

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 «Барабан фрикціону самоскиду» з використанням
CAD/CAM-технологій

Виконав: здобувач групи ПМ-23ск
Лісовенко Б.О.

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

Кривий Ріг
2026 р

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва
деталі «Барабан фрикціону самоскиду» в середовищі CAD/CAM-
технологій

Виконав здобувач гр. ПМ-23ск

Богдан ЛІСОВЕНКО

Керівник КБР

Наталія ЦИВІНДА

Нормоконтроль

Василь НЕЧАЄВ

Завідувач кафедри

Антон РЯЗАНЦЕВ

Кривий Ріг
2026 р

Криворізький національний університет
Факультет механічної інженерії та транспорту
Кафедра: технології машинобудування
Освітній рівень: бакалавр
Спеціальність: 131 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма «Прикладна механіка»

Затверджую
Зав. кафедри ТМ к.т.н. доц., Рязанцев А.О.

(підпис)

(дата)

ЗАВДАННЯ **на кваліфікаційну бакалаврську роботу**

Студент гр. ПМ-23ск Лісовенко Богдан Олександрович

Тема: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва деталі «Барабан фрикціону самоскиду» з використанням CAD/CAM-технологій

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

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

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

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

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

4. Зміст пояснювальної записки:

1. ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

2. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЇ У СИСТЕМІ Feature CAM

3. КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

4. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА

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

4. Креслення верстатного оснащення 5. Креслення контрольного оснащення

6. Календарний план:

Етап роботи	Термін виконання
1.ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА Службове призначення виробу Проектування технологічного процесу складання Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін Аналіз якості поверхонь деталей Аналіз технологічності деталі Вибір типу виробництва .Задачі проектування Аналіз типового технологічного процесу Обґрунтування вибору заготовки Вибір та обґрунтування баз Розробка маршруту обробки деталі Проектування заготовок Вибір і обґрунтування баз Розробка маршруту обробки деталі Розробка технологічної операції Вибір міжопераційних розмірів і припусків на обробку Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій	до 28.01 2026 р.
2. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЇ У СИСТЕМІ Feature CAM	02.02 2026р.- 20.05.2026р.
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА	з 31.03.2026р.
4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА 4.1Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу 4.2 Реконструкція механоскладальної ділянки 4.3. Розробка заходів з охорони праці в умовах використання роботизованого обладнання на механічній ділянці	до 03.04 2026р.
Попередній захист	10 .06 2026р.

Дата видачі завдання: “08” 01 2026р.

Студент _____ / Лісовенко Б.О./

Керівник роботи _____ /Цивінда Н.І./

РЕФЕРАТ

Об'єктом проектування є інноваційний процес конструкторсько-технологічної підготовки деталі барабан фрикціону.

Мета роботи була досягнена в послідовності, яку визначає Державний стандарт України, виробничий досвід підприємства і методика конструкторсько-технологічної підготовки. Після ретельного аналізу складального вузла та його призначення в машині був розроблений технологічний процес складання вузла.

Для визначення послідовності механічної обробки деталі барабан фрикціону з метою досягнення точності та якості поверхонь для малосерійного типу виробництва розроблені маршрутний та операційний технологічні процеси. Проектування велося на основі типу одержаної заготовки, вибраного обладнання і різального інструменту та інструментального оснащення. Обладнання обиралося з техніко-економічних принципів доцільності та отримання економічного ефекту від використання, бралось типове заводське та зарубіжне верстатне обладнання. Для визначення алгоритму отримання точності та якості поверхонь були розраховані та вибрані припуски на обробку і режими різання. Пронормовані технологічні операції виготовлення.

Під час проектування були застосовані інструменти систем автоматизованого проектування та CAD/CAM-технології, що забезпечило підвищення точності й ефективності розробки. Створено механічно-ремонтну дільницю з урахуванням специфіки виготовлення та відновлення деталей, визначеної у технічному завданні.

Проаналізовано шкідливі виробничі фактори та розроблено комплекс заходів із забезпечення безпечних умов праці в механічному цеху.

Також виконано оцінку економічних показників запроєктованого виробництва.

БелАЗ, ГІДРОМЕХАНІЧНА ПЕРЕДАЧА, БАРАБАН ФРИКЦІОНУ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ОСНАЩЕННЯ, СОБІВАРТІСТЬ, ОХОРОНА ПРАЦІ

ABSTRACT

The object of the design is an innovative process of design and technological preparation of the friction drum part.

The purpose of the work was achieved in the sequence determined by the State Standard of Ukraine, the production and experience of the enterprise and the methodology of design and technological preparation. After a thorough analysis of the assembly unit and its purpose in the machine, the technological processes of assembling the unit were developed.

To determine the sequence of mechanical processing of the friction drum part in order to achieve accuracy and quality of surfaces for a small-scale type of production, route and operational technological processes were developed. The design was carried out based on the type of workpiece obtained, the selected equipment and cutting tools and tooling. The equipment was selected from the technical and economic principles of feasibility and obtaining an economic effect from use, typical factory and foreign machine tool equipment was taken. To determine the algorithm for obtaining accuracy and quality of surfaces, machining allowances and cutting modes were calculated and selected. Technological manufacturing operations were standardized.

During the design, computer-aided design systems and CAD/CAM technology were used, which ensured increased accuracy and efficiency of development.

A mechanical repair section was created, taking into account the specifics of manufacturing and restoration of parts, as defined in the technical specifications.

Harmful production factors were analyzed and a set of measures to ensure safe working conditions in the mechanical workshop was developed.

An assessment of the economic indicators of the designed production was also performed.

BelAZ, HYDROMECHANICAL TRANSMISSION, FRICTION DRUM, TECHNOLOGICAL PROCESS, EQUIPMENT, COST COST, LABOR SAFETY

ЗМІСТ

Вступ.....	.....
1. ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА .....	.....
1.1 Службове призначення виробу.....	.....
1.2 Проектування технологічного процесу складання.....	.....
1.3 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів заміни.....	.....
1.4 Аналіз якості поверхонь деталей.....	.....
1.5 Технічний контроль робочого креслення.....	.....
1.6 Аналіз технологічності деталі.....	.....
1.6.1 Якісний аналіз технологічності.....	.....
1.6.2 Кількісний аналіз технологічності.....	.....
1.7. Вибір типу виробництва. Задачі проектування.....	.....
1.7.1 Вибір типу виробництва та методу роботи.....	.....
1.7.2 Вибір діючого заводського чи технологічного процесу. ....	.....
1.8 Вибір, техніко – економічне обґрунтування заготовок.....	.....
1.8.1 Проектування заготовок.....	.....
1.9 Вибір і обґрунтування баз.....	.....
1.10 Розробка маршруту обробки деталі.....	.....
1.11 Розробка технологічної операції.....	.....
1.12 Вибір міжопераційних розмірів і припусків на обробку.....	.....
1.13 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій.....	.....
2 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ У СИСТЕМІ Feature CAM.....	.....
3. КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА.....	.....
3.1 Проектування верстатного оснащення.....	.....
3.2 Проектування контрольного оснащення.....	.....
4.ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА.....	.....
4.1 Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу.....	.....
4.2 Реконструкція механоскладальної дільниці.....	.....
4.3. Розробка заходів з охорони праці в умовах використання роботизованого обладнання на механічній дільниці .....	.....
Висновки.....	.....
Список використаних джерел.....	.....
Додатки.....	.....
Альбом технологічних карт.....	.....

					<i>КНУ.КБР.131.26.2–05.3</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	<i>ЗМІСТ</i>	Літ.	Арк.	Аркуші
Розроб.		Лісовенко						
Перевір.		Цивінда						
Т.Контр.						каф.ТМ гр.ПМ-23ск		
Н. Контр.		Нечасів						
Затверд.		Рязанцев						

ВСТУП

Актуальність теми. На сучасному етапі розвитку вітчизняного машинобудування гостро постає проблема забезпечення високої якості та конкурентоспроможності складних технічних виробів, зокрема в умовах спеціалізованих ремонтних підприємств. У випускній кваліфікаційній роботі зазначену проблему вирішено комплексно, шляхом наскрізної конструкторсько-технологічної підготовки виробництва на прикладі розробки прогресивного технологічного процесу виготовлення відповідальної деталі «Барабан фрикціону самоскиду».

Зміст та етапи виконання роботи:

Аналітичний етап: Проведено глибокий технічний аналіз конструкції складального вузла та якісний аналіз самої деталі. На основі службового призначення виробу обґрунтовано раціональну заміну конструкційного матеріалу для підвищення експлуатаційних характеристик. Виконано нормоконтроль та метрологічний аналіз креслення, визначено тип виробництва та сформульовано конкретні інженерні задачі проектування.

Проектування заготовки: Здійснено вибір оптимального методу отримання вихідної заготовки та наведено його розгорнуте техніко-економічне обґрунтування з урахуванням коефіцієнта використання матеріалу (КВМ) та мінімізації обсягів подальшої обробки.

Розробка технологічного процесу: Спроектовано маршрутний та операційний технологічні процеси механічної обробки барабана. Вибір та обґрунтування технологічних баз, а також послідовність обробки поверхонь виконано з орієнтацією на застосування сучасного, високотехнологічного та гнучкого переналагоджуваного обладнання. Це дозволяє гарантувати нормативну якість виготовлення та стабільне завантаження потужностей дільниці.

Розрахунково-технологічна частина: Виконано аналітичний розрахунок і вибір міжопераційних припусків, лінійних розмірів та допусків. Розраховано та оптимізовано режими різання, проведено технічне нормування часу для кожної операції, а також визначено необхідний склад і кількість металорізального обладнання.

Застосування CAD/CAM-систем: Комп'ютерне моделювання процесу обробки, візуалізацію траєкторії руху інструменту та автоматизовану генерацію керуючих програм для верстатів з ЧПК реалізовано в інтегрованому середовищі сучасної САМ-системи FeatureCAM.

					<i>КНУ.КБР.131.26.2–05.В</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	<i>ВСТУП</i>		
Розроб.		Лісовенко					
Перевір.		Цивінда					
Т.Контр.							
Н. Контр.		Нечасів					
Затверд.		Рязанцев			<i>каф.ТМ гр.ПМ-23ск</i>		

Конструкторська частина: Спроектовано та розраховано комплекти спеціального технологічного оснащення, що включають високоефективне верстатне (затискне) пристосування та спеціальний контрольно-вимірювальний пристрій.

Планування виробництва та економіка: На основі розрахованої кількості обладнання спроектовано плани-схеми механічної дільниці. Проведене порівняльне техніко-економічне обґрунтування варіантів маршрутів обробки підтвердило високу ефективність та доцільність впровадження сучасних верстатів з ЧПК.

Охорона праці та безпека: Розроблено комплекс організаційно-технічних заходів із безпеки життєдіяльності та охорони праці, адаптованих до специфіки експлуатації роботизованих технологічних комплексів та автоматизованого обладнання на механічній дільниці.

					<i>КНУ.КБР.131.26.2–05.В</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

1.1 Службове призначення виробу

Кар'єрні самоскиди вантажопідйомністю 30 т призначені для транспортування розкривних порід, корисних копалин на відкритих гірничих розробках, а також ґрунтів під час будівельних робіт. Експлуатація техніки передбачена на спеціально підготовлених дорогах з поздовжнім ухилом 6–8%. Якщо ж ділянки дороги мають затяжні ухили понад 6%, необхідно передбачати вставки з пологішим нахилом (2% і менше) або горизонтальні відрізки завдовжки не менше 50 м через кожні 600 м таких спусків. Дорожнє полотно повинно витримувати навантаження від автотранспорту з осьовою вагою не менше 140 000 кг.

Покриття доріг має бути рівним і забезпечувати рух самоскидів із проектною швидкістю. Допустима нерівність — не більше 2,5 см між триметровою рейкою та поверхнею дороги. Якщо на відрізку, що дорівнює базі самоскида, наявні п'ять нерівностей глибиною 3–5 см або одна до 10 см (з перевищенням площі контакту шин), швидкість слід обмежити до 25 км/год. За удвічі більшої кількості таких дефектів швидкість потрібно знизити до 15–20 км/год. Експлуатація техніки забороняється на дорогах із нерівностями понад 10 см, а у вибоях чи на відвалах — понад 20 см.

Самоскиди розраховані на роботу в широкому діапазоні кліматичних умов: за температур від –50 до +40 °С, відносній вологості до 80% (при +20 °С), запиленості повітря до 0,6 г/м³, швидкості вітру до 20 м/с та висоті місцевості до 2000 м над рівнем моря, з урахуванням зміни тягово-динамічних характеристик. Для підвищення продуктивності рекомендується використовувати їх разом з екскаваторами з об'ємом ковша до 8 м³.

Суворе дотримання вимог щодо експлуатації, правильного застосування мастильних матеріалів, періодичності технічного обслуговування та коректного виконання регламентних операцій гарантує надійну та безпечну роботу самоскидів, а також їхню максимальну економічність.

Під час роботи необхідно постійно контролювати технічний стан агрегатів, механізмів і систем, утримувати регульовані параметри в установлених межах. Для збільшення міжремонтних пробігів та ресурсу шин слід уникати екстреного гальмування колісними гальмами. Зниження швидкості на спусках рекомендується здійснювати за допомогою гідродинамічного гальма-уповільнювача.

					КНУ.КБР.131.26.2–05.01.ТПВ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат						
Розроб.		Лісовенко			ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Цивінда								
Т.Контр.								каф.ТМ гр.ПМ-23ск		
Н. Контр.		Нечасів								
Затверд.		Рязанцев								

Використання гальма-уповільнювача дозволяє стабілізувати швидкість руху на довгих спусках, зменшити зношування елементів колісної гальмівної системи та збільшити міжремонтні інтервали. Оскільки під час його роботи механічна енергія перетворюється на тепло, відбувається інтенсивний нагрів робочої рідини в гідромеханічній передачі. Щоб запобігти перегріву, на затяжних спусках гідрогальмо слід періодично вимикати і давати можливість мастилу охолонути при перевищенні допустимої температури.

Найвища ефективність гідрогальма досягається за швидкостей:

- на першій передачі — 12–15 км/год;
- на другій — 20–25 км/год;
- на третій — 40–50 км/год.

Гідротрансформатор забезпечує збільшення крутного моменту, що надходить від двигуна при високих навантаженнях на турбінне колесо, а за малих навантажень працює у режимі гідромуфти, передаючи момент без трансформації.

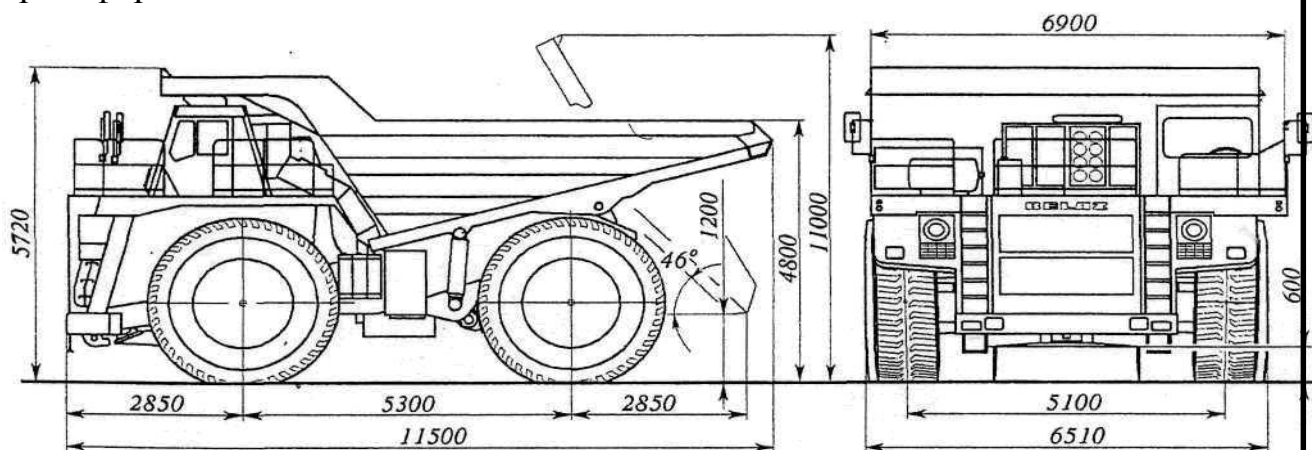


Рисунок 1.1 – Самоскид

Гідромеханічна передача включає такі основні вузли: узгоджувальний редуктор, гідродинамічний трансформатор, коробку передач із фрикційними муфтами на кожній передачі, гідродинамічне гальмо-уповільнювач та елементи гідравлічної системи.

У коробці передач застосовано барабани фрикціонів валового типу, а самі вали розташовані паралельно (рис. 1.2). Фрикційні муфти встановлені на кожній передачі. Коробка забезпечує три передачі переднього ходу і одну передачу заднього ходу.

Передаточні числа становлять: I передача — 2,46; II передача — 1,43; III передача — 0,70; передача заднього ходу — 1,60.

Перемикання передач здійснюється шляхом послідовного блокування шестерень із ведучим або веденим валом через фрикційні муфти: на вибраній передачі диски відповідної муфти замикаються, тоді як інші залишаються розімкненими. Усі фрикційні муфти мають однакову конструкцію й складаються з барабана 7, поршня 9, ведучих 3 і ведених 4 дисків, опор відтискних пружин та клапана плавного вмикання муфти (рис. 1.2). Барабан

разом із поршнем утворює гідравлічний виконавчий циліндр, призначений для стиснення фрикційних дисків.

У процесі ввімкнення передачі робоча рідина надходить у циліндр, поршень переміщується та через систему важелів подає зусилля на натискний диск. Це приводить до стиснення ведучих та ведених дисків, унаслідок чого відповідна шестерня з'єднується з валом і передача вмикається.

1.2 Проектування технологічного процесу складання

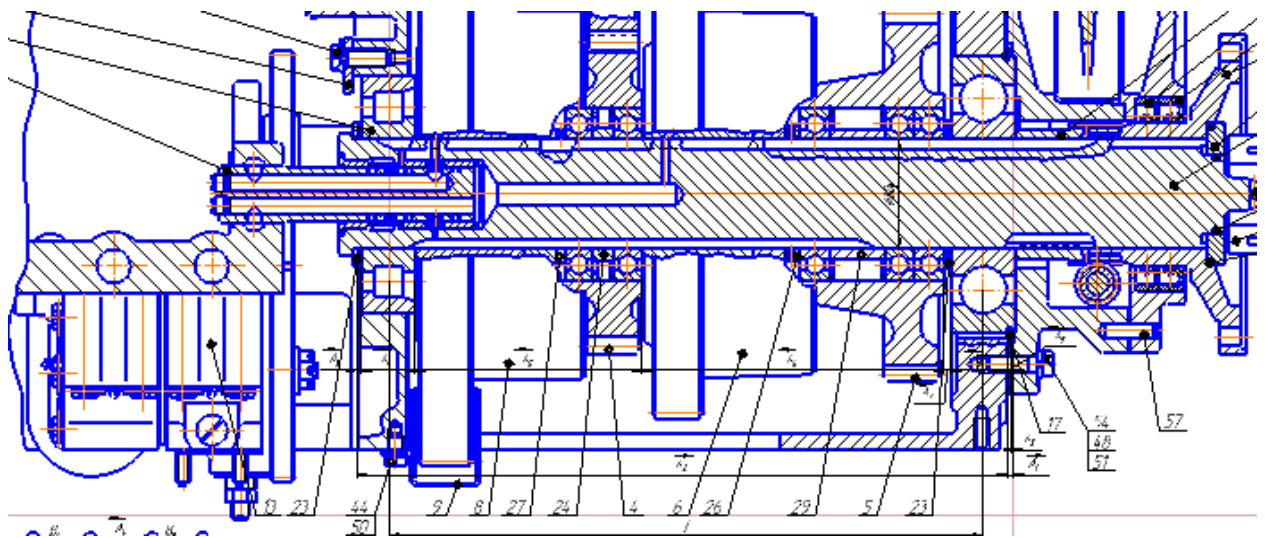


Рисунок 1.2- Фрагмент коробки передач з тормозом уповільнювачем

Таблиця 1.1 – Технологічний процес складання

№п/п	Зміст операцій та переходів	Пристосування	Тшт, хв
1	2	3	4
1	Підготовка до складання 1.Промити деталі в керосині. Просушити. Підшипники нагріти в масляній ванні		Тшт=55 То=15 То=30
2	Складання валу вторинного 1. Установити два розпірних кільця 23 до упору в бургт 2. Запресувати підшипник 39 3. Установити фрикціон 3-ї передачі у зборі 8 4. Запресувати шестерню 2-ї передачі ведучу у зборі з 2 підшипниками 40, втулкою підводу змащення 27, дистанційною втулкою 2	Прес Гумовий молоток	Тшт=210 То=5 То=25 То=30 То=45 То=30 То=45

	кільцями 5. Установити фрикціон 1-ї передачі у зборі 6 6. Запресувати шестерню заднього ходу відому 4 у зборі втулкою підводу змащення 26 з підшипниками 40, 2 кільцями 22, втулкою 29 7. Установити два розпирних кільця 23		To=15
3	Складання картеру гідротрансформатора 1. Завести вал в картер гідротрансформатора з ліва на право 2. Запресувати підшипник 38, присувати кільцем 17 3. Установити корпус тормозу уповільнювача у зборі 61 4. Установити шайбу 51, шпильку 54, закрутити болт 46, гайку 48 5. Установити прокладку, кришку корпусу тормоза уповільнювача у зборі з ущільнювачем 6. Установити на шліцеву поверхню фланець кріплення кардану 21 7. Установити манжети 59 8. Установити штифт 57 9. Установити фланець 18 з ущільнювачем 10. Закріпити гайку 58, зашпінтувати шплінтом 53	Прес Гумовий молоток	Тшт=195 To=10 To=20 To=25 To=18 To=20 To=25 To=15 To=10 To=10 To=19
4	Контроль складання		

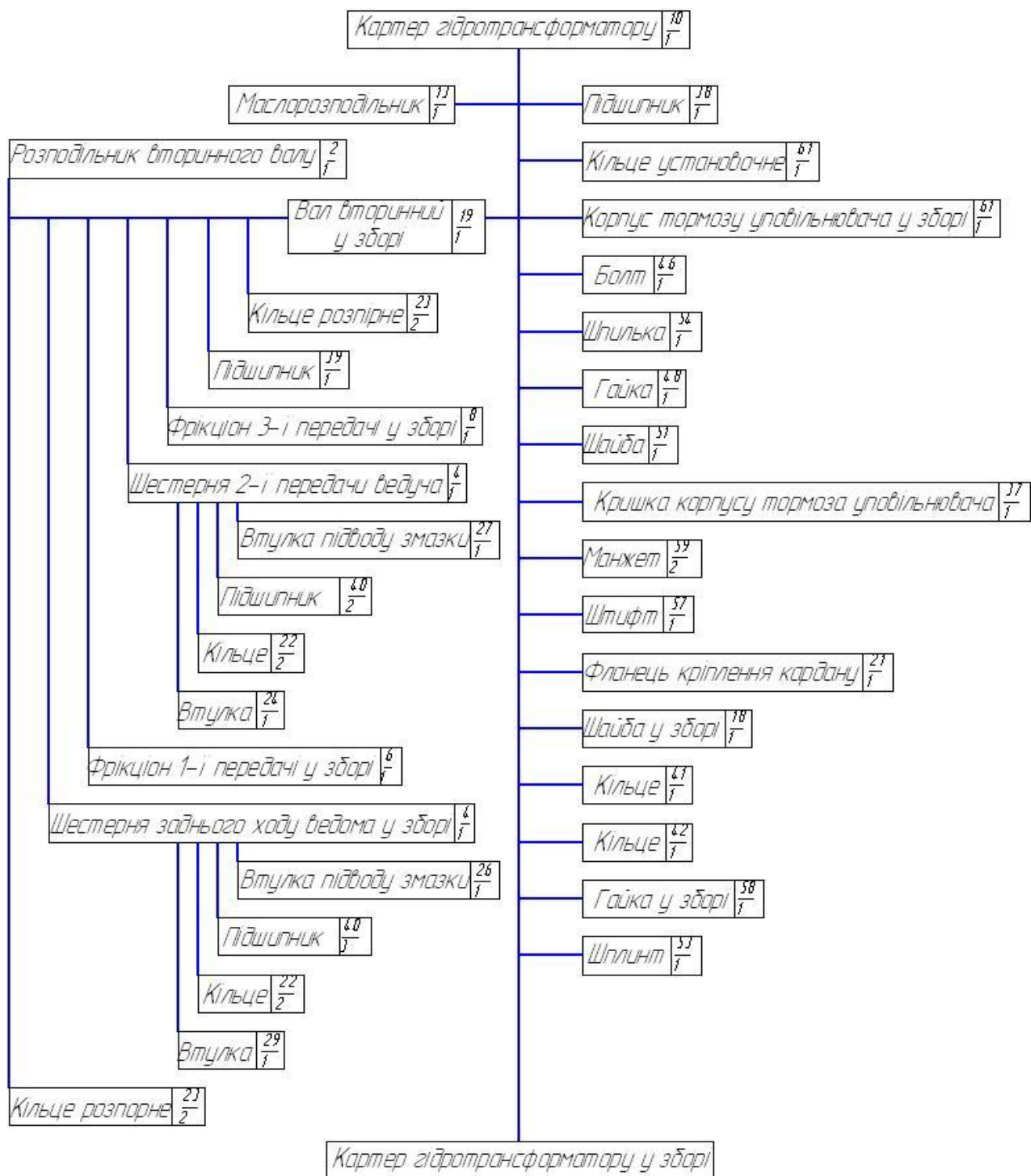


Рисунок 1.1 – Схема складання гідромеханічної передачі

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

КНУ.КБР.131.26.2–05.01.ТПВ

Арк.

1.3 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

Деталь «Барабан фрикціону» є ключовим елементом трансмісії самоскида, зокрема його гідромеханічної передачі. Вона забезпечує передавання крутного моменту від двигуна до ведучого моста машини.

Основне призначення гідромеханічної передачі полягає в регулюванні частоти обертання та, відповідно, крутного моменту під час передавання руху від двигуна до карданного валу, а далі — до редуктора заднього моста й приводних коліс, що здійснюють переміщення автомобіля.

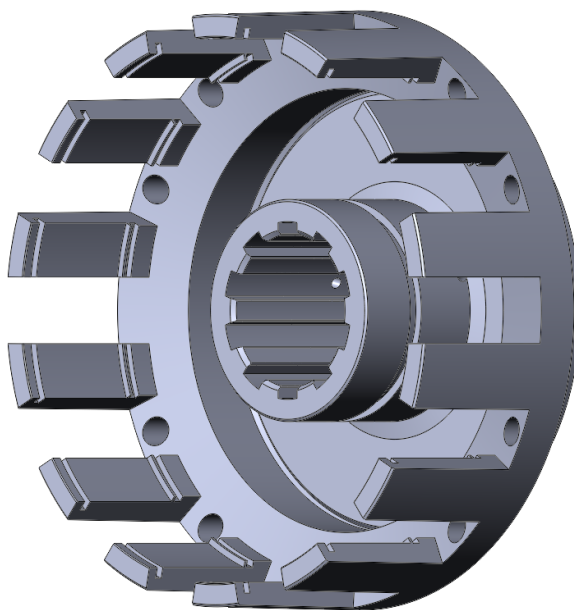


Рисунок 1.2 – Барабан фрикціону

Деталь монтується в герметичному корпусі коробки передач і працює в умовах змінних навантажень, зазнаючи дії згинальних і крутних напружень. З огляду на характер роботи, геометрію деталі та параметри перерізу, її виготовляють із якісної вуглецевої сталі марки 45 згідно з ДСТУ 7809:2015. Хімічний склад і механічні властивості матеріалу наведені в таблицях 1.2 і 1.3.

Таблиця 1.2 - Хімічний склад (%) сталі 45

C	Si	Mn	Cr	S	P	Cu	Ni	As
0.42 - 0.50	0.17- 0.37	0.50- 0.80	не более					
			0.25	0.04	0.035	0.25	0.25	0.08

					КНУ.КБР.131.26.2–05.01.ТПВ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат					

Таблиця 1.3 - Механічні властивості сталі 45 ДСТУ 7809:2015

Стан поставки	Термообробка	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ_5 , %
Прокат	Нормалізація	640		16
Поковка	Нормалізація НВ 156...197	530	275	20
Поковка	Загартування, от пуск НВ 187...229	620	395	17

Рекомендуємими замінювачами сталі 45 є сталі марок 50 ДСТУ 7809:2015, 40Х та 50Г2 ДСТУ 7806:2015, хімічний склад яких зведений у таблиці 1.4., а механічні властивості у таблиці 1.5.

Таблиця 1.4 - Хімічний склад (%) сталі 45

Марка,	Хімічний склад, %								
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	P	As
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ст. 50	0.47-0.55	0.17-0.37	0.5-0.8	0.25	0.25	0.25	0.04	0.035	0.08
Ст. 50Г2	0.46-0.55	0.17-0.37	1.4-1.8	0.30	0.30	0.30	0.04	0.035	
Ст. 40Х	0.36-0.44	0.17-0.37	0.5-0.8	0.8-1.1	0.30	0.30	0.04	0.035	

Рекомендуємими замінювачами сталі 45 є сталі марок 50 ДСТУ 7809:2015, 40Х та 50Г2 ДСТУ 7806:2015, механічні властивості яких зведений у таблиці 1.5

Таблиця 1.5 - Механічні властивості заміників сталі 45

Марка,	Стан поставки	Термічна обробка	σ_B , МПа	σ_T , МПа	НВ (HRC)
1	2	3	4	5	6
Сталь 50	Прокат Поковка	Нормалізація	630		
		Нормалізація	570	315	167-207
Сталь 40Х	Прокат Поковка Поковка	Загартування,	980	780	
		відпускання	590	345	174-217
		Нормалізація	655	490	212-248
Сталь 50Г2	Прокат Поковка	Загартування,	730	420	
		відпускання	615	395	187-229
Нормалізація		Нормалізація			

КНУ.КБР.131.26.2-05.01.ТПВ

Арк.

Змн. Арк. № докум. Підпис Дат

Деталь проходить термічне поліпшення (тобто загартування з послідуєчим високим відпусканням) до твердості HB241...285, завдяки чому досягається висока пластичність методу в поєднанні з достатньою міцністю.

1.4 Аналіз якості поверхні деталі

Основними функціональними поверхнями деталі «Барабан фрикціону», що визначають її положення на валу коробки передач і забезпечують взаємодію з деталями фрикційного вузла, є: бокові поверхні шліців, торцеві поверхні ступиці та диска, торцеві пази шириною 30 мм.

Саме ці поверхні беруть участь у роботі вузла та впливають на ефективність функціонування механізму.

До допоміжних поверхонь належать: зовнішня конічна поверхня барабана, торцева поверхня діаметром Ø267 мм, шліцевий отвір Ø80 мм, зовнішня циліндрична поверхня диска Ø200 Н8.

Сполучувальними поверхнями є ті, що призначені для встановлення комплектуючих деталей та монтажу барабана на вал коробки передач. До них відносяться: діаметральні та бокові поверхні зубців шліців, зовнішні циліндричні поверхні ступиці Ø100 f9 та диска Ø220 мм разом із прилеглою торцевою поверхнею, внутрішня циліндрична поверхня Ø200 мм, торцеві поверхні шириною 30 мм, канавки під стопорні та ущільнювальні кільця, різьбові отвори для встановлення штифтів.

Усі інші поверхні є вільними, оскільки не впливають на роботу деталі в механізмі коробки передач.

Згідно з кресленням, основні поверхні обробляються за 6–9 квалітетами точності із параметрами шорсткості $R_a = 1.6\text{--}0.4$ мкм, що відповідає вимогам до точних з'єднань. Для досягнення необхідної точності та високої якості поверхонь застосовують доводочні методи обробки. Також до цих поверхонь висуваються підвищені вимоги щодо точності взаємного розташування — зокрема, співвісності та перпендикулярності відносно центрального шліцевого отвору.

Допоміжні поверхні обробляються за 11–12 квалітетами точності з шорсткістю $R_a = 12.5$ мкм.

Поверхні пазів і канавок під кільця мають 11–12 ступінь точності при шорсткості $R_a = 12.5$ мкм.

Отвори під штифти виготовляються за 8 квалітетом точності з параметром $R_a = 1.6$ мкм, що пов'язано з їхнім функціональним призначенням.

Вільні поверхні обробляються за 11–15 квалітетами точності з шорсткістю $R_a = 12.5\text{--}6.3$ мкм.

Характеристики точності та якості оброблених поверхонь наведено в таблиці 1.6.

					КНУ.КБР.131.26.2–05.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 1.6 - Характеристика поверхонь деталі барабан

№ пов.	Номинальний розмір, мм	Квалітет ІТ	Допуск Т, мм	Шорсткість Ra, мм	Відхилення форми й розташування поверхонь
1	2	3	4	5	6
1	$\varnothing 80F^{(+0.076)}_{(+0.030)}$	8	0.046	1.6	Л
2	$\varnothing 69^{+0.19}$	12	0.19	12.5	
3	$12^{+0.07}$	10	0.07	1.6	
4	$125_{-0.16}$	10	0.16	3.2	⊥ | 0.05 | Л
5	$\varnothing 80.6^{+1.2}; 30^\circ$	15	1.2	12.5	
6	$\varnothing 100 \pm 0.435$	14	0.87	12.5	
7	$2^{+0.1}$	12	0.1	12.5	
8	$\varnothing 218_{-0.3}$	11	0.3	12.5	
9	$\varnothing 220g6^{(-0.015)}_{(-0.044)}$	6	0.029	1.6	
10	$29^{+0.21}$	12	0.21	1.6	⊥ | 0.05 | Л
11	$1 \times 45^\circ$	14	0.20	12.5	
12	$1 \times 45^\circ$	14	0.20	12.5	
13	$\varnothing 270_{-0.52} \times \varnothing 267_{-0.52}$	12	0.52	12.5	
14	$1 \times 45^\circ$	14	0.2	12.5	
15	$125_{-0.16}$	10	0.16	12.5	
16	$\varnothing 246^{+0.3}$	11	0.3	12.5	
17	$60^{+0.2}$	11	0.2	12.5	
18	$\varnothing 240^{+0.3}$	11	0.3	12.5	
19	$77^{+0.3}$	12	0.3	12.5	
20	$83^{+0.25}$	11	0.25	12.5	
21	$\varnothing 200H8^{(+0.072)}$	8	0.072	0.4	
22	$114^{+0.35}$	12	0.35	12.5	
23	$0.5 \times 45^\circ$	14	0.2	12.5	
24	5 ± 0.135	13	0.27	12.5	
25	$3.5^{+0.48}$	15	0.48	12.5	
26	$\varnothing 256^{0.32}$	11	0.32	12.5	
27	$61.5_{-0.2}$	11	0.2	12.5	
28	$3.5^{+0.48}$	15	0.48	12.5	
29	$\varnothing 245$	11	0.3	12.5	
30	2	15	0.4	12.5	
31	R3	14	0.4	12.5	
32	$46^{+0.16}$	11	0.16	3.2	
33	$\varnothing 100f9^{(-0.036)}_{(-0.123)}$	9	0.087	1.6	⊥ | 0.05 | Л
34	$\varnothing 80.6^{+1.2}; 30^\circ$	15	1.2	12.5	0.05 | Л

					КНУ.КБР.131.26.2-05.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Продовження таблиці 1.6

1	2	3	4	5	6
35	30 _{-0.33}	13	0.33	12.5	
36	5 ^{+0.12}	12	0.12	12.5	
37	Ø93 _{-0.35}	12	0.35	12.5	
38	1×45°	14	0.2	12.5	
39	30 ^{+0.21}	12	0.21	3.2	
40	70 ^{+0.2}	11	0.2	12.5	
41	15°	14	1°	12.5	
42	30°	14	2°	12.5	
43	Ø5 ^{+0.12}	12	0.12	12.5	
44	M14×1.5-6H	6H		12.5	
45	1×45°	14	0.4	12.5	
46	M81×6H	6H		12.5	
47	1×45°	14	0.4	12.5	
48	Ø8 ^{+0.35}	14	0.35	12.5	
49	Ø13u8(_{-0.060} ^{-0.032})	8	0.028	1.6	
50	1×45°	14	0.4	12.5	

Аналізуючи дані таблиці та враховуючи функціональне значення поверхні деталі можливо зробити висновок, що параметри шорсткості відповідають квалітету точності обробки, за винятком поверхонь №35, 36, 37 по яким встановлюється гумове ущільнення - ущільнювальне кільце круглого перетину за ДСТУ 7806:2015, згідно якого параметр шорсткості обробки поверхонь повинен бути не нижче Ra=2.5мкм.

1.5 Технічний контроль робочого креслення

Креслення деталі «Барабан» виконано на аркуші формату А1 у масштабі 1:1 з дотриманням вимог ЄСКД, що діяли до 1975 року. Деталь представлена у двох проєкціях. На головному виді подано поздовжній розріз, який відображає взаємне розташування зовнішніх і внутрішніх поверхонь. Профільна проєкція демонструє геометричну форму барабана, конфігурацію торцевих пазів, розміщення кріпильних отворів, а також їхню координацію відносно пазів та форму центрального шліцевого отвору.

Місцеві розрізи використані для уточнення вигляду дрібних поверхонь, що мають малі геометричні розміри.

На кресленні зазначені всі необхідні розміри з відповідними допусками, а також параметри якості поверхонь; при цьому значна частина розмірів не узгоджується з нормальним рядом.

					КНУ.КБР.131.26.2–05.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Технічні вимоги містять інформацію щодо термічної обробки деталі, допусків взаємного розташування поверхонь, рекомендованих методів обробки окремих елементів, а також допустимих дефектів механічної обробки.

Основний напис включає позначення та найменування деталі, матеріал її виготовлення, масу, найменування організації–розробника конструкторської документації, прізвища виконавців і зазначений масштаб креслення.

Загалом креслення містить повний обсяг даних, необхідних для розроблення заготовки та проектування технологічного процесу механічної обробки деталі.

1.6 Аналіз технологічності деталі

1.6.1 Якісний аналіз технологічності

Деталь являє собою тіло обертання ступінчастої циліндричної форми з великою кількістю вибірок. На торцевій частині рівномірно по колу розташовано 14 пазів. Виходи цих пазів на зовнішню та внутрішню поверхні мають кутове зміщення. У шліцевих пазах передбачено п'ять отворів діаметром 5 мм для подачі робочої рідини гідросистеми до поршня; вони також виконані під кутом 30° до осі деталі, що суттєво ускладнює їх обробку та підвищує ризик поломки свердла. Саме ці елементи конструкції є найбільш нетехнологічними. До потенційно нетехнологічних можна також віднести центральний шліцевий отвір — його геометричні параметри не стандартизовані, через що потрібен спеціальний ріжучий інструмент.

Виготовлення деталі передбачено з якісної конструкційної вуглецевої сталі марки 45 (ДСТУ 7809:2015). Зовнішні поверхні не створюють суттєвих труднощів під час формування заготовки, однак внутрішні зони мають значну глибину — до 90 % довжини деталі, що ускладнює їх обробку.

Деталь має достатньо розвинуті базові поверхні для встановлення та закріплення під час обробки. Показник жорсткості ($l/d = 125/270 = 0,46$) дозволяє здійснювати одночасну обробку декількох поверхонь. Водночас кількість уніфікованих конструктивних елементів є невеликою, а частина поверхонь має обмежені можливості підведення та відведення ріжучого і вимірювального інструменту. Це особливо стосується внутрішніх зон із значною кількістю різновидів канавок.

Загалом вимоги до точності та шорсткості поверхонь відповідають можливостям обладнання нормальної точності. Деталь можна вважати технологічною, однак для зниження трудомісткості й скорочення потреби у спеціальному оснащенні доцільно вдосконалити конструкцію — за умови, що це не вплине на її функціональні властивості. Пропонується усунути виходи торцевих пазів шириною $30+0,21$ мм на внутрішню та зовнішню поверхні, виконані під кутами 15° та 30° до осі відповідно. Це дозволить зменшити кількість поверхонь, що обробляються, скоротити потребу в

					КНУ.КБР.131.26.2–05.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

нестандартному інструменті та усунути можливість поломки інструмента під час свердління отворів Ø8 мм. Крім того, рекомендовано збільшити діаметр розташування різбових отворів M14×1.5, оскільки при свердлінні отвору під різьбу існує ризик поломки інструмента через збіг виходу свердла з внутрішньою поверхнею розточування Ø240 мм.

Функціональне призначення основних поверхонь деталі є таким:

- циліндрична поверхня Ø220g6 слугує посадкою для зубчастого колеса, яке закріплюється болтами M14×1.5 та штифтами Ø13 мм;
- центральний шліцевий отвір забезпечує встановлення барабана на вал коробки передач;
- циліндрична поверхня ступиці Ø100f9 та внутрішня Ø200H8 призначені для монтажу поршня;
- внутрішні поверхні Ø240 та Ø246 є посадковими місцями для натискного, фрикційних та упорного дисків;
- торцеві пази шириною 30 мм визначають положення дисків та напрям їх осевого переміщення;
- кільцева канавка на ступиці забезпечує встановлення ущільнювального кільця;
- канавки на внутрішніх поверхнях Ø245 і Ø256 призначені для монтажу стопорних кілець.

1.6.2 Кількісний аналіз технологічності

Кількісний аналіз технологічності деталі виконуємо за наступними показниками: коефіцієнт точності обробки; коефіцієнт шорсткості; коефіцієнт.

Коефіцієнт точності обробки визначаємо за формулою :

$$K_T = 1 - 1/T_{cp} \quad (1.1)$$

$$T_{cp} = \sum T_i \cdot n_i, \quad (1.2)$$

Розрахунок виконуємо на основі таблиці 1.6 та зводимо дані в таблицю

1.7

Таблиця 1.7 - Розрахунок коефіцієнта точності обробки

T _i	n _i	T _i ·n _i
1	2	3
6	1	6
8	3	24
9	1	9
10	3	30
11	10	110
12	12	144
13	2	26
14	13	182
15	5	75

					КНУ.КБР.131.26.2–05.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$\Sigma T_i \cdot n_i = 606$$

$$\Sigma n_i = 50$$

$$T_{cp} = 606/50 = 12.12$$

$$K_T = 1 - 1/12.12 = 0.917$$

Коефіцієнт шорсткості обробки визначаємо за формулою:

$$K_{ш} = 1/Ш_{cp}, \quad (1.3)$$

$$Ш_{cp} = \Sigma Ш_i \cdot n_i / \Sigma n_i, \quad (1.4)$$

Розрахунок зводимо в таблицю 1.8

Таблиця 1.8 - Розрахунок коефіцієнта шорсткості обробки

Ш _i , мкм	n _i	Ш _i ·n _i
1	2	3
12.5	40	500
6.3		
3.2	3	9.6
1.6	6	9.6
0.4	1	0.4

$$\Sigma Ш_i \cdot n_i = 519.6$$

$$\Sigma n_i = 50$$

$$Ш_{cp} = 519.6/50 = 10.392$$

$$K_{ш} = 1/10.392 = 0.096$$

Коефіцієнт уніфікації визначаємо за формулою:

$$K_y = N_y/N \quad (1.5)$$

де $N_y = 30$ - кількість уніфікованих елементів;

$N = 50$ - загальна кількість конструктивних елементів.

$$K_y = 30/50 = 0.6$$

Коефіцієнт використання матеріалу визначаємо за формулою:

$$K_{в.м.} = G_d/G_z, \quad (1.6)$$

При використанні штампованої поковки $G_f = 22.4$ кг, а тому:

$$K_{в.м.} = 10.6/22.4 = 0.47$$

1.7 Вибір типу виробництва. Задачі проектування

1.7.1 Вибір типу виробництва та методу роботи

					КНУ.КБР.131.26.2–05.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій Кз.о., який визначається з відношення кількості операцій, підлягаючих виконанню до кількості робочих місць на яких вони виконуються, тобто:

$$K_{з.о.} = \frac{P_o}{c}, \quad (1.7)$$

де P_o - кількість операцій, шт.;
 c - кількість робочих місць, шт.

Орієнтовно приймаємо програму випуску деталей 1500шт. за рік, що згідно рекомендації відповідає малосерійному виробництву, так як маса деталі менш ніж 200 кг, при цьому $20 < K_{з.о.} \leq 40$.

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

Згідно класифікатора ЄСКД деталь відноситься до 71 класу: деталі тіл обертання типу кілець, дисків, шківів та інш.

Підклас 712000 - L до 0.5D з комбінованою зовнішньою поверхнею;

Група 712300 - без закритих уступів, ступінчастої односторонньої форми без зовнішньої різьби;

Підгрупа 712390 - з центральним наскрізним отвором не круглим у поперечному перетині;

Вид 712398 - з пазами на зовнішній поверхні, кільцевими пазами на торцях та отворами поза віссю деталі.

Конструкторський код - 712398.

Технологічний код визначаємо за класифікатором .

Розмірна характеристика:

- максимальний зовнішній діаметр 270 мм - код Д;
- довжина деталі 125 мм - код 6;
- діаметр центрального отвору 80 мм - код 5.

Матеріал: сталь вуглецева, конструкційна з вмістом вуглецю $0.25 \div 0.65$ % - код 02.

Вид деталі по технологічному процесу: деталь оброблюється різанням - код 4.

Вид вихідної заготовки: гаряча некаліброване штампування - код 24.

Квалітет точності обробки:

- зовнішніх поверхонь 6 - код 2;
- внутрішніх поверхонь 8 - код 2.

Параметр шорсткості оброблюємих поверхонь $Ra=0.4$ мкм.

Характеристика елементів зубчастого з'єднання (зачеплення): без елементів зубчастого зачеплення - код 0.

Характеристика термічної обробки: з термообробкою до механічної обробки $HRC \leq 38$ - код 1.

Вагова характеристика: маса деталі $m=10.6$ кг - код Г.

					КНУ.КБР.131.26.2–05.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Технологічний код: Д 65 024 24 22401Г.

Повний конструкторсько-технологічний код деталі: 712398.Д 65 024 24 22401Г

У виробничих умовах підприємства технологічний процес механічної обробки барабана фрикціону орієнтований на дрібносерійне виготовлення, переважно як запасних частин для ремонту коробок передач.

Вихідну заготовку зазвичай отримують методом гарячого об'ємного штампування. У разі відсутності можливості застосування цього методу допускається використання заготовки, виготовленої шляхом вільного кування на молотах, однак такий варіант призводить до значного перевитрат металу, оскільки під час подальшої механічної обробки велика частка матеріалу переходить у стружку.

Механічна обробка здійснюється на універсальному металорізальному обладнанні, зокрема на токарних, фрезерних, свердлильних верстатах та горизонтально-протяжному верстаті.

Переважно використовують стандартний і нормалізований різальний інструмент. Винятком є операція протягування шліців у центральному отворі, оскільки їхній профіль не відповідає стандартним параметрам і потребує спеціального інструмента. Верстатні пристрої переважно універсальні, за винятком операцій, пов'язаних із формуванням торцевих пазів і свердлінням кріпильних та маслоподавальних отворів — для них необхідне спеціалізоване оснащення.

Таблиця 1.9 -Типовий технологічний маршрут механічної обробки

№ операції	Найменування операції. Тип та модель верстата	Зміст переходів, № оброблюємої поверхні	Примітка
1	2	3	4
005	Токарна Токарно-револьверний 1П365	Чорнове точіння поверхонь 4, 9, 10 Точіння поверхонь 6, 7, 8, 11, 12 Розточування фаски 5 Чорнове розточування отвору 2	
010	Токарна Токарно-револьверний 1П365	Чорнове точіння поверхонь 13, 32, 33 Точіння поверхонь 15, 14, 38 Чорнове розточування поверхонь 16, 18, 19, 20, 21 Розточування поверхонь 22, 34	
015	Токарна Токарно-гвинторізний 1К62	Чистове точіння поверхні 4 Точіння з припуском під шліфування поверхонь 9, 10 Чистове розточування поверхні 2	

					КНУ.КБР.131.26.2–05.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Продовження таблиці 1.9

1	2	3	4
020	Протяжна Горизонтально-протяжний 7Б56	Протягування шлиців 1, 2, 3	
025	Токарна Токарно-револьверний 1П365	Чистове точіння поверхні 13 Чистове розточування поверхонь 16,18, 19, 20, 21 Розточування канавок 25, 28, 30 Розточування фаски 23 Точіння канавки 36	
030	Фрезерна Вертикально-фрезерний 6Н13	Фрезерування пазів 39	
035	Свердлильна Радіально-свердлильний 2Б56	Свердлення отворів 44, 48 Зенкування фасок 45 Нарізання різьби в отворі 44	
040	Фрезерна Вертикально-фрезерний 6Н13	Фрезерування поверхонь 41, 42	
045	Свердлильна Вертикально-свердлильний 2А135	Свердлення отворів 43	
050	Свердлильна Радіально-свердлильний 2Б56	Свердлення отворів 46 Зенкування фасок 47 Нарізання різьби в отворі 46	
–055	Круглошліфувальна Круглошліфувальний 3М153	Шліфування поверхонь 9, 10	
060	Внутрішньошліфувальна Внутрішньошліфувальний 3А229	Шліфування поверхонь 21, 33	
065	Свердлильна Радіально-свердлильний 2Б56	Розсвердлення, зенкування, розгортання отворів 49	Обробка у складанні з деталлю

Механічна обробка виконується виключно на універсальному обладнанні, що призводить до значних витрат допоміжного часу, особливо під час токарних та свердлильних операцій через часту зміну інструмента.

Для фрезерування пазів 39, а також поверхонь 41 і 42, використовується спеціальний пристрій, встановлений на трьохкоординатний

					КНУ.КБР.131.26.2–05.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

поворотний стіл. Необхідність такого оснащення зумовлена складним профілем пазів і високими вимогами до точності їх окружного розташування на торцьовій поверхні деталі.

Аналіз базового технологічного процесу свідчить, що обробка виконується на морально та фізично застарілому устаткуванні. Тому в проєктованому технологічному процесі передбачається застосування сучасних верстатів із числовим програмним керуванням (ЧПК), що забезпечує суттєвий ефект за умов серійного виробництва.

Для токарних операцій пропонується використовувати верстати з ЧПК, які дозволяють підвищити точність обробки, зменшити допоміжний час на зміну інструмента й переналагодження, а також забезпечити можливість багатOVERSTATного обслуговування за відповідних умов.

Для фрезерування торцьових пазів доцільно застосувати оброблювальний центр, що дає змогу відмовитися від поворотного столу в пристрої, поєднати чорнову та чистову обробку пазів, а також виконувати різьбонарізні операції в торцевій частині ступиці із використанням автоматичної зміни інструмента. Це дозволяє сумістити три окремі операції, що за базовою технологією виконуються на універсальному обладнанні.

Для свердління отворів, розташованих по колу Ø246 мм, пропонується застосування вертикально-свердлильного верстата з ЧПК та автоматичною зміною інструмента. Це забезпечить точне розташування отворів відносно пазів і скоротить допоміжний час.

Сукупність цих заходів дає змогу підвищити якість виготовлення деталі, знизити собівартість обробки, покращити умови праці та підвищити рівень механізації виробництва. Другою складовою проєктування є розроблення спеціального оснащення (верстатних і контрольних пристроїв), необхідного для реалізації вдосконаленого технологічного процесу механічної обробки.

1.8 Вибір і техніко-економічне обґрунтування заготовок

Для вибору метода і способу отримання заготовки деталі «барабан фрикціону» використовуємо матрицю впливу факторів (табл.1.11).

					КНУ.КБР.131.26.2–05.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 1.11 - Матриця впливу факторів

№ з/п.	Метод і вид отримання заготовки	Фактори										
		Матеріал	Форма й розміри	Маса	Точність розмірів	Параметри шорсткості	Структура пов. слою	Твердість	Вимоги до напрямку волокон	Тип виробництва	Програма випуску	Сума
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Сортовий прокат	+	-	+	-	-	+	+	+	-	-	5
2	Лиття:											
	- у кокіль	-	-	+	+	-	-	+	-	+	+	5
	- оболонкові форми	-	+	+	+	-	-	+	-	-	-	4
	- піщано-глиняні форми	-	+	+	-	-	-	+	-	+	+	5
	- по виплавним моделям	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	3
	-центробіжне	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	1
	- під тиском	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-	5
3	Кування:											
	- на молотах	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	8
	- на пресах	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	8
4	Штампування:											
	- ГKM	+	-	+	-	+	+	+	+	-	-	6
	- KГШП	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1
	- на молотах	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-	0
	- на пресах	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	7
												8
5	Зварювальна заготовка	-	-	+	-	+	+	+	+	-	-	5

Аналіз матриці впливу факторів дозволяє зробити висновок, що найбільш раціональним способом отримання вихідної заготовки деталі «барабан фрикціону» є обробка металу тиском, зокрема гаряча об'ємна штамповка на кривошипному гарячостампувальному пресі (КГШП) або вільне кування на молотах і пресах.

Використання сортового прокату круглого перерізу відповідно до ДСТУ 7806:2015 є неможливим, оскільки зазначений стандарт не передбачає виготовлення профілів діаметром понад 250 мм.

Застосування зварної заготовки також є недоцільним через обмежену зварюваність матеріалу деталі, необхідність попереднього підігріву складових елементів та подальшої термічної обробки. Крім того, такий

технологічний процес характеризується значною тривалістю та високою трудомісткістю.

Отримання заготовки методом лиття також не є оптимальним. Це обумовлено тим, що сталь 45Л має інший хімічний склад і фізико-механічні властивості порівняно зі сталлю 45. Додатковими недоліками є складність виготовлення оснащення для лиття у кокіль та за виплавлюваними моделями, а конструктивна форма деталі унеможливорює використання методу центробіжного лиття.

З метою проведення техніко-економічного обґрунтування визначаються геометричні параметри заготовок для кожного із розглянутих варіантів.

1.8.1 Проектування заготовок

При проектуванні заготовки визначаємо її геометричні розміри призначаючи припуски на обробку виходячи з розмірів готової деталі.

1.8.1.1 Проектування кування штампованого

Розрахунок заготовки виконуємо за рекомендаціями та методикою [39].

Деталь кругла у плані, приймаємо, що углиблення та отвір виконується у заготовці тому орієнтовна розрахункова маса поковки:

$$M_{п.р.} = M_d \cdot K_p, \quad (1.8)$$

де $M_d = 10.6 \text{ кг}$ - маса деталі готової;

$K_p = 1.5 \div 1.8$ - розрахунковий коефіцієнт.

$$M_{п.р.} = 10.6 \cdot (1.5 \div 1.8) = 15.9 \div 19.1 (\text{кг})$$

Приймаємо $M_{п.р.} = 19 \text{ кг}$ і визначаємо індекс поковки.

Штампкування на КГШП, відкрита, облойна, клас точності - Т4.

Сталь з масовою долею вуглецю від 0.35 до 0.65% група сталі - М2.

Ступінь складності зі співвідношення маси поковки G_p до маси геометричної фігури у яку вписується поковка G_f .

Геометрична фігура - циліндр з параметрами $D = 280 \text{ мм}$, $L = 135 \text{ мм}$.

$$G_f = 7.85 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L, \quad (2.9)$$

$$G_f = 7.85 \cdot \frac{3.14 \cdot 28^2}{4} \cdot 13.5 = 261 (\text{кг})$$

$$G_p / G_f = 19 / 261 = 0.07 < 0.16$$

Ступінь складності - С4.

Конфігурація площини роз'єма штампа плоска - П.

Вихідний індекс поковки - 17.

					КНУ.КБР.131.26.2–05.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 1.11 - Розрахунок розмірів штампованої поковки

Виконавчий розмір	Ra, мкм	Припуск на сторону		Загальний припуск	Розрахунковий розмір заготовки, мм	Допуск мм	Розмір заготовки, мм
		основ.	доп.				
1	2	3	4	5	6	7	8
Ø270 _{-0.52}	12.5	2.8	1.0	7.6	247.6	5.6	Ø278 ^{+3.7} _{-1.9}
Ø220g6	1.6	3.2	1.0	8.4	228.4	5.0	Ø229 ^{+3.3} _{-1.7}
Ø69 ^{+0.19}	12.5	2.2	1.0	6.4	62.6	4.0	Ø62 ^{+1.3} _{-2.7}
Ø100f9	1.6	2.7	1.0	7.4	107.4	4.5	Ø108 ^{+3.0} _{-1.5}
Ø200H8	0.4	3.5	1.0	9.0	191.0	5.0	Ø191 ^{+1.7} _{-3.3}
Ø240 ^{+0.29}	12.5	2.6	1.0	7.2	232.8	5.0	Ø232 ^{+1.7} _{-3.3}
Ø246 ^{+0.29}	12.5	2.6	1.0	7.2	238.8	5.0	Ø238 ^{+1.7} _{-3.3}
60 ^{+0.19}	12.5	2.2	1.0	3.2	56.8	4.0	60 ^{+2.7} _{-1.3}
77 ^{+0.33}	12.5	2.2	1.0	3.2	72.8	4.0	77 ^{+2.7} _{-1.3}
83 ^{+0.22}	12.5	2.2	1.0	3.2	79.8	4.0	83 ^{+2.7} _{-1.3}
114 ^{+0.35}	12.5	2.4	1.0	3.4	110.6	4.5	114 ^{+3.0} _{-1.5}
46 ^{+0.16}	3.2	2.7	1.0	3.7	42.3	4.0	46 ^{+2.7} _{-1.3}
125 _{-0.4}	3.2	3.0	1.0	4.0	132.4	4.5	133 ^{+3.0} _{-1.5}
125 _{-0.4}	12.5	2.4	1.0	3.4	132.4	4.5	133 ^{+3.0} _{-1.5}
29 ^{+0.21}	1.6	2.5	1.0	3.5	25.5	3.6	29 ^{+2.4} _{-1.2}

Штампувальні ухили виконуємо на переході з Ø234мм на Ø240мм.

Штампувальні радіуси - 5мм÷8мм.

Масу штампованої заготовки визначаємо як суму мас окремих геометричних елементів, ескіз штампованої заготовки показаний на рисунку.

Об'єм поковки:

$$V_{\text{пок.}}=3246\text{см}^2.$$

Маса поковки: $G_{\text{п.}}=7.85 \cdot 3246 \cdot 10^{-3}=25.5\text{кг}$

Визначаємо об'єм вихідної заготовки за методикою [39]:

$$V_{\text{в.з.}}=V_{\text{пок.}}+V_{\text{о.}}+V_{\text{п.}}+V_{\text{уг.}}, \quad (1.10)$$

$$\text{Об'єм облою: } V_{\text{о.}}=(0.5\div 0.8) \cdot F_{\text{о}} \cdot L, \quad (1.11)$$

де $F_{\text{о.}}=5.3\text{см}^2$ - площа перетину облойної канавки:

$$L=1.05 \cdot \Pi \cdot D=1.05 \cdot 3.14 \cdot 28.2=93\text{см} \quad (1.12)$$

					КНУ.КБР.131.26.2–05.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$V_{o.}=5.3 \cdot 93=493 \text{ см}^3$$

Об'єм перемички:

$$V_{п.}=\frac{\pi \cdot Dn.^2}{4} \cdot S=\frac{3.14 \cdot 5.5^2}{4} \cdot 0.8=19 \text{ см}^3 \quad (1.13)$$

Об'єм угару:

$$V_{уг.}=(V_{пок.}+V_{o.}+V_{п.}) \cdot (0.01 \div 0.02)=(3246+493+19) \cdot (0.01 \div 0.02)=37.6 \div 75.2 \text{ см}^3$$

$$V_{уг.}=55 \text{ см}^3.$$

Об'єм вихідної заготовки:

$$V_{в.з.}=3246+493+19+55=3813 \text{ см}^3$$

Довжина вихідної заготовки при куванні в торець:

$$L_{в.з.}=(1.1 \div 1.5) \cdot L_{п.}=(1.1 \div 1.5) \cdot 131=144 \div 151 \text{ мм} \quad (1.14)$$

$$L_{в.з.}=150 \text{ мм.}$$

Площина поперечного перетину вихідної заготовки:

$$F_{в.з.}=\frac{V_{в.з.}}{L_{в.з.}}=\frac{3813}{15}=254.2 \text{ см}^2 \quad (1.15)$$

За сортаментом (ДСТУ 7806:2015) приймаємо круг Ø180 мм.

$$F_{пр.}=254.47 \text{ см}^2.$$

Уточнюємо довжину вихідної заготовки:

$$L_{в.з.}=\frac{V_{в.з.}}{F_{пр.}}=\frac{3813}{254.47}=149.8 \text{ мм.} \quad (1.16)$$

$$L_{в.з.}=150 \text{ мм.}$$

Умови відсутності вигину при штампуванні:

$$\frac{L_{в.з.}}{D_{в.з.}} < 2.5 \div 3 \quad (1.17)$$

$$150/180=0.833 < 2.5$$

Маса вихідної заготовки: $G_{в.з.}=199.76 \cdot 0.15=29.964 \text{ кг.}$

Коефіцієнт використання металу:

$$K_{в.м.}=\frac{G_{п.}}{G_{в.з.}}=\frac{25.5}{29.964}=0.851 \quad (1.18)$$

1.8.1.2.Проектування заготовки поковка на молотах

Розрахунок розмірів заготовки, визначення припусків на обробку виконуємо за рекомендаціями .

					КНУ.КБР.131.26.2–05.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Деталь відноситься до класу дисків, співвідношення висоти деталі H до її діаметра D .

$$H/D=125/270=0.46, \text{ тобто } H<0.5D$$

Припуски на обробку та допустимі відхилення:

- на діаметр 270 $\rightarrow 14 \pm 5\text{мм}$;
- на висоту 125 $\rightarrow 12 \pm 4\text{мм}$;
- на внутрішній діаметр 69 $\rightarrow 20 \pm 5\text{мм}$.

Виготовити заготовку в підкладних кільцях або штампах неможливо, так як $h>0.75H$, де $h=125-(29+2)=89\text{мм}$, $H=125\text{мм}$.

Розміри заготовки:

Зовнішній діаметр $D_o=D+\delta_1=270+14=284\pm 5\text{мм}$;

Висота $H_o=H+\delta_2=125+(12\pm 4)=137\pm 4\text{мм}$;

Внутрішній діаметр $d_o=d-\delta_3=69-(20\pm 5)=49\pm 5\text{мм}$.

Перевіряємо можливість виконання отвору за умовою: $H_o/d_o \leq 3$.

$$H_o/d_o=137/49=2.796<3$$

З цього виходить, що отвір у поковці можливо виконати.

Креслення поковки приведені на рисунку.

Визначаємо об'єм вихідної заготовки:

$$V_{в.з.}=V_{пок.}+V_{обр.}+V_{в.}+V_{уг.}, \quad (1.19)$$

Об'єм поковки: $V_{пок.}=\frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot h = \frac{3.14}{4} \cdot (28.4^2 - 4.9^2) \cdot 13.7 = 8420\text{см}^3$

Об'єм випору: $V_{в.}=(0.15 \div 0.2)d^2 \cdot h=0.18 \cdot 4.9^2 \cdot 13.7=59.2\text{см}^3$

Об'єм угару: $V_{уг.}=0.03(V_{пок.}+V_{в.})=0.03 \cdot (8420+59.2)=254.4\text{см}^3$

Площина поперечного перетину заготовки при виконанні операції осадження:

$$F_{в.з.}=F_{пок.}^{max}/U_{к.}, \quad (1.20)$$

де $F_{пок.}^{max}$ - максимальна площина поперечного перетину поковки;

$U_{к.}=1.25 \div 1.6$; - величина укову.

$$F_{пок.}^{max}=\frac{\pi \cdot D^2}{4}=\frac{3.14 \cdot 28.4^2}{4}=633.5\text{см}^2$$

$$F_{в.з.}=633.5/1.4=452.5\text{см}^2$$

$$V_{в.з.}=8420+59.2+254.4=8733.6\text{см}^3$$

За ДСТУ 7806:2015 приймаємо прокат $\varnothing 250\text{мм}$ з площиною поперечного перетину $F=490.8\text{см}^2$, тоді довжина вихідної заготовки:

$$L_{в.з.}=V_{в.з.}/F=8733.6/490.8=17.8\text{см}=178\text{мм}.$$

Перевіряємо умови відсутності вигину при осадженні за формулою:

					КНУ.КБР.131.26.2-05.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$\frac{L_{в.з.}}{D_{в.з.}} \leq 2.5 \div 3 \quad (1.21)$$

$$\frac{178}{250} = 0.712 < 2.5,$$

тобто умова виконується.

Маса поковки:

$$G_{п.} = \gamma \cdot V_{пок.} = 7.85 \cdot 8420 \cdot 10^{-3} = 66.1 \text{ кг.} \quad (1.22)$$

Маса вихідної заготовки: $G_{в.з.} = 385.34 \cdot 0.178 = 68.6 \text{ кг.}$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{в.м.} = G_{п.} / G_{в.з.} = 66.1 / 68.6 = 0.96 \quad (1.23)$$

Техніко-економічне обґрунтування виконуємо за приведеними затратами згідно з формулою:

$$З_{п.} = S_{з.} + З_{о.} + O_{е.} + E_{н.} \cdot З_{к.}, \quad (1.24)$$

Вартість заготовки визначаємо за формулою:

$$S_{з.} = Q \cdot Ц \cdot K_{м.} \cdot K_{с.} \cdot K_{о.п.} - (Q - q) \cdot Ц_{відх.}, \quad (1.25)$$

Для заготовки отриманої методом гарячого об'ємного штампування на КГШП:

$$Q = 24.04 \text{ кг; } Ц = 30.36 \text{ грн.; } K_{м.} = 0.73; K_{с.} = 1.15; K_{о.п.} = 1.$$

$$S_{з.} = 24.04 \cdot 30.36 \cdot 0.73 \cdot 1.15 \cdot 1 - (24.04 - 10.6) \cdot 0.25 = 618,43 \text{ (грн.)}$$

Для заготовки отриманої методом вільного кування на молотах:

$$Q = 66.1 \text{ кг; } Ц = 30 \text{ грн.; } K_{м.} = 0.7; K_{с.} = 0.89; K_{о.п.} = 1.$$

$$S_{з.} = 66.1 \cdot 30 \cdot 0.7 \cdot 0.89 \cdot 1 - (66.1 - 10.6) \cdot 0.25 = 1221,534 \text{ (грн.)}$$

Аналізуючи вище сказане робимо висновок, що заготовка отримана методом гарячого об'ємного штампування на КГШП дешевше, ніж заготовка отримана вільним куванням на молотах, а так як об'єм механічної обробки останньої значно вищий, то подальшого розрахунку приведених витрат виконання не вимагається, тому для подальшого проектування технологічного процесу механічної обробки приймаємо штамповану заготовку на КГШП.

					КНУ.КБР.131.26.2–05.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1.9 Вибір і обґрунтування баз

Вихідними даними для вибору баз являються робоче креслення деталі, технічні вимоги на її виготовлення, вид заготовки та стан її поверхонь.

Згідно з ДСТУ 3.1107-81 за призначення бази розподіляються на конструкторські, технологічні та вимірювальні.

Основними конструкторськими базами, які визначають положення деталі «барабан фрикціону» у складальному вузлі являються посадковий шлицевий отвір 1 ($\text{Ø}80\text{F}8$, $R_a=1.6\text{мкм.}$), бокові поверхні шлиців 3 ($12\text{H}10$, $R_a=1.6\text{мкм}$) та торцюва поверхня 32 ($R_a=3.2\text{мкм}$).

Допоміжними конструкторськими базами, які визначають положення комплектуючих деталей служать поверхні: 33 ($\text{Ø}100\text{f}9$, $R_a=1.6\text{мкм}$), 21 ($\text{Ø}200\text{H}8$, $R_a=0.4\text{мкм}$), 9 ($\text{Ø}220\text{g}6$, $R_a=1.6\text{мкм}$), 10 ($R_a=1.6\text{мкм}$), 4 ($R_a=3.2\text{мкм}$), 15 ($R_a=12.5\text{мкм}$), поверхня отворів під штифти 49 ($\text{Ø}13\text{U}8$, $R_a=1.6\text{мкм}$), а також поверхні 25 і 28 під стопорні кільця.

Вимірювальною базою при контролі допусків взаємного розташуванні поверхонь служать поверхні шлицевого отвору 1 і 3.

Технологічною базою, яка визначає положення деталі при обробці являються поверхні шлицевого отвору 1 і 3, а також торцюві поверхні деталі 4 і 32. З цього можливо зробити висновок, що конструкторська, вимірювальна та технологічна бази співпадають.

Визначаємо установні поверхні для механічної обробки.

Деталь представляє собою тіло обертання, довжина якого менша ніж діаметр. Тому, в загальному випадку, шість опорних точок розташовуються наступним чином: три на торцювій поверхні - установна база; дві на циліндричній - подвійна опорна (напрямна) база й одна точка на одній з поверхонь паза - опорна база (рисунок 1.3)

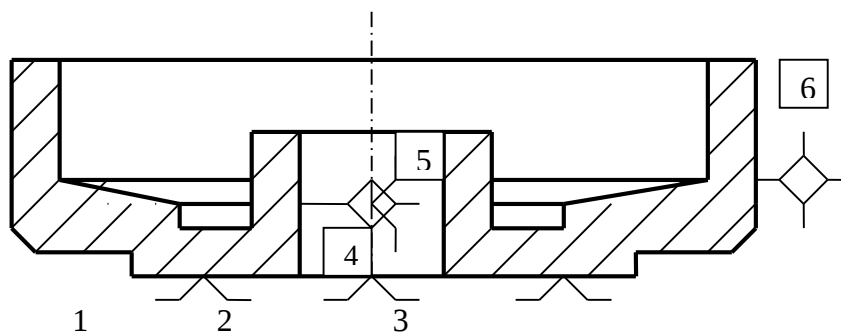


Рисунок 1.3-Теоретична схема базування деталі барабан: 1, 2, 3 - установчі бази; 4, 5 - подвійна опорна напрямна база; 6 - опорна.

При обробці необхідно витримати діаметральні та лінійні розміри, а також допуски розташування поверхонь відносно центрального шлицевого отвору. З цього виходить, що основною технологічною базою буде шлицевий отвір (поверхні 1, 3) та торцюва поверхня 4, схема базування показана на рисунку 1.4

					КНУ.КБР.131.26.2-05.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

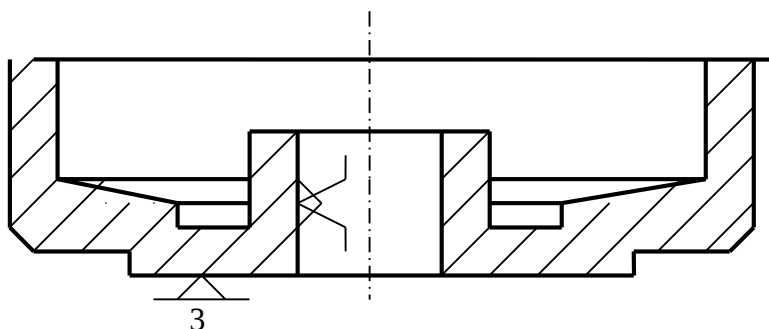


Рисунок 1.4- Базування по шліцевому отвору і торцю

Дана схема базування (рисунок 1.3) застосовується при фрезеруванні пазів на торці деталі, свердленні отворів, викінчувальній токарній обробці.

Визначивши, що базами для чистової обробки будуть поверхні центрального шліцевого отвору і торця, визначаємо бази для чистової (чорнової) обробки.

умовою найбільш повніше задовольняє зовнішня необроблена поверхня деталі 13, схема базування показана на рисунку 1.5. Базування відбувається у трикулачковому патроні.

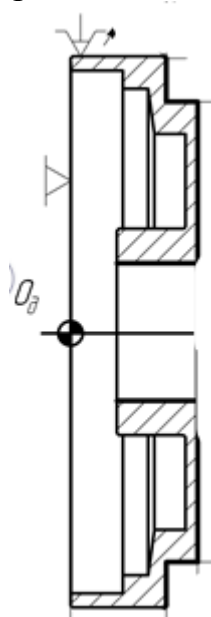


Рисунок 1.5– Схема встановлення у трикулачковому патроні на токарній операції

З вище сказаного робимо висновок, що на перших операціях необхідно отримати основні базуючі поверхні, на яких буде виконуватися наступна обробка для дотримання принципу постійності баз. Остаточна обробка деталі виконується з єдиних баз - конструкторської, технологічної та вимірjuвальної.

					КНУ.КБР.131.26.2–05.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1.10 Розробка маршруту обробки деталі

Кількість переходів обробки поверхонь деталі залежить від точності та якості поверхні, які необхідно отримати.

Таблиця 1.12 - Послідовність обробки поверхонь

№ поверхні виконавчий розмір, мм	Найменування переходів	Шорсткість, Ra, мкм	Точність ІТ	Допу ск Т, мм
1	2	3	4	5
1 Ø80F8	Протягування	1.6	8	0.046
2 Ø69H11	Розточування чорнове	12.5	12	0.3
	Розточування чистове	12.5	11	0.19
3 12H10	Протягування	1.6	10	0.07
4 125H10	Точіння чорнове	12.5	12	0.4
	Точіння чистове	3.2	10	0.16
5 Ø80.6; 30°	Розточування одноразове	12.5	15	1.2
6 Ø100	Точіння одноразове	12.5	14	0.87
7 2	Точіння одноразове	12.5	12	0.1
8 Ø218h11	Точіння одноразове	12.5	11	0.3
9 Ø220g6	Точіння чорнове	12.5	12	0.46
	Точіння чистове	6.3	9	0.115
	Точіння тонке	1.6	6	0.029
10 29	Точіння чорнове	12.5	14	0.52
	Точіння напівчистове	6.3	13	0.33
	Точіння чистове	1.6	12	0.21
11 1×45°	Точіння одноразове	12.5	14	0.2
12 1×45°	Точіння одноразове	12.5	14	0.2
13 Ø270h12 - Ø267h12	Точіння чорнове	12.5	14	1.3
	Точіння чистове	12.5	12	0.52
14 1×45°	Точіння одноразове	12.5	14	0.2
15 125H10	Точіння одноразове	2.5	10	0.16
16 Ø246H11	Точіння одноразове	12.5	11	0.3
17 60	Точіння одноразове	12.5	11	0.2
18 Ø240H11	Точіння одноразове	12.5	11	0.3
19 17	Точіння одноразове	12.5	12	0.3
20 83	Точіння одноразове	12.5	11	0.25
21 Ø200H8	Розточування чорнове	12.5	12	0.46
	Розточування чистове	3.2	10	0.185
	Розкатування	0.4	8	0.072
22 114H12	Розточування одноразове	12.5	12	0.35
23 0.5×45°	Розточування одноразове	12.5		

					КНУ.КБР.131.26.2–05.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 1.12

1	2	3	4	5
24 5	Розточування одноразове	12.5	14	0.3
25 3.5 ^{+0.48}	Розточування одноразове	12.5	15	0.48
26 Ø256H11	Розточування одноразове	12.5	11	0.32
27 61.5 _{-0.2}	Розточування одноразове	12.5	11	0.2
28 3.5 ^{+0.48}	Розточування одноразове	12.5	15	0.48
29 Ø245 ^{+0.3}	Розточування одноразове	12.5	11	0.3
30 2; 1×45°	Розточування одноразове	12.5	14	0.2
31 R3	Розточування одноразове	12.5	14	0.5
32 46 ^{+0.16}	Точіння чорнове	12.5	12	0.5
	Точіння чистове	3.2	11	0.25
33 Ø100f9	Точіння чорнове	6.3	12	0.35
	Точіння чистове	1.6	9	0.087
34 Ø80.6; 30°	Розточування одноразове	12.5	15	1.2
35 30	Точіння одноразове	12.5	13	0.33
36 5 ^{+0. 2}	Точіння одноразове	12.5	12	0.12
37 Ø93	Точіння одноразове	12.5	13	0.46
38 1×45°	Точіння одноразове	12.5	14	0.2
39 30H12	Фрезерування чорнове	12.5	14	0.52
	Фрезерування чистове	3.2	12	0.21
40 70	Фрезерування одноразове	12.5	11	0.2
41 15°	Фрезерування одноразове	12.5	14	1°
42 30°	Фрезерування одноразове	12.5	14	1.5°
43 Ø5	Свердлення	6.3	12	0.12
	Свердлення	12.5	12	0.18
44 M14×1.5-6H	Різьбонарізання	12.5	6H	
45 1×45°	Зенкування	12.5	14	0.2
	Свердлення	12.5	12	0.15
46 M8-6H	Різьбонарізання	12.5	6H	
47 1×45°	Зенкування	12.5	14	0.2
48 Ø8	Свердлення	12.5	14	0.35
	Розсвердлювання	6.3	12	0.18
49 Ø13U8	Зенкування	3.2	12	0.07
	Розгортання	1.6	10	0.027
50 1×45°	Зенкування	12.5	14	0.4

					КНУ.КБР.131.26.2–05.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 1.13- Технологічний маршрут механічної обробки деталі барабан

№ опер.	Найменування операції	№ оброблюваної поверхні	№ базуємої поверхні	Тип, модель верстата
1	2	3	4	5
005	Токарна з ЧПК	4, 9, 10, 12, 2	13, 15	Токарний KOVOSVIT MAS S80i
010	Токарна з ЧПК	13, 14, 23, 15, 16, 18, 21, 20, 22, 32, 33, 38, 31, 2, 34	4, 9	Токарний KOVOSVIT MAS S80i
015	Токарна з ЧПК	4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 2, 5, 1, 3	13, 15	Токарний KOVOSVIT MAS S80i
020	Протяжна	1, 3	4, 2	Горизонтально-протяжний 7Б56
025	Токарна з ЧПК 1установ 2установ	32, 33, 31, 35, 36, 37, 21, 30, 24, 25, 26, 27, 28, 29,13 9, 10	1, 4, 3 1, 3, 4	Токарний KOVOSVIT MAS S80i
030	Фрезерна з ЧПК	39, 40, 46, 47, 41, 42	1, 4, 3	Вертикальний оброблюючий центр MCV1000SPR INT 5AX
035	Свердлильна з ЧПК	44, 45, 48	1, 3, 32	Вертикальний оброблюючий центр MCV1000SPR INT 5AX
040	Свердлильна	43	1, 3, 32	Вертикаль-но-свердлильний 2Н135
045	Внутрішньо-шліфувальна	21	1, 3, 4	Внутрішньо-шліфувальний 3K228B
050	Радіально-свердлильна	49, 50	1,3,32	Радіально-свердлильний 2М55

					КНУ.КБР.131.26.2–05.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.11 Розробка технологічної операції

Уточнюємо модель обладнання виходячи з габаритних розмірів оброблюємої заготовки за довідковими даними та характеристиками верстата.

При фрезеруванні пазів й свердленні отворів застосовуємо спеціальне пристосування з гідравлічним затиском, який забезпечує надійне зусилля закріплення оброблюємої заготовки.

Застосування спеціального пристосування обумовлюється профілем оброблюємої поверхні, розташуванням поверхонь, які обробляються й базуванням деталі по отвору нестандартного профілю.

Таблиця 1.15- Розробка технологічних операцій

№ операції і переходів	1.Назва операції 2.Верстат 3.Зміст переходів	Верстатне пристосування	Інструмент (різальний, допоміжний, вимірювальний)
1	2	3	4
005	Токарна з ЧПК Токарний KOVOSVIT MAS S80i Підрізати торець 4, 10 Точити поверхні 9, 12 Розточити отвір 2.	Патрон ПЗК-У-315 Ø8.95	Різець 2103-0711 T5K10 ДСТУГОСТ 20372-80 (h×v=25×25) Різець 2140-0305 T5K10 ДСТУГОСТ 26612-85 (Ø25) ШЦ-I-125-0.1 ШЦ-II-320-0.05 Шаблон для фасок
010	Токарна з ЧПК Токарний KOVOSVIT MAS S80i Підрізати торець 15, Точити поверхню 13, Точити фаску 14 Розточити поверхню 22 (v=25 L=114) Розточити поверхні 23, 16, 18, 19, 20, 21, 34, 2. Токарна з ЧПК Токарний KOVOSVIT	Патрон ПЗК-У-315. Ø8. 95 Патрон ПЗК-У-315 Ø8.95	Різець 2103-0711 T5K10 ДСТУГОСТ 20872-80 (h×v=25×25) Різець 2120-0055 T5K10 ДСТУГОСТ 18881-73 (h×v=40×25) Різець 2140-0384 T5K10

	MAS S80i Підрізати торець 4, 10 Точити поверхні 9, 12 Розточити отвір 2.		ДСТУГОСТ 20372-80 (h×b=25×25) Різець 2140-0305 T5K10 ДСТУГОСТ 26612-85 (Ø25) ШЦ-I-125-0.1 ШЦ-II-320-0.05 Шаблон для фасок
015	Токарна з ЧПК Токарний KOVOSVIT MAS S80i Підрізати торці 4, 10, 7 Точити поверхні 8, 9,11,6 Розточити фаску 5, отв.2	Патрон ПЗК-У-315. Ø8.95	Різець 2103-0711 T5K10 ДСТУГОСТ 20872-80 (h×b=25×25) Різець 2140-0305 T5K10 ДСТУГОСТ 26612-85 (Ø25) ШЦ-I-125-01; ШЦ-II-320-0.05 ДСТУГОСТ 166-80 шаблони комплексні
020	Протяжна Горизонтально-протяжний 7Б56 Протягнути шліці 1,3;	Пристрій, адаптер.	Протяжка спеціальна Р6М5; Калібр комплексний
025	Токарна з ЧПК Токарний KOVOSVIT MAS S80i Розточити поверхню 21; Розточити канавки 25, 26, 28, 29; Розточити канавку 30; Точити канавки 36, 37; Точити поверхні 33,31,13	Патрон ПЗК-У-315 Ø8.95; Оправка шліцева; Центр А5 ГОСТ 8742-75	Різець 2140-0383 T15K6 ДСТУГОСТ 26612-80 (Ø25) Різець 035-2128-0545 T15K6 ОСТ 24-10-84-8 Різець 035-2128-0559 T15K6 ОСТ 24-10-8-84 Різець 035-2128-0546 T15K6 ОСТ 24-10-8-84 Різець 2140-0384 T15K6 ДСТУГОСТ 26612-85

					КНУ.КБР.131.26.2–05.01.ТІВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Продовження таблиця 1.15

1	2	3	4
030	Фрезерна з ЧПК Вертикальний оброблюючий центр MCV1000SPRINT 5AX Фрезерувати пази 39; Фрезерувати поверхні 39, 40, 41, 42; Свердлити отвір 46; Зенкувати фаску 47; Нарізати різьбу у отв. 46	Пристрій спеціаль- ний з гідро затис- ком	Фреза 2223-0013 Р6М5 ДСТУГОСТ 17026-71 (Ø28,z=8) Фреза спеціальна 30Н12 Р6М5 Свердло 2310-0407 Р6М5 ОСТ 2420-7- 84 Метчик 2620-2561 Р6М5 ДСТУГОСТ 3266-81 ШЦ-II-250-0.05; ШЦ-I-125-0.1; ДСТУГОСТ 166-80, різьбомір, шаблон комплексний
035	Свердлильна з ЧПК Вертикальний оброблюючий центр MCV1000SPRINT 5AX Свердлити отвір 48; Свердлити отвір 44; Зенкувати фаски у отв.44; Нарізати різьбу у отв.44;	Пристрій спеціаль- ний з гідро затис- ком.	Свердло 2301-0015 Р6М5 ДСТУГОСТ 10903-77 Свердло 2301-0195 Р6М5 ДСТУГОСТ 10903-77 (Ø12.8) Зенківка 2353-0124 Р6М5 ДСТУГОСТ 14953-80 Мітчик 2620-1545 Р6М5 ДСТУГОСТ 3266-81 Різьбомір, шаблон комплексний.
040	Свердлильна Вертикально-свердлиль- ний 2Н135 Свердлити отвір 43.	Кондуктор спеці- альний трикоорди- натний 7205-0091 ГОСТ 19636-71	Свердло 2300-2245 Р6М5 ДСТУГОСТ 886-77 Патрон 101310 ДСТУГОСТ 8522-79

Продовження таблиці 1.15

1	2	3	4
045	Внутрішньошліфувальна Внутрішньошліфуваль- ний 3K228B	Оправка шлицева Центр 7162-0058 ДСТУГОСТ 18257- 72 Центр А3 ДСТУГОСТ 8742- 75	
050	Свердлильна Радіально-свердлильний 2М55	Лещата 7200-0219 ДСТУГОСТ 19404- 80	Свердло ДСТУГОСТ 10903- 77 Зенкер 2323-0512 Р6М5 ДСТУГОСТ 12489-71 Розгортка 2363-3397 Р6М5 ДСТУГОСТ 1672-80 Зенківка 2353-0122 Р6М5 ДСТУГОСТ 14953-80 ШЦ-I-125- 0.1 ДСТУГОСТ 166-80 Калібр-пробка Ø13U8

1.12 Розрахунок між операційних розмірів і припусків на обробку

1.12.1 Аналітичний розрахунок припусків на зовнішню циліндричну
поверхню Ø220g6(^{-0.015}_{-0.044})

Таблиця 1.16-Технологічні переходи та їх характеристика

Назва тех.переходу	Точність (квалітет)	Rz, мкм	h, мкм	TD, мкм
1	2	3	4	5
Заготовка-штамповка	14÷16	250	300	5.0
Точіння чорнове	12	80	100	0.46
Точіння чистове	9	20	25	0.115
Точіння тонке	6	10	10	0.029

Чорнова обробка виконується у трикулачковому патроні, тонка - на шлицевій оправці.

Сумарне відхилення розташування поверхонь заготовки:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\text{см}}^2 + \Delta_{\text{екс.}}^2}, \quad (1.26)$$

де $\Delta_{\text{см.}}=1.2\text{мм}$ - допустима величина зміщення по поверхні роз'єма штампа;

					КНУ.КБР.131.26.2-05.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$\Delta_{\text{екс.}}=2.0\text{мм}$ - допустиме відхилення від ексцентричності поверхонь;

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{1.2^2 + 2.0^2} = 2.333 \text{ (MM)}$$

Похибка установки заготовки у трикулачковому патроні: радіальна - 500мкм, осьова - 150мкм :

$$E = \sqrt{500^2 + 150^2} = 522 \text{ (MKM)}$$

Залишкове сумарне відхилення від розташування поверхонь:

$$\Delta\Sigma_1 = \Delta\Sigma \cdot K_y = 2333 \cdot 0.06 = 140 \text{ (MKM)}, \quad (1.27)$$

Похибка установки при чистовому точінні у трикулачковому патроні на чисто оброблені бази: радіальна - 120мкм; осьова - 100мкм:

$$E = \sqrt{120^2 + 100^2} = 156 \text{ MKM}$$

Залишкове сумарне відхилення розташування поверхонь після чистового точіння:

$$\Delta\Sigma_2 = \Delta\Sigma_1 \cdot K_y = 140 \cdot 0.04 = 5.6 \text{ MKM} \quad (1.28)$$

Завдяки малій величині, у розрахунках можна не враховувати.

Похибка установки оброблюємої деталі на шлицеву оправку при тонкому точінні залежить у радіальному напрямку вісі величини зазору у з'єднанні оправка - обробляєма деталь.

Приймаємо, що оправка виконана по посадці $\varnothing 80_{js7}(\pm 0.015)$, тоді максимальний зазор у з'єднанні:

$$N_{\max.} = ES - ei = 80.075 - 79.985 = 0.090 \text{ mm}$$

Похибка в осьовому напрямку - 10мкм.

Похибка установки:

$$E_y = \sqrt{90^2 + 10^2} = 91 \text{ MKM}$$

Визначивши складові виконуємо розрахунок припусків по переходам, який заносимо до таблиці 1.17

Таблиця 1.17- Аналітичний розрахунок припусків на механічну обробку

Назва технологічного переходу	Точність обробки	Елементи припуску				Розрах. припуск $2Z_{\min}$ мкм	Розрах. мінімальний розмір, мм	Допуск, мкм	Розміри по переходам, мм		Припуск на обробку, мкм	
		Rz	h	$\Delta\Sigma$	E				$D_{\max}$	$D_{\min}$	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Заготовка	14	250	300	2333				5000	231.9	226.9		
Точіння чорнове	12	80	100	140	522	5882	221.01	460	221.47	221.01	10430	5890
Точіння чистове	9	20	25		156	780	220.230	115	220.345	220.230	1125	780
Точіння тонке	6	10	10		91	272	219.956	29	219.985	219.956	360	274

Σ11915

6944

Перевірка: $T_{ДЗ} - T_{Дд} = 5000 - 29 = 4971$

					КНУ.КБР.131.26.2–05.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$\Sigma 2Z_{\max} - \Sigma 2Z_{\min} = 11915 - 6944 = 4971$$

1.12 Вибір міжопераційних розмірів і припусків на обробку

Розрахунок виконуємо за методикою, послідовність обробки торцевих поверхонь приведена у таблиці 1.18

Таблиця 1.18- Послідовність обробки торцевих поверхонь

№ пов.	Назва переходу	Ra, мкм	Точність, IT, мм	Допуск, T, мм	Припуск, t	Позначення припуску
1	2	3	4	5	6	7
4	Заготовка	50	14÷16	4.5		
	Точіння чорнове	12.5	12	0.4	3	Z ₁
	Точіння чистове	3.2	10	0.16	1	Z ₂
10	Заготовка	50	14÷16	3.6		
	Точіння чорнове	12.5	14	0.52	2.0	Z ₃
	Точіння н/чистове	3.2	13	0.33	1.2	Z ₄
	Точіння чистове	1.6	12	0.21	0.5	Z ₅
15	Заготовка	50	14÷16	4.5		
	Точіння однораз.	12.5	10	0.16	3.4	Z ₉
22	Заготовка	50	14÷16	4.0		
	Точіння однораз.	12.5	12	0.35	22.5	Z ₆
32	Заготовка	50	14÷16	4.0		
	Точіння чорнове	12.5	12	0.25	3.0	Z ₈
	Точіння чистове	3.2	10	0.16	0.7	Z ₇

Міжопераційний розмір з відхиленням	Уточнене значення припуску
28.5 ^{+0.33}	Z ₅ =S ₁₀ -S ₉ =29 ^{+0.21} -28.5 ^{+0.33} =0.5
126 ^{-0.4}	Z ₂ =S ₃ -S ₇ =126 ^{-0.4} -125 ^{-0.16} =1±
29.3±0.26	Z ₄ =S ₉ +A ₅ -S ₈ =28.5 ^{+0.33} +2 ^{+0.01} -29.3±0.26=1.2±
45.3 ^{+0.25}	Z ₇ =S ₆ -S ₅ =46 ^{+0.16} -45.3 ^{+0.25} =0.7±
129.4 ^{-0.4}	Z ₉ =S ₁ -S ₃ =129.4 ^{-0.4} -126 ^{-0.4} =3.4±0.4
95 ^{+2.6}	Z ₆ =S ₄ +Z ₉ =114 ^{+0.35} +3.4±0.4-95±2.6=22.4±
133 ^{+3.0}	Z ₁ =3 ₁ -S ₁ =133 ^{+0.3} -129 ^{-0.4} =4±
30.3±0.26	
46 ^{+2.4}	Z ₈ =S ₅ +Z ₉ -3 ₃ =45.3 ^{+0.25} +3.4±0.4-46±2.4=0.1±
32 ^{-1.5}	Z ₃ =S ₂ +Z ₁ -3 ₂ =30.3±0.26+4 ^{+3.4} -32 ^{-1.5} =2 ^{+3.56}

№ п.п	Рівняння розмірного ланцюга	Вихідні дані	Розрахунок номінальних розмірів
1	$S_{10}=S_9+Z_5$	$S_{10}=A_4=29^{+0.21}$ $Z_5=0.5\text{мм}$	$S_9=S_{10}-Z_5=29-0.5=28.5$
2	$S_3=S_7+Z_2$	$S_7=A_1=125_{-0.16}$ $Z_2=1\text{мм}$	$S_3=S_7+Z_2=125+1=126$
3	$A_5+S_9=S_8+Z_4$	$A_5=2^{+0.1}$ $S_9=28.5^{+0.33}$ $Z_4=1.2\text{мм}$	$S_8=A_5+S_9-Z_4=2+28.5-1.2=29.3$
4	$S_6=S_5+Z_7$	$S_6=A_3=46^{+0.16}$ $Z_7=0.7\text{мм}$	$S_5=S_6-Z_7=46-0.7=45.3$
5	$S_3+Z_9=S_1$	$S_3=126_{-0.4}$ $Z_9=3.4\text{мм}$	$S_1=S_3+Z_9=126+3.4=129.4$
6	$S_4+Z_9=Z_6+3_4$	$S_4=A_2=114^{+0.35}$ $Z_9=3.4\pm 0.4$ $Z_6=22.5$	$3_4=S_4+Z_9-Z_6=114+3.4-22.5=94.9$
7	$3_1=S_1+Z_1$	$S_1=129.4_{-0.4}$ $Z_1=3$	$3_1=129.4+3=132.4$
8	$Z_2+S_8=S_2$	$S_8=29.3\pm 0.26$ $Z_2=1$	$S_2=29.3+1=30.3$
9	$S_5+Z_9=Z_8+3_3$	$S_5=45.3^{+0.25}$ $Z_9=3.4\pm 0.4$ $Z_8=3$	$3_3=S_5+Z_9-Z_8=45.3+3.4-3=45.7$
10	$Z_1+S_2=3_2+Z_3$	$S_2=30.3\pm 0.26$ $Z_1=4^{+3.4}$ $Z_3=2$	$3_2=S_2+Z_1-Z_3=30.3+4-2=32.3$

Таблиця 1.19–Розрахунок розмірних ланцюгів

Вибір припусків виконуємо по розрахунковим й нормативним даним.

Таблиця 1.20 - Розрахунок міжопераційних розмірів

№ пов	Назва переходу	Шорсткість, Ra, мкм	Точність, IT	Допуск, Т	Припуск t	Міжопераційний розмір з допуском
1	2	3	4	5	6	7
2	Заготовка Розточування чорнове Розточування	50 12.5	16 12	4.0 0.3	 8.0	$50^{+1.3}_{-2.7}$ $67^{+0.3}$

	Чистове	12.5	11	0.19	1	69 ^{+0.19}
4	Заготовка	50	16	4.5		133 ^{+3.0} _{-1.5}
	Точіння чорнове	12.5	14	0.52	3	129.4 ^{-0.4}
	Точіння чистове	12.5	10	0.16	1	125 ^{-0.16}
8	Заготовка	50	16	5.0		230 ^{+1.9} _{-3.1}
	Точіння чорнове	12.5	12	0.46	5.215	221 ^{+0.77} _{+0.01}
	Точіння чистове	12.5	11	0.3	1.75	218 ^{-0.29}
9	Заготовка	50	16	5.0		230 ^{+1.9} _{-3.1}
	Точіння чорнове	12.5	12	0.46	5.215	221 ^{+0.47} _{+0.01}
	Точіння чистове	6.3	9	0.115	0.5625	220 ^{+0.345} _{+0.230}
	Точіння тонке	1.6	6	0.029	0.18	220 ^{-0.015} _{-0.044}
10	Заготовка	50	16			
	Точіння чорнове	12.5	14	0.52	2.0	
	Точіння	3.2	13	0.33	1.2	
	н/чистове	1.6	12	0.21	0.5	29 ^{+0.21}
	Точіння чистове					
13	Заготовка	50	16	5.6		278 ^{+3.7} _{-1.9}
	Точіння чорнове	12.5	14	1.0	4.85	272 ^{-1.0}
	Точіння чистове	12.5	12	0.52	2.5	267 ^{-0.52}
15	Заготовка	50	16	4.5		133 ^{+3.0} _{-1.5}
	Точіння	12.5	12	0.4	3.4	126 ^{-0.4}
	одноразове					
16	Заготовка	50	16	5.0		238 ^{+1.7} _{-3.3}
	Розточування	12.5	11	0.3	3.6	246 ^{+0.3}
	одноразове					
18	Заготовка	50	16	5.0		
	Розточування	12.5	11	0.3	3.6	240 ^{+0.3}
	одноразове					

Вибір припусків виконуємо по розрахунковим й нормативним даним.
Розрахунок міжопераційних розмірів заносимо до таблиці 1.21

					КНУ.КБР.131.26.2–05.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 1.21- Розрахунок міжопераційних розмірів

№ пов	Назва переходу	Шорсткість, Ra, мкм	Точність, IT	Допуск T	Припуск t	Міжопераційний розмір з допуском
1	2	3	4	5	6	7
2	Заготовка	50	16	4.0		50 ^{+1.3} _{-2.7}
	Розточування чорнове	12.5	12	0.3	8.0	67 ^{+0.3}
	Розточування чистове	12.5	11	0.19	1	69 ^{+0.19}
4	Заготовка	50	16	4.5		133 ^{+3.0} _{-1.5}
	Точіння чорнове	12.5	14	0.52	3	129.4 _{-0.4}
	Точіння чистове	12.5	10	0.16	1	125 _{-0.16}
8	Заготовка	50	16	5.0		230 ^{+1.9} _{-3.1}
	Точіння чорнове	12.5	12	0.46	5.215	221 ^{+0.77} _{+0.01}
	Точіння чистове	12.5	11	0.3	1.75	218 _{-0.29}
9	Заготовка	50	16	5.0		230 ^{+1.9} _{-3.1}
	Точіння чорнове	12.5	12	0.46	5.215	221 ^{+0.47} _{+0.01}
	Точіння чистове	6.3	9	0.115	0.5625	220 ^{+0.345} _{+0.230}
	Точіння тонке	1.6	6	0.029	0.18	220 ^{-0.015} _{-0.044}
10	Заготовка	50	16			
	Точіння чорнове	12.5	14	0.52	2.0	
	Точіння	3.2	13	0.33	1.2	
	н/чистове	1.6	12	0.21	0.5	
	Точіння чистове					29 ^{+0.21}
13	Заготовка	50	16	5.6		278 ^{+3.7} _{-1.9}
	Точіння чорнове	12.5	14	1.0	4.85	272 _{-1.0}
	Точіння чистове	12.5	12	0.52	2.5	267 _{-0.52}
15	Заготовка	50	16	4.5		133 ^{+3.0} _{-1.5}
	Точіння	12.5	12	0.4	3.4	126 _{-0.4}
	одноразове					
16	Заготовка	50	16	5.0		238 ^{+1.7} _{-3.3}
	Розточування	12.5	11	0.3	3.6	246 ^{+0.3}
	одноразове					
18	Заготовка	50	16	5.0		
	Розточування	12.5	11	0.3	3.6	240 ^{+0.3}
	одноразове					

					КНУ.КБР.131.26.2-05.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Продовження таблиці 1.22

1	2	3	4	5	6	7
21	Заготовка Розточування чорнове Розточування чистове Шліфування	50 12.5 3.2 0.4	16 12 10 8	5.0 0.46 0.185 0.072	 4.1 1.5 0.6	191 ^{+1.7} _{-3.3} 195.87 _{0.46} 198.875 _{0.185} 200 ^{+0.072}
32	Заготовка Точіння чорнове Точіння чистове	50 12.5 3.2	16 12 11	4.0 0.25 0.16	 3.0 0.7	45 ^{+2.6} _{-1.4} 45.3 ^{+0.25} 46 ^{+0.16}
33	Заготовка Точіння чорнове Точіння чистове	50 6.3 1.6	16 12 9	4.5 0.35 0.087	 4.5 1.0	108 ^{+3.0} _{-1.5} 101.9 ^{+0.35} 100 ^{-0.060} _{-0.123}
39	Фрезерування чорнове Фрезерування чистове	12.5 3.2	14 12	0.52 0.21	 1.0	28 ^{+0.52} 30 ^{+0.21}
44	Свердлення Розсвердлювання	12.5 12.5	14 12	0.35 0.18	4 2.4	8 ^{+0.35} 12.8 ^{+0.18}
48	Свердлення Розсвердлювання Зенкування Розгортання	12.5 6.3 3.2 1.6	14 12 10 8	0.85 0.18 0.07 0.027	4.0 1.75 0.625 0.125	8 ^{+0.36} 11.5 ^{+0.18} 12.75 ^{+0.07} 13 ^{-0.033} _{-0.060}

1.13 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій

Розрахунково-аналітичним методом визначаємо режими різання на найбільш трудомісткі токарні операції №005 та 010.

При токарній обробці швидкість різання визначаємо за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (1.29)$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{lv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\phi v} \cdot K_{\phi 1v} \cdot K_{gv}, \quad (1.30)$$

Обробку виконуємо твердосплавним інструментом.

Обробляє мий матеріал: сталь 45 HB245...280 $\sigma_B=650$ МПа.

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{nv} = 1.0 \cdot \left(\frac{750}{650} \right)^{1.0} = 1.15$$

Діючу силу різання визначаємо за формулою:

					КНУ.КБР.131.26.2-05.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^h \cdot K_p, \quad (1.31)$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp},$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_6}{750} \right)^{0.75} = \left(\frac{650}{750} \right)^{0.75} = 0.87$$

Операція 005 Токарна.

Обладнання: Токарний KOVOSVIT MAS S80i

Розрахунок режимів різання виконуємо по переходам.

Перехід №1.

Підрізати торець у розмір 1.

Інструмент:

Різець 2103-0711 T5K10 ДСТУГОСТ 20872-80 $\phi=93^\circ$; $\phi_1=3^\circ$; $\gamma=10^\circ$;
 $r=2\text{мм}$; $h \times b=25 \times 25$.

Період стійкості інструментів: $T=90\text{хв}$.

$t=3\text{мм}$; $S=0.7\text{мм/об}$; $x=0.15$; $y=0.35$; $m=0.2$; $C_v=350$.

$K_{mv}=1.15$; $K_{nv}=0.8$; $K_{uv}=0.65$; $K_{\phi v}=0.7$; $K_{\phi_1 v}=1$; $K_{rv}=1$.

$$K_v = 1.15 \cdot 0.8 \cdot 0.65 \cdot 0.7 \cdot 1 \cdot 1 = 0.419$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{350}{90^{0.2} \cdot 3^{0.15} \cdot 0.7^{0.35}} \cdot 0.419 = 57.28 \text{ (м/хв)}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 57.28}{3.14 \cdot 230} = 79.3 \text{ (об/хв)} \quad (2.34)$$

звіряємо частоту за паспортними даними верстата: $n_d=71 \text{ об/хв}$;

$$V_d = \frac{\pi \cdot 230 \cdot 71}{1000} = 51.3 \text{ (м/хв)}$$

Сила різання: $P_z = 10 \cdot 300 \cdot 3^1 \cdot 0.7^{0.75} \cdot 51.3^{(-0.15)} \cdot 0.87 \cdot 0.89 \cdot 1 \cdot 1 = 2954 \text{Н}$

Потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1020} = \frac{2954 \cdot 51.3}{60 \cdot 1020} = 2.48 \text{ (кВт)}$$

Перехід №2.

Підрізати торець у розмір 2.

$t=2\text{мм}$; $S=0.7\text{мм/об}$; $x=0.15$; $y=0.35$; $m=0.2$; $C_v=350$; $K_v=0.419$.

Швидкість різання:

$$V = \frac{350}{90^{0.2} \cdot 2^{0.15} \cdot 0.7^{0.35}} \cdot 0.419 = 60.9 \text{ (м/хв)}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot 60.9}{3.14 \cdot 278} = 69.7 \text{ (об/хв)}$$

звіряємо частоту за паспортними даними верстата: $n_d=63 \text{ об/хв}$; $V_d=55 \text{ м/хв}$.

Сила різання: $P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 0.7^{0.75} \cdot 55^{(-0.15)} \cdot 0.774 = 1950 \text{Н}$

Потужність різання:

					КНУ.КБР.131.26.2–05.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$N = \frac{1950 \cdot 55}{60 \cdot 1020} = 1.75 \text{ (кВт)}$$

Перехід №3.

Точити поверхню у розмір 3.

$t=5.215\text{мм}$; $S=0.7\text{мм/об}$; $x=0.15$; $y=0.35$; $m=0.2$; $C_v=350$; $K_v=0.419$.

Швидкість різання:

$$V = \frac{350}{90^{0.2} \cdot 5.215^{0.15} \cdot 0.7^{0.35}} \cdot 0.419 = 52.7 \text{ (м/хв)}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot 52.7}{3.14 \cdot 278} = 73 \text{ (об/хв)}$$

звіряємо частоту за паспортними даними верстата: $n_d=71 \text{ об/хв}$;
 $V_d=51.3 \text{ м/хв}$.

Сила різання: $P_z=10 \cdot 300 \cdot 5.215^1 \cdot 0.7^{0.75} \cdot 51.3^{(-0.15)} \cdot 0.774=5134\text{Н}$

Потужність різання:

$$N = \frac{5134 \cdot 51.3}{60 \cdot 1020} = 4.3 \text{ (кВт)}.$$

Перехід №4.

Точити фаски у розмір 4.

$t=3.5\text{мм}$; $S=0.7\text{мм/об}$; $x=0.15$; $y=0.35$; $m=0.2$; $C_v=350$; $K_v=0.419$

Швидкість різання:

$$V = \frac{350}{90^{0.2} \cdot 3.5^{0.15} \cdot 0.7^{0.35}} \cdot 0.419 = 56 \text{ (м/хв)}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot 56}{3.14 \cdot 278} = 64.1 \text{ (об/хв)}$$

звіряємо частоту за паспортними даними верстата: $n_d=63 \text{ об/хв}$;
 $V_d=55\text{м/хв}$.

Сила різання: $P_z=10 \cdot 300 \cdot 3.5^1 \cdot 0.7^{0.75} \cdot 55^{(-0.15)} \cdot 0.774=3413\text{Н}$.

Потужність різання:

$$N = \frac{3413 \cdot 55}{60 \cdot 1020} = 3.07 \text{ (кВт)}$$

Перехід № 5.

Розточити отвір у розмір 5.

Інструмент: Різець 2140-0305 Т5К10 ДСТУГОСТ 26612-85; діаметр перетину різця 25мм, виліт оправки 100мм.

$t=5\text{мм}$; $S=0.12\text{мм/об}$; $x=0.15$; $y=0.2$; $m=0.2$; $C_v=420$; $K_v=0.419$;
 $K_{\phi v}=0.7$; $K_{\phi 1 v}=1$; $K_{rv}=1$; $T=90\text{хв}$.

$$K_v=1.15 \cdot 0.8 \cdot 0.65 \cdot 0.7 \cdot 1 \cdot 0.94=0.39$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{420}{90^{0.2} \cdot 5^{0.15} \cdot 0.12^{0.2}} \cdot 0.39 = 79.9 \text{ (м/хв)}$$

Частота обертання шпинделя:

					КНУ.КБР.131.26.2–05.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$n = \frac{1000 \cdot 79.9}{3.14 \cdot 62} = 410 \text{ (об/хв)}$$

звіряємо частоту за паспортними даними верстата: $n_d = 400 \text{ об/хв}$.

$$V_d = \frac{\pi \cdot 400 \cdot 71}{1000} = 77.9 \text{ (м/хв)}$$

Сила різання: $P_z = 10 \cdot 300 \cdot 5^1 \cdot 0.12^{0.75} \cdot 77.9^{(-0.15)} \cdot 0.774 = 1232 \text{ Н}$

Потужність різання:

$$N = \frac{1232 \cdot 77.9}{60 \cdot 1020} = 1.57 \text{ (кВт)}$$

Потужність привода за паспортними даними верстата $N_p = 22 \text{ кВт}$.

Операція 010 Токарна

Перехід № 1.

Підрізати торець у розмір 1, точити поверхню у розмір 2 та фаску у розмір 3.

Інструмент: Різець 2103-0711 Т5К10 ДСТУГОСТ 20872-80; діаметр перетину різця 25мм, виліт оправки 100мм.

$t = 3.4 \text{ мм}$; $S = 0.7 \text{ мм/об}$; $x = 0.15$; $y = 0.35$; $m = 0.2$; $C_v = 350$; $K_v = 0.419$; $K_{\phi v} = 0.7$; $K_{\phi 1v} = 1$; $K_{rv} = 1$; $T = 90 \text{ хв}$.

$$K_v = 1.15 \cdot 0.8 \cdot 0.65 \cdot 0.7 \cdot 1 \cdot 1 = 0.42$$

Швидкість різання:

$$V_1 = \frac{350}{120^{0.2} \cdot 3.4^{0.15} \cdot 0.7^{0.35}} \cdot 0.42 = 56.2 \text{ (м/хв)}$$

$t = 4.85 \text{ мм}$; $S = 0.7 \text{ мм/об}$; $x = 0.15$; $y = 0.35$; $m = 0.2$; $C_v = 350$; $K_v = 0.419$; $K_{\phi v} = 0.7$; $K_{\phi 1v} = 1$; $K_{rv} = 1$; $T = 90 \text{ хв}$.

$$V_2 = \frac{350}{120^{0.15} \cdot 4.85^{0.15} \cdot 0.7^{0.35}} \cdot 0.42 = 53.1 \text{ (м/хв)}$$

$t = 2.12 \text{ мм}$; $S = 0.7 \text{ мм/об}$; $x = 0.15$; $y = 0.35$; $m = 0.2$; $C_v = 350$; $K_v = 0.419$; $K_{\phi v} = 0.7$; $K_{\phi 1v} = 1$; $K_{rv} = 1$; $T = 90 \text{ хв}$.

$$V_3 = \frac{350}{120^{0.15} \cdot 2.12^{0.15} \cdot 0.7^{0.35}} \cdot 0.42 = 56 \text{ (м/хв)}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 56.2}{3.14 \cdot 278} = 64.3 \text{ (об/хв)}$$

звіряємо частоту за паспортними даними верстата: $n_d = 56 \text{ об/хв}$.

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 53.1}{3.14 \cdot 278} = 60.8 \text{ (об/хв)}$$

звіряємо частоту за паспортними даними верстата: $n_d = 56 \text{ об/хв}$.

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 56}{3.14 \cdot 278} = 64 \text{ (об/хв)}$$

звіряємо частоту за паспортними даними верстата: $n_d = 56 \text{ об/хв}$.

$$V_d = \frac{\pi \cdot 278 \cdot 56}{1000} = 77.9 \text{ (м/хв)}$$

Сила різання: $P_{z1} = 10 \cdot 300 \cdot 3.4^1 \cdot 0.7^{0.75} \cdot 48.9^{(-0.15)} \cdot 0.87 \cdot 0.89 \cdot 1 \cdot 1 = 3371 \text{ Н}$

$P_{z2} = 10 \cdot 300 \cdot 4.85^1 \cdot 0.7^{0.75} \cdot 48.9^{(-0.15)} \cdot 0.87 \cdot 0.89 \cdot 1 \cdot 1 = 4808 \text{ Н}$

					КНУ.КБР.131.26.2-05.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$P_{z3}=10 \cdot 300 \cdot 2 \cdot 12^1 \cdot 0.7^{0.75} \cdot 48.9^{(-0.15)} \cdot 0.87 \cdot 0.89 \cdot 1 \cdot 1 = 2102 \text{ Н}$$

Потужність різання:

$$n_1 = \frac{3371 \cdot 48.9}{60 \cdot 1020} = 2.69 \text{ (кВт)}$$

$$n_2 = \frac{4808 \cdot 48.9}{60 \cdot 1020} = 3.84 \text{ (кВт)}$$

$$n_3 = \frac{2102 \cdot 48.9}{60 \cdot 1020} = 1.68 \text{ (кВт)}$$

Перехід № 2.

Розточити поверхню на довжину 4 по Ø190-Ø108мм.

Інструмент: Різець 2120-0055 Т5К10 ДСТУГОСТ 18881-73; ширина В=25мм.

S=0.035мм/об; y=0.35; m=0.2; C_v=420.

$$K_v=1.15 \cdot 0.8 \cdot 0.65 \cdot 0.7 \cdot 1 \cdot 1 = 0.29$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{420}{120^{0.2} \cdot 0.035^{0.2}} = 91.3 \text{ (м/хв)}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot 91.3}{3.14 \cdot 190} = 152.9 \text{ (об/хв)}$$

звіряємо частоту за паспортними даними верстата: n_д=125об/хв.

$$V_d = \frac{3.14 \cdot 190 \cdot 125}{1000} = 74.6 \text{ (м/хв)}$$

Сила різання: K_p=0.87·0.89·1.2·1·1.04=0.97

$$P_z=10 \cdot 300 \cdot 3.4^1 \cdot 0.7^{0.75} \cdot 48.9^{(-0.15)} \cdot 0.87 \cdot 0.89 \cdot 1 \cdot 1 = 3371 \text{ Н}$$

Потужність різання:

$$N = \frac{2732 \cdot 74.6}{60 \cdot 1020} = 3.33 \text{ (кВт)}$$

Перехід № 3.

Підрізати торець у розмір 5, точити поверхні витримуючи розміри 4 та 8.

Інструмент: Різець 2140-0384 Т5К10 ДСТУГОСТ 26612-85; (D=25мм; l=125мм; φ=93°; γ=10°); T=120хв.

t₁=3мм; S=0.25мм/об; x=0.15; y=0.2; m=0.2; C_v=420; K_{mv}=1.15; K_{nv}=0.8; K_{uv}=0.65; K_{φv}=0.7; K_{φ1v}=1; K_{rv}=1.

$$K_v=1.15 \cdot 0.8 \cdot 0.65 \cdot 0.7 \cdot 1 \cdot 1 = 0.42$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{420 \cdot 0.42}{120^{0.2} \cdot 3^{0.15} \cdot 0.25^{0.2}} = 75.4 \text{ (м/хв)}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot 75.4}{3.14 \cdot 108} = 222 \text{ (об/хв)}$$

звіряємо частоту за паспортними даними верстата: n_д=200 об/хв.

					КНУ.КБР.131.26.2-05.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$V_d = \frac{3.14 \cdot 108 \cdot 200}{1000} = 67.9 \text{ (м/хв)}$$

Сила різання: $K_p = 0.89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0.89$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 3.4^1 \cdot 0.7^{0.75} \cdot 48.9^{(-0.15)} \cdot 0.87 \cdot 0.89 \cdot 1 \cdot 1 = 1501 \text{ Н}$$

Потужність різання:

$$N = \frac{1501 \cdot 67.9}{60 \cdot 1020} = 1.66 \text{ (кВт)}$$

$t_2 = 0.7 \text{ мм}; S = 0.25 \text{ мм/об}; x = 0.15; y = 0.2; m = 0.2; C_v = 420; K_{mv} = 1.15;$
 $K_{nv} = 0.8; K_{uv} = 0.65; K_{fv} = 0.7; K_{f1v} = 1; K_{rv} = 1.$

$$K_v = 1.15 \cdot 0.8 \cdot 0.65 \cdot 0.7 \cdot 1 \cdot 1 = 0.42$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{420 \cdot 0.42}{120^{0.2} \cdot 0.7^{0.15} \cdot 0.25^{0.2}} = 93.8 \text{ (м/хв)}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot 93.8}{3.14 \cdot 108} = 276.5 \text{ (об/хв)}$$

звіряємо частоту за паспортними даними верстата: $n_d = 250 \text{ об/хв.}$

$$V_d = \frac{3.14 \cdot 108 \cdot 276.5}{1000} = 84.9 \text{ (м/хв)}$$

Сила різання: $K_p = 0.89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0.89$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0.7^1 \cdot 0.25^{0.75} \cdot 48.9^{(-0.15)} \cdot 0.89 = 336 \text{ Н}$$

Потужність різання:

$$N = \frac{336 \cdot 84.9}{60 \cdot 1020} = 0.47 \text{ (кВт)}$$

$t_3 = 4.5 \text{ мм}; S = 0.2 \text{ мм/об}; x = 0.15; y = 0.2; m = 0.2; C_v = 420; K_{mv} = 1.15;$
 $K_{nv} = 0.8; K_{uv} = 0.65; K_{fv} = 0.7; K_{f1v} = 1; K_{rv} = 1.$

$$K_v = 1.15 \cdot 0.8 \cdot 0.65 \cdot 0.7 \cdot 1 \cdot 1 = 0.42$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{420 \cdot 0.42}{120^{0.2} \cdot 4.5^{0.15} \cdot 0.2^{0.2}} = 74.4 \text{ (м/хв)}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot 74.4}{3.14 \cdot 108} = 219 \text{ (об/хв)}$$

звіряємо частоту за паспортними даними верстата: $n_d = 200 \text{ об/хв.}$

$$V_d = \frac{3.14 \cdot 108 \cdot 200}{1000} = 67.9 \text{ (м/хв)}$$

Сила різання: $K_p = 0.89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0.89$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 4.5^1 \cdot 0.2^{0.75} \cdot 67.9^{(-0.15)} \cdot 0.89 = 1905 \text{ Н}$$

Потужність різання:

$$N = \frac{1905 \cdot 67.9}{60 \cdot 1020} = 2.11 \text{ (кВт)}$$

Перехід № 4.

Розточити поверхні по контуру витримуючи розміри $9 \div 17$.

Інструмент: Різець 2140-0305 ДСТУТ5К10 ГОСТ 26612-85; ($d = 25 \text{ мм};$
 $l = 150 \text{ мм}; \varphi = 90^\circ; \varphi_1 = 20^\circ; \gamma = 10^\circ; r = 1 \text{ мм}; T = 120 \text{ хв.}$

					КНУ.КБР.131.26.2-05.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$t_1=3.6\text{мм}; S=0.2\text{мм/об}; x=0.15; y=0.2; m=0.2; C_v=420; K_{mv}=1.15;$
 $K_{nv}=0.8; K_{uv}=0.65; K_{fv}=0.7; K_{f1v}=1; K_{rv}=1.$

$$K_v=1.15 \cdot 0.8 \cdot 0.65 \cdot 0.7 \cdot 1 \cdot 0.94=0.39$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{420 \cdot 0.39}{120^{0.2} \cdot 3.6^{0.15} \cdot 0.2^{0.2}} = 93.8 (\text{м/хв})$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot 71.4}{3.14 \cdot 246} = 92.4 (\text{об/хв})$$

звіряємо частоту за паспортними даними верстата: $n_d=80$ об/хв.

$$V_d = \frac{3.14 \cdot 246 \cdot 80}{1000} = 61.8 (\text{м/хв})$$

Сила різання: $K_p=0.89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1=0.89$

$$P_z=10 \cdot 300 \cdot 3.6^1 \cdot 0.2^{0.75} \cdot 61.8^{(-0.15)} \cdot 0.89=1812\text{Н}$$

Потужність різання:

$$N = \frac{1812 \cdot 61.8}{60 \cdot 1020} = 1.83 (\text{кВт})$$

$T_2=3.6\text{мм}; S=0.2\text{мм/об}; x=0.15; y=0.2; m=0.2; C_v=420; K_{mv}=1.15;$
 $K_{nv}=0.8; K_{uv}=0.65; K_{fv}=0.7; K_{f1v}=1; K_{rv}=1.$

$$K_v=1.15 \cdot 0.8 \cdot 0.65 \cdot 0.7 \cdot 1 \cdot 1=0.42$$

Швидкість різання:

$$V_2 = \frac{420 \cdot 0.42}{120^{0.2} \cdot 3.6^{0.15} \cdot 0.2^{0.2}} = 71.4 (\text{м/хв})$$

Частота обертання шпинделя:

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 71.4}{3.14 \cdot 240} = 94.7 (\text{об/хв})$$

звіряємо частоту за паспортними даними верстата: $n_d=80$ об/хв.

$$V_d = \frac{3.14 \cdot 240 \cdot 80}{1000} = 60.3 (\text{м/хв})$$

Сила різання: $K_p=0.89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1=0.89$

$$P_z=10 \cdot 300 \cdot 3.6^1 \cdot 0.2^{0.75} \cdot 60.3^{(-0.15)} \cdot 0.89=1819\text{Н}$$

Потужність різання: $N = \frac{1819 \cdot 60.3}{60 \cdot 1020} = 1.79 (\text{кВт})$

$t_3= t_2=3.6; V=60.3\text{м/хв}; n=80$ об/хв; $P_z=1819\text{Н}; N=1.79$ кВт.

$t_4=4.1\text{мм}; S=0.2\text{мм/об}; x=0.15; y=0.2; m=0.2; C_v=420; K_{mv}=1.15;$
 $K_{nv}=0.8; K_{uv}=0.65; K_{fv}=0.7; K_{f1v}=1; K_{rv}=1.$

$$K_v=1.15 \cdot 0.8 \cdot 0.65 \cdot 0.7 \cdot 1 \cdot 0.94=0.39$$

Швидкість різання:

$$V_4 = \frac{420 \cdot 0.39}{120^{0.2} \cdot 4.1^{0.15} \cdot 0.2^{0.2}} = 70.05 (\text{м/хв})$$

Частота обертання шпинделя:

$$n_4 = \frac{1000 \cdot 70.05}{3.14 \cdot 196} = 113.8 (\text{об/хв})$$

звіряємо частоту за паспортними даними верстата: $n_d=100$ об/хв.

					КНУ.КБР.131.26.2–05.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$V_d = \frac{3.14 \cdot 196 \cdot 100}{1000} = 61.6 \text{ (м/хв)}$$

Сила різання: $K_p = 0.89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0.89$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 4.1^1 \cdot 0.2^{0.75} \cdot 61.6^{(-0.15)} \cdot 0.89 = 2065 \text{ Н}$$

Потужність різання:

$$N = \frac{2065 \cdot 61.6}{60 \cdot 1020} = 2.1 \text{ (кВт)}$$

$t_5 = 2.5 \text{ мм}; S = 0.2 \text{ мм/об}; x = 0.15; y = 0.2; m = 0.2; C_v = 420; K_{mv} = 1.15;$
 $K_{nv} = 0.8; K_{uv} = 0.65; K_{fv} = 0.7; K_{f1v} = 1; K_{rv} = 1.$

$$K_v = 1.15 \cdot 0.8 \cdot 0.65 \cdot 0.7 \cdot 1 \cdot 0.94 = 0.39$$

Швидкість різання:

$$V_5 = \frac{420 \cdot 0.39}{120^{0.2} \cdot 2.5^{0.15} \cdot 0.2^{0.2}} = 75.44 \text{ (м/хв)}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n_5 = \frac{1000 \cdot 75.44}{3.14 \cdot 81} = 296 \text{ (об/хв)}$$

звіряємо частоту за паспортними даними верстата: $n_d = 250 \text{ об/хв.}$

$$V_d = \frac{3.14 \cdot 196 \cdot 250}{1000} = 63.6 \text{ (м/хв)}$$

Сила різання: $K_p = 0.89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0.89$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2.5^1 \cdot 0.2^{0.75} \cdot 61.6^{(-0.15)} \cdot 0.89 = 1253 \text{ Н}$$

Потужність різання:

$$N = \frac{1253 \cdot 63.6}{60 \cdot 1020} = 1.3 \text{ (кВт)}$$

Нормування технологічних операцій

Операція 005. Токарна.

Обладнання: Токарний KOVOSVIT MAS S80i

Перехід №1. Підрізання торця 4.

Визначаємо довжину обробки:

$$L = \frac{D-d}{2} + l_1 + l_2 = \frac{230-62}{2} + 2 + 2 = 88 \text{ мм} \quad (1.32)$$

Визначаємо основний час:

$$T_o = \frac{88}{(0.7 \cdot 71)} = 1.77 \text{ (хв)}$$

Перехід №2. Підрізання торця 10.

Визначаємо довжину обробки:

$$L = \frac{278-230}{2} + 2 + 2 + 0 = 26 \text{ мм}$$

Визначаємо основний час:

$$T_o = \frac{26}{(0.7 \cdot 63)} = 0.59 \text{ (хв)}$$

Перехід №3. Точіння поверхні 9.

Визначаємо довжину обробки:

					КНУ.КБР.131.26.2-05.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$L=30+2=32\text{мм}$$

Визначаємо основний час:

$$T_o = \frac{32}{(0.7 \cdot 71)} = 0.64 \text{ (хв)}$$

Перехід №2. Точіння фаски 12.

Визначаємо довжину обробки: $L=10\text{мм}$.

Визначаємо основний час:

$$T_o = \frac{10}{(0.7 \cdot 63)} = 0.23 \text{ (хв)}$$

Перехід №4. Точіння поверхні 9.

Визначаємо довжину обробки: $L=90\text{мм}$

Визначаємо основний час:

$$T_o = \frac{90}{(0.12 \cdot 400)} = 1.88 \text{ (хв)}$$

$$\Sigma T_o = 1.77 + 0.59 + 0.64 + 0.23 + 1.88 = 5.11 \text{ (хв)}$$

Допоміжний час:

- на встановлення - зняття заготовки у трикулачковому патроні з механізованим затиском без вивірки: $T_{в.у.} = 0.24 \text{ хв}$.

- на виконання допоміжних ходів, переміщень та операцій:

увімкнути - вимкнути верстат - 0.03хв;

увімкнути - вимкнути пристрій ЧПК - 0.06хв;

встановити захисний бар'єр - 0.03хв;

прискорене підведення - відведення різця 0.06хв;

установочне переміщення різця - $0.1 \cdot 5 = 0.5 \text{ хв}$;

установочне переміщення в зоні різання $0.04 \cdot 4 = 0.16 \text{ хв}$.

Розраховуємо допоміжний час, пов'язаний з переходом:

$$T_{м.ч.} = 0.03 + 0.06 + 0.03 + 0.5 + 0.16 = 0.78 \text{ (хв)}$$

Визначаємо допоміжний час:

$$T_d = 0.24 + 0.78 = 1.02 \text{ (хв)}.$$

Визначаємо оперативний час:

$$T_{оп} = 5.11 + 1.02 = 6.13 \text{ (хв)}.$$

Час на обслуговування робочого місця й свої потреби:

$$T_{об} + T_{ф} = \frac{T_{оп} \cdot 10\%}{100\%} = 6.13 \cdot 0.1 = 0.613 \text{ (хв)}$$

Штучний час:

$$T_{шт} = 6.13 + 0.613 = 6.743 \text{ (хв)}$$

Підготовчо-заключний час:

$$T_{п.з} = 21.8 + 9.4 = 31.2$$

При річній програмі випуску 500 штук та періодичністю запуску - 12, кіль-кість деталей у партії складатиме:

$$n = \frac{500}{12} = 41,7 \text{ (шт.)}$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{шк} = 6.743 + \frac{31.2}{41,7} = 6.82 \text{ (хв)}$$

					КНУ.КБР.131.26.2-05.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Операція 010. Токарна.

Обладнання: Токарний KOVOSVIT MAS S80i

Перехід №1. Підрізання торця 15.

Визначаємо довжину обробки:

$$L = \frac{278 - 238}{2} + 2 + 3 = 25 \text{ мм}$$

Визначаємо основний час:

$$T_o = \frac{25}{(0.7 \cdot 56)} = 10.64 \text{ (хв)}$$

Точіння фаски 14 і поверхні 13.

Визначаємо довжину обробки:

$$L = \frac{3}{\sin 45^\circ} + (126 - 29) + 2 + 1 = 105 \text{ мм}$$

Визначаємо основний час:

$$T_o = \frac{105}{(0.7 \cdot 56)} = 2.68 \text{ (хв)}$$

$$\Sigma T_o = 2.68 + 0.64 = 3.32 \text{ (хв)}$$

Перехід №2. Розточування поверхні 22.

Визначаємо довжину обробки: $L = 25 \text{ мм}$

Визначаємо основний час:

$$T_o = \frac{25 \cdot 2}{(0.035 \cdot 125)} = 11.43 \text{ (хв)}$$

Перехід №3. Підрізання торця 32, точіння поверхонь 33, 31.

Визначаємо довжину обробки: $L_1 = 25 \text{ мм};$

$$L_2 = 4 + 72 = 76 \text{ мм};$$

$$L_3 = 25 \text{ мм}$$

Визначаємо основний час:

$$T_{o1} = \frac{25}{(0.25 \cdot 200)} = 0.5 \text{ (хв)}$$

$$T_{o2} = \frac{76}{(0.2 \cdot 200)} = 1.9 \text{ (хв)}$$

$$T_{o3} = \frac{25}{(0.25 \cdot 250)} = 0.4 \text{ (хв)}$$

$$\Sigma T_o = 2.68 + 0.64 = 3.32 \text{ (хв)}$$

Перехід №4. Контурне розточування.

Визначаємо довжину обробки: $L_1 = 60 + 17 + 21 = 98 \text{ мм};$

$$L_2 = 31 \text{ мм};$$

$$L_3 = 10 + 82 = 92 \text{ мм}$$

Визначаємо основний час:

$$T_{o1} = \frac{98}{(0.2 \cdot 80)} = 6.12 \text{ (хв)}$$

$$T_{o2} = \frac{31}{(0.2 \cdot 100)} = 1.55 \text{ (хв)}$$

					КНУ.КБР.131.26.2-05.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$T_{03} = \frac{92}{(0.2 \cdot 250)} = 1.84 \text{ (хв)}$$

$$\Sigma T_0 = 6.12 + 1.55 + 1.84 = 9.51 \text{ хв}$$

Визначаємо загальний основний час з урахуванням усіх переходів:

$$\Sigma T_0 = 3.32 + 11.43 + 2.8 + 9.51 = 27.06 \text{ (хв)}$$

Допоміжний час на встановлення - зняття деталі: $T_{д.у} = 0.24 \text{ хв}$.

Допоміжний час пов'язаний з переходом:

- на керування станком з ЧПК - $0.03 \cdot 2 + 0.06 = 0.12 \text{ хв}$;
- прискорене підведення - відведення різців - $0.05 \cdot 8 = 0.4 \text{ хв}$;
- установочне переміщення різців - $0.1 \cdot 8 = 0.8 \text{ хв}$;
- холості переміщення різців - $0.04 \cdot 4 = 0.16 \text{ хв}$;
- індексація різцевої головки - $0.1 \cdot 4 = 0.4 \text{ хв}$.

$$T_{м.ч.} = 0.12 + 0.4 + 0.8 + 0.16 + 0.14 = 1.88 \text{ (хв)}$$

Визначаємо допоміжний час:

$$T_{д.} = 0.24 + 1.88 = 2.12 \text{ (хв)}$$

Визначаємо оперативний час:

$$T_{оп} = 27.06 + 2.12 = 29.18 \text{ (хв)}$$

Визначаємо час на обслуговування й перерву:

$$T_{об} + T_{п} = 0.1 \cdot T_{оп} = 2.92 \text{ (хв)}$$

Визначаємо підготовчо-заключний час:

$$T_{п.з} = 21.8 + 11.7 + 7 = 40.5 \text{ (хв)}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час:

$$T_{шк} = 32.1 + \frac{40.5}{417} = 32.2 \text{ (хв)}$$

На інші операції розрахунок виконуємо за довідково-нормативними даними.

					КНУ.КБР.131.26.2-05.01.ТПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

2 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЇ У СИСТЕМІ Feature CAM

Обробка здійснюється на операції Токарна з ЧПК на верстаті
Токарний KOVOSVIT MAS S80i .

Розробляємо технологічні переходи при токарній обробці

Установ А

Підрізати торець

Точити зовнішню поверхню Ø270 мм на довжину 29 мм

Розточити з попереднім свердлінням Ø69 мм

Установ Б

Підрізати торець

Точити зовнішню конічну поверхню

Розточити до Ø245 мм

Вибрати матеріал

Першим етапом являється побудова трьохвимірної моделі деталі яку потрібно виготовити. Для цього використовуємо програмний продукт SolidWorks. Створена модель зображена на рисунку 2.1.

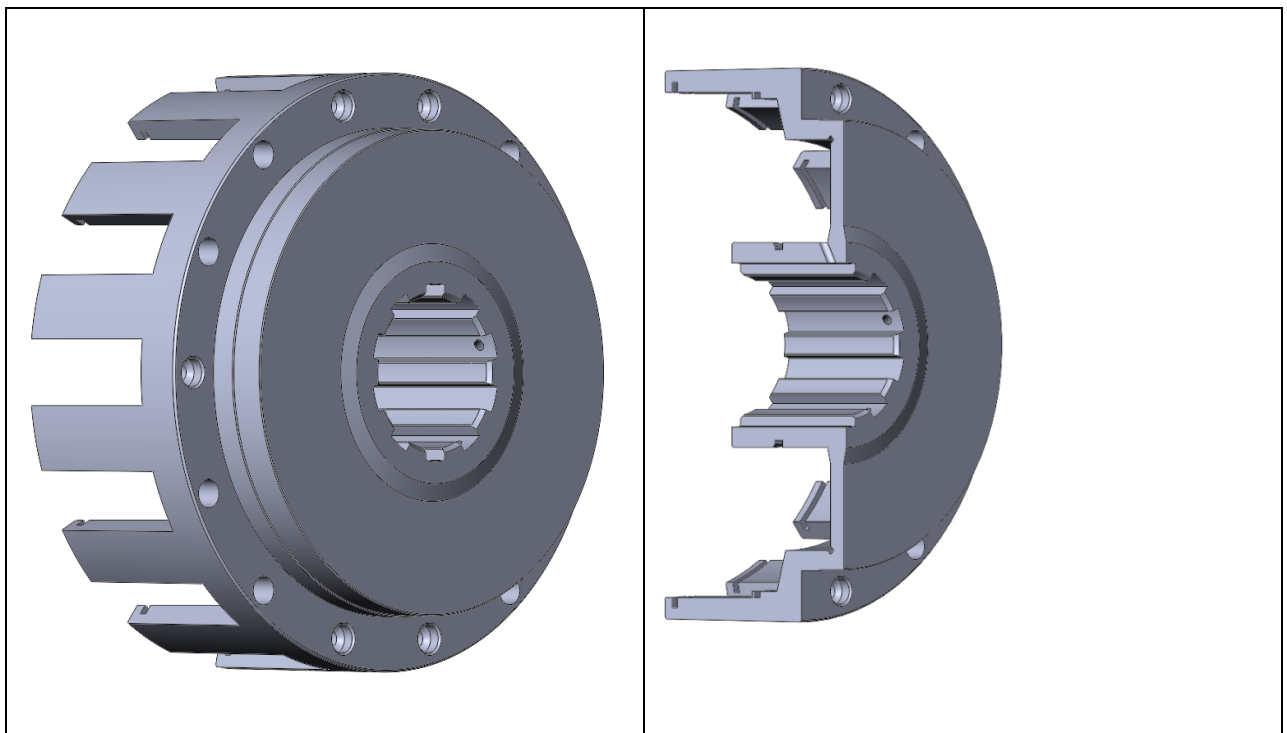


Рисунок 2.1 – Зображення створеної моделі

					<i>КНУ.КБР.131.26.2–05.02.МПО</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЇ		
Розроб.		Лісовенко					
Перевір.		Цивінда					
Т.Контр.							
Н. Контр.		Нечаєв					
Затверд.		Рязанцев					
					Лім. Арк. Аркушів		
					каф.ТМ гр.ПМ-23ск		

Після цього творену модель потрібно зберегти у форматі Parasolid.(*.x_t). Наступним етапом буде додавання цього файлу до нового проекту у FeatureCAM. Використовуємо майстер установку для орієнтуванні деталі на верстані, для цього визначаємо положення вісі Z по центру тіл обертання поверхні. Розміри заготовки вказуємо по габаритам моделі та додаємо 5 мм шару матеріалу на діаметр та 5 мм на кожний торець.

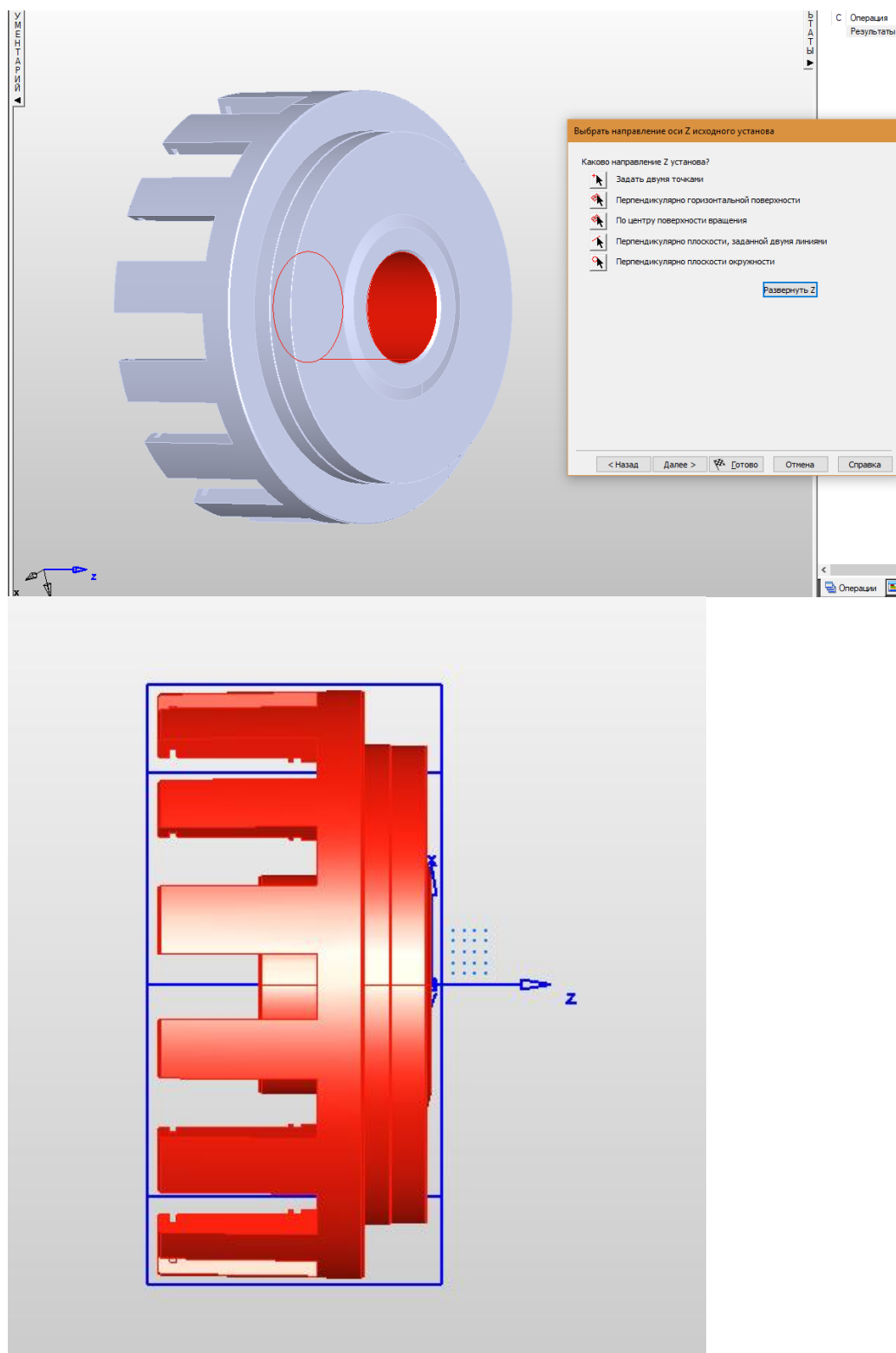


Рисунок 2.2 – Зображення першого установу

					КНУ.КБР.131.26.2–05.02.МПО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Додаємо новий елемент «Торець» Вказуємо його положення та розміри обробки, встановлюємо чорнову та чистову обробку

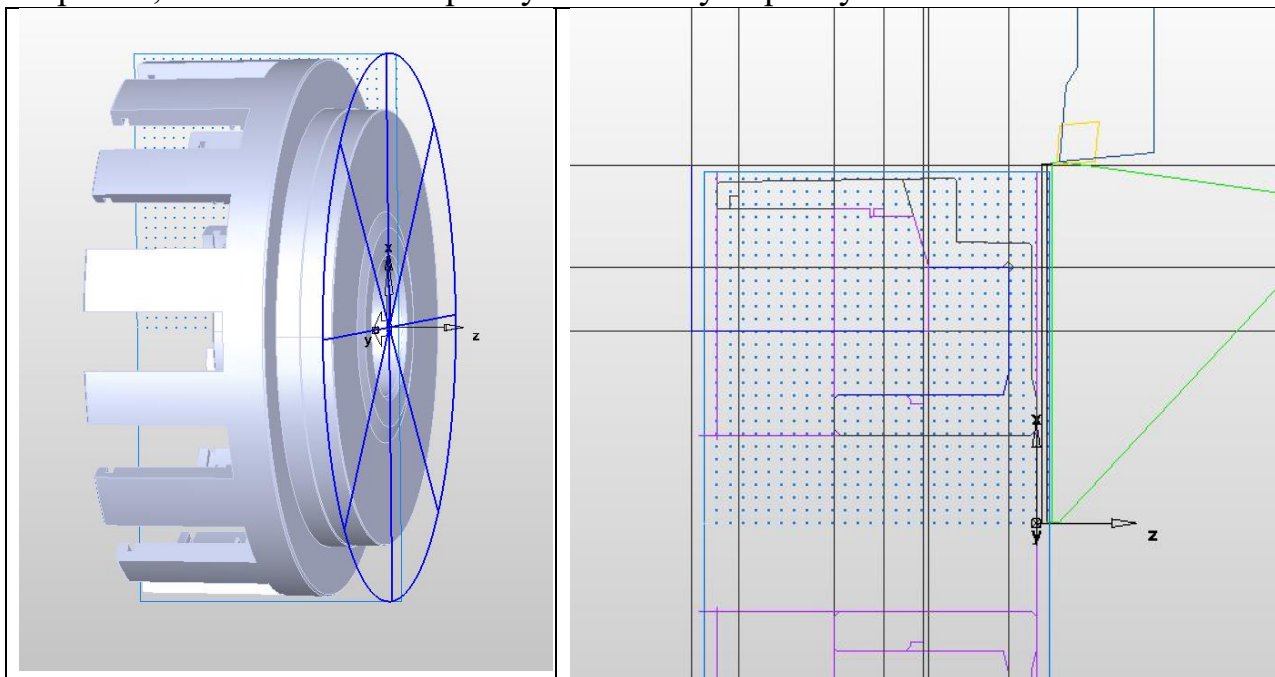


Рисунок 2. 3 – Програмування обробки торця

Наступним етапом являється перехід на обробку зовнішньої циліндричної поверхні, для цього потрібно с проєцювати потрібні грані моделі деталі та створити контур по якому буде вирахувана траєкторія проходів ріжучого інструменту.

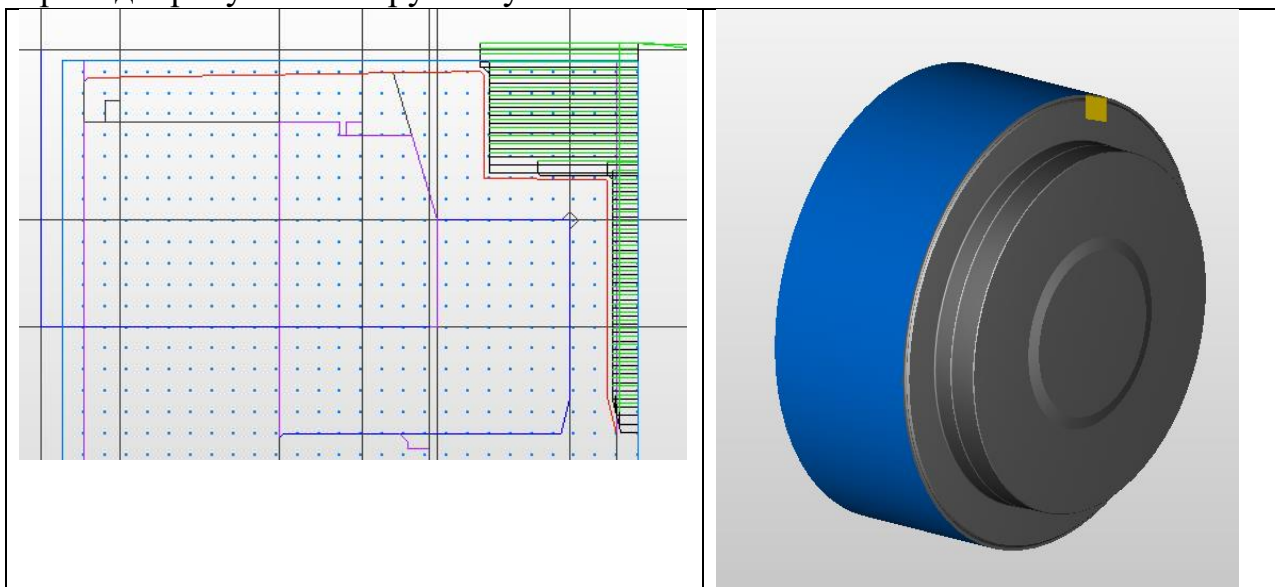


Рисунок 2.4 – Зовнішня циліндрична обробка

Далі перехід розточування з попереднім свердлінням діаметром 35 мм на всю довжину заготовки.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

КНУ.КБР.131.26.2–05.02.МПО

Арк.

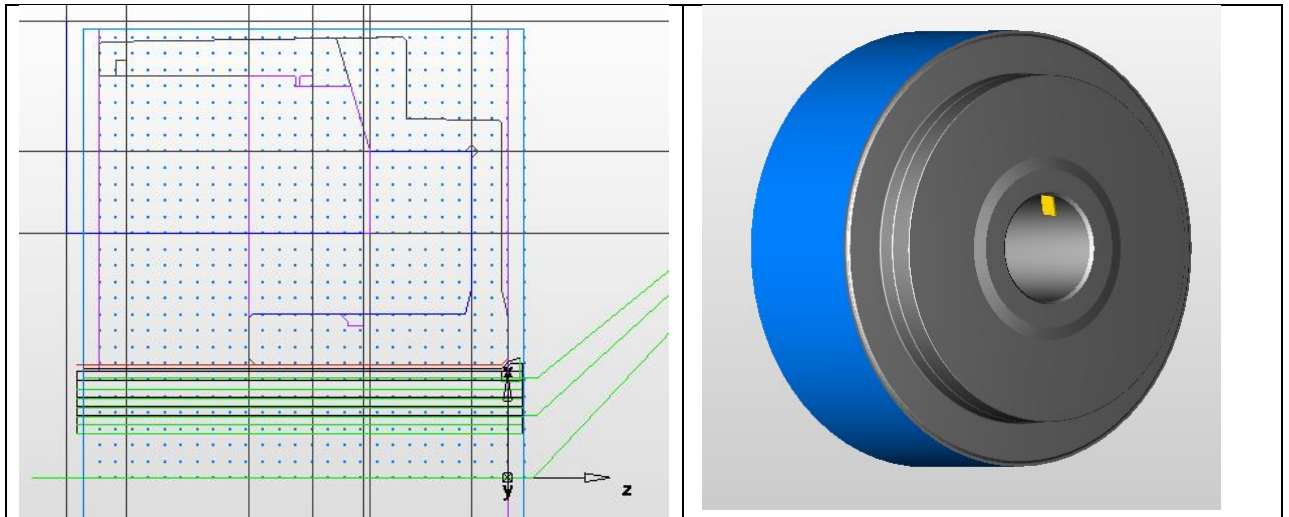


Рисунок 2.5 – Отримання осьового отвору

Після цих переходів токарна обробка «Установ 1» закінчується. Деталь знімають та перевертають на 180 градусів та закріплюють у токарному патроні. На рисунку 2.6 зображено «Установ 2».

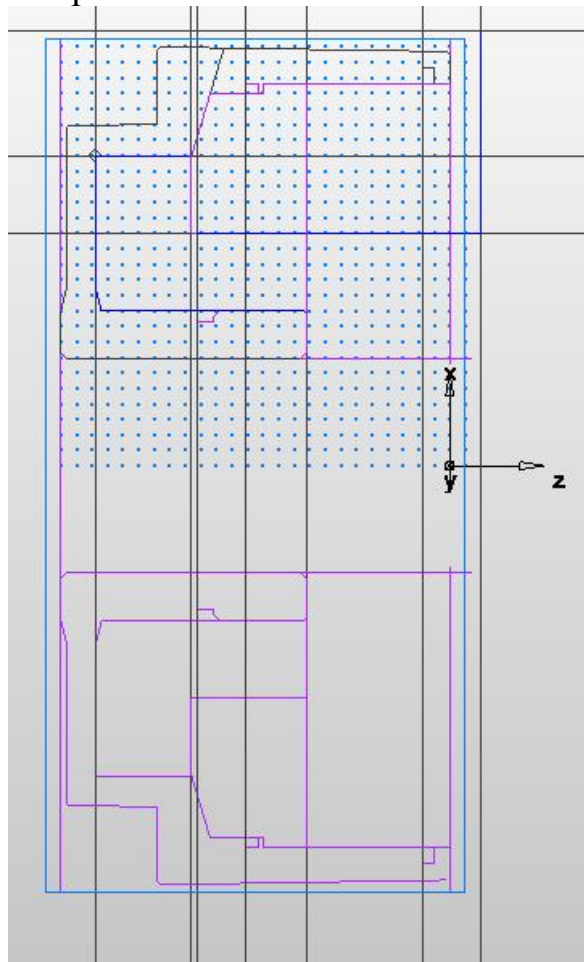


Рисунок 2.6 – Зображення позиції установу 2

Установ 2 складеться з наступних переходів:

					КНУ.КБР.131.26.2–05.02.МПО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- підрізання торцю (рис. 2.7)
- точіння зовнішньої конічної поверхні (рис. 2.8)
- розточування (рис. 2.9)
- вибірці матеріалу (рис.2. 10)
- точіння канавок (рис. 2.11)

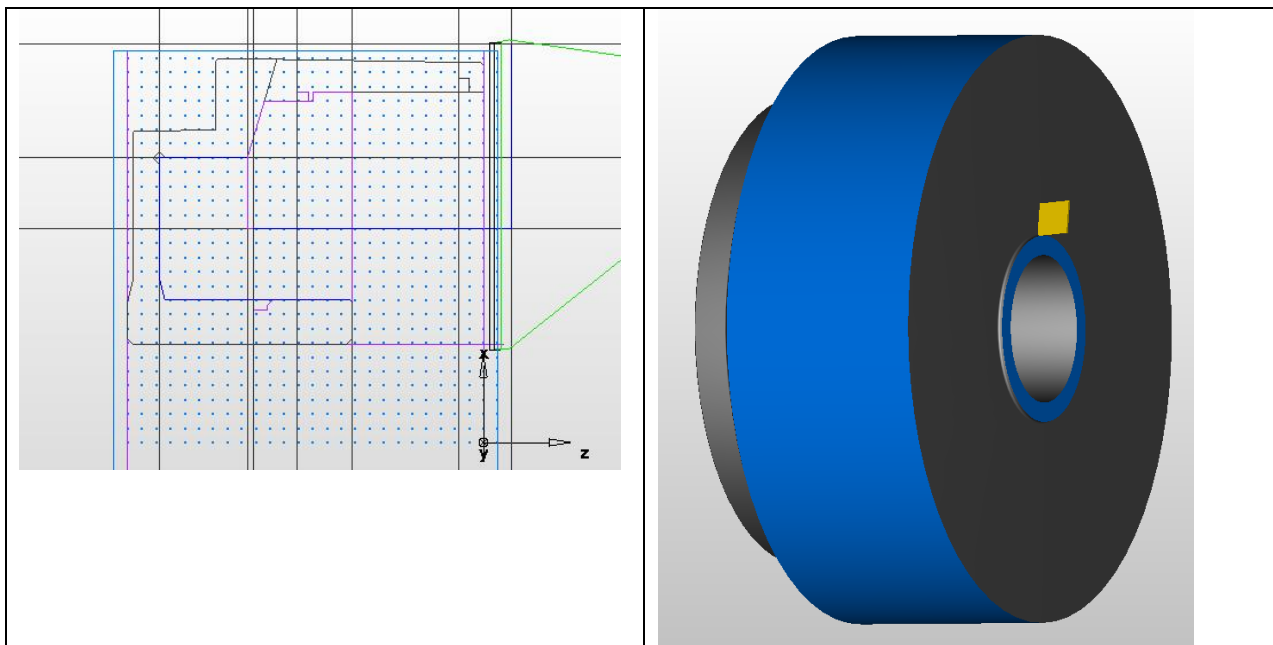


Рисунок 2.7 – Обробка торцю

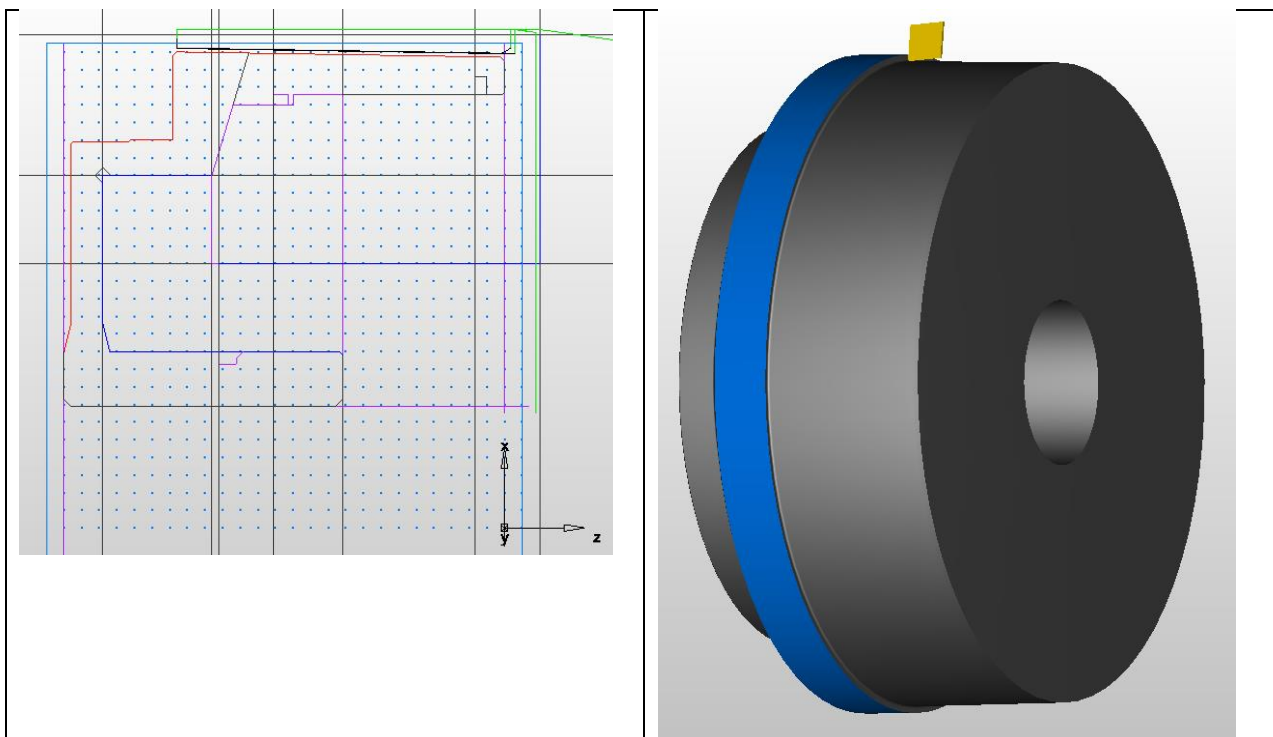


Рисунок 2.8 – Точіння зовнішньої конічної поверхні

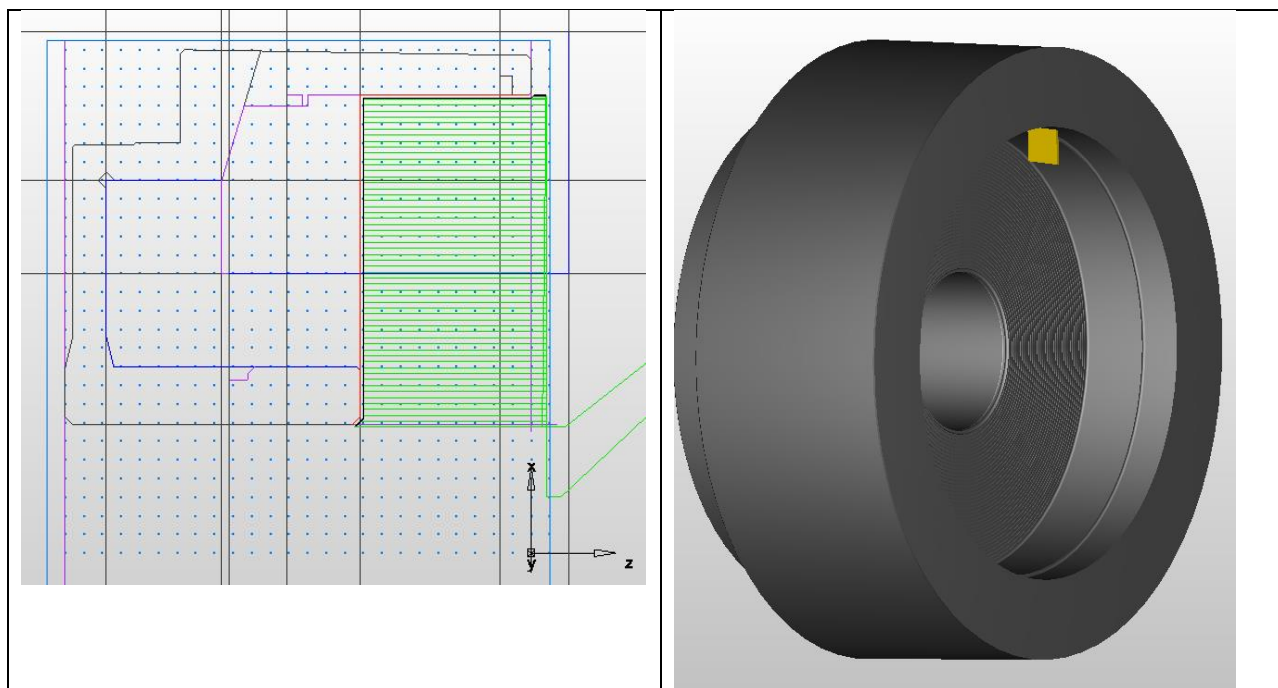


Рисунок 2.9 – Розточування

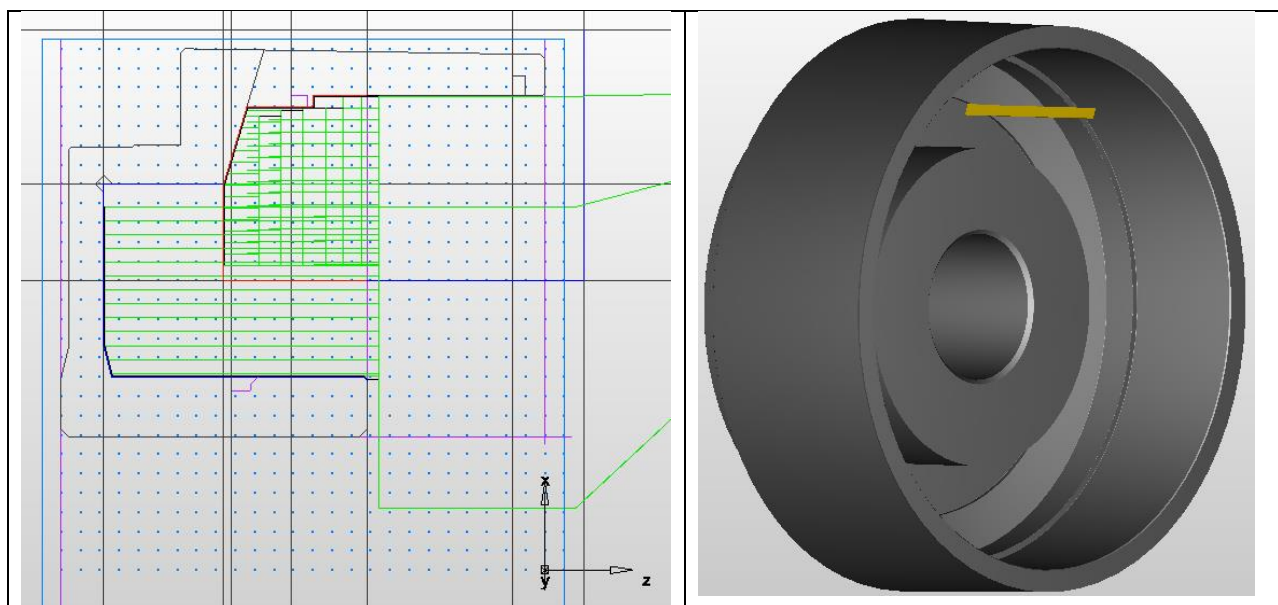


Рисунок 2.10 – Виконання вибірки зайвого матеріалу

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

КНУ.КБР.131.26.2–05.02.МПО

Арк.

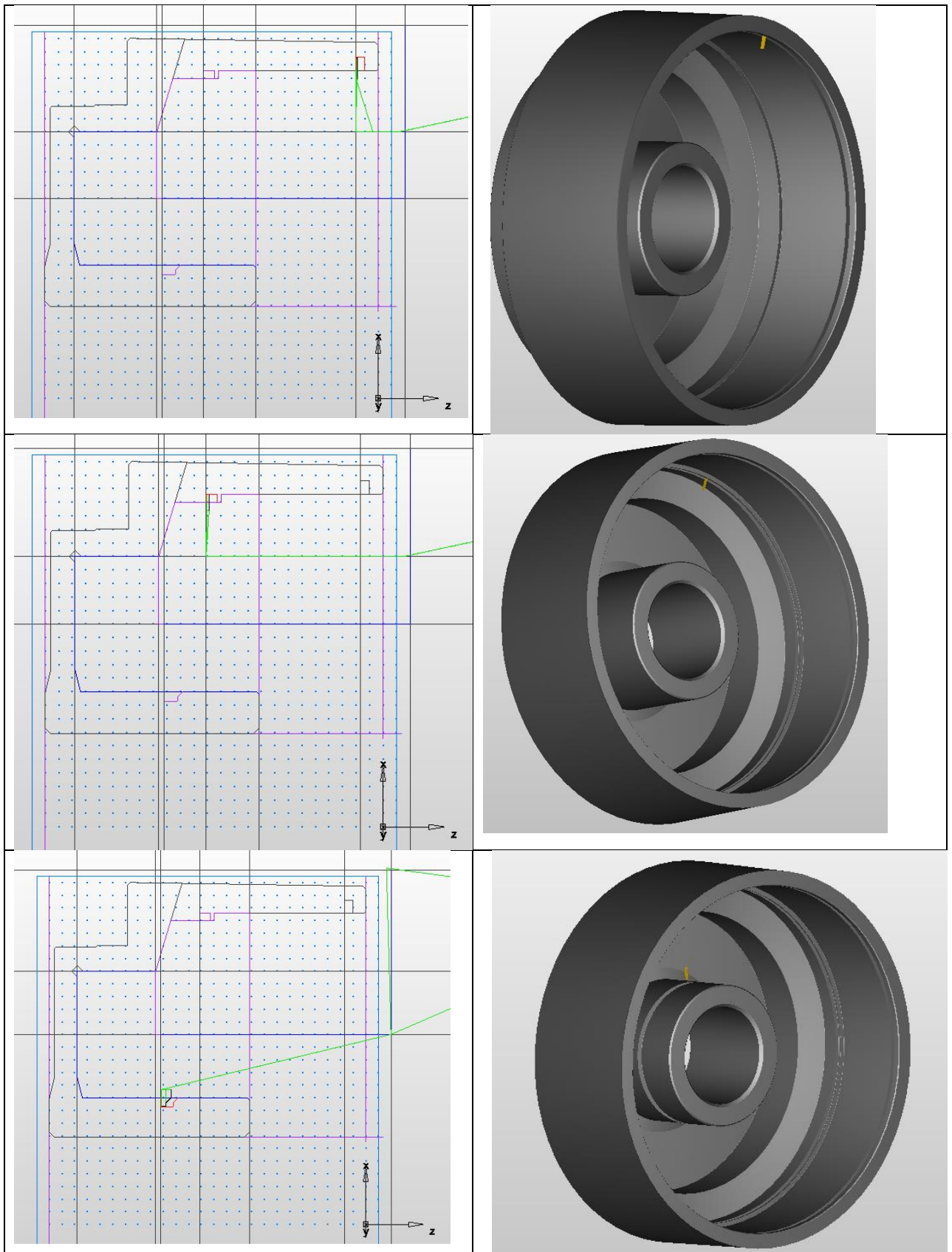


Рисунок 2.11 – Точіння канавок

					КНУ.КБР.131.26.2–05.02.МПО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

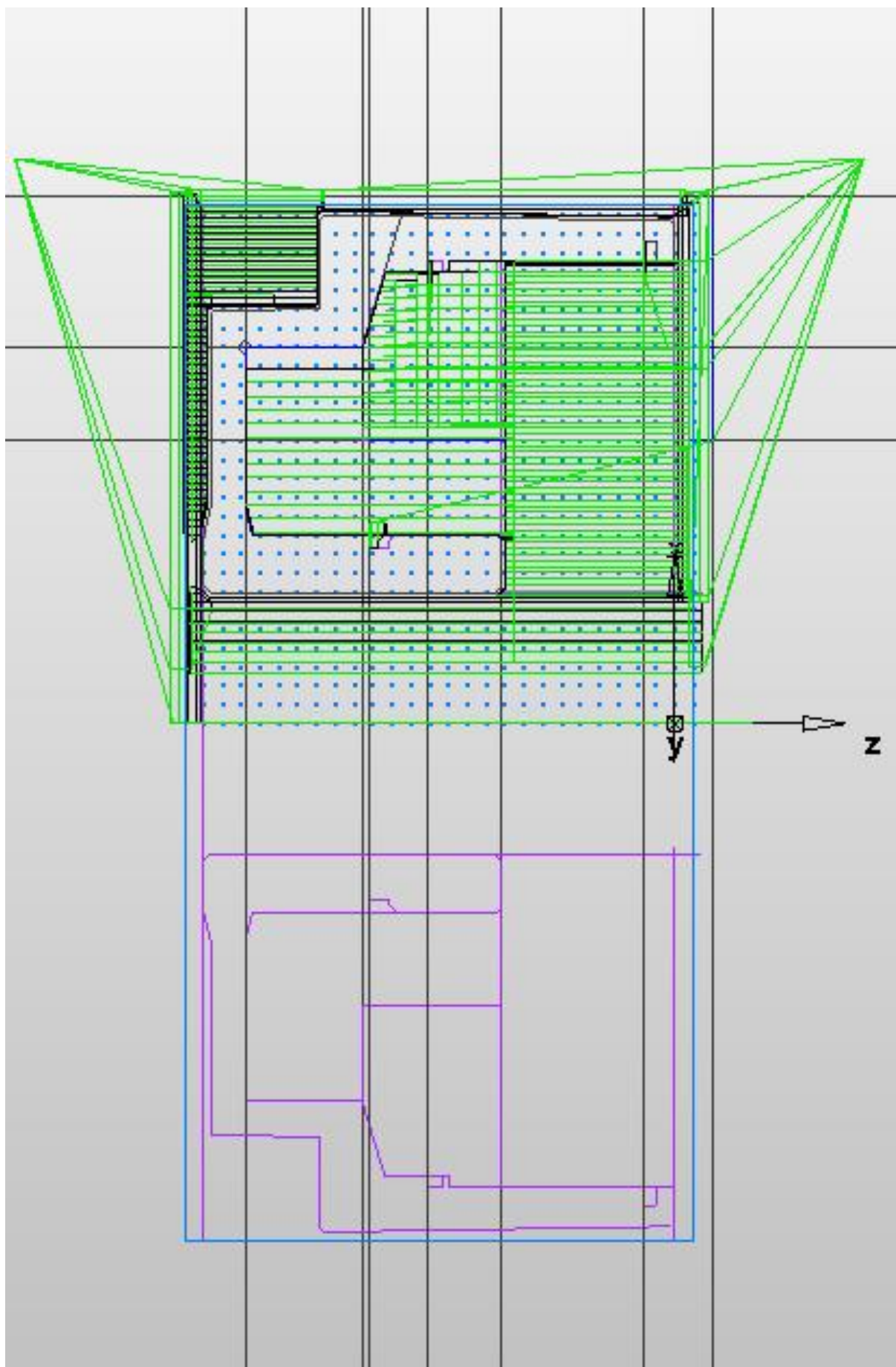


Рисунок 2.12 – Вигляд осьової обробки

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

КНУ.КБР.131.26.2–05.02.МПО

Арк.

С	Операция	Элемент	Инструмент	Подача	Скорость	Глубина	
➔	черн. проход 1	торец1	SW_Turn_80m	0.381 мм/об	366 м/мин	ЧС	137.484 мм
	черн. проход 1	точение1	SW_Turn_80m	0.381 мм/об	366 м/мин	ЧС	84.984 мм
	чист.	торец1	SW_Turn_80m...	0.152 мм/об	488 м/мин	ЧС	137.484 мм
	чист.	точение1	SW_Turn_80m...	0.152 мм/об	488 м/мин	ЧС	84.984 мм
	предварит. спи...	расточка1	TD_M3500:T	0.476 мм/об	693 об/мин	ЧС	145.515 мм
	черн. проход 1	расточка1	WN_B_Small_...	0.381 мм/об	366 м/мин	ЧС	2.000 мм
	чист.	расточка1	WN_B_Small_...	0.152 мм/об	488 м/мин	ЧС	2.000 мм
	с_остановом	с_остановом1					
	черн. проход 1	торец2	SW_Turn_80m	0.381 мм/об	366 м/мин	ЧС	104.984 мм
	черн. проход 1	точение2	SW_Turn_80m	0.381 мм/об	366 м/мин	ЧС	84.984 мм
	чист.	торец2	SW_Turn_80m...	0.152 мм/об	488 м/мин	ЧС	104.984 мм
	чист.	точение2	SW_Turn_80m...	0.152 мм/об	488 м/мин	ЧС	84.984 мм
	черн. проход 1	канавка1	* WN_Turn_80m	0.381 мм/об	366 м/мин	ЧС	48.000 мм
	чист.	канавка1	WN_Turn_80m	0.152 мм/об	488 м/мин	ЧС	48.000 мм
	черн. проход 1	канавка2	* SE_Cut_4m_RH	0.381 мм/об	366 м/мин	ЧС	37.000 мм
	чист.	канавка2	SE_Cut_4m_RH	0.152 мм/об	488 м/мин	ЧС	37.000 мм
	черн. проход 1	канавка3	* SW_Cut_6m_RH	0.381 мм/об	366 м/мин	П...	68.000 мм
	чист.	канавка3	SW_Cut_6m_RH	0.152 мм/об	488 м/мин	П...	68.000 мм
	черн. проход 1	канавка4	* WN_B_Grv_3...	0.381 мм/об	366 м/мин	ЧС	3.500 мм
	чист.	канавка4	WN_B_Grv_3...	0.152 мм/об	488 м/мин	ЧС	3.500 мм
	черн. проход 1	канавка6	WN_B_Small_...	0.381 мм/об	366 м/мин	ЧС	2.900 мм
	чист.	канавка6	WN_B_Small_...	0.152 мм/об	488 м/мин	ЧС	3.000 мм
	черн. проход 1	канавка5	* WS_B_Grv_3...	0.381 мм/об	366 м/мин	П...	3.500 мм
	чист.	канавка5	WS_B_Grv_3m	0.152 мм/об	488 м/мин	П...	3.500 мм
	Результаты						

Рисунок 2.13 – Загальний вигляд операцій та режимів різання

Таблиця 2.1-Керуюча програма

% (SETUP-INFO) () (STOCK-DIMS) (TOOL-LIST) () (DATE POSTED: 29.05.2018) () (FACE ROUGH ТОРЕЦІ) (T1 = SW_Turn_80m_RH) N60 G00 G28 U0 W0 N65 T101 N70 M1 N75 G50 S4000 N80 G97 S414 M03 N85 M8 N90 1 G99 X280.968 Z8.0 N95 G96 S365 N100 X278.968 Z3.0 N105 G01 X-2.0 F0.381 N110 Z5.0 N115 X-1.293 Z5.354 N120 G00 X278.968 N125 G01 Z1.0 N130 X-2.0 N135 Z3.0 N140 X-1.293 Z3.354 N145 G00 Z8.0 (TURN ROUGH ТОЧЕНИЕ1) N155 G50 S4000 N160 G96 S365 N165 X280.968 Z9.0 N170 X282.968 Z5.067 N175 X272.568 Z3.097	N955 G40 X141.794 N960 G00 Z3.097 N965 G01 G42 X127.85 N970 Z-1.9 N975 G40 X137.822 N980 G00 Z3.097 N985 G01 G42 X123.879 N990 Z-1.9 N995 G40 X133.85 N1000 G00 Z3.097 N1005 G01 G42 X119.907 N1010 Z-1.9 N1015 G40 X129.879 N1020 G00 Z3.097 N1025 G01 G42 X115.935 N1030 Z-1.889 N1035 X116.025 Z-1.9 N1040 G40 X125.907 N1045 G00 Z3.097 N1050 G01 G42 X111.964 N1055 Z-1.392 N1060 X115.935 Z-1.889 N1065 G40 X121.935 N1070 G00 Z3.097 N1075 G01 G42 X107.992 N1080 Z-0.896 N1085 X111.964 Z-1.392 N1090 G40 X117.964 N1095 G00 Z3.097 N1100 G01 G42 X104.02 N1105 Z-0.399 N1110 X107.992 Z-0.896 N1115 G40 X113.992 N1120 G00 Z3.097	(GROOVE: FACE ROUGH КАНАВКА1) (T5 = WN_Turn_80m_RH) N1900 T505 N1905 M1 N1910 G50 S4000 N1915 G97 S1673 M03 N1920 M8 N1925 2 G99 X69.444 Z8.0 N1930 G96 S365 N1935 X72.414 Z-49.707 N1940 G01 X75.828 Z-48.0 F0.381 N1945 X248.0 N1950 G02 X250.0 Z-47.0 R1.0 N1955 G01 Z-1.914 N1960 X250.414 Z-1.707 N1965 G00 X69.444 Z-49.707 (GROOVE: FACE FINISH КАНАВКА1) N1975 G50 S4000 N1980 G96 S487 N1985 Z3.0 N1990 Z2.0 N1995 X247.586 Z-0.293 N2000 X32.0 N2005 Z7.0 N2010 M9 N2015 G28 U0 W0 (GROOVE: FACE ROUGH КАНАВКА2) (T6 = SE_Cut_4m_RH) N2035 T606 N2040 M1 N2045 G50 S4000 N2050 G97 S473 M03 N2055 M8
--	---	--

					КНУ.КБР.131.26.2–05.02.МПО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

N180 G01 G42 Z-32.002 N185 G40 X280.968	N1125 G01 G42 X100.049 N1130 Z0.097	N2060 2 G99 X245.8 Z8.0 N2065 G96 S365
N190 G00 Z3.097 N195 G01 G42 X270.169 N200 Z-32.002 N205 G40 X278.568 N210 G00 Z3.097 N215 G01 G42 X266.325 N220 Z-30.9 N225 X268.116 N230 X270.169 Z-31.96 N235 Z-32.002 N240 G40 X276.169 N245 G00 Z3.097 N250 G01 G42 X262.482 N255 Z-30.9 N260 G40 X272.325 N265 G00 Z3.097 N270 G01 G42 X258.638 N275 Z-30.9 N280 G40 X268.482 N285 G00 Z3.097 N290 G01 G42 X254.794 N295 Z-30.9 N300 G40 X264.638 N305 G00 Z3.097 N310 G01 G42 X250.95 N315 Z-30.9 N320 G40 X260.794 N325 G00 Z3.097 N330 G01 G42 X247.106 N335 Z-30.9 N340 G40 X256.95 N345 G00 Z3.097 N350 G01 G42 X243.263 N355 Z-30.9 N360 G40 X253.106 N365 G00 Z3.097 N370 G01 G42 X239.419 N375 Z-30.9 N380 G40 X249.263 N385 G00 Z3.097 N390 G01 G42 X235.575 N395 Z-30.9 N400 G40 X245.419 N405 G00 Z3.097 N410 G01 G42 X231.731 N415 Z-30.9 N420 G40 X241.575 N425 G00 Z3.097 N430 G01 G42 X227.888 N435 Z-30.9 N440 G40 X237.731 N445 G00 Z3.097 N450 G01 G42 X224.044 N455 Z-30.9 N460 G40 X233.888 N465 G00 Z3.097 N470 G01 G42 X220.2 N475 Z-30.9 N480 G40 X230.044 N485 G00 Z3.097 N490 G01 G42 X219.199 N495 Z-18.459 N500 X220.2 Z-18.959 N505 G40 X226.2 N510 G00 Z3.097 N515 G01 G42 X215.228 N520 Z-1.9 N525 X218.083 N530 X219.199 Z-2.458 N535 G40 X225.199 N540 G00 Z3.097	N1135 X104.02 Z-0.399 N1140 G40 X110.02 N1145 G00 X282.968 Z0.581 N1150 Z9.0 N1155 M9 N1160 G28 U0 W0 (FACE FINISH TOPEЦI) (T2 = SW_Turn_80m_RH-чист) N1180 T202 N1185 M1 N1190 G50 S4000 N1195 G97 S548 M03 N1200 M8 N1205 1 G99 X282.968 Z9.0 N1210 G96 S487 N1215 X280.164 Z1.5 N1220 G01 G41 X274.968 Z0. F0.152 N1225 X0. N1230 G40 Z3.0 N1235 G00 Z9.0 (TURN FINISH TOЧЕНИЕI) N1245 G50 S4000 N1250 G96 S487 N1255 X280.968 N1260 X282.968 Z3.055 N1265 X95.687 Z2.085 N1270 G01 G42 X100.0 Z0. N1275 X116.0 Z-2.0 N1280 X218.0 N1285 X218.999 Z-2.5 N1290 Z-18.5 N1295 X220.0 Z-19.0 N1300 Z-31.0 N1305 X268.031 N1310 X269.968 Z-32.0 N1315 G40 X275.968 N1320 G00 X282.968 Z-31.304 N1325 Z9.0 N1330 M9 N1335 G28 U0 W0 (DRILL PACTOЧKA1) (T3 = TD_M3500:T) N1355 T303 N1360 M1 N1365 G97 S693 M03 N1370 M8 N1375 1 G99 X0. Z8.0 N1380 Z3.0 N1385 G83 Z-145.515 R3.0 I35.0 J35.0 K35.0 F0.476 N1390 G80 N1395 G00 Z8.0 N1400 M9 N1405 G28 U0 W0 (BORE ROUGH PACTOЧKA1) (T4 = WN_B_Small_80m_RH) N1425 T404 N1430 M1 N1435 G50 S4000 N1440 G97 S4000 M03 N1445 M8 N1450 1 G99 X29.0 Z9.0 N1455 G96 S365 N1460 Z3.0 N1465 G71 P1470 Q1495 U-2.0 W0. D3.0 F0.381 N1470 G01 G41 Z3.0 N1475 Z2.121	N2070 X246.0 Z-46.2 N2075 G01 Z-60.0 F0.381 N2080 X240.4 N2085 G02 X240.0 Z-60.2 R0.2 N2090 G01 Z-77.051 N2095 X200.341 Z-83.0 N2100 X150.8 N2105 Z-46.2 N2110 G00 X245.8 (GROOVE: FACE FINISH КАНАВКА2) N2120 G50 S4000 N2125 G96 S487 N2130 X158.0 Z-43.0 N2135 Z-43.2 N2140 X150.0 Z-46.2 N2145 X32.65 N2150 Z7.8 N2155 M9 N2160 G28 U0 W0 (GROOVE: FACE ROUGH КАНАВКА3) (T7 = SW_Cut_6m_RH) N2180 T707 N2185 M1 N2190 G50 S4000 N2195 G97 S619 M04 N2200 M8 N2205 2 G99 X187.8 Z8.0 N2210 G96 S365 N2215 X199.2 Z-83.2 N2220 G01 Z-114.0 F0.381 N2225 X115.649 N2230 X100.0 Z-112.044 N2235 Z-47.2 N2240 G02 X99.883 Z-47.059 R0.2 N2245 G01 X97.883 Z-46.059 N2250 G00 X187.8 Z-83.2 (GROOVE: FACE FINISH КАНАВКА3) N2260 G50 S4000 N2265 G96 S487 N2270 X97.883 Z-43.0 N2275 Z-43.2 N2280 X97.317 Z-46.341 N2285 X31.6 N2290 Z7.8 N2295 M9 N2300 G28 U0 W0 (GROOVE: FACE ROUGH КАНАВКА4) (T8 = WN_B_Grv_3m_RH) N2320 T808 N2325 M1 N2330 G50 S4000 N2335 G97 S580 M03 N2340 M8 N2345 2 G99 X200.4 Z8.0 N2350 G96 S365 N2355 Z-8.7 N2360 X240.0 Z-8.1 N2365 G01 X255.8 F0.381 N2370 G00 X240.0 N2375 Z-8.4 N2380 G01 X255.8 N2385 G00 X240.0 N2390 X200.4 Z-8.7 (GROOVE: FACE FINISH КАНАВКА4) N2400 G50 S4000 N2405 G96 S487 N2410 Z-2.2 N2415 X240.0 Z-8.5 N2420 G01 X256.0 F0.152

					КНУ.КБР.131.26.2–05.02.МПО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

N545 G01 G42 X211.256 N550 Z-1.9	N1480 X69.0 Z-2.0 N1485 Z-132.0	N2425 G00 X240.0 N2430 Z-8.0
N555 G40 X221.228 N560 G00 Z3.097 N565 G01 G42 X207.284 N570 Z-1.9 N575 G40 X217.256 N580 G00 Z3.097 N585 G01 G42 X203.313 N590 Z-1.9 N595 G40 X213.284 N600 G00 Z3.097 N605 G01 G42 X199.341 N610 Z-1.9 N615 G40 X209.313 N620 G00 Z3.097 N625 G01 G42 X195.369 N630 Z-1.9 N635 G40 X205.341 N640 G00 Z3.097 N645 G01 G42 X191.398 N650 Z-1.9 N655 G40 X201.369 N660 G00 Z3.097 N665 G01 G42 X187.426 N670 Z-1.9 N675 G40 X197.398 N680 G00 Z3.097 N685 G01 G42 X183.454 N690 Z-1.9 N695 G40 X193.426 N700 G00 Z3.097 N705 G01 G42 X179.482 N710 Z-1.9 N715 G40 X189.454 N720 G00 Z3.097 N725 G01 G42 X175.511 N730 Z-1.9 N735 G40 X185.482 N740 G00 Z3.097 N745 G01 G42 X171.539 N750 Z-1.9 N755 G40 X181.511 N760 G00 Z3.097 N765 G01 G42 X167.567 N770 Z-1.9 N775 G40 X177.539 N780 G00 Z3.097 N785 G01 G42 X163.596 N790 Z-1.9 N795 G40 X173.567 N800 G00 Z3.097 N805 G01 G42 X159.624 N810 Z-1.9 N815 G40 X169.596 N820 G00 Z3.097 N825 G01 G42 X155.652 N830 Z-1.9 N835 G40 X165.624 N840 G00 Z3.097 N845 G01 G42 X151.681 N850 Z-1.9 N855 G40 X161.652 N860 G00 Z3.097 N865 G01 G42 X147.709 N870 Z-1.9 N875 G40 X157.681 N880 G00 Z3.097 N885 G01 G42 X143.737 N890 Z-1.9 N895 G40 X153.709 N900 G00 Z3.097	N1490 G40 Z-133.0 N1495 X63.0 (BORE FINISH PACTOЧKA1) N1505 G50 S4000 N1510 G96 S487 N1515 G00 Z2.898 N1520 G70 P1525 Q1550 F0.152 N1525 G01 G41 Z2.898 N1530 X73.0 Z0. N1535 X69.0 Z-2.0 N1540 Z-130.0 N1545 G40 Z-131.0 N1550 X63.0 N1555 G00 X61.0 Z2.898 N1560 Z9.0 N1565 G00 G28 U0 W0 (FACE ROUGH TOPEЦ2) (T1 = SW_Turn_80m_RH) N1585 T101 N1590 M1 N1595 G50 S4000 N1600 G97 S468 M03 N1605 M8 N1610 2 G99 X248.0 Z7.0 N1615 G96 S365 N1620 X280.968 N1625 Z8.0 N1630 G71 P1635 Q1640 U0. W1.0 D2.0 F0.381 N1635 G01 Z0. N1640 X63.0 N1645 G00 Z8.0 (TURN ROUGH TOЧЕНИЕ2) N1655 G50 S4000 N1660 G96 S365 N1665 X271.084 Z2.033 N1670 G01 G42 Z-0.967 F0.381 N1675 Z-92.998 N1680 G40 X280.968 N1685 G00 Z2.033 N1690 G01 G42 X267.2 N1695 Z-0.967 N1700 X270.168 Z-92.998 N1705 X271.084 N1710 G40 X277.084 N1715 G00 X282.968 Z-92.982 N1720 Z9.0 N1725 M9 N1730 G28 U0 W0 (FACE FINISH TOPEЦ2) (T2 = SW_Turn_80m_RH-чист) N1750 T202 N1755 M1 N1760 G50 S4000 N1765 G97 S548 M03 N1770 M8 N1775 2 G99 X282.968 Z9.0 N1780 G96 S487 N1785 X280.164 Z1.5 N1790 G70 P1795 Q1810 F0.152 N1795 G01 G41 Z0. N1800 X65.0 N1805 G40 X63.0 N1810 Z3.0 N1815 G00 X280.164 Z9.0 (TURN FINISH TOЧЕНИЕ2) N1825 G50 S4000 N1830 G96 S487	N2435 G01 X256.0 N2440 Z-8.5 N2445 G00 X240.0 N2450 X200.4 Z-8.7 N2455 Z7.8 N2460 M9 N2465 G28 U0 W0 (GROOVE: INNER ROUGH KAHABKA6) (T9 = WN_B_Small_Grv_3m_RH) N2485 T909 N2490 M1 N2495 G50 S4000 N2500 G97 S580 M03 N2505 M8 N2510 2 G99 X200.4 Z8.0 N2515 G96 S365 N2520 Z-65.7 N2525 X234.0 Z-64.6 N2530 G01 X245.8 F0.381 N2535 G00 X234.0 N2540 Z-65.4 N2545 G01 X245.8 N2550 G00 X234.0 N2555 X200.4 Z-65.7 (GROOVE: INNER FINISH KAHABKA6) N2565 G50 S4000 N2570 G96 S487 N2575 X234.0 Z-65.5 N2580 G01 X246.0 F0.152 N2585 G00 X234.0 N2590 Z-64.5 N2595 G01 X246.0 N2600 Z-65.5 N2605 G00 X234.0 N2610 X200.4 Z-65.7 N2615 Z7.8 N2620 M9 N2625 G28 U0 W0 (GROOVE: OUTER ROUGH KAHABKA5) (T10 = WS_B_Grv_3m_RH) N2645 T1010 N2650 M1 N2655 G50 S4000 N2660 G97 S414 M04 N2665 M8 N2670 2 G99 X280.968 Z8.0 N2675 G96 S365 N2680 X149.6 Z9.8 N2685 X106.0 Z-80.9 N2690 G01 X93.2 F0.381 N2695 G00 X106.0 N2700 Z-79.1 N2705 G01 X93.2 N2710 G00 X106.0 N2715 Z-80.9 N2720 G01 X93.2 N2725 G00 X106.0 N2730 Z-77.012 N2735 G01 X100.024 N2740 X95.849 Z-79.1 N2745 X93.2 N2750 Z-80.9 N2755 G00 X106.0 N2760 X149.6 Z9.8 (GROOVE: OUTER FINISH KAHABKA5) N2770 G50 S4000 N2775 G96 S487

					КНУ.КБР.131.26.2–05.02.МПО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1	2	3
N915 G40 X149.737 N920 G00 Z3.097	N1845 X269.916 Z1.654 N1850 G01 G42 X267.0 Z-0.968 F0.152	N2790 G00 X106.0 N2795 Z-76.941
N925 G01 G42 X135.794 N930 Z-1.9 N935 G40 X145.765 N940 G00 Z3.097 N945 G01 G42 X131.822 N950 Z-1.9	N1855 X269.968 Z-93.0 N1860 G40 X275.968 N1865 G00 X282.968 Z-92.984 N1870 Z9.0 N1875 M9 N1880 G28 U0 W0	N2800 G01 X99.883 N2805 X95.883 Z-78.941 N2810 G03 X95.6 Z-79.0 R0.2 N2815 G01 X93.0 N2820 Z-81.0 N2825 G00 X106.0 N2830 X149.6 Z9.8 N2835 M9 N2840 G28 U0 W0 M05 N2845 M30 %

					<i>КНУ.КБР.131.26.2–05.02.МПО</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

Для технологічного процесу механічної обробки барабану фрикціону необхідно спроектувати пристосування на свердлильну операцію №035. Операція виконана на верстаті з ЧПК, для неї проектуємо переналагоджуване пристосування.

Крім того, необхідно для контрольної операції спроектувати пристосування, яке дозволяє контролювати точність взаємного розташування поверхонь деталі Барабан фрикціону, а саме параметрів перпендикулярності, співвісності поверхонь відносно базового шліцевого отвору.

3.1 Проектування пристосування для свердлильної операції

Для свердлильної операції обробки отвору $\varnothing 8$ мм і різьбових отворів M14x1,5, розташованих по окружності $\varnothing 246$ мм в пазах шириною 70 мм, яка виконується на Вертикальний оброблюючий центр MCV1000SPRINT 5AX, розмір столу якого дорівнює 710x400 мм, пропонується використовувати збірно-розбірне пристосування, яке збирається з деталей і вузлів комплексу СРП–УПУ ДСТУГОСТ 21676-76.

Базування деталі здійснюється по центральному шліцевому отвору і торцю. У якості установлювального елемента використовується спеціальна шліцева оправка з центральним отвором.

Базовим елементом пристосування є кругла плита з гідравлічним приводом 7021-0362 ДСТУГОСТ 21676-76. Оправка встановлюється на плиту і центрується відносно вісі плити за допомогою циліндричного пояску $\varnothing 40$ мм, кріплення оправки до плити здійснюється 4-ма болтами 7002-2519 ДСТУГОСТ 13152-67 і гайками 7003-0304 ДСТУГОСТ 8918-69.

Деталь, яка оброблюється, встановлюється на оправку і затискається через тягу і швидкозмінну шайбу 7019-0489 ДСТУГОСТ 4087-69 гідравлічним циліндром, який вбудовано в корпус плити.

Пристосування встановлюється на столі верстату і кріпиться за допомогою болтів і гайок, центрування здійснюється по штифтам.

Точностні параметри пристосування визначаємо виходячи зі схеми базування деталі, компонування пристосування і точностних характеристик верстату.

					КНУ.КБР.131.26.2–05.03.КПО							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат								
Розроб.		Лісовенко			КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА				Лім.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Цивінда										
Т.Контр.									каф.ТМ гр.ПМ-23ск			
Н. Контр.		Нечаєв										
Затверд.		Рязанцев										

Схема базування для свердлильної операції має вигляд (рис. 3.1).

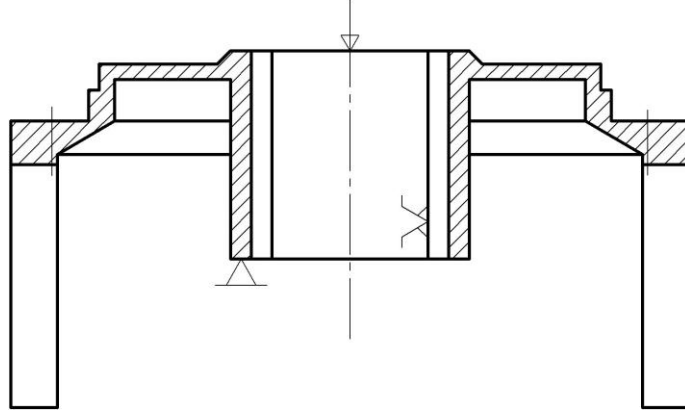


Рисунок 3.1 – Схема базування

Похибка базування при свердлінні отворів визначається виходячи з зазорів у з'єднанні: оправка – оброблюєма деталь.

Оправка виконана з наступними розмірами:

$$D-10 \times 69a11 \times 80h7 \times 12 f9$$

Центрування виконується по зовнішньому діаметру:

$$\varnothing 80 \frac{F8}{h7} \Rightarrow \varnothing 80 \begin{matrix} (+0,076) \\ (+0,030) \\ (-0,030) \end{matrix}$$

Мінімальний зазор у з'єднанні:

$$S_{max} = ES - ei = 0,076 - (0,030) = 0,106 \text{ мм}$$

Зазор у з'єднанні по боковим поверхням зубів:

$$12 \frac{H10}{f9} \Rightarrow 12 \begin{matrix} (+0,07) \\ (-0,016) \\ (-0,059) \end{matrix}$$

$$S_{max} = 0,07 + 0,059 = 0,149 \text{ мм}$$

Відповідно максимальне зміщення вісі отворів:

$$\varepsilon_b = \sqrt{0,106^2 + 0,149^2} = 0,18 \text{ мм}$$

Необхідні зусилля затиску оброблюємої деталі визначаємо виходячи з діючих сил різання. Визначаємо сили різання по довідково-нормативним даним.

Для свердління $D = 8 \text{ мм}$, $t = 4 \text{ мм}$ подача $S = 0,2 \text{ мм/об}$ стійкість свердла $T = 25 \text{ мм}$ швидкість різання, крутний момент і сила різання дорівнюють:

$$V = 30,45 \text{ мм/хв}, M = 50,76 \text{ Н}, F = 1514 \text{ Н}$$

					КНУ.КБР.131.26.2–05.03.КПО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Для розсвердлювання в $D = 12,8 \text{ мм}$, $t = 2,4 \text{ мм}$ подача $S = 0,33 \text{ мм/об}$ стійкість свердла $T = 45 \text{ мм}$ швидкість різання, крутний момент і сила різання дорівнюють:

$$V = 34,14 \text{ мм/хв}, M = 90,04 \text{ Н}, F = 828,3 \text{ Н}$$

Згідно з розрахунковими даними силу та зусилля затиску будемо розраховувати по максимальним моментам та силам різання, які прикладаються.

Розрахуємо силу затиску. Схема закріплення деталі для розрахунку сили затиску має вигляд (рис.3.2).

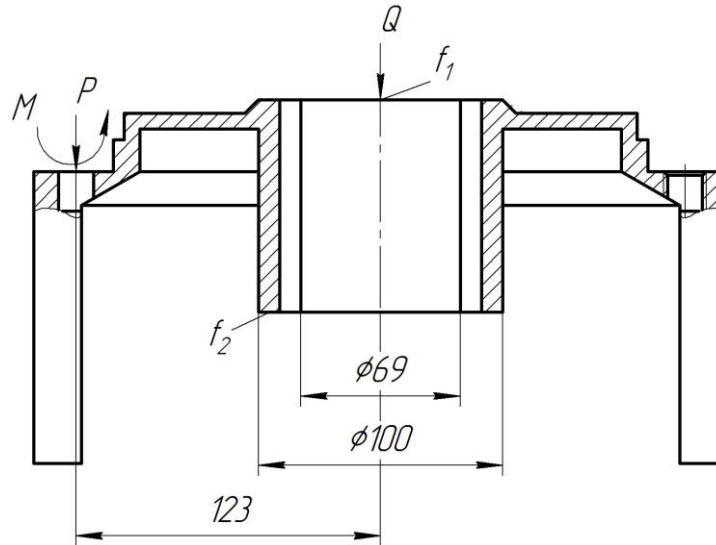


Рисунок 3.2 – Схема закріплення для розрахунку сили затиску

Сила затиску дорівнює:

$$Q = \frac{k \cdot M - f_2 \cdot \frac{1}{3} \left(\frac{100^3 - 69^3}{100^2 - 69^2} \right) \cdot 10^{-3} \cdot P}{f_1 \cdot 123 \cdot 10^{-3} + f_2 \cdot \left(\frac{100^3 - 69^3}{100^2 - 69^2} \right) \cdot 10^{-3}}; \quad (3.1)$$

де $f_1 = f_2 = 0,15$ – коефіцієнти тертя (заготовка контактує з пристосуванням обробленими поверхнями).

k – коефіцієнт запасу, який дорівнює:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (3.2)$$

де $k_0 = 1,5$ – гарантований коефіцієнт запасу для сталі

$k_1 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує нерівності поверхонь (поверхні оброблені);

$k_2 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання від прогресуючого затуплення інструменту;

					KНУ.КБР.131.26.2–05.03.КПО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$k_3 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує збільшення сили різання при переривчастому різанні;

$k_4 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує постійність сил затиску (при механізованому зажимі);

$k_5 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує ергономіку пристосування;

$k_6 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує наявність моментів, які прагнуть повернути заготовку навколо вісі.

Тоді коефіцієнт запасу дорівнює:

$k = 1,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,5$ – так як $k < 2,5$, то приймаємо $k = 2,5$.

Відповідно, підставляємо відомі нам значення у формулу (3.1), отримаємо:

$$Q = \frac{2,5 \cdot 9,04 - 0,15 \cdot \frac{1}{3} \left(\frac{100^3 - 69^3}{100^2 - 69^2} \right) \cdot 10^{-3} \cdot 1514,5}{0,15 \cdot 0,123 + 0,15 \cdot \left(\frac{100^3 - 69^3}{100^2 - 69^2} \right) \cdot 10^{-3}} = 262,2 \text{ Ї}$$

Визначимо зусилля затиску W при обробці на свердлильному верстаті, при цьому сила затиску має вигляд (рис. 5.3):

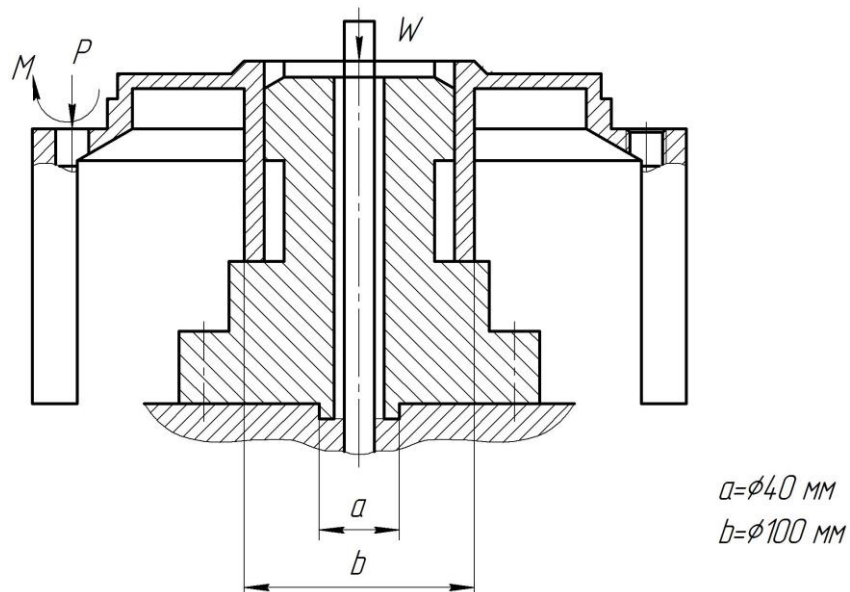


Рисунок 3.3 - Схема затиску для визначення зусилля затиску

Відповідно до схеми затиску зусилля затиску W визначимо з виразу (3.3).

$$W = \frac{k \cdot M}{\frac{f}{3} \cdot \left(\frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \right) \cdot 10^{-3}}; \quad (3.3)$$

					KHУ.КБР.131.26.2–05.03.КПО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$W = \frac{2,5 \cdot 9,04}{\frac{0,15}{3} \cdot \left(\frac{100^3 - 40^3}{100^2 - 40^2} \right) \cdot 10^{-3}} = 4,2 \text{ тф} ;$$

Виходячи з потрібного зусилля затиску приймаємо гідроциліндр, який створює зусилля за допомогою тягнучої дії 5 кН при тиску в мережі 10 МПа.

Головку тяги перевіряємо з умови дії напружень зрізу, а саму тягу на розтягнення.

Умова міцності на зріз:

$$\tau_{\text{нз}} = \frac{P}{F}; \quad (3.4)$$

де F – площа поперечного перерізу

$$F = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) = \frac{3,14}{4} \cdot (28^2 - 24^2) = 163,28 \text{ см}^2$$

$$\tau_{\text{нз}} = \frac{5000}{163,28} = 30,6 \text{ МПа}$$

Матеріал тяги: Сталь 45 ДСТУ 7809:2015 (НВ 220-260).

Характеристика матеріалу:

$$[\sigma] = 170 \text{ МПа}, [\tau] = 105 \text{ МПа}$$

Відповідно: $\tau_{\text{нз}} < [\tau]$

Умова міцності при розтягненні:

$$\sigma_{\delta} = \frac{P}{F} = \frac{5000}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{5000 \cdot 4}{3,14 \cdot 24^2} = 11,1 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\delta} < [\sigma]$$

Умова міцності при розтягненні і на зріз виконуються.

Виконаємо розрахунок на точність пристосування

$$\varepsilon_{\text{нз}} = \Delta - k_T \cdot \sqrt{(k_{T_1} \cdot \varepsilon_{\text{нз}})^2 + \varepsilon_{\text{нз}} + \varepsilon_{\text{нз}} + \varepsilon_{\text{нз}} + (k_{T_2} \cdot \omega)^2} \quad (3.5)$$

де $T = 0,25$ – допуск розміру, який виконується (позиційний);

$k_T = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує відхилення розсіяння значень складових величин від закону нормального розподілу;

$k_{T_1} = 0,8$ – коефіцієнт, який враховує зменшення граничного значення похибки базування при роботі на налагоджених верстатах;

$k_{T_2} = 0,6$ – коефіцієнт, який враховує частку похибки обробки в сумарній похибці, яка викликається факторами, які не залежать від пристосування.

					КНУ.КБР.131.26.2–05.03.КПО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$\varepsilon_b = 0,18 \text{ мм}$ - похибка базування

$\varepsilon_z = 0,07 \text{ мм}$ - похибка закріплення

$\varepsilon_y = 0,04 \text{ мм}$ - похибка установки пристосування на верстаті

$$\varepsilon_b = \frac{lS}{L} = \frac{246 \times 0,45}{280} = 0,04 \text{ мм} \quad (3.6)$$

де $l = 246 \text{ мм}$ – міжвісьова відстань;

$S = 0,045$ – максимальний зазор між штифтом пристосування і Т-подібним пазом столу верстату;

$L = 280 \text{ мм}$ – відстань між штифтами.

$\varepsilon_b = 0,023 \text{ мм}$ – похибка зносу установних елементів,

$$\text{де } \varepsilon_b = \varepsilon_0 \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 = 0,025 \times 0,97 \times 1,0 \times 0,94 \times 1,0 = 0,023 \text{ мм} \quad (3.7)$$

$\varepsilon_0 = 0,025 \text{ мм}$ – для оправки зі сталі 45 ДСТУ 7809 : 2015

$k_1 = 0,97$ – для незагартованої сталі; $k_2 = 1,0$ – для обробки на верстаті з ЧПК; $k_3 = 0,94$ – для обробки з охолодженням; $k_4 = 1,0$ – для кількості установок $N=500$;

$\omega = 0,15$ – економічна точність обробки (для свердління по 12 квалітету).

Відповідно точність пристосування дорівнює:

$$[\varepsilon_{i\delta}] \leq 0,25 - 1\sqrt{(0,8 \cdot 0,18)^2 + 0,07^2 + 0,04^2 + 0,023^2 + (0,6 \cdot 0,15)^2} = 0,25 - 0,19 = 0,06 \text{ мм}$$

Таким чином ми виконали розрахунок на точність збірно-розбірного пристосування для свердління отворів в деталі Барабан фрикціону на Вертикальний оброблюючий центр MCV1000SPRINT 5AX .

3.2 Проектування контрольного пристосування

3.2.1 Розробка схеми контролю, компоновка пристосування

Необхідно спроектувати пристосування для контролю взаємного розташування поверхонь деталі Барабан фрикціону, а саме неперпендикулярності торцевих поверхонь деталі, поверхні центрального шліцьового отвору, а також неспіввісності зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 220g6$, внутрішньої циліндричної поверхні $\varnothing 200H8$ та зовнішньої циліндричної поверхні маточини $\varnothing 100f$ 9 поверхні центрального шліцьового отвору.

Виходячи з умов, які вимагаються, можна зробити висновок, що базування деталі, яка контролюється, повинно виконуватись по центральному шліцьовому отвору та торцю. Встановлення повинно виконуватись на спеціальну оправку з мінімальним зазором та центруватись по головкам шліців. Згідно рекомендацій [12] зазор в

					КНУ.КБР.131.26.2–05.03.КПО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

з'єднанні оправки з деталлю, яка контролюється, повинен бути в межах 5-10мкм. Схема пристосування приведена на рис.3.4

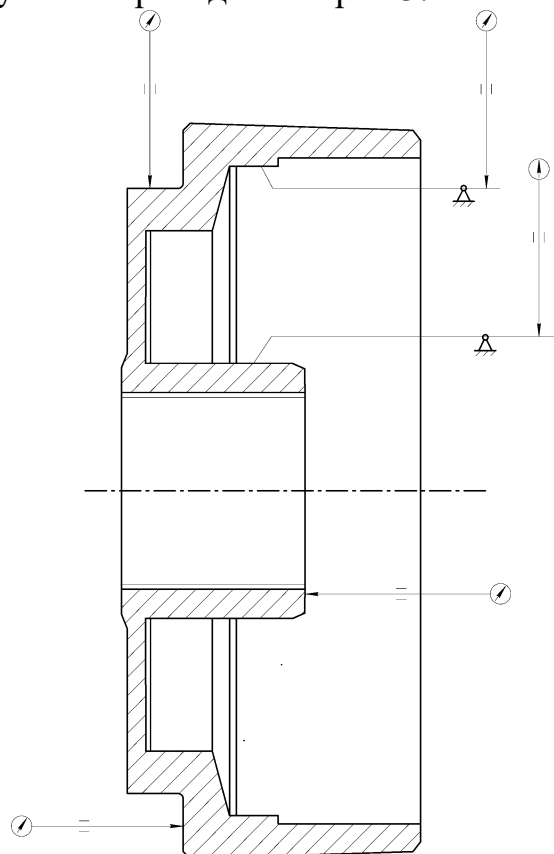


Рисунок 3.4 – Схема пристосування

Конструктивно пристосування виконано наступним чином. На опорній плиті 2 встановлено корпус 3, в якому розміщена шліцьова оправка 4. Оправка встановлена в підшипниках ковзання 5 (втулка з бронзи) та фіксується в осьовому напрямі розрізними шайбами 6. Точність встановлення та положення корпусу на плиті визначається шпонкою 33.

На корпусі 3 встановлено кронштейн 7 з індикаторною головкою, яка визначає положення зовнішньої циліндричної поверхні Ø220g6. На шліцьовий кінець оправки 4 встановлюється деталь, яка контролюється, та прижимається до торця шайбою 17 та гайкою 28. В передній частині плити встановлена бокова стійка 8 з індикатором, який забезпечує контроль неперпендикулярності торцевої поверхні Ø270.

З правої сторони на плиту монтується торцева стійка 9, положення якої відносно корпусу 3 визначається шпонкою 34. На торцевій стійці встановлюється подовжувач 1 з індикатором для контролю неперпендикулярності торцевої поверхні маточини, а також передатний пристрій 12 та 13 з індикатором для контролю відповідно співвісності внутрішньої циліндричної поверхні Ø200H8 та зовнішньої циліндричної поверхні маточини Ø100f9.

Постійність контакту передатного пристрою з вимірюваною поверхнею виконується за допомогою пружини 16.

					КНУ.КБР.131.26.2-05.03.КПО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Порядок виконання контрольних операцій наступний: в вихідному положенні торцева стійка 9 знаходиться в крайньому лівому положенні, на оправку 4 встановлюється деталь, яка контролюється, та закріплюється. Обертаючи деталь разом з оправкою, знімають показання індикаторів на стійках 7 та 8; підводимо торцеву стійку в крайнє ліве положення, забезпечуючи контакт передатних пристроїв з вимірювальними поверхнями, та закріплюємо її; обертаємо деталь та знімаємо показники індикаторів, встановлених на торцевій стійці, після чого відводимо стійку в вихідне положення та знімаємо деталь з оправки.

Контроль взаємного розташування поверхонь виконується непрямым чином по величині торцевого та радіального биття.

Величину неспіввісності (або неконцентричності) зовнішніх та внутрішніх циліндричних поверхонь визначають із співвідношення:

$$\Delta_1 = (A_1 - A_2) / 2, \quad (3.8)$$

де A_1 та A_2 – величина радіального биття поверхонь відносно базового отвору у двох діаметрально протилежних точках.

Величину неперпендикулярності торцевих поверхонь визначаємо із співвідношення:

$$\Delta_2 = (B_1 - B_2), \quad (3.9)$$

де B_1 та B_2 – величина торцевого биття поверхонь, максимально та мінімально виміряна у двох діаметрально протилежних точках при обертанні деталі, яка контролюється, на 1 оберт.

3.3 Розрахунок точності пристосування

Допустиму сумарну похибку вимірювання визначаємо виходячи із призначення деталі. Так як деталь працює у складі коробки передач автомобіля, приймаємо похибку 20% від допуску на параметр, який контролюється.

Допуск на неперпендикулярність та неспіввісність вимірюваних поверхонь складає $T = 0,05 \text{ мм} = 50 \text{ мкм}$, отже допустима похибка вимірювань складатиме:

$$[\Delta] = 0,2 \cdot T = 0,2 \cdot 50 = 10 \text{ мкм} \quad (3.10)$$

В якості вимірювального пристрою приймаємо індикаторну головку 1ИГ ДСТУГОСТ 18833-73, ціна поділу 1 мкм, похибка вимірювання $\pm 0,7 \text{ мкм}$.

Сумарну помилку вимірювання визначаємо згідно виразу:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{л.р.} + \Delta_{н.у.} + \Delta_{у.е.} + \sqrt{\Delta_{\sigma}^2 + \Delta_{деф}^2 + \Delta_{с.л.}^2 + \Delta_{з}^2 + \Delta_{ин}^2}, \quad (3.11)$$

					КНУ.КБР.131.26.2–05.03.КПО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Виходячи з компоновки пристосування схеми контролю, аналіз виразу 1 показує, що при контролі різноманітних параметрів та поверхонь буде різна й помилка вимірювання, тому розглядаємо окремо контроль кожного параметра та поверхні.

При контролі радіальних відхилень :

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{п.у.} + \Delta_{у.е.} + \sqrt{\Delta_{\delta}^2 + \Delta_{с.л.}^2 + \Delta_3^2 + \Delta_{ин}^2}, \quad (3.12)$$

$\Delta_{п.у.}$ – похибка передатних пристроїв, $\Delta_{п.у.}=0$.

$\Delta_{у.е.}$ – похибка виготовлення встановлювальних елементів, тобто неспіввісність базових шийок оправки та посадкового місця під деталь, яка контролюється;

Δ_{δ} – похибка базування, так як установча та вимірювальна бази співпадають, то $\Delta_{\delta}=0$;

$\Delta_{сл}$ – випадкові похибки; $\Delta_{сл}=0,03 \cdot 0,05=0,0015\text{мм}$;

Δ_3 – похибки закріплення;

$\Delta_3 = 0$, тому що зусилля затиску мають напрям перпендикулярний вимірюваним параметрам;

$\Delta_{ин}$ – похибка вимірювального пристрою; $[\Delta_{ин}]=0,0014\text{мм}$.

Вважаємо, що $\Delta_{\Sigma}=[\Delta]$, тоді

$$\Delta_{у.е.} = [\Delta] - \sqrt{\Delta_{\delta}^2 + \Delta_{с.л.}^2 + \Delta_3^2 + \Delta_{ин}^2} = 0,01 - \sqrt{0,0015^2 + 0,0014^2} = 0,008\text{мм} = 8\text{мкм}, \quad (3.13)$$

тобто неспіввісність посадкових шийок оправки Ø70g5 та шліцьової шийки під установку деталі, яка контролюється, не більше 0,008мм.

При контролі торцевих відхилень

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{у.е.} + \sqrt{\Delta_{\delta}^2 + \Delta_{с.л.}^2 + \Delta_3^2 + \Delta_{ин}^2}, \quad (3.14)$$

де $\Delta_{у.е.}$ – похибка виготовлення встановлювальних елементів, тобто неперпендикулярність поверхонь стійки поз.9 та непаралельність шпонки поз.33 вісі оправки поз.4;

$\Delta_{\delta}=0$, так як установча та вимірювальна бази співпадають;

$\Delta_{сл}$ – випадкові похибки; $\Delta_{сл}=0,0015\text{мм}$;

$\Delta_{ин}$ – похибка вимірювального пристрою; $[\Delta_{ин}]=0,0014\text{мм}$.

Δ_3 – похибки закріплення зв'язана з не перпендикулярністю упорного торця оправки шліцьової поверхні оправки; $\Delta_3 = 0,005\text{мм}$.

$$\Delta_{у.е.} = [\Delta] - \sqrt{\Delta_{\delta}^2 + \Delta_{с.л.}^2 + \Delta_3^2 + \Delta_{ин}^2} = 0,01 - \sqrt{0,0015^2 + 0,0014^2 + 0,005^2} = 0,005\text{мм} = 5\text{мкм}, \quad (3.15)$$

					КНУ.КБР.131.26.2–05.03.КПО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу

В проектуємому технологічному процесі на токарній обробці деталі барабан фрикціону замість токарно-гвинторізного верстатів моделі 16K20, як було у базовому технологічному процесі застосовані верстати числовим програмним керуванням моделі KOVOSVIT MAS S80i .

Вихідні дані					
Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	16K20	16K20	16K20	4-ий верстат	KOVOSVIT MAS S80i
Деталь					
Річний обсяг випуску деталей N, шт.	1500				1500
Кількість запусків партій деталей в рік, шт	12				12
Тривалість випуску деталей Z, років	3				3
Штучний час обробки деталі tшт, хв.	53	42	24		60,98
Час наладки верстата, хв.	160	160	160		120
Розряд:					
	5				5
	4	3			2
	3	3			5
наладчика інструменту		4			4
Кількість кадрів програми, шт.					300
Вартість заготовки Sзаг, грн.	618,43				618,43
Вартість комплексу спец. пристосувань Кпр, грн	0	0	0		0
Оптова ціна на прокат одного УСП Цусп, грн					
Середній час налагодження за прибором	0	0			10
Середня кількість граней пластинки, шт.	1	1	1		3
Коефіцієнт, що враховує питому вагу основного часу в штучному Kт	0,083	0,083			0,083
Вартість одного кадру ПК, грн.					8,9
Вартість розробки ПК Крк, грн.					2300
Середньочасова зарплата робітника, грн:					
верстатника Нст	33,6	32,3	32,3		30,1
наладчика Ннал	33,6	28,2	28,2		34,3
наладчика інструмента Нін	25	25	25		31,1
контролера Нк	29,8				29,8

КНУ.КБР.131.26.2–05.04.ОЕП

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			
Розроб.	Лісовенко				ОРГАНІЗАЦІЙНО- ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА	Літ.	Арк.
Перевір.	Цивінда						Аркушів
Т.Контр.							
Н. Контр.	Нечаєв					каф.ТМ гр.ПМ-23ск	
Затверд.	Рязанцев						

Верстати					
Клас точності верстата	Н	Н	Н		А
Маса верстата, т	30	30	30		50
Габарити верстата (довжина х ширина), м.	5,495 х 4,55	5,495 х 4,55	5,495 х 4,55		9,4 х 6,4
Габарити пристрою ЧПК, м					0,5 х 0,5
Тип пристрою ЧПК					FANUC 0iMF
Строк служби верстата до капітального ремонту Т _{рл} , років	7	7	7		10
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	10	10	10		50

Категорія складності ремонту верстата ЕРС:					
механічної частини R _м	51	51	51		60
електротехнічної частини R _е	43	43	43		70
Кількість верстатів, що обслуговує один робочий d, шт	1	1	1		2
Оптова ціна верстата Ц, грн.	110000	1100000	110000		2200000
Коефіцієнт завантаження верстата η_z	0,75	0,75	0,78		0,95
Площа верстата за габаритами A, м. кв.	25,0	25,0	25,0		45,0
Площа пристрою ЧПК A _y , м. кв.					0,25
Витрати на одну одиницю ЕРС верстата, грн.					
механічної частини H _м	401	401	401		272
електротехнічної частини H _е	86	86	86		60
Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК Q, грн.	0	0			1950
Коеф., що враховує додаткову площу верстата, γ	2,5	2,5	2,5		2
Коеф., що враховує клас точності верстата, μ	1	1	1		1,8
Ефективний річний фонд часу роботи верстата $\Phi_{об}$, год	3975	3975	3975		4015

					КНУ.КБР.131.26.2–05.04.ОЕП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Вартість 1 м. кв. площі механічної Цплзд., грн	500				500
Вартість 1 м. кв. площі, що займають службово-побутові приміщення Цсл. поб., грн	1000				1000
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			200

Розрахунок допоміжних показників					
Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	16K20	16K20	16K20	4-ий верстат	16K20
Трудомісткість обробки Тшт, год	400	400	600	0	1500
Час наладки верстата впродовж року Тн, год	32	32	32	0	24
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року Тнів, год	0	0,00	0	0	20,00
Час контролю деталей впродовж року Тк, год	33,2	33,2	0	0	124,5
Кількість верстатників Рст, чол. (розрах.)	0,22	0,22	0,32	0,00	0,40
(дійсна)	1	1	1	0	1
Кількість наладчиків верстатів Рн, чол. (розрахункова)	0,0172	0,0172	0,0172	0,0000	0,0129
(дійсна)	1	1	1	0	1
Кількість наладчиків інструмента поза верстатом Рнив, чол. (розрахункова)	0	0,0000	0	0	0,01075
(дійсна)	0	0	1	0	1
Кількість контролерів Рк, чол. (розрах.)	0,02	0,02	0,000	0,00	0,07
(дійсна)	1				1
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК Рдод, чол (розрахункова)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
(дійсна)	0	0	0	0	1
Загальна кількість працівників на річну програму випуску деталей, чол.	8				5
Частка завантаження верстата обробкою деталі в обсязі річного випуску β	0,14	0,18	0,2038	0,000	0,40

					КНУ.КБР.131.26.2–05.04.ОЕП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1. Зарплата верстатника (основна та додаткова) I_z

$$I_z = N_{ст.зг} \cdot T_{шт} / d$$

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

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

d – кількість верстатів, які обслуговує один робочий

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

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

Z_d – додаткова заробітна платня, 8%

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

$C_{прем}$ – преміальні доплати, 35%

$$T_{шт} = t_{шт} \cdot N / 60$$

2. Зарплата за наладку верстата I_n

$$I_n = N_{нал.зг} \cdot T_n$$

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

T_n – час наладки верстата впродовж року, год

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

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

Z_d – додаткова заробітна платня, 8%

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

$C_{прем}$ – преміальні доплати, 30%

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

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

j_p – кількість запусків партій деталей за рік

Базовий варіант					Новий варіант			
16K20	$I_z = N_{ст.зг} \cdot T_{шт} / d$				KOVOSVIT MAS S80i	$I_z = N_{ст.зг} \cdot T_{шт} / d$		
	22339	55,85	400	1		37522	50,03	1500
16K20	$I_z = N_{ст.зг} \cdot T_{шт} / d$				Всього I_{z2}	37522		
	21098	52,74	400	1				
16K20	$I_z = N_{ст.зг} \cdot T_{шт} / d$							
	32212	53,69	600	1				
4-ий верстат	$I_z = N_{ст.зг} \cdot T_{шт} / d$							
	0	0	0	0				
Всього I_{z1}	75649							

Базовий варіант				Новий варіант			
16K20	$I_n = N_{нал} \cdot T_n$			KOVOSVIT MAS S80i	$I_n = N_{нал} \cdot T_n$		
	1690,73	52,84	32		1294,47	53,94	24
16K20	$I_n = N_{нал} \cdot T_n$			Всього I_{n2}	1294,47		
	1419,01	44,34	32				
16K20	$I_n = N_{нал} \cdot T_n$						
	1419,01	44,34	32				
4-ий верстат	$I_n = N_{нал} \cdot T_n$						
	0,00	0,00	0				
Всього I_{n1}	4528,74						

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

$$I_{ин} = N_{ин} \cdot T_{ин}$$

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

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

$$T_{ин} = 1,3 \cdot t_{ин} \cdot T_{шт} \cdot k_T / (T \cdot n\Gamma)$$

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;

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

T – середній період стійкості інструменту, хв.;

$n\Gamma$ – кількість граней пластинки, що не переточується

Базовий варіант				Новий варіант			
16K20	$I_{ин} = N_{ин} \cdot T_{ин}$			KOVOSVIT MAS S80i	$I_{ин} = N_{ин} \cdot T_{ин}$		
	0	25	0		1112,00	55,6	20,00
16K20	$I_{ин} = N_{ин} \cdot T_{ин}$			Всього $I_{ин2}$	1112,00		
	0,00	31,1	0,00				
16K20	$I_{ин} = N_{ин} \cdot T_{ин}$						
	0,00	25	0				
4-ий верстат	$I_{ин} = N_{ин} \cdot T_{ин}$						
	0,00	0	0				
Всього $I_{ин1}$	0,00						

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

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

16K20	$I_{пк} = K_{пк} / Z$		
	0	0	1500

4-ий верстат	$I_{пк} = K_{пк} / Z$		
	0	0	1500

Базовий варіант				Новий варіант			
16K20	$I_{пк} = K_{пк} / Z$			KOVOSVIT MAS S80i	$I_{пк} = K_{пк} / Z$		
	0	0	3		766,6667	2300	3
16K20	$I_{пк} = K_{пк} / Z$			Всього $I_{пк2}$	766,666667		
	0,00	0	3				
Всього $I_{пк1}$	0,00						

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

КНУ.КБР.131.26.2–05.04.ОЕП

Арк.

6. Витрати на прокат універсально-збірних пристосувань при їх використанні $I_{усп}$

$$I_{усп} = Ц_{усп} \cdot j_p$$

де $Ц_{усп}$ – оптова ціна за прокат одного пристосування, грн

Базовий варіант			Новий варіант		
16K20	$I_{усп} = Ц_{усп} \cdot j_p$		KOVOSVIT MAS S80i	$I_{усп} = Ц_{усп} \cdot j_p$	
	0	0 12		0	0 12
16K20	$I_{усп} = Ц_{усп} \cdot j_p$		Всього $I_{усп2}$	0	
	0	0 12			
16K20	$I_{усп} = Ц_{усп} \cdot j_p$				
	0	0 12			
4-ий верстат	$I_{усп} = Ц_{усп} \cdot j_p$				
	0	0 12			
Всього $I_{усп1}$		0			

7. Амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання I_a

$$I_a = K_6 \cdot A$$

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

- для верстатів масою до 10 т, які оброблюють деталі металевими та абразивними інструментами, відповідно – 0.053 та 0.056;
- для верстатів масою вище 10 т – 0.04 та 0.042 відповідно

Базовий варіант			Новий варіант		
16K20	$I_a = K_6 \cdot A$		KOVOSVIT MAS S80i	$I_a = K_6 \cdot A$	
	701,34	17534 0,04		17424,00	435600 0,04
16K20	$I_a = K_6 \cdot A$		Всього I_{a2}	17424,00	
	8712,00	217800 0,04			
16K20	$I_a = K_6 \cdot A$				
	0,00	24664 0			
4-ий верстат	$I_a = K_6 \cdot A$				
	0,00	0 0			
Всього I_{a1}		9413,34			

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

$$I_{пл} = H_{пл} \cdot (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$$

де $H_{пл}$ – 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	$I_{пл} = H_{пл} \cdot (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$					KOVOSVIT MAS S80i	$I_{пл} = H_{пл} \cdot (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$				
	1630,34	180	25,00225	0	2,5 0,14		7232	200	45	0,25 2 0,40	
16K20	$I_{пл} = H_{пл} \cdot (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$					Всього $I_{пл2}$	7231,93				
	2025,18	180	25,00225	0	2,5 0,18						
16K20	$I_{пл} = H_{пл} \cdot (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$										
	0,00	0	25	0	2,5 0,20						
4-ий верстат	$I_{пл} = H_{пл} \cdot (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$										
	0,00	0	0	0	0 0,00						
Всього $I_{пл1}$					3655,52						

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

$$I_{сл} = H_{пл} \cdot A_6 \cdot (P_{ст} + P_n + P_{дод} + P_k)$$

Базовий варіант						
$K_{сл} =$	$Ц_{пл.6}$	A_6	$(P_{ст} + P_n + P_{дод} + P_k)$			
56000	1000	7	3	4	0	1
Всього $K_{сл1}$				56000		
Новий варіант						
$K_{сл} =$	$Ц_{пл.6}$	A_6	$(P_{ст} + P_n + P_{дод} + P_k)$			
35000	1000	7	1	2	1	1
Всього $K_{сл2}$				35000		

10. Витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання I_p

$$I_p = (H_m \cdot R_m + H_n \cdot R_n) \cdot \mu \cdot \beta$$

де H_m, H_n – витрати на одиницю ремонтної складності відповідно механічної та електротехнічної частин, грн;

R_m, R_n – 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						Новий варіант					
16K20	$I_p = (H_m \cdot R_m + H_n \cdot R_n) \cdot \mu \cdot \beta$					KOVOSVIT MAS S80i	$I_p = (H_m \cdot R_m + H_n \cdot R_n) \cdot \mu \cdot \beta$				
	3499,3	401	51	86	43 1 0,14		14757,9	272	60	60 70 1,8	
16K20	$I_p = (H_m \cdot R_m + H_n \cdot R_n) \cdot \mu \cdot \beta$					Всього I_{p2}	14757,9				
	4346,8	401	51	86	43 1 0,18						
16K20	$I_p = (H_m \cdot R_m + H_n \cdot R_n) \cdot \mu \cdot \beta$										
	4922,5	401	51	86	43 1 0,20						
4-ий верстат	$I_p = (H_m \cdot R_m + H_n \cdot R_n) \cdot \mu \cdot \beta$										
	0,0	0	0	0	0 0 0,00						
Всього I_{p1}					12768,6						

11. Витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК I_y

$$I_y = Q \cdot \beta$$

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

Базовий варіант			Новий варіант		
16K20	$I_y = Q \cdot \beta$		16K20Ф3	$I_y = Q \cdot \beta$	
	0	0 0,14		779,1	1950 0,40
16K20	$I_y = Q \cdot \beta$		Всього I_{y2}	779,1	
	0	0 0,18			
16K20	$I_y = Q \cdot \beta$				
	0	0 0,20			
4-ий верстат	$I_y = Q \cdot \beta$				
	0	0 0,00			
Всього I_{y1}		0,0			

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

КНУ.КБР.131.26.2–05.04.ОЕП

Арк.

12. Зарплатня контролера Ік

$$I_k = H_k \cdot T_k$$

де H_k – середньочасова заробітна платня контролера 5-го розряду, грн.;

T_k – час контролю деталей впродовж року, год.

Для базових верстатів:

$$T_{k1} = 0,083 \cdot T_{шт}$$

де 0,083 – середньостатистична частка трудомісткості контрольних операцій

Для обробки на верстатах з ЧПК

$$T_{k1} = 0,2 \cdot T_{шт}$$

Базовий варіант				Новий варіант			
16К20	$I_k = H_k \cdot T_k$			KOVOSVIT	$I_k = H_k \cdot T_k$		
	989,36	29,8	33,20	MAS S80i	3710,1	29,8	124,5
16К20	$I_k = H_k \cdot T_k$			Всього Ік2	3710,1		
	989,36	29,8	33,20				
16К20	$I_k = H_k \cdot T_k$						
	0,00	29,8	0,00				
4-ий верстат	$I_k = H_k \cdot T_k$						
	0,00	29,8	0,00				
Всього Ік1	1978,72						

Собівартість механічної обробки річного випуску деталей

$$C = I_3 + I_4 + I_{из} + I_{изк} + I_{пр} + I_{усп} + I_а + I_{пл} + I_{сл} + I_р + I_у + I_k,$$

де I_3 – зарплатня верстатника;

I_4 – зарплатня за наладку верстата;

$I_{из}$ – зарплатня налагоджувальника інструмента поза верстатом $I_р$ – витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання;

$I_{изк}$ – витрати на підготовку та поновлення керуючої програми $I_у$ – витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК;

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

$I_{усп}$ – витрати на прокат універсально-зорних пристосувань при їх використанні;

$I_а$ – амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання;

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

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

$$C_1 \text{ на деталь} = 109,33$$

$$C_2 \text{ на деталь} = 76,34$$

I_3	I_4	$I_{из}$	$I_{изк}$	$I_{пр}$	$I_{усп}$	$I_а$	$I_{пл}$	$I_{сл}$	$I_р$	$I_у$	I_k	
75649	4528,74	0,00	0,00	0	0	9413,34	3655,52	56000	12768,6	0,0	1978,72	= 163993,58
37522	1294,47	234,00	766,66667	0	0	17424,00	3024,00	35000	14757,9	779,1	3710,1	= 114512,66

1. Балансова вартість верстата Кі

$$K_0 = C \cdot \alpha \cdot \beta$$

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

$$\beta = T_{шт} + T_n / (F_{об} \cdot \eta_p)$$

Базовий варіант				Новий варіант			
16К20	$K_0 = C \cdot \alpha \cdot \beta$			KOVOSVIT	$K_0 = C \cdot \alpha \cdot \beta$		
	17534	110000,00	1,1	MAS S80i	435600	2200000,00	1,1
16К20	$K_0 = C \cdot \alpha \cdot \beta$			Всього К02	435600		
	217800	1100000,00	1,1				
16К20	$K_0 = C \cdot \alpha \cdot \beta$						
	24664	110000	1,1				
4-ий верстат	$K_0 = C \cdot \alpha \cdot \beta$						
	0	0	1,1				
Всього К01	259998						

2. Вартість приміщень, які займає верстат Кк

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

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

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

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

γ – коефіцієнт, який враховує додаткову площу

Базовий варіант				Новий варіант			
16К20	$K_k = C_{пл.л} (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$			KOVOSVIT MAS S80i	$K_k = C_{пл.л} (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$		
	4529	500	25,00225	0	8145	500	45
16К20	$K_k = C_{пл.л} (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$			Всього Кк2	8145,00		
	5626	500	25,00225				
16К20	$K_k = C_{пл.л} (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$						
	6370	500	25				
4-ий верстат	$K_k = C_{пл.л} (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$						
	0	500	0				
Всього Кк1	16524						

3. Вартість службово-побутових приміщень Ксл

$$K_{сл} = C_{пл.б} \cdot A_б \cdot (P_{ст} + P_n + P_{дод} + P_k)$$

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

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

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

P_k – кількість контролерів

Базовий варіант						
$K_{сл} = C_{пл.б} \cdot A_б \cdot (P_{ст} + P_n + P_{дод} + P_k)$						
56000	1000	7	3	4	0	1
Всього Ксл1	56000					
Новий варіант						
$K_{сл} = C_{пл.б} \cdot A_б \cdot (P_{ст} + P_n + P_{дод} + P_k)$						
28000	1000	7	1	2	0	1
Всього Ксл2	28000					

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

КНУ.КБР.131.26.2–05.04.ОЕП

Арк.

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

$$K_{вез} = 3 \cdot n'' \cdot (S_{заг} + C / N_{річн} \cdot 0,5) \cdot \beta$$

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

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

$$n'' = N_{річн} / j_p$$

$S_{заг}$ – вартість заготовки, грн;

C – собівартість механічної обробки річного випуску деталей, грн;

0,5 – коеф. наростання витрат

Базовий варіант						
$K_{вез} =$	3	$\cdot n''$	$\cdot (S_{заг} + C / N_{річн} \cdot 0,5) \cdot \beta$			
133460,45	125	618,43	163993,58	1500	0,53	
Всього $K_{сл1}$	133460					

Новий варіант						
$K_{вез} =$	3	$\cdot n''$	$\cdot (S_{заг} + C / N_{річн} \cdot 0,5) \cdot \beta$			
88641,12	125	618,43	114512,66	1500	0,36	
Всього $K_{сл1}$	88641					

Капітальні вкладення споживача

$$K = K_6 + K_{зд} + K_{сл} + K_{вез} + K_{лр} + K_{л.у.}$$

де K_6 – балансова вартість верстата, грн;

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

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

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

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

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

	Кб		Кзд		Ксл		Квез		Кпр		Кп.у.		
K1 =	259998	+	16524	+	56000	+	133460	+	0	+	0	=	465983
K2 =	435600	+	8145.00	+	28000	+	88641	+	0	+	2300	=	562686.12

Приведені витрати			
$3_1 =$	C_1	+	$E_n \cdot K_1$
233891	163994		0,15 465983
$3_2 =$	C_2	+	$E_n \cdot K_2$
198916	114513		0,15 562686

Строк окупності				
$T_{ок} =$	$(K_2 - K_1) / (C_1 - C_2)$			
1,954	562686,12 465983	163993,58	114512,66	

Річний економічний ефект		
$E =$	$3_1 - 3_2$	
34975,39	233891 198916	

Висновок; Впровадження верстату з ЧПК KOVOSVIT MAS S80i на токарних операціях доцільно. Строк окупності 1.9 рік.

					КНУ.КБР.131.26.2–05.04.ОЕП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

4.2 Реконструкція механоскладальної дільниці

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для проектування

Найменування деталі та матеріал	Програма випуску, шт./рік	$T_{шт.к.}$, хв.	Габарит та вага деталі	Найменування виробу
Барабан	1500	311,87	Ø 270× 125	Гідромеханічні передача

Розрахунок трудомісткості виготовлення деталей:

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

Об'єднуємо операції, що виконуються на одному обладнанні. Розрахунки по визначенню трудомісткостей виготовлення деталей зведемо в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунки трудомісткості виготовлення деталей

Верстат	Операція	$T_{шт.к.}$, хв.	T_P , хв.	T_P , год.
1	2	3	4	5
KOVOSVIT MAS S80i	Токарна з ЧПК	60,98	91470	1524,5
7Б56	Протяжна	1,84	2160	46
MCV1000SP RINT 5AX	Фрезерна з ЧПК	178,31	267465	4457,75
MCV1000SP RINT 5AX	Свердлильна з ЧПК	32,91	49365	822,75
2Н135	Вертикально-свердлильна	13,0	19500	325
3К228В	Внутрішньошліфувальна	6,04	9060	151
2М55	Радіально-свердлильна	18,79	1127,4	18,79
		311,87	467805	7796,75

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

Визначення складу і кількості основного технологічного устаткування виконуємо за формулою:

					КНУ.КБР.131.26.2–05.04.ОЕП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

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

Для верстата моделі KOVOSVIT MAS S80i – $S_p = \frac{1524,5}{2030 \cdot 1 \cdot 0,8} = 0,93$

$F_D = 2030$ $m = 1$ $\eta_3 = 0,8$ Приймаємо 2 верстати

Визначаємо коефіцієнт завантаження верстатів:

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

Для верстата моделі KOVOSVIT MAS S80i – $\eta = \frac{0,93}{2} \cdot 100\% = 46,5\%$

Результати розрахунків зводяться в таблицю 4.3

Таблиця 4.3 – Склад основного технологічного обладнання

Верстат		T_p , год.	S_p	S_{Π}	$\eta_{заг}$, %
1	2	3	4	5	6
KOVOSVIT MAS S80i	Токарна з ЧПК	2032,66	0,5	2	25
7Б56	Протяжна	61,33	0,028	1	2,8
MCV1000SP RINT 5AX	Фрезерна з ЧПК	5943,67	2,7	5	54,8
MCV1000SP RINT 5AX	Свердлильна з ЧПК	1097,0	0,5	1	50
2Н135	Вертикально-свердлильна	433,33	0,23	1	23
3К228В	Внутрішньошліфувальна	201,33	0,092	1	9,29
2М55	Радіально-свердлильна	626,33	0,01	1	1,156
Всього				12	

Середній коефіцієнт завантаження визначаємо за формулою:

$$\eta_3^{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n \eta_3}{n}, \quad (4.5)$$

$$\eta_3^{cp} = 19,7\%$$

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

Всього приймаємо 12 верстатів.

Розрахунок кількості верстатників даної професії виконується за формулою:

$$R_o = \frac{T_p}{F_r \cdot k_m} \quad (4.6)$$

Число працівників приймаємо найближчим більшим цілим числом

Розрахунки заносимо в таблицю 4.4

					КНУ.КБР.131.26.2–05.04.ОЕП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 4.4– Кількість основних працюючих

Верстат	T_p , год.	K_M	Кількість працюючих		
			Розрахун-кова	Прийнята	Професія
1	2	3	4	5	6
KOVOSVIT MAS S80i	2032,66	2	1,1	2	Оператор ЧПУ
7Б56	61,33	1	0,034	1	Протяжник
MCV1000SPRINT 5AX	5943,67	1	3,2	3,робот	Оператор ЧПУ
MCV1000SPRINT 5AX	1097,0	1	0,603	1	Оператор ЧПУ
2Н135	433,33	1	0,23	1	Свердловщик
3К228В	201,33	1	0,11	1	Шліфувальник
2М55	626,33	1	0,34	1	Свердловщик
3К228В	43,33	1	0,024	1	Шліфувальник
3Д723	60,33	1	0,033	1	Шліфувальник
Всього				12	

Кількість основних працюючих – 12 чоловік.

Число допоміжних працівників складає 25% від кількості виробничих працюючих:

$$R_{всп} = 12 \cdot \frac{25}{100} = 3,0; \text{ приймаємо 3 робочих.}$$

Визначимо кількість ІТП – 10...12% від загальної кількості робітників:

$$R_{ИП} = (12 + 3) \cdot \frac{10}{100} = 1,5; \text{ приймаємо 2 працівників ІТП.}$$

Результати розрахунків зводимо у таблицю 4.4

Таблиця 4.4 – Зведена відомість загальної кількості працівників дільниці

Категорія працюючих		Всього	В %-му відношенні від кількості основних працюючих	по змінам І зміна
1		2	3	4
Виробничі працівники:		12	100	12
Допоміжні працівники	ВТК	1	30	3
	Наладчики	1		
	Транспортні працівники	1		
І Т П		2	1,0	2
Всього		17		17

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

					КНУ.КБР.131.26.2–05.04.ОЕП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$S = n \cdot S_c \quad (4.7)$$

$$S = 10 \times 45 + 1 \times 30 + 1 \times 50 = 530 \text{ м}^2$$

1. Розміщення ділянки та загальноцехова інфраструктура

Проектована ділянка, де функціонуватимуть універсальні верстати та обладнання з ЧПК, інтегрується у простір механоскладального цеху. Завдяки такому рішенню більшість забезпечувальних та допоміжних процесів реалізуються на загальноцеховому рівні.

У структурі цеху вже передбачені та функціонують такі підрозділи:

- Складське господарство: склади для заготовок, комплектувальних виробів та готової продукції.
- Технічне забезпечення: інструментальний сектор, заточувальне відділення, склад ПММ та лінія приготування ЗОР.
- Інженерні служби: компресорна станція, а також підрозділи головного механіка й енергетика.
- Контроль якості: загальноцехова служба технічного контролю (ВТК).

З огляду на це безпосередньо на території нової ділянки необхідно облаштувати лише локальні зони: майданчики для збирання стружки, пункти проміжного контролю та підібрати оптимальне підйомно-транспортне обладнання.

2. Система збирання та утилізації стружки

На ділянці діє частково механізована схема очищення робочих зон із використанням загальноцехового транспорту. Процес організовано таким чином:

1. Первинний збір: Стружка від верстатів вручну згрібається у спеціальну тару.
2. Транспортування: Наповнені ємності за допомогою мостового крана переміщуються до цехового відділення переробки відходів.

Зважаючи на обсяги виробництва при 8-годинному робочому дні, кількість відходів не перевищує встановлених лімітів. Тому вивозити стружку з території ділянки достатньо один раз за зміну. Для акумулювання цих відходів заплановано встановити два контейнери розміром $3,0 \times 3,0 \times 3,0$ м кожний.

3. Міжопераційний контроль та внутрішня логістика

Для забезпечення безперервності та якості техпроцесу в міжверстатному просторі облаштовують два контрольні майданчики (розміром $2,5 \times 2,5$ м кожен). Вони виконують подвійну функцію:

- Проведення поточного міжопераційного контролю деталей.
- Тимчасове буферне зберігання напівфабрикатів перед їх передачею на наступне робоче місце.

Важливо: Конкретний тип підйомно-транспортних засобів для переміщення деталей і заготовок (як у межах ділянки, так і між цехами) підбирається індивідуально. Вибір базується на габаритах, масі та

					КНУ.КБР.131.26.2–05.04.ОЕП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

конструктивних особливостях виробів, а також на загальних обсягах виробничої програми.

Таблиця 4.5 – Показники транспортного устаткування дільниці

Група обладнання	Кількість	Тип, модель	Вантажо-підйомність, т	Габаритні розміри, м
1. Кран мостовий	1	Кран мостовий	20	18x4
2. Кран консольний стаціонарний поворотний	1	СКП31 5921	3,2	Висота підйому 4 м, висота крюка 4 м
3. Електрокара транспортна	1	ЕКТ-01	1	2,8x1,2x1,5

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

Приймаємо рекомендовану сітку колон для середнього машинобудування

$$L \times l = 72 \times 18 \text{ м.}$$

Висота будівлі $H = 18 \text{ м}$;

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

Площа дільниці становить 1296,0 м² з урахуванням розвитку виробництва.

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

4.3. Розробка заходів з охорони праці в умовах використання роботизованого обладнання на механічній дільниці

Впровадження роботизованих технологічних комплексів (РТК) на механічній дільниці для обробки деталі «барабан фрикціону» докорінно змінює характер ризиків виробничого середовища. Основними небезпечними факторами є рухомі частини маніпуляторів, висока напруга живлення, підвищений рівень шуму та специфічні вимоги до освітленості зон програмування та налагодження.

Згідно з досвідом, викладеному у [15,16] роботизоване обладнання класифікується як електроустановка напругою до 1000 В. Оскільки механічна дільниця характеризується наявністю струмопровідної підлоги та металевого пилю, приміщення відноситься до категорії з підвищеною безпекою. Для захисту персоналу від ураження струмом при пошкодженні ізоляції передбачено пристрій захисного заземлення.

					КНУ.КБР.131.26.2–05.04.ОЕП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Розрахунок заземлення проводиться за методом коефіцієнта використання. Опір заземлювального пристрою R_z не повинен перевищувати 4 Ом. Кількість вертикальних електродів n розраховується виходячи з питомого опору ґрунту ρ та параметрів куткової сталі. Застосування даної методики дозволяє мінімізувати потенціал на корпусі робота у випадку аварійного режиму.

Безпека праці при експлуатації маніпуляторів забезпечується створенням «зони обмеженого доступу». Для цього використовуються:

- Фізичні огороження (металеві сітки) з блокувальними пристроями на дверцятах.

- Світлові завіси (фотоелектронні бар'єри), що миттєво зупиняють цикл роботи при перетині променя людиною.

- Кнопки аварійної зупинки «E-stop», розташовані як на пульті керування (teach pendant), так і по периметру дільниці.

Робота з CAD/CAM системами та налаштування оптичних сенсорів робота потребує високої точності. Розрахунок штучного освітлення проведено методом коефіцієнта використання світлового потоку. Згідно з нормативами для механоскладальних цехів (розряд зорової роботи III-IV), освітленість на робочих поверхнях має становити не менше 300-500 лк. Вибір люмінесцентних або LED-ламп здійснюється з урахуванням мінімізації стробоскопічного ефекту, який є вкрай небезпечним при роботі з частинами, що обертаються.

Приводи роботів та процеси різання створюють акустичне навантаження. Для дільниці розраховано сумарний рівень звукового тиску. У разі перевищення норми (80 дБА), передбачено використання звукопоглинальних екранів навколо дільниці та індивідуальних засобів захисту для наладчика. Ефективність звукоізоляції R розраховується за частотними характеристиками матеріалів огороження.

Механічна дільниця за ПУЕ відноситься до зон класу П-Па (наявність горючого пилу або волокон). Заходи включають встановлення автоматичної пожежної сигналізації та забезпечення первинними засобами пожежогасіння (вуглекислотні вогнегасники ОВУ для електроустановок).

Виконання зазначених інженерних заходів на основі розрахунків дозволяє створити безпечні умови праці, що відповідають сучасним стандартам автоматизованого виробництва.

					КНУ.КБР.131.26.2–05.04.ОЕП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ВИСНОВОК

Дана робота представляє собою реальний інноваційний процес конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталі барабан фрикціону самоскиду.

Вдосконалений типовий технологічний процес обробки деталі барабан, складання вузла та технологічний процес відновлення деталі вал з метою підвищення продуктивності обробки та якості поверхонь.

Для досягнення поставленої мети була передбачена сучасна технологічна підготовка виробництва. Проведені техніко-економічні обґрунтування вибору заготовки та використання верстатів з ЧПК. На основі розрахунку ефективності вибраний оптимальний технологічний процес.

Для проектування технологічного процесу складання був проведений розмірний аналіз ланцюгів та вибраний оптимальний метод складання. Ним виявився метод компенсації за рахунок прокладок.

На проектованій ділянці запропоновані заходи по забезпеченню охорони праці при обробці та відновленні деталей в мовах використання роботизованого обладнання на механічній ділянці.

					<i>КНУ.КБР.131.26.2–05.В</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>	<i>ВИСНОВКИ</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Лісовенко</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Цивінда</i>					
<i>Т.Контр.</i>							
<i>Н. Контр.</i>		<i>Нечаєв</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Рязанцев</i>			<i>каф.ТМ гр.ПМ-23ск</i>		
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 7806:2015 Прокат з легованої конструкційної сталі
2. ДСТУ EN 10250-1:2008 Поковки сталеві ковані для машинобудування
3. ДСТУ 2500-94 Основні норми взаємозамінності. Єдина система допусків та посадок. Терміни та визначення. Позначення та загальні норми.
4. ДСТУ 2413-94 Основні норми взаємозамінності. Шорсткість поверхні.
5. ДСТУ 2498-94 Основні норми взаємозамінності. Допуски форми та розташування поверхонь. Терміни та визначення
6. ДСТУ 2974-95. Технологічне підготування виробництва. Основні терміни та визначення.
7. ДСТУ 2925-94. Якість продукції. Оцінювання якості. Терміни та визначення.
8. 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.
9. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. Навч. посібник - К.: Вища шк. 1993р. 414с.
10. Кіяновський М.В., Цивінда Н.І., Цівко Ф.В. Довідник нормувальника машинобудівного виробництва. – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2008.
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. Дикань С.А. Безпека людини [Текст]: підручник для студ. вищ. закл. / С. А. Дикань, І. О. Іваницька. – Полтава: ТОВ «АСМІ», 2019. – 279 с.
16. Шеремет В.О., Каракаш О.І., Марунчак В.Ф. та ін. Довідниковий посібник керівника та спеціаліста гірничо-металургійного підприємства з охорони праці: Навчальний посібник.-Дніпропетровськ: ПП «Ліра ЛТД», 2005. 850с
17. Єдина система конструкторської документації НАНЕСЕННЯ РОЗМІРІВ І ГРАНИЧНИХ ВІДХИЛІВ (ГОСТ 2.307-2011, ІДТ) ДСТУ ГОСТ 2.307:2013

					<i>КНУ.КБР.131.26.2–05.СВД</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ		
Розроб.		Лісовенко					
Перевір.		Цивінда					
Т.Контр.							
Н. Контр.		Нечаєв					
Затверд.		Рязанцев					
					Літ.	Арк.	Аркушів
					каф.ТМ гр.ПМ-23ск		

18.ДСТУ 3008:2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання

19. ДСТУ 8302:2015. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання

20. ДСТУ EN ISO 7200:2005 Розроблення технічної документації. Графи у штампах та основних написах.

21.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.131.26.2–05.СВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	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 р. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС Виготовлення деталі барабан фрикціону Узгоджено: Керівник Цивінда Н.І.(_____) Розробник Лісовенко Б.О. (_____) 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 «Барабан фрикціону самоскиду» з використанням
CAD/CAM-технологій

Виконав здобувач гр. ПМ-23ск

(підпис)

Богдан ЛІСОВЕНКО

Керівник КБР

(підпис)

Наталія ЦИВІНДА

Нормоконтроль

(підпис)

Василь НЕЧАЄВ

Завідувач кафедри

(підпис)

Антон РЯЗАНЦЕВ

м.Кривий Ріг
2026 р.

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	A4						
Справ. №	A1			КНУКБР.131.26.2-05.БФ	Барабан фрикциону	1	
	A1			КНУКБР.131.26.2-05.БПШ	Барабан (поковка штампована)	1	
	A1			КНУКБР.131.26.2-05.ОЕОБ	Ескізи операцій барабану	1	
	A1			КНУКБР.131.26.2-05.ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження	1	
	A2			КНУКБР.131.26.2-05.ВП	Верстатне пристосування	1	
	A1			КНУКБР.131.26.2-05.КП	Контрольне пристосування	1	
	A1			КНУКБР.131.26.2-05.ПМЦ	План механічного цеху	1	
	A1			КНУКБР.131.26.2-05.ВО	Візуалізація обробки в САМ програмі	1	
Подп. и дата							
Инв. № дубл.							
Взам. инв. №							
Подп. и дата							
Инв. № подл.	Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	КНУКБР.131.26.2-05.ВЕД		
	Разраб.	Лисовенко			Відомість електронних документів КРБ		
	Проб.	Цибінда					
	Н.контр.	Нечасєв					
	Утв.	Рязанцев			Лит. | Лист | Листов		
					1 | 2		
					каф.ТМ гр.ПМ-23ск		

Копировал

Формат A4

