

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 « Удосконалення технологічного процесу деталі «Диск» з використанням сучасних методів контролю»

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

Спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

«Технології машинобудування»

ДІГАЛОВ М.В.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник ПУХАЛЬСЬКА Г.В.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент МАТЮХІН А.Ю.

(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)

ДИГАЛОВА Мирослава Валерійовича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Удосконалення технологічного процесу деталі «Диск» з використанням сучасних методів контролю

керівник проекту (роботи) к.т.н., доц. ПУХАЛЬСЬКА Гульнара Вікторівна

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «29» 10 2024 року № 443

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 10.12.2024р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) робоче креслення диску; річна програма випуску N=10000 шт

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Використання сучасних методів контролю. 2 Автоматизація видалення стружки з робочої зони верстата. 3 Технологічна частина. 4 Конструкторська частина. 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 ЧПК; 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	ПУХАЛЬСЬКА Г.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	<i>Використання сучасних методів контролю</i>	<i>05.09.2024</i>	
2	<i>Автоматизація видалення стружки з робочої зони верстата</i>	<i>12.09.2024</i>	
3	<i>Технологічна частина</i>	<i>20.09.2024</i>	
4	<i>Конструкторська частина</i>	<i>08.10.2024</i>	
5	<i>Розрахунок деталі на міцність</i>	<i>22.10.2024</i>	
6	<i>Оцінка очікуваної економічної ефективності заходів</i>	<i>02.11.2024</i>	
7	<i>Охорона праці</i>	<i>12.11.2024</i>	
8	<i>Оформлення пояснювальної записки, креслень, карт</i>	<i>20.11.2024</i>	
9	<i>Нормоконтроль</i>	<i>28.11.2024</i>	
10	<i>Рецензія</i>	<i>03.12.2024</i>	
11	<i>Захист дипломного проєкту</i>	<i>24.12.2024</i>	

Студент(ка)

(підпис)

Мирослав ДІГАЛОВ

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

(підпис)

Гульнара ПУХАЛЬСЬКА

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 135 с., 17 табл., 25 рис., 2 дод., 20 джерел.

АВТОМАТИЗАЦІЯ, ДИСК, ЗАГОТОВКА, КВМ, МАРШРУТ ОБРОБКИ, МІЦНІСТЬ, ОСНАСТКА, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС.

Об'єкт дослідження – диск ущільнюючий другого ступеня ТК.

Мета роботи – вдосконалення технологічного процесу виготовлення диску ущільнюючого другого ступеня ТК.

Метод дослідження, застосований у магістерській роботі, є розрахунково-аналітичним, для точнішого визначення експлуатаційного навантаження на деталь та моделювання процесів механічної обробки диску застосовано комп'ютерне моделювання.

В ході роботи було вдосконалено технологічний процес виготовлення диска ущільнюючого другого ступеня ТК, що включало вибір відповідного обладнання та інструментів, а також розрахунок оптимальних режимів різання і норм часу.

Особлива увага була приділена сучасним методам контролю, а саме КВМ – це високотехнологічний інструмент для вимірювання геометричних властивостей об'єкта, що забезпечують точність і ефективність обробки. Для оцінки міцності виготовленої деталі було застосовано методи комп'ютерного моделювання, що дозволяють прогнозувати її поведінку під час експлуатації та уникнути можливих дефектів.

Таким чином, у магістерській роботі комплексно вирішено низку задач, що стосуються як технічних аспектів виготовлення диска, так і покращення умов праці та підвищення ефективності виробничого процесу.

ЗМІСТ

Використання сучасних методів контролю	
Скорочення та умовні позначення.....	7
Вступ	8
1. Використання сучасних методів контролю.....	9
1.1 Вступ	9
1.2 Координатно-вимірювальні машини	10
1.3 Історія виникнення КВМ	12
1.4 Типи КВМ.....	14
1.4.1 Консольні КВМ	16
1.4.2 Портальні КВМ.....	20
1.4.3 Мостові КВМ.....	22
1.4.4 Портативні та мобільні КВМ.....	23
1.5 Методи контролю	27
1.6 КВМ для контролю деталі «Диск ущільнюючий другого ступеня ТК»	29
1.7 Висновки	33
2 Автоматизація.....	34
2.1 Автоматичні транспортні пристрої для видалення стружки.....	34
2.2 Розрахунок стрічкового конвеєра	47
3 Технологічна частина.....	53
3.1 Опис конструкції і службового призначення деталі	53
3.2 Визначення типу виробництва і форми організації робіт	55
3.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням.....	56
3.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі.....	62
3.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність.....	62
3.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь.....	64
3.4.3 Маршрут виготовлення деталі.....	68

3.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів.....	6
3.6 Розрахунок режимів різання.....	71
3.7 Технічне нормування операцій.....	83
3.8 Розробка КП для операції на верстатах з ЧПК.....	84
3.8.1 Розробка токарної операції.....	84
3.8.2 Розробка свердлильної операції.....	87
3.8.3 Розробка фрезерної операції.....	89
4 Конструкторська частина.....	91
4.1 Проектування робочого пристосування.....	91
4.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування.....	91
4.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність.....	93
4.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу.....	94
4.2 Проектування контрольного пристосування.....	98
4.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування.....	98
4.2.2 Розрахунок на точність.....	99
5 Розрахунок деталі на міцність.....	100
6 Економічна частина.....	104
7 Заходи з охорони праці.....	119
7.1 Охорона праці при експлуатації стрічкового конвеєра для відведення стружки.....	119
7.2 Охорона праці при роботі на ПЕОМ.....	121
Висновок.....	128
Перелік джерел посилання.....	129
Додаток А Специфікація робочого пристосування.....	132
Додаток Б Специфікація контрольного пристосування.....	134

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

АК	- активний контроль
ЕМП	- електромагнітне поле
ЕСП	- електростатичне поле
КВМ	- координатно-вимірювальна машина
КГШП	- кривошипно-горячештамповочний прес
ККД	- коефіцієнт корисної дії
КП	- керуюча програма
МОП	- маршрут обробки поверхні
МОР	- мастильно-охолоджуюча рідина
ПЕОМ	- персональна електро - обчислюєма машина
ПТМ	- підйомно-транспортна машина
ТК	- турбіна компресора
ТО	- термічна обробка
ТП	- технологічний процес

ВСТУП

Оптимізація технологічних процесів є важливим аспектом сучасного виробництва, що дозволяє значно підвищити ефективність та конкурентоспроможність на ринку. У даному контексті важливою є оптимізація виробництва деталей, таких як «Диск», шляхом впровадження інноваційних технологій, передових методів отримання та обробки заготовок, а також використання високопродуктивного обладнання. Це дозволяє не тільки покращити якість продукції, але й значно знизити витрати на сировину, енергію та час, що є важливим чинником для зниження загальних витрат і підвищення рентабельності виробництва.

Забезпечення якості виготовленої продукції є ключовим етапом у технологічному процесі. Для цього необхідно здійснювати контроль на різних етапах виробництва, включаючи як етапи підготовки, так і остаточну перевірку деталей. Використання автоматизованих або напівавтоматизованих контрольних пристосувань дозволяє підвищити точність контролю, зменшити людський фактор та скоротити час, необхідний для перевірки якості.

Інтеграція технологічних інновацій в процес виробництва дозволяє знижувати витрати та мінімізувати вплив на навколишнє середовище. Застосування передових методів обробки заготовок, таких як автоматизація процесів, впровадження нових матеріалів та вдосконалення обладнання, допомагає не лише підвищити продуктивність, але й сприяти збереженню ресурсів, що є важливим аспектом сталого розвитку.

Основною метою магістерської роботи є аналіз та розробка рекомендацій для забезпечення ефективності виробництва деталей «Диск» через впровадження передових технологій та високопродуктивного обладнання, що дозволяє значно підвищити якість продукції, зменшити витрати та покращити екологічну складову виробничого процесу.

1. ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ

1.1 Вступ

Метою магістерської роботи є вдосконалення технологічного процесу виготовлення Діску з використанням сучасних методів контролю. Тому пропонуємо в якості сучасного методу контролю в технологічному процесі використовувати координатно-вимірвальну машину (КВМ).

Технології не можуть розвиватись без якісного контролю. Широке використання у виробництві верстатів з числовим програмним управлінням збільшило вимоги до застосованих засобів контролю. В наслідок чого для забезпечення чіткого контролю поширеним стало використання КВМ.

Актуальність даної магістерської роботи полягає у наступному: КВМ – це високотехнологічний інструмент для вимірювання геометричних властивостей об'єкта, без якого неможливе функціонування майже всіх сучасних галузей виробництва, а саме: автомобілебудування, авіакосмічного, а також ядерно-енергетичного машинобудування і багатьох інших.

Сучасні КВМ представлені широким модельним рядом, що дозволяє обрати машину відповідно до поставлених перед вимірюванням завдань, умовами (температура, тиск, вологість, запиленість) і фінансовими можливостями підприємства. КВМ є універсальними пристроями: контрольні-вимірвальні операції можна здійснювати як на етапі освоєння, так і при серійному випуску деталей.

Основною перевагою сучасних КВМ є можливість повної автоматизації як на етапі реалізації координатного методу вимірювань, так і на етапі обробки результатів цих вимірювань.

1.2 Координатно-вимірювальні машини

Завдяки аналізу новітніх тенденцій у розвитку машинобудування вдалося з'ясувати, що підтримка високої якості продукції, виробленої на верстатах сучасного багатокомплексного виробництва, не може існувати без гнучких систем автоматизованого контролю [1].

Покладений в основу роботи КВМ координатний метод вимірювання є найбільш універсальним і може ефективно застосовуватися для автоматизованого контролю широкої номенклатури деталей (в тому числі з складно профільними поверхнями: зубчасті колеса, черв'ячні фрези, різьбові калібри). На сучасній КВМ можна виміряти практично будь-які складні поверхні й деталі в цілому, що до появи КВМ не завжди було можливо. Координатно-вимірювальні операції можуть виконуватися поза верстатом за допомогою спеціальних КВМ [1].

По-перше, КВМ – це унікальний пристрій для виміру геометричних характеристик об'єкту. Даною машиною можна керувати вручну оператором або автоматизовано персональним комп'ютером, оснащеним рядом програм по проведенню вимірів виробів різної форми і обробці зібраних даних [1].

Відповідно до другого визначення, КВМ – це автоматизований засіб високоточних вимірів, що функціонує за універсальною технологією, а також здатний надійно і ефективно працювати навіть у несприятливих цехових умовах. Контроль із застосування КВМ необхідно організовувати під час обробки (а саме різання) складно профільних заготовок. Вони можуть не лише вимірювати типові поверхні, але і визначати систему координат положення спеціальних поверхонь відносно базових [2].

З огляду конструкції сучасна КВМ – це агрегат, до складу якого входить механічна частина, система обмацування, система виміру, система електромеханічних приводів переміщення механічних частин машини, система обробки результатів обмірів. Система електромеханічних приводів забезпечує

виконання підготовчих операцій контролю і виміру. Система обмацування забезпечує контакт вимірювального органу із заданими точками об'єкту, що перевіряється. Процес виміру зводиться до визначення величини переміщення по усіх координатах елементів вимірювальної системи [2].

За своїми розмірами і конструкцією такі машини нагадують промислові обробні агрегати, але основні робочі характеристики відображаються у більш точних контрольно-вимірювальних одиницях та технічних даних [2].

До цих машин пред'являються наступні вимоги:

- простота обслуговування;
- оптимальна доступність;
- висока точність вимірів і відтворення;
- нетривалість виміру;
- автоматизований метод виміру;
- управління процесом виміру за допомогою обчислювального пристрою.

У основу роботи КВМ покладений розрахунок параметрів поверхонь за результатами виміру положення окремих точок на цих поверхнях. Для відліку положення окремих точок використовується координатна система, відносно якої положення вимірюваного об'єкту фіксоване [1].

Поставлені перед КВМ вимоги є досить суперечливими. До того ж, вони постійно посилюються: з одного боку вимірювання КВМ повинні мати досить малу похибку (0,5 – 2 мкм), з іншого – швидкість переміщення чутливого органу має бути високою (до 0,5 м/с). Забезпечити дані вимоги можна за рахунок високоякісних інформаційно-вимірювальних систем та елементів управління, що входять до їх складу. Винахід контактного датчика на початку 70-х років минулого століття призвів до справжнього прориву у сфері розробки координатно-вимірювальних машин як промислового стандарту для 3D вимірювань (від англ.: 3 Dimensions – 3 виміри) [1].

Складність конструкції КВМ і вирішуваних завдань визначає і широту їх класифікаційних відмінностей. В даний час налічується кілька десятків модифікацій КВМ, що розрізняються за точністю вимірювань, принципом

управління, методом вимірювання, ступенем автоматизації, конструкції, розмірами робочого простору і т. д [2].

Отже, КВМ є пристроєм, який забезпечує установку вимірюваної деталі, взаємне переміщення системи КВМ, вимірювальної головки і деталі, вимірювання цих переміщень за координатами, обробку даних вимірювань і представлення результатів розрахунків вимірюваних геометричних параметрів. КВМ можуть застосовуватися для контролю практично всіх типів деталей, які зустрічаються в машинобудуванні, проте кожен тип деталей вимагає свого специфічного програмного забезпечення, вимірювального оснащення, змін в конструкції КВМ, а також спеціальної технології вимірів. Всі ці питання повинні враховуватися при виборі КВМ [2].

1.3 Історія виникнення КВМ

Перші вітчизняні контрольно-вимірювальні машини так і називалися КВМ. Вони з'явилися приблизно 1980-1984 гг. Невелика гранітна плита із порталним механізмом над нею. Вимірювальна головка з рубіновим щупом дозволяла вимірювати з точністю 0,01 мм. Привід був ручним, тобто оператор рукою тягнув усю конструкцію від однієї точки виміру до іншої. Все було дуже незручно та неточно [1].

Коли на заводі ім. Малишева з'явилася перша у Харкові КВМ «Opton» виробництва ФРН, ніхто й не припускав, наскільки це важлива та небезпечна річ. Конструктори та воєнпреди просто накинулися на неї, щоб дізнатися фактичні розміри, а технологи та майстри зненавиділи її всією душею [1].

Конструктивно це була гранітна плита 1,5 на 2 метри із порталним механізмом на ній. Плита була виготовлена з бездефектного південноафриканського граніту та оброблена з якоюсь неймовірною точністю. Вся конструкція не спиралася ні на що, а висіла над опорами на повітряних

амортизаторах. Повітря подавалося спеціальними нагнітачами. Все для того, щоб уникнути найменшого впливу зі сторони [1].

Крім цього, під машину було збудовано спеціальний, не пов'язаний із підлогою цеху триметровий, незалежний фундамент. А сама машина поміщена в ізолюваний, скляний куб із кондиціонером. Не кожен директор тоді мав кондиціонер, а тут – машину. Просто вона не стала б працювати при температурі, яка відрізняється від заданої. Про це постійно нагадував комп'ютер. І будь-яка зовнішня дія позначилася б на результатах вимірів. На всіх індикаторах та роздруках точність вказувалася з чотирма знаками після коми – 0,0001 мм (одна десята мікрона) [1].

Коли на КВМ виміряли редуктор танкового двигуна, то всі жажнулися. Понад 20 років на одному з параметрів відхилення перевищувало конструкторський допуск на порядок [1].

Першими оцінили можливості КВМ «шабашники». Їм приносять деталь (або її уламок) і просять виготовити таку саму. Але як зняти розмір із уламка шестерні? Для КВМ такої проблеми немає. По двох зубах вона відновлює всі розміри та параметри деталі. Це була найвища технологічна «шабашка» для операторів КВМ [1].

За допомогою КВМ виявилось стільки недоліків і порушень у процесі виробництва відповідальних деталей. Робітник виконував одну з сотень операцій з деталлю вартістю в 800 радянських рублів (зарплата була 250-300 рублів) і не потрапляв у розміри, що допускаються, ну трохи. Брак, штраф за деталь, без премії та інше. ОТК не міг перевірити багато розмірів, і все було в порядку, а ця німецька машина вимірювала все, і домовитися з нею було неможливо [1].

Тому, одного ранку, на надточній південноафриканській гранітній плиті були виявлені сліди сколу, і вони впиралися в підлогу, де теж були сліди. Хтось звичайним бруктом згорнув плиту КВМ на кілька міліметрів. Відновити повітряні амортизатори було неможливо, замовити у ФРН теж (вже розпочинався процес розвалу виробництва). Чудовий вимірювальний інструмент, вершина технології, диво комп'ютерної техніки, найдорожчий

пристрій просто закрили на замок і залишили вмирати. Такою була реальність [1].

КВМ контролює такі параметри як співвісність, паралельність, перпендикулярність, ексцентриситет, конусність, бочкоподібність тощо, просто приводять технологів у замішання: виготовити можна – перевірити складно. І найкрасивіше вирішення проблем вимірювань – КВМ[1].

Як показує практика, можна виміряти все. Штангенциркуль, мікрометр, вимірювальний пристрій, калібр – випробувані та надійні засоби вимірювання. Але на вершині контрольовано-вимірювальної техніки знаходяться КВМ [1] .

1.4 Типи КВМ

Виміри на КВМ здійснюються при відносних переміщеннях деталі і датчика контакту. У різних конструкціях машин ці відносні переміщення здійснюються по-різному - переміщенням датчика торкання по усіх координатних осях або переміщенням вимірюваної деталі по деяких координатах. Частіше деталь при вимірі нерухома, а датчик торкання переміщується. Таке компонування використовують при вимірі великогабаритних деталей з великою масою. При вимірі невеликих деталей стіл з деталлю часто переміщається по одній координаті і рідкісний по двох. Напрям осей X, Y, Z дуже умовно, частіше всього вісь з найбільшим діапазоном виміру цієї машини називають віссю X, а вісь, перпендикулярну основі, - віссю Z [2].

Усю сукупність конструктивних рішень КВМ можна, до певної міри умовно, розділити на три групи залежно від розташування і конструкції вузла, на якому знаходиться датчик торкання: машини консольного, порталного і мостового (на колонах) типів (рис. 1.1). Щодо визначення типів КВМ, то існує не одна класифікація даних приладів. Вони різняться відповідно до їх призначень, функціонування, а також багатьох інших факторах [2].

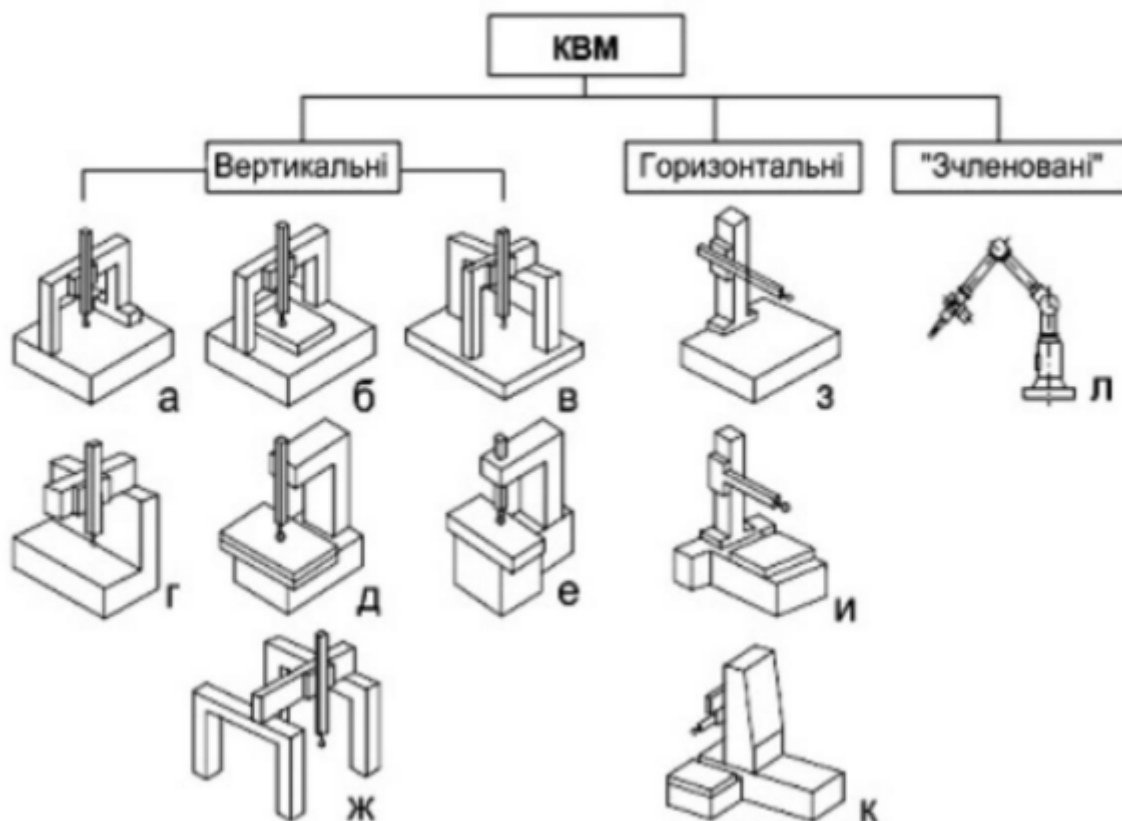


Рисунок 1.1 – Поширені типи КВМ [2]

Рентгенографічні вимірювальні комплекси дозволяють в автоматизованому режимі здійснювати технологію метротомографії. При її використанні вимірювана деталь поміщається в поле слабого рентгенівського випромінювання, потім її рентгенівське зображення фокусується на спеціальному екрані-приймачі і запам'ятовується в пам'яті комп'ютера. Далі деталь повертається на невеликий кут, і процес повторюється до тих пір, доки вона не зробить повний оберт. Отриманий тривимірний масив даних, що містить інформацію про деталі, обробляється комп'ютером, візуалізується на екрані монітора і містить повну інформацію про геометрії зовнішніх поверхонь, а також про внутрішню структуру (тріщини, раковини, пори). Результати дослідження роздруковуються у вигляді протоколу вимірювань. Останнім часом почалися

інтенсивні розробки мікро-КВМ (нано-КВМ). Приклад зображено на рис.1.2. Тенденція до мініатюризації багатьох виробів у таких галузях, як робототехніка або імплантологія в медицині, призвели до розширення виробництва мікрокомпонентів. З цієї причини зростає потреба в підвищеній точності виробів малих розмірів, у розробці методик перевірки геометрії мікродеталей, причому тих, які випускаються досить великими партіями [2] .

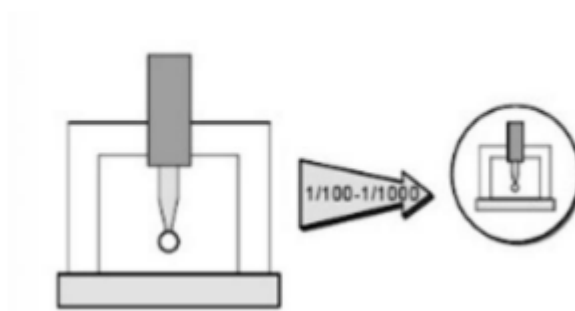


Рисунок 1.2 – Умовні співвідношення між звичайними і нано-КВМ [2]

Зменшення розмірів і допусків призводить до більш жорстких технічних вимог до вимірювальних машин і їх сенсорики. Всі специфікації нано-КВМ становлять 1/100 або 1/1000 від специфікацій традиційних КВМ [2].

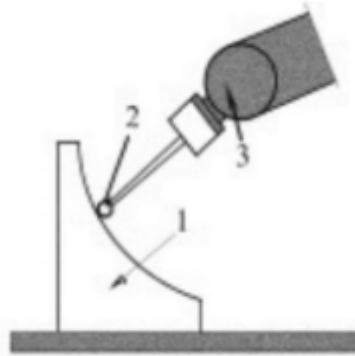
1.4.1 Консольні КВМ

Перед тим, як розглядати консольні КВМ, необхідно визначити, що таке стаціонарні КВМ, а також, за яким принципом вони працюють.

Стаціонарні координатні вимірювальні машини це універсальні або спеціальні вимірювальні засоби, які здійснюють дискретний контроль положення точок або окремих січень оброблюваних поверхонь. Ці складні механічні пристрої, оснащені щупом, який рухається по поверхні виробу від точки до точки і при цьому фіксується абсолютне відхилення головки щупа від

деякого базового положення. Іноді додатково до щупа застосовується набір стрижнів.

На рис.1.3 приведена принципова схема найбільш універсального контактного вимірювального пристрою. У пристрої щуп пересувається за допомогою електромеханічної системи уздовж контрольованої поверхні. У щупі розміщується сенсорний передавач, який реєструє відносні відхилення контрольованої поверхні при русі від точки до точки. Система переміщення щупа являє собою слідкуючу систему, вихідні координати якої визначають геометричні розміри вимірюваної поверхні [2].



1 - контрольований виріб; 2 - контактний щуп; 3 - вимірювальна головка

Рисунок 1.3 – Схема контактної вимірювальної пристрою [2]

У базову апаратну частину машини типового компонування (рис.1.4) зазвичай входить гранітна основа, на якій взаємно перпендикулярно монтуються вузли координатних переміщень, кожен з них забезпечує рух уздовж однієї з 3 осей прямокутної системи координат машини [2].

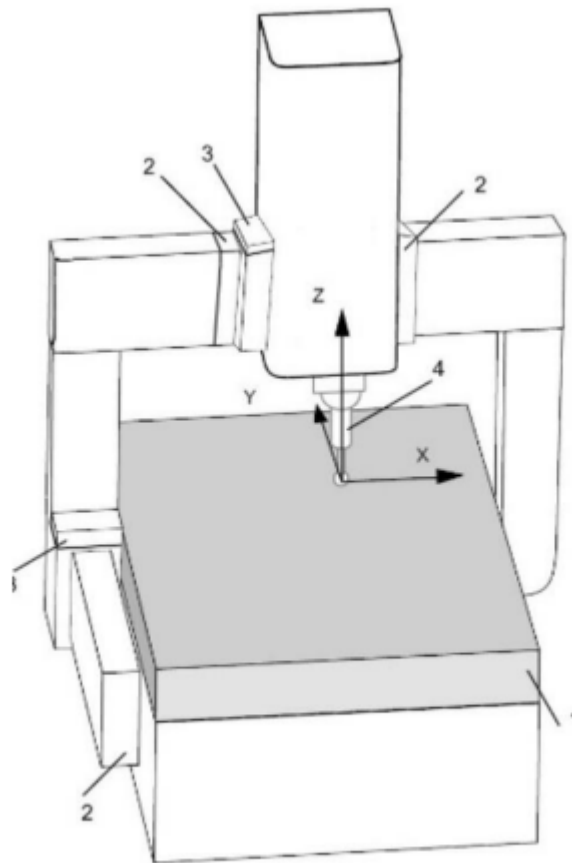


Рисунок 1.4 – Загальний вигляд конструкції КВМ [2]

Визначення поточних координат референтних точок вузлів у робочому просторі КВМ виконують за допомогою лінійних енкoderів (вимірювальних перетворювачів), розташованих паралельно до осей системи координат машини.

Конструкції КВМ здійснюють в реальності ідею механотронних систем у будівництві верстатів, а також забезпечують міцність корпусу і безперебійне функціонування механічної частини машин. Завдяки тому, що в них використовуються віброопори, вони дають точні вимірювання при чому немає потреби у використанні певного фундаменту [2].

У КВМ можуть використовувати найрізноманітніші види вимірювальних головок в залежності від метрологічних завдань, які виникають у практичному використанні. У будь-якому випадку вимірювальна головка дає початкову інформацію вимірювань, на основі якої визначаються подальші розміри деталі.

Ця інформація може бути отримана або у вигляді фактичних координатах точок поверхні, що перевіряється або у вигляді відхилень цих координат від заданих в певному напрямку. Для компенсації доводиться використовувати додаткові датчики, які в свою чергу відстежують температуру різних вузлів машини і зміни їхніх розмірів. Дані, які надходять від датчиків необхідно обробити і ввести подальші поправки на виміри. Все це призводить до ускладнення конструкції та системи управління, що, як наслідок, збільшує витрати на виготовлення вимірювальної машини, і посилює і без того сурові вимоги до приміщення, де розміщується КВМ [2].

Отже, перейдемо безпосередньо до розгляду консольних КВМ. Перш за все, слід зазначити, що це машини (прилади), в яких датчик торкання розташований на консолі (рис.1.5). Часто ці КВМ називають машинами стійкового типу, оскільки при консольному положенні датчика торкання встановлюється одна стойка, яка може бути як нерухомою, так і може переміщуватись. По своєму призначенню і по конструкції ці машини можуть бути розділені на дві групи [2].

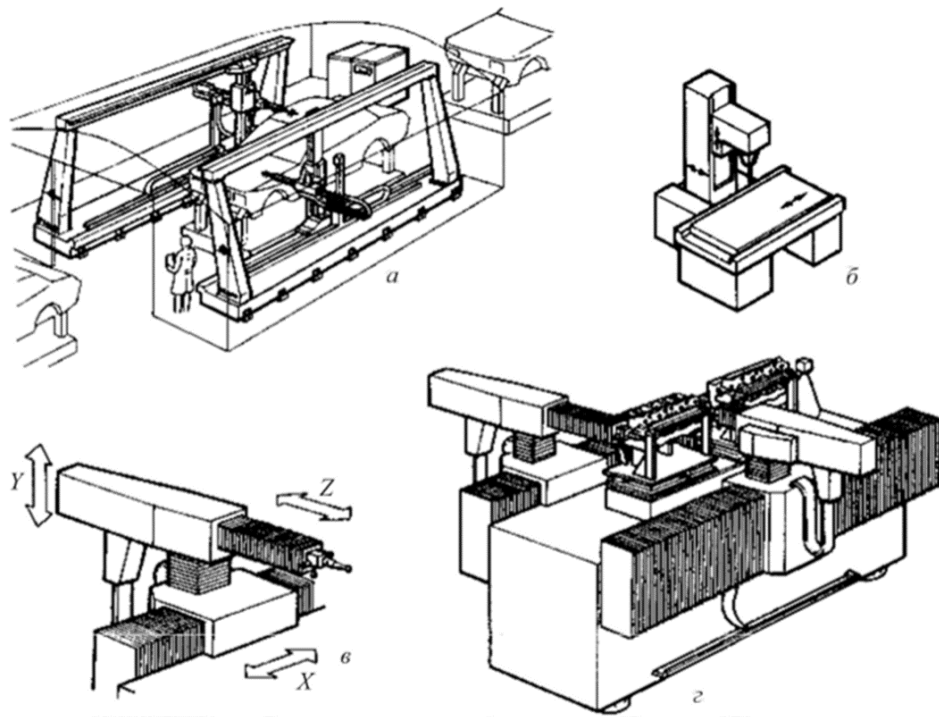


Рисунок 1.5 – КВМ консольного типу [2]

У машинах першої групи стійка для установки на консолі датчика зроблена відносно легкою і часто переміщується на велику довжину при вимірюванні.

У консольних машинах другої групи для установки датчика торкання зроблена стійка важкої конструкції (рис.1.5,б), що переміщується на невелику довжину по одній координаті [2].

Консольні машини першої групи призначені для виміру з невисокою точністю. Діапазон виміру таких машин найрізноманітніший.

Консольні КВМ з великим діапазоном виміру використовують в основному для виміру корпусних деталей літаків, кораблів, автомашин і т. д. Таких машин встановлюють іноді по дві і більше на одній вимірювальній позиції з незалежними системами. До цього ж типу машин можна віднести КВМ, які дістали назву вимірювальні роботи (рис.1.5,в). В принципі це консольна КВМ, призначена для установки безпосередньо у конвеєра автоматичної лінії (рис.1.5,г), у тому числі і в гнучких виробничих системах [2].

Консольні машини другої групи із стойкою важкого типу мають більшу жорсткість, ніж перші машини, і служать для виміру з високою точністю. Перевага усіх машин консольного типу в порівнянні з іншими машинами - хороший доступ до вимірювальної позиції. При установці деталі на вимір до неї можна підійти з трьох сторін, тому є хороший огляд за процесом виміру [2].

1.4.2 Портальні КВМ

Портальні КВМ – це прилади, в яких датчик торкання розташований на верхній частині порталу, тобто балці, і переміщується з супортом уздовж порталу (вздовж осі Y або X) разом з датчиком (вісь Z). Приклад даних КВМ наведено на рис.1.6.

За конструктивними рішеннянями порталні машини можна розділити на машини з рухливим та стаціонарним порталом [2].

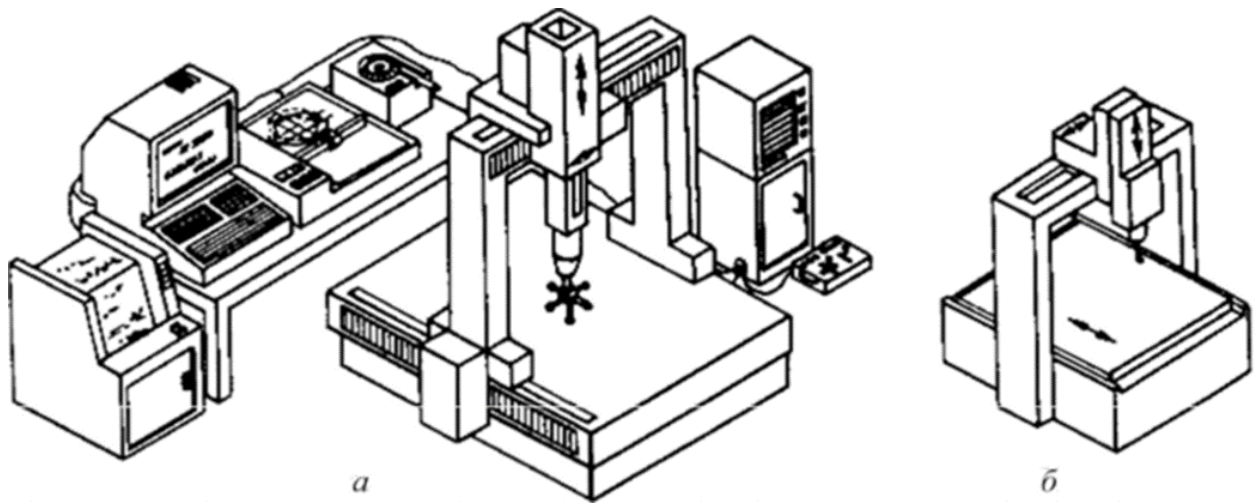


Рисунок 1.6 – Приклад порталних КВМ [2]

До складу машини входять:

- горизонтальний портал на П-подібних стійках;
- каретка, що рухається по його балці;
- піноль з вертикальним переміщенням;
- робочий стіл.

Машини з рухливим порталом виготовляють для виміру деталей відносно невеликих (500 – 600 мм) або великих розмірів (до 2500 мм). Зазвичай стіл в цих машинах значно довший за діапазон виміру по горизонтальній осі, що забезпечує вільний доступ до вимірюваної деталі і дозволяє робити установку деталі для виміру на одному кінці столу, тоді як на іншому кінці робиться вимір іншої деталі.

У машинах з нерухомим порталом і рухливим столом більш висока точність виміру, ніж у машин з рухливим порталом, оскільки в цих машинах рухливий вузол, тобто стіл, можна зробити жорсткішим.

В порівнянні з консольними, порталні машини мають більшу жорсткість, а отже, в таких конструкціях можна забезпечити більш високу точність. До того

ж, варто зазначити, що саме порталний тип КВМ вважається найбільш поширеним у використанні [2].

1.4.3 Мостові КВМ

Мостові КВМ є приладами, в яких рухливий елемент розташовується на колонах (стійках) і при вимірі датчик торкання переміщується по усіх координатах (рис. 1.7).

Якщо порівнювати компоненти мостових КВМ з порталними, то очевидною різницею є значно знижена маса рухомих частин, за рахунок чого підвищується й точність вимірювань машини.

Щодо спільних рис мостових та порталних КВМ, слід звернути увагу на їх конструкції, а саме наявність нерухомого порталу. Призначення мостових машин аналогічно консольним машинам першого виду, вони використовуються для виміру і розмітки великогабаритних деталей в транспортному машинобудуванні, авіабудуванні, атомній промисловості. В порівнянні з консольними машинами КВМ мостового типу мають більш високу точність завдяки жорсткішій конструкції. Деякою незручністю КВМ мостового типу є ускладнений доступ до вимірюваної деталі [2].

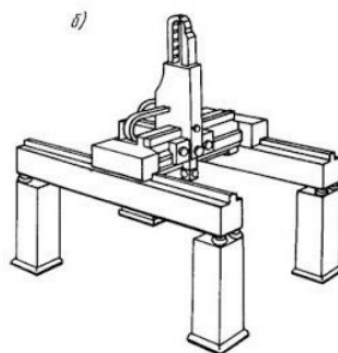


Рисунок 1.7 – Приклад мостових КВМ [2]

Традиційна «мостова» КВМ має три осі: X, Y і Z. Осі розміщуються ортогонально один до одного і утворюють звичайну тривимірну систему координат. Кожна вісь має свій масштаб, що визначає її розташування. Машина зчитує дані про становище безлічі точок об'єкту, що знімається (X, Y, Z) за допомогою використання спеціального датчику, а потім, отриманий масив даних аналізується, щоб визначити розмір і розташування об'єкта. Датчик керується або оператором, або комп'ютером. Дана КВМ може бути запрограмована на конвеєрний потоковий аналіз, що, в свою чергу, дозволяє вважати її спеціалізованою формою промислового робота [1].

1.4.4 Портативні та мобільні КВМ

Розрізняють декілька типів мобільних вимірювальних систем:

- 1) машина типу «Рука»;
- 2) лазерний трекер;
- 3) лазерний сканер.

КВМ типу рука

У випадках, коли необхідно виміряти величезні деталі, що мають широкі габарити, чи, наприклад, важкодоступні порожнини використати стаціонарні КВМ практично неможливо. Але не так давно інженери знайшли вихід із цієї складної ситуації. Вони запропонували виробникам використовувати портативні вимірювальні машини, які мають вигляд маніпулятора. Дані пристрої дуже компактні та досить легкі, а також встановлюються безпосередньо поруч з об'єктом вимірювання [1].

Принцип дії таких машин зовсім не складний. Для цього оператору достатньо, торкатися щупом до вимірюваної точки, закріпивши маніпулятор в зручному для роботи місці, наприклад за допомогою магнітної підставки, до будь-якої металевій поверхні. За допомогою датчиків, які зазвичай

розташовуються у шарнірах маніпулятора, до спеціального комп'ютера надходять дані щодо просторових координат кінчика щупа (при використанні точкового наконечника) або щодо центру сфери (при використанні сферичного наконечника) [2].

Основні галузі застосування КВМ типу «рука»: 3D-моделювання, вирівнювання, інспекція збірних агрегатів, калібрування, контроль штампувальних і ливарних форм, перевірка геометрії, контроль деталей в процесі обробки, порівняння з CAD - моделями, швидке прототипування, зворотній інжиніринг, інспекція поверхонь, налагодження та позиціонування інструменту.

Загальний вигляд мобільних КВМ типу «рука» показано на рис.1.9.



1 - основа КВМ; 2 - корпус; 3 - рука; 4 - вимірювальна головка; 5 - вимірювальний наконечник (щуп); 6 - комп'ютер

Рисунок 1.9 - Загальний вигляд мобільних КВМ типу «рука» [1]

Мобільна КВМ складається з опорної плити, яка кріпиться до будь якого придатного для цього місця, і кількох ланок, з'єднаних між собою шарнірами.

Дана конструкція подібна до будови руки живої людини. У КВМ також є своєрідні «кистьовий, ліктьовий і плечовий суглоби». Кожен шарнір містить датчик, який здійснює контроль кутових переміщень, а у режимі реального часу стежить за кутом повороту ланки, в результаті чого комп'ютер, знаючи інформацію про довжину кожної ланки і кут її повороту, прораховує координати відкаліброваного щупа - своєрідного пальця.

Залежно від кількості ланок є машини з 6-ма або 7-ма ступенями свободи. Звичайно під час роботи цілком достатньо 6-ти ступенів свободи, але для ряду завдань (таких, як наприклад, сканування поверхонь) рекомендується застосовувати КВМ з 7-ма ступенями, тому що це більш зручно.

Робочою зоною КВМ є сфера з різними діаметрами (у КВМ Faro, наприклад, 1.2 м, 1.8 м, 2.4 м, 3.0 м, 3.7 м). Система має активну температурну компенсацію: в кожній ланці руки розташовано по два температурних сенсора, за інформацією від яких у виміряні координати вносяться поправки, що враховують зміну довжини ланок в залежності від температури [1].

Мобільні КВМ не мають приводу і є машинами типу маніпулятора, тому всі переміщення ланок і фіксація точки заміру проводяться оператором вручну. Вимірювання здійснюється в комплексі з персональним комп'ютером, а для підвищення мобільності краще використовувати ноутбук [1].

Процес вимірювання за допомогою таких КВМ відбувається наступним чином. Прилад встановлюють поблизу вимірюваного об'єкта, підключають комп'ютер і за допомогою програмного забезпечення калібрують щуп, яким будуть проводитися вимірювання. Після цього пристрій готовий до роботи. На цю процедуру йде від 5 до 10 хвилин [1].

Контроль здійснюється контактним способом, тобто для зняття будь-якої точки необхідно зафіксувати щуп на виробі і натиснути кнопку на "руці" КВМ. У процесі роботи на екран монітора виводиться місце розташування щупа в реальний момент часу, розташування вимірюваних точок і величини їх відхилень [3].

Усі побудови робляться за правилами геометрії, тобто, для того щоб проконтролювати коло, потрібно заміряти мінімум 3 точки, лінію - 2 точки, площину - 3 і т.д. Виміряючи об'єкт, можна легко побачити всі дані про нього: відхилення від номінальної величини, координати відносно баз, положення відносно інших об'єктів виробу, відхилення від площинності, циліндричності, співвісності тощо. Тобто всі ті розміри, які є на кресленні і для контролю яких найчастіше використовують різноманітні вимірювальні інструменти, можна з легкістю контролювати одним приладом і, що важливо, отримувати в результаті звіту у графічному вигляді [3].

Варто також відзначити можливість контролю складних поверхонь, наприклад, формоутворюючих поверхонь штампа, правильність виготовлення яких практично неможливо перевірити жодним приладом, крім КВМ.

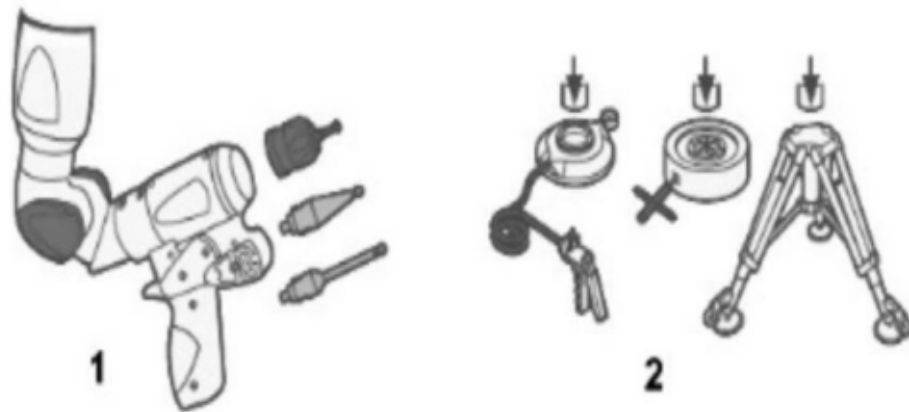
Для контролю подібних виробів необхідно використовувати САД-модель, причому вона може бути трансльована з будь-якої САД системи. Дуже часто КВМ використовують також для сканування дослідних зразків виробу. Дані про них можна отримати у вигляді точок, лінії, сплайнів, полілінії, кіл, площин і т.д., за якими в подальшому спеціальним програмним забезпеченням будується САД-модель [3].

Маніпулятори оснащуються швидкозмінними щупами, тобто вже попередньо відкаліброваними. При заміні щупа система автоматично розпізнає його і вводить необхідну компенсацію. Єдиним винятком є тригерні щупи, які необхідно калібрувати при кожній заміні [1].

Кріплення КВМ поблизу вимірюваного об'єкта можна робити під будь-яким кутом від 0 до 180 кількома способами: за допомогою струбцини, наприклад на столі, на магнітних і швидкознімних кріпленнях; на складних триногах; на стойках з коліщатами, які мають регулювання по висоті в залежності від моделі (рис.1.10).

Така конструкція і програмне забезпечення дають можливість використання КВМ одним оператором. Маса маніпуляторів, залежно від виконання, коливається від 5 до 10 кілограмів, упаковка - зручний для

перевезення кейс, що дозволяє вручну транспортувати КВМ без необхідності використання будь-якого додаткового обладнання. Зручний дизайн, компенсація впливу зміни температури на результати вимірювань, вібростійкість, несприйнятливність до ударів, а так само наявність безперебійного джерела живлення з можливістю перезарядження, сприяє успішному використанню таких КВМ в жорстких умовах виробництва [1].



1 - набір швидкозмінних вимірювальних головок і щупів; 2 - набір змінних опор для мобільних КВМ

Рисунок 1.10 - Способи підвищення універсальності мобільних КВМ [1]

Переваги портативної координатно-вимірювальної "руки" : висока точність та швидкість збору даних, економить час та гроші, оптимізовано для сканування складних поверхонь [1].

1.5 Методи контролю

У системах першого покоління застосовувався плазмово-шаблонний спосіб рахунку геометричних даних, але сьогодні підприємства переходять на безплазмовий. Принципова різниця між цими методами полягає у відмові від

фізичних шаблонів і форм, завдяки яким здійснювався контроль. У нових модулях КВМ використовується електронна модель, яка надає на виході тривимірну картину «на базі математичних розрахунків» [2].

Чим вигідна така координатно-вимірювальна машина?

Насамперед, уніфікацією комплексу даних, які можна використовувати і для інших розрахунків. Зібрана інформація заноситься в базу даних і автоматично переправляється на інші ділянки контролю, що займаються дослідженням суміжних частин [2].

У підсумку оптимізується і виробничий процес, і техніка високоточної підгонки деталей між собою. При цьому і в сегменті безплазмових методів є свої технологічні відгалуження.

Слід розрізняти голографічні, оптичні і фотограметричні способи контролю. Найбільш перспективним вважається лазерний спосіб сканування об'єкта [2].

Особливості лазерного контролю

По суті, цифровий метод, що відрізняється гнучкістю у формуванні моделей з підтримкою різних видів вимірювання – наприклад, кутового та лінійного. В процесі сканування утворюється лазерний промінь з застосуванням дифракційного ефекту. Такий контроль частіше використовується у виготовленні хвостовиків, трансмісійних елементів, шасі і т. д.

За допомогою фотоприймального пристрою також реалізується непаралельне обстеження параметрів виробу. У цьому випадку лазерна КВМ дозволяє визначати розміри отворів, дефектів зміщення, вібраційні і інші характеристики. У подальшому за результатами діагностики інженер виносить рішення про балансування або часткового механічного доведення агрегату.

Для вимірювання навантажень використовують лазерну авторефлексію. Ця технологія фіксує показники зсуву при статичному навантаженні на поверхню валів редукторів і технічних засобів [2].

1.6 КВМ для контролю деталі «Диск ущільнюючий другого ступеня ТК»

Вимірювальне обладнання відділу технічного контролю на ділянці виготовлення «Диску» широко представлено класичними вимірювальними приладами та різноманітними засобами вимірювань, що займають 30% площі відділу.

КВМ дозволяють контролювати всі параметри деталі, вказані на кресленні, за винятком різьблення; параметрів шорсткості поверхні; дрібних фасок розміром менше 2 мм [1].

В деталі «Диск ущільнюючий другого ступеня ТК» на КВМ згідно кресленню, можна виміряти будь-який розмір, а також визначити величини відхилень форми та розташування поверхонь .

Координаційно-вимірювальна машина "GLOBAL CLASSIC 05.05.05" (рис. 1.11) стоїть в окремому приміщенні, де за допомогою кондиціонерів підтримується найбільш сприятливий мікроклімат [3].



Рисунок 1.11 – КВМ «GLOBAL CLASSIK 05.05.05» [3]

KBM Global Classic від Hexagon декларує точність за формулою ISO на рівні $1.0 + L/300$ мкм. Це одна з найпопулярніших і найнадійніших високоточних КВМ [3].

Характеристики [3]:

1) діапазон переміщення (мм):

X : 1500;

Y : 2600;

Z : 1350;

2) точність: ISO 10360-2, мкм;

3) щуп: HP-S-X5MPPEE , мкм: $3.0 + L/333$.

Машина складається із трьох частин: механічної частини; системи ЧПК (контролера); обчислювальної системи із програмним забезпеченням [3].

Механічна частина, у свою чергу, також складається з кількох частин: нерухома частина – плита основи (виготовляється з граніту); рухлива частина – портал-каретка-піноль (забезпечує переміщення по трьох осях). Уздовж кожної осі розташовані датчики переміщення – растрові лінійки; вимірювальна головка розташована на кінці пінолі. Вона здатна повертатися навколо осі та хитатися. Поворотна головка замінює поворотний стіл. На неї встановлюється електронний щуп [3].

Використання КВМ можливе за допомогою керуючої програми та в ручному режимі.

Ручний режим характеризується використанням стійки управління і має місце при контролі якихось одиничних параметрів деталі, а також швидкого контролю деталі простої конфігурації. Керуючі програми для КВМ пишуться з використанням САD-орієнтованих систем. У ролі такої програми виступає «PC-DMIS», проте це може бути і «Cimatron», і «CATIA», і «Solid Works». У ній створюється необхідна твердотільна модель виробу (причому може бути як кінцевий стан виробу, так і безліч проміжних станів, наприклад, за операціями).

Після створення моделі задаються всі елементи деталі, які будуть використані під час контролю: площини та точки. Потім вводяться параметри

всіх ходів та переміщень щупа. Іншими словами, віртуально моделюється процес обмацування виробу [3].

За наявності 3D моделі ми вже маємо в пам'яті комп'ютера всі номінальні розміри виробу. Тому для завершення написання програми необхідно вручну задати допуск на кожен розмір відповідно до креслення [3].

Після цього програма запускається та проходить процес налагодження. Написання програми з наявною тривимірною комп'ютерною моделлю деталі займає у програміста КВМ 4–8 годин залежно від складності її геометричної конфігурації [3].

Ручні вимірювання застосовуються лише для елементарних та одиничних параметрів виробів, проте застосовуються досить широко [3].

Продуктивність роботи та багаторазовість використання однієї програми для контролю всієї партії виробів обумовлюють виправданість застосування КВМ вже за розміром партії у 10 штук [3].

Електронні щупи можуть бути кількох типів [2] :

- щуп типу, що перемикається (щуп торкання), при торканні поверхні деталі він видає електричний сигнал, на щуп встановлюється сферичний наконечник, найчастіше наконечник виготовляється зі штучного рубіна (проте для деталей з алюмінію використовується наконечник з нітриту кремнію, так як алюміній натягується на рубіновий наконечник, що призводить до виникнення похибки вимірювання, особливо це простежується при роботі в режимі сканування), при отриманні сигналу про торкання відбувається зчитування положення головки датчику переміщення;

- скануючий щуп: цей щуп є окремою вимірювальною системою, усередині цього щупа присутні три осі переміщення та три оптичні лінійки, при роботі в режимі сканування вимірюється відхилення щупа;

- безконтактні системи (наприклад, лазерні системи): діапазон кута гойдання :– 90° +115° з кроком 5°, діапазон кута повороту:– 180° +115° кроком 5°.

Програмне забезпечення «PC-DMIS» розробка компанії Wilcox Associates – це провідне у світі метрологічне програмне забезпечення. Воно глобально

застосовується компаніями для вимірювання параметрів форми, розмірів та допусків деталей будь-якого типорозміру. Застосування «PC-DMIS» спрощує налагодження настановних пристроїв та геометричні перевірки будь-яких деталей – від прямих та корпусних деталей, до контурів та поверхонь деталей найскладнішої форми. При цьому це програмне забезпечення задовольняє вимогам усіх міжнародних стандартів програмного забезпечення для КВМ [1].

Лазерна головка, що сканує, підключається до КВМ портативного або стаціонарного типу замість контактної щупи. Таким чином, в момент часу можна визначити положення в координатах КВМ точок по лінії лазерного променя, що потрапили на поверхню деталі, що сканується. При переміщенні лінії лазера поверхнею деталі формується хмара точок [1].

Сучасним системам сканування потрібно всього кілька секунд, щоб зняти мільйони точок з точністю до сотих часток міліметра. Сканування поверхні буде здійснюватись по лінії деталі. Даний тип сканування доступний лише за наявності САД даних поверхні. На основі САД даних поверхні PC-DMIS визначить початкову та кінцеву точку на перерізі. При скануванні по перерізу початкова та кінцева точки використовуються для прямої, а також вмикається точка напрямку. Для цього оператору необхідно виконати низку дій. При виконанні сканування щуп постійно залишається в площині перерізу.

Існує три типи методів напрямку при скануванні за перерізом [3]:

1. Виявляти та пропускати отвори. При скануванні перерізом є можливість виявляти отвори, а потім пропускати їх при русі сканування по деталі. Даний тип сканування дозволяє вибрати "лінії перерізу", накреслені на екрані САД інженером, а потім продовжити сканування.

2. Множинні сканування фіксованою осі. Однією перевагою використання сканування по перерізу є можливість виконання множинних сканувань по фіксованій осі.

3. Зразки сканувань по перерізу.

В результаті, виходить готова програма обміру деталі, за якою здійснюється процес вимірювання відповідно до необхідних параметрів, заданих

кресленням, всі елементи, які будує машина, відображаються у графічному вікні, будь-які коригування, пов'язані з вимірюванням, можна проводити у вікні керуючої програми [1].

За час використання КВМ не тільки скоротився час на вимірювання деталей, підвищилася якість контролю тощо, але й зменшилася потреба на виготовлення окремих позицій з універсальних вимірювальних пристроїв. Машина досить проста в експлуатації. На ній працюють люди не лише з вищою технічною, а й із відповідною додатковою підготовкою та середньою спеціальною освітою [1].

1.7 Висновки

Впровадження КВМ у виробничий процес давно стало показником сучасного підходу до діяльності підприємства. Так, передовим напрямком розвитку можна назвати безконтактні лазерні сканери, що відрізняються зручністю використання і високою точністю аналізу. Єдиним недоліком прогресивних систем цього типу є висока вартість і дорожня обслуговування. На даному етапі лазерні моделі КВМ доступні тільки великим виробничим комплексам, а також дослідницьким центрам.

2 АВТОМАТИЗАЦІЯ

2.1 Автоматичні транспортні пристрої для видалення стружки

Для видалення стружки з робочої зони можна використовувати різні транспортні механізми.

Розгляд конструкцій автоматичних ліній показує, що залежно від конкретних умов, визначених їх компонованням і організацією праці на них, знаходять застосування три наступні системи транспортування стружки з лінії в загальноцехову транспортну систему [4]:

1. Транспортування стружки в контейнерах, коли з окремих верстатів через вікна в станині стружка викидається у відповідну ємність (ящик, візок).

2. Транспортування стружки транспортерами, які проходять поза лінією і мають підвідні контейнери того або іншого типу. Подібну систему транспортування стружки застосовують на тих лініях, де вдається використовувати цехові підземні пристрої, які раніше з'явилися, і залишається тільки передбачити видалення стружки із приймальників ліній.

3. Транспортування стружки транспортерами, вбудованими безпосередньо в лінію або проходячи під нею в спеціальній ямі, рови, тунелі. Використання такої системи транспортування виключає необхідність мати на кожному із робочих агрегатів лінії пристрої для видалення стружки з окремих агрегатів лінії на загальний транспортер, бо останній розташований безпосередньо під зонами обробки на цих самих агрегатах.

Вибір тієї чи іншої конструкції подібного вбудованого транспортера, а також його розміщення (крізь верстатні лінії або в канаві під верстатами) залежить від конкретних умов роботи лінії і її компоновання [4].

У двох останніх системах в якості транспортних засобів використовують конвеєри різних типів – стрічкові, скребкові, шнекові, вібраційні. В автоматичних лініях для прибирання стружки застосовують стрічкові транспортери (рис. 2.1 а), у яких стрічка бавовняна прогумована, сталевий

пруток або стальна холодно тягнута. Стрічкові конвеєри мають високу продуктивність, дозволяють транспортувати стружку на великі відстані, їх відмінність в економічності, плавності й безшумності при простоті конструкції [4].

Недоліками стрічкових конвеєрів є висока вартість і швидке зношування. Для транспортування дрібної металевої стружки широко застосовують скребкові транспортери (рис. 2.1 б).

Перевагами їх є можливість транспортування під значним кутом нахилу та довговічність скребків [4].

До недоліків їх відносяться: низька продуктивність, велика питома витрата енергії, невелика довжина переміщення [4].

В автоматичних лініях скребкові транспортери працюють на невеликій відстані і тому досить ефективні [4].

В автоматичних лініях все частіше застосовують шнекові транспортери (рис. 2.1 в), які складаються з гвинта з приводом і жолоба, який охоплює гвинт. При обертанні гвинта, розміщеного по осі жолоба, гвинт проштовхує по цьому жолобу стружку, яка насипається через завантажувальні патрубки. Особливістю шнекових транспортерів для видалення стружки є те, що вони працюють безвідмовно й у випадку відсутності опор на вихідному кінці. Шнекові транспортери використовуються з одним і кількома гвинтами [5].

Залежно від числа гвинтів транспортери називають одношнековими, двошнековими і т. д.

За останній час з'явилися нові конструкції вібраційних транспортерів для транспортування стружки в автоматичних лініях (рис. 2.1 г), які являють собою вібраційний жолоб на пружних опорах [5].

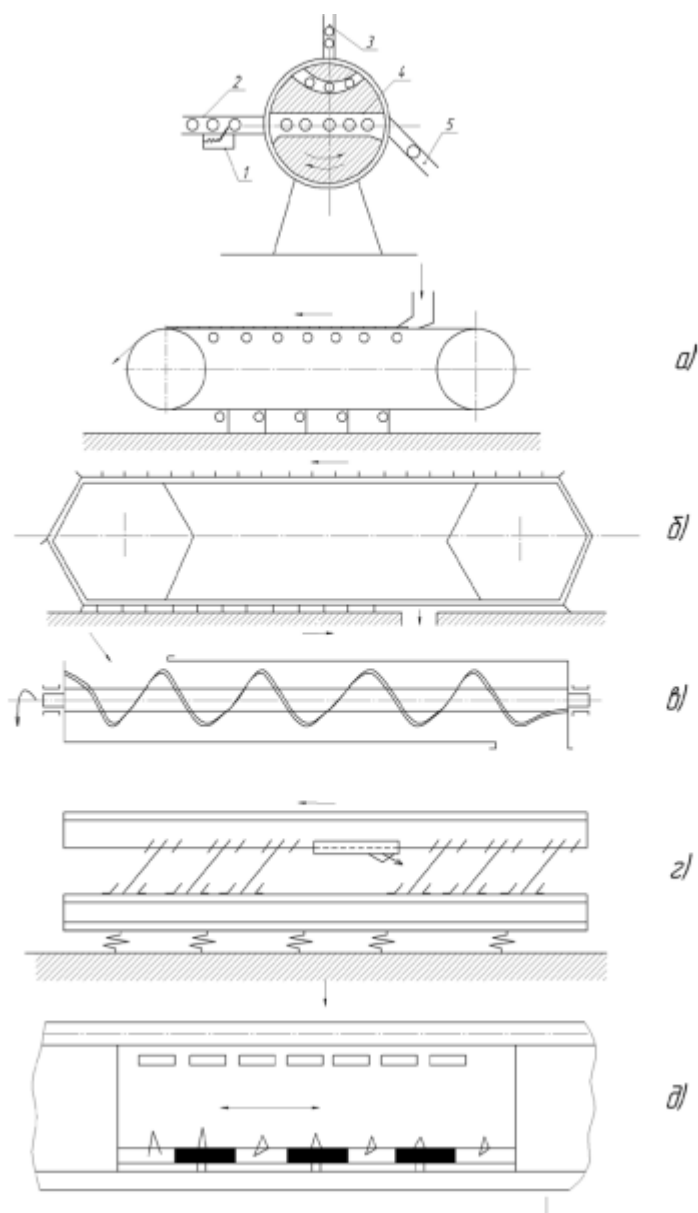


Рисунок 2.1 - Схеми транспортерів [5]

Найбільших труднощів для видалення й транспортування являє собою вита або зливна стружка.

Розроблено конструкції спеціальних транспортерів, призначених для транспортування зливної стружки. Їх називають йоршово-штанговими (рис. 2.1 д). Транспортер являє собою металевий жолоб із привареними шипами, в середині якого виконує зворотньо-поступовий рух бортова штанга. Виконуючи робочий хід, штанга йоржами забирає стружку, що знаходиться в жолобі, і штовхає її вперед. На зворотньому шляху штанга проковзує по стружці, яка утримується йоржами жолоба. Таким чином, у результаті зворотньо-

поступального руху йоржової штанги стружка переміщується по жолобу в одному напрямі. Рух робочому пристрою (штанзі) передається від гідравлічного, пневматичного або механічного привода [5].

В автоматизованому виробництві почали впроваджувати пневмотранспортні установки, котрі дозволяють відводити стружку із зони різання та виключають попадання її на базові поверхні заготовок, пристрої керування і контролю, зменшуючи при цьому травматизм при обслуговуванні автоматичних ліній [5].

У порівнянні з механічними способами видалення стружки, пневматичний має такі переваги [5]:

- відокремлення стружки від навколишнього середовища, відсутність втрат матеріалу при транспортуванні, в результаті чого не забруднюються виробничі приміщення;
- велика гнучкість траси видалення стружки, що дозволяє здійснювати її транспортування на невеликих площах;
- простота конструкції та керування, монтажу і заміни частин установок;
- відсутність рухомих механізмів по трасі переміщення стружки;
- вища надійність механічного обладнання, контрольно-вимірювальних приладів, гідро- і електроапаратури;
- зменшення кількості обслуговуючого персоналу і можливість повної автоматизації транспортних робіт;
- можливість передавання стружки по розгалуженому трубопроводу з кількох точок до однієї і навпаки, розміщених на різних відстанях і в різних напрямках;
- менші капітальні затрати та вартість експлуатації пневмотранспортних установок, особливо на значну відстань транспортування;
- підвищення загальної культури виробництва.

До недоліків пневматичного транспорту відносять високу питому витрату електроенергії на одиницю маси транспортованої стружки та посилене зношення

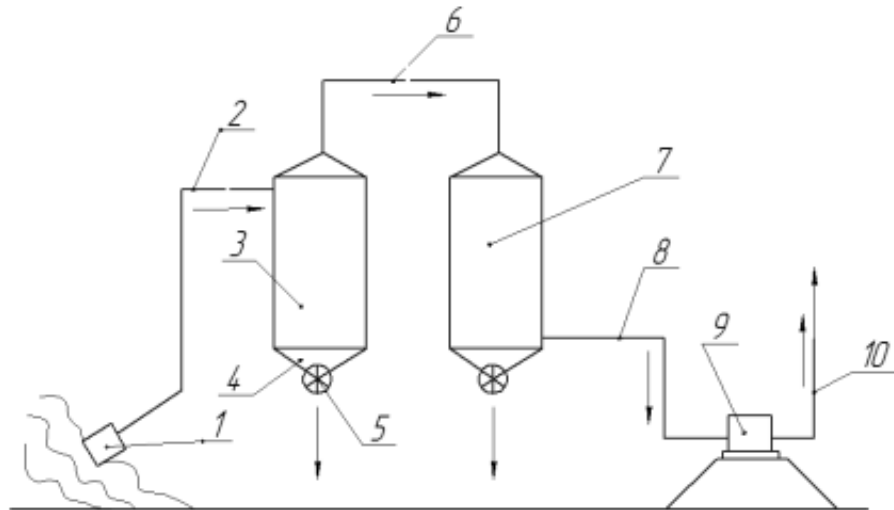
трубопроводів (особливо в місцях повороту) й інших частин, котрі контактують із транспортованою стружкою [5].

Залежно від способу утворення повітряного потоку розрізняють такі системи пневмотранспортних установок [5]:

- всмоктувальні;
- нагнітальні;
- змішані, котрі складаються зі всмоктувальної та нагнітальної систем, що працюють від одного джерела стисненого повітря;
- аераційні транспортери (гравітаційний транспорт, повітрям часток матеріалів).

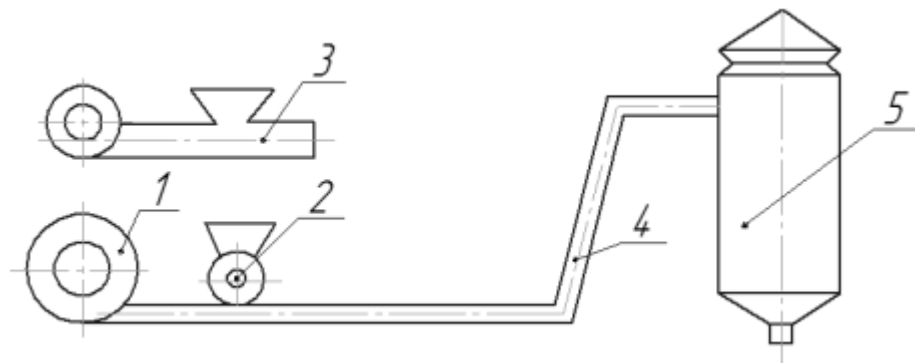
Принцип дії всмоктувальної установки (рис. 2.2) такий: вакуум-насос всмоктує повітря у систему трубопроводів, завдяки чому зовнішнє повітря, надходячи через приймальну всмоктувальну лійку, захоплює частки матеріалу і несе їх у циклон, де вони відокремлюються від повітря і надходять до розвантажувальної лійки. За необхідності матеріал виводиться з циклона через шлюзовий затвор. Повітря ж із циклона проходить крізь фільтр, у якому очищається від дрібних частинок, потім вакуум-насосом по трубопроводу виводиться в атмосферу [6].

Нагнітальна установка (рис.2.3) діє за принципом: вентилятор (або компресор) нагнітає повітря у трубопровід, куди надходить матеріал через інжекторний живильник, кількість якого регулюється завантажувальним пристроєм. Повітря разом з матеріалом по трубопроводу надходить до розвантажувального циклона. Тут матеріал, унаслідок різкого зменшення швидкості повітря, відокремлюється від повітря й опускається в нижню частину циклона, а повітря через його верхній отвір виводиться в атмосферу [6].



1 – приймальна всмоктувальна лійка; 2,6,8,10 – трубопроводи; 3 – повіторозподільник-циклон; 4 – розвантажувальна лійка; 5 – шлюзовий затвор;
7 – фільтр; 8 – вакуум-насос

Рисунок 2.2 - Схема всмоктувального пневмотранспортного устаткування[6]



1 – вентилятор; 2 – шлюзовий живильник; 3 – інжекторний живильник; 4 – трубопровід; 5 – розвантажувач-циклон

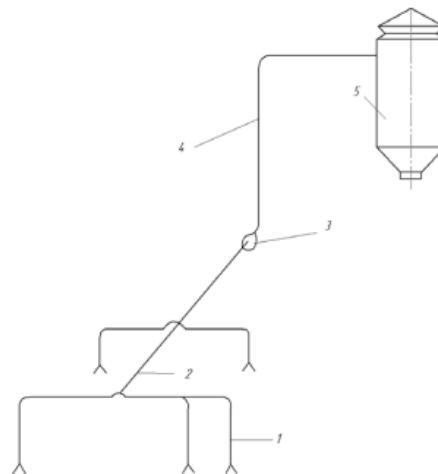
Рисунок 2.3 - Схема нагнітальної пневмотранспортної установки [6]

В нагнітальній установці завантажувальний пристрій складніший за розвантажувальний, тому що стиснене повітря в трубопроводі утруднює введення матеріалу [6].

В цій установці для завантаження матеріалу в трубопровід застосовуються шлюзові (рис. 2.2), гвинтові або камерні живильники (насоси). В установках низького тиску іноді використовують інжекторні (рис. 2.3) завантажувальні лійки [6].

В автоматизованому виробництві поширена змішана система пневматичного транспорту (рис. 2.4). В ній зовнішнє повітря, виходячи через приймальні лійки, виносить із собою частки матеріалу по магістралі до циклона, в якому матеріал відокремлюється від повітря і падає вниз, а повітря із циклона виходить в атмосферу. В окремих випадках виникає необхідність у очищенні повітря від пилу у очисних пристроях (фільтрах) перед випуском в атмосферу [6].

Розглянуті системи мають свої особливості, які зумовлюють їх застосування. Всмоктувальна установка може транспортувати матеріал з кількох пунктів до одного, нагнітальна – з одного до кількох, змішана – з одного або кількох до одного або кількох [6].

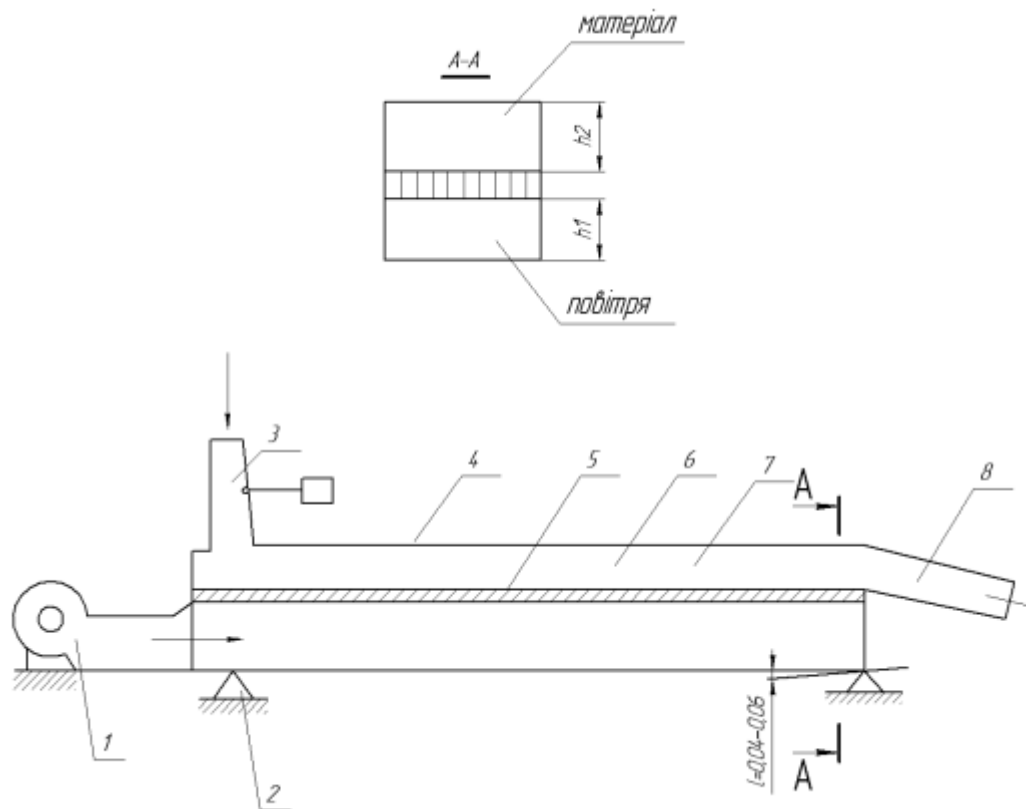


1 – приймальна лійка відгалуження; 2 – усмоктувальна магістраль; 3 – відцентровий пиловий вентилятор; 4 – нагнітальна магістраль; 5 – циклон

Рисунок 2.4 - Схема змішаної пневмотранспортної установки [6]

Принцип дії аераційного транспортера (рис. 2.5), або аерожолоба, полягає в тому, що сипкий матеріал, який потрапляє з завантажувального пристрою на мікропористу поверхню, безперестанно насичується повітрям, через що сипкий матеріал набуває властивості текучості і починає переміщуватися по поверхні, яка має невеликий схил [6].

Завантажувальні пристрої застосовують для завантаження стружки у повітропроводи, які всмоктують. Завантаження стружки полегшується тим, що статичний тиск у них менший атмосферного [6].



1 – відцентровий вентилятор; 2 опори; 3 – завантажувальний пристрій; 4 – металевий жолоб прямокутного перерізу; 5 – мікропориста перегородка; 6 – повітророзподільний канал; 7 – лоток для переміщення матеріалу; 8 – розвантажувальний пристрій

Рисунок 2.5 - Схема аераційного транспортера [6]

На рис. 2.6 зображена схема завантажувального пристрою. Конструкція його дозволяє завантажувати стружку в організований повітряний потік. Повітря надходить через конфузори і при завантаженні стружки опір тертя на вході різко не змінюється. За відсутності конфузора потік повітря створює місцеве звуження (рис.2.5 а), що збільшує опір і тиск у приймальній пристрої. Для підвищення продуктивності роботи системи пневмотранспортера в приймальній пристрої рекомендується вставити металічну пластинку (рис. 2.5 в). Пластинка не дозволяє стружці повністю перекрити січення повітропроводу при її надлишковому подаванні, повітря, яке надходить у повітропровід тільки через нижню частину, збільшить швидкість на вході й створить ефект ежекції в кінчній частині. Стружка почне транспортуватись при підвищених швидкостях повітряного потоку і затор ліквідується. Розміри такої пластини і завантажувального пристрою розраховують за формулами [6] :

$$\begin{aligned}
 I_1 &= D_1 / (2 \operatorname{tg} \alpha) + 50; & I_2 &= D_2 / \cos \alpha ; \\
 I &= 2I_1 + I_2 + 100; \\
 H &= h + D_1 / 2 = 2D_2 \cos \alpha + D_1 / 2; \\
 R &= 1,5D_2; \\
 L &= 1,5D_2 + I_1 + 50,
 \end{aligned}
 \tag{2.1}$$

де D_1 – внутрішній діаметр повітропроводу, мм;

D_2 – внутрішній діаметр лійки, що всмоктує, мм;

α – кут тертя стружки.

Ежекційні пристрої застосовують для завантаження стружки в нагнітаючі повітропроводи. Принцип дії ежекційного пристрою полягає в тому, що статичний тиск нагнітальних систем пневмотранспорту вищий за атмосферний, у результаті чого через будь-який отвір у повітропроводі повітря буде витравлюватись у атмосферу та перешкоджати завантаженню стружки. Повний тиск повітряного потоку в довільному січенні нагнітального повітропроводу являє собою суму статичного та динамічного тисків. Зменшуючи площу

перетину повітропроводу, можна настільки збільшити швидкість повітря, що динамічний тиск буде дорівнювати повному тиску, а статичний тиск – атмосферному. Тоді повітря не буде вибиватись через отвір назовні і з'явиться можливість завантажити стружку. При подальшому підвищенні швидкості повітря статичний тиск стане меншим атмосферного, значить, через отвір буде підсмоктувати атмосферне повітря й умови для завантаження стануть краще [6].

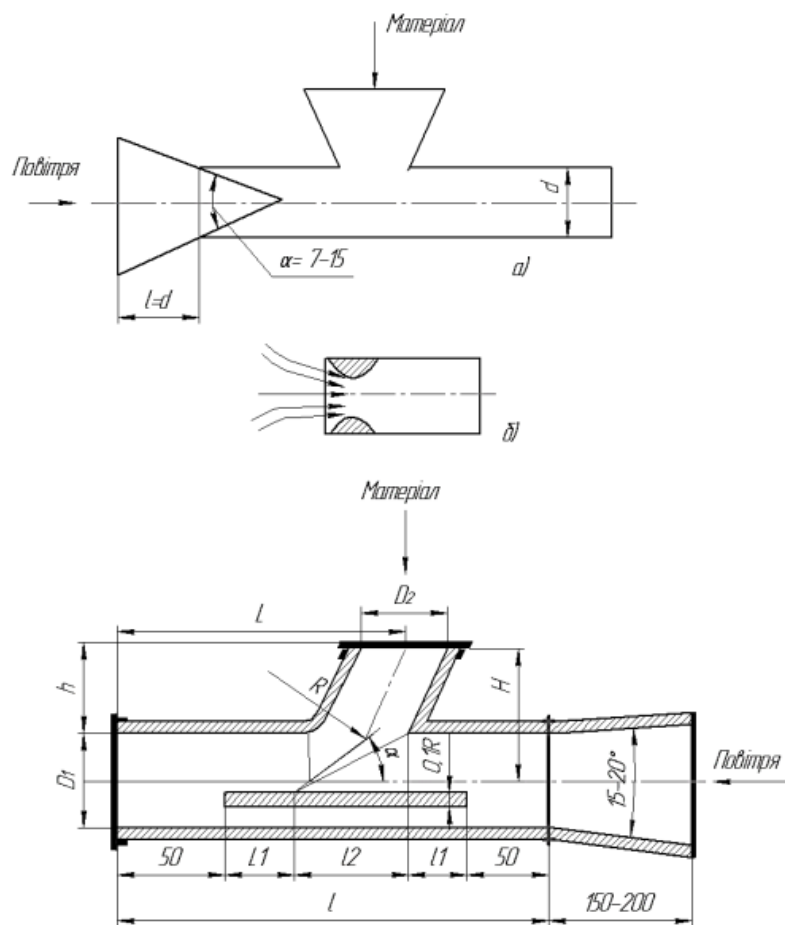


Рисунок 2.6 - Завантажувальні пристрої: а) – завантажувальний пристрій типу «трійник» з конфузором; б) – завантажувальний пристрій без конфузора; в) – завантажувальний пристрій з металевою пластинкою [6]

Необхідно, щоб підсмоктування повітря прямувало до 0. Висота пристрою h_2 повинна забезпечувати вільне проходження стружки, яка надходить із завантажувальної позиції в повітропровід. Фактично h_1 і h_2 приймають більшими розрахункових на 10 – 20%, а пристрій обладнують клапанами, які дозволяють

регулювати ці розміри після монтажу. Завантажувальний бункер пристрою рекомендується виконувати з можливо меншим, однак достатнім кутом нахилу до напрямку повітряного потоку, щоб стружка не залишалася на похилій поверхні бункера [6].

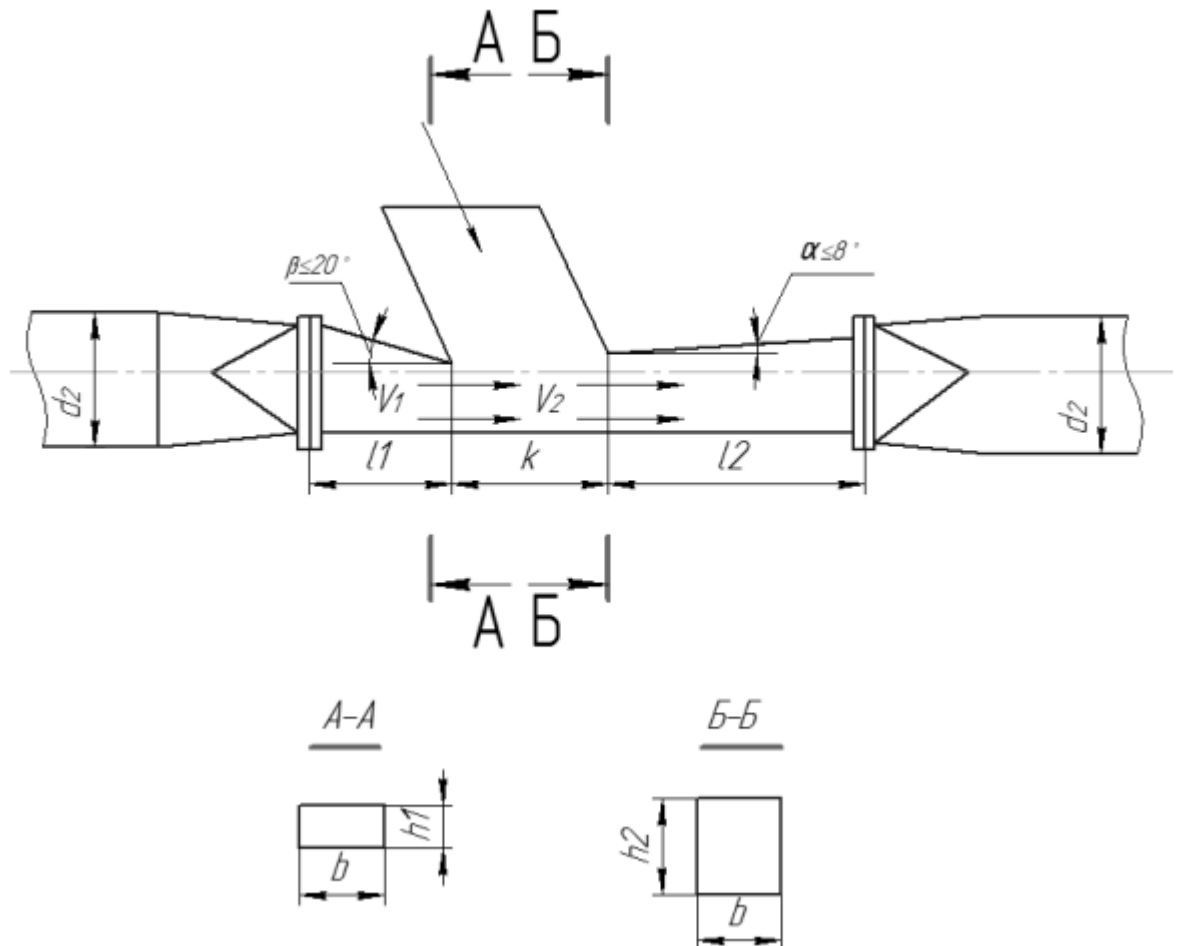


Рисунок 2.7 - Схема ежекційного пристрою [6]

Вимоги до монтажу потрібно враховувати при конструктивному компонуванні вузлів пневмотранспортних установок, де слід передбачити можливість вільного доступу до них для нормальної й безпечної експлуатації (рис.2.6).

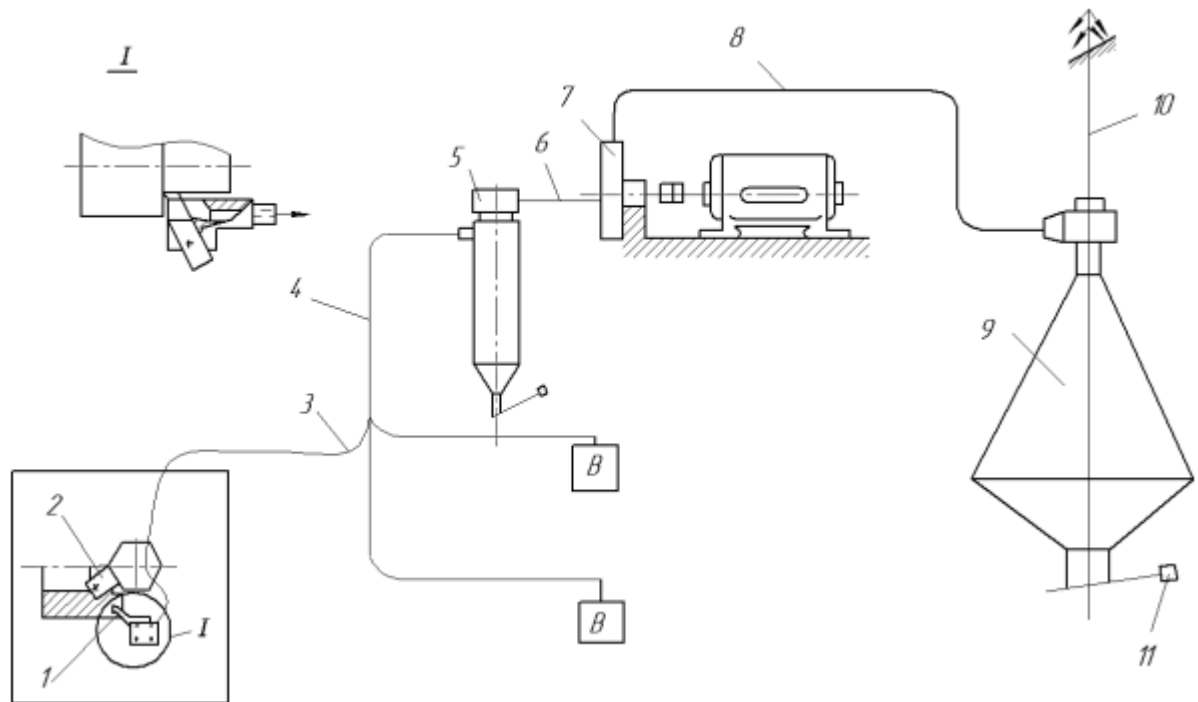


Рисунок 2.8 - Схема групової пневмотранспортної установки для видалення стружки [6]

Пуск пневмотранспортної установки після виготовлення або ремонту повинен проводитись тільки після досконалої перевірки.

Перевіряються: відсутність сторонніх предметів у трубопроводах, колекторах, циклонах і бункері, чистота внутрішніх поверхонь колекторів та циклонів, відкладення пилу в конусах циклонів і підвісному отворі бункера; надійність роботи пилового затвора й засобів для транспортування стружки і пилу; герметичність зварних швів, люків і фланцевих з'єднань [6].

Пневмотранспортні установки, які транспортують матеріали, що легко займаються, та вибухонебезпечні матеріали повинні бути забезпечені давачами. Приймачі пневмотранспортних установок повинні забезпечувати якнайповніше видалення стружки, безпечність роботи, не перешкоджати виконанню виробничих операцій і мати мінімальний аеродинамічний опір. Повітропроводи пневмотранспортних установок слід прокладати так, щоб початкова прилягаюча до стружкоприймача ділянка розміщувалася вертикально або під кутом вгору.

Підсмоктування зовнішнього повітря, або стравлювання повітря з циклонів повинні бути повністю усунені шляхом їх ретельної герметизації. Не допускається підсмоктування повітря через затвори, бо при розрідженні проходить різке зниження ефективності очищення, а при тиску – викид в атмосферу. Не допускається переповнення бункера, бо при цьому знижується ефективність очищення і може відбутися забруднення циклонів. Шар стружки в бункері при максимальному його заповненні повинен бути нижчим від випускних отворів циклонів не менше, ніж на величину двох діаметрів цих отворів [6].

У конструкціях стружковідокремлювачів доцільно передбачати блокування їх розвантаження з вимкненням пневмотранспортної установки.

Фільтри встановлюють так, щоб при роботі не потратив пил у чисту частину камери. Слід забезпечити вільний доступ до струшуючих механізмів. Конструкція фільтрів повинна витримувати гідростатичне навантаження, яке викликається внаслідок розрідження в мережі [6].

Перед встановленням перевіряють відповідність отриманих пневмодувних машин і електродвигунів даним проекту і технічним умовам. Особливу увагу необхідно звернути на напрям обертання лопатевих коліс, їх збалансування, забезпечення необхідних зазорів, стан підшипників, міцність з'єднань. Пневмодувні машини, як правило, повинні мати еластичні під'єднання до трубопроводів з метою виключення передавання вібрацій [6].

При з'єднанні робочого валу пневмодувної машини з електродвигуном за допомогою муфти основу під ними роблять загальною. При з'єднанні пневмодувної машини з електродвигуном пасовою передачею його відмежовують і вставляють так, щоб ведучою була нижня частина паса [6].

Електродвигун встановлюють на направляючих з можливістю зміни міжосьової відстані з метою регулювання натягів пасів. При обертанні коліс пневмодувної машини може з'явитися вібрація, яка збільшує зношення підшипників, а також є причиною шумів. [6].

2.2 Розрахунок стрічкового конвеєра

Розглянувши усі «За» та «Проти», обираємо стрічковий транспортер для відведення стружки.

Дано [7]:

$\Pi=4500$ кН/год – продуктивність;

$l=24$ м – довжина транспортера;

Вантаж, що транспортується – стружка.

Вибір основних параметрів

Вважаємо, що стрічка переміщується на завантаженій ділянці траси по двороликовій жолобчастій опорі, а на холостій ділянці по однороликовій опорі.

$\gamma_v=8,0$ кН/м³ – об'ємна маса вантажу,

$V=2.5$ м/с – швидкість транспортування.

Визначення ширини стрічки за формулою [7]:

$$B_{ст} = 1,1 \cdot \left(\sqrt{\frac{\Pi}{K_{\Pi} \cdot v \cdot \gamma_v \cdot K_{\beta}}} + 0,05 \right), \quad (2.2)$$

де K_{Π} - коефіцієнт поперечного перерізу шару вантажу; $K_{\Pi}=550$ [8];

K_{β} - коефіцієнт, що враховує кут нахилу конвеєра до горизонту, $K_{\beta}=1$.

$$B_{ст} = 1,1 \cdot \left(\sqrt{\frac{450}{325 \cdot 2,5 \cdot 8 \cdot 1}} + 0,05 \right) = 0,300 \text{ м.}$$

За ГОСТ 22644-77 найближча ширина стрічки $B_{ст}=500$ мм. Вибираємо стрічку типу 3, матеріал прокладок Б-820; кількість прокладок $i_{ст}=3$. При транспортуванні стружки, згідно з рекомендаціями, приймаємо $\delta_1=\delta_2=1,5$ мм.

Визначення погонних навантажень

Силу тяжіння вантажу на 1 пог.м. стрічки визначають за формулою [8]:

$$q_v = \Pi / 3,6 \cdot v, \quad (2.3)$$

$$q_v = 1000 / 3,6 \cdot 2,5 \approx 110 \text{ Н/м.}$$

Погонне навантаження від стрічки згідно формулі [8]:

$$q_{ст} = 11,27 \cdot V_{ст} \cdot \delta, \quad (2.4)$$

$$q_{ст} = 11,27 \cdot 0,5 \cdot 7,5 \approx 42 \text{ Н/м,}$$

де $V_{ст} = 0,5 \text{ м}$;

δ – товщина стрічки.

$$\delta = \delta_1 + \delta_0 \cdot i_{ст} + \delta_2, \quad (2.5)$$

де δ_0 – товщина однієї прокладки матеріалу Б – 820 складає 1,5мм.

$$\delta = 1,5 + 1,5 \cdot 3 + 1,5 = 7,5 \text{ мм.}$$

Сила тяжіння обертаючих частин роликів опор для робочої ділянки траси $G_{р.р.} = 59 \text{ Н}$, для порожньої ділянки - $G_{р.х.} = 36 \text{ Н}$ [8].

Згідно рекомендаціям визначаємо відстань між роликкооперами на завантаженій ділянці $l_p = 1,5 \text{ м}$, на зворотній за формулою [8]:

$$l_x = 2 \cdot l_p, \quad (2.6)$$

$$l_x = 2 \cdot 1,5 = 3,0 \text{ м.}$$

Погонні навантаження обертових частин роликкоопор [8]:

- завантаженої ділянки за формулою :

$$q_{р.р.} = G_{р.р.} / l_p, \quad (2.7)$$

$$q_{р.р.} = 59 / 1,5 = 39 \text{ Н/м.}$$

- холостої ділянки за формулою:

$$q_{p.x.} = G_{p.x.} / l_x, \quad (2.8)$$

$$q_{p.x.} = 36/3 = 12 \text{ Н/м.}$$

Визначення опору руху і натягу стрічки (рис. 2.9)

Поділимо трасу на характерні ділянки, починаючи з точки збігання стрічки з приводного барабану від точки 1 до точки 5.

Вибираємо коефіцієнти опору руху стрічки [8]:

- по жолобчастих роликоопорах – $w_p = 0,04$;
- по прямих роликоопорах – $w_x = 0,035$;
- при обхваті барабанів – $w_6 = 1,05 (180^\circ)$.

Коефіцієнт опору руху стрічки на батареї роликів можна прийняти таким же, як при обхваті стрічкового барабану при куті менше 90° [8].

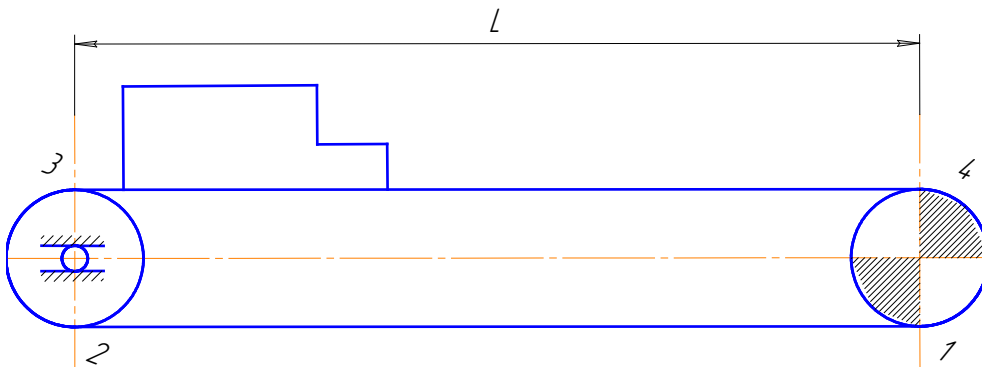


Рисунок 2.9 - Розрахункова схема стрічкового конвеєра

Визначимо натяг у характерних точках за формулою [8]:

$$F_1 = F_{зб};$$

$$F_2 = F_1 + w_{1-2} = (q_{ст} + q_{p.x.}) \cdot l \cdot w_x = F_1 + (25,36 + 12) \cdot 24 \cdot 0,035 = F_1 + 31,4$$

$$F_3 = F_2 \cdot w_6 = (F_1 + 31,4) \cdot 1,05 = 1,05F_1 + 32,9.$$

$$F4 = F3 + w_{\text{зав}} = (1,05F1 + 32,9) + (50 + 25,36 + 39) \cdot 24 \cdot 0,04 = 1,05F1 + 142,7.$$

Натяг $F2 = F_{\text{нб}}$ і $F1 = F_{\text{зб}}$ при відсутності ковзання на барабані згідно з рівнянням Ейлера запишемо [8]:

$$e^{f\alpha} \geq F5 / F1, \quad (2.9)$$

де $e = 2,72$ – основа натурального логарифму [8];

f – коефіцієнт тертя зчеплення стрічки з барабаном, $f = 0,2$ [8];

α – кут обхвату барабану, $\alpha = 180^\circ$ [8].

$$F5 = F1 \cdot e^{0,2 \cdot 3,14} = F1 \cdot 1,87$$

$$1,87F1 = 1,05 \cdot F1 + 142,7$$

$$F1 = 142,7 / 0,82 = 174 \text{ Н}$$

$$F2 = 174 + 31,4 = 205,1 \text{ Н}$$

$$F3 = 1,05 \cdot 174 + 32,9 = 222,6 \text{ Н}$$

$$F4 = 1,05 \cdot 174 + 142,7 = 325,4 \text{ Н.}$$

Розрахунок стрічки [8]

Потрібну кількість прокладок у стрічці при запасі міцності стрічки $S = 11$ визначимо за формулою [8]:

$$i_{\text{ст}} \geq F_{\text{max}} \cdot S / [K]_p \cdot B_{\text{ст}} \quad (2.10)$$

де $[K]_p$ – розривне навантаження, $[K]_p = 55 \text{ кН/м}$ [8];

F_{max} – максимальне зусилля стрічки, $F_{\text{max}} = F4 = 325,4 \text{ Н}$ [8].

$$i_{\text{ст}} = 3 \cdot 11 / 55 \cdot 0,5 = 1,2.$$

Ми прийняли $i_{\text{ст}} = 3$, що відповідає найменшій кількості прокладок і забезпечує запас міцності стрічки більший [8].

Визначення окружної сили

На поверхні приводного барабану визначимо окружну силу за формулою [8]:

$$F_t = F_4 - F_1, \quad (2.11)$$

$$F_t = 325,4 - 174 = 151,4 \text{ Н} \approx 0,15 \text{ кН.}$$

Діаметр приводного барабана визначимо за формулою [8]:

$$D_{пб} = a \cdot i_{ст}, \quad (2.12)$$

де a – коефіцієнт.

$$D_{пб} = (0,125 \dots 0,15) \cdot 3 = 0,375 \dots 0,45 \text{ м.}$$

Згідно з ГОСТ 22644-77, приймаємо $D_{пб} = 400 \text{ мм}$.

За питомим тиском визначимо найменший допустимий діаметр приводного барабану при $[p]_{ст} = 16000 \text{ Н/м}^2$ за формулою [8]:

$$D_{пб} = 2 \cdot F_t / [p]_{ст} \cdot \alpha \cdot V_{ст}, \quad (2.13)$$

$$D_{пб} = 2 \cdot 151,4 / 16000 \cdot 3,14 \cdot 0,3 = 0,02 \text{ м.}$$

Таким чином, діаметр приводного барабану вибрано правильно.

Діаметри кінцевих та натяжних барабанів приймають згідно ГОСТ 22644-77 :

$$D_{кб} = D_{нб} = 320 \text{ мм.}$$

Потужність на приводному валу конвєсра при сталому переміщенні стрічки визначимо за формулою [8] :

$$P_o = Ft \cdot v / 1000 , \quad (2.14)$$
$$P_o = 151,4 \cdot 2,5 / 1000 = 0,38 \text{ кВт.}$$

Потужність, що відбирається від вала двигуна визначаємо за формулою [8]:

$$P = K \cdot P_o / \eta, \quad (2.15)$$

де η – ККД двигуна, $K = 1,1 \dots 1,25$ [8].

$$P = 1,25 \cdot 0,38 / 0,75 = 0,63 \text{ кВт.}$$

За цією потужністю обираємо двигун 4A71B4Y3: $P_d = 0,75 \text{ кВт}$, $n_d = 1440 \text{ хв}^{-1}$

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Диск ущільнюючий другого ступеня турбіни компресора (ТК) (рис. 3.1) працює в умовах напруги відцентрових сил, температурних напруг, що викликаються нерівномірним нагріванням диску по радіусу та товщині, напруги, що викликаються вібрацією .

Матеріал диска - жароміцний сплав на нікелевій основі ХН73МБТЮ-ВД (ЕІ698-ВД), відповідає вимогам експлуатації, що сприяє надійній роботі двигуна протягом тривалого періоду.

Деталь має базовий діаметр $A\ 246_{-0,029}$ та посадковий діаметр $228,8^{+0,046}$.

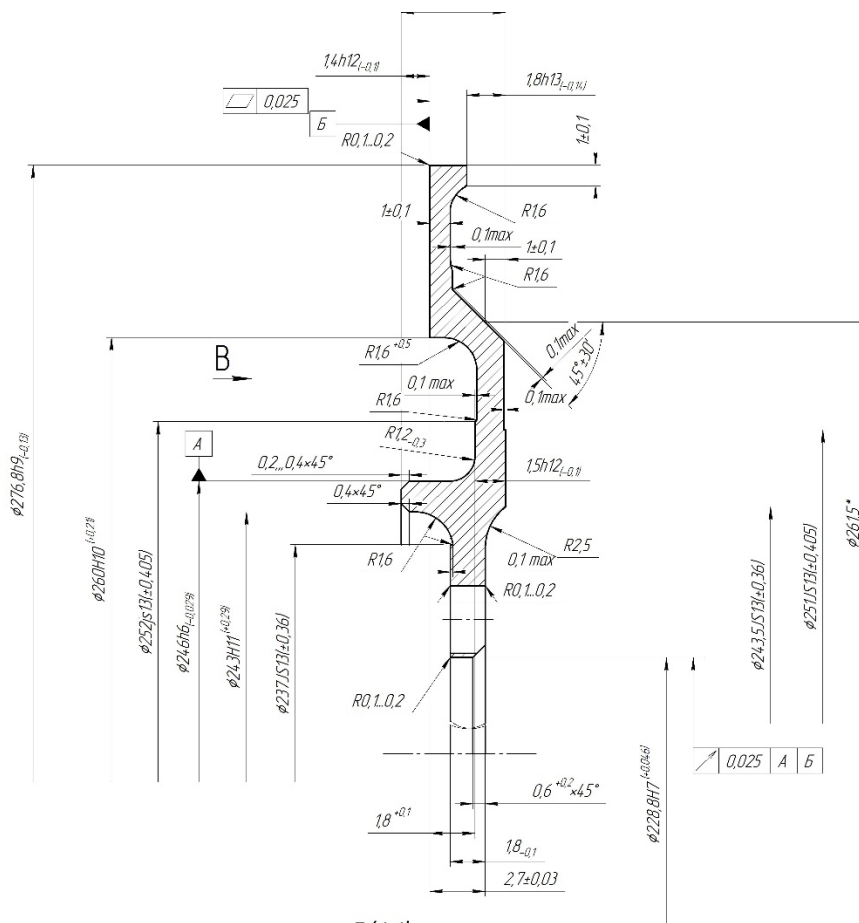


Рисунок 3.1 – Диск ущільнюючий другого ступеня ТК

Матеріал деталі – жароміцний сплав на нікелевій основі ХН73МБТЮ-ВД (ЕІ698-ВД).

Сплав знаходить широке застосування під час виготовлення деталей для відповідальних вузлів авіаційних двигунів, умови роботи яких характеризуються тривалим впливом важких навантажень, високими температурами до 750-800°C і агресивними середовищами.

Магнітні властивості: сплав немагнітний.

Корозійна стійкість: сплав має задовільну корозійну стійкість у всіх кліматичних умовах.

Оброблюваність різанням: Сплав задовільно обробляється різанням. Найбільш ефективно використання ріжучого інструменту з твердосплавного матеріалу ВК10ХОМ, який оптимально підходить за своїм хімічним складом.

Хімічний склад наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Хімічний склад %

C	Ni	Cr	Ti	Nb	Mo	Co	V	W	Mn	Fe	Si	La	Ce
0,04- 0,08	71.057 -78.42	13,0- 15,0	2,4- 2,8	2,4- 2,8	4,5- 5,5	9,0- 11,0	<0,01	1,0- 2,8	<0,4	1,0	<0,3	<0,1	<0,01

Загальні механічні властивості сплаву при $t=20^{\circ}\text{C}$ наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 - Загальні механічні властивості сплаву при $t=20^{\circ}\text{C}$

σ_b , МПа	σ_T , МПа	Відносне		E, МПа	Твердість
		δ %	ψ %		
1200	760	13	14	20500	НВ293...310

Диск піддається ультразвуковому контролю у місцях, доступних для прозвучування, з метою виявлення внутрішніх невідповідностей металу як тріщин, раковин, заковок тощо.

При ультразвуковому контролі допускаються одиничні дефекти, сигнал яких дорівнює або менше сигналу, одержуваного від контрольного

відображення, розташованого, приблизно, на тій же глибині, що і виявлений дефект.

При контролі остаточно готових деталей, до і після здачі, методом ЛЮМ1-ОВ тріщини, розшарування та скупчення грубих пор не допускається.

Допускаються незначна (точкова) пористість. Поодинокі дефекти дозволяється виводити зачисткою, не порушуючи креслярських розмірів.

Група контролю диска –II за ОСТ 1.90074-72.

Зразок для механічних випробувань вирізається із заготівлі кожного диска.

Після штампування здійснюється термообробка. Цю операцію здійснюють з метою зменшення напруги, зменшення твердості та підвищення пластичності заготівлі.

Після попередньої механічної обробки різанням, для зняття напруги наведеної механічною обробкою, проводиться відпал при температурі $t=(750\pm 10)^{\circ}\text{C}$, витримка 6...8 годин, охолодження деталі виробляють на повітрі.

Після остаточної механічної обробки диска проводиться відпал при температурі $t=(750\pm 10)^{\circ}\text{C}$ протягом 6...6 год 30 хв із нагріванням та охолодженням у нейтральному середовищі.

3.2 Визначення типу виробництва і форми організації робіт

Вихідні дані:

- 1) річна програма випуску $N = 10000$ шт;
- 2) маса деталі $q = 0,24$ кг.

Попередньо тип виробництва на початковій стадії розробки технологічного процесу визначають залежно від річної програми (10000 шт.), випуску і маси деталі (0,24 кг). Згідно таблиці 3.3 тип виробництва – багатосерійний.

Остаточно тип виробництва визначають за коефіцієнтом закріплення операцій на ділянці або потокової лінії.

Таблиця 3.3 – Таблиця для попереднього визначення типу виробництва

Тип виробництва	Кількість оброблюваних деталей в рік, шт		
	Важкі , масой більше 100 кг	Середні , масой 10 – 100 кг	Легкі, масой до 10 кг
Одиничне	до 5	до 10	до 100
Дрібносерійне	5 – 100	10 – 200	100 - 500
Серійне	100 – 300	200 – 500	500 – 5000
Багатосерійне	300 – 1000	500 – 5000	5000 – 50000
Масове	понад 1000	понад 5000	понад 50000

Кількість деталей у партії можна розрахувати за формулою [1]:

$$n = \frac{a \cdot N}{\Phi}, \quad (3.1)$$

де a – періодичність запуску, $a=2$;

Φ – кількість робочих днів в році, $\Phi=250$ днів.

$$n = \frac{2 \cdot 10000}{250} = 80 \text{ шт.}$$

3.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Ескіз 3D – моделі деталі «Диск ущільнюючий другого ступеня ТК» наведено на рис. 3.2.

Маса деталі $q = 0,24$ кг.

Матеріал сталь ХН73МБТЮ-ВД, густина $\rho = 8,4$ г/см³.

Річна програма випуску $N = 10000$ шт.

Розглянемо два методи отримання заготівлі:

а) на молотах;

б) методом штампування на КГШП нормальної точності.

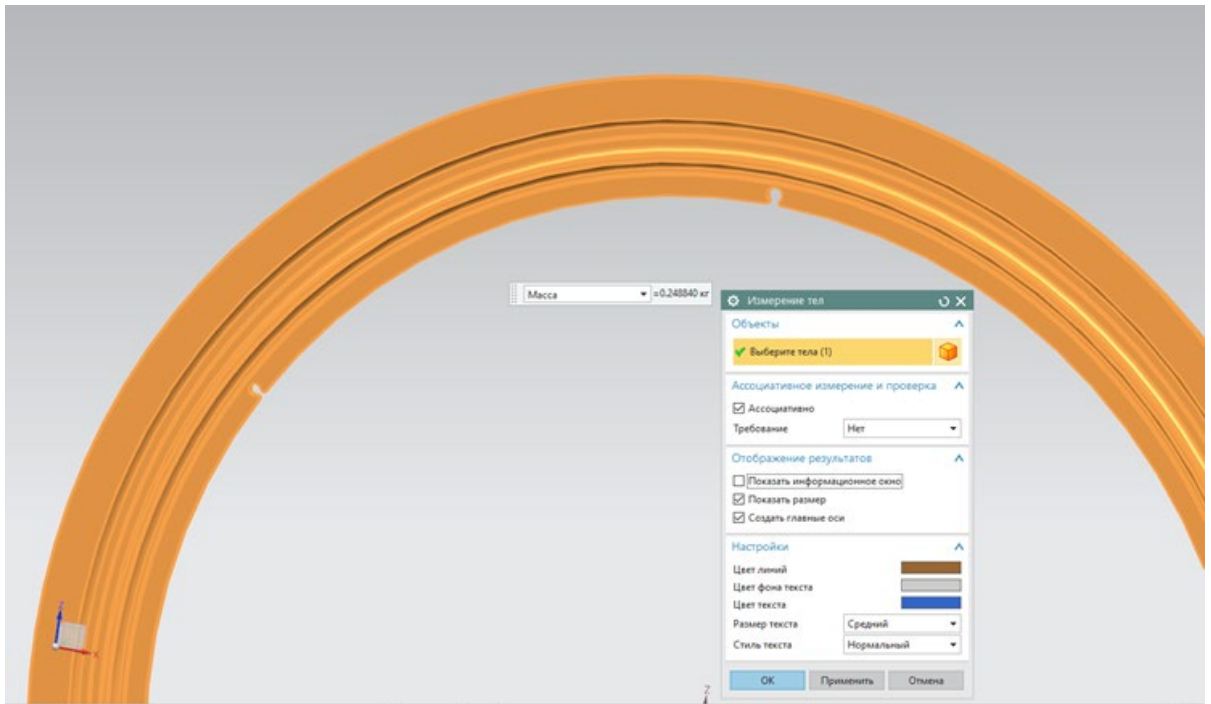


Рисунок 3.2 –3D модель деталі

Визначення собівартості однієї заготовки, одержаної на молотах (рис. 3.3).

Припуск на сторону дорівнює 3,0 мм [12].

Маса заготовки 1: $Q_1=2,03$ кг.

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки визначається за формулою:

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

де q - маса деталі;

Q – маса заготовки.

$$\eta = \frac{0,24}{2,03} = 0,11.$$

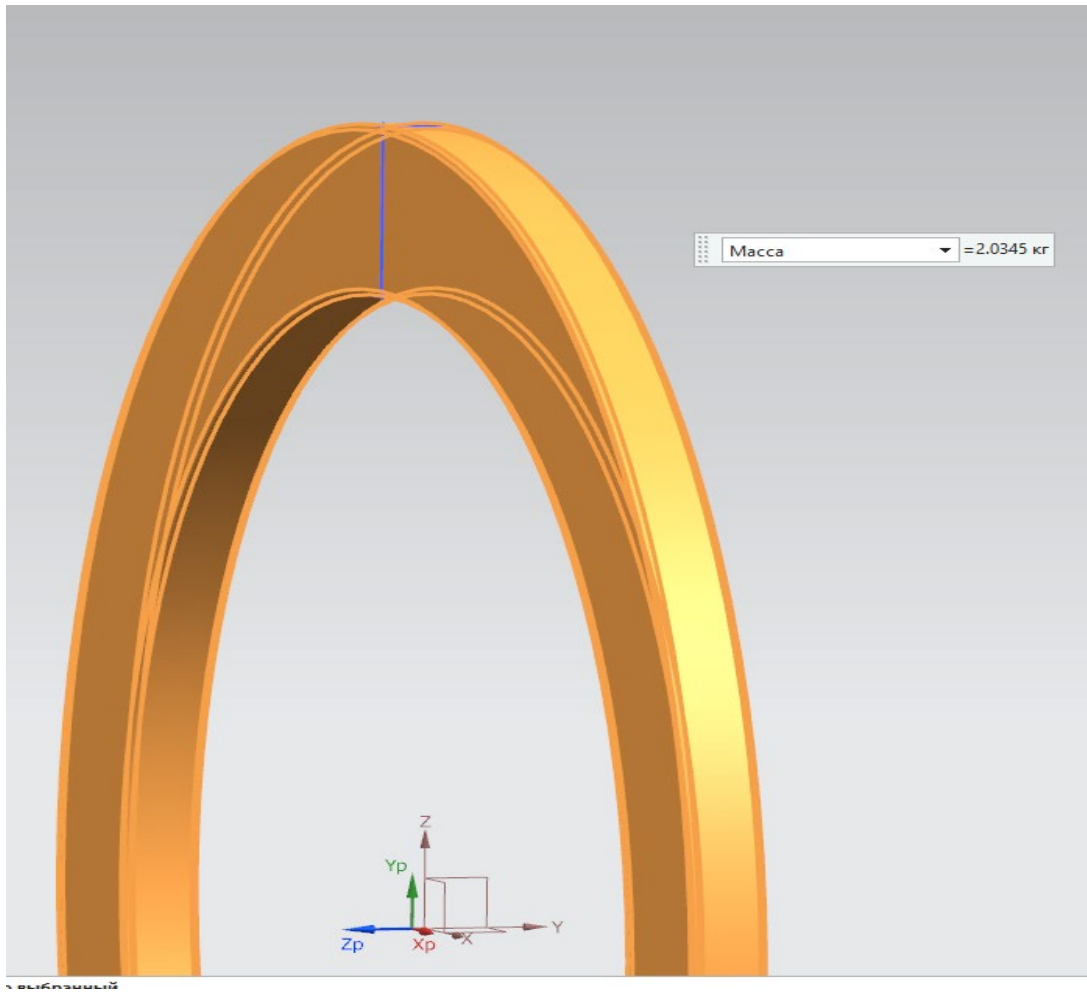


Рисунок 3.3 – 3D-модель заготовки, отриманої на молотах

Вартість однієї заготівлі, одержуємо за формулою:

$$C = \frac{C_6}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_C \cdot K_{II} - (Q - q) \cdot \frac{C_{\text{відх}}}{1000} , \quad (3.3)$$

де C_i – базова вартість однієї тонни заготовок [12];

K_T – коефіцієнт, що залежить від класу точності [12] ;

K_C – коефіцієнт, що залежить від групи складності [12] ;

K_B – коефіцієнт, що залежить від маси [12];

K_M – коефіцієнт, що залежить від матеріалу [12];

K_{II} – коефіцієнт, що залежить від обсягу виробництва заготовок [12] ;

$C_{\text{відх}}$ – вартість стружки, $C_{\text{отх}} = 1400$ грн [12].

Для заготовки на молотах:

$$C_1 = 315000 \text{ грн}; K_T = 1; K_C = 0,89; K_B = 1,25; K_M = 1,8; K_{II} = 1.$$

$$C_1 = \frac{31500}{1000} \cdot 1,08 \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 1,25 \cdot 1,8 \cdot 1 - (2,03 - 0,24) \cdot \frac{1400}{1000} = 65,6 \text{ грн}$$

Визначення собівартості однієї заготовки, отриманої методом штампування на КГШП (рис. 3.4, рис. 3.5)

При використанні закритого штампування на КГШП з класом її точності Т4 визначаємо параметри заготовки та розраховуємо припуски.

Група сталі – М1.

Ступінь складності заготовки – С4.

Маса заготовки: $Q_2 = 1,983 \text{ кг}$.

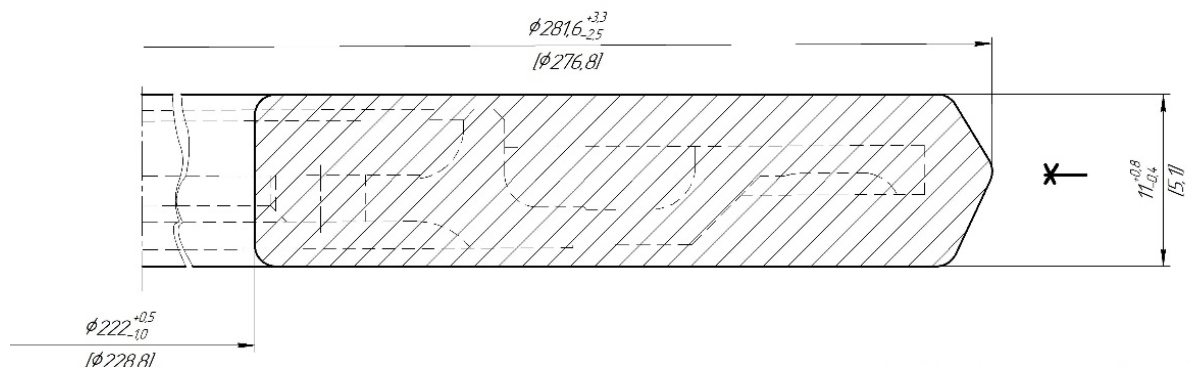


Рисунок 3.4 – Ескіз заготовки, отриманої методом штампування КГШП

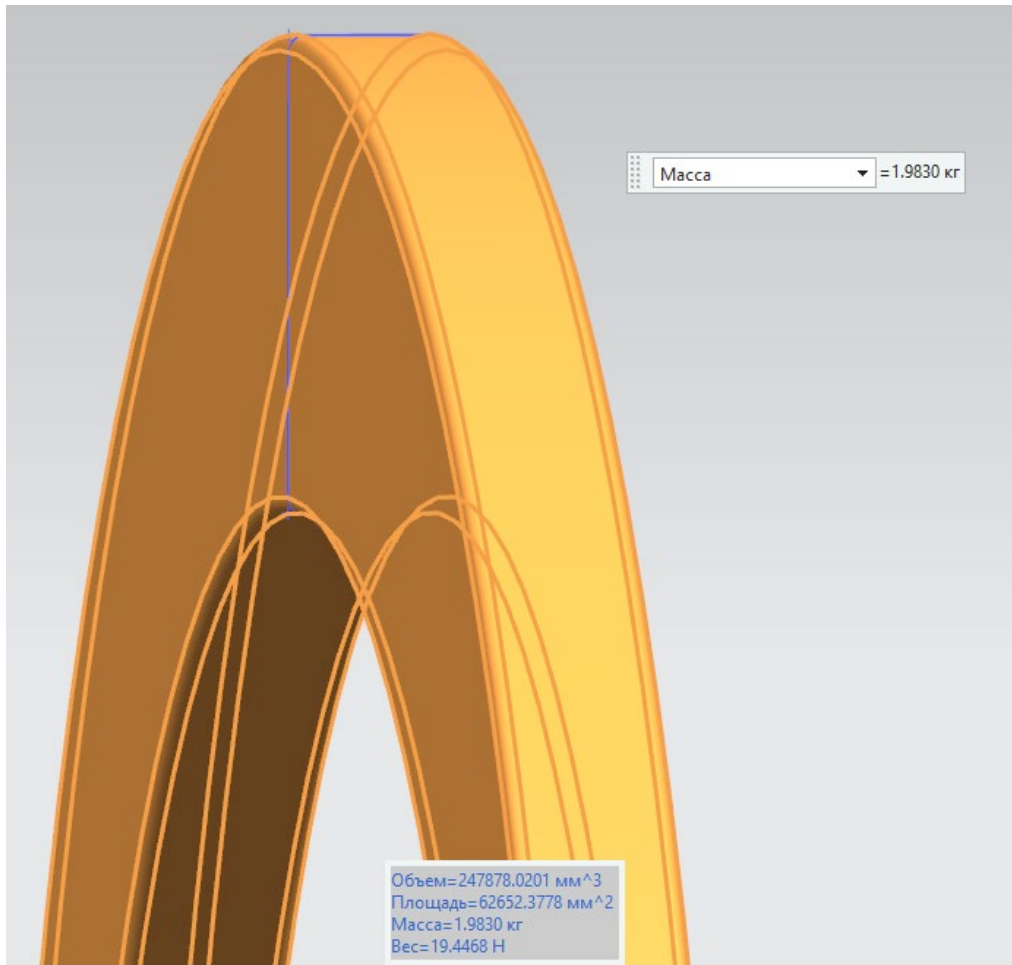


Рисунок 3.5 – 3D модель заготовки штамповки КГШП

Коефіцієнт використання матеріалу за формулою (3.2):

$$\eta = \frac{0,24}{1,983} = 0,121.$$

Вартість однієї заготовлі згідно формули (3.3) :

де $C_2 = 35000$ грн; $K_T = 1$; $K_C = 0,89$; $K_B = 1,25$; $K_M = 1,8$; $K_{II} = 1$.

$$C_2 = \frac{3500}{1000} \cdot 0,925 \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 1,25 \cdot 1,8 \cdot 1 - (1,983 - 0,24) \cdot \frac{1400}{1000} = 59,1 \text{ грн.}$$

Усі розрахунки зводимо до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Результати розрахунку собівартості заготовок

Показники	Обозн	Од. змін.	Варіанти	
			На молотах	КГШП
Маса деталі	q	кг	0,24	
Маса заготівлі	Q	кг	2,03	1,983
Коеф. використ. матер.	η		0,11	0,121
Базова ціна заготівлі	C_i	грн	3150	3500
Коефіцієнти	K_T		1,0	1,0
	K_M		0,89	0,89
	K_C		1,25	1,25
	K_B		1,8	1,8
	K_P		1,0	1,0
Ціна за тонну стружки	$C_{\text{відх}}$	грн	1400	
Вартість однієї заготівлі	C	грн	65,6	59,1

При порівнянні двох способів отримані значення $C_1 > C_2$ та $\eta_1 < \eta_2$, тоді приймаємо другий спосіб і розраховуємо річні заощадження за вартістю виготовлення заготовок [11]:

$$E_B = (C_2 - C_1) \times N, \quad (3.4)$$

$$E_B = (65,6 - 59,1) \cdot 10000 = 65000 \text{ грн.}$$

Річне заощадження матеріалу за формулою [11]:

$$M_1 = \frac{q(\eta_2 - \eta_1)}{\eta_1 \cdot \eta_2} \cdot N, \quad (3.5)$$

$$M_1 = \frac{0,24 \cdot (0,121 - 0,11)}{0,121 \cdot 0,11} \cdot 10000 = 2640 \text{ кг.}$$

Висновок : приймаємо раціональним виготовлення заготовки штамповки КГШП.

3.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

3.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Щоб визначити технологічність деталі вже на початковому етапі проектування ТП, використовуються різні показники.

Коефіцієнт використання матеріалу: $\eta = 0,121$.

За коефіцієнтом використання матеріалу бачимо, що більша частина матеріалу йде у відходи (стружку). Тому за цим параметром деталь нетехнологічна.

Коефіцієнт уніфікації конструкції елементів деталі [12]:

$$K_{ye} = \frac{Q_{ye}}{Q_e}, \quad (3.5)$$

де Q_e – загальна кількість конструктивних елементів, $Q_e = 34$;

Q_{ye} – кількість уніфікованих елементів, $Q_{ye} = 26$.

$$K_{ye} = \frac{26}{34} = 0,76.$$

Так як коефіцієнт уніфікації $K_{ye} = 0,76 > 0,6$, то деталь вважається технологічною.

Коефіцієнт точності обробки [12]:

$$K_{TO} = 1 - \frac{1}{A_{cp}} > 0,8 \quad (3.6)$$

де A_{cp} – середнє значення квалітету точності.

$$A_{cp} = \frac{\sum A_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (3.7)$$

де A_i – квалітет точності i -ї елементарної поверхні;

n_i – кількість розмірів відповідного квалітету.

$$A_{cp} = \frac{7 \cdot 1 + 8 \cdot 1 + 9 \cdot 1 + 11 \cdot 1 + 12 \cdot 1 + 14 \cdot 18 + 16 \cdot 6}{34} = \frac{395}{34} = 13,6.$$

$$K_{TO} = 1 - \frac{1}{13,6} = 0,93.$$

Так як $K_{TO} = 0,93 > 0,8$ то деталь можна вважати технологічною за даним показником.

Коефіцієнт шорсткості [12]:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}} < 0,32; \quad (3.8)$$

де B_{cp} – середнє значення показника шорсткості по робочим кресленням.

$$K_{ш} = \frac{1}{4,32} = 0,23.$$

Так як, $K_{ш} = 0,23 < 0,32$ то можна сказати, що за показником коефіцієнта шорсткості деталь є технологічною.

За трьома з чотирьох показників деталь є технологічною. Якщо деталь хоч по одному показнику не є технологічною, то в цілому її можна вважати не технологічною.

3.4.2 Проєктування маршруту обробки поверхонь

Метою магістерської роботи є вдосконалення технологічного процесу виготовлення «Диску». Тому в цьому розділі розробимо маршрут обробки поверхонь для оновленого технологічного процесу (замінені універсальні верстати на верстати з ЧПК, тим самим скорочена кількість операцій та загальний час на обробку деталі) .

Розробимо маршрут обробки поверхонь (МОП) на циліндричну поверхню $\varnothing 276,8h9(-0,13)$.

Параметри деталі:

- квалітет – 9. Допуск – $T = 0,13$ мм;
- шорсткість – $Ra = 1,6$. Клас шорсткості – $\nabla 7$ [9].

Параметри заготовки:

- поле допуску – $\begin{matrix} +3,3 \\ -2,5 \end{matrix}$ [9], квалітет – 16. Допуск – $T = 5,8$ мм [9] .

Загальне уточнення за показниками точності і якості поверхні [12]:

$$\varepsilon_{oIT} = \frac{T_{заг}}{T_{дет}}, \quad (3.9)$$

де $T_{заг}$ - допуск геометричного розміру заготовки, $T_{заг} = 5800$ мкм;

$T_{дет}$ - допуск геометричного розміру деталі, $T_{дет} = 130$ мкм.

$$\varepsilon_{oIT} = \frac{5800}{130} = 44,5.$$

$$\varepsilon_{oRa} = \frac{Ra_{заг}}{Ra_{дет}}, \quad (3.10)$$

де $Ra_{заг}$ - шорсткість заготовки, $Ra_{заг} = 25$;

$Ra_{дет}$ - шорсткість деталі, $Ra_{дет} = 1,6$.

$$\varepsilon_{oRa} = \frac{25}{1,6} = 15,6.$$

Переважаючим показником якості цієї поверхні є показник точності, який потребує найбільшого уточнення.

За найбільшим показником уточнення розрахуємо кількість k переходів [12]:

$$k_p = 2 \lg \varepsilon_0, \quad (3.11)$$

$$k_p = 2 \lg 44,5 = 3,02.$$

Приймаємо $k = 3$ переходи.

Встановлюємо послідовність показників точності і якості (ППТЯ):

1) за точністю геометричного розміру:

IT16 \Rightarrow h11 \Rightarrow h10 \Rightarrow h9;

2) за шорсткістю поверхні:

$\nabla 2 \Rightarrow \nabla 4 \Rightarrow \nabla 5 \Rightarrow \nabla 7$;

або краще:

Ra 25 \Rightarrow Ra 6,3 \Rightarrow Ra 3,2 \Rightarrow Ra 1,6.

За рекомендацією [10] встановлюємо, що потрібну точність і якість поверхні можна забезпечити чистовим точінням. Це останній перехід механічної обробки. Проміжні переходи: чорнове і напівчистове точіння. Методи обробки записуємо в таблиці МОП (таблиця 3.5).

За [10] визначаємо допуски по переходах відповідно до прийнятих ППТЯ. Розраховуємо уточнення по переходах і їхні добутки (таблиця 3.5).

Визначаємо уточнення за показниками точності та шорсткості для точіння чорнового: $Td_1=320$ мкм; $TRa_1=6,3$ мкм.

$$\varepsilon_{d1} = \frac{5800}{320} = 18,12,$$

$$\varepsilon_{Ra1} = \frac{25}{6,3} = 3,97.$$

2-й перехід - точіння напівчистове: $Td_2=210$ мкм ; $TRa_2=3,2$ мкм.

$$\varepsilon_{d2} = \frac{320}{210} = 1,52,$$

$$\varepsilon_{Ra2} = \frac{6,3}{3,2} = 1,97.$$

.

3-й перехід – точіння чистове: $Td_3=130$ мкм; $TRa_3=1,6$ мкм.

$$\varepsilon_{d3} = \frac{210}{130} = 1,61,$$

$$\varepsilon_{Ra4} = \frac{3,2}{1,6} = 2.$$

Загальне уточнення:

$$\prod_{i=4}^k \varepsilon d_i = 18,12 \cdot 1,61 \cdot 1,52 = 44,5 \geq \varepsilon d_0 \quad (3.12)$$

Запропонований МОП забезпечує необхідну точність та якість поверхні.

Розрахунки маршрутів обробки інших поверхонь наведено у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Маршрут обробки поверхонь

Характер і показники точності і якості поверхні деталі і заготовки	Показники	Уточнення	Кількість переходів k		Різниця показників і ППТК	МОП		Допуск		Уточнення		
			розрахункове	прийняте		i	Метод обробки	розміру	шорсткості	розміру	шорсткості	
Циліндрична поверхня $\varnothing 276,8h9(-0,13)$; $Ra = 1,6$. Заготовка: $+3,3$ $-2,5$, $\sim IT16$, $Ra = 25$.	T	44,5	3,02	3	$\Delta_{кв.} = IT16 - h9 = 5 + 1 + 1$	1	Заготовка	5800	25	-	-	
					$IT16 \Rightarrow h11 \Rightarrow h10 \Rightarrow h9$	2	точіння чорнове	320	12,5	18,12	3,97	
						3	ТО					
	Ra	15,6				$\Delta_{кл.} = \nabla 7 - \nabla 2 = 2 + 1 + 1$	4	точіння напівчистове	210	3,2	1,56	1,97
						$Ra 25 \Rightarrow Ra 6,3 \Rightarrow Ra 3,2 \Rightarrow Ra 1,6$	5	точіння чистове	130	1,6	1,61	2
Циліндрична поверхня $\varnothing 228,8H7^{+0,046}$; $Ra = 1,6$. Заготовка: $+0,5$ $-1,0$, $\sim IT16$, $Ra = 25$.	T	32,5	3,29	4	$\Delta_{кв.} = IT16 - H17 = 5 + 2 + 1 + 1$	1	Заготовка	1500	25	-	-	
					$IT16 \Rightarrow H11 \Rightarrow H9 \Rightarrow H8 \Rightarrow H7$	2	точіння чорнове	290	6,3	5,17	3,97	
						3	ТО					
	Ra	15,6				$\Delta_{кл.} = \nabla 6 - \nabla 2 = 2 + 1 + 1 + 1$	4	точіння напівчистове	115	3,2	2,52	1,97
								точіння чистове	72	1,6	1,59	2
					$Ra 25 \Rightarrow Ra 6,3 \Rightarrow Ra 3,2 \Rightarrow Ra 1,6$.	5	шліф. однокр.	46	1,6	1,6	2	

3.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Розробимо технологічний процес с заміною універсальних верстатів на верстати з ЧПК, тим самим відбудеться скорочення кількості операцій та загального часу на обробку деталі .

Загальна (етапна) схема виготовлення деталі:

- 1) одержання заготівлі;
- 2) механічна обробка – чорнове точіння зовнішніх поверхонь;
- 3) слюсарна обробка (голтівка);
- 4) механічна обробка – токарна обробка на верстатах з ЧПК;
- 5) промивка ультразвуком;
- 6) травлення;
- 7) відпал;
- 8) механічна обробка – токарна на верстатах з ЧПК;
- 9) механічна обробка – свердлильна та фрезерна обробка;
- 10) механічна обробка- шліфування внутрішнього діаметру та торця;
- 11) слюсарна обробка;
- 12) ЛЮМ;
- 13) промивання;
- 14) контроль.

Графічне зображення маршруту обробки представлено на плакаті.

3.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Розрахунково-аналітичний метод:

Зовнішня діаметральна поверхня $\varnothing 276,8h9_{(-0,13)}$

Прийняті позначення: h_{i-1} – глибина дефектного слою матеріалу від попередньої операції; ρ_i – похибки форми та взаємного розташування поверхонь на попередній операції; ε_i – похибки установки на виконуємому переході.

Для заготовки нормативні значення $Rz=160$ мкм и $h=200$ мкм приймаємо в залежності від маси заготовки [9].

Просторові відхилення заготовки визначаємо, як суму допустимих значень похибки розміру від зміщення $\rho_{см}$ та короблення $\rho_{кор}$. Для штамповки нормальної точності (серійне виробництво) [9]:

де $\rho_{см}=500$ мкм,

$$\rho_{кор}=\Delta k \cdot l, \quad (3.13)$$

$$\rho_{кор}=0,5 \cdot 11=5,5 \text{ мкм.}$$

Сумарне значення просторових відхилень визначаємо за формулою:

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

$$\rho = \sqrt{500_{см}^2 + 5,5_{кор}^2} \approx 500 \text{ мкм.}$$

Отримані значення заносимо в таблицю 3.6.

Для точіння чорнового нормативні значення Rz , h [9]:

де $Rz_2=125$ мкм, $h_2=120$ мкм.

$$\rho_2 = k_y \cdot \rho_1, \quad (3.15)$$

де k – коефіцієнт уточнення, $k=0,06$ [9].

$$\rho_2 = 0.06 \cdot 500 = 30 \text{ мкм.}$$

Похибки установки заготовки: $\varepsilon_2 = 120 \text{ мкм.}$

Для термообробки [9]:

де $\Delta k = 0,1 \text{ мкм/мм.}$

$$\rho_3 = 0,1 \cdot 11 = 1,1 \text{ мкм.}$$

Для точіння напівчистового нормативні значення R_z, h , [9]:

$R_{z4} = 40 \text{ мкм, } h_4 = 40 \text{ мкм, } k_y = 0,05.$

$$\varepsilon_4 = k_y \cdot \varepsilon_2,$$

$$\varepsilon_4 = 0,05 \cdot 120 = 6 \text{ мкм.}$$

$$\rho_4 = k_y \cdot \rho_3,$$

$$\rho_4 = 0,05 \cdot 5,7 = 0,285 \text{ мкм.}$$

Для точіння чистового нормативні значення R_z, h , приймаємо [9] : $R_{z5} = 25 \text{ мкм, } h_5 = 25 \text{ мкм.}$

$$\varepsilon_5 = 0,04 \cdot 6 = 0,24 \text{ мкм,}$$

$$\rho_5 = 0,04 \cdot 0,285 = 0,0114 \text{ мкм} \approx 0 \text{ мм.}$$

Мінімальні значення припусків визначаємо за формулою (3.16):

$$2Z_i^{min} = 2 \left[(R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right], \quad (3.16)$$

де $R_{z_{i-1}}$ - висота нерівностей поверхні, що залишилася при виконанні попередньої операції (переходу);

h_{i-1} -глибина дефектного шару, що залишилася при виконанні попередньої операції (переходу);

ρ_{i-1} - просторові відхилення, що виникли при виконанні попередньої операції (переходу);

ε_i - похибка установки заготівлі цієї операції (переході).

Для точіння чорнового:

$$2Z_{1min} = 2 \left[160 + 200 + \sqrt{500^2 + 120^2} \right] = 1748 \text{ мкм.}$$

Для точіння напівчистового:

$$2Z_{2min} = 2 \left[125 + 120 + \sqrt{1,1^2 + 6^2} \right] = 551 \text{ мкм.}$$

Для точіння чистового:

$$2Z_{3min} = 2 \left[40 + 40 + \sqrt{0,28^2 + 0,24^2} \right] = 160 \text{ мкм.}$$

Визначаємо мінімальний розмір поверхні деталі – розмір останнього переходу механічної обробки :

$$d_4^{min} = d_4^{HOM} + ei_{d4}, \quad (3.17)$$

$$d_4^{min} = 276,8 + (-0,13) = 276,67 \text{ мм.}$$

Далі розрахункові мінімальні розміри знаходимо по формулі:

$$d_i^{min} = d_{i+1}^{min} + 2z_{i+1}^{min} \quad (3.18)$$

$$d_3^{min} = 276,67 + 0,160 = 276,83 \text{ мм;}$$

$$d_2^{min} = 276,83 + 0,551 = 277,381 \text{ мм};$$

$$d_1^{min} = 277,381 + 1,748 = 279,129 \text{ мм}.$$

Розраховуємо максимальні розміри поверхні для переходів по формулі (3.19):

$$d_i^{max} = d_i^{min} + Td_i, \quad (3.19)$$

$$d_4^{max} = 276,67 + 0,13 = 276,8 \text{ мм};$$

$$d_3^{max} = 276,83 + 0,21 = 277,04 \text{ мм};$$

$$d_2^{max} = 277,381 + 0,32 = 277,7 \text{ мм};$$

$$d_1^{max} = 279,129 + 5,8 = 284,929 \text{ мм}.$$

Розраховуємо максимальні припуски для переходів механічної обробки за формулою (3.20):

$$2z_i^{max} = d_{i-1}^{max} - d_i^{max}, \quad (3.20)$$

$$2z_2^{max} = 284,929 - 277,7 = 7,229 \text{ мм};$$

$$2z_3^{max} = 277,7 - 277,04 = 0,66 \text{ мм};$$

$$2z_4^{max} = 277,04 - 276,8 = 0,24 \text{ мм}.$$

Перевіряємо розрахунки, використовуючи наступну рівність [11]:

$$2Z_0^{max} - 2Z_0^{min} = Td_{заг} - Td_{дет}$$

$$8,129 - 2,459 = 5,8 - 0,13$$

$$5,67 = 5,67$$

Визначаємо виконавчий розмір заготовки за формулою:

$$d_{1ном} = d_{1min} + e_{i1},$$

$$d_{\text{ном}} = 279,129 + 2,5 = 281,629 \text{ мм.}$$

Виконавчий розмір заготовки дорівнюватиме: $\emptyset 281,6_{-2,5}^{+3,3}$

Виконавчі розміри по іншим переходам виконуємо в системі «валу», тобто за номінальний розмір приймається максимальне значення розміру поверхні мінус допуск на обробку як нижнє відхилення, усі дані заносимо до таблиці 3.6

Визначення припусків табличним методом : $\emptyset 228,8^{+0,046}$

Операційний припуск Z_i – це шар матеріалу , знімаємий з заготовки при виконанні однієї технологічної операції [9]:

$$Z_i = \sum_{j=1}^k Z_{ji}, \quad (3.21)$$

де k - загальна кількість технологічних переходів для обробки поверхні на i - й операції.

Операційний припуск може приймати значення :

- 1) -номінальне Z_i^H ,
- 2) -мінімальне Z_i^{min} ,
- 3) -максимальне Z_i^{max} .

Значення Z_i^{min} задаються у нормативних таблицях. При відомих Z_i^{min} можливо розрахувати [12]:

$$Z_i^H = Z_i^{min} + Td_{i-1}, \quad (3.22)$$

$$Z_i^{max} = Z_i^H + Td_i, \quad (3.23)$$

де Td_i та Td_{i-1} – відповідно технологічні допуски, які забезпечуються на даній та попередніх операціях.

Розрахунок слід починати з останньої операції , на якій забезпечується розмір, проставлений для розглянутої поверхні на робочому кресленні деталі.

Для внутрішніх циліндричних поверхонь згідно формули (3.24):

$$D_{i-1} = D_i + Z_{i-1}^H, \quad (3.24)$$

Вірність проведення розрахунків перевіряється за формулами:

$$Z_i^{max} - Z_i^{min} = Td_{i-1} + Td_i, \quad (3.25)$$

$$d_{зар}^H - d_{дет} = Z_0^H. \quad (3.26)$$

Якщо перевірка показала вірність розрахунків , то розміри необхідно вказати, округлив їх номінальні значення до того знаку після коми, з котрим вказані на них граничні відхилення.

Поверхня : $\varnothing 228,8^{+0,046}$

Встановлюємо значення мінімальних припусків [12]:

$$Z_1^{min} = 1,7\text{мм}; Z_2^{min} = 0,5\text{ мм}; Z_3^{min} = 0,3\text{ мм}; Z_4^{min} = 0,1\text{ мм}.$$

Розраховуємо значення номінальних припусків за формулою (3.22).

При розрахунку Z_i^H замість $TD_{зар}$ узяти $es_{зар}=3,3$.

$$Z_1^H = 1,7 + 3,3 = 5\text{ мм},$$

$$Z_2^H = 0,5 + 0,29 = 0,79\text{ мм},$$

$$Z_3^H = 0,3 + 0,115 = 0,415\text{ мм},$$

$$Z_4^H = 0,3 + 0,072 = 0,372\text{ мм}.$$

Розраховуємо номінальні значення розмірів для кожної операції і для вихідної заготовки:

$$D_{3H} = D_{4H} - TD_4 - Z_4^H, \quad (3.27)$$

$$D_{3H} = 228,8 - 0,046 - 0,372 = 228,382 \text{ мм.}$$

Згідно формули (3.24):

$$D_{2H} = 228,382 - 0,415 = 227,967 \text{ мм,}$$

$$D_{1H} = 227,967 - 0,79 = 227,177 \text{ мм,}$$

$$D_{загH} = 227,177 - 5 = 222,177 \text{ мм.}$$

Розраховуємо максимальне значення операційних припусків за формулою:

$$Z_1^{max} = Z_1^H + ei_{заг} + TD_1, \quad (3.28)$$

$$Z_1^{max} = 5 + 2,5 + 1,5 = 4,29 \text{ мм.}$$

По формулі (3.25) :

$$Z_2^{max} = 0,79 + 0,29 = 1,05 \text{ мм,}$$

$$Z_3^{max} = 0,415 + 0,115 = 0,53 \text{ мм,}$$

$$Z_4^{max} = 0,372 + 0,072 = 0,444 \text{ мм.}$$

Перевіряємо вірність розрахунків за формулою (3.26):

$$1,05 - 0,5 = 0,39 + 0,16$$

$$0,55 = 0,55$$

Усі розрахунки заносимо до таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 - Розрахунок припусків та технологічних розмірів

Характер поверхні	Назва технологічних переходів (операції)	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий		Допуск, Td, мм	Значення				Виконавчий розмір, мм
		Rz	h	ρ	ε	Припус к 2Z _{min} , мкм	Розмір, d _{min} ,мм		Розмірів		Припусків		
									d _{max}	d _{min}	2Z _{max}	2Z _{min}	
Зовнішня поверхня циліндрична	Заготовка	160	200	500	-	-	279,129	5,8	284,92	279,12	-	-	∅281,6 ^{+3,3} _{-2,5}
	Точіння чорнове	125	120	30	120	1748	277,381	0,32	277,7	277,38	7229	1748	∅277,7 _{-0,32}
	т/о		-	5,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Точіння н/чистове	40	40	0,28	6	551	276,83	0,21	277,04	276,83	660	551	∅ 277 _{-0,21}
	Точіння чистове	25	25	0	0	160	276,67	0,13	276,8	276,67	240	160	∅ 276,8 _{-0,13}
Внутрішня циліндрическа	Заготівельна					-	222,177	1,5		222,17	-	-	∅222 ^{+0,5} _{-1,0}
	Т/О					-	-	-		-	-	-	
	Точіння чорнове					1700	227,177	0,29		227,17	4290	1700	∅ 227,2 ^{+0,29}
	Точіння н/чистове					500	227,967	0,115		227,96	1050	500	∅ 228 ^{+0,115}
	Точіння чистове					300	228,382	0,072		228,38	530	300	∅ 228,4 ^{+0,072}
	Шліфування					100	228,8	0,046		228,8	444	100	∅ 228,8 ^{+0,046}

3.6 Розрахунок режимів різання

Визначення режимів різання для токарної операції

Операція 035 – Токарна з ЧПК

Верстат – Токарний з ЧПК MDW-20S

Технічні характеристики верстата наведені в табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Паспортні дані версту MDW-20S

Загальні		
Діаметр обробки	мм	76
Макс. діаметр обробки	мм	370
Макс. довжина обробки	мм	712
Револьверна голівка		
Діаметр разточної оправки (борштанги)	мм	40
Розміри інструменту для точіння зовнішнього діаметру	мм	25×25
Кількість інструментальних позицій	—	12
Головний шпиндель		
Швидкість шпинделя	об/хв	3500
Каретка		
Довжина переміщень по осі X	мм	255
Довжина переміщень по осі Z	мм	790
Ускорені переміщення по осі X	м/хв	24
Ускорені переміщення по осі Z	м/хв	30
Система керування		
FANUC, Siemens		

Ескіз операції наведено на рис. 3.6

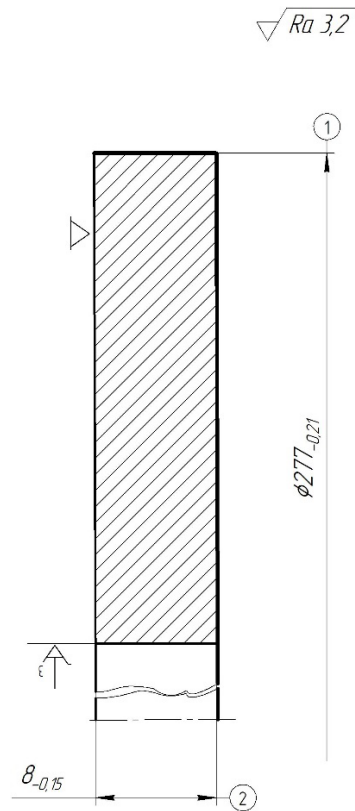


Рисунок 3.6 - Операційний ескіз до токарної операції з ЧПК 035

1-й перехід – чорнове підрізання торця 2.

Різець підрізний BK10XOM R1 за ГОСТ 18880-73.

Глибина різання: $t=3,2$ мм.

Довжина робочого ходу за формулою:

$$L_{px} = L_{рез} + y \quad (3.29)$$

$$L_{рез} = 24 \text{ мм}$$

$$y = 1 + 3 = 4 \text{ мм [5]}$$

$$L_{px} = 24 + 4 = 28 \text{ мм}$$

Розраховуємо подачу за формулою:

$$S_0 = S_{0r} \cdot K_{S0} , \quad (3.30)$$

$S_{0T}=0,88$ мм/об [4].

K_{S0} - коригуючий коефіцієнт на подачу.

$$K_{S0} = K_{SII} \cdot K_{SЖ} \cdot K_{SI} \cdot K_{SФ} \cdot K_{SM} \cdot K_{SЗ} , \quad (3.31)$$

де K_{SII} – коефіцієнт, що враховує стан обробленої поверхні; $K_{SII}=0,8$;

$K_{SЖ}$ – коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи; $K_{SЖ}=1,0$;

K_{SI} - коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту; $K_{SI} = 1,0$;

$K_{SФ}$ - коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні; $K_{SФ} = 1,0$;

K_{SM} - коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу; $K_{SM} = 0,78$;

$K_{SЗ}$ – коефіцієнт, що враховує вплив загартування; $K_{SЗ}=0,8$.

Значення коефіцієнтів вибираємо за [4].

$$K_{S0} = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,78 = 0,499 ,$$

$$S_0 = 0,88 \cdot 0,499 = 0,44 \text{ мм / об} .$$

Корегуємо за паспортом верстата $S_0=0,4$ мм/об.

Розраховуємо швидкість різання за формулою:

$$v = v_T \cdot k_v , \quad (3.32)$$

де $v_T=29$ м/хв [4];

K_V - коригуючий коефіцієнт на швидкість різання.

$$K_V = K_{VM} \cdot K_{VI} \cdot K_{VФ} \cdot K_{VЖ} \cdot K_{VT} \cdot K_{V0} \cdot K_{VII} , \quad (3.33)$$

де K_{VM} - коефіцієнт враховує марку оброблюваного матеріалу; $K_{VM} = 0,58$;

K_{VI} - коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту; $K_{VI} = 1,3$;

$K_{V\Box}$ – коефіцієнт, що враховує вплив кута у плані; $K_{V\Box}=1,0$;

K_{V0} - коефіцієнт, що враховує вплив СОЖ; $K_{V0} = 1,0$;

K_{VT} - коефіцієнт, що враховує вид обробки; $K_{VT} = 1,2$;

$K_{Vж}$ - коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи; $K_{Vж}=1,0$;

$K_{VП}$ - коефіцієнт, враховує стан оброблюваної поверхні; $K_{VП} = 0,8$.

Значення коефіцієнтів обираємо за [4].

$$K_V = 0,58 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 0,72$$

$$v = 29 \cdot 0,72 = 20,88 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}, \quad (3.34)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 20,88}{3,14 \cdot 277} = 21,58 \text{ хвн}^{-1}$$

Уточнюємо обороти за паспортом верстата $n=20 \text{ хв}^{-1}$

Розраховуємо дійсну швидкість різання з урахуванням прийнятих оборотів верстата за формулою:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \quad (3.35)$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 277 \cdot 20}{1000} = 19,34 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо машинний час за формулою:

$$t_M = \frac{L_{PX}}{S_0 \cdot n}, \quad (3.36)$$

$$t_M = \frac{28}{0,4 \cdot 20} = 3,5 \text{ хв.}$$

Розраховуємо силу різання за формулою:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (3.37)$$

Коефіцієнт C_p та показники ступеня у формулі вибираємо по [14].

K_p - коригуючий коефіцієнт, що враховує вплив якості обробки матеріалу на силі залежності. [14].

$$K_p = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{1000}{750} \right)^{0,75} = 1,24$$

$$P_Z = 10 \cdot 204 \cdot 3,2^{1,0} \cdot 0,4^{0,75} \cdot 19,34^0 \cdot 1,24 = 4071,4H$$

Розраховуємо потужність різання:

$$N = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{4071,4 \cdot 19,34}{1020 \cdot 60} = 1,29 \leq 11кВт$$

- що не перевищує потужності електродвигуна верстата.

2-й перехід – чорнове точіння поверхні 1.

Різець прохідний ВК10ХОМ R1 за ГОСТ 18878-73.

Глибина різання: $t = 0,35$ мм.

Довжина робочого ходу за формулою (3.29):

$L_{рез} = 8$ мм

$y = 2 + 6 = 8$ мм [13].

$$L_{рх} = 8 + 8 = 16 \text{ мм.}$$

Розраховуємо подачу за формулою (3.30):

$$S_{0T}=0,6 \text{ мм/об [12].}$$

$$K_{S\Pi}=0,8; K_{SЖ}=1,0; K_{S\Pi}=1,0; K_{S\Phi}=1,0; K_{SM}=0,78; K_{S3}=0,8 [12].$$

$$K_{S_0} = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,78 = 0,499$$

$$S_0 = 0,6 \cdot 0,499 = 0,299 \text{ мм/об .}$$

Коригуємо за паспортом верстата $S_0=0,3 \text{ мм/об}$.

Розраховуємо швидкість різання:

$$v_T=29 \text{ м/хв [12].}$$

$$\text{де } K_{VM}=0,58; K_{V\Pi}=1,3; K_{V\Phi}=1,0; K_{V0}=1,0; K_{VT}=1,0; K_{VЖ}=1,0; K_{V\Pi}=0,8[12].$$

$$K_V = 0,58 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 0,6$$

$$v = 29 \cdot 0,6 = 17,4 \text{ м/хв .}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя формулі (3.31):

$$n = \frac{1000 \cdot 17,4}{3,14 \cdot 277} = 17,99 \text{ хв}^{-1}.$$

Уточнюємо обороти за паспортом верстата $n=18 \text{ хв}^{-1}$.

Розраховуємо дійсну швидкість різання з урахуванням прийнятих обертів верстату за формулою (3.32):

$$v = \frac{3,14 \cdot 277 \cdot 18}{1000} = 17,41 \text{ м/хв}$$

Розраховуємо машинний час [12]:

$$t_M = \frac{16}{0,3 \cdot 18} = 2,96 \text{ хв.}$$

Розраховуємо силу різання [12]:

Коефіцієнт C_p та показники ступеня у формулі вибираємо по [12].

$$K_p = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{1000}{750} \right)^{0,75} = 1,24$$

$$P_Z = 10 \cdot 204 \cdot 0,35^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 17,4^0 \cdot 1,24 = 9228,6 \text{ Н}$$

Розраховуємо потужність різання за формулою [12]:

$$N = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{9228,6 \cdot 17,4}{1020 \cdot 60} = 2,62 \leq 11 \text{ кВт}$$

- що не перевищує потужності електродвигуна верстата.

3.7 Технічне нормування операцій

Визначення норми основного часу операції [16]:

$$T_0 = \sum t_{0i}, \quad (3.38)$$

де $\sum t_{0i}$ – сума основних часів із переходів;

Додатковий час роботи верстата за програмою [16]:

$$T_{0\text{доп}} = 0,3 \cdot T_{0a}. \quad (3.39)$$

Допоміжний час за формулою:

$$T_{\text{доп}} = T_{\text{вст}} + T_{\text{пер}} + T_{\text{контр}}, \quad (3.40)$$

де $T_{\text{вст}}$ – допоміжний час, пов'язаний із встановленням, зняттям деталі [15];

$T_{\text{пер}}$ - допоміжний час пов'язаний з переходом [15];

$T_{\text{контр}}$ – допоміжний час на контрольні виміри [15].

Штучний час на операцію за формулою:

$$T_{\text{шт}} = (T_o + T_B) \cdot \left(1 + \frac{a_{\text{обсл.од}}}{100} \right), \quad (3.41)$$

де $a_{\text{тех}}$, $a_{\text{орг}}$, $a_{\text{отл}}$ - час на технічне, організаційне обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби робітника.

Штучно-калькуляційний час за формулою :

$$T_{\text{шт.к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n}, \quad (3.42)$$

де $T_{\text{пз}}$ - підготовчо-заклучний час на налаштування операції;

n - кількість деталей у партії, що запускається.

Нормування токарної операції з ЧПК 035

Машинний час роботи верстата: $T_o = 6,46$ хв.

Оперативно-допоміжний час за формулою (3.38):

$$T_{\text{доп}} = 0,24 + 0,39 + 0,325 = 0,955 \text{ хв},$$

де $T_{\text{вст}} = 0,18 + 0,06 = 0,24$ хв [15],

$T_{\text{пер}} = 0,13 + 0,13 + 0,13 = 0,39$ хв [10],

$T_{\text{контр}} = 0,1 + 0,075 \cdot 3 = 0,325$ хв [15].

Штучний час за формулою (3.41):

$$T_{шт} = ((6,46+0,955)(1+(10/100))) = 8,15 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заключний час [15]: $T = 25 \text{ хв.}$

Штучно-калькуляційний час за формулою (3,42):

$$T_{шт.к} = 8,15 + \frac{25}{80} = 8,46 \text{ хв.}$$

3.8 Розробка керуючої програми (КП) для операції на верстатах з ЧПК

3.8.1 Розробка токарної операції

Розробка операції виконується у програмному комплексі Siemens NX.

Тривимірна модель операційного ескізу операції 040-Токарна з ЧПК на верстаті MDW-20S наведена на рис. 3.7.

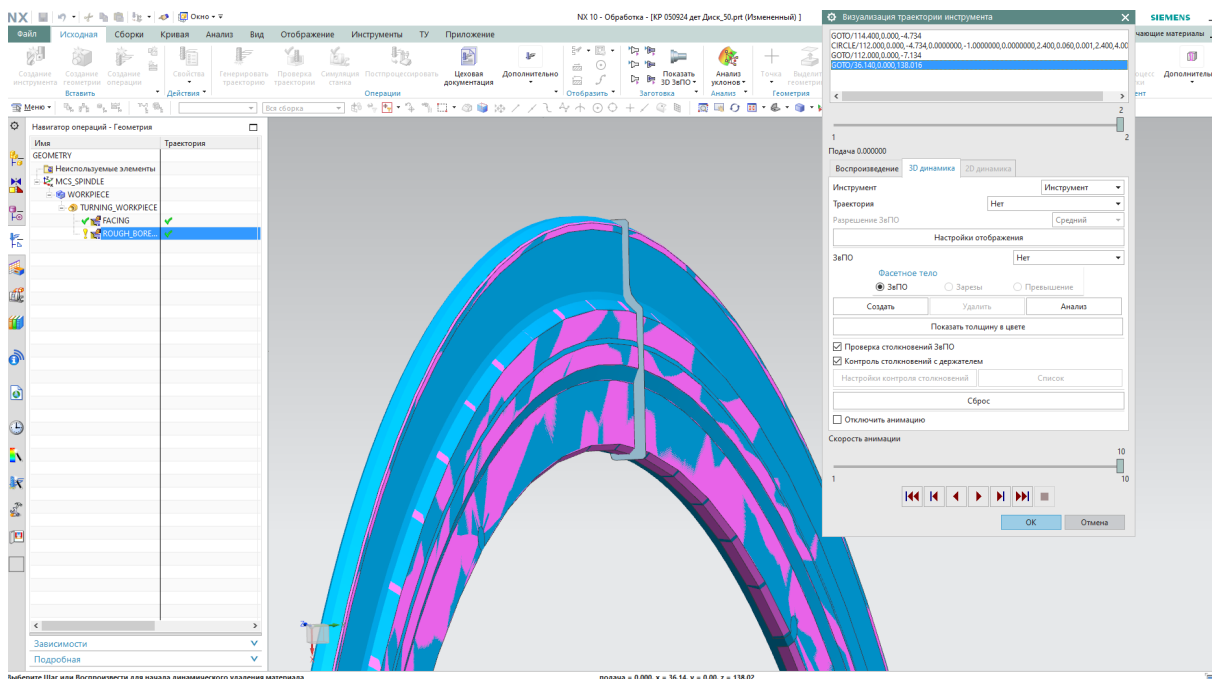


Рисунок 3.7 – Тривимірна модель операції №040 Токарна з ЧПК

Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні обробки наведено на рис. 3.8.

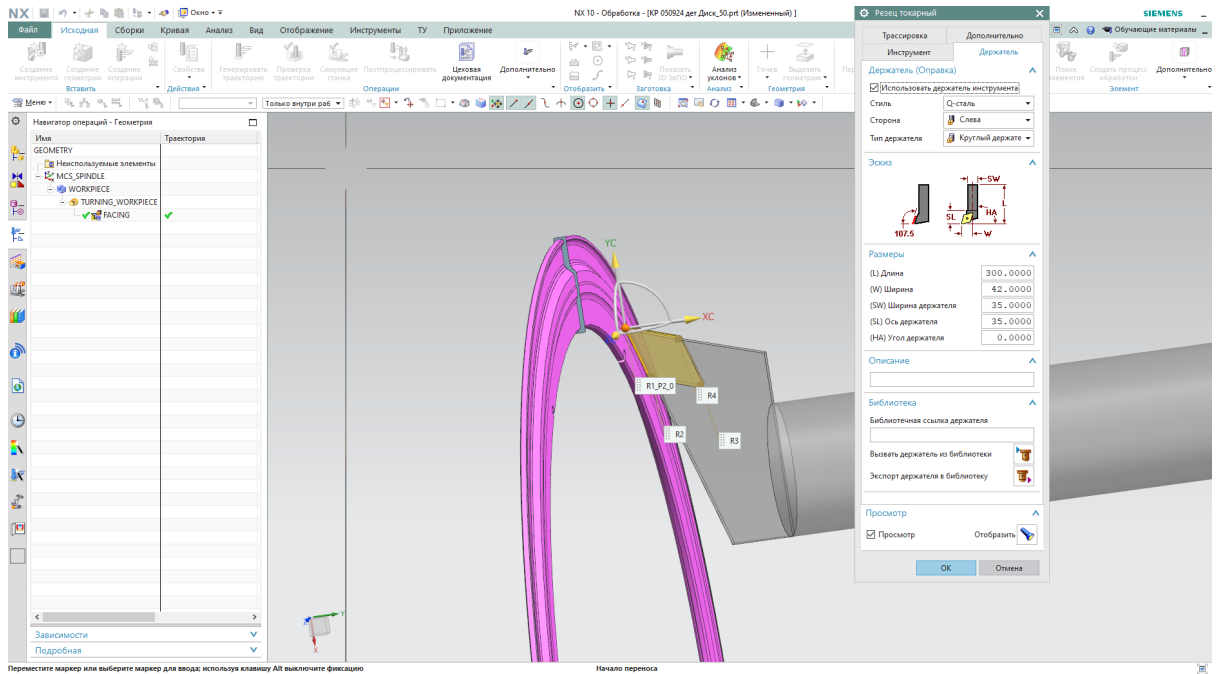


Рисунок 3.8 – Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні обробки

Траекторія обробки представлена на рис. 3.9.

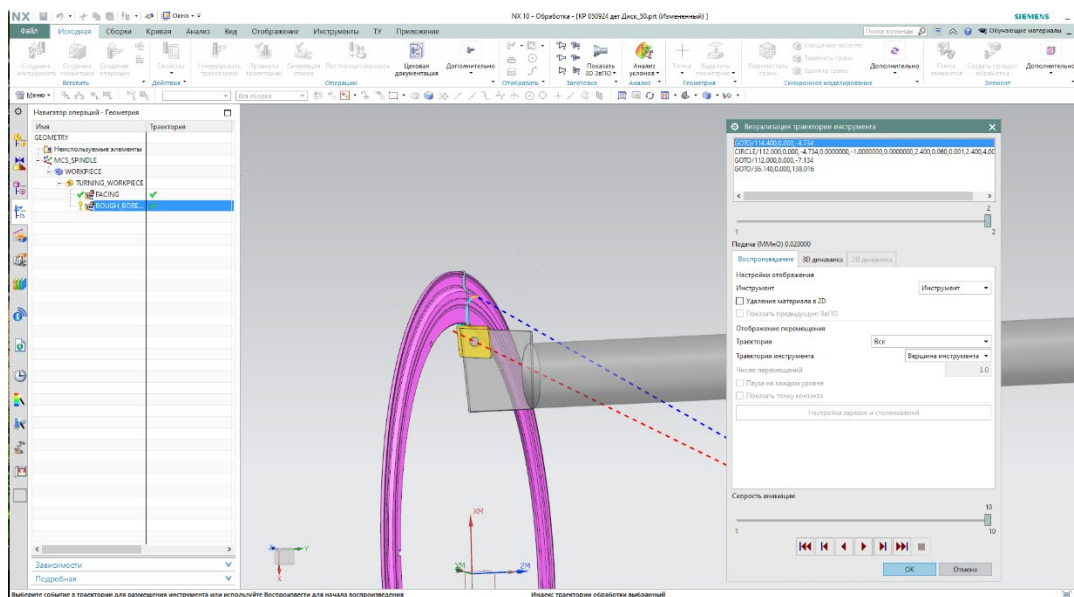


Рисунок 3.9 – Траекторія обробки

Програма обробки надана на рис. 3.10.

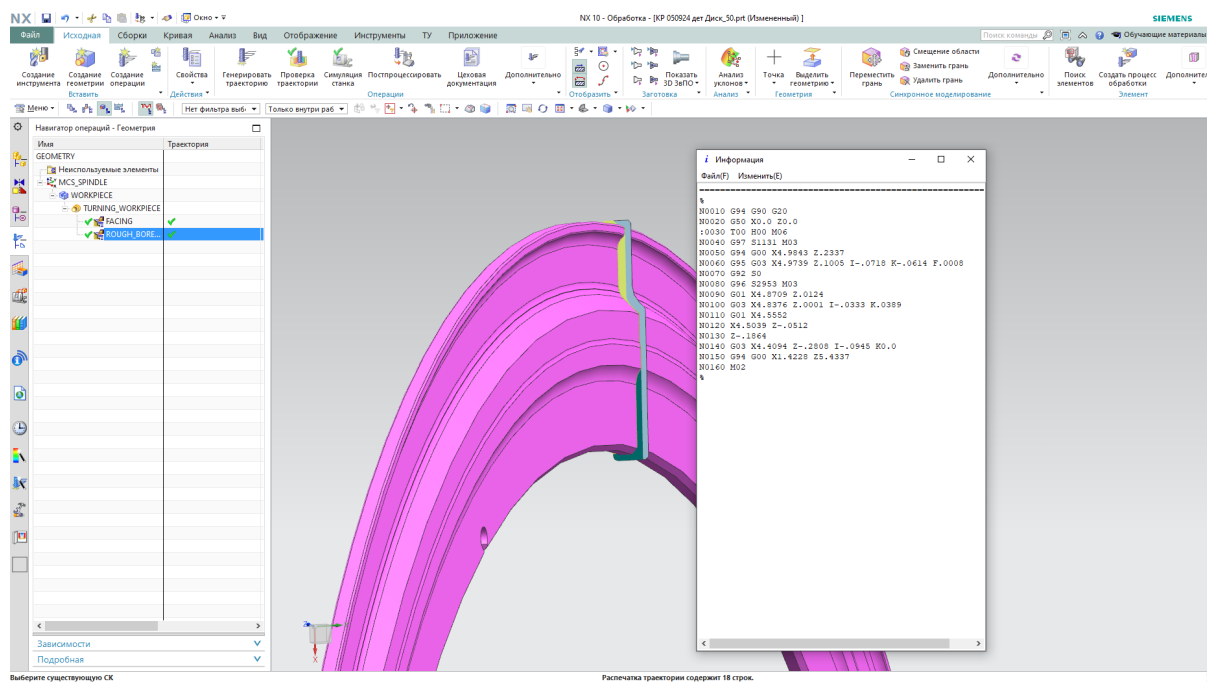


Рисунок 3.10 – Програма обробки

3.8.2 Розробка свердлильної операції

Тривимірна модель операційного ескізу операції 065 Свердлильна з ЧПК на верстаті VX-4 представлена на рис. 3.11.

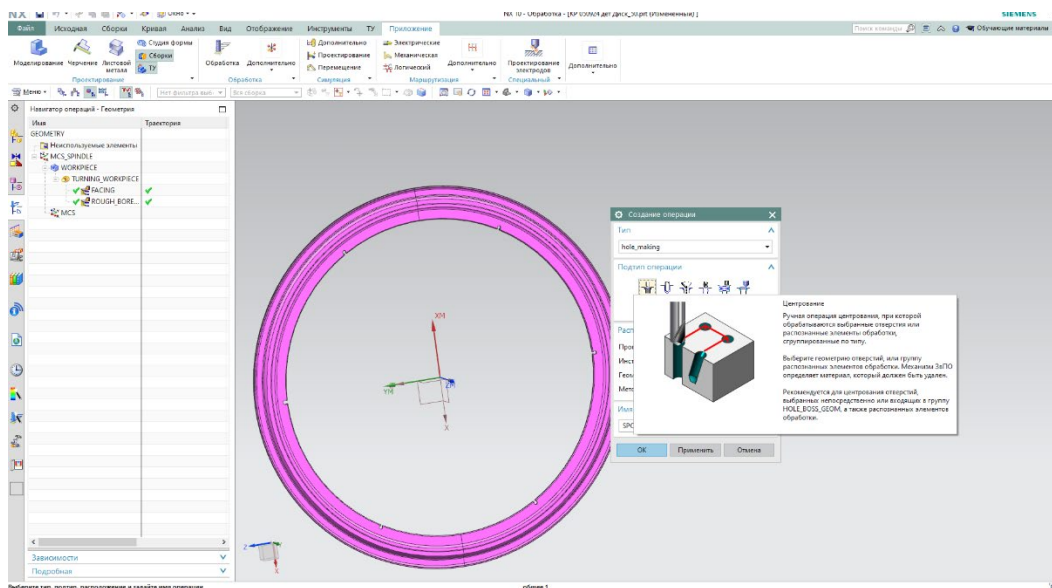


Рисунок 3.11 – Тривимірна модель операції 065 -Свердлильна з ЧПК

Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні обробки наведено на рис. 3.12.

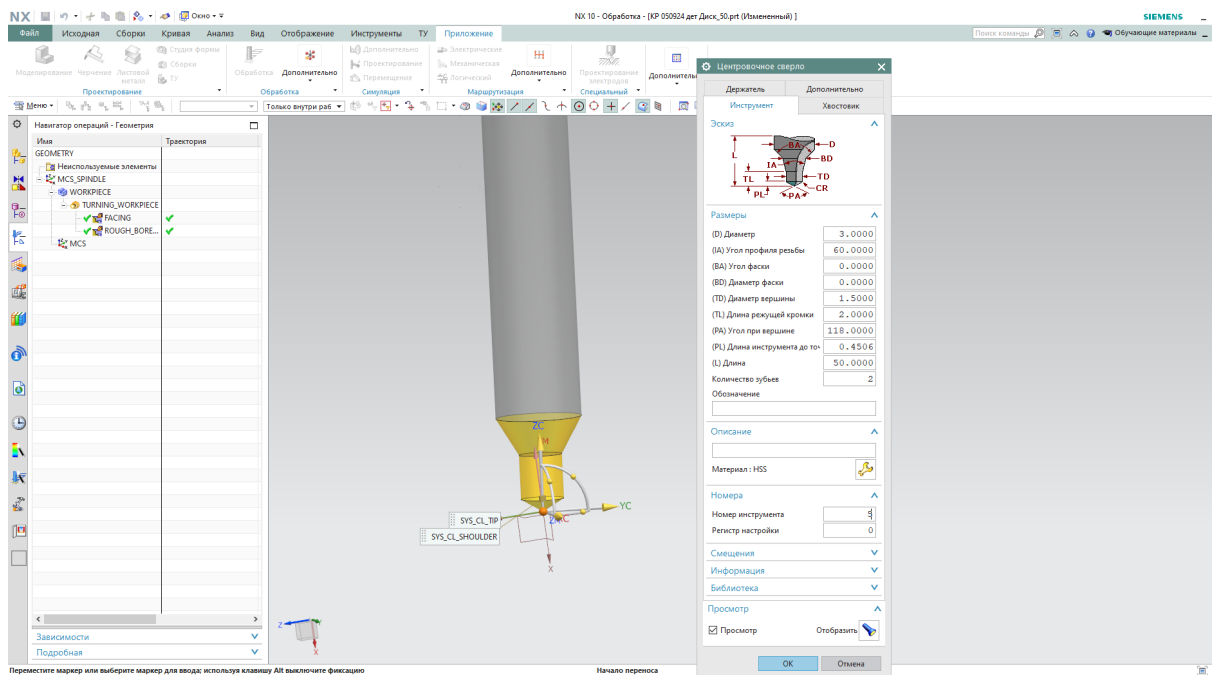


Рисунок 3.12 – Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні обробки

Зображення траєкторії руху наведено на рис. 3.13.

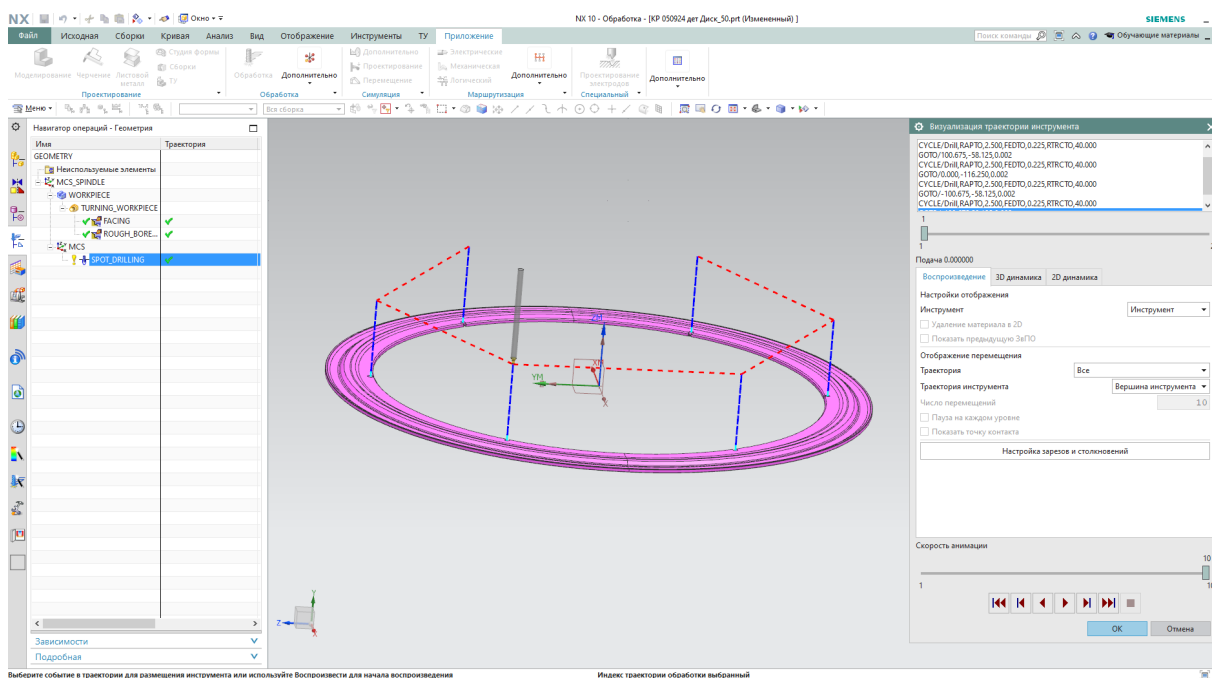


Рисунок 3.13 – Зображення траєкторії руху

Керуюча програма наведена на рис. 3.14.

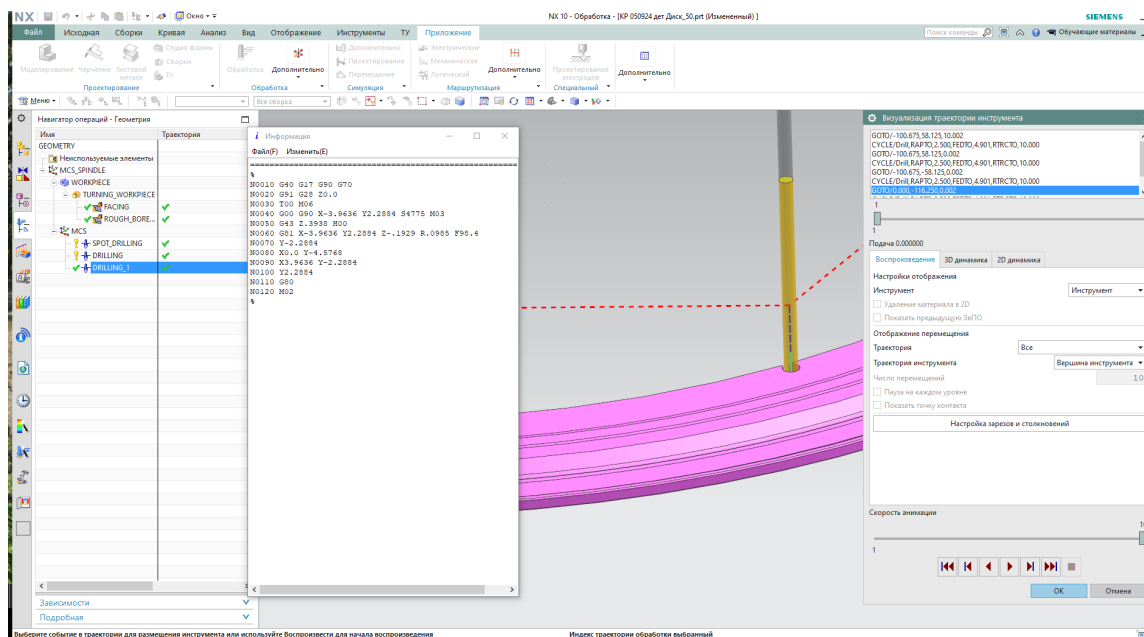


Рисунок 3.14 – Керуюча програма

3.8.3 Розробка фрезерної операції

Операційний ескіз фрезерної операції з ЧПК 075 на верстаті VX-4 наведено на рис. 3.15

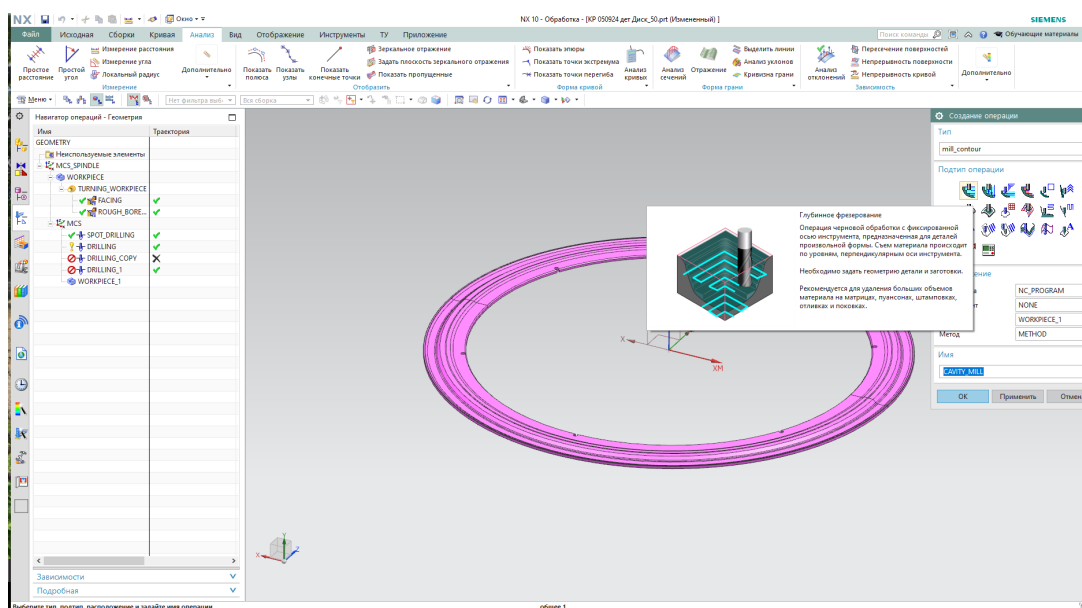


Рисунок 3.15- Операційний ескіз фрезерної операції

Траєкторія руху інструменту наведена на рис. 3.16.

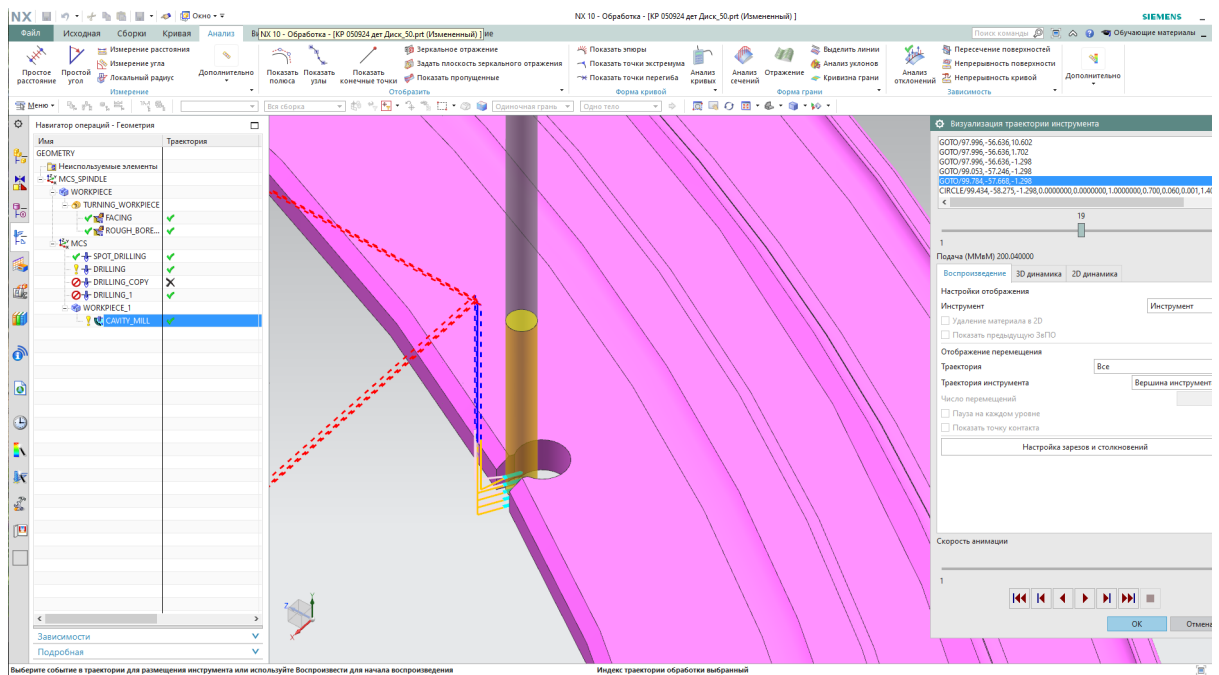


Рисунок 3.16 – Траєкторія руху інструменту

Керуюча програма фрезерної операції представлена на рис. 3.17.

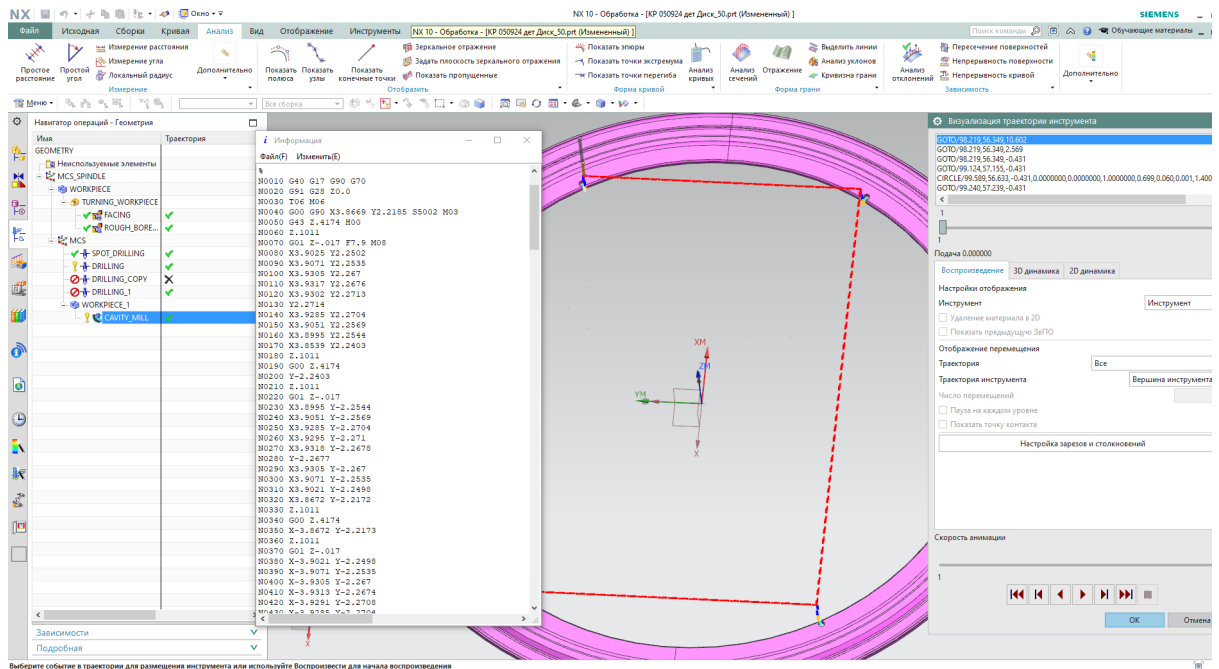


Рисунок 3.17- Керуюча програма фрезерної операції

4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

4.1 Проектування робочого пристосування

4.1.1 Конструкція та принцип роботи пристосування

Діафрагмове пневматичне пристосування наведене на рис. 4.1, призначене для швидкого закріплення деталі «Диск ущільнюючий другого ступеня ТК» при обробці його на токарному верстаті.

Застосування пристосування дозволяє скоротити допоміжний час на встановлення та закріплення деталі. Конструкцію пристосування наведено на листі НУЗП 291346.013.

В системі затискання, основним компонентом є пластина (мембрана) 3, яка має круглу форму та прикріплюється до планшайби 1 верстата. Мембрана містить 12 симетрично розташованих кулачків, які взаємодіють з заготовкою при роботі пристосування.

Пневмоциліндр 13, що знаходиться в шпинделі верстата, має шток, який при активації рухається вперед, згинаючи мембрану. Пластина прогинається, що призводить до розсування кулачків. Після цього, коли шток пневмоциліндра 13 відходить назад, мембрана намагається повернутися до свого початкового стану, стискаючи заготовку своїми кулачками. Таким чином, затискач забезпечує надійне фіксування деталі завдяки пружній деформації мембрани.

Для налаштування затискача і створення мінімального гарантованого зазору між заготовкою і центруючим діаметром мембрани $\varnothing 390$, використовують гайку 5, яка з'єднана зі стійкою 4. Це дозволяє точно налаштувати зазор і забезпечити оптимальні умови для обробки деталі.

Вся система монтується на планшайбі 1, яка повинна бути точно встановлена відносно шпинделя верстата по поверхні А. Кріплення планшайби здійснюється за допомогою гвинтів М16, що забезпечує надійне і точне фіксування всієї конструкції [17].

Матеріал пластини 30 ХГС з твердістю HRC 40...45. Мембранний пристрій має високу точність (0,003-0,005 мм) завдяки тому, що кулачки мембрани шліфуються в закріпленому стані [17].

Щоб краще зрозуміти роботу пристрою, потрібно побачити ескіз (рис. 4.1).

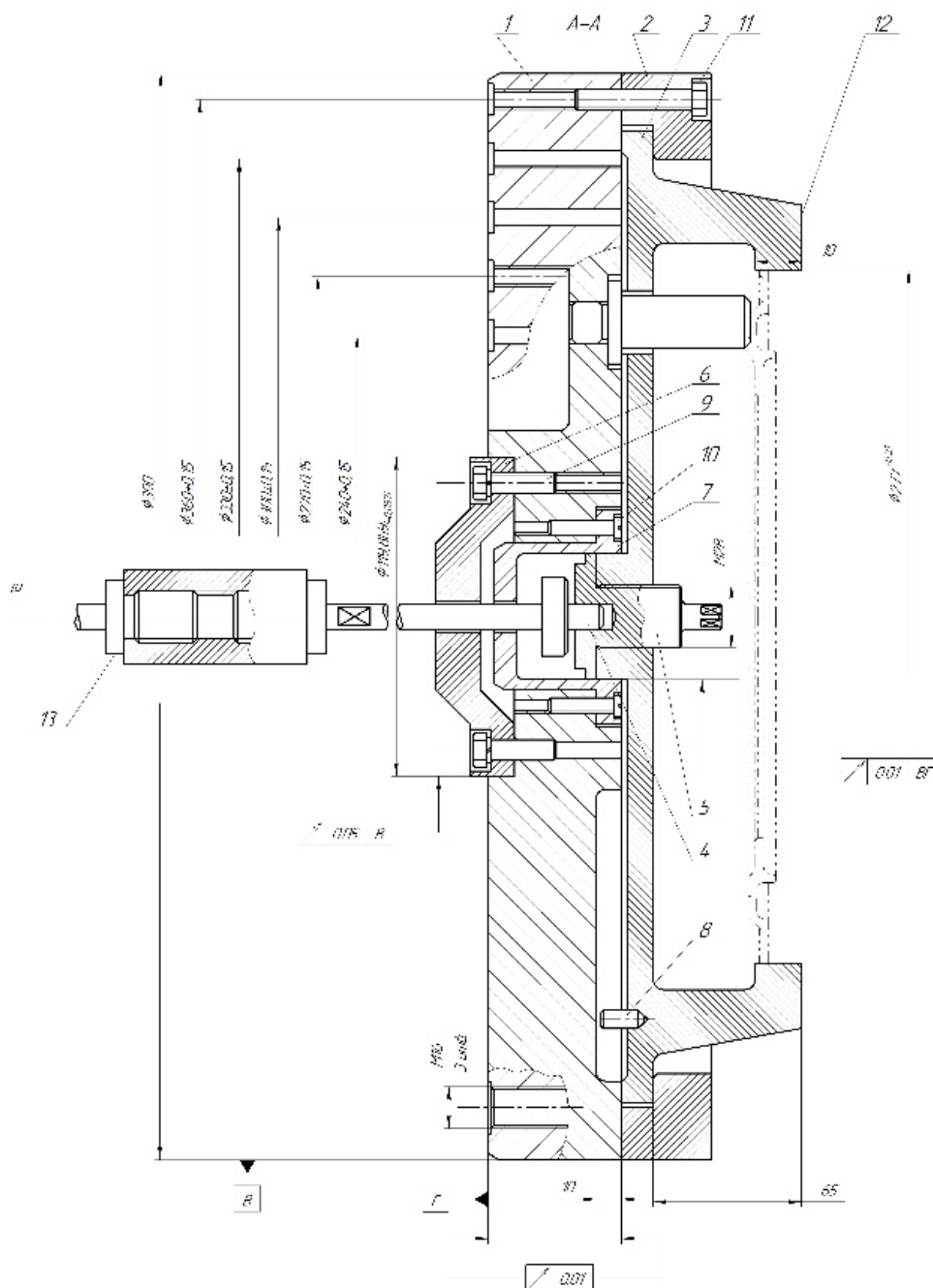


Рисунок 4.1 – Мембранне пристосування для обробки на токарному верстаті з ЧПК

4.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність

Похибка установки ε заготівлі в мембранному пристрої визначається за джерелом [17]:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \Delta_{\text{пр}}^2}, \quad (4.1)$$

де ε_6 – похибка базування заготівлі у пристосуванні;

ε_3 - похибка закріплення заготівлі, що виникає в результаті дії сил затиску;

$\Delta_{\text{пр}}$ - похибка положення заготівлі, яка залежить від пристосування.

$$\Delta_{\text{пр}} = \varepsilon_{\text{пр}} + \varepsilon_{\text{вст}} + \varepsilon_{\text{зн}} \quad (4.2)$$

де $\varepsilon_{\text{пр}}$ – похибка виготовлення пристосування за вибраним параметром, що залежить від похибок виготовлення та складання настановних та інших елементів пристосування;

$\varepsilon_{\text{вст}}$ - похибка установки пристосування на верстаті;

$\varepsilon_{\text{зн}}$ - похибка положення заготовки, що виникає в результаті зношування елементів пристосування.

У мембранному пристрої при сталевих кулачках (посадка без зазору) похибка базування дорівнює половині допуску на діаметр заготовки:

$$\varepsilon_6 = \delta/2 \quad (2.3)$$

$$\varepsilon_6 = 0,21/2 = 0,105 \text{ мм}$$

Похибка закріплення по [17]: $\varepsilon_3 = 0,09 \text{ мм}$.

Похибка положення заготівлі $\Delta_{\text{пр}}=0,005 \text{ мм}$ [17] забезпечується за рахунок шліфування кулачків мембрани у складальній одиниці.

Тоді максимальна похибка установки заготовки в мембранному пристрої за джерелом [17] :

$$\varepsilon = \sqrt{0,105^2 + 0,09^2 + 0,005^2} = 0,2\text{мм.}$$

Реальна похибка встановлення завжди менше чи дорівнює максимальній, т.я. реальне $\varepsilon_{б.р.}$ менше за розрахунковий $\varepsilon_б$ за рахунок того, що дійсний розмір лежить у полі допуску на діаметр, отже реальний допуск на діаметр δ_p менше, або дорівнює розрахунковому δ .

4.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу

Розрахункова схема верстатного пристосування наведено на рисунку 4.2.

Вихідними даними для розрахунку є:

1. Момент різання $M_{різ}$, що прагне повернути заготовку в кулачках патрона.
2. Діаметр поверхні основи заготівлі. $\varnothing_{базис}=277$ мм;
3. Розміри патрону:
 $r=138$ мм; $A=195$ мм; $l=65$ мм; $h=8,5$ мм;
4. Кількість кулачків $n=12$;
5. Допуск на діаметр заготовки $\delta=0,21$ мм;
6. Коефіцієнт тертя $f=0,15$;
7. Модуль пружності матеріалу $E=2,1 \cdot 10^5$ МПа;
8. Коефіцієнт запасу міцності $R=1,5$;

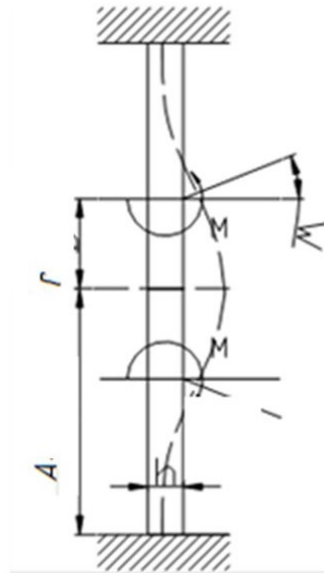


Рисунок 4.2 – Схема для розрахунку мембранного патрону

Визначаємо момент різання з умови найбільш навантаженого переходу в операції, тобто переходу на якому момент різання максимальний. Таким переходом є точіння різцем №4, т.к. він обробляє поверхню діаметра 225 мм і має максимальну глибину різання $t=1$ мм.

Сила різання визначається за джерелом [17]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t \cdot S^{0.75} \cdot K_p, \quad (4.4)$$

де $C_p = 200$;

$t = 1$ мм;

$S = 0,5$ мм/об;

$K_p = 0,89$.

$$P_z = 10 \cdot 200 \cdot 1 \cdot 0,5^{0.75} \cdot 0,89 = 1058,3 \text{ Н}$$

Сила затиску при токарній обробці [17]:

$$W = \frac{k \cdot P_z \cdot R_{\text{обр}}}{f \cdot R_{\text{уст}}}, \quad (4.5)$$

де k - коефіцієнт запасу, $k = 1,2$; [17];

f - коефіцієнт тертя на робочих поверхнях кулачків, $f = 0,25$ [17].

$$W = \frac{2,5 \cdot 1058 \cdot 225}{0,16 \cdot 138,5} = 26863 \text{ Н.}$$

Визначаємо величину вигибного моменту мембрани [17]:

$$M_{\text{виг}} = \frac{W \cdot l}{2 \cdot \pi \cdot r}, \quad (4.6)$$

де l - відстань від середини кулачків до середньої площини мембрани, $l = 65$ мм [17].

$$M_{\text{виг}} = \frac{26863 \cdot 65}{2 \cdot 3,14 \cdot 138} = 866,7 \text{ Нм.}$$

Звідси:

$$M_3 = 0,825 \cdot M_{\text{виг}}, \quad (4.7)$$

$$M_3 = 0,355 \cdot 3612,2 = 1282,3 \text{ Нм.}$$

Визначаємо циліндричну жорсткість мембрани [17]:

$$B = \frac{E \cdot b^3}{12(1 - \mu^2)}, \quad (4.8)$$

де E - модуль пружності, $E = 0,2 \cdot 10^6$ МПа; $\mu = 0,3$; [17].

$$B = \frac{0,2 \cdot 10^6 \cdot 0,85^3}{12(1 - 0,3^2)} = 11247,71 \text{ МПа.}$$

Визначаємо кут φ розтискання кулачків при закріпленні деталі з найменшим граничним розміром [17]:

$$\varphi = \frac{M_3 \cdot d}{2B(1 + \mu)}, \quad (4.9)$$

$$\varphi = \frac{714,9 \cdot 0,277}{2 \cdot 11247,710(1 + 0,3)} = 0,006 \text{ рад.}$$

Визначаємо кут φ' максимального розтиску кулачків [17]:

$$\varphi' = \varphi + \frac{\delta}{2l} + \frac{\Delta}{2l}, \quad (4.10)$$

де δ - допуск на неточність виготовлення оброблюваної деталі по базовій поверхні [17];

Δ - зазор між оброблюваною деталлю та кулачками для закладання деталі, $\Delta=0,01 \dots 0,03$ мм [17].

$$\varphi' = 0,006 + \frac{0,2}{2 \cdot 65} + \frac{0,01}{2 \cdot 65} = 0,007 \text{ рад.}$$

Визначаємо силу на штоку приводу, необхідну для прогину мембрани та розтискання кулачків на максимальний кут, φ' [17]:

$$Q = \frac{4 \cdot \pi \cdot B \cdot \varphi'}{2,3 \ln(R/r)}, \quad (4.11)$$

$$Q = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 11247,710 \cdot 0,007}{2,3 \ln 1,46} = 1205,97 \text{ Н}$$

Визначаємо діаметр пневмоциліндра, у робочій камері якого шток відсутній [17]:

$$D_1 = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot \rho \cdot \eta}}, \quad (4.12)$$

де ρ - тиск стислого повітря, $\rho = 0,6$ МПа [17];

η - к.п.д. приводу, $\eta = 0,9$ [17].

$$D_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 1205,97}{3,14 \cdot 0,6 \cdot 0,9}} = 53,34 \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр циліндра по [17] $D_1 = 60 \text{ мм.}$

4.2 Проектування контрольного пристосування

4.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування

Пристрій (рис.4.3) складається з похилої плити та стійок з датчиками. Кут нахилу плити може змінюватися за допомогою рухомих ніжок та отворів у планках.

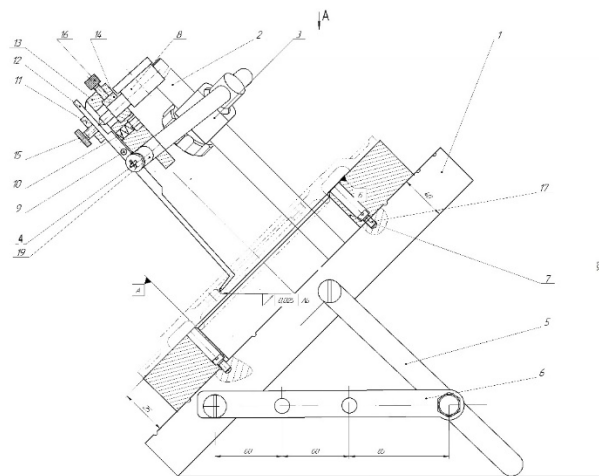


Рисунок 4.3– Схема контрольного пристосування

Процедура налаштування та контролю

Пристрій складається з плити 2, до якої встановлюється кільце 7. На це кільце встановлюється деталь та центрується по діаметру А. Годинник індикаторного типу підводиться за допомогою важельної передачі до вимірюваної поверхні деталі. Далі деталь провертають, тим самим вимірюючи похибки биття [18].

4.2.2 Розрахунок на точність

Розрахунок на точність контрольного пристосування полягає у визначенні похибки вимірювання [18]:

$$\Delta_{\text{вим}} = \frac{1}{k} \cdot \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2 + \Delta_6^2 + \Delta_7^2}, \quad (4.13)$$

де $\Delta_{\text{вим}}$ – сумарна похибка вимірювання;

k - коефіцієнт відносного розсіювання, $k=0,85$ [18];

Δ_1 – похибка базування та закріплення виробу, $\Delta_1 = 0,001$ [18];

Δ_2 – складаюча похибки установки опорних елементів прибора, $\Delta_2 = 0$ [18];

Δ_3 – складаюча похибки конструкції прибора, $\Delta_3 = 0$ [18];

Δ_4 – похибка, що залежить від ціни поділу індикатора, $\Delta_4 = 0,006$ [18];

Δ_5 – похибка наладки прибора за еталонною деталлю, $\Delta_5 = 0,005$ [18];

Δ_6 – похибка від контактних деформацій, $\Delta_6 = 0$ [18];

Δ_7 – похибка від температурних деформацій, $\Delta_7 = 0,001$ [18].

$$\Delta_{\text{вим}} = \frac{1}{0,85} \cdot \sqrt{0,001^2 + 0^2 + 0^2 + 0,006^2 + 0,005^2 + 0,001^2} = 0,008 \text{ мм.}$$

За умовами розрахунку пристосування на точність, сума похибок, що виникають у процесі обробки, не повинна перевищувати величину допуску, встановленого на розмір.

Величина допуску обробки становить $T_d = 0,02$ мм, сума похибок $\varepsilon = 0,008$ мм.

Даний пристрій дозволяє виконувати якісні вимірювання биття поверхні.

5 РОЗРАХУНОК ДЕТАЛІ НА МІЦНІСТЬ

Розрахунок напружено-деформованого стану виконуємо у NX ADVANTAGE SIMULATION. Тривимірна модель показана на рис. 5.1.

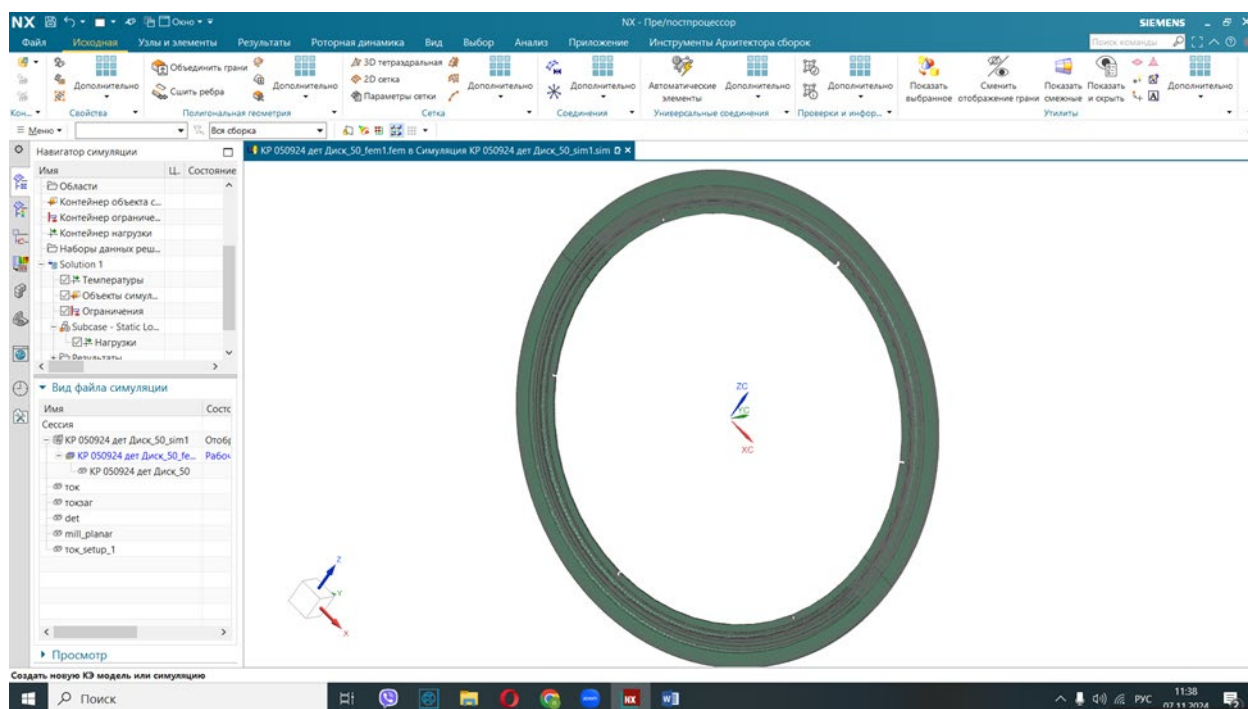


Рисунок 5.1 - Тривимірна модель деталі Диск ущільнюючий другого ступеня ТК

Деталь розбита на сітку кінцевих елементів тип SETRA(10) та накладено властивості матеріалу ХН73МБТЮ-ВД (рисунок 5.2)

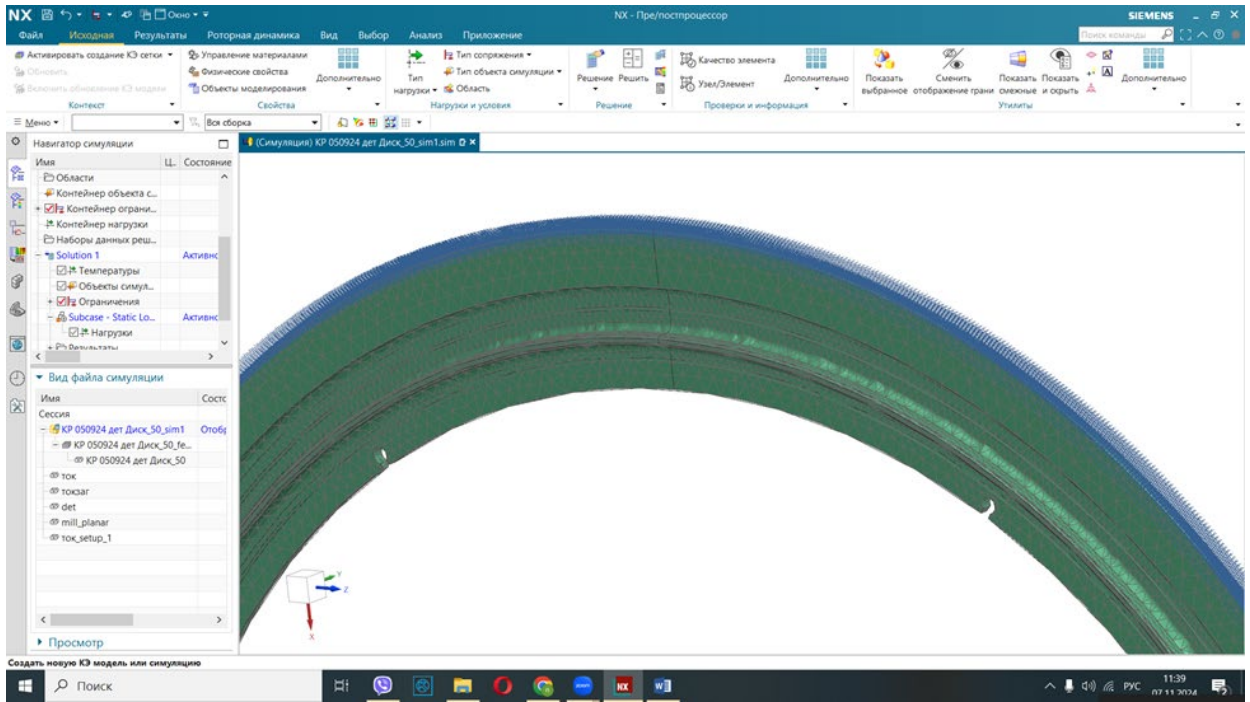


Рисунок 5.2 - Розбивка на сітку

Наступним етапом прикладаємо обмеження, що унеможливають переміщення деталі у окремих напрямках (рис. 5.3). Закріплення по діаметру 276,8 мм та крайньому правому торцю.

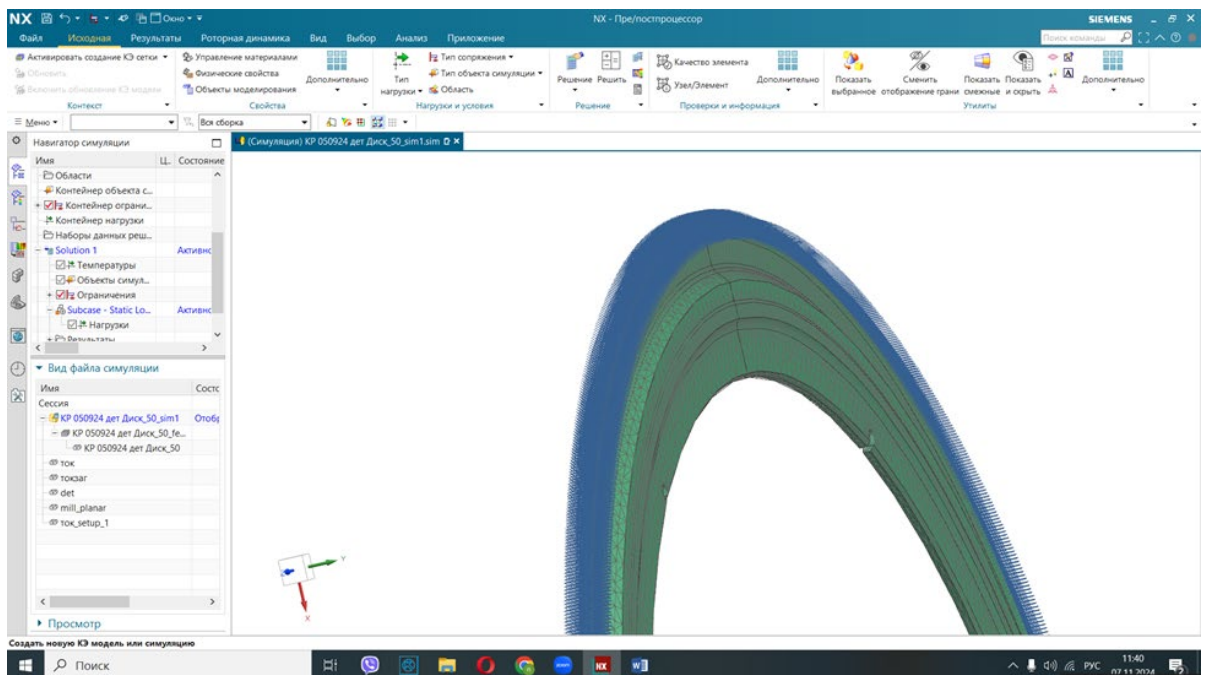


Рисунок 5.3 - Схема прикладення обмежень

Далі виконуємо прикладання навантажень (рис. 5.4).

Сила 2000 Н прикладена по торцевій поверхні між діаметрами 243,5 мм та 251 мм.

Сплав ХН73МБТЮ-ВД межа міцності 1128 МПа.

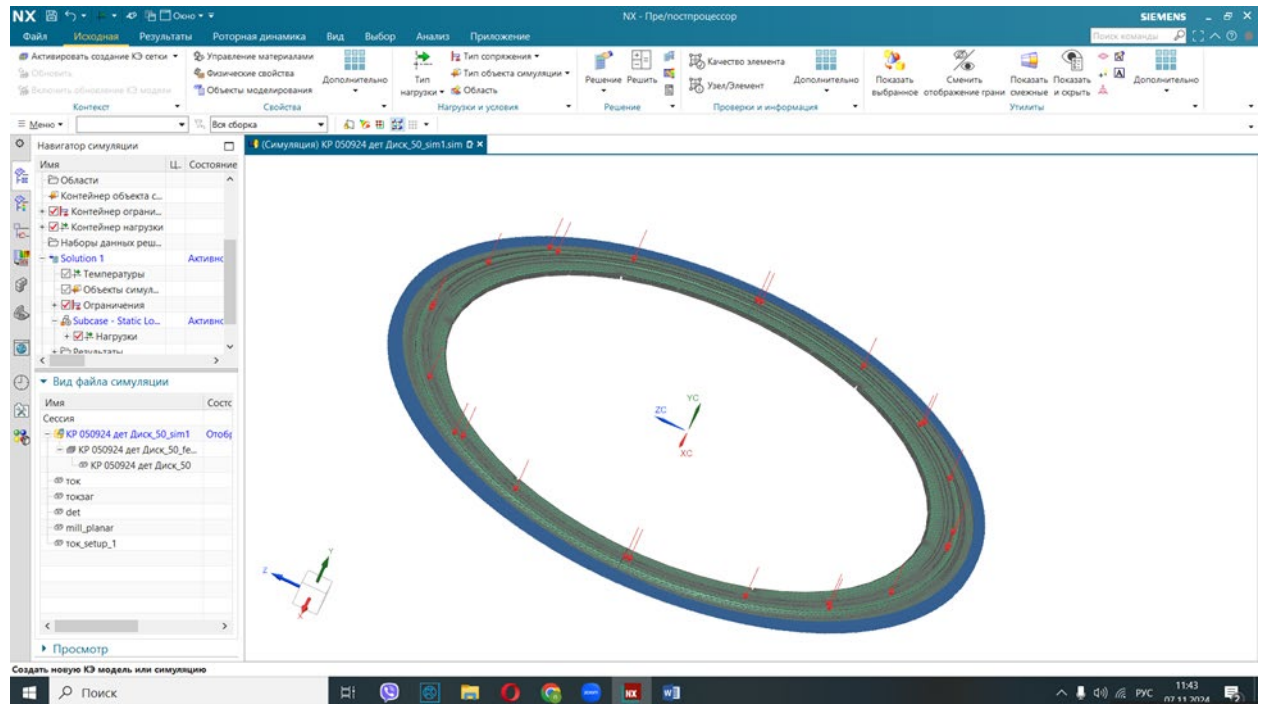


Рисунок 5.4 - Схема прикладання навантажень

Запас міцності враховує розкид механічних властивостей матеріалів, що використовуються для виготовлення деталей, і залежить від рівня відповідальності конструкції та умов експлуатації. Для розрахунку запасу міцності за напруженням використовується спеціальна формула:

$$k = \frac{[\sigma]}{\sigma_{max}}, \quad (5.1)$$

де $[\sigma]$ - допустиме значення границі плинності;

σ_{max} - максимальне напруження.

Максимальна напруга у верхньому кутку з правого боку переходу торцевої поверхні в циліндричну R1.6 мм, дорівнює 462 МПа.

Виходячи з цього коефіцієнт запасу міцності деталі згідно формулі (5.1):

$$k = 1128/462 = 2,44 \text{ рази.}$$

Результат розрахунку напружено -деформованого стану наведено на рис. 5.5.

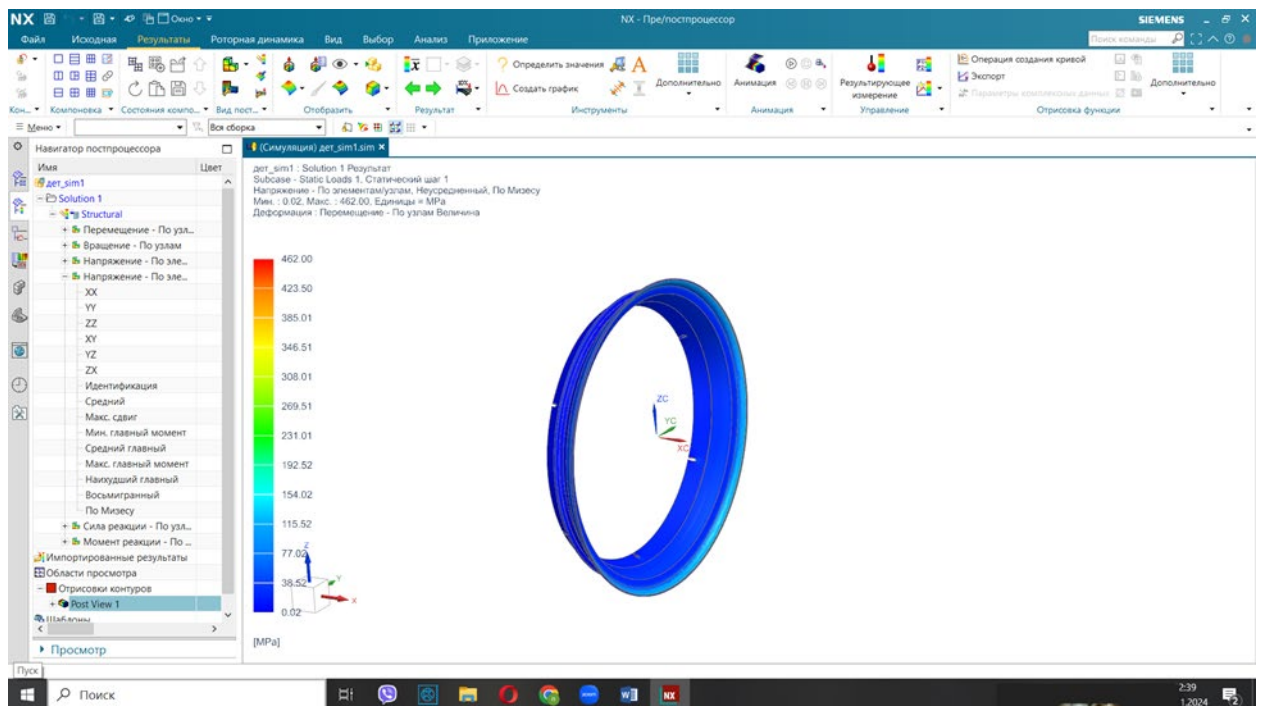


Рисунок 5.5 - Результат розрахунку напружено -деформованого стану

6 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ АБО ЗАХОДІВ

Для вдосконалення технологічного процесу деталі «Диск ущільнюючий другого ступеня ТК» в умовах виробництва можливі два ТП .

У першому варіанті токарні операції виконуються на універсальних верстатах 16К20.

У другому варіанті запропоновано частково об'єднати універсальні операції та перевести на токарні верстати з ЧПК мод. MDW-20S. Обрані верстати характеризуються високою продуктивністю.

Вихідні дані наведені в табл. 6.1

Таблиця 6.1 – Вихідні дані

Розрахункові параметри	Варіанти ТП									
	Перший ТП						Другий ТП			
Річна програма випуску Np	10000									
Модель верстата	16К20						MDW-20S			
Штучний час Tшт, хв.	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4
	25	25	18	28	24	15	9,8	3,7	18,9	5,1
Розряд верстатника	6	6	6	6	6	6	4	4	4	4
Розряд наладчика	-	-	-	-	-	-	5	5	5	5
Ч. верстатів, що обслугов наладч	-	-	-	-	-	-	4	4	4	4
Тарифна ставка основного робітника, грн/год	76,6	76,6	76,6	76,6	76,6	76,6	57,5	57,5	57,5	57,5
Тарифна ставка наладчика, грн/год	-	-	-	-	-	-	57,7	57,7	57,7	57,7
Число змін m	2									
Оптова ціна F, грн	126160						2800000			
Число верстатів	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Норма амортизаційних відрахувань Na %	14	14	14	14	14	14	12,2	12,2	12,2	12,23
Встановлена потужність електродвигунів N	10	10	10	10	10	10	3,7	3,7	3,7	3,7

Дійсний річний фонд часу роботи обладнання $F_d=4015$ год.; нормативний коефіцієнт завантаження обладнання $\eta_{zn}=0,8$; річна програма випуску деталей $N_p=10000$ шт/рік.

Визначимо найбільш економічний варіант механічної обробки деталей за технологічною собівартістю для двох випадків [19]:

- на ділянці є обидва верстати,
- необхідне придбання цих верстатів.

Здійснимо розрахунок технологічної собівартості поелементним методом для першого випадку. Попередньо визначимо:

- тип виробництва першого та другого варіанта технологічного процесу, скориставшись даними щодо трудомісткості операцій;
- кількість верстатів на кожну операцію C_p [19]:

$$C_p = \frac{t_{шт-кі} \cdot N}{F_d \cdot K_B \cdot K_z \cdot 60} \quad (6.1)$$

де C_p - рахункова кількість обладнання;

$t_{шт-кі}$ - штучно-калькуляційний час, хв, операції виготовлення i - тої деталі;

N - програма випуску;

F_d - дійсний фонд часу роботи обладнання, год (при 2-змінній роботі 4015 год, при 1-змінній - 2024 год) [19];

K_B - коефіцієнт виконання норм часу (приймається за даними підприємства, приблизно можна прийняти $=1,1 \dots 1,2$) [19];

K_z - коефіцієнт завантаження обладнання (приймається за даними підприємства, приблизно можна прийняти $=0,8 \dots 0,85$) [19];

60 - переведення хвилин в години [19].

P - прийнята кількість робочих місць P ;

$\eta_{зф}$ - фактичний коефіцієнт завантаження верстата [19]:

$$\eta_{зф} = \frac{C_p}{P} \quad (6.2)$$

Кількість операцій O , що виконуються на робочому місці[19]:

$$O = \frac{\eta_{зн}}{\eta_{зф}} \quad (6.3)$$

Розрахунки коефіцієнта закріплення операцій по обом ТП зведені в табл. 6.2 та 6.3

Таблиця 6.2 - Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій першого ТП

№ оп	Найменування операції	Тшт, хв	Ср	Р	$\eta_{зф}$	O	К _{зоі}
020	Токарна	25	0,64	1	0,64	0,64	0,64
025	Токарна	25	0,64	1	0,64	0,64	0,64
030	Токарна	18	0,50	1	0,50	0,50	0,50
035	Токарна	28	0,79	1	0,79	0,79	0,79
040	Токарна	24	0,60	1	0,60	0,60	0,60
045	Токарна	15	0,44	1	0,44	0,44	0,44

Таблиця 6.3 - Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій другого ТП

№ оп	Найменування операції	Тшт, хв	Ср	Р	$\eta_{зф}$	O	К _{зоі}
035	Токарна з ЧПК	9,8	0,48	1	0,48	0,48	0,48
040	Токарна з ЧПК	3,7	0,10	1	0,10	0,10	0,10
045	Токарна з ЧПК	18,9	0,98	1	0,98	0,98	0,98
050	Токарна з ЧПК	5,1	0,22	1	0,22	0,22	0,22

Заробітна плата основних виробничих робітників

Розраховуємо за формулою [19]:

$$Z_o = \sum_{i=1}^{m_{оп}} t_{штi} \cdot C_{тар} \cdot K_б \cdot K_{доп} \cdot K_{соц} , \quad (6.4)$$

де $m_{оп}$ - кількість операцій у технологічному процесі;

$t_{штi}$ - норма штучного часу виконання i -ої операції, год (для переведення хвилин у години розділити на 60) [19];

$C_{тар}$ - годинна тарифна ставка виробничого робітника на операції [19];

$K_б$ - коефіцієнт, що враховує оплату основного робітника при багатостатковому обслуговуванні та визначається за табл. 2.1 [19];

$K_{доп}$ - коефіцієнт, що враховує додаткову заробітну плату (приблизно $K_{доп} = 1,2$) [19];

$K_{соц}$ - коефіцієнт, що враховує страхові внески, $K_{соц} = 1,4$ [19].

Заробітна плата основних виробничих робітників по обом ТП зведені в табл. 6.4 та 6.5.

Таблиця 6.4 - Заробітна плата верстатника за першим ТП

№ оп	Найменування операції	Тшт, хв	$C_{тар}$, грн	$K_{доп}$	$K_{соц}$	Z_o , грн
020	Токарна	25	76,6	1,2	1,4	53,62
025	Токарна	25	76,6	1,2	1,4	53,62
030	Токарна	18	76,6	1,2	1,4	38,6
035	Токарна	28	76,6	1,2	1,4	60,05
040	Токарна	24	76,6	1,2	1,4	51,47
045	Токарна	15	76,6	1,2	1,4	32,17

$\sum Z_o = 289,53$ грн

Таблиця 6.5 - Заробітна плата верстатника за другим ТП

№ оп	Найменування операції	Тшт, хв	С _{тар} , грн	К _{доп}	К _{соц}	З _о , грн
035	Токарна з ЧПК	9,8	57,5	1,2	1,4	15,77
040	Токарна з ЧПК	3,7	57,5	1,2	1,4	5,95
045	Токарна з ЧПК	18,9	57,5	1,2	1,4	30,42
050	Токарна з ЧПК	5,1	57,5	1,2	1,4	8,21

$$\sum Z_o = 60,35 \text{ грн}$$

Заробітна плата допоміжних робітників (наладчиків)

Розраховуємо за формулою [19]:

$$Z_n = \frac{C_{\text{тар.н}} \cdot \Phi_p \cdot \chi_n \cdot K_{\text{доп}} \cdot K_{\text{соц}}}{N} \quad (6.5)$$

де $C_{\text{тар.н}}$ - годинна тарифна ставка, [19];

χ_n - чисельність робітників відповідної категорії, чол.

Заробітна плата наладчика верстатів з ЧПК наведена в табл. 6.6.

Таблиця 6.6 - Заробітна плата наладчика верстатів з ЧПК

№ оп	Найменування операції	С _{тар} , грн	Φ _p , год	χ _n	К _{доп}	К _{соц}	З _n , грн
035	Токарна	57,7	2096	0,25	1,2	1,4	10,16
040	Токарна	57,7	2096	0,25	1,2	1,4	10,16
045	Токарна	57,7	2096	0,25	1,2	1,4	10,16
050	Токарна	57,7	2096	0,25	1,2	1,4	10,16

$$\sum Z_n = 40,64 \text{ грн}$$

Амортизаційні відрахування на обладнання

Розраховуємо за формулою [19]:

$$A_{\text{від}} = \sum_{i=1}^{m_{\text{оп}}} \frac{k_i \cdot H_{ai} \cdot t_{oi}}{100 \cdot F_d \cdot 60} \quad (6.6)$$

де K_i - первісна вартість обладнання (оснащення) на i -ої операції, грн.;

H_{ai} - річна норма амортизаційних відрахувань на обладнання (оснащення) на i -ої операції (%) [19];

t_{oi} - основний (машинний) час на i -ої операції, хв;

F_d - дійсний (ефективний) фонд часу роботи устаткування (оснащення), [19].

Норма амортизації технологічного обладнання визначається за строком його корисного використання $T_{\text{вик}}$ (сервісного обслуговування) [19]:

$$H_a = \frac{1}{T_{\text{вик}}} \cdot 100\% \quad (6.7)$$

Амортизаційні відрахування на обладнання по обом варіантам ТП зведені в табл. 6.7 та 6.8.

Таблиця 6.7 - Відрахування на амортизацію обладнання за першим ТП

№ оп	Найменування операції	Тшт, хв	К, грн	H_a , %	F_d	$A_{\text{від}}$, грн
020	Токарна	25	126160	14	4015	1,83
025	Токарна	25	126160	14	4015	1,83
030	Токарна	18	126160	14	4015	1,31
035	Токарна	28	126160	14	4015	2,05
040	Токарна	24	126160	14	4015	1,76
045	Токарна	15	126160	14	4015	1,09

$\Sigma A = 9,87$ грн

Таблиця 6.8 - Відрахування на амортизацію обладнання за другим ТП

№ оп	Найменування операції	Тшт, хв	К, грн	Н _а , %	Ф _д	А _{від.} грн
035	Токарна з ЧПК	9,8	2800000	12,2	4015	13,89
040	Токарна з ЧПК	3,7	2800000	12,2	4015	5,24
045	Токарна з ЧПК	18,9	2800000	12,2	4015	26,8
050	Токарна з ЧПК	5,1	2800000	12,2	4015	7,23

$$\sum A = 53,16 \text{ грн}$$

Витрати на інструмент

Розраховуємо за формулою [19]:

$$S_{in} = \sum_{i=1}^{m_{on}} \sum_{j=1}^{n_{in}} \frac{C_{inij} \cdot t_{штij} \cdot \eta_m}{T_{ij} \cdot (n_j + 1)} \quad (6.8)$$

де C_{inij} - ціна інструменту j -го виду на i -ої операції, що визначається за каталогами підприємств, фірм-постачальників інструменту чи сайтах мережі Інтернет, грн./шт.;

$t_{штij}$ - штучний час роботи j -го інструменту на i -ої операції, хв;

η_m - коефіцієнт машинного часу, що визначається як відношення $t_{маш}/t_{шт}$;

T_{ij} - період стійкості інструменту j -го виду на i -ої операції [19];

n_{in} - номенклатура інструментів на i -ої операції;

n_j - число переточок інструменту j -го виду до повного зношування.

Витрати на інструмент за двома ТП зведені в табл. 6.9 та 6.10.

Таблиця 6.9 - Витрати на інструмент за першим ТП

№ оп	Найменування операції	Тшт, хв	Ці, грн	Типорозмір інструмент	n i	T, хв	n	$\eta_{мі}$	S _{ін} , грн
020	Токарна	25	380	Різець прох	1	60	62	0,2	1,13
				Різець підр	1	30	46	0,2	0,76
025	Токарна	25	380	Різець розт	1	60	12	0,2	1,13
				Різець підр	1	30	46	0,2	0,76
030	Токарна	18	380	Різець розт	1	60	42	0,2	1,13
				Різець підр	1	30	46	0,2	0,76
035	Токарна	28	380	Різець прох	1	60	62	0,2	1,13
				Різець підр	1	30	46	0,2	0,76
040	Токарна	24	380	Різець розт	1	60	12	0,2	1,13
				Різець підр	1	30	46	0,2	0,76
045	Токарна	15	380	Різець розт	1	60	42	0,2	1,13
				Різець підр	1	30	46	0,2	0,76

$$\Sigma = 10,61 \text{ грн}$$

Таблиця 6.10 - Витрати на інструмент за другим ТП

№	Операція	Тшт, хв	ПП	Вартість інструментального обладнання			T, хв	$\eta_{мі}$	n	S _{ін} , грн
				різетримач*, у.о.	різуць*, у.о.	Пластина у.о.				
035	Токарна з ЧПК	9,8	1	307	58	35	12	0,35	4	0,15
			2	307	45	35	80	0,40	4	1,2
040	Токарна з ЧПК	3,7	1	307	58	35	12	0,35	4	0,15
			2	307	45	35	80	0,40	4	1,2
045	Токарна з ЧПК	18,9	1	307	58	35	12	0,35	4	0,15
			2	307	45	35	80	0,40	4	0,2
050	Токарна з ЧПК	5,1	1	307	58	35	12	0,35	4	0,75
			2	307	45	35	80	0,40	4	1,2

* - Витрати, включені в договір про постачання обладнання. $\Sigma S_{ін} = 5,17 \text{ грн}$

Витрати на технологічну електроенергію

Розраховуємо за формулою [19]:

$$S_e = \frac{N_B \cdot k_N \cdot k_c \cdot k_{од} \cdot k_w \cdot t_{штк}}{\eta \cdot K_B} \cdot C_e \quad (6.9)$$

де N_B - встановлена потужність головного електродвигуна, [19];

k_N - середній коефіцієнт завантаження електродвигуна за потужністю (для верстатів з ЧПК прийняти рівним 0,9, для решти обладнання - 0,8) [19];

k_c - середній коефіцієнт завантаження електродвигуна за часом (для верстатів з ЧПК прийняти рівним 0,7, для решти обладнання - 0,6) [19];

$k_{од}$ - середній коефіцієнт одночасності роботи всіх електродвигунів верстата (для верстатів з ЧПК прийняти рівним 1, для решти обладнання - 0,6) [19];

k_w - коефіцієнт, що враховує втрати електроенергії в мережі заводу (прийняти рівним 1,08) [19];

η - коефіцієнт корисної дії обладнання (початкові дані);

K_B - коефіцієнт виконання норм часу [19];

C_e - вартість 1 кВт×год електроенергії (тариф для підприємств становить 3,45 грн. за 1 кВт×год) [19].

Витрати на технологічну електроенергію по двом ТП зведені в табл. 6.11 та 6.12.

Таблиця 6.11 - Витрати на силову електроенергію за першим ТП

оп	№	Найменування операції	Тшт, хв	Ці, грн/кВт год	N_B , кВт	k_N	k_c	$k_{од}$	k_w	η_c	K_B	S_e , грн
020		Токарна	25	3,45	10	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	11,11
025		Токарна	25	3,45	10	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	11,11
030		Токарна	18	3,45	10	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	9,4
035		Токарна	28	3,45	10	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	13,74
040		Токарна	24	3,45	10	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	10,98
045		Токарна	15	3,45	10	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	6,67

$\sum S_e = 63,01$ грн

Таблиця 6.12 - Витрати на силову електроенергію за другим ТП

№	Найменування операції	Тшт, хв	Ц _і , грн/кВт год	N _B , кВт	k _N	k _ч	k _{од}	k _в	η _с	K _с	S _с , грн	
035	Токарна ЧПК	з	9,8	3,45	3,7	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	1,61
040	Токарна ЧПК	з	3,7	3,45	3,7	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	0,6
045	Токарна ЧПК	з	18,9	3,45	3,7	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	3,1
050	Токарна ЧПК	з	5,1	3,45	3,7	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	0,83

$$\sum S_c = 6,15 \text{ грн}$$

Витрати на обслуговування та ремонт обладнання

Розраховуємо за формулою [19]:

$$S_p = \frac{C_{то} \cdot K_p \cdot C_p}{N} \quad (6.10)$$

де $C_{то}$ - залишкова вартість обладнання, грн

K_p - коефіцієнт відрахувань до ремонтного фонду ($K_p \approx 0,02 \dots 0,04$) [19].

Витрати на обслуговування та ремонт обладнання по обом ТП зведені в табл. 6.13 та 6.14.

Таблиця 6.13 - Витрати на ремонт та обслуговування обладнання по першому ТП

№ оп	Найменування операції	Відрахувань до ремонтного фонду, K_p	C_p	S_p , грн
020	Токарна	0,02	0,64	0,39
025	Токарна	0,02	0,64	0,39
030	Токарна	0,02	0,50	0,27
035	Токарна	0,02	0,79	0,80
040	Токарна	0,02	0,60	0,37
045	Токарна	0,02	0,44	0,19

$\sum S_p = 2,34$ грн

Таблиця 6.14 - Витрати на ремонт та обслуговування обладнання по другому ТП

№ оп	Найменування операції	Відрахувань до ремонтного фонду, K_p	C_p	S_p , грн
035	Токарна з ЧПК	0,02	0,48	2,45
040	Токарна з ЧПК	0,02	0,10	1,23
045	Токарна з ЧПК	0,02	0,98	4,35
050	Токарна з ЧПК	0,02	0,22	1,96

$\sum S_p = 17,4$ грн

Витрати на налаштування інструментів поза верстатом

Розраховуємо за формулою [19]:

$$S_H = \frac{\varphi \cdot C_{ГН} \cdot t_{ін} \cdot t_o \cdot K_T}{T_M \cdot m \cdot 60} \quad (6.11)$$

де φ - 1,3 - коефіцієнт, що враховує випадковий спад та поломки інструменту [19];

$C_{ГН}$ - середньогодинна заробітня плата наладчиків, грн./год [19];

$t_{ін}$ - середній час налаштування одного інструменту поза верстатом, хв ($t_{ін} = 4$ хв. - для токарних верстатів з ЧПК [19];

t_o - основний час роботи інструменту на операції, хв.;

K_T - коефіцієнт, що враховує питому вагу основного технологічного часу у штучному часі [19];

T_m - середня стійкість інструменту, хв. [19];

m - число граней ріжучої пластини, що не переточується, з механічним кріпленням, шт.; якщо налаштування інструментів поза верстатом не проводиться, $t_{in} = 0$; [19].

Витрати на налаштування інструментів поза верстатом по другому ТП зведені в табл. 6.15.

Таблиця 6.15 - Витрати на налаштування інструментів поза верстатом по другому ТП

№ оп	Найменуван. операції	T_o , хв	$C_{гн}$, грн/год	Тип інструменту	n_i	t_{in}	K_T	T_M	m	S_H
035	Токарна з ЧПК	4,46	50,9	різець	6	5	0,9	60	2	0,08
040	Токарна з ЧПК	4,46	50,9	різець	6	5	0,9	60	2	0,08
045	Токарна з ЧПК	4,46	50,9	різець	6	5	0,9	60	2	0,08
050	Токарна з ЧПК	4,46	50,9	різець	6	5	0,9	60	2	0,1

$\sum S_H = 0,26$ грн

Узагальнені результати розрахунку технологічної собівартості обробки за варіантами наведено у табл. 6.16.

Таблиця 6.16 - Розрахунок елементів технологічної собівартості, грн.

Елементи собівартості		Варіанти ТП	
		Перший	Другий
Заробітна плата верстатника	Z_o	289,53	60,35
Заробітна плата наладчика	Z_H	-	40,64
Відрахування на амортизацію обладнання	$A_{від}$	9,87	53,16
Витрати на ремонт та обслуговування обладнання	S_p	2,34	17,47
Витрати на різальний інструмент	S_{in}	10,61	5,17
Витрати на налаштування інструментів поза верстатом	S_H	-	0,26
Витрати на електроенергію	S_e	63,01	6,15
Витрати інші	I_H	57,9	12,07
Технологічна собівартість	C_T	433,26	195,27

Інші загальновиробничі витрати за формулою [19] :

$$I_{\text{н}} = Z_0 k_{\text{заг}}, \quad (6.12)$$

де $k_{\text{заг}}$ - коефіцієнт, що враховує інші загальновиробничі витрати, віднесені до заробітної плати основних виробничих робітників, або до суми основної заробітної плати основних виробничих робітників та витрат, пов'язаних з роботою обладнання відповідно; $k_{\text{заг}} = 0,20 \dots 0,25$ [19].

$$I_{\text{н1}} = 289,53 \cdot 0,2 = 57,9 \text{ грн,}$$

$$I_{\text{н2}} = 60,35 \cdot 0,2 = 12,07 \text{ грн.}$$

Розрахуємо умовну економію за формулою [19]:

$$E_{\text{ур}} = (C_1 - C_2) N, \quad (6.13)$$

$$E_{\text{ур}} = (433,26 - 195,27) \cdot 10000 = 2379900 \text{ грн.}$$

Таким чином, річна економія від впровадження другого ТП за статтею собівартість може становити 2379900 грн., що свідчить про ефективність запропонованої технологічної інновації.

Здійснимо розрахунок технологічної собівартості поелементним методом для випадку придбання технологічного обладнання. Зіставимо величини капітальних витрат за варіантами. У табл. 6.17-6.18 розраховані капітальні витрати за формулою (6.13) [19].

Капітальні вкладення обладнання, віднесені до одиниці продукції, визначаються за наступним рівнянням [19]:

$$K_0 = \frac{C_{\text{об}} \cdot t_{\text{шт.к}}}{60 \cdot F_{\text{д}}} \quad (6.13)$$

Таблиця 6.17 - Капітальні витрати на обладнання за першим ТП

№ оп	Найменування операції	Тшт, хв	Ц, грн	F_d	K_o , грн
020	Токарна	25	126160	4015	13,09
025	Токарна	25	126160	4015	13,09
030	Токарна	18	126160	4015	9,42
035	Токарна	28	126160	4015	14,66
040	Токарна	24	126160	4015	12,56
045	Токарна	15	126160	4015	7,85

 $\Sigma K=70,67$ грн

Таблиця 6.18 - Капітальні витрати на обладнання за другим ТП

№ оп	Найменування операції	Тшт, хв	Ц, грн	F_d	K_o , грн
035	Токарна з ЧПК	9,8	2800000	4015	113,9
040	Токарна з ЧПК	3,7	2800000	4015	43,0
045	Токарна з ЧПК	18,9	2800000	4015	219,67
050	Токарна з ЧПК	5,1	2800000	4015	59,27

 $\Sigma K=435,84$ грн

Оскільки капітальні витрати є суттєво різними, оцінювати ефективність варіантів ТП слід на основі мінімуму наведених витрат. У табл. 6.19 наведено результати порівняння [19].

Таблиця 6.19 - Порівняння варіантів ТП за наведеними витратами

Витрати, грн		Варіанти ТП	
		перший	другий
Технологічна собівартість деталі	C_T	433,26	195,27
Капітальні витрати на деталь	K_o	70,67	435,84
Наведені витрати на деталь	W_o	503,93	631,11
Собівартість річної програми	C_p	4332600	1952700
Капітальні витрати на програму	$K_{оріч}$	706700	4358400
Наведені витрати на програму	$W_{річ}$	5039300	6311100
Річна економія (збиток), грн.	ΔW	-1271800	

Аналіз табл. 6.19 показує, що придбання та використання високотехнологічного дорогого обладнання в умовах багатосерійного типу виробництва є перешкодою для впровадження нових інноваційних технологій [19].

Рекомендовано або дозавантажувати ділянку обробкою інших деталей, або збільшити програму випуску.

7 ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

7.1 Охорона праці при експлуатації стрічкового конвеєра для відведення стружки

Відповідно до ГОСТ 12.3.033–84 «Строительные машины. Общие требования безопасности при эксплуатации» при експлуатації підйомнотранспортного обладнання на робітниках можуть впливати наступні фактори [20]:

- 1) машини, що рухаються, їх робочі органи і частини, а також вироби, конструкції, матеріали, що переміщуються машинами;
- 2) конструкції машин, що руйнуються;
- 3) підвищена загазованість, запиленість і вологість повітря робочої зони;
- 4) підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може статися через тіло людини.

Основні види небезпеки, небезпечних ситуацій і небезпечних випадків, які можуть виникнути під час нормальної експлуатації і у разі порушення умов нормальної експлуатації вантажопідйомних кранів і машин, вантажозахоплюючих пристроїв, тари і які представляють небезпеку для обслуговуючого і ремонтного персоналу [20]:

- 1) механічні види небезпеки, пов'язані з підйомними операціями вантажопідйомними кранами і машинами, вантажозахоплюючими пристроями, тарою;
- 2) механічні види небезпеки, пов'язані із складовими частинами вантажопідйомних кранів і машин, вантажозахоплюючих пристроїв, тари і люльок, з переміщуваними вантажами;
- 3) електричні види небезпеки;
- 4) термічні види небезпеки;
- 5) небезпека, викликана шумом;
- 6) небезпека, викликана вібрацією.

Розглянемо основні небезпечні фізичні фактори.

Головним небезпечним фактором є те, що під'йомно-транспортні машини (ПТМ) і інші транспортні засоби мають безліч механізмів і частин обладнання, що обертаються і рухаються. Кількість травм, пов'язаних з цим фактором, складає від 18 до 21 % загальної кількості травм, пов'язаних з експлуатацією ПТМ і інших транспортних механізмів [20].

Аналіз виробничого травматизму, пов'язаного з експлуатацією ПТМ, показує, що аварії і нещасні випадки відбуваються найчастіше через порушення правил безпеки і експлуатації. Найбільша кількість важких травм відбувається при переміщенні стружки [20].

Більшість ПТМ і механізмів працюють з використанням електричної енергії, тому електричний струм також є небезпечним виробничим фактором. Електротравми можуть виникнути з появою небезпечної напруги на корпусах обладнання, при дотику з елементами обладнання струмопровідних дротів, при роботі ПТМ біля ліній високої напруги [20].

Прогумована транспортна стрічка є пожежонебезпечним матеріалом. При її займанні і горінні утворюється велика кількість шкідливих продуктів горіння, може привести до отруєння людей [20].

При аналізі небезпечних виробничих факторів необхідно враховувати наявність робочої і небезпечної зон машини.

Шкідливі виробничі фактори. Дія шкідливих фізичних виробничих факторів при роботі ПТМ і інших транспортних механізмів визначається як характеристиками самого обладнання, так і характеристиками середовища, в якому працюють ці механізми. Тому, при освітленні цього питання необхідно також приділити увагу умовам, в яких експлуатуватиметься це обладнання, оскільки умови довкілля досить вагомо впливають на робітників, які обслуговують це обладнання [20].

Шум, який створює ПТМ, як правило, лежить в межах нормативних значень, проте це обладнання може використовуватися в цехах, де високий рівень шуму створюється технологічним процесом [20].

7.2 Охорона праці при роботі на ПЕОМ

Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів при роботі на персональній електро - обчислюємій машині (ПЕОМ) необхідно проводити за наступною схемою [20]:

– перелік небезпечних і шкідливих виробничих факторів (фізичних, хімічних, біологічних і психофізіологічних);

1) аналіз (на основі даних літературних джерел) можливих порушень здоров'я користувачів ПЕОМ;

2) опис умов праці по конкретному робітнику;

3) кількісна оцінка умов праці на робочому місці.

Розглянемо виробничі фактори, що впливають на користувачів ПЕОМ.

На користувача ПЕОМ впливають різні групи факторів трудового середовища [20]:

1) фактори виробничого середовища;

2) фактори трудового процесу (важкість і напруженість праці);

3) внутрішні засоби діяльності (виробничий досвід людини, його функціональний стан);

4) зовнішні засоби діяльності (робоче місце, пульт управління, засоби відображення інформації, основне і допоміжне обладнання);

5) соціально-психологічні аспекти трудових взаємовідносин.

Специфіка використання ПЕОМ полягає в тому, що в процесі діалогу людини і машини користувач сприймає інтелектуальну машину як рівноправного співрозмовника. Тому виникає багато абсолютно нових психологічних і психофізіологічних проблем, суть яких треба враховувати при проектуванні трудового процесу [20].

Іншою особливістю є значне інформаційне навантаження. Значне навантаження на центральну нервову і зорову системи викликає підвищення

нервово-емоційної напруги, і, як наслідок, негативно впливає на серцево-судинну систему. Важливою стороною функціонування організму користувача ПЕОМ є вплив на нього комплексу факторів трудового середовища, що включають дію електромагнітних хвиль різних частотних діапазонів, статичної електрики, шуму, мікрокліматичних факторів та ін. [20]

Дія цього специфічного комплексу може негативно вплинути на здоров'я людини. При роботах з використанням комп'ютерів виникає цілий ряд ергономічних проблем, рішення яких може значно зменшити навантаження. В цьому випадку маються на увазі тільки питання конструювання робочого місця користувача і не охоплюються питання формування раціонально побудованих символів на екрані і інших, зміна яких можлива тільки при конструюванні нової техніки.

Різновиди енергії і пов'язані з ними небезпечні і шкідливі фактори представлені в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Різновиди енергії і пов'язані з ними небезпечні і шкідливі фактори

Вид енергії	Вид впливу	Етапи експлуатації					
		Транспортування і монтаж	Складання і підготовка	Програмування	Випробування	Пусконаладжувальні роботи	Автоматичний режим роботи
Механічна енергія							
– потенційна енергія	Удар робота	+	+			+	
	Падіння робота	+	+	+	+	+	+
	Переверстування робота	+			+		+
– кінетична енергія	Удар по деталі			+	+	+	+
	Зіткнення з рушійним ПР			+	+	+	+
	Затиск між ПР і обладнанням			+	+	+	+
Електрична енергія	Поразка електричним струмом			+	+	+	+
Енергія стислого повітря і рідини	Вибух магістралі			+	+	+	+
Хімічна і фізична енергія	Вибух			+	+	+	+
	Контакт з шкідливими речовинами			+	+	+	+
	Шум			+	+	+	+
	Вібрація				+		+
Теплова енергія	Опіки			+	+	+	+
	Переохолодження			+	+	+	+

Робота користувача ПЕОМ найчастіше проходить при активній взаємодії з іншими людьми. Тому виникають питання міжособових взаємовідносин, що включають як психологічні, так і соціально-психологічні аспекти. Таким чином, на користувача ПЕОМ впливають 4 групи факторів трудового середовища: фізичні, ергономічні, інформаційні і соціально-психологічні [20].

При роботі на ПЕОМ існує можливість дії наступних небезпечних виробничих факторів [20]:

- 1) можливість виникнення пожеж;
- 2) дія електричного струму;
- 3) можливість механічного травмування (падіння, забиття);
- 4) опіки в результаті випадкового контакту з гарячими поверхнями усередині лазерного принтера.

В процесі роботи на користувача ПЕОМ впливають наступні шкідливі фізичні виробничі фактори [20]:

- 1) підвищений рівень електромагнітного випромінювання;
- 2) підвищений рівень статичної електрики;
- 3) підвищені рівні запиленості повітря робочої зони;
- 4) підвищений вміст позитивних і негативних іонів в повітрі;
- 5) знижена або підвищена вологість і рухливість повітря робочої зони;
- 6) підвищений рівень шуму;
- 7) підвищений або знижений рівень освітленості;
- 8) нерациональна організація освітлення робочого місця (підвищений рівень прямої і відбитої блискучості, підвищений рівень засліплення, нерівномірність розподілу яскравості в полі зору, підвищена яскравість світлового зображення, підвищений рівень пульсації світлового потоку).

Хімічні виробничі фактори визначаються характеристикою відповідного робочого оточення. Контакт з речовинами, специфічними для робочих місць з ПЕОМ (тонер, озон при роботі лазерних принтерів) в правильно провітрюваних приміщеннях нижче граничного рівня і не представляє небезпеки, проте він може

стати небезпечним в погано вентиляваному приміщенні, в якому розташовано декілька лазерних принтерів і копіювальних машин [20].

До психофізіологічних виробничих факторів відносяться [20]:

- 1) напруга зору;
- 2) напруга уваги;
- 3) інтелектуальні і емоційні навантаження;
- 4) тривалі статичні навантаження.

Вірогідність дії біологічних факторів (підвищений вміст в повітрі робочої зони мікроорганізмів) зростає в переповнених і неправильно вентиляваних приміщеннях [20].

Користувачі ПЕОМ в основному піддаються дії фізичних і психофізіологічних виробничих факторів. Перелік шкідливих виробничих факторів при роботі на ПЕОМ (залежно від використовуваного обладнання) приведений в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – Найбільш характерні шкідливі виробничі фактори при роботі на ПЕОМ

Характеристика шкідливості	Тип обладнання				
	Систем-ний блок	Монітор		Прин-тер	Ноу-тбук
ЕЛТ		ЖК			
Фізичні фактори					
Електромагнітне випромінювання	+	+		+	
Статична електрика		+			
Іонізація повітря		+			
Підвищений рівень шуму	+			+	
Нераціональне освітлення		+	+		+
Психофізіологічні фактори					
Напруження зору і уваги		+	+		+
Інтелектуальні й емоційні навантаження		+	+		+
Тривалі статичні навантаження					+
Інформаційні навантаження		+	+	+	+
Нераціональна організація робочого місця	+	+	+	+	+

Фактори, які проявляються лише при не виконанні норм за об'ємом і площею на одно робоче місце (зміст пилу в повітрі, невідповідні параметри мікроклімату) в таблиці не розглядаються.

Розглянемо вплив виробничих факторів на працездатність і здоров'я користувачів ПЕОМ.

Комп'ютер є джерелом ЕМП в діапазоні від 3 Гц до 300 МГц, які можуть бути розділені за їх фізичними властивостями на електростатичне, змінне електричне і змінне магнітне. ПЕОМ є джерелом декількох видів електромагнітних полів і випромінювань: м'якого рентгенівського, ультрафіолетового, інфрачервоного, видимого, низькочастотного, над низькочастотного і високочастотного [20].

Основним джерелом ЕСП є позитивний потенціал, що подається на внутрішню поверхню екрану для прискорення електронного променя. ЕСП утворюється за рахунок різниці потенціалів екрану монітора і людини. На його величину істотно впливають потенціали навколишніх предметів і вологість повітря (при вологості вище 50 % ЕСП практично відсутнє). Напруженість поля може коливатися від 8 до 75 кВ/м. Помітний вклад в загальне ЕСП вносять клавіатури, що електризуються від тертя поверхні, і миші [20].

ЕМП негативно впливають на центральну нервову систему, викликаючи головні болі, запаморочення, нудоту, депресію, безсоння, відсутність апетиту, виникнення синдрому стресу. Низькочастотне ЕМП може стати причиною шкірних захворювань (вугровий висип, екзема, рожевий лишай та ін.), хвороб серцево-судинної системи і кишково-шлункового тракту; воно впливає на білі кров'яні тільця, що призводить до виникнення пухлин, у тому числі і злоякісних. Електростатичне поле великої напруженості здатне змінювати і переривати клітинний розвиток, а також викликати катаракту з подальшим помутнінням кришталика [20].

Для якісного проведення аналізу виробничих факторів при роботі на ПЕОМ необхідно враховувати характеристики використовуваного обладнання (таблиця 7.2) і зміст виконуваних робіт.

Для комплексної оцінки впливу умов праці на людину широко використовують методи аналітичної оцінки. Одним з аналітичних показників умов праці є категорія важкості праці. Категорія важкості праці характеризує стан організму людини, який формується під впливом умов праці[20].

Основними напрямками забезпечення безпечних і комфортних умов праці при роботі на ПЕОМ є [20]:

- забезпечення відповідності параметрів мікроклімату вимогам ДСанПіН 3.3.2–007–98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», ГОСТ 12.1.005–88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны», ДСН 3.3.6.042–99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень»;

- забезпечення відповідності чистоти повітря вимогам ГОСТ 12.1.005–88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»;

- забезпечення відповідності рівня іонізації повітря вимогам ДСанПіН 3.3.2–007–98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин»;

- забезпечення відповідності освітлення робочої зони вимогам ДБН В.2.5–28–2006 «Природне та штучне освітлення», ДСанПіН 3.3.2–007–98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин»;

- забезпечення відповідності рівня шуму та вібрації на робочому місці вимогам ДСанПіН 3.3.2–007–98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин»;

- забезпечення відповідності рівня електромагнітних та електростатичних полів та випромінювань вимогам ДСН 3.3.6.096–2002 «Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів», ДСанПіН 3.3.2–007–

98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин»;

– забезпечення електробезпеки у відповідності з вимогами ГОСТ 12.1.019–79 ССБТ «Электробезопасность. Общие требования», НПАОП 0.00–1.28–10 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин», НПАОП 40.1–1.01–97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок»;

– забезпечення пожежної безпеки у відповідності з вимогами ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ «Пожарная безопасность. Общие требования», НПАОП 0.00–1.28–10 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин», НАПБ А.01.001–2004 «Правила пожежної безпеки України».

ВИСНОВОК

У магістерській роботі розглянуто та вдосконалено технологічний процес виготовлення «Диску ущільнюючого другого ступеня ТК», що включає низку важливих етапів та технічних рішень.

Обрано багатосерійний тип виробництва з оптимізацією витрат часу та ресурсів.

Для ефективної організації робочих процесів було обрано серійно-потоккову форму організації виробництва. Цей підхід забезпечує синхронізацію етапів виготовлення та мінімізацію часу на переналагодження.

Розроблено та обґрунтовано метод отримання заготівлі, а також маршрут виготовлення деталі, що включає всі необхідні операції та послідовність їх виконання.

Виконано проектування та розрахунок робочого та контрольного пристосувань. Особливу увагу було приділено вдосконаленню існуючих пристосувань, що забезпечує механізацію і автоматизацію процесів, знижуючи витрати часу та підвищуючи ефективність.

У процесі контролю якості було застосовано КВМ, що є сучасним методом точного та ефективного контролю виготовлення деталей.

Економічно обґрунтовано ухвалені рішення, що дозволяє забезпечити доцільність застосованих технологічних і організаційних рішень.

Мета роботи досягнута вдосконаленням техпроцесу з використанням новітніх засобів контролю.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Матеріали 78-ї студентської науково-технічної конференції «Тиждень студентської науки» Координатно вимірювальні технології. Машинобудування НТУ— Київ: ІСДО, 1993. – 44 с.

URL:<https://hi-news.pp.ua/tehnka-tehnologyi/10581-koordinatno-vimryuvalnamashina-opis-tehnchn-harakteristiki-zastosuvannya.htm>

2. . В.А. Гапшис, А.Ю. Каспарайтис, М.Б. Модестов, и др. Координатные измерительные машины М.: Машиностроение, 1988. 328с.

3. Мурачѳв, Д. А. Методика измерения параметров на координатно-измерительной машине GLOBAL CLASSIC 05.05.05 / Д. А. Мурачѳв, М. А. Черепанов. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2016. — № 12.3 (116.3). — С. 53-58. — URL: <https://moluch.ru/archive/116/31850/> (дата обращения: 11.12.2023).

4. Проць Я.І. Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. /Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Лящук – Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. –344 с

5. Проць Я. І. Автоматизація неперервних технологічних процесів / Я. І. Проць, О. А. Данилюк, Т. Б. Лобур. Навчальний посібник (укр. яз.) для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Тернопіль: ТДТУ ім. І. Пулюя, 2008. – 239с.

6. Ельперін І.В. Автоматизація виробничих процесів [Текст]: Підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. – Вид. 2-ге, виправлене – К.: Вид. Ліра-К, 2015. – 378 с.

7. Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів [Текст]: Підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк, Національний ун-т харч. технологій. – К.: НУХТ, 2013. – 796 с.

8. ДСТУ 2676-94. ДЕРЖАВНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ. КОНВЕЄРИ СТРИЧКОВІ СТАЦІОНАРНІ. Загальні технічні вимоги.

9. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 1. / [под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова]. – М. : Машиностроение, 1985. - 694 с.
10. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 2. / [под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова]. – М.: Машиностроение, 1985.- 652 с.
11. Косилова А.Г. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении / А.Г. Косилова, Р.К. Мещеряков, М. А. Калинин. – М. : Машиностроение, 1976. – 352 с.
12. Ципак В.І. Розрахунки технологічних розмірів при проектуванні процесів механічної обробки / В.І. Ципак. – Запоріжжя : ЗДТУ, 1996. – 91 с.
13. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин», для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», освітньої програми «Технології машинобудування» галузі знань «Механічна інженерія» всіх форм навчання/ Укл.: Гончар Н.В., Тумарченко Л.О. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 61 с.
14. Режимы резания металлов. Справочник / [под ред. Ю.В. Барановского]. – М. : Машиностроение, 1972. – 176 с.
15. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник / В.И.Баранчиков, А.В.Жаринов, Н.Д. Юдина и др.; Под общ.ред.В.И.Баранчикова.- М.: Машиностроение, 1990.- 400с
16. Справочник нормировщика-машиностроителя. Том 2.Техническое нормирование станочных работ/ Стружестрах Е.И. - Москва : ГНТИМЛ, 1961.- 826 с.
17. В.А. Богуслаев, В.А. Леховицер, А.С. Смирнов. Станочные приспособления – Запорожье : ЗНТУ, АТ «Мотор Сич», 2000. – 430 с.
18. Альбом контрольно-измерительных приспособлений: Учебное пособие для вузов / Ю. С. Степанов, Б. И. Афонасьев, А. Г. Схиртладзе, А. Е. Щукин, А. С. Ямников. / Под общ. ред. Ю. С. Степанова. - М.: Машиностроение, 1998. - 184 с.

19. 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.

20 . Охорона праці : рекомендації до виконання розділу в дипломному проекті бакалавра для студентів технічних спеціальностей / уклад. : Л. В. Дементій, Г. Л. Юсіна. – Краматорськ : ДДМА, 2013. – 164 с.

ДОДАТОК А

Специфікація робочого пристосування

НУЗП 291346.013

ДОДАТОК Б

Специфікація контрольного пристосування

НУЗП 401131.013

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
						<u>Документація</u>			
				A1	НУЗП 401131.013	Складальне креслення			
						<u>Деталі</u>			
				1		Плита	1		
				2		Стойка	1		
				3		Хомут	1		
				4		Штанга	1		
				5		Ножка	1		
				6		Планка	1		
				7		Кільце	1		
				8		Індикатор 2МИГ ГОСТ 18833-73	1		
				9		Вісь	1		
				10		Пружина	1		
				11		Планка	1		
				12		Важіль	1		
				13		Кронштейн	1		
				14		Втулка	1		
				15		Гвинт М8х16	1		
				16		Гвинт М6х14	1		
						Стандартні вироби			
				17		Болт М5х15.46(S10) ГОСТ 7798-70	1		
		НУЗП 401131.013							
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
		Разрад.	Дігалов М.В.				Лит.	Лист	Листов
		Пров.	Пухальська Г.В.				У		1
		Т.контр.	Пухальська Г.В.				НУЗП		
		Н.контр.	Дядя С.І.				Мз-113м		
		Утв.	Дядя С.І.						
Справ. №							Приспособування для перевірки біття		
Подп. и дата							Копировал		
Подп. и дата							Формат А4		