

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

Технологія виготовлення деталі «Колесо зубчасте ЕУ8.174.734»
Назва теми

з використанням верстатів з ЧПК

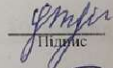
Рівень вищої освіти перший (бакалавр)

Галузь знань 13 механічна інженерія
Шифр і назва галузі знань


Спеціальність 131 прикладна механіка
Шифр і назва спеціальності

Освітня програма «технології машинобудування»
Назва

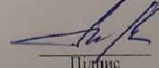
Шифр ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ

Виконав студент 3 курсу група ПМГс-22-2  Феодосіїв Володимир
Шифр Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник канд. техн. наук, доцент  Сергій Бись
Науковий ступінь, звання Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент  Сергій БИСЬ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:

Завідувач кафедри технології машинобудування  Віталій ТКАЧУК
Назва Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Дата «27» 06 2025

Хмельницький 2025

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування
Рівень вищої освіти перший (бакалавр)
Галузь знань 13 механічна інженерія Шифр і назва
Спеціальність 131 прикладна механіка Шифр і назва
Освітня програма «технології машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТМ

Віталій ТКАЧУК

07.02.2025

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ**

Феодосіва Володимира Валентиновича

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема дипломної роботи Технологія виготовлення деталі «Колесо зубчасте БУ8.174.734» з використанням верстатів з ЧПК

керівник роботи Сергій Степанович Бись, к.т.н., доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від 07 лютого 2025 р. № 23

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 10 червня 2023

3 Вихідні дані до проекту (роботи) кресленик деталі «Колесо зубчасте БУ8.174.734» та технічні вимоги до її виготовлення, обсяг випуску тис.

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ

1. Загальний розділ
2. Технологічний розділ
3. Конструкторський розділ
4. Охорона праці

5 Перелік графічного матеріалу: кресленик деталі із 3D моделлю (1 лист А2); графотехнологія (1 лист А1); кресленик карти наладки (1 лист А2); кресленик верстатного пристрою (1 лист А1); кресленик контрольного пристрою (1 лист А2)

6 Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7 Дата видачі завдання 6.03.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Загальний розділ	20.03.2025	
2 Технологічний розділ	20.04.2025	
3 Конструкторський розділ	20.05.2025	
4 Охорона праці	10.06.2025	

Студент


Підпис

Феодосій Володимир
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник проекту (роботи)


Підпис

Сергій Бись
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Феодосіїв Володимир Валентинович на захист дипломного проекту (роботи)
(прізвище, ім'я, по батькові)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Технологія виготовлення деталі «Колесо зубчасте EV8.174.734» з використанням верстатів з ЧПК

Дипломний проект (робота), рецензія і довідка про перевірку на плагіат додаються.

Декан факультету

ОЛЕГ ПОЛІЩУК

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Феодосіїв В.В. з 2022 по 2025 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 0,00 %, добре 23,08 %, задовільно 76,92 %. шкалою ЄКТС: А 0,00 %, В 3,64 %, С 18,18 %, D 21,82 %, E 56,36 %.

Методист факультету

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ)
ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент

Феодосіїв власно приступив до виконання роботи на сумісно працював над її виконанням. При виконанні проявив умовні знання і на винних проявив виключені старанні і досягнув оцінка "добре"

Оцінка дипломного проекту (роботи)

Керівник дипломного проекту

Бисєв Сергій

" 25 " 06 2025 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проект (роботу) розглянуто. Студент Феодосіїв В.В. допускається до захисту цього проекту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

технології машинобудування

Вікторія Радчук

(підпис, ім'я, по батькові)

" 27 " 06 2025 р.

Завідувачу кафедри
Технології машинобудування
Ткаченко В. П.
здобувача вищої освіти (студента)

ПІБ, факультет, «курс», «група»
Федосієв В.В. ФІТА ПМТс 22-2

ЗАЯВА

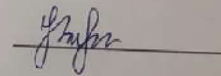
З правилами чинного Положення про систему забезпечення академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті, згідно з яким виявлення академічного плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту і застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на академічний плагіат оповіщений (а) та надаю свою згоду на обробку й збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (StrikePlagiarism та/або Anti-Plagiarism) і використання роботи для виявлення академічного плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота надається для перевірки в електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

25.06.2025р

дата



підпис

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ ТМ

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Назва кваліфікаційної роботи _____
 Автор Федорів А.В.
 Освітня програма технологія машинобудування
 Рівень вищої освіти доклад
 Спеціальність кристаліка металів
 Науковий керівник: Біс С.П.

На основі аналізу кваліфікаційної роботи на дотримання вимог академічної доброчесності (у т.ч. відсутності ознак академічного плагіату) з урахуванням результатів перевірки роботи спеціалізованим програмним засобом(ами) комісія зробила такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Ознаки академічного плагіату	
1.1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є академічним плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту.	✓
1.2	Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована.	
1.3	Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота може бути допущена до захисту після того як буде відкоригована та доопрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
1.4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття текстових запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
2	Інші види порушень академічної доброчесності	

Підтвердження:

АР - 901
КП - 501

Дата 28.06.2015

Завідувач кафедри

Віктор Трошук
 Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Гарант освітньої програми

Володимир Милко
 Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник кваліфікаційної роботи

Сергій Біс
 Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

РЕЦЕНЗІЯ
на дипломний проєкт бакалавра
студента Володимира Феодосієва

на тему: Технологія виготовлення деталі "Колесо зубчасте EY8.174.734" з використанням верстатів з ЧПК

У дипломному проєкті Володимира Феодосієва виконано вдосконалення технологічного процесу механічного оброблення деталі «Колесо зубчасте EY8.174.734»

У загальному розділі обґрунтовано тип виробництва та форму організації робіт, виконано аналіз технологічності конструкції деталі за якісними та кількісними показниками.

У технологічному розділі спроектовано заготовку, розраховані припуски та режими різання, спроектовані операції механічної обробки, виконано технічне нормування операцій.

Розроблені технологічні операції для верстатів з ЧПК 1И661ПМФ3, з використанням у створенні програм керування САМ – пакету ESPRIT.

У конструкторському розділі спроектовано верстатний пристрій для токарної обробки та контрольний пристрій для контролю радіального биття торцю відносно вказаної поверхні.

Загальний висновок та оцінка

У записці та в технічній документації містяться деякі неточності.

Однак дане зауваження носить рекомендаційний характер та не впливає на високу оцінку роботи.

Дипломний проєкт виконано відповідно до завдання на високому інженерному рівні, що заслуговує «добре» оцінки

Рецензент



К. М. Н., д-р. Федор О. П.

«25» червня 2025 р.

Реферат

Дипломного проєкту на тему:

Технологія виготовлення деталі « Колесо зубчасте ЕУ8.174.734» з використанням верстатів з ЧПК

Здобувач: Феодосій Володимир Керівник: к.т.н., доцент Сергій Бись

Дипломний проєкт присвячений удосконаленню технологічному процесу виготовлення корпусу із застосуванням верстатів з ЧПК, а саме фрезерно-розточувальних оброблюючих центрів фірми HAAS США (Швейцарія).

Проаналізувавши існуючий технологічний процес та запропоновано новий технологічний процес виготовлення піввісі із застосуванням верстатів з ЧПК.

Для виконання технологічного процесу виготовлення деталі Ступиця SK-15.80.50 застосоване відповідне обладнання та різальний інструмент, опрацьовані розрахунки припусків, режимів різання та норм часу на виконання операцій оброблення.

Опрацьовані розрахунки верстаних пристроїв для фрезерування та свердлування, з визначенням сили затиску, розрахунком елемента пристрою на міцність, та точність і приведено опис його роботи. Опрацьовані розрахунки контрольного інструменту на точність і приведено опис його роботи.

У розділі охорони праці зазначено правові аспекти з охорони праці, проаналізовано умови праці на предмет безпеки та зазначено заходи з охорони праці для їх покращення.

Дипломний проєкт складається з пояснювально-розрахункової записки на 76 сторінок друкованого тексту, та 7 листів формату А1 графічної частини. Ключові слова: деталь, Колесо зубчасте ЕУ8.174.734, верстат з числовим програмним керуванням (ЧПК), пристрій, інструмент різальний, технологічний процес .

Автор:

Феодосій В.

/Підпис/

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

ЗМІСТ

Вступ	9
1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	10
1.1 Огляд проблеми та визначення цілей дипломного проєкту	10
1.2 Аналіз об'єкту виробництва	11
1.3 Розгляд технологічності конструкції деталі	15
1.4 Попередні визначення типу виробництва	18
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	21
2.1 Характеристика та оцінка діючого технологічного процесу	21
2.2 Вибір заготовки	22
2.3 Вибір технологічних баз	28
2.4 Вибір технологічного маршруту обробки деталей	30
2.5 Розробка технологічних операцій	35
2.6 Розрахунок припусків	35
2.7 Розрахунок режимів різання	41
2.8 Розрахунок норм штучного часу	50
2.9 Оформлення технологічної документації.	53
3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	55
3.1 Розрахунок верстатного пристрою (токарного)	55
3.2 Контрольно-вимірювальний пристрій	60
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	64
ВИСНОВКИ	
ЛІТЕРАТУРА	66

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Доповідь

Тема проекту: Технологія виготовлення деталі «Колесо зубчасте ЕУ8.174.734» з використанням верстатів з ЧПК.

Об'єм пояснювальної записки стор. Графічна частина листів А1.

Метою дипломної роботи є практичне застосування знань і навичок, здобутих під час навчання, для розробки або модернізації технічного об'єкта з урахуванням сучасних вимог до якості, безпеки та економічності.

В ступному розділі розглянуто мету дипломного проекту та поставленні цілі, проведено аналіз об'єкту виробництва тобто креслення, технологічні вимоги, розглянуто технологічність конструкції деталі а також визначенно оптимальний тип виробництва.

В технологічному розділі дана характеристика і оцінка технологічного процесу, вибрано заготовку, технологічні бази та маршрут обробки деталі, виконано розрахунки: величин припусків на поверхні що обробляються, режимів різання, норм часу на виконання операцій а також оформлено технічну документацію.

В конструкторському розділі виконано: розрахунки та проектування двох верстатних пристроїв: 3-х кулачкового патрону з пневмоприводом та для свердлування отвору $\varnothing 10H14$, одного контрольного-вимірювального пристрою та ріжучого інструменту – свердла $\varnothing 10$ мм.

В розділі БЖД наведено характеристику небезпек та шкідливостей розробленого технологічного процесу, організація нормальних мікрокліматичних умов на робочих місцях дільниці, вибір та розрахунок заземлення.

В додатках приведено технологічний процес виготовлення деталі, специфікації, керуюча програма на верстат ЧПК.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

ВСТУП

Машинобудування займає провідне місце серед галузей промисловості, оскільки забезпечує виготовлення технічних засобів, які використовуються практично в усіх сферах людської діяльності — від транспорту й енергетики до сільського господарства та побуту. Рівень розвитку машинобудування є одним із головних показників техніко-економічного прогресу країни. У сучасних умовах глобалізації та стрімкого розвитку технологій зростає потреба у високоефективних, надійних, економічних і екологічно безпечних машинах та обладнанні. Це вимагає від фахівців глибоких знань, творчого підходу до вирішення інженерних задач і постійного вдосконалення професійних компетенцій.

Актуальність теми дипломної роботи зумовлена необхідністю удосконалення існуючих конструкцій, оптимізації виробничих процесів і впровадження новітніх технологій для забезпечення конкурентоспроможності машинобудівної продукції. У межах цієї роботи розглянуто актуальне інженерне завдання, вирішення якого сприятиме підвищенню ефективності та надійності виробу або технологічного процесу.

Метою дипломної роботи є практичне застосування знань і навичок, здобутих під час навчання, для розробки або модернізації технічного об'єкта з урахуванням сучасних вимог до якості, безпеки та економічності.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

1 Загальний розділ

1.1 Огляд проблеми та визначення цілей дипломного проєкту

Рівень розвитку народного господарства значною мірою залежить від темпів науково-технічного прогресу. Підвищення продуктивності праці, ефективності виробництва та якості продукції є ключовими факторами його прискорення. Зростання обсягів виробництва сприяє створенню спеціалізованих діляниць механічної обробки, що дозволяє покращити якість, точність та знизити собівартість продукції.

У масовому та серійному виробництві особливо важливе використання ефективних методів виготовлення заготовок. Застосування верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК), об'єднання кількох операцій на одному верстаті та використання спеціалізованих пристроїв сприяє автоматизації, зменшенню трудових витрат та підвищенню якості продукції.

Метою дипломного проєкту є проєктування технологічного процесу виготовлення деталі «Колесо зубчасте ЕУ8.174.734», впровадження сучасних технологій та розробка конструкцій верстатних і контрольних пристроїв. Технологічний процес розроблено для конкретного підприємства з урахуванням економічної доцільності.

Окрему увагу приділено аналізу стану охорони праці, ідентифікації небезпек та розробці заходів захисту працівників. Також виконано розрахунок економічної ефективності обраного процесу. Під час реалізації проєкту вирішено низку важливих інженерних задач відповідно до сучасних вимог машинобудівного виробництва.

Актуальність теми дипломного проєкту полягає в необхідності удосконалення виробничих процесів шляхом впровадження сучасних

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

технологій та засобів автоматизації, що є запорукою підвищення конкурентоспроможності продукції на ринку. Це особливо важливо в умовах зростаючих вимог до якості, точності та ефективності виробництва.

1.2 Аналіз об'єкта виробництва

1.2.1 Аналіз креслення та технологічних вимог.

Креслення деталі містить повний обсяг інформації, що дозволяє однозначно уявити її конструкцію: всі необхідні проєкції, розрізи, перерізи та виносні елементи чітко і зрозуміло описують форму деталі та можливі методи виготовлення заготовки. На кресленні зазначені всі розміри з відповідними допусками, а також вимоги до шорсткості оброблюваних поверхонь.

Проте на кресленні відсутні допустимі відхилення щодо правильності геометричних форм та взаємного розташування поверхонь. Необхідно додати допуски на перпендикулярність отвору Ø10H8 до осі деталі, а також ввести допуск на радіальне биття торця корпусу.

Крім того, креслення містить всі необхідні відомості про матеріал деталі, умови термічної обробки та масу виробу.

1.2.2 Аналіз конструкції деталі.

Деталь являє собою ступінчастий вал з центральним крізним отвором. За конструкцією та технологічними ознаками корпус відноситься до класу деталей загального машинобудівного призначення — тіл обертання.

Вона призначена для перекачування рідини через центральний отвір. Він приєднується одним торцем до лічильника, а з іншого боку — за допомогою різьбового з'єднання — до магістралі трубопроводу. Використовується у водяному лічильнику для з'єднання з трубопроводом.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

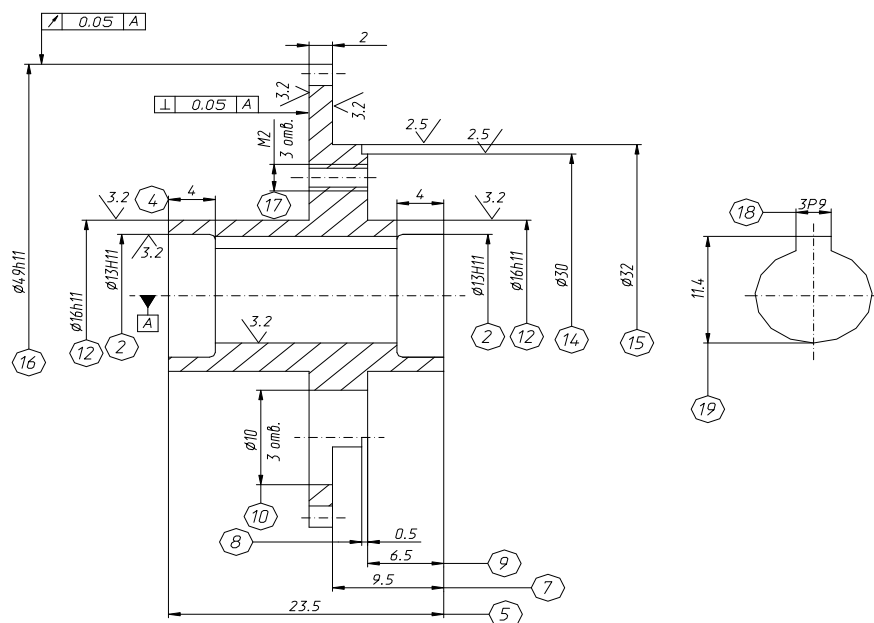
Центральний отвір корпусу деталі виконано за 8-м квалітетом точності з класом шорсткості Ra 1,6 мкм. Ступінчаста циліндрична поверхня — за 11-м квалітетом точності з класом шорсткості Ra 3,2 мкм. Діаметри корпусу зменшуються в одному напрямку, що дозволяє обробляти зубчасте колесо прохідними різцями за одне встановлення з кожного боку.

Для кріплення деталі передбачені 4 отвори діаметром 3 мм. Конфігурація деталі допускає застосування високопродуктивних режимів різання, а достатня жорсткість поверхні забезпечує високу точність обробки. Конструкція також дозволяє поєднувати технологічні та вимірювальні бази.

Допуски розмірів на кресленні відповідають 8, 9, 11 та 14 квалітетам точності. Шорсткість поверхонь варіюється в межах Ra 1,6–6,3 мкм, а просторові відхилення геометричних форм укладаються в межі 14-го квалітету. Допуск радіального биття торця становить 0,05 мм, допуск перпендикулярності отвору — 0,02 мм, що може бути забезпечено на верстатах нормальної точності.

Під час механічної обробки деталі можливо безпосередньо вимірювати розміри, зазначені на кресленні.

Мал. 1.1 - Ескіз деталі.



					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Для виготовлення деталі «колесо зубчасте» вибрана конструкційна легована сталь 4Х13 за ГОСТ 5949-74, яка широко застосовується для виробництва деталей типу шестерень, валів, муфт та інших аналогічних виробів. Ця сталь характеризується високою здатністю витримувати крутільні навантаження, а також добре піддається ковці, штампуванню і механічній обробці різанням. Інформація про хімічний склад сталі 4Х13 за ГОСТ 5949-74 наведена в таблиці 1.2.

Таблиця. 1.1 - Точність розмірів та ступінь шорсткості поверхонь деталі.

Номер поверхні і	Найменування поверхні	Квалітет точності	Допуск	Квалітет шорсткості
1	Ø10H8	8	+22	1.6
2	Ø13H11	11	+110	1.6
10	Ø10H14	14	+360	6.3
12	Ø16h14	14	-430	6.3
13	Ø13h14	14	-430	6.3
14	Ø30h14	14	-520	6.3
15	Ø32h14	14	-520	6.3
16	Ø49h14	14	-520	6.3
Лінійні розміри				
5	23h14	14	-520	6.3
6	2h14	14	-250	6.3
7	9.5h14	14	+360	6.3
8	0.5H14	14	+120	6.3
9	6.5H14	14	+360	6.3
11	4H12	12	+300	6.3
19	11.4H11	14	+430	3.2

Таблиця 1.2 - Хімічний склад сталі 4X13 ГОСТ 5949-74.

Зміст елементів в%						
C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr
			Не більше			
0,38-0,42	0.17-0.37	0.5-0.8	0.04	0.04	0.25	12-14

Таблиця 1.3 - Механічні властивості сталі 4X13 ГОСТ 5949-74.

σ_T , кГ/мм ²	σ_B , кГ/мм ²	δ_5 , %	φ , %	a_n , кГ/см ²	НВ
500	800	16	40	10	217...269

Таблиця 1.4 - Технічні вимоги.

Технічні вимоги	Методи отримання	Методи контролю
<p>Допуск радіального биття зубців Ø49 h11; відносно бази "А" (Ø10H8) не повинен перевищувати 0,05 мм.</p> <p>Допуск перпендикулярності торців колеса не повинен перевищувати 0,06мм. відносно бази "А" (Ø46H8)</p>	<p>Чорнове, чистове точіння при базуванні по базовій поверхні „А”.</p>	<p>За допомогою індикатора в спец. пристосуванні . при базуванні по Ø10H8 в центрах.</p> <p>За допомогою індикатора в спец. Пристосуванні . при базуванні по отв. Ø10H8</p>

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

1.3 Розгляд технологічності конструкції деталі

За своєю формою, конструктивними особливостями та технологічними ознаками деталь «колесо зубчасте» належить до класу загальномашинобудівних деталей — тіл обертання. Її конструкція дозволяє виконувати більшість операцій на верстатах токарної групи.

Основні елементи деталі мають форму циліндрів із шорсткістю поверхні Ra 3,2 мкм, яку можна досягти токарною обробкою. Отвори Ø10H14 з шорсткістю Ra 6,3 мкм, а також різьбові отвори M2, можуть бути виконані на вертикально-свердлильному верстаті з ЧПК. Шпонковий паз обробляється на протяжному верстаті, а зубчасту частину — на зубонарізному.

Деталь має достатню жорсткість, що дозволяє поєднувати кілька переходів обробки без втрати точності. Конструкція сприяє ефективному суміщенню технологічних і вимірювальних баз. Контроль розмірів можливий прямими методами, що спрощує процес контролю якості.

Габарити заготовки можуть бути максимально наближені до готових розмірів деталі, що зменшує обсяг припусків і втрати матеріалу. Матеріал деталі — конструкційна легована сталь 4X13 — дозволяє виготовляти заготовку високопродуктивними методами, такими як штампування або прокат.

Конструкція забезпечує добру доступність для інструмента, що дозволяє застосовувати інтенсивні режими різання та підвищити продуктивність обробки. Деталь також має придатні базові поверхні, що полегшує встановлення та фіксацію під час виготовлення.

Результати аналізу технологічності конструкції зведено в таблицю 1.5.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Таблиця 1.5 - Результати конструкторського аналізу

Найменування поверхонь	Кільк. поверхонь	Кільк. уніфікованих поверхонь	Квалітет точності	Квалітет щрсткості
1	2	3	4	5
Ø10Н8	1	1	8	1.6
Ø13Н11	1	1	11	1.6
Ø10Н14	3	1	14	6.3
1	2	3	4	5
Ø16h14	1	1	14	6.3
Ø13h14	1	1	14	6.3
Ø30h14	1	1	14	6.3
Ø32h14	1	1	14	6.3
Ø49h14	1	1	14	6.3
Лінійні розміри				
23h14	1	1	14	6.3
2h14	1	1	14	6.3
9.5h14	1	1	14	6.3
0.5Н14	1	1	14	6.3
6.5Н14	1	1	14	6.3
4Н12	1	1	12	6.3
11.4Н11	1	1	14	3.2
М2	3	1	8	3,2
Всього:	20	16		

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Кількісна оцінка:

по коефіцієнту уніфікації :

$$K_y = \frac{Q_{y3}}{Q_3}; \quad (1.1)$$

де: Q_{y3} - число уніфікованих елементів;

Q_3 - число елементів.

$$K_v = \frac{16}{20} = 0.8$$

$$0,80 K_y \geq 0,6;$$

по коефіцієнту точності обробки:

$$K_T = 1 - \frac{1}{A_{cp}}; \quad (1.2)$$

де A_{cp} -середня точність обробки,

$$A_{cp} = \frac{1n_1 + 1n_2 + \dots + 19n_{19}}{\sum_1^{19} ni}$$

$$A_{cp} = \frac{14 \cdot 14 + 4 \cdot 8 + 12 + 11}{20} = 12.55$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{12.55} = 0.92$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

по коефіцієнту шорсткості:

$$K_u = \frac{1}{B_{cp}}; \quad (1.3)$$

де B_{cp} - середня шорсткість,

$$B_{cp} = \frac{1n_1 + 1n_2 + \dots + 19n_{19}}{\sum_1^{19} ni}$$

$$B_{cp} = \frac{3 \cdot 2 \cdot 4 + 6 \cdot 3 \cdot 14 + 1,6 \cdot 2}{20} = 5.21$$

$$K_u = \frac{1}{5.21} = 0,19$$

На підставі проведеного аналізу можна зробити висновок, що конструкція деталі є технологічною, оскільки не створює ускладнень при її обробці, дозволяє застосовувати стандартне обладнання та інструмент, а також забезпечує раціональне, просте та економічно доцільне виготовлення виробу.

1.4 Визначення типу виробництва

Відповідно до вимог ГОСТ 3.1108-74, однією з основних характеристик, що визначають тип виробництва, є коефіцієнт закріплення операцій $K_{з.о.}$. Цей коефіцієнт відображає співвідношення між загальною кількістю різнорідних технологічних операцій, що виконуються протягом місяця, та кількістю робочих місць, на яких здійснюється обробка даної деталі [18]:

$$K_{з.о.} = \frac{O}{P}; \quad (1.4)$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

де: O - кількість різноманітних операцій, які виконуються на ділянці на протязі одного місяця;

P - кількість робочих місць, на яких виконуються ці операції.

$$O = \frac{60 \cdot F_m \cdot K_v \cdot \eta_n}{t_{шт.-к} \cdot N_m} \quad (1.5)$$

де: F_m - місячний фонд часу при двохзмінній роботі, $F_m = 352$ години;

K_v – середній коефіцієнт виконання норм, $K_v = 1,3$;

η_n – коефіцієнт завантаження обладнання, $\eta_n = 0,8$;

$t_{шт.-к}$ – штучно - калькуляційний час виконання операцій. Визначається приблизно по [5] в залежності від діаметра та довжини деталі.

$t_{шт.-к} = 4,36$ хв.

N_m - місячна програма випуску деталей.

$$N_m = \frac{N_z}{12} = \frac{3000}{12} = 250 \text{ шт.}$$

$$O = \frac{60 \cdot 352 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{4,36 \cdot 250} = 18,6$$

$$K_{з.о} = \frac{18,6}{7} = 2,65$$

Тип виробництва – серійний так, як $K_{з.о.}$, більше одиниці і менше десяти.

Зараз є відсутність деяких значень ($t_{шт.-к}$, O , P) у формулах, тому тип виробництва можна визначити використовуючи програму випуску за рік та масу деталі.

Беручи річну програму випуску деталей $N = 3000$ шт. та масу готової деталі $m = 0,13$ кг можна зробити висновок, що це серійний тип виробництва по [7].

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Тип виробництва безпосередньо визначає форму організації технологічного процесу згідно ГОСТ 14.312-74 [16].

Залежно від обраного типу виробництва, для організації технологічного процесу приймається партійний метод. Серійний тип виробництва передбачає виготовлення виробів окремими партіями, з періодичним повторенням операцій.

При серійному типі виробництва встановлюються ділянки за принципом однорідності виконувальної роботи (токарна, фрезерна, зубонарізна і т.д.).

Використовується універсальне та спеціальне обладнання і працівники середньої кваліфікації.

Таблиця 1.6 - Залежність типу виробництва від об'єму виготовлення (шт) і маси деталі.

Маса деталі (кг)	Тип виробництва				
	Одиничне	Дрібно серійне	Середнє серійне	Велико серійне	Масове
До, 1,0	10	10-2000	2000-100000	75000-200000	200000
1,0-2,5	10	10-1000	1000-50000	50000-100000	100000
2,5-5,0	10	10-500	500-3500	35000-75000	75000
5,0-10	10	10-300	300-2500	25000-50000	50000
Св.10	10	10-200	200-1000	10000-25000	25000

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

2 Технологічний розділ

2.1 Характеристика та оцінка діючого технологічного процесу

Узагальнюючи результати аналізу, можна зазначити, що запропонований технологічний процес загалом складений правильно та відповідає вимогам, визначеним у конструкторській документації. Водночас, виявлено низку недоліків, які негативно впливають на ефективність обробки та якість готових виробів.

Зокрема, недоцільним є поєднання чистових і чорнових операцій на одному й тому ж технологічному обладнанні. Такий підхід призводить до підвищеної похибки обробки та ускладнює забезпечення необхідної шорсткості поверхонь. Крім того, обробка шпонкового пазу здійснюється на довбальному верстаті, що супроводжується значним збільшенням машинного часу. З метою підвищення продуктивності та скорочення тривалості операції доцільно замінити довбальне обладнання на горизонтально-протяжний верстат з використанням шпонкової протяжки.

Аналогічна ситуація спостерігається під час свердління трьох отворів діаметром $\varnothing 10$, яке виконується на радіально-свердлильному верстаті. Такий спосіб обробки є малоефективним з огляду на витрати часу. Оптимальним рішенням є застосування вертикально-свердлильного верстата з відповідним технологічним оснащенням, зокрема – пристосування з кондуктором, що дозволить підвищити точність та скоротити час виконання операції.

Для токарної обробки в процесі використано різці з паяними твердосплавними пластинами. Враховуючи сучасні вимоги до технологічного оснащення, доцільно замінити ці інструменти на різці з механічним кріпленням змінних твердосплавних пластин. Це дозволить суттєво зменшити час на зміну

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

інструменту після зносу, тим самим підвищивши загальну продуктивність праці.

На підставі проведеного аналізу запропоновано внести наступні зміни до технологічного процесу з метою його оптимізації:

-Заміна різців з паяними пластинами на різці з механічним кріпленням твердосплавних пластин для зменшення часу на обслуговування та підвищення ефективності обробки.

-Використання горизонтально-протяжного верстата зі шпонковою протяжкою для обробки шпонкового пазу з метою скорочення машинного часу. Застосування вертикально-свердлильного верстата зі спеціальним кондукторним оснащенням для свердління отворів Ø10.

-Для свердління трьох отворів М2 доцільним є використання свердлильного верстата з числовим програмним керуванням, що забезпечить високу точність та автоматизацію процесу.

Реалізація зазначених заходів сприятиме підвищенню ефективності технологічного процесу, зменшенню витрат часу на обробку та забезпеченню стабільної якості виготовлення деталей.

2.2 Вибір заготовки

Метод виготовлення заготовок для деталей машин визначається низкою чинників, серед яких основними є функціональне призначення та конструктивні особливості деталі, тип використовуваного матеріалу, технічні вимоги до готового виробу, характер виробництва (масштаб і серійність), а також економічна доцільність обраного способу виготовлення.

Під час вибору оптимального способу отримання заготовки необхідно орієнтуватися на максимально можливе наближення її форми та розмірів до геометричних параметрів готової деталі. Такий підхід дозволяє суттєво знизити обсяг подальших механічних обробок і, відповідно, загальну трудомісткість

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

виготовлення виробу.

З урахуванням функціонального призначення деталі, її конструкції, властивостей матеріалу, а також типу виробництва, доцільним є розгляд двох можливих варіантів виготовлення заготовки — **прокат і штампування**.

Остаточний вибір оптимального методу здійснюється на підставі техніко-економічного аналізу, зокрема шляхом розрахунку технологічної собівартості виготовлення заготовки для кожного з розглянутих способів. Результати таких розрахунків дозволяють обґрунтовано визначити найефективніший варіант як з технологічної, так і з економічної точок зору.

Для прикладу порівняємо вартість заготовок, які отримуються різними методами.

I - варіант.

Заготовку приймаємо з круглого прокату по ГОСТ 26492-85.

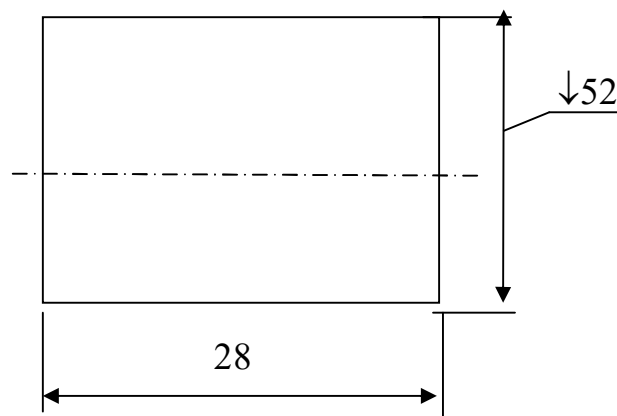


Рисунок 2.1 - Ескіз заготовки.

Діаметр прокату визначаємо по [10].

Приймаємо $D_{\text{заг.}} = 52$ (мм). $L = 28$ мм.

Знаходимо вагу заготовки:

$$Q = V \cdot j, \quad (2.1)$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

де V -об'єм заготовки;

j -питома вага сталі; $j=7,8\text{кг/см}^3$.

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \cdot l; \quad (2.2)$$

$$Q = \frac{3.14 \cdot 52^2}{4} \cdot 28 \cdot 7.8 = 00.463 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_m = \frac{q}{Q}; \quad (2.3)$$

де q - вага деталі, $q = 0,13$ кг.

Q - вага заготовки; $Q = 0,463$ кг.

$$K_m = \frac{0.13}{0.463} = 0.28$$

Вартість заготовки

$$M = \frac{S}{1000} \cdot Q - (Q - q) \cdot \frac{S_{отх}}{1000}; \quad [5] \quad (2.4)$$

де S -вартість матеріалу, $S = 2820$ грн/т.

$S_{отх}$ - вартість повернених відходів, $S_{отх} = 240$ грн/т.

$$M = \frac{2820}{1000} \cdot 0,463 - (0,463 - 0,13) \cdot \frac{240}{1000} = 1,23 \text{ грн.}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

II- варіант. Штампова на ГKM по ГОСТ 7505-89.

Розрахунок розмірів заготовки.

Загальні припуски визначаємо по ГОСТ 7505-71.

Для визначення маси заготовки необхідно попередньо встановити загальні припуски на механічну обробку, що дозволить розрахувати габаритні розміри заготовки з урахуванням технологічних допусків.

Користуючись ГОСТом 7705-74 таблиця 10 визначаємо загальні припуски на розміри деталі та зводимо їх у таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Розрахунок загальних припусків.

Розмір	Шорсткість	Загальний припуск	Розмір заготовки
Ø16h11	3,2	$(1,2+0,3) \cdot 2$	Ø 19
Ø49h11	3,2	$(2,0+0,3) \cdot 2$	Ø53,6
Ø10H8	1,6	$(1,0+0,3) \cdot 2$	Ø 7,4
12h11	3,2	$(2,0+0,3) \cdot 2$	14,3
5h14	6,3	$(0,5+0,3) \cdot 2$	6,6
6,5h14	6,3	$(2,0+0,3) \cdot 2$	8,8

Після чого можна заокруглити розміри до стандартного ряду та виконати ескіз заготовки.

Визначаємо вагу заготовки:

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

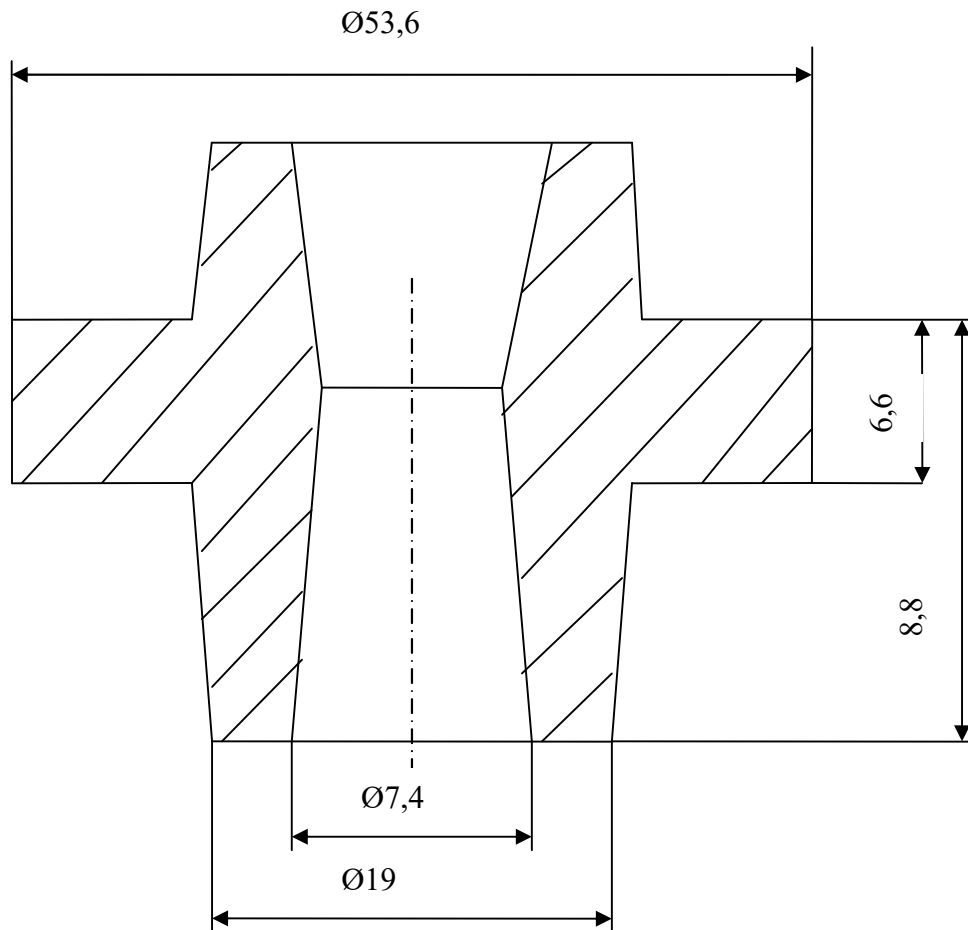


Рис. 2.2 - Ескіз заготовки.

Визначення ваги заготовки:

$$Q=(V_1+V_2+V_3- V_3) \cdot j$$

$$Q=\left(\frac{3.14 \cdot 19^2}{4} \cdot 14.3 + \frac{3.14 \cdot 53.6^2}{4} \cdot 6.6 + \frac{3.14 \cdot 50^2}{4} \cdot 8.8 - \frac{3.14 \cdot 7.4^2}{4} \cdot 29.7\right) \cdot 7.8 = 0.166 \text{ кг.}$$

Вартість заготовки можна знайти за формулою [5]:

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{C}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_c \cdot K_m \cdot K_B \cdot K_{II} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{омх}}}{1000}, \quad (2.6)$$

						ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			26

де С - вартість 1т. штамповки, С=3540 грн./т.

$K_T, K_C, K_M, K_B, K_{II}$ - коефіцієнти, залежні від класу точності, групи складності, ваги, марки матеріалу, об'єму виробництва;

$$K_T = 1,05 \quad [5]$$

$$K_C = 0,83 \quad [5]$$

$$K_M = 1,15 \quad [5]$$

$$K_B = 1 \quad [5]$$

$$K_{II} = 0,77 \quad [5]$$

$$S = \left(\frac{5340}{1000} \cdot 0,166 \cdot 1,05 \cdot 0,83 \cdot 1 \cdot 0,77 \cdot 1,15 \right) - (0,166 - 0,13) \cdot \frac{240}{1000} = 0,675 \text{ грн.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K = \frac{0,13}{0,166} = 0,78$$

Умовний економічний ефект [5]:

$$\mathcal{E}_3 = (S_{\text{зар.1}} - S_{\text{зар.2}}) \cdot N,$$

$$\mathcal{E}_3 = (27,85 - 12,97) \cdot 5000 = 74400 \text{ грн.}$$

Розрахунок зводимо в таблицю 2.1.

Проведені техніко-економічні розрахунки свідчать про доцільність виготовлення заготовки методом гарячого об'ємного штампування на горизонтально-ковальній машині. Цей метод забезпечує нижчу собівартість виробництва завдяки раціональному використанню матеріалу, зменшенню

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

припусків на механічну обробку та високому ступеню наближення форми заготовки до готової деталі.

З огляду на наведені фактори, а також беручи до уваги економічну ефективність і технічну доцільність, для подальшого впровадження у виробництво приймається заготовка, виготовлена методом гарячої об'ємної штамповки із застосуванням горизонтально-ковальної машини.

Таблиця 2.2 - Порівняльний розрахунок заготовок.

Найменування показників	I варіант	II варіант
Вид заготовки	<i>Прокат</i>	Штамповка
Клас точності	III	II
Група складності	-	C ₂
Вага заготовки кг.	0,463	0,166
Вартість заготовки грн.	1,23	0,675
K _{им}	0,28	0,78

2.3 Вибір технологічних баз

Вибір технологічних баз є одним із ключових і відповідальних етапів у процесі проектування технологічного процесу механічної обробки. Цей етап безпосередньо пов'язаний із розробкою технологічного маршруту обробки заготовки та визначає якість, точність і ефективність усього процесу виготовлення деталі.

Основні принципи вибору технологічних баз:

-Принцип сумісності баз – забезпечення відповідності між технологічними базами та конструктивними базами деталі, що дозволяє уникнути похибок базування та забезпечити точність обробки.

-Принцип постійності баз – за можливості, протягом усього технологічного процесу слід зберігати однакові бази для чистових операцій, що сприяє зменшенню похибок при повторному встановленні.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

-Забезпечення стійкості та надійності встановлення заготовки – обрані бази повинні гарантувати жорстке та стійке закріплення заготовки в процесі обробки для уникнення зміщень і вібрацій.

Послідовність вибору баз:

-Вибір баз для остаточної (чистої) операції – здійснюється з урахуванням вимог до точності обробки та функціонального призначення оброблених поверхонь.

-Вибір чорнової бази – визначається на основі доступності поверхонь для надійного закріплення заготовки та забезпечення достатньої жорсткості при видаленні основного припуску.

-Вибір проміжних баз – виконується у випадках, коли обробка деталі потребує кількох установок, і проміжні бази слугують перехідною ланкою між чорновими й чистовими операціями.

Чистові бази повинні мати найбільшу точність розмірів, найменшу шорсткість поверхні, забезпечувати стійке та надійне закріплення деталі.

Основні вимоги до чорнових баз:

В якості чорнових баз вибираємо поверхні, які зовсім не обробляються, або з найменшим припуском.

Чорнова база повинна мати достатні розміри та високий рівень точності. Вона повинна забезпечувати надійне і стійке положення деталі під час закріплення, при цьому виключаючи виникнення деформацій.

Вибір баз для проміжних операцій здійснюється на основі наступних принципів:

-застосування принципу кратності шляху, який полягає у мінімізації змін баз при переході між операціями;

-уникнення необґрунтованої зміни баз, що дозволяє зберегти стабільність процесу та точність обробки.

Більш детальна розробка технологічних баз та способів встановлення деталі буде виконана на етапі проектування маршруту обробки. Отримані

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

результати будуть оформлені у вигляді систематизованої таблиці для подальшого аналізу та використання.

2.4 Вибір технологічного маршруту обробки деталей

Перед початком розробки технологічного процесу механічної обробки деталі проводиться детальний аналіз обробки кожної поверхні із визначенням відповідних методів обробки. Результати даного аналізу узагальнюються та подаються у вигляді таблиці 2.2.

Перш ніж остаточно визначити методи та послідовність обробки окремих поверхонь деталі, а також скласти технологічний маршрут виготовлення, необхідно виконати розрахунки економічної ефективності різних варіантів технологічних рішень. Вибір оптимального варіанту здійснюється на основі критерію мінімізації витрат на одиницю продукції, що дозволяє забезпечити раціональність та конкурентоспроможність виробництва за заданих умов.

Годинні приведені витрати визначаються формулою:

$$C_{п.з.} = C_3 + C_{ч.з.} + E_n \cdot (K_c + K_3), \quad (2.8)$$

де C_3 - основна та допоміжна заробітна плата;

$C_{ч.з.}$ - часові затрати по експлуатації робочого місця;

E_n - нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень, $E_n = 0$,

K_c K_3 - питомі часові капітальні вкладення в верстат на споруду.

$$C_3 = \epsilon \cdot C_{тар} \cdot K \cdot y, \quad (2.9)$$

де ϵ - коефіцієнт враховуючий допоміжну заробітну плату дорівнює 9% відрахування, на соціальне страхування 7,6%, приробіток до основної зарплати і

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

перевиконання норм на 30%,

Таблиця 2.3 - Результати аналізу обробки кожної поверхні з встановленням методів обробки.

Позначення поверхні	Шорсткість	Квалітет точності	Метод обробки
Ø10H8	1,6	8	Зенкерування, розгортуванн
Торці 30h14, 32h14	6,3	14	Точіння чорнове, чистове.
Ø16h14	6,3	14	Точіння одноразове
Ø13H14	6,3	14	Зенкерування,
Шпонковий паз 3P9	3,2	9	Протягування
Зубці	3,2	9	Зубонарізання
Ø10H14	6,3	14	Свердління
M2	3,2	8	Свердління, нарізання різьби

$$C = 1,09 \cdot 1,076 \cdot 1,3 = 1,54;$$

$C_{\text{тар}}$ - часова тарифна ставка;

K - коефіцієнт враховуючий зарплату наладчика до багатосерійного виробництва, $K = 1$;

U - коефіцієнт враховуючий оплату робочого при багатостатному обслуговуванні, $U = 1$;

$$C_{\text{ч.з}} = C_{\text{ч.з}}^{\text{Б.П}} \cdot K_{\text{л}}; \quad (2.10)$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

де K_M - коефіцієнт який показує у скільки раз затрати пов'язані з роботою даного верстату більші ніж аналогічні витрати у базового верстату,

$$K_c = \frac{Ц \cdot 1000}{F_q \Pi}; \quad (2.11)$$

$$K_3 = \frac{F \cdot 78,4 \cdot 100}{F_q \Pi}; \quad (2.12)$$

де K - балансова вартість верстату;

F - виробнича площа;

F_q - дійсний річний фонд часу роботи обладнання;

n_3 - коефіцієнт завантаження обладнання, $n_3 = 0,8$.

Технологічна собівартість операції технологічної обробки розраховується за формулою:

$$C_o = \frac{C_{n.з} \cdot T_{шт(ш.к)}}{60 \cdot K_B}, \quad (2.13)$$

де $T_{шт(ш.к)}$ - штучно-калькуляційний час;

K_B - коефіцієнт виконання норм, $K_B = 1,3$.

Виконуємо розрахунок для порівняння двох методів обробки діаметра.

Перший варіант:

Обробка отворі $\varnothing 10H14$ на радіально - свердлувальному верстаті 2E52.

$$C_3 = 67 \cdot 1,57 \cdot 1 = 102,51,$$

$$C_{4,3}^{бп} = 36,3 \text{ (коп/год)},$$

$$K_M = 0,7,$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

$$C_{\text{ч.з.}}=36,3 \cdot 0,7=25,41,$$

$$E_{\text{н}}=0,15, \quad F_{\text{q}}=4015,$$

$$\Pi=0,8, \quad F=f \cdot K_{\text{f}},$$

де F - площа верстата;

K_{f} - коефіцієнт враховуючий допоміжну виробничу площу проходів, проїздів, $K_{\text{f}}=2$; $F = 3,75 \cdot 2 = 7,5$; $\Pi = 2360$.

$$K_{\text{з}} = \frac{7,5 \cdot 78,4 \cdot 100}{4015 \cdot 0,8} = 18,3;$$

$$K_{\text{с}} = \frac{2360 \cdot 100}{4015 \cdot 0,8} = 73,47;$$

$$C_{\text{п.з.}}=25,41+102,51+0,15 \cdot (18,3+73,47)=141,68 \text{ грн.}$$

Другий варіант:

Обробка отворі Ø10H14 на вертикально – свердлувальному верстаті 2H125.

$$C_{\text{тар}} = 0,54(\text{грн.});$$

$$C_{\text{з}} = 54 \cdot 1,53 \cdot 1 \cdot 1 = 82,62;$$

$$C_{\text{ч.з.}}=36,3 \cdot 0,7=25,41;$$

$$E_{\text{н}} = 0,15; F = 2,8 \cdot 2 = 5,6; \Pi = 3500.$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

$$K_3 = \frac{5,6 \cdot 78,4 \cdot 100}{4015 \cdot 0,8} = 13,7$$

$$K_c = \frac{3500 \cdot 100}{4015 \cdot 0,8} = 108,9$$

$$C_{п.з.} = 82,62 \cdot 25,41 \cdot 0,15 \cdot (13,7 + 108,9) = 126,42 \text{ грн.}$$

Технологічна собівартість операції:

$$C_0 = \frac{C_{н.з.} \cdot T_{шт}}{60 \cdot K_B}, \quad (2.14)$$

де $T_{шт(ш.к.)}$ - штучно-калькуляційний час на операцію;

K_B - коефіцієнт використання норм, $K_B = 1,3$.

Перший варіант:

$$T_{шт(ш.к.)} = 0,89,$$

$$C_{o_1} = \frac{141,68 \cdot 0,89}{60 \cdot 1,3} = 1,62.$$

Другий варіант:

$$T_{шт(ш.к.)} = 0,71,$$

$$C_{o_2} = \frac{126,42 \cdot 0,71}{60 \cdot 1,3} = 1,26$$

$$E_p = \frac{(C_{o_1} - C_{o_2}) \cdot N}{100}, \quad (2.15)$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$E_p = \frac{(1,62 \cdot 1,15) \cdot 5000}{100} = 93,15 \text{ грн.}$$

З аналізу видно, що обробка на на вертикально – свердлувальному верстаті з 2Н125 економічна.

2.5 Розробка технологічних операцій

На основі проведеного аналізу обробки окремих поверхонь, конструктивних особливостей виробу, технологічності, а також із урахуванням обраного методу отримання заготовки розробляється технологічний маршрут обробки.

Відповідно до основних положень машинобудування, у першу чергу передбачено обробку основних функціональних поверхонь деталі.

Технологічний процес починається з чорнової обробки, після чого здійснюється чистова обробка.

Наступним етапом є вибір відповідного обладнання, ріжучого інструменту та визначення технологічних баз для надійного встановлення заготовки.

З урахуванням типу виробництва, матеріалу деталі та проведеного техніко-економічного аналізу формується остаточний маршрут обробки, результати якого оформлюються у вигляді таблиці 2.4.

2.6 Розрахунок припусків

2.6.1. Аналітичний розрахунок припусків.

Аналітичний розрахунок припусків на обробку Ø10Н8.

Технологічні переходи обробки поверхні Ø10Н8.

1.Зекерувати.

2. Розгорнути

Розрахунок припусків на механічну обробку проводиться у зворотному

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

порядку щодо послідовності технологічних переходів — починаючи з останнього (чистового) і поступово переходячи до попередніх.

3/3

Розрахунок мінімального припуску для тіл обертання робимо за формулою [11]:

$$2Z_{\min} = 2\left(R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + E_q^2}\right) \quad (2.16)$$

де T_i - глибина дефектного шару;

R_{zi} - висота мікро нерівностей;

E_q - похибка установки;

ρ_{i-1} - сумарне просторове відхилення.

$$R_{zi-1} = 50 \text{ мкм. [11]}$$

$$T_{i-1} = 50 \text{ мкм. [11]}$$

$E_y = 0$ для розгорткування, тому що обробка другого переходу ведеться за одну установку.

$$\rho_{i-1} = \rho_{\text{заг}} \cdot K_y, \quad (2.17)$$

де K_y - коеф. уточнення;

$\rho_{\text{заг}}$ - сумарне просторове відхилення заготовки.

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{екс}}^2}$$

де $\rho_{\text{см}}$ – похибка зміщення вісі $\rho_{\text{екс}}$ – похибка ексцентричності

$$\rho_{\text{см}} = 0,2 \text{ мм [11]}$$

$$\rho_{\text{екс}} = 0,1 \text{ мм [11]}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

$$\rho_{\text{зар}} = \sqrt{0.2^2 + 0.1^2} = 247 \text{ мкм} = 0,247 \text{ мм}$$

$K_y = 0,06$ [11].

$$\rho_{i-1} = 247 \cdot 0,06 = 14,82 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\text{min}} = 2\left(50 + 50 + \sqrt{14.82^2 + 0^2}\right) = 229.7 \text{ мкм}$$

Максимальний припуск [11]:

$$2Z_{\text{max}} = 2Z_{\text{min}} + \delta_{i-1} \quad (2.18)$$

де δ_{i-1} - допуск на попередньому переході, $\delta_{i-1} = 0,09 \text{ мкм}$ ГОСТ 25347-82.

δ_i - допуск на даному переході, $\delta_i = 0,022 \text{ мм}$ ГОСТ 25347-82.

$$2Z_{\text{max}} = 0,229 + 0,09 - 0,022 = 0,297 \text{ мм.}$$

Граничні розміри:

$$D_{\text{зmax}} = D_{\text{qmax}} - 2Z_{\text{min}},$$

$$D_{\text{зmax}} = 10 - 0,297 = 9,703 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{зmin}} = D_{\text{qmin}} - 2Z_{\text{max}},$$

$$D_{\text{зmin}} = 10,022 - 0,229 = 9,793 \text{ мм.}$$

Перевірка:

$$2Z_{\text{max}} - 2Z_{\text{min}} = \delta_{i-1} - \delta_i$$

$$0,297 - 0,229 = 0,09 - 0,022$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

$$0,068 = 0,068.$$

Розміри отриманні після зенкерування.

Зенкерування.

$$R_{zi} = 160 \text{ мкм. [11].}$$

$$T_i = 200 \text{ мкм. [11].}$$

$$E_y = 300 \text{ [11] для першого переходу.}$$

$$K_y = 0,06 \text{ [11].}$$

$$\rho_{i-1} = 0,247 \text{ мм.}$$

$$2Z_{\min} = 2\left(160 + 20 + \sqrt{247^2 + 300^2}\right) = 1.496 \text{ мкм}$$

$$\delta_{i-1} = 0,36 \text{ мкм ГОСТ 25347-82.}$$

$$2Z_{\max} = 1,496 + 0,36 - 0,09 = 1,766 \text{ мм.}$$

Граничні розміри:

$$D_{\min} = 9,703 - 1,766 = 7,937 \text{ мм}$$

$$D_{\max} = 9,793 - 1,496 = 8,297 \text{ мм.}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

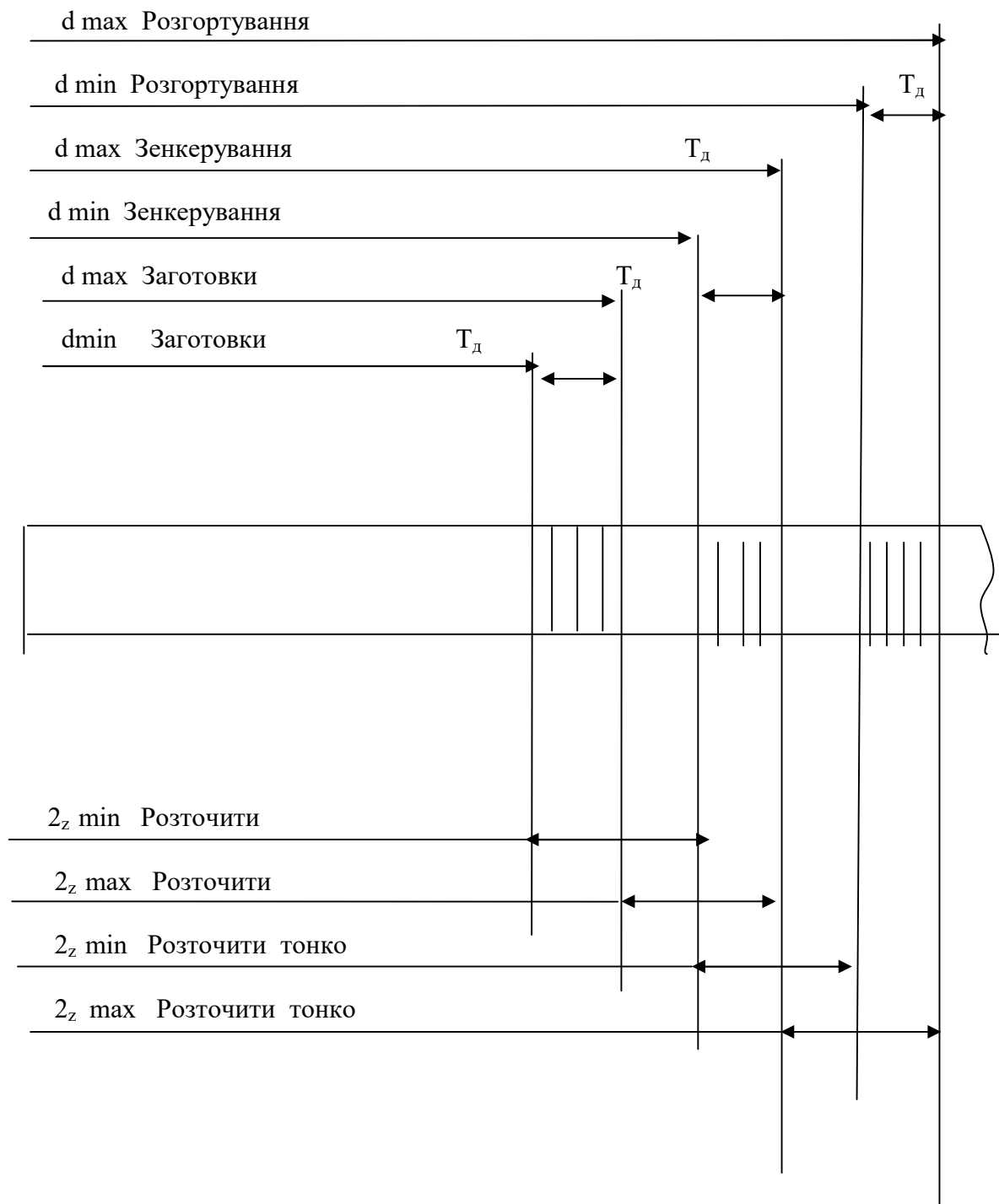


Рисунок 2.3 - Схема розташування припусків та допусків на обробку Ø10H8.

Перевірка:

$$1,766 - 1,496 = 0,36 - 0,09.$$

$$0,27 = 0,27.$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Розміри заготовки приймаємо $D_3 = 7_{+0.9}^{+1.2}$.

Таблиця 2.5 - Розрахунок припусків та граничних розмірів на обробку Ø 10H8.

Технологічні переходи на обробку Ø200h7	Елементи припуску, МКМ				Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$, МКМ	Розрахунковий розмір, мм	Допуск	Граничний розмір, мм		Граничні припуски, мм	
	R _Z	T	ρ	ε				d _{min}	d _{max}	2Z _{min}	2Z _{max}
Заготовка	160	200	2150	-	-	7,937	360	8,297	7,937	-	-
Зенкерування	50	50	129	300	1,766	9,703	90	9,793	9,703	1,766	1,496
Розгорткування	25	25	86	0	0,229	10	22	10,022	10	0,229	0,297

2.6.2 Вибір припусків по таблицях і розрахунок між операційних розмірів.

Для визначення загальних припусків на розміри деталі користуємось ГОСТ 7705-74 і розрахунки зводимо у таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 - Розрахунок загальних припусків.

Найменування поверхні	Загальний припуск (мм)	Операційний припуск (мм)	
Ø49h8	$(1,2 + 0,3) \cdot 2 = 3$	$3 - 1,2 = 1,8$	1,2
Ø32h14	$(1,2 + 0,3) \cdot 2 = 3$	$3 - 1,2 = 1,8$	1,2
Ø30h11	$(1,2 + 0,3) \cdot 2 = 3$	$3 - 1,2 = 1,8$	1,2
Ø16h11	$(0,8 + 0,3) \cdot 2 = 2,4$	$2,4 - 1 = 1,4$	1,0

Таблиця 2.7 - Розрахунок операційних припусків.

Найменування поверхні	Операційний припуск (мм)	Операційний розмір (мм)	Допуск (мкм)
1	2	3	4
Ø49h8			+06
Заготовка	3	$49 + 3 = 52$	-0.4
Точити начорно	1,8	$52 - 1,8 = 50,2$	-160
Точити начисто	1,2	$50,2 - 1,2 = 49$	-39
Ø32h11		$32 + 3 = 35$	+06
Заготовка	3	$35 - 1,8 = 33,2$	-0.4
Точити начорно	1,8	$33,2 - 1,2 = 32$	-620
Точити начисто	1,2		-160
Ø30h11		$30 + 3 = 32$	+06
Заготовка	3	$33 - 1,8 = 31,2$	-0.4
Точити начорно	1,8	$31,2 - 1,2 = 30$	-520
Точити начисто	1,2		-130
Ø16h11			+06
Заготовка	2,4	$16 + 2,4 = 18,4$	-0.4
Точити начорно	1,4	$18,4 - 1,4 = 17$	-430
Точити начисто	1,0	$17 - 1 = 16$	-110

2.7 Розрахунок режимів різання

2.7.1 Аналітичний розрахунок режимів різання.

Раціонально підібрані режими різання повинні не лише забезпечувати необхідні показники точності та шорсткості оброблюваної поверхні, але й сприяти зниженню трудомісткості виконання технологічних операцій. Вони мають забезпечувати максимальне використання ріжучих властивостей

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

інструменту та повною мірою враховувати експлуатаційні характеристики застосовуваного обладнання.

У даному випадку виконується аналітичний розрахунок режимів різання для чорнового точіння циліндричної поверхні діаметром $\varnothing 17$ мм з посадкою h14. Обробка здійснюється на токарному верстаті моделі **1И611ПМФ3**.

Матеріалом деталі є сталь марки 4Х13 — корозійностійка конструкційна сталь, яка може застосовуватись як у нормалізованому, так і в загартованому стані.

Вибираємо різальний інструмент.

Приймаємо токарний прохідний різець з пластинкою із твердого сплаву Т5К10. Перетин державки 16х25, довжина різця 100 – 250мм. Форма передньої поверхні Пб [12].

Вибираємо геометричні параметри:

$$\gamma_{\phi}^0 = 45, \gamma^0 = 8^0, \alpha = 15^0, \phi^0 = 60^0, \phi_1^0 = 15^0, = 1, \phi_1 = 15^0.$$

Призначаємо режими різання:

- глибина різання $t = 1,0$ мм;
- подача $S = 0,4$ мм/об [12];
- швидкість різання [12],

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

де C_v - постійна величина, $C_v = 350$, [12];

T - стійкість інструмента; $T = 150$ хв.

x, y, m - показники степені, [12];

$X = 0,15$.

$Y = 0,35$.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

$$M = 0,2.$$

K_v - Корегуючий коефіцієнт;

$$K_v = K_M \cdot K_n \cdot K_u \cdot K_\phi \cdot K_{\phi_1} \cdot K_r \cdot R_q \cdot K_0,$$

де K_M - якість обробки поверхні,

$$K_M = \frac{75}{\sigma_6}$$

$$K_M = \frac{75}{61} = 1.23.$$

K_n - стан поверхні, $K_n = 0,9$, [12];

K_u - матеріал ріжучої частини, $K_u = 0,65$, [12];

K_ϕ - коефіцієнт який враховує параметри різця, $K_\phi = 0,9$, [12];

K_{ϕ_1} - коефіцієнт який враховує параметри різця, $K_{\phi_1} = 0,91$ [12];

K_r - коефіцієнт який враховує параметри різця, $K_r = 1$ [12];

K_d - коефіцієнт який враховує параметри різця, $K_d = 1$, [12];

K_0 - тип обробки, $K_0 = 1,04$.

$$K_v = 1.23 \cdot 0.9 \cdot 0.9 \cdot 0.91 \cdot 0.1 \cdot 1 \cdot 1.04 \cdot 1 = 0,95$$

$$V = \frac{350}{150^{0.2} \cdot 1.2^{0.15} \cdot 0.4^{0.35}} \cdot 0.95 = 128 \text{ м/хв.}$$

- Число обертів шпинделя.

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\Pi \cdot D}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

$$n = \frac{1000 \cdot 128}{3,14 \cdot 17} = 2397 (\text{об/хв}).$$

Число обертів коректуємо згідно паспорту верстату.

Враховуючі чорнову обробку та малий діаметр заготовки приймаємо

$$n = 1000 (\text{об/хв}).$$

- Дійсна швидкість різання:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 17 \cdot 1000}{1000} = 53,4 \text{ м/хв.}$$

- Сила різання, [12]:

$$P_z(P_y; P_x) = C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p,$$

де C_p - постійна величина;

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad [12].$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\delta_e}{75} \right)^{n_p} \quad [12].$$

$$n_p = 0,75 \quad [12].$$

$$K_{mp} = \left(\frac{61}{75} \right)^{0,75} = 0,85.$$

$$K_{\phi p} = 0,94; \quad [12];$$

$$K_{\gamma p} = 1,25 \quad [12];$$

$$K_{\lambda p} = 1,0 \quad [12];$$

$$K_{rp} = 0,87 \quad [12];$$

$$C_p = 300 \quad [12];$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

$$x_p = 1 [12];$$

$$y_p = 0,75; [12]$$

$$z_p = -0,15 [12]$$

$$K_p = 0,85 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,8$$

$$P_z = 300 \cdot 1,2^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 53,4^{-0,15} \cdot 0,85 = 847,5(\text{Н}).$$

- Потужність [12]:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{102 \cdot 60},$$

$$N = \frac{84,75 \cdot 53,4}{102 \cdot 60} = 0,74 \text{ кВт.}$$

- Машинний час:

$$T_m = \frac{L}{n \cdot S},$$

де $L = l + q + \Delta$;

l - довжина обробки;

q - величина врізання,

$$q = t \cdot \text{ctg}\varphi;$$

$$q = 1,2 \cdot \text{ctg}60^\circ = 0,96 \text{ мм.}$$

Δ - величина перебігу, $\Delta = 2 \dots 3 \text{ мм}$,

В нашому випадку приймаємо $\Delta = 0 \text{ мм}$;

$$L = 12 + 0,96 + 0 = 12,96 \text{ мм.}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

$$T_o = \frac{12.96}{1000 \cdot 0.4} = 0,033 \text{ хв.}$$

Аналітичний розрахунок режимів різання на свердління $\varnothing 1,5\text{H}14$.

На вертикально - свердлильному верстаті 2Н135Ф2-1 свердлитимемо наскрізний отвір діаметром $D = 13$ мм на глибину $l = 5$ мм.

Матеріал заготовки – 4Х13 ГОСТ 5949-74 Для охолодження працюватимемо з емульсією.

Необхідно: вибрати ріжучий інструмент; назначити режим різання (допустиму свердлом швидкість різання v_H ; крутний момент $M_{от}$ сил опору різанню та осьову силу P_o підрахувати по емпіричним формулам); визначити основний час.

- Визначаємо глибину різання:

$$t = \frac{D}{2} = \frac{1,5}{2} = 0.75 \text{ мм.}$$

- Вибираємо свердло та встановлюємо значення його геометричних параметрів.

Свердло діаметром $D = 1,5$ мм з ріжучої частини з швидкорізальної сталі. Марку Р6М5 швидкорізальної сталі вибираємо по [12].

Геометричні параметри: форма заточування [12] - подвійна з підточкою поперечної кромки та стрічки ДПЛ; $2\varphi = 118^\circ$; $2\varphi^\circ = 70^\circ$; $\psi = 40 \div 60^\circ$; $\alpha = 11^\circ$; $\omega = 30^\circ$.

- Подача для свердління сталі з $\sigma_B \leq 80$ кгс/мм².

$$S = 0.2 \div 0.43 \text{ мм/об.}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Корегуємо подачу по паспорту верстату.

$$S = 0.28 \text{ мм/об.}$$

- Перевіряємо прийнятну подачу по осьовій силі, допустима міцність механізму подачі верстата. Для цього визначаємо осьову силу [12]:

$$P_o = C_p \cdot D^{Q_p} \cdot S^{Y_p} \cdot k_p;$$

Випишемо з таблиці [12] коефіцієнти та показники степені формули:

$$C_p = 68$$

$$Q_p = 1$$

$$Y_p = 0,7$$

Враховуємо поправочний коефіцієнт на силу різання $K_p = K_{MP}$ [12].

$$k_{mp} = \left(\frac{\sigma_6}{75} \right)^{n_p}$$
$$n_p = 0.75$$
$$k_{mp} = \left(\frac{80}{75} \right)^{0.75} = 1.04$$

$$P_o = 9.81 \cdot 68 \cdot 1,5 \cdot 0.28^{0.7} \cdot 1.04 = 285 \text{ Н}$$

Механізм подачі верстата допускає осьову силу $P_{\max} = 9000 \text{ Н}$, тоб то $P_o < P_{\max}$ ($2850 < 9000 \text{ Н}$)

Отже призначена подача 0,28 мм/об допустима.

- Призначаємо період стійкості свердла по [12].

Для свердла $D = 1,5 \text{ мм}$.

$T = 30 \text{ мм}$.

Допустимий знос свердла [12]

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

$$H_3 = 0.4 \dots 0.8 \text{ мм.}$$

- Швидкість різання, допустима різальними властивостями свердла [2]:

$$V_H = \frac{C_V \cdot D^{q_V}}{T^m \cdot t^{X_V} \cdot S^{Y_V}} \cdot k_V;$$

$$C_V = 9.8;$$

$$q_V = 0.4;$$

$$X_V = 0;$$

$$Y_V = 0.5;$$

$$m = 0.2; \quad [12]$$

враховуємо поправочні коефіцієнти на швидкість різання: k_{M_V} по [12]:

$$k_{M_V} = C_M \left(\frac{75}{\sigma_B} \right)^{n_V}$$

$$C_M = 1;$$

$$n_V = 0.9;$$

$$K_{M_V} = 1 \cdot \left(\frac{75}{80} \right)^{0.9} = 0.9$$

$$k_{uv} = 1; \quad [12]$$

$$k_{iv} = 0.85; \quad [12]$$

$$V_H = \frac{9.8 \cdot 1.5^{0.4}}{30^{0.2} \cdot 0.28^{0.5}} \cdot 0.9 \cdot 1 \cdot 0.85 = 8.5 \text{ м/хв.}$$

- Частота обертання шпинделя, відповідна знайденої швидкості різання:

$$n = \frac{1000 \cdot V_U}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 8.5}{3.14 \cdot 1.5} = 1804 \text{ об/хв.}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Корегуємо частоту обертання шпинделя по паспортним даним верстата та встановлюємо дійсну частоту обертання шпинделя:

$$n_g = 100 \text{ об/хв.}$$

- Дійсна швидкість різання:

$$v_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000} = \frac{3.14 \cdot 1.5 \cdot 100}{1000} = 4.7 \text{ м/хв.}$$

- Крутний момент від сили опору різання при свердлуванні [12]:

$$M = C_M \cdot D^{g_m} \cdot S^{Y_m} \cdot k_p;$$

$$C_M = 0,0345; \quad [2]$$

$$q_M = 2; \quad [2]$$

$$Y_M = 0,8; \quad [2]$$

$$K_p = k_{mp} = 0.88; \quad [2]$$

$$M = 9.8 \cdot 0.0345 \cdot 1.5^2 \cdot 0.28^{0.8} \cdot 0.88 = 0.24 \text{ Нм.}$$

- Потужність, яка витрачається на різання [12];

$$N_{P13} = \frac{M \cdot n}{975};$$

$$N_{P13} = \frac{2.4 \cdot 1000}{975} = 2.46 \text{ кВт.}$$

- Провіряємо, достатньо чи потужності привода верстата:

Обробка можлива, якщо $N_{P13} \leq N_{шпн}$.

Потужність (кВт) на шпинделі верстата.

$$N_{шпн} = N_d \cdot \eta.$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

У верстата 2Н135 Ф2-1 $N_d = 3,7$ кВт, а $\eta = 0,8$.

$$N_{шт} = 3.7 \cdot 0,8 \approx 2,9 \text{ кВт.}$$

Відповідно обробка можлива, т.т.

$$2,46 < 2.9.$$

- Основний час.

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S}$$

При подвійній заточці свердла врізання (мм):

$$y = 0.4 \cdot D; y = 0.4 \cdot 1,5 = 0.6 \text{ мм}$$

Пробіг свердла $\Delta = 1 \dots 3$ мм; приймаємо $\Delta = 2$ мм. Тоді

$$L = 5 + 0.6 + 2 = 7.6 \text{ мм}$$

$$T_o = \frac{7.6}{0.28 \cdot 1000} \cdot 3 = 0,082 \text{ хв.}$$

2.7.2 Розрахунок режимів різання по таблицям.

На решту переходів робимо аналогічні розрахунки і результати заносимо в таблицю.2.8.

2.8 Розрахунок норм штучного часу

Технічне нормування є одним із ключових інструментів підвищення продуктивності праці на підприємстві. Воно забезпечує науково обґрунтоване визначення раціональних витрат праці на виготовлення одиниці продукції, що, у

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

свою чергу, створює умови для ефективного планування виробництва та обґрунтованої системи стимулювання працівників.

Технічно обґрунтована норма часу визначає оптимальну тривалість виконання певної операції одним працівником за умов раціональної організації праці, передової техніки та прогресивної технології. Встановлення таких норм дозволяє не лише контролювати витрати робочого часу, а й сприяє зростанню загальної ефективності виробничого процесу.

Технічні норми часу за умов серійного виробництва встановимо розрахунково-аналітичним методом за формулою [3]:

$$T_{ш-к} = T_O + T_B + T_{об.} + T_{отд.} + \frac{T_{п.з.}}{n},$$

де T_O – основний час;

$T_{п.з.}$ – підготовчо-заключний час;

n – кількість деталей в розрахунковій партії;

T_B – допоміжний час[3]:

$$T_B = T_{уст.} + T_{упр.} + T_{изм.},$$

де $T_{уст.}$ – час на встановлення і знімання заготовки;

$T_{упр.}$ – час на керування верстатом;

$T_{об.}$ – час на обслуговування робочого місця[3],:

$$T_{об} = T_{тех.} + T_{орг.},$$

де $T_{тех.}$ – час на технологічне обслуговування;

$T_{орг.}$ – час на організаційне обслуговування;

$T_{отд.}$ – час на відпочинок.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Розрахунок норм часу на операцію 005.

$$T_O = 1.393 \text{ хв};$$

$$T_{\text{уст.}} = 0.1 \text{ хв, [3]}.$$

Час на керування верстатом:

- Ввімкнути, вимкнути верстат 0.02хв, [3].

- Пересування інструменту – 0.02 хв, [3].

$$T_{\text{упр.}} = 0.02 + 0.02 = 0.04 \text{ хв.};$$

$$T_{\text{изм.}} = 0.11 \text{ хв., [3]};$$

$$T_B = 0.1 + 0.04 + 0.11 = 0.25 \text{ хв..}$$

Оперативний час:

$$T_{\text{оп.}} = T_O + T_B ;$$

$$T_{\text{оп.}} = 1.393 + 0.25 = 1.643 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{мех.}} = \frac{t_{\text{см}} \cdot T_O}{T},$$

де $t_{\text{см}}$ – час заміни інструменту; $t_{\text{см}} = 1.3 \text{ хв, [3]}$;

T – стійкість інструменту, $T = 60 \text{ хв}$;

$$T_{\text{мех.}} = \frac{1.3 \cdot 1.393}{60} = 0.03 \text{ хв.};$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

$$T_{opr.} = 21\% \cdot T_{om}, [3];$$

$$T_{opr.} = \frac{2.1 \cdot 1.643}{100} = 0.035;$$

$$T_{об.} = 0.03 + 0.035 = 0.065 \text{ хв.};$$

$$T_{омд.} = 6\% \cdot T_{оп.}, [2];$$

$$T = 0.06 \cdot 1.643 = 0.099 \text{ хв.};$$

$$T_{ш} = T_{O} + T_{B} + T_{об.} + T_{омд.};$$

$$T_{ит.} = 1.393 + 0.25 + 0.065 + 0.099 = 1.81 \text{ хв.};$$

$$T_{п.з.} = 6 \text{ хв.}, [3];$$

$$n = 100;$$

$$T_{ит-к} = 1.81 + \frac{6}{100} = 1.87 \text{ хв.}$$

На решту операцій робимо такий самий розрахунок та результати заносимо у таблицю 2.8.

2.9 Оформлення технологічної документації.

Для технологічної підготовки виробництва сопла згідно ГОСТ 3.119-83 прийняте описування технологічного процесу.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Необхідними документами для операційного описування технологічного процесу у відповідності з ГОСТ 3.1121-84 служить:

маршрутні карти по ГОСТ 3.1118-82.

операційні карти по ГОСТ 3.1404-86.

карти ескізів по ГОСТ 3.1105-74

титульний лист ГОСТ 3.1105-84.

Запис операцій і переходів обробки виконуються по ГОСТ 31702-79. Назви операцій відображають використаний тип обладнання і записуються прикметником у називному відмінку.

До змісту операцій включаються такі елементи:

-ключове слово, що характеризує метод обробки, виражене дієсловом у неозначеній формі;

-назва оброблюваної поверхні, конструктивних елементів або виробничих предметів;

-інформація про розміри оброблюваних деталей;

-допоміжні відомості, зокрема кількість одночасно або послідовно оброблюваних поверхонь, а також характер бабки.

Технологічна документація наведена в додатку 1.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

3 Конструкторський розділ

3.1 Розрахунок верстатного пристрою (токарного)

Для токарної обробки необхідно розрахувати та спроектувати токарний 3-х кулачковий патрон з пневмоприводом.

3.1.1 Опис конструкції і принципу роботи пристрою.

Даний пристрій (3-х кулачковий патрон) призначений для закріплення деталі під час обробки.

Основними вимогами, що висуваються до зазначеної деталі, є забезпечення перпендикулярності та співвісності оброблюваних поверхонь.

Для досягнення зазначених параметрів доцільно здійснювати обробку за одну установку, що є технічно можливим на даному верстаті.

Зважаючи на серійний тип виробництва та циліндричну форму базових поверхонь деталі, доцільним є використання трикулачкового токарного патрона з пневматичним приводом у якості технологічного оснащення.

Проектований патрон включає пневмоциліндр та важільний механізм, який передає зусилля від штока пневмоциліндра до кулачків, забезпечуючи надійне закріплення деталі під час обробки.

3.1.2 Принцип роботи пристрою.

Принцип дії пристрою полягає в наступному: під дією стисненого повітря, що подається до пневмоциліндра, відбувається поступальний рух поршня разом із жорстко з'єднаним штоком. Шток зв'язаний із центральною віссю патрона, на якій розміщений клин із трьома кулачками. Кулачки змонтовані в кільцевих пазах та, внаслідок осевого переміщення клина, здійснюють радіальний рух —

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

затискаючи або розтискаючи заготовку, забезпечуючи її надійне фіксування під час обробки.

У процесі установки деталі орієнтація здійснюється по торцевій поверхні та по площині квадрата відповідно до принципу шести точок базування.

3.1.3 Розрахунок пристрою на точність.

Похибка, що виникає в процесі виконання даної технологічної операції, має залишатися в межах встановленого поля допуску на заданий розмір.

Допустима сумарна похибка пристрою [10]:

$$E_{\text{доп.}} = T - k \cdot w ,$$

де T - поле допуску на розмір; $T=140\text{мкм}$ [10].

$K = 0,8$ – поправочний коефіцієнт;

W - точність обробки на пристрої.

$$W = 70\text{мкм} [10].$$

$$E_{\text{доп.}} = 140 - 0,8 \cdot 70 = 94\text{мкм.}$$

Похибка установки деталі

$$\varepsilon_{\text{уст}} = 80\text{мкм} [10]$$

Перевіряємо умову:

$$E_{\text{доп.}} > E_{\text{у.}}$$

$$94 > 80.$$

Точність обробки в даному пристрої передбачено.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

3.1.4 Розрахунок сил закріплення.

Розрахунок ведемо по [6]:

$$P_z < F_{\text{тр}}$$

$$F_{\text{тр}} = f \cdot W$$

$$n \cdot P_z = F_{\text{тр}}$$

$$P_z = \frac{f \cdot W}{n}$$

$$\frac{W}{l} = \frac{Q}{d}$$

$$P_z = f \cdot Q \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{1}{n}$$

$$Q = P \cdot (S - S_1) \cdot \eta$$

$$P_z \cdot d_0 = F_{\text{тр}} \cdot D = W \cdot D$$

$$P_z \cdot d_0 = W \cdot D = Q \cdot \frac{l}{L} \cdot f \cdot D$$

$$Q = \frac{P_z \cdot d_0 \cdot L}{l \cdot f \cdot D} = P \cdot (S - S_1) \cdot \eta$$

$$S - S_1 = \frac{P_z \cdot d_0 \cdot L}{l \cdot f \cdot D \cdot P \cdot \eta} = \frac{\Pi}{4} \cdot (D^2 n \cdot n - d_{\text{ум}}^2)$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

де D_n - діаметр поршня; d_{in} - діаметр штока; f - коеф. трття ;

W - сила затиску; P_z - сила різання; Q - сила тиску поршня; L, l - довжина плеч;

S, S_1 - площа поршня та штока.

n - кількість кулачків.

$$d_{in} - \text{приймаємо } \frac{D_n}{d_{шт}} = 4$$

$$D^2 - \frac{D^2}{4} = \frac{3P_z \cdot d_0 \cdot L}{l \cdot f \cdot D \cdot P \cdot \eta}$$

$$D_n = \sqrt{\frac{16 \cdot 3P_z d_0 \cdot L}{l \cdot f \cdot D \cdot P \cdot \eta}}$$

де $L = 2l$ – плечі кулачків

$P = 0,4$ Мпа - тиск повітря в пневмо мережі; $f = 0.4$ - коеф. терття.

$\eta = 0,75$ – КПД , $p_z = 1500$ Н.

$$D_n = \sqrt{\frac{16 \cdot 3 \cdot 150 \cdot 20 \cdot 46}{24 \cdot 0.4 \cdot 25 \cdot 4 \cdot 0.75}} = 97.97 \text{ мм.}$$

Приймаємо $D_n = 100$ мм.

3.1.5 Розрахунок більш навантажених елементів пристрою.

З метою оцінки працездатності пристрою виконується розрахунок на міцність найбільш навантажених елементів конструкції. У даному випадку таким елементом виступає вісь, на якій здійснюється обертання важелів.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Міцнісний аналіз передбачає розрахунок на зріз, а також перевірку елемента на зминання, що дозволяє забезпечити надійність і довговічність роботи пристрою в умовах експлуатаційного навантаження.

Умова міцності на зріз [19]:

$$\tau_{cp} = \frac{Q}{i \frac{\pi \cdot d_0}{4}} < [\tau_{cp}],$$

де Q - зусилля на вісі, d₀ - діаметр вісі, i - число площин зрізу i = 2, [τ_{cp}] - допустима напруга на зріз.

$$Q = P \cdot \eta \cdot \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$$

$$Q = 0.4 \cdot 0.75 \cdot \frac{3.14(10^2 - 2.5^2)}{4} = 220 \text{ Н}$$

$$[\tau_{cp}] = 140 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} = 140 \cdot \frac{9.8}{100} = 137 \text{ Н/см}^2$$

$$d_0 = \sqrt{\frac{4Q}{i\pi[\tau_{cp}]}}$$

$$d_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot 220}{2 \cdot 3.14 \cdot 137}} = 10,1 \text{ мм.}$$

Так як у нас 3 вісі, то

$$d_0 = \frac{10,1}{3} = 3,3 \text{ мм}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Приймаємо конструктивно $d_0 = 10\text{мм}$.

Перевірка на зминання [19]:

$$G_{\text{см}} = \frac{Q}{d_0 \delta_{\text{min}}} < [G_{\text{см}}].$$

$$[G_{\text{см}}] = 320 \frac{H}{\text{мм}}.$$

$$\delta_{\text{min}} = \frac{Q}{d_0 \cdot [G_{\text{см}}]} = \frac{22}{10 \cdot 31,36} = 0,07\text{мм}.$$

Приймаємо конструктивно товщину важеля $\delta = 15\text{мм}$.

3.1.6 Основні вимоги до пристрою.

- тиск стислого повітря в пневмомережі $P = 4\text{МПа}$.
- максимальний хід поршня 18мм .
- неспіввісність штока пневмоциліндра та вісі патрона не повинна перевищувати $0,1\text{мм}$.

3.2 Контрольно-вимірювальний пристрій

3.2.1 По технічним вимогам креслення необхідно контролювати радіальне биття торцю $\text{Ø}49\text{H}11$ відносно поверхні отвору $\text{Ø}10\text{h}8$.

Для контролю радіального биття торцю $\text{Ø}49\text{H}11$ відносно поверхні отвору $\text{Ø}10\text{h}8$, проектуємо наступний пристрій:

До плити прикріплюється столик, який встановлено на упорному підшипнику. На столику розміщено палець діаметром $\text{Ø}10$ зі шпонкою. Цей палець слугує опорою для встановлення деталі, а шпонка виконує функцію

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

захисту від провертання колеса навколо пальця.

Контроль радіального биття здійснюється за допомогою індикатора годинникового типу, закріпленого на спеціальному кронштейні. У точці контакту індикаторної голки з поверхнею деталі стрілку індикатора встановлюють на «0». Обертаючи деталь з столиком навколо вісі пальця по індикатору визначаємо відхилення.

3.2.2 Розрахунок пристрою на точність.

Розрахунок пристрою на точність ведемо по формулі:

$$E_{\text{розр.}} \leq E_{\text{доп.}}$$

де $E_{\text{доп}}$ - допустима похибка;

$E_{\text{расч}}$ - розрахункова похибка.

$$E_{\text{доп}} = \delta \cdot 0,3.$$

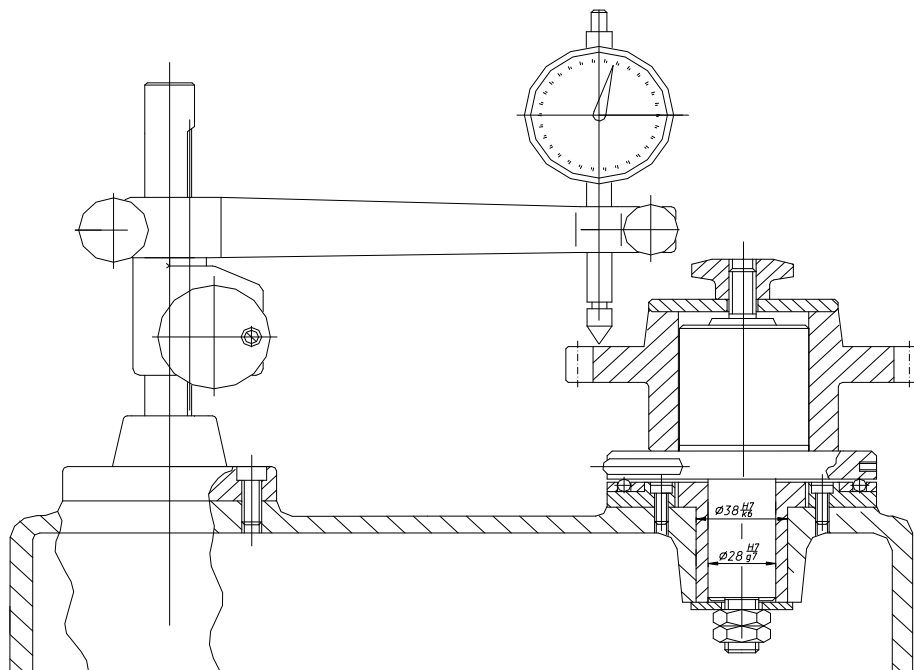


Рисунок 3.4 - Схема пристрою.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

де δ - допуск на контролюємий параметр;

δ – по кресленню = 0,05мм.

$$E_{\text{доп}} = 0,1 \cdot 0,3 = 0,03 \text{ мм.}$$

$E_{\text{расч}}$ - розрахункова похибка розраховується за формулою:

$$E_{\text{пр}} = \sqrt{E_{\delta}^2 + E_{\text{виг}}^2 + E_{\text{приб}}^2 + E_{\text{зн}}^2},$$

де E_{δ} - похибка базування; $E_{\delta}=0$.

$E_{\text{виг}}$ - похибка виготовлення пристосування, лежить в межах від 0,01 до 0,005, приймаємо 0,005мм;

$E_{\text{приб}}$ - похибка вимірювального приладу, по ГОСТ 868-84 $E_{\text{приб}} = 0,002$ мм;

$E_{\text{зн}}$ - похибка зношення пристосування, лежить в межах від 0,01 до 0,005, приймаємо 0,005мм;

Тоді

$$E_{\text{пр}} = \sqrt{0^2 + 0,005^2 + 0,002^2 + 0,005^2} = 0,0076(\text{мм}).$$

$$E_{\text{розр}} = 0,0076 \text{ (мм)} \leq E_{\text{доп}} = 0,03 \text{ (мм)}.$$

Умова $E_{\text{розр}} \leq E_{\text{доп}}$ - виконується.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Розділ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Загальні положення

Охорона праці в машинобудуванні є важливою складовою організації виробництва та безпеки працівників на всіх етапах технологічного процесу. Метою заходів з охорони праці є створення безпечних і нешкідливих умов праці, попередження виробничого травматизму та професійних захворювань, а також забезпечення стабільного функціонування підприємства згідно з вимогами законодавства України, зокрема Закону України «Про охорону праці».

4.2 Аналіз умов праці

Під час виконання технологічного процесу обробки деталей застосовуються металорізальні верстати, ручний та механізований інструмент, пристрої та пристосування, які вимагають дотримання певних санітарно-гігієнічних та ергономічних норм. На працівників діють такі потенційно шкідливі фактори, як:

- шум і вібрації від роботи обладнання;
- пил і аерозолі металів (особливо під час шліфування);
- небезпека ураження електричним струмом;
- можливість отримання травм від обертових або рухомих частин машин.

Для зниження впливу шкідливих факторів впроваджуються заходи колективного та індивідуального захисту.

4.3 Техніка безпеки під час роботи на металорізальних верстатах

До роботи на верстатах допускаються лише особи, які пройшли медичний огляд, навчання та інструктаж з охорони праці. Основні вимоги безпеки:

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

- перед початком роботи необхідно перевірити справність верстата, наявність заземлення, огорожень рухомих частин;
- під час роботи заборонено очищати стружку вручну — слід використовувати гачки або щітки;
- не можна працювати в розхристаному одязі, з довгим розпущеним волоссям або без засобів індивідуального захисту (ЗІЗ);
- у разі виявлення несправностей обладнання — зупинити роботу та повідомити керівника.

4.4 Електробезпека

Усі електроустановки мають бути заземлені. До роботи з електрообладнанням допускаються лише електротехнічні працівники, які мають відповідну групу з електробезпеки. Усі щити повинні бути закриті, мати сигнальні таблички та відповідне маркування.

Захисне відключення, автоматичні вимикачі, ізоляція проводів і контроль за станом електромережі — основа попередження ураження електрострумом.

4.5 Пожежна безпека

На дільницях машинної обробки заборонено зберігати легкозаймисті матеріали. У приміщенні мають бути:

- вогнегасники відповідного типу (наприклад, порошкові або вуглекислотні);
- пожежна сигналізація;
- позначені евакуаційні виходи;
- план евакуації.

Персонал зобов'язаний проходити інструктаж з пожежної безпеки та вміти користуватися засобами пожежогасіння.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

4.6 Вентиляція, освітлення та мікроклімат

Приміщення повинні бути забезпечені ефективною вентиляцією для видалення пилу, парів охолоджувальних рідин і зменшення загазованості повітря. Освітлення має відповідати нормам СНиП: комбіноване (загальне та місцеве), без осліплення і пульсацій. Температурний режим і вологість мають відповідати нормам санітарних вимог до мікроклімату виробничих приміщень.

4.7 Засоби індивідуального захисту

Працівники зобов'язані використовувати ЗІЗ згідно з характером виконуваних робіт. До них належать:

- захисні окуляри або щитки;
- рукавиці;
- спеціальний одяг (халат, комбінезон, костюм);
- протишумові навушники або вкладиші;
- при потребі — респіратори або маски.

Видача ЗІЗ здійснюється безоплатно.

4.8 Охорона навколишнього середовища

У процесі механічної обробки можуть утворюватися відходи — стружка, зношені інструменти, використані мастильно-охолоджувальні рідини (МОР). Вони повинні збиратися в спеціальні контейнери та передаватися на утилізацію або повторну переробку згідно з екологічними нормами.

З метою зниження впливу виробництва на навколишнє середовище передбачається:

- мінімізація використання МОР;
- замкнуті системи очищення повітря та води;
- сортування та переробка відходів.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Література.

1. Режими різання металів: Довідник/Під ред. Ю. В. Барановського. -М.: Машинобудування, 1972.-408 с.
2. Довідник технолога-машинобудівника. Т.1./Під ред. А.Г.Косилової, Р.К.Мещерякова.-М.:Машинобудування , 1985.-656 с.
3. Горбацевич А.Ф.,Шкред В.А.Курсове проектування по технології машинобудування. - Мінськ: Вишейш. шк., 1983.-256 с.
4. Горошкин А.К. Приспособи для металорізальних верстатів.- М.:Машинобудування,1971.-384 с.
5. Верещака А.С. Основні аспекти застосування і удосконалення ріжучих інструментів з зносостійким покриттям.- Верстати і інструменти.-2000.- №9.
6. Чекалова Е.А. Збільшення ефективності свердл з швидкоріжучої сталі- Верстати і інструменти.-2001.- №7.
7. Калда Г.С. Методичні вказівки по виконанню завдань з курсу ООП.- Хмельницький,1994.
8. Верстатні приспособлення. Т.1/Під редакцією Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова.-М.:Машинобудівництво, 1984.-592 с.
9. Бабук В.В. Дипломне проектування по технології машинобудування. – Мінськ: Вишейш. шк., 1979.-464 с.
10. Верстатні приспособлення. Т.2/Під редакцією Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова.-М.: Машинобудівництво, 1984.-592 с.
11. Довідник конструктора -машинобудівника. В 3 томах./Під ред. В.И. Анурьева.-М.:Машинобудування, 1980.
12. Полтев М.К. Охорона праці в машинобудуванні.- М.:Вишча школа, 1980.- 294 с.
13. Довідник технолога-машинобудівника. Т.2./Під ред. А.Г.Косилової, Р.К.Мещерякова.-М.:Машинобудування.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

					ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67