

## **ЗМІСТ**

### **СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ**

#### **ВСТУП**

#### **1 КОНСТРУКТОРСКА ЧАСТИНА**

- 1.1 Результати патентного пошуку
- 1.2 Аналіз аналогів
- 1.3 Вимірювання діаметра методом оптико-електронного оцупування
- 1.4 Вимоги до роботи пристрою
- 1.5 Структурна схема та принцип роботи приладу для контролю
- 1.6 Проектування робото-технічного комплексу
- 1.7 Проектування маніпулятора
  - 1.7.1 Структурна схема маніпулятора
  - 1.7.2 Вибір приводу для переміщень маніпулятора
  - 1.7.3 Проектування захватного пристрою
- 1.8 Побудова циклограми роботи установки
- 1.9 Повірка приладу
  - 1.9.1 Умова повірки та підготовка до неї
  - 1.9.2 Проведення повірки
- 1.10 Похибка приладу

#### **2 ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА МАТМОДЕЛЮВАННЯ**

- 2.1 Постановка задачі
- 2.2 Визначення виду аналітичної залежності і її коефіцієнтів

#### **3 ЕЛЕКТРОНІКА, МІКРОПРОЦЕСОРНА ТЕХНІКА ТА САПР**

- 3.1 Опис роботи схеми
- 3.2 Розробка принципової схеми
- 3.3 Опис мікроконтролера ADUC812
- 3.4 Вибір дисплея
- 3.5 Розрахунок номіналів елементів
- 3.6 Опис алгоритму роботи

#### **4 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ**

- 4.1 Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення НДР
- 4.2 Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи
- 4.3 Розрахунок матеріальних витрат
- 4.4 Розрахунок витрат на електроенергію
- 4.5 Розрахунок суми амортизації відрахувань
- 4.6 Обчислення накладних витрат
- 4.7 Складання кошторису витрат та визначення собівартості НДР
- 4.8 Розрахунок ціни програмного продукту
- 4.9 Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень

#### **5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

- 5.1 Розрахунок витяжної вентиляції для цеху, дільниці цеху, що проектується, за одним із факторів
- 5.2 Дія електричного струму на організм людини
- 5.3 Види електротравм

5.4 Безпеки в надзвичайних ситуаціях

5.4.1 Безпека виробничої діяльності на підприємствах де використовуються надвисокі частоти

5.4.2 Шкідливість впливу електромагнітних полів та захист від них

5.4.3 Вплив шуму на виробничу діяльність та методи захисту

## **6 ЕКОЛОГІЯ**

6.1 Актуальність екологічної проблеми

6.2 Правові екологічні норми і закони України

6.3 Заходи охорони навколишнього середовища

**ВИСНОВКИ**

**БІБЛІОГРАФІЯ**

**ДОДАТКИ**

## ВСТУП

У даній випускній магістерській роботі автоматизовано та спроектовано прилад для вимірювання внутрішнього діаметру еластичних кілець.

Автоматизація технічного контролю являється не тільки засобом підвищення якості виготовленої продукції, але і суттєвим етапом автоматизації промисловості, так як питома вага технічного контролю в сучасних виробництвах досить значна: в авто-та тракторобудуванні, в авіаційному моторобудуванні, у виробництві підшипників кочення та інших галузях масового виробництва машин біля 40 % виробничих операцій приходить на контроль. Автоматичний контроль розмірів та інших фізичних величин (зусиль, деформацій, ваги і т. д.) може здійснюватися до обробки, в процесі та після обробки виробу. Контрольні вироби виконують такі функції:

- управляють роботою верстата (обладнання), станда або установки, сортують готові деталі на групи ( по розмірам, вазі і т. д.).

Автоматичним пристроєм для контролю називаються пристрій який, без втручання людини при контролі кожного виробу виконує всю сукупність операцій, необхідних для порівняння дійсних фізичних величин з заданими (необхідних), та в залежності від результатів такого порівняння сортує деталі на кілька груп, або знімають режим роботи основного технологічного обладнання.

Автоматичні контрольні пристрої поділяються на декілька різновидностей. Контрольні – сортувальні пристрої (пристрої пасивного контролю) фіксують готові фізичні величини та на цій основі сортує готові вироби на придатні та браковані, а часто ще й придатні вироби на ряд розмірних груп. Існують також ще засоби автоматичного контролю в процесі обробки (активний контроль).

# 1 ДОСЛІДНИЦЬКО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

## 1.1 Результати патентного пошуку

Згідно з описом винаходу до авторського свідоцтва №838300 ми повинні розробити пристрій для вимірювання внутрішнього діаметру еластичних деталей.

Метою винаходу являється підвищення точності вимірювання. Це досягається тим, що вимірюють висоту січення кільця в одному і тому ж довільно вибраному місці до і після встановлення еластичного кільця з натягом на циліндричну оправку, і по ступені зміни висоти січення кільця визначають його внутрішній діаметр [4]

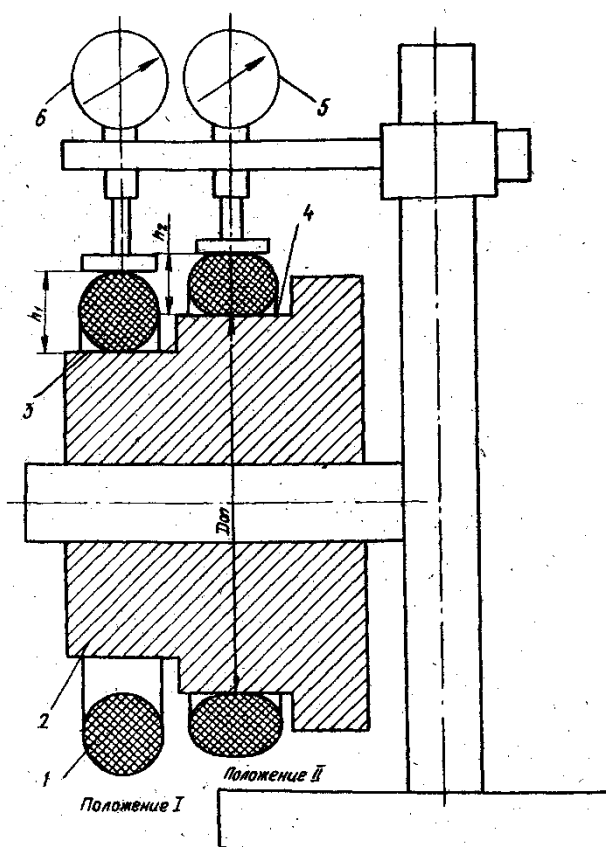


Рисунок 1.1 – Пристрій вимірювання внутрішнього діаметру еластичних деталей

На рисунку 1.1 зображений пристрій, який реалізовує запропонований спосіб. Пристрій складається з кільця 1, що вільно (з зазором) вдягнуто на оправку 2, та вимірюють висоту січення  $h_1$  еластичного кільця відносно базової поверхні 3 \положення 1\}. Після чого кільце 1 одягають на калібровану частину 4 оправки 2 з натягом 2-10% і знову в тому ж місці проводять вимір висоти січення  $h_2$ , еластичного кільця \положення 2\}.

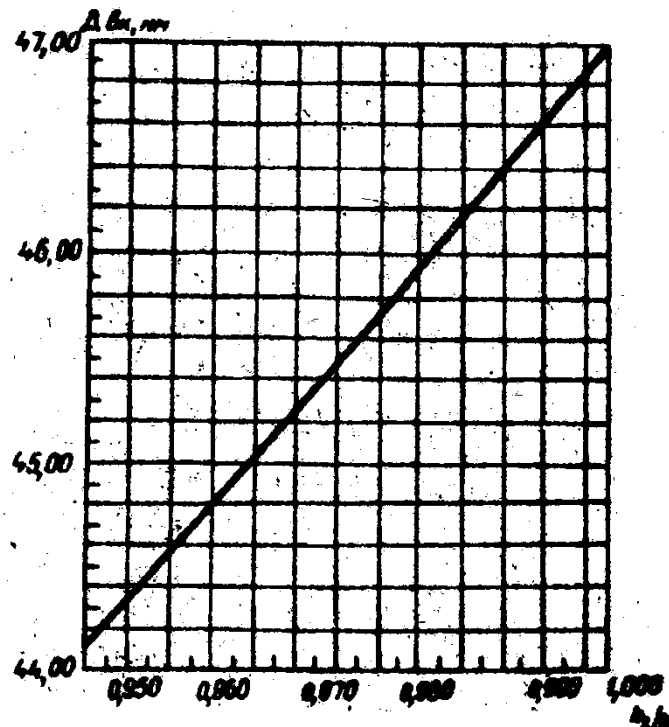


Рисунок 1.2 – Графік залежності діаметра  $D_{вн}$  кільця

На рисунку 1.2 зображений Графік залежності діаметра  $D_{вн}$  кільця від відношення висоти січення  $h_2$ , що виміряний під час встановлення кільця на оправку, до висоти січення  $h_1$ , що виміряна до встановлення кільця на оправку.

По даному графіку залежності діаметра  $D_{вн}$  кільця, знайденим відношенням  $h_2/h_1$  і знаходять внутрішній діаметр еластичного кільця.

## 1.2 Аналіз аналогів

Для визначення діаметрів еластичних деталей використовують в основному не механічні методи вимірювання, бо механічні стиснуть деталь та викривлять результати вимірювань. Можна запропонувати пневматичні вимірювальні прилади. Вони використовуються для контролю та вимірювання методом порівняння розмірів, відхиляють форми та розташування поверхонь виробів. Забезпечують високу точність та продуктивність контролю та дозволяють здійснювати безконтактні та контактні вимірювання. Прилади діляться на манометричні та рота метричні (поплашкові).

У манометричних приладах (рис. 1.3) через вхідний отвір (сопло1) в пневмо-камеру 2 поступає повітря постійного тиску  $H$ .

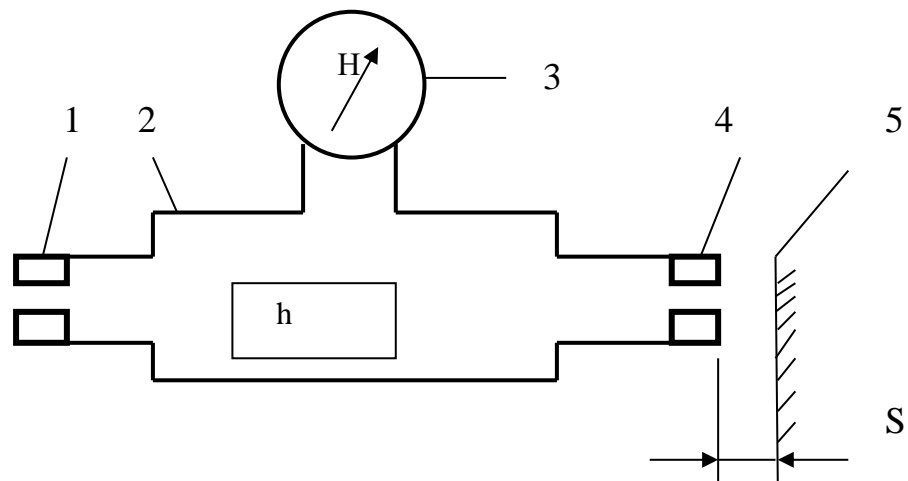


Рисунок 1.3 - Приклад приладу монометричної дії

Зміна зазору  $S$  між вихідним соплом 4 та поверхнею вимірювального виробу 5 викликає зміну розходу повітря. Відносно змінюється робочий тиск  $h$  повітря в камері 2, який вимірюється манометром 3, градуйованим в одиницях довжин. В якості чутливого елемента в манометрах використовується рідина, трубка Бурбона, мембрана або сильфон.

У ротаметричних приладах (рис. 1.4) зміна розходу повітря приводить до зміни положення поплавка 1 в конічній трубці Бурбона, мембрана або сильфон. В рота метричних приладах (рис.1.4) зміна розходу повітря приводить до зміни положення поплавка 1 в конічній скляній трубці 2, через яку проходить повітря постійного тиску. Висота підйому поплавка, яка визначається по шкалі 3, розміщені поруч з трубкою, характеризує значення зазору  $S$ , а відповідно і розміру вимру вального виробу 4.

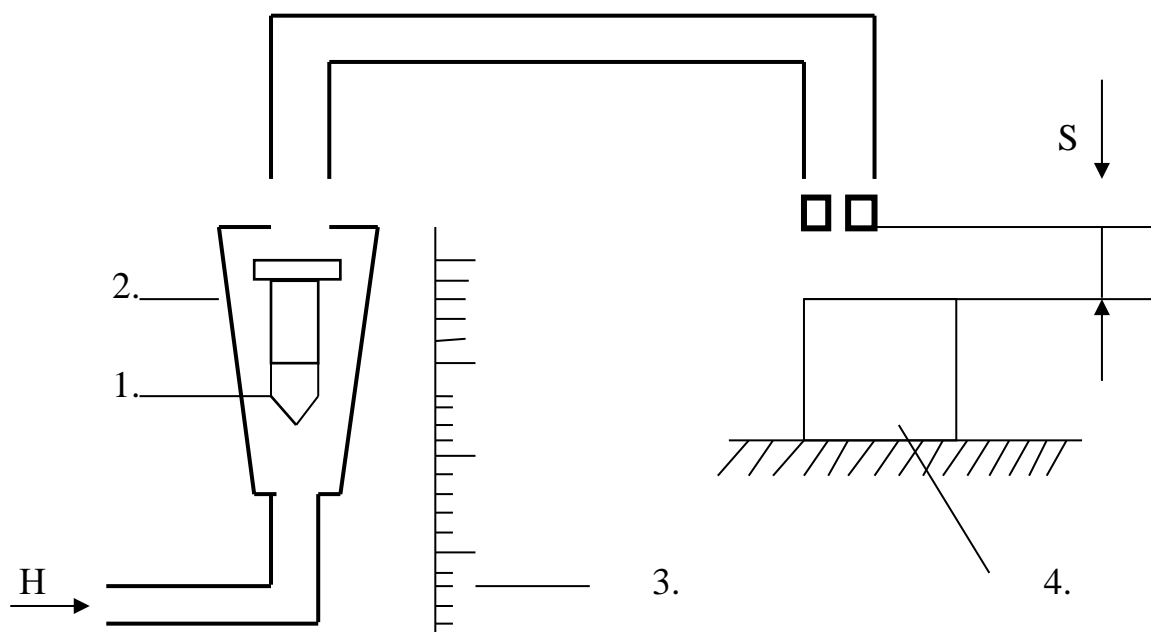
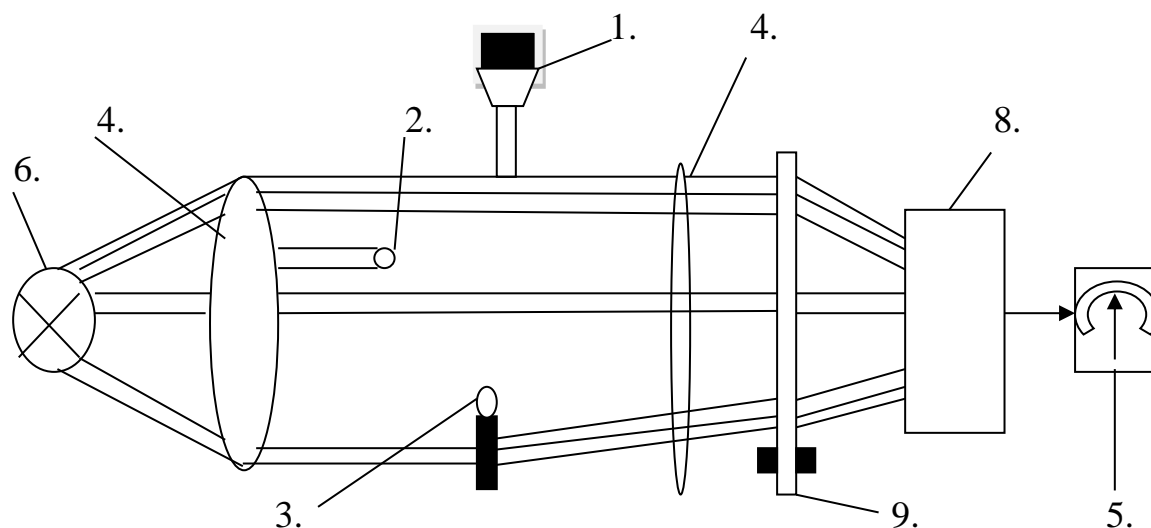


Рисунок 1.4 - Схема поплавкового датчика

В якості джерела повітря використовують заводську пневматичну систему, компресор або балон з стиснутим повітрям. Постійність тиску повітря забезпечується спеціальним стабілізатором тиску (рідинним або механічним), а очищення повітря від постійних домішок та вологи відбувається за допомогою фільтра.

При вимірюванні діаметру вимірювальні головки переміщуються навкруги деталі.

Техніка вимірювання така: Навкруги вимірювального об'єкта обертається два концентричних ротора. Внутрішній ротор несе на собі чотири об'єктива з кутовим кроком 900 та обертається з швидкістю 3000 об/хв., зовнішній ротор обертається навкруги об'єкта вимірювання з швидкістю 3000 об/хв. На ньому встановлені два протилежних джерела світла та два фотоприймача, розміщених один навпроти одного діаметру. Кожний раз, коли пара об'єктів проходить перед парою фотоприймачів, останні сприймають підсвічений з оберненого боку об'єкт вимірювання та виводить електричний імпульс, тривалість якого відповідає розміру діаметра об'єкту вимірювання. Вимірювальні імпульси передаються з вимірювальної головки у вимірювач розміру, який проводить цифрове порівняння з встановленою і заданою величиною. На індикатор поступає тільки максимальні значення відхилень та їх положення відносно вихідної площини. Вимірювання діаметра методом порівняння інтенсивності світлових променів. Принцип вимірювання це система яка складається з лампи та фокусуючих лінз, фокус два паралельних пучка променів, поступаючих у фотоприймач (рис. 1.5).



- 1- Мікрометр, 2- Об'єкт, 3- Сигнальна діафрагма, 4- Лінза, 5- Вказівник відхилення, 6- Джерело світла, 7- Опорна діаграма, 8- Фотоприймач, 9- Дисконий передавач

Рисунок 1.5 - Схема пристрою для вимірювання діаметра методом порівняння інтенсивності світлових променів

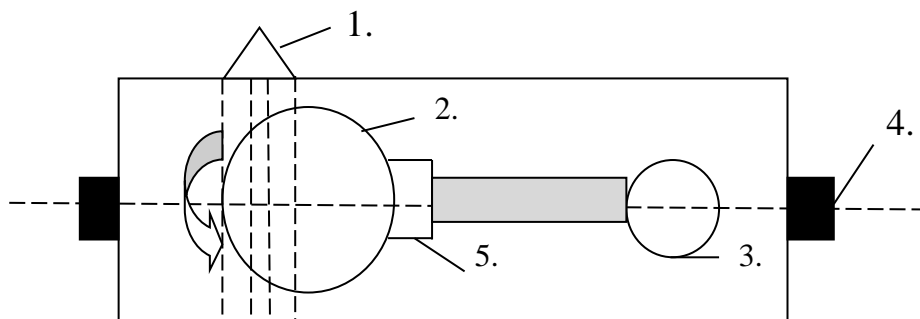


Один пучок променів служить в якості порівняльного сигналу, другий пучок перекривається об'єктом вимірювання. В залежності від діаметра вимірювання змінюється інтенсивність світлового потоку.

Приладова техніка. Вимірювальна головка в пилезахищеному литому корпусі вміщує оптичну систему. Об'єкт вимірювання пропускається з допомогою направляючих різків через вимірювальну щілину. Заданий діаметр встановлюють механічним способом з допомогою мікрометричного за датчика, який змінює січення світлового потоку. Тарування проводиться по контрольній деталі, або по нульовому положенні мікрометричного за датчика. Електрична лічильна схема знаходиться в шафі та вміщує контакти сигналізації відхилення за межі допуску вказівник відхилення.

Вимірювання діаметру методом порівняння імпульсів.

Об'єкт вимірювання поміщають в зону видимості за вертикально розташовану відносно нього прорізь. Між прорізью та приймачем обертається решітчастий диск з ходячим конічним прорізьми (рис. 1.6).



1 - Прорізь, 2 - Решітчастий диск, 3 - Серво-двигун, 4 - Обскт вимірювання,  
5 - Механізм регулювання

Рисунок 1.6 - Схема пристрою для вимірювання діаметра методом порівняння імпульсів

Вісь диска переміщається сервомотором поперек повздовжньою осі прорізей до тих пір, поки темні частини решітчастого диска не почнуть точно перекривати об'єкт вимірювання. Цей момент характеризується рівними тривалостями сигналу та паузи верхніх імпульсів фотоприймача.

Положення решітчастого диска відносно порозі відповідає розміру діаметра. Друга прорізь служить для визначення напрямку переміщення диска.

Оптико-механічний метод.

Об'єкт освітлюється в напрямку, перпендикулярному його повздовжній осі. Вимірюється ширина тіні від об'єкту шляхом механічного переміщення фотоелемента. Тривалість сигналу являється мірою діаметра.

На об'єкт вимірювання можна направити також світло лазерного джерела через обернене дзеркало. Привід цього дзеркала здійснюється від того ж генератора сигналу, який в період тінеутворення формує імпульси для оцінки величини тіні в електронному лічильнику. Число зареєстрованих за цей період імпульсів представляє собою результат вимірювання.

Вимірювання діаметру з допомогою телевізійної камери. Строчки телевізійної камери рухаються паралельно посвідченому об'єкту вимірювання.

Число незасвідчених строк являється мірою діаметра.

Мікрохвильовий метод. Діаметр тонких виробів можна виміряти, протягуючи їх через отвір вздовж осі мікрохвильового об'ємного резонатора. Зміна резонансної частоти являється мірою діаметра. Вимірювання діаметра з допомогою іонізуючого вимірювання. Об'єкт вимірювання проходить між джерелом радіоактивного випромінювання та приймачем. Інтенсивність випромінювання вибирають такою, щоб об'єкт вимірювання його повністю поглинав. Вимірюється потік неослаблених променів, які пройшли мимо об'єкту.

### 1.3 Вимоги до роботи пристрою

Сконструйований пристрій призначений для вимірювання внутрішнього діаметру еластичної деталі (Кільце 042-050-46-2-8 ГОСТ 18829-73, резина група 2 клас точності 8 – рисунок 1.7).

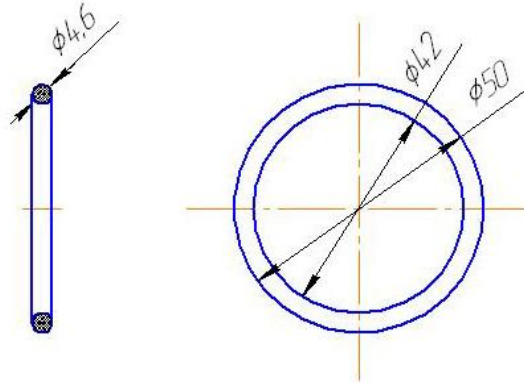


Рисунок 1.7 - Кільце 042-050-46-2-8 ГОСТ 18829-73

Пристрій призначений для роботи в цехових та лабораторіях машинобудівних підприємств, а також в лабораторіях науково - дослідницьких інститутів при таких умовах:

- температура навколишнього середовища повинна бути від  $+10^{\circ}\text{C}$  до  $+35^{\circ}\text{C}$ ;
- відносна вологість від 50% до 80%.

На пристрої не рекомендується проводити досліджень:

- деталей розміри яких відрізняються від заданих;
- виробів, які мають на поверхні раковини, сліди грубої обробки, або інші дефекти.

### 1.4 Структурна схема та принцип роботи пристрою

Структурна та функціональна схема пристрою вимірювання внутрішніх діаметрів еластичних деталей зображені на рисунку 1.8.

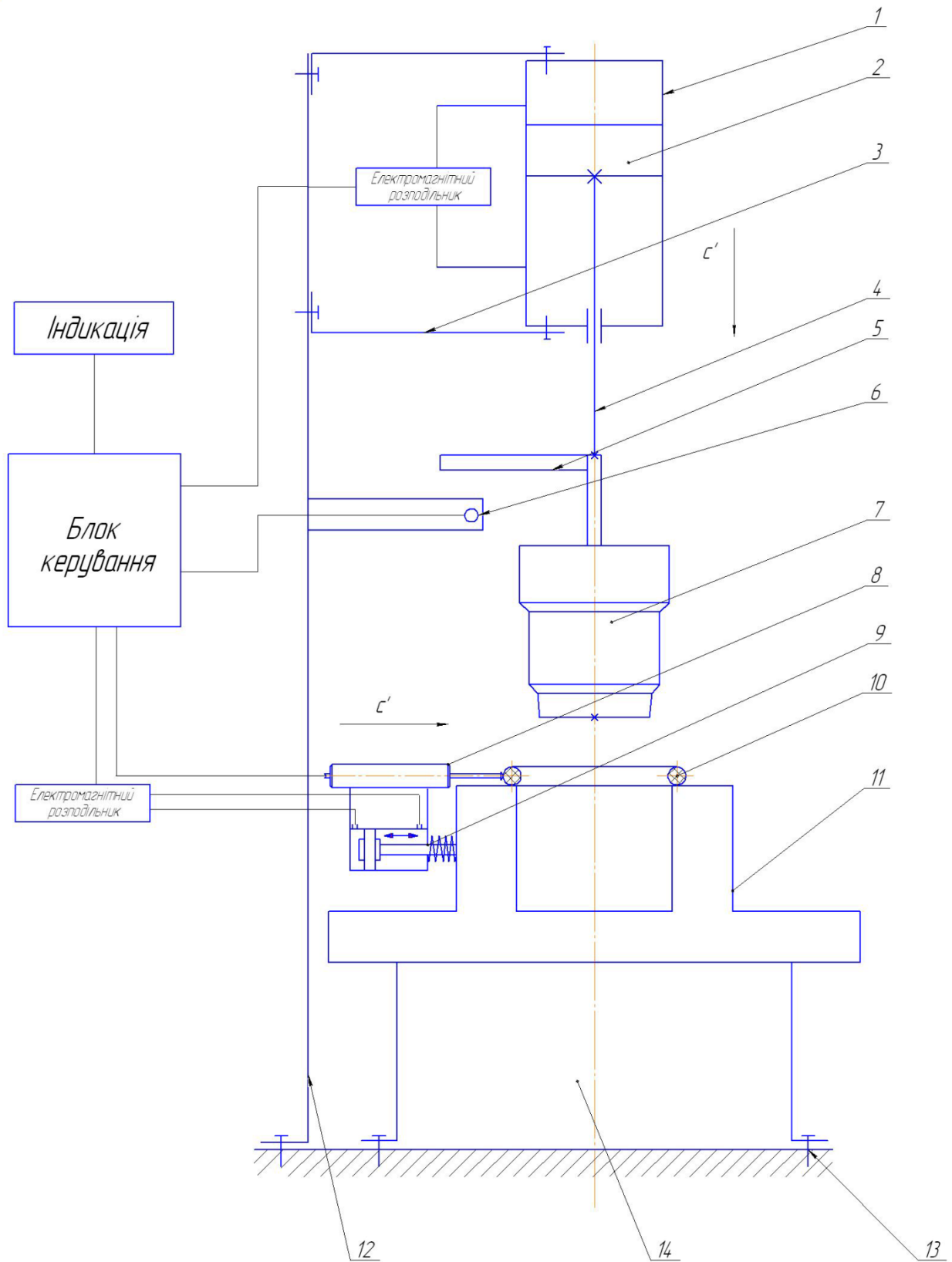


Рисунок 1.8 – Функціональна схема роботи пристрою

Пристрій вимірювання внутрішніх діаметрів еластичних деталей складається: 1 – гідроциліндр; 2 – поршень гідроциліндра; 3 – кріплення гідроциліндра; 4 – шток переміщення; 5 – обмежувач руху штока; 6 – фотодатчик; 7 – оправка (у вигляді ступінчастого конуса); 8 – індуктивний датчик вимірювання; 9 – Система руху датчика вимірювання; 10 – деталь у нашому випадку еластичне кільце 042-050-46-2-8 ГОСТ 18829-73; 11 – контрольний стіл; 12 – основна стійка; 14 – основа.

Принцип роботи пристрою вимірювання внутрішніх діаметрів еластичних деталей (кільце 042-050-46-2-8 ГОСТ 18829-73) можна описати у такій послідовності.

Деталь 10 (кільце 042-050-46-2-8 ГОСТ 18829-73) рухається по конвеєрі. Відбувається зупинка руху у цей момент маніпулятор переміщає контрольовану деталь на вимірювальну позицію і встановлює її на контрольний стіл 11. Так як ми будемо використовувати маніпулятор, який за своїм принципом побудований з використанням гідроприводу, то для переміщення штока з оправкою та датчика вимірювання ми також виберемо гідро вузли, розрахунок яких проведемо.

Слідуюча позиція - це переміщення гідроциліндром 1, до спрацьовування фотодатчика 6, штока 4 з оправкою 7, підчас зупинки проходить перше вимірювання індуктивним датчиком 8, що підведений з допомогою системи руху 9. Слід відзначити, що деталь у цей момент з зазором встановлена на оправку.

Наступний крок це переміщення на другу вимірювальну позицію, у такій послідовності: коли датчик відведений з блоку керування надходить сигнал про переміщення оправки і встановлення з натягом деталі на другу позицію контролю. Датчик індуктивності знов проводить вимірювання на другій контрольній точці.

Після чого відвід датчика вимірювання, маніпулятор захоплює деталь вивід ступінчастого конуса у початкове положення і переміщення деталі в залежності від результату вимірювання.

## 1.5 Проектування та розрахунок вузлів пристрою

### 1.5.1 Вибір і основні параметри приводу вузла навантаження

В якості приводу візьмемо гідроциліндр для станочних пристосіблень односторонньої дії з суцільним штоком по ГОСТ 19897-74. Кільця працюють на мінеральних мастилах 2-го класу чистоти рідини по ГОСТ 17216-71 і в'язкістю від 10 до 100 сСт, і температурі навколишнього середовища від -5 до +60°C, з швидкістю переміщення поршня до 6,3 м/с.

Гідроциліндри застосовуються в тих випадках, коли необхідно в звичайній схемі підключення гідролінії отримати однакове зусилля і однакову швидкість при русі штоку в обох напрямках. Однак такі гідроциліндри збільшують габарити приладу, так як шток виходить по обидві сторони корпусу, і більш складні в виготовленні, так як необхідно витримувати строгу концентричність (співвісність) декількох поверхонь: внутрішнього корпусу, зовнішнього поршня і штоку. Тому переважно застосовуються гідроциліндри з одностороннім штоком, а необхідне співвідношення швидкостей при русі в різних напрямках забезпечують схемою підключення і конструктивними розмірами.

На [2 ст.290 рис.18,4],представлена спрощена схема підключення гідроциліндра з одностороннім штоком. При зображеному положенні розподільвача 1 поршень рухається вправо, а при повороті розподільвача на 90° - вліво. Якщо:

$$d = \frac{D}{\sqrt{2}},$$

то швидкість і зусилля при русі в обидві сторони рівні. Якщо:

$$d \neq \frac{D}{\sqrt{2}},$$

то співвідношення швидкостей і зусиль визначається відношенням:

$$\frac{d}{D}.$$

На практиці рекомендується вибрати наступні співвідношення для приведеного відношення:

- при  $p \leq 1,5$  МПа -  $d/D = 0,3 \dots 0,35$ ;
- при  $1,5 < p < 5$  МПа -  $d/D = 0,5$ ;
- при  $5 < p < 10$  МПа -  $d/D = 0,7$ .

Зараз серійно випускаються ряд гідроциліндрів двосторонньої дії з одностороннім штоком: типу Ц. БУ-0600-00, ПГУ-3Б і інші. Гідроциліндри типу Ц випускаються з діаметром поршнів від 60 (Ц60) до 200 (Ц200) мм. В більшості галузей машинобудування діаметри поршнів гідроциліндрів нормалізовані. Наприклад в приладобудуванні прийнятий наступний ряд діаметрів  $D$  мм: 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 125.

Головною вимогою гідроциліндру створення робочого навантаження в установці є висока точність величини створюваного навантаження і його абсолютна величина. Відмітимо також, що нас влаштовує гідроциліндр з мінімальним кроком, оскільки робочий хід штоку не перевищуватиме 10мм.

Розрахуємо головні параметри вибраного гідроциліндрів. Вихідним значенням для розрахунку є величина зусилля, що повинен забезпечити вибраний гідроциліндр.

Для вузла створення робочого навантаження величина зусилля визначається на основі величини робочого крутного моменту контрольованих динамометричних ключів і плеча прикладення:

- діапазон робочих моментів від 2 до 15 Н·м;
- плече прикладення – 0,2 м;
- знаходимо максимальне зусилля, яке повинен створити гідроциліндр

$$P = \frac{M}{l} = \frac{15}{0.2} = 75 \text{ Н}$$

Визначаємо діаметр гідроциліндру при стандартному значенні тиску в 100 кгс/см<sup>2</sup> виходячи з залежності:

$$P = p \cdot S_e,$$

де:  $p=10$  МПа - робочий тиск;

$P=75$  Н - необхідне зусилля виштовхування;

$S_e$  - ефективна площа поршня зі сторони нагнітання.

Звідси знаходимо  $S_e$  - для кожного вузла:

вузол створення робочого зусилля

$$S_e = \frac{P}{p} = \frac{75}{10} = 7.5 \text{ мм}^2.$$

Таким чином, що гідроциліндр слід вибрати з конструктивних, а не силових параметрів.

За таблицею [Анурьев т.3 ст. 420 таб. 36] знаходимо діаметр циліндра для вузла:

створення робочого зусилля -  $D = 40$  мм, мінімальний з стандартних.

Всі геометричні параметри візьмемо з [Анурьев т.3 ст. 420 таб. 37].

Таким чином візьмемо для:

вузла створення робочого зусилля *Циліндр 7021-0061 ГОСТ 19897-74.*

Дійсне робоче навантаження, що створює пневмоциліндр:

$$P = p \cdot S_e = p \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{2} = 10 \cdot \frac{\pi \cdot 10^2}{2} \approx 1500 \text{ Н}.$$

### 1.1.1

### Вибір робочої рідини гідроциліндру

Робоча рідина гідроприводів повинна мати хороші властивості для змащування по відношенню до матеріалів пар тертя і ущільнень. Повинна мати талу зміну в'язкості в діапазоні робочих температур, високий об'ємний модуль пружності. Малу пружність парів і високу температуру кипіння, бути



нейтральними до матеріалів гідравлічних апаратів і захисним покриттям. Володіти високою механічною стійкістю, стабільністю характеристик в процесі зберігання і експлуатації. В найбільшій степені цим вимогам відповідають мінеральні масла і синтетичні рідини на кремнійорганічній основі, що і застосовуються в наш час в якості робочих рідини об'ємних гідроприводів, що використовуються в загальному машинобудування.

Приведемо основні марки і головні характеристики найбільш часто застосовуваних робочих рідин об'ємних гідроприводів в таб. 1.1.

Таким чином виходячи з:

- умов експлуатації - в приміщенні;
- вихідних параметрів - висока точність при створенні зусилля,

Візьмемо в якості робочого - масло індустріальне 20 по ГОСТ 1707-51.

Таблиця 1.1 - Марки і головні характеристики робочих рідин об'ємних гідроприводів

Марка робочої рідини (масла)	Питома вага, кгс/м <sup>3</sup>	В'язкість при +50°C, сСт	Температура, °C		Границі робочих температур, °C
			застигання	загоряння	
Індустріальне 20 (ГОСТ 1707-51)	890	17...23	-20	170	0 - 90
Індустріальне 30 (ГОСТ 1707-51)	900	27...33	-15	180	10 - 50
Індустріальне 50 (ГОСТ 1707-51)	920	42...58	-20	200	10 - 70
Турбінне 22 (ГОСТ 32-53)	900	20...23	-15	180	5 - 50
Турбінне 46 (ГОСТ 32-53)	920	44...48	-10	195	10 - 50
Трансформаторне (ГОСТ 982-56)	880	9,6	-45	135	-30 - +90

## 1.6 Вибір датчика переміщення

Приймаємо за вимірювальний датчик - датчик індуктивного типу. Індуктивні датчики відрізняються високою точністю, невеликими габаритними розмірами та здатністю вести дистанційне вимірювання.

В індуктивних датчиках лінійне переміщення вимірювального штока перетворюється в зміну індуктивності катушки. Ці датчики виконують простими та диференціальними.

Прості датчики (рис. 9) мають одну катушку. При збільшенні розміру контролюємої деталі 1 вимірювальний шток 2 датчика, переборюючи зусилля пружини 5, буде тиснути на ярів 3, який підвішений на плоскій пружині 4 та може повертатися. Поворот ярора змінює повітряний зазор між магнітною катушкою 6 та ярором, що приводить до зміни індуктивності катушки.

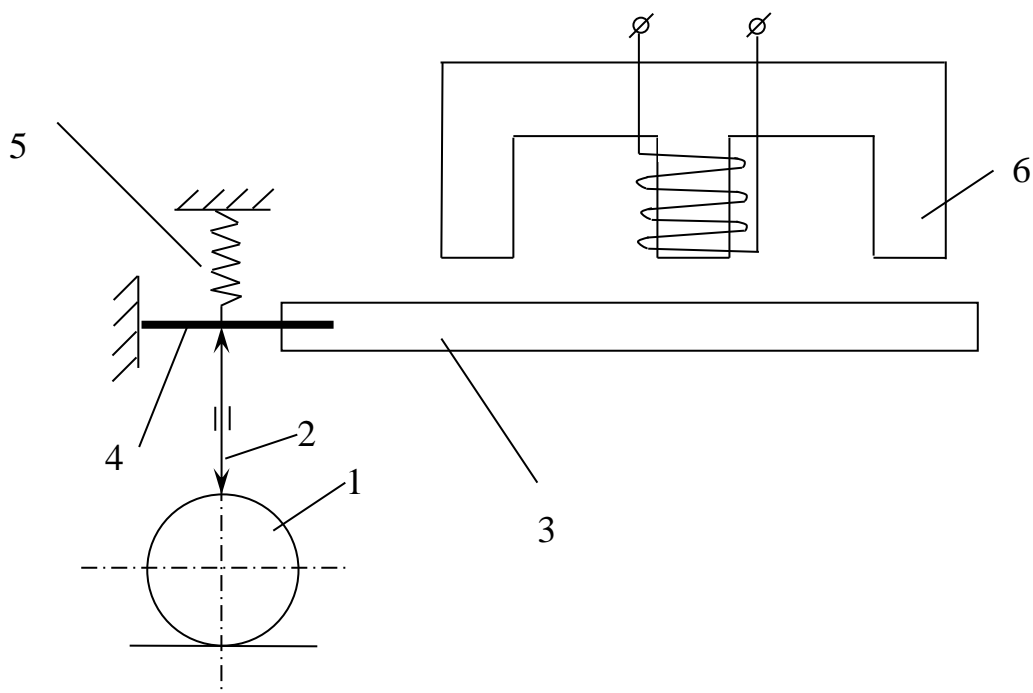
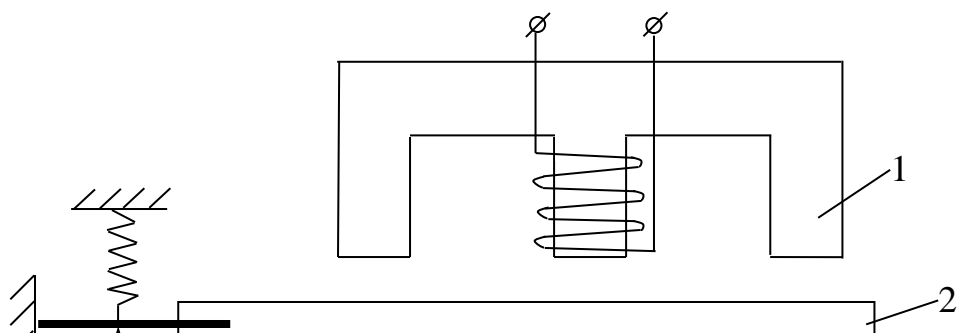


Рисунок 1.9 - Схема простого індуктивного датчика



### Рисунок 1.10 - Схема диференціального датчика

В диференціальному датчику є дві катушки 1 та 3. При переміщенні якоря 2 змінюється індуктивність обох катушок, що дозволяє в два рази збільшити чутливість вимірювальної схеми.

На основі проведено ми вибираємо малогабаритний індуктивний датчик моделі 223 заводу КАЛІБР, конструкція якого приведена на рисунку 1.11. Він є циліндричної форми з габаритними розмірами  $\varnothing 10 \times 75$  мм. Діапазон вимірювання  $\pm 0.1$  мм, вільний хід стержня вимірювання 2 мм, маса 0.05 кг. Зусилля вимірювання  $25 \pm 5$  сН. Основними вузлами індуктивного датчика є стержень вимірювання 3, напрямними якого служать шарики 2, що знаходяться в зазорі між ним та корпусом 4. На нижньому кінці стержня встановлений наконечник вимірювання 1, а на верхньому – феритова втулка 8, що виступає як якорем електромагніта. Магнітопровід виконано в вигляді сталюї втулки 9 і двох феритових шайб 5, між якими розміщена двохсекційна безкаркасна катушка 7. магнітопрвід і катушка зібрані в латунному корпусі 6.

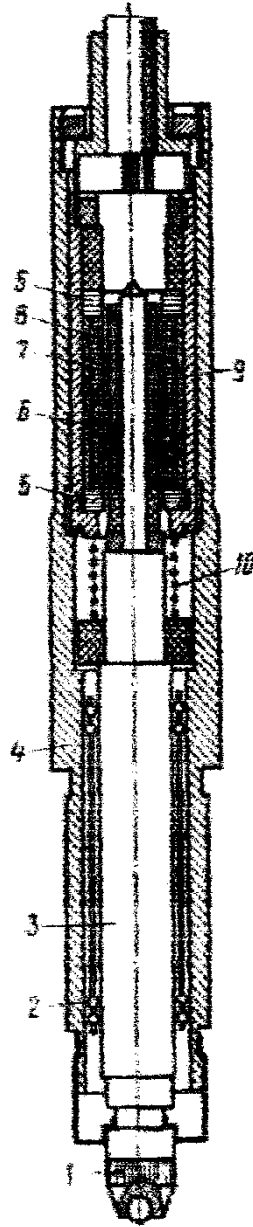


Рисунок 1.11 - Індуктивний датчик мод. 223 заводу Калібр

При переміщенні стержня вимірювання виникає зміна опору магнітопроводу на участках перекриття якоря з феритовими шайбами 5, в результаті чого індуктивність однієї з катушок збільшується, а другої відповідно зменшується. Для створення зусилля вимірювання служить пружина 10. Герметизація корпусу датчика виконана з допомогою резинових прокладок. Ще однією з переваг слід відмітити, що корпус індуктивного датчика крім свого основного значення виконує також і захисну роль від зовнішніх електричних наводок.

### 1.7 Проектування робото-технічного комплексу

Робото-технічний комплекс складається з конвеєра, маніпулятора, пристрою контролю, а також накопичувач бракованих деталей –ящика. Деталі розміщені на конвеєрі на приспособленнях на віддалі кроку одна від одної. Конвеєр робить рух на один крок, та зупиняється. Тоді вступає в роботу маніпулятор. Він захвачує деталь та переміщує її на позицію контролю-вимірювання. Рука маніпулятора розжимається та залишається у такому стані до команди захоплення з столу контролю та переміщення відносно результату вимірювання. Проходить контроль діаметру деталі процес описаний у пінкті Принцип роботи пристрою, рука захвачує її і переміщає назад до конвеєра. При бракованій деталі при повороті руки»маніпулятора вона на куті  $\mathcal{L} = 45^0$  розжимається та деталь вилітає в ящик для браку. Схему роботи робото-технічного комплексу можна зобразити так (рисунок 1.12).

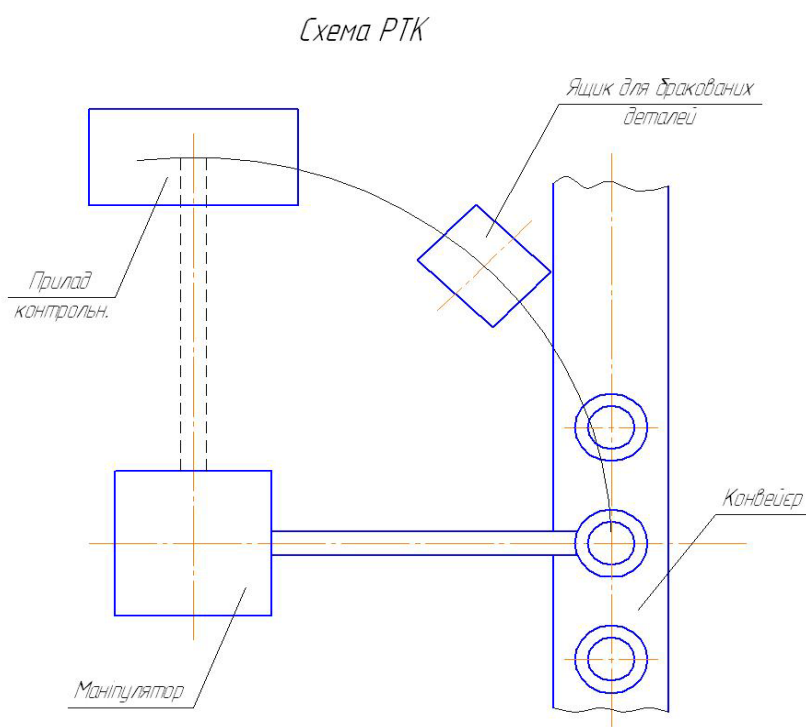


Рисунок 1.12 - Схему роботи робото-технічного комплексу

### 1.7.1 Структурна схема маніпулятора

Викреслюємо структурну схему маніпулятора.

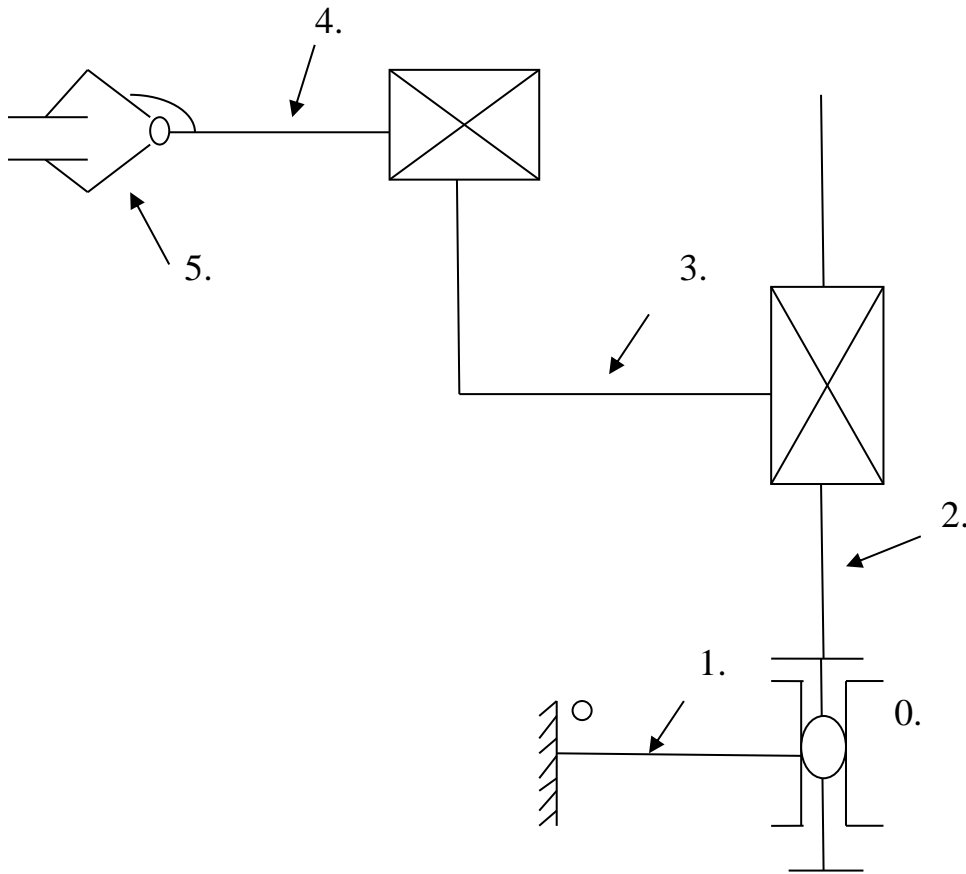


Рисунок 1.13 - Рухи маніпулятора:

О- обертальний;

П- поступальний.

Маніпулятор відноситься до просторових механізмів.

Структурна форма такого механізму має вигляд:

$$W = G_{\text{п}} - 5p_5 - 4p_4 - 3p_3 - 2p_2 - p_1$$

Де: П- число рухомих ланок ;

P5...P1- число кінематичних пар 5...1 класів.

Маєм: П=4, p5=4, тоді

$$W = 6 \cdot 4 - 5 \cdot 4 - 0 = 4.$$

W=4- число степенем свободи .

Число степенем зв'язку.

$$R = 6 - w = 6 - 4 = 2.$$

Маніпулятор складається з таких кінематичних пар.

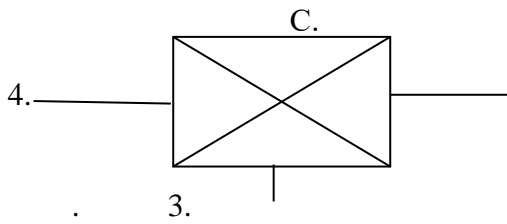


Рисунок А

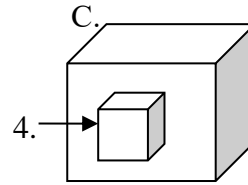


Рисунок Б.

Обертальна пара 5 класу.

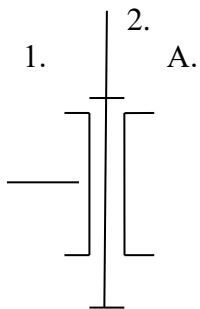


Рисунок В.

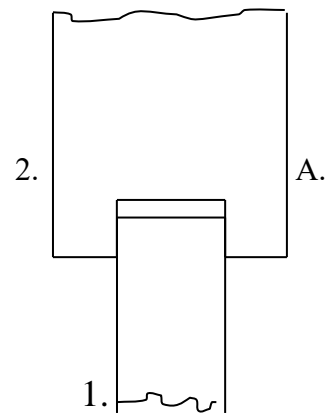


Рисунок Г.

Обертальна пара 5 класу.

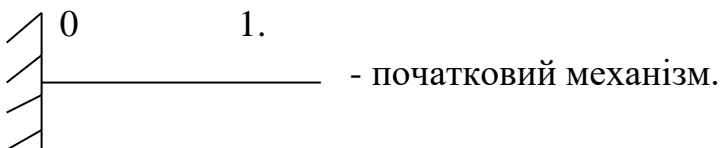


Рисунок Д.

### Рисунок 1.14 – Кінематичні пари

Геометричні розміри, тип робочої зони будимо встановлювати в процесі проектування маніпулятора.

Значення лінійних та кутових швидкостей не будемо визначати, тому що час роботи маніпулятора досить великий (в межах циклу) і всі механізми встигнуть спрацювати.

### 1.7.2 Вибір приводу для переміщень маніпулятора

Проектований маніпулятор відносимо до типу гідромеханічних, отже привід – гідромеханічний.

Широке застосування гідроциліндрів для приводу виконавчих органів маніпулятора подається наступними їх перевагами у наступних системах перед електроприводами (частково й перед пневмоприводами):

- 1) Висока швидко дійсність, він дозволяє отримати високу частоту реверсування при високій позиційній точності.
- 2) Стабільність швидкості при зміні навантаження.
- 3) Великий коефіцієнт підсилення по потужності та високий ККД.
- 4) Добра вагова віддача та мала питома вага гідромашин.
- 5) Застосування гідроциліндрів виключає примінення редукторів.

Недоліки гідроприводу такі.

- 1) Менша ніж в електроприводів, гнучкість ровідників.
- 2) Порівняно мала швидкість передачі гідравлічного імпульсу.
- 3) Складність переключення ланцюгів гідропередачі.
- 4) Багато детальність та конструктивна складність гідравлічних перемикачів, розподільвачів, стабілізуючих та демпфуючих елементів.



Викреслюємо схему гідроприводу.

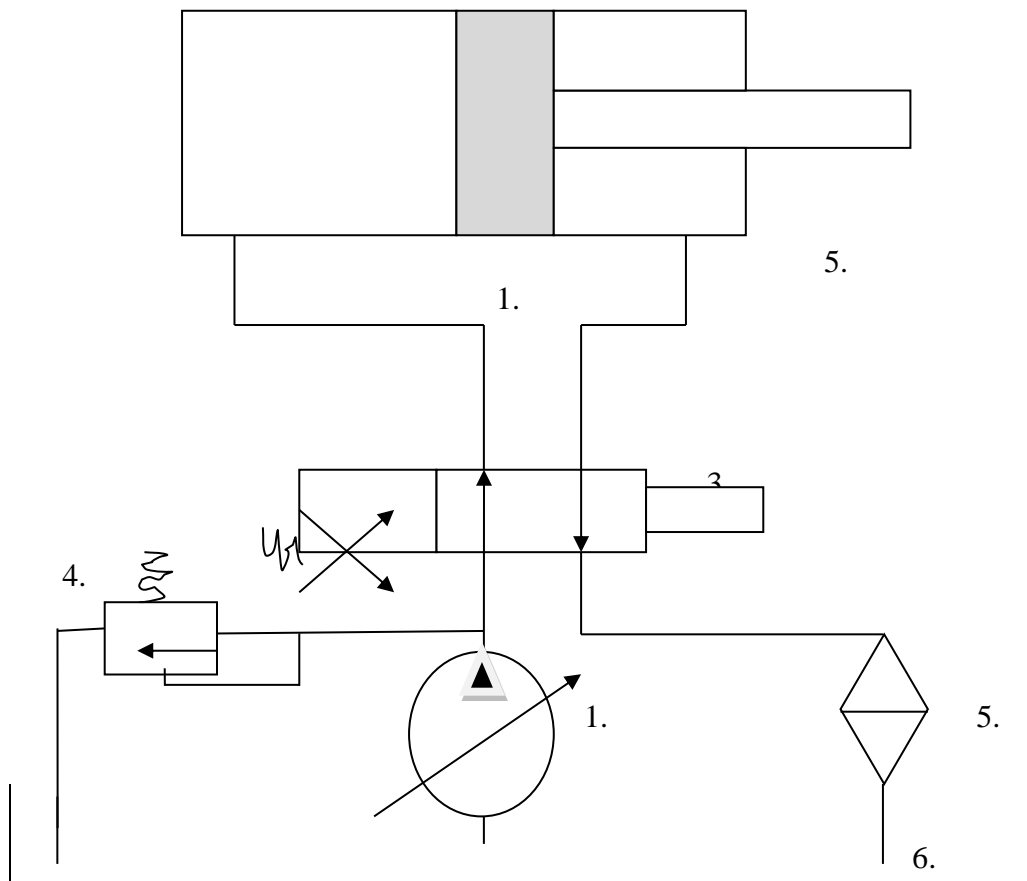


Рисунок 1.15 - Схема гідроприводу

- 1- Регулювальний насос.
- 2- Гідро двигун.
- 3- Гідро розподільник (двохпозиційний з управлінням від кулачка і з пружинним поверненням).
- 4- Клапан запобіжника.
- 5- Фільтр.
- 6- Бак масляний.

Подача насоса буде рівною розрахунку рідини через гідромотор, а саме :

$$Q_H = Q_T = Q \text{ де}$$
$$Q_H = V_{OH} \times P_H \times \eta_{OH}$$

Швидкість поршня гідроциліндра.

$$U_{\Pi} = \frac{Q \eta_o}{S_{\Pi}} = \frac{V_{OH}}{S_{\Pi}} \cdot \Pi_{H} \cdot \eta_o$$

$\eta_o$ - об'ємний ККД гідроприводу.

$Q$ - подача насоса,  $M^3/год$ .

$S_{\Pi}$  – площа січення поршня.

$V_o$  – об'єм робочої камери,  $m^3$ .

### 1.7.3 Проектування захватного пристрою

Велика універсальність маніпуляторів дозволяє переміщати деталі різноманітної форми та розмірів.

Захват та утримання деталі відбувається швидкозмінними або достатньо універсальними захватними механізмами. На практиці широке розповсюдження отримали змінні конструкції захватів. Вибір типу захватного механізму в основному залежить від форми деталі. Приймаємо наступну схему захвату.

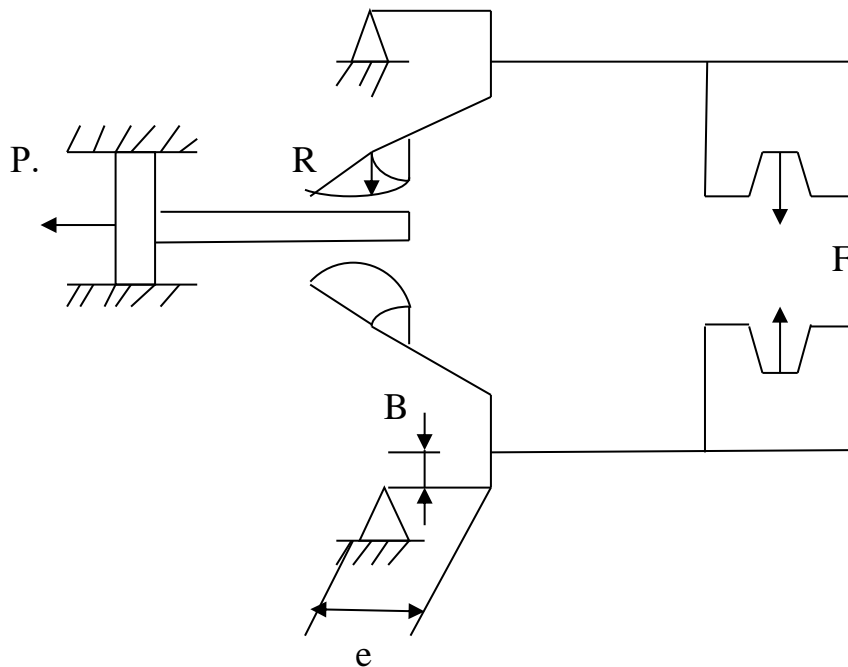


Рисунок 1.16 - Схема захватного пристрою

Маємо такі дані до розрахунку: маса об'єкту маніпулювання – 1кг, максимальне прискорення захвату  $5^m/c^2$ , діаметр деталі (на захваті )  $D=45$ мм. спосіб утримування деталі за рахунок сил тертя з базуванням призмами. Зусилля утримування деталі.

$$F = m(g + a)/27 = \frac{1(9.8 + 5)}{2 * 0.1} = 75H$$

Зусилля приводу .

$$F_{\Pi} = F \cdot i \text{ де: } i = \frac{2e \cos A}{R}$$

З конструктивних міркувань маємо  $e=100$ мм. Кут  $A$  визначаємо, виходячи з максимального переміщення.

$$S = \frac{D}{2} + \Delta = \frac{45}{2} + 12,5 = 35\text{мм.}$$

Де:  $D$ - діаметр деталі на захваті, мм;  $\Delta=12,5$ -додатковий хід для виходу призми від поверхні заготовки мм.

$$\sin A = \frac{S}{e} = \frac{35}{100} = 0.35$$

Звідки  $A=20^{\circ}30'$ .

Радіус зубчастого колеса визначаємо з розрахунку зубчасто –рейкової передачі на гнугтя.

$$m = 14 \sqrt[3]{yF \cdot KF \beta T / Z^2 \varphi \delta F_p}$$

Де:  $Z$ -число зубів;

$y=4,26$ -коефіцієнт форми зуба;

$\varphi_{bd} = v/d = 0.6$  – коефіцієнт ширини вінця.

$KF\beta=1.08$ - коефіцієнт який враховує розподіл навантаження по ширині вінця.

$\delta FP=320$ МПа-допустиме напруження на гнуття (для сталі 40ХН, термообробка поверхневе гартування. СВЧ,  $KFL=1$ ), тоді:

$$m = 14 \sqrt[3]{\frac{4.26 * 1.08 * 75 * 0.10}{17^2 * 0.6 * 320}} = 1.46 \text{мм},$$

Приймаємо  $m=1.5$ мм, тоді

$$R = \frac{mz}{2} = \frac{1.5}{2} \cdot 17 = 12.75 \text{мм}$$
$$F_{\Pi} = \frac{2Fe \cdot \cos A}{R} = \frac{2 \cdot 75 \cdot 100 \cdot 0.9681}{12.75} = 4.24 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

Площа поршня гідроциліндра (тиск масла  $\rho = 12,5$ МПа

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 4.24 \cdot 20^3}{3.14 \cdot 12.5}} = 18.6 \text{мм}$$

Приймаємо  $d=20$ мм.

Ширину губок визначаємо по контактним напруженням.

$$b = 0,418 \sqrt{\frac{FE \cdot 2}{d(\delta_H)^2}}$$

$E=2 \cdot 10^5$ МПа - модуль пружності матеріалу,

$(\delta_H)=650$ МПа – допустиме напруження;

$$KAL \leq 1, \text{ тоді } b = 0,418 \sqrt{\frac{75 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 2}{20 \cdot 650^2}} = 3,7 \text{ мм, приймаємо } b = 5 \text{ мм.}$$

Небезпечним січенням губок буде січення, яке прилягає до зубчастого сектора, що працює на гнуття.

$$h = \sqrt{\frac{12F(e-R)}{v(\delta_{ГН}),де (\delta_{ЗН})}} = 250 \text{ МПа},$$

тоді,

$$h = \sqrt{\frac{12 \cdot 75(100 - 12,75) \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 250}} = 4,12 \text{ мм.}$$

Прийmemo товщину важеля  $h=5\text{мм}$ .

Віддаль між шарнірами  $C=50\text{мм}$ .

Зусилля діюче на шарніри

$$F_M = \frac{F \cdot l}{c} = \frac{75 \cdot 100}{50} = 150 \text{ н.}$$

Діаметр шарнірів вибираємо, виходячи з розрахунку на зріз  $(\delta_{зр})=120\text{МПа}$  – допустиме напруження зрізу для сталі 45.

$$d_M = \sqrt{\frac{4F_M}{\pi(\delta_{зр})}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 150}{3,14 \cdot 120}} = 1,86 \text{ мм,}$$

Приймаємо  $d_M=3\text{мм}$ .

Перевіримо шарніри на зминання.  $(\delta_{зр})=80\text{МПа}$  - для сталі 45.

$$\delta_{зр} = \frac{2F_M}{\pi d_M \cdot v} = \frac{2 \cdot 150}{3,14 \cdot 3 \cdot 5} = 36,8 \text{ МПа} < (\delta_{зр})=80 \text{ МПа.}$$

Для даного захвату будемо мати:

Діаметрів шарнірів –  $\varnothing_M=3\text{мм}$ .

Розміри важелів:  $e \times v \times h=100 \times 5 \times 5\text{мм}$ , діаметер гідроциліндра  $\varnothing_{Ц}=20\text{мм}$ .

## 1.8 Повірка пристрою

### 1.8.1 Умова повірки та підготовка до неї

При проведенні повірки необхідно дотримуватися наступних правил.

- Температура навколишнього середовища повинна бути  $+15^{\circ}\text{C}$  до  $+28^{\circ}\text{C}$ .
- Відносна вологість повітря  $65\pm 15\%$ .
- Атмосферний тиск від 84 до 106 кПа.

Провір'яємий пристрій необхідно встановити на стіл який забезпечує захист пристрою від дії вібрації.

### 1.8.2 Проведення повірки

1 При зовнішньому огляді повинно бути встановлено відповідність пристрою наступним вимогам:

- пристрій повинен бути укомплектований згідно паспортом;
- пристрій не повинен мати механічних пошкоджень, що впливають на його працездатність, а також дефектів лакофарбових покриттів і корозій.

2 Попробувати пристрій з метою повірки взаємодії його окремих елементів.

Випробування необхідно проводити в нормальному робочому положенні на зразкових деталях. При цьому особливу увагу необхідно звертати на плавність переміщення вантажів, на добре переміщення вимірювального важеля з упорами, на забезпечення підрахунку показів по переміщенню на цифровому табло.

3 Визначення похибки пристрою по зразковим деталям проводимо в такі послідовності.

Рух конвеєра, маніпулятора та встановлення деталі на вимірювальну позицію.

Опускання оправки до моменту спрацювання фотодатчика.

Переміщення датчика вимірювання.

Проведення вимірювання з зазором.

Відвід датчика вимірювання.

Опускання оправки до кінцевого моменту (деталь з натягом).

Переміщення датчика вимірювання.

Проведення вимірювання з натягом.

Відвід датчика вимірювання.

Рух маніпулятора та встановлення деталі в залежності від результату.

У процесі повірки провести не менше п'яти вимірювань і тоді абсолютна похибка показів визначається по середньо арифметичному значенню з п'яти вимірювань.

Похибка пристрою при його повірці зразковими деталями не повинна перевищувати значень, вказаних в розділі "Похибка пристрою".

### 1.9 Похибка пристрою

Похибка пристрою визначається за формулою.

$$\delta_{\text{пр}} = \delta_{\text{в.з}} + \sqrt{\sum \delta_{\text{тех}}^2}$$

де:  $\delta_{\text{в.з}}$  - похибка засобу вимірювання, для малогабаритного індуктивного датчика моделі 223 заводу КАЛІБР і вона дорівнює 0,5%.

$\sum \delta_{\text{тех}}$  - сума технологічних похибок, які залежать від конструктивного виконання пристрою вимірювання внутрішніх діаметрів еластичних кілець.

Така похибка в основному буде виникати в механічних з'єднаннях і похибках вузлів та механізмах зокрема гідроциліндр перміщення штоку, та гідроциліндр перміщення індуктивного датчика переміщення розробленого нами пристрою вимірювання внутрішніх діаметрів еластичних кілець, але не буде перевищувати похибку  $\delta_{\text{в.з}}$  - похибка засобу вимірювання. Тому прийmemo, що

$$\delta_{\text{в.з}} = \sum \delta_{\text{тех}} = 0.5 \%$$

Отже похибка пристрою вимірювання внутрішніх діаметрів еластичних кілець:

$$\delta_{\text{пр}} = 0.5 + \sqrt{0.5^2} = 1,00 \%$$

Підвищення ефективності промислових об'єктів йде по шляху вдосконалення як самих технологічних процесів, так як процесів управління ними. Широке впровадження цифрової обчислювальної техніки в автоматизовані системи управління об'єктами відкриває практично необмежені можливості обробки інформації про управляючий об'єкт з метою побудови оптимальних систем управління.

Проектувальники автоматизовуючих систем повинні чітко засвоїти методи та засоби автоматичного контролю, навчитися застосовувати набуті знання на практиці.



## 2 ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА МАТМОДЕЛЮВАННЯ

### 2.1 Постановка задачі

Для забезпечення заданих точнісних характеристик індуктивних датчиків дуже важливим параметром є характеристика індуктивного перетворювача. Статична характеристика залежності вихідної напруги від шляху переміщення сердечника є нелінійною. Згідно [22, с.341] для індуктивного датчика моделі 223 заводу Калібр при зміщенні сердечника на 300 мкм нелінійність характеристики досягає 6 %. Нелінійність менша за 1 % властива незначній ділянці характеристики біля точки балансу. Тому одним із шляхів підвищення точності вимірювання індуктивними датчиками є внесення поправок в результати вимірювання за отриманою апроксимуючою залежністю, отриманою в процесі атестації конкретного датчика.

У ряді випадків вигляд залежності між змінними величинами може бути відомим на основі тих чи інших теоретичних міркувань (наприклад залежність зміни опору від температури в напівпровідникового термоопору). Але нерідко зустрічаються ситуації, коли характер залежності між змінними попередньо невідомий і за даними експерименту необхідно знайти математичний вираз залежності між ними. Якщо характер залежності між змінними величинами відомий, то задача зводиться до визначення постійних коефіцієнтів в рівнянні зв'язку методом найменших квадратів.



Розв'язуючи систему рівнянь (2.3), отримують значення коефіцієнтів  $a_0, a_1, a_2 \dots a_n$ .

Наприклад, якщо залежність між змінними лінійна і виражається рівнянням:

$$\bar{y}_x = a_1x + a_0, \quad (2.4)$$

де  $a_0, a_1$  - постійні коефіцієнти,  
то умова (2.2) буде мати вигляд:

$$Q = \sum_1^N (y - \bar{y}_x)^2 = \sum_1^N (y - a_1x - a_0)^2 = \min. \quad (2.5)$$

Взявши перші похідні від функції (2.5) по коефіцієнтах  $a_0, a_1$  і прирівнявши їх до нуля, після ряду нескладних перетворень отримаємо систему, що складається з двох рівнянь:

$$\begin{cases} \sum_1^N y_i = a_1 \sum_1^N x_i + a_0 N; \\ \sum_1^N y_i x_i = a_1 \sum_1^N x_i^2 + a_0 \sum_1^N x_i. \end{cases} \quad (2.6)$$

Розв'язуючи систему рівнянь (2.6), визначимо коефіцієнти  $a_0$  і  $a_1$ .

Якщо проведеній апроксимуючій кривій відповідає декілька рівнянь, то визначаючи постійні коефіцієнти в кожному з цих рівнянь методом найменших квадратів і оцінюючи адекватність отриманих залежностей, вибирають те рівняння, яке найбільш точно описує шукану залежність. В переважній більшості випадків форму апроксимуючої кривої.

## 2.2 Визначення виду аналітичної залежності і її коефіцієнтів

Розглянемо обробку даних, отриманих для індуктивного датчика моделі 223 заводу Калібр з довідкової літератури. Опис точок взаємодії переміщення сердечника  $W$ , мкм і вихідної напруги  $U$ , В для переміщення дна сильфона, розрахованого в розділі 1, та результати визначення допоміжних коефіцієнтів, що входять в рівняння, аналогічне системі (2.6), отримані з використанням Excel-97, представлені в таблиці 2.1.

Кількість точок взаємодії  $N=10$ .

З врахуванням даних таблиці 2.1 вихідна система рівнянь, для кривої у формі параболи, прийме вигляд:

$$19,9 = 0,2625 a_2 + 0,75 a_1 + 10 a_0 \quad (2.7)$$

$$7,605 = 0,050625 a_2 + 0,2625 a_1 + 0,75 a_0 \quad (2.8)$$

$$1,36725 = 0,01483125 a_2 + 0,050625 a_1 + 0,2625 a_0 \quad (2.9)$$

Таблиця 2.1 – Дані для визначення коефіцієнтів рівняння, що описує характеристику перетворення індуктивного датчика

W	U	U* W	U* W*W	W* W	W*W *W	W*W* W*W
-	-	0,8	-	0,02	-	0,00050
0,15	5,5	25	0,12375	25	0,003375	625
-	-	0,3	-	-	-	-
-0,1	3,1	1	0,031	0,01	-0,001	0,0001
-	-	0,0	-	0,00	-	0,00000
0,05	1,7	85	0,00425	25	0,000125	625
0	0	0	0	0	0	0
0,0	1,	0,0	0,00	0,00	0,000	0,00000
5	8	9	45	25	125	625
-	3,	0,3	0,03	-	-	-
0,1	1	1	1	0,01	0,001	0,0001
0,1	4,	0,6	0,10	0,02	0,003	0,00050
5	5	75	125	25	375	625
-	5,	1,1	0,23	-	-	-
0,2	8	6	2	0,04	0,008	0,0016
0,2	-	1,7	0,43	0,06	0,015	0,00390
5	7	5	75	25	625	625
0,3	8	2,4	0,72	0,09	0,027	0,0081
Сума по стовпцях						
0,7	19	7,6	1,36	0,26	0,050	0,01483
5	,9	05	725	25	625	125

В результаті розв’язку системи рівнянь (2.7) – (2.9) з використанням пакету MathCad 7 Pro отримані наступні результати:

$$a_2 = -21,818 ;$$

$$a_1 = 32,909 ;$$

$$a_0 = 0,095.$$

Графічне представлення, отримане з використанням пакету Математика+ от AV , показане на рис. 2.1.

$U, В$

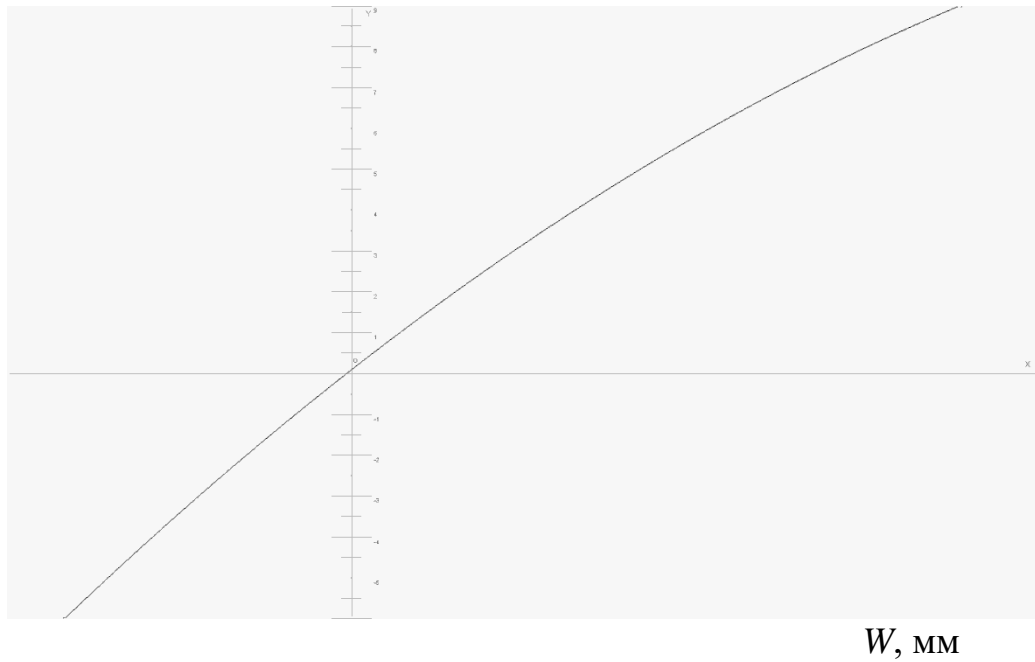


Рисунок 2.1 – Характеристика вимірювального перетворювача індуктивного датчика моделі 223 заводу Калібр

Розрахунок значень відхилень розрахункових точок від теоретичних, представленим рівнянням

$$Q = -21,818 \cdot W^2 + 32,909 \cdot W + 0,095 , \quad (2.10)$$

представлено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

$W$ , мм	$U_{ек}$ сп., В	$U_{роз}$ р., В	$U_{експ. -}$ $U_{розр.}, В$
-		-	
0,15	-5,5	5,332255	-0,167745
-		-	
0,1	-3,1	3,11408	0,01408
-		-	
0,05	-1,7	1,604995	-0,095005
		0,09	
0	0	5	-0,095
0,0		1,68	
5	1,8	5905	0,114095
		3,16	
0,1	3,1	772	-0,06772
0,1		4,54	
5	4,5	0445	-0,040445
		5,80	
0,2	5,8	408	-0,00408
0,2		6,95	
5	7	8625	0,041375
		8,00	
0,3	8	408	-0,00408

Гранична похибка для індуктивного датчика моделі 223 заводу КАЛІБР при зміщенні сердечника на 300 мкм не перевищує 0,5 %.

## 3 ЕЛЕКТРОНІКА, МІКРОПРОЦЕСОРНА ТЕХНІКА ТА САПР

### 3.1 Опис роботи схеми

Даний прилад для вимірювання внутрішнього діаметру еластичних кілець. Контроль відбувається у два етапа вимірювання, спочатку вимірювання діаметра у вільному стані, далі вимірювання діаметра у стані розтягу, коли оправка опускається вниз, що призводить до розтягу кільця. І по результатам вимірювання діаметра у вільному стані та стані розтягу знаходять дійсну величину діаметра.

Роботою в цілому приладу керує розроблений електронний блок який виконує такі функції:

- Запуск і керування установкою;
- Керування гідроприводом;
- Керування датчиком вимірювання;
- Інтерфейс вводу;
- Індикація;
- Зв'язок із персональним комп'ютером (ПК);
- Налаштування параметрів вимірювання безпосередньо через ПК
- Стеження в реальному часі за процесом вимірювання.

Для вимірювання вимірювання внутрішніх діаметрів еластичних деталей використовуємо індуктивний давач лінійного переміщення.



### 3.2 Електрично-функціональна схема та опис принципу роботи

На рисунку 3.1 зображена функціональна схема приладу вимірювання внутрішніх діаметрів еластичних деталей.

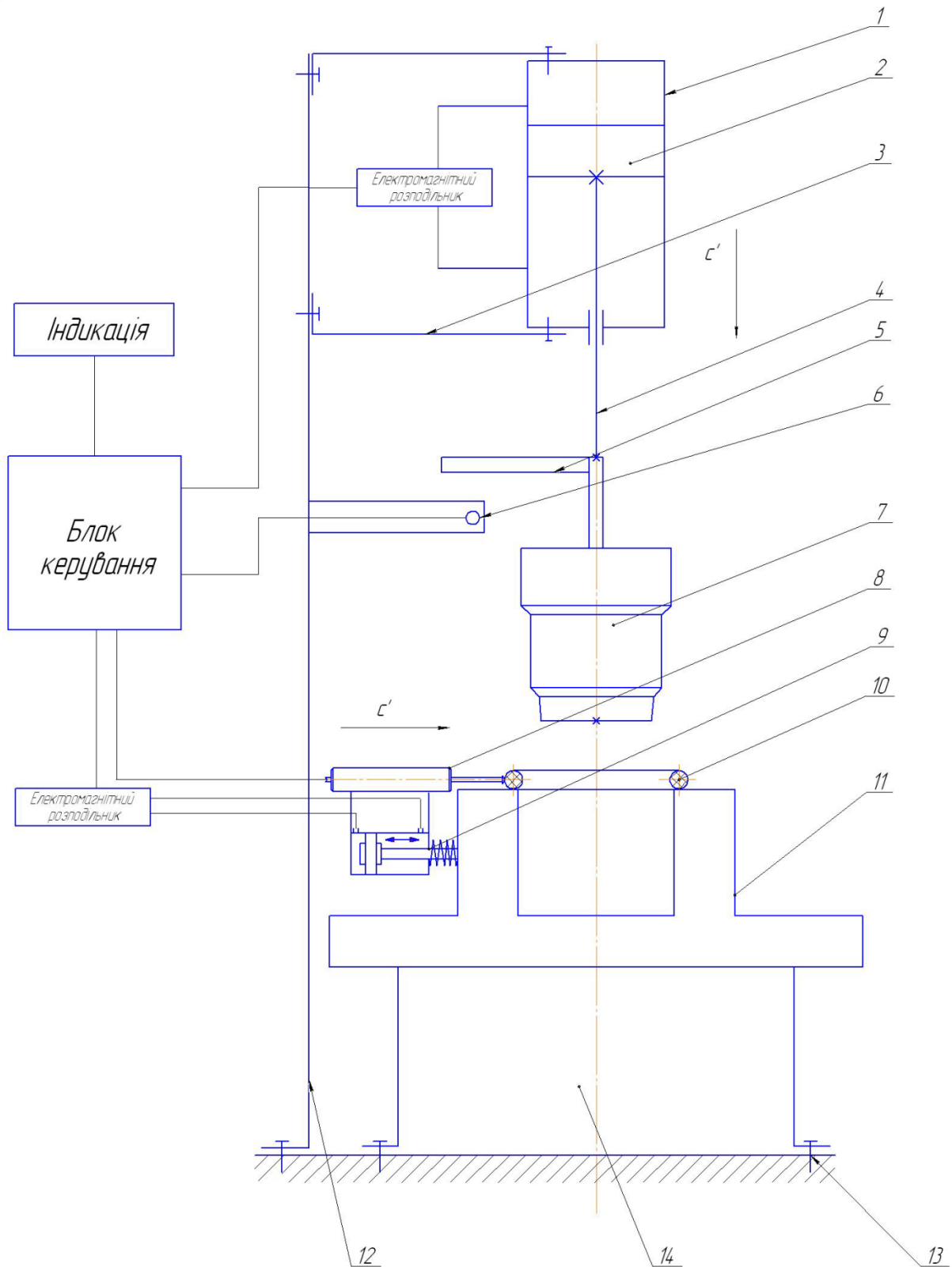


Рисунок 3.1 - Функціональна схема приладу

Пристрій вимірювання внутрішніх діаметрів еластичних деталей складається: 1 – гідроциліндр; 2 – поршень гідроциліндра; 3 – кріплення

гідроциліндра; 4 – шток переміщення; 5 – обмежувач руху штока; 6 – фотодатчик; 7 – оправка (у вигляді ступінчастого конуса); 8 – індуктивний датчик вимірювання; 9 – Система руху датчика вимірювання; 10 – деталь у нашому випадку еластичне кільце 042-050-46-2-8 ГОСТ 18829-73; 11 – контрольний стіл; 12 – основна стійка; 14 – основа.

Принцип роботи пристрою вимірювання внутрішніх діаметрів еластичних деталей (кільце 042-050-46-2-8 ГОСТ 18829-73) можна описати у такій послідовності.

Деталь 10 (кільце 042-050-46-2-8 ГОСТ 18829-73) рухається по конвеєрі. Відбувається зупинка руху у цей момент маніпулятор /Робота технічного комплексу складається з конвеєра, маніпулятора, пристрою контролю, а також накопичувач бракованих деталей –ящика описані наступним пунктом. У цьому ми описуємо тільки процес вимірювання./ переміщає контрольовану деталь на вимірювальну позицію і встановлює її на контрольний стіл 11.

Слідуюча позиція це переміщення гідроциліндром 1, до спрацьовування фотодатчика 6, штока 4 з оправкою 7, підчас зупинки проходить перше вимірювання індуктивним датчиком 8, що підведений з допомогою системи руху 9. Слід відзначити, що деталь у цей момент з зазором встановлена на оправку.

Наступний крок це переміщення на другу вимірювальну позицію, у такій послідовності: коли датчик відведений з блоку керування надходить сигнал про переміщення оправки і встановлення з натягом деталі на другу позицію контролю. Датчик індуктивності знов проводить вимірювання на другій контрольній точці.

Після чого відвід датчика вимірювання, маніпулятор захоплює деталь вивід ступінчастого конуса у початкове положення і переміщення деталі в залежності від результату вимірювання.

### 3.2 Робота принципової схеми

Для роботи кількості виводів мікроконтролера потрібно врахувати кількість виконавчих пристроїв в приладі для вимірювання внутрішніх діаметрів еластичних деталей. Виконавчими пристроями тут виступають:

- індуктивний давач;
- оптопара;
- гідроциліндр;
- електромагнітний розподільник;
- клавіатура;
- LCD;
- UART.

Оптопара підключається до контролера через струмообмежуючий резистор до одного вивода.

Електромагнітний розподільник та гідроциліндр підключаються через драйвер електромагнітного реле до чотирьох виводів контролера. Вимірюванні переміщення, для того щоб вибрати розрядність АЦП (8; 10; 12; 16 - біт).

Діапазон вимірювання переміщення давача: 0...1 мм;

значення вихідної напруги: 0...2.5 В;

З конструктивних міркувань для забезпечення точності вимірювання вибираємо 12-ти бітний АЦП, на молодший розряд перетворення припадає

$$\frac{1\text{мм}}{4096} = \frac{x}{1} \Rightarrow x = \frac{1\text{мм}}{4096} = 0.24 \text{ мкм} \quad (3.1)$$

Розглянемо детально принцип роботи окремих вузлів приладу.

Мікро контролер здійснює вплив на проходження процесу вимірювання за допомогою двох електромагнітів і гідроприводу. Керування електромагнітом здійснюється наступним чином. Сигнал поступає із лінії порта мікроконтролера на гальванічну розвязку, роль якої виконує оптопара, яка призначені для захисту мікро контролера від високих напруг і струмів які протікають в силових електричних колах. Оптопара являє собою світло діод і фото

транзистор. Подача сигналу логічної «1» на вхід оптопари призводить до відкриття вихідного транзистора цієї ж оптопари. Через нього починає текти струм який в свою чергу подається на обмотки реле. Контакти реле замикають електричне коло в якому знаходиться електромагніт.

Керування гідроприводом включає собою керування гідравлічного насосу та гідро розподільником. Гідравлічний насос приводиться у дію електродвигуном, який вмикається за допомогою реле. Реле в свою чергу через гальванічну розв'язку з'єднаний з МК.

### 3.3 Будова мікроконтролера ADUC812

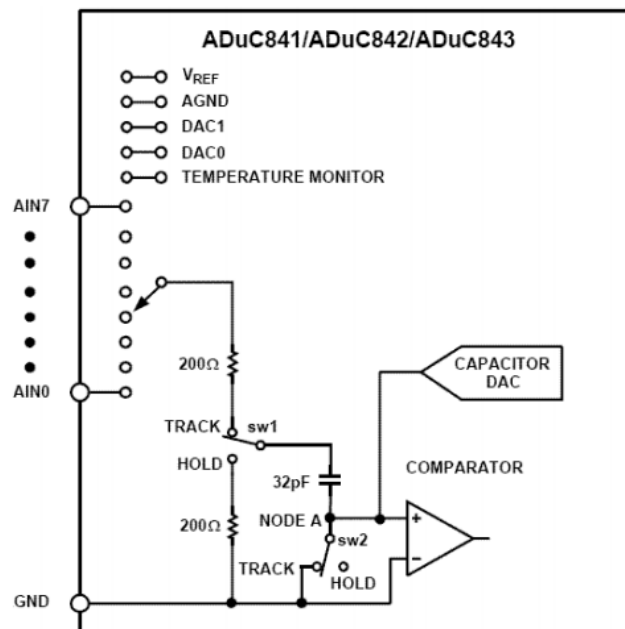


Рисунок 3.2 - Спрощена структурна схема аналого-цифрового перетворювача мікроконтролера

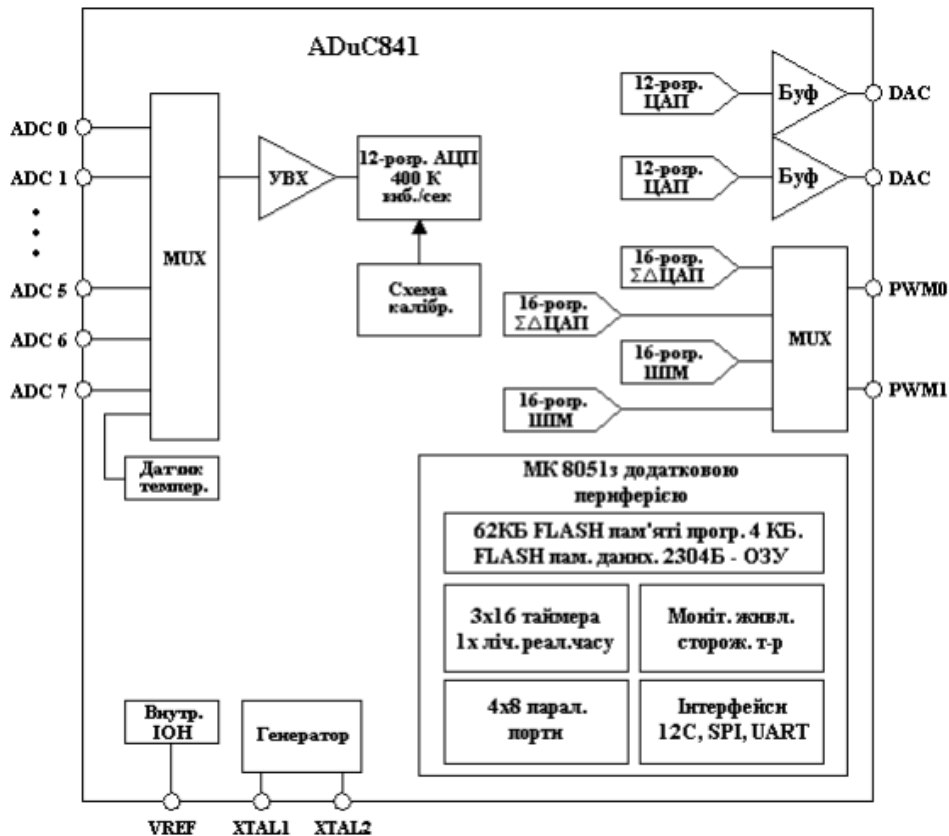


Рисунок 3.3 - Функціональна схема мікроконтролера

Параметри ядра мікроконтролера:

Тип ядра: 8052

Розрядність ядра: 8bit

Тактова частота ядра: 11.0752MHz

Продуктивність: 1MIPS

Число портів вводу/виводу загального призначення: 34шт.

Watch-dog таймер: присутній

Робоча температура експлуатації: -40...85°C

Тип корпусу: QFP-56

Орієнтовна ціна: від 8 до 9USD

Параметри пам'яті даних і пам'яті програм:

Об'єм Flash-пам'яті: 8kB

Параметри ядра:

Прямий доступ до пам'яті: 1каналов

Параметри живлення :

Контролер падіння напруги: єсть

Приведемо характеристики мікроконтролера сімейства MCS-51 ADUC812, який забезпечує вказані вимоги.

Характеристики наступні:

- 12-ти розрядне інтегроване АЦП;
- інтегрований мультиплексом для перемикання входів вимірювального аналогового значення;
- вбудований UART-модуль для реалізації зв'язку ПЕОМ;
- висока продуктивність виконання арифметичних і логічних операцій;
- невисока ціна, у порівнянні з аналогами.

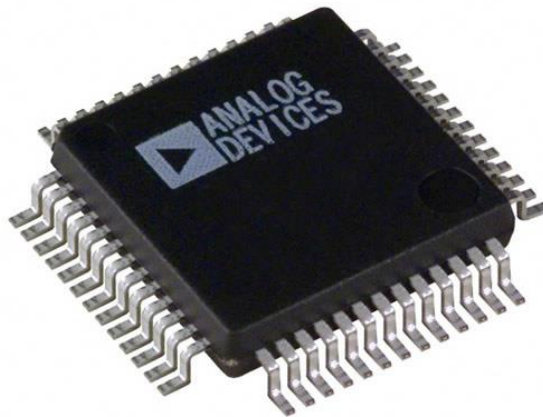
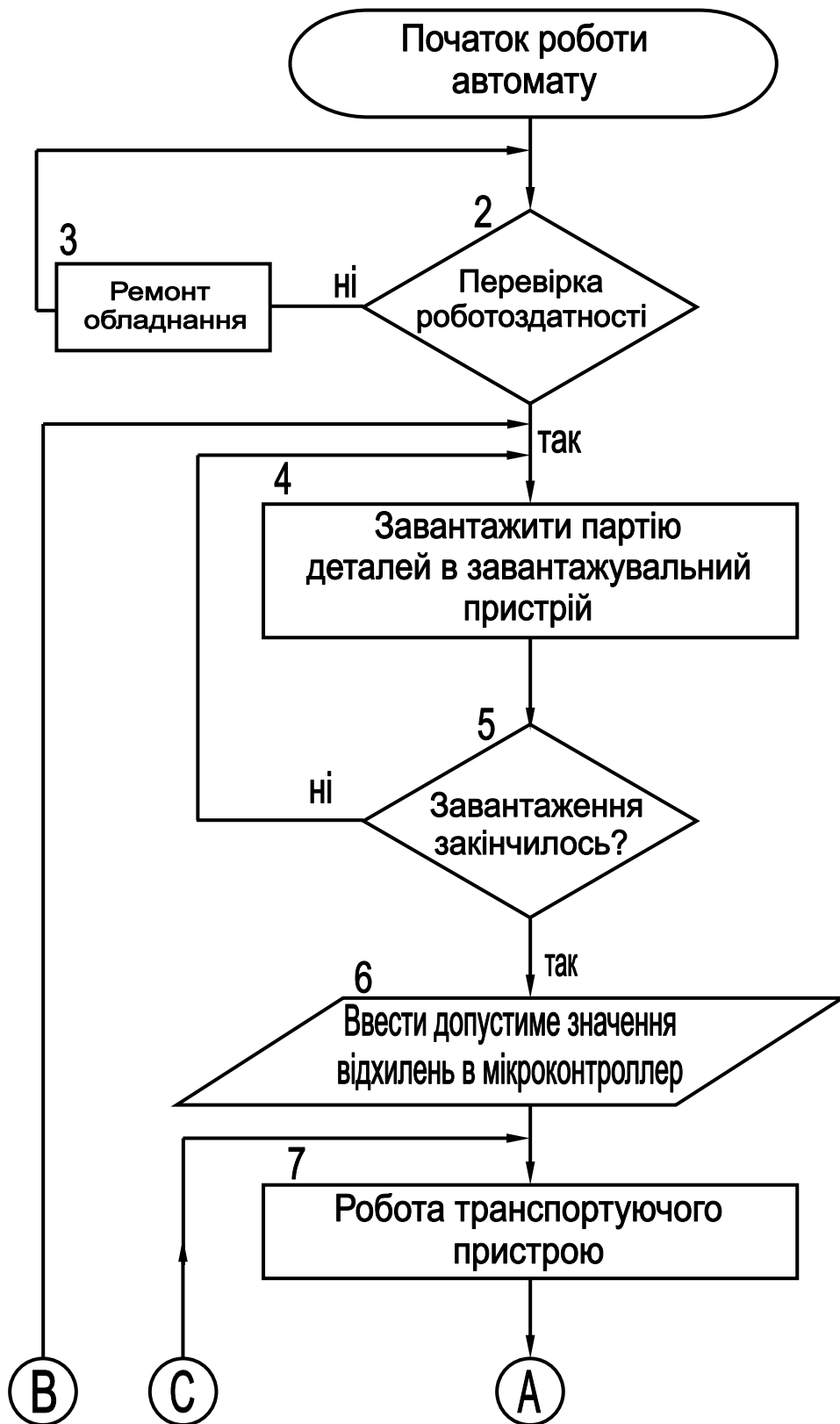
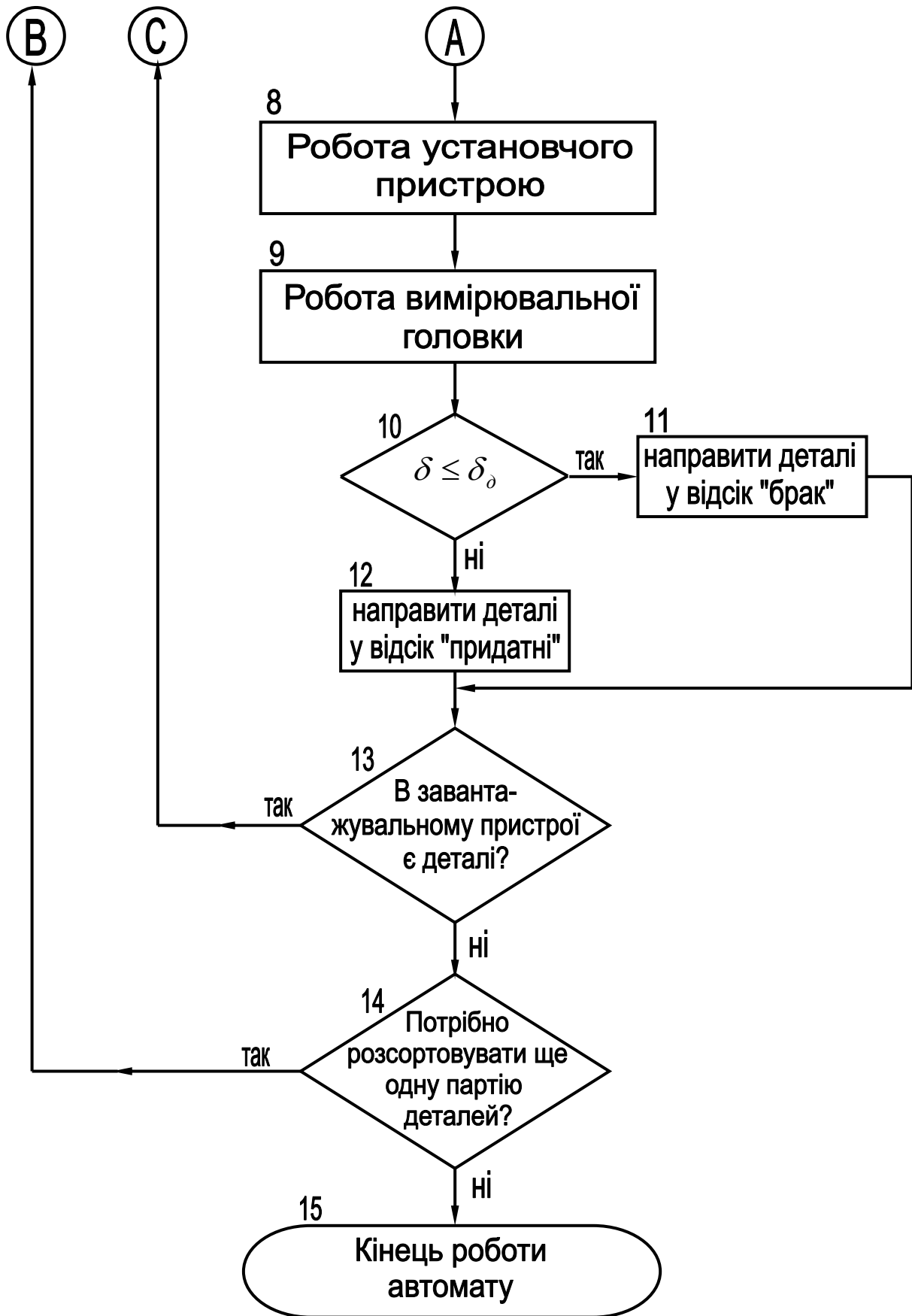


Рисунок 3.4 - Зовнішній вигляд мікроконтролера

### 3.6 Опис алгоритму роботи

Даний алгоритм повинен забезпечувати роботу всіх вузлів електричної схеми і виконавчих органів. Обмін інформації, її обробку, попередження від небезпечних випадків стенду для вимірювання внутрішніх діаметрів еластичних деталей.







## 4 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

4.1 Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення НДР  
Витрати часу по окремих операціях технологічного процесу відображені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Операції технологічного процесу та час їх виконання

№ п/п	Назва операції (стадії)	Виконавець	Середній час виконання операції, год.
1.	Витрати праці на підготовку опису задачі	інженер	5
2.	Витрати праці на розробку конструкційних одиниць	інженер	6
3.	Витрати праці на розробку робочої схеми пристрою	інженер	7
4.	Витрати праці на створення пристрою з врахуванням конструкційних одиниць по робочій схемі	інженер	50
5.	Витрати праці на підготовку документації	інженер	9
6.	Витрати праці на приготування до роботи пристрою та контрольній повірці	інженер	4
<i>Разом</i>			81

4.2 Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи

Відповідно до Закону України “Про оплату праці” заробітна плата – це “винагорода, обчислена, як правило, у грошовому виразі, яку власник або уповноважений ним орган виплачує працівникові за виконану ним роботу”.

Розмір заробітної плати залежить від складності та умов виконуваної роботи, професійно-ділових якостей працівника, результатів його праці та господарської діяльності підприємства. Заробітна плата складається з основної та додаткової оплати праці.

Основна заробітна плата нараховується на виконану роботу за тарифними ставками, відрядними розцінками чи посадовими окладами і не залежить від результатів господарської діяльності підприємства.

Додаткова заробітна плата – це складова заробітної плати працівників, до якої включають витрати на оплату праці, не пов’язані з виплатами за фактично відпрацьований час. Нараховують додаткову заробітну плату залежно від досягнутих і запланованих показників, умов виробництва, кваліфікації виконавців. Джерелом додаткової оплати праці є фонд матеріального стимулювання, який створюється за рахунок прибутку.

При розрахунку заробітної плати кількість робочих днів у місяці слід в середньому приймати – 24,5 дні/міс., або ж 196 год./міс. (тривалість робочого дня – 8 год.).

Місячний оклад кожного працівника слід враховувати згідно існуючих на даний час тарифних окладів. Рекомендовані тарифні ставки: керівник проекту – 4,5...8,0 грн./год., інженер – 3,0...5,0 грн./год., консультант – 3,5...5,5 грн./год., технік – 3,0...4,5 грн./год., лаборант – 2,0...3,5 грн./год.

Основна заробітна плата розраховується за формулою:

$$Z_{осн.} = T_c \cdot K_z, \quad (4.1)$$

де  $T_c$  – тарифна ставка, грн.;

$K_z$  – кількість відпрацьованих годин.

Оскільки всі види робіт в даному проекті виконує інженер, то основна заробітна плата буде розраховуватись тільки за однією формулою:

$$Z_{осн.} = 5 \cdot 81 = 405 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата становить 10–15 % від суми основної заробітної плати.

$$Z_{дод.} = Z_{осн.} \cdot K_{дод.}, \quad (4.2)$$

де  $K_{дод.}$  – коефіцієнт додаткових виплат працівникам, 0,1–0,15 (візьмемо його рівним 0,15).

$$Z_{дод.} = 405 \cdot 0,15 = 60,75 \text{ грн.}$$

Звідси загальні витрати на оплату праці ( $B_{о.п.}$ ) визначаються за формулою:

$$B_{о.п.} = Z_{осн.} + Z_{дод.} \quad (4.3)$$

$$B_{о.п.} = 405 + 60,75 = 465,75 \text{ грн.}$$

Крім того, слід визначити відрахування на соціальні заходи:

- 1) фонд страхування на випадок безробіття – 1,3 %;
- 2) фонд по тимчасовій втраті працездатності – 2,9 %;
- 3) пенсійний фонд – 32,3 %.

У сумі зазначені відрахування становлять 37,5 %.

Отже, сума відрахувань на соціальні заходи буде становити:

$$B_{с.з.} = ФОП \cdot 0,375, \quad (4.4)$$

де  $ФОП$  – фонд оплати праці, грн.

$$B_{с.з.} = 465,75 \cdot 0,375 = 174,65 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки витрат на оплату праці зведемо у таблицю 4.2

Таблиця 4.2 - Зведені розрахунки витрат на оплату праці

№ п/п	Категорія працівників	Основна заробітна плата, грн.			Додаткова заробітна плата, грн.	Нарахув. на ФОП, грн.	Всього витрати на оплату праці, грн. $б=3+4+5$
		Тарифна ставка, грн.	К-сть відпрацьов. год.	Фактично нарах. з/пл., грн.			
<i>A</i>	<i>B</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
1	інженер	5	81	405	60,75	174,7	640,45

#### 4.3 Розрахунок матеріальних витрат

Матеріальні витрати визначаються як добуток кількості витрачених матеріалів та їх ціни:

$$M_{Bi} = q_i \cdot p_i, \quad (4.5)$$

де  $q_i$  – кількість витраченого матеріалу  $i$ -го виду;

$p_i$  – ціна матеріалу  $i$ -го виду.

Звідси, загальні матеріальні витрати можна визначити:

$$Z_{м.в.} = \sum M_{Bi}. \quad (4.6)$$

Проведені розрахунки занесемо у таблицю 4.3

Таблиця 4.3 - Зведені розрахунки матеріальних витрат

№ п/п	Найменування матеріальних ресурсів	Од. виміру	Факт. витрачено матеріалів	Ціна 1-ці, грн.	Загальна сума витрат, грн.
1	2	3	4	5	6
1	Корпус	шт.	1	80	80
2	Диск	шт.	3	11	33
3	Диск	шт.	1	8	8
4	Маховик	шт.	1	400	400
5	Кронштейн	шт.	1	15	15
6	Обжимне кільце	шт.	1	3	3
7	Обойма	шт.	1	6	6
8	Підставка	шт.	1	8	8
9	Підставка	шт.	1	9	9
10	Планка	шт.	3	5	15
11	Світлодіод	шт.	1	13	13
12	Світлоприймач	шт.	1	9	9
13	Стержень	шт.	1	23	23
14	Стійка	шт.	1	17	17
15	Обойма	шт.	1	21	21
16	Труба	шт.	1	8	8
17	Електромагніт ОМ-1037 В-12	шт.	1	225	225
18	Пружина	шт.	1	7	7
19	Кроковий двигун ШДА- 2фКА	шт.	1	140	140
20	Мікроконтролер AT89C5131	шт.	1	365	365
21	Блок живлення	шт.	1	330	330
22	Болт М3х6	шт.	4	1,6	6,4
23	Болт М3х8	шт.	7	1,2	8,4
24	Гайка М8	шт.	1	1,3	1,3

Продовження таблиці 4.3

1	2	3	4	5	6
25	Гайка М10	шт.	3	0,6	1,8
26	Гайка М24	шт.	1	0,8	0,8
27	Гвинт М3х8	шт.	2	0,4	0,8
28	Гвинт М3х10	шт.	2	0,5	1
29	Гвинт М3х12	шт.	2	0,6	1,2
30	Гвинт М8х16	шт.	1	0,8	0,8
31	Опора 7035-0482	шт.	3	3	9
32	Шайба 8	шт.	2	0,6	1,2
33	Шайба 24	шт.	1	0,8	0,8
<b>Разом</b>			<b>54</b>	<b>1715,2</b>	<b>1768,5</b>

4.4 Розрахунок витрат на електроенергію

Затрати на електроенергію 1-ці обладнання визначаються за формулою:

$$Z_e = W \cdot T \cdot S, \quad (4.7)$$

де  $W$  – необхідна потужність, кВт;

$T$  – кількість годин роботи обладнання;

$S$  – вартість кіловат-години електроенергії.

Вартість кіловат-години електроенергії слід приймати згідно існуючих на даний час тарифів (0,30 грн. + 20% ПДВ за 1 кВт). Отже, 1 кВт з ПДВ коштує ,37 грн.

Потужність мого приладу – 0,1 кВт, кількість годин роботи обладнання згідно таблиці 4.1 – 64 годин.

Тоді,  $Z_e = 0,1 \cdot 64 \cdot 0,37 = 2,37$  грн.

#### 4.5 Розрахунок суми амортизації відрахувань

Характерною особливістю застосування основних фондів у процесі виробництва є їх відновлення. Для відновлення засобів праці у натуральному виразі необхідне їх відшкодування у вартісній формі, яке здійснюється шляхом амортизації.

Амортизація – це процес перенесення вартості основних фондів на вартість новоствореної продукції з метою їх повного відновлення.

Комп'ютери та вимірювальні прилади належать до четвертої групи основних фондів. Для цієї групи річна норма амортизації дорівнює 60 % (квартальна – 15 %).

Для визначення амортизаційних відрахувань застосовуємо формулу:

$$A = \frac{B_B \cdot H_A}{100\%}, \quad (4.8)$$

де  $A$  – амортизаційні відрахування за звітний період, грн.;

$B_B$  – балансова вартість групи основних фондів на початок звітного періоду, грн.;

$H_A$  – норма амортизації, %.

Для даного проекту засобом праці є комп'ютер та прилад. Їхня загальна сума становить 8000 грн. Отже, амортизаційні відрахування будуть рівні:

$$A = \frac{8000 \cdot 5\%}{100\%} = 400 \text{ грн.}$$

Оскільки робота виконувалась 64 годин, то амортизаційні відрахування будуть становити:

$$A = \frac{400 \cdot 64}{150} = 170,7 \text{ грн.}$$

#### 4.6 Обчислення накладних витрат

Накладні витрати пов'язані з обслуговуванням виробництва, утриманням апарату управління спілкою та створення необхідних умов праці.

В залежності від організаційно-правової форми діяльності господарюючого суб'єкта, накладні витрати можуть становити 20–60 % від суми основної та додаткової заробітної плати працівників.

$$H_e = B_{o.n.} \cdot 0,2 \dots 0,6, \quad (4.9)$$

де  $H_e$  – накладні витрати.

Отже, накладні витрати:

$$H_e = 320 \cdot 0,4 = 128 \text{ грн.}$$

#### 4.7 Складання кошторису витрат та визначення собівартості НДР

Результати проведених вище розрахунків зведемо у таблицю 4.4.

Собівартість ( $C_B$ ) програмного продукту розрахуємо за формулою:

$$C_B = B_{o.l.} + B_{c.z.} + Z_{m.v.} + Z_e + A + H_e. \quad (4.10)$$

Отже, собівартість програмного продукту дорівнює:

$$C_B = 621 + 232,875 + 4223,7 + 12,70 + 255,6 + 248,4 = 5594,275 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.4 - Кошторис витрат на НДР

Зміст витрат	Сума, грн.	В % до загальної суми
Витрати на оплату праці (основну і додаткову заробітну плату)	368	11,10
Відрахування на соціальні заходи	138	4,16
Матеріальні витрати	1768,5	75,51
Витрати на електроенергію	2,37	0,23
Амортизаційні відрахування	170,7	4,57
Накладні витрати	128	4,43
<b>Собівартість</b>	<b>2575,57</b>	<b>100</b>

#### 4.8 Розрахунок ціни програмного продукту

Ціну НДР можна визначити за формулою:

$$Ц = \frac{C_B \cdot (1 + P_{рен.}) + K \cdot B_{н.і.}}{K} \cdot (1 + ПДВ), \quad (4.11)$$

де  $P_{рен.}$  – рівень рентабельності, 30 %;

$K$  – кількість замовлень, од. (встановлюється лише при розробці програмного продукту та мікропроцесорних систем);

$B_{н.і.}$  – вартість носія інформації, грн. (встановлюється лише при розробці програмного продукту);

$ПДВ$  – ставка податку на додану вартість, (20 %).

Так як мій пристрій не є прикладним, а він створений для контролю роликів, то для розрахунку його ціни не потрібно вказувати коефіцієнти  $K$  та  $B_{н.і.}$ , оскільки їх в даному випадку не потрібно.

Тоді, формула для обчислення ціни програмного продукту буде мати вигляд:

$$Ц = C_B \cdot (1 + P_{рен.}) \cdot (1 + ПДВ). \quad (4.12)$$

Звідси ціна на пристрій складе:

$$Ц = 2575,57 \cdot (1 + 0,3) \cdot (1 + 0,2) = 4017,89 \text{ грн.}$$

#### 4.9 Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень

Ефективність виробництва – це узагальнене і повне відображення кінцевих результатів використання робочої сили, засобів та предметів праці на підприємстві за певний проміжок часу.

Економічна ефективність ( $E_p$ ) полягає у відношенні результату виробництва до затрачених ресурсів:

$$E_p = \frac{\Pi}{C_B}, \quad (4.13)$$

де  $\Pi$  – прибуток;

$C_B$  – собівартість.

Плановий прибуток ( $\Pi_{пл}$ ) знаходимо за формулою:

$$\Pi_{пл} = Ц - C_B. \quad (4.14)$$

Розраховуємо плановий прибуток:

$$\Pi_{пл} = 4017,89 - 2575,57 = 1442,32 \text{ грн.}$$

Отже, формула для визначення економічної ефективності набуде вигляду:

$$E_p = \frac{\Pi_{пл}}{C_B}. \quad (4.15)$$

$$\text{Тоді, } E_p = \frac{1442,32}{2575,57} = 0,56$$

Поряд із економічною ефективністю розраховують термін окупності капітальних вкладень ( $T_p$ ):

$$T_p = \frac{1}{E_p}, \quad (4.16)$$

Термін окупності дорівнює:

$$T_p = \frac{1}{0,56} = 1,8 \text{ роки}$$

**Висновок:**

В цьому розділі дипломного проекту було розраховано основні техніко-економічні показники мого програмного продукту (таблиця 4.5).

**Таблиця 4.5 - Техніко-економічні показники НДР**

№ п/п	Показник	Значення
1.	Собівартість, грн.	2575,57
2.	Плановий прибуток, грн..	1442,32
3.	Ціна, грн.	4017,89
4.	Економічна ефективність	0,56
5.	Термін окупності, рік	1,8

Розраховане значення економічної ефективності становить 0,56, що є високим значенням.

Так само прийнятним є термін окупності. Для даного продукту він становить 1.8 роки.

Отже, даний пристрій може бути впроваджений та мати подальший розвиток, оскільки він є економічно вигідним за всіма основними техніко-економічними показниками.



## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Розрахунок витяжної вентиляції для цеху, дільниці цеху, що проектується, за одним із факторів (шкідливі домішки, надлишкове тепло, надлишкова вологість)

Місцева вентиляція може бути припливною і витяжною.

Місцева припливна вентиляція

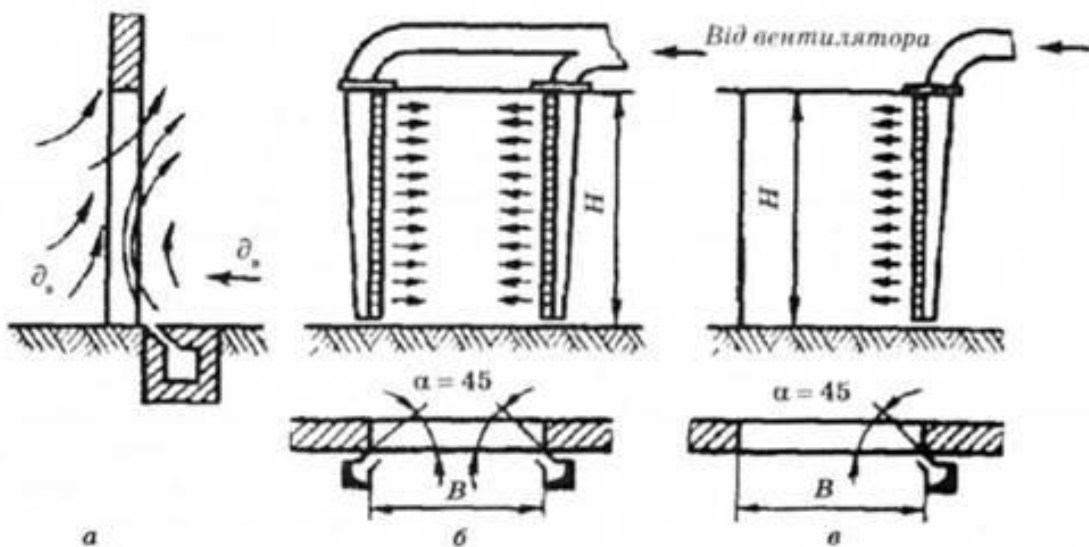
При якій здійснюється концентрована подача припливного повітря заданих параметрів (температури, вологості, швидкості руху), виконується у вигляді повітряних душів, повітряних та повітряно-теплових завіс.

Повітряні душі використовуються для запобігання перегріванню робітників у гарячих цехах, а також для утворення так званих повітряних оазисів (простір виробничої зони, що різко відрізняється своїми фізико-хімічними характеристиками від решти приміщення).

Повітряні та повітряно-теплові завіси (рис. 5.1) призначені для запобігання надходження в приміщення значних мас холодного зовнішнього повітря при необхідності частого відкривання дверей чи воріт. Повітряна завіса створюється струменем повітря, що подається з вузької довгої щілини, під деяким кутом назустріч потоку холодного повітря. Канал зі щілиною розміщують збоку, знизу чи зверху воріт або дверей.

Місцева витяжна вентиляція

Забезпечує вловлювання шкідливих виділень (газів, парів, пилу) безпосередньо в місцях їх виділення, а відтак запобігає їх поширенню в приміщенні. У промисловості застосовують різноманітні місцеві відсмоктувачі, які можна умовно поділити на відсмоктувачі відкритого та закритого типу (рис. 5.2).



а - з нижньою подачею повітря; б - з боковою двосторонньою подачею повітря; в - з боковою односторонньою подачею повітря

Рисунок. 5.1 - Повітряно-теплові завіси

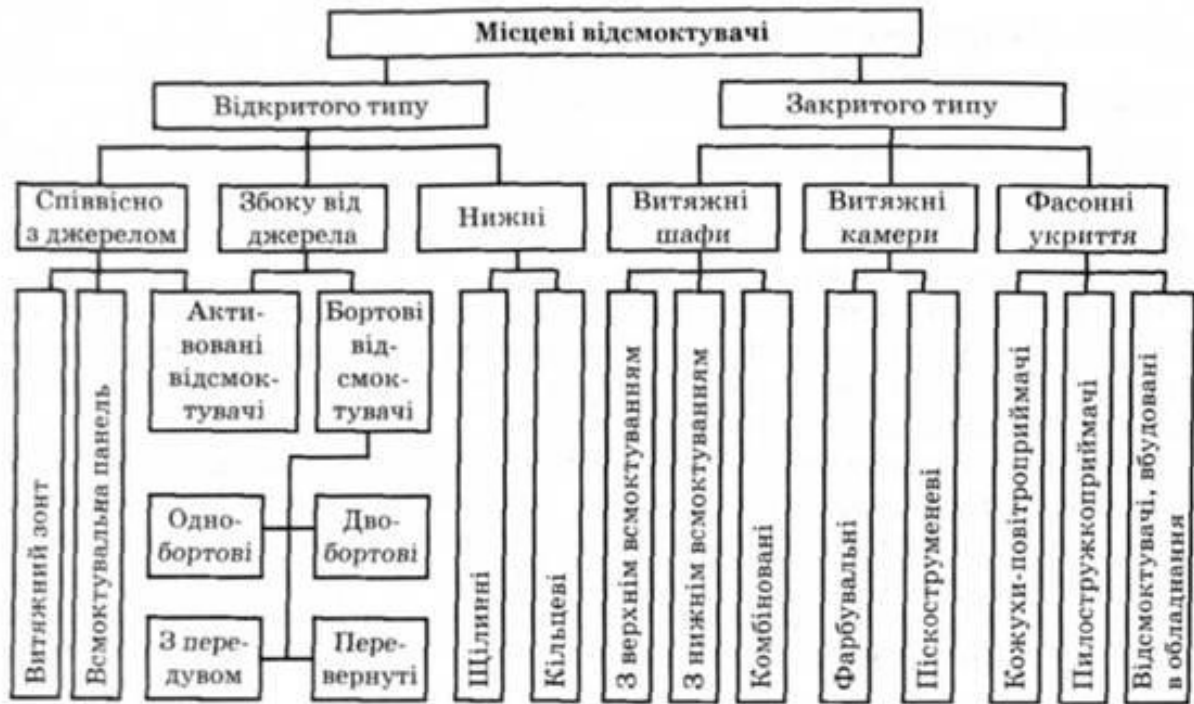


Рисунок 5.2 - Класифікація місцевих відсмоктувачів

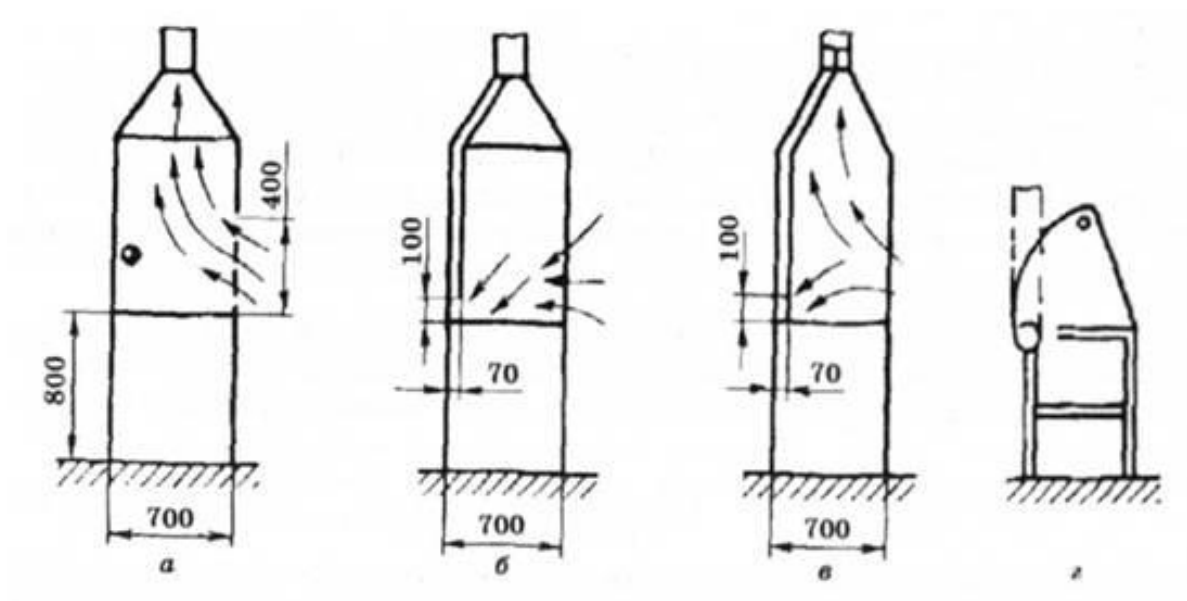
Конструкція місцевої витяжки повинна забезпечити максимальне вловлювання шкідливих виділень при мінімальній кількості вилученого повітря. Крім того, вона не повинна бути громіздкою та заважати обслуговуючому персоналу працювати і наглядати за технологічним процесом. Основними чинниками при виборі типу місцевої витяжки є характеристики шкідливих виділень (температура, густина парів, токсичність), положення робітника при виконанні роботи, особливості технологічного процесу та устаткування.

У випадках, коли джерело виробничих шкідливостей можна помістити всередині простору, обмеженого стінками, місцеву витяжну вентиляцію влаштовують у вигляді витяжних шаф (рис. 5.3), фасонних укриттів, витяжних камер.

Якщо за умовами технології або обслуговування джерело шкідливостей не можна ізолювати, тоді встановлюють витяжний зонг або всмоктувальну панель (рис. 5.4). При цьому потік повітря, що видаляється, не повинен проходити через зону дихання робітника.

Окремим випадком місцевої витяжної вентиляції є бортові відсмоктувачі (рис. 5.5), якими обладнують ванни (гальванічні, травильні тощо) чи інші ємності з токсичними рідинами, оскільки необхідність використання при їх завантаженні підйомно-транспортного обладнання унеможливає облаштування витяжних зонтів чи всмоктувальних панелей. При ширині ванни 1 м і більше необхідно встановлювати бортовий відсмоктувач з передувом (див. рис. 5.6, в), у якого з одного боку ванни повітря

відсмоктується, а з іншого - нагнітається. При цьому рухоме повітря ніби екранує поверхню випаровування токсичних рідинних продуктів.



а - з верхнім відсмоктуванням; б - з нижнім відсмоктуванням; в - комбіновані; г - зонти-козирок

Рисунок 5.3 - Витяжні шафи

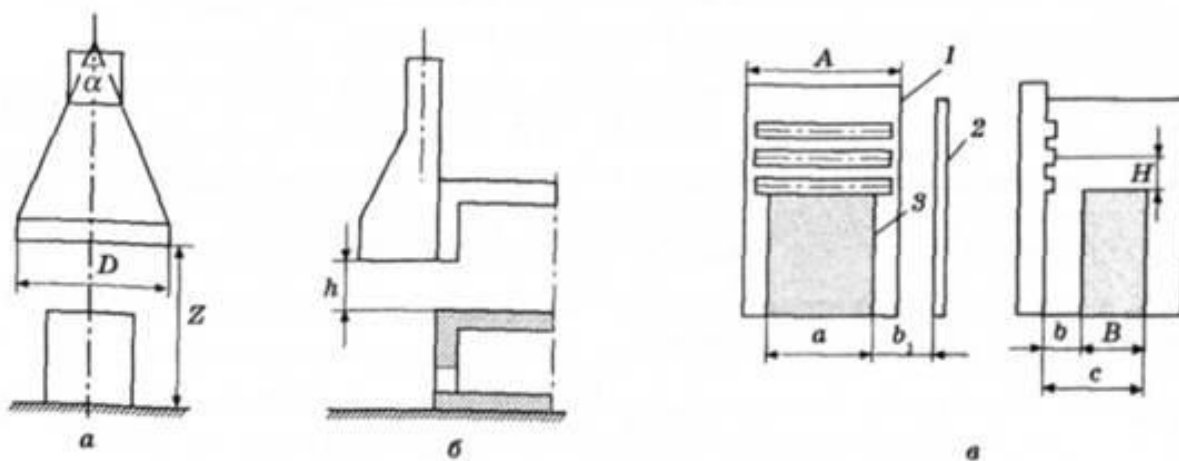
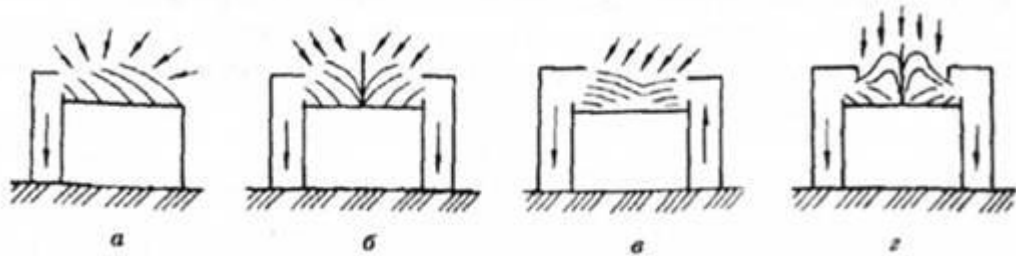


Рисунок 5.4 - Витяжний зонтик над (а) та збоку (б) джерела тепла і всмоктувальна панель (в): 1 - всмоктувальна панель; 2 - екран; 3 - джерело шкідливості



а - однобортвий; б - двобортвий; в - з передувом; г - перевернутий

Рисунок 5.5 - Бортові відсмоктувачі

## 5.2 Дія електричного струму на організм людини

Дія електричного струму на живу тканину на відміну від дії інших матеріальних факторів (пари, хімічних речовин, випромінювання та ін.) носить своєрідний і різнобічний характер. Проходячи через організм людини, електричний струм здійснює термічну, електролітичну і механічну дію. Ці фізико-хімічні процеси притаманні як живій, так і неживій матерії. Одночасно електричний струм здійснює і біологічну дію, яка є специфічним процесом, властивим лише живій тканині:

- термічна дія струму проявляється в опіках окремих ділянок тіла, нагріванні до високої температури кровоносних судин, нервів, серця, мозку та інших органів, які знаходяться на шляху струму, що викликає в них серйозні функціональні розлади;
- електролітична дія струму проявляється в розкладанні органічних рідин, у тому числі і крові, що супроводжується значними порушеннями їх фізико-хімічного складу;
- механічна (динамічна) дія струму виявляється у розриві, розшаруванні та інших пошкодженнях різних тканин організму, в тому числі м'язової тканини, стінок кровоносних судин, судин легеневої тканини та ін.;
- біологічна дія струму проявляється в подразненні й порушенні живих тканин організму, а також у порушенні внутрішніх біоелектричних процесів, що протікають при нормальному функціонуванні організму.

Електричний струм, проходячи через організм, подразнює живі тканини, викликаючи в них відповідну реакцію – збудження, яке є одним з основних фізіологічних процесів і характеризується тим, що живі утворення переходять зі стану відносного фізіологічного спокою в стан специфічної для них діяльності.

Так, якщо електричний струм проходить безпосередньо через м'язову тканину, то збудження, зумовлене подразнюючою дією струму, проявляється у вигляді мимовільного

скорочення м'язів. Це так звана пряма, або безпосередня, подразнююча дія струму на тканини, по яких він проходить

Однак дія струму може бути не тільки прямою, а й рефлекторною, тобто здійснюватися через центральну нервову систему. Інакше кажучи, струм може викликати збудження тих тканин, які не знаходяться у нього на шляху. Справа в тому, що електричний струм, проходячи через тіло людини, викликає подразнення рецепторів – особливих клітин, яких є велика кількість у всіх тканинах організму і які володіють високою чутливістю до дії факторів зовнішнього і внутрішнього середовища.

Центральна нервова система переробляє нервовий імпульс і передає його як виконавчу команду до робочих органів: м'язів, залоз, судин, які можуть знаходитися поза зоною проходження струму.

За допомогою експериментальних досліджень було встановлено, що людський організм починає відчувати подразнюючу дію змінного струму промислової частоти силою 0,6-1,6 мА і постійного струму 5-7 мА. Такі струми не є серйозною небезпекою для діяльності організму людини.

Дослідження з визначення впливу роду струму на безпеку ураження людини показали, що змінний струм частотою 50 Гц є найбільш несприятливим. При збільшенні частоти (вище 50 Гц) сила відчутного і невідпускаючого струмів зростає. Також зростає сила цих струмів при зменшенні частоти. Наприклад, встановлено, що сила фібриляційного струму при 400 Гц приблизно в 3,5 рази перевищує струм при частоті 50 Гц, тому підвищення частоти струму застосовують як один із заходів підвищення електробезпеки.

### 5.3 Види електротравм

Розрізняють три види електротравм: місцеві, загальні і змішані. До місцевих електротравм належать електричні опіки, електричні знаки, металізація шкіри, електроофтальмія і механічні ушкодження, пов'язані з дією електричного струму чи електричної дуги. На місцеві електротравми припадає біля 20% електротравм, загальні - 25% і змішані - 55%.

Електричні опіки - найбільш розповсюджені електротравми, біля 85% яких припадає на електромонтерів, що обслуговують електроустановки. Залежно від умов виникнення опіки поділяються на контактні, дугові і змішані. Контактні струмові опіки більш вірогідні в установках порівняно невеликої напруги - 1...2 кВ і спричиняються тепловою дією струму. Для місць контакту тіла зі струмовідними неізольованими елементами електроустановки характерним є велика щільність струму і підвищений опір - за рахунок опору шкіри. Тому в

місцях контакту виділяється значна кількість тепла, що і призводить до опіку. Контактні опіки охоплюють прилеглі до місця контакту ділянки шкіри і тканин.

Тяжкість ураження при контактних опіках залежить від величини струму та опору його проходженню, а також від часу проходження.

Дугові опіки можуть відбуватися в електроустановках, різних за величиною напруги. При цьому в установках до 6...10 кВ дугові опіки частіше є результатом випадкових коротких замикань при виконанні робіт в електроустановках. При більших значеннях напруг дуга може виникати як безпосередньо між струмовідними елементами установки, так і між струмовідними елементами електроустановки і тілом людини при небезпечному наближенні її до струмовідних елементів.

В першому випадку (дуга між елементами електроустановки) струм через тіло людини не проходить, і небезпека обумовлюється тепловою дією дуги, а в другому (дуга між струмовідними елементами і тілом людини) - теплова дія дуги поєднується з проходженням струму через тіло людини. Дугові опіки, в цілому, значно тяжчі, ніж контактні, і нерідко призводять до смерті потерпілого, а тяжкість уражень зростає зі збільшенням величини напруги.

Електричні знаки (знаки струму або електричні мітки) спостерігаються у вигляді різко окреслених плям сірого чи блідо-жовтого кольору на поверхні тіла людини в місці контакту зі струмовідними елементами. Зазвичай знаки мають круглу чи овальну форму, або форму струмовідного елемента, до якого доторкнулася людина, розмірами до 10 мм з поглибленням у центрі. Іноді електричні знаки можуть мати форму мікроблискавки, яка контрастно спостерігається на поверхні тіла.

Електричні знаки можуть виникати як у момент проходження струму через тіло людини, так і через деякий час після контакту зі струмовідними елементами електроустановки. Особливого больового відчуття електричні знаки не спричиняють і з часом безслідно зникають.

Металізація шкіри - це проникнення у верхні шари шкіри дрібних часток металу, який розплавився під дією електричної дуги. Надрібні частки металу мають високу температуру, але малий запас теплоти. Тому вони нездатні проникати через одяг і небезпечні для відкритих ділянок тіла. На ураженій ділянці тіла при цьому відчувається біль від опіку за рахунок тепла, занесеного в шкіру металом, і напруження шкіри від присутності в ній сторонньої твердої речовини - часток металу. З часом уражена ділянка шкіри набуває нормального вигляду, і зникають больові відчуття.

Особливо небезпечна електрометалізація, пов'язана з виникненням електричної дуги, для органів зору. При електрометалізації очей лікування може бути досить тривалим, а в

окремих випадках -безрезультатним. Тому при виконанні робіт в умовах вірогідного виникнення електричної дуги необхідно користуватись захисними окулярами.

У більшості випадків одночасно з металізацією шкіри мають місце дугові опіки.

Електроофтальмія - запалення зовнішніх оболонок очей, спричинене надмірною дією ультрафіолетового випромінювання електричної дуги. Електроофтальмія зазвичай розвивається через 2-6 годин після опромінення (залежно від інтенсивності опромінення) і проявляється у формі почервоніння і запалення шкіри та слизових оболонок повік, слезоточінні, гнійних виділеннях, світлобоях і світлобоязні. Тривалість захворювання 3...5 днів.

Профілактика електроофтальмії при обслуговуванні електроустановок забезпечується застосуванням окулярів зі звичайними скельцями, які майже не пропускають ультрафіолетових променів.

Механічні ушкодження, пов'язані з дією електричного струму на організм людини, спричиняються непередбачуваним судомним скороченням м'язів у результаті подразнювальної дії струму. Внаслідок таких судомних скорочень м'язів можливі розриви сухожилів, шкіри, кровоносних судин, нервових тканин, вивихи суглобів, переломи кісток тощо. До механічних ушкоджень, спричинених дією електричного струму, не належать ушкодження, обумовлені падінням з висоти, та інші подібні випадки, навіть коли падіння було спричинено дією електричного струму.

Загальні електричні травми або електричні удари - це порушення діяльності життєво важливих органів чи всього організму людини як наслідок збурення живих тканин організму електричним струмом, яке супроводжується мимовільним судомним скороченням м'язів. Результат негативної дії на організм цього явища може бути різний: від судомного скорочення окремих м'язів до повної зупинки дихання і кровообігу. При цьому зовнішні місцеві ушкодження можуть бути відсутні.

Залежно від наслідків ураження розрізняють чотири групи електричних ударів:

I - судомні скорочення м'язів без втрати свідомості;

II- судомні скорочення м'язів із втратою свідомості без порушень дихання і кровообігу;

III - втрата свідомості з порушенням серцевої діяльності чи дихання або серцевої діяльності і дихання разом;

IV - клінічна смерть, тобто відсутність дихання і кровообігу. Клінічна смерть - це перехідний стан від життя до смерті. В стані клінічної смерті кровообіг і дихання відсутні, в організм людини не постачається кисень. Ознаки клінічної смерті: відсутність пульсу і дихання, шкіряний покрив синювато-блідий, зіниці очей різко розширені і не реагують на світло.

Життєдіяльність клітин і організму в цілому ще деякий час підтримується за рахунок кисню, наявного в організмі на момент ураження.

Із часом запаси кисню в організмі вичерпуються, клітини організму починають відмирати, тобто настає біологічна смерть. Період клінічної смерті визначається проміжком часу від зупинки кровообігу і дихання до початку відмирання клітин головного мозку як більш чутливих до кисневого голодування. Залежно від запасу кисню в організмі на момент зупинки кровообігу період клінічної смерті може бути від декількох до 10...12 хвилин, а кисневі ресурси організму, в свою чергу, визначаються тяжкістю виконуваної роботи - зменшуються зі збільшенням тяжкості роботи.

Якщо в стані клінічної смерті потерпілому своєчасно надати кваліфіковану допомогу (штучне дихання і закритий масаж серця), то дихання і кровообіг можуть відновитися, або продовжитись період клінічної смерті до прибуття медичної допомоги.

Закритий масаж серця майже не сприяє відновленню його роботи за наявності фібриляції серця - неупорядкованих скорочень м'язів серця, які не призводять до циркуляції крові. При фібриляції відновлення роботи серця можливе при застосуванні медпрепаратів і дефібриляторів (спеціальних електроприладів). Таким чином, при фібриляції серця закритий масаж сприяє, переважно, подовженню періоду клінічної смерті.

Крім електричних ударів, одним із різновидів загальних електротравм є електричний шок - тяжка нерво-рефлекторна реакція організму на подразнення електричним струмом. При шоку виникають значні розлади нервової системи і, як наслідок цього, розлади систем дихання, кровообігу, обміну речовин, функціонування організму в цілому, а життєві функції організму поступово згасають. Такий стан організму може тривати від десятків хвилин до доби і закінчитись або одужанням при активному лікуванні, або смертю потерпілого.



## 5.4 Безпеки в надзвичайних ситуаціях

### 5.4.1 Безпека виробничої діяльності на підприємствах де використовуються надвисокі частоти

В процесі життя, виробничої та будь-якої іншої діяльності людина постійно перебуває під впливом небезпек, як реальних, так і потенційних. Вивчення цих небезпек, умов, за яких вони здатні реалізуватись, вміння знизити їх негативний вплив сприяло протягом усієї історії виживанню людства і дозволяє йому існувати в сучасних умовах. Однак на сьогодні, у вирішенні цих питань потрібен комплексний науково обґрунтований підхід, який може забезпечити лише безпека життєдіяльності. Безпека життєдіяльності (БЖД) — це галузь науково-практичної діяльності, спрямованої на вивчення загальних закономірностей виникнення небезпек, їх властивостей, наслідків впливу на організм людини надвисоких частот, а також на розробку і реалізацію відповідних засобів та заходів щодо створення і підтримки здорових та безпечних умов життя і діяльності людини де складаються крупногабаритні конструкції. В центрі уваги БЖД — система „людина — життєве середовище”. Під життєвим середовищем розуміють частину зовнішнього середовища, що оточує людину, підтримує її існування, створює умови для діяльності та суспільних відносин і безпосередньо впливає на її життя та здоров'я. Розгляд системи „людина — життєве середовище” можливий як на загальному (комплексному) рівні, так і стосовно підсистем меншого масштабу, що враховують певні особливості та відповідну направленість відносин між двома складовими системи.

В першу чергу необхідно виділити підсистему „людина — природне середовище”, оскільки промислова, технічна та наступна науково-технічна революція настільки озброїли людину технікою, і такою мірою підвищили її могутність, що відносини між людиною та природним середовищем зазнали значної трансформації. Людство опанувало нові види енергії, розробило невідомі природні матеріали і технології, проникло в глибини Землі та космічні простори, підкорило водні і повітряні океани., однак всі ці успіхи мають і зворотню сторону. Сьогодні природний (початковий) стан навколишнього

середовища виявився суттєво порушеним, що спричинило появу нових небезпек природного походження, які не лише негативно впливають на здоров'я людини, але й загрожують її існуванню.

Важливе значення має розгляд підсистеми „людина — виробниче середовище”. Науково-технічний прогрес та пов'язані з ним нові технічні рішення і технології, широке застосування надвисоких частот у різних виробництвах, складання крупногабаритних конструою, створення агрегатів великої потужності, підвищення швидкості роботи устаткування, використання нових матеріалів збільшило кількість виробничих небезпек для здоров'я та життя людей.

Особливе значення у вирішенні питань безпеки життєдіяльності відводиться людині, як елементу системи „людина — життєве середовище”. Згідно з даними статистики більше 50% нещасних випадків у виробничій та побутовій сферах спричинені людським фактором. Високі рівні аварійності, травматизму, несприятливий вплив різноманітних чинників небезпеки на здоров'я та працездатність людини часто зумовлені невідповідністю її психофункціонального стану складності чи інтенсивності роботи, що виконується, розвитком стану нервово-емоційної напруженості, стомленням, стресом тощо. Досить високий відсоток причин, пов'язаних з людським фактором, обумовлюється значними прогалинами в системі освіти та виховання.

Важливим аспектом життєдіяльності є захист населення, об'єктів економіки і в цілому території від негативних наслідків надвисоких частот.

#### 5.4.2 Шкідливість впливу електромагнітних полів та захист від них

Вплив електромагнітних полів (ЕМП) на організм людини залежить від щільності потоку енергії, частоти випромінювання, тривалості впливу, режиму опромінення, розмірів опромінюваної поверхні тіла, індивідуальних особливостей організму.

В зоні впливу ЕМП людина зазнає теплового та біологічного впливу. У джерел ЕМП розрізняють ближню (індукційну) та дальню (випромінювальну) зони впливу. Ближня частота реалізується на віддалі  $r \leq \lambda/6$ , де ЕМП ще не сформувалось. Внаслідок цього одна зі складових поля набагато менша, ніж інша таких джерел ЕМП при впливі на навколишнє середовище слабо виражена магнітна складова напруженості. Тому в 5—8 діапазонах частот ЕМП оцінюється за електричною складовою напруженості поля  $E$ , В/м. В дальній зоні на відстанях  $r \geq \lambda/6$  ЕМП сформувалось, тому тут виражені обидві його складові — електрична та магнітна, тому в 10—11 діапазонах частот ЕМП оцінюється поверхневою густиною потоку енергії (ПГЕ), котра виражається одиницею вимірювання  $\text{Вт}/\text{м}^2$  ( $1\text{Вт}/\text{м}^2=0,1\text{мВт}/\text{см}^2=100\text{мкВт}/\text{см}^2$ ).

Зміна ЕМП викликає нагрівання тканин тіла людини за рахунок змінної поляризації діелектрика (хрящі, сухожилля тощо) та за рахунок появи струмів провідності. Тепловий ефект є наслідком поглинання енергії ЕМП. Надлишкове тепло, котре виділяється в організмі людини, відводиться за рахунок функціонування механізму терморегулювання. Однак, починаючи з певної межі, організм не забезпечує відведення тепла від окремих органів і тому підвищується температура тіла. Перегрівання особливо негативно відбивається на тканинах зі слабо розвиненою судинною системою або з недостатнім кровообігом (очі, мозок, нирки, шлунок, жовчний та сечовий міхур). Опромінення очей викликає каламутність кришталика (катаракта) та втрату зору. Це відбувається у випадку надвисокочастотного опромінення при  $\text{ПГЕ} > 10 \text{ мВт}/\text{см}^2$ .

Тривалий вплив радіохвиль помірної інтенсивності при  $\text{ПГЕ} < 1 \text{ мВт}/\text{см}^2$  не створює теплового впливу, котрий може викликати функціональні зміни в центральній нервовій системі та в серцево-судинній системі. Виникають також

головний біль, швидка втома, погіршення самопочуття, зміни тиску, зміни провідності серцевого м'яза, нервово-психічні розлади. Спостерігаються також трофічні розлади: схуднення, випадання волосся, ламкість нігтів, зміни складу периферійної крові. Ці зміни мають зворотний характер на ранній стадії. Тривалий вплив ЕМП супроводжується фізіологічною адаптацією або послабленням імунологічних реакцій.

Лінії електропередач напругою до 1150 кВ, відкриті роздільні пристрої, до складу котрих входять комунікаційні апарати, пристрої захисту та автоматики, вимірювальні прилади є джерелами електричних полів промислової частоти. Тривалий вплив таких полів знаходить вияв через суб'єктивні розлади (неврози, головний біль у скронях та в потилиці, відчуття в'ялості, розлади сну, погіршення пам'яті, дратівливість, апатія, депресія, серцевий біль, функціональні порушення центральної нервової системи, серцево-судинної системи, зміни складу периферійної крові тощо).

В зв'язку з цими змінами необхідно обмежувати час перебування людей в зоні впливу електричного поля, створюваного струмами промислової частоти напругою понад 400 кВ.

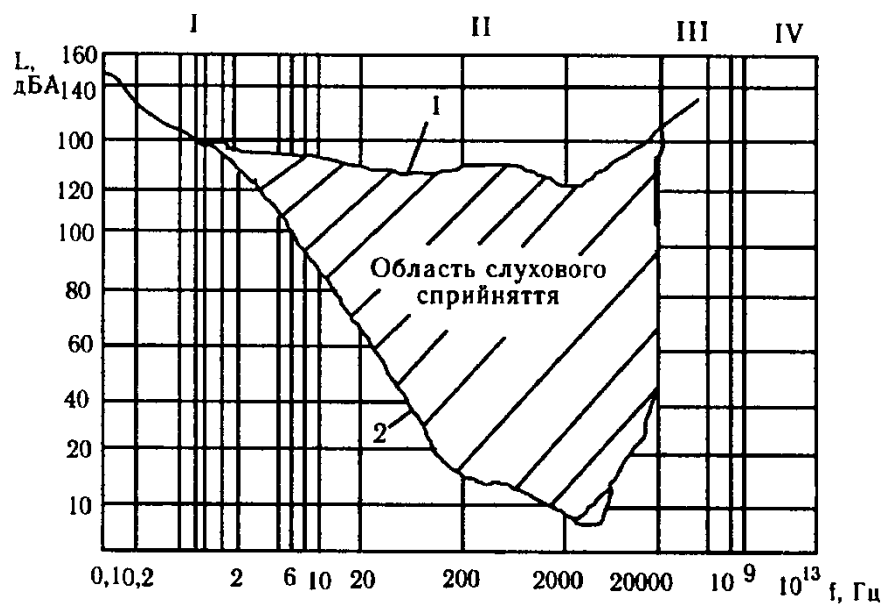
### 5.4.3 Вплив шуму на виробничу діяльність та методи захисту

Шум — це набір звуків різної частоти та інтенсивності. Частина простору, в котрому поширюються акустичні (звукові) хвилі, називається акустичним полем.

Акустичні хвилі поширюються в пружних середовищах — в газах, рідинах, твердих тілах.

Акустичні коливання, котрі лежать в діапазоні частот 16—20 000 Гц, називають звуковими. Вони сприймаються людиною з нормальним слухом. Акустичні коливання з частотою менше 16 Гц називаються інфразвуковими, а понад 20 кГц — ультразвуковими.

Людське вухо здатне сприймати та аналізувати звуки в широкому частотному діапазоні зображеному на рисунку:



I - інфразвукова; II - акустична; III - ультразвукова; IV - гіперзвукова

Рисунок 5.6 -Область звукових коливань

Як видно з рисунка 5.6, область чутних звуків обмежується двома пороговими кривими. Нижня крива називається порогом чутності, а верхня — порогом больових відчуттів. Найнижчі значення порогових значень лежать в діапазоні частот 1—5 кГц.

Порогове значення слуху молодій здоровій людині — 0 дБ на частоті 1000 Гц. Поріг слухового відчуття на частоті 100 Гц вищий, тому що вухо

людини менш чутливе до низькочастотних звуків. Больовий поріг — це звук з інтенсивністю 140 дБ, що відповідає звуковому тиску 200 Па та інтенсивності 100 Вт/м<sup>2</sup>.

Поріг дискомфорту (біль у вусі) відповідає звуковому тиску понад 120 дБ. Шум з рівнем звукового тиску до 30—35 дБ не турбує людину. Підвищення рівня звукового тиску до 40—70 дБ зумовлює значне навантаження на нервову систему, спричиняючи погіршення самопочуття, зниження продуктивності розумової праці. Вплив шуму з рівнем понад 75 дБ протягом тривалого часу викликає погіршення слуху. При дії шуму з високим рівнем (понад 140 дБ) можуть статися розрив барабанних перетинок, контузія, а при шумі з вищим рівнем (понад 160 дБ) може настати смерть.

Прояв шумової патології поділяється на специфічні зміни, які настають в органі слуху і не специфічні, які виникають в інших органах і системах. Шум, котрий є загальнобіологічним подразником, за певних умов може впливати на всі органи та системи організму і викликати фізіологічні зміни. Впливаючи на організм як стрес-фактор, шум викликає зміни реактивності центральної нервової системи, наслідком чого стають розлади функцій органів та систем. Основне значення в розвитку шумової патології має інтенсивність шуму, а також його часотний склад, тривалість щоденного впливу, індивідуальна чутливість.

У деяких людей суттєве ушкодження слуху може настати протягом перших місяців впливу, у інших зниження слуху розвивається протягом всього періоду роботи в шумних умовах поступово.

Зниження слуху на 10 дБ практично не відчувається, на 20 дБ — починає заважати, оскільки це пов'язано з порушенням здатності сприймати звукові сигнали. Опосередковано це може стати причиною нещасних випадків.

Неспецифічні зміни в органах та системах людини особливо проявляються при дії високочастотного шуму. Робітники скаржаться на головний біль, запаморочення, погіршення пам'яті, підвищену втомлюваність, порушення сну, серцебиття та біль в ділянці серця. Спостерігається дисфункція шлунка, зміна кислотності шлункового соку. Загальне захворювання організму

з ураженням органу слуху (специфічний орган шуму) та центральної нервової, серцево-судинної системи (неспецифічні зміни) називають шумовою хворобою.

## **Висновки**

В наш час пильної уваги до себе вимагає підсистема „людина — побутове середовище" з огляду на значний ріст кількості нещасних випадків, травм, каліцтв, смертей саме в цій сфері. Наявність у сучасних квартирах великої кількості побутових електроприладів, предметів, виготовлених із синтетичних матеріалів, широкий спектр засобів побутової хімії суттєво полегшує наше життя, робить його комфортним, але водночас вводить в наш дім цілий комплекс небезпечних та шкідливих факторів: електричний струм, електромагнітне випромінювання, електростатичні поля, підвищений рівень шуму, вібрації, шкідливі речовини, пил та ін.

Особливе значення у вирішенні питань безпеки життєдіяльності відводиться людині, як елементу системи „людина — життєве середовище". Згідно з даними статистики 80—90% порушень режиму роботи теплових електростанцій, 70—80% дорожньо-транспортних подій, 50—65% аварій літаків, більше 50% нещасних випадків у виробничій та побутовій сферах спричинені людським фактором. Високі рівні аварійності, травматизму, несприятливий вплив різноманітних чинників безпеки на здоров'я та працездатність людини часто зумовлені невідповідністю її психофункціонального стану складності чи інтенсивності роботи, що виконується, розвитком стану нервово-емоційної напруженості, стомленням, стресом тощо. Досить високий відсоток причин, пов'язаних з людським фактором, обумовлюється значними прогалинами в системі освіти та виховання.

Важливим аспектом життєдіяльності є захист населення, об'єктів економіки і в цілому території від негативних наслідків надзвичайних ситуацій. Стихійні лиха та природні катаклізми, техногенні та антропогенні аварії і катастрофи, соціальні конфлікти призводять до значних людських жертв, наносять великі матеріальні збитки суспільству. БЖД у сфері надзвичайних

ситуацій базується на концепції запобігання цим ситуаціям, адекватного реагування на них, ліквідації їх наслідків.



## 6 ЕКОЛОГІЯ

### 6.1 Актуальність екологічної проблеми

В сучасний період взаємовідносини між людиною і природою є надзвичайно складними. Внаслідок цього відновлюваний потенціал природи став меншим за дію суспільства на неї, що викликало початок незворотної зміни навколишнього середовища.

Тому в Україні відразу з її незалежністю прийнято кардинальні заходи з екологічної безпеки і прийнято закон про охорону навколишнього середовища.

Зараз особливо відчутний вплив на природу в сфері матеріального виробництва. Про це свідчить досвід України, яка маючи великий промисловий і сільськогосподарський потенціал, стикається з багатьма проблемами екологічного характеру.

В Україні значно ускладнена екологічна обстановка. Причиною цього є катастрофа на ЧАЕС та існування великої кількості атомних виробництв.

Головним джерелом забруднення навколишнього середовища є промислові підприємства. Вони викидають у повітря значну кількість золи, окисів вуглецю, сірки, азоту а також викидають у каналізаційні мережі стічні води, забруднені хімічними відходами.

Велику проблему складає утилізація, складання і знищення відходів промисловості.

На необхідність вирішення зазначених вище екологічних проблем в Україні звернена увага в основних напрямках політики України в галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки, затверджених постановою Верховної Ради України від 5 березня 1998 року №188/98-ВР. Цим документом визначено комплекс заходів, що мають сприяти гармонійному розвитку виробництва та природоресурсного потенціалу України і забезпечувати необхідний рівень екологічної безпеки в Україні.

### 6.2 Правові екологічні норми і закони України

Екологічне законодавство України регулює відносини в галузі охорони навколишнього середовища і раціонального використання природних ресурсів.

Це законодавство складається з багатьох нормативно-правових актів, які визначають шляхи і засоби вирішення екологічних проблем, відзеркалюють екологічну політику держави.

Центральне місце серед активів, що регулюють правоохоронні відносини, займає Конституція України, в викладено заходи екологічної політики України та обов'язок держави, щодо забезпечення екологічної безпеки (ст.16). Основний закон України застерігає від нанесення шкоди, заподіяної довкіллю і покладає на всіх природокористувачів обов'язок відшкодування збитків, а також встановлює гарантії прав людини на безпечне життя і здоров'я довкілля (статті 50,66).

В Україні діє закон "Про охорону навколишнього природного середовища". Діюче екологічне законодавство України в значній мірі оновлено і цей процес продовжується. Його домінуючим моментом є створення правового механізму забезпечення екологічної безпеки.

Особливістю сучасного процесу розвитку екологічного законодавства є збільшення в ньому норм, що забезпечують активне функціонування всієї системи управління охороною навколишнього природного середовища.

### 6.3 Заходи охорони навколишнього середовища

Наявний в даний час у нашій країні комплекс розроблених організаційних заходів і технічних засобів захисту, накопичений передовий досвід роботи ряду обчислювальних центрів (ОЦ) показує, що є можливість досягнути значно більших успіхів в справі усунення впливу на працюючі небезпечні і шкідливі виробничі чинники. Проте стан умов праці і його безпеки в ряді ОЦ ще не задовільняють сучасним вимогам. Оператори ЕОМ, оператори підготовки даних, програмісти і інші робітники ОЦ ще зустрічаються з впливом таких фізично небезпечних і шкідливих виробничих чинників, як підвищений рівень шуму, підвищена температура зовнішнього середовища, відсутність або недостатня освітленість робочої зони, електричний струм, статична електрика й інші.

Багато співробітників ОЦ пов'язані з впливом таких психофізичних чинників, як розумове перенапруження, перенапруження зорових і слухових аналізаторів, монотонність праці, емоційні перевантаження. Вплив зазначених несприятливих чинників призводить до зниження працездатності, викликає розвиток стомлення. Поява і розвиток стомлення пов'язані зі змінами, що виникають під час роботи в центральній нервовій системі, з гальмівними процесами в корі головного мозку. Наприклад, сильний шум викликає труднощі з розпізнаванням колірних сигналів, знижує швидкість сприйняття кольору, гостроту зору, зорову адаптацію, порушує сприйняття візуальної інформації, зменшує на 5-12% продуктивність праці. Тривалий вплив шуму з рівнем звукового тиску 90 дБ знижує продуктивність праці на 30-60 %.

Медичні обстеження робітників ОЦ показали, що крім зниження продуктивності праці, високі рівні шуму призводять до погіршення слуху.

Тривале перебування людини в зоні комбінованого впливу різноманітних несприятливих чинників може призвести до фахового захворювання. Аналіз травматизму серед робітників ОЦ показує, що в основному нещасні випадки відбуваються під впливом необережного або непрофесійного користування лазерними установками.

Безпосередній вплив на людину робить лазерне випромінювання будь-якої довжини хвилі, однак у зв'язку зі спектральними особливостями органів, що уражаються, і істотно різними гранично припустимими дозами опромінення, як правило, розрізняють вплив на очі і шкірні покриви людини.

Основний елемент зорового апарата людини — сітківка ока — може бути уражена лише випромінюванням видимого (від 0.4 мкм) і ближнього ІЧ-діапазонів (до 1.4 мкм), що пояснюється спектральними характеристиками людського ока (рис. 6.1). При цьому хрусталик і очне яблуко, діючи як додаткова фокусуюча оптика, істотно підвищують концентрацію енергії на сітківці, що в свою чергу, на кілька порядків знижує максимально припустимий рівень (МДР) опромінення зіниці.

Крім довжини хвилі  $\lambda$ , необхідно враховувати також тривалість впливу світлового випромінювання. При дуже коротких імпульсах (коли не встигають



спрацювати механізми теплопровідності в області сітківки) нормують густину енергії для видимого випромінювання ( $0.4 < \lambda < 0.7$  мкм) при  $\Delta t < 2 \cdot 10^{-5}$  з МДР опромінення рогівки ока складає  $5 \cdot 10^{-3}$  Дж/м<sup>2</sup>; для ІЧ-випромінювання ( $1.05 < \lambda < 1.4$  мкм) при  $2 \cdot 10^{-5} < \Delta t < 5 \cdot 10^{-5}$  — на порядок більше, тобто  $5 \cdot 10^{-2}$  Дж/м<sup>2</sup>. Якщо тривалість імпульсу перевищує 20 мкс для видимого і 20÷50 мкс для ближнього (до 1.4 мкм) випромінювання, то нормують у першому наближенні густину потужності: для видимого випромінювання МДР складає  $18 \Delta t^{0.75}$  Вт/м<sup>2</sup>; для ІЧ-випромінювання — майже на порядок більше, тобто  $90 \Delta t^{0.75}$  Вт/м<sup>2</sup>.

В усіх розглянутих далі випадках перехідна область спектра — від темно-червоного ( $\lambda > 700$  нм) до цілком невидимого ближнього ІЧ-випромінювання ( $\lambda < 1050$  нм) — характеризується монотонним підвищенням МДР від мінімального значення (для темно-червоного випромінювання) до

максимального (для цілком невидимого ІЧ-випромінювання) за законом  $Z_4=10^{(\lambda-700)/500}$ .

Приведені дані по МДР охоплюють область найбільш критичних значень параметрів опромінення зіниці ока, коли в інтервалі від  $10^{-9}$  до  $10^3$  із причиною ушкодження сітківки є теплова дія сфальцьованого світла при прямому спостереженні лазерного пучка, тоді як надкороткі лазерні імпульси викликають в основному термоакустичний вплив — протоплазма кліток через швидкий розігрів закипає і розриває оболонку. В цьому випадку нормують густину потужності: для видимого випромінювання МДР складає  $5 \cdot 10^6$  Вт/м<sup>2</sup>, для ІЧ-випромінювання —  $5 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup>.

Тривале ( $\Delta t > 10$  с) прямий вплив лазерного випромінювання на сітківку приводить в основному до фотохімічних процесів її руйнування. Щоб уникнути цього (як і у випадку сверхкоротких імпульсів), нормують енергетичну освітленість (експозицію). Для зеленого ( $\lambda = 550$  нм) і більш короткохвильового ( $\lambda > 400$  нм) видимого світла МДР складає 100 Дж/м<sup>2</sup>. Що стосується "теплих" квітів ( $550 < \lambda < 700$  нм), те фотохімічні процеси починають відігравати помітну роль тільки при великих тимчасових впливах лазерного випромінювання ( $T_2 = 10^{0.02(\lambda-500)+1}$  с), і в цьому випадку МДР потрібно зменшити в  $Z_3$  разів ( $C_3 = 10^{0.015(\lambda-550)}$ ).

Надто довгий ( $\Delta t > 10^3 \div 10^4$  с) прямий вплив лазерного випромінювання характеризується малим значенням МДР, а саме 0.01 Вт/м<sup>2</sup> для синьо-зеленого ( $0.4 < \lambda < 0.55$  мкм) випромінювання. Більш довгохвильове видиме випромінювання ( $550 < \lambda < 700$  нм) допускає МДР =  $10^{0.015(\lambda-500)+2}$  Вт/м<sup>2</sup>. У випадку ІЧ випромінювання перехід від експозиційного до потужного обмеження (коли істотну роль грають регенераційні процеси, що компенсують фотохімічне руйнування) здійснюється при  $\Delta t > 10$  с: для  $1.05 < \lambda < 1.4$  мкм МДР складає 16 Вт/м<sup>2</sup>; для  $\lambda > 700$  нм (темно-червоне випромінювання) і  $\lambda < 1050$  нм (ближнє ІЧ-випромінювання) монотонно зростаючий МДР складає  $3.2 \cdot 10^{(\lambda-700)/500}$  Вт/м<sup>2</sup>.

На перераховані МДР опромінення орієнтуються при однократному впливі на око прямого лазерного випромінювання, що фокусується хрусталиком у дуже незначну пляму на сітківці.

При наявності послідовності імпульсів не тільки жоден з них, але й усереднене опромінення не повинні перевищувати МДР.

Якщо тривалість окремих імпульсів перевищує 10 мкс (а частота проходження  $f > 1$  Гц), то для імпульсу тривалістю  $N$  за обмеження опромінення приймають  $(1/N)$ -ю частину МДР.

Найбільш складно визначити МДР для повторюваних серій, що складаються з визначеного числа імпульсів. Коли в серії не більш 10 імпульсів, її прирівнюють до одного еквівалентного імпульсу. При цьому:

- 1) якщо серія менше 10 мкс, то за тривалість еквівалентного імпульсу приймають тривалість самого короткого імпульсу в серії, а за енергетичний вплив — сумарний (повний) енергетичний вплив всієї серії;
- 2) якщо  $\Delta t$  серії більше 10 мкс, то за тривалість еквівалентного імпульсу приймають сумарну тривалість парціальних імпульсів, а за енергетичний вплив — сумарний енергетичний вплив всієї серії.

Якщо в серії більш 10 імпульсів, то МДР розраховують як для одного, нібито безупинного імпульсу, що охоплює всю послідовність.

## ВИСНОВКИ

В дипломно магістерській роботі автоматизований та спроектований прилад для вимірювання внутрішнього діаметру еластичних кілець.

Метою роботи являється підвищення точності вимірювання, це досягається тим, що вимірюють висоту січення кільця в одному і тому ж довільно вибраному місці до і після встановлення еластичного кільця з натягом на циліндричну оправку, і по ступені зміни висоти січення кільця визначають його внутрішній діаметр.

Для визначення діаметрів еластичних деталей використовують в основному не механічні методи вимірювання, бо механічні стиснуть деталь та викривлять результати вимірювань.

Для забезпечення заданих точних характеристик індуктивних датчиків дуже важливим параметром є характеристика індуктивного перетворювача.

Запропоновані пневматичні вимірювальні прилади використовуються для контролю та вимірювання методом порівняння розмірів, відхиляють форми та розташування поверхонь виробів, що забезпечують високу точність та продуктивність контролю та дозволяють здійснювати безконтактні та контактні вимірювання. Для вимірювання внутрішніх діаметрів еластичних деталей використовуємо індуктивний давач лінійного переміщення.

Похибка в основному буде виникати в механічних з'єднаннях і похибках вузлів та механізмах зокрема гідроциліндра переміщення штоку, та гідроциліндра переміщення індуктивного датчика переміщення розробленого нами пристрою вимірювання внутрішніх діаметрів еластичних кілець, але не буде перевищувати похибку дб.з - похибка засобу вимірювання.

Статична характеристика залежності вихідної напруги від шляху переміщення сердечника є нелінійною для індуктивного датчика моделі 223 заводу «Калібр» при зміщенні сердечника на 300 мкм нелінійність характеристики досягає 6 %.

Нелінійність менша за 1 % властива незначній ділянці характеристики біля точки балансу. Одним із шляхів підвищення точності вимірювання індуктивними датчиками є внесення поправок в результати вимірювання за

отриманою апроксимуючою залежністю, отриманою в процесі атестації конкретного датчика.

Гранична похибка при вимірюванні індуктивного датчика моделі 223 заводу «Калібр» при зміщенні сердечника на 300 мкм не перевищує 0,5 %.

Даний алгоритм повинен забезпечувати роботу всіх вузлів електричної схеми і виконавчих органів. Обмін інформації, її обробку, попередження від небезпечних випадків стенду для вимірювання внутрішніх діаметрів еластичних деталей.

В роботі проведено обґрунтування економічної ефективності, розглянуті питання з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, а також екології



## Бібліографія

- 1 Элементы приборов и устройств: Курсовое проектирование. Учебное пособие для студентов вузов в 2-х ч. / Н.П. Нестерова, А.П. Коваленко, О.Ф. Тищенко и др.; под редакцией О.Ф. Тищенко. – М.: Высш. школа, 1978. – 232с.
- 2 Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т.Т.1 / Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К. Мещерякова.-М.: Машиностроение, 1985.-656 с.
- 3 Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т.Т.2 / Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К. Мещерякова.-М.: Машиностроение, 1985.-494 с.
- 4 Справочник конструктора точного приборостроения / Г.А. Веркович, К.Н. Явлинский. - Л.: Машиностроение. 1989. - 792 с.
- 5 Справочник материалов: учебник для вузов. Под общ. ред.Г.С.Писаренко. - Киев: Вища школа. 1979. - 696 с.
- 6 Електричні вимірювання електричних та неелектричних величин / Під ред. Е.С. Поліщука.-К.:Вища школа,1978.-352 с.
- 7 Курсовое проектирование деталей машин. С.А.Черновский, К.Н. Бабаев и др. М.: Машиностроение. 1987. - 116 с.
- 8 Анурьев В.И. Справочник конструктора - машиностроителя. В 3-х т., - М.: Машиностроение. 1982. 576 с.
- 9 Заблонский К.И. Детали машин. - К.: В. школа, 1985. - 518 с.
- 10 Павлице В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. –К.: Вища шк., 1993.-556с.
- 11 Плюсин А. К. , Ерданов В. И. , Пин Л.П. Проектирование механических передач приборов .-М.: Высшая шк.,1967.-346с.
- 12 Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. –5-е изд., перераб. и доп. –М.: Машиностроение, 1979.-557с.
- 13 Справочник конструктора точного приборостроения /Под. ред. К.Н.Явлинского, -П.: Машиностроение, 1989.-789с.

Форм.	Зона.	Познач.	Позначення	Найменування	К-ть.	Примітка
A1				Документація.		
			ДР 019.00.00.000	Складальне кресле		
				Складальні одини		
		1	ДР 019.00.01.000	Гідроциліндр	1	
		2	ДР 019.00.02.000	Фотодатчика	1	
		3	ДР 019.00.03.000	Вузол переміщення	1	
				Деталі.		
		5	ДР 019.00.00.001	Основа	1	
		6	ДР 019.00.00.002	Вимірювальний ст	1	
		7	ДР 019.00.00.003	Стійка	1	
		8	ДР 019.00.00.004	Оправка	1	
		9	ДР 019.00.00.005	Тримач	1	
		10	ДР 019.00.00.006	Стійка замикаюча	1	
		11	ДР 019.00.00.007	Кронштейн	2	
		12	ДР 019.00.00.008	Шток	1	
				Стандартні вироб		
				Болти ГОСТ 1198-80		
		15		M5x25,58	4	
				Гайки ГОСТ 5915-75		
		16		M 6.5	8	
		17		M 8.5	1	
				Гвинти ГОСТ 17473-8		
		18		M5x10,58	4	
		19		M5x15,58	4	
		20		M6x10,58	4	
		21		M8x15,58	2	
ДР 008.00.00.000						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
Розроб.		Груханський М.С			Літ.	Арк.
Перевір.		Дубиняк Т.С.				1
Консультант		Дубиняк Т.С.			ТНТУ ім.І.Пулюя, гр РІм-61	
Н. Контр.		Дубиняк Т.С.				
Затверд.		Паламар М.І.				
Прилад для вимірювання внутрішнього діаметру еластичних кілець						



Форм.	Зона.	Познач.	Позначення.	Найменування.	К-ть.	Примі.
A1				<u>Документація</u>		
			ДР 019.02.00.000 СБ	Складальне креслення.		
				Складальні одиниці		
		1	ДР 019.02.01.000	Пристрій захватний	1	
		2	ДР 019.02.02.000	Напрямна	1	
		3	ДР 019.02.03.000	Гідроциліндр.	3	
		4	ДР 019.02.04.000	Колона	1	
		5	ДР 019.02.05.000	Підставка.	1	
				Деталі.		
		10	ДР 019.02.00.001	Опора.	2	
		11	ДР 019.02.00.002	Вісь	6	
		12	ДР 019.02.00.003	Шестерня.	1	
		13	ДР 019.02.00.004	Рейка.	1	
		14	ДР 019.02.00.005	Ушільнення.	1	
		15	ДР 019.02.00.006	Прокладка.	1	
		16	ДР 019.02.00.007	Кришка.	1	
		17	ДР 019.02.00.008	Втулка.	1	
		18	ДР 019.02.00.009	Корпус	1	
		19	ДР 019.02.00.010	П'ята	1	
		20	ДР 019.02.00.011	Під'ятник	1	
		21	ДР 019.02.00.012	Корпус	1	
		22	ДР 019.02.00.013	Втулка	1	
		23	ДР 019.02.00.014	Противага	1	
		24	ДР 019.02.00.015	Опора	1	

ДР 008.00.00.000

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Розроб.	Ходань М.З.		
Перевір.	Дубиняк Т.С.		
Консультан	Дубиняк Т.С.		
Н. Контр.	Дубиняк Т.С.		
Затверд.	Паламар М.І.		

**Маніпулятор  
напольний**

Літ.	Арк.	Акрушіє
	1	
ТНТУ ім.І.Пулюя, грРІм-61		







