

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра технології машинобудування

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ**

Технологія виготовлення деталі «Вушко 14.201» з використанням  
верстатів з ЧІК

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.35.25.ПЗ

Виконав студент 3 курсу група ПМТс-22-2  
Шифр

Керівник канд. техн. наук, доцент  
Науковий ступінь, звання

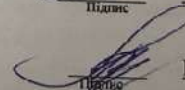
Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент

До захисту допускаю:  
Завідувач кафедри технології машинобудування  
Назва

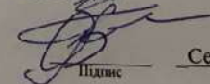
Дата «28» 06 2025



Олег САВЕНКО  
Ім'я, прізвище



Володимир МИЛЬКО  
Ім'я, прізвище



Сергій БИШ  
Ім'я, прізвище



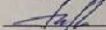
Віталій ТКАЧУК  
Ім'я, прізвище

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**

Савенко Олег Костянтинович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема дипломної роботи Технологія виготовлення деталі «Вушко 14.201» з використанням верстатів з ЧПК

керівник роботи Милько Володимир Володимирович, к.т.н., доцент

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 16 червня 2025

3 Вихідні дані до проєкту (роботи) кресленник деталі «Вушко 14.201» та технічні вимоги до її виготовлення, обсяг випуску 5000 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: кресленник деталі із 3D моделлю (1 лист А2); графотехнологія (1 лист А1); кресленник карти наладки (1 лист А2); кресленник верстатного пристрою (1 лист А1); кресленник контрольного калібру (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 10.02.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

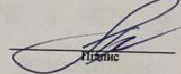
Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Загальний розділ	20.03.2025	
2 Технологічний розділ	20.04.2025	
3 Конструкторський розділ	20.05.2025	
4 Охорона праці	14.06.2025	

Студент

  
Підпис

Олег САВЕНКО  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник проекту (роботи)

  
Підпис

Володимир МИЛЬКО  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Савенко Олег Костянтинович на захист дипломного проекту (роботи)  
(прізвище, ім'я, по батькові)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Технологія виготовлення деталі «Вушко 14.201» з використанням верстатів з ЧПК

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

Декан факультету

ОЛЕГ ПОДІШУК  
(ім'я, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Савенко О.К. з 2022 по 2025 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 5,13 %, добре 12,82 %, задовільно 82,05 %.  
шкалою ЄКТС: А 3,64 %, В 0,00 %, С 14,55 %, D 12,73 %, E 69,09 %.

Методист факультету

[Підпис]  
(ім'я)

(ім'я, прізвище)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ)  
ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент

превсив себе з новітніми способами  
експлуатації з прикладної механіки  
це розробника, усе це дозволяє  
формувати впровадження в виробництво  
нашій фірмі.

Оцінка дипломного проекту (роботи)

задовільно, оцінка - добре

Керівник дипломного проекту

[Підпис]  
(ім'я, прізвище)

" " 2025 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проект (роботу) розглянуто. Студент Савенко О.К. допускається до захисту цього проекту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

технології машинобудування  
(назва)

[Підпис]  
(ім'я, прізвище)

" 29 " 06 2025 р.

Завідувачу кафедри

Ткачуку В.П.

здобувача вищої освіти (студента  
ІІБ, факультет, «курс», «група»)

Савченко О. ФІТА,

Ч ПМТ<sub>2</sub>-22-2

#### ЗАЯВА

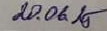
З правилами чинного Положення про систему забезпечення академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті, згідно з яким виявлення академічного плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту і застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, 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.



дата



підпис

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ ТМ

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Назва кваліфікаційної роботи Технологія виготовлення деталей з нержавіючої сталі  
 Автор Совенко Олег  
 Освітня програма технологія машинобудування  
 Рівень вищої освіти бакалавр  
 Спеціальність механізмів і механізмів  
 Науковий керівник: Мельник В.В.

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 укріття 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:

Anti-Plagiatem - 100%  
коэф. відемоніторингу - 100%

Дата

Завідувач кафедри

Підпис

Ім'я, прізвище

Гарант освітньої програми

Підпис

Ім'я, прізвище

Керівник кваліфікаційної роботи

Підпис

Ім'я, прізвище

**РЕЦЕНЗІЯ**

на дипломний проект студента Савенко О.К.  
Тема проекту: Технологія виготовлення деталі «Вушко 14.201» з використанням верстатів з ЧПК

Тема дипломного проекту, та його зміст відповідають обраній спеціальності. Дипломний проект має необхідні розділи згідно завдання.

У дипломному проекті студент проаналізував конструкцію обраної деталі, її технологічність та визначив тип виробництва.

Вибрав (економічно обґрунтувавши) метод виготовлення заготовки, в подальшому був розроблений маршрутний і технологічний процес механічного оброблення штока з використанням сучасного м/р устаткування з ЧПК. Згідно виданого завдання розраховані припуски на обробку, визначені режими різання, норми штучного часу. Всі прийняті рішення технологічного розділу підкріплені відповідними розрахунками і виконані на високому рівні.

В конструкторській частині розроблено конструкції пристроїв для фрезерної та свердлувальної операцій, розроблено конструкцію спеціального інструменту.

Всі рішення підкріплені розрахунками і заслуговують позитивної оцінки.

Графічна частина виконана у відповідності з вимогами ЕСКД та ДСТУ, розділи розрахунково-пояснювальної записки оформлені з виконанням основних вимог ЕСТД та ДСТУ на досить високому рівні.

Все це свідчить про достатній рівень дипломника як сформованого молодого спеціаліста.

Вагомих недоліків в дипломному проекті не виявлено.

Дипломний проект, виконаний згідно завдання, у повному обсязі та на достатньому технічному рівні і заслуговує оцінки «добре».

Рецензент: к. т. н. доц. Малишівська О. М.

« 27 » « 06 » 2025р.

## ЗМІСТ

Вступ	7
1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Завдання дипломного проєкту	8
1.2 Аналіз технологічності конструкції виробу	9
1.3 Визначення типу виробництва	12
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	14
2.1 Вибір заготовки	14
2.2 Спроектований маршрутний техпроцес	15
2.3 Розрахунок припусків на обробку поверхні $\varnothing 26h14$	17
2.4 Розрахунок режимів різання	22
2.4.1 Розрахунок режимів різання аналітичним методом	22
2.5 Розрахунок режимів різання за нормативами	28
2.6 Розрахунок норм часу	33
2.7 Розрахунок точності токарної операції	39
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	42
3.1 Проєктування пристрою для виконання свердлильної операції	42
3.2 Розрахунок пристосування на міцність.	43
3.3 Розрахунок пристосування на точність	45
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	46
4.1 Виробниче освітлення металообробних цехів	46
4.2 Визначення необхідної освітленості	52
ВИСНОВКИ	55
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	56
ДОДАТКИ	59

<b>ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ</b>				
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
Розроб.		О. Савенко		
Перев.		В. Милько		
Н. контр.		С. Бись		
Затв.		В. Ткачук		
Технологія виготовлення деталі «Вушко 14.201» з використанням верстатів з ЧПК				
		Літера	Аркуш	Аркушів
		н	5	
<b>ХНУ гр. ПМТс-22-2</b>				

## ВСТУП

Рівень розвитку машинобудування є визначальним фактором розвитку всього господарського комплексу України. Найважливішими умовами прискорення розвитку господарського комплексу є зростання продуктивності праці, підвищення ефективності виробництва та поліпшення якості продукції.

Використання досконаліших методів виготовлення машин має у своїй першорядне значення. Якість машини, надійність, довговічність та економічність в експлуатації залежать не тільки від досконалості її конструкції, а й від технології її виготовлення.

Інженер-технолог стоїть останнім у ланцюзі створення нової машини і від обсягу його знань та досвіду багато в чому залежить її якість.

Ці основні причини визначають такі найважливіші напрями розвитку технології механічної обробки машинобудуванні.

1. Удосконалення існуючих та пошук нових високопродуктивних методів та засобів виконання, що різко зросли за обсягом оздоблювальних операцій з метою підвищення точності обробки та скорочення їх трудомісткості.

2. Удосконалення існуючих та пошук нових високопродуктивних процесів виконання напівчистових та чистових операцій металевим та абразивним різальним інструментом.

3. Комплексна механізація та автоматизація технологічних процесів на основі застосування автоматичних ліній, автоматизованих і напівавтоматизованих верстатів, засобів активного контролю, швидкодіючого технологічного оснащення, групових методів обробки технологічно подібних деталей.

4. Розвиток процесів формоутворення пластичним деформуванням та застосування методів тонкого пластичного деформування для обробних операцій.

5. Розвиток електрофізичних та електрохімічних методів обробки.

Мета дипломного проекту полягає в розробленні технологічного процесу механічної обробки деталі «Вушко 14.201» підбір та проектування спеціального верстатного пристосування.

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

# 1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Завдання дипломного проекту

Мета дипломного проекту - розробка більш раціонального та ефективного технологічного процесу виготовлення деталі «Вушко 14.201» враховуючи сучасні вимоги до точності, якості обробки та продуктивності та використовуючи верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК).

Під час розробки технологічного процесу необхідно виконати такі ключові етапи:

- проаналізувати функціональне призначення деталі та вимоги до її точності, шорсткості й геометричних параметрів;
- обґрунтувати вибір заготівлі з урахуванням мінімізації припусків і обсягів обробки;
- визначити технологічні бази та встановити маршрут обробки поверхонь;
- розробити технологічну послідовність з операційними картами та детальним описом переходів;
- підібрати інструмент, оснащення, пристосування й режими різання для кожної технологічної операції;
- спроектувати спеціальне пристосування для свердління трьох отворів у корпусі стакану;
- створити керуючу програму в САМ-системі (наприклад, ESPRIT) для обраних операцій обробки на ЧПК-верстатах;
- виконати розрахунки точності, продуктивності, вибору інструменту й нормування часу;
- розглянути питання охорони праці та безпечного виконання технологічних операцій;
- здійснити економічне обґрунтування впровадження запропонованої технології у виробництво.

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		11

У підсумку виконання дипломного проекту повинна бути розроблена раціоналізована технологічна документація, що гарантує виготовлення деталі згідно з вимогами конструкторської документації із застосуванням обладнання з числовим програмним керуванням (ЧПК).

## 1.2 Аналіз технологічності конструкції виробу

Деталь вушко є частиною рентгеновського апарату сучасного типу серії "Пульмоскан-760". Деталь є частиною фіксажного пристосування екрану, що вертикально переміщається по колоні. У пазу корпусу штифтується ебонітова ручка, а шестигранный паз передає зусилля від ручки фіксаційному елементу. З огляду на це корпус має досить складну конструкцію з рядом заглиблень і отворів ( $\varnothing 5$  мм) для штифтування. Для надання корпусу гладкості та естетичного вигляду, його полірують.

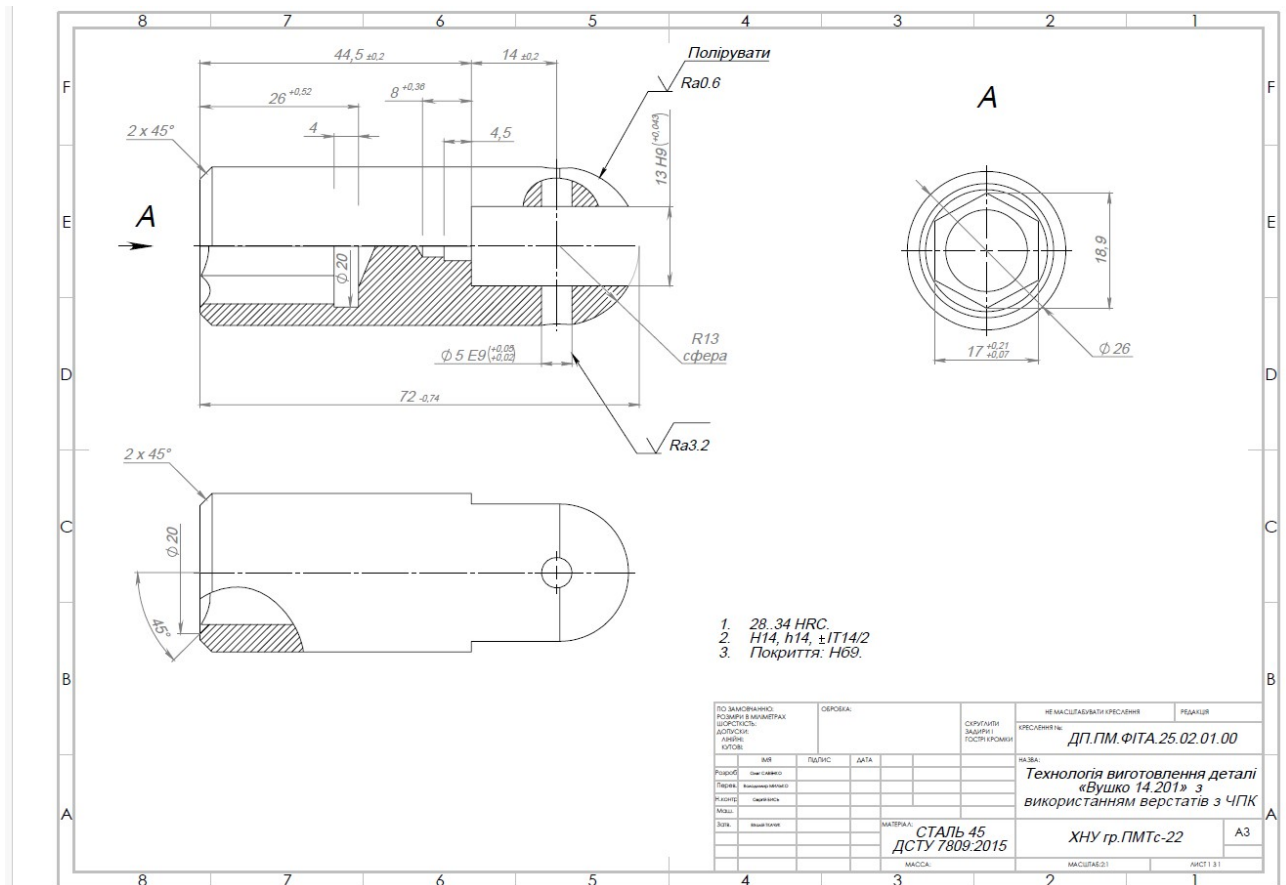


Рисунок 1.1 – деталь Вушко

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		12

Для забезпечення необхідних робочих параметрів матеріалом для виготовлення корпусу обрана Сталь 45 ДСТУ 7806:2015. Механічні властивості сталі 45.

Таблиця 1.1- Механічні властивості сталі 45.

Межа плинності, МПа	Межа витривалості, МПа	Відносне звуження, S, %	Відносне подовження, u, %
360	610	16	40

Хімічний склад цієї сталі представлений у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Хімічні складові сталі 45 (за ДСТУ 7809 та ТУ)

Склад елементів, %							
вуглець	марганець	кремній	хром	нікель	мідь	фосфор	сірка
0,42-0,50	0,5-0,8	0,17-0,37	0,25	0,25	0,255	0,035	0,04

Вушко відноситься до деталей типу тіл обертання, має паз, внутрішні отвори, а також отвори для штифтування. Внутрішні отвори призначені для базування корпусу в центрах металообробного верстата при операціях шліфування та полірування. Деталь є досить жорсткою в осьовому та радіальному напрямку, це означає, що при виготовленні деталі можуть бути використані нормативні режими різання без їх зменшення. Корпус має хороші базові поверхні: торці та зовнішню циліндричну поверхню. Ця обставина дозволяє використовувати відносно нескладні верстатні пристрої (наприклад, кондуктор) на операціях механічної обробки. Зазначимо, що поверхня корпусу хоч і піддається поліруванню, проте має точність за 14 кваліфікацією. На даній поверхні немає необхідності мати підвищену точність, а полірування зроблено для надання корпусу декоративного вигляду та гладкості (деталь контактує з рукою користувача).

Відповідно до ДСТУ ГОСТ 14.201:83 розраховуємо кількісні показники технологічності.

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		13

Визначаємо середній кваліфікація точності виготовлення поверхонь деталі за формулою 1.1.

$$IT_{cp} = \frac{\sum IT_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (1.1)$$

де  $IT_i$  – квалітет точності  $i$ -ої поверхні,

$n_i$  – кількість поверхонь, що мають квалітет точності  $IT_i$ .

Для розрахунку середнього квалітету точності складаємо таблицю 1.3.

Таблиця 1.3 – Точність поверхонь деталі

Квалітет точності IT	9	12	14
Кількість поверхонь	4	3	11

$$IT_{cp} = \frac{9 \cdot 4 + 12 \cdot 3 + 14 \cdot 11}{4 + 3 + 11} = 11.8$$

Розраховуємо коефіцієнт точності за формулою:

$$K_{m.ч.} = 1 - \frac{1}{IT_{cp}} \quad (1.2)$$

$$K_{m.ч.} = 1 - \frac{1}{11.8} = 0.91$$

Таблиця 1.4 – Шорсткість поверхонь деталі

Значення шорсткість Ra	0,6	3,2	6,3
Кількість поверхонь	3	1	13

Середню шорсткість визначаємо за формулою 1.3:

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ra_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (1.3)$$

де  $Ra_i$  – значення шорсткості  $i$ -ої поверхні,  
 $n_i$  – кількість поверхонь, що мають однакову шорсткість.

$$Ш_{cp} = \frac{0,6 \cdot 3 + 3,2 \cdot 1 + 6,3 \cdot 13}{3 + 1 + 13} = 5,11 \text{ мкм}$$

Коефіцієнт шорсткості розраховуємо за формулою 1.4:

$$K_u = 1 - \frac{1}{Ш_{cp}} \quad (1.4)$$

$$K_u = 1 - \frac{1}{5,11} = 0,19$$

Розраховуємо коефіцієнт використання матеріалу за формулою 1.5:

$$K_{u.m.} = \frac{m_d}{m_z}, \quad (1.5)$$

де  $m_d$  – маса деталі,  $m_z$  – маса заготовки.

$$K_{u.m.} = \frac{0,205}{0,37} = 0,55$$

Відповідно до ДСТУ 14.201:93 деталь є технологічною.

### 1.3 Визначення типу виробництва

Тип виробництва визначаємо за рекомендаціями, викладеними у методичних вказівках [25].

При річному випуску деталей  $N = 5000$  прим. та масі деталі  $m_d = 0,205$  кг виробництво буде серійним.

У серійному виробництві деталі виготовляються партіями, розмір якої розраховуємо за формулою 1.6.

$$n = \frac{N \cdot a}{\Phi}, \quad (1.6)$$

де  $N$  – річний обсяг випуску деталей,

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

а – кількість днів запасу деталей,

Ф – кількість робочих днів у році.

$$n = \frac{5000 \cdot 7}{250} = 140,16 \text{ шт.}$$

Приймаємо  $n = 140$  шт.

За розміром партії деталей уточнюємо, що виробництво відповідає середньосерійному.

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Вибір заготовки

Собівартість заготовки з прокату визначаємо за формулою 2.1:

$$S_{\text{заг}} = M + \sum C_{\text{оз}}; \quad (2.1)$$

де  $M$  – матеріальні витрати, грн;

$C_{\text{оз}}$  – технологічна собівартість заготівельної операції;

Витрати на матеріал визначаються за формулою 2.2

$$M = Q \cdot S - (Q - q) \cdot S_{\text{вих}}, \quad (2.2)$$

$$M = 0,37 \cdot 602 - (0,37 - 0,205) \cdot 101,6 = 206 \text{ грн.}$$

де  $Q$  - маса заготівлі (= 0,37 кг);

$S$  – ціна 1 кг матеріалу заготівлі (= 602 грн.);

$q$  - маса деталі (= 0,205кг);

$S_{\text{вих}}$  - вартість 1кг відходів (=101,6 грн.);

Технологічна собівартість за формулою 2.3:

$$C_{\text{оз}} = \frac{C_{\text{нз}} \cdot t_{\text{шт}}}{60} \text{ грн,} \quad (2.3)$$

де  $C_{\text{нз}} = 1629$  коп. / год. - наведені витрати на робочому місці;

$t_{\text{шт}}$  - штучний або штучно-калькуляційний час виконання операції різання;

$$t_{\text{шт}} = \frac{L_{\text{різ}} + y}{S_M} \cdot \varphi, \quad (2.4)$$

де  $L_{\text{різ}}$  – довжина різання при розрізанні прокату на штучні заготовки

( $L_{\text{різ}} = D = 28$ ), мм;

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$u$  - величина врізання та перебігу ( $= 6 \dots 8$  мм);

$S_m$  – хвилинна подача при розрізанні ( $= 50 \dots 80$  мм/хв);

$\phi$  - коефіцієнт, що показує частку допоміжного часу в штучному ( $= 1,84$ ).

$$t_{шт} = \frac{28+7}{50} \cdot 1,84 = 1,3 \text{ хв}$$

Технологічна собівартість дорівнює  $C_{оз} = 35,2$  грн

Собівартість заготовки з прокату  $S_{заг} = 206 + 35,2 = 241,2$  грн.

## 2.2 Спроектований маршрутний техпроцес

Відповідно до креслення деталі та річним обсягом випуску приймаємо наступний маршрут її обробки (таблиця 5).

Таблиця 2.1 – Маршрутний техпроцес виготовлення деталі «Вушко 14.201»

Номер операції	Найменування та зміст операції	Модель верстата	Ріжучий інструмент	Технологічні бази
005	Токарна з ЧПК 1 Чистове точіння торця 1 та фаски 3 2 Чернове точіння поверхні 2 3 Центрування отвору 4 4 Свердління отвору 5 5 Розточування отвору 6 6 Розточування фаски 7 7 Відрізання деталі	HAAS ST-10Y	Різець прохідний Sandvik: SCLCR 212F09 Пластина: CCMT 09T308-PM 4325 Kennametal: DCLNR 2020K12 Пластина: CNMG 120408-PM KCP25 Відрізний різець Kennametal: A2SNR2525M12 Пластина: GX24-2E100FTR KCU25 Свердло Свердло Ø18 Kenna Universal Drill™ DFT1800S20	Поверхня заготовки Ø28, торець

					<b>ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		18

010	Токарно-фрезерна з ЧПК 1 Точіння сфери 1 Фрезерна 1 Фрезерування паза 1	HAAS ST-10Y	Різець прохідний Sandvik: SCLCR 212F09 Пластина: CCMT 09T308-PM 4325 Фреза дискова	Поверхня заготовки Ø 26,2, торець  Поверхня заготовки Ø26,2
020	Вертикально-свердлильна 1 Свердління отвору 1 2 Свердління отвору 2 3 Розсвердлювання отвору 3	HAAS VF-2	Свердло Свердло Ø5,5 Свердло Ø6	Поверхня заготовки Ø26,2
025	Довбальна 1 довбання шестигранника 1	5A110	Різець довбальний P6M5	Поверхня заготовки Ø26,2
030	Термічна	Піч нагрівальна		
040	Круглошліфувальна 1 Шліфування поверхні 1 2 Шліфування сфери 2	3Y10A	Круг шліфувальний	Поверхня заготовки Ø26,2
045	Круглошліфувальна 1 Шліфування торця 1	3Y10A	Круг шліфувальний	Поверхня заготовки Ø26, торець Ø20
050	Полірувальна 1 Полірування сфери 1 2 Полірування поверхні 2	16T325	Круг шліфувальний	Поверхня заготовки Ø26
065	Контрольна	Стіл ВТК		

Розрахунок необхідної кількості операцій на поверхні Ø26H14 (-0,52)

Допуск заготовки згідно з ДСТУ EN 10254:2022 становить 0,9 мм, тобто

$$T_{заг} = 900 \text{ мкм.}$$

Допуск деталі

$$T_{дет} = 0,52 \text{ мм} = 520 \text{ мкм.}$$

Необхідну величину уточнення визначимо за такою формулою [15]:

$$\varepsilon_0 = \frac{T_{заг}}{T_{дет}} = \frac{900}{520} = 1.73$$

З іншого боку, уточнення визначається як добуток уточнень, отриманих при обробці поверхні на всіх переходах прийнятого техпроцесу, формула :

$$\varepsilon_{np} = \varepsilon_1 * \varepsilon_2 * \dots * \varepsilon_n = \prod_{i=1}^n \varepsilon_i \quad (2.5)$$

									Арк.
									19
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ				

де  $\varepsilon_i$  – величина уточнення, отриманого на  $i$ -ої операції (переході);

$n$  – кількість прийнятих у техпроцесі операцій (переходів).

Для обробки цієї поверхні в маршрутному технологічному процесі передбачені такі операції:

1. Чорнове точіння;
2. Шліфування;
3. Полірування (на значення допусків не впливає).

Проміжні значення розраховуються за формулами 2.6-2.8:

$$\varepsilon_1 = \frac{T_{заг}}{T_1}; \quad (2.6)$$

$$\varepsilon_2 = \frac{T_1}{T_2}; \quad (2.7)$$

$$\varepsilon_3 = \frac{T_2}{T_3}; \quad (2.8)$$

де  $T_1, T_2, T_3$  – допуски розмірів, отримані під час обробки деталі на першій, другій і т.п. операціях.

- 1) Чорнове точіння  $T_1 = 840$ мкм;
  - 2) Шліфування  $T_2 = 520$ мкм;
- Тоді

$$\varepsilon_1 = \frac{900}{840} = 1,07;$$

$$\varepsilon_2 = \frac{840}{520} = 1,61$$

Визначаємо загальне уточнення для прийнятого маршруту обробки:

$$1,07 \cdot 1,61 = 1,72$$

Отримане значення показує, що при прийнятому маршруті точність обробки поверхні  $\varnothing 26H14$  забезпечується  $\varepsilon_o \leq \varepsilon_{np}$ , тобто  $1,72 < 1,73$ .

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

### 2.3 Розрахунок припусків на обробку поверхні $\varnothing 26h14$

Заготовка вушка отримана штампуванням на гарячокувальній машині. Марш-рут обробки включає наступні операції (переходи):

1. Чорнове точіння.
2. Шліфування.
3. Полірування (розрахунок припусків для цієї операції не ведеться).

На всіх операціях обробка поверхні, що розраховується, ведеться в центрах, з чого випливає, що похибка установки деталі в радіальному напрямку дорівнює нулю, тобто  $\epsilon=0$ .

Похибку заготовки визначаємо за формулою 2.9:

$$\rho_z = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2 + \rho_{ц}^2} \quad (2.9)$$

де  $\rho_{см}$  – похибка заготовки по зміщенню, мм;

$\rho_{кор}$  – похибка заготовки по жолобленню, мм;

$\rho_{ц}$  – похибка центрування, мм.

Відповідно ДСТУ EN 10254:2022

$$\rho_{см} = 0,4 \text{ мм.}$$

$$\rho_{кор} = \Delta_k * l,$$

де  $\Delta_k$  – питома кривизна заготовки, мкм/мм;

$l$  – відстань від торця до середини заготовки, мм.

Відповідно таблиці 4.8 [3]

$$\Delta_k = 0,7 \text{ мкм/мм.}$$

$$\rho_{кор} = 0,7 \cdot 72 = 50 \text{ мкм} = 0,05 \text{ мм.}$$

Похибка центрування визначаємо за формулою (2.10):

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$\rho_y = \sqrt{\left(\frac{\delta_3}{2}\right)^2 + 0,25^2}, \quad (2.10)$$

де  $\delta_3$  - допуск на розмір прокату,  $\delta_3=0,9$  мм.

$$\rho_y = \sqrt{\left(\frac{0,9}{2}\right)^2 + 0,25^2} = 0,51 \text{ мм}$$

Тоді

$$\rho_3 = \sqrt{0,4^2 + 0,05^2 + 0,51^2} = 0,65 \text{ мм}$$

Розмір залишкових просторових відхилень [3]

1) після чорнового точіння:

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 650 = 40 \text{ мкм};$$

3) після шліфування:

$$\rho_2 = 0,02 \cdot 650 = 13 \text{ мкм}.$$

Випикуємо параметри шорсткості  $R_z$  та глибини дефектного шару  $T$  для всіх операцій:

1) заготовка

$$R_z = 80 \text{ мкм}; T = 100 \text{ мкм};$$

2) точіння чернове

$$R_z = 50 \text{ мкм}; T = 50 \text{ мкм};$$

3) шліфування

$$R_z = 10 \text{ мкм}; T = 20 \text{ мкм};$$

Розрахунок мінімальних значень припусків проведемо за формулою (2.11), попередньо заповнивши розрахункову таблицю 2.2.

$$2z \min i = 2(R_{zi-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1})$$

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

де  $R_{zi-1}$  - висота нерівностей, отриманих на попередній операції;

$T_{i-1}$  - глибина дефектного шару, отриманого на попередній операції;

$\rho_{i-1}$  - просторове відхилення, отримане на попередній операції.

Мінімальні припуски

1) під чорнове точіння:

$$2Z_{\min 1} = 2 \cdot (80 + 100 + 650) = 2 \cdot 830 = 1660 \text{ мкм};$$

2) під попереднє шліфування

$$2Z_{\min 2} = 2 \cdot (50 + 50 + 40) = 2 \cdot 140 = 280 \text{ мкм};$$

Визначаємо розрахунковий розмір шляхом послідовного додавання розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу, починаючи з мінімального розміру:

$$d_{p \min} = 26,002 \text{ мм};$$

$$d_{p1} = 26,002 + 0,280 = 26,282 \text{ мм};$$

$$d_{p \text{ заг}} = 26,282 + 1,660 = 27,942 \text{ мм};$$

У графу  $d_{\min}$  записуємо розрахункові розміри. Графу "допуск" заповнюємо відповідно до досягнутої точності при обробці деталей на даній операції.

Найбільші граничні розміри  $d_{\max}$  визначаємо додаванням допуску до найменшого граничного розміру:

$$d_{\max 2} = 26,002 + 0,52 = 26,522 \text{ мм};$$

$$d_{\max 1} = 26,282 + 0,840 = 27,122 \text{ мм};$$

$$d_{\max \text{ заг}} = 27,942 + 0,9 = 28,842 \text{ мм}.$$

Граничні значення припусків визначаємо як різницю найбільших граничних розмірів  $z_{\max}^{np}$  і як різницю найменших граничних розмірів  $z_{\min}^{np}$  попереднього і виконаного переходів:

$$2z_{\max 2}^{np} = 27,122 - 26,522 = 0,6 \text{ мм};$$

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$2z_{\max 1}^{np} = 28,842 - 27,122 = 1,72 \text{ мм};$$

$$2z_{\min 2}^{np} = 25,44 - 25,48 = -0,04 \text{ мм};$$

$$2z_{\min 1}^{np} = 27,04 - 25,44 = 1,6 \text{ мм};$$

Загальні припуски  $Z_{0\max}$  та  $Z_{0\min}$  розраховуємо, підсумовуючи їх проміжні значення та записуючи їх унизу відповідних граф:

$$z_{0\min} = 1720 + 600 = 2320 \text{ мкм};$$

$$z_{0\max} = 2402 + 80 = 2482 \text{ мкм}.$$

Таблиця 2.2- Розрахунок припусків на обробку поверхні  $\varnothing 26h14$

Технологічні переходи обробки поверхні $26h14_{(-0.52)}$	Елементи припуска, мкм			Розрахунковий припуск, мкм	Розрахунковий розмір $d_p$ , мм	Допуск $\delta$ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	$Rz$	$T$	$\rho$				$d_{\max}$	$d_{\min}$	$2z_{\max}^{np}$	$2z_{\min}^{np}$
Заготовка	80	100	650		27,42	900	28,3	27,4		
Точіння чернове	50	50	40	2×830	25,76	840	26,6	25,76	1700	1640
Шліфування	10	20	13	2×140	25,48	520	26	25,48	600	280
Усього									2300	1920

Величину номінального припуску визначаємо з урахуванням несиметричності розташування поля допуску заготовки:

$$z_{ном} = z_{0\min} + H_z - H_\delta \quad (2.12)$$

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		24

де  $H_z$  - нижнє відхилення заготовки  $H_z=0,7$  мм;

$H_0$  - нижнє відхилення розміра деталі  $H_z=0,52$  мм.

$$z_{НОМ} = 2,4 + 0,7 - 0,52 = 2,58 \text{ мм.}$$

Номинальний діаметр заготовки:

$$d_{ЗНОМ} = d_{\min} + z_{НОМ}, \quad (2.13)$$

$$d_{ЗНОМ} = 26,002 + 2,58 = 28,6 \text{ мм.}$$

Проводимо перевірку правильності розрахунків за формулою (2.14):

$$z_{o\max} - z_{o\min} = \delta_o - \delta_z \quad (2.14)$$

$$2300 - 1920 = 900 - 520 \quad 380 = 380$$

Перевірка показує, що розрахунки припусків виконані правильно.

Будуємо схему графічного розташування припусків і допусків поверхні  $26h14_{(-0,52)}$  (рисунок 2.1).

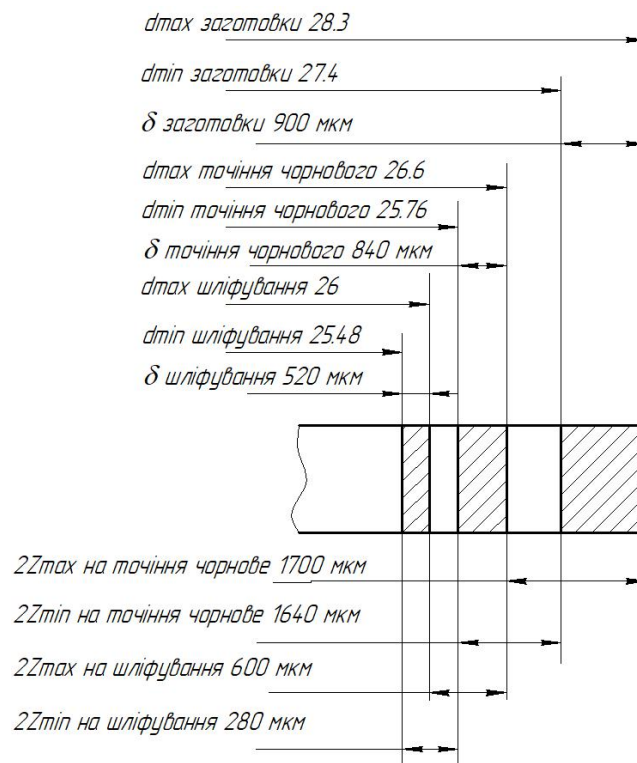


Рисунок 2.1 - Схема графічного розташування припусків та допусків

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		25

На сферичну поверхню, зважаючи на однаковість значення діаметра (26мм) і способів обробки (точіння, шліфування та полірування) допуски залишаються такими ж.

## 2.4 Розрахунок режимів різання.

### 2.4.1 Розрахунок режимів різання аналітичним методом

Операція 020 - вертикально-свердлильна. Свердлити отвір  $\varnothing 5,5$ . Верстат моделі HAAS VF-2. Інструмент - свердло  $\varnothing 5,5$  Kennametal KSEM™ Drill Маркування: KSEM0550M2S20HPM

Глибина свердління  $t = 8$  мм;

Розрахунок

#### 1. Швидкість різання $V$ :

Для сталі 45 (HB  $\approx$  200), твёрдосплавного інструменту з TiAlN:

$$V = 90\text{--}110 \text{ м/хв}$$

Приймаємо:

$$V = 95 \text{ м/хв}$$

#### 2. Оберти шпинделя $n$ :

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 95}{\pi \cdot 5,5} \approx 5499 \text{ об/хв}$$

Приймаємо:

$$n = 5500 \text{ об/хв}$$

$$V_f = S \cdot n = 0.09 \cdot 5500 = 495 \text{ мм/хв}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$L = t + 1.5 * D = 8 + 1.5 * 5.5 = 16.25 \text{ мм}$$

$$T = L/Vf = 16.25/495 \approx 0.0328 \text{ хв} \approx 1.97 \text{ с}$$

#### Результати

- Швидкість різання:  $V = 95 \text{ м/хв.}$
- Оберти шпинделя:  $n = 5500 \text{ об/хв.}$
- Подача на оберт:  $S = 0,09 \text{ мм/об}$
- Подача поступальна:  $Vf = 495 \text{ мм/хв.}$
- Час свердління:  $\approx 1,97 \text{ сек}$

#### 2.5 Розрахунок режимів різання за нормативами

Операція 020 - вертикально-свердлильна. Розсвердлювання отвору  $\varnothing 6$  довжиною 4,5 мм. Верстат моделі HAAS VF-2.

#### Інструмент

Свердло  $\varnothing 6,0 \text{ мм}$

Тип: Sandvik CoroDrill® 860

Маркування: 860.1-0600-030A1-XM GC34

Діаметр: 6,0 мм

Матеріал: тврдосплавне

Покриття: TiAlN (PVD)

Кут загострення: 140

Хвостовик: циліндричний (DIN 6535 HA)

Призначення: обробка легованої сталі, глибина свердління до  $3 \times D$

Швидкість різання для сталі 40X:  $V_c \approx 80-110 \text{ м/хв.}$

Подача:  $f = 0,08-0,12 \text{ мм/об}$

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3 – Зведенні данні розрахунку режимів різання

№ Операції	Найменування операції	Глибина різання t, мм	Довжина різання L <sub>рез</sub> , мм,(d)	Подача S <sub>0</sub> , мм/об		Швидкість V, м/хв		Частота обертання, хв <sup>-1</sup>		Хвилинна подача S, мм/хв	Основний час t <sub>0</sub> , хв
				Розр	Прийн	Розр	Прийн	Розр	Прийн		
05	Токарна с ЧПК 1.Підрізати торець як чисто.Ø28	0,5	17	0,2	0,2	42	42	521	521	104	2,47
	2. Точити поверхні попередньо Ø28	0,9	77	0,4	0,4	42	42	514	514	205	
	3. Засвердлити отвір Ø3	2	2	0,08	0,1	41,4	41,4	513	513	307	
	4. Свердлити отвір Ø16	8	30	0,3	0,4	17,5	17,5	378	378	112	
	5. Розточувати отвір Ø20	2	4,5	2	0,6	37	37	589	589	330	
	6. Відрізати деталь Ø26,2	4	17	0,6	0,5	45	45	500	500	250	
				0,5							
10	Токарна с ЧПК 1 Точіння сфери R13,2	0,9	20,4	0,4	0,4	42	42	514	514	205	0,866
15	Фрезерна з ЧПК 1 Фрезерування паза В=12,5	27	40	0,07	0,07	63	60	206	200	14	0,17
20	Вертикально-свердлильна Засвердлити отвір Ø2.5 Свердлити отвір Ø 5.5 Розсвердлювання отвору Ø6	2	3	0,04	0,05	22	21,9	2802	2880	112	5,1
		8	35	0,09	0,1	39,4	38	2281	2200	198	
		4,5	32	0,09	0,1	26	26,3	1426	1400	140	
25	Довбальна 1 довбання шестигранника В=9,45	2	26	0,5	0,5	22	19,6	280	250	125	1,6
35	Шліфувальна 1 Шліфування пазу В=13	0,25	72	1,5	1,5	35	35	430	430	52,5	0,16
40	Круглошліфувальна 1 Шліфування поверхні Ø26,2 та сфери R13,2	0,2	92,4	0,85	0,85	50	50	470,1	470,1	399	0,54
45	Круглошліфувальна 1 Шліфування торця 1	0,2	13	1,5	1,5	35	35	430	430	645	0,3
50	Полірувальна 1 Полірування сфери R13 та поверхні Ø26	-	92,2			40	40				0,36
55	Полірувальна 1 Полірування торця 1	-	14			32	32				0,13
60	Вертикально-свердлильна 1 Свердлити отвір Ø4,5 2 Розгорнути отвір Ø5	4,8	23	0,1	0,1	17,5	15,7	1114	1000	100	0,29
		5		0,5	0,5	16		1019		500	

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

## 2.6 Розрахунок норм часу

Розрахунок норми часу на операцію 010 - токарна з ЧПК

Тип виробництва виготовлення валу відповідає середньосерійному виробництву, в якому як норма часу розраховується штучно-калькуляційний час [15]:

$$t_{шт-к} = t_o + t_d + t_{обс} + \frac{t_{п.з.}}{n} \quad (2.29)$$

де  $t_o$  – основний час;

$t_d$  – допоміжний час;

$t_{обс}$  – час на обслуговування робочого місця та відпочинок;

$t_{пз}$  – підготовчо-заклучний час;

$n$  –розмер партії.

Основний час розраховуємо за формулою 2.30:

$$t_o = \sum_{i=1} t_{oi} * 10^{-3} \quad (2.30)$$

де  $t_{oi}$  – основний час кожної операції,

$i$  – кількість операцій,  $i=6$ ;

Основное время на подрезку торца  $\varnothing 28$ :

$$t_o = 0.52 * l = 0,52 * 15 = 7,8 \text{ с.}$$

Основний час на точіння  $\varnothing 28$ ,  $l=77$ мм:

$$t_o = 0.17 * d * l = 0.17 * 28 * 77 = 366.5 \text{ с.}$$

Основний час на засвердлювання  $\varnothing 3$ ,  $l=2$ мм:

$$t_o = 0.52 * d * l = 0,52 * 3 * 2 = 3,12 \text{ с.}$$

Основний час на свердління отвору  $\varnothing 16$ ,  $l=26$ мм:

$$t_o = 0,52 * 13 * 26 = 175,7 \text{ с.}$$

Основний час на расточування отвору  $\varnothing 20$ ,  $l=4$ мм:

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$t_o = 0.2 * d * l = 0,2 * 20 * 4 = 16 \text{ с.}$$

Основний час усієї операції розрахуємо як суму основних часів переходів.

$$T_o = (7,8 + 366,5 + 3,12 + 175,7 + 16) / 1000 = 0,76 \text{ хв}$$

Допоміжний час розраховуємо за формулою 2.31:

$$t_d = t_{вс} + t_{з.о} + t_{кв} + t_{вим} \quad (2.31)$$

де  $t_{вс}$  – час на встановлення та зняття деталі:

$$t_{вс} = 0,3 + 0,28 + 0,01 + 0,02 = 0,61$$

$t_{з.о}$  – час на закріплення та відкріплення деталі;  $t_{з.о} = 0,052$  мин

$t_{кв}$  – час на прийоми керування верстатом;

$t_{вим}$  – час на вимірювання деталі.

Час на прийоми управління деталі складається з часу включення верстата кнопкою - 0,01 хв;

Час вимірювання деталей складається з часу вимірювання спіральної кулімін  $t_{вим} = 0,15$  хв

Допоміжний час

$$t_e = 0,611 + 0,052 + 0,01 + 0,15 = 0,82 \text{ хв}$$

Для середньосерійного виробництва допоміжний час розраховуємо за формулою 2.32:

$$t_{дон} = t_e * K_t \quad (2.32)$$

где  $K_t$  – коефіцієнт, що залежить від типу виробництва,  $K_t = 1,85$ .

$$t_{дон} = t_e * K_t$$

$$t_{дон} = 0,82 * 1,85 = 1,52 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховуємо за формулою 2.33:

$$t_{оп} = t_o + t_{дон} \quad (2.33)$$

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$t_{on} = 0,76 + 1,52 = 2.28 \text{ хв}$$

Час на обслуговування та відпочинок у серійному виробництві окремо не визначається. Він задається у відсотках від оперативного часу:

$$t_{обот} = \frac{t_{on} * 7}{100} = \frac{2.28 * 7}{100} = 0,16 \text{ хв}$$

Підготовчий заключний час

$$t_{n.з.} = 16 + 10 = 26 \text{ мин};$$

Розмір партії 140 шт.

Штучно-калькуляційний час складає

$$t_{шт-к} = 0,767 + 1.52 + 0,16 + \frac{26}{140} = 2.63 \text{ хв.}$$

Розрахунок норми часу на операцію 060 – торце-круглошліфувальну

Тип виробництва виготовлення валу відповідає середньосерійному виробництву, в якому нормою часу розраховується штучно-калькуляційний час за формулою

$$t_{шт-к} = t_o + t_g + t_{обот} + \frac{t_{n.з.}}{n} + t_{тех} + t_{орг},$$

где  $t_o$  – основний час;

$t_g$  – допоміжний час;

$t_{обс}$  – час обслуговування робочого місця;

$t_{отд}$  – час відпочинку;

$t_{тех}$  – час технічний;

$t_{орг}$  – організаційний час;

$t_{n.з.}$  – підготовчо-заключний час;

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		31

$n$  - розмір партії.

Основний час розраховуємо за формулою 2.30. Основний час на шліфування пазу:

$$t_o = 2,5 * l = 2,5 * 27,5 = 68 \text{ с}$$

$$T_o = 68 / 1000 = 0,068 \text{ хв}$$

Допоміжний час розраховуємо за формулою 2.31.

Час на прийоми управління деталі складається з:

- часу включення верстата кнопкою - 0,01 хв;
- часу на підведення кола = 0,02 хв.

$$t_{yn} = 0,01 + 0,02 = 0,03 \text{ хв}$$

Час на вимірювання деталі складається з часу вимірювання штангенциркулем  
 $t_{вим} = 0,15 \text{ хв}$

Допоміжний час :

$$t_g = 0,06 + 0,034 + 0,03 + 0,15 = 0,27 \text{ мин}$$

Для середньосерійного виробництва допоміжний час розраховуємо за формулою:

$$t_{дон} = t_g * K_t = 0,27 * 1,85 = 0,51 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховуємо за формулою 2.33:

$$t_{он} = 0,068 + 0,51 = 0,57 \text{ хв}$$

Час на обслуговування та відпочинок у серійному виробництві окремо не визначається. Воно задається у відсотках від оперативного часу;

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$t_{opz} = \frac{t_{on} * 7}{100} = \frac{0,068 * 7}{100} = 0,0047 \text{ хв}$$

$$t_{mex} = \frac{t_n * t_o}{t} = 0,068 * 2 / 45 = 0,57 \text{ хв}$$

Підготовчий заключний час  $t_{n.з.} = 20$  хв; Розмір партії: 140 шт.

Штучно-калькуляційний час складає

$$t_{шт-к} = 0,068 + 0,51 + 0,003 + 0,007 + 0,0047 + \frac{20}{140} = 0,735 \text{ хв}$$

Розрахунки норм часу інші операції виконується аналогічно і зводяться в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Зведена таблиця норм часу.

Номер операції	Назва операції	Осн. час $t_o$ , хв	Допоміжн. час $t_{\theta}$ , мин			Опера тив. час $t_{op}$ хв	Час на відп. $t_{об.оп}$ хв	Штучн час $t_{шт}$ , хв	Підгот.- закл. час $t_{n-з}$	Номер операції розмір партії $n$	Штучно-кальк час $t_{шт}$ хв-
			$t_{y.c}$ хв	$t_{yn}$ хв	$t_{вим}$ хв						
05	Токарна с ЧПК 1 Чистове точіння торця 1 2 Чернове точіння поверхні 2 3 Центрування отвору 4 4 Свердління отвору 5 5 Розточування отвору 6 6 Розточування фаски 7 7 Відрізання деталі	2,47	0,08	0,136	0,48	2,1945	0,13	4,1	14	140	4,84
10	Токарна с ЧПК 1 Точіння сфери 1	0,866	0,08	0,136	0,36	1,472	0,088	2,886	14	140	2,922
15	Фрезерна 1 Фрезерування пазу 1	0,17	0,08	0,2	0,2	0,684	0,05	1,36	15	140	1,38
20	Вертикально-свердлильна 1 Центрування отвору 1 2 Свердління отвору 2	5,1	0,186	0,22	0,12	5,711	0,46	11,4	15	140	11,438

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ		Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата			33

	Зрозсвердлювання отвору 3										
25	Довбальна 1 Довбання шестигранника 1	1,6	0,186	0,165	0,12	2,156	0,155	4,27	13	140	4,303
35	Шліфувальна 1 Шліфування пазу 1	0,159	0,186	0,105	0,17	0,705	0,034	1,37	7	140	1,39
40	Круглошліфувальна 1 Шліфування поверхні та сфери	0,543	0,24	0,05	0,15	0,6	0,01	0,54	17	140	0,94
45	Круглошліфувальна 1 Шліфування торця 1	0,3	0,06	0,03	0,15	0,535	0,037	0,5	17	140	0,7
50	Полірувальна 1 Полірування сфери 1 та поверхні 2	0,367	0,24	0,02	-	0,94	0,056	0,8	16	140	1,24
55	Полірувальна 1 Полірування торця 1	0,13	0,034	0,02	-	0,5	0,03	0,48	17	140	0,64
60	Вертикально-свердлильна 1 Свердлити відвернення 1 2 Розгорнути відчинку 2	0,29	0,06	0,05	0,15	0,81	0,03	0,52	10	140	0,88

## 2.7 Розрахунок точності токарної операції

Розрахунок точності виконуємо на токарну операцію 05 де виконується чорнове точіння поверхні  $\varnothing 28$ . Допуск на оброблювану поверхню  $T = 520$  мкм.

Сумарну похибку обробки розраховуємо за формулою 2.34:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_i + \Delta_n + \sqrt{\Delta_B^2 + \varepsilon_y^2} \quad (2.34)$$

де  $\Delta_i$  – похибка, обумовлена зносом ріжучого інструменту,

$\Delta_n$  – похибка налаштування верстата,

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		34

$\Delta_B$  – поле розсіювання похибок обробки, обумовлених технологічними факторами випадкового характеру,

$\epsilon_y$  – похибка встановлення заготовки.

Похибка, обумовлена зносом ріжучого інструменту, розраховуємо за формулою 2.35:

$$\Delta_i = \frac{Z_B \cdot L}{1000} \quad (2.35)$$

де  $Z_B$  – відносне зношування інструменту;

$L$  – шлях різання.

$Z_B = 9$  мкм/км

Шлях різання розраховуємо за формулою 2.36:

$$L = \frac{\pi \cdot D \cdot l \cdot n}{1000 \cdot S_o} \quad (2.36)$$

де  $D$  – діаметр оброблюваної поверхні,

$l$  – довжина оброблюваної поверхні,

$n$  – кількість деталей у партії,

$S_o$  – подача.

$$L = \frac{3,14 \cdot 28 \cdot 77 \cdot 140}{1000 \cdot 0,4} = 2369 \text{ мм}$$

$$\Delta_u = \frac{9 \cdot 2369}{1000} = 21,32 \text{ мкм}$$

Похибка налаштування верстата розраховуємо за формулою 2.37:

$$\Delta_H = \sqrt{\Delta_{3M}^2 + \Delta_{рег}^2 + \Delta_{ВИМ}^2} \quad (2.37)$$

где  $\Delta_{3M}$  – зміщення центру групування розмірів пробних деталей щодо середини поля розсіювання розмірів,

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$\Delta_{\text{рег}}$  – похибка регулювання положення ріжучого інструменту на верстаті,

$\Delta_{\text{вим}}$  – похибка виміру пробних деталей.

$$\Delta_{\text{зм}} = \frac{\Delta_{\text{мпо}}}{\sqrt{m}},$$

де  $\Delta_{\text{мпо}}$  – миттєва похибка обробки  $\Delta_{\text{сл}} = 35$  мкм,

$m$  – кількість пробних деталей  $m = 5$

$$\Delta_{\text{см}} = \frac{35}{\sqrt{5}} = 15,7$$

Похибка вимірювання при використанні мікрометра 1-го класу точності  $\Delta_{\text{вим}} = 9$  мкм.

Похибку регулювання положення приймемо  $\Delta_{\text{рег}} = 20$  мкм.

$$\Delta_{\text{н}} = \sqrt{15,7^2 + 20^2 + 9^2} = 27 \text{ мкм}$$

При встановленні деталі в патроні приймаємо  $\varepsilon_y = 0$ .

Сумарна похибка обробки

$$\Delta_{\Sigma} = 21,32 + 27 + \sqrt{35^2 + 0^2} = 83,22 \text{ мкм}$$

Необхідна точність обробки поверхні забезпечується, так як  $\Delta_{\Sigma} < T$ , а саме,  $83,22 < 520$ .

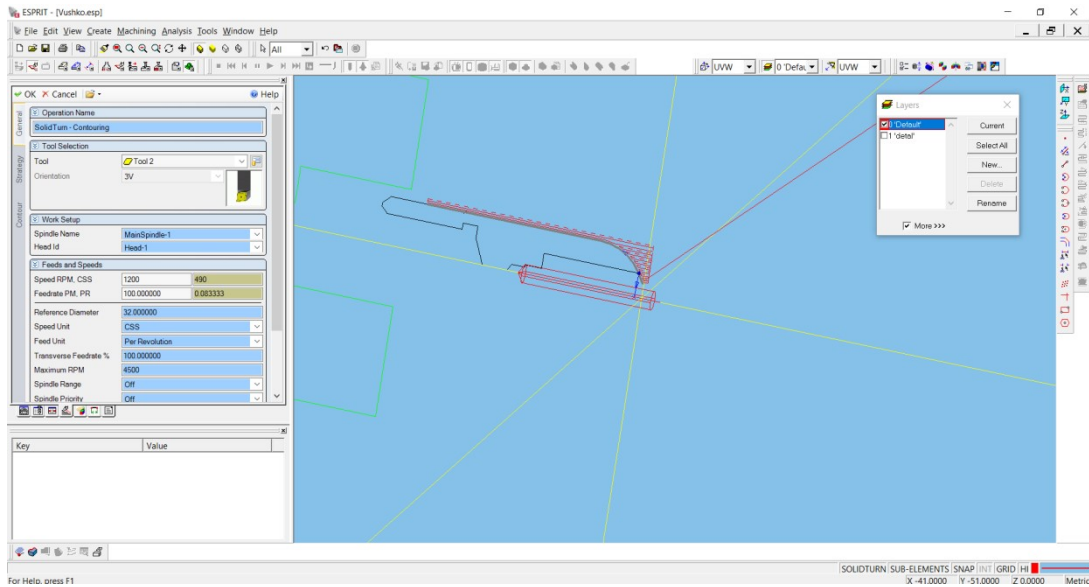
## 2.8 Створення в САМ системи керуючої програми для токарної операції

Використання CAD/CAM-систем дозволяє автоматизувати процес створення керуючих програм у межах комплексного підходу до проектування та підготовки виробництва. При цьому паралельно вирішуються й інші завдання, пов'язані з експлуатацією верстатів із числовим програмним керуванням: підбір і налаштування ріжучого інструменту, розробка технологічної документації (карти інструменту, карти налагодження), проектування необхідного оснащення, а також організація інформаційного обміну, що забезпечує ефективне управління виробничим процесом.

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		36



— встановлення режимів різання для кожного інструменту відповідно до умов обробки;



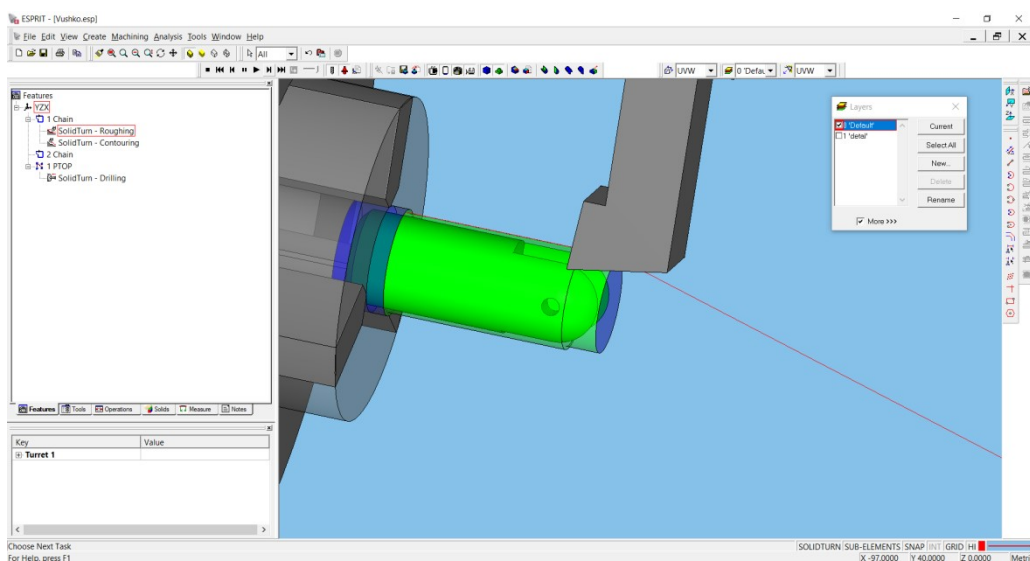
— застосування стандартних оброблювальних циклів для побудови траєкторій інструмента;

— генерація траєкторій руху інструмента з подальшим візуальним відображенням на екрані, перевірка на відсутність колізій (зарізів, зіткнень із деталлю або оснащенням) та оптимізація шляхів з урахуванням фактичної форми заготовки;

— оперативне коригування траєкторій у разі зміни послідовності обробки;

— автоматичне відслідковування змін, внесених до 3D-моделі виробу;

— візуальне порівняння геометрії сформованої деталі з еталонною конструкторською моделлю з використанням кольорової карти розподілу припусків для аналізу результатів обробки;



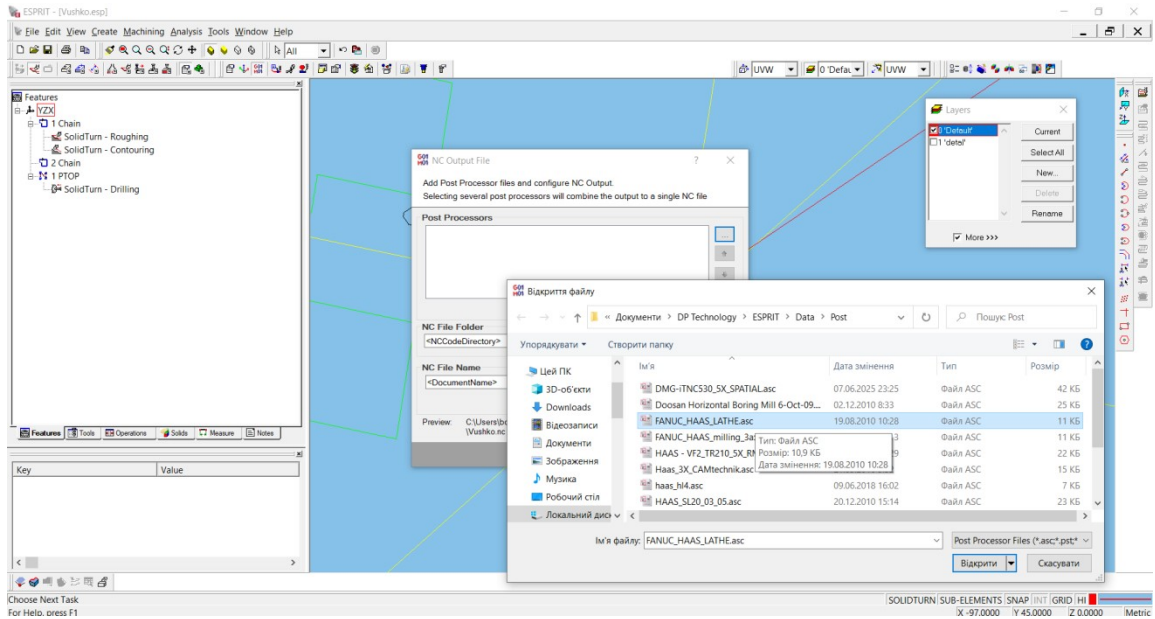
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ

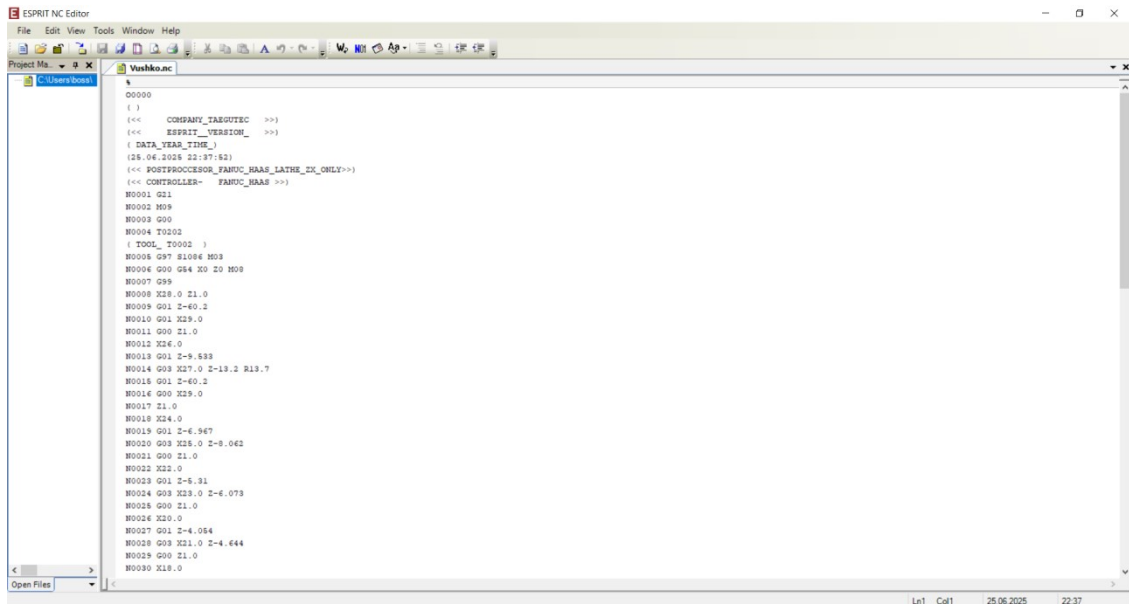
Арк.

38

— створення керуючої програми для обраного типу верстата з ЧПК із використанням відповідного постпроцесора;



— отримання та редагування керуючої програми;



— можливість створення власного постпроцесора у разі його відсутності в базі даних системи.

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

## 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

### 3.1 Проектування пристрою для виконання свердлильної операції

Проектований пристрій типу кондуктор призначений для виконання свердлильної операції. Кондуктор складається з корпусу та вставки. Притискання деталі здійснюється пневмопоршнем. Пристосування кріпиться на пластину гвинтами. Основними силами в цій системі є осьова сила різання та сила притиску пневмопоршня, а також осьовий момент різання. Слід зазначити, що подача повітря в пневмоциліндр здійснюється через дросельний клапан. Не знижує притискну силу, але зменшує швидкість, отже й імпульс удару штока об деталь, що дозволяє пошкодити її.

Визначимо осьову силу різання  $P_o$  за формулою 3.1:

$$P_o = 10 * C_p * D^q * S^y * K_p \quad (3.1)$$

де  $C_p$  – постійний коефіцієнт для даного виду обробки,

$t$  – глибина різання,

$D$  – діаметр фрези,

$S$  – подача.

$Y, q$  – показники степені,

$K_p$  – поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу

$$P_o = 10 * 68 * 5^1 * 0.1^{0.7} * 1 = 678 \text{ Н/м.}$$

Визначемо крутний момент  $M_{кр}$  за формулою 3.2:

$$M_{кр} = 10 * C_m * D^q * S^y * K_p \quad (3.2)$$

$$M_{кр} = 10 * 0.0345 * 5^2 * 0.1^{0.8} * 1 = 1.36 \text{ Н/м.}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Враховуючи габарити та внутрішні розміри деталі, вибираємо пневмоциліндр з діаметром штока = 16 мм.

Визначимо силу притиску штока для даного пневмоциліндра:

$$Q = \frac{\pi * D_{ц}^2}{4} \rho - (T_k * \pi * D_{ц} + q), \quad (3.3)$$

де  $D_{ц}$  – діаметр пневмоциліндра.  $D_{ц}=25$  мм;

$\rho$  – тиск у заводських пневмолініях.  $\rho=10$  кг/см<sup>3</sup>

$T_k$  – сила тертя,  $T_k=0,5$  кг·с

$$q = T_k * \pi * D_{ц} * K$$

$K$ - коефіцієнт запасу жорсткості пружини,  $K=1,2$ .

$$Q = \frac{3.14 * 25^2}{4} 10 - (0.5 * 3.14 * 25 + 0.5 * 3.14 * 25 * 1.2) = 4820$$

### 3.2 Розрахунок пристосування на міцність.

Враховуючи основні сили, що діють в кондукторі, розрахуємо пристосування на міцність, а саме гвинти кріплення М8 на зріз і змінання у вертикальній площині, де діють момент і осьова сила різання, і на зріз в горизонтальній площині, де діє сила притиску пневмоциліндра.

Умови міцності різьблення у напрямку зрізу у вертикальній площині:

$$\tau < [\tau] = 0,4 \cdot \sigma_{\tau} = 0,4 \cdot 360 = 144 \text{ мПа.}$$

$$\tau = F / (\pi \cdot d_1 \cdot H \cdot K \cdot K_m),$$

де  $F$  – діюча сила.  $F = P_o = 678$  мПа;

$d$  – діаметр різби, мм.

$$d_1 = d / 1.2 = 8 / 1.2 = 6,66;$$

$$H = 0,8 \cdot d = 0.8 \cdot 8 = 6.4 \text{ мм;}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$K=0,65; K_m=0,9.$$

$$\tau = 678/(3,14 \cdot 6,66 \cdot 6,4 \cdot 0,65 \cdot 0,9) = 8,47 \text{ мПа}$$

$$8,47 \text{ мПа} < 144 \text{ мПа}.$$

Умови міцності виконуються.

Умова міцності різьблення на зминання:  $\tau < [\tau] = 0,4 \cdot \sigma_r = 0,8 \cdot 360 = 288 \text{ мПа}$ .

$$\tau = F/(\pi \cdot d_2 \cdot h \cdot z), \text{ где}$$

$$d_2 = d - d_1 = 8 - 6,66 = 1,33$$

$$h = (d_1 - d_2)/2 = (6,66 - 1,33)/2 = 0,7$$

$$z = H/p = 6,4/2 = 3,2$$

$$\tau = 678/(3,14 \cdot 1,33 \cdot 0,7 \cdot 3,2) = 72,5 \text{ мПа}$$

$$72,5 \text{ мПа} < 288 \text{ мПа}.$$

Умови міцності виконуються.

Умови міцності різьблення у напрямку зрізу в горизонтальній площині:

$$\tau < [\tau] = 0,4 \cdot \sigma_r = 0,3 \cdot 360 = 120 \text{ мПа}.$$

$$\tau = F/(\pi/4 \cdot d^2 \cdot i),$$

де

$F$  – діюча сила.  $F = Q = 4820 \text{ мПа}$ ;

$d$  – діаметр різьби, мм.  $i = 1$ .

$$\tau = 4820/((3,14/4) \cdot 8^2 \cdot 1) = 96,4 \text{ мПа}$$

$$96,4 \text{ мПа} < 120 \text{ мПа}.$$

Умови міцності виконуються.

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

### 3.3 Розрахунок пристосування на точність

Похибка виготовлення пристосування визначаємо за формулою 3.4:

$$\varepsilon_{\text{пр}} \leq T - K_{T1} \sqrt{(k_{t1} \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_{3H}^2 + \varepsilon_{3i}^2 + (k_{t2} \cdot \omega)^2} \quad (3.4)$$

де  $T$  – допуск виконуваного розміра,  $T = 0,030$  мм;

$K_{T1}$  – коефіцієнт, що враховує відхилення значень складових величин від закону нормального розподілу,  $K_{T1} = 1$ ;

$\varepsilon_6$  – похибка базування

$\varepsilon_3$  – похибка закріплення;

$\varepsilon_y$  – похибка установки;

$\varepsilon_{3H}$  – похибка зносу настановних елементів;

$\varepsilon_{3i}$  – похибка від зміщення інструменту;

$\omega$  – економічна точність обробки;

$k_{t1}$  – коефіцієнт, учитывающий уменьшение предельного значения погрешности базирования при работе на настроенных станках,  $k_{t1} = 0,8$ ;

$k_{t2}$  – коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки в суммарной погрешности, вызываемой факторами не зависящими от приспособления,  $k_{t2} = 0,6$ .

Похибка базування  $\varepsilon_6 = 0$

Похибка закріплення  $\varepsilon_3 = 0$

Похибка установки заготовки  $\varepsilon_y = 0,05$  мм.

Похибка від зміщення інструменту  $\varepsilon_{3i} = 0$  мм.

Похибка зносу настановних елементів  $\varepsilon_3 = 0,01$  мм

Економічна точність обробки за 9-м кваліфікацією точності,  $\omega = 0,14$  мм.

$$\varepsilon_{\text{пр}} \leq 0,03 - 1 \cdot \sqrt{(0^2 + 0^2 + 0^2 + 0,01^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 0,05)^2)} = 0,001 \text{ мм.}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

## 4.ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1 Виробниче освітлення металообробних цехів

Виробниче освітлення відіграє ключову роль у забезпеченні безпеки та ефективності праці. Воно допомагає зменшити втому, підвищити продуктивність і запобігти травмам.

Основні вимоги до виробничого освітлення включають:

- Відсутність різких тіней, які можуть спотворювати розміри та форми об'єктів.
- Достатній рівень освітленості для виконання робочих завдань.
- Використання природного та штучного освітлення для оптимального комфорту.

Важливо розуміти, що правильне освітлення не лише покращує продуктивність, а й зменшує ризик професійних захворювань, таких як напруга очей і головний біль. Ще одним важливим фактором є якість світлових джерел обираючи правильну температуру кольору та тип ламп, можна значно покращити комфорт працівників. Наприклад, нейтральне біле світло (4000-5000К) зазвичай краще підходить для робочих зон, тоді як тепліші тони можуть створювати затишну атмосферу в зонах відпочинку.

Основна мета організації виробничого освітлення - забезпечення належного рівня освітленості на робочому місці відповідно до вимог зорової діяльності. Підвищення освітленості робочої поверхні покращує видимість об'єктів, збільшуючи їхню яскравість, що, у свою чергу, сприяє швидшому розпізнаванню деталей та підвищенню продуктивності праці. При організації освітлення важливо забезпечити рівномірний розподіл яскравості на робочій поверхні й навколишніх предметах. Різкий перехід погляду з яскраво освітленої зони на менш освітлену вимагає переадаптації очей, що призводить до втоми зору й зниження ефективності роботи. Для покращення рівномірності природного освітлення у великих виробничих приміщеннях застосовується комбіноване освітлення. Світлі тони

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

стелі, стін і обладнання сприяють рівномірному розподілу яскравості у полі зору працівника.

Виробниче освітлення має виключати появу різких тіней у полі зору працівника, оскільки вони можуть спотворювати форму й розміри об'єктів, спричиняти зорове напруження та знижувати продуктивність. Особливо небезпечні рухомі тіні, які можуть призводити до травм, тому для їхнього пом'якшення використовують світильники зі світлорозсіювальними молочними стеклами.

Щоб покращити видимість об'єктів, необхідно мінімізувати пряме та відбите світлове засліплення. Воно виникає через надмірну яскравість світних поверхонь, що може погіршувати зорові функції. Для зменшення засліплення слід контролювати яскравість джерела світла, правильно підбирати захисний кут світильника, регулювати висоту його підвішування та спрямовувати світловий потік на робочу поверхню. Крім того, блискучі поверхні бажано замінювати матовими, якщо це можливо. Коливання рівня освітленості на робочому місці, зокрема через раптові зміни напруги в мережі, змушують очі адаптуватися заново, що призводить до значного зорового напруження й втоми. Стабільність освітлення в часі забезпечується стабілізацією напруги, надійним закріпленням світильників та використанням спеціальних схем включення газорозрядних ламп.

При проектуванні виробничого освітлення важливо правильно підбирати спектральний склад світлового потоку. Це особливо необхідно для точної передачі кольору, а в окремих випадках для підсилення контрастності. Оптимальний спектральний склад сприяє природному освітленню. Для коректної передачі кольорів застосовують монохроматичне світло, яке може підсилювати одні кольори та послаблювати інші.

Освітлювальні установки повинні бути у використанні простими, довговічними, безпечними щодо електрики та не створювати ризику виникнення пожежі або вибуху. Це досягається застосуванням захисного занулення або заземлення, обмеженням напруги живлення для переносних і місцевих світильників, а також захистом освітлювальних мереж від механічних пошкоджень.

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Характеристика зорової роботи визначається найменшим розміром об'єкта розрізнення, наприклад, при роботі з приладами визначається товщиною лінії градування шкали. Штучне освітлення регламентується як кількісними показниками (мінімальна освітленість), так і якісними (рівень засліплення, дискомфорт, коефіцієнт пульсації освітленості). Нормування штучного освітлення здійснюється залежно від типу джерел світла та системи освітлення.

Нормативні значення освітленості для газорозрядних ламп вищі порівняно з лампами розжарювання через їхню більшу світлову ефективність. Щоб зменшити засліплюючий ефект світильників загального освітлення у виробничих приміщеннях, максимальний показник засліплення має бути в межах 20–80 одиниць, залежно від тривалості та складності зорової роботи. Під час визначення оптимального рівня освітленості необхідно враховувати додаткові фактори, що впливають на потребу у підвищеній освітленості. Наприклад, у зонах з підвищеною небезпекою травматизму освітленість має бути вищою, тоді як у приміщеннях з короткочасним перебуванням людей її можна знизити.

Природне освітлення змінюється залежно від часу доби, сезону та погодних умов, тому для його оцінки використовується коефіцієнт природної освітленості (КПО), що є відносним показником.

Суміщене освітлення застосовується у виробничих приміщеннях, де виконуються зорові роботи I та II розрядів, у будівлях, що споруджуються в північних кліматичних зонах, а також у приміщеннях, де технологічні вимоги вимагають стабільних параметрів повітряного середовища. В таких умовах загальне штучне освітлення має забезпечуватися газорозрядними лампами.

Джерела світла для штучного освітлення поділяються на дві основні групи: лампи розжарювання та газорозрядні лампи. Лампи розжарювання належать до джерел світла теплового випромінювання, оскільки їхнє видиме світло виникає внаслідок нагрівання вольфрамової нитки електричним струмом. Газорозрядні лампи, навпаки, генерують світло завдяки електричному розряду в середовищі інертних газів і парів металів, а також через процеси люмінесценції, які

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		46

перетворюють невидиме ультрафіолетове випромінювання у видиме світло. При виборі та порівнянні джерел світла враховують такі параметри:

- Номінальна напруга живлення (у вольтах);
- Електрична потужність лампи (P, у ватах);
- Світловий потік (Φ, у люменах) або максимальна сила світла (У, у канделах);
- Світлова віддача (відношення світлового потоку до електричної потужності:  $\eta = \Phi / P$ );
- Термін служби лампи;
- Спектральний склад світла.

Правильний вибір джерела світла допомагає забезпечити ефективне освітлення з урахуванням потреб конкретного середовища та завдань.

Лампи розжарювання широко використовуються в промисловості завдяки їхній простоті у виготовленні, зручності експлуатації, низькій інерційності під час увімкнення, відсутності додаткових пускових пристроїв, а також стабільній роботі при коливаннях напруги та різних погодних умовах. Однак вони мають і суттєві недоліки: низьку світлову віддачу, порівняно короткий термін служби (до 2,5 тис. годин) та спектр випромінювання з переважанням жовтих і червоних променів, що суттєво відрізняється від сонячного світла.

Останнім часом все ширше застосовуються галогенові лампи – це різновид ламп розжарювання з йодним циклом. Пари йоду в колбі дозволяють збільшити температуру розжарення нитки, що підвищує світлову віддачу (до 40 лм/Вт). Випаровувані частинки вольфраму з'єднуються з йодом і осідають назад на спіраль, запобігаючи розпорошенню нитки та продовжуючи термін служби лампи до 3 тис. годин. Спектр випромінювання галогенових ламп більш наближений до природного світла. Головна перевага газорозрядних ламп у порівнянні з лампами розжарювання - їхня висока світлова віддача. Вони також мають значно довший термін служби, що у деяких типів досягає 8–12 тисяч годин. Газорозрядні лампи дозволяють отримати світловий потік з будь-яким бажаним спектром, змінюючи склад інертних газів, парів металів та люмінофорів. За спектральним складом

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		47

випромінювання розрізняють лампи денного світла, денного світла з покращеною передачею кольору, холодного білого, теплого білого та білого кольору.

Одним з основних недоліків газорозрядних ламп є пульсація світлового потоку, що може спричинити стробоскопічний ефект — спотворення зорового сприйняття. Якщо частота пульсації джерела світла збігається з частотою руху оброблюваних предметів, це може створювати ілюзію множинного зображення або змінювати сприйняття швидкості руху, що підвищує ризик травмування. До інших недоліків належать тривалий період запуску, необхідність використання спеціальних пускових пристроїв, залежність працездатності від температури навколишнього середовища та можливі радіоперешкоди, для усунення яких потрібні додаткові технічні заходи.

При виборі джерел світла для виробничих приміщень рекомендується надавати перевагу газорозрядним лампам, оскільки вони є більш енергоефективними та мають триваліший термін служби. Для зниження початкових витрат на освітлювальні установки та їхню експлуатацію слід використовувати лампи з максимальною потужністю, але без компромісів щодо якості освітлення.

Світильники класифікуються за розподілом світлового потоку: прямого, переважно прямого, розсіяного, відбитого та переважно відбитого світла. Конструкція світильника має забезпечувати надійний захист джерела світла від пилу, вологи та інших зовнішніх впливів, а також відповідати вимогам електробезпеки, пожежної та вибухової безпеки. Важливими параметрами є стабільність світлотехнічних характеристик, зручність монтажу та легкість обслуговування. Залежно від конструкції світильники бувають відкриті, захищені, закриті, пилонепроникні, вологозахисні, вибухозахищені та вибухобезпечні.

При проектуванні штучного освітлення слід ретельно вибрати тип джерела світла, визначити оптимальну систему освітлення та підібрати відповідний вид світильника. Важливо також врахувати доцільну висоту встановлення світильників і їхнє розміщення в приміщенні, щоб забезпечити рівномірне освітлення робочих зон.

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Ключовими етапами є розрахунок необхідної кількості світильників та потужності ламп для досягнення нормативного рівня освітленості на робочому місці. Завершальним етапом є перевірка розробленого варіанту освітлення на відповідність установленим нормативним вимогам, що гарантує комфорт і безпеку роботи в приміщенні.

Розрахунок штучного освітлення може здійснюватися кількома методами, залежно від необхідної точності та умов освітлення. Ось основні методи:

1. Метод світлового потоку. Цей метод застосовується для приміщень зі стандартними умовами освітлення. Він базується на визначенні загального світлового потоку, необхідного для досягнення нормативної освітленості. Формула (4.1) використовується для розрахунку значення світлового потоку:

$$\Phi = E \times S \times k \quad (4.1)$$

де:

- $E$  – нормативна освітленість (лк),
- $S$  – площа приміщення ( $m^2$ ),
- $k$  – коефіцієнт запасу (1,2–1,5 для компенсації втрат світла).

Кількість світильників визначається за формулою (4.2):

$$N = \Phi / PN \quad (4.2)$$

2. Метод питомої потужності застосовується для попереднього визначення кількості світильників на основі питомої потужності освітлення. Розрахунок проводять за формулою (4.3):

$$P = W \times S \quad (4.3)$$

де:

- $W$  – питома потужність освітлення ( $Вт/m^2$ ),
- $S$  – площа приміщення ( $m^2$ ).

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

3. Метод точкової освітленості використовується для освітлення робочих місць, де важливо врахувати напрямок світлового потоку. Розрахунок проводять за формулою (4.4):

$$E=Ih^2 \times \cos \theta \quad (4.4)$$

де:

- $I$  – сила світла (кд),
- $h$  – висота встановлення світильника,
- $\theta$  – кут падіння світла.

#### 4.2 Визначення необхідної освітленості

Розрахуємо необхідну кількість світильників для металообробного цеху, що має розміри: довжина приміщення  $A=24$  м, ширина приміщення  $B= 18$  м, висота приміщення  $H= 4$  м, висота підвісу світильника над робочою поверхнею  $h_p=3,2$  м. Нормативна освітленість ( $E$ ) залежить від виду робіт у приміщенні. Так, для робіт високої точності відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 "Природне і штучне освітлення": для зорових робіт високої точності при загальному освітленні значення освітленості встановлюються в межах: 200–500 лк, а для високо точних зорових робіт – в межах 500–1000 лк.

2. Розрахунок загального світлового потоку проведемо з формулою

Загальний світловий потік ( $\Phi$ ) визначається за формулою (4.1):

$$\Phi=300 \times 432 \times 1,5=193500 \text{ лм}$$

де:

$S$  – площа приміщення ( $24 \times 18 = 432 \text{ м}^2$ ),

$k$  – коефіцієнт запасу (зазвичай 1.2–1.5 для компенсації втрат світла).

3. Визначення кількості світильників

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Кількість світильників (N) обчислюється за формулою (4.2) :

$$N=193500/2\times 3600=26,9$$

де: n– кількість ламп у кожному світильнику,

P – світловий потік однієї лампи (залежить від типу лампи, наприклад, для LED-лампи 36 Вт – приблизно 3600 лм).

Оптимальне розміщення: світильники слід розташувати рівномірно, щоб забезпечити рівномірний розподіл світлового потоку, уникнути тіней та за Для оптимального розміщення світильників у приміщенні розміром 24 × 18 м важливо врахувати кілька аспектів:

1. Світильники варто розташувати в шаховому порядку або рівномірними рядами, залежно від специфіки освітлення:
  - шаховий порядок – зменшує утворення тіней;
  - рівномірні ряди – забезпечують стабільну освітленість, особливо при високих стелях.
2. Висота встановлення – оптимальна висота розміщення світильників для люмінесцентного освітлення зазвичай 2,5 – 4 м, залежно від типу ламп.
3. Відстань між світильниками - при використанні 27 світильників їх варто розподілити в 3–4 ряди так, щоб:м рядами – відстань складала 4–6 м, між світильниками в ряду – 2–3 м.
4. Напрямок світлового потоку: якщо потрібне розсіяне світло – світильники з матовими розсіювачами, якщо важливе зосереджене освітлення – направлені світильники.
5. Врахування робочих зон: при наявності в приміщенні зони з високоточними роботами, можна збільшити щільність світильників або додати локальні джерела освітлення.

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		51

## ВИСНОВКИ

Розроблений відповідно до завдання на курсовий проект технологічний процес забезпечує виготовлення деталей у заданому обсязі та з відповідною до вимог креслення якістю.

У ході виконання проекту були розраховані всі режими різання та норми часу для кожної операції, спроектовано та розраховано на міцність та точність спеціальний верстатний пристрій для зубообробних операцій.

Також в даному курсовому проекті розроблена документація на технологічний процес виготовлення корпусу

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бондаренко С. Г. Основи технології машинобудування : навчальний посібник. Львів : Магнолія, 2018. 500 с.
2. Гордєєв А. І. Урбанюк Є.А., СілінР.С. Збірник задач з проектування технологічного оснащення: Навчальний посібник. Хмельницький: ХНУ 2013. 159 с., іл.
3. Голінько В.І. Основи охорони праці: підручник / В.І. Голінько; М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. – 2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014. – 271 с.
4. Добрянський, С. С. Технологічні основи машинобудування [Електронний ресурс] : підручник для студентів спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С. С. Добрянський, Ю. М. Малафєєв ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 13,4 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.
5. ДСТУ EN ISO 4414:2018 Пневмоприводи. Загальні правила застосування та вимоги щодо безпеки для систем та їхніх складових частин (EN ISO 4414:2010, IDT; ISO 4414:2010, IDT).
6. ДСТУ EN 13788:2008 Металообробні верстати. Безпека. Верстати токарні багатошпиндельні автоматичні (EN 13788:2001, IDT).
7. ДСТУ 7806:2015 Прокат із легованої конструкційної сталі. Технічні умови
8. ДСТУ 8540:2015 Прокат листовий гарячекатаний. Сортамент. Наказ від 18.12.2015 № 197
9. ДСТУ 7806:2015 Прокат із легованої конструкційної сталі. Технічні умови.
10. ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 Технічні вимоги до геометричних параметрів продукції (GPS). Прилади для лінійних та кутових вимірювань. Частина 1. Штангенциркулі. Проектні та метрологічні характеристики (EN ISO 13385-1:2011, IDT; ISO 13385-1:2011, IDT)
11. ДСТУ ISO 866:2018 Свердла центрувальні для свердління центрових отворів без запобіжних фасок. Тип А (ISO 866:2016, IDT)

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		53

- 12.ДСТУ ISO 603-4:2019 Абразиви зі зв'язкою. Розміри. Частина 4. Шліфувальні круги для плоского шліфування, шліфування периферією круга (ISO 603-4:1999, IDT)
- 13.ДСТУ 8981:2020 Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічну обробку Наказ від 24.02.2020 № 41 Про прийняття та скасування національних стандартів.
- 14.ДСТУ 9182:2022 Поковки з вуглецевої і легованої сталі, виготовлені куванням на пресах. Припуски і допуски.
- 15.ДСТУ 8828:2019 «Пожежна безпека. Загальні положення». Наказ від 27.02.2019 № 38
- 16.Залога В.О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні: навчальний посібник / В.О. Залога, О.О. Залога, В.Д. Гончаров; за загальн. ред. В.О. Залого. Суми: Сумський державний університет, 2013. 371 с.
- 17.Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Технологія машинобудування: Навчальний посібник - Львів: "Новий Світ-2000", 2009.-358 с.
- 18.Плескач В.М., Акімов І.В., Мітяєв О.А. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин: підручник / за заг. ред. доц. В.М.Плескача. Запоріжжя: Просвіта, 2013. 370 с.
- 19.Прогресивні технології виготовлення деталей насосного обладнання : навчальний посібник / І. М. Дегтярьов, А. О. Нешта, В. О. Колесник. – Суми : Сумський державний університет, 2021. – 256 с
- 20.Проектування і виробництво заготовок / підручник. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 353 с.
- 21.Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Самостійна та індивідуальна робота студентів [Текст] : навчальний посібник / Ж. П. Дусанюк, О. В. Дерібо, С. В. Репінський, О. В. Паславська. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 88 с.
- 22.Основи теорії різання матеріалів : підручник / М. П. Мазур та ін. – Львів : Новий Світ, 2010. – 422 с.

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		54

23. Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 1 [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми «Технології машинобудування» та освітньо-наукової програми «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Ю.В.Петраков, С.В. Сохань, В.К. Фролов, В.М. Кореньков. – Електронні текстові дані (1 файл: 10,2 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 288 с.
24. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: Навчальний посібник / Юрчишин І.І. та ін. Видавництво НУ «Львівська політехніка». 2009. 528 с.
25. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник. / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 123 с.
26. Технологія машинобудівних підприємств: підручник / В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева та ін., за заг. ред. В. Л. Диканя. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. 386 с.

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					ДП.ПМ.ФІТА.35.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		56