

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Пристрій для контролю діаметрів отворів в процесі їх
хонінгування

Виконав: студент 4 курсу, групи РВс

спеціальності 175 Інформаційно-вимірювальні

технології

(шифр і назва спеціальності)

Бойко Д.А.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Наконечний Ю.І.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Апостол Ю.О.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Паламар М.І.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра приладів і контрольно-вимірювальних систем
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Паламар М.І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 175 Інформаційно-вимірювальні технології
(шифр і назва спеціальності)

студенту Бойко Дмитро Андрійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Пристрій для контролю діаметрів отворів в процесі їх хонінгування

Керівник роботи Накончний Ю.І., ст.викл., кафедри ПВ,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 26 » 05 20_26 року № 4/9-248

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20.06.2026

3. Вихідні дані до роботи Технічна документація та технологічне креслення

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити) Загальнотехнічна частина

Конструкторсько-технологічна частина

Спеціальна частина

Охорона праці

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

10 слайдів для кваліфікаційної роботи бакалавра

РЕФЕРАТ

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра є розробка пристрою для контролю діаметрів отворів в процесі хонінгування. У процесі роботи розроблено електронного блок для керування хонінгувальним верстатом, що дозволить автоматизувати процес чистової обробки деталі і зменшить час обробки.

Що дозволяє забезпечити отримання необхідної статистичної інформації для проведення систематизації результатів обробки партії деталей.

На основі аналізу математичної моделі, з урахуванням фактичних значень коефіцієнтів витоку, геометричних параметрів вхідного та вихідного сопел вимірювального пристрою, а також робочого вхідного тиску, використовуючи розроблене програмне забезпечення, можна визначити діапазон зміни контрольованої величини, в межах якого передавальна характеристика вимірювального пристрою залишається лінійною, а його чутливість досягає максимального значення.

Дотримання цих умов має суттєве значення для забезпечення точності та надійності роботи вимірювального засобу в динамічному режимі під час процесу хонінгування.

ЗМІСТ

ВСТУП

1 Загальнотехнічна частина

1.1 Аналіз поставленої задачі

1.2 Аналіз аналогів

1.3 Схема та принцип роботи пристрою

1.4 Вимоги до роботи пристрою

2 Конструкторсько-технологічна

2.1 Схема та принцип роботи пристрою

2.2 Вибір обладнання

2.3 Розрахунок режимів різання

2.4 Технічний процес хонінгування

2.5 Схеми хонінгування

2.6 Силовий розрахунок

2.7 Розрахунок ексцентрикового затискачу

2.8 Розрахунок ежекторного сопла

2.9 Розрахунок пневмоциліндра зажиму деталі

2.10 Захватні пристрої промислових роботів

2.11 Розрахунок захватного пристрою

2.12 Визначення похибки пристрою

3 Спеціальна частина

3.1 Технічні вимоги до розроблюваного електронного блоку

3.2 Структурна схема блоку керування

3.3 Опис принципу роботи електронного блоку

3.4 Розрахунок елементів схеми електронного блоку

3.5 Розрахунок схеми підключення індуктивного датчика

3.6 Розрахунок елементів підсилювача

3.7 Розрахунок похибок електронного блоку

3.8 Блок схема процесу керування

3.9 Наукові дослідження та математичне моделювання

					КБР 086.00.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

4 Охорона праці

ВИСНОВКИ

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

					КБР 086.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		

ВСТУП

Інформаційно-вимірювальні системи широко використовуються у різноманітних галузях народного господарства. Метою даної бакалаврської роботи є розробка електронного блоку керування хонінгувальним верстатом, який забезпечить автоматизацію процесу чистової обробки деталей, підвищення точності обробки, зменшення часу виконання технологічних операцій та отримання статистичної інформації про результати обробки партії деталей.

У сучасному машинобудуванні хонінгування є одним із найбільш ефективних методів чистової обробки внутрішніх циліндричних поверхонь деталей. Даний процес застосовується для досягнення високої точності розмірів, мінімальної шорсткості поверхні та забезпечення необхідної геометричної форми отворів. Однак традиційні системи керування хонінгувальними верстатами часто мають обмежені функціональні можливості, значну залежність від оператора та недостатній рівень автоматизації, що може призводити до збільшення часу обробки, похибок та нестабільності якості готових деталей.

Таким чином, реалізація даного проекту дозволить підвищити рівень автоматизації хонінгувального верстата, покращити якість чистової обробки деталей, зменшити вплив людського фактора на технологічний процес та забезпечити ефективний контроль параметрів обробки за рахунок використання сучасних електронних засобів керування.

					КБР 086.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		7

1 Загально-технічна частина

1.1 Аналіз поставленої задачі

Розробка електронного блоку керування дозволить модернізувати роботу хонінгувального верстата шляхом впровадження автоматизованого контролю основних параметрів процесу обробки.

До таких параметрів належать швидкість обертання шпинделя, швидкість поздовжнього переміщення хонінгувальної головки, тиск притискання абразивних брусків, час обробки та контроль режимів роботи обладнання. Автоматизація цих процесів забезпечить стабільність технологічного режиму та підвищить якість оброблених поверхонь.

Одним із головних завдань розроблюваного блоку є скорочення часу обробки деталей. Це досягається завдяки оптимізації режимів хонінгування, автоматичному регулюванню параметрів процесу та зменшенню кількості допоміжних операцій, які виконує оператор.

У результаті підвищується продуктивність обладнання та ефективність виробництва в цілому.

Важливою функцією електронного блоку є також збір, обробка та збереження статистичної інформації про процес обробки деталей. Отримані дані можуть включати тривалість обробки, параметри режимів роботи, кількість оброблених деталей, відхилення від заданих параметрів та інші технологічні показники.

Накопичення статистичних даних дозволяє проводити аналіз ефективності роботи верстата, виявляти причини можливих дефектів, здійснювати контроль якості продукції та оптимізувати технологічний процес.

У процесі виконання бакалаврської роботи передбачається розробка структурної та принципової електричної схеми електронного блоку, вибір елементної бази, програмування мікроконтролерної системи керування, а також дослідження роботи системи в різних режимах експлуатації. Особлива увага

					КБР 086.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

приділяється забезпеченню надійності роботи системи, безпеки експлуатації та можливості подальшої модернізації обладнання.

1.2 Аналіз аналогів

Для розроблюваного пристрою активного контролю отворів у процесі хонінгування існує ряд аналогів як серед зарубіжних, так і серед вітчизняних систем контролю.

Дані пристрої призначені для високоточного вимірювання внутрішніх діаметрів деталей безпосередньо під час обробки та дозволяють автоматизувати процес контролю.

Одними з найбільш відомих виробників систем активного контролю є компанії MARPOSS, Mahr, Schenck RoTec та Jenoptik. Їх обладнання широко використовується у машинобудуванні, автомобільній та авіаційній промисловості.

Найбільш близьким аналогом до розроблюваного пристрою є пневматичні вимірювальні системи фірми MARPOSS серії M1 AIR, які застосовуються для контролю внутрішніх діаметрів деталей з високою точністю.

Принцип роботи таких систем базується на зміні тиску стисненого повітря залежно від зазору між соплом вимірювальної головки та поверхнею отвору.

Перевагами систем MARPOSS є:

- висока точність вимірювання;
- безконтактний метод контролю;
- можливість роботи в автоматичному режимі;
- інтеграція з металорізальними верстатами;
- автоматична компенсація зносу інструменту;
- отримання електронного сигналу для систем керування.

Також широко використовуються пневмоелектронні системи контролю, у яких результати вимірювання перетворюються в електричний сигнал і

					КБР 086.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

передаються до електронного блока керування або комп'ютерної системи збору даних.

У сучасних автоматизованих виробництвах застосовуються вимірювальні пневматичні пробки та датчики активного контролю, які встановлюються безпосередньо у зоні обробки деталі.

Це дозволяє здійснювати контроль розмірів у реальному часі та автоматично завершувати процес хонінгування після досягнення необхідного розміру отвору.

Серед українських аналогів можна виділити системи активного контролю, які використовувалися на підприємствах машинобудівної галузі та розроблялися на базі наукових праць українських фахівців у сфері автоматичних вимірювань і метрології. В Україні, широкого застосування набули пневматичні та пневмоелектричні системи контролю, описані у працях: Волосова С. С., Маркова Б. Н., Педя Е. М. У книзі «Основи автоматичного вимірювання» наведено конструкції пневматичних безконтактних пристроїв для контролю внутрішніх поверхонь деталей під час механічної обробки. Такі пристрої використовувалися на хонінгувальних, шліфувальних та розточувальних верстатах і забезпечували високу точність контролю за рахунок використання диференціального пневматичного принципу вимірювання.

На українських машинобудівних підприємствах також використовувались системи активного контролю, побудовані на базі:

- пневматичних датчиків;
- індуктивних перетворювачів;
- електроконтактних вимірювальних головок;
- диференціальних манометричних схем.

Подібні системи впроваджувались на підприємствах:

- Харківський підшипниковий завод
- Мотор Січ
- Південмаш

					КБР 086.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		10

Основною перевагою українських та радянських систем була простота конструкції, висока надійність та можливість роботи в умовах виробництва з підвищеним рівнем вібрацій, забруднення та охолоджувальної рідини.

Порівняння аналогів

Розроблюваний пристрій поєднує переваги класичних пневматичних систем контролю та сучасних електронних засобів автоматизації. На відміну від ранніх механічних або пневматичних систем, сучасний електронний блок дозволяє:

- автоматично обробляти результати вимірювань;
- накопичувати статистичні дані;
- здійснювати цифрову індикацію параметрів;
- передавати інформацію до комп'ютерної системи;
- підвищити точність та швидкість системи контролю.

Таким чином, розроблюваний пристрій є подальшим розвитком існуючих систем активного контролю та відповідає сучасним вимогам автоматизації технологічних процесів машинобудування.

Суть активних методів контролю полягає в тому, що зміна розміру деталі фіксується контрольним пристроєм в процесі обробки. При досягненні деталлю заданого розміру контрольний пристрій подає сигнал (команду) на зупинку або зміну режимів різання.

Цей сигнал поступає в підсилювач, звідки подається потужний командний імпульс виконавчому органу в колі управління верстаком (наприклад електромагніту), впливаючому на вузол управління верстатом. Вузол управління викликає зупинку верстата або зміну швидкості технологічного руху.

Активні методи контролю забезпечують отримання необхідної точності розмірів оброблювальних на верстаті деталей та теоретично усувають можливість отримання бракованої продукції.

Методи автоматичного забезпечення точності розмірів деталей розділяють по наступних признаках таблиця 1.1.

					КБР 086.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		11

Таблиця 1.1 Системи контролю та управління

Характеристика системи	Що контролюється	Коли контролюється	Тип контрольних та управління приладів	Приклади Процесів	
Системи активних контролів	Виріб	В процесі обробки	Прилади активного контролю	Зовнішнє шліфування. Внутрішнє шліфування. Без центрове шліфування методом врізання. Хонінгування тонке точіння	
		Після обробки	Автопрокладчик	Без центрове шліфування на прохід. Пласке шліфування.	
	Інструмент	В процесі обробки	Компенсатори зношення інструменту	Зубофрезерування Зубошліфування. Внутрішнє Шліфування.	
		Після обробки	Прилади відпрацювання нуля	Пласке шліфування. Точіння.	
	Системи програмного управління	Положення робочих органів верстату	В процесі обробки	Пристрої програмного управління	Широка область призначення.

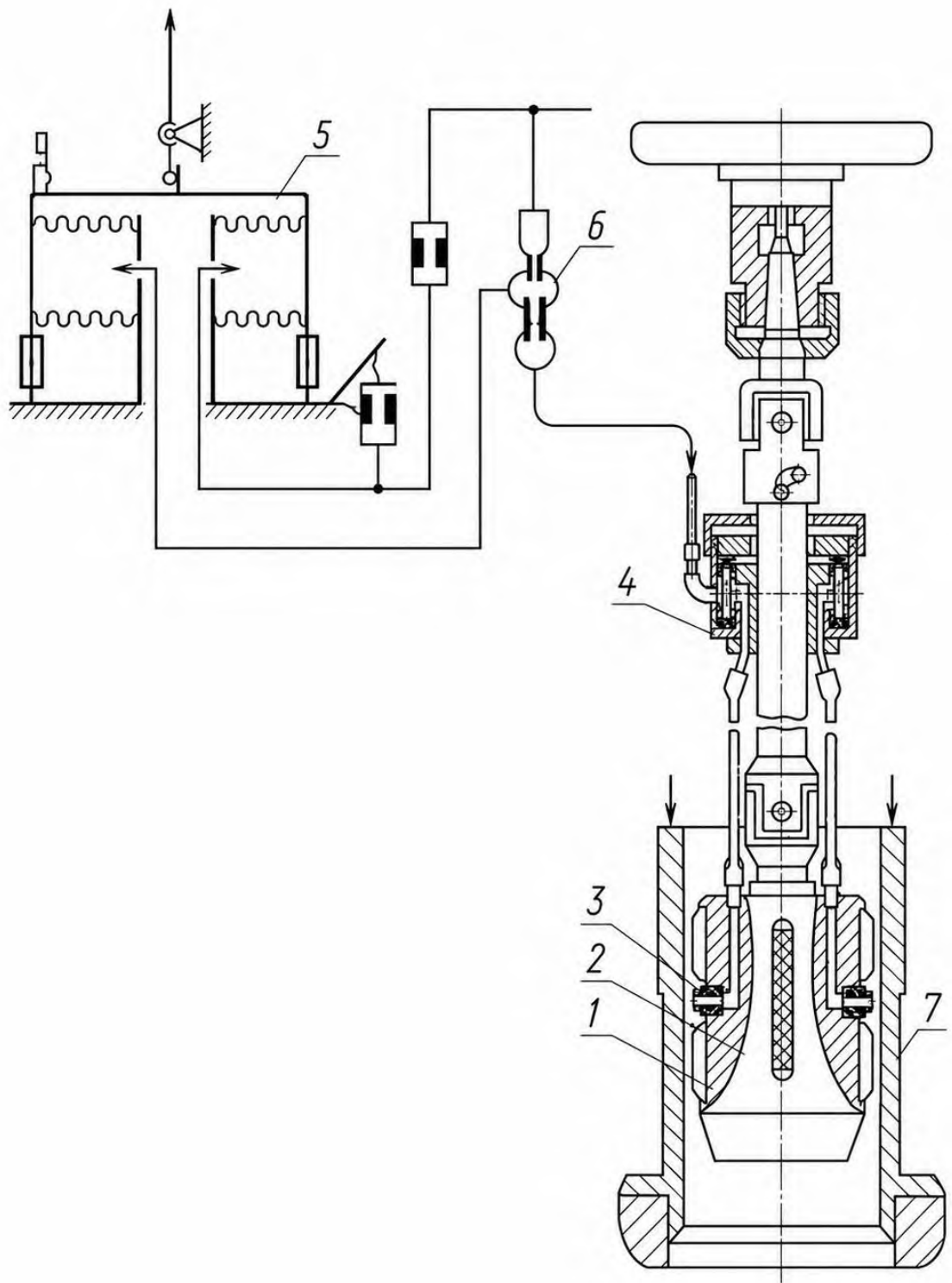


Рисунок 1.1 Принципова схема приладу

Згідно із завданням ми маємо пристрій для контролю отворів в процесі їх хонінгування.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

КБР 086.00.00.000 ПЗ

Арк.

13

Цей безконтактний пневматичний пристрій забезпечує високу точність контролю. На рис. 1.1 показано принципова схема приладу.

Оброблювальна поверхня деталі 7 контролюється двома соплами 3, діаметрально протилежно встроєними в хонінгувальну головку 2. Для зменшення значення при роботі в абразивному середовищі сопла виготовлені із загартованої нержавіючої сталі, а також захищені чотирма пластинками 1 з твердого сплаву.

Ці ж планки являються направляючими і у випадку нерівномірного зношення брусків забезпечують необхідну точність центрування. Для забезпечення можливості більшого зазору між цими пластинками і оброблювальною по верхньою, а також зменшення похибки від перерозподілу зазорів вимірювальні сопла 3 підключені до вихідного каналу ежектора 6 через передачу муфту 4.

Вимірювальна камера цього ежектора, в якій встановлюється тиск 4, який служить мірою контролюємого діаметра деталі, зв'язана з пневматичним сільфонним приладом 5.

Шкала та команди цього приладу використовуються для управління хонінгувальними верстатом.

При прямому методі активного контролю, коли контролюється безпосередньо розмір виготовленої деталі, забезпечується найбільш висока точність роботи верстата, так як усувається вплив силових деформацій на точність обробки та зменшується шкідливий вплив вібрацій.

Використовувані прилади можуть бути виконані з найбільш короткими розмірами ланцюгами. На точність вимірювальних пристроїв, використаних при прямому методі контролю, не впливає значення ріжучого інструменту та теплові деформації верстату.

При контролі по оброблюючому інструменту контролюється не розмір оброблювальної деталі безпосередньо, а положення ріжучої поверхні, наприклад, шліфувального круга по відношенню до бази вимірювання, яка в одному випадку не співпадає з поверхнею виготовленої деталі, яка при прямому методі.

					КБР 086.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		14

1.3 Схема та принцип роботи пристрою

Схема пристрою для активного контролю отворів у процесі хонінгування наведена у презентації бакалаврської роботи. На схемі показано основні елементи пристрою, принцип їх взаємодії та послідовність роботи під час обробки деталей.

Основним робочим інструментом пристрою є хонінгувальна головка, яка була модернізована та пристосована для роботи в умовах автоматизованого контролю.

Конструкція головки розроблена з урахуванням особливостей технологічного процесу хонінгування та забезпечує стабільний контакт абразивних брусків із внутрішньою поверхнею деталі.

Хонінгувальна головка виконує два основні рухи:

- обертальний рух навколо власної осі;
- зворотно-поступальний рух уздовж осі оброблюваного отвору.

У результаті поєднання цих рухів абразивні бруски здійснюють рівномірну обробку внутрішньої поверхні деталі, забезпечуючи необхідну точність розмірів, геометричну форму та задану шорсткість поверхні.

Принцип роботи пристрою полягає у безперервному контролі розмірів отвору безпосередньо під час процесу хонінгування. Деталь встановлюється у пристрої та фіксується за допомогою затискного механізму. Базування деталі здійснюється по торцевій поверхні та зовнішньому діаметру, що забезпечує правильне положення заготовки відносно хонінгувальної головки.

Після встановлення деталі вмикається електропривід головного руху хонінгувального верстата, який приводить у дію хонінгувальну головку. Абразивні бруски притискаються до внутрішньої поверхні отвору з певним зусиллям, яке регулюється механізмом розтискання.

Під час обробки відбувається поступове зняття шару матеріалу з поверхні деталі.

У конструкції пристрою передбачено використання вимірювального

					КБР 086.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		15

механізму активного контролю. Контрольні елементи контактують із поверхнею отвору та реєструють зміну його діаметра в процесі обробки.

Отримана інформація передається на електронний блок керування, де здійснюється аналіз параметрів обробки.

При досягненні необхідного розміру отвору система автоматично формує сигнал про завершення процесу хонінгування. Це дозволяє:

- зменшити вплив людського фактора;
- підвищити точність обробки;
- скоротити час виконання операції;
- уникнути перевищення допустимого розміру отвору;
- підвищити продуктивність роботи верстата.

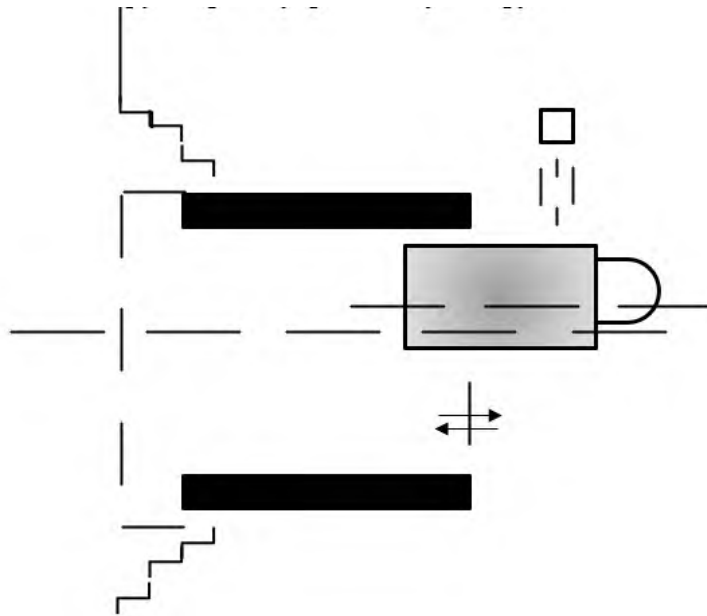
У процесі роботи пристрою контрольні вимірювання виконуються без зупинки обробки, що забезпечує високу ефективність технологічного процесу та стабільну якість готових деталей.

Завдяки застосуванню електронного блоку керування та системи активного контролю забезпечується автоматизація процесу хонінгування, підвищується надійність роботи обладнання та створюються умови для накопичення статистичних даних щодо параметрів обробки деталей.

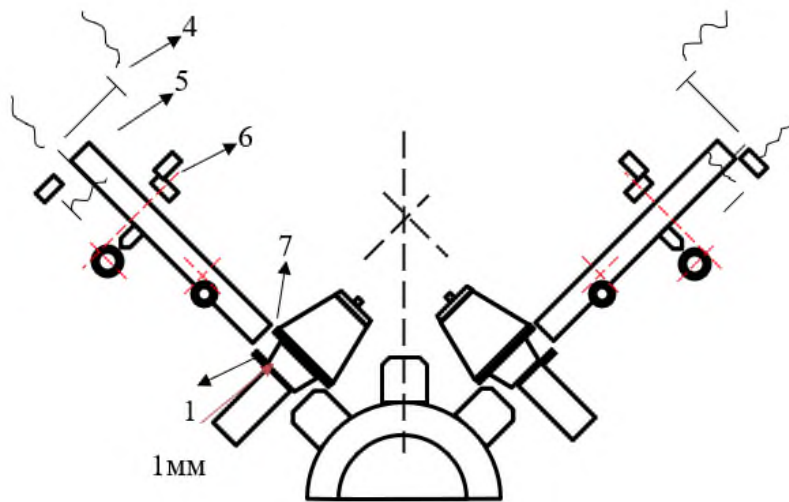
Базою вимірювання являється місце установки приладу. Схеми пристроїв, основних на методі контролю положення ріжучої поверхні інструмента, приведені на рис.1. 2.

На рис.1.2, а дана схема приладу, контролюючого положення ріжучої поверхні шліфувального круга при внутрішньому шліфуванні.

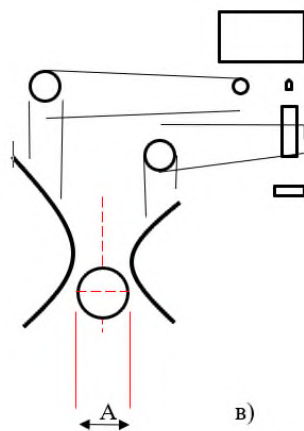
					КБР 086.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		16



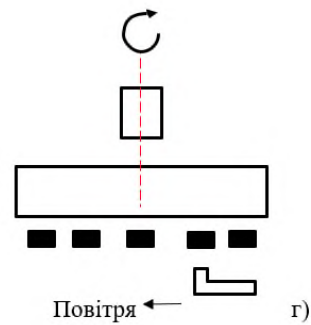
а)



б)



в)



г)

Рисунок 1.2. Схема пристроїв для контролю положення ріжучої поверхні інструмента.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

На рис.1.2 б показана схема приладу, фіксуючого положення ріжучої поверхні шліфувального круга при зубошліфувальні.

Важіль 5 має плоский алмаз 1, який знаходиться на відстані 1 мм від шліфувального круга 7. Через кожні 5 секунд ексцентрик 2 повертається таким чином, що штифт 6 важеля 5 попадає в заглибину ексцентрика 2. При цьому алмаз 1 важеля 5 наближається до круга 7. Якщо круг спрацював, то електричні контакти 3 та 4 замикаються раніше, ніж алмаз торкнеться круга і собачка храпового колеса перемістить шліфувальний круг на 0,001мм. Таке переміщення круга повторюється кожні наступні 5 секунд до тих пір, поки алмаз не торкнеться шліфувального круга раніше, ніж контакт 3 досягне контакт 4.

На рис 1.2.в показана схема приладу, контролюючого відстань 1 між кругами при без центрованому шліфуванні.

Прилад контролю положення ріжучої поверхні шліфувального круга при шліфуванні плоских деталей показаний на рис.1.2.г Положення ріжучої поверхні шліфувального круга фіксується за допомогою пневматичної системи. Шліфувальний круг складається з окремих сегментів.

Розглянемо прилади активного контролю при шліфуванні отворів.

Одним із самих старих та перевірених засобів активного контролю при внутрішньому шліфуванні являється система з жорсткими калібрами, але достатньо широко розповсюджені і пристрої з точковим контактом.

По характеру руху вимірювального наконечника одно контактні активні пристрої можна розділити на пристрої з наконечником, який має прямолінійне та кутове переміщення.

На рис.1.3 показана принципова схема пристрою, призначеного для автоматичного контролю діаметра жолобу кільце кулькового підшипника.

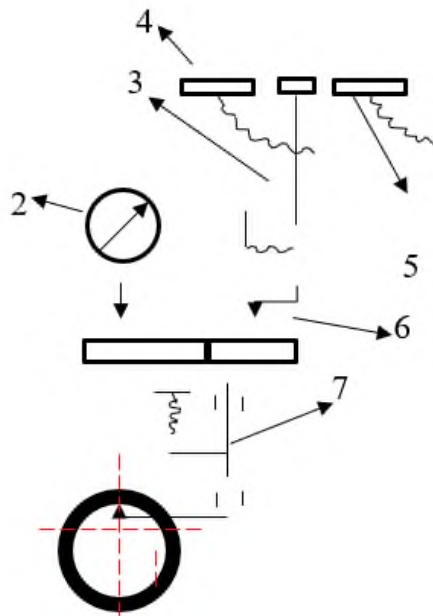


Рисунок 1.3 Контактний пристрій для контролю отворів кільця кулькового підшипника.

На початку обробки вимірювальний шпindel 7 займає нижнє положення, при цьому кутовий контактний важіль 6 (під дією пружини 3) притиснутий до лівого контактного гвинта 4. По мірі збільшення розміру отвору оброблювальної деталі вимірювальний шпindel піднімається в верх та повертає контактний важіль 6 вправо.

В момент закінчення чорнової обробки вимірювальний шпindel піднімається на стільки, що лівий контакт розмикається, завдяки чому відбувається переключення подачі з чорнової на чистову та загорається сигнальна лампочка зеленого кольору по мірі подальшої обробки контактний важіль 6 повертається в право та в момент досягнення детального заданого розміру замикає правий контакт 5, викликаючи цим вимикання подачі та загорається сигнальна лампочка червоного кольору.

Спостереження за вірного робочого пристрою ведеться по індикатору 2. Переміщення шпинделя 7 передається індикатору з допомогою планки 1.

Контроль діаметрів отворів в процесі хонінгування складна технічна задача, так як обертальний хон закриває оброблювальний отвір і не дозволяє

встановити наконечники контрольного пристрою, так як це робиться при внутрішньому шліфуванні.

За кордоном широко застосовується вимірювальний пристрій фірми “Мікроматік” (США). На хонінгувальний отвір встановлюється кільце 2, яке відповідає кінцевому розміру обробки (рис.1. 4) , воно охоплює хонінгувальну головку 1.

Положення кільця вибирається таким чином, щоб хонінгувальні бруски в крайньому верхньому положенні входили в кільце своїми пластмасовими кільцями 3. В процесі хонінгування пластмасові кільця зношуються одночасно з абразивними у частками. Тому товщина бруска буде однаково змінюватися по всій його довжині. По мірі видалення металу зі стінок оброблювального отвору хонінгувальні бруски роз двигаются в радіальному напрямку до тих пір, поки не буде досягнутий кінцевий розмір. При цьому бруски тиснуть на кільце і воно замикає контакт 4. Виключаючи верстат.

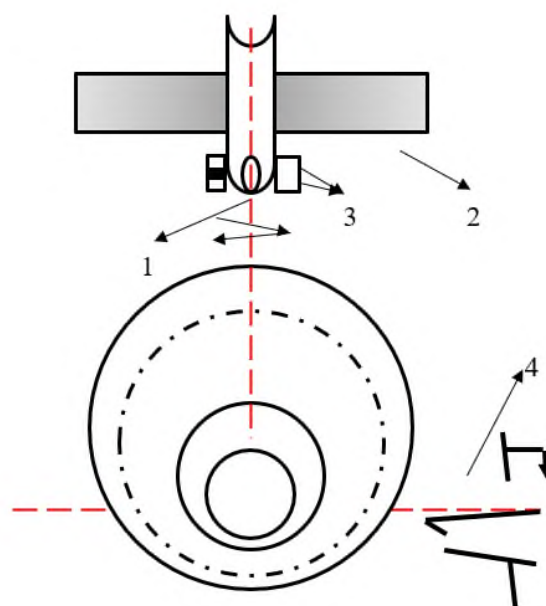


Рисунок 1.4 Схема вимірювального пристрою фірми “Мікроматік”.

Схема пристрою з падаючим калібром показана на рис.1.5.

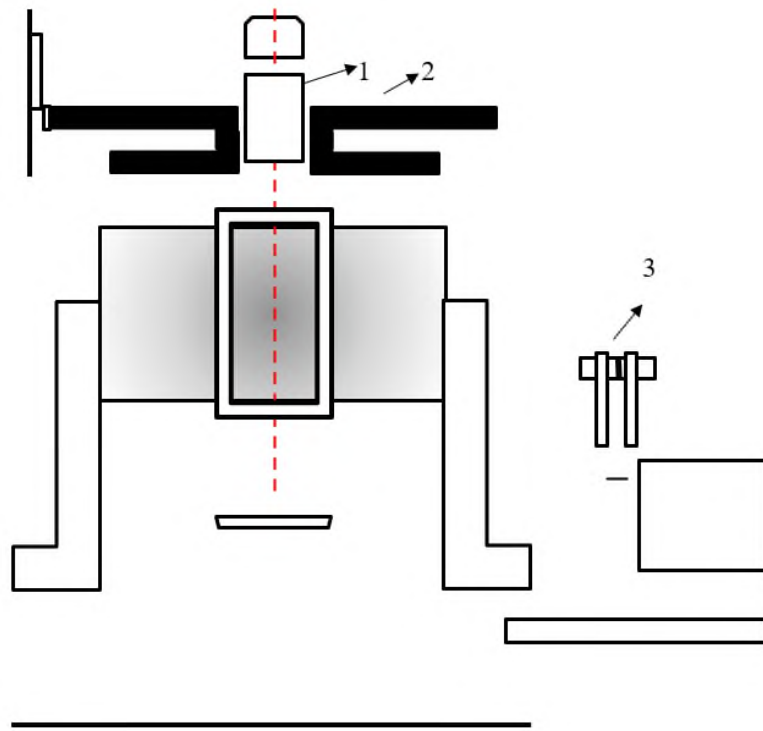


Рисунок 1. 5 Схема вимірювального пристрою зі спадним калібром.

Спадний калібр 2 змонтований з деяким зазором на центральному хвостовику хона 1. Вимірювальні поверхні калібру виконані сферичними, чим досягається надійне центрування калібру в оброблювальному отворі.

Контроль діаметра отвору відбувається при кожному ході хона. При повному западанні калібру в оброблювальний отвір, яке настає при досягненні заданого розміру, замикається пара контактів 3 та подається імпульс на спрацювання виконавчого механізму верстата. Для порівняно малих діаметрів отворів застосовують пристрої з падаючим калібром майже неможливе.

1.4 Вимоги до роботи пристрою

Сконструйований пристрій призначений для активного контролю отворів в процесі їх хонінгування. Пристрій призначений для роботи в цехах машинобудівних та металургійних підприємств з температурою навколишнього середовища від $+10^{\circ}\text{C}$ до $+35^{\circ}\text{C}$ і відносною вологістю 50...80%. Діапазон контрольованих діаметрів складає 76...80Н6, довжина $L=100...150\text{мм}$.

					КБР 086.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Для досягнення максимальної точності обробки та контролю необхідно, щоб поверхня оброблювальної деталі (отвору) була \parallel напрямку руху хонінгувальної головки.

На пристрої не рекомендується проводити обробку та контролю виробів:

-неоднорідних по структурі;

-крихких, що мають на поверхні раковини, сліди грубої обробки інші дефекти;

-пружинних або тих, які деформуються під час роботи хонінгувальної головки.

					КБР 086.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		22

2 Конструкторсько-технологічна частина

2.1 Схема та принцип роботи пристрою

Схема пристрою для активного контролю отворів в процесі їх хонінгування проведена в графічній частині роботи.

Насамперед необхідно скласти, що робочий інструмент хонінгувальна головка, вибрана нами вдосконалена.

Головка хонінгувальна має рухи: зворотно-поступальний вздовж осі деталі та обертальний з абразивними брусками. Від верстату ще є радіальний рух подачі абразивних брусів та планок до поверхні деталі.

Принцип роботи пристрою полягає в наступному.

Деталь зовнішньою поверхнею та нижнім торцем установлюється в двох призмах та на столику. Зверху деталь затискається двома важелями під кутами 45° з допомогою двох ексцентрикових затискачів.

Включається електродвигун головного руху хонінгувального верстата та приводиться в рух хонінгувальна головка. В процесі змішання припуску $2=15\text{мкм}$ шліфувальні бруски та направляючі планки рухаються до поверхні внутрішнього діаметру, а вимірювальні сопла залишаються нерухомі, тому при різанні зазор між соплами та поверхнею деталі збільшується.

Отже, відповідно і змінюється тиск повітря на деталь, що реєструється диференціальним датчиком тиску.

2.2 Вибір обладнання

Приймаємо хонінгувальний верстат моделі 3М83.

Призначення верстату - обробка циліндричних отворів за допомогою хонінгувальних головок-хонів.

Технічна характеристика:

Найбільший діаметр хонінгування, мм

140

					КБР 086.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		23

Найменший діаметр хонінгування, мм	60
Найбільший хід шпинделя, мм	450
Виліт шпинделя, мм	350

Шпиндель отримує обертання від електродвигуна ($p=8,2\text{кВт}$, $n=1440$ об/хв) через муфту зубчату передачу з потрійним блоком, пара змінних шестерні 48/24 або 24/48 та передачу 25/55. Число швидкостей $k=3*2=6$.

Мінімальне число обертів шпинделя

$$N_{min} = 1440 \frac{22 * 24 * 25}{72 * 48 * 55} = \frac{100 \text{ об}}{\text{хв}}$$

Зворотно-прямолінійний рух надається шпиндель від гідравлічного приводу, насоса живлення Н з продуктивністю $Q=48$ л/хв. Насос приводиться окремим електродвигуном ($p=2,3\text{кВт}$, $n=960$ об/хв). Верстат працює по напівавтоматичному циклу.

Гідроапаратура забезпечує повний цикл роботи верстату, який відбувається в наступному порядку.

При включенні гідронасосів 1 та 2 масло від насоса 1 потрапляє до гідропанелі, так як електромагніт золотника 35 відключений, то масло через клапан 36 йде на злив. Від насоса 2 меншої продуктивності масло поступає в нижню порожнину циліндра 9 роз тискання брусків хона. При запуску верстата включається електромагніт золотника 35, електромагніт розподіляє 32 та електромагнітна муфта лічильника подвійних ходів (немає на схемі). Золотник 35 відсікає зрівноважуючу камеру клапана 36 від зливу Т так в системі зростає.

Розподілювач 32 відсікає камеру 21 від зливу. Масло з насосу поступає в камеру 12 гідропанелі з неї масло підводиться до камер 19 та 21 та далі через зворотній клапан 18 поступає під правий торець золотника 17, переміщуючи його в ліве положення. Масло з камери 12 поступає в камеру 14 та далі у верхню порожнину циліндра головного руху. Шпиндельна головка здійснює повільний хід вниз.

З нижньої порожнини циліндра головного руху масло витісняється через клапан 10, камери 13-15-22-23, дросель 17 до золотника 5, але так як

					КБР 086.00.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

електромагніт золотника 6 відключений, то золотником 5 відсікається зливник потік в результаті чого масло буде витіснитися через дросель 3 в бак, що і забезпечує повільний ввід та видалення інструменту.

Як тільки шпindelьна головка досягла свого нижнього положення, кулачок “Вниз”, діючи на поводок 24, перемістить золотник управління 20 вправо. При цьому з камери 12 масло поступає в коло управління до камер 25-26 по трубопроводу під лівий торець золотника 28, який переміщаються зліва-направо, повертає храпове колесо 29 лічильника на один зуб. Упор вихідного положення лічильника звільняє кільцевий вимикач 37. Одночасно масло з кола управління поступає через обернений клапан 27 під лівий торець золотника 17, переміщаючи його вправо. З під правого торця золотника 17 масло витісняється чере дросель 30-31 та потік через розподілювач 32 на злив.

Основний потік масла з камери 12 поступає в камеру 13, по трубопроводу через обернений клапан 10 в нижню порожнину циліндра головного руху.

З верхньої порожнини масло витісняється через камери 14-16-33-34 та дроселі 5-7 на злив. Шпindelьна головка рухається вгору.

Кінцевий вимикач 37 дає команду на включення електромагніту золотника 4 обертання насоса низького тиску 2. Масло поступає у верхню порожнину циліндра роз тиснення брусків хона та одночасно під нижній торець золотника 5, в результаті чого відбувається роз тиснення брусків та переключення швидкості поступального руху шпindelьної головки з повільного виводу на робочий хід.

При досягненні шпindelьного головного заданого числа ходів, пересувний упор натискає на кінцевий вимикач 38, який дає команду на відключення електромагнітної муфти лічильника подвійних ходів та включення електромагніту золотника 6. При цьому тиск в системі роз тиснення брусків падає та починається процес виходжування. Тривалість процесу залежить від простоювання реле часу (пневматичного, не показано), після спрацювання якого відключається електромагніт золотника 6 та 4.

					КБР 086.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		25

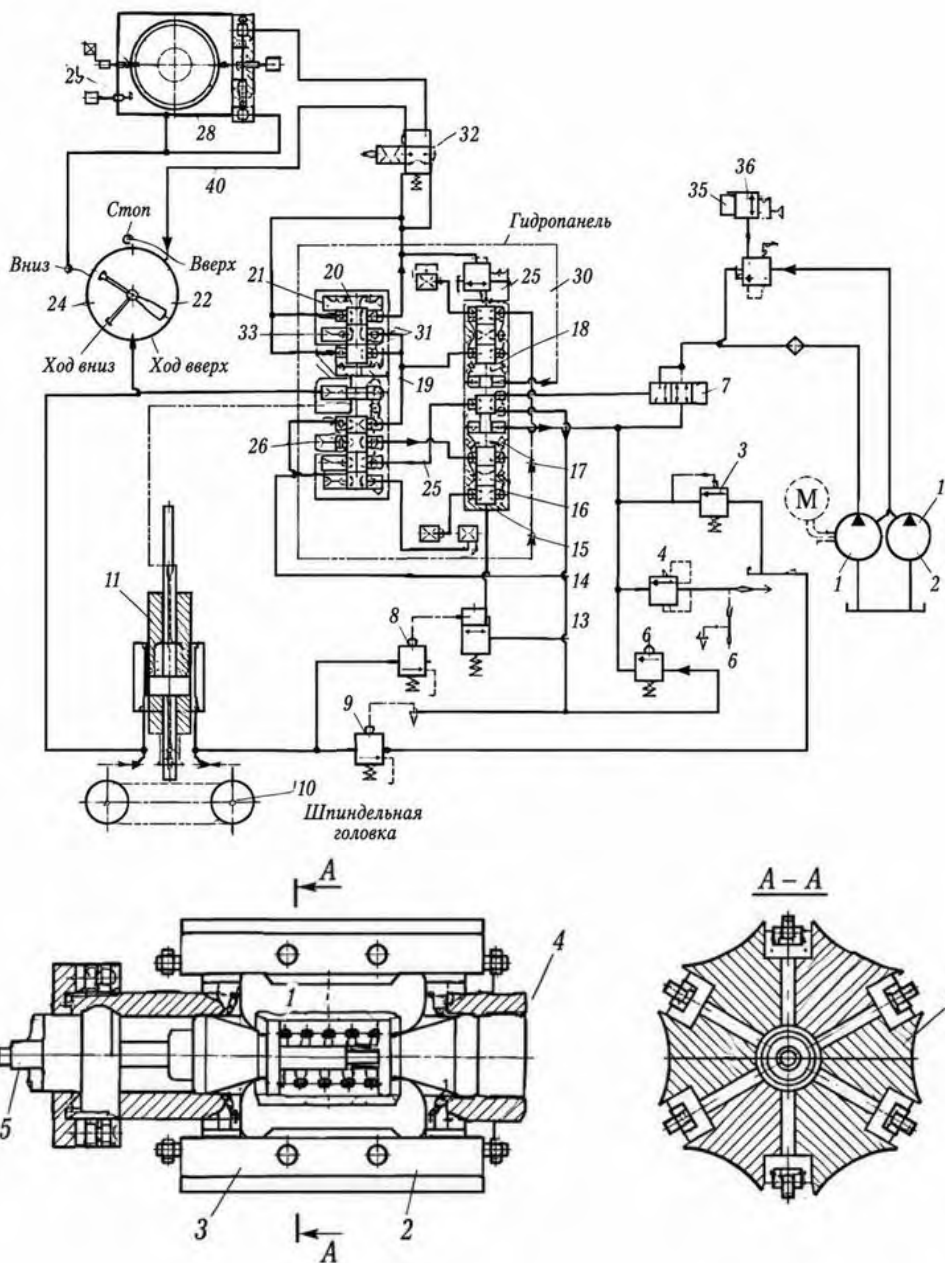


Рисунок 2.1 Гідравлічна схема одношпindelного вертикально-хонігувального верстата

Масло подається в нижню порожнину циліндра роз тиснення брусків, а з верхньої порожнини воно йде на злив відбувається стискування брусків, шпindelна головка рухається на повільному ввдві. Як тільки поршень циліндра роз тиснення брусків досягає верхнього положення, конус 8 натисне на кінцевий вимикач , контроля стиснення брусків. Останній дає команду на включення електромагнітної муфти, яка гальмує обертання шпindelю та відключення магніту розподілювача 32. В цей момент камера 16 золотника 17 приєднується зі зливом через розподілювач

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

32, шпиндельна головка при цьому буде рухатися незалежно від розташування золотника управління 20 до тих пір, поки кулачок “Стоп” не натисне на кінцевий вимикач 40, який в свою чергу, дасть команду на відключення соленоїда золотника 35- відбувається зупинка шпиндельної головки.

Для повторення повного циклу роботи верстату необхідно натиснути кнопку "Пуск".

2.3 Розрахунок режимів різання

Встановлюємо швидкість зворотно-пояснювального руху головки $V_{пр}$ в залежності від довжини коду інструменту, де $E_x=L=2e_v-e_b=120+2*30-90=90$ мм.

Назначаємо швидкість головки з відношення

$$\frac{V_{об}}{V_{пр}} = K$$

K по табл. 41[3] буде рівним для чистового хонінгування 6, тоді

$$V_{об}=K*V_{пр}=6*0,01=0,06 \text{ м/хв.}$$

Де: $V_{пр}$ при $e_x=50$ м100мм рівне 8...12 мм/хв=0,008...0,012 м/хв.

Прийmemo $V_{пр}=0,01$ м/хв. (табл.40[3])

Число обертів головки

$$N_2 = \frac{1000V_{об}}{\pi D} = \frac{1000 * 0,06}{3,14 * 76} = 150 \frac{об}{хв}$$

Пропуск на обробку по табл. 36[3] для необхідної

$R_a=0,32...0,08$ мкм(9-10Кл).

$27=10...15$ мкм.

2.4 Технічний процес хонінгування

Для отримання на деталях поверхонь високого класу чистими в технічних процесах використовують хонінгування, притирку та суперфінішування.

Хонінгування в основному застосовується для обробки циліндричних отворів. Суть цього процесу полягає в тому, що спеціальний інструмент

					КБР 086.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		27

(хонінгувальна головка), оснащений абразивними брусками, здійснює одночасного обертальний та зворотно-поступальний рухи в нерухомій деталі.

Абразивні матеріали – бруски встановлюються в позах бокової поверхні головки (рис.3.2.) та отримують автоматичне радіальне переміщення з допомогою двох конусів 2 та 5, насаджених на стержні 3 з різного. Стержень 3 після кожного подвійного ходу інструмента повертається та зближає конусом 2 та 5, які через пальці 1 розсувають абразивні бруски 4. Завдяки використанню брусків тонкої зернистості та складному характеру їх руху відносно оброблювальної поверхні хонінгувати дає можливість отримувати не тільки високий клас чистоти поверхні (9-10), але й виправляти невеликі неточності форми отворів (конусоподібне, овальність та інші). При хонінгування охолоджуючі рідини – керосин або водо-мильні розчини.

2.5 Схеми хонінгування

В основі побудови технологічної накладки лежить необхідність збереження в процесі хонінгування положення осе-оброблювального отвору деталі після попередньої операції обробки, це умова визначає спосіб кріплення інструмента та деталі.

На рисунку 2.2 . показані 5 схем кріплення. Схема на рис.2.2 а з жорстким кріпленням головки та плаваючим кріпленням деталі в пристосовані знання спрацює конструкцію головки та не потребує точною центрування обробленої деталі по осі шпинделя верстата. Конструкція затяжного пристосування також спрацюється так як деталь не затискається, а лише обмежується від прокручування. Цей спосіб добрий для деталей, в яких нижня та верхня опорні площини роз'єднані між собою та перпендикулярні осі оброблювального отвору.

					КБР 086.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		28

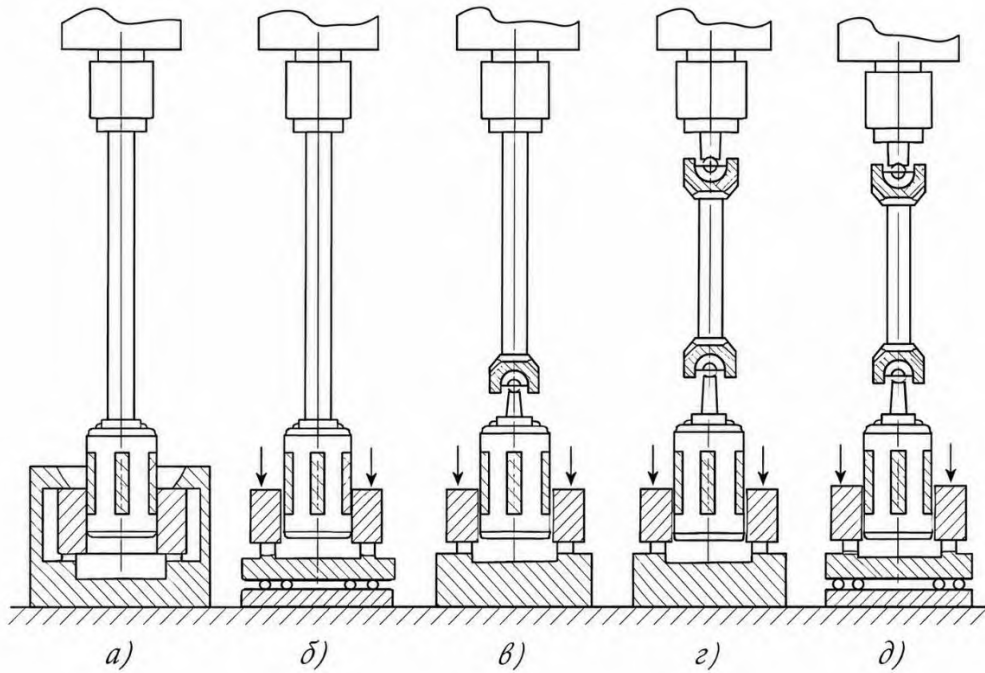


Рисунок 2.2 Схема установки та закріплення деталі та інструмента при хонінгуванні

Спосіб рис.2.2.б жорстке кріплення головки та оброблювальних деталей плаваючому пристосовані (обробка мілких та середнього розміру деталей, які мають одну опору базову площину, перпендикулярну осі отвору. При обробці тяжких корпусних деталей або деталей з отворами малого діаметра та великої глибини при $e/d > 2,5$ застосовуються шарніри кріплення головки на шпинделі верстати жорстке кріплення оброблювальної деталі. При зміщенні $0,03 \dots 0,05$ мм застосовуються схему на рис.2.2.в. При зміщенні $> 0,05$ мм необхідно застосовуються двох-шарнірне кріплення головки та жорстке кріплення деталі, рис.2.2.г. Тому при обробці довгих та точних отворів (гільзи, циліндри блоків) крім двох шарнірного кріплення головки вводиться “плаваюче” кріплення деталі або ріжучих брусків рис.2.2.д.

Робочий цикл.

Конструкція верстата та спеціальний патрон повинні забезпечити цикл хонінгування по такій програмі:

									Арк.
									29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат					

-швидке висування брусів до дотикання з поверхнею отвору після введення інструменту в отвір;

-подача брусів з малим тиском $T(2...4 \text{ кг/ам}^2)$ для знімання шорсткості поверхні на протезі 2...3 секунди;

-подача з більшим тиском ($12...15 \text{ кг/см}^2$) для знімання решти припуска по гладкій поверхні;

-швидке відведення брусків перед виводом інструменту з отвору.

Характеристика ріжучих брусків.

При обробці твердих сплавів, хонінгування в автоматичному циклі з застосуванням активного контролю застосовують алмазний інструмент.

Вибір зернистості.

При кількості операцій – 2 та похибки геометричної форми $12...15 \text{ мкм}$, жорсткості $R_a=0,32...0,008 \text{ мкм}$ (9...10) класи для обробки загартованої сталі рекомендується зернистість 63С(М40-М28)к(табл.37[3]).

Характеристика брусків в залежності від пропуску по табл.38[5]. При $2e=10...25 \text{ мкм}$ матеріал зерна – 63С, зернистість М40-4, твердість СМ1-С1, зв'язки – Б, К, матеріал зерна – 44Ф, твердість – Т, зв'язка – В.

Число ріжучих брусків в головці вибирають максимальним. Найбільш ефективно виправляє похибки геометричної форми головка з парним числом (8, 6, 4, 2) діаметрально розташованих брусків по колу.

В цьому випадку шток радіальної подачі брусків розгружається від односторонньої дії радіальних сил, відтискаючи головку.

Довжину брусків вибирають в залежності від довжини оброблювального отвору.

Кращі результати домагаються при

$$E_b=0,5...0,75L$$

Довжина виходу брусків приблизно

$$U_b=1/3U_b$$

Типові форми алмазних брусків зображені на рис.2.3.

										Арк.
										30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат						

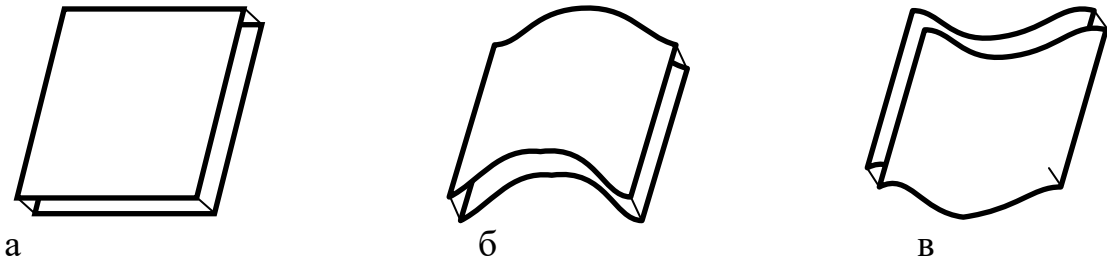


Рисунок 2.3 - Типові форми алмазних брусків

Визначаємо потужність хонінгування:

$$N_{\text{різ}} = 0,98 (V_{\text{об}} \cdot b_{\text{в}} \cdot b_{\text{е}} \cdot d_{\text{в}} \cdot x)^{0,7} \cdot R_1 \cdot R_2,$$

де: $b_{\text{в}}$ – повздовжня подача, мм/об

$b_{\text{е}} d_{\text{в}} x$ – неперервна подача мм/дв.хід

Маємо $t = 0,004$ мм/дв.хід; $St = 2 \cdot t = 0,008$ мм.

$R_1 = 1$, так як твердість брусків – Т,

$R_2 = 1,12$, так як діаметр отвору деталі

$$d_{\text{г}} = 76 \text{ мм.}$$

$$d \cdot e_{\text{др}} = 0,3 \cdot 90 = \frac{27 \text{ мм}}{\text{об}}$$

$$d_{\text{в}} =$$

Маємо

$$N_{\text{різ}} = 0,98 (0,06 \cdot 10^3 \cdot 27 \cdot 0,008)^{0,7} \cdot 1 \cdot 1,12 = 4,2 \text{ кВт}$$

Повздовжня сила різання (осьова).

$$F_{\text{різ}} = \frac{T_{\text{р}} \cdot 2}{d_{\text{г}}}, \text{ де}$$

$T_{\text{р}}$ - момент різання, знайдемо з формули

$$N_{\text{різ}} = \frac{T_{\text{р}} \cdot n^2}{975} \quad [4], \text{ с.111}$$

$$F_{\text{різ}} = \frac{273 \cdot 2}{0,076} = 7184 \cdot 4 \approx 718 \text{ кг}$$

По знайдений силі хонінгування будемо розраховувати механізми базування деталі та затискача.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

2.6 Силовий розрахунок

Розрахунок гвинтів та розтяг.

Розрахуємо гвинти на розтяг, з'єднують напрямні планки з обоймою. Вони при ході хонінгувальної головки вверх працюють на розтяг. Кількість гвинтів-6.

Основна сила: $Q = F_{різ} = 9180\text{Н}$

Визначаємо основу затягуючу силу P , яка приходить на один гвинт

$$P = Q/2 = 9180/6 = 1530\text{Н.}$$

Визначаємо основу затягуючу силу P_0 , приймаючи коефіцієнт затяжки гвинта:

$$k = 1,3. \quad Z_0 = k * p = 1,3 * 1530 = 1990\text{Н.}$$

Прийmemo для сталі Ст.3 межу текучості $b_n = 220\text{МПа}$.

Приймаючи для гвинтів коефіцієнт залишку міцності $[n] = 3$, визначимо допустимі напруження на розтяг

$$[\sigma_p] = \frac{\sigma_T}{[n]} = \frac{220}{3} = 73,3\text{МПа}$$

Визначимо необхідний внутрішній діаметр різі гвинта:

$$d_1 = 1,3 \sqrt{\frac{P_0}{[\sigma_p]}} = \sqrt{\frac{1990}{73,3}} = 5,78\text{мм}$$

Для гвинтів приймаємо різь М8.

2.7 Розрахунок ексцентрикового затискачу

Викреслюємо схему затискача.

					КБР 086.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		32

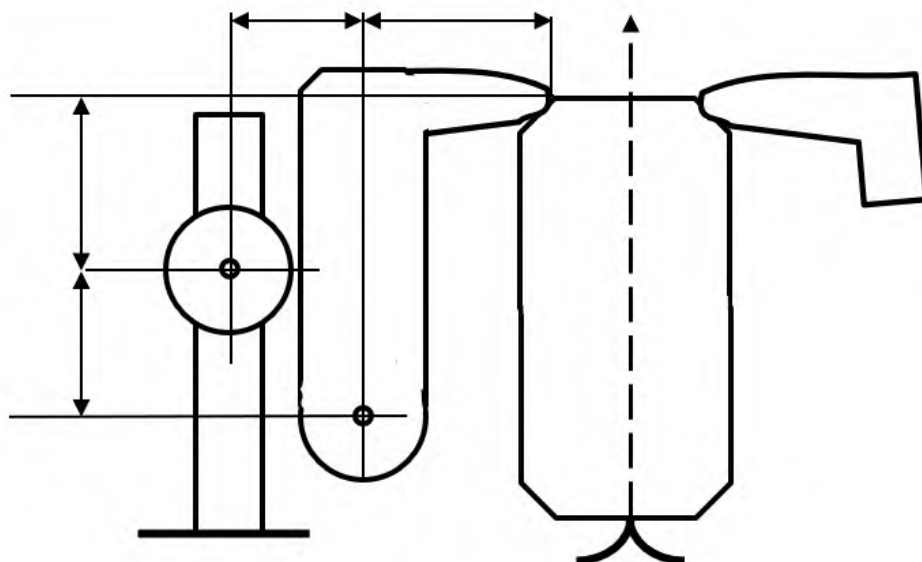


Рисунок 2.4 - Схема сил ексцентрикового захисту

Проектуючи на вісь у сили, визначимо $P_{зах}$.

$$2P_{зах} \cdot \sin 45^\circ = F_{різ}, \text{ звідки}$$

$$P_{зах} = \frac{F_{різ}}{2 \cdot 0,707} = \frac{9180}{1,414} = 6490H$$

Розглянемо окремо один важіль та визначимо силу P_0 на важіль від ексцентрика.

$$P_0 \cdot a - P_{зах} \cdot \sin d \cdot d = u \text{ звідки}$$

$$P_0 = \frac{P_{зах} \cdot \sin d \cdot d}{u} = \frac{6490 \cdot 0,707 \cdot 15}{30} = 2294H$$

2.8 Розрахунок ежекторного сопла

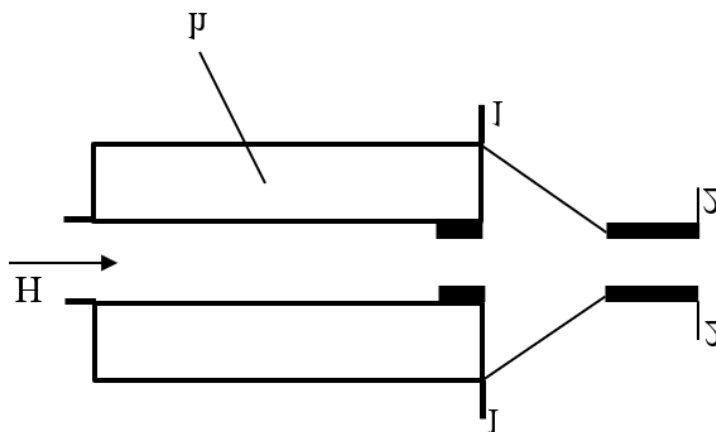


Рисунок 2.5 - Схема ежекторного сопла

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

Розрахунок пневмосистеми ведемо на основі рівняння зберігання кількості руху між січенням 1-1 та 2-2;

$$G_1 W_1 - (G_1 + G_2) \cdot W_2 = f_2 (P_a - P_u) + \Delta R - P_r,$$

Де: $P_u = h + P_a$ – абсолютний вимірювальний тиск.

З даного рівняння знайдемо значення вимірювального тиску

$$h = \frac{2H \left(\frac{f_2}{f_1} - \varepsilon \right)}{2 \left(\frac{f_2}{f_1} - \varepsilon \right) - \frac{f_2}{f_1}}$$

де: H робочий тиск, $\rho = 4 \text{ кг/см}^2$

$$\varepsilon = \frac{P_1}{P_2} = 0,5$$

f_2 та f_1 - площа витікання з вимірювального та вхідного сопла.

$$f_2 = \pi d^2 Z = 3,14 \cdot 2 \cdot 1 \approx 6,3 \text{ мм}^2$$

$$f_1 = \pi \frac{d_1^2}{4} = 3,14 \cdot \frac{1^2}{4} = 0,8 \text{ мм}^2$$

Після підстановки даних будемо мати:

$$h = \frac{2 \cdot 4 \left(\frac{6,3}{0,8} - 0,5 \right)}{2 \left(\frac{6,3}{0,8} - 0,5 \right) - \frac{6,3}{0,8}} = \frac{2 \cdot 4 \cdot 7,4}{2 \cdot 7,4 - 7,8} = \frac{8,45 \text{ кг}}{\text{см}^2}$$

2.9 Розрахунок пневмоциліндра зажиму деталі

З попередніх розрахунків маємо силу хонінгування $F_{piz} = 718 \text{ кгс} \approx 7180 \text{ Н}$. Викреслимо схему установки деталі при хонінгуванні та покажемо діючі на деталь сили.

Визначаємо силу зажиму:

$$2 P_{заж.} = F_{piz}$$

тоді: $P_{зас.} = \frac{F_{min}}{2} = \frac{84180}{2} = 3590 \text{ Н}$

Для гарантованого зажиму деталі необхідно мати силу зажиму

$$P_{зас.} = K_0 \cdot P_{зас.} = 1,5 \cdot 3590 = 5385 \text{ Н},$$

									Арк.
									34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат					

де: $K_0 = 1,5$ – гарантований коефіцієнт запасу.

Всі інші коефіцієнти для даної деталі та для даних умов роботи рівні 1.

Візьмемо суму моментів відносно точки O (ΣM_O), $Q \cdot b - P_{зж} \cdot a = 0$, звідки

$$Q = \frac{P_{зж} \cdot a}{b} = \frac{5385 \cdot 15}{30} = 2692 \text{ Н, де: } Q - \text{зусилля на штоці пневмоциліндра.}$$

Дане зусилля буде рівне: $Q = \frac{\pi \cdot D_n^2}{4} \cdot p \cdot \eta$. де: D_n — діаметр поршня

пневмоциліндра; p — тиск повітря в пневмоциліндрі, маємо $p = 4$ кгс/см η —

ККД пневмоциліндра, для пневмоциліндра односторонньої дії $\eta = 0,85$.

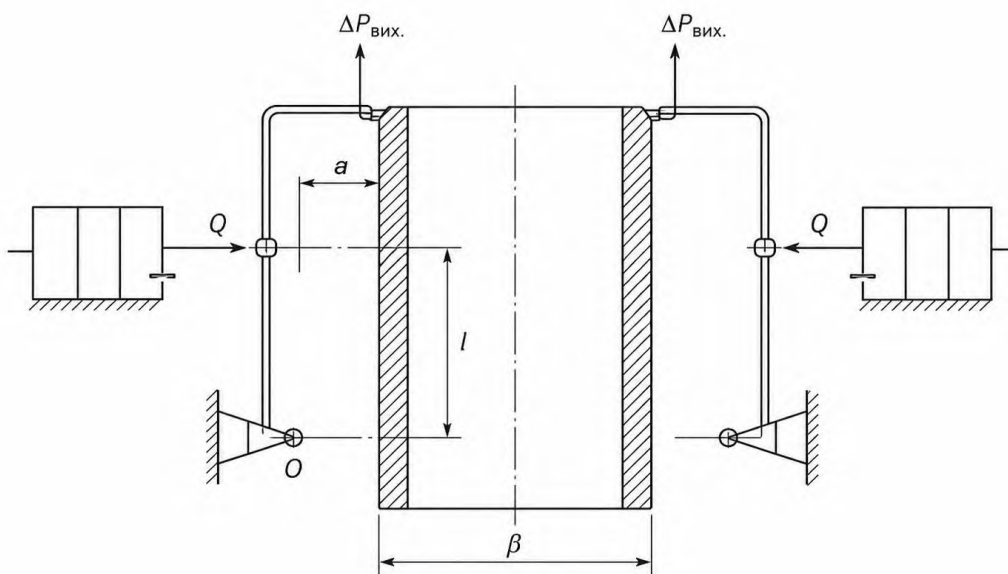


Рисунок 2.6 - Схема дії сил при хонінгуванні.

З останньої формули визначаємо діаметр поршня пневмоциліндра.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta}} \text{ при } p = 4 \text{ кгс/см}^2, \eta = 0,85 \quad D_n = 0,72 \sqrt{Q} = 0,72 \sqrt{2692} = 9,86 \text{ мм} = 98,6 \text{ мм}$$

Приймаємо найближчий більший стандартний діаметр. $D_n = 100$ мм.

2.10 Захватні пристрої промислових роботів

Промисловий робот - автоматичний переналагоджувачий маніпулятор з програмним управлінням.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

В наш час промислові роботи в промисловості замінюють людину на ділянках з небезпечними, шкідливими для здоров'я або монотонним умовами праці.

Відмінною особливістю промислових робіт є їх здатність до переналадки, в наслідок чого їх можна ефективно застосувати в умовах часті зміни об'єктів виробництва.

По характеру виконуваних операцій всі промислові роботи підрозділяються на дві групи, які мають різні технологічні ознаки:

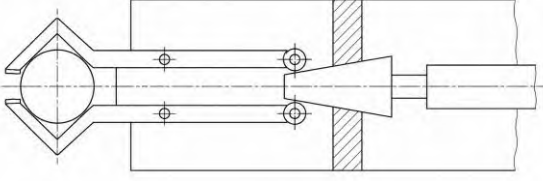
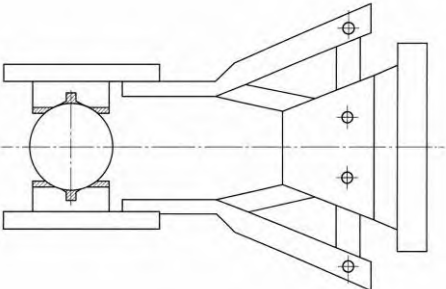
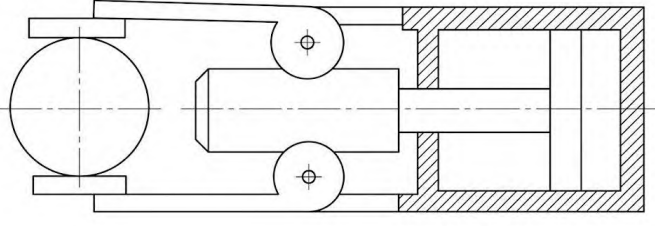
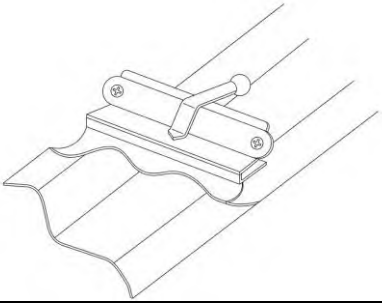
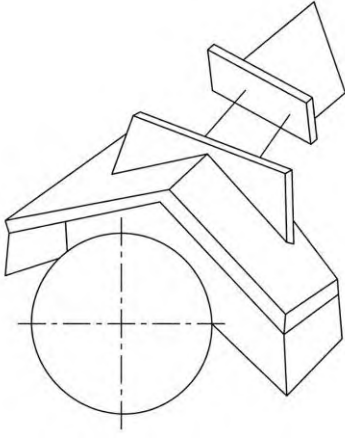
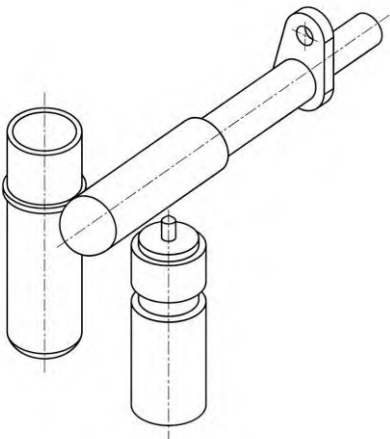
1. виробничі, які беруть безпосередньо участь в технологічному процесі в якості виробничих або оброблюючих машин, виконуючих основні технологічні операції (гнуття, зварювання, фарбування, складання і т.д.);
2. підйимально-транспортні, виконуючі дії типу "взяти - покласти" та призначені для обслуговування основного технологічного обладнання при установці - зніманні заготовок, розвантажуванні транспортерів, а також транспортно-складських операціях.

По ступені спеціалізації промислові роботи підрозділяють на чотири групи:

1. спеціальні, виконуючі певну технологічну операцію або обслуговуючі конкретну модель основного технологічного обладнання;
2. спеціалізовані, виконуючі технологічні операції одного виду (зварювання, фарбування, складання і т.д.) або обслуговуючі певний набір моделей обладнання;
3. цільові, виконуючі декілька видів технологічних операцій або обслуговуючі широку номенклатуру моделей обладнання;
4. універсальні, призначені для виконання різних основних технологічних операцій, а також для обслуговування обладнання різного технологічного призначення.

					КБР 086.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		36

Таблиця 2.1 - Конструкції різних захватних пристроїв

	
<p>а. кліщові клинові</p>	<p>б. кліщові важельні</p>
	
<p>в. кліщові важельні</p>	<p>г. вакуумні</p>
	
<p>д. магнітні</p>	<p>д. з еластичними камерами</p>

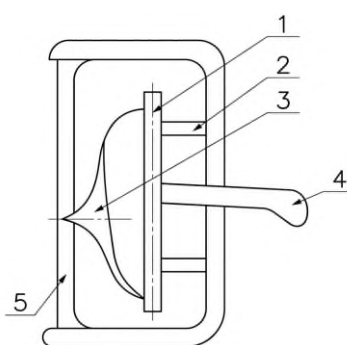
Захватні пристрої промислових роботів служать для захвату та утримання об'єктів, переміщуваних рукою робота. Ці об'єкти можуть мати різні розміри, форму та масу, тому захвати відносяться до числа змінних елементів промислових роботів.

Як правило промислові роботи комплектують набором типових (для даної моделі) захватних пристроїв, які можна міняти в залежності від вимог конкретного робочого завдання.

Датчики даного виду призначені для контролю за станом об'єкта маніпулювання та обслуговуючого обладнання.

Контактні датчики застосовують для знаходження об'єкту, встановлення наявності дотикання з ним, визначення розмірів об'єкту, контролю величини тиску на об'єкт, встановлення готовності основного технологічного обладнання до обслуговування роботом, а також для забезпечення безпеки робота, їх перевага - відсутність безпосереднього контакту з об'єктом, внаслідок чого на них не впливають сили..

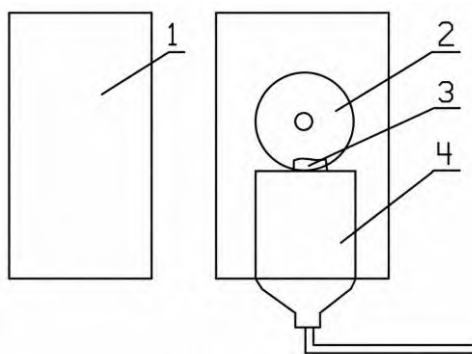
Приводимо дані типи датчиків для встановлення розмірів об'єкту:



1. Кристал ситетової сталі; 2. Гумовий демпфер; 3. Спиральний наконечник; 4. Вихід; 5. Металічний корпус.

Рисунок 2.7 - П'єзодатчик просковзування

Реагує на зміщенні мікронерівностей поверхні деталі при її просковзуванні між „пальцями" захватного пристрою. Сигнал проскользування управляє приводом руху пальців. Гумовий демпфер зменшує коливання.



1. пальці; 2. гумовий ролик; 3. магніт; 4. магнітна головка.

Рисунок 2.8 - Датчик з магнітним перетворювачем

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

Зусилля утримання заготовки визначається за формулою:

$$F = \frac{m(g+a)}{2f} = \frac{5(9,81+5)}{2 \cdot 0,15} \approx 250\text{Н}, \text{ де: } f - \text{ коефіцієнт тертя між поверхнями}$$

призми захвату та деталі (на призмі $n=2$ поверхи тертя).

Визначаємо зусилля пневмоприводу

$$p = F \cdot i ,$$

$$\text{де } i \approx \frac{2 \cdot l \cdot \cos \beta}{R}$$

i - передаточне число від призми до пневмоциліндра

З конструктивних міркувань прийємо довжину важеля $l = 150$ мм.

Кут β визначимо, виходячи з максимального переміщення:

$$S = \frac{D}{2} + \Delta = \frac{82}{2} + 20 = 61 \text{ мм}$$

де: D - діаметр деталі в місті захвату;

Δ - додатковий хід для виходу призми від поверхні заготовки.

$$\sin \beta = \frac{S}{l} = \frac{61}{150} = 0,4067 \Rightarrow \beta = 24^\circ$$

Радіус зубчастого сектора визначаємо з розрахунку зубчасто – рейкової передачі на згин:

$$m = 14 \sqrt[3]{\frac{Y_E \cdot K_{E\beta} \cdot F}{z^2 \cdot \psi_{bd} \cdot K_{FP}}} = 14 \sqrt[3]{\frac{4,26 \cdot 1,08 \cdot 250 \cdot 0,15}{17^2 \cdot 0,6 \cdot 320}} = 1,89 \text{ мм}$$

де: $z = z_{\min} = 17$ - мінімальне число зубів для некоризованого колеса;

$\psi_a = 4,26$ - коефіцієнт форми зуба;

$\psi_{b2} = b/z = 0,6$ - коефіцієнт ширити вінця;

$K_{E\beta} = 1,08$ - коефіцієнт , який враховує розподіл навантаження по ширині вінця;

$\delta_{бр} = 320$ МПа - допустиме напруження при розрахунку зубів на міцність гнутья (прийємо матеріал зубчастої пари - сталь 40ХН , термообробка – поверхневе гартування СВЧ, $K_{FL} = 1$), тоді прийємо $m = 2$ мм.

$$R = \frac{mZ}{2} = \frac{2}{2} \cdot 17 = 17 \text{ мм}$$

					КБР 086.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$P = \frac{2Fl \cos \beta}{R} = \frac{2 \cdot 250 \cdot 150 \cdot 0,914}{17} = 4140 \text{ Н}$$

Площа поршня гідроциліндра (тиск масла $P=12,5$ МПа) з формули:

$$P = \frac{\pi d^2}{4} \cdot p \cdot \eta \quad \text{де: } \eta - \text{ККД гідроциліндра, } 0,95.$$

$$d = \sqrt{\frac{4P}{\pi p \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4170}{3,14 \cdot 12,5 \cdot 0,95}} = 21 \text{ мм} \quad \text{приймаємо } d=50$$

Ширину зубок визначаємо по контактним напруженням

$$b = 0,418 \sqrt{\frac{F \cdot E \cdot 2}{d \cdot [\sigma]_n^2}}$$

де: $[\sigma]_n = 650$ МПа допустиме контактне напруження для матеріалу губок - сталі 40Х, термообробки - покращення). $E = 2,10^5$ МПа - модуль пружності матеріалу; Коефіцієнт $K \leq 1$ тоді

$$b = 0,418 \sqrt{\frac{250 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 2}{82 \cdot 650^2}} = 3,7 \text{ мм},$$

Прийемо конструктивно $b = 10$ мм.

Небезпечним сиченням h зубок буде сичення, яке прилягає до зубчастого сектора, що працює на згин:

$$h = \sqrt{\frac{12F(l-R)}{b[\sigma]_v}}$$

де: $b[\sigma]_v = 250$ МПа - допустиме напруження на згин, тоді

$$h = \sqrt{\frac{12 \cdot 250(150-17)^2}{10 \cdot 250}} = 7,24 \text{ мм}$$

Приймаємо товщину вортсель захвату $h = 10$ мм. З конструктивних міркувань приймаємо віддаль між шарнірами $C = 60$ мм.

$$\text{Зусилля, діюче на шарніри: } F_{sh} = \frac{F \cdot l}{C} = \frac{250 \cdot 150}{60} = 640 \text{ Н}$$

Діаметр шарнірів вибираємо, виходячи з розрахунку на зріз - допустиме напруження зрізу для матеріалу шарніру - сталі 45).

$$d_{sh} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{sh}}{\pi [\tau]_{zr}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 640}{3,14 \cdot 120}} = 3,28 \text{ мм}$$

									Арк.
									41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат					

Конструктивно приймаємо $d_m = 6$ мм.

Перевіряємо шарніри на зминання: $[\sigma_{зм}] = 80$ МПа - для сталі 45.

$$\sigma_{зм} = \frac{2F_t}{\pi d_{ш} \cdot b} = \frac{2 \cdot 640}{3,14 \cdot 6 \cdot 10} = 16,8 \text{ МПа} < 80 \text{ МПа} .$$

Для даного рейкового - зубчастого захвату будемо мати слідуєчі конструктивні розміри: $d_{ш} = 6$ мм = 6 мм - діаметр шариків; $l \times b \times h = 150 \times 10 \times 10$ - розміри важеля; $d = 50$ мм - діаметр гідроциліндра.

2.12 Визначення похибки пристрою

Основні характеристики точності: похибка переміщення, мертвий хід та похибка швидкості веденої ланки.

Похибка переміщення – це різниця між дійсним та розрахунковим значенням переміщення веденої ланки.

Мертвий хід – відставання веденої ланки, викликане при реверсі. Похибка швидкості – відхилення від рівномірності руху веденої ланки. Це кінематичні похибки.

Існує два види причин похибок механізмів: припущення – при проектуванні, та первинні.

Похибки припущення приймаються з метою спрощення конструкції. (теоретичні похибки).

Первинні похибки являються похибки розмірів, форми та положення деталей, викликані при виготовленні та роботі механізму.

Похибка установки складається з похибки вимірювання та технологічної частини похибки:

$$\delta_{уст} = \delta_{вим} + \delta_{техн}$$

При нетривалій роботі контрольної системи $\delta_{уст} = \sqrt{\delta_{вим}^2 + \delta_{техн}^2}$

Основними складовими є: похибка спрацювання остаточної команди ; похибка настроювання остаточної команди на заданий розмір; зсув рівне настроювання остаточної команди .

					КБР 086.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Ще є додаткові похибки. Межа похибки, що допускаються:

$$\delta_{техн} = \pm(\delta_{с.и} + \varepsilon\delta_c) + \sqrt{\delta_{ср}^2 + \delta_{п}^2 + \varepsilon\delta^2},$$

де: $E\delta_c$ - сума систематичних складових похибок, що виникають додатково. $\Sigma\delta^2$ - квадратична сума 'випадкових складових похибок, що виникають додатково.

Основні складові похибки установки $\delta_{ср}$, $\delta_{п}$ та $\delta_{с.н}$ нормовані по ДСТУ 8514-70 та ДСТУ 9376-74.

Приймаємо для класу точності установки -2 значення похибок:

$\delta_{ср} = 0,001$ мм = 1 мкм; $\delta_A = \pm 0,001$ мм = ± 1 мкм. $\delta_{с.н} = \pm 0,0015$ мм = $\pm 1,5$ мкм.

Для допуску на отвір $\varnothing 76H6$ це відповідно складає: $\delta_{ср} = 0,14\%$; $\delta_{и} = \pm 0,14\%$; $\delta_{с.н} = \pm 0,21\%$ тоді: $\delta_{техн} = (\pm 0,21 + 0)\sqrt{0,14^2 + (\pm 0,14)^2} = \pm 0,21 \pm 0,19 = \pm 0,4\%$

Похибка вимірювання $\delta_{вим} = 1\%$, тоді похибка

$$\delta_{ум} = \sqrt{1^2 + 0,4^2} = 1,08\% \quad \Delta_{ум} = \frac{1,08 \cdot 15 \text{ мкм}}{100\%} = 0,162 \text{ мкм}$$

					КБР 086.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		43

3 Спеціальна частина

3.1 Технічні вимоги до розроблюваного електронного блоку

Електронний блок розробляється для виконання таких функцій: керування пневмоциліндрами маніпулятора; керування хонінгувальним верстатом; опитування індуктивного датчика сировини; забезпечення обміну інформацією з ПК за допомогою послідовного інтерфейсу RS232; забезпечення виводу на рідкокристалічний індикатор результатів випробувань.

Конструкція електронного блоку повинна забезпечувати вільний доступ до плат та вузлів системи з метою їх заміни або ремонту, зручності в користуванні та обслуговуванні.

Необхідно забезпечити належний температурний режим всередині корпусу приладу. Сумарна складова похибки електронного блоку не повинна перевищувати $\pm 1\%$ для вимірювання діаметру.

Схема блоку повинна забезпечувати відображення вимірювальних параметрів в реальному часі.

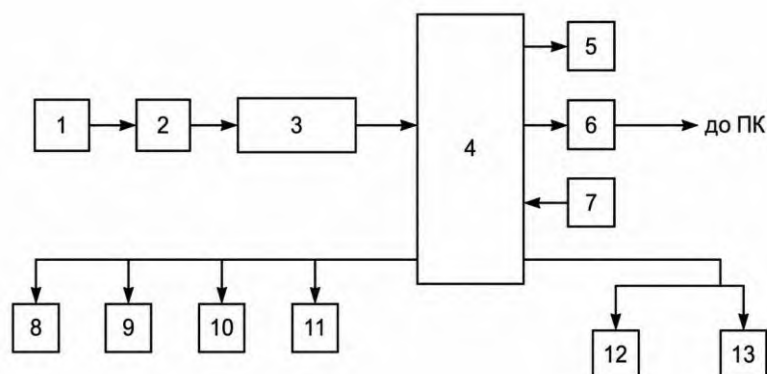
Програмне забезпечення має забезпечити обмін інформацією між ПК та електронним блоком, для керування всіма виконавчими механізмами та вимірювальними вузлами.

Необхідно забезпечити зберігання отриманих даних у вигляді бази даних.

Для забезпечення виконання всіх перерахованих функцій використовуються розроблений електронний блок під керуванням однокристалічної мікро ЕОМ DD1 18F6BSE51

					КБР 086.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		44

3.2 Структурна схема блоку керування



1 - індуктивний датчик; 2 - диференціальний підсилювач на DA1-DA3; 3 - аналогово - цифровий перетворювач DA4; 4 - OMEOM DD1; 5 - рідкокристалічний індикатор DD2; 6 - схема узгодження виходів OMEOM та послідовного інтерфейсу RS232. 7 - генератор тактових імпульсів для OMEOM $f=12\text{МГц}$; 8...13 - ключі керування пневмоциліндрами;

Рисунок-3.1 Структурна схема блоку керування

3.3 Опис принципу роботи електронного блоку

Електронний блок керування роботою стенду працює наступним чином.

За допомогою програмного забезпечення, що зберігається в постійній пам'яті OMEOM 1316 BE51 проводиться опитування індуктивного датчика, керування роботою всіх виконавчих механізмів, обробка результатів випробувань та їх вивіз на індикацію. Крім цього, інформація передається по послідовному інтерфейсу на ПК. Електронний блок може працювати як в автоматичному режимі, такі в напівавтоматичному, виконуючи команди, що посилаються з ПК.

Внаслідок деформування гофрів амморона при нерівності тисків сопел на виході індуктивного датчика виникає індукція розбалансу, пропорційна відхиленню діаметру від номіналу. Цей сигнал із опору навантаження R3

поступає на вхід підсилювача, зібраного на операційних підсилювачах ДА1...ДА3.

Підсилювач забезпечує максимально допустимий рівень сигналу, що дозволяє досягнути найкращої чутливості аналогово-цифрового перетворювача АЦП 1113 ПВ1 забезпечує перетворення вхідного аналогово сигналу 0...10В в паралельний цифровий 10 - розрядний код. З виходу АЦП цифровий сигнал передається через порт P3 в пам'ять ОМЕОМ для обробки. Керування пневмоциліндрами здійснюється ОМЕОМ через порти P2.0...P2.5. Для кожної пристрою використовується транзисторний ключ на р-п-р транзисторах VT4...VT9.

Для передачі необхідної керуючої інформації в ОМЕОМ з ПК використовується послідовний інтерфейс RS232. Це дозволяє отримати зв'язок з електронним блоком та вносити зміни в апаратне забезпечення ПК.

Необхідно лише розробити відповідне програмне забезпечення для обміну інформації.

Для керування роботою блоку керування стендом використовуються три кнопки: Start - запуск автоматичного режиму копіювання; Stop - негайна зупинка роботи механізму; Reset - скид всіх параметрів програми в початкове.

Для виводу інформації використовується символний 16x2 ЖК1 SC1602H (виробник Micro Electronics Corp., США) із вбудованим контролером індикації KS00664, який забезпечує вивід 256 різних знаків, в тому числі кирилиці.

Даний індикатор має світлодіодну підсвітку. Крім того, інформація передається в ПК де відображається у вікні керуючої програми. Для забезпечення роботи електронного блоку використовується блок живлення, що забезпечує подачу на блок напруг $\pm 15\text{В} \pm 5\%$, $\pm 12 \pm 5\%$, $+5\text{В} \pm 5\%$.

3.4 Розрахунок елементів схеми електронного блоку

Вихідні дані для розрахунків:

1. Максимальне переміщення штоків індуктивних датчиків , мкм — 150

					КБР 086.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		46

2. Максимальне вимірювальне переміщення штоків індуктивних датчиків , мкм — 40
3. Похибка вимірювання переміщення , % - +1
4. Складова похибки електронного блоку % - +- 0,5
5. Технічні характеристики індуктивного датчика МЛСТ 2:
6. Вільний хід , мм — 0,5
7. Робочий хід , мм — 0,150
8. Сумарна похибка датчика, % — 0,25

Вибір АЦП. Критерієм вибору АЦП є забезпечення необхідної величини похибки перетворення сигналу в цифрову форму.

Обрахунок ведеться за формулою:

$$N \geq \log_2 (1 / \delta_{EL}),$$

де: N число розрядів АЦП.

Підставивши дані, отримаємо:

$$N \geq \log_2 (1 / 0,005) \geq 7,64$$

Виберемо АЦП 1113ПВ1 з такою характеристикою:

1. Число розрядів — 10
2. Нелінійність , % — $\pm 0,1$
3. Диференційна нелінійність , % — $\pm 0,1$
4. Час перетворення , мкс — 30
5. Діапазон допустимого вхідного сигналу , $U_{вх}^{амп}$ — 0...10
6. Напруги живлення, U_{cc1} : — +5 U_{cc2} — -15

3.5 Розрахунок схеми підключення індуктивного датчика

Чутливість схеми підключення індуктивного датчика, зібраної VT1, VT2, C1...C4, R1, R2, VD1...VD8 становимть на $\xi = 6$ мкА/мкм.

Робочий хід датчика 150 мкм. Отже струм, що протікає через опір навантаження буде змінюватись в межах

					КБР 086.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		47

$$I_{R3}^{max} = L \cdot \xi = 150 \cdot 6 = 900 \text{ мкА}$$

Вибравши опір $R3 = 1 \text{ кОм}$ отримаємо спад напруги на ньому

$$U_{R3}^{max} = I_{R3}^{max} \cdot R3 = 900 \cdot 10^{-6} \cdot 1000 = 0,9 \text{ В.}$$

Отже на вхід підсилювача подається напруга в межах 0.09В

3.6 Розрахунок елементів підсилювача

Принципова схема підсилювача. Коефіцієнт підсилення підсилювача по напрузі розраховується за формулою

$$K_u = \frac{U_{ex}^{ашп}}{U_{R3}^{max}} = \frac{10}{0,9} = 11,1,$$

де $U_{ex}^{ашп}$ — максимальний вхідний сигнал для АЦП, В.

Знайдемо номінали опорів $R6...R11$, $R13$ для забезпечення необхідного K_u . $R6...R11$, $R13$ повинні забезпечувати умову

$$K_3 \frac{R_{11}}{R_{10}} = \frac{(R_{11} + R_9)R_{13}}{(R_{13} + R_{10})R_9}; \quad R6 = R8.$$

$$\text{Тоді } K_u = K_3 \left(1 + 2 \frac{R6}{R7} \right) = \frac{R_{11}}{R_9} \left(1 + 2 \frac{R6}{R7} \right)$$

$$R_9 = \frac{R_{11}}{K_u} \left(1 + 2 \frac{R6}{R7} \right)$$

Задано такі номінали опорів $R6 = R8 = 5,1 \text{ кОм}$; $R7 = 1,1 \text{ кОм}$; $R_{11} = 18 \text{ кОм}$.

$$\text{Тоді, } R_9 = \frac{18 \cdot 10^3}{11,1} \left(1 + 2 \frac{5,1 \cdot 10^3}{1,1 \cdot 10^3} \right) = 22 \cdot 10^3 \text{ Ом.}$$

3.7 Розрахунок похибок електронного блоку

Похибка вимірювального каналу обраховується за формулою

$$\delta_\Sigma = \sqrt{(\delta_{ind})^2 + (\delta_n)^2 + (\delta_{ашп})^2},$$

де δ_{ind} — сумарна похибка індуктивного датчика, %;

δ_{ind} — сумарна похибка підсилювача, %.

					КБР 086.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$\delta_{\text{АЦП}}$ — сумарна похибка АЦП, %.

Похибка індуктивного датчика становить

$$\delta_{\text{ind}} = \pm 0,25\%$$

Похибка підсилювача обраховується за формулою

$$\delta_i = \sqrt{(\delta_{\text{изм}}(t))^2 + (\delta_{\text{изм}}(t^\circ))^2 + (\delta_{\text{исф}})^2 + (\delta_{\text{иж}})^2}, \quad \Delta t^\circ = 40 - 10 = 30 \text{ }^\circ\text{C}.$$

де $\delta_{\text{изм}}(t)$ — часовий дрейф нуля операційного підсилювача, %;

$\delta_{\text{изм}}(t^\circ)$ — температурний дрейф нуля операційного підсилювача, %;

$\delta_{\text{исф}}$ — похибка від впливу синфазного сигналу, %;

$\delta_{\text{иж}}$ — похибка від впливу зміни напруги живлення, %.

Похибка $\delta_{\text{изм}}(t^\circ)$ можна визначити за формулою

$$\delta_{\text{изм}}(t^\circ) = \frac{\Delta U_{\text{зм}}(t^\circ) \cdot \Delta t^\circ}{U_{\text{R3}}^{\text{max}}} \cdot 100\%,$$

Δt° — діапазон температур експлуатації, $^\circ\text{C}$;

$\Delta U_{\text{зм}}(t^\circ)$ — дрейф напруги зміщення нуля, $\text{В}/^\circ\text{C}$.

Для операційного підсилювача К140УД8:

$$\Delta U_{\text{зм}}(t^\circ) = 20 \cdot 10^{-6} \text{ } \hat{\text{A}}/^\circ\text{C};$$

$$\text{Тоді } \delta_{\text{изм}}(t^\circ) = \frac{20 \cdot 10^{-6} \cdot 30}{0,24} \cdot 100\% = 0,025\%.$$

Похибка $\delta_{\text{исф}}$ обраховується за формулою

$$\delta_{\text{исф}} = \frac{U_{\text{вих}}^{\text{сф}}}{U_{\text{вих}}^{\text{max}}} \cdot 100\%, \quad U_{\text{вих}}^{\text{сф}} = U_{\text{сф}}^{\text{вх}} \cdot K_u^{\text{сф}},$$

$$K_u^{\text{сф}} = \frac{K_u^{\text{диф}}}{\frac{K_{\text{ос.сф}}}{10^{20}}};$$

де $K_u^{\text{сф}}$ — коефіцієнт підсилення синфазного сигналу;

$K_{\text{ос.сф}}$ — коефіцієнт ослаблення синфазного сигналу, дБ.

Для К140УД $K_{\text{ос.сф}} = 80$ дБ.

$$K_u^{\text{сф}} = \frac{11,1}{10^{80/20}} = 0,001$$

$$U_{\text{вих}}^{\text{сф}} = 0,9 \cdot 0,001 = 9 \cdot 10^{-4} \text{ В}$$

					КБР 086.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$\delta_{\text{сиор}} = \frac{9 \cdot 10^{-4}}{10} \cdot 100\% = 0,009\%$$

Похибка $\delta_{i_{ж}}$ обраховується за формулою:

$$\delta_{i_{ж}} = \frac{\Delta U_{i_{ж}}}{U_{R3}^{\text{max}}} \cdot 100\%$$

де: $\Delta U_{i_{ж}}$ — коливання напруги живлення, В; K_{nc} — коеф. впливу нестабільності живлення, мкВ/В.

Для К140УД9 $K_{nc} = 20$ мкВ/В. Для живлення $\pm 15 \text{ В} \pm 5\%$ зміна напруги живлення можлива в межах 14,25...15,75 В, тобто $\Delta U_{i_{ж}} = \pm 0,75$ В.

$$\text{Тоді: } \delta_{u^*} = \pm \frac{0,75 \cdot 20 \cdot 10^{-6}}{0,24} \cdot 100\% = 0,007\%$$

Підставивши результати отримаємо:

$$\delta_n = \pm \sqrt{(0,025)^2 + (0,025)^2 + (0,009)^2 + (0,007)^2} = \pm 0,037\%$$

Похибка АЦП обчислюється за формулою:

$$\delta_{\text{АЦП}} = \sqrt{(\delta_{\text{Л}})^2 + (\delta_{\text{LD}})^2 + (\delta_{\text{KB}})^2} \%$$

де δ_{kv} — похибка квантування АЦП, .

$$\delta_{kv} = \pm \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2^N} \cdot 100\%$$

де N — число розрядів АЦП.

Підставивши дані у формули отримуємо:

$$\delta_{kv} = \pm \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2^{10}} \cdot 100\% = \pm 0,05\%$$

$$\delta_{\text{АСР}} = \pm \sqrt{0,1^2 + 0,1^2 + 0,05^2} = \pm 0,15\%$$

$$\delta_{\text{ind}} = \pm \frac{15 \cdot 10^{-6}}{6 \cdot 10^{-3}} \cdot 100\% = \pm 0,25\%$$

$$\delta_k = \pm \sqrt{0,25^2 + 0,037^2 + 0,15^2} = \pm 0,29\%$$

$$\Delta z = \pm \frac{L \cdot \delta_k}{100\%} = \pm \frac{150 \cdot 0,29}{100} = \pm 0,43 \text{ мкм}$$

Отже, електронний блок задовольняє умови поставленого технічного завдання за показниками точності.

									Арк.
									50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат					

3.8 Блок схема процесу керування

Представлена блок-схема відображає логіку роботи керуючої програми верстата, яка побудована у вигляді замкнутого автоматичного циклу.

Цей алгоритм описує роботу автоматичної системи керування верстатом із безперервним контролем розміру деталі під час її обробки. Процес розпочинається з того, що нова заготовка подається на робочу позицію. Одразу після цього спрацьовує затискний механізм, який надійно фіксує деталь на місці, і верстат вмикається, розпочинаючи знімати метал.

Далі система переходить до найважливішого етапу — активного вимірювання. Електронний блок починає безперервно опитувати індуктивний датчик, який у реальному часі відстежує, як змінюється діаметр отвору. Після кожного зняття показників програма перевіряє головну умову: чи досяг діаметр заданого допуску.

					КБР 086.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		51

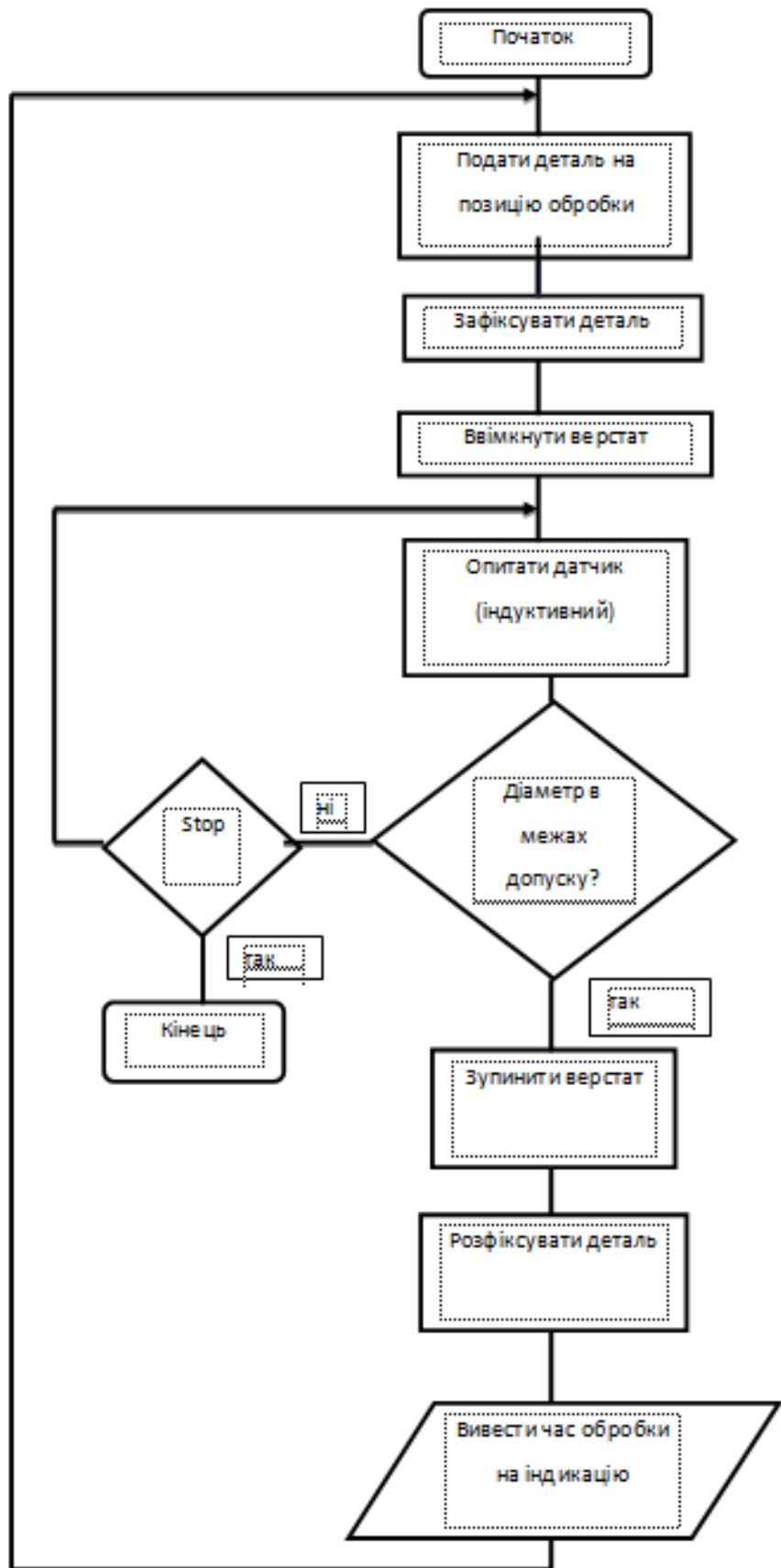


Рисунок 3.2 - Блок-схема програми керування

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

Якщо розмір ще замалий і деталь потребує подальшої обробки, система додатково перевіряє, чи не надійшла команда примусової зупинки. Якщо кнопку "Stop" було натиснуто, робота негайно переривається і програма завершується.

Якщо ж екстреної зупинки не було, алгоритм повертається на крок назад верстат продовжує працювати, а датчик знову зчитує показники.

Коли вимірний діаметр нарешті потрапляє в потрібні межі, програма виходить із цього циклу. Вона одразу подає сигнал на вимкнення верстата, після чого механізми розфіксують готову деталь. Наприкінці на індикатор виводиться інформація про час, витрачений на обробку, і алгоритм автоматично повертається на самий початок, очікуючи на подачу наступної заготовки.

Після виведення даних стрілка на схемі веде на самий початок алгоритму це означає, що цикл замикається, і система повністю готова до завантаження наступної деталі. Вона одразу подає сигнал на вимкнення верстата, після чого механізми розфіксують готову деталь.

Наприкінці на індикатор виводиться інформація про час, витрачений на обробку, і алгоритм автоматично повертається на самий початок, очікуючи на подачу наступної заготовки.

3.9 Наукові дослідження та математичне моделювання

Побудова математичної моделі вимірювальної схеми

Виходячи із умови неперервності а також умови незтискування потоку повітря залежність вмірюваного тиску на виході можемо наближено представити як

$$p = \frac{P}{1 + \left(\frac{m_1 f_2}{m_2 f_1}\right)}$$

де m_1, m_2 – коефіцієнти витоку через вхідне і вихідне сопла, f_1, f_2 – площі їх перерізу відповідно.

					КБР 086.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		53

У нашому випадку – при вимірюванні лінійних розмірів з використанням вихідного сопла циліндричної форми робоча формула приймає вигляд:

$$p = \frac{P}{1 + \left(\frac{m_1 4d_2}{m_2 d_1^2} Z \right)}$$

де d_1, d_2 – діаметри вхідного і вихідного сопел, Z – вимірюване значення зазору.

Дослідження особливостей використання вимірювальної схеми

Статична характеристика $p(Z)$ – пневматична характеристика вимірювальної схеми – має вигляд, показаний на рис. 1. На ній можна виділити діапазон із найбільшою крутизною характеристики, що відповідає максимальній чутливості вимірюваного пристрою (виділено червоним).

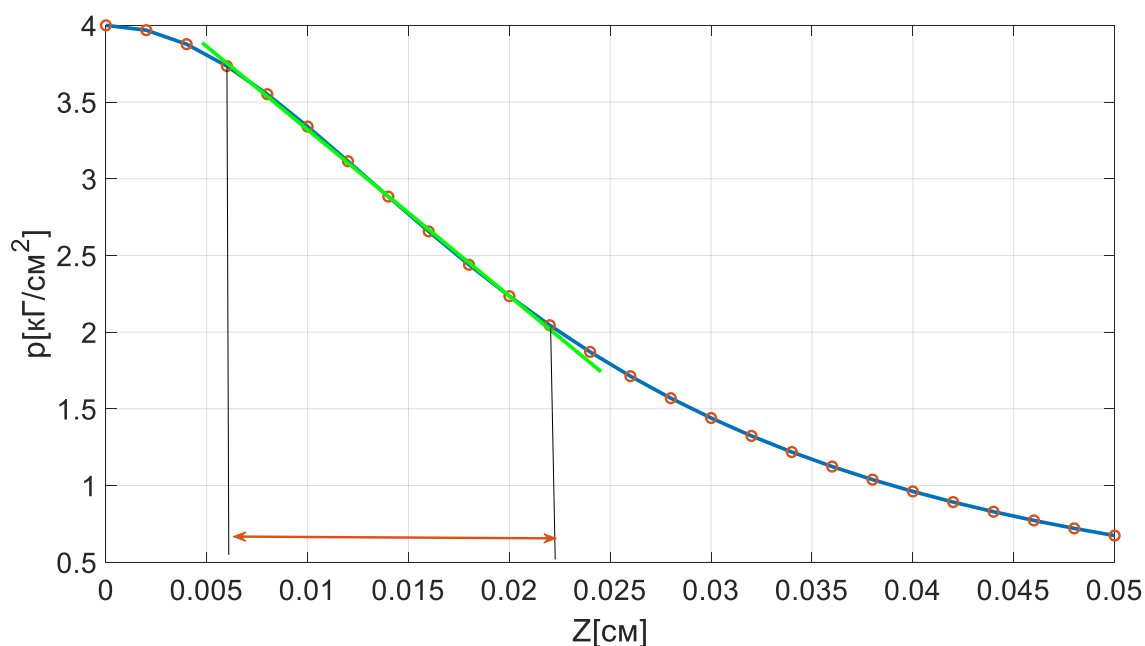


Рисунок 3.3 - Статична характеристика $p(Z)$ вимірювальної схеми для робочих значень параметрів $m_1=1, m_2=1.5$ і $d_1=.2\text{мм}$ $d_2=.1\text{мм}$

Відповідно передавальна функція $Z(p)$ вимірювального засобу приведена на рис. 3.4.

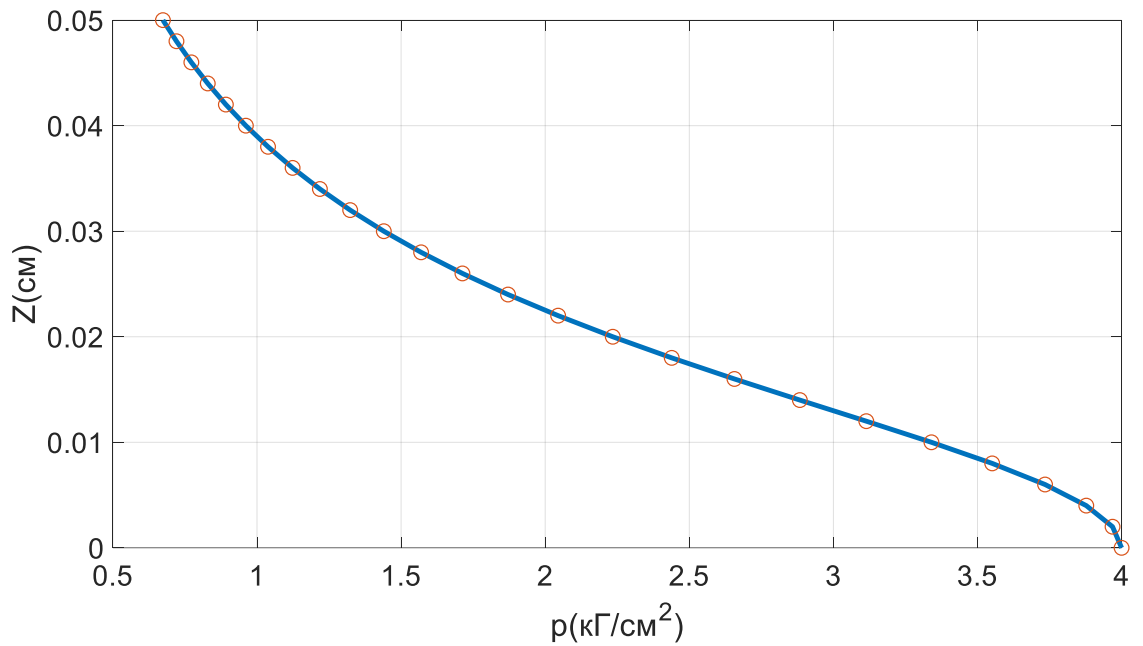


Рисунок 3.5 - Передавальна функція $Z(p)$ вимірювального засобу

За потреби використання вимірювальної засобу поза межами його максимальній чутливості можна використати поліноміальну апроксимацію передавальної функції як показано на рис. 3. Оптимальним у розглянутому випадку є поліном третього порядку.

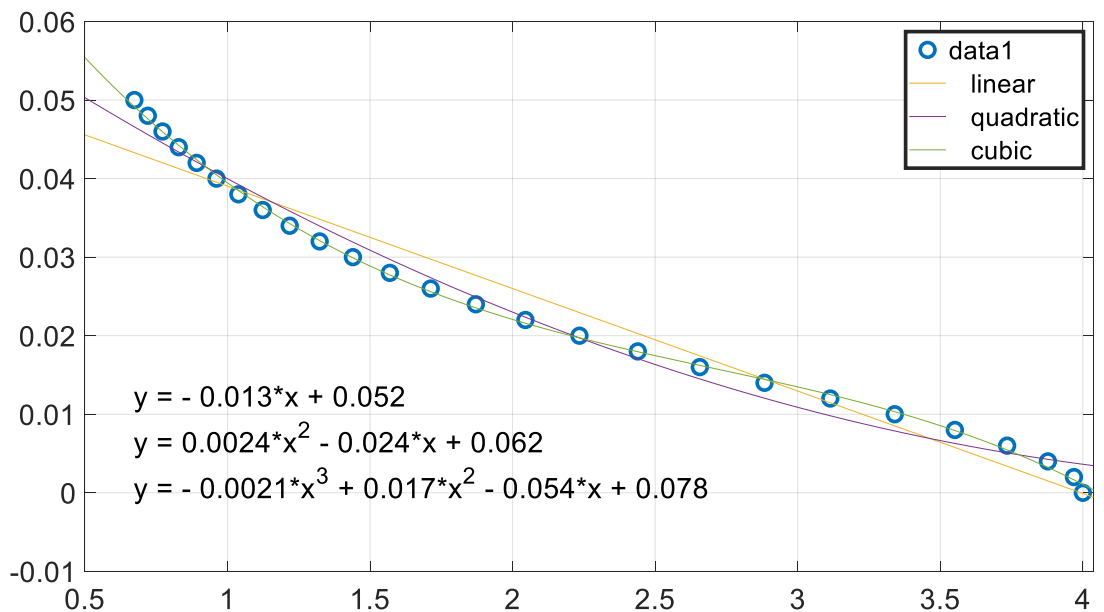


Рисунок 3.6 - Поліноміальна апроксимація передавальної функції вимірювального засобу

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ПЗ для дослідження статичних характеристик вимірювальної пневматичної

системи

```
P=4;  
% коефіцієнти витoku  
m1=1;  
m2=1.5;  
% діаметри вхідного і вихідного сопла  
d1=.2;  
d2=.1;  
% статична характеристика вимірювальної схеми  
Z=0:.002:.05  
k=(4*m1*d2/m2/d1/d1).^2;  
p=P./(1+(k*Z).^2);  
plot(p,Z,'o',p,Z),grid  
figure  
% передавальна функція вимірювального засобу  
plot(Z,p,'o',Z,p),grid
```

					КБР 086.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		56

4 Охорона праці

Під час виконання операцій хонінгування та контролю діаметрів отворів працівник контактує з обертовими механізмами верстата, електрообладнанням, металевою стружкою та мастильно-охолоджувальними рідинами. Тому забезпечення безпечних умов праці є важливою складовою експлуатації розробленого пристрою.

Основними небезпечними та шкідливими виробничими факторами під час роботи на хонінгувальному верстаті є:

1. рухомі та обертові частини верстата;
2. можливість ураження електричним струмом;
3. підвищений рівень шуму та вібрації;
4. гострі кромки металевої стружки;
5. вплив мастильно-охолоджувальних рідин;
6. недостатня освітленість робочої зони;
7. можливість виникнення пожежі при несправності електрообладнання.

Перед початком роботи оператор повинен перевірити справність електричних з'єднань, заземлення, огорожень рухомих частин верстата, надійність кріплення деталі та вимірювального пристрою. Забороняється працювати на обладнанні зі знятими захисними кожухами або несправними блокуваннями.

Для захисту працівника необхідно використовувати засоби індивідуального захисту: захисні окуляри, спецодяг, захисне взуття та рукавиці під час виконання допоміжних операцій. Видалення стружки повинно здійснюватися спеціальними щітками або гачками після повної зупинки обладнання. Видаляти стружку руками категорично заборонено.

Розроблений електронний блок керування сприяє підвищенню безпеки праці, оскільки автоматизує процес контролю розмірів отворів, зменшує необхідність ручних вимірювань та перебування оператора безпосередньо біля зони обробки. Це знижує ризик травмування та підвищує продуктивність праці.

					КБР 086.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		57

Електроживлення пристрою повинно здійснюватися через автоматичний вимикач із захистом від короткого замикання та перевантаження. Металеві частини обладнання необхідно заземлити відповідно до вимог чинних нормативних документів. Опір захисного заземлення повинен відповідати встановленим нормам.

Для забезпечення нормативних умов праці рекомендується підтримувати освітленість робочої зони не менше 300 лк, температуру повітря в межах 18–24 °С та відносну вологість 40–60 %. Рівні шуму та вібрації не повинні перевищувати допустимих значень, встановлених санітарними нормами.

У випадку аварійної ситуації необхідно негайно зупинити верстат кнопкою аварійного відключення, відключити електроживлення та повідомити відповідальну особу. При виникненні пожежі слід використовувати вуглекислотний або порошковий вогнегасник та діяти відповідно до плану евакуації.

Одним із важливих аспектів під час розробки та експлуатації пристрою для контролю діаметрів отворів у процесі хонінгування є забезпечення безпечних і комфортних умов праці персоналу. Виробничі процеси механічної обробки деталей супроводжуються дією небезпечних і шкідливих факторів, які можуть негативно впливати на здоров'я працівників та безпеку виробництва. Тому при проектуванні пристрою особлива увага приділяється питанням електробезпеки, пожежної безпеки, виробничої санітарії та ергономіки робочого місця.

Під час роботи хонінгувального верстата основними небезпечними факторами є рухомі та обертові частини обладнання, можливість вилітання металевої стружки, підвищений рівень шуму та вібрацій, а також ризик ураження електричним струмом у разі пошкодження ізоляції електрообладнання. Додатково на працівника можуть впливати мастильно-охолоджувальні рідини, пари яких здатні викликати подразнення шкіри та органів дихання.

Для усунення або зменшення впливу небезпечних факторів передбачено використання захисних огорожень рухомих частин верстата, блокувальних

					КБР 086.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		58

пристроїв та систем автоматичного відключення обладнання при виникненні аварійних режимів роботи. Розроблений електронний блок керування забезпечує автоматичний контроль параметрів процесу хонінгування та дозволяє скоротити кількість ручних операцій, що знижує ймовірність помилок оператора та підвищує безпеку роботи.

Особлива увага приділяється електробезпеці. Електронний блок керування живиться від мережі змінного струму через блок живлення з гальванічною розв'язкою. Металеві корпуси обладнання підлягають обов'язковому захисному заземленню. У схемі живлення встановлюються автоматичні вимикачі та запобіжники, які захищають обладнання від перевантажень і коротких замикань. Усі роботи з технічного обслуговування повинні проводитися лише після повного відключення обладнання від електромережі.

Для забезпечення нормативних умов праці необхідно підтримувати оптимальні параметри мікроклімату виробничого приміщення. Температура повітря повинна знаходитися в межах 18–24 °С, відносна вологість — 40–60 %, швидкість руху повітря — не більше 0,3 м/с. Такі умови сприяють збереженню працездатності персоналу та зменшенню втомлюваності під час виконання виробничих операцій.

Важливим фактором безпечної роботи є достатнє освітлення робочого місця. Освітленість зони обробки та контролю деталей повинна становити не менше 300–500 лк. Для цього рекомендується поєднання загального та місцевого освітлення, що забезпечує якісне спостереження за процесом обробки та показами контрольно-вимірювальних приладів.

Під час роботи обладнання виникають шум та вібрація, які можуть негативно впливати на організм працівника. Для зниження рівня шуму необхідно використовувати справні механізми, своєчасно проводити технічне обслуговування обладнання та застосовувати шумоізолюючі елементи конструкції. Якщо рівень шуму перевищує допустимі значення, працівники повинні користуватися засобами індивідуального захисту органів слуху.

					КБР 086.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		59

Для захисту працівників від механічних ушкоджень передбачено використання спеціального одягу, захисного взуття та окулярів. При очищенні робочої зони від стружки необхідно застосовувати спеціальні щітки або гачки. Забороняється видаляти стружку руками або проводити вимірювання деталі під час обертання шпинделя.

Особливе значення має пожежна безпека виробничої дільниці. Основними причинами виникнення пожеж можуть бути короткі замикання електрообладнання, перегрів електричних елементів або займання мастильних матеріалів. Для запобігання пожежам необхідно регулярно перевіряти стан електропроводки, підтримувати чистоту робочого місця та забезпечити наявність первинних засобів пожежогасіння. На дільниці повинні бути встановлені порошкові або вуглекислотні вогнегасники, а працівники повинні проходити відповідний інструктаж з пожежної безпеки.

Ергономічна організація робочого місця також впливає на безпеку праці. Органи керування розробленого пристрою повинні бути розташовані в зоні легкої досяжності оператора, а інформація на дисплеї — чітко відображатися за будь-яких умов освітлення. Це дозволяє знизити фізичне навантаження на працівника та підвищити ефективність його роботи.

Таким чином, застосування розробленого пристрою для контролю діаметрів отворів у процесі хонінгування не лише забезпечує підвищення точності контролю та автоматизацію технологічного процесу, але й сприяє покращенню умов праці, підвищенню рівня безпеки виробництва та зниженню ризику виникнення виробничого травматизму.

Отже, впровадження розробленого пристрою контролю діаметрів отворів забезпечує підвищення рівня автоматизації технологічного процесу хонінгування, покращує умови праці оператора та сприяє зниженню виробничого травматизму.

					КБР 086.00.00.000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ВИСНОВКИ

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра є розробка пристрою для контролю діаметрів отворів у процесі хонінгування.

У ході виконання роботи спроектовано електронний блок керування хонінгувальним верстатом, який забезпечує автоматизацію процесу чистової обробки деталей та скорочення тривалості технологічного циклу.

Розроблений пристрій також надає можливість накопичення та обробки статистичних даних, необхідних для аналізу й систематизації результатів обробки партій деталей, що сприяє підвищенню якості та стабільності виробничого процесу.

На основі дослідження математичної моделі і з врахуванням конкретних значень коефіцієнтів витоку, геометричних розмірів вхідного і вихідного сопел вимірювального пристрою і робочого вхідного тиску за приведеним ПЗ можемо оцінити діапазон зміни вимірюваної величини, у якому передавальна функція вимірювального пристрою є лінійною, а чутливість – максимальною.

Дані умови є важливим фактором при використанні вимірювального засобу в динамічному режимі в процесі хонінгування.

					КБР 086.00.00.000 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ковальчук В.М. Основи охорони праці. – Київ: Каравела, 2023. – 408 с.
2. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. – Львів: Афіша, 2022. – 376 с.
3. Березуцький В.В. Охорона праці в галузі машинобудування. – Харків: НТУ «ХПІ», 2021. – 312 с.
4. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці. – Київ: Каравела, 2021. – 384 с.
5. ДСТУ EN ISO 12100:2016. Безпечність машин. Загальні принципи конструювання.
6. Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями. Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України №966 від 19.12.2013.
7. ДСТУ EN 60204-1:2015. Безпечність машин. Електрообладнання машин.
8. Brauer R.L. Safety and Health for Engineers. – New York: Wiley, 2021.
9. Goetsch D.L. Occupational Safety and Health for Technologists, Engineers and Managers. – Pearson, 2022.
10. Manuele F.A. Advanced Safety Management. – Wiley, 2020.
11. Heinrich H.W., Petersen D., Roos N. Industrial Accident Prevention. – McGraw-Hill, 2021.
12. Hughes P., Ferrett E. Introduction to Health and Safety at Work. – Routledge, 2023.
13. Friend M.A., Kohn J.P. Fundamentals of Occupational Safety and Health. – Bernan Press, 2022.
14. Smith D.J. Safety Critical Systems Handbook. – Butterworth-Heinemann, 2021.

					КБР 086.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		62

