

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва
деталі «Корпус коробки приводів» у середовищі CAD/CAM
технологій

Виконав: здобувач групи ЗПМ-23ск
Сергієнко Є.Ю.

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

м.Кривий Ріг
2026 р

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва
деталі «Корпус коробки приводів» у середовищі CAD/CAM
технологій

Виконав здобувач гр. ЗПМ-23ск

Євгеній СЕРГІЄНКО

Керівник роботи

Наталія ЦИВІНДА

Нормоконтроль

Василь НЕЧАСВ

Завідувач кафедри

Антон РЯЗАНЦЕВ

м.Кривий Ріг
2026 р

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

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

(дата)

(підпис)

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну бакалаврську роботу

Здобувача гр. ЗПМ-23ск Євгеній Юрійович Сергієнко

1.Тема: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва деталі «Корпус коробки приводів» у середовищі CAD/CAM технологій

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

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

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

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

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

4. Зміст пояснювальної записки:

1.ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

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

3. КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

4. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА

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

4.Креслення верстатного оснащення 5.Креслення контрольного оснащення

6 Креслення механічного цеху

6. Календарний план:

Етап роботи	Термін виконання
ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА Призначення та умови роботи машини. Технічна характеристика газоперекачувального агрегату ГПА-16. Службове призначення та конструктивно-технологічні особливості деталі Аналіз якості поверхонь деталі Аналіз технологічності деталі Якісний аналіз технологічності Кількісний аналіз технологічності Вибір типового заводського технологічного процесу задачі проектування Проектування заготовки Вибір та обґрунтування баз Вибір та обґрунтування послідовності обробки поверхонь Розробка маршруту обробки деталі Розробка технологічної схеми обробки Розробка технологічних операцій .	До 28.01 2026р.
2. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ САМ-системі FeatureCAM	02.02 2026р.- 20.05.2026р.
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА	з 31.03.2026р.
4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА 4.1 Техніко-економічне обґрунтування проєкту 4.2 Проектування механічного цеху 4.3 Охорона праці та ергономіка в механічному цеху	до 03.04 2026р.
Попередній захист	10 .06 2026р.

Дата видачі завдання: “08” 01 2026р.

Студент _____ / Сергієнко Є.Ю./

Керівник роботи _____ /Цивінда Н.І./

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи містить: ____ стор., ____ рисунків, ____ таблиць, ____ додатків.

Тема кваліфікаційної роботи: «Конструкторсько-технологічне підготування виробництва деталі «Корпус коробки приводів» із застосуванням сучасних CAD/CAM-технологій».

Об'єкт проектування: технологічний комплекс та спеціальне оснащення для виготовлення деталі «Корпус коробки приводів», розроблені на основі аналізу й модернізації базового заводського технологічного процесу.

Мета роботи: підвищення ефективності виробництва за рахунок розробки прогресивного технологічного процесу механічної обробки корпусу, а також проектування та інженерно-конструкторського розрахунку високоефективного верстатного пристосування і спеціалізованого контрольно-вимірювального пристрою для вихідного контролю регламентованих технічними умовами параметрів деталі.

У роботі на основі заданого річного обсягу випуску продукції обґрунтовано тип виробництва та визначено організаційну форму роботи виробничої дільниці. Для встановленого типу виробництва спроектовано оптимальний маршрутно-операційний технологічний процес, раціонально обрано метод одержання вихідної заготовки, сучасне металорізальне обладнання та прогресивний різальний інструмент. Виконано аналітичний розрахунок і вибір міжпроцесних припусків на обробку, розраховано оптимальні режими різання та норми часу. Здійснено повний комплекс конструкторських та силових розрахунків спеціального верстатного й контрольного пристосувань.

За результатами проведеного техніко-економічного аналізу доведено високу виробничу й фінансову ефективність впровадження розробленого варіанта технологічного процесу порівняно з базовим заводським прототипом.

**КОРПУС КОРОБКИ ПРИВОДІВ, CAD/CAM-ТЕХНОЛОГІЇ, РОЗМІРНІ
РОЗРАХУНКИ, ПРИСТОСУВАННЯ, ВИРОБНИЧА ДІЛЬНИЦЯ**

					КНУ.КБР.131.26.4-03.Р			
Змін	Анкв	№	Підпис	Лат				
Розроб	Сергієнко				Реферат	Літ	Анк	Анкв
Перевір	Пиливкін							
Н контр	Нечусь					Кафедра ТМ зв. ЗПМ 22.01		
Затверд	Рязанцев							

ABSTRACT

The explanatory note to the qualification work contains: ____ pages, ____ figures, ____ tables, ____ appendices.

The topic of the qualification work: “Design and manufacturing engineering for the “Accessory Gearbox Housing” part using CAD/CAM technologies”.

The object of the design: a technological complex and special equipment for the production of the part “Drive box housing”, developed on the basis of the analysis and modernization of the basic factory technological process.

The purpose of the work: increasing production efficiency by developing a progressive technological process for mechanical processing of the housing, as well as designing and engineering design calculation of a highly efficient machine tool fixture and a specialized control and measuring device for the initial control of the parameters of the part regulated by the technical conditions.

The work substantiates the type of production and determines the organizational form of the production section based on the specified annual output volume. For the established type of production, an optimal route-operational technological process was designed, a method of obtaining the initial workpiece, modern metal-cutting equipment and progressive cutting tools were rationally selected. An analytical calculation and selection of inter-process allowances for processing were performed, optimal cutting modes and time standards were calculated. A full range of design and power calculations of special machine tools and control devices was performed.

According to the results of the conducted feasibility study, the high production and financial efficiency of the implementation of the developed version of the technological process compared to the basic factory prototype was proven.

DRIVE BOX HOUSING, CAD/CAM TECHNOLOGIES, DIMENSIONAL
CALCULATIONS, ADAPTATIONS, PRODUCTION SITE

					<i>KHY.KBP.131.26.4-03.B</i>	Арх
Змі	Арх	№	Підпис	Дат		

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №	A4			КНУ.КБР.131.26.4-03.ПЗ	Пояснювальна записка			
					Документація			
					Графічна частина			
	A1			КНУ.КБР.131.26.4-03.К	Креслення корпусу	1		
	A2			КНУ.КБР.131.26.4-03.КЗ	Креслення заготовки корпусу	1		
	A1			КНУ.КБР.131.26.4-03.ЕО	Креслення ескізів операції корпусу	1		
	A1			КНУ.КБР.131.26.4-03.ВІН	Креслення верстатно-інструментального налагодження	1		
	A1			КНУ.КБР.131.26.4-03.ВП	Креслення верстатного пристосування	1		
	A1			КНУ.КБР.131.26.4-03.КП	Креслення контрольного пристосування	1		
Подп. и дата	Инд. № дубл.	Взам. инд. №	Подп. и дата					
Инд. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	КНУ.КБР.131.26.4-03.ВОКБР		
	Разраб.	Сергієнко				Лит.	Лист	Листов
	Проб.	Цибінда					1	2
	Н.контр.	Нечасов				каф ТМ		
	Утв.	Рязанцев				ЭПМ-23ск		
Відомість об'єму кваліфікаційної бакалаврської роботи								
Копировал						Формат А4		

ЗМІСТ

	Вступ
1	ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА
1.1	Призначення та умови роботи машини. Технічна характеристика газоперекачувального агрегату ГПА-16.
1.2	Службове призначення та конструктивно-технологічні особливості деталі
1.3	Аналіз якості поверхонь деталі
1.4	Аналіз технологічності деталі
1.4.1	Якісний аналіз технологічності
1.4.2	Кількісний аналіз технологічності
1.5	Вибір типового заводського технологічного процесу задачі проектування
1.6	Проектування заготовки
1.7	Вибір та обґрунтування баз
1.8	Вибір та обґрунтування послідовності обробки поверхонь
1.9	Розробка маршруту обробки деталі
1.10	Розробка технологічної схеми обробки
1.11	Розробка технологічних операцій
2	МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ З CAD/ CAM ТЕХНОЛОГІЯМИ
3	КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА
4	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА
	ВИСНОВКИ
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ
	АЛЬБОМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КАРТ

					<i>КНУ.КБР.131.26.4-03.3</i>		
<i>Змін</i>	<i>Анкв</i>	<i>№</i>	<i>Підпис</i>	<i>Лат</i>	<i>ЗМІСТ</i>		
<i>Розроб</i>	<i>Сергієнко</i>						
<i>Перевір</i>	<i>Півніда</i>						
<i>Н контр</i>	<i>Нечая</i>						
<i>Затверд</i>	<i>Рязницька</i>				<i>Кафедра ТМ</i> <i>зв. з ПМ 22.01</i>		

ВСТУП

Актуальність теми обумовлена розвитком промислового потенціалу. Машинобудівна галузь є фундаментальною основою промислового комплексу та національної економіки країни. Вона забезпечує високотехнологічною продукцією всі суміжні галузі виробництва, визначає темпи науково-технічного прогресу та відіграє вирішальну роль у створенні сучасної матеріально-технічної бази. У зв'язку з цим динамічному та інноваційному розвитку машинобудування приділяється пріоритетна увага як на державному, так і на галузевому рівнях.

На сучасному етапі особливого значення набуває створення високоефективних автоматизованих виробництв шляхом комплексного технічного переоснащення підприємств. Це передбачає впровадження прогресивного металорізального устаткування, новітніх безвідхідних технологій та автоматизованих систем керування всіма стадіями виробничого циклу. Одним із ключових чинників підвищення ефективності машинобудівного виробництва є розробка та впровадження науково обґрунтованих, прогресивних технологічних процесів.

Проектовані технологічні рішення повинні гарантувати випуск конкурентоспроможної продукції заданої якості за мінімальної її собівартості. Відповідно, коло завдань, що постають перед сучасним інженером-технологом, не обмежується лише проектуванням маршрутів обробки; воно вимагає комплексного вирішення технічних, організаційних, економічних та екологічних питань реального виробництва.

Економічна ситуація сьогодення характеризується динамічною зміною обсягів виробництва, скороченням довгострокових державних замовлень, коливанням ринкової кон'юнктури, а також постійним зростанням вартості сировинних та енергетичних ресурсів, а також умовами воєнного стану. У таких умовах підприємствам із вузькою спеціалізацією стає економічно не вигідно обмежувати свій асортимент лише традиційними видами продукції. Виникає об'єктивна необхідність:

- швидкого освоєння більш рентабельних сфер господарської діяльності;
- орієнтації на гнучкі багатомономенклатурні ринки;
- адаптації виробничих потужностей до вимог масового споживача.

З огляду на це, у межах даної випускної роботи було проведено детальний аналіз точності виготовлення деталі у реальних умовах промислового

					КНУ.КБР.131.26.4-03.В			
Змін	Анкв	№	Підпис	Лат	ВСТУП			
Розроб	Сергієнко							
Перевір	Пиливідл							
Н контр	Нечпєє							
Затверд	Рязанієє				Кафедра ТМ зв. ЗГМ 22.01.2022			

підприємства та запропоновано новий, системний підхід до проєктування технологічних процесів (ТП).

Матеріали кваліфікаційної бакалаврської роботи мають реальний характер і базуються на технологічних даних, зібраних безпосередньо на базовому підприємстві під час проходження виробничої практики. У роботі розробляється прогресивний технологічний процес механічної обробки деталі «Корпус коробки приводів» стосовно умов серійного виробництва.

Технологічний маршрут спроектовано на основі сучасних методів формоутворення із залученням високопродуктивного обладнання з числовим програмним керуванням (ЧПК), об'єднаного в гнучку технологічну лінію.

У межах кваліфікаційного проєкту виконано такі завдання:

- Вибір заготовки: обґрунтовано оптимальний метод одержання вихідної заготовки на основі комплексного техніко-економічного аналізу;
- Розрахунок параметрів точності: аналітично розраховано міжопераційні припуски та лінійні розміри, що забезпечують досягнення кінцевої точності деталей за мінімальної собівартості обробки;
- Режими різання та нормування: призначено прогресивні режими різання та здійснено технічне нормування часу для всіх операцій процесу;
- Застосування САПР: технологічну підготовку виробництва та розробку графічної частини (креслень деталі, заготовки та оснащення) виконано у сучасному середовищі тривимірного моделювання SolidWorks; керуюча програма в САМ системі Feature CAM.

Результати проєктування, зокрема деталізовані маршрутні та операційні карти для деталі «Корпус», систематизовано та представлено в окремому альбомі технологічної документації.

					КНУ.КБР.131.26.4-03.В	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

1.1 Призначення та умови роботи машини. Технічна характеристика газоперекачувального агрегату ГПА-16

Газоперекачувальний агрегат ГПА-16, куди входить вузол привід, призначений для компресування (стискання) природного газу на компресорних станціях магістральних газопроводів з метою забезпечення його транспортування під заданим тиском.

Основні технічні характеристики та нормативні умови експлуатації:

- Номінальна потужність: становить 16 000 кВт (16 МВт). Зазначена потужність повністю зберігається при підвищенні температури навколишнього середовища до +25 °С.
- Базові параметри для визначення потужності:
 - температура зовнішнього повітря: +15 °С;
 - барометричний тиск: 760 мм рт. ст.;
 - гідравлічний опір усмоктувального (вхідного) тракту: 400 мм вод. ст.;
 - гідравлічний опір газовідвідного (вихлопного) тракту: 300 мм вод. ст.
- Максимальний робочий тиск: граничний тиск газу на виході з нагнітача становить 76 атм (7,45 МПа).
- Кліматичне виконання: агрегат розрахований на стабільну експлуатацію в температурному діапазоні зовнішнього повітря від –55 °С до +40 °С за відносної вологості до 98%.
- Надійність привода: тривалість безперервної роботи газотурбінного двигуна між зупинками на технічне обслуговування становить 500–750 годин.
- Економічність системи змащення: питома витрата оливи для забезпечення роботи газотурбінного привода складає 3 кг/год.

1.2 Службове призначення та конструктивно-технологічні особливості деталі

Корпусні деталі є базовими елементами машин і механізмів, на яких монтуються, базуються та координуються окремі складальні одиниці й вузли. За своїм службовим призначенням і конструктивною конфігурацією вони поділяються на кілька класифікаційних груп, однією з яких є корпусні деталі типу дисків. Саме до цієї групи належить об'єкт проектування — корпус Ж59159011.

					КНУ.КБР.131.26.4-03.01.ТПВ		
Змін	Анкв	№	Підпис	Лат			
Розроб	Сергієнко				ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА	Літ	Анк
Перевір	Пішвіндо						Анквипів
						Кафедра ТМ на СПМ 22-23	
Н контр	Нецлер						
Затверд	Рязанцев						

Дана деталь експлуатується в умовах підвищеного тиску та високих температурних навантажень, що висуває жорсткі вимоги до її фізико-механічних властивостей. З огляду на це, вибір конструкційного матеріалу є повністю обґрунтованим.

Корпус виготовляється із високолегованої жароміцної сталі марки 13X11H2B2MФЛ мартенситного класу, ДСТУ 8781:2018 «Виливки зі сталі. Загальні технічні умови», або за ТУ 1-812-0061-83, яка традиційно застосовується в котлотурбінному та дизелебудівному виробництвах.

- **Легування та структура:** Для забезпечення стабільної роботи деталі за високих експлуатаційних температур (540–560 °С) матриця структури має бути належним чином легована. Хром (Cr) у складі сталі забезпечує високу жаростійкість та тривалу стабільність фазового складу. Молібден (Mo) спільно з вольфрамом (W) та ванадієм (V) суттєво підвищують опір повзучості металу завдяки утворенню дисперсних карбідних фаз, що блокують дислокаційну рухливість.

- **Термічна обробка:** На відміну від звичайних низьковуглецевих котельних сталей, які не гартуються і використовуються переважно в нормалізованому стані, для сталі 13X11H2B2MФЛ застосовують нормалізацію з наступним високотемпературним стабілізуючим відпуском при температурах 650–700 °С. Це дозволяє сформувати однорідну сорбітоподібну або мартенситну структуру з високим комплексом міцнісних та пластичних властивостей.

- **Азотування:** Для підвищення експлуатаційних характеристик функціональних поверхонь А і Г передбачено їхнє хіміко-термічне оброблення — азотування. Це забезпечує значне зростання мікротвердості поверхневого шару, підвищення його зносостійкості, границі витривалості та корозійної стійкості. Отриманий азотований шар на мартенситній основі є теплостійким і зберігає свої механічні властивості при нагріванні до 550–600 °С.

					КНУ.КБР.131.26.4-03.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Лат		

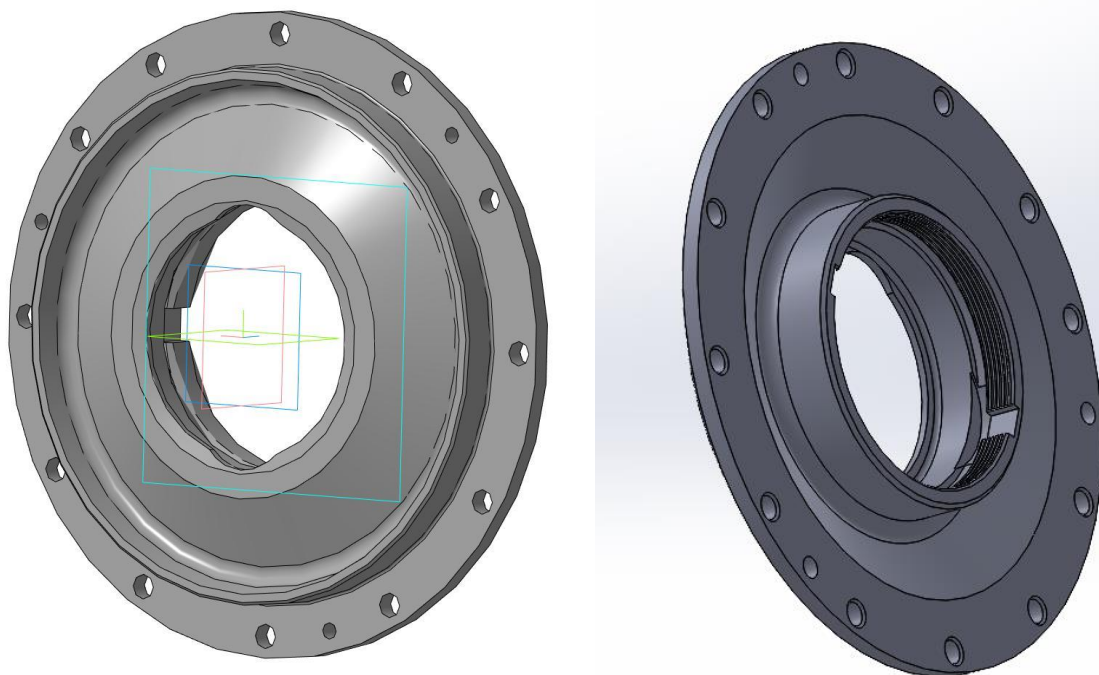


Рисунок 1.1-3D модель корпусу

Таблиця 1.1-Хімічний склад та механічні властивості сталі 13X11H2B2MФ

C	Cr	Ni	V	Mo	W	Температура іспиту °С	δ ,%	призначення
1,2-1,4	11	0,2	0,2	0,6-0,9	2,5-3,5	5	10	Труби паро- проводів
Структура класу						мартеситність		

Можливий матеріал для заміни – сталь 15X12HBMФ

Таблиця 1.2-Хімічний склад та механічні властивості сталі 15X12HBMФ

C	Cr	Ni	V	Mo	W	Температура іспиту °С	δ ,%	призначення
1,4-1,6	12	0,1	0,1	0,6-0,9	2,5-3,5	550	10	Труби паро- проводів
Структура класу						мартеситність		

Комплекс технічних вимог до корпусу Ж59159011 включає високі критерії щодо точності лінійних і діаметральних розмірів, геометричної форми, а також взаємного розташування поверхонь.

У складальній одиниці «Коробка приводів нижня» деталь виконує такі функції:

					КНУ.КБР.131.26.4-03.01.ТПВ			Арку
Змі	Анкв	№	Підпис	Лат				

- Базування підшипника: служить гніздом для встановлення підшипникового вузла за зовнішнім посадковим діаметром $\varnothing 100Js$ (із жорстким допуском на циліндричність);

- Забезпечення зачеплення: гарантує точне міжцентрове розташування та стабільність роботи конічної пари з валом-шестернею.

Особливості фіксації та сприйняття навантажень:

- Висока точність центрування та орієнтації корпусу Ж59159011 відносно суміжного базового корпусу Ж59159001 в осьовому та радіальному напрямках витримується завдяки використанню 12 прецизійних (припасованих) болтів.

- Два конструктивні пази шириною 12,5Н11, глибиною 17,0 мм та висотою 6,5 мм сприймають крутний момент і працюють на зріз, надійно запобігаючи повороту корпусу навколо власної осі.

- Дві технологічні лунки радіусом R20 та дві лунки R25 сприймають контактні навантаження і працюють на зминання, забезпечуючи додаткову жорсткість та експлуатаційну надійність вузла під навантаженням.

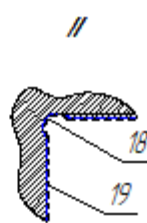
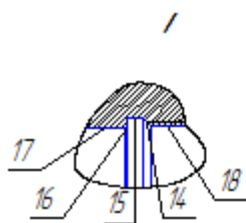
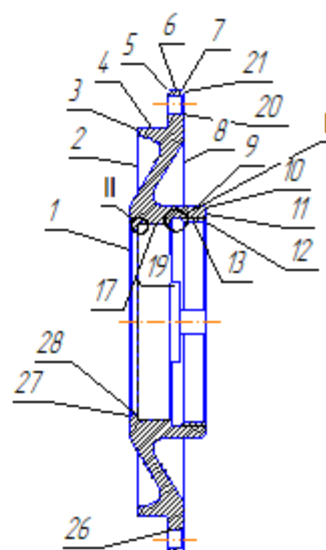
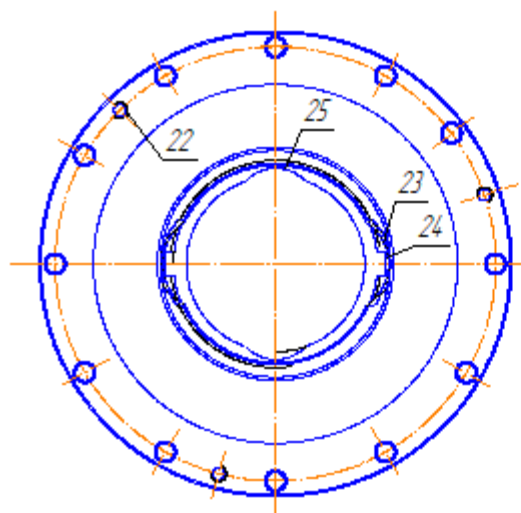


Рисунок 1.2-Ескіз деталі с нумерацією поверхонь

					КНУ.КБР.131.26.4-03.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Лам		

За функціональним призначенням усі поверхні деталі розподілено на такі категорії:

- Основні поверхні: 4, 26;
- Допоміжні поверхні: 15, 17, 20, 28;
- Суміжні поверхні: 19;
- Виконавчі поверхні: 13, 22, 23, 24, 25;
- Вільні поверхні: 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 16, 18, 21, 27.

Технічні вимоги та точність обробки

- Точність і шорсткість: Призначені квалітети точності для всіх поверхонь повністю узгоджуються з параметрами шорсткості, вказаними на кресленні деталі.
- Геометричні допуски: Вимоги до макроегеометрії (форми) та взаємного розташування основних і допоміжних поверхонь відповідають положенням чинних стандартів.

Хіміко-термічна обробка (ХТО):

До поверхонь 17, 18 та 19 висуваються підвищені вимоги щодо міцності поверхневого шару та твердості. На глибину h 0,2..0,4 мм, $h \geq 0,1$ мм шліфованої поверхні, знімати $\leq 0,1$ мм. Для досягнення заданих експлуатаційних характеристик передбачено їхнє азотування з дотриманням таких параметрів:

- Твердість поверхневого шару: не менше ніж HV 650;
- Параметри шару / серцевини: d відб.3,55...3,85 мм.

1.3 Технічний контроль робочого креслення

Усі лінійні та діаметральні розміри на робочому кресленні чітко узгоджені з рядами нормальних лінійних розмірів. Граничні допуски та параметри шорсткості поверхонь повністю відповідають вимогам чинних стандартів.

Графічна частина виробу представлена оптимальною кількістю виглядів і розрізів, що забезпечує однозначне й безпомилкове зчитування геометрії деталі. Проставлення розмірів виконано відносно конструкторських баз А і Б із суворим дотриманням правил побудови та розрахунку розмірних ланцюгів.

Технічні вимоги містять вичерпну інформацію про параметри виготовлення, обробки та контролю деталі, які не вказані безпосередньо на зображеннях креслення:

1.Вага деталі 5,84 кг.

2.Заготовка: Виливок, виготовлений за виплавлюваними моделями (2-га група згідно з ОСТ 5.9276-77). Коефіцієнт використання матеріалу (Квм) становить не менше 0,75.

3.Хіміко-термічна обробка та фінішна доводка: Поверхні А і Г підлягають азотуванню на глибину $h = 0,2 - 0,4$ мм. Після цього виконується шліфування

					КНУ.КБР.131.26.4-03.01.ТПВ	Арку
Змі	Анкв	№	Підпис	Лам		

цих поверхонь із припуском на знімання матеріалу 0,1 мм (остаточна товщина азотованого шару після обробки має становити $h \leq 0,1$ мм).

○ Фізико-механічні показники: Твердість поверхневого шару — не менше HV 650. Для серцевини діаметр відбитка кульки (при контролі твердості) має становити $d = 3,55 - 3,85$ мм.

○ Контроль якості: Група контролю 3-2А відповідно до ОСТ 1 00021-78.

4.Точність заготовки: Граничні відхилення розмірів та маси виливків відповідають II класу точності згідно з ДСТУ 8781:2018.

5.Радіуси: Усі не вказані на кресленні лінійні радіуси заокруглень становлять 5 мм.

6.Загальні допуски: Не вказані граничні відхилення розмірів, геометричної форми та взаємного розташування поверхонь регламентуються по галузевому стандарту ОСТ 1 00022-80.

7.Різьблення: Технічні вимоги до виконання та контролю різи визначаються відповідно до И255.102.008-81.

1.4 Аналіз технологічності деталі

1.4.1 Якісний аналіз технологічності

Конструктивно-технологічні особливості деталі:

За своєю геометричною конфігурацією деталь належить до класу «диски» і є нежорсткою. Конструкція виробу характеризується відсутністю розвинених базових поверхонь, що ускладнює її надійне встановлення та закріплення на металорізальних верстатах. Разом з тим, відкрита форма та габарити деталі забезпечують безперешкодний підвід і відведення як різального, так і вимірювального інструменту.

Технологічне оснащення та механічна обробка:

Для виготовлення деталі не потрібно проєктувати спеціальне оснащення — достатньо використати стандартні верстатні пристрої та різальний інструмент. Спеціальний канавкови розточний різець необхідний для внутрішньої канвки. Високі вимоги до точності лінійних розмірів і параметрів шорсткості поверхонь обумовлюють доцільність обробки деталі на верстатах із ЧПК.

Аналіз технологічності конструкції виробу:

Конструкція деталі має ряд елементів та вимог, які суттєво знижують її технологічність:

- Складні конструктивні елементи: наявність внутрішньої канавки під упор підшипника та внутрішньої дрібнокрокової різи $M16 \times 1,5-6H$, що ускладнює внутрішнє розточування.
- Суворі геометричні допуски: високі вимоги до співвісності поверхонь, взаємного розташування отворів та 2 х пазів, 4 х лунок циліндричності, що потребує

					КНУ.КБР.131.26.4-03.01.ТПВ	Арку
Змі	Анкв	№	Підпис	Лам		

точного базування та додаткового контролю. Суворі вимоги до паралельності та торцевого биття поверхонь відносно базової поверхні Б.

- Складна просторова форма: геометрія деталі унеможливило застосування простих та економічно вигідних методів отримання заготовки. Це змушує використовувати більш трудомісткий та вартісний спосіб — лиття за виплавлюваними моделями для мінімізації припусків на подальшу механічну обробку.

1.4.2 Кількісний аналіз технологічності

Заготовка для деталі є відливання по виплавляємим моделям. Її маса 6,87_{кг}. Маса деталі складає 5,84_{кг}, тоді коефіцієнт використання матеріалу рівняється:

$$K_{\text{вм}} = m_{\text{д}} / m_{\text{з}}, \quad (1.1)$$

$$K_{\text{вм}} = 5.84 / 6.87 = 0.85,$$

Середня точність:

$$IT_{\text{ср}} = \frac{\sum IT_i}{N}, \quad (1.2)$$

$$IT_{\text{ср}} = \frac{2 \times 11 + 5 + 5 + 7 + 12 + 9 + 12 + 11 + 9 + 11 + 7 + 7 + 10 + 10 + 3 \times 11 \times 10 \times 12}{28} = 7.5$$

$IT_{\text{ср}}$ -середній квалітет точності деталі 8— деталь високої точності.

Середня шорсткість деталі:

$$Ш_{\text{ср}} = \frac{\sum Ra}{N}, \quad (1.3)$$

$$Ш_{\text{ср}} = \frac{2 \times 12.5 + 6.3 + 9 \times 6.3 + 4 \times 1.6 + 2 \times 3.2 + 10 \times 6.3}{28} = 6.3,$$

тобто шорсткість деталі середня.

За кількісними показниками зробимо висновок, щоб забезпечити точність достатньо застосування верстатів з ЧПК.

					КНУ.КБР.131.26.4-03.01.ТПВ	Арку
Змі	Анкв	№	Підпис	Лам		

1.5 Вибір типового технологічного процесу

Класифікація деталі за конструкторським класифікатором ЄСКД

Відповідно до чинного Класифікатора виробів та конструкторських документів ЄСКД, даній деталі присвоєно класифікаційний код 711462.

Структурне розшифрування коду за конструктивно-геометричними ознаками:

- 71 (Клас): Деталі, що є тілами обертання (кільця, диски, шківни, блоки, стрижні, втулки, стакани, колонки, вали, осі, штоки, шпинделі тощо).
- 1 (Підклас): Деталі типу кілець, дисків, тарілок, кришок, фланців, котушок, шківів та блоків із відношенням довжини до діаметра (L/D) в межах від 0,5 до 4 включно, що мають порушення гладкої циліндричної поверхні.
- 4 (Група): Двосторонні ступінчасті деталі без закритих уступів та без нарізаної різь на зовнішній поверхні.
- 6 (Підгрупа): Деталі, що мають центральний наскрізний отвір круглого поперечного перерізу.
- 2 (Вид): Деталі без кільцевих пазів на торцях, без пазів та шліців на зовнішній поверхні, але з наявністю додаткових отворів, розташованих поза віссю симетрії виробу.

Таблиця 1.3 - Заводський технологічний процес виготовлення деталі корпус

№ операції	Назва операції	обладнання
1	2	3
005	Технічний контроль	Стіл ОТК
040	Токарна	Токарно-гвинторізний 16K20
045	Внутрішньошліфувальна	Внутрішньошліфувальний 3K228B
050	Низький отпуск	Ванна цехова
055	Промивка	Установка для промивки
060	Слюсарна	Верстак
065	Технічний контроль	Стіл ОТК
070	Транспортування	Електрокар
075	Електрохімічне лужіння	
080	Азотування	
085	Токарна	Токарно-гвинторізний 16K20
090	Фрезерна	Вертикально-фрезерний 6P13
095	Слюсарна	Верстак
100	Фрезерна	Вертикально-фрезерний 6P13
105	Слюсарна	Верстак
110	Довбальна	Довбальний 7A420M

					КНУ.КБР.131.26.4-03.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Лат		

1	2	3
115	Слюсарна	Верстак
120	Координатно-розточна	Координатно-розточна 2Е440А
125	Слюсарна	Верстак
130	Круглошліфувальна	Круглошліфувальний 3М151У
135	Слюсарна	Верстак
140	Внутрішньошліфувальна	Внутрішньошліфувальний 3К228В
145	Маркування	Верстак
150	Відпускання низьке	Ванна цехова
155	Промивка	Установка для промивки
160	Технічний контроль	Стіл ОТК
165	Консервування	Вана для консервування Кр50СБ-200

Обґрунтування модернізації базового технологічного процесу:

Існуючий заводський техпроцес, розроблений для умов дрібносерійного виробництва, має низьку ефективність через використання високовартісних координатно-розточувальних верстатів. Крім того, він потребує значних затрат допоміжного часу на ручне вивіряння та розмічання заготовок.

На основі заводського прототипу було спроектовано новий технологічний процес для дрібносерійного виробництва, який впроваджує такі ключові зміни:

1. Автоматизація обробки (впровадження верстатів із ЧПК): Застосування обладнання з ЧПК дозволяє суттєво скоротити основний (технологічний) час обробки деталі. Завдяки автоматизації циклу також знижуються вимоги до кваліфікаційного розряду робітника-виконавця. Сукупність цих факторів забезпечує відчутне зниження собівартості виготовлення виробу.

2. Оптимізація параметрів заготовки: Завдяки впровадженню уточнених нормативних коефіцієнтів розрахунку виливків (для лиття за виплавлюваними моделями) вдалося зменшити масу вихідної заготовки. Це призвело до підвищення коефіцієнта використання матеріалу (КВМ) та зниження початкової вартості заготовки.

3. Застосування сучасних інженерних методик: У проєкті реалізовано прогресивні методи розрахунку розмірних ланцюгів, оптимізовано режими різання та норми штучного (оперативного) часу, а також передбачено використання сучаснішого та ефективнішого технологічного оснащення.

Висновок: Завдяки зниженню трудомісткості, підвищенню точності обробки та економії матеріальних ресурсів, спроектований технологічний процес є повністю економічно доцільним порівняно із заводським варіантом.

					КНУ.КБР.131.26.4-03.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Лам		

1.6 Проектування заготовки

На попередньому етапі вибору оптимального способу отримання заготовки використаємо матрицю впливу факторів

Таблиця 1.4-Вибір оптимального способу отримання заготовки

Спосіб отримання Заготовки	фактори					
	Форми і розміри заготовки	Вимоги Точності і якості до поверхні заготовки	Технічні якості матеріалу	Програма випуску	Виробничі можливості підприємства	сума
Лиття по виплавляємим моделям	+	+	+	+	+	5
Штампуння з заміною матеріалу	+	-	+	+	-	3

Отже, відповідно до результатів аналізу матриці впливу факторів, найбільш раціональним способом отримання заготовки є лиття за виплавлюваними моделями.

Лиття за виплавлюваними моделями належить до спеціальних методів ливарного виробництва та застосовується для виготовлення складних за конфігурацією і високоточних заготовок із різноманітних матеріалів. Особливістю цього способу є використання для кожної відливки одноразової моделі разом з елементами ливникової системи, виготовленої з легкоплавкого матеріалу. Завдяки високій точності отримуваних виливків обсяг механічної обробки суттєво зменшується, а для окремих поверхонь може бути повністю виключений.

Деталь типу «Корпус» виготовляється зі сталі 13X11H2B2МФЛ, яка належить до дорогих легованих матеріалів. З метою максимального зниження втрат металу та підвищення коефіцієнта його використання доцільно застосувати саме лиття за виплавлюваними моделями. Даний метод забезпечує отримання заготовок з точністю, що відповідає 11–12 квалітетам, та шорсткістю поверхні Ra 6,3 мкм, що дозволяє окремі поверхні залишати без подальшої механічної обробки.

При проектуванні виливка припуски на механічну обробку призначаються на кожну сторону поверхні, а їх величина визначається залежно від необхідного квалітету точності розмірів деталі. Подальше проектування заготовки виконується з урахуванням класу точності та маси виливка. Відповідні значення,

					КНУ.КБР.131.26.4-03.01.ТПВ	Арку
Змі	Анкв	№	Підпис	Лат		

обрані згідно з вимогами ДСТУ 8781:2018 та наведеними у додатку 1, заносяться до таблиці 1.5.

Таблиця 1.5-Припуски та допуски заготовки

N	Номинальний розмір деталі	Характеристика поверхні		Допуски	Граничні відхилення	Основні припуски	Додаткові припуски	Розмір заготовки	примітки
		квалітет	шорсткість						
1	Ø89	10	3,2	0.56	±0.28	1.6	0.4	Ø85	Клас точності розмірів і ваги приймаємо 6. ряд припусків – 2. Граничні відхилення елементів відливки по плоскості раз'єму±0.4. Граничні відхилення короблення елементів відливки±0.16.
2	Ø100	Js5	0,8	0.56	±0.28	1.6	0.4	Ø96	
3	Ø196	Js5	1,6	0.7	±0.35	1.8	0.4	Ø200	
4	3		6,3/0,8	0.24	±0.12	1.1	0.2	6	
5	8		1,6/3,2	0.32	±0.6	1.3	—	8	
6	15		6,3/1,6	0.36	±0.16	1.3	—	15	
7	38		6,3	0.44	±0.22	1.4	—	41	

У даному випадку маса відливки становить 6,87 кг. Під час проєктування технології лиття за виплавлюваними моделями вибір площини роз'єму форми здійснюється таким чином, щоб максимально спростити конструкцію модельного оснащення. При цьому ділянки з меншими поперечними перерізами доцільно розташовувати в нижній частині форми, оскільки процес охолодження відливки відбувається переважно знизу вгору.

Припуски на механічну обробку наносяться на креслення тонкими лініями відповідно до вимог конструкторської документації. Суміщене креслення деталі та відливки з технічними вимогами наведене на окремому аркуші графічної частини проєкту.

Для деталі типу «Корпус» також може бути розглянутий альтернативний спосіб отримання заготовки — об'ємне штампування із можливістю заміни матеріалу. Штамповані поковки характеризуються високою якістю поверхні, щільною та однорідною структурою металу, а також забезпечують точність розмірів, що відповідає 12-му квалітету.

Водночас цей спосіб потребує ретельної підготовки вихідних заготовок, високої точності виготовлення та налаштування штампового оснащення, а також застосування спеціальних мастильних матеріалів. Процес штампування супроводжується значними питомими зусиллями деформування, підвищеними енергетичними витратами та інтенсивним зношуванням штамів.

					КНУ.КБР.131.26.4-03.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Лат		

Проектування штампованої поковки виконується відповідно до вимог ДСТУ ГОСТ 7505-89. Маса поковки визначається за співвідношенням $G_{\text{пок}} = K_p \cdot G_d$, де K_p — коефіцієнт, що вибирається за нормативними таблицями стандарту. Для даного випадку $K_p = 1,5$, тому маса поковки становить $G_{\text{пок}} = 1,5 \cdot 5,84 = 8,76$ кг. Поковка належить до класу точності Т4, що відповідає штампуванню на молотах, а матеріал віднесений до групи сталей МЗ. Розрахункова маса заготовки складає 14,6 кг.

Для порівняльного аналізу як альтернативний варіант приймається штампована поковка зі сталі 13Х11Н2В2МФ масою 14,6 кг. Оскільки подальша механічна обробка в обох варіантах виготовлення заготовок є однаковою, виконання повного розрахунку приведених витрат є недоцільним. Для оцінки економічної ефективності достатньо визначити та порівняти вартість заготовок, отриманих різними способами. Перш за все розраховується вартість відливки, виготовленої методом лиття за виплавлюваними моделями:

$$A_1 = Q_1 \times C_1 \times K_{m1} \times K_{c1} \times K_{ou1} - (Q_1 - q_1) \times \Pi_1, \quad (1.4)$$

де: $Q_1 = 6.87$ — вага відливки;

$C_1 = 150$ — оптова ціна 1 кг заготовки, гривень;

$K_{m1} = 0.46$ — коефіцієнт враховуючий вагу заготовки;

$K_{c1} = 0.85$ — коефіцієнт враховуючий групу складності заготовки;

$K_{ou1} = 1.23$ — коефіцієнт враховуючий групу серійності;

$q_1 = 5.84$ — чиста вага деталі;

$\Pi_1 = 80$ — ціна 1 кг відходів, гривень.

Таким чином отримуємо:

$$A_1 = 6.87 \times 150 \times 1.8 \times 0.46 \times 0.85 \times 1.23 - (6.87 - 5.84) \times 80 = 809,67 \text{ грн.}$$

Для поковки штампованої:

$Q_2 = 14.6$

$C_2 = 180$ грн

$K_{m2} = 0.76$

$K_{c2} = 1.00$

$K_{ou} = 1.3$

$q_2 = 5.84_{\text{кг}}$

$\Pi_2 = 80_{\text{грн.}}$

Таким чином за формулою:

$$A_2 = 14.6 \times 180 \times 1.8 \times 0.76 \times 1.00 \times 1.3 - (14.6 - 5.84) \times 80 = 4599.475 \text{ грн}$$

					КНУ.КБР.131.26.4-03.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Лат		

Отримуємо – відливки по виплавленим моделям дешевша поковки штампуванням що економічніше вигідно.

Тому в якості базового варіанту отримання заготовки беремо відливку по виплавляєм моделям.

1.6 Вибір і обґрунтування баз

Деталь «Корпус» за своїм функціональним призначенням і особливостями конструкції належить до групи корпусних деталей типу кришок. Водночас з точки зору базування та встановлення під час механічної обробки її можна віднести до деталей типу дисків.

На початковій технологічній операції базування заготовки здійснюється по необробленій зовнішній циліндричній поверхні та торцю. У процесі обробки формуються внутрішня циліндрична поверхня і торець, які надалі використовуються як основні технологічні бази для виконання наступних операцій.

З метою дотримання принципів єдності та суміщення баз протягом усього технологічного процесу за базові поверхні приймаються вісь деталі та один із її торців. Таке рішення забезпечує збіг конструкторських, технологічних і вимірювальних баз, що сприяє підвищенню точності виготовлення та спрощує контроль геометричних параметрів деталі.

					КНУ.КБР.131.26.4-03.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Лат		

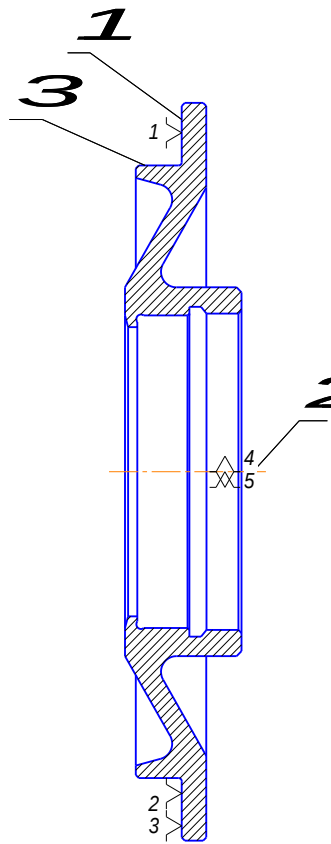


Рисунок 1.3-Теоретична схема базування

I – установча база (торець);

II – центруюча, подвійна опорна (вісь);

На токарній, фрезерній, довбальній і внутрішньошліфувальних операціях деталь встановлюється у трикулачковий самоцентруючий патрон з упором у торець деталі; на круглошліфувальній – на оправку, з упором у торець .

					КНУ.КБР.131.26.4-03.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Лат		

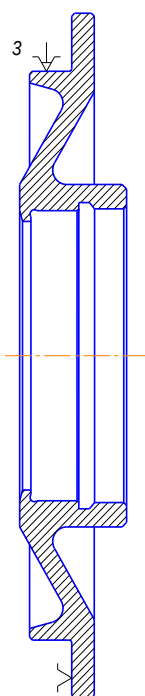


Рисунок 1.4-Умовна схема базування на токарну і внутрішньошліфувальну операції

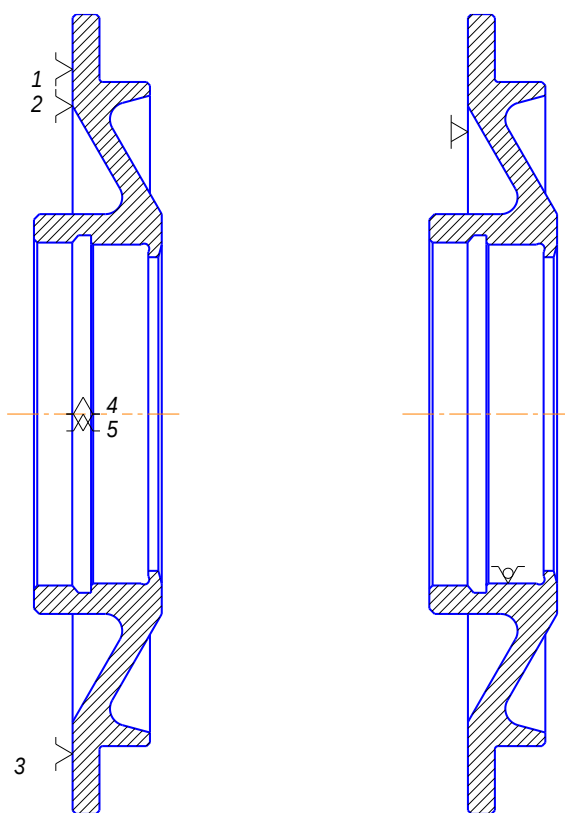


Рисунок 1.5- Теоретична та умовна схема базування на токарну та круглошліфувальну операцію

					КНУ.КБР.131.26.4-03.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Лат		

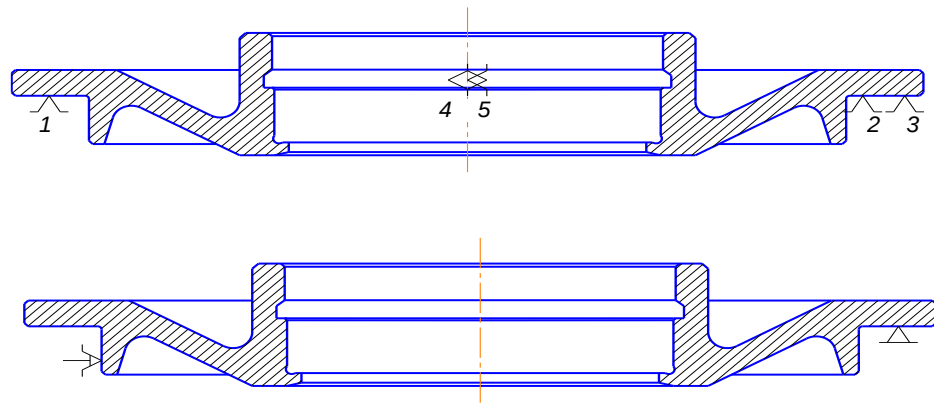


Рисунок 1.6- Теоретична та умовна схема базування на фрезерну і довбальну операції

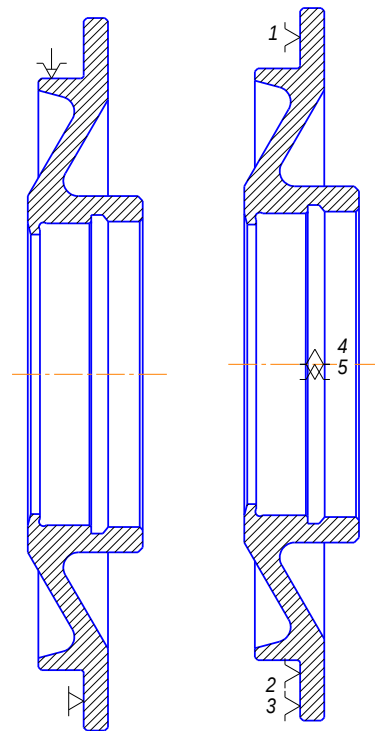


Рисунок 1.7- Теоретична та умовна схема базування на круглошліфувальну операцію

Торець І і діаметральна поверхня ІІІ використовуються для встановлення і базування деталі на першій операції вони будуть підготовлені для встановлення і базування при обробці деталі на наступних операціях. Таким чином, торець І і діаметральна поверхня ІІІ є основними поверхнями.

					КНУ.КБР.131.26.4-03.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Лат		

1.8 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

На зовнішній, внутрішній і торцевій поверхні визначають кількість переходів з поступовим наближенням до вимог точності і шорсткості. Данні представимо у вигляді таб.1.6

Таблиця 1.6-Послідовність обробки поверхонь

№ поверхні, розмір	Назва переходів	Шорсткість, Ra	Квалітет, ІТ	T,допуск,мм
1	2	3	4	5
Торець1	Заготовка точіння півчистове	3,2 2,5	8 7	0.25 0.16
Торець2	Заготовка точіння півчистове	3,2 2,5	8 6	0.25 0.16
4 Ø196js5	Заготовка точіння півчистове Точіння чистове, шліфування	3,2 2,5 3.2 0,8	8 7 5 5	0.46 0.185 0.046 0.020
Торець 26 Ø236	Заготовка точіння півчистове Точіння чистове, шліфування	3,2 2,5 3.2 1.6	8 7 6 7	0.21 0.13 0.052 0.021
Ø236	Заготовка	3,2	12	0.46
Торець 8 Ø236	Заготовка, точіння чернове Точіння чистове	3,2 6.3 3.2	8 7 9	0.21 0.13 0.052
9 Ø118	Заготовка	3,2	8	0.35
Торець 11 Ø118	Заготовка, точіння півчистове	3,2 2,5	8 7	0.25 0.16
13, M105×1.5- 64	Заготовка, точіння півчистове Точіння чистове	3,2 6.3 3.2	8 7 6	0.35 0.22 0.087
Канавка 15 Ø105.5	Заготовка точіння чистове	3,2 6.3	8 7	0.35 0.22
Ø100Js5	Заготовка, точіння півчистове Точіння чистове, шліфування	3,2 6.3 3.2 1.6	8 7 6 5	0.35 0.22 0.087 0.035
Торець 19 Ø100Js5	Заготовка, Точіння півчистове точіння чистове, шліфування	3,2 6.3 3.2 1.6	8 7 6 5	0.250 0.160 0.062 0.025

					КНУ.КБР.131.26.4-03.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Лат		

1	2	3	4	5
20, 12-ть отвØ9	Сверління розгортання	6,3 3,2	9 7	0.15 0.058
22, 3отв М8- 6Н	Сверління Нарізання різби	12.5 6.3	9 6Н	0.15 0.058
22 2 лунки , R25	фрезерування	6.3	11	2
24, 2 паза Н=6.5 В=12.5 L=17 h=11	довбання	6.3	11	0.110
25 2 лунки, R20	фрезерування	6.3	11	2
28, Ø89	Заготовка, точіння півчистове	3,2 2,5	8 7	0.35 0.22

1.9 Розробка маршруту обробки деталі

Таблиця 1.7- Маршрут обробки деталі

№ опе- рації	Найменування операції	№ оброблюємої поверхні	№ базуючої поверхні	модель верстату
005	Токарна з ЧПК	2, 11, 10, 13, 17, 19	4, 26	Токарний з ЧПК S50i
		28, 27, 1, 2, 4, 26	8, 9	
015	Токарна з ЧПК	4, 26, 5, 3	8, 9	Токарний з ЧПК S50i
		13, 14, 15, 16, 17, 19, 12, 8, 7, 18	4, 26	
020	Фрезерна з ЧПК	23, 25	4, 26	Вертикальний оброблювальний центр MCV 750 RAPID
025	Довбальна	24	4, 26	Довбальний TOS NOV 32
030	Вертикально- сверлильна с ЧПУ	20, 21, 22	4, 26	Вертикальний оброблювальний центр MCV 750 RAPID

1	2	3	4	5
035	Круглошліфувальна	4, 26	8, 9	Універсальний внутрішньо-зовнішньо шліфувальний Studer S122
040	Внутрішшліфувальна	17, 19	4. 26	Універсальний внутрішньо-зовнішньо шліфувальний Studer S122

1.10 Розробка технологічних операцій

Таблиця 1.8 -Зміст технологічних операцій

№ операції	1. Назва операції 2. Станок 3. Зміст переходів технологічних операції	Верстатне пристосування	Інструмент
1	2	3	4
005	1. Токарна з ЧПК 2. Токарний з ЧПК S50i 3. А. Встановити, закріпити підрізати торець напівчисто 11 підрізати торець 8 розточити отвір 13 розточити отвір 17 з підрізкою торця 19 Б.перевстановити,закріпити зняти підрізати торець 1 підрізати торець 2 підрізати торець 26 обточити поверхню 4 розточити отвір 28 точити фаску 27	Трикулачковий самоцентруючий патрон	Різець контурний Sandvik Coromant PCLNR 2525M12 + пластина CNMG 120408 S205 Різець розточний Sandvik Coromant A32T-PCLNR12 з пластиною CNMG 120408-MM GC2025 Штангенциркуль ШЦII-160-0,05
015	1. Токарна з ЧПК 2. Токарний з ЧПК S50i 3. А. перевстановити, закріпити підрізати торець чисто 26 обточити поверхню 4 точити фаски 3, 5 Б. перевстановити, закріпити. зняти	Трикулачковий Самоцентруючий патрон 7102-0073 ГОСТ 1456-70	Sandvik Coromant CNMG 120408 GC2015 (ISO P15) Sandvik Coromant CNMG 120408 GC4035 (ISO P30) Різець канавковий Різець різьбовий для

					КНУ.КБР.131.26.4-03.01.ТПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

1	2	3	4
	підрізати торець 8 розточити отвір 13 під різьбу розточити отвір 17 з підрізкою торця 19, розточити радіус 18 точити канавку 15 точити фаски 14, 16, 7 нарізати різьбу		внутрішньої різьби Sandvik Coromant CoroThread 266, державка SNR0016Q16 з пластиною 16IR 1.5 ISO GC1135 Штангенциркуль ШЦІІ-160-0,05
020	1. Фрезерна з ЧПК 2. Вертикальний оброблювальний центр MCV 750 RAPID 3. встановити, закріпити, зняти фрезерувати 2 лунки 23 фрезерувати 2 лунки 25	Трикулачковий самоцентруючий патрон	Guhring HSS End Mill HS6-5-2 (M2) Штангенциркуль ШЦІІ-160-0,05
025	1. Довбальна 2. TOS NOV 32 3. встановити, закріпити, зняти довбати 2 пази 24	Трикулачковий самоцентруючий патрон	Різець токарний із швидкорізальної сталі Böhler S600 (M2, HS6- 5-2), нутромір 100-160 Штангенциркуль ШЦІІ-160-0,05
030	1. Свердлильна с ЧПК 2. Вертикальний оброблювальний центр MCV 750 RAPID 3. А. Встановити, закріпити, зняти свердлити 12 отворів 20 зенкерувати 12 отворів 20 зенкерувати 12 отворів 20 свердлити 3 отвори 22 зенкерувати 3 отвори 22 нарізати різьбу в 3 отворах 22		Sandvik CoroDrill 460 із твердого сплаву класу K20 Sandvik Coromant CoroTap 100 M8×1.25 Пробка 8221-3036-611 Sandvik CoroDrill 460, carbide grade H10–H20
035	1. Круглошліфувальна 2. Studer S122 3. А. Встановити, закріпити, зняти шліфувати поверхню 4 з підшліфовкою торця 26	Циліндрична оправка	Tyrolit 89A 46 K 6 V, 600×60×305 мм, V = 35 м/с Глибиномір ГМ-100 Штангенциркуль ШЦІІ-160-0,05
040	1. Внутрішньошліфувальна 2. Studer S122 3. А. Встановити, закріпити, зняти шліфувати поверхню 17 з підшліфовкою торця 19	Циліндрична оправка	Norton 38A60-KVBE, 40×40×16 мм Штангенглибиномі р ШТ-160 Нутромір 50-100
Змі	Арку	№	Підпис
Лат			

КНУ.КБР.131.26.4-03.01.ТПВ

Арку

1.11 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку

1.11.1 Аналітичний розрахунок припусків на зовнішню циліндричну поверхню.

Розрахунок ведемо для діаметру $\varnothing 196_{js5}(\pm 0.01)$.

Таблиця 1.9-Розрахунок припусків

Елементарна Поверхня деталі, технологічний маршрут її обробки	Елементи припуску				Розрахунковий Припуск $2z_{\min}$, мм	Розрахунковий мінімальний розмір	Допуск на виготовлення T_d мкм	Прийняті розміри за переходами		Отримані граничні припуски мкм	
	Rz	h	Δ	Σ				$d_{\max}$	$d_{\min}$	Пр $2z_{\max}$	Пр $2z_{\min}$
Відливка	32	100	80	-	-	196.78	460	197.24	196.78	-	-
обточування чернове	15	20	-	130	700	196.08	185	196.265	196.08	975	700
Обточування чистове	5	5	-	-	70	196.01	46	196.01	196.01	209	70
шліфування	2.5	5	-	-	20	195.99	20	195.99	195.99	46	20

2 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ З CAD/CAM ТЕХНОЛОГІЯМИ

2.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК та постпроцесора

Для розроблення керуючої програми обробки кріпильних отворів корпусної деталі використовується вертикальний оброблювальний центр з ЧПК MCV 750 RAPID, оснащений системою керування Fanuc.

Створення керуючої програми здійснюється в САМ-системі FeatureCAM, яка забезпечує автоматизовану підготовку програм для верстатів різного технологічного призначення, зокрема токарних, фрезерних, багатоцільових та електроерозійних. Функціональні можливості системи базуються на автоматичному розпізнаванні конструктивних елементів деталі за імпортованою тривимірною моделлю. За відсутності 3D-моделі необхідна геометрія може бути побудована за допомогою вбудованих інструментів моделювання. Для кожного елемента система пропонує найбільш раціональні стратегії обробки з можливістю їх подальшого коригування відповідно до вимог технологічного процесу.

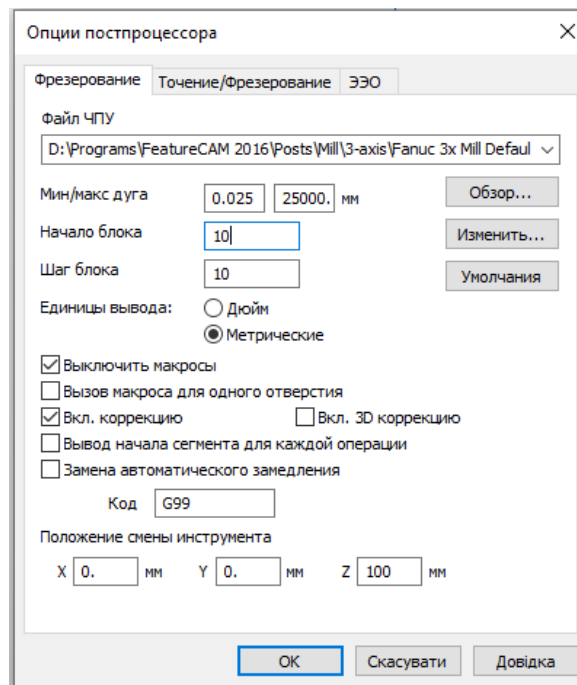


Рисунок 2.1 – Вікно Операції постпроцесора

					КНУ.КБР.131.26.4-03.02.МПО		
Змін	Аркв	№	Підпис	Дат	МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ		
Розроб.	Сергієнко						
Перевір.	Шивінда				Кафедра ТМ зп ЗПМ-23св		
Н. Контр.	Нечаєв						
Затверд.	Рязанцев						
					Лім.	Арк.	Архивів

Налаштування постпроцесора для формування керуючої програми наведено на рисунку 2.1. Координати точки зміни інструмента визначаються з урахуванням габаритних розмірів заготовки та робочої зони верстата, що забезпечує безпечне відведення інструмента в референтне положення під час виконання переходів. Операція обробки отворів виконується після завершення токарної обробки, тому заготовка має діаметр 236 мм і висоту 38 мм. Це враховується під час вибору безпечних переміщень інструмента та налаштування параметрів постпроцесора.

Вважаємо, що базування здійснюється по зовнішній циліндричній поверхні діаметром 236 мм в самоцентрувальних призмах та лівому торцю деталі. Перед свердлінням отворів на тому ж установі буде виконана фрезерна обробка — фрезерування двох лунок дисковою фрезою для виходу довбального різця на довбальній операції. На другому установі фрезерної операції (фрезерування двох лунок на лівому торці) та довбальної операції осьова орієнтація деталі виконується по просвердлених кріпильних отворах.

2.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм

Імпортуємо заготовку в проєкт та встановлюємо нуль деталі по X, Y — по центру деталі, по Z — по торцю, найближчому до шпинделя (38 мм від установчої площини). Призначаємо матеріал — сталь 13X11H2B2МФЛ ДСТУ 8781:2018. Результат імпорту наведено на рисунку 2.2.

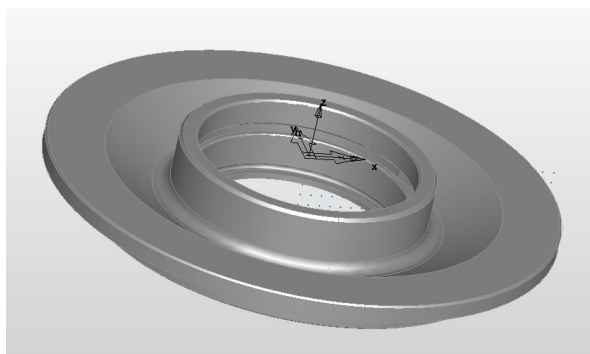


Рисунок 2.2 – Імпорт заготовки

					КНУ.КБР.131.26.4-03.02.МПО	Арку
Змі	Аркв	№	Підпис	Дат		

Імпортуємо в проєкт модель деталі після обробки для пришивидшення розробки керуючої програми за рахунок автоматизації створення елементів (отворів). Результат наведено на рисунку 2.3.

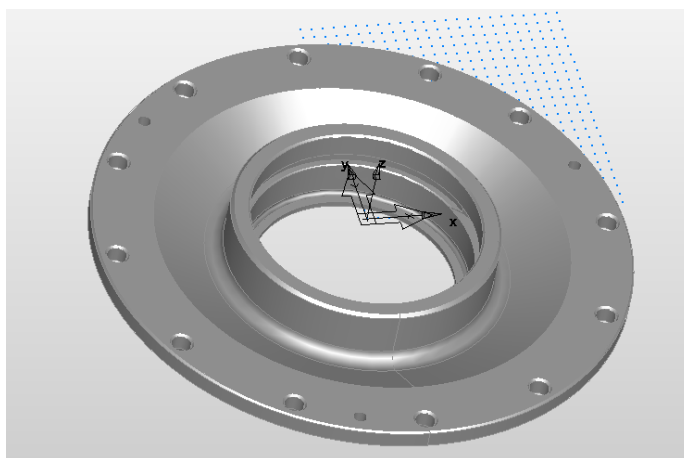


Рисунок 2.3 – Імпорт деталі

Розробка операцій відбувається в наступній послідовності:

- 1) свердлення 12 отворів свердлом діаметром 9 мм;
- 2) свердлення 3 отворів під різьблення свердлом діаметром 6,75 мм;
- 3) зенкерування 12 отворів зенкером діаметром 12,5 мм;
- 4) нарізання різьблення 3 отв. М8-6Н.

Координати оброблюваних отворів наведені на рисунку 2.4, 2.5.

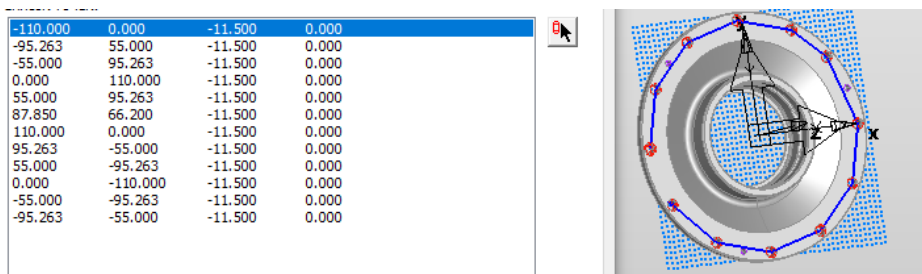


Рисунок 2.4 – Координати оброблюваних отворів Ø9 мм

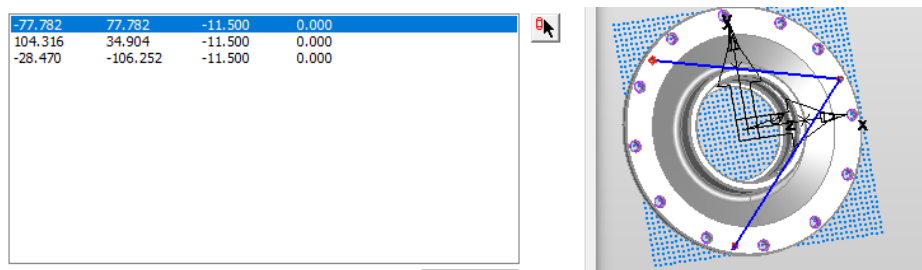
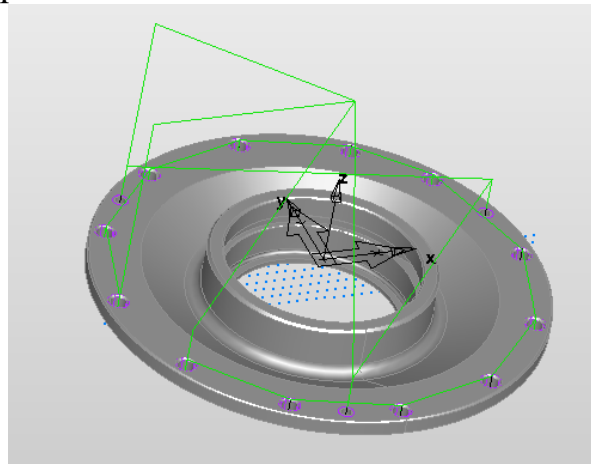


Рисунок 2.5 – Координати оброблюваних отворів М8-6Н

Траєкторії переміщень інструментів наведено на рисунку 2.6. Перелік створених операції – рис. 2.7.

[illegible]

Результат моделювання обробки представлено на рисунку 2.8, симуляція обробки на верстаті — на рис. 2.9, карта наладки інструмента — рис. 2.10.

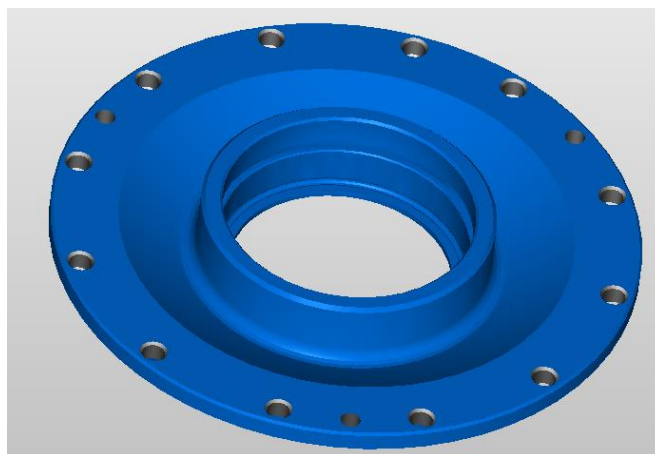


Рисунок 2.8 – Результат обробки

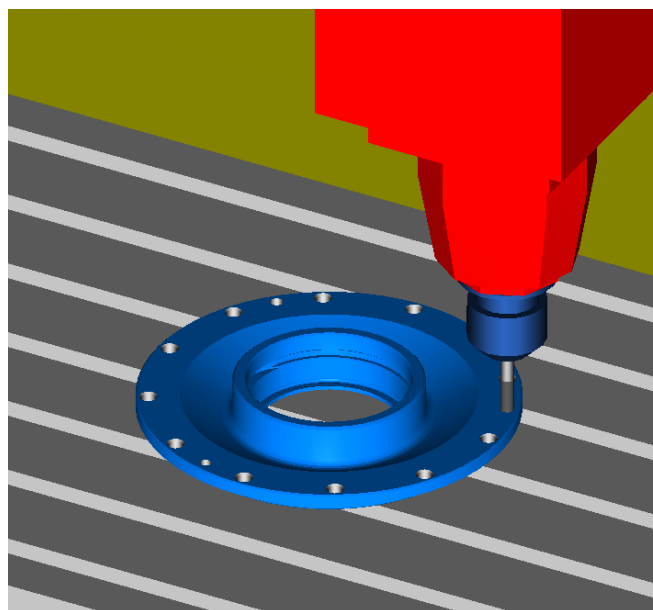


Рисунок 2.9 – Симуляція обробки на верстаті

+	Имя	Диам...	Длина	ID	Паз	Набор	Время	Отверстия
1	☞ Свердло Ф9	1	1	1				12
2	☞ Зенкер Ф12.5	2	2	2				12
3	☞ Свердло Ф6.75	3	3	3				3
4	☞ Мітчик M8x1.25	4	4	4				3

Рисунок 2.10 – Карта наладки інструмента

Після моделювання обробки генеруємо керуючу програму, фрагмент якої наведено на рис. 2.11. Загальна кількість кадрів – 74. Машинний час обробки — 9 хв 47 с.

```

%
O0001 (KORPUS)
N40 G00 G21 G17 G40 G49 G80 G94
N50 G91 G28 Z0

N60 ( DRILL D9 )
N70 T1 M6
N80 G00 G54 G90 X-110.0 Y0. S614 M03
N90 G43 H1 Z10.0 M08
N100 G81 G99 Z-23.104 R-8.5 F66.
N110 X-95.263 Y55.0
N120 X-55.0 Y95.263
N130 X0. Y110.0
N140 X55.0 Y95.263
N150 X87.85 Y66.2
N160 X110.0 Y0.
N170 X95.263 Y-55.0
N180 X55.0 Y-95.263
N190 X0. Y-110.0
N200 X-55.0 Y-95.263
N210 G98 X-95.263 Y-55.0
N220 G80
N230 M5
N240 G91 G28 Z0 M09
N250 G49 G90 X0. Y0.
N260 M01

```

Рисунок 2.11 – Фрагмент згенерованої керуючої програми

Додатково перевіримо створену керуючу програму у програмному забезпеченні CIMCO Edit. Траєкторії переміщень інструментів наведено на рис. 2.12.

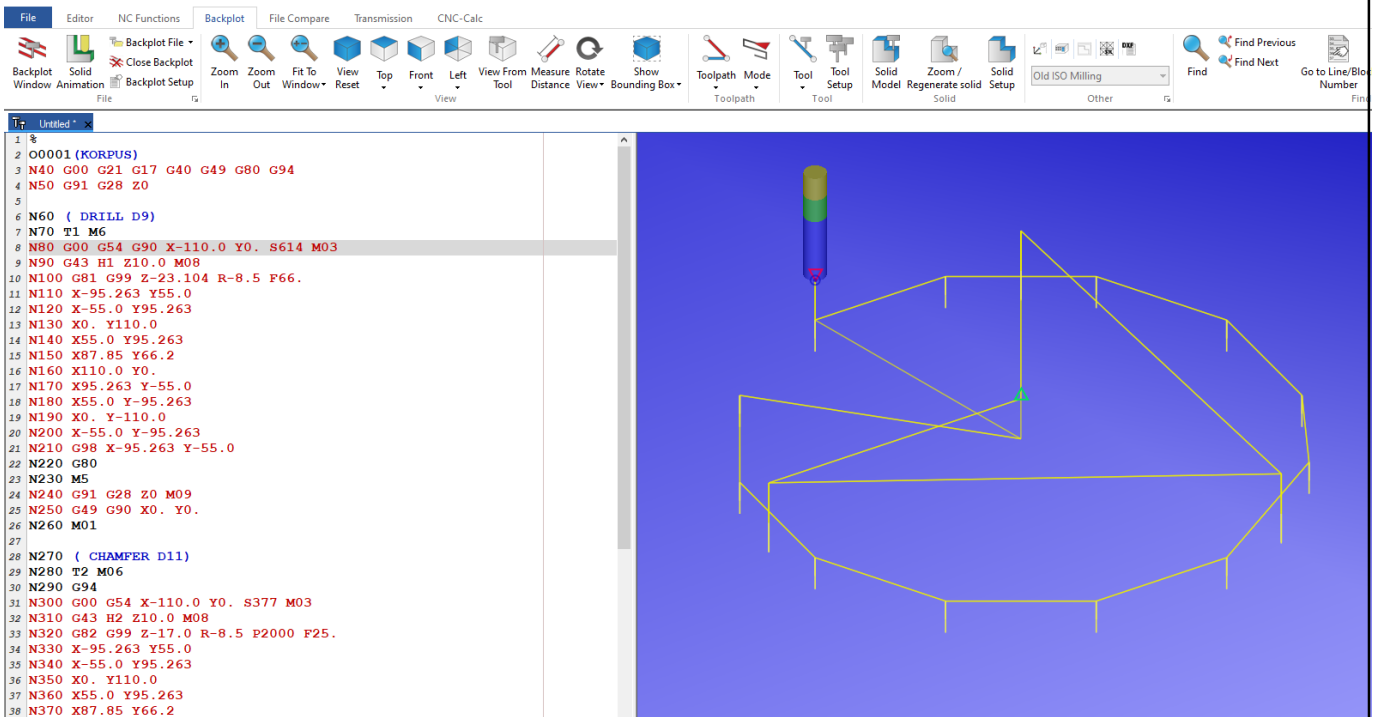


Рисунок 2.12 – Траєкторії переміщень інструментів у CIMCO Edit

ПОВНИЙ ТЕКСТ КП

%
O0001(KORPUS)
N40 G00 G21 G17 G40 G49
G80 G94
N50 G91 G28 Z0

N60 (DRILL D9)
N70 T1 M6
N80 G00 G54 G90 X-110.0
Y0. S614 M03
N90 G43 H1 Z10.0 M08
N100 G81 G99 Z-23.104 R-
8.5 F66.
N110 X-95.263 Y55.0
N120 X-55.0 Y95.263
N130 X0. Y110.0
N140 X55.0 Y95.263
N150 X87.85 Y66.2
N160 X110.0 Y0.
N170 X95.263 Y-55.0
N180 X55.0 Y-95.263
N190 X0. Y-110.0
N200 X-55.0 Y-95.263
N210 G98 X-95.263 Y-55.0
N220 G80
N230 M5
N240 G91 G28 Z0 M09
N250 G49 G90 X0. Y0.
N260 M01

N270 (CHAMFER D11)
N280 T2 M06
N290 G94
N300 G00 G54 X-110.0 Y0.
S377 M03
N310 G43 H2 Z10.0 M08
N320 G82 G99 Z-17.0 R-8.5
P2000 F25.
N330 X-95.263 Y55.0
N340 X-55.0 Y95.263
N350 X0. Y110.0
N360 X55.0 Y95.263
N370 X87.85 Y66.2
N380 X110.0 Y0.
N390 X95.263 Y-55.0
N400 X55.0 Y-95.263
N410 X0. Y-110.0
N420 X-55.0 Y-95.263
N430 G98 X-95.263 Y-55.0
N440 G80
N450 M5
N460 G91 G28 Z0 M09
N470 G49 G90 X0. Y0.
N480 M01

N490 (DRILL D6.75)
N500 T3 M06
N510 G94

N520 G00 G54 X-77.782
Y77.782 S819 M03
N530 G43 H3 Z10.0 M08
N540 G81 G98 Z-22.203 R-
8.5 F66.
N550 X104.316 Y34.904
N560 X-28.47 Y-106.252
N570 G80
N580 M5
N590 G91 G28 Z0 M09
N600 G49 G90 X0. Y0.
N610 M01
N620 (TAP M8)
N630 T4 M06
N640 G94
N650 G00 G54 X-77.782
Y77.782 S200 M03
N660 G43 H4 Z10.0 M08
N670 G84 G98 Z-21.688 R-
8.5 F250.
N680 X104.316 Y34.904
N690 X-28.47 Y-106.252
N700 G80
N710 M5
N720 G0 G91 G28 Z0 M09
N730 G49 G90 X0. Y0.
N740 M30
%

Змі	Аркв	№	Підпис	Дат

КНУ.КБР.131.26.4-03.02.МПО

Арку

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

3.1 Проектування верстатного пристрою

Верстатний пристрій призначений для закріплення деталі корпус на оброблювальний центр з ЧПК MCV 750 RAPID на операції 030. На цій операції 3 отвори М8-6Н свердляться, зенкуються та нарізається різьба та 12 отворів свердляться, зенкуються. Установча база торець деталі, подвійна опорна-внутрішня поверхня.

Установчим елементом пристосування буде оправка спеціальна Ø196g6.

Похибка базування:

$$\varepsilon_6 = \Delta_{gap} + 0,5 \times TD + 1 \times Td_0 \quad (3.1)$$

$$\varepsilon = 0,05 + 0,5 \times 0,046 + 0,115 = 0,188 \text{ мм}$$

Пристосування придатне для базування деталі.

Режими різання при свердлінні: $S=0,16$ мм/об, $n=450$ об/хв, $V=10$ м/хв. Схема до розрахунку сили затиску приведена на рис 7.1

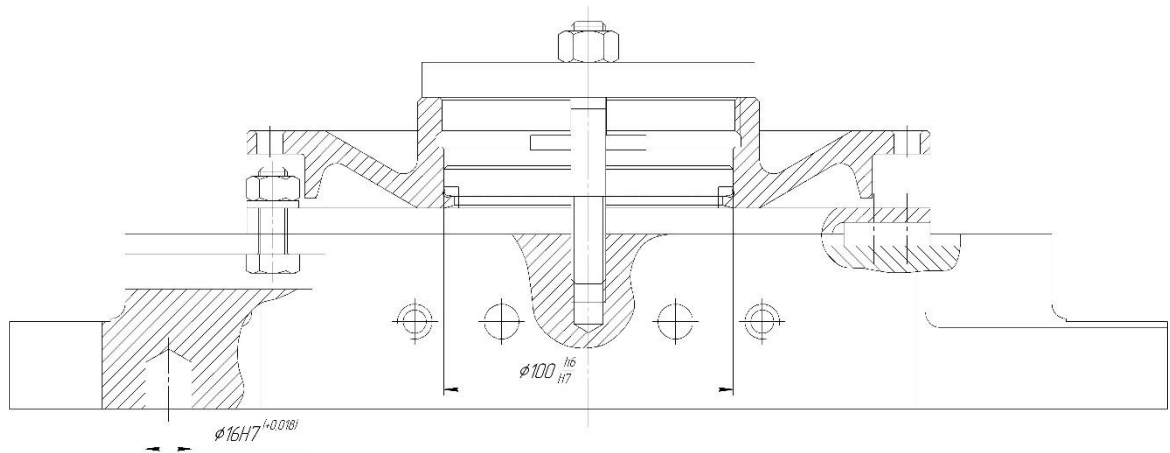


Рисунок 3.1- Схема до розрахунку сили затиску

					КНУ.КБР.131.26.4-03.03.КПВ		
Змін	Докв	№	Підпис	Лат	КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА		
Розроб	Сергієнко						
Перевір	Пиливда				Кафедра ТМ		
Н. Кондр	Норд						
Затверд	Рязанцев						

$$\Sigma M_0 = 0 \quad FTP_1 \times \frac{196}{2} + FTP_2 \times \frac{100}{2} = KMKP + P_0 \times R \times F, \quad (3.2)$$

$$W \times F \times \frac{196}{2} + W \times F \times \frac{100}{2} = KMKP + P_0 \times R \times F, \quad (3.3)$$

$$W = \frac{KMKP + P_0 \times r \times f}{\frac{196}{2f} + \frac{100}{2f}} = \frac{2,5 \times 40 + 3134 \times 4,5 \times 0,12}{11,76 + 6} = 150 H$$

Вихідна сила затиску:

$$Q = W \times r_{cp} \times tq(\alpha + \varphi) + 0,33f \frac{D_3^3 - D_{\phi\phi}^3}{D_3^2 - D_{\phi\phi}^2} / l, \text{ Н} \quad (3.4)$$

Діаметр гвинта визначаємо по формулі:

$$D = \sqrt{\frac{W}{0,5\sigma}} = 0,6 \text{ вибираємо } 0,8 \text{ мм,}$$

$$Q = \frac{150 \times 0,4tq(6^0 + 6^0) + 0,33 \times 0,1 \frac{120^3 - 100^3}{120^2 - 100^2}}{200} = 19 \text{ кг,}$$

Гідроциліндр, який може розвинути силу затиску 150Н розташований в плиті СРП 7081-2501. Сила на штоці-12,5 кН. Хід штоку 28 мм.

Виконуємо розрахунки на точність пристрою:

$$\epsilon_b = 1,2 \sqrt{\epsilon_{\phi}^2 + \epsilon_z^2} + \epsilon_{p.n.} + \epsilon_{п.о.} \quad (3.5)$$

$$\epsilon_b = 0,188 \text{ мм,}$$

$$\epsilon_z = 0,5 \text{ мм,}$$

$$\epsilon_{p.n.} = 0,04 \text{ мм,}$$

$$\epsilon_{п.о.} = 0,03 \text{ мм.}$$

$$\epsilon_b = 1,2 \sqrt{0,188^2 + 0,05^2} + 0,04^2 + 0,03^2 = 0,24 \text{ мм}$$

Притосування можна використовувати для операції.

3.2 Проектування контрольного пристосування.

Призначення та конструктивні особливості об'єкта контролю

Спроектване контрольно-вимірювальне пристосування призначене для перевірки торцевого биття поверхні Б деталі «Корпус» відносно конструкторської бази А. Технічними вимогами до виробу передбачено, що

					КНУ.КБР.131.26.4-03.03.КПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

відхилення від торцевого биття поверхні Б відносно осі бази А не повинно перевищувати 0,02 мм.

Конструктивна специфіка даної деталі полягає в тому, що за відносно великого діаметра основного отвору Ø100 Js5 вона має малу товщину стінки — всього 9 мм, що знижує її жорсткість. Крім того, внутрішня поверхня основного отвору не є суцільною гладкою циліндричною поверхнею через наявність конструктивних виступів та заглиблень. Цей фактор унеможливорює застосування стандартного базування по класичній гладкій оправці, оскільки вертикальне переміщення корпусу вздовж осі залишається необмеженим.

Конструкція та принцип роботи пристрою

Контрольне пристосування складається з таких основних елементів та функціонує за такою схемою:

- Базувальний вузол: Деталь встановлюється на спеціальну оправку, конфігурація якої адаптована під переривчастий профіль внутрішнього отвору виробу.
- Вузол обертання: Оправка разом із детальною монтується в підшипниковий вузол для забезпечення плавного й точного обертального руху навколо своєї осі. Сам підшипник встановлюється в циліндричний отвір контрольної плити й надійно фіксується знизу притисною кришкою.
- Вимірювальний вузол: На контрольній плиті за допомогою міцного штатива (стійки) закріплено індикатор годинникового типу. Вимірювальний наконечник (щуп) індикатора підводиться безпосередньо до контрольованої торцевої поверхні.

Під час повертання оправки з деталлю навколо своєї осі амплітуда коливань стрілки індикатора показує величину торцевого биття. Результати вимірювання зчитуються безпосередньо зі шкали приладу.

Метрологічні характеристики

- Контрольований параметр: торцеве биття поверхні Б відносно бази А;
- Допуск на вимірювання: 0,02 мм;
- Похибка встановлення (базування) деталі в пристосуванні: 10 мкм (0,01 мм), що є цілком допустимим для забезпечення заданої точності контролю.

Базовою поверхнею є отвір Ø100Js5

					КНУ.КБР.131.26.4-03.03.КПВ	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

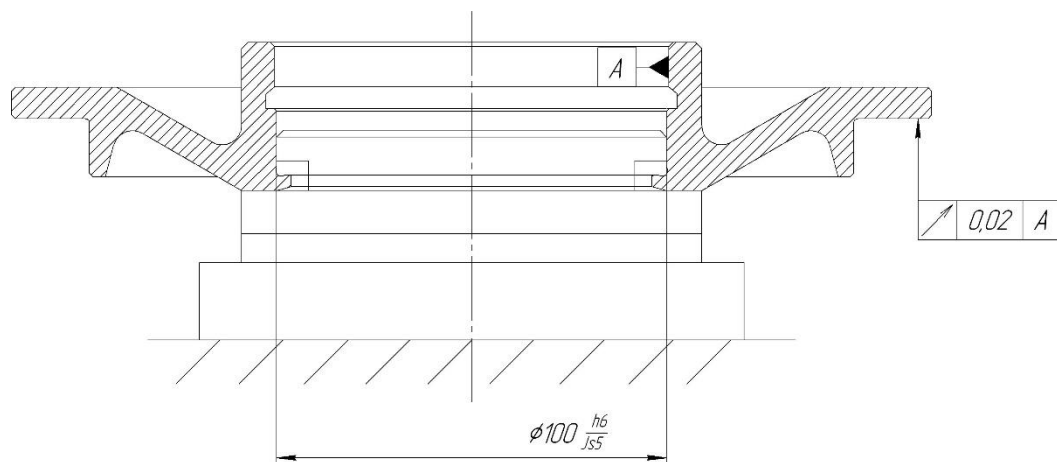


Рисунок 3.2 - Схема контролю

- 1 Похибка вимірювання дним контрольним пристосуванням має великий вплив на результати вимірювання.

Суммарна похибка вимірюється рядом складаючих її величин:

$$\sum \varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_u^2 + \varepsilon_{инд}^2} \quad (3.6)$$

Похибка базування:

$$\varepsilon_{\delta} = S_{\max} / 2 \quad (3.7)$$

$$\begin{aligned} \text{Ø}100 \frac{Js5}{h6} &= \text{Ø}100 \frac{\begin{matrix} +0,0075 \\ -0,0075 \\ 0 \\ -0,022 \end{matrix}}{h6} \\ \varepsilon_{\delta} &= \frac{+0,0075 - (-0,022)}{2} = \frac{0,02}{2} = 0,01 \end{aligned}$$

1. Похибка передаючих пристроїв залежить від характеру з'єднання рычага з пристосуванням.

З'єднання відбувається за допомогою штифта та з'єднання відбувається з натягом:

$$\text{Ø}5 \frac{H6}{k6} = \text{Ø}5 \frac{\begin{matrix} 0,008 \\ +0,009 \\ +0,001 \end{matrix}}{k6}$$

$$\varepsilon_{ny} = S_{\max} / 2 = \frac{0,008 - 0,001}{2} = \frac{0,007}{2} = 0,0035$$

2. Похибка індикатора 1МИГ складає – 0,002.

3. Похибка вимірювання даним контрольним пристосуванням повинна складати 30 від допустимого значення биття:

$$[\varepsilon] = \frac{0,02}{100} \cdot 30 = 0,009 \text{ мм}$$

$$\sum \varepsilon = \sqrt{0,01^2 + 0,0035^2 + 0,002^2} = \sqrt{0,0001 + 0,0000122 + 0,000004} = 0,0099 \text{ мм}$$

$$\sum \varepsilon \approx [\varepsilon]$$

Таким чином спроектоване пристосування можна застосовувати для контролю

					КНУ.КБР.131.26.4-03.03.КПВ	Арку
Змі	Аркв	№	Підпис	Дат		

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Розрахунок технологічної собівартості операції

Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	16К20	16К20	3-верстат	4-ий верстат	S 50 i
<i>Деталі</i>					
Річний обсяг випуску деталей N, шт.	300				300
Кількість запусків партій деталей в рік, шт	12				12
Тривалість випуску деталей Z, років	2				2
Штучний час обробки деталі t _{шт} , хв.	10,41	12,44	0		14,41
Час наладки верстата, хв.	22	23	0		8,5
Розряд:					
	5				4
	3	3	0		4
	3	3	0		4
наладчика інструменту		0			4
Кількість кадрів програми, шт.		0			200
Вартість заготовки S _{заг} , грн.	4599,47				809,67
Вартість комплексу спец. пристосувань К _{пр} , грн					
Оптова ціна на прокат одного УСП Ц _{сп} , грн					
Середній час налагодження за прибором одного інструменту поза верстатом, хв.					10
Середній період стійкості інструменту, хв.	60	60			120
Середня кількість граней пластинки, шт.	1	1			4
Коефіцієнт, що враховує питому вагу	0.1	0.1			0.2

					КНУ.КБР.131.26.4-03.04.ОЕП								
Змін	Анкв	№	Підпис	Лат	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА				Лім		Анк	Анквлія	
Розроб	Сергієнко												
Перевір	Півніда												
Н. Контн	Нечев												
Затверд	Рязницька				Кафедра ТМ зв. з РММ. 22.04.2014								

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

					КНУ.КБР.131.26.4-03.04.ОЕП	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Лат		

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

									Арку
Змі	Аркv	№	Підпис	Дат	КНУ.КБР.131.26.4-03.04.ОЕП				

Площа службово-побутових приміщень, що приходяться на одного робочого Аб, м. кв.	7				7
Витрати на утримання та амортизаційні витрати на 1 м. кв. цеху Нпл, грн.	180	180			180

Розрахунок допоміжних показників					
Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	16K20	16K20	3-верстат	4-ий верстат	S 50 i
Трудомісткість обробки Тшт, год	52,05	62,2	0	0	72,05
Час наладки верстата впродовж року Тн, год	4,4	5,36	0	0	1,7
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року Тнін, год	0	0,00	0	0	1,56
Час контролю деталей впродовж року Тк, год	5,205	6,22	0	0	14,41
Кількість верстатників Рст, чол. (розрах.)	0,03	0,03	0,00	0,00	0,02
(дійсна)	1	1	0	0	1
Кількість наладчиків верстатів Рн, чол. (розрахункова)	0,0024	0,0029	0,0000	0,0000	0,0009
(дійсна)	1	1	0	0	1
Кількість наладчиків інструмента поза верстатом Рнлн, чол. (розрахункова)	0	0,0000	0	0	0,00084
(дійсна)	0	1	0	0	1
Кількість контролерів Рк, чол. (розрах.)	0,00	0,00	0,000	0,00	0,01
(дійсна)	1				1
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК Рдод, чол (розрахункова)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22
(дійсна)	0	0	0	0	1
Загальна кількість працівників на річну програму випуску деталей, чол.	6				5
Частка завантаження верстата обробкою деталі в обсязі річного випуску β	0,02	0,02	0,0000	0,000	0,43

					КНУ.КБР.131.26.4-03.04.ОЕП	Арку
Змі	Аркв	№	Підпис	Дат		

Собівартість механічної обробки річного випуску деталей

$$C = I_3 + I_n + I_{in} + I_{lk} + I_{lp} + I_{usp} + I_a + I_{pl} + I_{sl} + I_r + I_y + I_k,$$

де I_3 – зарплатня верстатника;

I_n – зарплатня за наладку верстата;

I_{in} – зарплатня налагоджувальника інструмента поза верстатом I_r – витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання;

I_{lk} – витрати на підготовку та поновлення керуючої програми I_y – витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК;

I_{lp} – витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань I_k – зарплатня контролера

I_{usp} – витрати на прокат універсально-зворних пристосувань

при їх використанні;

I_a – амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання;

I_{pl} – витрати на утримання приміщення, яке займає верстат;

I_{sl} – витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень;

$$C_1 \text{ на деталь} = 307,44$$

$$C_2 \text{ на деталь} = 280,77$$

	I_3		I_n		I_{in}		I_{lk}		I_{lp}		I_{usp}		I_a		I_{pl}		I_{sl}		I_r		I_y		I_k		
$C_1 =$	6188	+	470,16	+	0,00	+	0,00	+	0	+	0	+	277,95	+	9,75	+	84000	+	944,7	+	0,0	+	340,47	=	92230,60
$C_2 =$	2712	+	91,69	+	48,55	+	175	+	0	+	0	+	7356,88	+	467,73	+	70000	+	2435,3	+	515,4	+	429,418	=	84232,43

1. Зарплатня верстатника (основна та додаткова) I_3

$$I_3 = \text{Нст. заг} \cdot T_{шт} / d$$

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

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

d – кількість верстатів, які обслуговує один робочий

$$\text{Нст. заг} = \text{Нст} + 3д + \text{Свідр} + \text{Спрем}$$

де Нст – тарифна ставка верстатника, грн;

$3д$ – додаткова зарплатня платня, 8%

Свідр – відрахування на соціальне

страхування, 12%

Спрем – преміальні доплати, 35%

$$T_{шт} = t_{шт} \cdot N / 60$$

Базовий варіант					Новий варіант				
	$I_3 =$	Нст. заг	$T_{шт}$	d		$I_3 =$	Нст. заг	$T_{шт}$	d
16K20	2907	55,85	52,05	1	S 50 i	2712	75,29	72,05	2
16K20	3281	52,74	62,2	1	Всього I_{32}	2712			
3-верстат	0	0,00	0	0					
4-ий верстат	0	0	0	0					
Всього I_{31}	6188								

2. Зарплатня за наладку верстата I_n

$$I_n = \text{Ннал. заг} \cdot T_n$$

де Ннал. заг – середньочасова зарплатня наладчиків з усіма нарахуваннями, грн.;

T_n – час наладки верстата впродовж року, год

$$\text{Ннал. заг} = \text{Ннал} + 3д + \text{Свідр} + \text{Спрем}$$

де Ннал – тарифна ставка наладчика, грн;

$3д$ – додаткова зарплатня платня, 8%

Свідр – відрахування на соціальне страхування, 12%

Спрем – преміальні доплати, 30%

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

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

j_p – кількість запусків партій деталей за рік

Базовий варіант				Новий варіант			
	$I_n =$	Ннал	T_n		$I_n =$	Ннал	T_n
16K20	232,48	52,84	4,4	S 50 i	91,69	53,94	1,7
16K20	237,68	44,34	5,36	Всього I_{n2}	91,69		
3-верстат	0,00	0,00	0				
4-ий верстат	0,00	0,00	0				
Всього I_{n1}	470,16						

3. Зарплатня наладжувальника інструмента поза верстатом, $H_{ин}$ $H_{ин} = H_{ин} \cdot T_{ин}$

де $H_{ин}$ – середньочасова зарплатня наладчика, грн;

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

$T_{ин} = 1,3 \cdot t_{ин} \cdot T_{шт} \cdot kT / (T \cdot nГ)$

де 1,3 – коеф., що враховує випадкову втрату інструменту та його вихід з ладу;
 $t_{ин}$ – середній час налагодження за прибором одного інструмента, хв.;
 $T_{шт}$ – час обробки деталей в обсязі їх річного випуску поза верстатом з ЧПК, год;
 kT – коеф., який враховує питому вагу основного часу в штучному і дорівнює 0,7...0,85;
 T – середній період стійкості інструменту, хв.;

$nГ$ – кількість граней пластинки, що не переточується

Базовий варіант				Новий варіант			
16K20	$H_{ін} =$	$H_{ін}$	$\cdot T_{ін}$	S 50 i	$H_{ін} =$	$H_{ін}$	$\cdot T_{ін}$
	0	0	0		48,55	31,1	1,56
16K20	$H_{ін} =$	$H_{ін}$	$\cdot T_{ін}$	Всього $H_{ін2}$	48,55		
	0,00	31,1	0,00				
3-верстат	$H_{ін} =$	$H_{ін}$	$\cdot T_{ін}$				
	0,00	0	0				
4-ий верстат	$H_{ін} =$	$H_{ін}$	$\cdot T_{ін}$				
	0,00	0	0				
Всього $H_{ін1}$	0,00						

4. Витрати на підготовку та поновлення керуючої програми $I_{пк}$ $I_{пк} = K_{пк} / Z$

И _{пк} = К _{пк} / Z	3-верстат	И _{пк} =	К _{пк}	/	Z	16K20	И _{пк} =	К _{пк}	/	Z	S 50 i	И _{пк} =	К _{пк}	/	Z	
		0	0		300		0	0		2		175	350		2	
	4-ий верстат	И _{пк} =	К _{пк}	/	Z	16K20	И _{пк} =	К _{пк}	/	Z	Всего И _{пк2}	175				
			0	0			300		0,00	0		2				
						Всего И _{пк1}	0,00									

7. Амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання $I_{а}$ $I_{а} = K_{б} \cdot A$

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

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

Базовий варіант			Новий варіант		
16K20	$I_{а} = K_{б} \cdot A$		S 50 i	$I_{а} = K_{б} \cdot A$	
	126,52	2387 0,053		7356,88	138809 0,053
16K20	$I_{а} = K_{б} \cdot A$		Всього $I_{а2}$	7356,88	
	151,42	2857 0,053			
3-верстат	$I_{а} = K_{б} \cdot A$				
	0,00	0 0			
4-ий верстат	$I_{а} = K_{б} \cdot A$				
	0,00	0 0			
Всього $I_{а1}$	277,95				

8. Витрати на утримання приміщення, яке займає верстат $I_{пм}$ $I_{пм} = H_{пм} \cdot (A + A_0) \cdot \gamma \cdot \beta$

де $H_{пм}$ – вартість амортизації та утримання 1 м. кв. площі механічного цеху

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

Базовий варіант							Новий варіант						
16K20	$I_{пм} = H_{пм} \cdot (A + A_0) \cdot \gamma \cdot \beta$						\$ 50 i	$I_{пм} = H_{пм} \cdot (A + A_0) \cdot \gamma \cdot \beta$					
	4,44	180	25,002	0	0,05	0,02		467,7	180	60	0,25	0,1	0,43
16K20	$I_{пм} = H_{пм} \cdot (A + A_0) \cdot \gamma \cdot \beta$						Всього $I_{пм2}$	467,73					
	5,31	180	25	0	0,05	0,02							
	$I_{пм} = H_{пм} \cdot (A + A_0) \cdot \gamma \cdot \beta$												
	0,00	0	0	0	0	0,00							
4-ий верстат	$I_{пм} = H_{пм} \cdot (A + A_0) \cdot \gamma \cdot \beta$												
	0,00	0	0	0	0	0,00							
Всього $I_{пм1}$	9,75												

9. Витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень $I_{сл}$

$$I_{сл} = I_{пл.б} \cdot A_б \cdot (P_{ст} + P_{н} + P_{доп} + P_k)$$

Базовий варіант						
$K_{сл} =$	$I_{пл.б}$	$A_б$	$(P_{ст} +$	$P_{н} +$	$P_{доп} +$	$P_k)$
84000	2000	7	2	3	0	1
Всього	84000					
$K_{сл1}$						

Новий варіант						
$K_{сл} =$	$I_{пл.б}$	$A_б$	$(P_{ст} +$	$P_{н} +$	$P_{доп} +$	$P_k)$
70000	2000	7	1	2	1	1
Всього	70000					
$K_{сл2}$						

10. Витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання $I_{р}$

$$I_{р} = (H_{м} \cdot R_{м} + H_{е} \cdot R_{е}) \cdot \mu \cdot \beta$$

де $H_{м}$, $H_{е}$ – витрати на одиностов ремонтної складності відповідного механічної та електротехнічної частин, грн.;
 $R_{м}$, $R_{е}$ – ремонтна складність відповідно механічної та електротехнічної часток, що приймається за паспортом верстата, а для деяких верстатів ЧПК;
 μ – коефіцієнт, який враховує клас точності верстата, що приймається для класів точності Н, П, В, А, С – відповідно 1; 1,2; 1,5; 1,8; 2,2

Базовий варіант						
16К20	$I_{р} = (H_{м} \cdot R_{м} + H_{е} \cdot R_{е}) \cdot \mu \cdot \beta$					
	476,4	401	51	86	43	1 0,02
16К20	$I_{р} = (H_{м} \cdot R_{м} + H_{е} \cdot R_{е}) \cdot \mu \cdot \beta$					
	468,3	329	51	71	43	1 0,02
	$I_{р} = (H_{м} \cdot R_{м} + H_{е} \cdot R_{е}) \cdot \mu \cdot \beta$					
	0,0	0	0	0	0	0 0,00
4-ий верстат	$I_{р} = (H_{м} \cdot R_{м} + H_{е} \cdot R_{е}) \cdot \mu \cdot \beta$					
	0,0	0	0	0	0	0 0,00
Всього $I_{р1}$	944,7					

Новий варіант						
$I_{р} = (H_{м} \cdot R_{м} + H_{е} \cdot R_{е}) \cdot \mu \cdot \beta$						
	2435,3	272	100	60	99	1 0,43
Всього $I_{р2}$	2435,3					

11. Витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК $I_{у}$

$$I_{у} = Q \cdot \beta$$

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

Базовий варіант			Новий варіант		
16К20	$I_{у} = Q \cdot \beta$		$I_{у} = Q \cdot \beta$		
	0	0 0,02			
16К20	$I_{у} = Q \cdot \beta$				
	0	0 0,02	Всього $I_{у2}$	515,4	
	$I_{у} = Q \cdot \beta$				
	0	0 0,00			
4-ий верстат	$I_{у} = Q \cdot \beta$				
	0	0 0,00			
Всього $I_{у1}$	0,0				

12. Зарплатня контролера $I_{к}$

$$I_{к} = H_{к} \cdot T_{к}$$

де $H_{к}$ – середньочасова заробітна платня контролера 5-го розряду, грн.;

$T_{к}$ – час контролю деталей впродовж року, год.

Для базових верстатів:

$$T_{к1} = 0,083 \cdot T_{шт}$$

де 0,083 – середньостатистична частка трудомісткості контрольних

Для обробки на верстатах з ЧПК

$$T_{к1} = 0,2 \cdot T_{шт}$$

Базовий варіант			Новий варіант		
16К20	$I_{к} = H_{к} \cdot T_{к}$		$I_{к} = H_{к} \cdot T_{к}$		
	155,11	29,8 5,21			
16К20	$I_{к} = H_{к} \cdot T_{к}$				
	185,36	29,8 6,22	Всього $I_{к2}$	429,418	
	$I_{к} = H_{к} \cdot T_{к}$				
	0,00	29,8 0,00			
4-ий верстат	$I_{к} = H_{к} \cdot T_{к}$				
	0,00	29,8 0,00			
Всього $I_{к1}$	340,47				

Капітальні вкладення споживач:

$$K = K_б + K_{зд} + K_{сл} + K_{мез} + K_{пр} + K_{п.у.}$$

де $K_б$ – балансова вартість верстата, грн.;

$K_{зд}$ – вартість приміщення, яке займає верстат, грн.;

$K_{сл}$ – вартість службово-побутових приміщень, грн.;

$K_{мез}$ – обігові кошти в незакінченому виробництві, грн.;

$K_{пр}$ – вартість комплексу спеціальних пристосувань, які використовуються на верстатах при обробці деталей, грн.;

$K_{п.у.}$ – витрати на створення керуючої програми (КП), грн.

$$\begin{aligned} K_1 &= 5244 + 54 + 84000 + 15451 + 0 + 0 = 104749 \\ K_2 &= 138809 + 2598,50 + 70000 + 30731 + 0 + 350 = 242488,67 \end{aligned}$$

					Арку
Змі	Аркв	№	Підпис	Дат	
КНУ.КБР.131.26.4-03.04.ОЕП					

1. Балансова вартість верстата Кв

$$K_v = C \cdot \alpha \cdot \beta$$

де C – оптова ціна верстата, грн

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

β – частка завантаження верстата

$$\beta = T_{\text{шт}} + T_{\text{н}} / (\Phi_{\text{об}} \cdot \eta_p)$$

Базовий варіант					Новий варіант				
	$K_v =$	C	α	β		$K_v =$	C	α	β
16K20	2387	110000,00	1,1	0,02	\$ 50 i	138809	292590,00	1,1	0,43
16K20	2857	110000,00	1,1	0,02	Всього Кв2	138809			
3-верстат	0	0	1,1	0,00					
4-ий верстат	0	0	1,1	0,00					
Всього Кв1	5244								

2. Вартість приміщень, які займає верстат Кп

$$K_{\text{п}} = C_{\text{пл.м}} (A + A_v) \cdot \gamma \cdot \beta$$

де $C_{\text{пл.м}}$ – вартість 1 м. кв. площі механічного цеху;

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

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

γ – коефіцієнт, який враховує додаткову площу

Базовий варіант							Новий варіант						
	$K_{\text{п}} =$	$C_{\text{пл.м}}$	$(A + A_v)$	γ	β			$K_{\text{п}} =$	$C_{\text{пл.м}}$	$(A + A_v)$	γ	β	
16K20	25	1000	25,002	0	0,05	0,02	\$ 50 i	2598,5015	1000	60	0,25	0,1	0,43
16K20	30	1000	25	0	0,05	0,02	Всього Кп2	2598,50					
3-верстат	0	1000	0	0	0	0,00							
4-ий верстат	0	1000	0	0	0	0,00							
Всього Кп1	54												

3. Вартість службово-побутових приміщень Ксл

$$K_{\text{сл}} = C_{\text{пл.б}} \cdot A_{\text{б}} \cdot (P_{\text{ст}} + P_{\text{н}} + P_{\text{пол}} + P_{\text{к}})$$

де $C_{\text{пл.б}}$ – вартість 1 м. кв. службово-побутових приміщень, грн;

$A_{\text{б}}$ – площа службово-побутових приміщень, яка приходить на одного робочого;

$P_{\text{ст}}$, $P_{\text{н}}$, $P_{\text{пол}}$ – кількість відповідно верстатників, наладчиків та додаткових робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК;

$P_{\text{к}}$ – кількість контролерів

Базовий варіант						
$K_{\text{сл}} =$	$C_{\text{пл.б}}$	$\cdot A_{\text{б}}$	$\cdot (P_{\text{ст}} +$	$P_{\text{н}} +$	$P_{\text{пол}} + P_{\text{к}})$	
84000	2000	7	2	3	0	1
Всього Ксл	84000					
Новий варіант						
$K_{\text{сл}} =$	$C_{\text{пл.б}}$	$\cdot A_{\text{б}}$	$\cdot (P_{\text{ст}} +$	$P_{\text{н}} +$	$P_{\text{пол}} + P_{\text{к}})$	
70000	2000	7	1	2	1	1
Всього Ксл	70000					

4. Обігові кошти в незакінченому виробництві $K_{вз}$

$$K_{вз} = 3 \cdot n'' \cdot (S_{зг} + C / N_{річ} \cdot 0,5) \cdot \beta$$

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

n'' – розмір налагодочної партії деталей (партії запуску), шт:

$$n'' = N_{річ} / j_p$$

$S_{зг}$ – вартість заготовки, грн;

C – собівартість механічної обробки річного випуску деталей, грн;

0,5 – коеф. наростання витрат

Базовий варіант					
$K_{вз} =$	3	$\cdot n''$	$\cdot (S_{зг} + C$	$/ N_{річ} \cdot 0,5) \cdot \beta$	
15450,66	25	4599,5	92230,60	300	0,04
Всього $K_{вз}$		15451			

Новий варіант					
$K_{вз} =$	3	$\cdot n''$	$\cdot (S_{зг} + C$	$/ N_{річ} \cdot 0,5) \cdot \beta$	
30731,02	25	809,67	84232,43	300	0,43
Всього $K_{вз}$		30731			

Приведені витрати			
$3_1 =$	$C_1 + E_{п1} \cdot K_1$		
229804	92231	0,15	104749
$3_2 =$	$C_2 + E_{п2} \cdot K_2$		
120606	84232	0,15	242489

Строк окупності			
$T_{ок} =$	$(K_2 - K_1) / (C_1 - C_2)$		
2,797	242488,67	104749	92230,60
			42977,00

Річний економічний ефект		
$E =$	$3_1 - 3_2$	
46554	229804	183250

4.2 Заходи охорони праці при роботі зі стружкою високолегованої жароміцної сталі

При механічній обробці (точінні, фрезеруванні, свердлінні) високолегованої жароміцної сталі мартенситного класу 13X11H2B2MФЛ на верстатах механічних цехів (зокрема верстатах із ЧПК) утворюється значна кількість металевої стружки та пилу. Завдяки високому вмісту хрому (11%), нікелю (2%), вольфраму (2%) та інших елементів, процес поводження зі стружкою цієї марки сталі має підвищені ризики для здоров'я та безпеки оператора.

1. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів (НШВФ)

Під час різання сталі 13X11H2B2MФЛ утворення та прибирання стружки супроводжується такими основними небезпеками:

- Механічна небезпека (травматизм): Сталь є високоміцною, тому при певних режимах різання схильна до утворення зливної (стрічкової) стружки. Така стружка має високу пружність, надзвичайно гострі краї та здатна намотуватися

					КНУ.КБР.131.26.4-03.04.ОЕП	Арку
Змі	Аркв	№	Підпис	Дат		

на обертові частини обладнання (патрон, фрезу), створюючи ризик захоплення одягу, порізів, ампутацій або вилітання у зону роботи оператора.

- Термічна небезпека: Через низьку теплопровідність високолегованих сплавів та високі сили тертя в зоні різання, температура стружки може досягати 600–800°C. Розлітання гарячої стружки загрожує термічними опіками шкіри та ураженням очей.

- Хімічна небезпека та токсичність пилу: Дрібнодисперсний пил стружки містить легуючі елементи. Сполуки хрому (\$Cr\$) та нікелю (\$Ni\$) належать до канцерогенів та алергенів. Потрапляючи в організм через дихальні шляхи разом з аерозолями змашувально-охолоджувальних рідин (ЗОР), вони можуть викликати хронічні захворювання легень (пневмоконіози) та дерматити.

- Пожежна небезпека: Гаряча стружка, контактуючи з масляними туманами ЗОР або замасленим ганчір'ям у зоні верстата, може стати джерелом займання.

Таблиця 4.1- Матриця ризиків при роботі зі стружкою сталі 13X11H2B2MФЛ

Джерело небезпеки	Наслідок (Ризик)	Заходи мінімізації ризику
Зливна стружка	Порізи, захоплення кінцівок	Застосування стружколомів, захисних екранів
Гаряча стружка (до 800°C)	Опіки тіла, ураження очей	Використання ЗІЗ (окуляри, костюм), охолодження МОР
Дрібний пил (Cr, Ni)	Токсичне отруєння, алергії	Локальна витяжна вентиляція, респіратори
Скупчення стружки в зоні ЧПК	Поломка інструменту, пожежа	Своєчасне механізоване прибирання (конвеєри)

2. Технічні та інженерні заходи безпеки

Для нейтралізації дії НШВФ у технологічному процесі передбачено такі інженерні рішення:

2.1. Керування характером стружоутворення

- Геометрія інструменту: Використання змінних багатогранних пластин (твердий сплав або кераміка) із прогресивними стружколомними канавками, які забезпечують дроблення стружки на дрібні сегменти (елементну стружку), безпечні для видалення.

- Режими різання: Оптимізація подачі (s) та глибини різання (t) на верстатах із ЧПК для уникнення формування неперервної стрічки.

2.2. Огороджувальні та захисні пристрої

					КНУ.КБР.131.26.4-03.04.ОЕП	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

- Робоча зона верстатів із ЧПК повинна бути повністю ізольована захисним кабінетом (екраном) із міцним полікарбонатним склом, що унеможливило б виліт гарячої стружки за межі верстата.

- Верстат обладнується системою блокування: відкривання дверцять кабінету автоматично зупиняє обертання шпинделя та подачу.

2.3. Механізація прибирання та утилізації

- Видалення стружки з піддону верстата має бути автоматизованим за допомогою шнекових або стрічкових конвеєрів для стружки, що виключає ручну працю у небезпечній зоні.

- Збирання стружки поза верстатом здійснюється у спеціальні металеві контейнери з перфорованим дном для стікання залишків МОР.

2.4. Вентиляція та очищення повітря

- Оскільки при обробці сталі 13X11H2B2MФЛ виділяється токсичний пил хрому та нікелю, кабінет верстата підключається до локальної витяжної вентиляції (аспіраційної системи) типу «*Mist Collector*» для вловлювання масляного туману та металевих пилю безпосередньо з зони різання.

3. Організаційні заходи та Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)

3.1. Організаційні вимоги

- До роботи на верстатах допускаються особи віком від 18 років, які пройшли медичний огляд, вступний та первинний інструктаж з охорони праці (відповідно до НПАОП 0.00-4.15-98).

- Категорично забороняється: Прибирати стружку з робочої зони руками (дозволяється лише за допомогою спеціальних гачків, щіток-кмітликів та при повній зупинці верстата).

- Забороняється здувати стружку стисненим повітрям (це створює хмару дрібного токсичного пилю та травмує очі оточуючих).

3.2. Комплект ЗІЗ оператора (згідно з ДСТУ EN)

- Спецодяг: Костюм текстильний для захисту від механічних пошкоджень та підвищених температур (щільна тканина з вогнестійким просоченням).

- Захист очей та обличчя: Окуляри захисні закриті з непрямую вентиляцією (ДСТУ EN 166) або захисний щиток.

- Захист рук: Рукавиці захисні від механічних ушкоджень із цупким покриттям (Кевлар або шкіра). *Увага: під час безпосередньої роботи на універсальних верстатах (без кабінету ЧПК) працювати в рукавицях заборонено через ризик затягування пальців у шпиндель.*

- Захист органів дихання: Протиаерозольний респіратор класу захисту не менше FFP2 (для захисту від пилю легуючих елементів під час очищення контейнерів).

					КНУ.КБР.131.26.4-03.04.ОЕП	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

4. Пожежна безпека та виробнича санітарія

- Стружка сталі 13X11H2B2MФЛ, змочена легкозаймистими маслами, утворює пожежонебезпечне середовище. Контейнери для стружки повинні розташовуватися на відстані не менше 1 м від опалювальних приладів та електричних шаф.

- Очищення контейнерів має проводитися щозміни.

- Для гасіння можливих локальних займань масляної стружки біля робочого місця встановлюється вуглекислотний (ВВК) або порошковий (ВП) вогнегасник. Гасіння водою розпеченої металеві стружки заборонено через загрозу виділення водню та вибуху.

Висновок до розділу

Впровадження запропонованих інженерних (стружколоми, кабінетний захист верстатів із ЧПК, конвеєри, аспірація) та організаційних (ЗІЗ, заборона ручного прибирання) заходів дозволяє знизити ризик виробничого травматизму та професійних захворювань у цеху до допустимого рівня (згідно з чинним законодавством України про охорону праці).

					КНУ.КБР.131.26.4-03.04.ОЕП	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

ВИСНОВОК

Ця випускна кваліфікаційна робота є реальною інженерною розробкою технологічного процесу та спеціального оснащення для виготовлення деталі «Корпус коробки приводів» стосовно умов діючого промислового підприємства.

Метою проєкту є суттєве зниження собівартості виготовлення виробу, підвищення якості оброблених поверхонь та зростання загальної продуктивності праці завдяки впровадженню сучасних верстатів із ЧПК та прогресивного різального інструменту.

Ключові рішення та результати роботи:

- Прогресивна заготівельна операція: Для досягнення поставленої мети передбачено сучасну технологічну підготовку виробництва із застосуванням методу лиття за виплавлюваними моделями. Це дозволило мінімізувати припуски, повністю виключити з технологічного процесу операції чорнового обдирання, а також забезпечити високий коефіцієнт використання дороговартісного матеріалу (КВМ).

- Інженерно-економічні розрахунки: Проведено комплексне техніко-економічне обґрунтування доцільності обраного способу отримання заготовки та вибору оптимального парку обладнання з ЧПК.

- Застосування сучасного ПЗ: Під час проєктування технологічного процесу, конструювання оснащення та моделювання обробки активно використовувалися сучасні елементи CAD/CAM-технологій.

Економічний ефект: Комплексний підхід до модернізації виробництва (від заготовки до фінішної обробки на ЧПК) забезпечує високу якість деталі за оптимізації матеріальних та часових витрат.

					КНУ.КБР.131.26.4-03.0В			
Змін	Анк	№	Підпис	Лат	ВИСНОВОК			
Розроб	Сергієнко							
Перегін	Пивінда							
Н. Контр	Нечипор							
Затверд	Рязанцева				Кафедра ТМ 2023-2024			

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1.С.Г. Бондаренко. Розмірні розрахунки механоскладального виробництва. – Київ, 1993.
- 2.Дипломне проектування з технології машинобудування/ Григурко О.І, Брендюля МФ., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,- 860 с.
3. Інженерна графіка в SolidWorks: Навчальний посібник/ С.І. Пустюльга, В.Р. Самостян, Ю.В. Клак. Луцьк: Вежа, 2018. 172 с. URL: <http://surl.li/fmeiv>
4. ДСТУ 7806:2015 Прокат з легованої конструкційної сталі
5. ДСТУ EN 10250-1:2008 Поковки сталеві ковані для машинобудування
- 6.ДСТУ 2500-94 Основні норми взаємозамінності. Єдина система допусків та посадок. Терміни та визначення. Позначення та загальні норми.
- 7.ДСТУ 2413-94 Основні норми взаємозамінності. Шорсткість поверхні.
- 8.ДСТУ 2498-94 Основні норми взаємозамінності. Допуски форми та розташування поверхонь. Терміни та визначення
9. Методичні вказівки з курсу “Технологія машинобудування“ до практичної роботи “Аналіз технологічності конструкції виробу та деталі при проектуванні технологічних процесів”, для здобувачів спеціальності 131 Прикладна механіка денної та заочної форми навчання /Цивінда Н.І. - Кривий Ріг: КНУ, 2024.
- 10.Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. Навч. посібник - К.: Вища шк. 1993р. - 414с.
11. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок - Львів, Світ, 1996.
- 12.ДСТУ 3.1107-81. Базування та бази в машинобудуванні.
13. Технологія машинобудування Горбатюк Е.О. Мазур М.П.,Зенкін А.С., Каразей В.Д. Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-360 с.
14. Технологія обробки типових деталей (курсове проектування) Григурко О.І, Брендюля МФ., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008, 576 с.
- 15.Залога В. О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні Суми: СумДУ, 2013.
- 16.Кузнецов Ю.М. Верстати з ЧПУ та верстатні комплекси. Частина 2.-К.-Тернопіль.ТОВ «ЗМОК» -ПП «Гнозіс», 2001.-298 с.
- 17.Кіяновський М.В., Цивінда Н.І., Цівко Ф.В. Довідник нормувальника машинобудівного виробництва. – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2008.

					КНУ.КБР.131.26.4-03.СВД			
З	А	№	Під	Д				
Розроб.	Сергієнко				СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ		Лім	Анк
Переві	Цивінда							Архивів
Н.	Нечаєв						Кафедра ТМ зв ЗПМ-ЗЗсв	
Затвер	Рязанцев							

18.Методичні вказівки з курсу ”Системи ЧПК та програмування обробки деталей” до практичної роботи ”Розробка верстатно-інструментального налагодження на верстати з ЧПК”, для здобувачів спеціальності 131 Прикладна механіка денної та заочної форми навчання / Цивінда Н.І., - Кривий Ріг: КНУ, 2025.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

					КНУ.КБР.131.26.4-03.СВД	Арку
Змі	Арку	№	Підпис	Дат		

ДОДАТКИ

Взам.														
Подл.								Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
												Листов	Лист	
Разраб.				КНУ										
Проверил														
Согласов.														
Т. контр.														
Н. Контр.														
«ЗАТВЕРДЖУЮ» Зав. кафедрою технології машинобудування _____ (Рязанцев А.О.) «__» _____ 2026 г. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС Виготовлення деталі корпус Виріб коробка приводів УЗГОДЖЕНО: Керівник _____ (Цивінда Н.І.) Розробник _____. (Сергієнко Є.Ю.) Н.контроль _____ (Нечаєв В.П.)														
ТП		ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС												

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

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-
ЗАСВІДЧУЮЧИХ АРКУШІВ**

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва
деталі «Корпус коробки приводів» у середовищі CAD/CAM
технологій

Виконав здобувач гр. ЗПМ-23ск

Євгеній СЕРГІЄНКО

Керівник роботи

Наталія ЦИВІНДА

Нормоконтроль

Василь НЕЧАЄВ

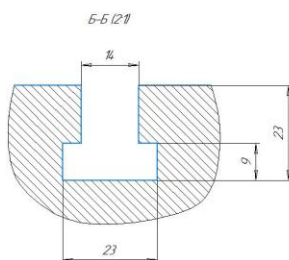
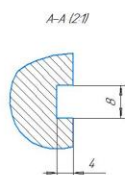
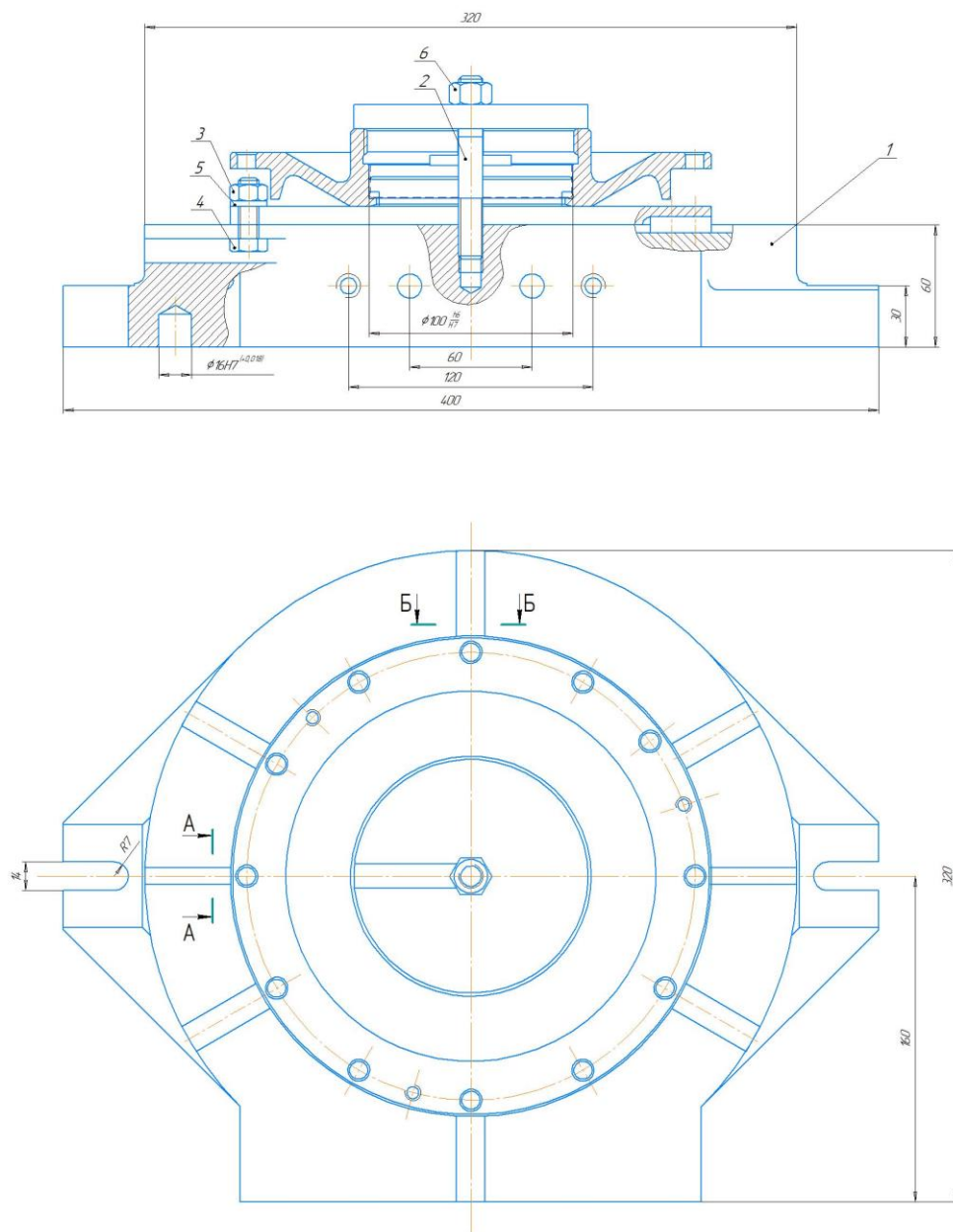
Завідувач кафедри

Антон РЯЗАНЦЕВ

м.Кривий Ріг
2026 р.

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №								
						Графічна частина		
	A1				КНУКБР.131.26.4-03.К	Креслення корпусу	1	
	A2				КНУКБР.131.26.4-03.КЗ	Креслення заготовки корпусу	1	
	A1				КНУКБР.131.26.4-03.ЕО	Креслення ескізів операцій корпусу	1	
A1				КНУКБР.131.26.4-03.ВІН	Креслення верстатно-інструментального налагодження	1		
A1				КНУКБР.131.26.4-03.ВП	Креслення верстатного пристосування	1		
A1				КНУКБР.131.26.4-03.КП	Креслення контрольного пристосування	1		
Падп. и дата								
Инв. № дучл.								
Взам. инв. №								
Падп. и дата								
Инв. № подл.					КНУ.КБР.131.26.4-03.ВЕМЖБР			
	Изм./лист	№ докум.	Подп.	Дата	Відомість електронних матеріалів кваліфікаційної бакалаврської роботи	Лист.	Лист	Листов
	Разр.б.	Сергієнко					1	2
	Проб.	Цибінда					каф ТМ	
Н.контр.	Нечаєв					ЗПМ-23ск		
	Утв.	Рязанцев						

Копировал
Формат А4



1. Зусилля зажиму гідроциліндра при тиску масла 10МПа
2. Сила на штоці 12,5 кН
3. Хід штоку - 28 мм

КНУКБР.131.26.4-03.СРП				Лист		Листов
СРП				Лист		11
для сверлильної операції				Лист		Листов
				Код ТМ		кор.ЗПМ-23ж
Категорія				Виробник		АТ

