезерно-розточувальна

Верстат: 69Б04ПМФ2

Інструмент: фреза кінцева спеціальна з твердосплавними пластинами ВК8, Ø27 мм

Оброблювана поверхня: паз 8 (чорнове, чистове та тонке фрезерування)

1) Глибина різання

При фрезеруванні паза глибина різання дорівнює глибині паза. Для чорнового фрезерування:

$$t = 5,0 \text{ мм}$$

2) Подача на зуб

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.03.ПТП	Арк.

Для кінцевої фрези $\varnothing 27$ мм при обробці чавуну відповідно до нормативів:

$$S_z = 0,05 \text{ мм/зуб}$$

Кількість зубів фрези: $z = 4$

$$\text{Подача на оберт: } S = S_z \cdot z = 0,05 \cdot 4 = 0,20 \text{ мм/об}$$

3) Швидкість різання

$$V = (C_v \cdot D^q) / (T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p) \cdot K_v$$

де $C_v = 58$, $q = 0,45$, $m = 0,33$, $x = 0,37$, $y = 0,24$, $u = 0,1$, $p = 0,1$ – коефіцієнти для торцевого фрезерування чавуну твердосплавом; $K_v = 0,9$.

$$V = (58 \cdot 27^{0,45}) / (60^{0,33} \cdot 5^{0,37} \cdot 0,05^{0,24} \cdot 27^{0,1} \cdot 4^{0,1}) \cdot 0,9$$

$$V = (58 \cdot 4,84) / (3,13 \cdot 1,82 \cdot 0,54 \cdot 1,38 \cdot 1,15) \cdot 0,9$$

$$V = 280,7 / 4,88 \cdot 0,9 = 51,8 \text{ м/хв}$$

4) Частота обертання шпинделя

$$n = (1000 \cdot 51,8) / (3,14 \cdot 27) = 610,6 \text{ об/хв}$$

Приймаємо: $n = 600 \text{ об/хв}$

5) Хвилинна подача

$$S_{хв} = S \cdot n = 0,20 \cdot 600 = 120 \text{ мм/хв}$$

6) Основний час

$$T_o = L / S_{хв} = (90 + 27 + 3) / 120 = 120 / 120 = 1,0 \text{ хв}$$

Нормування технологічних операцій

Технічне нормування полягає у визначенні норми часу на виконання кожної технологічної операції. Норма штучного часу визначається за формулою:

$$T_{шт} = T_o + T_d + T_{об} + T_{відп}$$

де:

- T_o – основний (машинний) час, хв
- T_d – допоміжний час на встановлення, закріплення та зняття деталі, керування верстатом, вимірювання, хв
- $T_{об}$ – час на обслуговування робочого місця, хв
- $T_{відп}$ – час на відпочинок та особисті потреби, хв

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.03.ПТП	Арк.

Допоміжний час визначається за нормативами залежно від типу верстата, маси деталі та умов обробки.

Для токарних операцій на верстаті з ЧПК 16A20Ф3С32:

- T_d (встановлення та зняття деталі масою до 3 кг у патрон) = 0,28 хв
- T_d (керування верстатом, ввімкнення подачі, вимірювання) = 0,15 хв
- T_d (вимірювання штангенциркулем) = 0,10 хв

$$T_d = 0,28 + 0,15 + 0,10 = 0,53 \text{ хв}$$

Оперативний час:

$$T_{оп} = T_o + T_d = 1,40 + 0,53 = 1,93 \text{ хв}$$

Час на обслуговування робочого місця та відпочинок приймається як відсоток від оперативного часу:

$$T_{об} + T_{відп} = 8\% \text{ від } T_{оп} = 0,08 \cdot 1,93 = 0,15 \text{ хв}$$

Штучний час на токарну чорнову операцію (перший перехід):

$$T_{шт} = 1,93 + 0,15 = 2,08 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час $T_{пз}$ для налагодження верстата з ЧПК на партію деталей:

$$T_{пз} = 20 \text{ хв (на партію)}$$

Штучно-калькуляційний час при розмірі партії деталей $n = 50$ шт:

$$T_{шт.к} = T_{шт} + T_{пз}/n = 2,08 + 20/50 = 2,08 + 0,40 = 2,48 \text{ хв}$$

Аналогічно для токарної чистової операції 025:

$$T_{шт.к} = 3,14 + 0,40 = 3,54 \text{ хв}$$

Для свердлильно-фрезерно-розточувальної операції 030:

$$T_d = 0,35 + 0,20 + 0,12 = 0,67 \text{ хв}$$

$$T_{оп} = 1,0 + 0,67 = 1,67 \text{ хв}$$

$$T_{об} + T_{відп} = 0,08 \cdot 1,67 = 0,13 \text{ хв}$$

$$T_{шт} = 1,67 + 0,13 = 1,80 \text{ хв}$$

$$T_{шт.к} = 1,80 + 20/50 = 2,20 \text{ хв}$$

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.03.ПТП	Арк.

Таблиця 3.4 – Зведена відомість норм часу на операції виготовлення деталі «Золотник»

№ оп.	Назва операції	То, хв	Тд, хв	Тшт, хв	Тпз, хв	Тшт.к, хв
020	Токарна чорнова	1,40	0,53	2,08	20	2,48
025	Токарна чистова	2,61	0,53	3,14	20	3,54
030	Свердл.-фрез.-розточ.	1,00	0,67	1,80	20	2,20
035	Свердл.-фрез.-розточ.	0,85	0,67	1,65	20	2,05
040	Шліфувальна	1,20	0,45	1,82	15	2,12

Розраховані режими різання забезпечують необхідну якість обробки поверхонь деталей при раціональному використанні ріжучих властивостей твердосплавного інструменту. Призначені значення подачі та швидкості різання дозволяють досягти необхідної шорсткості та точності розмірів згідно з вимогами робочих креслень. Визначені норми штучно-калькуляційного часу є основою для розрахунку необхідної кількості технологічного обладнання в наступному розділі.

3.7 Розрахунок складу та кількості верстатного обладнання.

Розрахунок необхідної кількості технологічного обладнання є важливим етапом проектування технологічного процесу, оскільки дозволяє визначити оптимальний склад виробничої ділянки, забезпечити раціональне завантаження верстатів та обґрунтувати економічну доцільність прийнятих технічних рішень. Кількість обладнання безпосередньо впливає на капітальні витрати підприємства, тому її точне визначення є необхідною умовою ефективної організації виробництва.

Розрахунок виконується на основі штучно-калькуляційного часу, визначеного в попередньому розділі 3.6, річної програми випуску деталей та дійсного річного фонду часу роботи обладнання.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.03.ПТП	Арк.

1) Вихідні дані для розрахунку

Тип виробництва – серійне, що було обґрунтовано в розділі 4.1. Для серійного виробництва характерна обробка деталей партіями з певною періодичністю повторення.

Річна програма випуску деталі «Золотник»: $N = 1000$ шт/рік.

Режим роботи дільниці – двозмінний.

Дійсний річний фонд часу роботи обладнання при двозмінному режимі роботи визначається з урахуванням планових втрат часу на ремонт та технічне обслуговування верстатів:

– для універсальних верстатів: $\Phi_d = 4015$ год/рік

– для верстатів з ЧПК: $\Phi_d = 3890$ год/рік

Коефіцієнт виконання норм часу: $K_v = 1,0$ (для верстатів з ЧПК, оскільки норми встановлені з урахуванням автоматичного виконання переходів).

2) Розрахунок потрібної кількості верстатів

Розрахункова кількість верстатів для кожної операції визначається за формулою:

$$C_p = (N \cdot T_{шт.к}) / (60 \cdot \Phi_d \cdot K_v)$$

де:

- N – річна програма випуску, шт
- $T_{шт.к}$ – штучно-калькуляційний час на операцію, хв
- Φ_d – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год
- K_v – коефіцієнт виконання норм

Прийнята кількість верстатів $C_{пр}$ визначається округленням розрахункового значення до найближчого більшого цілого числа.

Коефіцієнт завантаження обладнання визначається за формулою:

$$K_z = C_p / C_{пр}$$

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.03.ПТП	Арк.

Нормативне значення коефіцієнта завантаження для серійного виробництва становить $K_z = 0,75 \dots 0,85$.

Операція 020 – Токарна чорнова (верстат 16A20Ф3С32)

$$C_p = (1000 \cdot 2,48) / (60 \cdot 3890 \cdot 1,0) = 2480 / 233400 = 0,011$$

Сумарне навантаження на верстат становить:

$$C_{p \text{ сум}} = ((1000 \cdot 2,48) + (1000 \cdot 3,54)) / (60 \cdot 3890) = 6020 / 233400 = 0,026$$

Приймаємо: $C_{np} = 1$ верстат

$$K_z = 0,026 / 1 = 0,026$$

З метою підвищення коефіцієнта завантаження даний верстат може використовуватись для обробки інших деталей номенклатури виробничої дільниці, що є типовою практикою для серійного виробництва.

Операція 030, 035 – Свердильно-фрезерно-розточувальна (верстат 69Б04ПМФ2)

Сумарний штучно-калькуляційний час по двох операціях:

$$\Sigma T_{шт.к} = 2,20 + 2,05 = 4,25 \text{ хв}$$

$$C_p = (1000 \cdot 4,25) / (60 \cdot 3890) = 4250 / 233400 = 0,018$$

Приймаємо: $C_{np} = 1$ верстат

$$K_z = 0,018 / 1 = 0,018$$

Операція 040 – Шліфувальна (верстат 3К152ВФ20-1)

$$C_p = (1000 \cdot 2,12) / (60 \cdot 3890) = 2120 / 233400 = 0,009$$

Приймаємо: $C_{np} = 1$ верстат

$$K_z = 0,009 / 1 = 0,009$$

						Арк.
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.03.ПТП	

3) Зведена відомість складу та кількості обладнання

Результати розрахунку кількості верстатного обладнання зведено до таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Склад та кількість верстатного обладнання виробничої ділянки

№ оп.	Назва операції	Модель верстата	Тшт.к, хв	Ср, шт	Спр, шт	Кз
020, 025	Токарна чорнова та чистова	16A20Ф3С32	2,48 / 3,54	0,026	1	0,026
030, 035	Свердл.-фрез.-розто ч.	69Б04ПМФ2	4,25 (сум.)	0,018	1	0,018
040	Шліфувальна	3К152ВФ20-1	2,12	0,009	1	0,009
—	Разом	—	—	—	3	—

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.03.ПТП	Арк.

4) Аналіз завантаження обладнання

Аналіз отриманих коефіцієнтів завантаження показує, що всі верстати виробничої дільниці мають відносно низький рівень завантаження. Це пояснюється тим, що розрахунок виконувався для деталі – «Золотника» – при річній програмі 1000 штук.

У реальних умовах серійного виробництва на кожному верстаті обробляється значно ширша номенклатура деталей, що забезпечує нормативний рівень завантаження обладнання в межах 0,75...0,85.

На основі отриманих результатів визначається кількість технологічних операцій, що припадають на одне робоче місце. Для серійного виробництва кількість операцій на одному верстаті визначається за формулою:

$$O = \Phi_d \cdot K_{з.н} / T_{шт.к} \cdot 60$$

де $K_{з.н} = 0,80$ – нормативний коефіцієнт завантаження.

Отримане значення підтверджує серійний характер виробництва, визначений у розділі 4.1, оскільки на кожному робочому місці виконується від кількох до десятків різних операцій протягом року, що є характерною ознакою серійного типу виробництва.

Загальна кількість основного технологічного обладнання виробничої дільниці для виготовлення деталі «Золотник» становить 3 одиниці, що забезпечує виконання всіх операцій розробленого маршрутного технологічного процесу.

За результатами розрахунку визначено склад та кількість верстатного обладнання, необхідного для виготовлення деталей механізму керування потужністю газотурбінного двигуна. Виробнича дільниця включає 4 одиниці основного технологічного обладнання: токарний верстат з ЧПК 16A20Ф3С32, свердлильно-фрезерно-розточувальний верстат 69Б04ПМФ2, круглошліфувальний верстат 3К152ВФ20-1 та горизонтально-фрезерний верстат 6Т82Г. Прийнятий склад обладнання повністю забезпечує виконання всіх технологічних операцій з дотриманням вимог до точності та якості виготовлення деталей.

						Арк.
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.03.ПТП	

3.8 Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу.

Для оцінки ефективності запропонованих технічних рішень виконується техніко-економічне порівняння базового (варіант I) та проектного (варіант II) варіантів технологічного процесу виготовлення деталі «Золотник». Основною метою аналізу є визначення найбільш економічно доцільного маршруту обробки за умови забезпечення необхідної точності та якості продукції.

Базовий варіант I включає такі верстати:

- А – токарна багаторізева 1Н713
- Б – токарно-гвинторізна 1Б04А
- В – токарна з ЧПК 16К20Ф3
- Г – токарна з ЧПК 16К20Ф3
- Д – токарна з ЧПК 16К20Ф3
- Е – токарно-гвинторізна 16Б04А
- Проектований варіант II включає:
- Ж – токарна з ЧПК 16К20Ф3С32
- З – токарна з ЧПК 16К20Ф3С32

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.03.ПТП	Арк.

1) Витрати на оплату праці верстатника

Витрати на оплату праці оператора верстата визначаються з урахуванням основної заробітної плати, передбачених доплат та обов'язкових нарахувань на соціальне страхування. Норматив часової заробітної плати верстатника приймається відповідно до тарифної сітки підприємства для верстатника 4-го розряду: $Н_{ог} = 3,44$ грн/год. Коефіцієнт, що враховує всі види доплат та нарахувань: $Кд = 1,53$. Розрахунок виконується за формулою (3.1):

$$З_{о} = Н_{ог} \cdot Кд \cdot Т_{шт.к} / 60$$

Варіант I:

$$ЗА = 3,44 \cdot 1,53 \cdot 4,7 / 60 = 0,413 \text{ грн}$$

$$ЗБ = 3,44 \cdot 1,53 \cdot 9,26 / 60 = 0,813 \text{ грн}$$

$$ЗВ = 3,44 \cdot 1,53 \cdot 22,07 / 60 = 1,938 \text{ грн}$$

$$ЗГ = 3,44 \cdot 1,53 \cdot 16,96 / 60 = 1,489 \text{ грн}$$

$$ЗД = 3,44 \cdot 1,53 \cdot 21,56 / 60 = 1,893 \text{ грн}$$

$$ЗЕ = 3,44 \cdot 1,53 \cdot 11,63 / 60 = 1,021 \text{ грн}$$

Варіант II:

$$ЗЖ = 3,44 \cdot 1,53 \cdot 25,84 / 60 = 2,270 \text{ грн}$$

$$ЗЗ = 3,44 \cdot 1,53 \cdot 11,56 / 60 = 1,015 \text{ грн}$$

2) Витрати на оплату праці наладчика

Витрати на оплату праці наладчика технологічного обладнання визначаються відповідно до режиму роботи виробництва та кількості обладнання, що обслуговується одним наладчиком. Норматив річної заробітної плати наладчика 5-го розряду: $Н_{н.г} = 7560$ грн/рік. Число змін роботи верстата: $m = 2$. Кількість верстатів, що обслуговуються наладчиком у зміні: $ч_{он} = 5$. Розрахунок виконується за формулою (3.2):

$$З_{в.р} = (Н_{н.г} \cdot Т_{шт.к}) / (m \cdot ч_{он} \cdot Ф_{д.с} \cdot 60)$$

де $Ф_{д.с}$ – річний фонд часу роботи обладнання за зміну.

Варіант I:

$$З_{в.р.А} = (7560 \cdot 4,7) / (2 \cdot 5 \cdot 4015 \cdot 60) = 35532 / 2409000 = 0,0148 \text{ грн}$$

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.03.ПТП	Арк.

$$Зв.р.Б = (7560 \cdot 9,26) / (2 \cdot 5 \cdot 4015 \cdot 60) = 70006 / 2409000 = 0,0291 \text{ грн}$$

$$Зв.р.В = (7560 \cdot 22,07) / (2 \cdot 5 \cdot 3890 \cdot 60) = 166849 / 2334000 = 0,0715 \text{ грн}$$

$$Зв.р.Г = (7560 \cdot 16,96) / (2 \cdot 5 \cdot 3890 \cdot 60) = 128218 / 2334000 = 0,0549 \text{ грн}$$

$$Зв.р.Д = (7560 \cdot 21,56) / (2 \cdot 5 \cdot 3890 \cdot 60) = 162994 / 2334000 = 0,0699 \text{ грн}$$

$$Зв.р.Е = (7560 \cdot 11,63) / (2 \cdot 5 \cdot 4015 \cdot 60) = 87923 / 2409000 = 0,0365 \text{ грн}$$

Варіант II:

$$Зв.р.Ж = (7560 \cdot 25,84) / (2 \cdot 5 \cdot 3890 \cdot 60) = 195350 / 2334000 = 0,0837 \text{ грн}$$

$$Зв.р.З = (7560 \cdot 11,56) / (2 \cdot 5 \cdot 3890 \cdot 60) = 87394 / 2334000 = 0,0375 \text{ грн}$$

3) Амортизаційні відрахування

Амортизаційні відрахування враховують поступове перенесення вартості обладнання на собівартість продукції протягом нормативного строку його експлуатації. Загальна норма амортизаційних відрахувань для металорізальних верстатів: $На = 14,7\%$. Річний фонд часу роботи обладнання при двозмінній роботі береться відповідно до типу верстата. Розрахунок виконується за формулою (3.3):

$$Ао = (\Phi \cdot На \cdot Тшт.к) / (100 \cdot \Phi_d \cdot 60)$$

Варіант I:

$$АОА = (388200 \cdot 14,7 \cdot 4,7) / (100 \cdot 4015 \cdot 60) = 26818518 / 24090000 = 0,1113 \text{ грн}$$

$$АОБ = (12885 \cdot 14,7 \cdot 9,26) / (100 \cdot 4015 \cdot 60) = 1752605 / 24090000 = 0,0728 \text{ грн}$$

$$АОВ = (32850 \cdot 14,7 \cdot 22,07) / (100 \cdot 3890 \cdot 60) = 10655636 / 23340000 = 0,4566 \text{ грн}$$

$$АОГ = (32850 \cdot 14,7 \cdot 16,96) / (100 \cdot 3890 \cdot 60) = 8187437 / 23340000 = 0,3509 \text{ грн}$$

$$АОД = (32850 \cdot 14,7 \cdot 21,56) / (100 \cdot 3890 \cdot 60) = 10404667 / 23340000 = 0,4458 \text{ грн}$$

$$АОЕ = (12885 \cdot 14,7 \cdot 11,63) / (100 \cdot 4015 \cdot 60) = 2199854 / 24090000 = 0,0913 \text{ грн}$$

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.03.ПТП	Арк.

Варіант II:

$$AOЖ = (45700 \cdot 14,7 \cdot 25,84) / (100 \cdot 3890 \cdot 60) = 17355586 / 23340000 = 0,7436 \text{ грн}$$

$$AOЗ = (45700 \cdot 14,7 \cdot 11,56) / (100 \cdot 3890 \cdot 60) = 7764280 / 23340000 = 0,3327 \text{ грн}$$

4) Витрати на технічне обслуговування та ремонт обладнання

Витрати на технічне обслуговування та ремонт визначаються з урахуванням категорії ремонтної складності верстатів, нормативів витрат на ремонт механічної та електричної частини та коефіцієнта точності обладнання. Розрахунок виконується за формулою (3.4):

$$Po = ((H_m \cdot K_m + H_e \cdot K_e) \cdot \mu \cdot T_{шт.к}) / (\Phi_d \cdot 60)$$

Варіант I:

$$POA = ((36,1 \cdot 15 + 9 \cdot 46) \cdot 1 \cdot 4,7) / (4015 \cdot 60) = (541,5 + 414) \cdot 4,7 / 240900 = 4490,85 / 240900 = 0,0186 \text{ грн}$$

$$POB = ((33,6 \cdot 8 + 8,3 \cdot 17) \cdot 1,8 \cdot 9,26) / (4015 \cdot 60) = (268,8 + 141,1) \cdot 1,8 \cdot 9,26 / 240900 = 6840,7 / 240900 = 0,0284 \text{ грн}$$

$$POB = ((34,9 \cdot 14 + 8,1 \cdot 21) \cdot 1,2 \cdot 22,07) / (3890 \cdot 60) = (488,6 + 170,1) \cdot 1,2 \cdot 22,07 / 233400 = 17430,5 / 233400 = 0,0747 \text{ грн}$$

$$POГ = ((34,9 \cdot 14 + 8,1 \cdot 21) \cdot 1,2 \cdot 16,96) / (3890 \cdot 60) = 658,7 \cdot 1,2 \cdot 16,96 / 233400 = 13394,8 / 233400 = 0,0574 \text{ грн}$$

$$POД = ((34,9 \cdot 14 + 8,1 \cdot 21) \cdot 1,2 \cdot 21,56) / (3890 \cdot 60) = 658,7 \cdot 1,2 \cdot 21,56 / 233400 = 17031,8 / 233400 = 0,0730 \text{ грн}$$

$$POE = ((33,6 \cdot 8 + 8,3 \cdot 17) \cdot 1,8 \cdot 11,63) / (4015 \cdot 60) = 409,9 \cdot 1,8 \cdot 11,63 / 240900 = 8589,6 / 240900 = 0,0357 \text{ грн}$$

Варіант II:

$$POЖ = ((34,9 \cdot 14 + 8,1 \cdot 21) \cdot 1,2 \cdot 25,84) / (3890 \cdot 60) = 658,7 \cdot 1,2 \cdot 25,84 / 233400 = 20421,0 / 233400 = 0,0875 \text{ грн}$$

$$POЗ = ((34,9 \cdot 14 + 8,1 \cdot 21) \cdot 1,2 \cdot 11,56) / (3890 \cdot 60) = 658,7 \cdot 1,2 \cdot 11,56 / 233400 = 9132,7 / 233400 = 0,0391 \text{ грн}$$

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.03.ПТП	Арк.

5) Витрати на електроенергію

Витрати на електроенергію визначаються залежно від встановленої потужності електродвигунів верстата, загального коефіцієнта навантаження та вартості електроенергії. Загальний коефіцієнт навантаження електродвигунів приймається: $\eta_{з.о} = 0,65$. Вартість 1 кВт·год електроенергії: $C_e = 0,16$ грн.

Розрахунок виконується за формулою (3.5):

$$P_e = (N_e \cdot \eta_{з.о} \cdot C_e \cdot T_{шт.к}) / 60$$

Варіант I:

$$P_{e.A} = (20,15 \cdot 0,65 \cdot 0,16 \cdot 4,7) / 60 = 9,851 / 60 = 0,1642 \text{ грн}$$

$$P_{e.B} = (1,1 \cdot 0,65 \cdot 0,16 \cdot 9,26) / 60 = 1,059 / 60 = 0,0177 \text{ грн}$$

$$P_{e.B} = (24,12 \cdot 0,65 \cdot 0,16 \cdot 22,07) / 60 = 55,395 / 60 = 0,9233 \text{ грн}$$

$$P_{e.Г} = (24,12 \cdot 0,65 \cdot 0,16 \cdot 16,96) / 60 = 42,562 / 60 = 0,7094 \text{ грн}$$

$$P_{e.Д} = (24,12 \cdot 0,65 \cdot 0,16 \cdot 21,56) / 60 = 54,100 / 60 = 0,9017 \text{ грн}$$

$$P_{e.E} = (1,1 \cdot 0,65 \cdot 0,16 \cdot 11,63) / 60 = 1,329 / 60 = 0,0222 \text{ грн}$$

Варіант II:

$$P_{e.Ж} = (25 \cdot 0,65 \cdot 0,16 \cdot 25,84) / 60 = 67,184 / 60 = 1,1197 \text{ грн}$$

$$P_{e.З} = (25 \cdot 0,65 \cdot 0,16 \cdot 11,56) / 60 = 30,056 / 60 = 0,5009 \text{ грн}$$

6) Витрати на керуючі програми для верстатів з ЧПК

Для обладнання з числовим програмним керуванням додатково враховуються витрати на розроблення керувальних програм. Вартість одного кадру програми при токарній обробці в патроні: $C_{п} = 0,68$ грн. Коефіцієнт: $K_v = 1,1$. Строк випуску деталі: $N_d = 3$ роки. Річна програма: $N_2 = 1000$ шт.

Кількість кадрів у програмі приймається відповідно до складності операції:

- для верстата В (16K20Ф3, операція складна): $N_B = 80$ кадрів
- для верстата Г (16K20Ф3): $N_Г = 55$ кадрів
- для верстата Д (16K20Ф3): $N_Д = 75$ кадрів
- для верстата Ж (16K20Ф3С32): $N_Ж = 95$ кадрів

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.03.ПТП	Арк.

- для верстата 3 (16K20Ф3С32): $N3 = 45$ кадрів

$$Ппр = (N \cdot Цп \cdot Кв) / (Nd \cdot N2)$$

$$Ппр.В = (80 \cdot 0,68 \cdot 1,1) / (3 \cdot 1000) = 59,84 / 3000 = 0,0199 \text{ грн}$$

$$Ппр.Г = (55 \cdot 0,68 \cdot 1,1) / (3 \cdot 1000) = 41,14 / 3000 = 0,0137 \text{ грн}$$

$$Ппр.Д = (75 \cdot 0,68 \cdot 1,1) / (3 \cdot 1000) = 56,10 / 3000 = 0,0187 \text{ грн}$$

$$Ппр.Ж = (95 \cdot 0,68 \cdot 1,1) / (3 \cdot 1000) = 71,06 / 3000 = 0,0237 \text{ грн}$$

$$Ппр.З = (45 \cdot 0,68 \cdot 1,1) / (3 \cdot 1000) = 33,66 / 3000 = 0,0112 \text{ грн}$$

7) Технологічна собівартість операцій

Після визначення всіх складових витрат розраховується технологічна собівартість виконання кожної операції за формулою (3.7):

$$Соп = Зо + Зв.р + (Ао + Ро + Пе + Ппр) \cdot Км.г$$

де $Км.г = 1$ для верстатів з ручним керуванням та $Км.г = 4,5$ для верстатів з ЧПК.

Варіант I:

$$Соп.А = 0,413 + 0,0148 + (0,1113 + 0,0186 + 0,1642 + 0) \cdot 1 = 0,722 \text{ грн}$$

$$Соп.Б = 0,813 + 0,0291 + (0,0728 + 0,0284 + 0,0177 + 0) \cdot 1 = 0,961 \text{ грн}$$

$$Соп.В = 1,938 + 0,0715 + (0,4566 + 0,0747 + 0,9233 + 0,0199) \cdot 4,5 = 2,010 + 6,546 = 8,556 \text{ грн}$$

$$Соп.Г = 1,489 + 0,0549 + (0,3509 + 0,0574 + 0,7094 + 0,0137) \cdot 4,5 = 1,544 + 5,103 = 6,647 \text{ грн}$$

$$Соп.Д = 1,893 + 0,0699 + (0,4458 + 0,0730 + 0,9017 + 0,0187) \cdot 4,5 = 1,963 + 6,459 = 8,422 \text{ грн}$$

$$Соп.Е = 1,021 + 0,0365 + (0,0913 + 0,0357 + 0,0222 + 0) \cdot 1 = 1,207 \text{ грн}$$

Загальна технологічна собівартість по варіанту I:

$$\Sigma Соп.І = 0,722 + 0,961 + 8,556 + 6,647 + 8,422 + 1,207 = 26,515 \text{ грн}$$

Варіант II:

$$Соп.Ж = 2,270 + 0,0837 + (0,7436 + 0,0875 + 1,1197 + 0,0237) \cdot 4,5 = 2,354 + 8,870 = 11,224 \text{ грн}$$

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.03.ПТП	Арк.

$$\text{Соп.3} = 1,015 + 0,0375 + (0,3327 + 0,0391 + 0,5009 + 0,0112) \cdot 4,5 = 1,053 + 3,978 = 5,031 \text{ грн}$$

Загальна технологічна собівартість по варіанту II:

$$\Sigma \text{Соп.II} = 11,224 + 5,031 = 16,255 \text{ грн}$$

8) Зведена таблиця розрахункових даних

Таблиця 3.6 – Розрахункові дані техніко-економічного порівняння варіантів

	Показник	А	Б	В					
1	Зарплата верстатника, грн	0,413	0,813	1,938	1,489	1,893	1,021	2,270	1,015
2	Зарплата наладчика, грн	0,014 8	0,029 1	0,071 5	0,054 9	0,069 9	0,036 5	0,083 7	0,037 5
3	Амортизація, грн	0,111 3	0,072 8	0,456 6	0,350 9	0,445 8	0,091 3	0,743 6	0,332 7
4	Ремонт та обслуговування , грн	0,018 6	0,028 4	0,074 7	0,057 4	0,073 0	0,035 7	0,087 5	0,039 1
5	Електроенер гія, грн	0,164 2	0,017 7	0,923 3	0,709 4	0,901 7	0,022 2	1,119 7	0,500 9
6	Керуючі програми, грн	–	–	0,019 9	0,013 7	0,018 7	–	0,023 7	0,011 2
	Технол. собівартість, грн	0,722	0,961	8,556	6,647	8,422	1,207	11,22 4	5,031
	Всього по варіанту		26,51 5					6,2 55	

Проведене техніко-економічне порівняння двох варіантів технологічного процесу виготовлення деталі «Золотник» підтвердило перевагу проектного маршруту обробки (варіант II). Загальна технологічна собівартість для базового варіанта I становить 26,515 грн/шт, тоді як для проектного варіанта II – 16,255 грн/шт. Таким чином, економічний ефект від впровадження запропонованого технологічного процесу становить 10,26 грн на одну деталь, або близько 38,7% від собівартості базового варіанта.

Отриманий результат досягається завдяки підвищенню концентрації операцій, використанню сучасних багатофункціональних верстатів з числовим програмним керуванням моделі 16K20Ф3С32, скороченню кількості технологічних операцій з шести до двох та зменшенню допоміжного часу обробки. Це переконливо підтверджує економічну доцільність впровадження розробленого технологічного процесу у виробництво.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.03.ПТП	Арк.

4. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ.

4.1 Розробка верстатного пристрою.

4.1.1 Розробка технічного завдання на проектування верстатного пристрою.

Метою проектування є розроблення спеціального верстатного пристрою для виконання свердлильно-фрезерно-розточувальної операції під час виготовлення деталі «Золотник». Пристрій повинен забезпечувати надійне базування та закріплення заготовки, необхідну точність обробки та зручність експлуатації.

На операції фрезеруються 2 канавки 6 та 7, паз 8, вікно 10, свердяться отвори 24-27.

Обробка ведеться на горизонтальному свердлильно – фрезерно – розточувальному верстаті з хрестовим обертовим столом моделі 21104Р7Ф4.

Параметри столу верстата

ширина – 400мм

довжина – 500мм

відстань між поздовжніми пазами – 70

відстань між поперечними пазами – 260

пази – 7 штук

Діаметр обертової частини - 630 мм

Параметри пазів зображено на рисунку

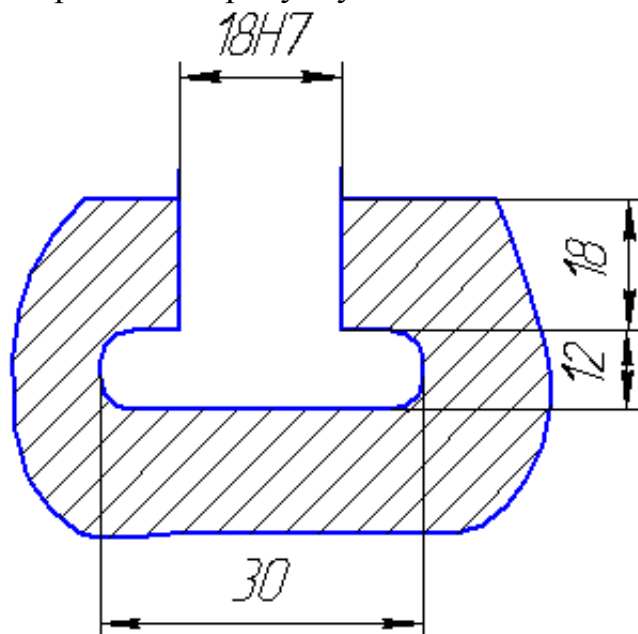


Рисунок 4.1 – Параметри пазів столу верстата 21104Р7Ф4

					КНУ.КБР.131.26.2-04.04.ПТО		
Змн.	Лист	№ док.ум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Лебединський					
Перевір.		Кіянський					
Н. Контр.		Нечасів					
Зав. каф.		Рязанцев.					
					Проективання технологічного оснащення		
					Піт	Арк	Акрюшів
					ПМ-23СК		

– Схема базування заготовки на цій операції розроблена в розділі 3 і надана на рис 3.3. Як вже зазначалося, для цієї схеми базування буде застосована цанга, що розтискає деталь по поверхні Ø44H9.

– Установочною базою на цій операції є торець 2 (Ø130), направляючою базою – внутрішній отвір 14 (Ø44H9).

– Метало ріжучий інструмент:

– Для канавок 6,7 – фреза шпонкова BK8Ø5.

– Для пазу 8 – фреза кінцева спеціальна BK8Ø27;

▪ фреза кінцева спеціальна BK8Ø27;

▪ фреза кінцева спеціальна BK8Ø30.

– Для вікна 10 – фреза кінцева спеціальна BK8Ø18;

▪ фреза кінцева BK8Ø8

– Для отворів Ø3,8 мм свердло Ø3,8

4.1.2 Вибір стандартних установочних елементів.

Відповідно до прийнятої схеми базування деталей установлюється на спеціальну плиту з інтегрованим гідравлічним затискним механізмом. Як напрямну базу використано внутрішню поверхню Ø44H9, для контакту з якою проектується спеціальна розтискна цангова оправка. Застосування такого способу базування забезпечує високу точність позиціонування деталі та надійність закріплення під час обробки.

4.1.3 Опис конструкції і роботи пристосування.

Пристосування складається зі спеціальної плити 1 з вмонтованим гідроциліндром 16. Зі штоком 17 гідроциліндру різбленням з'єднаний стрижень 2, до якого теж за допомогою різблення приєднана тяга 3 цанги. Корпус цанги з'єднуються з плитою за допомогою болтів 5 та базується за допомогою двох пальців – циліндричного 9 та зрізаного 10.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.04.ПТО	Арк.

Оброблювана деталь установлюється на установочну площину 18, що має лиску 11 для підведення – відведення ріжучого інструмента під час обробки паза 8. тяга цанги 3 має на кінці конічну серцевину 12. При русі штока 17 пневмоциліндра вниз серцевина 12 цанги рухається вниз та розсовує пелюстки 13 з внутрішньою конусною поверхнею 14. Цей рух забезпечує закріплення деталі зовнішньою поверхнею 15 пелюстків 13 цанги.

Пристосування базується на столі верстата за допомогою центрального штифта 9, який з'єднується з обертовою частиною по посадці $\varnothing 18H7/n6$, а з плитою круглою по посадці $\varnothing 18H7/n6$, та пальця зрізаного 10. Пристосування кріпиться за допомогою болтів 6, для чого і нижній частині плити 1 корпусу передбачені спеціальні вушка 19. Болти входять у пази верстата і запобігають зсуву пристосування щодо столу верстата в процесі обробки деталі.

Робоча рідина надходить і виходить до вмонтованого гідроциліндра 16 через штуцери 4 та 4.

Технічна характеристика вмонтованого гідроциліндру плити круглої 7081-0367.

- Робочий тиск, МПа 10
- Зусилля, Н
 - що тяне 2500
 - що штовхає 3000
- Хід, мм 8
- Витрата мастила, см^3 30

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.04.ПТО	Арк.

4.1.4 Визначення вхідних даних для розрахунку.

Для розрахунку параметрів затискного механізму визначаються максимальні силові навантаження, що виникають під час виконання найбільш навантаженого переходу операції. У даному випадку таким переходом є попереднє фрезерування вікна 10, для якого визначаються сила різання, сила подачі, крутний момент та потужність різання.

Сила різання при подовжньому русі ([16] стор. 282)

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^x \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{m,p} \quad (4.1)$$

Для кінцевих фрез знаходимо $C_p=30$, $x=0,83$, $y=0,65$, $u=1$, $q=0,83$, $w=0$

$$K_{tr} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_v} = \frac{190^{1,3}}{192} = 1 \quad ([16] \text{ стор. 264}) \quad (4.2)$$

З призначення режимів різання на цьому переході (табл.6.13)

$S_z=0,0197$ мм/зуб; $n=800$ об/хв; $v_f=45,24$ м/хв; $t=18$ мм; $B=10$ мм; $Z=4$

$$P_z = \frac{10 \cdot 30 \cdot 18^{0,83} \cdot 0,0197^{0,65} \cdot 10^1 \cdot 4}{18^{0,83} \cdot 800^0} - 1,0 = 1163,14 \text{ Н}$$

В зв'язку з тим, що осьова складова сили різання при подовжньому фрезеруванні на верстаті з горизонтальною віссю шпинделя направлена поперек цанги (напроти сили затиску цанги W), а вздовж вісі цанги діє сила подачі P_n , в розрахунках враховуємо саме цю складову сили різання. Горизонтальна складова сили різання (сила подачі) при подовжньому фрезеруванні ([16], стор. 292, табл.42)

$$\frac{P_h}{P_z} = 0,3 - 0,4 \Rightarrow P_h = 0,4 P_z = 0,4 \cdot 1163,14 = 465,2564 \quad (4.3)$$

Обертний момент на шпинделі при подовжньому фрезеруванні

$$M_{\text{оберт.}} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{1163,4 \cdot 18}{2 \cdot 1000} = 10,5 \text{ Н·м} \quad (4.4)$$

Потужність різання при подовжньому фрезеруванні

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1163,14 \cdot 45,24}{1020 \cdot 60} = 0,86 \text{ кВт} \quad (4.5)$$

					КНУ.КБР.131.26.2-04.04.ПТО	Арк.
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

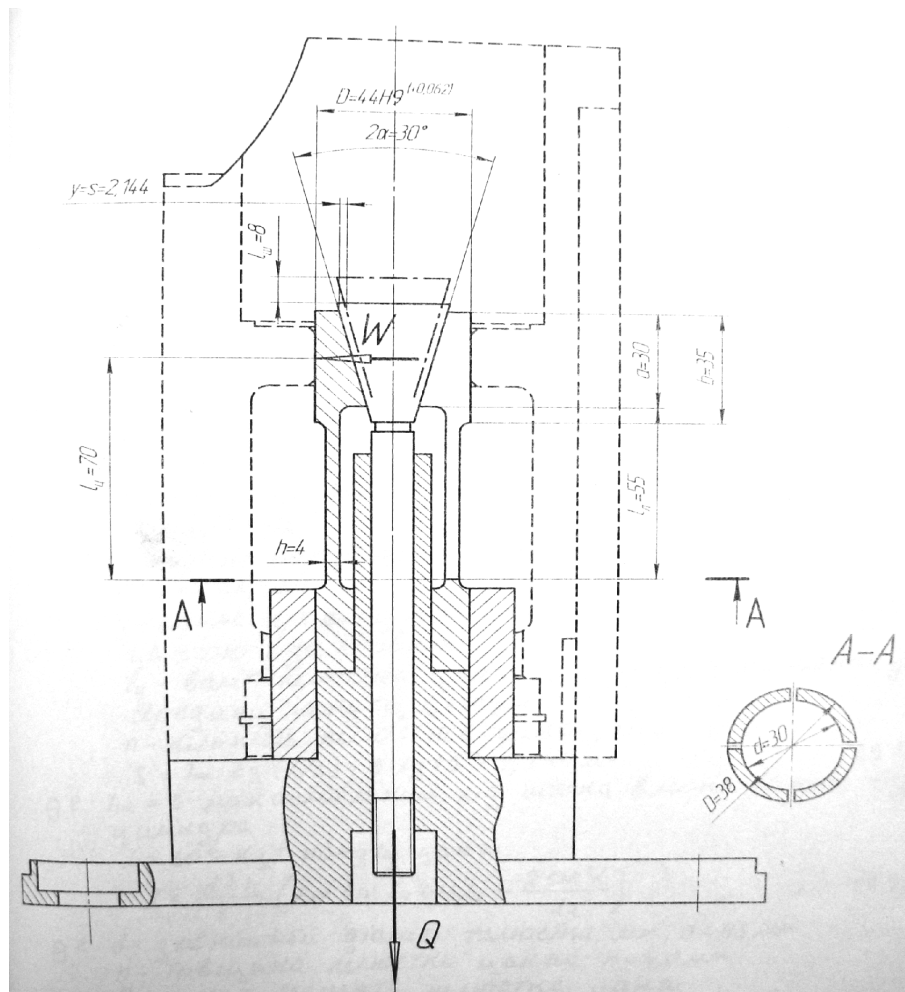


Рисунок 4.2 – схема затиску заготовки у цанзі.

Вихідні данні для розрахунку:

$M_{кр}$ – обертовий момент . Н·м; найбільший з обертових моментів на цій операції $M_{кр}=10,5$ Н·м

P_h – сила подачі, Н; $P_h=465,256$ Н

l – довжина заготовки, мм; $l=230$ мм

D – внутрішній діаметр заготовки в місці контакту з цангою, мм;
 $D=44H9$.

Схема затиску заготовки цангою надана на рис. 4.2.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.04.ПТО	Арк.

4.1.5 Визначення сил затиску.

Необхідна сумарна сила затиску заготовки.

$$W = \frac{\kappa}{f} \sqrt{\frac{4M_{np}^2}{d^2} + P_o^2} \quad (4.6)$$

де κ – коефіцієнт запасу, приймається приблизно $\kappa=2,5$

f – коефіцієнт зчеплення між робочими поверхнями цанги і заготовки, для незагартованих пелюстків значення коефіцієнту: $f=0,35$ для дії осьової сили.

$$W = \frac{2,5}{0,35} \sqrt{\frac{4 \cdot 10,5^2}{44^2} + 465,256^2} = 3323,26 \text{ Н}$$

Сила затиску пелюстків цанги до зіткнення їх з заготовкою.

$$W_i = \frac{3EI_{yn}}{l_y^3}, \text{ Н} \quad (4.7)$$

де E – модуль пружності матеріалу цанги, МПа; $E=2 \cdot 10^5 \dots 2,2 \cdot 10^5$ МПа

I – момент інерції перетину пелюстка цанги в місці закріплення, мм

l_y – стріла прогину пелюстка цанги, мм $y=S$ – зазор між цангою і заготовкою

$l_{ц}$ – виліт пелюстка цанги від місця закріплення до середини конуса, $l_{ц}=70$ мм

n – кількість пелюстків цанги; $n=4$

$$S = I_{шт} \cdot \operatorname{tg}(\alpha/2) = 8 \cdot \operatorname{tg}15^\circ = 2,144 \text{ мм} \quad (4.8)$$

де $I_{шт} = 8$ максимальний хід штока вмонтованого гідроциліндра

$\alpha = 30^\circ$ - кут конусу цанги.

$$I = \frac{d^3 h}{8} \left(\alpha_1 + \sin \alpha_1 \cos \alpha_1 - \frac{2 \sin^2 \alpha}{\alpha_1} \right) \quad (4.9)$$

де d – зовнішній діаметр пелюстка, мм; $d = 43$ мм

h – товщина пелюстка цанги; $h=4,0$ мм

$2\alpha_1$ – кут сегмента пелюстка цанги.

Приблизно можна прийняти для кількості пелюстків $n=4$.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.04.ПТО	Арк.

$$W_1 = 2 \cdot 10^3 \frac{Sh^3}{I_4^3} = 2 \cdot 10^3 \frac{2,144 \cdot 4,0^3}{70^3} = 0,8 \text{ Н} \quad (4.10)$$

Сила приводи цанги для забезпечення необхідної сили затиску заготовки при установці заготовки з осьовим упором.

$$Q = (W + W_1) [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2] \quad (4.11)$$

де α – половина кута конуса цанги; $\alpha = 15^\circ$

φ_1 – кут тертя в місці контакту цанги і заготовки в осьовому напрямку;
 $\varphi_2 = 5^\circ 50'$

$$Q = (3323,6 + 0,8) [\operatorname{tg}(15^\circ + 5^\circ 50') + \operatorname{tg} 5^\circ 50'] = 1604,505 \text{ Н}$$

Вмонтований в плиту круг 7081-0367 гідроциліндр розвиває зусилля, що тягне – 2500 Н. Тобто, потрібне зусилля затиску цанги буде забезпечене.

Передатне відношення цангового механізму

$$i = Q / (W + W_1) = 1604,505 / (3323,26 + 0,8) = 0,483 \quad (4.12)$$

Діаметр робочої поверхні цанги

$$D_o = D_3 + (h_k + \Delta k) + T_d + \sigma_u \quad (4.13)$$

де D_3 – номінальний діаметр заготовки; $D_3 = 44 \text{ мм}$

h_3 – контактне зближення в сполученні гострих кінців губки цанги з заготовкою;

Δk – контактне зближення пелюстка цанги з корпусом;

T_d – допуск діаметра заготовки ; $T_d = 62 \text{ мкм} = 0,062 \text{ мм}$

σ_u – припустимий знос губок цанги (0,05...0,04 мм);

приймаємо $\sigma_u = 1,002 \text{ мм}$

Спрощена формула для заготовки діаметром до 50 мм

$$D_o = 0,997 D_3 - T_d - \sigma_u = 0,997 \cdot 44 - 0,062 - 0,806 = 43 \text{ мм}$$

Довжина конусної частини

$$a = (0,55 \dots 1) D = 30 \text{ мм} \quad (4.14)$$

Довжина робочої частини губки

$$b = (0,55 \dots 1) D = 35 \text{ мм} \quad (4.15)$$

Довжина пелюстка

					КНУ.КБР.131.26.2-04.04.ПТО	Арк.
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$l_n = (1,5 \dots 2) v = 55 \quad (4.16)$$

Обумовлений необхідний діаметр гідроциліндру двосторонньої дії

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot p \cdot \eta}} \quad (4.17)$$

де p – 10 МПа – тиск рідини у гідросистемі;

η – 0,85 ККД гідроциліндру

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1604,505}{\pi \cdot 10 \cdot 0,85}} = 15,5 \text{ мм}$$

Висновок : як збірно – розбірне пристосування обрано плиту круглу 7081-0367 з вмонтованим гідроциліндром, що розвиває зусилля, що тягне 2,5 кН. Цього зусилля достатньо для затиску заготовки на свердлильно – фрезерно розточувальній операції. При ході поршня вмонтованого гідроциліндра 8 мм забезпечується зазор між деталлю.

4.1.6 Розрахунок елементів пристосування на міцність.

Розрахуємо прихват на міцність у перетині А-А

Умова міцності

$$\sigma_u^{\max} = \frac{M_u \cdot 10^3}{W_x} \leq [\sigma_u] \quad (4.18)$$

Максимальний згинальний момент

$$M_u^{\max} = W l_4 = 1604,505 \cdot 70 \cdot 10^{-3} = 112,3154 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (4.19)$$

Момент опору перетину для трубчастого розтину

$$W_x = \frac{\pi D^3}{32} (1 - \alpha^4) \text{ мм}^3 \quad (4.20)$$

$$\text{де } \alpha = \frac{d}{D} = \frac{30}{38} = 0,79 \quad (4.21)$$

$$W_x = \frac{\pi D^3}{32} (1 - \alpha^4) = \frac{\pi \cdot 38^3}{32} (1 - 0,79^4) = 3288,8$$

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.04.ПТО	Арк.

$$\sigma_u^{\max} = \frac{112,3154 \cdot 10^3}{3288,8} = 34,151 \text{ МПа} < [\sigma_e] = 160 \text{ МПа}$$

Результати розрахунку підтверджують достатній запас міцності елементів пристосування та можливість їх безпечної експлуатації в умовах серійного виробництва.

4.1.7 Розрахунок точності пристосування.

Сумарна похибка пристрою розраховується за формулою ([30])

$$\Delta_{\Sigma} = k \sqrt{\Delta_{\delta}^2 + \Delta_{n,\delta}^2 + \Delta_{y,n}^2 + \Delta_3^2 + \Delta_{n,n}^2 + \Delta_{z,m}^2} \quad (4.22)$$

де Δ_{δ} – похибка базування заготовки у верстатному пристрої (для цангових затисків дорівнює 0)

$\Delta_{п.в}$ – похибка розташування плити на металорізальному верстаті.

$\Delta_{ц.п}$ – похибка розташування цанги на плиті

Δ_3 – похибка розташування направляючих елементів верстата щодо базових поверхонь верстатного пристосування

$\Delta_{z,n}$ – похибка зносу елементів верстатного пристрою

k – коефіцієнт, що враховує відхилення розсіювання значень складових величин від закону нормального розподілу, $k=1,1 \dots 1,2$

Похибка взаємного розташування опорних елементів верстатного пристрою з базовими поверхнями верстата $\Delta_{п.в}$ – залежить від зсувів та перекосів плити пристрою на столі верстата.

Для свердлильно - фрезерно – розточувального верстата ця похибка залежить від величини зазору між двома пальцями та отворами верстатного пристрою та від величини кута перекосу між двома шпонками верстатного пристрою

$$\Delta_{п.в} = \text{tg} \alpha = \frac{l \cdot S_{\max}}{L_{\text{ши}}} \quad (4.23)$$

					КНУ.КБР.131.26.2-04.04.ПТО	Арк.
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

де $L_{\text{шп}}$ – відстань між центруючи ми шпонками на плиті довжиною 500 мм
 $L_{\text{шп}}=190$ мм;

l – діаметр корпусу цанги; $l=240$ мм

S_{max} – максимальний зазор у сполученні циліндричного пальця і отвору. Розмір сполучення пальця з отвором - $16 \frac{H7}{h6}$ По [2] знаходимо для цієї посадки

$$S_{\text{max}}=29 \text{ мкм}$$

Тоді, згідно з формулою (4.23)

$$\Delta_{\text{п.в}} = \frac{240 \cdot 0,029}{190} = 0,037 \text{ мм} = 37 \text{ мкм}$$

Похибка взаємного розташування цанги на плиті $\Delta_{\text{ц.п}}$ залежить від величини зазору між двома центрувальними шпонками та отворами плити та від величини кута перекосу між двома шпонками цанги.

$$\Delta_{\text{ц.п}} = \text{tg} \alpha = \frac{\lg S_{\text{max}}}{L_{\text{шп.ч}}} \quad (4.24)$$

де $L_{\text{шп.ч}}$ – відстань між центрувальними шпонками. На цанзі $L_{\text{шп.ч}} = 180$ мм

l – довжина оброблюваної деталі, $l=130$ мм

S_{max} – максимальний зазор у сполученні циліндричного пальця і отвору.

Розмір сполучення пальця з отвором $16 \frac{H7}{h6}$. По [2] знаходимо для цієї посадки
 $S_{\text{max}}=35$ мкм

Тоді, згідно з формулою (4.23)

$$\Delta_{\text{ц.п}} = \frac{130 \cdot 0,035}{180} = 0,0253 \text{ мм} = 25,3 \text{ мкм}$$

Похибка закріплення заготовки в пристрої. При гідро-та пневмозатиску Δ_3 можна зневажити, тобто $\Delta_3=0$

Похибка взаємного розташування у верстатному пристрої опорних елементів з базовими поверхнями деталі.

$$\Delta_{\text{п.н}} = \left(\frac{1}{3} \div \frac{1}{5} \right) \cdot TD \quad (4.25)$$

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.04.ПТО	Арк.

де TD – допуск розміру заготовки ; для $\varnothing 44H9TD=0,062$ мм

$$\Delta_{п.н} = 0,155 \text{ мм} = 12,4 \text{ мкм}$$

Похибку зносу елементів верстатного пристрою $\Delta_{з.н}=0$ в зв'язку з тим, що пристосування нове. Крім того, у цанговому затиску після рівномірного зносу пелюстків цанги збільшиться зазор між заготовкою що затискається, та пелюстками. Похибка базування при цьому залишиться рівною нулевій.

Похибка обробки заготовки на свердлильно – фрезерно – розточувальній операції за формулою (9.22) складає

$$\Delta_{\Sigma}=1,1 \sqrt{0+37^2+25,3^2+0+12,4^2+0} = 51,16 \text{ мкм} \quad (4.26)$$

Отримане значення сумарної похибки не перевищує допустимих значень для даної операції, що підтверджує можливість забезпечення необхідної точності обробки при використанні спроектованого пристосування.

4.2 Проектування контрольного пристосування

Контроль якості виготовленої деталі здійснюється на всіх етапах технологічного процесу. Особливу увагу приділено контролю геометричної точності та взаємного розташування поверхонь. Для перевірки радіального биття відповідальних поверхонь деталі розроблено спеціальне контрольне пристосування, яке забезпечує необхідну точність вимірювання та зручність проведення контролю.

Технічне завдання : розробити контрольний пристрій для визначення радіального биття двох радіусних поверхонь R100(0,02 мм).

4.2.1 Вибір установочних елементів та вимірювальних приладів.

Для контролю радіального биття поверхонь деталі розробляється спеціальна схема вимірювання, яка забезпечує надійне базування виробу та можливість одночасного контролю декількох контрольованих елементів.

Конструкція пристосування повинна виключати додаткові похибки базування та

					КНУ.КБР.131.26.2-04.04.ПТО	Арк.
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечувати відтворюваність результатів вимірювання R100Js (рисунок 4.3). Основним елементом контрольного пристосування є опорна плита розмірами 300×290×370 мм, яка забезпечує надійне встановлення та базування деталі під час проведення вимірювань.

Установчою базою має бути самий точний внутрішній отвір. Такими отворами в деталі «Золотник» є Ø44Н9 та Ø75Н9. останній отвір розташовано біля зовнішнього торця. Тому для базування по направляючий базі обираємо Ø44Н9.

Для того, щоб уникнути похибки базування деталі відносно направляючої бази, установчим елементом обираємо оправку цангову розтискну механізовану. Конструкція її аналогічна розтискній цанзі, що була розроблена для верстатного пристосування, але для спрощення конструкції поступальний рух цанги буде виконуватись шляхом її загвинчування.

4.2.2 Опис конструкції пристосування.

Контроль радіального биття здійснюється за допомогою спеціально розробленого контрольного пристосування, конструкція якого наведена в графічній частині проєкту.

Пристосування складається із плити 1, що є установчою площиною для базування деталі. До плити за допомогою гайки 3М30х1 та шайби 12 вмонтовано цангу розтискну 2 яка є направляючою базою контрольованої деталі. Для встановлення деталі рукоятка виймається з поперечного отвору тяги 4, а після встановлення деталі на плиті 1 – знову вставляється в отвір. Для центрування деталі використовується шпонка 5, що вставляється в паз у плиті 1 та в паз деталі.

Закріплення деталі здійснюється шляхом обертання рукоятки 3 разом із тягою 4. При переміщенні тяги її кінцева частина взаємодіє з пелюстками цанги та забезпечує їх радіальне розтискання, унаслідок чого відбувається надійне центрування та фіксація деталі по отвору Ø44Н9. Похибка базування також

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.04.ПТО	Арк.

дорівнюватиме нулеві. На плиті встановлені стійки зі штативами, на яких закріплюються індикатори годинникового типу 11 для контролю радіального биття поверхонь деталі. Стійки 6 вмонтовані в плиту 1 по посадках з зазором (H7/h6) і під час вимірів радіального биття радіусних поверхонь ці стійки обертаються навколо своїх осей. Всі індикатори закріплюються в штативах гвинтами 8. Для забезпечення вимірів радіального биття на всю довжину штатива 7 можуть рухатись на стійках 6.

Регулювання положення індикаторів здійснюється шляхом переміщення штативів по висоті після послаблення фіксувальних гвинтів. Після встановлення необхідного положення індикаторів гвинти повторно затягуються.

Після завершення контрольних вимірювань затискний механізм розтискається, деталь знімається з пристосування, а результати контролю використовуються для оцінки відповідності виробу встановленим вимогам точності. Запропонована конструкція забезпечує зручність експлуатації, високу повторюваність вимірювань та необхідну точність контролю в умовах серійного виробництва.

4.2.3 Розрахунок точності пристосування.

Для оцінки працездатності контрольного пристосування визначається допустима похибка вимірювання. Відповідно до прийнятої методики її значення приймається рівним 20 % від контролюваного допуску форми. Для найбільш відповідального параметра – радіального биття – допустима похибка визначається за формулою (4.27).

$$[\Delta]=0,2 \cdot 0,020=0,04 \text{ мм} \quad (4.27)$$

Сумарна похибка вимірювання визначається з урахуванням похибки установочного елемента, випадкової похибки та похибки вимірювального приладу:

$$\Delta_{\Sigma}=\Delta_{y,e}+\sqrt{\Delta_{\text{вин}}^2+\Delta_{\text{інд}}^2} \quad (4.28)$$

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.04.ПТО	Арк.

де $\Delta_{y.e}$ – похибка установочного елемента; $\Delta_{y.e}=0$ для цангового затиску

$\Delta_{\text{вип}}$ – випадкова помилка; $\Delta_{\text{вип}}=5\%T\Phi$

$\Delta_{\text{інд}}$ – похибка індикатора годинникового типу.

Підставляючи вихідні дані у формулу (4.28), отримуємо:

$$\Delta_{\Sigma}=0-\sqrt{(0,05 \cdot 0,020)^2 + \left(\frac{0,003}{1000} 20\right)^2} = \sqrt{0,0000010036} \approx 0,001 \quad (4.29)$$

Сумарна похибка вимірювання не повинна перевищувати допустиме значення:

$$\Delta_{\Sigma} \leq [\Delta].$$

Оскільки отримане значення сумарної похибки становить 0,001 мм, що є меншим за допустиме значення 0,004 мм, умова точності виконується.

Висновок. Результати розрахунку підтверджують, що розроблене контрольне пристосування забезпечує необхідну точність вимірювання радіального биття поверхонь деталі «Золотник». Прийняті конструктивні рішення та схема базування гарантують достовірність результатів контролю й дозволяють використовувати пристосування в умовах крупносерійного виробництва.

					КНУ.КБР.131.26.2-04.04.ПТО	Арк.
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

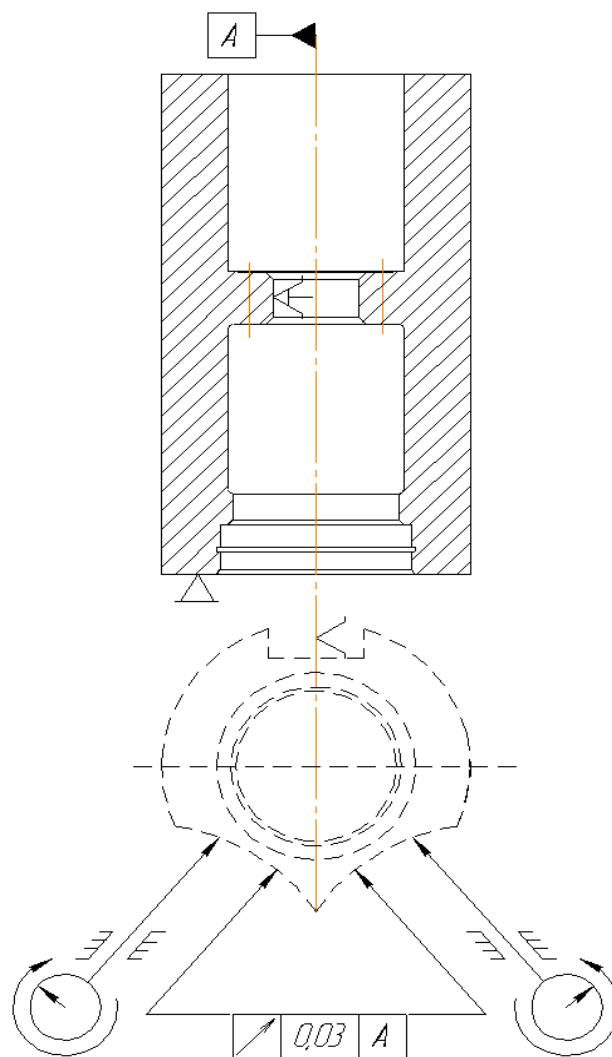


Рисунок 4.3 – Схема контролю

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.04.ПТО	Арк.

5 Моделювання та програмування операцій механічної обробки.

У розробленому технологічному процесі механічної обробки деталі «Золотник» застосовуються операції, що виконуються на обладнанні з числовим програмним керуванням, зокрема токарна чорнова, токарна чистова, свердлильно-розточувальні та шліфувальні операції. Для детального опрацювання верстатно-інструментального налагодження та розрахунково-технологічної карти обрано чистову токарну операцію.

Для виконання токарних операцій використовується токарний патронно-центровий верстат з числовим програмним керуванням моделі 16A20Ф3С32, який належить до обладнання контурного типу керування та забезпечує обробку складних поверхонь із високою точністю.

Деталь «Золотник» належить до класу тіл обертання та характеризується максимальним зовнішнім діаметром 130 мм і довжиною 230 мм. Вихідною заготовкою є виливок, отриманий методом лиття у піщано-глинисті форми. На чистову токарну операцію деталь надходить після виконання чорнкової обробки зовнішніх і внутрішніх поверхонь.

Базування та закріплення деталі під час чистової токарної обробки здійснюється у самоцентрувальному трикулачковому патроні. На першому установі деталь базується по внутрішній циліндричній поверхні Ø86H11, а на другому – по зовнішній поверхні Ø131,02h10, що забезпечує необхідну точність взаємного розташування оброблюваних елементів.

Ескіз оброблюваної деталі представлений на рисунку 8.1. Карта ескізу обробки деталі на чистовій операції представлена на аркуші графічної частини

Верстат оснащений шестипозиційною автоматичною інструментальною головкою, яка забезпечує швидку зміну різального інструменту та дозволяє встановлювати його в різних орієнтаціях відносно координатних осей верстата.

					КНУ.КБР.131.26.2-04.05.МПО			
Змн.	Лист	№ докум.	Піппис	Дата	Моделювання та програмування операцій механічної обробки	Піг	Арк	Акрупіів
Розроб.		Лебединський						
Перевір.		Іванов						
Н. Контр.		Нечасв				ПМ-23СК		
Зав. каф.		Рязанцев.						

Така конструкція сприяє скороченню допоміжного часу та підвищенню продуктивності обробки.

Максимальний діаметр заготовки, що оброблюється

над станиною – 230 мм

над супортом – 200 мм

Найбільша довжина оброблюваної заготовки $G = 900$ мм

Найбільший хід центра в піналі задньої бабки 180 мм

Найбільший хід супортів по вісі x - 210 мм, по вісі z – 900 мм

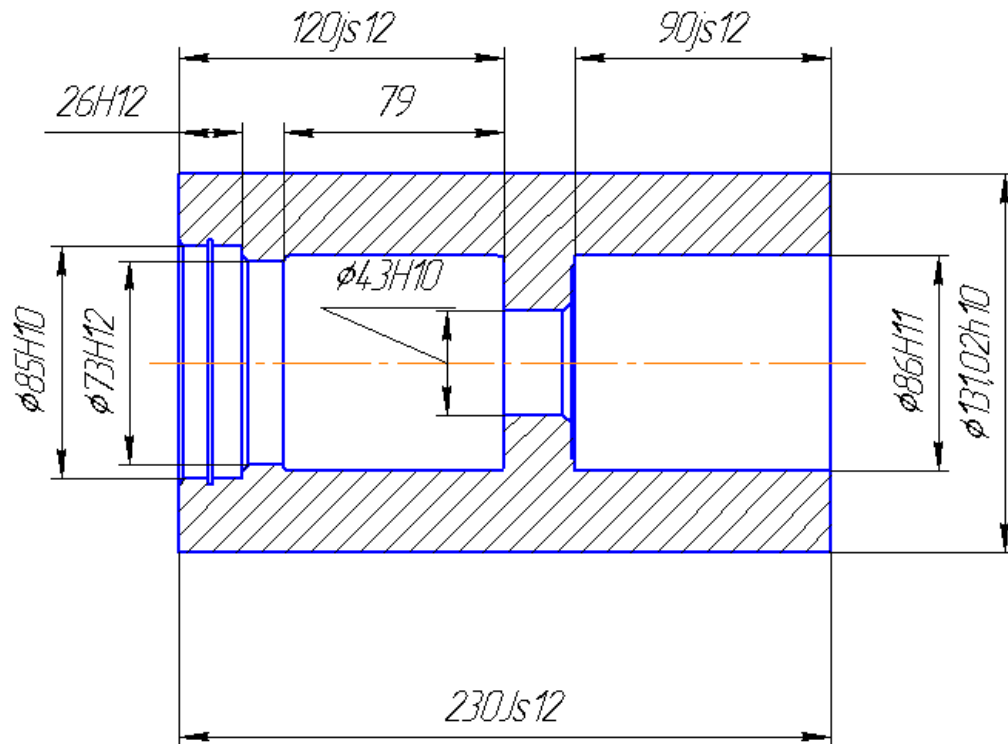


Рисунок 5.1 – Ескіз оброблюваної деталі

Пристрій числового програмного керування, яким об'єднаний цей верстат – модем «2P22».

Система числового програмного керування забезпечує введення, редагування, зберігання та виконання керувальних програм, автоматичне формування траєкторій переміщення інструмента, використання стандартних технологічних циклів, корекцію параметрів обробки та контроль виконання програми. Застосування ЧПК дозволяє підвищити точність обробки, скоротити тривалість налагодження та забезпечити стабільність технологічного процесу.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.05.МПО	Арк.

Спеціальні програми, розміщені в постійній пам'яті пристрою ОПУ перетворюють у ведену програму обробки в програму керування верстатом. Процес перекладу здійснюється автоматично. Мова опису програм обробки дозволяє на підставі креслення швидко скласти УП обробки деталі. По адресне редагування програм обробки містить у собі перегляд, виключення, додавання і заміну кадрів. Інтерполяція геометричної інформації – лінійна і кругова.

Сполучення нулів верстата, пристосування та деталі неможливе на даній токарній операції.

Початок координат верстата знаходиться у центрі дзеркала патрону, тобто в центрі перетину шпинделя перед посадковим конусом, що центрує планшайбу патрону. Вісь Z співпадає з віссю шпинделя (віссю обертання деталі) та направлена від передньої бабки верстату до задньої. Вісь X під прямим кутом до осі Z в напрямку до крайнього переднього положення інструментальної голівки.

Початок координат верстатного пристосування - самоцентрувального патрону розташований на відстані 193,5 мм по осі Z правіше за нуль верстата.

Початок координат деталі розташовано в центрі правого торця деталі. Зв'язок «нулів» верстата, пристосування, деталі, інструментальної голівки та інструментів показаний на аркуші з верстатно – інструментальним налагодженням.

Для розробки розрахунково – технологічної карти на ескіз операції потрібно нанести опорні крапки руху інструмента (аркуш графічної частини). Координати цих крапок зводимо у табл. 5.1.

На токарній чистовій операції застосовано металорізальний інструмент.

Для обробки зовнішніх поверхонь використовується прохідний правий різець з твердосплавною пластиною марки ВК4.

Для обробки внутрішніх поверхонь застосовується розточувальний різець із твердосплавною пластиною марки ВК4.

На основі координат опорних точок за допомогою CAD/CAM-системи формується керувальна програма для виконання чистової токарної операції на

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.04.ПТО	Арк.

верстаті з ЧПК. Програма передбачає виконання обробки за два установи з технологічною зупинкою для перевстановлення деталі між етапами обробки.

Таблиця 5.1 – Опорні крапки траєкторії інструментів на токарній чистовій операції.

Координати опорних крапок траєкторії руху інструмента				
№ крапки	Координата Z, мм	Координата X, мм	Поверхня	S мм/об
Установ 1				
0	50	-80		Холостий хід
1	-2	-65,106		
2	-232	-65,106	Ø130,213h8	0,131
3	-232	-67,106		Холостий хід
4	50	80		
5	2	-37,5		
6	-24	-37,5		
7	-43	-37,5	Ø75H8	0,392
8	-43	-35,5		Холостий хід
9	2	-35,5		
0	50	-80		
Установ 2				
9	2	-20		Холостий хід
10	-90	-22		
11	-112	-22	Ø44H9	0,09
12	-112	-20		Холостий хід
13	2	-20		
0	50	-80		

Керуюча програма на токарну чистову операцію для верстата з ЧПУ 16A20Ф3С32

N001 D0	N004 F0.131
N002 Ti M08	N005 Z -232
N003 X130.213Z2E	N006 X134.213E
N007 X160Z50	N015 X160Z50
N008 T2	N016 X44Z2E
N009 X75Z2E	N017 Z-90
N010 Z-24	N018 F0.09
N011 F0.392	N019 Z-112
N012 Z-43	N020 X40E
N013 X71E	N021 Z2E
N014 Z2E	N022X160 Z550N013M00

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.04.ПТО	Арк.

6. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА.

6.1 Аналіз умов праці

Під час механічної обробки деталей механізмів керування потужністю газотурбінних двигунів на працівників можуть впливати небезпечні та шкідливі виробничі фактори, характерні для процесів різання металів на металорізальному обладнанні:

1. фізичні:

Частини виробничого устаткування, що рухаються, вироби і заготовки, що пересуваються; стружка оброблюваних матеріалів, осколки інструментів, висока температура поверхні оброблюваних деталей і інструмента; підвищена напруга в електричному ланцюзі чи наявність статичної електрики, при якому може відбутися замикання через тіло людини. Фізичними шкідливими виробничими факторами, характерними для процесу різання, є також підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони; високий рівень шуму і вібрації; недостатня освітленість робочої зони; наявність прямого і відбитих відблисків; підвищена пульсація світлового потоку.

2. хімічні:

У повітря робочої зони надходить складна суміш пару, газів і аерозолів, що є продуктами термоокислюючої деструкції (граничні і неграничні вуглеводні, а також ароматичні вуглеводні).

3. психофізіологічні:

Фізичні перевантаження при установці, закріпленні і зніманні великогабаритних деталей, перенапруга зору, монотонність праці.

4. біологічні:

Можливий розвиток мікроорганізмів у мастильно-охолоджувальних рідинах при порушенні режимів їх експлуатації та заміни.

					КНУ.КБР.131.26.2-04.06.ОЕП			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Організаційно-економічна підготовка виробництва.	Піт	Арк	Акрупів
Розроб.	Лебединський							
Перевір.	Кіановський							
Н. Контр.	Нечасв					ПМ-23СК		
Зав. каф.	Рязанцев.							

Згідно за визначеними небезпечностями та шкідливостями розробимо заходи, спрямовані на забезпечення безпечних і здорових умов праці, безаварійної роботи виробничого устаткування, пожежної безпеки.

Таблиця 6.1– Рівні факторів виробничого середовища

№ п\п	Фактори виробничого середовища	ГДК (ГДР)
1	2	3
1	Шкідливі хімічні речовини	32,6
2	Пил з вмістом двоокису кремнію	10
3	Вібрація: Допустима коливальна швидкість при середньо геометричній частоті октавної смуги 1000 Гц	$0,63 \cdot 10^{-2}$ або 102 дБ
4	Еквівалентний рівень шуму, дБА	80
5	Мікроклімат у приміщенні: температура повітря, °С швидкість руху повітря, %	$20^{\circ} \pm 2^{\circ}$ 0,1 40–60
6	Важкість праці: динамічна робота: зусилля на рукоятках, маховиках; переміщення задньої бабки в момент зрушування статичне навантаження, кгс	40 Н 320 Н 50000–90000
7	Робоча поза	стояча
8	Напруженість праці: Увага	100%
	Тривалість дії	100
9	Змінність	2
	Характер праці	2а

Оцінка технічного та організаційного рівня

В процесі виготовлення деталі працівники виконують фізичні роботи середньої тяжкості з енерговитратами від 200 до 250 ккал/год.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.06.ОЕП	Арк.

Заходи щодо покращення умов праці, їх обґрунтування

1 Технічні:

Модернізація технологічного обладнання, розміщення та перепланування. Впровадження автоматичного та дистанційного керування виробничим обладнанням.

2 Організаційні:

2.1 Усі працівники повинні проходити навчання та перевірку знань з питань охорони праці відповідно до вимог Закону України «Про охорону праці» та НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці» .

2.2 Робота щодо професійного відбору.

3. Медико-профілактичні:

3.1 Організація профілактичних медичних оглядів.

3.2 Забезпечення працівників необхідними засобами індивідуального захисту та організація профілактичних заходів відповідно до чинних вимог охорони праці.

6.2 Інженерні засоби захисту

6.2.1 Загальні методи захисту

Таблиця 6.2 – Загальні методи захисту

Метод	Застосовується для захисту
Заземлення, занулення	Від дії електричного току
Герметизація	Від витоку газів і забруднення ними атмосфери
Теплоізоляція	Від надмірного тепла
Обгороджування	Від рухомих частин механізмів
Звукоізоляція, звукопоглинання	Від шуму
Віброізоляція, вібропоглинання	Від вібрації
Амортизація	Від вібрації
Іонізація повітря	Від статичної електрики
Глушіння	Від шуму

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.06.ОЕП	Арк.

6.2.2 Розрахунок сили струму

Визначити струм, що проходить крізь тіло людини, яка доторкнулась до зануленого корпусу в момент замикання, та допустимий час спрацювання захисту.

Вихідні данні:

$U_{\phi}=380$ В; $Z_{н.п} = 2Z_{\phi}$; $R_{п}=R_{о}$; $Z_{т} \rightarrow 0$ (опір обмоток трансформатору невеликий); $R_{h}=1010$ Ом.

1. Визначаємо струм, що проходить крізь тіло людини при повторному заземленні нульового дроту за формулами (8.1) або (8.2):

$$I_h = I_K Z_{н.п} R_{п} / [(R_o + R_{п}) R_h] \quad (8.1)$$

або

$$I_h = \frac{U_{\phi}}{Z_{\phi} + 2Z_{\phi}} 2Z_{\phi} \frac{R_{п}}{2R_{п}} \cdot \frac{1}{R_h} = \frac{2U_{\phi}}{3R_h}, \quad (8.2)$$

тобто

$$I_h = 380 / 3 \cdot 1010 = 0,127 A \approx 127 mA.$$

2. Допустимий час спрацювання захисту по умовам безпеки повинно бути не більше величини, що визначається виразом:

$$t_{відкл.доп} = 50 / I_h = 50 / 127 \approx 0,39 c.$$

3. Визначаємо для порівняння величину струму, що проходить крізь тіло людини при відсутності повторного заземлення ($R_{п}=0$):

$$I_h = \frac{2 \cdot 380}{3 \cdot 1010} = 0,250 A \approx 250 mA.$$

Щоб забезпечити безпеку в цьому випадку, максимально допустимий час роботи захисту повинен бути в два рази менший, тобто:

$$t_{відкл.доп} = 50 / 250 = 0,2 c.$$

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.06.ОЕП	Арк.

6.3 Пожежна безпека

Категорію приміщення визначено відповідно до вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» та чинних нормативних документів з пожежної безпеки. (таблиця 6.3).

Таблиця 6.3– Характеристика приміщення

Приміщення	Категорія приміщення
Механоскладальна дільниця	Д: стіни–залізобетонні блоки; перекриття–залізобетонні плити

Для ліквідації невеликих пожеж за умовами даного виробництва використовують пожежний немеханізований інвентар, інструмент, вогнегасники. Перелік первинних засобів пожежегасіння наведений в таблиця 6.4.

Таблиця 6.4–Комплект засобів пожежегасіння для захисту 500 м² площі.

№	Первинні засоби пожежогашіння	Вид	Кількість
1	Внутрішній кран з пожежними рукавами	ДБН В.2.5-64:2012	
2	Вогнегасники	ВВП-10,ВП-5,ВВ-2	3 шт.
3	Ящики з піском, бочки з водою	1м ³	1 шт.
4	Пожежне покривало	2х2	1 шт.
5	Ручний пожежний інструмент: гаки, лопати, ломи, сокири	3 по 2	шт.

Для своєчасного виявлення загоряння передбачається встановлення автоматичної системи пожежної сигналізації з тепловими пожежними сповіщувачами. Кількість сповіщувачів визначається відповідно до площі приміщення та вимог чинних нормативних документів з пожежної безпеки (захищувана площа одним сповіщувачем–30м²) в кількості 6 шт (180/30=6).

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.06.ОЕП	Арк.

6.4 Засоби індивідуального захисту від небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Для захисту працівників від небезпечних і шкідливих виробничих факторів застосовуються:

- спеціальний робочий одяг для механічної обробки металів;
- захисне взуття із протиковзкою підошвою;
- захисні окуляри або лицеві щитки;
- захисні рукавиці;
- засоби захисту органів слуху (навушники або вкладиші);
- респіратори для захисту органів дихання при підвищеній запиленості;
- захисні креми та інші дерматологічні засоби.

6.5 Заходи безпеки при аварійному розливі ацетону та інших легкозаймистих речовин.

В Україні є понад 1500 великих вибухо- та пожежонебезпечних об'єктів, на яких знаходиться понад 13,6млн. т рідких вибухо- та пожежонебезпечних речовин. Ці об'єкти розташовані в центральних, східних і південних областях країни, де сконцентровані хімічні, нафто- і газопереробні, коксохімічні, металургійні та машинобудівні підприємства, розгалужена мережа нафто-, газо-, аміакопроводів.

Причиною загоряння, вибухів, пожеж може бути наявність у виробничих приміщеннях парів легкозаймистих рідин або газів і джерела запалення. Імовірність вибуху і його небезпечність визначаються такими характеристиками парів, рідин і газів, які бувають у виробничих приміщеннях агропромислового комплексу: межами вибухової концентрації в повітрі парів; щільністю парів і газів відносно щільності повітря, яка приймається за одиницю; температурою самоспалахування парів і газів; температурою самозагоряння парів і газів; точкою загоряння парів рідин–нижня межа температури, при якій можливе спалахування від стороннього джерела запалювання.

						Арк.
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.06.ОЕП	

Пари деяких рідин і газів можуть загорітися від відкритого вогню, електричної іскри, розжареного предмета, сигарети. Більш небезпечні рідини з низькою точкою загоряння – тому що їхні пари можуть спалахувати при температурі навколишнього повітря. Небезпечні важкі гази, які можуть збиратися до вибухової концентрації в підвалах, погребях, ярах, долинах; менш небезпечні гази, які мають щільність меншу від щільності повітря, вони швидко піднімаються і розсіюються у верхніх шарах атмосфери.

Таблиця 6.5–Характеристика деяких рідин і газів, що загоряються

Назва рідин і газів	Межі вибухової концентрації, об'єми, %	Точка загоряння парів, °C	Відносна щільність парів і газів (щільність повітря)	Максимум тиску вибуху, кН/м ²	Температура спалахування, °C
Ацетилен	2,5–100	–	0,91	1035	305
Ацетон	2,6–12,8	-18	2,00	573	535
Аміак	15,0–28,0	–	0,58	–	630
Бутан	1,8–9,0	–	1,9–2,01	669	410
Етиловий спирт	3,3–19,0	13	1,59	684	365
Етилен	2,7–36,0	–	0,98	821	425
Пропан	2,2–10,0	–	1,4–1,56	662	450

Залізницею у цистернах перевозять отруйні, легкозаймисті, вибухові речовини. Під час аварії відбувається розгерметизація місткостей, потрапляння у навколишнє середовище небезпечних речовин. Такі аварії небезпечні для працюючих на підприємствах і залізницях, та для розміщених поблизу підприємств, населених пунктів. При розливі сильнодіючих ядучих речовин роботи спрямовані на припинення витікання небезпечних речовин та зниження

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.06.ОЕП	Арк.

впливу ядучої речовини на людей, тварин. Розробляючи ці заходи слід враховувати: токсичність СДР, що може виявитися на великому віддаленні від місця аварії або витікання, напрямок вітру, за яким рухається газова хмара, та його швидкість.

При потраплянні СДЯР в атмосферу або на місцевість негайно сповіщають про небезпеку робітників, службовців і населення. При ліквідації розливу СДЯР до місця аварії необхідно підходити тільки з підвітряного боку в ізолюючих протигазах і захисному одязі. Небезпечна зона має бути оточена спеціальними групами з робітників об'єкта, які закривають доступ у райони аварії всім, хто не бере безпосередньої участі у ліквідації її наслідків. Обов'язково позначають місця та межі зараження. Щоб обмежити надходження ядучих речовин в атмосферу, розтікання по землі, потрапляння у воду і припинення їх витікання, відключають пошкоджену ділянку, перекривають крани, на розриви у трубопроводі і місткостях накладають пластирі, перекачують речовини з пошкоджених місткостей у справні. Виходити із зони аварії слід найкоротшими маршрутами, на підвищене провітрюване місце.

Проведений аналіз умов праці показав наявність комплексу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, характерних для процесів механічної обробки металів. Запропоновані організаційні, технічні та санітарно-гігієнічні заходи, а також застосування засобів індивідуального захисту забезпечують відповідність умов праці вимогам чинного законодавства України з охорони праці, пожежної та техногенної безпеки. Реалізація зазначених заходів сприятиме зниженню виробничого травматизму, підвищенню безпеки праці та забезпеченню стабільної роботи виробничого обладнання.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.06.ОЕП	Арк.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній бакалаврській роботі виконано розробку та інженерне обґрунтування конструкцій і технологій виготовлення деталей механізмів керування потужністю газотурбінних двигунів як альтернативних приводів гірничо-металургійного обладнання. Актуальність виконаного дослідження обумовлена необхідністю підвищення ефективності, точності та економічності процесів механічної обробки деталей, від якості виготовлення яких значною мірою залежить надійність і довговічність роботи газотурбінних двигунів.

У конструкторсько-технологічній частині роботи проведено аналіз службового призначення вузла та його складових елементів, виконано розрахунки лінійних і кутових розмірних ланцюгів, що дозволило забезпечити необхідну точність складання та взаємозамінність деталей. Здійснено аналіз технологічності конструкцій деталей «Золотник», обґрунтовано вибір матеріалів та можливих варіантів їх заміни, визначено вимоги до якості поверхонь і виконано технічний контроль робочих креслень.

У процесі технологічної підготовки виробництва визначено тип виробництва та сформульовано основні задачі проектування технологічних процесів. Обґрунтовано вибір способів отримання заготовок, розроблено маршрутні та операційні технологічні процеси механічної обробки деталей, виконано розрахунок міжопераційних припусків і розмірів, визначено режими різання, норми часу та потребу у верстатному обладнанні. Проведено техніко-економічне порівняння варіантів маршруту технологічного процесу та обрано найбільш доцільний варіант його реалізації.

					КНУ.КБР.131.26.2-04.ВК		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Лебединський					
Перевір.		Іванов					
Н. Контр.		Нечасв					
Зав. каф.		Рязанцев.					
					Висновки		
					Піт	Арк	Акресів
					ПМ-23СК		

У роботі спроектовано спеціальне верстатне пристосування та контрольне пристосування, використання яких сприяє підвищенню продуктивності праці, зменшенню допоміжного часу та забезпеченню стабільної якості обробки.

Також виконано моделювання та програмування операцій механічної обробки із застосуванням сучасних CAD/CAM-систем і верстатів з числовим програмним керуванням, що дозволяє скоротити тривалість технологічної підготовки виробництва та підвищити точність виготовлення деталей.

Проведене організаційно-економічне обґрунтування підтвердило ефективність прийнятих технічних рішень. Встановлено, що впровадження розробленого технологічного процесу забезпечує зниження технологічної собівартості виготовлення деталі «Золотник» на 38,7 % порівняно з базовим варіантом, що досягається за рахунок концентрації технологічних операцій, раціонального використання обладнання з ЧПК та широкого застосування засобів автоматизації виробничих процесів.

У розділі з охорони праці розглянуто питання забезпечення безпечних умов праці під час виконання операцій механічної обробки, проаналізовано потенційно небезпечні та шкідливі виробничі фактори, а також запропоновано комплекс організаційних і технічних заходів щодо підвищення рівня виробничої безпеки, пожежної безпеки та безпеки техногенної діяльності.

Отже, у ході виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи поставлену мету досягнуто, а всі визначені завдання успішно виконано. Отримані результати мають практичну цінність і можуть бути використані під час технологічної підготовки виробництва деталей механізмів керування потужністю газотурбінних двигунів на сучасних машинобудівних підприємствах. Запропоновані технічні та технологічні рішення сприятимуть підвищенню ефективності виробництва, забезпеченню необхідної якості продукції та зниженню витрат на її виготовлення.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.ВК	Арк.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Газотурбінні двигуни та їх застосування в промисловості : підручник / О. Л. Шубенко-Шубін, В. А. Маслов. – Харків : Інститут проблем машинобудування НАН України, 2003. – 388 с.
2. Кован К. М., Макаров В. Ф. Технологія машинобудування. – Київ : Вища школа, 2019. – 512 с.
3. Маталін А. А. Технологія машинобудування. – Київ : Техніка, 2017. – 496 с.
4. Мазур М. П., Внуков Ю. М., Доброскок В. Л. Основи технології машинобудування. – Львів : Новий Світ-2000, 2021. – 422 с.
5. Клименко С. В., Мельничук П. П. Проектування технологічних процесів механічної обробки. – Житомир : ЖДТУ, 2018. – 640 с.
6. Довідник технолога-машинобудівника : у 2 т. / за ред. А. Г. Сулова. – Київ : Машинобудування, 2018.
7. Божко О. О., Кузнєцов Ю. М. Металорізальні верстати та автоматичні лінії. – Київ : Каравела, 2020. – 432 с.
8. Технологія машинобудування : підручник / В. А. Залога, О. В. Івченко, Ю. О. Денисенко, І. О. Копоненко. – Суми : Сумський державний університет, 2017. – 580 с.
9. Технологічна підготовка виробництва на основі CAD/CAM/CAE-систем : навчальний посібник / Є. В. Ковальов, А. І. Грабченко. – Харків : НТУ «ХП», 2011. – 276 с.
10. Федоренко В. А. Різальний інструмент та інструментальне забезпечення виробництва. – Київ : Центр учбової літератури, 2019. – 384 с.
11. Григор'єв С. М. Технологічне оснащення машинобудівних виробництв. – Київ : Каравела, 2018. – 408 с.
12. Петрушин С. І. Проектування верстатних пристосувань. – Харків : НТУ «ХП», 2019. – 320 с.

					КНУ.КБР.131.26.2-04.ВЛ		
Змн.	Лист	№ док-м.	Підпис	Дата	Використана література		
Розроб.		Лебединський					
Перевір.		Іванов			ПМ-23СК		
Н. Контр.		Нечасв					
Зав. каф.		Рязанцев.					

13. сКузнецов Ю. М. Верстати з числовим програмним керуванням. – Київ : Вища школа, 2019. – 468 с.

14. Скляр В. М. CAD/CAM/CAE-системи в машинобудуванні. – Харків : НТУ «ХП», 2020. – 356 с.

15. Норенков І. П. Основи автоматизованого проєктування. – Київ : Вища школа, 2018. – 344 с.

16. Боровик О. В. Комп'ютеризовані системи технологічної підготовки виробництва. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 286 с.

17. Ловейкін В. С., Ромасевич Ю. О. Прикладна механіка. – Київ : ЦУЛ, 2020. – 412 с.

18. Соколовський Я. І. Теорія механізмів і машин. – Львів : Новий Світ-2000, 2019. – 376 с.

19. ДСТУ ISO 286-1:2020. Система допусків і посадок. Основи допусків, відхилів та посадок. Частина 1.

20. ДСТУ ISO 286-2:2020. Система допусків і посадок. Таблиці стандартних класів допусків та граничних відхилень отворів і валів.

21. ДСТУ EN ISO 1101:2020. Геометричні характеристики виробів. Геометричні допуски.

22. ДСТУ EN ISO 2768-1:2022. Загальні допуски лінійних і кутових розмірів.

23. ДСТУ EN 10083-2:2017. Сталі для термічного поліпшення. Технічні умови постачання нелегованих конструкційних сталей.

24. ДСТУ EN 1561:2014. Ливарство. Чавун із пластинчастим графітом.

25. ДСТУ EN 10060:2008. Прокат сталевий гарячекатаний круглий. Допуски та розміри.

26. ДСТУ 3008:2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення.

27. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання.

					КНУ.КБР.131.26.2-04.ВЛ	Арк.
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

28. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці : підручник / В. Ц. Жидецький. – Львів : Афіша, 2002. – 320 с.

29. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 №2694-ХІІ (зі змінами).

30. НПАОП 0.00-4.12-05. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці.

31. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва.

32. ДБН В.2.5-64:2012. Внутрішній водопровід та каналізація будівель.

33. ДСТУ ISO 12100:2014. Безпечність машин. Загальні принципи конструювання.

34. ДСТУ EN ISO 13849-1:2016. Безпечність машин. Частина систем керування, пов'язані з безпечністю.

35. Допуски і посадки : довідник : у 2 ч. / В. Д. Мягков, М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагінський. – Л. : Машинобудування, 1983. – Ч. 1. – 543 с.

36. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні : навчальний посібник. – Київ : Вища школа, 1993. – 414 с.

37. CAD/CAM-системи в машинобудуванні : навчальний посібник / В. В. Павлов, В. А. Краснощок, М. В. Луговий. – Київ : НТУУ «КПІ», 2008. – 248 с.

						Арк.
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.2-04.ВЛ	