

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

Удосконалення технології виготовлення деталі гільза ВМ 420.25.04 та організації
виробництва
Назва теми

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.25.21.ПЗ

Виконав студент 3 курсу група ПМТс-22-2
Шифр


Підпис

Владислав БОНДАР
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник канд. техн. наук,
Науковий ступінь, звання


Підпис

Сава КОСТЮК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

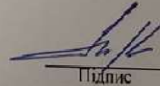
Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент


Підпис

Сергій БИСЬ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:

Завідувач кафедри технології машинобудування
Назва


Підпис

Віталій ТКАЧУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Дата « 27 » серпня 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

7.02.2025

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ**

Бондарю Владиславу Володимировичу
Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема дипломної роботи «Удосконалення технології виготовлення деталі гільза ВМ 420.25.04 та організації виробництва»
керівник роботи Костюк Сава Андрійович, к.т.н
Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання
Затверджено наказом ректора університету від 7 лютого 2025 р. № 23
2. Строк подання студентом роботи на кафедру 12 червня 2025
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) кресленик деталі «Гільза ВМ 420.25.04» технічні та експлуатаційні вимоги, обсяг випуску 10 тис. шт.
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 (1 лист А3); кресленик заготовки (1 лист А3); комплексна схема полів допусків (1 лист А1); граф технологічних розмірів (1 лист А1); графотехнологія (1 лист А1); кресленик верстатного пристрою (1 лист А1); кресленик контрольного пристрою (1 лист А2);

6 Консультанти розділів дипломного проєкту (роботи)

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

7 Дата видачі завдання 7.02.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Загальний розділ (аналіз конструкції деталі та базового ТП)	26.02.2025	
2 Технологічний розділ (запропонувати шляхи удосконалення ТП)	20.03.2025	
3 Конструкторський розділ	20.05.2025	
4 Охорона праці	10.06.2025	

Студент


Підпис

Владислав БОНДАР
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

керівник проєкту (роботи)


Підпис

Сава КОСТЮК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Бондар Владислав Володимирович на захист дипломного проєкту (роботи)
за спеціальністю 131 - Прикладна механіка
На тему: Удосконалення технології виготовлення деталі підста VM 420.25.04 та організації виробництва

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

Декан факультету

ОЛЕГ ПОЛІЩУК

(підпис, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Бондар В.В. з 2022 по 2025 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за:
національною шкалою: відмінно 0,00 %, добре 5,13 %, задовільно 94,87 %.
шкалою ЄКТС: А 0,00 %, В 1,82 %, С 7,27 %, D 20,00 %, E 70,91 %.

Методист факультету

(підпис)

(підпис, прізвище)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ)
ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Владислав Бондар вчасно приступив до виконання постановних завдань дипломного проєкту та провів глибокий аналіз з технічної, економічної та військової перспективи інженерії цього проєкту. Виконав роботу високою якістю до постановних завдань, в повному обсязі та залучив усі сили.

Оцінка дипломного проєкту (роботи) Добре

Керівник дипломного проєкту

(підпис)

(підпис, прізвище)

" 24 " червня 2025 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проєкт (роботу) розглянуто. Студент Бондар В.В. допускається до захисту цього проєкту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

Михайло Михайлович

Вікторія Ткачук

(підпис, ім'я, прізвище)

" 27 " червня 2025 р.

Завідувачу кафедри

Плахуць В. П.

Бондаря Владислава

здобувача вищої освіти (студента)

ПІБ, факультет, «курс», «група»)

Тришадна Катерина Іванівна
група ПМТ-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.

24.06.2025

дата



підпис

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Назва кваліфікаційної роботи Урок-конспект з географії, теми: територіальна організація території України
 Автор Бондар Владислав
 Освітня програма географія, магістратура
 Рівень вищої освіти магістр
 Спеціальність географія
 Науковий керівник: Костюк С.А.

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: Анти-Плагіатом - 5%
коefficient відшкодування - 4,6%

Дата

Завідувач кафедри

Віталій ТКАЧУК
 Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Гарант освітньої програми

Владислав МІХАЙКО
 Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник кваліфікаційної роботи

Світлана КОСТЮК
 Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломний проєкт студента Бондаря В.В

Тема проєкту: Удосконалення технології виготовлення деталі гільза ВМ 420.25.04 та організації виробництва

У дипломному проєкті Бондаря В.В виконано вдосконалення технологічного процесу механічного оброблення деталі гільза ВМ 420.25.04.

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, технологічний маршрут оброблення деталі, розраховані припуски та режими різання, спроектовані операції механічної обробки, виконано технічне нормування операцій.

У конструкторському розділі спроектовано верстатний пристрій для закріплення деталі, проведено вибір схем базування та установки заготовки, розрахунок зусилля закріплення, розроблено конструктивну схему пристосування, представлено опис роботи пристосування.

В розділі «Охорона праця» розглянуті питання організації виробництва, проаналізовано та вибрано системи освітлення виробничих приміщень.

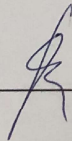
Загальний висновок та оцінка

Для виконання токарної операції було обрано дороговартісний верстат модель HAAS ST-20/

Однак дане зауваження носить рекомендаційний характер та не впливає на загальну цінність роботи.

Дипломний проєкт виконано відповідно до завдання на високому інженерному рівні. Робота заслуговує оцінки «добре»

Рецензент _____



Рецензент О.В., к.т.н., доц. кафедри Т

Реферат

Тема проєкту: Удосконалення технології виготовлення деталі гільза ВМ 420.25.04 та організації виробництва

Автор: В.В Бондар. Керівник проєкту: С.А Костюк

Об'єм пояснювальної записки 70 стор. Графічна частина 5,5 листів А1.

У дипломній роботі розглянуто питання вдосконалення технологічного процесу виготовлення деталі гільза ВМ 420.25.04, яка є важливим елементом у складальних одиницях машинобудівного виробництва. Метою дослідження є підвищення ефективності обробки деталі шляхом впровадження сучасних технологічних рішень та оптимізації організації виробничого процесу.

У роботі виконано технічний аналіз конструкції гільзи, обґрунтовано вибір заготівлі, розроблено раціональний маршрут механічної обробки з використанням високопродуктивного інструменту та обладнання, зокрема верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК). Розроблено оновлену технологічну документацію, включаючи карти операцій та норми часу.

Особливу увагу приділено питанням організації виробництва, включаючи планування робочих місць, логістику обробки та раціональне використання ресурсів. Проведено порівняльний аналіз базового та вдосконаленого варіантів виготовлення, за результатами якого встановлено економічну доцільність впроваджених заходів: знижено трудомісткість, підвищено якість обробки, зменшено собівартість.

Також у роботі розглянуто питання охорони праці, безпеки обслуговування обладнання та дотримання екологічних норм.

Ключові слова: гільза ВМ 420.25.04, технологічний процес, механічна обробка, ЧПК, організація виробництва, економічна ефективність.

Автор проєкту: Бондар В.В

/Підпис/

2025 р.

Дата

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	5
1.1. Стан питання та задач дипломного проектування. Огляд літератури та патентний пошук.	5
1.2. Аналіз хімічного складу та фізико-механічних властивостей матеріалу деталі «Циліндр бензопили Forte FGS 52-18»	6
1.3. Обґрунтування завдань, які вирішуються в дипломній роботі	7
1.4. Аналіз типового технологічного процесу виготовлення деталі «Циліндр бензопили Forte FGS 52-18»	Ошибка! Закладка не определена.
1.5. Аналіз способів підвищення довговічності робочих поверхонь деталі «Циліндр бензопили Forte FGS 52-18»	Ошибка! Закладка не определена.
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	11
2.1. Вибір виду і способу отримання заготовки	11
2.2. Проектування технологічного маршруту оброблення деталі	15
Важливість маршрутного технологічного процесу	Ошибка! Закладка не определена.
2.2.1. Аналіз конструкції деталі на технологічність	Ошибка! Закладка не определена.
2.2.2. Вибір технологічних баз	Ошибка! Закладка не определена.
2.2.3. Проектування маршруту оброблення поверхонь деталі	22
2.2.4. Вибір технологічного обладнання	23
2.2.5. Вибір металорізального інструменту	24
2.3. Розроблення технологічних операцій	26
2.4. Розрахунок припусків і технологічних розмірів на основні поверхні	Ошибка! Закладка не определена.
2.4.1. Розрахунково-аналітичний метод	Ошибка! Закладка не определена.
2.5. Розрахунок режимів різання	Ошибка! Закладка не определена.
2.6. Технічне нормування операцій	Ошибка! Закладка не определена.
2.6.1. Визначення кваліфікації робіт	Ошибка! Закладка не определена.
2.6.2. Визначення кількості верстатів	Ошибка! Закладка не определена.
2.7. Розроблення керуючої програми для верстата з ЧПК ..	Ошибка! Закладка не определена.
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	46
3.1. Проектування верстатних пристроїв для закріплення деталей при механічній обробці	46
3.1.1. Вибір установчих елементів, схеми базування та способу закріплення деталі в пристрої	Ошибка! Закладка не определена.
3.1.2. Розрахунок елементів пристрою на міцність	Ошибка! Закладка не определена.
3.1.3. Розрахунок пристрою на точність	Ошибка! Закладка не определена.
3.2. Проектування контрольно-вимірювального пристрою	Ошибка! Закладка не определена.

<i>ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ</i>											
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата							
		<i>Бондар В.В.</i>			Удосконалення технології виготовлення деталі гільза VM 420.25.04 та організації виробництва						
		<i>Костюк С. А.</i>									
					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%; text-align: center;"><i>Літ.</i></td> <td style="width: 25%; text-align: center;"><i>Арк.</i></td> <td style="width: 50%; text-align: center;"><i>Аркушів</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">H</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">86</td> </tr> </table>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>	H	2	86
<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>									
H	2	86									
<i>Н.контр.</i>					<i>ХНУ ПМТс-22-2</i>						
<i>Затверд.</i>											

4 ОХОРОНА ПРАЦІ	Ошибка! Закладка не определена.
4.1 Техніка безпеки за токарним верстатом	Ошибка! Закладка не определена.
4.2 Техніка безпеки за фрезерним верстатом	Ошибка! Закладка не определена.
4.3 Техніка безпеки на внутрішньо-шліфувальному верстаті	Ошибка! Закладка не определена.
4.4 Освітлення на робочому місці	Ошибка! Закладка не определена.
ВИСНОВКИ.....	60
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	61
ДОДАТКИ.....	62

					<i>ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>3</i>

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку машинобудівної галузі однією з основних задач є забезпечення високої якості продукції при зниженні витрат на її виготовлення. Це особливо актуально при серійному виробництві відповідальних деталей, до яких належить гільза – елемент, що широко застосовується в двигунах внутрішнього згорання, гідравлічних системах, компресорах та іншому обладнанні. Високі вимоги до геометричної точності, механічної міцності та зносостійкості гільзи зумовлюють необхідність постійного вдосконалення технологічного процесу її виготовлення.

Удосконалення технології виготовлення цієї деталі дозволяє не лише підвищити якість кінцевого продукту, а й скоротити виробничі витрати, зменшити час обробки та оптимізувати використання матеріальних і трудових ресурсів. Крім того, ефективна організація виробництва є ключовим чинником забезпечення стабільного функціонування підприємства та його конкурентоспроможності на ринку.

Актуальність теми дипломної роботи зумовлена необхідністю пошуку шляхів оптимізації існуючих технологічних процесів, впровадження сучасного обладнання та передових методів організації виробництва. У рамках цієї роботи розглянуто аналіз існуючої технології виготовлення гільзи, запропоновано заходи з її вдосконалення та обґрунтовано доцільність запропонованих змін з точки зору економічної ефективності та виробничої доцільності.

Метою дипломної роботи є розроблення технологічного процесу виготовлення деталі гільза та організації її виробництва на підприємстві.

					<i>ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		4

- фонд робочого часу робітників – 1860 год.;
- річний фонд часу технологічного обладнання – 4015 год.

Метою дипломної роботи є розроблення технологічного процесу виготовлення деталі гільза та організації її виробництва на підприємстві.

Для досягнення поставленої мети, під час проектування технологічного процесу необхідно вирішити такі завдання:

- 1) провести аналіз креслення та технологічності деталі;
- 2) визначити тип виробництва та здійснити вибір заготовки;
- 3) розробити маршрути технології виготовлення деталі;
- 4) здійснити розрахунок припусків і допусків технологічних розмірів;
- 5) здійснити вибір засобів технологічного оснащення;
- 6) провести вибір ріжучого та вимірювального інструменту, розрахунок режимів різання для кожного переходу, визначити необхідну потужність верстата;
- 7) здійснити нормування часу оброблення для кожної операції;
- 8) у конструкторській частині необхідно розробити принципову розрахункову схему базування заготовки у пристосуванні для певної операції, визначити необхідне зусилля закріплення заготовки та спроектувати спеціальний верстатний пристрій, а також контрольньо-вимірювальний інструмент.

1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Деталь «Гільза» виготовляється зі сталі 40Х згідно з вимогами стандарту ДСТУ 4543:2006. На технічному ескізі деталі зазначено всі необхідні розміри, їхні допуски та вимоги до шорсткості поверхонь, які відповідають класу точності, визначеному для кожної поверхні. Усі зазначені відхилення точних розмірів відповідають міжнародному стандарту ISO.

Конструкція деталі є досить простою, що позитивно впливає на технологічність її виготовлення. Забезпечується вільний доступ ріжучого інструменту до всіх поверхонь, які підлягають механічній обробці. Основні технологічні операції виконуються на токарному та свердлувальному верстатах.

					<i>ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ</i>	Арк. 6
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Наявність в конструкції деталі отвору Ø5H9 й два різьбових отвори М6–7Н виключає можливість поєднання чорнової та напівчистої обробки в одній технологічній операції, що відповідає вимогам раціональної побудови технологічного процесу.

Заготівка потребує термічної обробки – гартування з наступним відпуском до твердості HRC 42...48. Після термообробки необхідно виконати внутрішнє шліфування отвору Ø100H9 для досягнення відповідної точності та якості поверхні. Вимоги до параметра шорсткості внутрішньої поверхні становлять $Ra \leq 2,5$ мкм, для інших поверхонь – $Ra \leq 10$ мкм.

Контроль параметрів розмірів і шорсткості може здійснюватися з використанням універсальних вимірювальних приладів, що спрощує процес технічного контролю.

Аналіз конструкції показав, що деталь «гільза» відповідає основним вимогам технологічності: вона проста у виготовленні, забезпечує можливість якісної обробки та контролю, а також дозволяє впровадити ефективний технологічний процес з високим рівнем автоматизації.

1.3 Визначення типу виробництва та аналіз типового технологічного процесу

Тип виробництва – це сукупність організаційних, технічних та економічних особливостей процесу виготовлення продукції, які визначаються обсягом випуску виробів, широтою номенклатури та ступенем спеціалізації обладнання і робочих місць. Визначення типу виробництва є важливим етапом проектування технологічного процесу, оскільки впливає на вибір обладнання, оснащення, структуру технологічного маршруту, методи контролю та організацію праці.

Основними типами виробництва є:

- *Одиничне* – виготовлення окремих виробів або дрібних партій без регулярного повторення;
- *Серійне* – виготовлення обмеженої кількості однотипних виробів партіями;

					ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- *Масове* – безперервне виготовлення великої кількості однакової продукції.

Для визначення типу виробництва використовується показник коефіцієнта закріплення операцій $K_{з.о}$ за одним робочим місцем:

$$K_{з.о} = \frac{t_{в}}{T_{ср}}; \quad (1.1)$$

де $t_{в}$ – такт випуску деталей; $T_{ср}$ – середній штучно-калькуляційний час на виконання технологічного процесу.

Такт випуску деталей визначається за формулою:

$$t_{в} = \frac{F_{г}}{N_{г}}; \quad (1.2)$$

$F_{г}$ – річний фонд часу роботи обладнання;

$N_{г}$ – річна програма випуску деталей.

Річний фонд часу роботи обладнання визначаємо при двозмінному режимі роботи: $F_{г}=4015$ год.

Тоді: $t_{в} = F_{г}/ N_{г}=4015 \cdot 60/10000=24$ хв.

Середній штучно-калькуляційний час на виконання операцій технологічного процесу розраховується як:

$$T_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ш.к.i}}{n} \quad (1.3)$$

де $T_{ш.к.i}$ – штучно-калькуляційний час i -тої головної операції, n – кількість операцій.

Штучно-калькуляційний час може бути визначений за формулою [1]:

$$T_{шк} = \varphi_{к} T_{0} \cdot 10^{-3} \quad (1.4)$$

де T_{0} – машинний час в межах i -ї операції, $\varphi_{к}$ – коефіцієнт в межах i -ї операції, який залежить від виду обладнання та типу виробництва [2].

Процес технологічної підготовки виробництва починається з встановлення організаційної форми типу виробництва. На початку розроблення технології виготовлення деталей, тип виробництва приймають за обсягом випуску продукції та масою готової деталі [3], (табл.1.1).

					<i>ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ</i>	<i>Арк.</i> 8
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Базовий технологічний маршрут механічного оброблення деталі

№	Назва операції	Устаткування	Примітка
1	Відрізання заготовки	Стрічкова пила / відрізний верстат	Заготівля Ø130×100 мм
2	Чорнове точіння	Токарний верстат	Обробка зовн. Ø торців
3	Свердління + розточування	Токарний	Отвір Ø25 → Ø100
4	Термічна обробка	Піч/індукційна установка	Гартування до 43–48 HRC
5	Чистове точіння / розточування	Прецизійний токарний	Посадки H9, js14, фаски
6	Шліфування (внутр./зовн.)	Круглошліфувальний	Для Ra 0.8, Ø100 H9
7	Контроль	Відділ ОТК	Вимірювання розмірів, Ra, твердості

					<i>ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір заготовки та обґрунтування методу і способу її одержання

Вибір способу отримання заготовки обумовлений низкою факторів, серед яких: матеріал деталі, її функціональне призначення, технічні вимоги до виготовлення, обсяги та тип виробництва, а також геометрична форма й розміри деталі.

Для виготовлення заготовки приймається матеріал – сталь 40Х, основні фізико-механічні характеристики якої наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Хімічний склад і мех. властивості сталі 40Х за ДСТУ 7809:2015

<i>вуглець</i>	<i>хром</i>	<i>марганець</i>	<i>нікель</i>	<i>сірка</i>	σ_m	σ_e	δ_5
<i>%</i>	<i>до %</i>	<i>до %</i>	<i>до %</i>	<i>до %</i>	<i>МПа</i>	<i>МПа</i>	<i>%</i>
<i>0,38...0,41</i>	<i>1</i>	<i>0,8</i>	<i>0,25</i>	<i>0,04</i>	<i>270</i>	<i>480</i>	<i>25</i>

Оптимальний метод виготовлення заготовки визначається на основі всебічного аналізу зазначених факторів, а також з урахуванням техніко-економічного обґрунтування собівартості деталі.

Метод вважається оптимальним, якщо він забезпечує високу технологічність виготовлення деталі при найменшій собівартості. Вибір здійснюється на підставі техніко-економічного аналізу витрат на виготовлення заготовки. Для обґрунтування способу отримання заготовки виконують порівняльний аналіз двох можливих варіантів отримання заготовки наприклад: поковка – штучна заготовка з прокату; відливка – штучна заготовка з прокату; відливка – поковка.

В даному випадку використання штучної заготовки з прокату є недоцільним, тому заготовку передбачається отримувати способом кування. Оскільки тип виробництва – середньосерійний, це дозволяє використовувати

штамповані або литі заготовки при значних перепадах діаметрів (понад 10–20 мм).

На кресленні вказано матеріал деталі — сталь 40Х. Для середньосерійного виробництва переважним способом отримання початкової сталеві заготовки є штампування з формуванням контуру, максимально наближеного до контуру готової деталі: діаметр зовнішніх поверхонь $\varnothing 130$ мм і $\varnothing 120$ мм, а також центрального отвору великого діаметра $\varnothing 100H7$.

Невелика різниця діаметрів зовнішніх поверхонь ($\varnothing 130$ і $\varnothing 120$ мм) дозволяє використовувати простішу форму штампування (рис. 2.1), але для економії часу механічної обробки і металу, що перетворюється на стружку, доцільніше застосовувати штампування з буртом (рис. 2. 2).

Розрахунок остаточних фактичних розмірів заготовки виконується після визначення всіх технологічних розмірів. Попередньо розміри заготовки були визначені з припущенням, що точність гарячого штампування відповідає 16-му квалітету, а основне відхилення (положення поля допуску) – за Н або h, залежно від того, чи належать поверхні до охоплювальних або охоплюваних.

З урахуванням технологічних властивостей матеріалу деталі (сталь 40Х за ДСТУ 7809:2015), її габаритів, вимог до механічних властивостей, а також типу виробництва (середньосерійне), вибираємо в якості вихідної заготовки штамповку, рисунок 2. 2.

Для штампованих заготовок встановлюються допуски залежно від вихідного індексу, який визначається за масою заготовки, класом точності, групою сталі, ступенем складності конфігурації заготовки, а верхнє і нижнє відхилення не завжди відповідають розташуванню поля допуску Н або h (див. таблицю 2.2). Згідно з масою заготовки $m=3,9$ кг, визначено вихідний індекс – 11.

					<i>ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ</i>	<i>Арк.</i> 12
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Допуски та допустимі відхилення вихідної заготовки за ДСТУ 7505:2015

«Поковки сталеві штамповані»

Номінальний розмір	Позначення	Розрахований розмір	Допуск	Верхнє відхилення	Нижнє відхилення
Довжина (80h14)	$A_{0.1}$	84,5 мм	1,6	+1,1	-0,5
Зовн. діам. бурта (Ø 130h14)	$d_{0.1}$	Ø 135,6 мм	2,0	+1,3	-0,7
Зовн. діам. (Ø 120h14)	$d_{0.2}$	Ø 125 мм	2,0	+1,3	-0,7
Діам. отвору (Ø 100H9)	$D_{0.1}$	Ø 92,1 мм	1,6	+1,1	-0,5
Глибина отвору	$A_{0.2}$	60,3 мм	1,6	+1,1	-0,5
Товщина	S	24,2 мм	1,4	+0,9	-0,5
Довжина бурта	$A_{0.3}$	17 мм	1,4	+0,9	-0,5

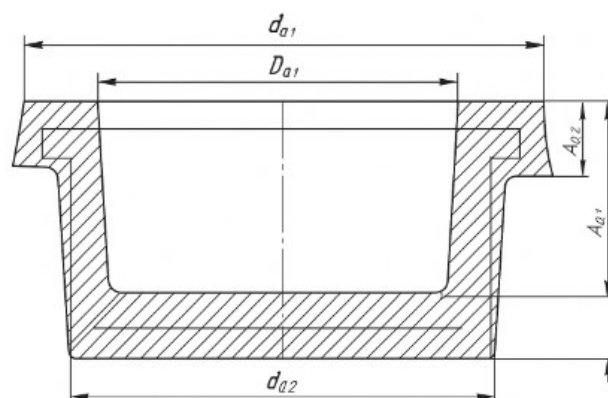
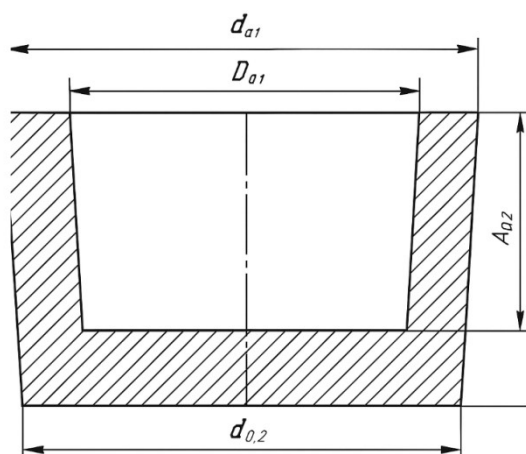
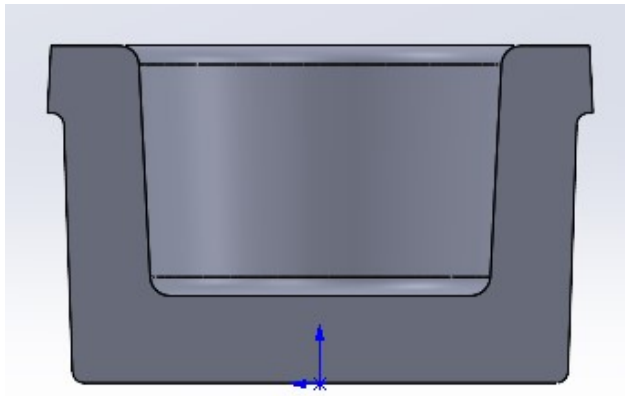


Рис. 2.1– Ескіз заготовки спрощеної форми
Рис. 2.2– Ескіз заготовки з буртиком форми

На рисунку 2.3 наведено 3Д модель заготовки, а остаточний кресленик відображено в додатках.



Технічні характеристики:
 Клас точності Т4
 Група матеріалу М2
 Степінь складності С2
 Вихідний індекс 10
 Нахили та ухили зовнішніх та внутрішніх поверхонь 2° і 3° градуси

Рис. 2.3–3Д модель заготовки з буртиком

Для зменшення припусків і часу на обробку доцільно використовувати штампування на горизонтально-ковальній машині (ГКМ). Якщо зовнішні поверхні поковки, що штампуються на ГКМ, повністю або частково формуються в пуансоні, то можна зменшити величину ухилів β залежно від співвідношення довжини заготовки L до її найбільшого діаметра D , табл.2.3.

Таблиця 2.3

Мінімальні значення ухилів для зовнішніх поверхонь

Відношення L/D	До 0,3	Від 0,3 до 1,2	Від 1,2 до 2,2	Від 2,2 до 3,2	Від 3,2 до 4,2
β	0°	15'	30'	45'	1°

Оскільки $L/D = 97,5 / 136 = 0,69$, то приймаємо величину ухилу зовнішніх поверхонь $\beta = 2 \pm 1^\circ$, внутрішніх (отвори) — $\alpha = 3 \pm 1^\circ$.

Після кування проводять термічну обробку з метою зняття внутрішніх напружень.

Вартість поковки розраховуємо за формулою:

$$M = Q \cdot S \quad (2.1)$$

де Q – маса заготовки, $Q = 3,9$ кг;

S – базова вартість 1 кг матеріалу, $S = 120$ грн.

$$M = 3,9 \cdot 120 = 468 \text{ грн.}$$

Кресленик поковки наведено в додатках.

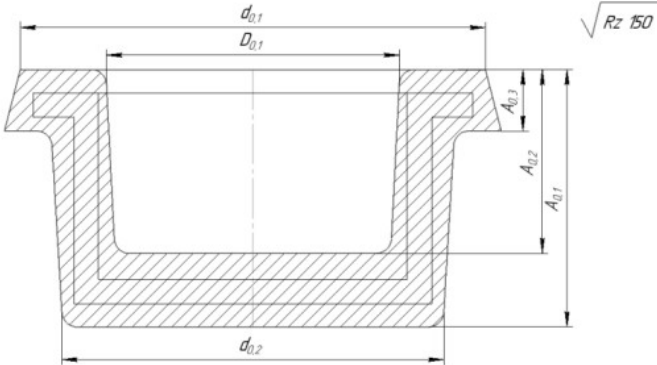
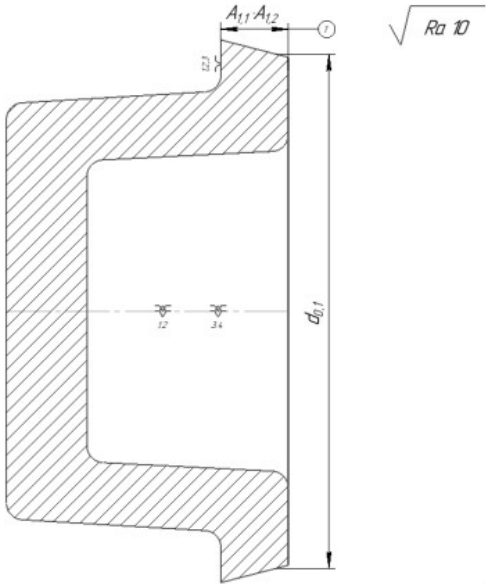
					ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ		Арк. 14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

2.2 Розроблення технології виготовлення деталі

Маршрут технології виготовлення деталі «Гільза» (циліндра тормозного) наведено в таблиці 2.4. Попередній маршрут включає операційні ескізи, схеми базування заготовки, технологічні розміри, а також опис переходів.

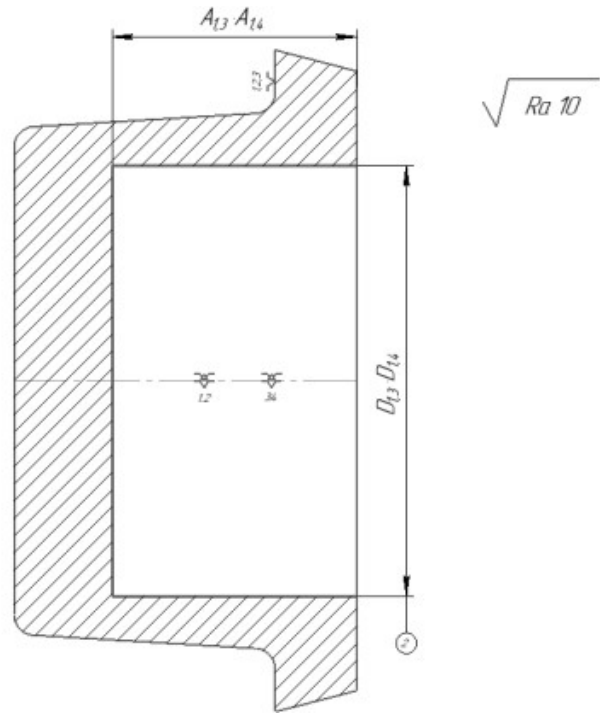
Таблиця 2.4

Маршрут технологічного процесу виготовлення деталі «Циліндр»

Номер опер	Назва операції, номер та зміст переходів	Операційний ескіз
005	<p>Заготівельна</p> <p>1. Штампувати заготовку згідно до кресленика</p>	
010	<p>Токарно-гвинторізна</p> <p>1. Установити та закріпити заготовку в трикулачковий самовстановлювальний патрон;</p> <p>2. Обробити торець ① попередньо, витримуючи розмір $A_{1.1}(h15)$;</p> <p>3. Обробити торець ① остаточно, витримуючи розмір $A_{1.2}(h14)$;</p>	

4. Розточити отвір ②
попередньо, дотримуючись
розмірів $D_{1.3}$ (H15) і $A_{1.3}$ (H15);

5. Розточити отвір ②
начорно, дотримуючись
розмірів $\varnothing D_{1.4}$ (H12) і
 $A_{1.4}$ (H14);

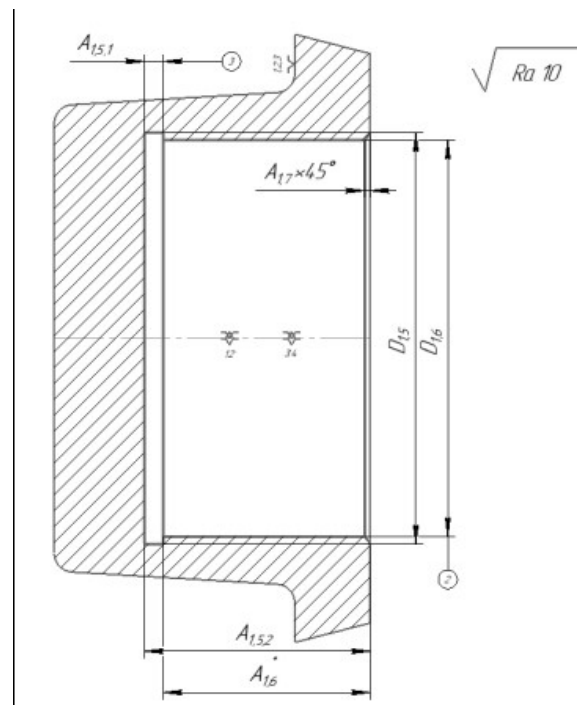


6. Розточити канавку ③,
дотримуючись розмірів
 $D_{1.5}$ (H14), $D_{1.5.1}$ (H14)
та $A_{1.5.2}$ (H14);

7. Розточити отвір ②
напівчисто, дотримуючись
розмірів $D_{1.6}$ (H9) на прохід
(довжина $D_{1.6}$ — для довідки)
за розміром $A_{1.6}$ (h14);

8. Зняти фаску, дотримуючись
розм. $D_{1.7}$;

9. Розкріпити та зняти
заготовку.



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

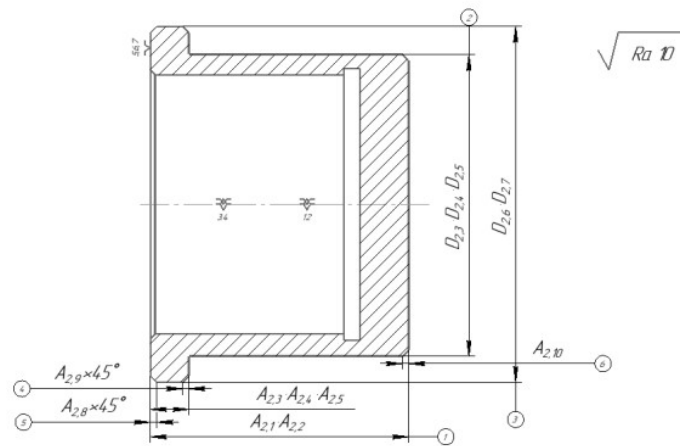
ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ

Арк.
16

015

Токарна з ЧПК

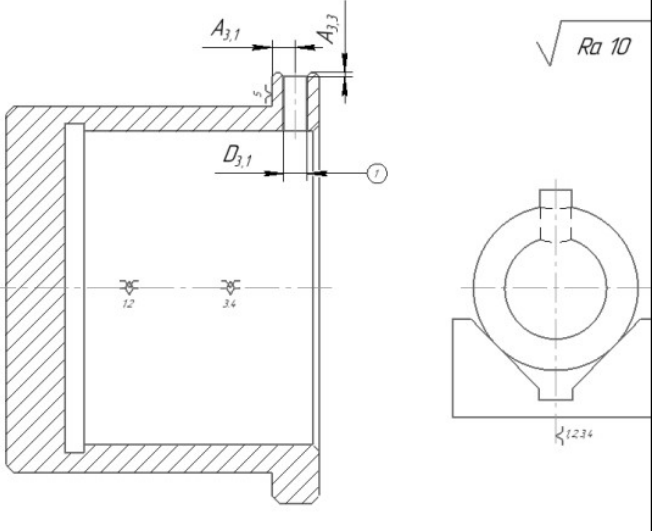
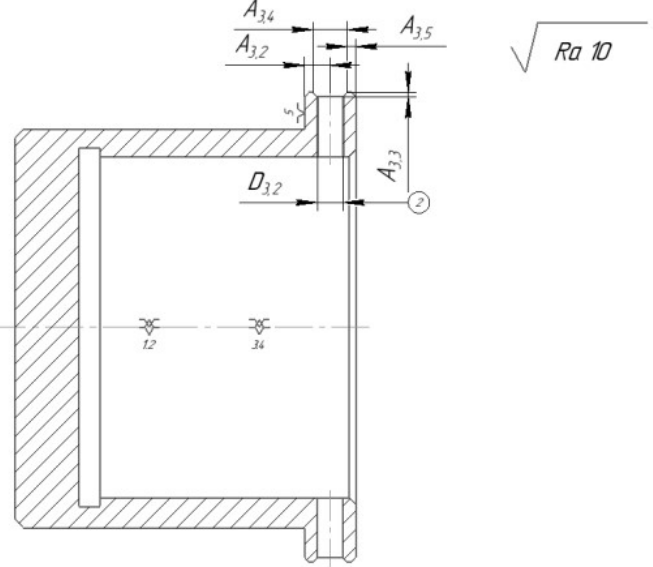
1. Установити та закріпити заготовку на розтискну оправку;
2. Обточити торець ①, дотримуючись розміру $A_{2.1}$;
3. Обточити торець ①, дотримуючись розміру $A_{2.2}$;
4. Обточити поверхню ②, дотримуючись розмірів $\varnothing D_{2.3}$ (h14) і $A_{2.3}$ (h14);
5. Обточити поверхню ②, дотримуючись розмірів $\varnothing D_{2.4}$ (h12) і $A_{2.4}$ (h14);
6. Обточити поверхню ②, дотримуючись розмірів $\varnothing D_{2.5}$ (h9) і $A_{2.5}$ (h14);
7. Обточити поверхню ③ на прохід, дотримуючись розміру $\varnothing D_{2.6}$ (h15);
8. Обточити поверхню ③ на прохід, дотримуючись розміру $\varnothing D_{2.7}$ (h14);
9. Обточити фаску ④, дотримуючись розміру $A_{2.8}$ (h14) $\times 45^\circ$;
10. Обточити фаску ⑤, дотримуючись розміру $A_{2.9}$ (h14) $\times 45^\circ$;
11. Обточити фаску ⑥,



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ

Арк.
17

	<p>дотримуючись розміру $A_{2.10} (h14) \times 45^\circ$;</p> <p>12. Розтиснути та зняти заготовку.</p>	
<p>020</p>	<p>Свердлильна</p> <p>Установ А</p> <p>1. Установити та закріпити заготовку на верстатному пристрої (призмі). Установити кондукторну плиту.</p> <p>2. Свердлити отвір ① на прохід, дотримуючись розмірів $\varnothing D_{3.1}$ і $A_{3.1}$</p>	
	<p>Установка Б</p> <p>1. Розкріпити заготовку та повернути її на 180°, закріпити заготовку.</p> <p>2. Свердлити отвір ② на прохід, дотримуючись розмірів $\varnothing D_{3.2}$, $A_{3.2}$, $A_{3.4}$, $A_{3.5}$</p> <p>Установ В</p> <p>1. Відвести кондукторну плиту.</p> <p>2. Зенкувати фаску, дотримуючись розміру $A_{3.3} 2 \times 45^\circ$ у двох отворах ① і ② по черзі.</p> <p>3. Розкріпити та зняти заготовку.</p>	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ

Арк.
18

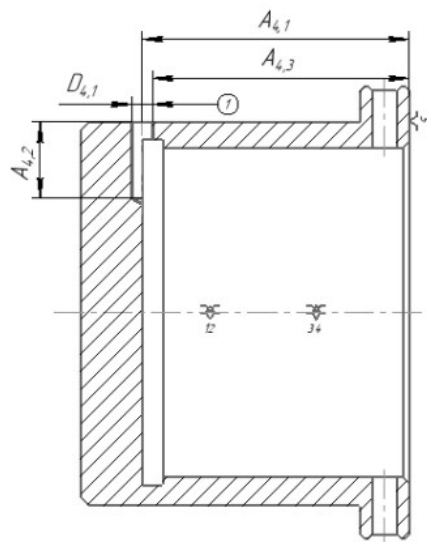
025

Вертикально-фрезерна

1. Установити та закріпити заготовку на верстатному пристрої

2. виконати отвір ① шпонковою фрезою, дотримуючись розмірів $\varnothing D_{4.1}$, $A_{4.1}$, $A_{4.2}$ і $A_{4.3}$

3. Розкріпити та зняти заготовку.


 $\sqrt{Ra 10}$

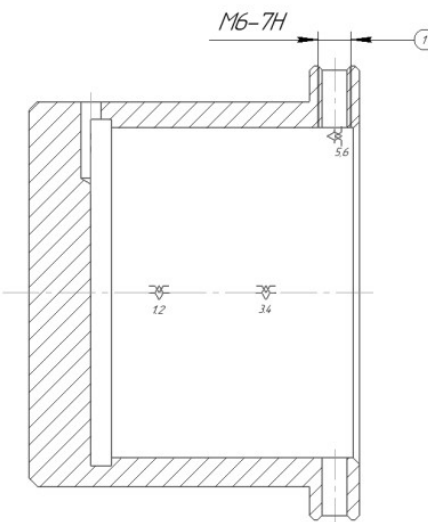
030

Свердлильна

Установ А

Установити заготовку в призму.

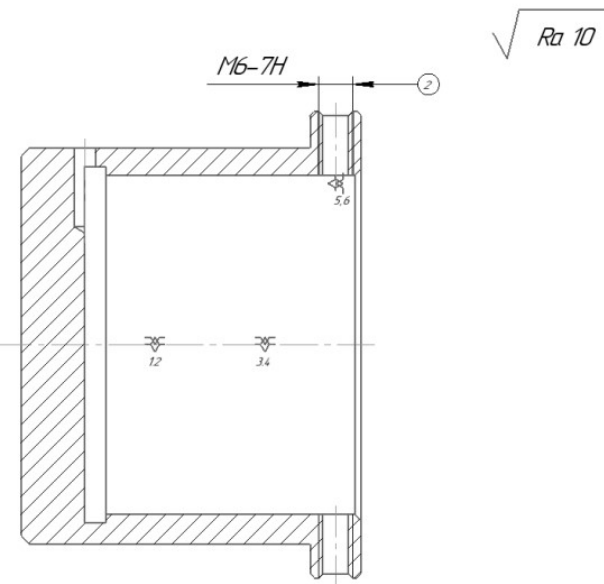
Нарізати різьбовий отвір ① на прохід.


 $\sqrt{Ra 10}$

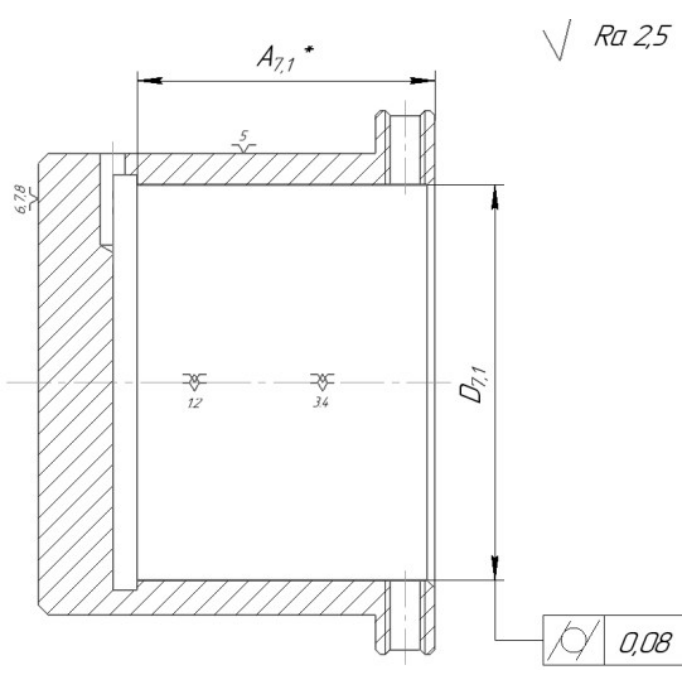
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ

Арк.
19

	<p>Установ Б</p> <p>1. Повернути заготовку на 180°;</p> <p>2. Нарізати різьбовий отвір ① на прохід.</p>	
--	---	--

035	<p>Термічна</p> <p>Загартувати та відпустити до твердості 43...48 HRC</p>	
-----	---	--

040	<p>Внутрішньошліфувальна</p> <p>1. Установити і закріпити заготовку в цанговий патрон;</p> <p>2. Шліфувати отвір $\varnothing D_{7,1}$ (H7); Розмір для довідки $A_{7,1}^* = A_{1,4}$;</p> <p>3. Розкріпити і зняти заготовку.</p>	
-----	--	--

Таблиця 2.6.

Розрахунок мінімальних припусків і технологічних розмірів

Технологічні переходи обробки поверхонь	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$, мкм	Допуск Т, мкм	$d_{\text{пр}}$, мм	Граничні розміри, мм	
	Rz, мкм	$T_{\text{деф}}$, мкм	ϵ , мкм	Р, мкм				d_{\min} , мм	d_{\max} , мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Обточування $\varnothing 130h14$									
Штамповка (h16) d_{01}	150	200	500	0	-----	2500 2000	137,6h16 135.6	134,9	137,4
Обдирка (H15) $D_{2.6}$	80	100	100	500	$2 \cdot 1350 = 2700$	1600	132.2 h15	130,6	132.2
Оздоблювальна обробка ($\varnothing 130h14$) $D_{2.7}$	40	60	60	0	$2 \cdot 280 = 560$	1000	130 h14	129	130
Обточування $\varnothing 120h14$									
Штамповка (h16) d_{02}	150	200	500	0	-----	2500 2000	128,8h16 125	124.3	126.8
Обдирка (h14) $D_{2.3}$	80	100	100	100	$2 \cdot 950 = 1900$	1000	122.2 h14	121.4	122.4
Обточ чорнове (h12) $D_{2.4}$	40	60	60	0	$2 \cdot 280 = 560$	400	120,8 h14	120,4	120,8
Точіння напівчистове (h9) $D_{2.5}$	10	30	30	30	$2 \cdot 190 = 380$	87	120 h9	119,9	120
Оброблення отвору $\varnothing 100H7(^{+0,047})$									
Штамповка (H16) $D_{0.1}$	150	200	500	0	-----	2200 1600	92,6H16 92,1	92,6	94,8
Обдирка (H14) $D_{1.3}$	80	100	100	100	$2 \cdot 950 = 1900$	1400	96,7 H15	96,7	98,1
Розточ. чорнове (H12) $D_{1.4}$	40	60	60	0	$2 \cdot 280 = 560$	350	98,7 H12	98,7	99,05
Розточ. напівчистове (H9) $D_{1.6}$	10	30	30	30	$2 \cdot 190 = 380$	87	99,4H9	99,4	99,48 7
Термічна НРС 43...48	20	100	100		$2 \cdot 270 = 540$	87	$\varnothing 100H9$	100	100.0 87
Шліфування після гартування $D_{7.1} = \varnothing 100H7$	5	15	15	15	$2 \cdot 50 = 100$	47	$\varnothing 100H7$	100	100.0 47
Оброблення торців для витримування довжини деталі $80h14_{(-0,74)}$									
Сторона А Штамповка	150	200	200	0	-----	2200 1600	88,2h16 $88^{+1,1}_{-0,5}$	85,95	88,15

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ

Арк.
25

(торець А) (h 16) A _{0,3}									
Обдирка торця А (h14) A _{1,1}	80	100	100	200	750	1400	85,2 h14	83,78	85,18
Точ. торця А остаточно (h14) A _{1,2}	40	60	60	0	280	740	83,5 h14	82,75	84,95
Сторона Б Штамповка (торець Б) (h 16) A _{0,1}	150	200	200	200	750	2200	84,95 h16	82,75	84,95
Обдирка торця Б (h14) A _{2,1}	80	100	100	200	750	1400	82 h15	80,28	81,68
Точ. торця Б остаточно (h14) A _{2,2}	40	60	40	0	280	740	80 h14	79,26	80
Оброблення торців для витримування довжини буртика 12h14 _(-0,43)									
Сторона Б Штамповка (торець Б) (h 16) A _{0,3}	150	200	200	0	-----	-----	-----	-----	-----
Обдирка торця Б (h14) A _{1,1}	80	100	100	200	750	430	13,4 h14	12,98	13,41
Точіння торця Б (h14) A _{2,4}	80	100	100	0	280	430	12,7 h14	12,28	12,71
Точ. торця Б остаточно (h14) A _{2,5}	40	60	40	0	280	430	12 h14	11,57	12

2.4.1 Розрахунок технологічних розмірів

Розрахунок технологічних розмірів виконуємо, виходячи з розмірного аналізу технологічного процесу обробки, для чого складаємо розмірні ланцюги.

Для розрахунку технологічних розмірів при обробці Ø130h14 викреслюємо розмірні ланцюги при (рис. 2.4) і записуємо в таблицю 2.6.

Технологічний розмір A₂ повинен бути рівним конструкторському К, тобто:

$$D_{2,7} = A_2 = K = \text{Ø}130h14(-0,01) \text{ мм.}$$

Знаходимо технологічний розмір A₁, використовуючи розмірний ланцюг №1:

					ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ				Арк. 26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$D_{2,3 \max} = A_{1 \max} = A_{1 \min} + T_{d1} = D_{2,3 \min} + T_{d2,3} = 121.36 + 1 = 122.36 \text{ мм}$$

Прийнятий технологічний розмір: $D_{2,3 \text{ пр}} = 122.4 \text{ h}14_{(-1)} \text{ мм}$

Знаходимо технологічний розмір $d_{0,2} = A_0$ на базі розмірного ланцюга:

$$d_{0,2 \min} = A_{0 \min} = A_{1 \max} + 2z_{1 \min} = D_{2,3 \max} + 2z_{2,3 \min} = 122.4 + 1.9 = 124.3 \text{ мм};$$

$$d_{0,2 \max} = A_{0 \max} = A_{0 \min} + T_{d0} = d_{0,2 \min} + T_{d0,2} = 124.3 + 2.5 = 126.8 \text{ мм};$$

Попередньо приймаємо $d_{0,2 \text{ пр}} = 126.8 \text{ h}16 \text{ мм}$. Враховуючи відхилення за стандартом на штамповку зменшуємо допуск до 2 мм, остаточно приймаємо $d_{0,2 \text{ пр}} = 125^{+1.3}_{-0.7}$.

Розрахунок технологічних розмірів при обробці $\varnothing 100\text{H}7^{(+0,087)}$ проводимо наступним чином: викреслюємо розмірні ланцюги при обробці зовнішньої поверхні $\varnothing 100\text{H}7^{(+0,047)}$ (рис. 2.6) та записуємо в таблицю 2.6

<p>Рис. 2.5 – розмірний ланцюг при обробленні поверхні $\varnothing 120\text{h}14$</p>	<p>Рис. 2.6 – розмірний ланцюг при обробленні поверхні $\varnothing 100\text{H}7$</p>

Технологічний розмір A_4 має бути рівним конструкторському K , тобто:
 $D_{7,1} = A_4 = K = \varnothing 100\text{H}7^{(+0,047)} \text{ мм}$

Знаходимо технологічний розмір $D_{1,6} = A_3$, використовуючи розмірний ланцюг:

$$D_{1,6 \max} = A_{3 \max} = A_{4 \min} - 2Z_{4 \min} = D_{7,1 \min} - 2Z_{7,1 \min} = 100 - 0.54 = 99.46 \text{ мм}$$

$$D_{1,6 \min} = A_{3 \min} = A_{3 \max} - T_{d3} = D_{1,6 \max} - T_{d6} = 99.46 - 0.047 = 99.373 \text{ мм}$$

						<i>ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ</i>	Арк. 28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

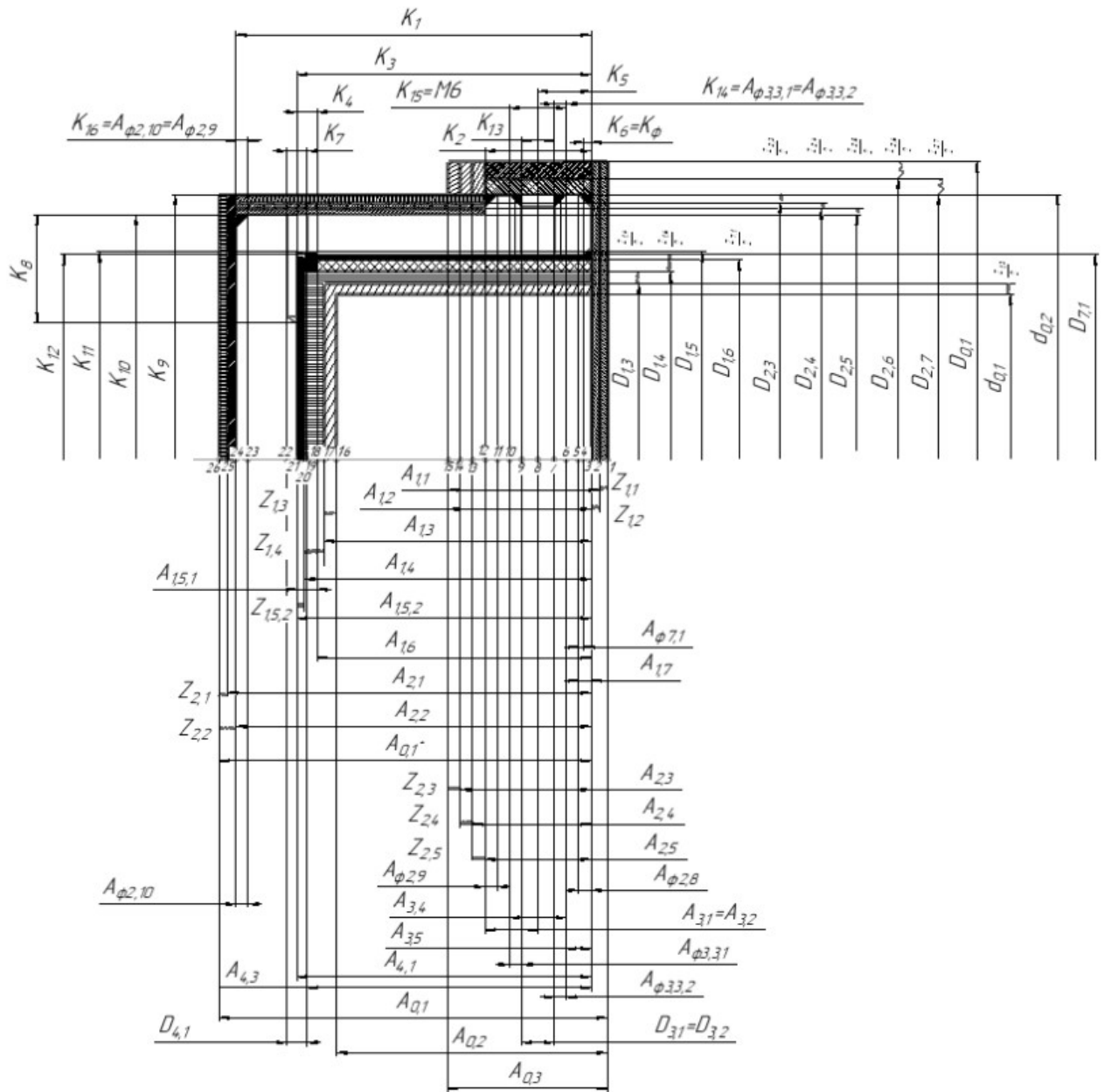


Рис. 2.7 – Комплексна схема обробки в осьовому напрямі

2.5 Комплексний розмірний аналіз розроблюваного технологічного процесу виготовлення деталі «Гільза»

2.5.1 Визначення допусків на технологічні розміри

Допуски розмірів вихідної заготовки визначаються за відповідними стандартами та довідковими матеріалами. Допуски розмірів, отриманих на операціях механічної обробки, встановлюються з використанням таблиць

точності. Таблиці значення включають статистичні дані щодо похибок розмірів заготовок, що обробляються на різних металорізальних верстатах.

Величина допуску безпосередньо залежить від виду і методу обробки, застосованого обладнання, кількості робочих ходів та розміру оброблюваної поверхні.

Конструкторські осьові розміри та їхні допуски:

$$K_1 = 80h14\text{мм}; TK_1 = 0,74\text{мм};$$

$$K_2 = 12js14\text{мм}; TK_2 = 0,215\text{мм};$$

$$K_3 = 65h14\text{мм}; TK_3 = 0,74\text{мм};$$

$$K_4 = 5H14\text{мм}; TK_4 = 0,3\text{мм};$$

$$K_5 = 6js14\text{мм}; TK_5 = 0,15\text{мм};$$

$$K_6 = K_{14} = K_{16} = K_\phi = 2 js14\text{мм}; TK_6 = TK_{14} = TK_{16} = 0,125\text{мм};$$

$$K_7 = \emptyset 5H14\text{мм}; TK_7 = 0,3\text{мм};$$

$$K_8 = 5js14\text{мм}; TK_8 = 0,26\text{мм};$$

$$K_9 = \emptyset 130h14\text{мм}; TK_9 = 1\text{мм};$$

$$K_{10} = \emptyset 120h14\text{мм}; TK_{10} = 0,87\text{мм};$$

$$K_{11} = \emptyset 102H14\text{мм}; TK_{11} = 0,87\text{мм};$$

$$K_{12} = \emptyset 100H9\text{мм}; TK_{12} = 0,087\text{мм};$$

$$K_{13} = \emptyset 6H7\text{мм}; TK_{13} = 0,012\text{мм}; K_{15} = M6;$$

2.5.2 Перевірка забезпечення точності конструкторських розмірів

Для перевірки забезпечення точності конструкторських розмірів необхідно побудувати розмірну схему окремо в осьовому та радіальному напрямках. На цю схему наносять усі технологічні розміри, припуски на обробку, а також конструкторські розміри. На основі побудованої розмірної схеми виділяють розмірні ланцюги, замикальними ланками в яких є конструкторські розміри та

					<i>ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>31</i>

припуски на обробку. Виявлення розмірних ланцюгів починають з останньої операції, тобто рухаючись розмірною схемою знизу вгору. Для спрощення процесу виявлення розмірних ланцюгів будують граф розмірних зв'язків (рис. 2.8). Спочатку будують граф технологічних розмірів, де кружечками з цифрами всередині позначаються оброблювані поверхні (у вигляді подвійного кружечка позначається поверхню заготовки, від якої починається обробка).

Даний граф доповнюють схемою розмірів заготовки, рис. 2.7 (розміри заготовки зображують при цьому подвійними лініями) і отримують суміщений граф, на якому у вигляді дуг зображують розміри готової деталі і у вигляді ламаних ліній – припуски на обробку (стрілка на таких лініях вказує, до якої поверхні відноситься припуск). Важливо будувати поєднаний граф так, щоб його ребра (лінії) не перетиналися.

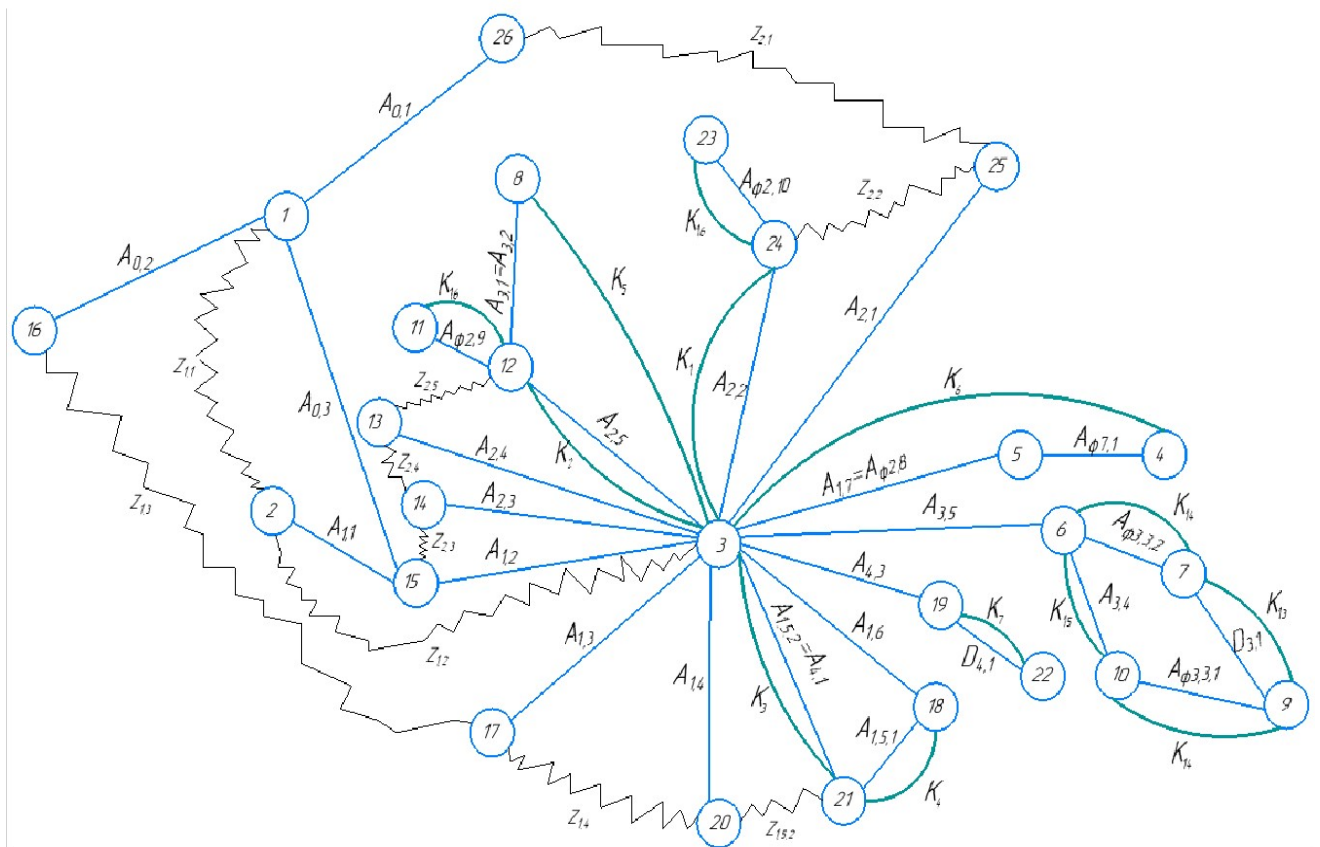


Рис. 2.8 – Граф розмірних зв'язків

Будь-який замкнутий контур суміщеного графа утворює розмірний ланцюг. Останньою ланкою (яке зазвичай укладають у квадратні дужки) у такому колі є або розмір деталі, або припуск на обробку. Розмірні ланцюги рекомендується будувати таким чином, щоб припуски і розміри A деталі не входили в них в якості складових ланок.

Визначаємо конструкторські осьові розміри, які виконуються безпосередньо під час витримування остаточних технологічних розмірів:

$$K_1 = A_{2,2} = 80h14(-0,74) \text{ мм};$$

$$K_2 = A_{2,5} = 12js14(\pm 0,215) \text{ мм};$$

$$K_3 = A_{1,5,2} = A_{4,1} = 65H14(+0,74) \text{ мм};$$

$$K_4 = A_{1,5,1} = 5H14(+0,3) \text{ мм};$$

$$K_7 = D_{4,1} = \varnothing 5H14(+0,3) \text{ мм};$$

$$K_8 = A_{4,2} = 25js14(\pm 0,26) \text{ мм};$$

$$K_{13} = \varnothing 6H7(+0,012) \text{ мм}; \quad K_{15} = M6;$$

Для кожного конструкторського розміру K_i , який безпосередньо не витримується при виконанні техпроцесу, в комплексній схемі обробки деталі виділяється розмірний ланцюг, до якого він входить. Цей розмірний ланцюг має містити мінімально можливу кількість складових ланок. Виділяємо розмірний ланцюг, що містить лише один конструкторський розмір, і перевіряємо можливість розв'язання розмірного ланцюга, керуючись правилом: при розрахунку розмірних ланцюгів методом максимуму-мінімуму допуск вихідної ланки має бути не меншим за суму допусків складових ланок.

Розмірні ланцюги для конструкторських розмірів, які не витримуються безпосередньо визначаються окремо з прив'язкою до суміжних поверхонь, після чого записуємо всі розраховані технологічні розміри.

						ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ	Арк. 33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

- 1) $A_{0,1} = 84,5_{-0,5}^{+1,1}$ мм
- 2) $A_{0,2} = 60,3_{-0,5}^{+1,1}$ мм
- 3) $A_{0,3} = 17_{-0,5}^{+0,9}$ мм
- 4) $A_{1,4} = 64H14(^{+0,74})$ мм
- 5) $A_{1,5,1} = 5H14(^{+0,3})$ мм
- 6) $A_{1,5,2} = 65H14(^{+0,74})$ мм
- 7) $A_{1,6}^* = 60(-0,11)$ мм
- 8) $A_{1,7} = 2,3_{-0,04}^{+0,21}$ мм
- 9) $A_{2,1} = 82h15(-1,4)$ мм
- 10) $A_{2,2} = 80h14(-0,74)$ мм
- 11) $A_{2,3} = 13,4h14(-0,43)$ мм
- 12) $A_{2,4} = 12,7h14(-0,43)$ мм
- 13) $A_{2,5} = 12h14(-0,43)$ мм
- 14) $A_{3,1} = 6_{-0,15}^{-0,03}$ мм
- 15) $A_{3,2} = 6_{-0,15}^{-0,03}$ мм
- 16) $A_{4,1} = 65H14(^{+0,74})$ мм
- 17) $A_{4,2} = 25js14(\pm 0,26)$ мм

- 18) $A_{1,1} = 15,6h15(-0,7)$ мм
- 19) $A_{1,2} = 14,6h14(-0,43)$ мм
- 20) $A_{1,3} = 62,5H15(^{+1,2})$ мм
- 21) $d_{0,1} = 135,6_{-0,7}^{+1,3}$ мм
- 22) $d_{0,2} = 125_{-0,7}^{+1,3}$ мм
- 23) $D_{0,1} = 92,1_{-0,5}^{+1,1}$ мм
- 24) $D_{1,3} = 96,7H15(^{+1,4})$ мм
- 25) $D_{1,4} = 98,7H12(^{+0,35})$ мм
- 26) $D_{1,5} = 102H14(^{+0,87})$ мм
- 27) $D_{1,6} = 99,4H9(^{+0,087})$ мм
- 28) $D_{2,3} = 122,4 h14 (-1)$ мм
- 29) $D_{2,4} = 120,8 h12 (-0,4)$ мм
- 30) $D_{2,5} = 120 h9 (-0,087)$ мм
- 31) $D_{2,6} = 132,2h15 (-1,6)$ мм
- 32) $D_{2,7} = 130h14 (-1)$ мм
- 33) $D_{7,1} = 100H9(^{+0,087})$ мм
- 34) $D_{4,1} = 5H14(^{+0,3})$ мм

Эмч.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ

2.6 Розроблення операції 015 технологічного процесу, що виконується на верстаті з ЧПУ моделі Haas ST20

Процес формування технологічних операцій відіграє ключову роль у побудові сучасного, економічно обґрунтованого виробничого процесу. Він передбачає комплексну розробку етапів обробки, починаючи з вибору технічних засобів і закінчуючи організацією робочих умов. Основне завдання — досягнення стабільної якості продукції за мінімальних витрат часу, матеріалів та енергії.

Розробка операцій включає створення технологічної документації, розробляються карти операцій з чіткими інструкціями щодо режимів різання, вимог до точності, витрат часу та дотримання норм охорони праці.

За допомогою техніко-економічного аналізу: перевіряється ефективність процесу шляхом оцінки трудомісткості, енергоспоживання та фінансових затрат.

Комплексне опрацювання цих етапів дозволяє не лише забезпечити стабільну якість продукції, а й значно підвищити продуктивність виробництва та знизити його собівартість, що є вагомим чинником конкурентоспроможності підприємства.

Вибір режимів різання та ріжучого інструменту здійснюється за допомогою ЕОМ із використанням онлайн-калькуляторів виробників інструменту, зокрема Taegutec та Sandvik Coromant. Це дозволяє призначити оптимальні параметри оброблення для конкретної операції на верстаті з ЧПУ.

Для визначення найбільш підходящого інструменту та режимів різання я скористався сайтом Sandvik Coromant. У відповідних полях було задано: потужність верстата; матеріал заготовки; початковий і кінцевий діаметри; необхідну шорсткість оброблюваної поверхні.

На основі початкових даних система автоматично згенерувала оптимальний, рекомендований інструмент та режими різання. Крім того, надаються альтернативні варіанти інструменту з менш ефективними режимами, що дозволяє адаптувати вибір до наявного оснащення на підприємстві.

					<i>ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>35</i>

Точити поверхню Ø 130h9, Ø 120h9, L=80h14мм, торець, підрізати торець L=12 h14мм начисто.

Інструмент – різець CoroTurn TR SRDCN 2022K 10-A, оснащений пластиною RCMT 10T3 MP-H7 222

Встановлено:

Швидкість
різання

$v = 184 \text{ м/хв}$

Подача

$s = 0,25 \text{ мм/об}$

Глибина
різання

$t = 0,5 \text{ мм}$



Проектування траєкторії вершини ріжучого інструменту (рис. 2.9) та кількості проходів дозволили визначити машинний час оброблення (T=1.8хв).

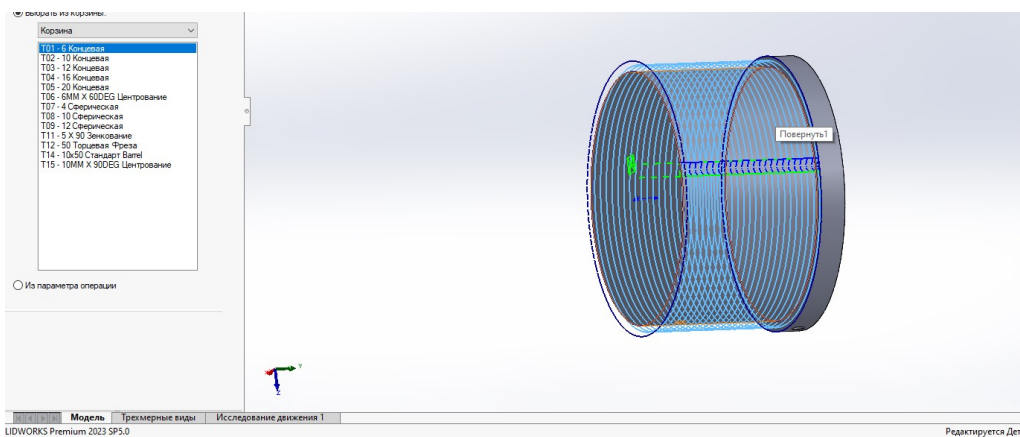


Рис. 2.9 – Траєкторія вершини ріжучого інструменту

Фрагмент керуючої програми:

%

O1000 (ASSEMBLY)

N100 (C-W)

N102 (REV-0.70)

N104 ()

N106 (TOOL 1 - DIA 120.)

N1 G90 G17 G40 G80 G00

N108 M06 T1 ()

N110 (D)

N112 G00 G54 G90 X0. Y0. S400 M03

N114 G43 H1 Z120.

N116 S400

N118 Z80.

N120 G98 G85 X0. Y0. Z-81. R-13. F45.

N122 G80

N124 M05

N126 G00 G28 G91 Z0

N128 G00 G28 G91 X-15.0 Y0.

N130 G90

N132 G98 G85 X0. Y0. Z-81. R-13. F45.

N134 G80

N136 M05

N138 G00 G28 G91 Z0

N140 G00 G28 G91 X-15.0 Y0.

N142 G90

N144 M06 T1

N146 M30

N148 M06 T1

N150 M30

%

					ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Розрахунок режимів різання при свердлінні отвору Ø6 на глибину 25 мм:

1) Глибина різання

$$t = D/2 = 6/2 = 3 \text{ мм.}$$

де D – максимальний діаметр оброблюваної поверхні, мм.

2) Подача на оберт: $S_o = 0,2$ мм/об

3) Визначення швидкості різання за формулою:

$$V = \frac{C_v D^{q_v}}{T^m S^{y_v}} K_v \quad (2.3)$$

де C_v – постійний коефіцієнт; q_v, m, x_v, y_v – показники степенів, $C_v = 9,8$;
 $q_v = 0,4$; $m = 0,2$; $y_v = 0,5$.

Період стійкості інструмента $T = 25$ хв.

4) Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_v = K_{M_v} K_{U_v} K_{L_v}$$

де K_{M_v} - коефіцієнт, що ураховує характеристики оброблюваного матеріалу заготовки:

$$K_{M_v} = C_m \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v} \quad (2.4)$$

де $C_m = 1,0$; $n_v = 0,9$, $\sigma_s = 610$ МПа, тоді:

$$K_{M_v} = 1,0 \left(\frac{750}{610} \right)^{0,9} = 1,2;$$

K_{uv} – коефіцієнт, що задає характеристики матеріалу інструменту, $K_{uv} = 1,0$;

K_{l_v} – коефіцієнт, що враховує глибину обробки, $K_{l_v} = 1,0$.

Тоді: $K = 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,2$.

5) Розрахована швидкість різання відповідно:

$$V = \frac{6,8 \cdot 6^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,1^{0,7}} \cdot 1,2 = 29,3 \text{ м/хв.}$$

6) Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 29,3}{3,14 \cdot 6} = 1280 \text{ об/хв.} \quad (2.5)$$

Згідно паспортних даних верстата приймаємо $n = 1250$ об/хв.

						ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ	Арк. 40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

7) Дійсна швидкість різання:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n_o}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6 \cdot 1250}{1000} = 23,55 \text{ м/хв.} \quad (2.6)$$

8) Розраховуємо момент та потужність різання:

$$M = 10 C_M D^{q_M} S^{y_M} K_p \quad (2.7)$$

де C_M – постійний коефіцієнт; q, y – показники степенів,

$$C_M = 0,0345; q = 2,0; y = 0,8$$

K_p – поправочний коефіцієнт, $K_p = K_{M_p} = 0,93$;

$$M = 10 \cdot 0,0345 \cdot 2,0^{2,0} \cdot 0,1^{0,8} \cdot 0,93 = 9,8 \text{ Н м}$$

9) Потужність різання:

$$N = \frac{M \cdot n}{9750} = \frac{9,81 \cdot 630}{9750} = 0,64 \text{ кВт.} \quad (2.8)$$

Дане значення потужності різання повинне відповідати умові:

$$N \leq 1,2 \cdot N_o \cdot \eta.$$

де N_o – потужність двигуна верстата, кВт; η – коефіцієнт корисної дії, $\eta = 0,75$;

$5,5 \cdot 0,75 \cdot 1,2 > 0,64$ – умова забезпечення потужності виконується.

Машинний час обробки отвору:

$$T_o = \frac{L_{p.x.}}{S_o \cdot n} \quad (2.9)$$

де $L_{p.x.}$ – довжина робочого ходу; $L_{p.x.} = L_{p.р.} + y$,

де $L_{p.р.}$ – глибина різання, $L_{p.р.} = 25$ мм, y – довжина підводу, врізання і перебігу інструменту. $y = 5$ мм; $T_o = 30 / 0,2 \cdot 1250 = 0,2$ хв

Параметри режиму різання обрано раціонально. Потужність і швидкість обертання відповідають технічним характеристикам верстата. Машинний час становить 0,2 хв.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

2.8 Нормування технологічних операцій (операція 010)

Розрахунок основного часу. Основний час для токарних операцій (1–2) визначається за формулою:

$T_0 = L \cdot i / n \cdot S, \text{хв}$	(2.10)
--	--------

де:

L – розрахункова довжина обробки, мм; i – кількість робочих ходів; n – частота обертання шпинделя, об/хв; S – подача, мм/об.

Розрахунок довжини обробки:

$$L = l + l_{\beta} + l_{cx} + l_{nd},$$

де:

l – розмір деталі на даному переході, мм; l_{β} – величина врізання інструмента, мм; l_{cx} – величина перебігу інструмента, мм; l_{nd} – величина підводу інструмента, мм.

При обробці на прохід приймаємо: $l_{cx} = l_{nd} = 1$ мм.

Величина врізання інструмента:

$$l_{\beta} = \frac{t}{\tan \varphi}, \quad (2.11)$$

де:

t – глибина різання, мм; φ – головний кут у плані.

Тоді формула для визначення основного часу:

$$T_0 = \left(l + \frac{t}{\tan \varphi} + l_{cx} + l_{nd} \right) \cdot \frac{i}{n \cdot S} \quad (2.12)$$

Основний час для першої токарної операції:

Перехід 1: обточування торця

$$T_0 = \left(22 + \frac{3}{\tan 45^\circ} + 1 + 1 \right) \cdot \frac{1}{327 \cdot 0,52} = 0,16 \text{ хв}$$

Перехід 2: завершальне обточування торця

					ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ	Арк. 42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_0 = \left(22 + \frac{1,43}{\tan 45^\circ} + 1 + 1 \right) \cdot \frac{1}{703 \cdot 0,34} = 0,11 \text{ хв}$$

Перехід 3: обробка отвору

$$T_0 = \left(65 + \frac{2,74}{\tan 90^\circ} + 0 + 1 \right) \cdot \frac{2}{400 \cdot 0,52} = 0,63 \text{ хв}$$

Перехід 4: чорнове розточування отвору

$$T_0 = \left(65 + \frac{1,175}{\tan 90^\circ} + 0 + 1 \right) \cdot \frac{1}{802 \cdot 0,34} = 0,24 \text{ хв}$$

Перехід 5: розточування канавки

$$T_0 = (5 + 0 + 1) \cdot \frac{1}{431 \cdot 0,07} = 0,2 \text{ хв}$$

Перехід 6: чистове розточування отвору

$$T_0 = (65 + 0 + 1 + 1) \cdot \frac{1}{1375 \cdot 0,11} = 0,44 \text{ хв}$$

Перехід 7: розточування фаски

$$T_0 = \left(2,3 + \frac{2,3}{\tan 45^\circ} + 0 + 1 \right) \cdot \frac{1}{800,98 \cdot 0,07} = 0,1 \text{ хв}$$

Отже машинний час операції 010 складатиме $T_0 = 1,88$ хв.

За умов серійного виробництва розраховуємо норми штучно-калькуляційного часу:

$$T_{шт.к.} = (T_{шт} + T_{н.з./n}), \quad (2.13)$$

де $T_{шт}$ – штучний час обробки деталі, який визначається за формулою, хв:

$$T_{шт} = T_0 + T_\partial + T_{обс.} + T_{відп.}, \quad (2.14)$$

де T_0 – машинний час, хв.; T_∂ – допоміжний час обробки, хв.;

Допоміжний час розраховується як:

$$T_\partial = T_{вст} + T_{з.о} + T_{кер} + T_{вим}, \quad (2.15)$$

де $T_{вст}$ – час зняття та установки деталі, хв.;

$T_{з.о}$ – час розкріплення та закріплення деталі, хв.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ		Арк. 43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$T_{кер}$ – час, відведений на прийоми керування верстатом, хв.

$T_{вим}$ – час контролю (вимірювання) розмірів деталі, хв.

$T_{обс.}$ – час, враховуючий обслуговування робочого місця, хв.

$T_{відп.}$ – необхідний час на відпочинок, хв.

$T_{п.з.}$ – підготовчо-заклучний час обробки, хв.;

n – кількість деталей в партії, шт;

$$n = \frac{N \cdot t}{\Phi}, \quad (2.16)$$

де N – річна програма випуску деталей, кількість шт; t_3 – число днів, що враховують запас, $t_3 = 12$; $\Phi = 254$ число робочих днів на рік.

$$n = \frac{10000 \cdot 12}{254} = 474 \text{ шт, приймаємо } 500 \text{ шт.}$$

За наведеною методикою визначаємо елементи витраченого часу на операцію 010, результати заносимо до таблиці 2.8.

Таблиця 2.8

Нормування часу в межах операції 010

№ оп.	Назва операції	$T_{o.}$, хв	$T_{одд}$, хв.			$T_{оп.}$, хв	$T_{обс.-від.}$, хв	$T_{шт.}$, хв	$T_{п-з}$, хв	n , шт	$T_{шт-к}$, хв
			$T_{уст.}$	$T_{кер.}$	$T_{вим.}$						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
010	Токарна	1,88	0,22	0,21	0,20	5,092	0,15	5,17	32	500	5,2

2.9 Оформлення технологічної документації

Одним із завершальних етапів розробки технологічного процесу є складання повного комплекту технологічної документації, яка забезпечує правильність, точність та ефективність виконання обробки деталі на виробництві.

Оформлення технологічної документації здійснюється відповідно до чинних стандартів ЄСКД та ЄСТД. Основні документи, що входять до складу комплекту технічної документації для виготовлення деталі це технологічна карта маршруту або маршрутна карта, що містить послідовність технологічних операцій з коротким описом дій, верстатів, обладнання та переходів.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ						Арк.
											44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Операційні карти для кожної операції формуються окремо та містять:

- Номер і назву операції;
- Опис переходів з указанням розмірів і допусків;
- Робочі ескізи або фрагменти креслень із позначенням баз, розмірів та номерів позицій;
- Параметри обробки (режими різання, інструмент, оснащення, припуски, контрольні розміри);
- Тип верстата, оснащення, пристосування, інструмент.

На розроблюваний технологічний процес комплект технологічної документації наведений в додатках (додаток Б).

					<i>ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>45</i>

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування спеціального технологічного оснащення

В якості технологічного оснащення для операції 010 було обрано кулачкову фланцеву розжимну оправку.

Метою конструкторської частини є розробка даного пристосування для виконання другої токарної операції, визначення сили закріплення та діапазону затиску внутрішнього отвору деталі. Вибір принципу роботи розжимної оправки вимагає аналізу приєднувальних та габаритних розмірів елементів шпиндельного вузла верстату.

В межах 010 операції базовою поверхнею слугує отвір $\varnothing 99,4H9^{(+0,087)}$, який буде посадковим діаметром d розжимної оправки для отвору $\varnothing 99,4H9^{(+0,087)}$.

$d_{\max}=D_{\max}=99,487$ мм, приймаємо діаметр до розжиму $d=99,38$ мм.

Визначаємо найбільше переміщення (хід) кулачків для закріплення заготовки в отвір $\varnothing 99,4H9$: $\Delta_{\max}=(99,487-99,38)/2=0,054$ мм.

На рисунку 3.1 наведено ескіз технологічної оправки.

					<i>ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		46

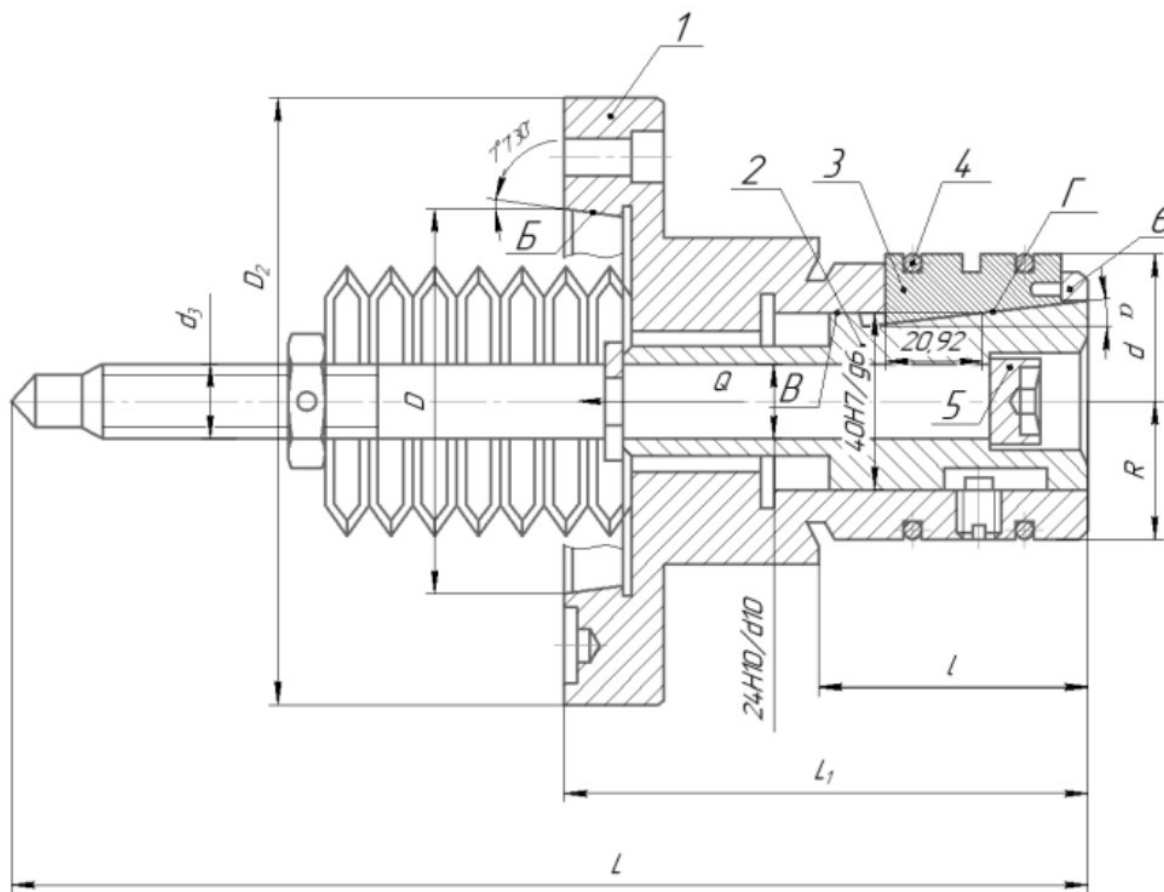


Рис.3.1 –Ескіз технологічної оправки

Технологічна оправка складається з багатьох елементів чим обумовлюються підвищені вимоги щодо точності виготовлення її частин. Після складання розміри кулачків 3 повинні бути абсолютно однаковими (інакше один кулачок буде затискати заготовку сильніше за інші).

Тому після складання оправки та попереднього настроювання кулачків у корпусі, плунжер висувається за допомогою гвинта Е і гайки, а оправка встановлюється в шпиндель і обточується «По місцю» для того щоб усунути початкове биття кулачків та відхилення від співвісності зовнішньої поверхні відносно вісі обертання.

Перед обточуванням встановлюється досить жорстке кільце, щоб кулачки щільно прилягали до конічної частини плунжера за рахунок пружного стиску і не зміщувалися. Після обточування (шліфування) діаметр трохи зменшується. Розрізні пружинні кільця 4 (2 шт.) не дозволяють кулачкам розійтися після

						ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ	Арк. 47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

встановлення у верстат і запобігають розкиданню кулачків при подачі тиску в мембранну камеру без заготовки чи при помилках оператора.

Задача під час налагодження оправки полягає в тому, щоб вона забезпечувала встановлення в неї заготовки з отвором $D_1=D_{\min}=99,4$ мм без особливих складнощів, але у такому випадку необхідно передбачити зазор S , який має бути не меншим за $0,02$ мм ($d^*_{\min}=99,38$), а для зменшення радіального переміщення кулачків – не більшим за $0,03$ мм, щоб не зменшувалась точність центрування заготовки.

На рис. 3.2 зображено додаткову канавку для розміщення в ній цільного жорсткого кільця перед встановленням. У двох інших канавках розміщуються кільця, які встановлюються на місце після обточування, щоб кулачки не розходились і не випадали з оправки при її обертанні.

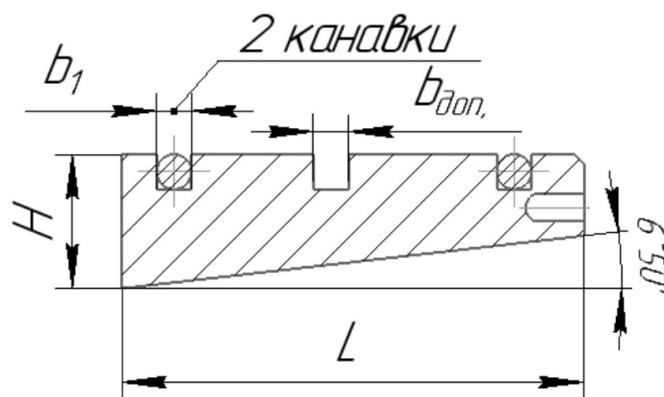


Рис. 3.2 – Ескіз кулачка оправки

Для утримання внутрішнього жорсткого кільця та додаткового кільця, канавка виконана посередині кулачків.

Товщина кільця має бути такою, щоб воно не виступало за поверхню кулачків. Глибина (ширина) канавки має бути не менше 2 мм, щоб не заважати щільному приляганню кулачків до конічної поверхні плунжера (усередині притискає кільце $\varnothing 60$, що прикріплює оправку до шпинделя станка). Це забезпечує зручне встановлення заготовки на кулачки оправки перед обточуванням на 2-й операції.

						ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ	Арк. 48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Після випуску стисненого повітря в атмосферу шток під дією пружин 2 і 3 разом з диском і мембраною повертається у вихідне положення.

Пневмокамера закріплюється на корпусі пристрою шпильками 8. Отвір 7 служить для виходу повітря з правої порожнини при робочому ході штока.

Найбільший хід (висування) кулачків у радіальному напрямку $L_{рад}$ залежить від переміщення штока пневмокамери, яке залежить від діаметра камери – чим діаметр більший, тим більше можливе переміщення.

Проектування та визначення розмірів оправки проводиться у зворотньому порядку «від деталі». Тому спочатку на кресленні проводимо лінію від пов. $\varnothing_{Доп}$ до похилої поверхні плужера, а потім по кресленню з урахуванням його масштабу визначаємо допустимий осьовий хід плужера $L_{плужера\ max}$ вважаючи, що при крайньому правому положенні шток плужера також знаходиться в крайньому правому положенні (положення «Розтиск»).

Найбільше діаметральне переміщення кулачків, тобто найбільше збільшення діаметра зовнішньої поверхні кулачків Δd_{max} дорівнює подвоєному радіальному переміщенню, яке розраховується, виходячи з найбільшого ходу плужера $L_{плужера\ max}$ та кута нахилу спряжених поверхонь кулачків і плужера. З креслення визначаємо, що $L_{плужера\ max}=21$ мм.

Розраховуємо найбільше переміщення кулачків по діаметру:

$$\Delta d_{max}=2L_{рад}=2\cdot(\tan\alpha\cdot L_{плужера\ max})=2\cdot(\tan 6,5\cdot 21)=4,8\text{ мм.}$$

$$d_{кулачк.\ min}=D_{загот.\ min}-0,02\text{ мм}=99,4-0,02=99,38\text{ мм,}$$

$$d_{оправки\ max}=d_{кулачк.\ min}-2\text{ мм}=99,38-2=97,38\text{ мм.}$$

Приймаємо номінальний діаметр корпусу оправки:

$$d_{оправки}=97,3h_{(-0,087)}\text{ мм.}$$

Розраховуємо найбільший можливий діаметр отвору заготовки без перестановки кулачків:

$$D_{внут\ max}=d_{кулачк.\ min}+\Delta d_{max}=99,38+4,8=104,18\text{ мм.}$$

Таким чином, з одним комплектом кулачків на одній і тій самій оправці теоретично можна закріплювати заготовки з діаметром отвору $D_{внутр}$ від 99,4 до 104,18 мм. Практично зробити це можливо тільки після попереднього тонкого

						ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ	Арк. 50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

обточування кулачків по місцю. Це пов'язано зі збільшенням похибки установки при збільшенні ходу кулачків.

Якщо через переміщення кулачків установчий діаметр буде збільшено більше ніж на 0,2 мм, то зросте похибка відхилення від співвісності зовнішньої оброблюваної поверхні заготовки діаметром $d_{заг}$ відносно базового отвору заготовки $D_{внутр}$.

Для запобігання надмірному розтисканню оправки при випадковій подачі стисненого повітря передбачені спеціальні, різні обмежуючі кільця, а також регулювання максимального ходу штоку пневмокамери.

3.1.1 Розрахунок моментів сил різання та закріплення

Оскільки на даній операції оброблюється зовнішня поверхня $\varnothing 125$, $\varnothing 130$ мм та торець то розрахунок моменту від сил різання визначаємо за максимальною силою p_z

При зовнішньому точінні $p_z=2414$ Н, підрізка правого торця $p_z=2264$ Н; $P_x=800$ Н.

Оброблення можливе при виконанні умови:

$$M_{різ} \leq M_{тер} \quad (3.1)$$

Визначаємо момент сили різання :

$$M_{різ} = P_z D_{max}/2 \quad (3.2)$$

Тоді:

$$M_{різ} = P_z D_{max}/2 = 2264 \cdot 0,125/2 = 141,5 \text{ Нм.}$$

Визначаємо момент сил тертя:

$$M_f = F_f d_{оправки}/2 \quad (3.3)$$

Знайдемо силу тертя $F_f = Nf$, нормальна реакція: $N = P_z D_{max}/d_{оправки}$

де f – коефіцієнт тертя (сталь по сталі $f=0,15$), тоді:

$$N = 2264 \cdot 0,125 / 0,06115 \cdot 0,15 = 30,9 \text{ кН}$$

Розраховуємо силу тертя: $F_f = Nf = 30,9 \cdot 0,15 = 4,635 \text{ кН}$

Тоді момент сил тертя:

					ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ	Арк. 51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_f = F_f d_{\text{оправки}}/2 = 4635 \cdot 0,06115/2 = 142 \text{ Нм}$$

Отже умова виконується: $141,5 \leq 142$.

Розраховуємо осьову силу на штоці для стиску пакету тарілчастих пружин оправки:

$$Q_{\text{штока}} > 1,2 Q_{\text{пруж}} = 1,2 \cdot 38,76 = 46,5 \text{ кН}$$

Розраховуємо діаметр діафрагми пневмокамери

$$Q_{\text{штока}} = (\pi/16) \cdot (D+d)^2 \cdot p - P_k$$

Де: D – робочий діаметр мембрани, мм; $d=0,7D$ – зовнішній діаметр опорної шайби, мм; $p=0,4$ МПа – мінімальний тиск стисненого повітря; P_k – зусилля зворотної пружини пневмокамери.

Тоді:

$$Q_{\text{штока}} = (\pi/16) \cdot (1,7D)^2 \cdot 0,4 - 100 \rightarrow 46500 = (\pi/16) \cdot (1,7D)^2 \cdot 0,4 - 100 \rightarrow$$

$$D = \sqrt{\frac{46500 + 100}{0,4 \times \frac{\pi}{16} \times 1,7^2}} = 453 \text{ мм};$$

Приймаємо робочий діаметр пневмокамери $D=460$ мм.

3.2 Проектування контрольно-вимірювального інструменту

Для контролю отвору номінальним діаметральним розміром 100 мм із посадкою H7 проектується калібр-пробка (рис.3.4). Такий калібр дозволяє визначити, чи відповідає фактичний отвір встановленим граничним розмірам згідно зі стандартами точності, табл. 3.1.

Згідно зі стандартом ISO допуск для посадки H7 на розмірі 100 мм становить:

- T (допуск H7 для $D = 100$ мм) = 0,035 мм;
- $D_{\text{min}} = 100,000$ мм;
- $D_{\text{max}} = 100,035$ мм.

						<i>ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ</i>	Арк. 52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Допуски та параметри калібра (за стандартом ISO)

Позначення	Пояснення	Значення
Z	Відхилення середини поля допуску прохідного калібру	2,5 мкм
Y	Допустиме зношування прохідного калібру	2 мкм
H _s	Допуск на виготовлення калібра з сферичними поверхнями	2,5 мкм
H ₁	Допуск на виготовлення непрохідної сторони калібру	4 мкм
α	Компенсація похибки для великих діаметрів (>180 мм)	0°

Розрахунок розмірів калібр-пробки:

1. Прокідна сторона (нова):

$$ПР_{\min} = D_{\min} + Z = 100,000 + 0,0025 = 100,0025 \text{ мм}$$

2. Прокідна сторона (зношена):

$$ПР_{\text{зн}} = D_{\min} - Y = 100,000 - 0,002 = 99,998 \text{ мм}$$

3. Непрохідна сторона:

$$HE_{\min} = D_{\max} - H_1 = 100,035 - 0,004 = 100,031 \text{ мм}$$

$$HE_{\max} = D_{\max} + H_1 = 100,035 + 0,004 = 100,039 \text{ мм}$$

Конструктивні вимоги:

- 1) Матеріал: інструментальна сталь (наприклад, ШХ15, 9ХС) з термообробкою до твердості HRC 58–62;
- 2) Ручка калібру: виконується згідно з рекомендаціями [7]; зручною для маніпулювання в умовах виробництва;
- 3) Поверхні: прохідна та непрохідна частини калібру мають бути поліровані з шорсткістю не гірше Ra 0,32 мкм;
- 4) Допуск форми: відхилення круглості та прямолінійності не повинні перевищувати 1/3 від поля допуску.

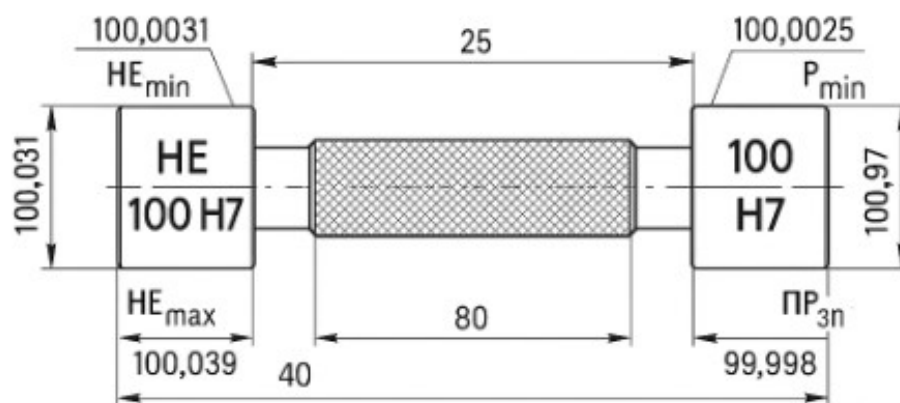


Рис. 3.4 – Калібр пробка

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Виробнича безпека та організація умов праці

В дипломній роботі розглянуто виробничий цех і наявне обладнання, що задіяне для реалізації технологічного процесу.

Під час проєктування робочих місць повинні враховуватись освітлення, температура, вологість, тиск, шум, наявність шкідливих речовин, електромагнітних полів та інші санітарно-гігієнічні вимоги до організації робочих місць.

Під час проєктування цеху необхідно звернути увагу на охорону навколишнього середовища, зокрема на організацію безвідходного виробництва.

Також необхідно враховувати можливість надзвичайних ситуацій. Оскільки в країні війна, виробничий цех повинен знаходитись неподалік укриття. Також однією з можливих НС може бути відключення електропостачання чим обумовлюється необхідність в автономних системах живлення.

Робоче місце розташоване на першому поверсі в цеху, приміщення являє собою простір розміром 15 м на 20 м, висотою 3,5 м, вікна виходять на північ. До шкідливих факторів слід віднести:

- наявність некомфортних метеоумов;
- присутність шкідливих речовин;
- наявність виробничого шуму;
- недостатнє освітлення;
- електромагнітне забруднення.

4.1.2. Аналіз показників шуму та вібрації

Гранично допустимий рівень (ГДР) шуму – це рівень фактора, який при щоденній (крім вихідних днів) роботі, але не більше 40 годин на тиждень протягом усього трудового стажу, не має викликати шкідливого впливу.

					<i>ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>54</i>

Допустимий рівень шуму регламентується ДСН 3.3.6.037-99. Максимальний рівень звуку постійного шуму на робочих місцях не повинен перевищувати 80 дБА. У нашому випадку цей параметр відповідає значенню 60 дБА.

При перевищенні допустимого рівня шуму необхідно передбачити ЗКЗ та ЗІЗ.

ЗКЗ (засоби колективного захисту):

- усунення джерела шуму або ефективно його послаблення під час його поширення;
- ізолювання джерела шуму від навколишнього середовища за допомогою звуко та вібропоглинаючих матеріалів.

4.1.3. Аналіз показників мікроклімату

Мікроклімат у виробничих умовах визначається наступними параметрами:

- температура повітря;
- відносна вологість повітря;
- швидкість руху повітря.

При високій температурі повітря в приміщенні кровоносні судини шкіри розширюються, відбувається підвищений приплив крові до поверхні тіла, і віддача тепла в навколишнє середовище значно зростає. Таким чином, для теплового самопочуття людини важливе певне поєднання температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні.

Підвищена вологість повітря ($\phi > 85\%$) ускладнює терморегуляцію організму, оскільки відбувається зниження випаровування поту, а знижена вологість ($\phi < 20\%$) викликає пересихання слизових оболонок дихальних шляхів.

Оптимальні та допустимі показники температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень повинні відповідати значенням, наведеним у таблиці 4.1.

					<i>ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>55</i>

Для забезпечення оптимальних і допустимих показників мікроклімату в холодний період року слід застосовувати засоби захисту робочих місць від зашкленних поверхонь віконних прорізів, щоб не було охолодження. У теплий період року необхідно передбачити захист від потрапляння прямих сонячних променів.

Роботи поділяються на три категорії за ступенем тяжкості залежно від загальних енергозатрат організму. Робота, що виконується інженерами – конструкторами, належить до категорії легких робіт. Допустимі значення мікроклімату для цього випадку наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Вимоги до мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний	легка, середня	19 – 24	15 – 75	≤ 0,1
Теплий	легка, середня	20 – 28	15 – 75	≤ 0,2

4.2 Аналіз освітленості робочої зони

Згідно з СНіП 23-05-95 у виробничому цеху має бути не менше 600 лк.

Правильно спроектоване і виконане освітлення забезпечує високий рівень працездатності, позитивно впливає на психологічний стан людини і сприяє підвищенню продуктивності праці.

Для захисту від сліпучої яскравості видимого випромінювання застосовують захисні окуляри, щитки, шоломи. Окуляри не повинні обмежувати поле зору, мають бути легкими, не подразнювати шкіру, щільно прилягати до обличчя і не покриватися вологою.

Розрахунок загального рівномірного штучного освітлення горизонтальної робочої поверхні виконується методом коефіцієнта світлового потоку, що враховує світловий потік, відбитий від стелі та стін. Довжина приміщення $A=20\text{м}$, ширина $B = 15 \text{ м}$, висота $h = 3,5 \text{ м}$. Висота робочої поверхні над підлогою $h_p=1,0\text{м}$.

Згідно з СНіП 23-05-95 необхідно створити освітленість не нижче 500 лк, відповідно до розряду зорової роботи.

$$\text{Площа приміщення: } S = A \times B = 15 \times 20 = 300 \text{ м}^2.$$

Коефіцієнт відбиття свіжопобілених стін із вікнами, якщо $\rho_s = 50\%$, свіжопобіленої стелі $\rho_p = 70\%$. Коефіцієнт запасу, що враховує забруднення світильника, пил, зниження потужності ламп при виділенні пари $K_z = 1,5$. Коефіцієнт нерівномірності для люмінесцентних ламп...1,1.

Приймаємо тип ламп: ЛХБ-80, світловий потік $\Phi_{\text{лд}}=5000\text{лм}$; Світильники: ОД-2-80 (2 лампи по 80 Вт, довжина – 1531 мм, ширина – 266 мм); Коефіцієнт оптимальності λ : приймається як $\lambda=1,3$; Висота від перекриття до світильника $h_c=0,5$ м; Висота підвісу світильника від підлоги: $h_n=3,5$ м; Висота робочої поверхні (наприклад, стіл): $h_p=1,0$ м

Висота світильника над робочою поверхнею:

$$h = h_n - h_p = 3,5 - 1 = 2,5 \text{ м}$$

Відстань між світильниками або рядами:

$$L = \lambda \cdot h = 1,3 \cdot 2 = 2,6 \text{ м}$$

Розрахунок кількості рядів світильників:

$$N_b = B/L = 15/2,6 \approx 6$$

Кількість світильників у ряду:

$$N_a = A/L = 20/2,6 \approx 8$$

Загальна кількість світильників:

$$N = N_a \cdot N_b = 8 \cdot 6 = 48$$

Визначення відстані від крайніх світильників до стін:

$$l = L/3 = 2,6/3 \approx 0,8 \text{ м}$$

Розташування:

Світильники розміщують у 8 рядах, що видно з плану приміщення з нанесеним розташуванням світильників (рис.4.1).

Індекс приміщення:

Індекс приміщення i_{ii} розраховується за формулою:

$$i = A \cdot B / h \cdot (A + B) = 15 \cdot 20 / 2,0 \cdot (15 + 20) = 300 / 70 \approx 4,3$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ		Арк. 57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

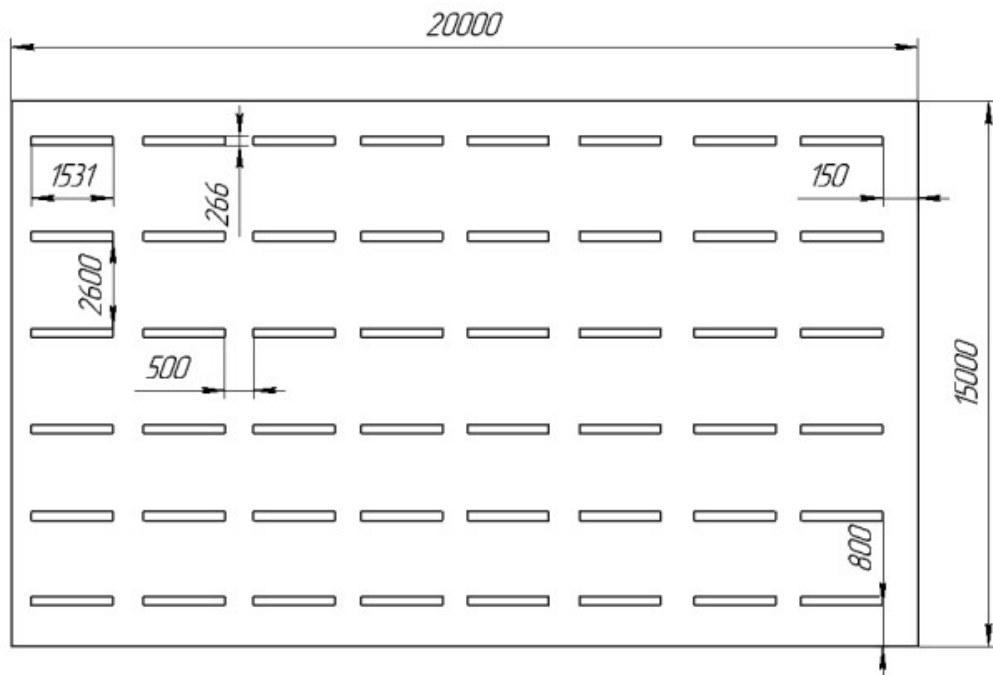


Рис. 4.1– План приміщення та розташування ліхтарів

Коефіцієнт використання світлового потоку η Показує, яка частина світлового потоку потрапляє на робочу поверхню. Для світильників типу ОД з люмінесцентними лампами при:

- $r_{п}=70\%$ — коефіцієнт відбиття стелі,
- $r_{с}=50\%$ — коефіцієнт відбиття стін,
- $i=4,3$ значення $\eta=0,68$

8. Розрахунок необхідного світлового потоку ламп

$$\Phi_{п} = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{600 \cdot 20 \cdot 15 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{48 \cdot 0,68} = 5200 \text{ лм}$$

де:

- $E=600\text{лк}$ — нормована освітленість;
- $A=20; B=15\text{м}$ — розміри приміщення;
- $K_3=1,5$ — коефіцієнт запасу;
- $Z=1,1$ — коефіцієнт нерівномірності освітлення;
- $N=48$ — кількість світильників;
- $\eta=0,68$ — коефіцієнт використання світлового потоку.

9. Перевірка відповідності умові:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{ЛД} - \Phi_{П}}{\Phi_{ЛД}} \cdot 100\% \leq 20\%;$$

$$\frac{\Phi_{ЛД} - \Phi_{П}}{\Phi_{ЛД}} \cdot 100\% = \frac{5000 - 5200}{5000} \cdot 100\% = -4\%.$$

Таким чином, $-10\% \leq -4\%$, тобто необхідний світловий потік відповідає нормі.

					<i>ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>59</i>

ВИСНОВКИ

У межах дипломного проєкту було виконано комплексне дослідження та розроблено пропозиції щодо вдосконалення технологічного процесу виготовлення деталі гільза ВМ 420.25.04, а також оптимізації організації її виробництва.

На основі проведеної роботи можна сформулювати наступні висновки:

1. Проведено аналіз конструкції деталі та визначено її техніко-технологічні особливості. Встановлено, що гільза є відповідальною деталлю, яка потребує дотримання відповідних вимог до точності та чистоти обробки.

2. Оцінено існуючий технологічний процес, виявлено його недоліки, серед яких: надлишкова кількість переходів, застаріле обладнання та нерациональне використання ресурсів. Це знижувало продуктивність та збільшувало собівартість продукції.

3. Запропоновано удосконалений технологічний маршрут, що передбачає використання сучасного металообробного обладнання, зокрема верстатів з ЧПК, а також прогресивного ріжучого інструменту. Внесені зміни дозволили скоротити кількість технологічних переходів, покращити точність обробки та зменшити виробничі витрати.

4. Розроблено пропозиції з організації виробництва, які включають ефективне використання виробничих площ, нормування часу виконання операцій, оптимізацію потоків матеріалів та деталей.

5. Особливу увагу приділено питанням охорони праці, забезпечення безпеки при обробці гільзи, а також дотриманню вимог екологічної безпеки у виробничому середовищі.

Отже, реалізація запропонованих у дипломному проєкті заходів забезпечує підвищення ефективності виробництва деталі гільза ВМ 420.25.04, дозволяє досягти високої якості продукції, знизити витрати, покращити організацію праці та створити передумови для сталого розвитку підприємства.

					<i>ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>60</i>

ДОДАТКИ

					ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

ДОДАТОК А

Кресленики

					<i>ДП.ПМ.ФІТА.25.21 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Удосконалення технології виготовлення деталі гільза ВМ 420.25.04 та організації виробництва	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>		<i>Бондар В.В.</i>				<i>Н</i>	2	86
<i>Перевірив</i>		<i>Костюк С. А.</i>				<i>ХНУ ПМТс-22-2</i>		
<i>Н.контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								

ДОДАТОК Б
Специфікації

ДОДАТОК В
Технологічна документація

