

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний факультет

(повне найменування факультету)

Технологія машинобудування

(повне найменування кафедри)

**Пояснювальна записка**

до дипломного проєкту (роботи)

другий (магістерський)

(ступінь вищої освіти)

на тему «Особливості розробки технологічного процесу  
виготовлення малорозмірних деталей у дрібносерійному  
виробництві»

Виконав: студент(ка) II курсу, групи Мз-113м

Спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

«Технології машинобудування»

ДОЦЕНКО Є. С.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник ВИШНЕПОЛЬСКИЙ Є. В.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент ШИРОКОБОКОВ В.В.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет Машинобудівний

Кафедра «Технологія машинобудування»

Ступінь вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 131 «Прикладна механіка»

(код і найменування)

Освітня програма (спеціалізація) «Технології машинобудування»

(назва освітньої програми)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри Сергій ДЯДЯ

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)**

ДОЦЕНКО Євгенія Сергійовича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Особливості розробки технологічного процесу виготовлення малорозмірних деталей у дрібносерійному виробництві.

керівник проєкту (роботи) к.т.н., доц. ВИШНЕПОЛЬСКИЙ Є. В.

(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові.)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «28» 03 2024 року № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 20.11.2024 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) робоче креслення поршня; річна програма випуску N=5000 шт.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Технологічна частина. 2 Конструкторська частина.

3 Автоматизація 4 Спеціальне завдання 5 Розрахунок деталі на міцність. 6

Оцінка очікуваної економічної ефективності заходів. 7 Охорона

праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількість слайдів, плакатів)

Плакати спецзавдання та автоматизації, креслення деталі, заготовки;

графічне зображення 3D-моделей деталі та заготовок; маршрут

виготовлення деталі; графічне зображення етапів підготовки УП для

верстатів з ЧПУ; креслення робочого та контрольного пристосувань;

графічне зображення результатів розрахунку деталі на міцність. Кількість

слайдів-12

## 6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	ПРИЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-5, 7	ВИШНЕПОЛЬСКИЙ Є. В., доцент		
6	ПУХАЛЬСЬКА Г.В., доцент		
нормоконтроль	ДЯДЯ С.І., доцент		

7. Дата видачі завдання 02.09.2024 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Спеціальне завдання	05.09.2024	
2	Автоматизація	12.09.2024	
3	Технологічна частина	20.09.2024	
4	Конструкторська частина	08.10.2024	
5	Розрахунок деталі на міцність	22.10.2024	
6	Оцінка очікуваної економічної ефективності заходів	02.11.2024	
7	Охорона праці	12.11.2024	
8	Оформлення пояснювальної записки, креслень, карт	20.11.2024	
9	Нормоконтроль	28.11.2024	
10	Рецензія	03.12.2024	
11	Захист дипломного проєкту	05.12.2024	

Студент(ка)

\_\_\_\_\_ Євгеній ДОЦЕНКО  
( підпис ) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

\_\_\_\_\_ Євгеній ВИШНЕПОЛЬСКИЙ  
( підпис ) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

ПЗ: 139 с., 24 табл., 24 рис., 2 дод., 35 джерел

АВТОМАТИЗАЦІЯ, ВЕРСТАТ, ЗАГОТОВКА, ІНСТРУМЕНТ,  
МАРШРУТ ОБРОБКИ, НОРМУВАННЯ, ОСНАСТКА, ОПЕРАЦІЯ, ПОРШЕНЬ,  
РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС

Об'єкт дослідження – поршень.

Мета роботи – дослідити особливості розробки технологічного процесу виготовлення малорозмірних деталей у дрібносерійному виробництві на прикладі деталі «Поршень».

У магістерській роботі досліджено особливості розробки технологічного процесу виготовлення малорозмірних деталей. Було спроектовано технологічний процес виготовлення поршня. Підбрано обладнання і інструмент. Після цього розраховані режими різання та норми часу. Спроектовано робоче та контрольне пристосування.

У ході роботи було використано один з найпопулярніших методів дослідження, а саме: розрахунково-аналітичний. Проведений аналіз існуючих публікацій з відкритих джерел інтернету. Було виконане комп'ютерне моделювання навантаження деталі, також проведені симуляції процесів механічної обробки.

## ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки.....	8
Вступ.....	9
1 Підвищення точності обробки нежорстких деталей.....	10
1.1 Вступ.....	10
1.2 Огляд методів і способів до обробки нежорстких деталей.....	10
1.3 Визначення раціонального методу обробки деталі типу Поршень.....	25
1.4 Переваги та недоліки обраного методу.....	26
2 Прогресивні методи орієнтації інструменту в робочому просторі верстата....	27
2.1 Вступ.....	27
2.2 Основні аспекти орієнтації інструменту.....	27
2.3 Огляд найбільш прогресивних і сучасних методів орієнтації.....	28
2.4 Види маніпуляторів для інструменту.....	37
2.5 Раціональний метод і технологія орієнтації інструменту для виготовлення тонкостінних і нежорстких деталей типу «Поршень».....	41
3 Технологічна частина.....	43
3.1 Опис конструкції і службового призначення деталі.....	43
3.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт.....	45
3.3 Вибір виду і способу отримання.....	46
3.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі.....	50
3.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність.....	50
3.4.2 Проектування маршруту обробки деталі.....	52
3.4.3 Маршрут виготовлення деталі.....	58
3.5 Розрахунок припусків і технологічних баз.....	58
3.6 Розрахунок режимів різання.....	63
3.6.1 Операція 065 Фрезерна з ЧПК.....	63
3.7 Технічне нормування операцій.....	66
3.7.1 Технічне нормування операцій Фрезерної з ЧПК.....	66
3.8 Розробка КП для операцій на верстатах з ЧПК.....	68

3.8.1 Розробка фрезерної операції.....	68
3.8.2 Розробка свердлильної операції.....	70
3.8.3 Розробка токарної операції.....	71
4 Конструкторська частина.....	74
4.1 Проектування робочого пристосування.....	74
4.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування.....	74
4.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність.....	75
4.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу.....	77
4.2 Проектування контрольного пристосування.....	80
4.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування.....	80
5 Розрахунок деталі на міцність.....	82
6 Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки або заходів.....	87
6.1 Виробнича програма цеху.....	87
6.2 Вартість основних фондів цеху.....	88
6.3 Персонал. Розрахунок чисельності персоналу цеху.....	92
6.4 Вартість основних матеріалів.....	96
6.5 Визначення заробітної плати.....	97
6.6 Визначення собівартості продукції.....	104
6.6.1 Визначення загальновиробничих витрат.....	104
6.6.2 Складання калькуляції собівартості продукції.....	113
6.7 Техніко економічні показники роботи цеху.....	114
7 Охорона праці.....	116
7.1 Аналіз потенційних небезпек.....	116
7.2 Заходи щодо забезпечення техніки безпеки.....	117
7.3 Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці.....	121
7.4 Заходи з пожежної безпеки.....	124
7.5 Заходи щодо забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях.....	126
Висновки.....	130
Перелік джерел посилання.....	131

Додаток А Специфікація робочого пристосування.....	134
Додаток Б Специфікація контрольного пристосування.....	137

## СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ЗОТС – змащувально-охолоджувальне технічне середовище

КВМ – коефіцієнт використання матеріалу

ККД – коефіцієнт корисної дії

КП – керуюча програма

МВД – маршрут виготовлення деталі

МОП – маршрут обробки поверхні

ППТЯ – послідовність показників точності та якості

РТК – розрахунково-технологічна карта

САПР – системи автоматизованого проектування

ТО – термічна обробка

ТП – технологічний процес

ЧПК – числове програмне керування

## ВСТУП

Розробка технологічних процесів виготовлення малорозмірних деталей в умовах дрібносерійного виробництва є актуальним завданням у сучасних машинобудівних і приладобудівних галузях. Дрібносерійне виробництво вимагає високої гнучкості технологічних рішень, мінімізації витрат часу і ресурсів при забезпеченні стабільної якості продукції. Особливості оброблення малорозмірних деталей, як-от необхідність точного дотримання геометричних параметрів, мінімізація браку та раціональне використання матеріалів, створюють додаткові вимоги до вибору обладнання, інструментів і технологій.

Сучасні умови виробництва висувають дедалі вищі вимоги до технологічних процесів, особливо у сфері дрібносерійного виготовлення малорозмірних деталей. Такий формат виробництва стає все більш затребуваним завдяки своїй універсальності та здатності швидко адаптуватися до мінливих вимог ринку. Основні виклики, з якими стикаються підприємства в цій галузі, пов'язані з необхідністю забезпечення високої точності обробки, мінімізації виробничих витрат і дотримання стислих термінів виготовлення.

Малорозмірні деталі мають свої унікальні особливості, які суттєво впливають на вибір технологічних рішень. Їхній невеликий розмір і вага часто вимагають застосування спеціалізованого обладнання, високоточного інструменту і розробки специфічних методик обробки. Важливо враховувати такі аспекти, як жорсткість заготовок, забезпечення геометричної точності та поверхневої якості, мінімізація браку і відходів, а також оптимізація логістики всередині виробничого циклу.

Метою даної роботи є дослідження специфіки проектування технологічних процесів для дрібносерійного виготовлення малорозмірних деталей, розробка рекомендацій щодо вибору оптимальних методів обробки та аналіз способів підвищення ефективності виробництва.

# 1 ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ОБРОБКИ НЕЖОРСКИХ ДЕТАЛЕЙ

## 1.1 Вступ

Обробка нежорстких деталей у машинобудуванні є складним завданням через схильність таких деталей до деформацій під впливом механічних, термічних або вібраційних навантажень. Для підвищення точності оброблення нежорстких деталей застосовується комплекс методів, що об'єднує сучасні технології, адаптивні стратегії та спеціальні інструменти.

Сучасні методи підвищення точності обробки нежорстких деталей у машинобудуванні спрямовані на мінімізацію деформацій та вібрацій, а також на адаптацію технології обробки до особливостей таких деталей.

## 1.2 Огляд методів і способів до обробки нежорстких деталей

### 1) Адаптивні системи управління обробкою

Використання сучасних ЧПК-систем з адаптивними алгоритмами дає змогу компенсувати деформації та підвищити точність обробки. Наприклад, якщо під час обробки тонкостінної деталі датчики фіксують її прогин система зменшує глибину різання або коригує напрямок подачі. [1]

Особливості:

- Датчики зворотного зв'язку: вимірюють фактичне положення деталі або інструменту в реальному часі.
- Корекція в реальному часі: ЧПК-система вносить зміни в траєкторію інструмента, компенсуючи відхилення через деформації або вібрації.
- Прогнозування деформацій: алгоритми прогнозують зміну форми деталі в процесі обробки та заздалегідь адаптують траєкторію. [3]

Приклад ілюстрації наведено на рисунку 1.1.

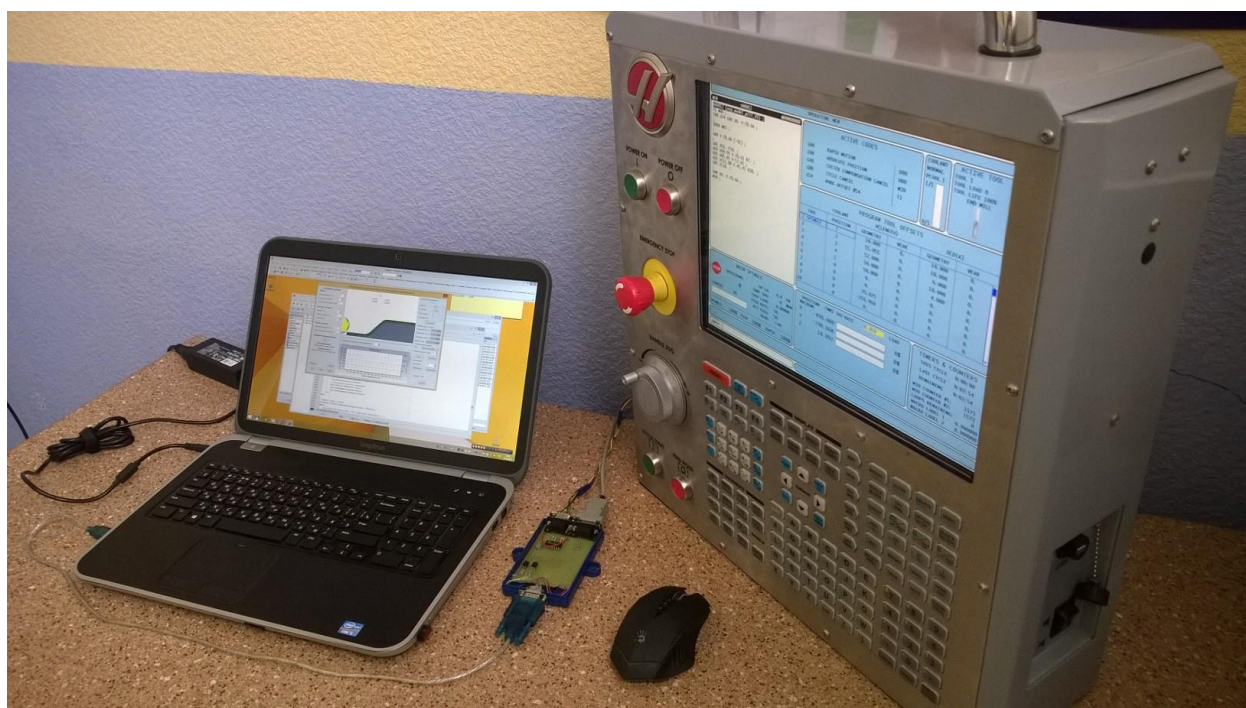


Рис. 1.1 - Макет системи адаптивного управління з реальною стійкою ЧПК для фрезерного верстата



Рис. 1.2 - Процес фрезерування верстата з ЧПК

## 2) Використання демпферних технологій

Сучасні технології демпфірування допомагають знизити вплив вібрацій на процес обробки. Підвищення якості обробки завдяки зниженню вібрацій, особливо під час роботи з довгими або тонкостінними заготовками.

Застосовувані рішення:

- Інструменти з демпферами: у конструкцію інструмента інтегруються вібропоглинальні елементи, які гасять резонансні вібрації.
- Затискні пристрої, що демпфують: оснащені матеріалами або механізмами, які поглинають вібрації заготовки під час обробки.
- Верстати з активним демпфуванням: оснащені системами придушення вібрацій, які компенсують їх у режимі реального часу. [1]

### 3) Застосування спеціалізованих інструментів

Для роботи з нежорсткими деталями розробляються інструменти, що знижують навантаження на заготовку та підвищують точність обробки.

Приклади:

- Інструменти з мінімальним зусиллям різання: гостро заточені різці або фрези з малим кутом різання.
- Інструменти з покриттям: алмазні або твердосплавні покриття зменшують тертя і нагрівання.
- Мікрорізці: використовуються для фінішної обробки та роботи з мініатюрними деталями. [4]



Рис. 1.2 - Мікрорезець для обробки малих отворів

#### 4) Прогресивні технології кріплення заготовки

Надійне закріплення нежорсткої деталі знижує ризик її деформації в процесі обробки. Можна виділити декілька сучасних методів.

##### Вакуумні столи

Вакуумні столи рівномірно утримують плоскі деталі без механічних затискачів, що мінімізує локальні напруги. Наприклад, під час обробки тонкостінних листів вакуумний стіл утримує заготовку без її зміщення або викривлення.

Розглянемо на прикладі вакуумного стола для станка з ЧПК.

Вакуумні столи для ЧПК-верстатів - важливий елемент оснащення майстерні, що випускає низку виробів з німічних і легкопошкоджуваних заготовок. Цей різновид технологічного оснащення дає можливість якісного закріплення оброблюваної заготовки без механічного впливу кріпильних елементів (наприклад, струбцин) на неї. Завдяки використанню відкачування повітря в окремих місцях вона надійно фіксується і не змінює свого положення навіть під час контакту з фрезою чи іншим інструментом.

У переважній більшості випадків, вакуумний притиск як конструктивна складова фрезерного верстата з ЧПУ є найкращим варіантом фіксації заготовки порівняно з механічними пристосуваннями. Ефект вакууму створюється завдяки одному ключовому елементу оснащення - насосу. Зрозуміло, вони мають різну потужність та інші технічні характеристики. Показники його роботи

безпосередньо співвідносяться від завдань і факторів оброблюваних на техніці заготовок. Зокрема, до таких належать пористість матеріалу, його площа, конфігурація тощо. [5]



Рис. 1.3 - Шліцевий (жолобковий) вакуумний стіл

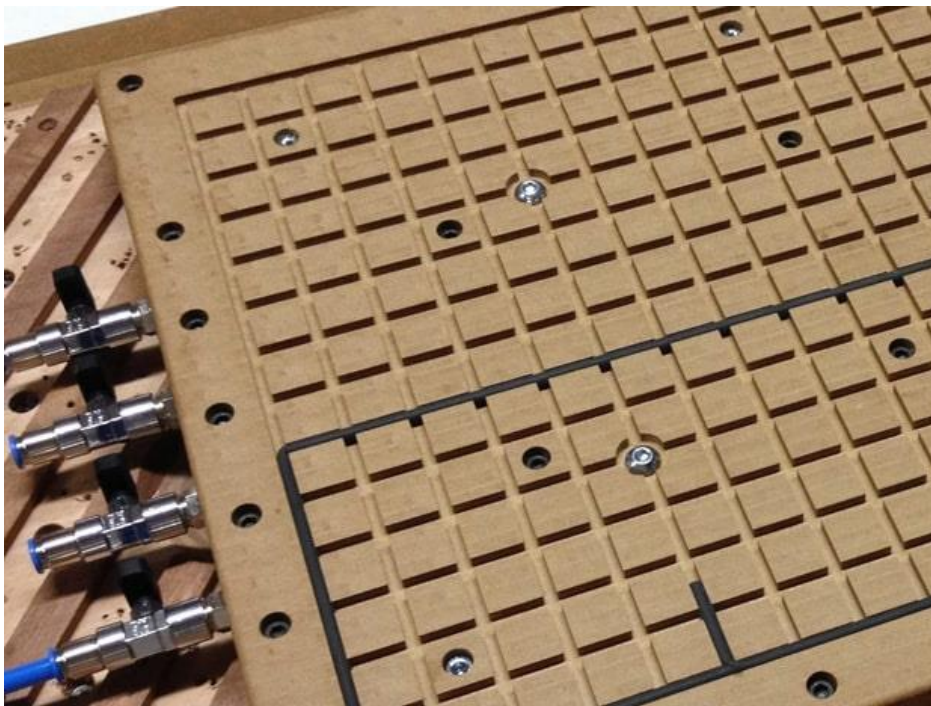


Рис. 1.4 - Решітчастий (матричний) вакуумний стіл

#### Магнітні фіксатори і столи

Магнітні фіксатори застосовуються для металевих заготовок і забезпечують рівномірний розподіл утримуючої сили. Фіксація відбувається за рахунок магнітної сили постійних керамічних магнітів. [6]



Рис. 1.5 - Магнітна плита

#### Пристосування з керованою жорсткістю

У пристосування з керованою жорсткістю затискачі автоматично регулюють тиск, запобігаючи деформації деталі.

#### 5) Оптимізація режимів різання

Підбір правильних параметрів обробки дає змогу мінімізувати сили різання і, як наслідок, деформації заготовки. Перевагою є рівномірний розподіл залишкових напружень у деталі. [2]

Основні підходи полягають у наступному:

- Зменшення подачі та глибини різання: обробка ведеться в кілька етапів із поступовим зняттям матеріалу.
- Збільшення швидкості різання: скорочується час контакту інструменту з деталлю, що знижує її нагрівання і механічний вплив.
- Переривчасте різання: застосування інструментів з переривчастою подачею дає змогу деталі «відпочивати» між проходами. [2]

#### б) Лазерна та ультразвукова обробка

Ці методи мінімізують контактний вплив на деталь, що робить їх особливо ефективними для нежорстких конструкцій.

## Лазерна обробка

Лазерна обробка проводиться світловим потоком, що має маленький діаметр і високу інтенсивність. Потрапляючи на жорстку металеву поверхню, промінь нагріває її до високих температур, викликаючи плавлення. Під комп'ютеризованим управлінням лазер рухається в точно за траєкторією, створюючи потрібний контур деталі. Технологія лазерної обробки дає змогу дуже точно контролювати кількість енергії, що подається на цільову ділянку матеріалу, шляхом регулювання вихідної потужності та фокусування лазера.

Лазерна обробка - одна з прогресивних та сучасних технологій роботи з металом, міддю, алюмінієм, латунню, оргсклом, пластиком, деревом, конструкційною сталлю, що дає змогу створювати складні за формою вироби за короткий час. Найбільшими перевагами лазерної обробки є відсутність силового впливу на матеріал, висока швидкість обробки; точне дотримання траєкторії, можливість виконання отворів з маленьким діаметром, відсутність необхідності в додатковій механічній обробці готових виробів; економна витрата вихідного матеріалу. [9], [10]

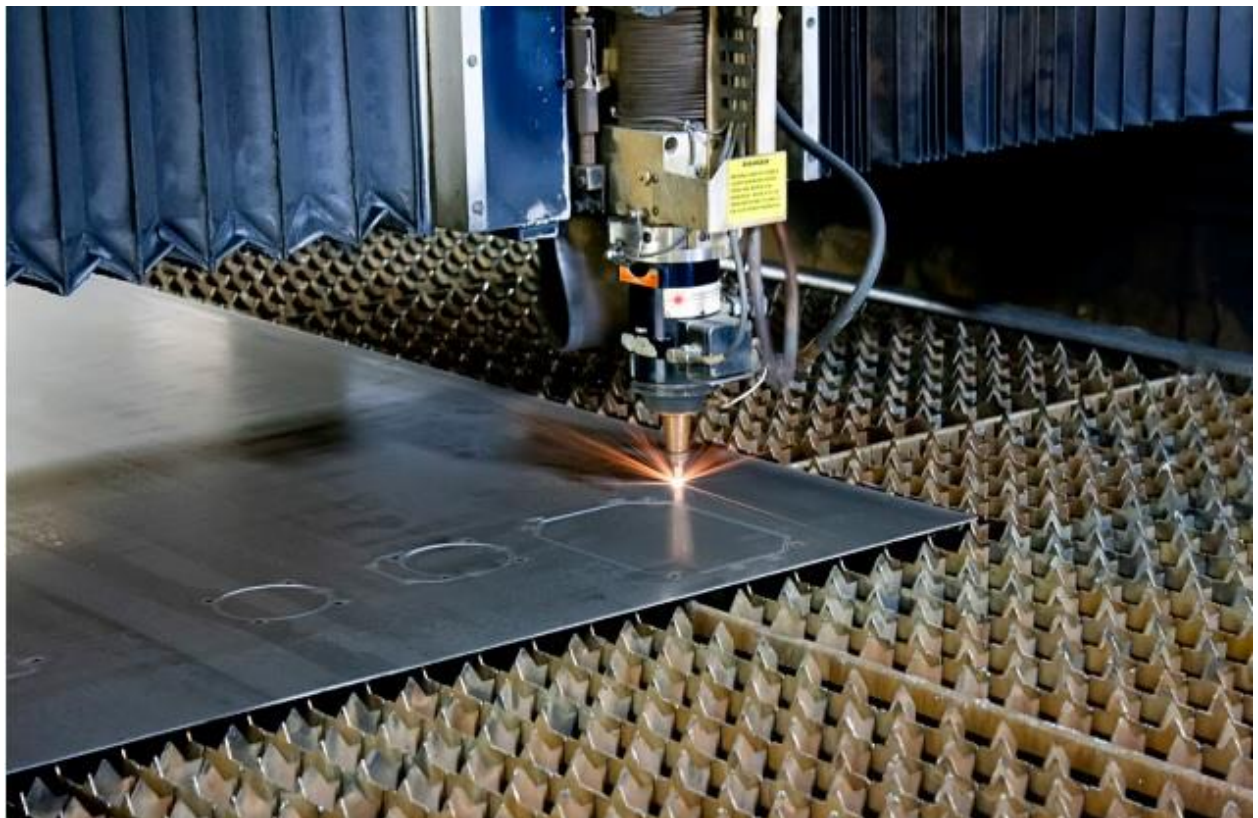


Рис. 1.6 – Приклад лазерної обробки

## Ультразвукова обробка

Ультразвукова обробка (USM) - це передовий процес обробки, який використовує силу високочастотних механічних вібрацій для видалення матеріалу із заготовок. Завдяки застосуванню ультразвукових коливань, зазвичай у діапазоні від 20 кГц до 50 кГц, USM забезпечує чудову точність та ефективність під час формування та обробки широкого спектра матеріалів, включно з твердими, нежорсткими та крихкими речовинами. Ця унікальна технологія використовує абразивну суспензію або частинки, які вводять між вібруючим інструментом і заготовкою, спричиняючи локальне стирання і видалення матеріалу. [11]



Рис. 1.7 – Приклад ультразвукової обробки

### Переваги ультразвукової обробки

Ультразвукова обробка має низку переваг, які роблять її кращим вибором для певних областей застосування:

- Обробка крихких, непровідних, твердих і крихких матеріалів: ультразвукова обробка відмінно підходить для обробки крихких,

непровідних, твердих і крихких матеріалів, забезпечуючи точне формування і видалення матеріалу.

- Незначне виділення тепла: завдяки відсутності виділення тепла ультразвукова обробка викликає мінімальні фізичні зміни в заготовці, забезпечуючи збереження властивостей матеріалу і розмірної стабільності.
- Підходить для неметалевих матеріалів: Матеріали з поганою електропровідністю, які неможливо ефективно обробляти методами електроерозійної обробки та електрохімічної обробки, можна легко обробляти за допомогою ультразвукової обробки.
- Процес без задирок і деформацій: ультразвукова обробка забезпечує обробку без задирок і деформацій, даючи змогу отримувати чисті й точні готові поверхні.
- Сумісність з іншими технологіями: Ультразвукову обробку можна поєднувати з іншими передовими технологіями, такими як електроерозійна обробка (EDM), електрохімічна обробка (ECG) і електрохімічна обробка (ECM), що забезпечує розширені можливості та універсальність процесів видалення матеріалу.
- Безшумна робота: Ультразвукова обробка безшумна, що робить її придатною для застосувань, де потрібен низький рівень шуму.

Основні недоліки ультразвукової обробки є знос інструменту, оскільки абразивні частинки впливають як на заготовку, так і на інструмент, що скорочує термін служби інструменту. Він може обробляти тільки тверді матеріали; наприклад, цей метод не може обробляти пластичний метал. Також щільність елементів може обмежувати глибину і співвідношення сторін отворів.

Перевага: повна відсутність механічних деформацій, особливо важлива під час роботи з композитами або тонкостінними деталями. [11]

## 7) Термообробка та стабілізація заготовки

Попередня термообробка дає змогу зняти внутрішню напругу і стабілізувати форму деталі перед обробкою. Після термообробки заготовка стає менш схильною до деформацій у процесі різання. [1]

Методи:

- Відпалювання: рівномірне нагрівання й охолодження для зняття залишкових напружень.
- Кріогенна обробка: обробка заготовки за низьких температур для підвищення її стабільності.
- Штучне старіння: прискорена стабілізація матеріалу перед обробленням.

#### 8) Проміжний контроль точності

Сучасні методи контролю дають змогу відстежувати зміни форми деталі в процесі обробки.

Інструменти контролю:

#### Датчики торкання

Датчики торкання (Touch Probe): вимірюють параметри заготовки прямо на верстаті та передають дані до ЧПУ для корекції траєкторії інструменту. Він автоматично вимірює початок заготовки і розміри після обробки на високій швидкості і з високою точністю. Здебільшого, він дає змогу верстатам і роботам скоротити час налаштування, запобігти дефектам обробки, поліпшити час циклу й усунути залежність від кваліфікованих операторів і пристосувань.

Існує два типи датчиків торкання: дротовий і бездротовий, які можна вибрати залежно від обладнання та середовища, в якому вони будуть встановлені. Ці датчики будуть дедалі більше затребувані на виробничих підприємствах, де дедалі більше потрібні ефективність і автоматизація. [12]

Функції датчика торкання:

- А) Автоматизоване центрування і позиціонування заготовки на верстаті
- Б) Високоточне позиціонування заготовки зводить до мінімуму кількість дефектних деталей.
- В) Усуває необхідність ручного позиціонування заготовки, що значно скорочує кількість людських помилок і час налаштування.
- Г) Реалізує процес без участі оператора і підтримує повну автоматизацію. [12]



Рис. 1.8 – Датчик торкання для станка з ЧПК.

### Лазерні сканери

Лазерні сканери аналізують поверхню деталі без фізичного контакту.

Обладнання працює з простором або реальним об'єктом, отримуючи цифрові дані про його фактичні параметри. Сканер досить швидко і точно відтворює максимально реалістичну цифрову копію об'єкта або простору. Саме такими функціями лазерний сканер відрізняється від стандартного офісного обладнання.

Залежно від типу пристрою та обраної технології, процес сканування може відбуватися по-різному. Для роботи з динамічним чи статичним об'єктом однаково добре підійде метод лазерного тривимірного сканування, що передбачає проходження потужного лазерного променя по поверхні робочого об'єкта. Сканування можливе на будь-якій відстані від предмета чи простору.

[13]



Рис. 1.9 – Приклад лазерного сканування деталі.

- Інтеграція з CAD/CAM-системами: дані про геометрію деталі автоматично завантажуються в САМ-систему, де перераховуються траєкторії обробки.

Перевага цих методів це зниження браку завдяки своєчасному виявленню відхилень. [13]

#### 9) Багатошарова обробка (Step-by-Step Machining)

Технологія послідовної обробки передбачає поетапне зняття матеріалу з проміжними зупинками для стабілізації заготовки.

Особливості:

- На першому етапі знімається основний обсяг матеріалу.
- На наступних етапах виконується доопрацювання з мінімальними зусиллями.
- Між етапами заготовка може «відпочивати» для перерозподілу залишкових напружень.

Приклад: Під час обробки авіаційних деталей з алюмінію чорнова обробка виконується з великим вильотом інструменту, а чистова - з меншими навантаженнями. [1]

## 10) Інтеграція з цифровими двійниками

Використання цифрових двійників деталей дає змогу заздалегідь моделювати їхню поведінку під час обробки. В авіаційній промисловості цифрові двійники допомагають оптимізувати обробку тонкостінних корпусів.

Переваги:

- Прогнозування деформацій: аналізується, як деталь змінить форму під час різання.
- Оптимізація траєкторії: траєкторія інструменту коригується ще на етапі підготовки програми.
- Економія часу: зниження необхідності в пробних запусках. [1]

## 11) Адитивні технології (АТ)

Адитивні технології (АТ), також відомі як 3D-друк, активно застосовуються для виготовлення нежорстких деталей. Ці технології використовують процес пошарового нанесення матеріалів для створення складних геометричних форм, які неможливо або складно виготовити традиційними методами. У разі нежорстких деталей акцент робиться на використанні гнучких, еластичних і гумоподібних матеріалів. [14]

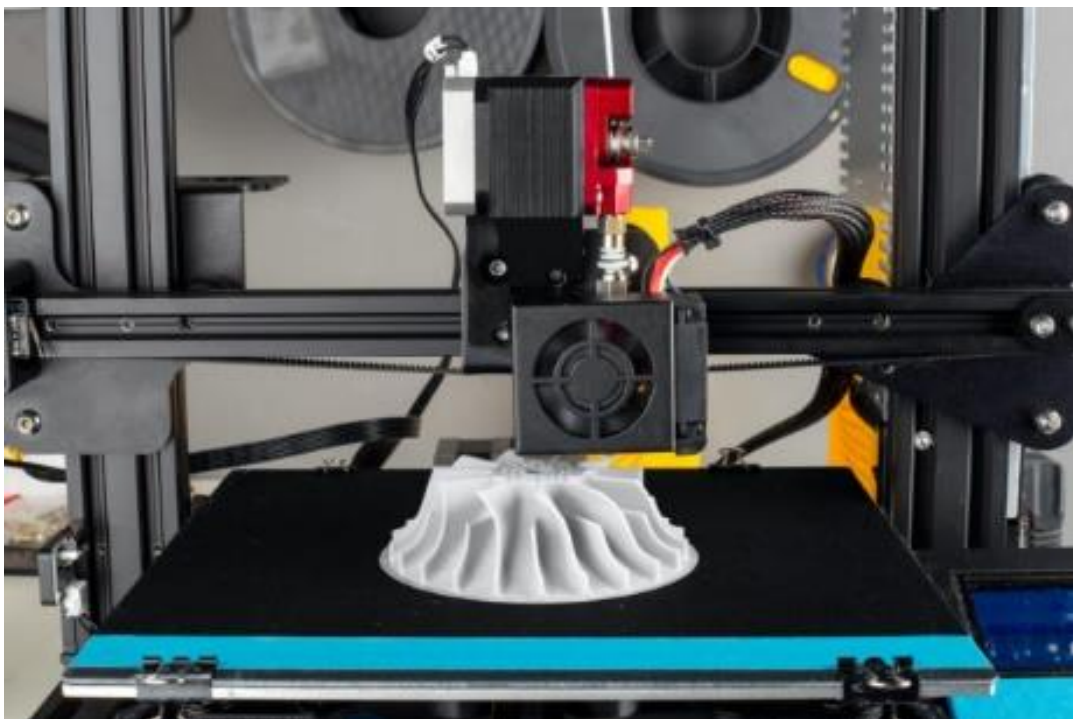


Рис. 1.10 - Приклад роботи 3D принтера.

Основні аспекти застосування адитивних технологій для нежорстких деталей:

### 1. Матеріали

Для друку нежорстких деталей використовують спеціальні матеріали з особливими властивостями:

- Термопластичні еластomers (TPE) - гнучкі та еластичні матеріали, які застосовуються для створення деталей з високою пружністю.
- Термополіуретани (TPU) - міцні та гнучкі матеріали, які мають високу зносостійкість.
- Гумоподібні полімери - використовуються в деяких видах 3D-принтерів для створення деталей з м'якістю, аналогічною справжній гумі.
- Силікони - застосовуються в промислових умовах для виробництва м'яких прототипів і функціональних деталей. [14]

### 2. Технології друку

Для виготовлення гнучких і нежорстких деталей найчастіше використовують такі методи адитивного виробництва:

- FDM/FFF (Fused Deposition Modeling) - пошарове наплавлення пластику. Дозволяє використовувати гнучкі нитки, такі як TPU і TPE. Ця технологія підходить для прототипування і невеликих виробничих серій.
- SLA/DLP (Стереолітографія і Digital Light Processing) - друк з використанням рідких фотополімерів. Завдяки високоточному друку можна створювати м'які деталі з гладкими поверхнями.
- SLS (Selective Laser Sintering) - селективне лазерне спікання. Ця технологія дає змогу працювати з порошковими матеріалами, включно з гнучкими пластиками, як-от PA11 або PA12 з добавками еластомерів. [14]

### 3. Приклади використання:

- Медичні вироби: протези, ортези, носимі пристрої (наприклад, м'які ремені, чохли).
- Автомобілебудування: кільця ущільнювачів, м'які накладки, амортизаційні елементи.

- Електроніка: гнучкі корпуси, кнопки, захисні покриття.
- Мода і дизайн: м'яке взуття, аксесуари, декоративні елементи. [14]

#### 4. Переваги адитивних технологій

Виробництво складних форм: адитивні технології дають змогу створювати деталі з унікальною геометрією, які неможливо виготовити литтям або іншими традиційними методами.

- Зниження витрат на інструменти: не потрібне виробництво дорогих форм для лиття.
- Малі партії та індивідуалізація: зручно для кастомізації або малосерійного виробництва.
- Екологічність: зниження відходів завдяки точному використанню матеріалів. [14]

#### 5. Обмеження

- Механічні властивості: не всі адитивні матеріали мають довговічність і стійкість до навантажень.
- Швидкість друку: створення великих нежорстких деталей може зайняти багато часу.
- Вимоги до постобробки: у деяких випадках деталі потребують додаткових маніпуляцій, щоб досягти потрібних властивостей.

Адитивні технології відкривають величезні можливості для виробництва нежорстких деталей завдяки гнучкості у виборі матеріалів, економії ресурсів і можливості кастомізації. Ця галузь продовжує розвиватися, і з кожним роком з'являються нові матеріали і методи, які роблять такі деталі міцнішими і функціональнішими. [14]

Сучасні методи підвищення точності обробки нежорстких деталей поєднують використання прогресивних інструментів, технологій кріплення, термообробки та адаптивних систем управління. Впровадження цих підходів дає змогу значно поліпшити якість обробки, скоротити кількість браку та забезпечити стабільність виробничого процесу.

### 1.3 Визначення раціонального методу підвищення точності обробки деталі типу Поршень.

Найбільш раціональним методом обробки нежорсткої деталі типу Поршень зі сталі є багат шарова обробка (Step-by-Step Machining) у поєднанні з використанням спеціальних пристосувань для фіксації (наприклад, оправки). Цей підхід мінімізує деформації та залишкові напруги, забезпечуючи високу точність геометрії деталі.

Розглянемо чому цей метод найбільш раціональний

#### 1. Рівномірне зняття матеріалу:

Обробка виконується в кілька етапів, починаючи з чорнової обробки з великими припусками і закінчуючи чистою обробкою. Це знижує внутрішні напруження в матеріалі та мінімізує деформації заготовки.

#### 2. Плавний розподіл навантажень:

- Кожна операція знімає невеликий обсяг матеріалу, зменшуючи сили різання.
- Виключається ризик, що кільце втратить свою форму (овальність).

#### 3. Стабілізація між етапами обробки:

Після чорнової обробки заготівля може «відпочити» або пройти термообробку для зняття залишкових напружень.

#### 4. Застосовність до різних розмірів і товщини:

Метод універсальний і підходить для обробки тонкостінних і товстостінних кілець.

#### 5. Роль фіксації на оправці

Багат шарова обробка доповнюється використанням оправки для посилення жорсткості поршня.

Переваги оправки:

- Підтримка поршня зсередини :

Оправка запобігає прогину деталі, особливо під час обробки зовнішньої поверхні.

- Запобігання овальності:

Поршень фіксується рівномірно, що зберігає його округлу форму.

- Гнучкість застосування:

Оправки можуть бути виготовлені індивідуально для конкретного розміру і форми поршня.

#### 1.4 Переваги та недоліки обраного методу.

До переваг обраного методу можна віднести кілька основних

##### 1. Висока точність:

- Багатошарова обробка з підтримкою оправки дає змогу досягти високої геометричної точності поршня.

##### 2. Мінімізація деформацій:

- Завдяки поетапному зняттю матеріалу зменшуються залишкові напруги та термічні деформації.

##### 3. Стабільність обробки:

- Фіксація на оправці забезпечує стабільне положення поршня, унеможливаючи його зміщення або вібрації.

Недоліки методу:

##### 1. Збільшення часу обробки:

- Покроковий підхід вимагає більшого часу через поділ процесу на кілька етапів.

##### 2. Необхідність у додаткових пристосуваннях:

- Потрібне виготовлення оправки або іншого пристрою для фіксації поршня.

##### 3. Технологічна складність:

- Потрібен точний розрахунок припусків і траєкторії інструменту для кожного етапу.

## **2 ПРОГРЕСИВНІ МЕТОДИ ОРІЄНТАЦІЇ ІНСТРУМЕНТУ В РОБОЧОМУ ПРОСТОРИ ВЕРСТАТА**

### **2.1 Вступ**

Орієнтація інструменту в робочому просторі верстата з числовим програмним керуванням (ЧПК) відіграє ключову роль для досягнення високої точності, якості обробки та продуктивності. З розвитком технологій використовуються прогресивні методи орієнтації інструменту, які дають змогу мінімізувати час переналагодження і помилки оператора.

### **2.2 Основні аспекти орієнтації інструменту**

#### **1. Позиція інструмента:**

Визначення початкового положення інструменту в системі координат верстата (нульова точка заготовки). [15]

#### **2. Кутова орієнтація:**

Кут нахилу інструмента відносно заготовки, який важливий для складних поверхонь, наприклад, під час обробки 3D-моделей на 5-осьових верстатах. [15]

#### **3. Траєкторія руху:**

Керування переміщенням інструмента за заданою траєкторією (лінійною, круговою, спіральною) для досягнення потрібної форми деталі. [15]

#### **4. Контроль точності та компенсації:**

Коригування положення інструменту в реальному часі для врахування деформацій заготовки, інструменту або верстата. [15]

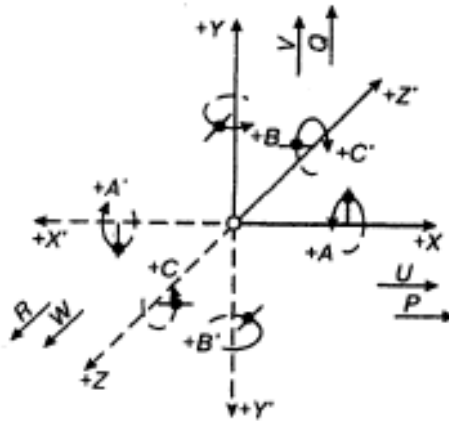


Рис. 2.1 – Система координат для верстатів з ЧПК

2.3 Огляд найбільш прогресивних і сучасних методів орієнтації інструменту.

#### 1) Автоматичне калібрування інструменту та визначення нульової точки

Цей метод заснований на використанні датчиків, які автоматично вимірюють довжину та діаметр інструмента, а також перевіряють його орієнтацію. Його перевага це автоматизація налаштування інструменту, вона економить час і усуває помилки ручного вимірювання. До автоматичного калібрування інструменту відносять:

- Датчики довжини інструменту - визначають виліт інструменту з високою точністю.



Рис. 2.2 – Цифровий датчик виліту інструменту (датчик z-осі)

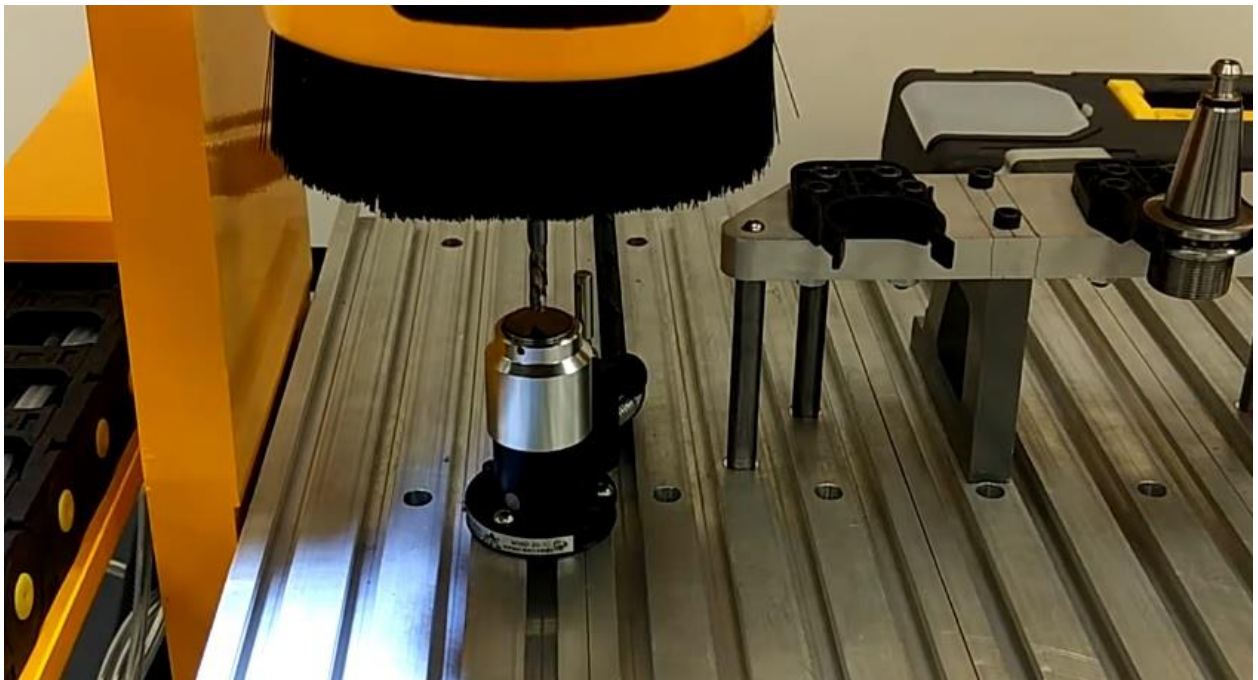


Рис. 2.3 – Приклад роботи датчику виліту інструмента

- Сенсори торкання (Touch Probe) - використовуються для позиціонування інструменту відносно робочої поверхні або деталі.



Рис. 2.4 – Сенсор торкання (Touch Probe)

- Лазерні датчики - забезпечують безконтактний вимір розмірів і форми інструменту, запобігаючи зносу і покращуючи точність. [15]

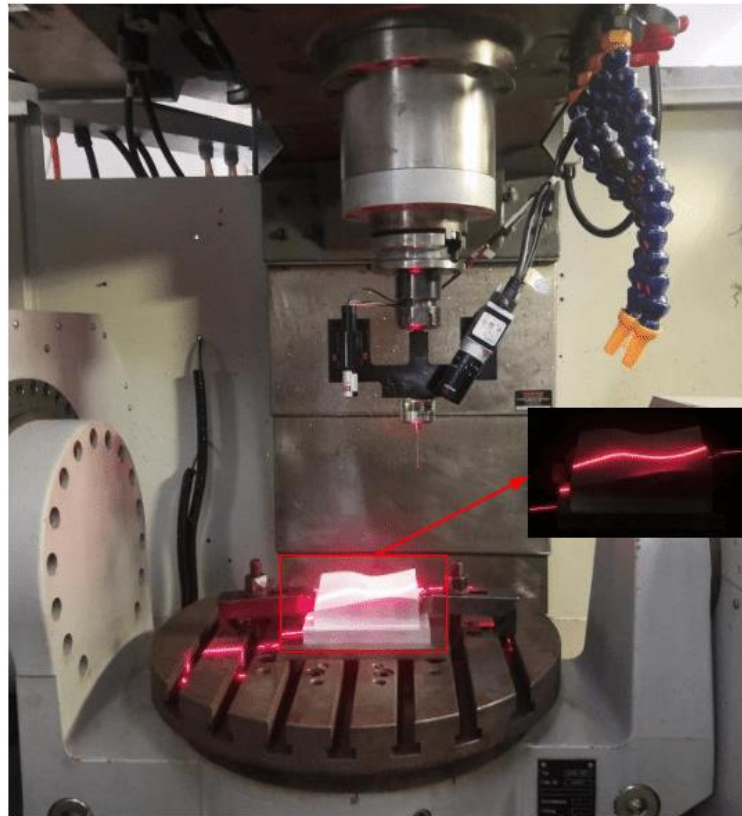


Рис. 2.5 – Приклад роботи лазерного датчика

## 2) Використання багатоосьових систем управління (5 і більше осей)

Сучасні ЧПУ-верстати з 5 або більше ступенями свободи дають змогу змінювати орієнтацію інструмента відносно заготовки під час обробки. Це дає можливість обробки складних поверхонь за один установ. Кінематичні структури з поворотними столами і головками дають змогу оптимально підлаштовувати положення інструменту до будь-якої складної геометрії деталі. В свою чергу, на основі математичних моделей, система автоматично регулює кут подачі інструменту. Багатоосьова обробка популярна серед виробників у різних галузях промисловості завдяки своїй швидкості, ефективності та можливості створювати продукцію з дуже малою кількістю помилок. [17], [18]

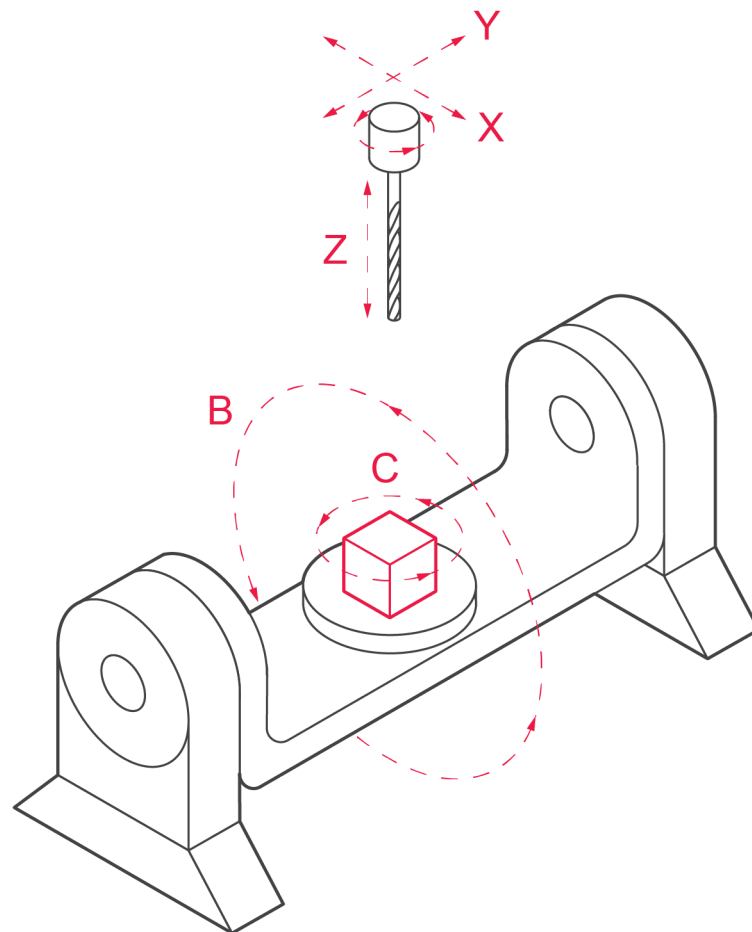


Рис. 2.6 – Спрощена схема 5-ти осьового станка з ЧПК.

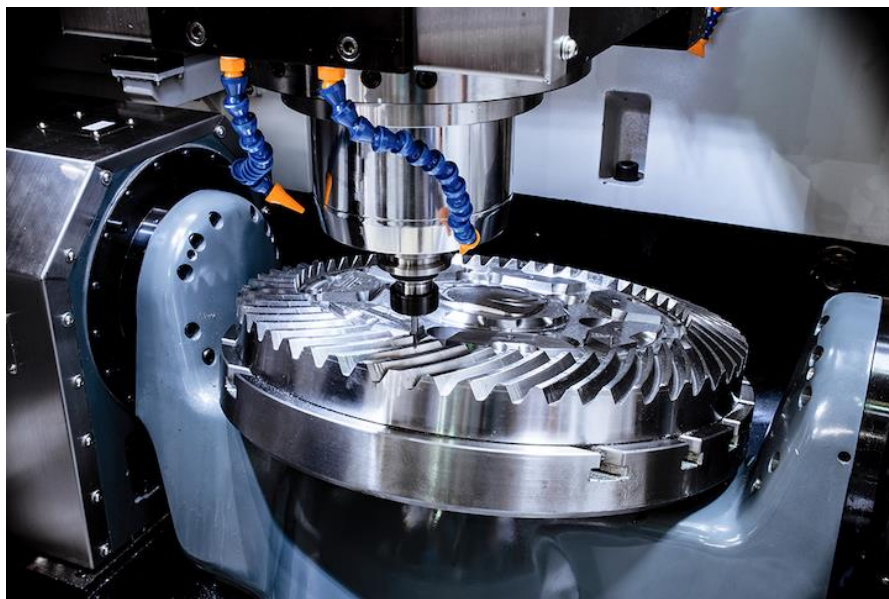


Рис. 2.7 – Приклад роботи багатоосьового станка з ЧПК.

### 3) Інтеграція CAD/CAM-систем

CAD/CAM-системи автоматично створюють траєкторії руху інструменту та забезпечують оптимальну орієнтацію в робочому просторі. Головна перевага це зменшення часу на програмування та забезпечення точної відповідності геометрії деталі. Також до переваг можна віднести [19]:

- Симуляція траєкторії - дає змогу візуально перевірити, як інструмент буде орієнтований у процесі обробки.
- Корекція в реальному часі - у разі зміни заготовки або умов різання система перераховує траєкторію.

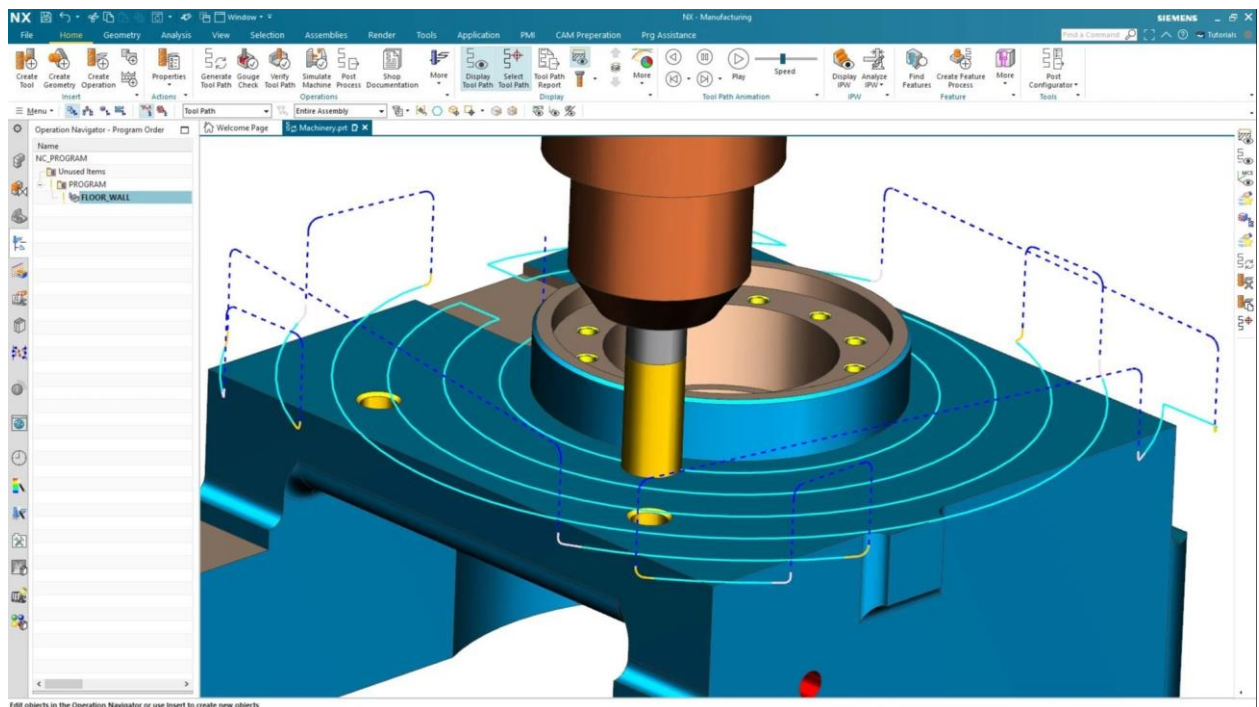


Рис. 2.8 – Симуляція траєкторії руху інструменту

### 4) Системи автоматичної зміни інструменту (АТС)

Автоматичні змінники інструменту не тільки забезпечують швидку заміну, а й орієнтують інструмент у правильне положення перед початком роботи. Головною перевагою виділяється висока швидкість переналадження і виключення людського фактора. Розподіляються на [22]:

- Магазины кругового типа - организуют зберігання і подачу інструменту в потрібній орієнтації.
- Маніпулятори захоплення - забезпечують точне позиціонування під час встановлення інструменту в шпиндель. [20]



Рис. 2.9 – Ланцюговий автоматичний змінник інструменту з поворотним важелем і двома захопленнями, встановлений на фрезерному верстаті.

Прості верстати з ЧПУ використовують один інструмент. Револьверна головка має доступ до великої кількості пристроїв. Однак, якщо потрібно більше інструментів, потрібен АТС. Інструменти зберігаються в інструментальних магазинах. Це дає змогу верстату використовувати багато інструментів без втручання оператора. [21]

Хоча АТС підвищує надійність, швидкість і точність машини, сама конструкція становить більше проблем, ніж ручна зміна інструменту. Наприклад, інструмент, що використовується, повинен легко центруватися і захоплюватися пристроєм зміни інструменту, і повинен бути простий спосіб

гарантувати, що механізм від'єднається сам. Інструменти, що використовуються в АТС, встановлюються в спеціально розроблених тримачах інструментів. [20]



Рис. 1.10 – Верстат з автоматичною зміною інструменту

#### 5) Цифрові технології моніторингу та управління

- Системи зворотного зв'язку - датчики контролюють положення інструменту в реальному часі й автоматично коригують його в разі відхилень.
- Доповнена реальність (AR) - допомагає операторам візуалізувати орієнтацію інструменту в робочій зоні. [23]



Рис. 1.11 – Оператор верстата з ЧПК у шоломі доповненої реальності

- Машинний зір - камери та оптичні сенсори аналізують положення інструменту і коригують його за необхідності.

#### б) Застосування активних шпинделів

Деякі верстати оснащуються активними шпинделями, які можуть змінювати орієнтацію інструменту без участі додаткових осей верстата.

- Поворотні шпинделі - змінюють кут нахилу інструмента під час обробки.
- Гнучкі приводи - регулюють орієнтацію інструмента залежно від навантаження. [24]

#### 7) Роботизовані системи подачі та орієнтації

Роботизовані маніпулятори можуть додатково орієнтувати інструмент у робочому просторі верстата.

- Використовуються спільно з ЧПК для обробки деталей складної форми.
- Дають змогу інтегрувати додаткову рухливість у систему обробки.

Висновок: Сучасні методи орієнтації інструменту дають змогу оптимально використовувати потенціал ЧПК-верстатів, що особливо важливо в умовах високоточного виробництва. Орієнтація інструменту в робочому просторі ЧПУ-верстата - це поєднання автоматизованих технологій і правильного налаштування обладнання. Сучасні методи, як-от інтеграція CAD/CAM-систем,

використання 5-осьових верстатів і зворотного зв'язку від датчиків, дають змогу досягти високої точності, якості та стабільності обробки.

## 2.4 Види маніпуляторів для інструменту.

Маніпулятори для верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК) використовуються для автоматизації процесів подачі, переміщення, утримання і вилучення заготовок, інструментів або готових виробів. Вони забезпечують підвищення продуктивності, зниження трудовитрат і поліпшення точності роботи верстата.

Застосування маніпуляторів у виробництві може знизити трудомісткість, гарантувати якість продукції та досягти безпечного виробництва; особливо в суворих умовах, таких як висока температура, високий тиск, низька температура, низький тиск, пил, вибухонебезпечні, токсичні гази та радіоактивність. Навколишнє середовище може замінити людей для виконання звичайної роботи. [25]

1. За типом виконуваних функцій маніпулятори поділяються на завантажувальні, розвантажувальні та універсальні.

- Завантажувальні маніпулятори використовуються для автоматичної подачі заготовок у робочу зону верстата.

- Розвантажувальні маніпулятори слугують для вилучення готових деталей із робочої зони.

- Універсальні маніпулятори здатні виконувати як завантаження, так і розвантаження, а іноді й транспортування заготовок. [25]



Рис. 2.12 – Маніпулятор для завантаження/розвантаження заготовок

2. За конструктивним виконанням

- Шарнірно-важільні маніпулятори. Мають систему важелів і шарнірів, що забезпечує високу гнучкість у русі. Підходять для складних траєкторій.
- Лінійні маніпулятори (координатні). Оснащені прямолінійними напрямними і використовуються для рухів по одній або декількох осях (X, Y, Z). Часто застосовуються у випадках, де потрібне просте подавання і виймання. [25]



Рис. 2.13 – Координатний маніпулятор

- Гантельні маніпулятори. Забезпечують переміщення заготовок між декількома верстатами або робочими зонами, зазвичай використовуються в системах масового виробництва.

3. За типом приводу діляться на:

- Електричні маніпулятори. Працюють на базі електроприводів, вирізняються високою точністю і можливістю програмування складних рухів.
- Пневматичні маніпулятори. Приводяться в дію стисненим повітрям, простіші й дешевші, але менш точні. Підходять для легких деталей.
- Гідравлічні маніпулятори. Використовуються для роботи з важкими заготовками, оскільки мають високу потужність і вантажопідйомність.
- Комбіновані маніпулятори. Поєднують у собі кілька типів приводів, що дає змогу адаптуватися до різних завдань. [25]

4. За кількістю ступенів свободи

- Двовісні. Рух обмежений двома напрямками (наприклад, по горизонталі та вертикалі).
- Трьохосьові. Забезпечують рух за трьома осями (X, Y, Z), частіше застосовуються для маніпуляцій із заготовками на верстатах.

- Багатоосьові (роботизовані маніпулятори). Здатні виконувати складні траєкторії, включно з обертанням і поворотом, що робить їх універсальними для обробки нестандартних деталей. [25]



Рис. 2.14 – Багатоосьовий маніпулятор

#### 5. За рівнем автоматизації

- Програмовані (ЧПУ-маніпулятори). Повністю інтегровані в систему керування верстатом і виконують завдання в рамках заданої програми.
- Напівавтоматичні. Потребують часткового втручання оператора, наприклад, для завдання початкової позиції або підтвердження операцій.
- Ручні маніпулятори з автоматичною фіксацією. Керуються оператором, але фіксують заготовку автоматично для точної роботи. [25]

#### 6. За сферою застосування

- Верстати для металообробки

Маніпулятори тут розраховані на подачу металевих заготовок, готових деталей або зміну інструментів.

- Деревообробні верстати. Найчастіше використовуються для завантаження і розвантаження дерев'яних заготовок.
- Лазерні та фрезерні верстати. Застосовуються для точного позиціонування й утримання заготовки під лазером або фрезою.

Переваги використання маніпуляторів:

- Підвищення швидкості роботи.
- Зниження травматизму.
- Зменшення зносу інструменту завдяки точній подачі заготовки.
- Підвищення повторюваності операцій. [25], [26]

2.5 Раціональний метод і технологія орієнтації інструменту для виготовлення тонкостінних і нежорстких деталей типу «Поршень».

Для виготовлення малорозмірних і тонкостінних деталей типу «Поршень» найбільш раціональним методом орієнтації інструменту є використання 5-осьових верстатів з інтеграцією CAD/CAM-систем. Цей підхід забезпечує високу точність оброблення, мінімізує деформації заготовки та дає змогу працювати з малими допусками і складною геометрією.

Приклад технології обробки деталі типу «Поршень»

#### 1) Проектування та програмування (CAD/CAM)

- Створення 3D-моделі деталі: у CAD-системі проектується модель деталі, включно з усіма її тонкостінними та малорозмірними елементами.

Генерація траєкторії інструменту в CAM: у CAM-системі розробляється програма обробки, яка враховує динамічну орієнтацію інструменту та кути нахилу для запобігання вібрацій. Обираються оптимальні параметри різання для тонкостінних елементів.

- Симуляція процесу обробки: CAM-система дає змогу візуально перевірити траєкторію, виключити можливі колізії та передбачити деформації.

#### 2) Встановлення заготовки

Для точного закріплення тонкостінної заготовки використовуються пристосування з демпфуючими елементами (наприклад, гнучкі затискачі або вакуумні столи). Для невеликих деталей оправка може бути використана як внутрішній фіксатор, що запобігає втраті геометрії.

### 3) Виконання чорнової обробки

Знімається основний об'єм матеріалу за малої глибини різання і плавної подачі. Використовуються високошвидкісні режими для зниження вібрацій.

### 4. Проміжна стабілізація (за необхідності)

Для тонкостінних деталей може бути передбачений «відпочинок» заготовки або проміжне термообробка для зняття залишкових напружень.

### 5. Чистове оброблення

Виконується з мінімальними силами різання, оптимальною швидкістю подачі і малою глибиною знімання матеріалу (0,1-0,2 мм). Кути нахилу інструмента автоматично коригуються для рівномірного оброблення стінок. Охолодження з використанням MOP запобігає нагріванню і тепловій деформації.

Переваги цього методу полягає у:

- Високий точність обробки: Виключаються помилки через переустановлення деталі або неправильну орієнтацію інструменту.
- Зниженні деформацій: Динамічне управління кутом нахилу інструменту мінімізує навантаження на тонкостінні елементи.
- Економії часу: Малорозмірні та складні деталі обробляються за один установ, що прискорює процес виробництва.
- Якості поверхні: Кутова орієнтація інструменту дає змогу домогтися високої гладкості поверхні.

Недоліки методу:

- Висока вартість обладнання: 5-осьові верстати та інтеграція CAD/CAM-систем вимагають значних інвестицій.
- Складність програмування: Створення програми обробки вимагає висококваліфікованого персоналу.

## 3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 3.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

«Поршень» - це деталь, яка слугує для перетворення тиску газу або рідини на механічну роботу, або навпаки, передавання зусилля від механізму до робочого середовища (гази або рідини). У парі з циліндром поршень утворює циліндро-поршневу групу. Циліндр слугує нерухомою камерою, в якій згорає паливо-повітряна суміш, а поршень утворює єдину рухому стінку цієї камери. Після згорання палива ця «стінка» починає переміщатися і перетворює енергію тиску газу, що розширюється, на механічну енергію поступального руху, яка передається на шатун і потім перетворюється на обертальну за рахунок кривошипно-шатунного механізму. Це базова роль поршня. [27]

Найчастіше поршень використовується у:

- 1) У двигунах внутрішнього згорання: поршень приймає тиск газів, що розширюються, від згорання палива і передає його на шатун, перетворюючи теплову енергію на механічну та бере участь у процесі створення робочого циклу двигуна: впуску, стиснення, робочого ходу і випуску.
- 2) У компресорах і насосах: поршень виконує функцію стиснення газу (у компресорах) або перекачування рідини (у насосах).
- 3) У гідравлічних і пневматичних системах: передає зусилля від робочої рідини або газу до виконавчих механізмів, забезпечуючи рух або створення тиску.

Поршень відіграє ключову роль у роботі безлічі механізмів і вимагає точного виготовлення, оскільки його ефективність і довговічність безпосередньо впливають на надійність всієї системи. [27]

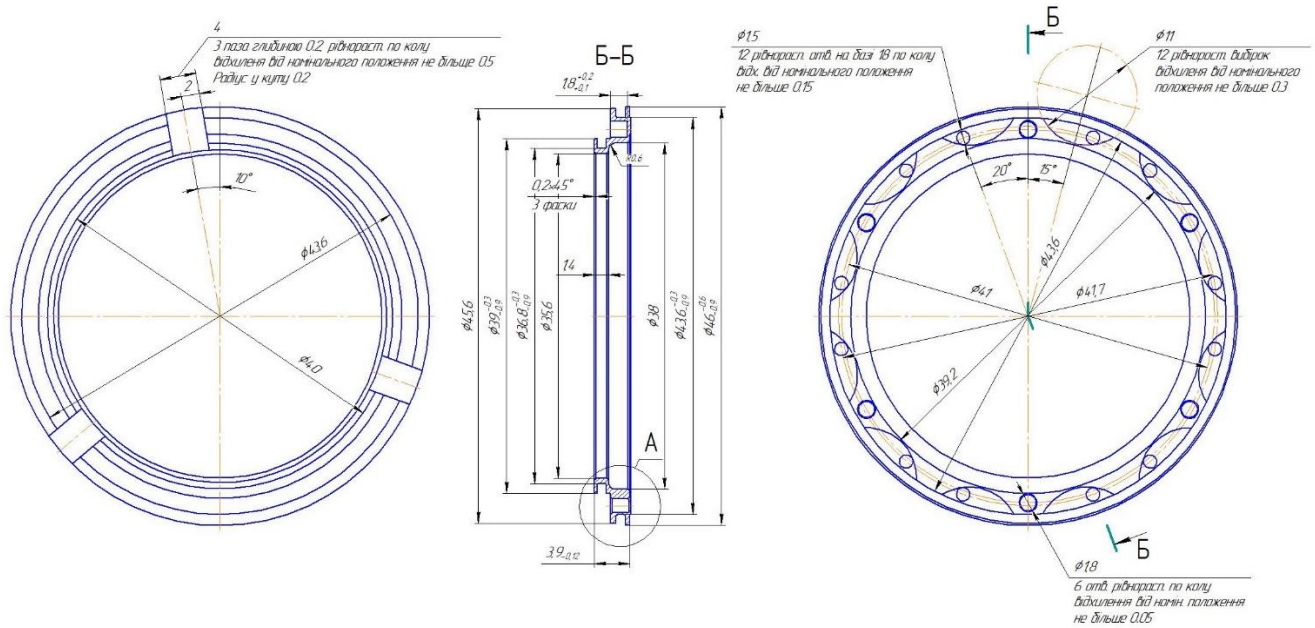


Рис. 3.1 Ескіз поршня

Деталь «Поршень» виконана з конструкційної легованої сталі 38ХА, яка найчастіше використовується для виготовлення поліпшуваних деталей - зубчасті колеса, черв'яки, вали, шестерні, відповідальні болти, осі, інші вироби. [28]

Щільність сталі 38ХА – 7850 кг/м<sup>3</sup>

Технічні вимоги до деталі: Твердість 35...40 НРС, покриття – Хім. Окс.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад сталі 38ХА [28]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0.35 - 0.42	0.17 - 0.37	0.5 - 0.8	до 0.3	до 0.025	до 0.025	0.8 - 1.1	до 0.3

Таблиця 3.2 – Технологічні особливості. Зварювання [28]

Зварюваність	Спосіб зварки	Рекомендації
Важкозварювана	РДС, КТС	Підігрів + Термообробка

Таблиця 3.3 – Механічні властивості сталі 38ХА [28]

Режим термообробки	$\sigma_T$ (МПа)	$\sigma_B$ (МПа)	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, кДж / м <sup>2</sup>
Гартування 860°С, масло, Отпуск 550°С, вода	780	930	12	50	880

### 3.2 Вибір типу виробництва та форми організації робіт

Річна програма випуску деталі  $N=5000$ шт, маса складає 0.078 кг. Деталь відноситься до легких так як маса складає менше 10 кг, отже, матиме місце серійне виробництво. [28]

Серійне виробництво займає проміжне положення між одиничним і масовим виробництвом. При серійному виробництві вироби виготовляють партіями, що складаються з однойменних, однотипних за конструкцією і однакових за розмірами деталей, що запускаються у виробництво одночасно. Основним принципом цього виду виробництва є виготовлення всієї партії (серії) цілком.

Розраховуємо кількість партії оброблюваних деталей:

$$n = \frac{\alpha \cdot N}{A}, \text{ шт.} \quad (3.1)$$

де  $N$  – річна програма випуску,  $N=5000$  шт.;

$\alpha$  – періодичність запуску партій деталей в виробництво,  $\alpha=3\dots 5$ ;

$A$  – кількість робочих днів на рік,  $A=250$  днів

$$n = \frac{3 \cdot 5000}{250} = 60 \text{ шт.}$$

### 3.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

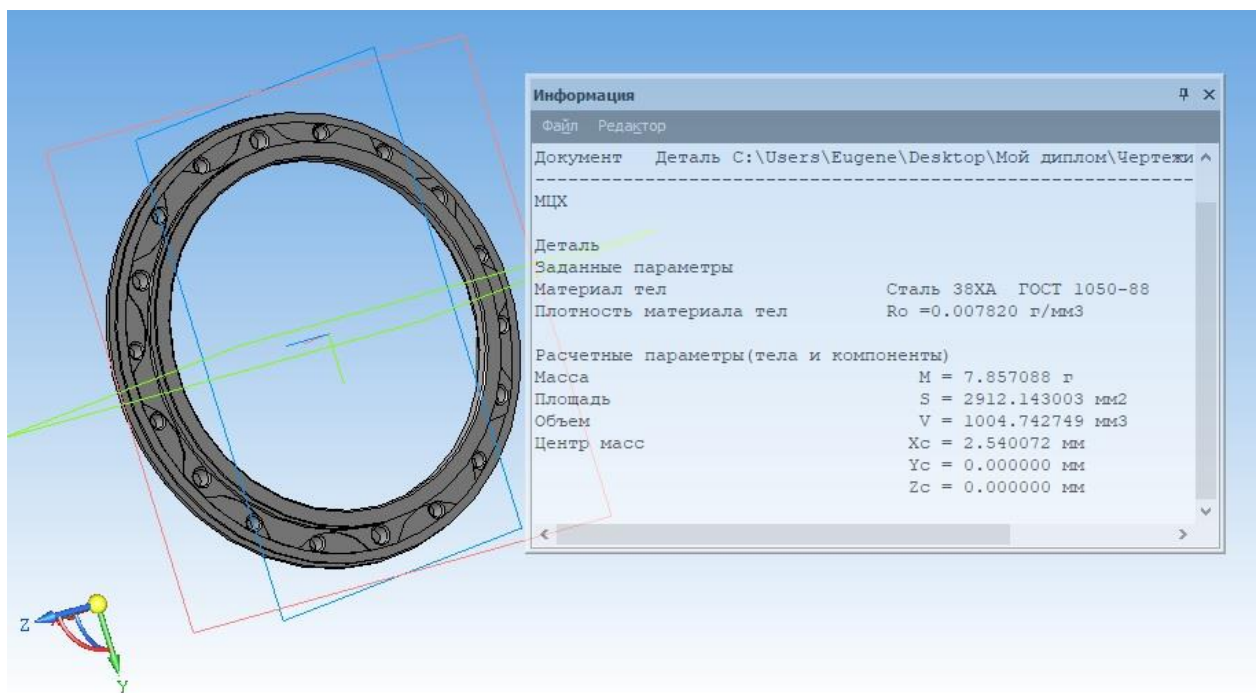


Рис. 3.2 – 3D модель деталі «Поршень» з вагою.

Спираючись на конструкцію деталі, її матеріал (сталь 38ХА) та програму випуску (N=5000шт.) обрав 2 методи отримання заготовки:

- 1) Прокат (пруток)
- 2) Заготовка з трубного прокату

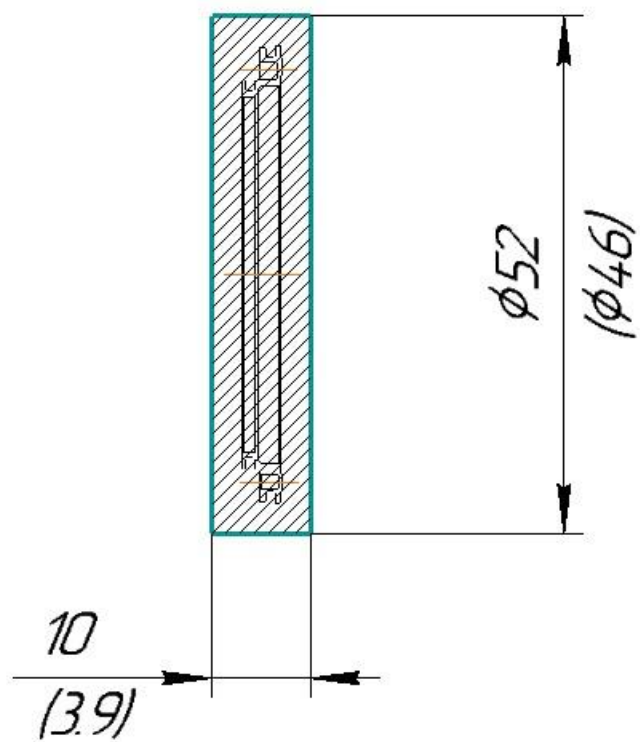


Рис. 3.3 – Ескіз заготовки з прокату (прутка)

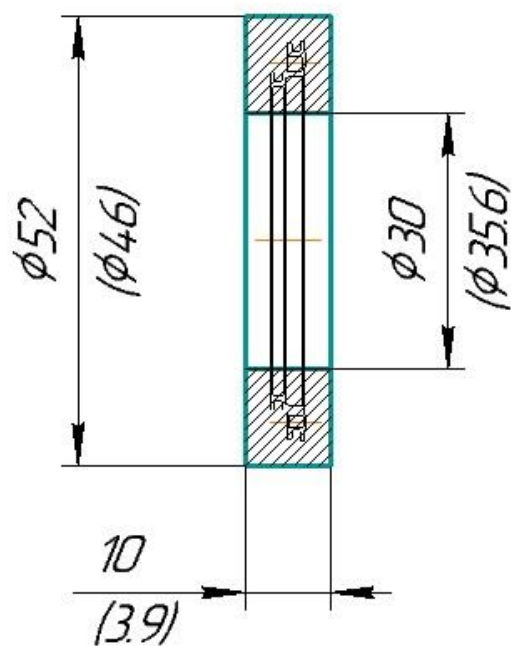


Рис. 3.4 – Ескіз заготовки з труби

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу за формулою (3.2):

$$\eta = \frac{q}{Q} \quad (3.2)$$

де  $q$  - маса деталі;

$Q$  – маса заготовки.

$$\eta_{\text{прут}} = \frac{0.0785}{0.166} = 0.47$$

$$\eta_{\text{труба}} = \frac{0.0785}{0.11} = 0.71$$

Визначаємо собівартість виготовлення однієї заготовки:

$$B = \frac{B_B}{1000} \cdot Q - (Q - q) \frac{B_{\text{відх}}}{1000}, \text{ грн} \quad (3.3)$$

де  $Q$  – вага заготовки, кг;

$q$  – вага деталі, кг;

$B_B$  – базова собівартість виготовлення 1 т заготовки заготовок, грн.;

$B_{\text{відх}}$  – вартість 1 т стружки.

$$B_{\text{прут}} = \frac{288}{1000} \cdot 0.166 - (0.166 - 0.0785) \frac{140}{1000} = 0.35 \text{ грн.}$$

$$B_{\text{труба}} = \frac{288}{1000} \cdot 0.11 - (0.11 - 0.0785) \frac{140}{1000} = 0.27 \text{ грн.}$$

Таблиця 3.3 – Результати розрахунку показників

Показник	Позначення	Одиниці виміру	Варіант заготовки	
			Пруток	Труба
Вага заготовки	Q	кг	0.166	0.11
Базова вартість 1т заготовки	В <sub>Б</sub>	грн	288	288
Вартість 1т стружки	В <sub>відх</sub>	грн	140	140
Собівартість виготовлення заготовки	В <sub>з</sub>	грн	0.35	0.27
Коефіцієнт використання матеріалу	η		0.47	0.71

Визначаємо річні заощадження:

$$E_B = (E_{\text{прут}} - E_{\text{труба}}) \cdot N \quad (3.4)$$

де  $N$  – річна програма, шт.

$$E_B = (0.35 - 0.27) \cdot 5000 = 400 \text{ грн.}$$

Розрахуємо заощадження за металом:

$$M_E = \frac{q \cdot (\eta_{\text{труба}} - \eta_{\text{прут}})}{\eta_{\text{прут}} \cdot \eta_{\text{труба}}} \cdot N \quad (3.5)$$

$$M_E = \frac{0.785 \cdot (0.71 - 0.47)}{0.71 \cdot 0.47} \cdot 5000 = 282 \text{ кг.}$$

Враховуючі всі розрахунки найбільш доцільним методом обираємо заготовку с трубного прокату.

### 3.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

#### 3.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Принцип технологічності конструкції полягає в тому, щоб під час конструювання деталей було досягнуто необхідних експлуатаційних якостей, економічного і раціонального виготовлення деталей.

Загальні два критерії, якими оцінюється технологічність деталі є: абсолютне значення трудоемкості  $T$  і технологічної собівартості  $C$ .

Також, технологічність конструкції оцінюється:

- вибором раціональної заготовки;
- технологічністю форми;
- раціональною простановкою розмірів;
- оптимальною точністю геометричних характеристик;
- оптимальною шорсткістю оброблюваних поверхонь;
- кількістю уніфікованих поверхонь.

#### Вибір раціональної заготовки

Заготовка обрана за всіма нормами і стандартами, що відповідають усім вимогам:

- заготовку отримуємо із круглого прокату;
- матеріал заготовки - сталь 38ХА, що добре обробляється;
- матеріал забезпечує характеристики міцності та технологічні вимоги.

#### Технологічність форми

Форма деталі технологічна, що визначається:

- присутністю зручних і надійних технологічних баз;
- доступністю для механічної обробки та контролю;
- зручністю врізання і виходу інструменту.

#### Раціональна простановка розмірів.

Розміри проставлені відповідно до ГОСТ, вони забезпечують:

- простоту вимірювання деталі;
- раціональну послідовність обробки поверхонь;
- поєднання технологічних і вимірювальних баз;
- використання простого інструменту.

Коефіцієнт точності обробки:

Точність геометричних характеристик оцінюється коефіцієнтом точності обробки.

Розрахуємо його за формулою (3.6):

$$K_T = 1 - \frac{1}{A_{\text{сер}}} \geq 0.8 \quad (3.6)$$

де  $A_{\text{сер}}$  – середнє значення квалітету точності розмірів, розрахуємо його за формулою:

$$A_{\text{сер}} = \frac{\sum K_i}{\sum n} \quad (3.7)$$

де  $n$  – кількість квалітетів точності

$K_i$  – квалітети точності розмірів креслення

$$A_{\text{сер}} = \frac{6 \cdot 4 + 7 \cdot 3 + 8 \cdot 2 + 9 \cdot 2 + 12 \cdot 3 + 13 \cdot 4 + 14 \cdot 10}{28} = 10.96$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{10.96} = 0.908 > 0.8$$

Шорсткість поверхонь деталі.

Шорсткість поверхонь деталі оцінюється коефіцієнтом шорсткості:

$$K_{\text{Ш}} = \frac{1}{B_{\text{сер}}} \quad (3.8)$$

де  $B_{\text{сер}}$  – середнє значення шорсткості оброблених поверхонь

Розраховуємо його за формулою:

$$B_{\text{сер}} = \frac{\sum B_i \cdot n_i}{\sum n_i} \quad (3.9)$$

де  $B_i$  – клас шорсткості  $i$ -ї елементарної поверхні

$n_i$  – кількість поверхонь класу шорсткості

$$B_{\text{сер}} = \frac{0.8 \cdot 6 + 1.6 \cdot 10 + 3.2 \cdot 8 + 6.3 \cdot 7}{28} = \frac{115.4}{28} = 4.12$$

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{4.12} = 0.24$$

Виходячи з розрахунків бачимо, що  $K_{\text{ш}}=0.24 < 0.32$ , тому вважаємо що деталь технологічна.

### 3.4.2 Проектування маршруту обробки деталі

Маршрут обробки поверхонь (МОП) призначає послідовність операцій, а також їх зміст.

Першочергово проведемо технологічну розмітку поверхонь (рис. 3.5)

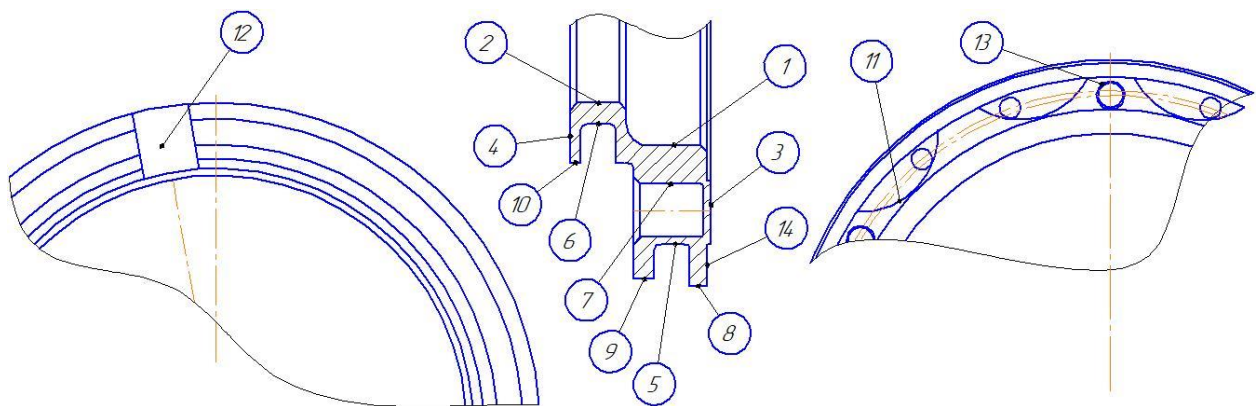


Рис. 3.5 – Технологічна розмітка поверхонь деталі «Поршень»

МОП (маршрут обробки поверхонь) є ключовою складовою технологічного процесу механічної обробки, оскільки саме на цьому етапі закладаються фізико-механічні, хіміко-термічні процеси на поверхні заготовки. При розробці МОП використовується поняття "уточнення", яке дозволяє застосовувати експериментально-статистичні дані для оцінки точності та якості поверхні на різних етапах обробки заготовок. [29]

Уточнення загальне розраховується за формулами (3.10), (3.11), (3.12):

$$\varepsilon_d = \frac{T_{d \text{ заг}}}{T_{d \text{ дет}}} \quad (3.10)$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{R_{a \text{ з}}}{R_{a \text{ д}}} \quad (3.11)$$

$$\varepsilon_{\Delta} = \frac{\Delta \text{ з}}{\Delta \text{ д}} \quad (3.12)$$

де  $T_{d \text{ з}}$  – допуск на розміри заготовки, мкм

$T_{d \text{ д}}$  – допуск на розміри деталі, мкм

$R_{a \text{ з}}$  – параметри шорсткості заготовки, мкм

$R_{a \text{ д}}$  – параметри шорсткості деталі, мкм

$\Delta \text{ з}$  – похибка форми заготовки, мкм

$\Delta \text{ д}$  – похибка форми деталі, мкм

Для поверхні  $\varnothing 46a11_{-0.48}^{0.32}$  уточнення дорівнюють:

Заготовка  $R_a = 25$  мкм [29], допуск мм.  $T_{d \text{ з}} = 2$ ,

Деталь  $R_a = 3.6$  мкм, допуск мм.  $T_{d \text{ д}} = 0.16$

$$\varepsilon_d = \frac{2}{0.16} = 12.5$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{25}{3.2} = 7.81$$

$$\varepsilon_{\Delta} = \frac{0.5}{0.02} = 25$$

Далі розраховуємо кількість переходів за формулою:

$$k = 2 \cdot \lg \varepsilon \quad (3.13)$$

$$k = 2 \cdot \lg 12.5 = 2.19 \rightarrow 2$$

Послідовність показників точності і якості (ППТЯ):

- Для допуску – IT17 ⇒ a13 ⇒ a11 ⇒ TO
- Для шорсткості – Ra25 ⇒ Ra6.3 ⇒ Ra3.2

МОП виглядатиме наступним чином:

Заготовка, точіння чорнове, точіння чистове, TO.

Розраховуємо уточнення – перший перехід – Точіння чорнове:

$$TD_1 = 520 \text{ мкм}; TR_{a1} = 6,3 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_{d1} = \frac{1600}{520} = 3.07$$

$$\varepsilon_{Ra1} = \frac{25}{6.3} = 3.9$$

Другий перехід – точіння чистове

$$TD_2 = 220 \text{ мкм}; TR_{a2} = 3,2 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_{d2} = \frac{520}{220} = 2.36$$

$$\varepsilon_{Ra2} = \frac{6.3}{3.2} = 1.96$$

Перевірка:

$$\prod \varepsilon_{di} = 3.07 \cdot 2.36 = 7.24 < \varepsilon_d = 12.5$$

$$\prod \varepsilon_{Ra} = 3.9 \cdot 1.96 = 7.64 < \varepsilon_{Ra} = 7.81$$

Виконуємо розрахунок цим методом і для інших поверхонь, а отримані дані заносимо до таблиці 3.4

Таблиця 3.4 – Маршрут обробки поверхонь деталі «Поршень»

Характер поверхні	Показники	Уточнення	Кількість переходів		Різниця показників ППТЯ	МОП		Параметр по переходам		Уточнення	
			розр	прийн		i	Метод обробки	попск позмінv	шорсткість	розміру	шорсткості
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Зовнішня циліндрична поверхня 8 $\varnothing 46a_{11}^{-0.32}_{-0.48}$ Ra3.2	Td  Ra	12.5  7.81	2.19	2	$\Delta IT17=IT17-a_{11}=6$  IT17 → a13 → a11  Ra25 → Ra6,3 → Ra3,2 → TO	1	Заготовка	1600	25	-	-
						2	Точіння чорнове	520	6.3	6	3.9
						3	Точіння чистове	220	3.2	2.5	2
						4	TO				

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Торцова поверхня 4  3.9h11 <sub>(-0.075)</sub>  Ra1.6	Td   Ra	26.6  15.62	2.84	3	$\Delta IT17=IT17-h11=5$  IT17 → h15 → h13 → h11=8  Ra25 → Ra6,3 → Ra3,2 → TO → Ra1.6	1	Заготовка	1600	-	-	-
						2	Точіння чорнове	520	6.3	6.2	4.1
						3	Точіння чистове	210	3.2	2.5	2
						4	ТО	-	-	-	-
						5	Шліфування	84	1.6	1.6	2
Внутрішня циліндрична поверхня 10  $\varnothing 39b12_{-0.17}^{-0.42}$  Ra3.2	Td   Ra	8  7.81	1.8	2	$\Delta IT17=IT17-b12=5$  IT17 → b14 → b12=6  Ra25 → Ra6,3 → Ra3,2 → TO	1	Заготовка	1600	-	-	-
						2	Точіння чорнове	520	6.3	6	3.9
						3	Точіння чистове	220	3.2	2.5	2
						4	ТО	-	-	-	-

### 3.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Маршрут виготовлення деталі – це загальний план, в якому на основі компоновки переходів раніше розроблених МОП, встановлено склад і послідовність ТП, указані тип і модель верстата, наведені вхідні і вихідні характеристики оброблюваних поверхонь[ ]. Для деталі «Поршень» МВД має вигляд:

- 1) I етап – отримання заготовки;
- 2) II етап – механічна обробка:
  - чорнова токарна обробка;
  - чистова токарна обробка;
  - фрезерна, та фрезерна з ЧПК обробка;
  - свердлильна обробка;
- 3) III етап – мийка, контроль.
- 4) IV етап – ТО;
- 5) V етап – механічна обробка:
  - шліфування;
- 6) VI етап – мийка, контроль.

Маршрут виготовлення деталі наведено в графічній частині дипломної роботи на плакаті НУЗП 711007.014

### 3.5 Розрахунок припусків і технологічних баз

Припуски на одну поверхню визначаємо розрахунково-аналітичним методом.

Для поверхні  $\varnothing 46a11_{-0.48}^{0.32}$

- 1) для заготовки:  $Rz_1 = 160$  мкм та  $h_1 = 250$  мкм

Просторові відхилення заготовки визначаємо, як суму допустимих значень

похибки розміру від зміщення  $\rho_{см}$  та короблення  $\rho_{кор}$ .  $\rho_{см}=300$ ,  $\rho_{кор}=0.45$

Сумарне значення просторових відхилень визначаємо за формулою (3.14):

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2} \quad (3.14)$$

$$\rho_1 = \sqrt{300^2 + 450^2} = 45 \text{ мкм}$$

Усі розрахункові дані заносимо до таблиці 3.5

2) для чорнового точіння:  $Rz_2=40$  мкм та  $h_2=40$  мкм [29];

Просторові похибки для механічних переходів розраховуються за формулою:

$$\rho_j = K_{ут} \cdot \rho_i, \text{ мкм} \quad (3.15)$$

де  $K_{ут}$  – коефіцієнт уточнення, дорівнює 0.06

$$\rho_2 = 0.06 \cdot 0.45 = 27 \text{ мкм}$$

Похибка закріплення  $\varepsilon_2=0.45$  мкм. [29]

3) Для чистового точіння:  $Rz_3=20$  мкм та  $h_3=20$  мкм [29];

$$\rho_3 = 0,04 \cdot 22 = 0.88 \text{ мкм}$$

Похибка закріплення:

$$\varepsilon_2 = K_{ут} \cdot \varepsilon_{i-1} \quad (3.16)$$

$$\varepsilon_2 = 0,04 \cdot 450 = 18 \text{ мкм}$$

4) для ТО:

$$\rho_4 = \Delta_k \cdot L \quad (3.17)$$

де  $\Delta_{кор}=0,1$  мкм/мм кривизна після ТО [29].

$$\rho_4 = 0,1 \cdot 100 = 10 \text{ мкм}$$

Мінімальні припуски:

$$2Z_i^{min} = 2 \left( Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (3.18)$$

де  $Rz_{i-1}$  - висота нерівностей поверхні, що залишилися при виконанні попередньої операції;

$h_{i-1}$  - глибина дефектного шару, що залишився при виконанні попередньої

операції;

$\rho_{i-1}$  - просторові відхилення, що виникли при виконанні попередньої операції;

$\varepsilon_i$  - похибка установки заготівлі цієї операції;

$$2z_2^{min} = 2(160 + 250 + \sqrt{288^2 + 400^2}) = 1845 \text{ мкм};$$

$$2z_3^{min} = 2(40 + 40 + \sqrt{18^2 + 18^2}) = 210 \text{ мкм};$$

Максимальний розмір поверхонь:

$$d_3^{max} = d_3^{min} + ES_{d_3} \quad (3.19)$$

$$d_3^{max} = 46 + 1.8 = 47.8 \text{ мм};$$

Максимальний розмір для механічних переходів:

$$d_i^{max} = d_{i+1}^{max} + 2z_{i+1}^{min} + Td_i, \quad (3.20)$$

$$d_3^{max} = 46 + 0.076 + 0.07 = 46.146 \text{ мм};$$

$$d_2^{max} = 46.146 + 0.18 + 0.21 = 46.536 \text{ мм};$$

$$d_1^{max} = 46.536 + 1.8 + 1.4 = 49.736 \text{ мм};$$

Мінімальний розмір поверхні:

$$d_i^{min} = d_i^{max} - Td_i \quad (3.21)$$

$$d_3^{min} = 46.146 - 0.16 = 45.986 \text{ мм};$$

$$d_2^{min} = 46.536 - 0.6 = 45.936 \text{ мм};$$

$$d_1^{min} = 49.736 - 1.5 = 48.236 \text{ мм};$$

Визначаємо мінімальні граничні припуску за формулою:

$$2z_i^{max} = d_{i-1}^{max} - d_i^{min} \quad (3.22)$$

$$2z_2^{max} = 49.736 - 45.936 = 3.8 \text{ мм};$$

$$2z_3^{max} = 46.536 - 45.968 = 0.568 \text{ мм};$$

Перевіряємо правильність розрахунків технологічних розмірів:

$$2z_0^{max} - 2z_0^{min} = Td_{зар} + Td_{дет} \quad (3.23)$$

$$2z_0^{max} = d_1^{max} - d_6^{min} \quad (3.24)$$

$$2z_0^{min} = d_1^{min} - d_6^{max} \quad (3.24)$$

$$2z_0^{max} = 49.736 - 45.968 = 3.768 \text{ мм};$$

$$2z_0^{min} = 48.236 - 47.8 = 0.436 \text{ мм};$$

$$TD_0 = 1.8 + 1.532 = 3.332 \text{ мм};$$

$$2z_0^{max} - 2z_0^{min} = 3.768 - 0.436 = 3.332 \text{ мм}$$

Виконавчий розмір заготовки -  $\varnothing 52^{+1.2}_{-0.6}$

Для  $L3.9h11_{(-0.075)}$  та  $\varnothing 39b12_{-0.42}^{-0.17}$  назначаємо припуски табличним методом, за допомогою довідкової літератури. [28]

Для поверхні  $3.9h11_{(-0.075)}$ :

- 1) Точіння чорнове:  $2Z^{min} = 2 \text{ мм}$ ;
- 2) Точіння чистове:  $2Z^{min} = 0.4 \text{ мм}$ ;
- 3) Шліфування:  $2Z^{min} = 0.1 \text{ мм}$

Для поверхні  $\varnothing 39b12_{-0.42}^{-0.17}$ :

- 1) Точіння чорнове:  $2Z^{min} = 1 \text{ мм}$ ;
- 2) Точіння чистове:  $2Z^{min} = 0.25 \text{ мм}$ ;

Таблиця 3.5 – Припуски та міжопераційні розміри

Характеристика поверхонь	МОП		Допуск	Граничні значення розмірів			Граничні значення припуску		Виконавчий розмір
	IT	Метод обробки		Td, мм	$d_1^{max}$ , мм	$d_1^{min}$ , мм	$2Z^{max}$	$2Z^{min}$	
$\varnothing 46a11 \begin{matrix} -0.32 \\ -0.48 \end{matrix}$ Ra 3.2	17	Заготовка	1.8	53.2	51.4	-	-	$\varnothing 52 \begin{matrix} +1.2 \\ -0.6 \end{matrix}$	
	12	Точ. чорн.	0.6	49.736	45.936	3800	1800		
	10	Точ. чист.	0.16	46.536	45.686	568	436		
	-	ТО	-	-	-	-	-		
	1.8+1.532=3.768-0.436			3.332=3.332	3.768	0.436			
$L3.9h11 \begin{matrix} (-0.075) \end{matrix}$ Ra 1.6	17	Заготовка	1.5	11	9.5	-	-	$10 \begin{matrix} +1 \\ -0.5 \end{matrix}$	
	12	Точ. чорн.	2	5.92	4.88	4130	1850		
	10	Точ. чист.	0.4	4.3	4.27	1860	1340		
	-	ТО	-	-	-	-	-		
	9	Шліф.	0.1	3.9	3.78	448	220		
	4.24-2.51=1.52+0,21			1.73=1.73	1.52	0.21			
$\varnothing 39b12 \begin{matrix} -0.17 \\ -0.42 \end{matrix}$ Ra 3.2	17	Заготовка	2	45.2	43.2	-	-	$\varnothing 44 \begin{matrix} +1.2 \\ -0.8 \end{matrix}$	
	12	Точ. чорн.	0.5	41.52	40.8	3800	2120		
	10	Точ. чист.	0.25	39.4	39	624	520		
	-	ТО	-	-	-	-	-		
	4.036-3.64=0.396			0.36+0.036=0,396					

### 3.6 Розрахунок режимів різання

#### 3.6.1 Операція 065 Фрезерна з ЧПК

Для фрезерування 12 виборок  $\varnothing 11$ , глибиною 0.2 обираємо верстат Huron VX-8.

Короткі характеристики верстата:

- Виробник Huron
- Модель VX 8
- Рік виробництва 2013
- Система керування SIEMENS 840D
- Переміщення по осі X (мм) 820
- Переміщення по осі Y (мм) 510
- Переміщення по осі Z (мм) 510
- Розмір столу (мм) 1000 x 530
- Автоматично змінних інструментів (шт.) 24
- Тип інструментального конуса SK 40
- Оберти шпинделя (об/хв) 10000
- Потужність приводу шпинделя (40/100% ED) (кВт) 10/13
- Вага верстата (кг) 5300

Враховуючи те, що деталь малогабаритна обираємо кінцеву фрезу 2220-0218, діаметром 11 мм, с числом зубців - 6, матеріал P6M5, ГОСТ 17025-71 [30].

Ескіз операції рис. 3.6

За довідковою літературою обираємо подачу [30] :

$$S_{Z_{\text{табл.}}} = 0.022 \text{ мм/зуб}$$

Глибина різання – 0.2 мм.

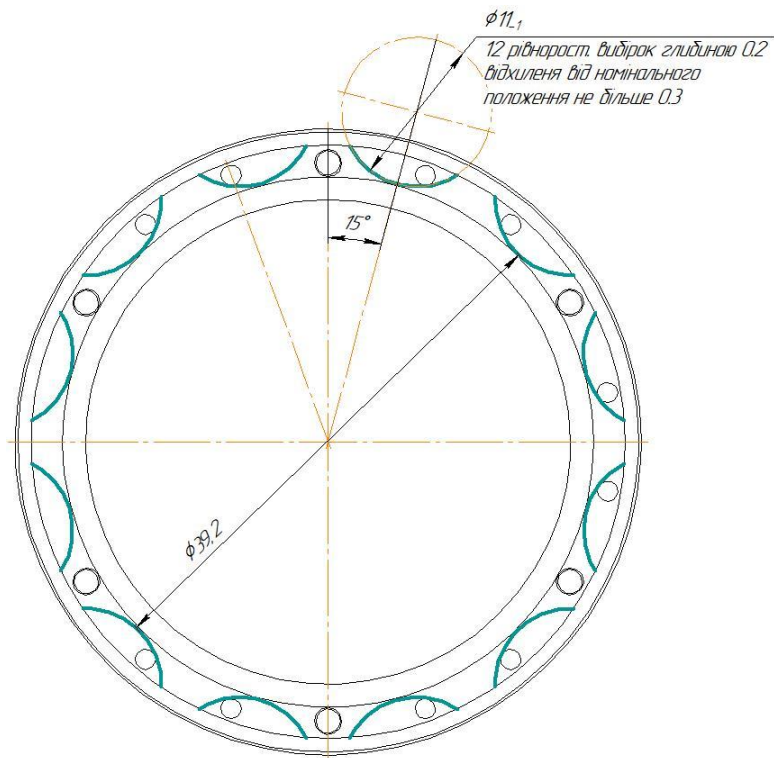


Рис. 3.6 – Операційний ескіз Фрезерної з ЧПК.

Визначаємо подачу на формулою (3.24):

$$S_Z = S_{Z_T} \cdot K_{S_{\Pi}} \cdot K_{S_{И}} \cdot K_{S_{\Phi}} \quad (3.24)$$

де  $S_{Zm}$  – табличне значення подачі на зуб,  $S_{Zтабл}=0,022$  [30].;

$K_{S_{\Pi}}$  – коефіцієнт, що враховує вид оброблюваної поверхні заготовки;

$$K_{S_{\Pi}}=1,0;$$

$K_{S_{И}}$  – коефіцієнт, що враховує матеріал різальної частини інструменту

$$K_{S_{И}}=1,0;$$

$K_{S_{\Phi}}$  - Коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні

$$K_{S_{\Phi}}=1,0.$$

$$S_p = 0.022 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0.022 \text{ мм/об}$$

Визначимо швидкість головного руху (різання) за формулою (3.25):

$$v = v_T \cdot K_v \quad (3.25)$$

$$K_v = K_{v_M} \cdot K_{v_{И}} \cdot K_{v_{\Pi}} \cdot K_{v_C} \cdot K_{v_{\Phi}} \cdot K_{v_O} \cdot K_{v_B} \cdot K_{v_{\varphi}} \quad (3.26)$$

де  $v_m$  – табличне значення швидкості різання,  $V_{\text{табл}}=55\text{м/хв}$

$K_{vM}$  – коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу;

$$K_{vM} = 1,0 [30]$$

$K_{vИ}$  - коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту;

$$K_{vИ} = 1,0 [30]$$

$K_{vП}$  - коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні;

$$K_{vП} = 1,13 [30]$$

$K_{vC}$  - коефіцієнт, що враховує шифр типової схеми фрезерування;

$$K_{vC} = 1,0 [30]$$

$K_{vФ}$  - коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні;

$$K_{vФ} = 0,58 [30]$$

$K_{vO}$  – коефіцієнт, що враховує умови обробки;

$$K_{vO} = 1,0 [30]$$

$$V_T = 55 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.58 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.13 \cdot 1 = 36\text{м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D_{max}} \quad (3.27)$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 32}{3.14 \cdot 11} = 984 \text{ об/хв}$$

Приймаємо за паспортом станка – 900 об/хв.

Визначаємо дійсну швидкість різання за формулою:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D_{max} \cdot n_{ст}}{1000} \quad (3.27)$$

$$V_d = \frac{3.14 \cdot 11 \cdot 900}{1000} = 31.08 \text{ м/хв}$$

Визначаємо хвилинну подачу інструменту:

$$S_M = S_z \cdot n \cdot z \quad (3.28)$$

$$S_M = 0.22 \cdot 900 \cdot 6 = 108 \text{ мм/хв}$$

За паспортом верстата обираємо 100 мм/хв

Розраховуємо машинний час:

$$t_0 = \frac{l+l_1+l_2}{S_{\text{повз}}} i \quad (3.29)$$

де  $l$  – довжина фрезерування;

$l_1$  – довжина врізання;

$l_2$  – величина перебігу;

$i$  – кількість проходів.

$$l_1 = 0.5 \cdot D_\phi \cdot \sin \left( \arccos \left( 1 - \frac{2 \cdot t}{D_\phi} \right) \right), \text{ мм} \quad (3.30)$$

$$l_1 = 0.5 \cdot 11 \cdot \sin \left( \arccos \left( 1 - \frac{2 \cdot 2.5}{11} \right) \right) = 5 \text{ мм}$$

$$t_0 = \frac{8.44 + 3.5 + 3}{100} 1 = 0.14 \text{ хв.}$$

### 3.7 Технічне нормування операцій

#### 3.7.1 Технічне нормування операції 065 Фрезерної з ЧПК

Визначаємо допоміжний час на операцію за формулою:

$$t_{\text{доп.}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{уп}} + t_{\text{пр.рух}} + t_{\text{контр}}, \quad (3.31)$$

де  $t_{\text{вст}}$  – час на встановлення та зняття деталі [31];

$t_{\text{уп}}$  – час на управління верстатом [31];

$t_{\text{пр.рух}}$  – час пришвидшених рухів [31];

$t_{\text{контр}}$  – час на контроль деталі, хв.

$$t_{\text{доп.}} = 0.4 + 0.2 + 0.3 + 0.3 = 1.2 \text{ хв.}$$

Розрахунок оперативного часу:

$$t_{\text{оп.}} = t_o + t_{\text{доп.}} \quad (3.12)$$

$$t_{\text{оп.}} = 1.84 + 1.2 = 3.04 \text{ хв.}$$

Розрахунок додаткового часу:

$$t_{\text{дод}} = t_{\text{оп}} \cdot \alpha \quad (3.13)$$

де  $\alpha$  – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби,  $\alpha = 10\%$

$$t_{\text{дод}} = 3.04 \cdot 0.1 = 0.3 \text{ хв.}$$

Штучний час на обробку деталі визначається за формулою:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{дод}} \quad (3.14)$$

$$t_{\text{шт}} = 3.04 + 0.3 = 3.34 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заклучний час:

$$t_{\text{пз}} = t_{\text{пз1}} + t_{\text{пз2}} \quad (3.15)$$

де  $t_{\text{пз1}}$  – час, що включає отримання нарядів, креслень, технологічної документації на початок роботи та здача в кінці зміни  $t_{\text{пз1}} = 15$  хв [31];

$t_{\text{пз2}}$  – час на додаткові прийоми,  $t_{\text{пз2}} = 10$  хв [31].

$$t_{\text{пз}} = 15 + 10 = 25 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час розраховуємо за формулою:

$$t_{\text{шт-кальк.}} = t_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{пз}}}{n} \quad (3.16)$$

$$t_{\text{шт-кальк.}} = 3.34 + \frac{25}{60} = 3.75 \text{ хв.}$$

## 3.8 Розробка КП для операції на верстатах з ЧПК

### 3.8.1 Розробка фрезерної операції

Розробка фрезерної операції показана на рис. 3.7- рис. 3.9

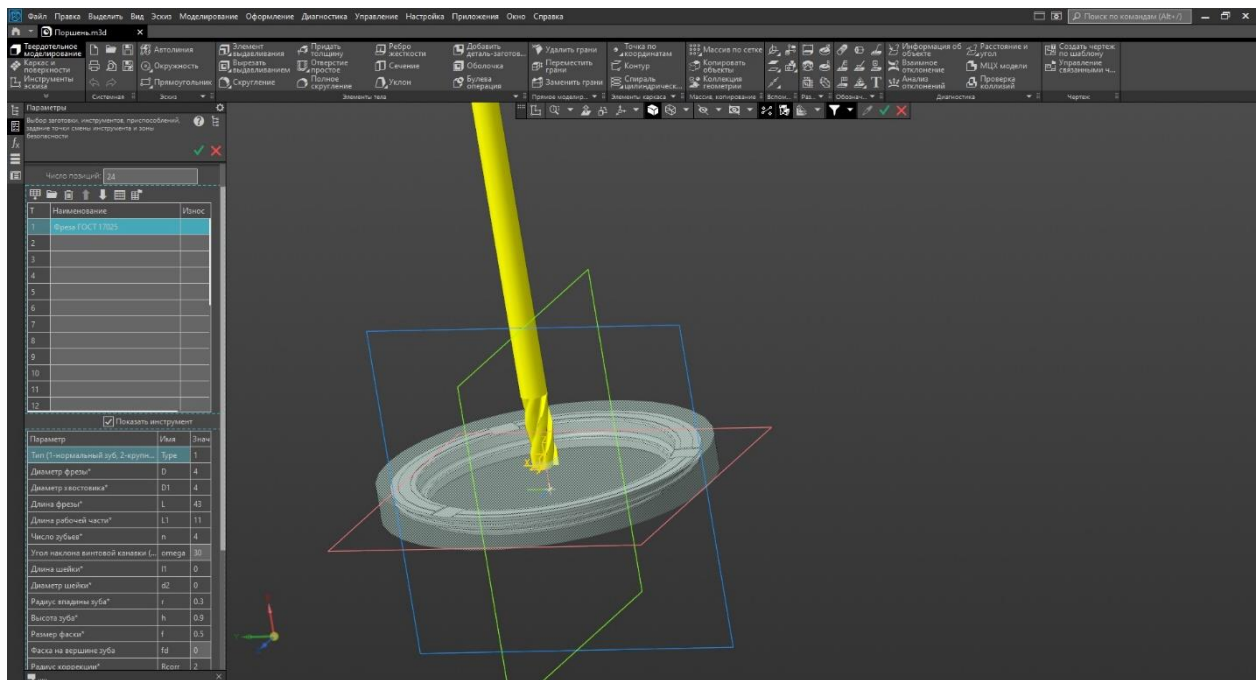


Рис. 3.7 – Заготовка і підбір інструменту для операції

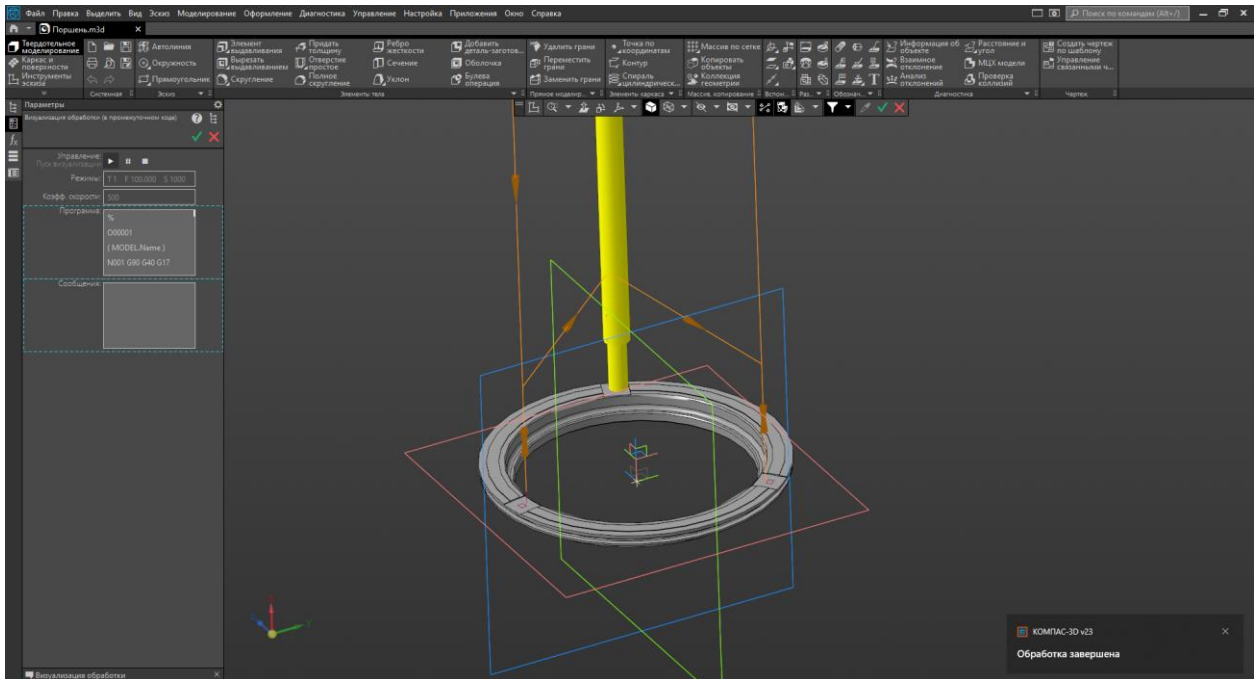


Рис. 3.8 – Орієнтація інструменту і траєкторія руху

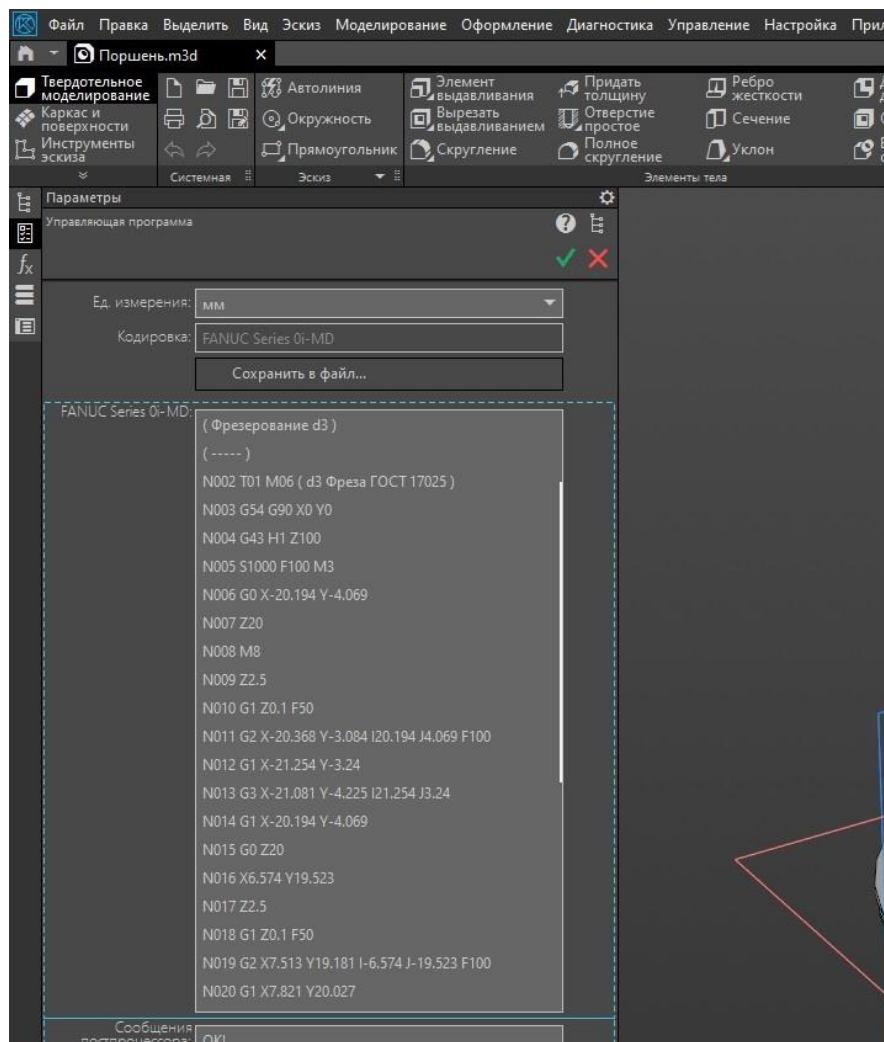


Рис. 3.9 – Керуюча програма фрезерної операції

### 3.8.2 Розробка свердильної операції

Розробка свердильної операції показана на рис. 3.10 – рис. 3.12

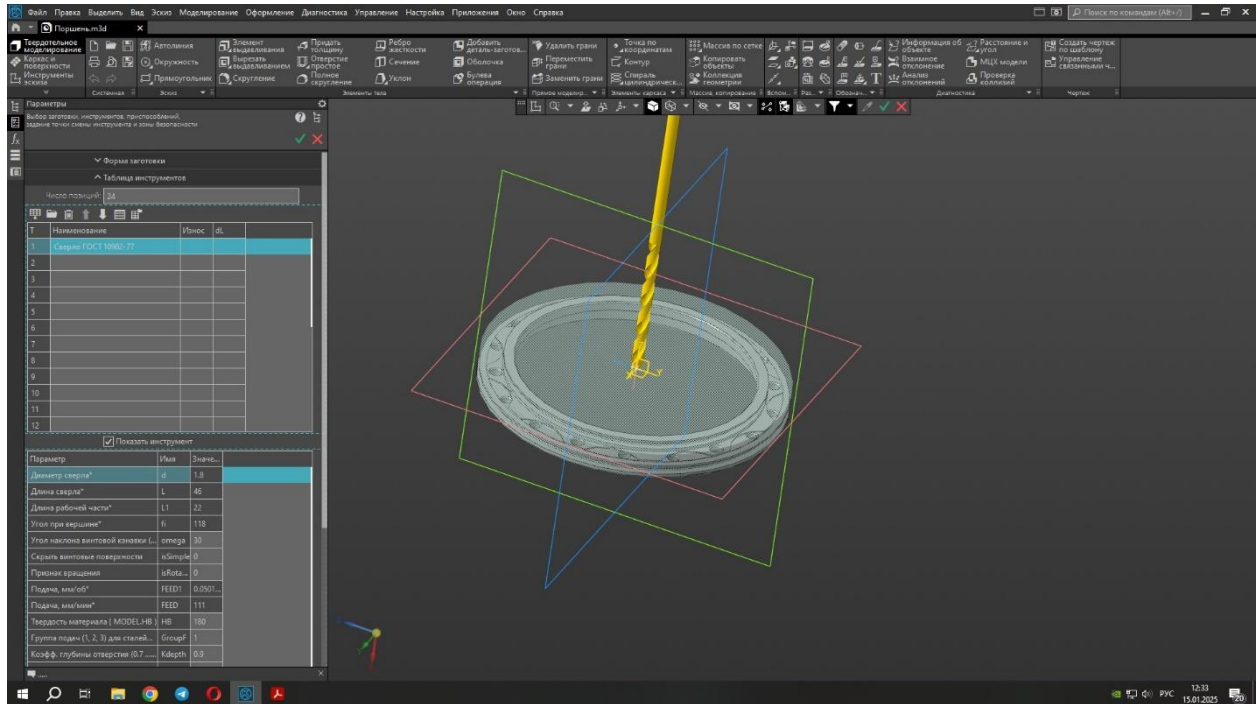


Рис. 3.10 – Підбір інструменту і вибір заготовки

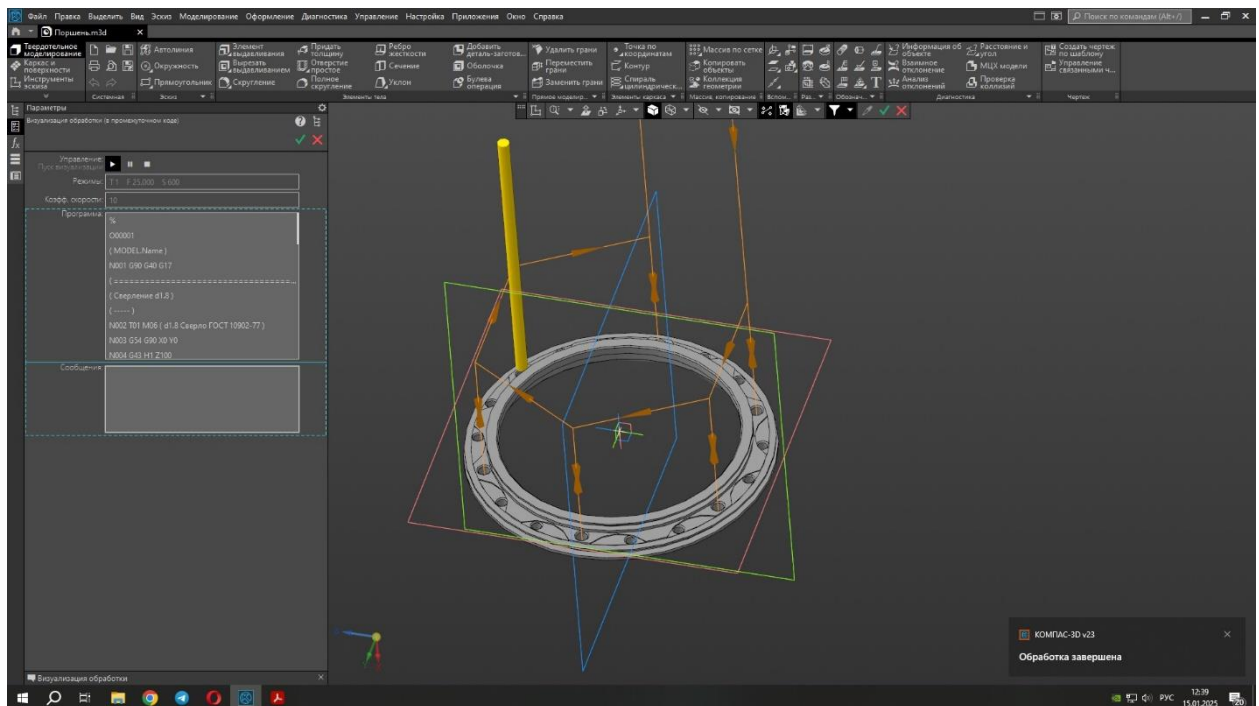


Рис. 3.11 – Траектория ruchu інструменту

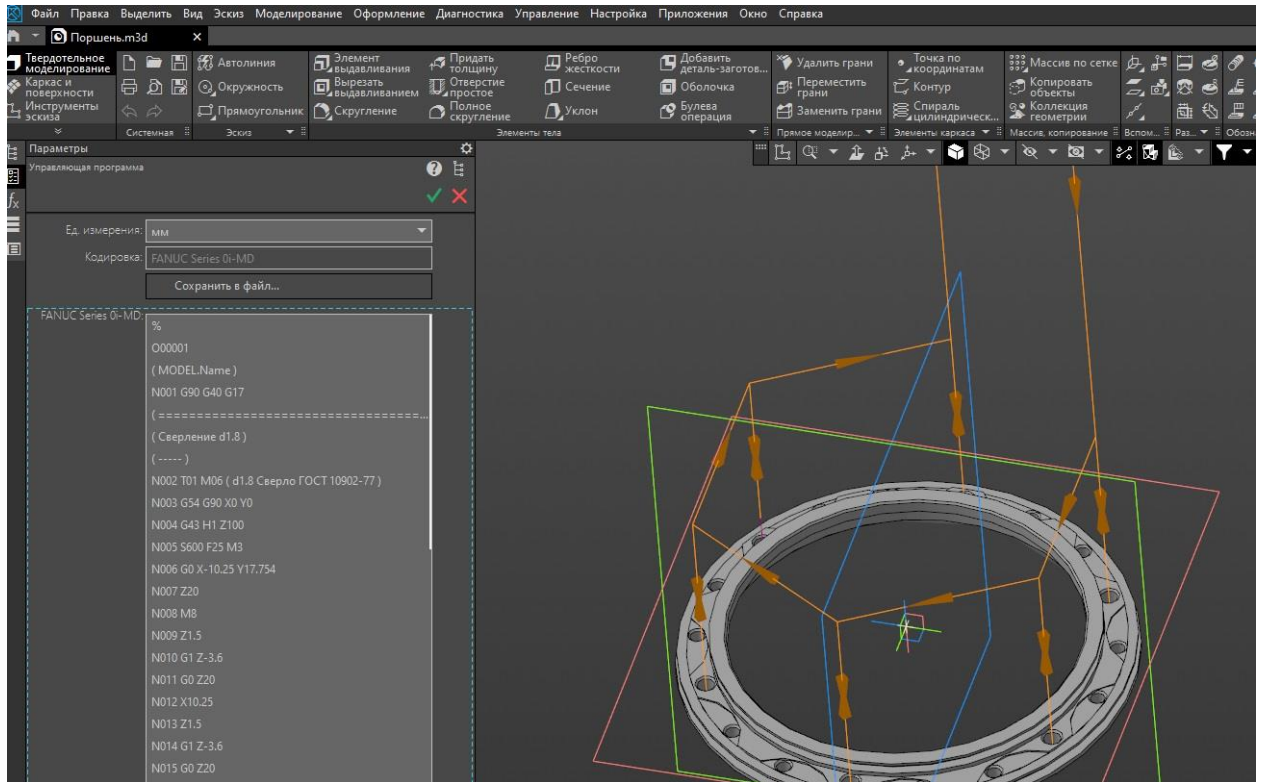


Рис. 3.12 – Керующа програма

### 3.8.3 Розробка токарної операції

Розробка токарної операції показана на рис. 3.13 – рис. 3.15

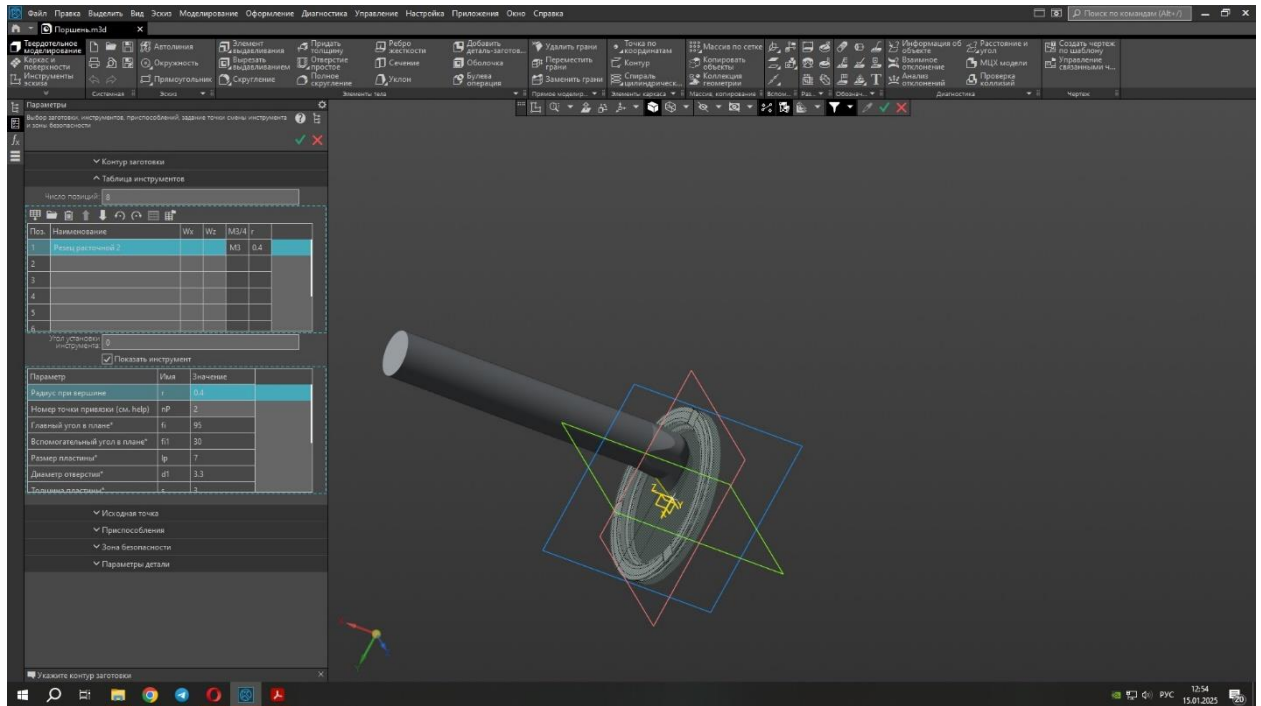


Рис. 3.13 - Підбір інструменту для токарної обробки

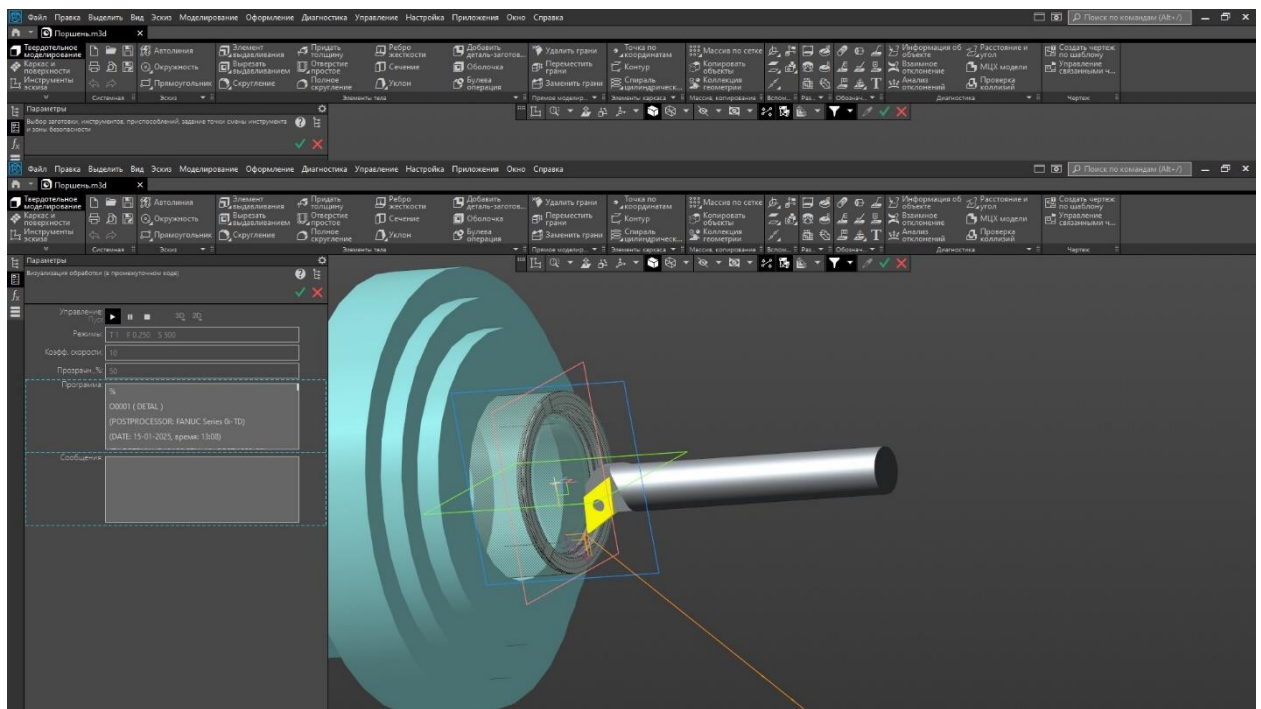


Рис. 3.14 - Візуалізація руху інструменту

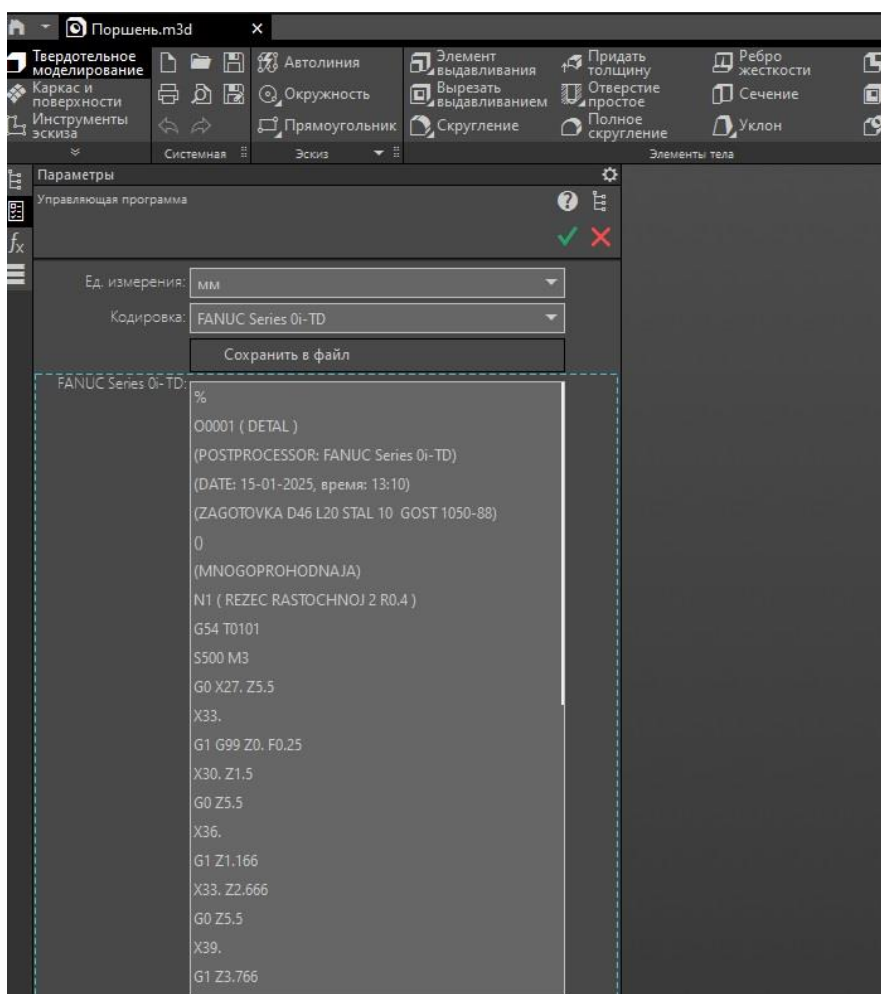


Рис. 3.15 – Керуюча програма на токарну операцію

## 4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 4.1 Проектування робочого пристосування

#### 4.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

У дипломному проекті спроектовано пристосування трьохкулачковий патрон для обробки деталі «Поршень» на токарному верстаті. Пристосування є переналагодженим.

Трьохкулачковий патрон складається з основного корпуса 1, в якому розташовані кулачки 7 і механізми передачі сили. Кулачки являє собою три затискних елемента, рівномірно розташованих по колу. Вони можуть бути прямими або зворотними в залежності від завдання. Також зліва присутній пневмоциліндр - джерело тиску, який змушує кулачок рухатися. Механізм передачі зусилля зазвичай через шестерні, важелі або клинові елементи, які перетворюють осьову силу циліндра в радіальний рух кулачків.

Принцип роботи патрону з пневмоциліндром полягає в створенні тиску: повітря надходить в пневматичного циліндра під тиском, створюваним компресором. Під дією тиску поршень циліндра рухається, створюючи осьову силу. У свою чергу, осьова сила через механізми передачі (наприклад, клинова шайба) перетворюється на радіальний рух кулачків. Всі три кулачка рухаються одночасно (стискаючись або розжимаючись), щоб забезпечити рівномірне затискання деталей. Коли необхідна сила затискання досягнута, пневматичний циліндр підтримує тиск, щоб забезпечити надійне утримання деталі. Графічне зображення пристосування наведено на рисунку 4.1.

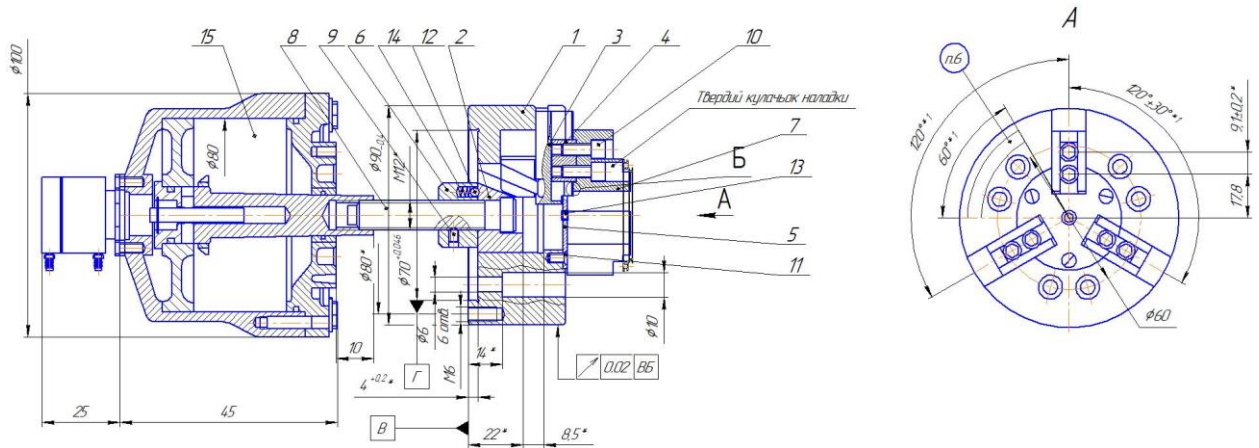


Рис. 4.1 Робоче пристосування

4.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність.

Похибка встановлення визначається різниця граничних відхилень вимірювальної бази щодо встановленого розміру ріжучого інструменту. [32]

Похибка встановлення рахується за формулою (4.1):

$$\varepsilon_{\text{вст.}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{баз}}^2 + \varepsilon_{\text{зак}}^2} \quad (4.1)$$

де  $\varepsilon_{\text{баз}}$  – похибка базування деталі [32];

$\varepsilon_{\text{закр}}$  – похибка закріплення деталі [32];

Деталь встановлюється по  $\varnothing 39b12$  у кулачки і затискається.

Похибка базування за формулою (4.2):

$$\varepsilon_{\text{баз}} = K_1 \cdot Td \quad (4.2)$$

де  $Td$  – допуск;

$K_1$  – коефіцієнт,  $K_1=0,6$ .

$$\varepsilon_{\text{баз}} = 0,6 \cdot 0,25 = 0,15 \text{ мм}$$

З довідкової літератури визначимо похибку закріплення  $\varepsilon_{\text{зак}}=0,08$  [32]

За формулою (4.1) розраховуємо похибку встановлення:

$$\varepsilon_{\text{вст.}} = \sqrt{0.15^2 + 0.08^2} = 0.028$$

Розрахунок на точність

Розрахунок на точність полягає у визначенні виконавчого розміру виготовлення пристосування. [32]

Розраховуємо допуск на виготовлення пристосування за формулою:

$$T_H \leq T_D - (k_1 \cdot \varepsilon_\delta + \varepsilon_3 + k_2 \cdot \omega) \quad (4.3)$$

де  $T_D=0,14\text{мм}$  – поле допуску оброблювальної деталі;

$$k_1=0,8\dots0,85;$$

$$k_2=0,6\dots0,65;$$

$\varepsilon_\delta = 0$  – похибка базування деталі в пристосуванні;

$\varepsilon_3 = 0$  – похибка закріплення деталі в пристосуванні;

$\omega$  – середня економічна точність обробки на даній операції.

Тоді допуск на виготовлення пристосування:

$$T_H \leq 0,12 - 0,6 \cdot 0,1 \leq 0,6(\pm 0,03)$$

Змінемо допуск на виготовлення пристосування до найближчого нормалізованого  $\pm 0,05$ .

Тому, запроектоване пристосування нормальної точності.

### 4.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу

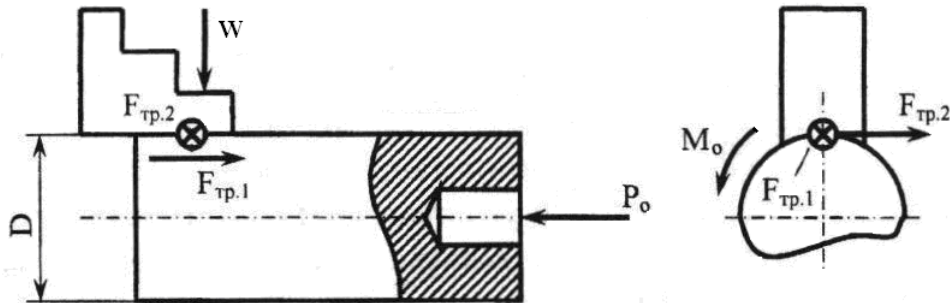


Рис. 4.2 - Схема до визначення сили закріплення

Розрахуємо момент різання за формулою (4.4):

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad (4.4)$$

де  $C_m$ ,  $q$ ,  $y$ ,  $K_p$  – коефіцієнти [32]

$$K_p = \left(\frac{550}{650}\right)^{0.75} = 0.88$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0.0256 \cdot 5^2 \cdot 0.1^{0.7} \cdot 0.88 = 1.35 \text{ Нм}$$

Розраховуємо необхідну сумарну силу затискача заготовки:

$$W = \frac{k}{f} \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot M_{кр}}{d}} = \frac{2,5}{0,16} \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot 3}{0,035}} = 289,32 \text{ Н} \quad (4.5)$$

де  $k$  – коефіцієнт запасу, приймається наближено  $k=2,5$ ;

$f$  – коефіцієнт зчеплення між робочими поверхнями цанги і заготовки. По [32]  $f=0,16$ ;

$M_{кр} = 3 \text{ Н} \cdot \text{м}$  – в даному випадку точіння дає найбільший крутний момент;

$d = 35 \text{ мм}$  – згідно креслення.

Силу стиснення кулачків до зіткнення їх із заготовкою при кількості кулачків  $n = 3$  розраховуємо за формулою (4.6):

$$W_1 = 2 \cdot 10^3 \cdot \frac{s \cdot h \cdot D^3}{l^3} = 2 \cdot 10^3 \cdot \frac{0,07 \cdot 2 \cdot (48)^3}{(35)^3} = 722,2H \quad (4.6)$$

де  $s=0,07$ мм – мінімальний зазор між заготовкою і кулачками [32];

$D=48$ мм – наружний діаметр кулачків;

$l=35$ мм – виліт кулачків від місця закладення до середини конуса.

Розраховуємо силу приводу кулачка для забезпечення необхідної сили затиску заготовки:

$$Q = (W + W_1) \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) = (722,2 + 289,32) \cdot \operatorname{tg}(8^\circ + 15^\circ) = 429,36H \quad (4.7)$$

$\varphi_1 = 15^\circ$  – кут тертя у місці контакту поверхні і корпусу [32].

Передаточне відношення цангового механізму:

$$i = \frac{Q}{(W + W_1)} = \frac{429,36}{(289,32 + 722,2)} = 0,42 \quad (4.8)$$

Дійсна сила закріплення[32]:

$$W = \frac{k \cdot P_z}{f \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} \quad (4.9)$$

де  $k$  - коефіцієнт запасу закріплення.

$f$  – коефіцієнт тертя, 0.15.

Коефіцієнт запасу закріплення [32]:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \quad (4.10)$$

де  $k_0=1,5$  – гарантований коефіцієнт запасу; [32]

$k_1=1$  – коефіцієнт нерівномірності сил різання через непостійність припуску, що знімається при обробці;

$k_2=1,7$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання від прогресуючого затуплення інструменту; [32]

$k_3=1,2$  – коефіцієнт, що враховує переривчастість різання; [32]

$k_4=1$  – коефіцієнт, що враховує мінливість сил затиску, що розвиваються приводами; [32]

$k_5=1$  – коефіцієнт, що враховує зручність розташування рукояток; [32]

$k_6=1$  – коефіцієнт невизначеності положення місць контакту. [32]

$$k=1,5 \cdot 1 \cdot 1,7 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 3,12$$

Сила закріплення розраховується за формулою (4.9):

$$W = \frac{3,12 \cdot 1422}{0,15 \cdot 0,654} = 22421 \text{ Н}$$

Необхідний тиск в пневмоциліндрі:

$$p = \frac{Q}{S} = \frac{429,36}{0,018} = 0,41 \text{ МПа} \quad (4.11)$$

де  $S=0,018 \text{ м}^2$  - площа перерізу поршня.

Попередньо приймаємо тиск повітря в пневмосистемі цеху 4ат або 0,4 МПа (400 000 Па).

Сила на штоку пневмоциліндра  $Q$  визначається за формулою (4.12):

$$Q = 2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot p \cdot \eta \quad (4.12)$$

де  $\eta=0,85\dots 0,9$  – ККД, що враховує втрати на тертя. [32]

Звідки визначаємо діаметр поршня за формулою:

$$d = \sqrt{\frac{2 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 429,36}{3,14 \cdot 400000 \cdot 0,85}} = 0,08 \text{ м} = 80 \text{ мм} \quad (4.13)$$

Так як пристосування конструктивно має пневноциліндр, то діаметр циліндра приймаємо рівними 80мм за ГОСТ 16683-71.

## 4.2 Проектування контрольного пристосування

### 4.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування

Контрольно-вимірювальні пристрої призначені для отримання інформації про фактичні значення параметрів вибору в заданих одиницях виміру.

Контрольне пристосування, спроектоване у курсовому проекті призначене для вимірювання биття торцьової поверхні відносно базового діаметру. Згідно креслення биття повинно бути 0.01 мм. Дане пристосування повністю підходить для виміру цього параметру.

Складається пристосування (рис. 4.3) з корпусу 4 із встановленими на ньому прижимами 2 з призмами, які рухаються вздовж корпусу по пазах і фіксуються у потрібному місці гвинтами 8 та планками 10. Між цими призмами і затискається деталь. Збоку прикріплена штанга 5 з індикаторним годинником, який, в свою чергу, вимірює биття нашої деталі. Штанга може повертатися навколо своєї вісі на 360 градусів.

Оскільки деталь затискається між двома призмами зазор відсутній, отже похибка базування дорівнює нулю.

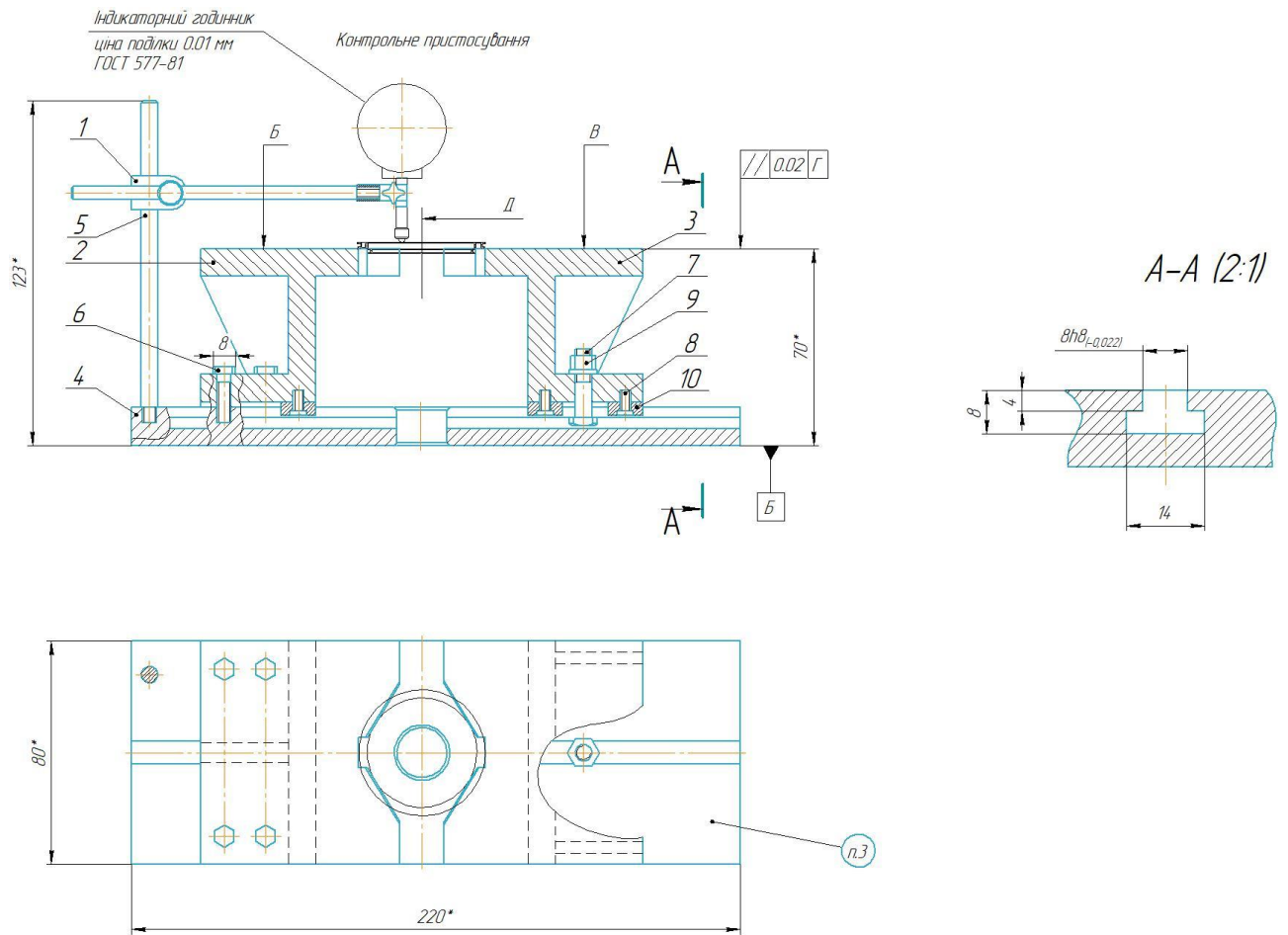


Рис. 4.3 – Контрольне пристосування

## 5 РОЗРАХУНОК ДЕТАЛІ НА МІЦНІСТЬ

Виконаємо статичний розрахунок деталі «Поршень» на міцність за допомогою сучасного САМ модулю.

Тривимірна модель показана на рисунку 5.1

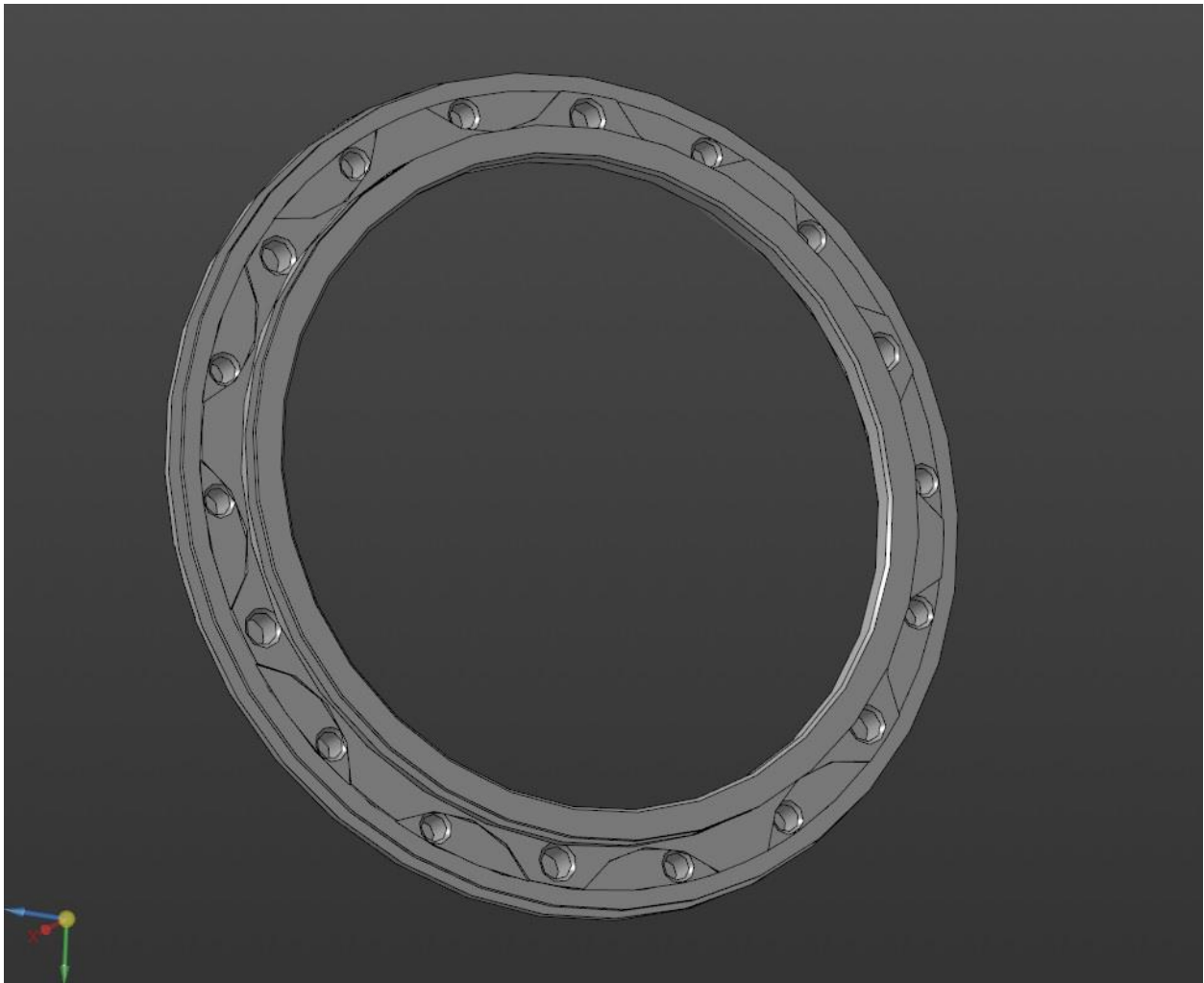


Рис. 5.1 – Тривимірна модель деталі «Поршень»

Виконуємо розбивку моделі сіткою кінцевих елементів (Рис. 5.2)



Рис. 5.2 – Модель розбита сіткою

Наступнім етапом визначаємо поверхню на яку буде задіян тиск. Оберемо торцьову поверхню. Силу тиску, яку прикладаємо буде складати 500 Н/мм.

Поверхня, я на яку прикладаємо тиск показана на рис. 5.3

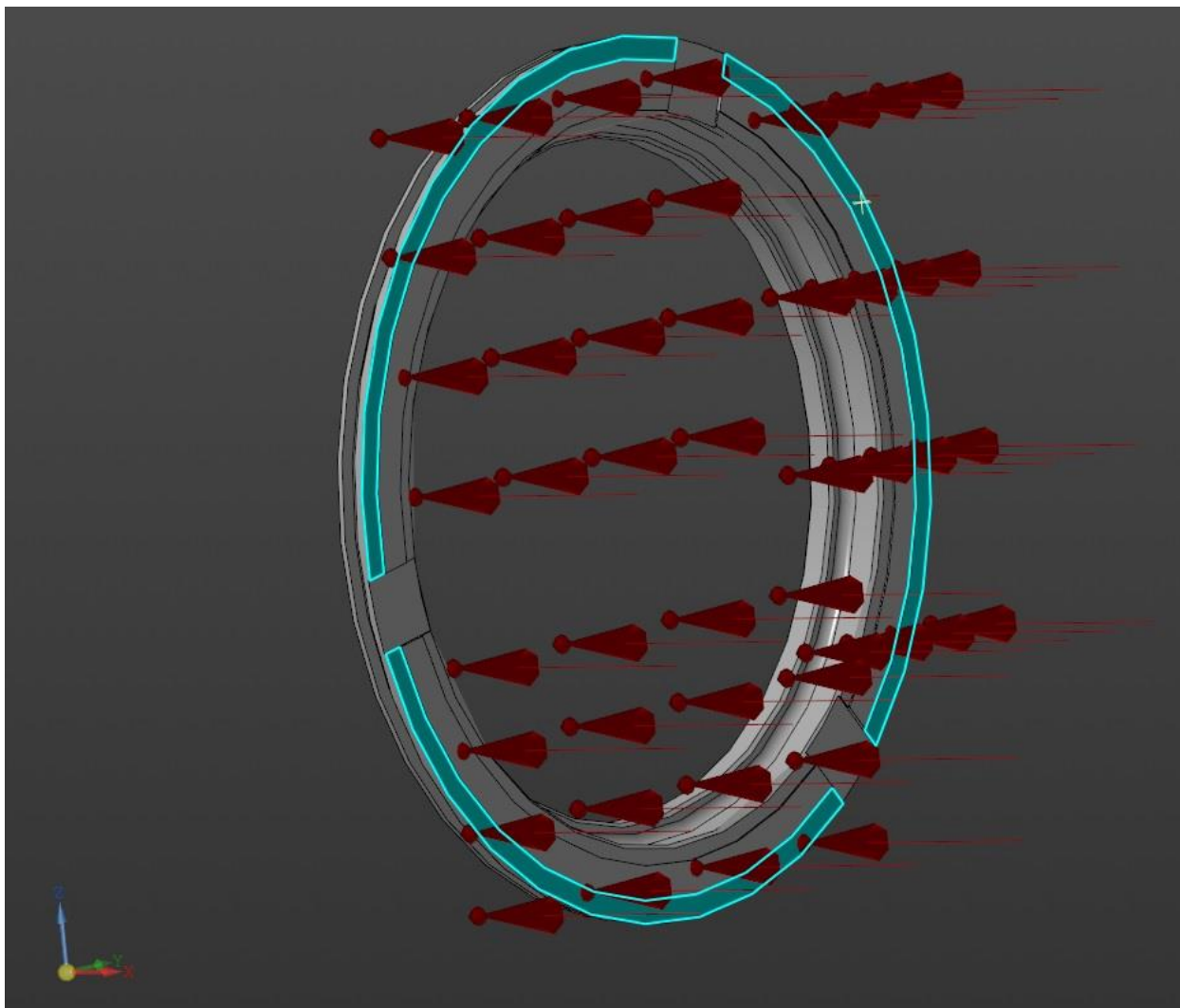


Рис. 5.3 – Тиск на торцьову поверхню

Далі прикладаємо обмеження, які не дають переміщуватись деталі в окремих напрямках. Прикладаємо обмеження на зворотній торець деталі.

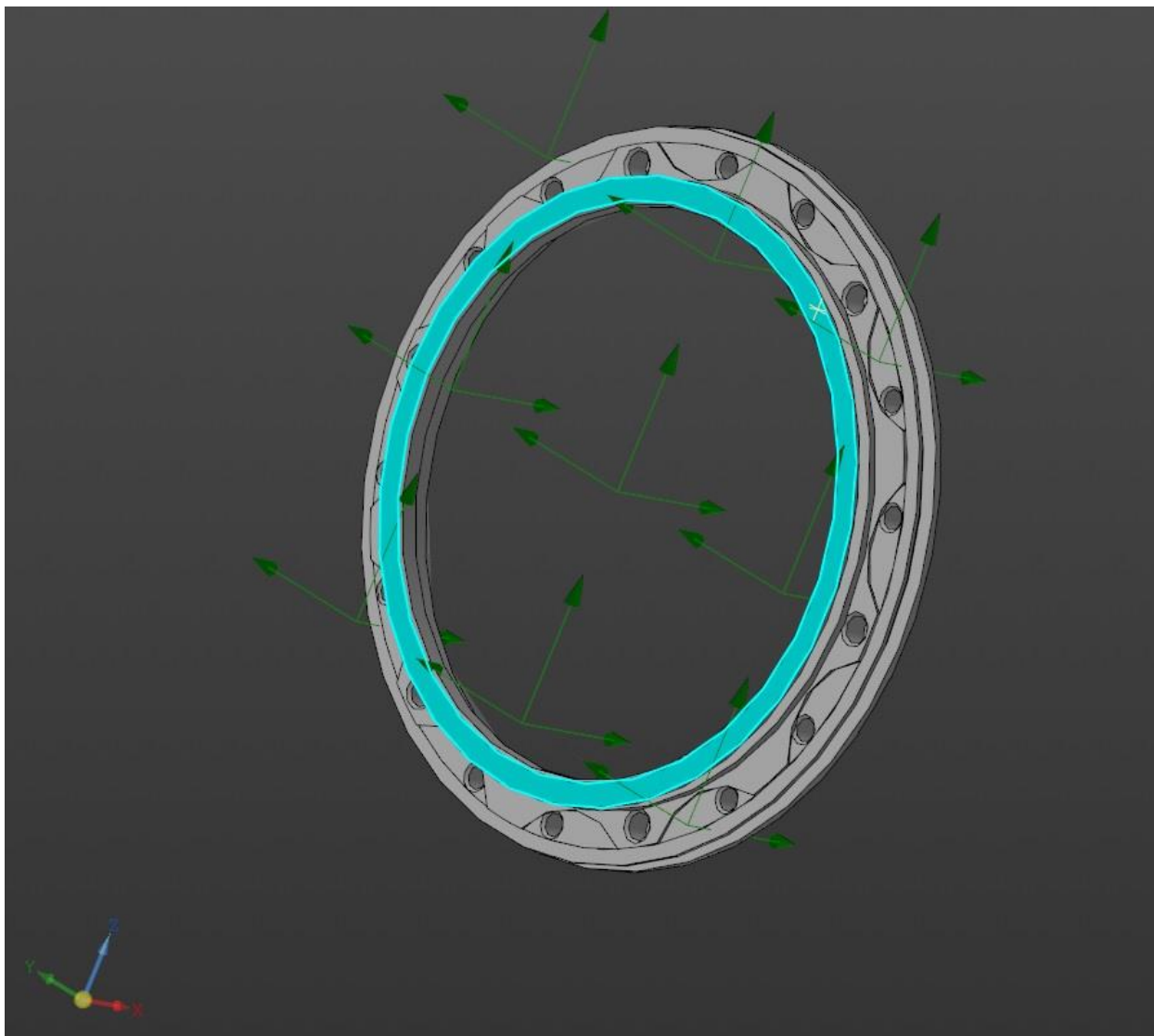


Рис. 5.4 – Закріплення деталі

Наступнім кроком виконуємо статичний розрахунок деталі на міцність.

Результати аналізу наведено на рис. 5.5 та рис. 5.6

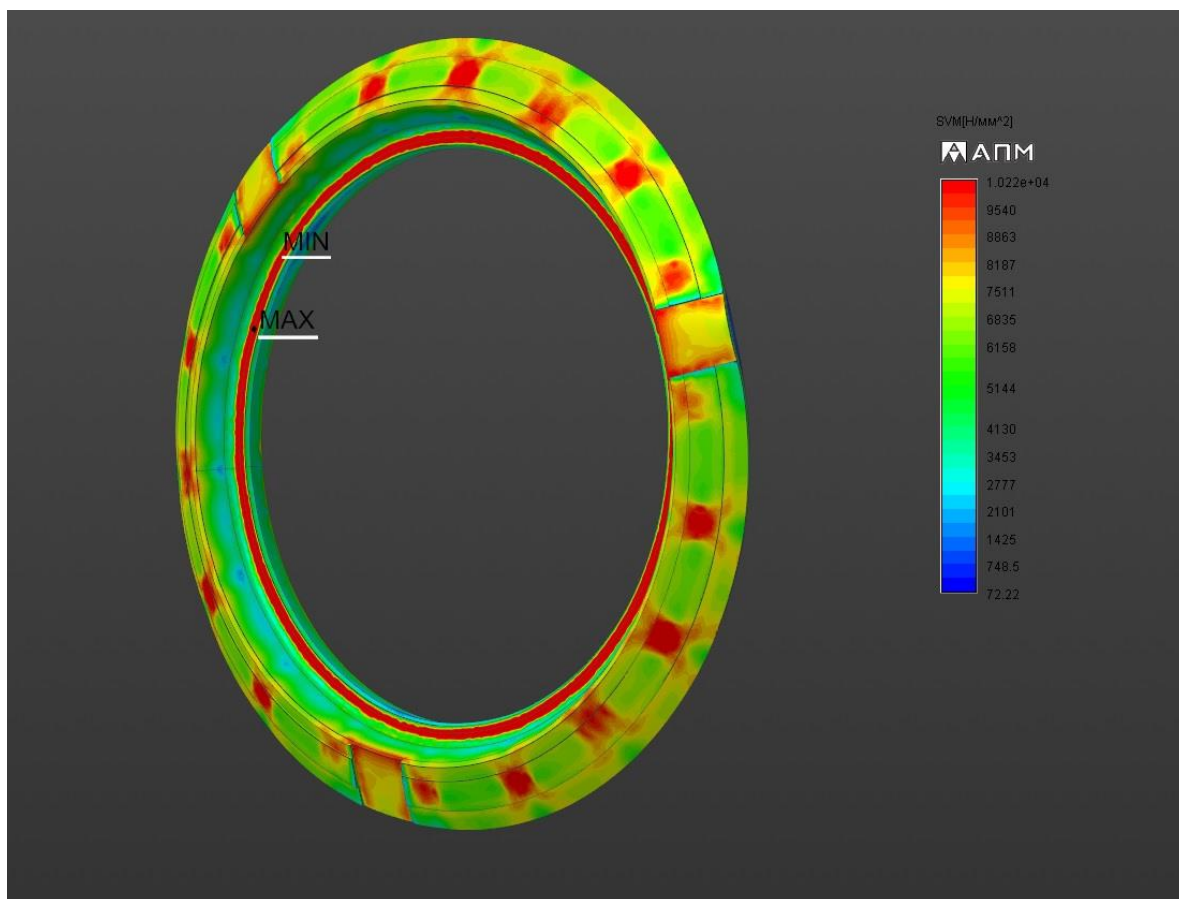


Рис. 5.5 – Результат аналізу на міцність

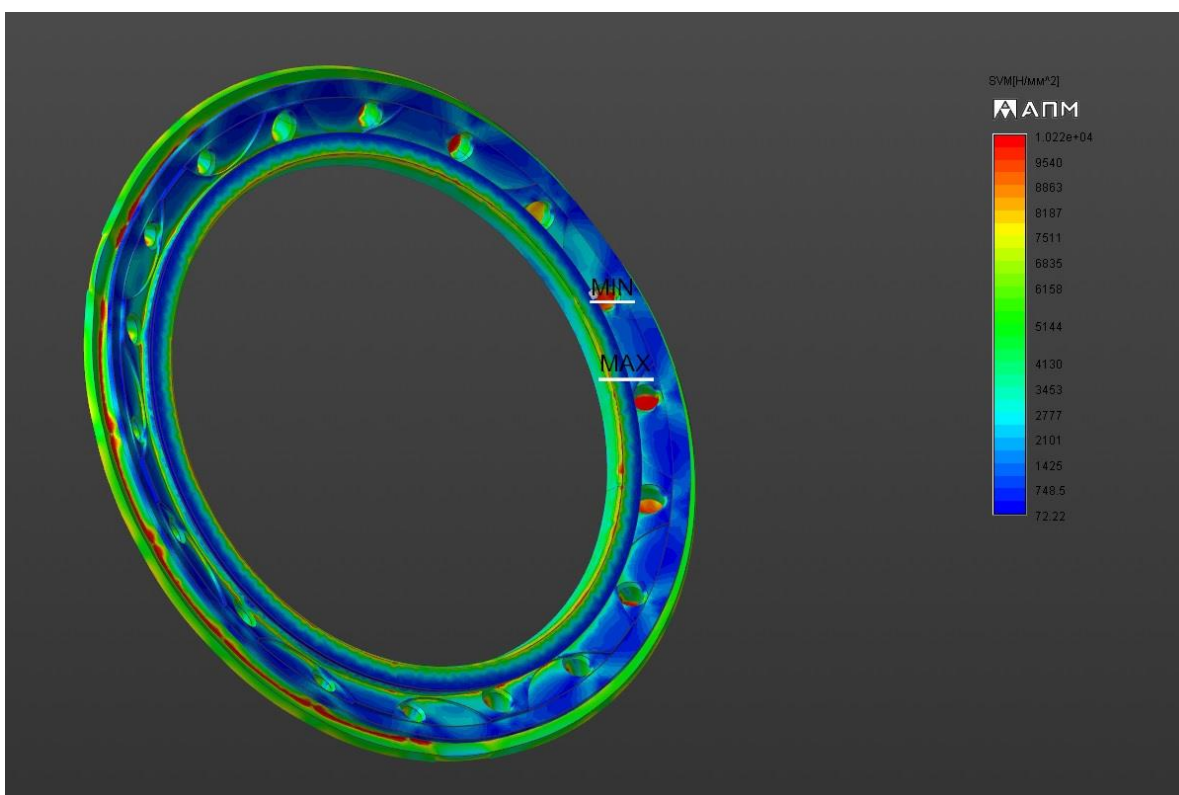


Рис. 5.6 – Результат аналізу на міцність з протилежного торця

## 6 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ АБО ЗАХОДІВ

### 6.1 Виробнича програма цеху

Трудомісткість річної виробничої програми визначається на основі норм часу обробки деталі розробленої технології, визначених у розробленому технологічному процесі, та інших деталей, прийнятих за даними підприємства.

Таблиця 6.1 - Виробнича програма цеху

Номер ділянки	Деталі	Трудо-місткість, $t_{шт-к}$ , година	Виробнича програма, шт.	Виробнича програма по трудомісткості, нормо-година
1	Деталь 1 (основна)	3,8840	6000	23304
	Деталі дозавантаження	-	-	125600
Всього по ділянці		-	-	148904
2	-	-	-	76400
3	-	-	-	102500
4	-	-	-	108500
Всього по цеху		-	-	436304

### 6.2 Вартість основних фондів цеху

Вартість основних фондів визначається окремо за наступними виробничими групами:

Група 1: будівлі; споруди; передавальні пристрої.

Група 2: виробниче обладнання; енергетичне обладнання; інформаційні системи; електронно-обчислювальні та інші машини для автоматичної обробки інформації.

Група 3: підйомно-транспортне обладнання.

Група 4: виробничий та господарський інвентар; інструмент і пристрої.

Група 5: малоцінні необоротні матеріальні активи.

Вартість виробничого обладнання (основного та допоміжного) визначається на основі розрахунків кількості необхідного обладнання на ділянці за технологією та в цілому по цеху, а також цін на обладнання. [34]

Результати розрахунків кількості обладнання на ділянці наведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Розрахунок кількості виробничого обладнання

Обладнання	Модель станка	Кількість обладнання	Вартість, грн		Потужність електродвигуна, кВт	
			Од. об-лад.	Загальна	Од. об-лад	Загальна
1	2	3	4	5	6	7
Виробниче обладнання (основне)						
Токарно-гвинторізний	1K62	1	83500	83500	8	8
Токарний з ЧПУ	АТПр2М12СН	10	250900	2509000	10	100
Внутрішньошліфувальний	S14	4	85700	342800	10	40
Внутрішньошліфувальний	RJ-23	1	91200	91200	8	8
Круглошліфувальний	3M151	15	95500	1432500	10	150
Горизонтально-фрезерний	6T80	3	98000	294000	8	24
Токарний п/а	1A730	2	102300	204600	10	20
Свердлильний	2H151	1	61200	61200	5	5
Фрезерний	6H82	2	95500	191000	6,5	13
Зубошліфувальний	SD-32X	3	103500	310500	10	30
Всього по ділянці		49	—	6165900	—	464,5

Кількість обладнання на інших ділянках цеху наведена в таблиці 6.3

На основі даних таблиці 6.2 визначаємо середню вартість одиниці обладнання, яка враховується при розрахунку загальної вартості основного виробничого обладнання цеху. [34]

$$C_{cp.ob.} = \frac{C_{обш.об.уч.}}{\sum C_{np}} = \frac{6165900}{49} = 125835 \text{ (грн.)}$$

Загальна вартість основного виробничого обладнання в цеху:

$$C = \frac{6165900}{49} \cdot 139 = 17491022 \text{ (грн.)}$$

Розраховуємо середню потужність електродвигунів одиниці основного виробничого обладнання в цілому по цеху. [34]

$$M_{\text{ср.об.}} = \frac{M_{\text{общ.об.уч}}}{\sum C_{\text{пр}}} = \frac{465}{49} = 9,48 \text{ (кВт)}$$

Загальна потужність основного виробничого обладнання в цеху:

$$M = \frac{465}{49} \cdot 139 = 1318 \text{ (кВт)}$$

Розраховуємо середню ремонтну складність одиниці основного виробничого обладнання в цілому по цеху.

$$P_{\text{ср.об.}} = \frac{P_{\text{общ.об.уч.}}}{\sum C_{\text{пр}}} = \frac{797}{49} = 16,27 \text{ (рем. од.)}$$

Загальна ремонтна складність основного виробничого обладнання в цеху:

$$P = \frac{797}{49} \cdot 139 = 2261 \text{ (рем.ед.)}$$

Розрахунок даних заносимо в табл. 6.3.

Таблиця 6.3 – Характеристика ділянок цеху

№ ділянки	Кількість обладнання	Загальна вартість, грн.	Загальна потужність, кВт	Загальна ремонтна складність
1	2	3	4	5
1	49	6165900	465	797

2	24	3020033	228	390
3	32	4026710	303	520
4	34	4278380	322	553
Всього	139	17491022	1318	2261

Вартість допоміжного обладнання визначаємо як 20% від вартості основного виробничого обладнання. [34]

Первісну вартість виробничого обладнання (основне виробниче обладнання та допоміжне обладнання) визначаємо множенням загальної його вартості на коефіцієнт транспортно-заготівельних витрат, рівний 1,2, і заносимо в табл. 4.4:

$$C_{np.ob.} = (17491022 + 17491022 \cdot 0,2) \cdot 1,2 = 25187072(\text{грн.})$$

$$S = S_{np} + S_{всп} \quad (6.1)$$

де  $S_{np}$ - площа цеху;

$S_{np}$  — виробнича площа цеху,  $m^2$ ;

$S_{всп}$  .— допоміжна площа цеху,  $m^2$ .

$$S = 4153 + 3623 = 7776 (m^2)$$

Вартість будівлі визначається за формулою:

$$Ц_{зд} = Ц_1 \cdot S_{np} + Ц_2 \cdot S_{всп} \quad (6.2)$$

де  $Ц_1$  - вартість виробничої площі;  $1m^2$

$Ц_2$  - вартість допоміжної площі.  $1m^2$

$$Ц_{зд} = 1000 \cdot 4153 + 800 \cdot 3623 = 7051400 (\text{грн.})$$

Розрахунок вартості інших груп основних фондів.

Вартість споруд виробничого та допоміжного характеру розраховують виходячи з вартості будівлі. Загальний обсяг цеху розраховують відповідно до його сортування.  $1м^2$

Вартість дороговартісного інструменту і пристосувань становлять 4% від його вартості виробничого устаткування; вартість виробничого інвентарю - 2% від вартості виробничого устаткування; вартість підйомно-транспортного обладнання приймають 3% від вартості виробничого устаткування; вартість господарського інвентарю - 4% від вартості будівель; вартість електронно-обчислювальних машин приймають 2 % від вартості будівель. [34]

Усі розрахунки зводимо в таблицю 6.4.

Таблиця 6.4 - Основні фонди цеха

Основні фонди	Первісна вартість осн. фондів, грн.	Структура, %	Строк служби, лет	Норма амортизації%	Амортизаційні обчислення за год, грн.
1	2	3	4	5	6
Будівлі	7051400	20,19	30	3	211542
Інструмент	1007483	2,88	4	25	251871
Виробничий інвентар	503741	1,44	5	20	100748
Господарський інвентар	282056	0,81	4	25	70514
підйомно-транспортне обладнання	755612	2,16	8	12,5	94452
Виробниче обладнання	25187072	72,11	10	10	2518707
Евм	141028	0,40	2	50	70514
Всього	34928393	100,00	-	-	3318348

### 6.3 Персонал. Розрахунок чисельності промислово-виробничого персоналу цеху

Під час розрахунку чисельності робітників необхідно враховувати найбільш раціональне використання трудових ресурсів, правильне співвідношення категорій персоналу, максимально можливе вивільнення працівників для використання їх на інших ділянках виробництва.

Чисельність промислово-виробничого персоналу цеху розраховується підсумовуванням чисельності працівників-відрядників, керівників, фахівців, службовців.

Чисельність основних виробничих робітників визначається розподілом трудомісткості річної виробничої програми на плановий ефективний фонд часу робітника. При цьому розраховують коефіцієнт виконання норм виробітку і багатостатного обслуговування. [34]

Чисельність робітників визначаємо за формулою:

$$R_{cd} = \frac{\sum t_{ш-кі} \cdot N_i}{\Phi_{эф}^{раб} \cdot K_{в.н.} \cdot K_{м.о.}} \quad (6.3)$$

де  $R_{cd}$  - середньооблікова кількість основних робітників-відрядників;

$t_{ш-кі}$  - штучно-калькуляційний час на обробку деталі;

$N_i$  - річна програма випуску кожної деталі;

$\Phi_{эф}^{раб}$  - ефективний фонд часу робітника;

$K_{в.н.}$  - коефіцієнт середній виконання норм;

$K_{м.о.}$  - коефіцієнт багатостатного обслуговування.

Чисельність основних робітників на розрахунковій дільниці:

$$R_{cd} = \frac{148904}{1860 \cdot 1,0 \cdot 1,2} = 66 \text{ (чоловік)}$$

Чисельність основних робочих на інших дільницях:

$$R_{cd} = \frac{287400}{1800 \cdot 1,0 \cdot 1,2} = 130 \text{ (чоловік)}$$

Сумарна кількість основних робітників у цеху:

$$R_{\Sigma} = 66 + 130 = 196 \text{ (чоловік)}$$

Чисельність допоміжних робітників за кожною професією може визначатися за нормами обслуговування і за робочими місцями:

- наладчик устаткування - їх кількість визначається залежно від кількості устаткування в цеху:

$$R_{нал} = \frac{\sum C_{np}}{H_o} \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{100}\right) \cdot K_{см} \quad (6.4)$$

де  $\sum C_{np} = 139$  - загальна кількість верстатів у цеху;

$H_o = 14$  станков - норма обслуговування одним наладчиком;

$\alpha = 5\%$  - втрати на відпустку і лікарняні листи.

$$R_{нал} = \frac{139}{14} \cdot \left(1 + \frac{5}{100}\right) \cdot 2 = 21 \text{ (чоловік)}$$

- слюсар з ремонту обладнання - чисельність залежить від одиниць ремонтної складності обладнання:

$$R_{сл.рем.} = \frac{\sum C_{np} \cdot P_{cp}}{H_o} \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{100}\right) \cdot K_{см} \quad (6.5)$$

де  $P_{cp}$  - середня складність роботи верстатів у цеху;

$H_o = 500$  - норма обслуговування одним слюсарем-ремонтником;

$$R_{сл.рем.} = \frac{2261}{500} \cdot \left(1 + \frac{5}{100}\right) \cdot 2 = 10 \text{ (чоловік)}$$

- верстатник з ремонту інструментів і пристроїв - чисельність залежить від кількості основних робітників:

$$R_{ст.рем.} = \frac{\sum R_{сд}}{H_o} \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{100}\right) \quad (6.6)$$

де  $H_o = 70$  - норма обслуговування;

$$R_{ст.рем.} = \frac{196}{70} \cdot \left(1 + \frac{5}{100}\right) = 3 \text{ (чоловіка)}$$

Розрахунок чисельності інших допоміжних робітників вестимемо за робочими місцями. Чисельність допоміжних робітників за професіями наведено в таблиці 6.8.

Сумарна чисельність допоміжних робітників у цеху дорівнює: 58 осіб.

Чисельність керівників, фахівців і службовців працівників визначається за штатним розписом і показана в таблиці 6.9. Загальна чисельність керівників, фахівців і службовців у цеху 62 особи. [34]

Результати визначення чисельності промислово-виробничого персоналу наведено в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Чисельність промислово-виробничого персоналу цеху

Категорії промислово-виробничого персоналу	Чисельність	% від загальної чисельності працюючих	% від чисельності основних виробничих робітників
1	2	3	4
Основні робочі	196	62,03	—

Допоміжні робочі	58	18,35	29,59
Усього робочих	254	80,38	—
Керівники	23	7,28	11,73
Спеціалісти	20	6,33	10,20
Службові	19	6,01	9,69
Усього по цеху	316	100,00	—

#### 6.4 Вартість основних матеріалів

Витрати на основні матеріали визначають за нормами витрат і цінами. Результати розрахунків заносимо в таблицю 6.6.

Таблиця 6.6 – Вартість основних матеріалів

	Матеріал	Маса заготовки, кг	Основна ціна на ма- теріал (заготовка), грн	Вартість матеріала на заготовку, грн	Відходи на деталь, кг	Ціна відходів, грн/т	Вартість відходів на деталь, грн	Вартість матеріала на деталь за різни- цею відходів, грн	Варт. матер. за різ- ницею відх. на про- граму
I дільниця									
Основна деталь	14ХГС Н2МА- Ш	4,7	13000	73,82	4,089	1300	5,32	68,51	411600
Деталі дозавантаження									2215462
Усього по I дільниці									2626522
II дільниця									1347622
III дільниця									1808001
IV дільниця									1913835
Усього по цеху									7695980

## 6.5 Визначення заробітної плати

Фонд заробітної плати розраховується за категоріями промислово-виробничого персоналу. При цьому необхідно забезпечити найбільш раціональне співвідношення заробітної плати окремих категорій працівників до їхньої кількості та якості праці та ефективного використання загального фонду заробітної плати. Тарифний фонд заробітної плати основних виробничих робітників визначають виходячи з трудомісткості річної виробничої програми цеху в нормо-годинах і середньої годинної тарифної ставки відрядника: [34]

$$Z_{cd}^{осн} = N_{осн} \cdot P_{осн} + \sum_{i=1}^n t_{шт-к_i} \cdot N_i \cdot C_{ср.сд} \quad (6.7)$$

Розрахунок розцінок за операціями на головну деталь.

Основна заробітна плата за одну деталь - розцінка визначається за формулою:

$$P_i = \sum_{i=1}^m t_{шт-к_i} \cdot C_i \quad (6.8)$$

де  $m$  - кількість операцій у технологічному процесі;

$C_i$  - годинна тарифна ставка робітника  $i$ -го розряду, грн./год;

Результати розрахунку заносимо у таблицю 6.7.

Таблиця 6.7 - Розрахунок розцінок за операціями (розрахункова деталь)

№ операції п/п	$t_{шт-к}$ , мін.	Розряд	Годинна тарифна ставка, грн.	Розцінка по опе- раціям, грн.
1	2	3	4	5
15	3,62	4	19,79	1,19
20	14,62	5	22,77	5,55
25	2,75	5	22,77	1,04
30	6,25	4	19,79	2,06
35	8,94	5	22,77	3,39
55	7,45	5	22,77	2,83
75	4,22	4	19,79	1,39
80	10,55	4	19,79	3,48
85	8,03	4	19,79	2,65
90	29,74	5	22,77	11,29
95	35,50	5	22,77	13,47
100	6,05	4	19,79	2,00
110	1,66	4	19,79	0,55
145	1,71	4	19,79	0,56
150	9,33	4	19,79	3,08
155	3,63	4	19,79	1,20
160	4,95	5	22,77	1,88
165	3,73	5	22,77	1,42
180	7,02	4	19,79	2,32
185	7,32	4	19,79	2,41
190	31,61	4	19,79	10,43
225	2,57	4	19,79	0,85
230	2,70	4	19,79	0,89
245	19,09	4	19,79	6,30
Всього	233,04	-	-	82,21

Середня ставка по цеху:

$$C_{\text{ср.з.}} = \frac{19,79 \cdot 17 + 22,77 \cdot 8}{24} = 20,7833 (\text{грн} / \text{час})$$

Тарифний фонд заробітної плати основних робітників:

$$З_{\text{сд}}^{\text{осн}} = 82,21 \cdot 6000 + 20,7833 \cdot 413000 = 9076791 \text{ (грн.)}$$

Розмір премій визначається як 50% від основної заробітної плати основних робітників:

$$П_{\text{сд}} = 9076791 \cdot 0,5 = 4538396 \text{ (грн.)}$$

Доплати приймаємо в розмірі 10% від основної заробітної плати основних робітників:

$$Д_{\text{сд}} = 9076791 \cdot 0,1 = 907679 \text{ (грн.)}$$

Тоді річний фонд оплати праці основних робітників:

$$\Phi ЗП_{\text{осн.р.}}^{\text{год}} = 9076791 + 4538396 + 907679 = 14522866 \text{ (грн.)}$$

Тарифний фонд заробітної плати допоміжних працівників (почасовиків) визначається за формулою:

$$З_{\text{нов.}} = \sum \Phi_{\text{эф}}^{\text{раб}} \cdot R_{\text{нов.}i} \cdot C_i \quad (6.9)$$

де  $R_{\text{нов.}i}$  - чисельність допоміжних робітників за  $i$ -м розрядом, осіб..

Результати розрахунку заносимо у таблицю 6.8.

Таблиця 6.8 – Розрахунок фонду заробітної плати допоміжних робітників

Найменування професій	Кількість робітників, люд	Розряд	Годинна тарифна ставка, грн./час
1	2	3	4
Наладчик обладнання	21	6	22,00
Слюсар по ремонту обладнання	10	4	16,59
Станочник по ремонту інстр. і приспособ.	3	4	16,59
Контролер	8	5	19,10
Кладовщик	4	4	16,59
Комплектувальник	4	4	16,59
Електромонтер	8	5	19,10
Усього	58	-	-

$$Z_{нов}^{осн} = (22,00 \cdot 21 + 19,10 \cdot 16 + 16,59 \cdot 21) 1860 = 2075741 \text{ (грн.)}$$

Розмір премій визначається як 40% від основної заробітної плати допоміжних робітників:

$$P_{нов} = 2075741 \cdot 0,4 = 830297 \text{ (грн.)}$$

Доплати приймаємо у розмірі 10% от тарифного фонда:

$$D_{нов} = 2075741 \cdot 0,1 = 207574 \text{ (грн.)}$$

Тоді річний фонд оплати праці допоміжних робітників:

$$\Phi ЗП_{нов}^{год} = 2075741 + 830297 + 207574 = 3113612 \text{ (грн.)}$$

Фонд заробітної плати керівників, фахівців і службовців визначається їхньою чисельністю та посадовими окладами згідно зі штатним розписом. [34]

Таблиця 6.9 - Категорії та оклади керівників, фахівців і службовців

Категорії	Чисельність	Оклад, грн.
1	2	3
Начальник цеха	1	20000
Зам. начальника цеха	2	15400
Начальник зміни	1	13200
Начальник техбюро	1	13600
Начальник БТіЗП	1	13500
Начальник ПЕБ	1	12000
Начальник ПДБ	1	12000
Головний механік	1	11900
Головний енергетик	1	11870
Головний технолог	1	12020
Старший майстер	4	13340
Змінний майстер	8	12240
Інженер-технолог	4	11400
Інженер-механік	4	10800
Економіст	2	11500
Бухгалтер	2	10560

Нормувальник	4	10800
Распредработ	4	11500
Табельщик	4	12450
Кладовщик	4	10560
Здатчик готової продукції	4	10300
Секретар	2	11890
Диспетчер	1	10680
Прибиральник	4	9800
Усього	62	-

Премії для керівників становлять 50% від окладу, для спеціалістів - 35%, для службовців - 25%, доплати - 5% від окладу. [34]

Таблиця 6.10 – Річний фонд заробітної плати керівників, фахівців і службовців

Категорії робітників	Чисельність, чел.	Фонд з/п по окладам, грн.	Додаткова з/п		Річний фонд з/п, грн.	Серед-ня з/п, грн.
			Доплати, грн.	Премії, грн.		
1	2	3	4	5	6	7
Начальник цеха	1	88440	4422	44220	137082	20423,5
Зам. начальника цеха	2	161040	8052	80520	249612	16400,5
Начальник зміни	1	60720	3036	30360	94116	17843,0
Начальник техбюро	1	60720	3036	30360	94116	14843,0
Начальник БТіЗП	1	60720	3036	30360	94116	14843,0

Начальник ПЭБ	1	60720	3036	30360	94116	14843,0
Начальник ПДБ	1	60720	3036	30360	94116	14843,0
Головний механік	1	60720	3036	30360	94116	14843,0
Головний енергетик	1	60720	3036	30360	94116	14843,0
Головний технолог	1	60720	3036	30360	94116	13843,0
Старший майстер	4	232320	11616	116160	360096	12502,0
Змінний майстер	8	464640	23232	232320	720192	12502,0
Інженер-технолог	4	216480	10824	75768	303072	12314,0
Інженер-механік	4	211200	10560	73920	295680	12160,0
Економіст	2	91200	4560	31920	127680	12320,0
Бухгалтер	2	91200	4560	31920	127680	12320,0
Нормувальник	4	182400	9120	63840	255360	11320,0
Распредработ	4	148800	7440	52080	208320	10340,0
Табельщик	4	129600	6480	32400	168480	10510,0
Кладовщик	4	129600	6480	32400	168480	10510,0
Здатчик готової продукції	4	129600	6480	32400	168480	10510,0
Секретар	2	58800	2940	14700	76440	10185,0
Диспетчер	1	26400	1320	6600	34320	10860,0
Прибиральник	4	72000	3600	18000	93600	10950,0
Усього	62	2919480	145974	1182048	4247502	15709,0

Складаємо зведену відомість з праці та заробітної плати (табл. 6.11), у якій зазначаємо фонд заробітної плати за категоріями і загальний фонд, чисельність працюючих та їхній середній заробіток. [34]

Таблиця 6.11 – Фонд заробітної плати ППП цеха

№	Категорії робітників	Кількість робітників	Тарифний фонд з/п и по окладам, грн.	Додаткова з/п		Річний фонд з/п, грн.	Середня з/п, грн.
				Доплати, грн.	Премії, грн.		
1	Основні виробничі робітники	196	9076791	907679	4538396	14522866	16174
2	Допоміжні робітники	58	2075741	207574	830297	3113612	14473
3	Керівники	23	1432200	71610	716100	2219910	18043
4	Спеціалісти	20	941280	47064	329448	1317792	12490
5	Службові	19	546000	27300	136500	709800	12113
Усього		316	14072013	1261227	6550740	21883980	15771

## 6.6 Визначення собівартості продукції

Виробничу собівартість продукції визначають за калькуляційними статтями, які підрозділяють на одноелементні та комплексні. [34]

Одноелементні витрати:

- основні матеріали (табл. 6.6.);
- витрати на заробітну плату основних виробничих робітників (табл. 6.11);

- внески на соціальні заходи, які визначаються у відсотках до попередньої статті, згідно з чинним законодавством України;

Комплексна стаття:

- загальновиробничі витрати.

### 6.6.1 Визначення загальновиробничих витрат

Розрахунок статей загальновиробничих витрат здійснюється таким чином. Усі результати заносимо в табл. 6.12.

Стаття 1 «Витрати на управління виробництвом».

Сума витрат за цією статтею визначається за формулою:

$$Z_{ЗПРС} = ФЗП_{РС} \cdot K_c, \quad (6.10)$$

де  $ФЗП_{РС}$  - річний фонд заробітної плати керівників, фахівців (табл. 6.11), грн.;

$K_c$  - коефіцієнт відрахувань єдиного соціального внеску згідно із законодавством України.

$$Z_{ЗПРС} = 35377021,22 = 4315996 \text{ (грн.)}$$

Стаття 2 «Амортизація основних засобів загальновиробничого призначення».

Витрати за цією статтею визначаються підсумовуванням амортизаційних відрахувань будівель, господарського інвентарю, електронно-обчислювальних машин у табл. 6.4.

$$Z_{АМОС} = 211542 + 70514 + 70514 = 352570 \text{ (грн.)}$$

Стаття 3. «Витрати на утримання, експлуатацію та ремонт основних засобів загальновиробничого призначення».

Витрати за цією статтею визначаються підсумовуванням:

- витрат на допоміжні матеріали, які укрупнено визначаються в розмірі 3% від первісної вартості будівель:

$$Z_{\text{всм}} = 0,037051400 \cdot = 211542 \text{ (грн.)}$$

- витрат на поточний ремонт основних фондів цеху, який укрупнено визначається в розмірі 5% від первісної вартості основних фондів:

$$Z_{\text{рос}} = 0,0534928393 \cdot = 17446420 \text{ (грн.)}$$

- витрати на утримання та експлуатацію обладнання, які визначаються за елементами:

1. «Експлуатація обладнання»:

- витрати на силову електроенергію:

$$Z_{\text{эл.}} = C_{\text{эл.}} \cdot \frac{M \cdot \Phi_{\text{эф}}^{\text{об}} \cdot K_{\text{зсп}} \cdot K_{\text{зм}} \cdot K_{\text{од}}}{K_{\text{кпд}}} \quad (6.11)$$

де  $C_{\text{эл.}}$  — ціна 1 кВт енергії, грн.;

$M$  - сумарна потужність обладнання у цеху, кВт;

$\Phi_{\text{эф}}^{\text{об}}$  — річний фонд часу роботи верстата, год;

$K_{\text{зсп.}}$  — середній коефіцієнт завантаження обладнання в часі;

$K_{\text{з.м.}}$  — коефіцієнт завантаження за потужністю;

$K_{\text{од.}}$  — коефіцієнт одночасної роботи обладнання;

$K_{\text{кпд}}$  — коефіцієнт корисної дії.

$$Z_{\text{эл.}} = 1,5894 \cdot 1318 \cdot 4000 \cdot 0,79 \cdot 0,8 \cdot 0,9 / 0,78 = 6108894 \text{ (грн.)}$$

- витрати на стиснуте повітря:

$$Z_{\text{ж.в.}} = C_{\text{с.в.}} \cdot q \cdot \Phi_{\text{эф}}^{\text{об}} \cdot \Sigma C_{\text{пр}} \cdot K_{\text{зсп.}} \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (6.12)$$

де  $C_{\text{с.в.}}$  — ціна одного кубометра стиснутого повітря, грн/м<sup>3</sup>;

$\Phi_{\text{эф}}^{\text{об}}$  — річний ефективний фонд часу, год;

$C_{np}$  – встановлена кількість верстатів у цеху;

$K_{з.ср.}$  – середній коефіцієнт завантаження обладнання в часі;

$K_2$  – коефіцієнт, що враховує кількість верстатів, які використовують стиснене повітря;

$K_3$  - коефіцієнт, що враховує витік стисненого повітря.

$$З_{ж.в.} = 0,39931040001390,790,61,5 = 1578497 \text{ (грн.)}$$

- витрати на технічну воду для виробничих цілей:

$$З_{тех.в} = Ц_в \cdot (Q_1 + Q_2) \quad (6.13)$$

де  $Ц_в$  - ціна одного кубометра води, грн.; [34]

$Q_1$  - вода на приготування охолоджувальних рідин:

$$Q_1 = \frac{q_{в1} \cdot \sum C_{np} \cdot \Phi_{эф}^{об} \cdot K_{з.ср.}}{1000} \quad (6.14)$$

де  $q_{в1} = 1,3 \text{ л/час}$  - расход води на один станок;

$$Q_1 = \frac{1,3 \cdot 139 \cdot 4000 \cdot 0,79}{1000} = 571,0 (\text{м}^3)$$

$Q_2$  - вода на промивання деталей в баках:

$$Q_2 = \frac{q_{в2} \cdot \Phi_{эф}^{об}}{1000} \quad (6.15)$$

де  $q_{в2} = 200 \text{ л/час}$  - расход води на промивання;

$$Q_2 = \frac{200 \cdot 4000}{1000} = 800,0 (\text{м}^3)$$

$$З_{тех.в} = 5,84 \cdot (571,0 + 800,0) = 8007 \text{ (грн.)}$$

- витрати на пар для виробничих цілей:

$$З_n = Ц_n \cdot d_n \cdot Q_1 \quad (6.16)$$

де  $C_n$  - ціна 1 Гкал пару, грн.;

$d_n$  - расход пару, Гкал.

$$Z_n = 1314,33 \cdot 0,19 \cdot 571,0 = 142595 \text{ (грн.)}$$

- витрати на допоміжні матеріали визначаються укрупнено в розмірі 2% від вартості основних матеріалів. [34]

$$Z_{всМ} = 0,027695980 = \cdot 153920 \text{ (грн.)}$$

## 2. Витрати на заробітну плату допоміжних робітників

Витрати на заробітну плату допоміжних робітників з урахуванням єдиного соціального внеску:

$$Z_{ЗПвсР} = \Phi ЗП_{нов}^{осн} \cdot K_c \quad (6.17)$$

де  $\Phi ЗП_{нов}^{осн}$  - річний фонд заробітної плати (основний і додатковий) допоміжних робітників (табл. 6.11), грн.;

$K_c$  - коефіцієнт відрахувань єдиного соціального внеску згідно із законодавством України.

$$Z_{ЗПвсР} = 3113612 \cdot 1,22 = 3798607 \text{ (грн.)}$$

## 3. «Знос малоцінних інструментів та обладнання».

Суму витрат за цією статтею укрупнено можна визначити: для обладнання в розмірі 4% від його первісної вартості, а для інструменту - 5% його вартості.

$$Z_{Инст.Об.} = 0,0425187072 \cdot +0,05 \cdot 1007483 = 1057857 \text{ (грн.)}$$

## 4. «Амортизація виробничого обладнання, цінного інструменту, виробничого інвентарю та підйомно-транспортних засобів».

Сума витрат за цією статтею визначена в табл. 6.4.

$$Z_{Ам} = 2518707 + 251871 + 100748 + 94452 = 2965778 \text{ (грн.)}$$

## 5. «Поточний ремонт обладнання та підйомно-транспортних засобів». [34]

Укрупнено суму витрат за цією статтею можна визначити в розмірі 1,5-2% від первісної вартості обладнання та підйомно-транспортних засобів. [34]

$$Z_p = 0,02(25187072 \cdot +755612) = 518854 \text{ (грн.)}$$

Розрахунки зведемо у табл. 6.12.

Таблиця 6.12 – Витрати на утримання та експлуатацію обладнання

Елементи витрат	Сума, грн.
1	2
1. Експлуатація обладнання	7991912
витрати на силову електроенергію	6108894
витрати на стиснуте повітря	1578497
витрати на технічну воду для виробничих цілей	8007
витрати на пар для виробничих цілей	142595
витрати на допоміжні матеріали	153920
2. Витрати на заробітну плату допоміжних робітників	3798607
3. Знос малоцінних інструментів та обладнання	1057857
4. Амортизація виробничого обладнання, цінного інструменту, виробничого інвентарю та підйомно-транспортних засобів	2965778
5. Поточний ремонт обладнання та підйомно-транспортних засобів	518854
Усього витрат на утримання та експлуатацію обладнання	16333007

Розрахунок витрат за статтею 3. «Витрати на утримання, експлуатацію та ремонт основних засобів загальнопромислового призначення» зводяться в табл. 6.13.

Таблиця 6.13 - Витрати на утримання, експлуатацію та ремонт основних засобів загальновиробничого призначення

Елементи витрат	Сума, грн.
1. Витрати на допоміжні матеріали	211542
2. Витрати на поточний ремонт основних фондів ділянки	1746420
3. Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	16333007
Усього витрат по статті 3	18290969

Стаття 4 «Витрати на опалення, освітлення, водопостачання, водопостачання та інші послуги з утримання виробничих приміщень».

Витрати за цією статтею визначаються підсумовуванням таких елементів витрат:

- витрати на енергію для освітлення:

$$Z_{\text{ен.осв}} = \rho \cdot W \cdot \Phi_{\text{осв}} \cdot Ц_{\text{э}} \quad (6.18)$$

де  $\rho$  - площа цеха, м<sup>2</sup>;

$W$  - потужність необхідна для освітлення площі ділянки, Вт; 1м<sup>2</sup>

$\Phi_{\text{осв}}$  - річний фонд часу роботи освітлювальної системи, год;

$$Z_{\text{ен.осв}} = 7776 \cdot 20 \cdot 2100 \cdot 1,5894 / 1000 = 519085 \text{ (грн.)}$$

- витрати на воду для побутових потреб визначають із розрахунку 25 літрів на одну людину на зміну для споживання і 40 літрів на одну людину на зміну для душових.

$$Z_{\text{быт.в}} = Ц_{\text{в.н.}} \cdot (q_{\text{сп}} \cdot \sum R + q_{\text{д}} \cdot \sum R) \cdot K_{\text{раб.дн.}} \quad (6.19)$$

де  $q_{\text{сп}}$  - норма на одну людину у зміну для пиття, л;

$q_{\text{д}}$  - норма для одну людину у зміну для душа, л;

$\sum R$  - кількість людей, працюючих у цеху, чол;

$K_{\text{раб.дн.}}$  - кількість робочих днів у році, дн.;

$C_{в.п.}$  - ціна питної води, грн.  $1\text{м}^3$

$$Z_{\text{бит.в}} = 9,53 \cdot (25465 + 6225) \cdot 251 / 1000 = \dots 43200 \text{ (грн.)}$$

- витрати на пар для опалення:

$$Z_{n.om} = C_n \cdot H_{BT} \cdot T_{OP} \cdot V_{OP} \cdot 10^{-6} \quad (6.20)$$

де  $H_{BT}$  – годинні витрати тепла на будівлю, Гкал;  $1\text{м}^3$

$T_{OP}$  - кількість годин опалення, ч;

$V_{OP}$  - обсяг опалювального приміщення,  $\text{м}^3$ ;

$C_n$  - ціна 1 Гкал пара, грн.

$$Z_{n.om} = 1314,33 \cdot 25 \cdot 4320 \cdot 58320 \cdot 10^{-6} = 8278386 \text{ (грн.)}$$

$$Z_{\text{СПП}} = 519085 + 43200 + 8278386 = 8840672 \text{ (грн.)}$$

Стаття 5. «Витрати на обслуговування виробничого процесу»

Витрати на заробітну плату службовцям з урахуванням єдиного соціального внеску

$$B_{\text{ЗПсл}} = \Phi\text{ЗП}_{\text{сл}} \cdot K_c \quad (6.21)$$

де  $\Phi\text{ЗП}_{\text{сл}}$  – річний фонд заробітної плати (основний і додатковий) службовців (табл. 6.11), грн.;

$K_c$  – коефіцієнт відрахувань єдиного соціального внеску згідно із законодавством України.

$$B_{\text{ЗПсл}} = 7098001,22 = 865956 \text{ (грн.)}$$

Стаття 6. «Витрати на охорону праці, техніку безпеки».

Сума витрат за цією статтею визначається в розмірі 1% від річного фонду заробітної плати всіх працюючих (табл. 6.11).

$$Z_{\text{охр.тр}} = 0,0121883980 \cdot \dots = 218840 \text{ (грн.)}$$

Стаття 7. «Витрати на вдосконалення технології та організації виробництва».

Сума витрат за цією статтею визначається в розмірі 1-10% від річного фонду заробітної плати всіх працюючих (табл. 6.11).

$$Z_{\text{усв}} = 0,0521883980 \cdot = 1094199 \text{ (грн.)}$$

Стаття 8. «Витрати на внутрішнє переміщення матеріалів і деталей».

Витрати за цією статтею визначаються укрупнено в розмірі 3% від вартості матеріалів.

$$Z_{\text{перемещ}} = 0,037695980 = 230879 \text{ (грн.)}$$

Стаття 9. «Інші витрати».

Укрупнено суму витрат за цією статтею можна визначити в розмірі 5% від суми витрат за статтями 1-8.

$$Z_{\text{др}} = 0,0534210082 = 1710504 \text{ (грн.)}$$

Таблиця 6.14 – Кошторис загальновиробничих витрат

Показник	Сума, грн.
1	2
1. Витрати на управління виробництвом, зокрема:	4315996
витрати на оплату труда	3537702
внески на соціальні заходи	778294
2. Амортизація основних засобів загальновиробничого призначення	352570
3. Витрати на утримання, експлуатацію та ремонт основних засобів загальновиробничого призначення	18290969
4. Витрати на опалення, освітлення, водопостачання, водопостачання та інші послуги з утримання виробничих приміщень	8840672
5. Витрати на обслуговування виробничого процесу	865956
6. Витрати на охорону праці, техніку безпеки	218840
7. Витрати на вдосконалення технології та організації виробництва	1094199

8. Витрати на внутрішнє переміщення матеріалів і деталей	230879
9. Інші витрати	1710504
Сума загальновиробничих витрат	35920586

Загальновиробничі витрати на собівартість окремих деталей розподіляють пропорційно тарифній заробітній платі основних виробничих робітників за формулою:

$$\% ОПЗ = \frac{\sum ОПЗ}{З_{осн}} \cdot 100\% = \frac{35920586}{9076791} \cdot 100\% = 395,74\%$$

Розмір виробничих витрат, що припадають на одиницю виробу, визначається за формулою:

$$ОПЗ_{дет} = \frac{\% ОПЗ}{100} \cdot \sum P_i = \frac{395,74}{100} \cdot 82,21 = 325,35(\text{грн.})$$

### 6.6.2 Складання калькуляції собівартості продукції

Калькуляцію собівартості продукції складаємо за таблицею 6.15.

Таблиця 6.15 - Калькуляція собівартості продукції

№	Статті калькуляції собівартості	Усього по цеху, грн.	Основна деталь	
			на програму, грн.	на одиницю, грн.
1	2	3	4	5
1	Основні матеріали за вирахуванням відходів	7695980	411060	68,51

2	Основна з/п основних виробничих робітників	9076791	493260	82,21
3	Додаткова з/п основних робітників	5446075	295980	49,33
4	Єдиний соціальний внесок	3195031	173640	28,94
5	Загальновиробничі витрати	35920586	1951200	325,35
	Виробнича собівартість	61334463	3325140	554,34

## 6.7 Техніко-економічні показники роботи цеху

За результатами виконаних розрахунків заповнюємо таблицю 6.16.

Таблиця 6.16 - Техніко-економічні показники роботи цеху

Показники	Одиниця вимірювання	Показники проєктованого цеху
I Абсолютні		
Річний випуск продукції:		
- у натуральному вираженні (розрахункова деталь)	шт.	6000
- за трудомісткістю	н/ч	436304
- за виробничою собівартістю	грн.	61334463
Вартість основних фондів цеху	грн.	34928393
у т.ч. виробниче обладнання	грн.	25187072
Площа цеху	м <sup>2</sup>	7776
в т.ч. виробнича	м <sup>2</sup>	4153
Кількість обладнання	шт.	139

Питома площа на одиницю обладнання	м <sup>2</sup>	30
Чисельність промислово-виробничого персоналу	люди	316
у т.ч. основних робітників	люди	196
II Відносні		
- нормо-час на людину	н-ч/люд.	2226
- в грошовому вираженні за виробничою собівартістю	грн./люд.	312931
- нормо- час на людину	н-ч/люд.	1381
- у грошовому вираженні за виробничою собівартістю	грн./люд.	194096
Випуск продукції на виробничій площі м <sup>2</sup>	грн/ м <sup>2</sup>	14769
Трудомісткість виготовлення одиниці основної продукції	ч	3,8840
Середній коефіцієнт завантаження обладнання цеху		0,79
Середній коефіцієнт завантаження обладнання на розрахунковій ділянці		0,76
Коефіцієнт використання металу		0,71
Фондовіддача	грн.	1,76
Фондоозброєність	грн./люд.	110533
Виробнича собівартість одиниці основної продукції (розрахункова деталь)	грн.	554,34

## 7 ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

У дипломному проекті передбачено організацію механічного цеху з виробництва деталі типу «Поршень». Під час роботи в цьому цеху можуть виникати різної тяжкості небезпеки.

У процесі механічного оброблення деталей на токарних, фрезерувальних, свердлильних, шліфувальних та інших верстатах може виникнути низка небезпечних і шкідливих чинників, що класифікуються ГОСТом 12.0.003-74 (1999) «ССБТ. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Класифікація». Згідно з цією класифікацією виділяють фізичні, хімічні, психофізіологічні та біологічні небезпеки. З метою запобігання їхньому негативному впливу проводиться аналіз потенційних небезпек, які через різні обставини можуть перейти в реальні небезпеки, характерні для робіт механічного цеху.

### 7.1 Аналіз потенційних небезпек

До фізичних небезпек належать:

1. Рухомі частини виробничого обладнання, заготовки та деталі, що пересуваються. У разі недостатньої уваги персоналу і порушення інструкцій під час роботи з рухомими механізмами можливі механічні травми, удари, порізи різного ступеня тяжкості.
2. Під час роботи з деталями, що мають гострі кромки, шорсткості, задирки та за відсутності засобів індивідуального захисту, можуть бути порізи і садна.
3. До механічних травм може призвести зниження уваги співробітників.
4. Підсковзування і падіння персоналу на слизьких, вологих підлогах або під час ходьби в незручному взутті, що не відповідає посадовим інструкціям.

5. Поширеним видом травми є травма очей частинками металевого пилю, стружкою, що відлітає під час оброблення деталей, осколками ріжучого інструменту, частинками абразиву в разі виконання робіт або прибирання робочого місця без захисних окулярів.

6. Ураження електричним струмом, у зв'язку з невиконанням правил техніки безпеки під час роботи з електроустаткуванням (електродвигуни, установки індукційного нагріву деталей, струмоведучі шини, рубильники, світильники, вентилятори), за відсутності захисного заземлення.

До санітарно-гігієнічних належить недостатнє або нераціональне освітлення робочих місць. Тривала робота в таких умовах призводить до захворювань органів зору. З огляду на значні площі механічних цехів, на багатьох робочих місцях недостатньо і природного освітлення, що також з плином часу призводить до погіршення зору. Однак, найчастіше погіршення зору спостерігається у спеціалістів, які постійно працюють з комп'ютерною технікою.

Наявність металевого та абразивного пилю в повітрі робочої зони механічного цеху призводить до хронічних захворювань дихальних шляхів, збільшення частоти застудних захворювань у співробітників, до профзахворювань.

Низькі температури в цеху в холодну пору року, підвищена вологість і швидкість руху повітря, що перевищують норму вдвічі - втричі, можуть призвести до зниження імунітету працівників та зростання застудних захворювань.

Існує ймовірність виникнення пожеж у разі несправності електричного обладнання, а також у разі порушення правил пожежної безпеки.

Неправильна поведінка персоналу в умовах надзвичайних ситуацій, під час ліквідації наслідків катастроф, аварій, нещасних випадків, може призвести до травм різного ступеня тяжкості і навіть загибелі людей.

## 7.2 Заходи щодо забезпечення техніки безпеки

Згідно із Законом України «Про охорону праці» лабораторно-інструментальні дослідження фізичних, хімічних, біологічних і психофізіологічних факторів виробничого процесу проводять організації, атестовані Міністерством охорони здоров'я України, акредитовані органами Держстандарту України. За результатами атестації робочих місць визначаються відхилення від рекомендацій нормативно-правових актів і розробляються заходи щодо забезпечення безпечних і комфортних умов праці. Якщо заходи недостатньо ефективні, співробітникам виплачуються компенсації, розмір яких також встановлюється під час атестації робочих місць.

Для забезпечення безпеки передбачено використовувати обладнання відповідно до ГОСТ 12.2.003-91. ССБТ. «Обладнання виробниче. Загальні вимоги безпеки».

Згідно з ГОСТом враховано:

- 1) Усе обладнання безпечно під час транспортування, монтажу, експлуатації та ремонту.
- 2) Температура зовнішніх поверхонь обладнання не перевищує 40, якщо більше застосовуються захисне огороження, видаються спеціальні костюми відповідно до ГОСТ 12.4.221-2002 ССБТ «Одяг спеціальний для захисту від підвищених температур теплового випромінювання, конвективної теплоти. Загальні технічні вимоги».
- 3) Обладнання безпечно для навколишнього середовища.

Усі застосовані в машинобудуванні пристрої поділяють на кілька груп: огорожувальні, запобіжні, блокуючі, сигналізаційні. Блокувальні пристрої застосовують на верстатах із ЧПК (ГОСТ 12.4.155-85 ССБТ «Пристрої захисного відключення. Класифікація. Загальні технічні вимоги»). На всіх токарних верстатах використовуються огорожувальні пристрої у вигляді захисних екранів різних конструкцій із прозорих матеріалів. Вони розташовуються

навколо верстатів і призначені для ізоляції систем приводу машин і агрегатів, зони оброблення заготовок, огороження струмоведучих частин, зон інтенсивного випромінювання, зон виділення шкідливостей, огороження робочої зони на висоті. Внутрішня поверхня огорожі пофарбована в яскраві кольори відповідно до ГОСТ 12.2.062-81 ССБТ. «Обладнання виробниче. Огороження захисні», ГОСТ 12.4.026-76 «Кольори сигнальні та знаки безпеки». У червоний колір фарбують сигнальні лампочки, що попереджають про небезпеку, кнопку «стоп», протипожежний інвентар, струмоведучі шини. Для підйомно-транспортного устаткування, які можуть перебувати на проїжджій частині, допускається застосовувати попереджувальне забарвлення у вигляді червоних і білих смуг, що чергуються.

У жовтий - елементи будівельних конструкцій, які можуть бути причиною отримання травм персоналом, внутрішньозаводський транспорт, огорожі, що встановлюються на межах небезпечних зон. У зелений колір фарбують сигнальні лампи, двері евакуаційних і запасних виходів, конвеєри.

Проектована ділянка відповідає вимогам ПУЕ «Правила улаштування електроустановок», ГОСТ 12.2.007.0-75\* (2001) «ССБТ. Вироби електротехнічні. Загальні вимоги безпеки», ДБН В.2.5-23-2003 «Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення». У приміщенні залізобетонні підлоги і конструкції, невелика кількість металевого пилю, у літній період часу температура в цеху може досягати +30С. Усе це дає змогу віднести спроектоване приміщення до категорії «з підвищеною небезпекою», згідно з ДНАОП 0.00-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок». Згідно з цим документом, для попередження впливу електричного струму і напруги на людину все електрообладнання та інструмент заземлені. Опір захисного заземлення не перевищує 4 Ом. Перевірка всього обладнання передбачена один раз на 6 місяців. При цьому проводиться огляд зовнішнього вигляду, перевіряється робота на холостому ходу щонайменше 5 хвилин, вимірюється опір ізоляції, перевіряється справність ланцюга заземлення.

При використанні електроінструменту обов'язково застосовуються засоби індивідуального захисту від ураження електричним струмом.

Для попередження виникнення механічних та електричних травм передбачено обов'язкове виконання вимог ГОСТу 12.2.007.0-75\* (2001) «ССБТ. Вироби електротехнічні. Загальні вимоги безпеки», ГОСТу 12.1.030-81. ССБТ. «Захисне заземлення, занулення». Обов'язковим є вимкнення обладнання від мережі під час зміни робочого інструменту, встановлення насадок і регулювання, під час перерви в роботі, після закінчення роботи або зміни. Індивідуальні особливості людини - стан здоров'я, підготовленість до роботи з електричними установками також впливають на ступінь ураження від електричного струму. Тому до роботи з електроустановками допускаються особи, які пройшли медичний огляд, згідно з вимогами ДНАОП 0.03-4.02-94 «Положення про медичний огляд працівників певних категорій» і спеціальне навчання (ДНАОП 1.1.10-1.01-2000. Правила безпечної експлуатації електроустановок).

Періодичність заміни мастильно-охолоджувальної рідини (МОР) передбачено встановлювати за результатами контролю її складу, але не рідше ніж один раз на шість місяців під час лезової обробки, один раз на місяць - під час абразивної обробки для олійних МОР, і один раз на три місяці - для МОР на водній основі. Очищення ємностей для приготування МОР, трубопроводів і систем подачі проводять один раз на шість місяців для масляних, і один раз на три місяці для водних МОР. Антибактеріальний захист МОР проводиться додаванням бактерицидних присадок і періодичною пастеризацією рідини. Пастеризація рідини проводиться нагріванням до 75-80 С, короткочасною витримкою і подальшим охолодженням у регенераторі або охолоджувачі до робочих температур.

Для зберігання і транспортування МОР передбачені сталеві резервуари, цистерни, бочки. Для транспортування і зберігання деталей, заготовок і відходів використовують тару. При вантажно-розвантажувальних роботах використовується кран-балка, вантажопідйомністю до 8 т, що на 15-20% перевищує масу вантажу, який піднімається. Під час встановлення верстатних

пристосувань і різального інструменту, а також під час зняття деталей після обробки використовують брезентові рукавиці та бавовняні рукавички, що дасть змогу зменшити ймовірність виникнення травм. Окрім спецодягу, в механічних цехах для захисту органів зору верстатникам видають спеціальні щитки та окуляри згідно з ДСТУ 12.4.001-80 ССБТ «Окуляри захисні. Терміни та визначення», НАОП 1.4.32-2.01-82 (ОСТ 11 090.028-82) «Інструкція з охорони праці. Порядок розроблення, оформлення та користування», НАОП 1.4.32-6.12-89 (РД 25 224-89) «Порядок внесення вимог безпеки праці в технологічні документи».

Для запобігання захаращеності робочих місць і проходів механічного цеху передбачено використовувати тару, розраховану на необхідну вантажопідйомність, у кількості, що відповідає технологічним вимогам. Тара періодично повинна оглядатися і піддаватися контролю. Процес навантаження і розвантаження в цеху здійснюється відповідно до вимог ГОСТ 12.3.020-80 «Процеси переміщення вантажів на підприємствах. Вимоги безпеки».

На металорізальних верстатах встановлено легкокорухомі захисні екрани з оглядовими вікнами із загартованого скла, що забезпечить надійний захист від стружки, що відлітає, й осколків, випадково зламаного інструменту, бризок МОР. Для захисту шкірного покриву від впливу МОР і пилу токсичних металів застосовуються дерматологічні захисні засоби (профілактичні пасти, мазі креми).

### 7.3 Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці

Метеоумови, що характеризуються температурою, вологістю, швидкістю руху повітря і тиском, у виробничих приміщеннях відповідають встановленим санітарно-гігієнічним вимогам і ГОСТу 12.1.005-88 «ССБТ. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони». Рекомендовані характеристики

залежать від сезону (холодний-теплий) і від важкості роботи, що характеризується енерговитратами людини при виконанні виробничого завдання, під час перенесення важких предметів, інтенсивних рухах.

Згідно з ГОСТ 12.4.021-75 «ССБТ. Системи вентиляційні. Загальні вимоги», забезпечення чистоти повітря і нормалізації параметрів мікроклімату досягається пристроями кондиціонування повітря в кімнатах інженерно-технічних працівників і припливно-витяжною загальнообмінною системою вентиляції в цеху.

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівень звуку та еквівалентний рівень звуку на робочих місцях нормуються згідно з ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки». З огляду на те, що навіть незначний, але постійно діючий шум чинить на людину подразнювальну дію, сприяє збільшенню помилок при виконанні інтелектуальних робіт, то рівень шуму в робочих кімнатах і конструкторських бюро не повинен перевищувати 65 дБ (А), а на ділянці та в механічному цеху -80дБ (А).

Згідно з паспортними даними рівень шуму, що виникає під час роботи верстатів, наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1- Рівні шуму на ділянці обробки деталі

Рівні шуму верстатів:	Рівень шуму
Токарний	93 Дб
Шліфувальний	65 Дб
Токарно-револьверний	85 Дб
Токарний 1А62	75 Дб
Свердлильний	72 Дб
Фрезерний	90 Дб

Шум металорізальних верстатів можна знизити такими способами:

- застосування звукоізолюючих кожухів. Їх виготовляють із дерева, гуми, металу або пластмаси. Внутрішню поверхню стінок кожуха обов'язково облицьовують

звукопоглинальним матеріалом, а із зовнішнього боку на кожух іноді наносять шар вібродемпфуючого матеріалу;

- застосування переносних акустичних екранів з прозорих матеріалів між працюючими та обладнанням;
- розміщення найбільш гучних машин і механізмів у спеціальних приміщеннях, кабінах, вигородах;
- застосування глушників шуму для електродвигунів, компресорів.
- застосування охолоджувальної рідини. Її використовують як кільцеву звукоізолюючу завісу. Нерозривний шар рідини, наприклад води товщиною 5...6 мм, знижує шум на 12...17 дБ;
- застосування резонансних поглиначів та ізоляторів структурного шуму;
- застосування в конструкції механізмів засобів вібро- і звукоізоляції, звукопоглинання;
- дистанційне керування машинами, тут зниження шуму досягає 20-30 дБ;

Згідно з ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення» у виробничих приміщеннях використовується природне і штучне освітлення. Природне освітлення подається через світлові прорізи, які забезпечують коефіцієнт природної освітленості не нижче 1,5%. Для захисту від прямих сонячних променів на вікнах встановлено жалюзі або штори. Штучне освітлення забезпечується системою загального рівномірного освітлення. Оскільки висота механічного цеху більше 6 м, тому як джерело штучного освітлення в приміщеннях раціонально використовувати газорозрядні лампи типу ДРЛ або ДРІ. Основною перевагою таких ламп є: економічність, світловіддача до 100 лм/Вт, термін експлуатації до 15000 год, однак під час експлуатації цього типу ламп потрібне спеціальне пристосування для зниження пульсації світлового потоку. Рекомендується рівень штучного освітлення 200 лк (ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення»).

У верстатах із ЧПК передбачено місцеве освітлення для чіткішого бачення обробки деталей. Під час зварювання, наплавлення і різання закриті простори резервуарів, котлів, відсіків також освітлюються світильниками з напругою не

вище 42 В. На токарних, шліфувальних, фрезерних та ін. верстатах слід застосовувати світильники з непросвітлюваними відбивачами із захисним кутом не менш як 30, що зі свого боку допомагає робітникам за верстатом під час читання технічної документації, креслень.

#### 7.4 Заходи з пожежної безпеки

Основи протипожежного захисту підприємств визначено відповідно до ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ «Пожежна безпека. Загальні вимоги».

Механічний цех згідно з ОНТП 24-86. (НАПБ Б.07.005-86) «Визначення категорій приміщень і будівель за вибухопожежною небезпекою» належить до категорії «Д», а клас можливих пожеж, згідно з ДБН В.1.1-7-02. «Державні будівельні норми України. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва», НАПБ Б.03.002-2007 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» визначається як «D».

Виходячи з площі ділянки, що становить і згідно з НАПБ Б.03.001-2004 «Типові норми належності вогнегасників», обираємо 2 порошкових вогнегасника ВП-10 місткістю 5 літрів кожен. Відстань між вогнегасниками і місцем можливого загоряння не повинна перевищувати 70м.

Переваги цього типу вогнегасника: висока вогнегасна здатність; універсальність застосування; можливість гасіння електрообладнання, що перебуває під напругою до 1000В; широкий температурний діапазон застосування: від -40 до +50; зручності застосування і простота користування.

До первинних засобів пожежогасіння крім вогнегасників також належать ящики з піском, бочки з водою, пожежні покривала, гаки, лопати, сокири, що розташовані у складі пожежних щитів.

Виробниче приміщення може бути обладнане стаціонарними установками автоматичного пожежогасіння. Заходи з пожежної профілактики поділяються: на організаційні, технічні, режимні та експлуатаційні. Організаційні заходи передбачають правильну експлуатацію машин і внутрішньозаводського транспорту, правильне утримання будівель, території, протипожежний інструктаж робітників і службовців, відповідно до рекомендацій НАОП 1.4.32-2.01-82 (ОСТ 11 090.028-82) «Інструкція з охорони праці. Порядок розроблення, оформлення та користування», НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці».

Необхідною є організація добровільних пожежних дружин, пожежно-технічних комісій. Відповідно до вимог НАПБ А.01.003-2009 «Правила влаштування та експлуатації систем оповіщення про пожежу та управління евакуацією людей у будинках та спорудах» передбачена система оповіщення про виникнення пожежі.

До технічних заходів належать дотримання протипожежних правил, норм під час проектування будівель, під час влаштування електропроводів і устаткування, опалення, вентиляції, освітлення, правильне розміщення обладнання (ДБН В.1.1-7-02. «Державні будівельні норми України. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва»).

Заходи режимного характеру - це заборона паління в невстановлених місцях виробництва, зварювальних та інших вогневих робіт у пожежонебезпечних приміщеннях.

Експлуатаційними заходами є своєчасні профілактичні огляди, ремонти та випробування технологічного обладнання.

Розроблення заходів з пожежної безпеки полягає у визначенні порядку дій, спрямованих на збереження обладнання, матеріальних ресурсів в умовах виникнення загорянь, організації ліквідації вогнищ загорянь, евакуації персоналу, забезпечення можливої участі в запобіганні пожежі спеціалізованих пожежних підрозділів, мінімізації збитків виробництва. [35]

## 7.5 Заходи щодо забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях

Єдина державна система цивільного захисту, її складові та режими функціонування.

Забезпечення реалізації державної політики у сфері цивільного захисту здійснюється єдиною державною системою цивільного захисту, яка складається з функціональних і територіальних підсистем та їх ланок. Положення про єдину державну систему цивільного захисту, типові положення про функціональну та територіальну підсистеми затверджуються Кабінетом Міністрів України.

Основними завданнями єдиної державної системи цивільного захисту є:

- забезпечення готовності міністерств та інших центральних і місцевих органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, підпорядкованих їм сил і засобів до дій, спрямованих на запобігання та реагування на надзвичайні ситуації;
- забезпечення реалізації заходів щодо запобігання виникненню надзвичайних ситуацій;
- навчання населення поведінки та дій у разі виникнення надзвичайної ситуації;
- виконання державних цільових програм, спрямованих на запобігання надзвичайним ситуаціям, забезпечення постійного функціонування підприємств, установ і організацій, зниження можливих матеріальних втрат;
- обробка інформації про надзвичайні ситуації, видання інформаційних матеріалів з питань захисту населення і територій від наслідків надзвичайних ситуацій;
- прогнозування та оцінка соціально-економічних наслідків надзвичайних ситуацій, визначення на основі прогнозу потреби в силах, засобах, матеріальних і фінансових ресурсах;
- створення, раціональне збереження та використання резерву матеріальних і фінансових ресурсів, необхідних для запобігання та реагування на надзвичайні ситуації;

- оповіщення населення про загрозу і виникнення надзвичайних ситуацій, своєчасне і достовірне інформування про фактичну обстановку та вжиті заходи;
- захист населення в разі виникнення надзвичайних ситуацій;
- проведення рятувальних та інших невідкладних робіт з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, організація життєзабезпечення постраждалого населення;
- пом'якшення можливих наслідків надзвичайних ситуацій у разі їх виникнення;
- здійснення заходів щодо соціального захисту постраждалого населення;
- реалізація визначених законом прав у сфері захисту населення від наслідків надзвичайних ситуацій, у тому числі осіб (або їхніх сімей), які брали безпосередню участь у ліквідації цих ситуацій;
- інші завдання, визначені законом.

Функціональні підсистеми єдиної державної системи цивільного захисту створюються центральними органами виконавчої влади у відповідній сфері суспільного життя. Положення про функціональні підсистеми розробляються на підставі типового положення про таку підсистему та затверджуються центральними органами виконавчої влади, що їх утворили, за погодженням із центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту.

У разі якщо діяльність центральних органів виконавчої влади спрямовується і координується Кабінетом Міністрів України через відповідного міністра, зазначені положення затверджуються такими міністрами за погодженням з центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту.

Перелік центральних органів виконавчої влади, які створюють функціональні підсистеми, визначається Положенням про єдину державну систему цивільного захисту. Безпосереднє керівництво функціональною підсистемою покладається на керівника органу, суб'єкта господарювання, який створив таку підсистему.

До складу функціональних підсистем входять органи управління та підпорядковані їм сили цивільного захисту, відповідні суб'єкти господарювання, які виконують завдання цивільного захисту.

Територіальні підсистеми єдиної державної системи цивільного захисту діють в Автономній Республіці Крим, областях, містах Києві та Севастополі. Положення про територіальні підсистеми розробляються на підставі типового положення про таку підсистему і затверджуються відповідно Радою міністрів Автономної Республіки Крим або місцевими державними адміністраціями за погодженням з центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту.

Ланки територіальних підсистем створюються:

- Радою міністрів Автономної Республіки Крим - у районах Автономної Республіки Крим;
- районними, районними у містах Києві та Севастополі державними адміністраціями - у районах, районах у містах Києві та Севастополі;
- органами місцевого самоврядування - в обласних центрах, у містах обласного та районного значення.

До складу територіальних підсистем та їхніх ланок входять органи управління та підпорядковані їм сили цивільного захисту, відповідні суб'єкти господарювання.

Режими функціонування єдиної державної системи цивільного захисту:

1. Єдина державна система залежно від масштабів та особливостей надзвичайної ситуації, що прогнозується або виникла, функціонує в режимах:

- повсякденного функціонування;
- підвищеної готовності;
- надзвичайної ситуації;
- надзвичайного стану.

2. Положенням про єдину державну систему цивільного захисту визначається перелік заходів, що здійснюються у відповідному режимі, завдання та порядок

взаємодії суб'єктів забезпечення цивільного захисту під час функціонування зазначеної системи у відповідному режимі.

3. В особливий період єдина державна система цивільного захисту функціонує відповідно до цього Кодексу та з урахуванням особливостей, що визначаються згідно з вимогами законів України «Про правовий режим воєнного стану», «Про мобілізаційну підготовку та мобілізацію», а також інших нормативно-правових актів.

Режим повсякденного функціонування єдиної державної системи цивільного захисту встановлюється за умов нормальної виробничо-промислової, радіаційної, хімічної, сейсмічної, гідрогеологічної, гідрометеорологічної, техногенної та пожежної обстановки і за відсутності епідемій, епізоотій, епіфітотій.

У разі загрози виникнення надзвичайної ситуації за рішенням відповідно Кабінету Міністрів України, Ради міністрів Автономної Республіки Крим, обласних, Київської чи Севастопольської міських державних адміністрацій для єдиної державної системи цивільного захисту в повному обсязі або частково для окремих її територіальних підсистем тимчасово встановлюється режим підвищеної готовності.

У разі виникнення надзвичайної ситуації за рішенням відповідно Кабінету Міністрів України, Ради міністрів Автономної Республіки Крим, обласних, Київської чи Севастопольської міських державних адміністрацій для єдиної державної системи цивільного захисту в повному обсязі або частково для окремих її територіальних підсистем тимчасово встановлюється режим надзвичайної ситуації.

Режим надзвичайного стану для єдиної державної системи цивільного захисту в повному обсязі або частково для окремих її територіальних підсистем тимчасово встановлюється в межах території, на якій запроваджено правовий режим надзвичайного стану відповідно до Закону України «Про правовий режим надзвичайної ситуації».

## ВИСНОВКИ

У ході виконання магістерської роботи було спроектовано технологічний процес деталі «Поршень». Був вибраний серійний тип виробництва і форма організації. Вибрано та обґрунтовано спосіб отримання заготовки та маршрут виготовлення поршня. Розраховані припуски на механічну обробку та підібрані оптимальні режими різання та норми часу.

Спроектовано та розраховане робоче та контрольне пристосування. Внесено істотні зміни в конструкції існуючих пристроїв спрямовані на механізацію та автоматизацію пристроїв, які знижують витрати часу.

У спеціальній частині розглянуто підвищення точності обробки нежорстких деталей.

У розділі автоматизації розглянуто прогресивні методи орієнтації інструменту в робочому просторі верстата.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Automated Handling of Non-Rigid Parts  
[https://www.researchgate.net/publication/222617275\\_Automated\\_Handling\\_of\\_Non-Rigid\\_Parts](https://www.researchgate.net/publication/222617275_Automated_Handling_of_Non-Rigid_Parts)
2. Методы обработки тонкостенных деталей  
<https://www.pipelinedubai.com/ru/processing-method-of-thin-wall-parts.html>
3. Адаптивна система управління верстатами з ЧПК  
<https://report.kpi.ua/ru/node/1081>
4. Микрорезцы для обработки отверстий малых диаметров  
<https://fractalnost.com.ua/blog/catalog/mikrorezcy-obrabotka-otverstij-malyh-diametrov/>
5. Вакуумный столы для станков с ЧПУ  
<https://mirtels.com.ua/stati/vakuumnye-stoly-dlya-chpu-stankov>
6. Магнитные столы для станков  
<https://vseostankah.com/по-металлу/magnitnyj-stol-dlya-frezernogo-stanka.html>
9. Передовые технологии обработки металла лазером  
<https://laserex.com.ua/peredovye-tehnologii-obrabotki-metalla-lazerom/>
10. The basics of laser processing technology and its advantages over other methods  
[https://orbray.com/magazine\\_en/archives/3839](https://orbray.com/magazine_en/archives/3839)
11. Ultrasonic Machining: Learn Definition, Diagram, Working Principle, Advantages and Applications  
<https://testbook.com/mechanical-engineering/ultrasonic-machining>
12. Touch-probe Sensors (Датчик торкання)  
<https://metrol-sensor.com/touch-probe/>
13. Лазерні сканери  
<https://3dcast.ru/лазерные-3d-сканеры-новые-возможности-в/>
14. Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении

chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://foundry.kpi.ua/wp-content/uploads/2020/05/zlenko-ma-addytyvn%D1%8Be-tehnologyy-v-mashynostroenyu.pdf

15. Системы координат станка, детали и инструмента

<https://resheniya.info/kurs-3-w/tema-1.3.-sistemy-koordinat-stanka-detali-i-instrumenta>

16. Датчик вылета инструмента

<https://www.youtube.com/watch?v=53pouVY2KFM>

17. A Guide to 5-Axis CNC Machining (многоосевые станки ЧПУ)

<https://get-it-made.co.uk/resources/the-what-how-and-why-of-5-axis-cnc-machining>

18. 3-Axis to 12-Axis: CNC Milling Machine Capabilities Compared

<https://www.fictiv.com/articles/3-axis-to-12-axis-cnc-milling-machine-capabilities-compared>

19. What is Multi-Axis Machining?

<https://dacruzmg.com/news/what-is-multi-axis-machining/>

20. Automatic tool changer mechanism ATC

<https://sacher-cnc.com/en/blog/automatic-tool-changer-mechanism/>

21. Automatic tool changer

[https://en.wikipedia.org/wiki/Automatic\\_tool\\_changer](https://en.wikipedia.org/wiki/Automatic_tool_changer)

22. What is the Tool Changer?

<https://www.trade-used-machines.com/tool-changer/>

23. Machine Operator Training ROI with Augmented Reality (дополненная реальность)

<https://taqtile.com/case-studies/workforce-training-roi-with-augmented-reality/>

24. What Is a CNC Spindle? (активные шпиндели)

<https://www.setco.com/blog/what-is-a-cnc-spindle/>

25. Манипулятори

<https://studfile.net/preview/2663775/page:30/>

26. Обработка на станках с ЧПУ: о растущей тенденции использования манипуляторов с ЧПУ

<https://machining-custom.com/ru/blog/cnc-machining-about-the-rising-trend-of-cnc-manipulators.html>

27. Призначення поршня

[https://new-parts.com.ua/stati/naznachenije\\_porshnya/?srsltid=AfmBOorI3T4gGK-lm-H-anN08GIs3FN1l0HXr7SZ1v9HOgjwwx5UBoiq](https://new-parts.com.ua/stati/naznachenije_porshnya/?srsltid=AfmBOorI3T4gGK-lm-H-anN08GIs3FN1l0HXr7SZ1v9HOgjwwx5UBoiq)

28. Состав и свойства стали 38ХА

Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 1. / [под ред.

А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова]. – М. : Машиностроение, 1985. - 694 с.

29. Косилова А.Г. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении / А.Г. Косилова, Р.К. Мещеряков, М. А. Калинин. – М. : Машиностроение, 1976. – 352 с
30. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 2. / [под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова]. – М.: Машиностроение, 1985.- 652 с.
31. Стружестрах Е.И. Справочник нормировщика-машиностроителя. Том 2.Техническое нормирование станочных работ.М:ГНТИМЛ, 1961.-826с
32. В.А.Богуслаев, В.А.Леховицер, А.С.Смирнов. Станочные приспособления – Запорожье : изд-во «Мотор Сич», 2000. – 430 с.
33. Альбом контрольно-измерительных приспособлений: Учебное пособие для вузов / Ю. С. Степанов, Б. И. Афонасьев, А. Г. Схиртладзе, А. Е. Щукин, А.
34. Методичні рекомендації для дипломного проектування “Оцінка економічної ефективності технічних рішень” для студентів зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» усіх форм навчання / Укл. Г.В. Пухальська - Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2023 - 41 с.
35. Правила пожежної безпеки в Україні. Загальні положення: НАПБ А.01.001-2014.- [Чинний від 2014–12–30]. – Київ : Держспоживстандарт України, 2014. – 97 с.

Додаток А Специфікація робочого пристосування

НУЗП292211.014

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
<u>Документация</u>							
A2			НУЗП	Сбірне креслення			
<u>Детали</u>							
		1		Корпус	1		
		2		Плунжер	1		
		3		Ползун	1		
		4		Сухарь	3		
		5		Упор	1		
		6		Плунжер	1		
		7		Кулачок	3		
		8		Шток	1		
<u>Стандартные изделия</u>							
		9		Гвинт М4х6 ГОСТ1491-80	1		
		10		Гвинт М4х8 ГОСТ1491-80	3		
		11		Гвинт М5х15 ГОСТ11738-84	6		
		12		Кулька D3.5	1		
НУЗП292211.014							
Изм./Лист	№ докум.		Подп.	Дата			
Разраб.	Доценко				Лит.	Лист	
Проб.	Вишнепольский				1	2	
Н.контр.	Дядя		Патрон трьохкулачковий			НУЗП	
Утв.						Гр. Мз-113м	
Копировал							
Формат А4							



Додаток Б Специфікація контрольного пристосування  
НУЗП292211.014

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
<u>Документация</u>							
A2			НУЗП	Сбірне креслення			
<u>Детали</u>							
		1		Тримач	1		
		2		Призма ліва	1		
		3		Призма права	1		
		4		Плита	1		
		5		Стійка індикаторного годинника	1		
<u>Стандартные изделия</u>							
		6		Болт М5х15 ГОСТ 7808-84	8		
		7		Болт М6х12 ГОСТ 7809-84	2		
		8		Гайка М6 ГОСТ 5927-70	2		
		9		Гвинт М4х8 ГОСТ 1491-84	4	l = 7	
		10		Планка П-1 ГОСТ 24 781-81	4		
<b>НУЗП401386.014</b>							
Изм. Лист		№ докум.		Подп.	Дата		
Разраб.		Доценко					
Пров.		Вишнєпольский					
Н.контр.		Дядя					
Утв.							
<b>Приспосовання для перевірки біття</b>					Лист	Лист	Листов
					1	2	
					НУЗП		
					Гр. Мз-113м		
Копіював					Формат А4		

