

# ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

**магістр**

(освітній рівень)

на тему: Інформаційно-вимірювальна система для дослідження параметрів шорсткості деталей з плоскими поверхнями

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи РІм  
спеціальності 152  
“Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка”  
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Кащисин А.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Паламар М.І

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Наконечний Ю.І

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет \_\_\_\_\_ прикладних інформаційних технологій та електроінженерії  
Кафедра \_\_\_\_\_ приладів та контрольно-вимірювальних систем  
Освітній рівень \_\_\_\_\_ магістр  
Спеціальність \_\_\_\_\_ 152 “Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка”  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ**

Кашишина Андрія Богдановича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Інформаційно-вимірювальна система для дослідження параметрів шорсткості деталей з плоскими поверхнями

Керівник проекту (роботи) Паламар Михайло Іванович д.т.н., проф. каф. ПВ

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

Затверджені наказом по університету від « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 року № \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом проекту (роботи) 23 грудня 2021 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Авторське свідоцтво

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)  
Вступ, Аналітична частина, Основна частина, Науково-дослідна частина, Спеціальна частина, Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях, Загальні висновки до кваліфікаційної роботи

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



## ЗМІСТ

### РЕФЕРАТ

### ВСТУП

### 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

- 1.1 Результати патентного пошуку
- 1.2 Аналіз аналогів
- 1.3 Вимоги до роботи приладу
- 1.4 Структурна схема робота приладу

### 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

- 2.1 Вузол накопичення деталей
- 2.2 Завантажувачі деталей
- 2.3 Гідропривід переміщення плоского виштовхувача (шибера)
- 2.4 Конструкція лотка
- 2.5 Схема приводу коливання заслонки механізму розсортування
- 2.6 Похибка вимірювання шорсткості
- 2.7 Повірка пристрою

### 3 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

- 3.1 Залежності індуктивності котушки від величини повітряного зазору
- 3.2 Оцінка метрологічних характеристик.
- 3.3 Інформаційне забезпечення для пристрою дослідження параметрів шорсткості деталей з плоскою поверхнею

### 4 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

- 4.1 Опис принципу роботи електронного блоку
- 4.2 Розрахунок елементів схеми електронного блоку
  - 4.2.1 Вибір АЦП
  - 4.2.2 Розрахунок схеми підключення котушок профілометрів
  - 4.2.3 Розрахунок елементів підсилувачів
- 4.3 Опис роботи програмного забезпечення

4.4 Опис роботи підпрограм

4.5 Розрахунок похибок електронного блоку

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

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

5.2 Дія електричного струму на організм людини

5.3 Види електротравм

5.4 Поглиблення протиріч та посилення небезпеки виникнення надзвичайних ситуацій

5.5 Характеристика і причини виникнення надзвичайних ситуацій

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

## РЕФЕРАТ

Згідно з поставленим завданням нами було сконструйовано та розроблено інформаційно-вимірювальну систему для дослідження параметрів шорсткості деталей з плоскими поверхнями прототипом вимірювального пристрою є пристрій згідно з авторським свідоцтвом на винахід №1370442.

Метою винаходу являється підвищення точності вимірювання шорсткості поверхні деталей з плоскими поверхнями. Проведені обчислення в умовних одиницях за даним програмним забезпеченням характеристики профілю, симульованого, є наступними:

- середнє арифметичне абсолютних значень відхилень профілю від середньої лінії  $Ra=0.4294$ ;
- висота нерівностей профілю по десяти точках  $Rz=0.7474$ ;
- лінія виступів  $M=0.8749$ ;
- лінія западин  $m=0.0899$ .

Розроблений електронний блок керування установкою для дослідження параметрів шорсткості дає можливість керувати виконавчими механізмами установки, опитувати зовнішні давачі інформації (два профілометра), виводити отримані дані на індикацію та передавати дані для подальшої обробки та систематизації в ПК.

Дана розробка дозволяє скоротити час дослідження партії деталей і більш ефективно використовувати отримані результати за рахунок використання широких можливостей програмного забезпечення сучасних персональних комп'ютерів. Рекомендується до впровадження в промислових лабораторіях.

## ВСТУП

Широке впровадження цифрової обчислювальної техніки в автоматизовані системи управління об'єктами відкриває практично необмежені можливості обробки інформації для об'єкта, що керується з метою побудови оптимальних систем управління. Але практично реалізація цих можливостей суттєво обмежується номенклатурою та технічними параметрами джерел первинної інформації про стан об'єкту - датчиків, сигналізаторів та більш складних вимірювальних пристроїв.

Проектувальники автоматизованих систем часто стикаються з неможливістю виміряти той чи інший важливий параметр об'єкту або недостатньою точністю та швидкодією існуючих вимірювальних пристроїв.

Основою вибору та застосування засобів контролю різних фізичних величин повинен бути тісний зв'язок з технологічним процесом обробки деталей. По способу зв'язку та дії на технологічний процес засоби автоматичного контролю класифікується наступним чином:

1 Засоби автоматичного контролю, при використанні яких робиться вибірка з оброблених деталей і по результатах вимірювань коректується технологічний процес;

2 Засоби активного контролю, з допомогою яких проводиться переключення режиму або зупинка технологічного процесу при досягненні заданого настройкою параметра;

3 Засоби активного контролю, з допомогою яких здійснюється піднастроювання приладу або регулювання положення інструменту відносно робочої поверхні деталей;

4 Засоби приймального контролю, який передбачає 100 відсотковий контроль деталей з їх сортуванням на групи: "придатні", "брак".

5 Засоби багато діапазонного сортування, які здійснюють розподіл деталей на декілька груп з заданим інтервалом сортування.

По степені автоматизації засоби контролю підрозділяються на візуальні прилади або пристосування, механізовані з світлосигнальною або цифровою індикацією, напівавтомати та автомати.

Степінь необхідної автоматизації контрольованих операцій визначається економічною доцільністю.



## 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

### 1.1 Результати патентного пошуку

Згідно з авторським свідоцтвом на винахід №1370442 ми повинні сконструювати та розробити інформаційно-вимірювальну систему для дослідження параметрів шорсткості деталей з плоскими поверхнями.

Метою винаходу являється підвищення точності вимірювання шорсткості поверхні деталей з плоскими поверхнями.

Пристрій представлено на кресленні формату А-1 та базується на вимірювальній поверхні з допомогою установочних опор 2 та 3. При включенні приводу 5 каретка 4 спочатку переміщує голку контакту 10 та базову опору 11 по еталонній поверхні 17, забезпечуючи контроль настроювання. Потім голку контакту 10 та опору 11 сходять з поверхні 17, проводять вимірювання досліджуваної поверхні.

Сигнали датчиків 6 та 7 після перетворення ланцюгами 18 та 19 та підсилювачами 20 та 21 поступають на суматор 22, з виходу якого знімають сигнал, що характеризує шорсткість, з виходу підсилювача 21 - сигнал, що характеризує хвилястість. Реєстрація та відлік показників забезпечуються блоком 24.

За рахунок балансирів 12, 13 та пружин 14, 15 вимірювання можливе на довільно орієнтованих поверхнях.

На рисунку 1.1 показана схема пристрою, на рисунку 1.2 - схема виконання базової опори та голки контакту; на рисунку 1.3 - вид А з рис. 1.2.

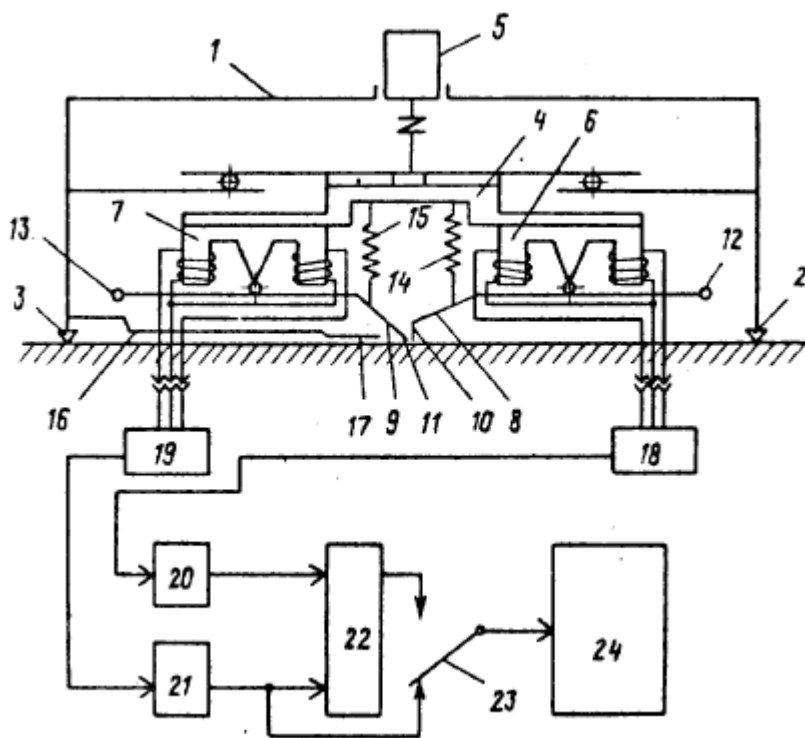


Рисунок 1.1 - Схема пристрою

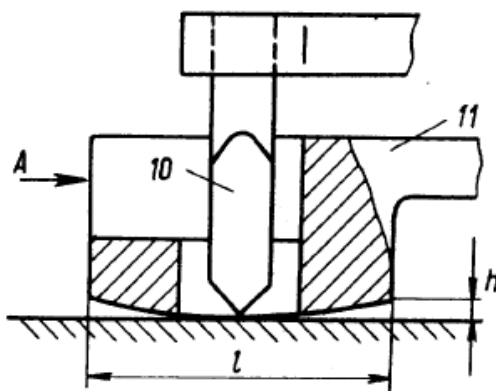


Рисунок 1.2 - Схема виконання базової опори та голки контакту

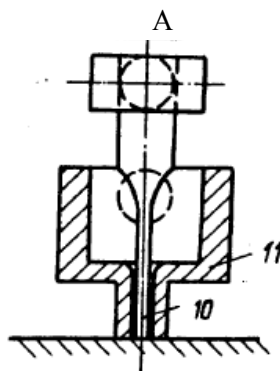


Рисунок 1.3 - Вид А з рис. 1.2

Пристрій складається з корпусу 1, на якому встановлені установочні опори 2 та 3, та каретка 4 з приводом переміщення 5. На каретці 4 в свою чергу кріпляться датчики лінійних переміщень 6 та 7 з чутливими елементами в вигляді дво плечових ричагів 8 і 9, з голкою контакту 10 і базовою опорою 11, з балансирами 12 і 13, та пружинами 14 і 15 які закріплені в корпусі 1. Це дає можливість взаємодії голки контакту 10 і базової опори 11 з пластиною 16 та еталонною поверхнею 17.

Сигнал з датчиків вимірювання 6 і 7, що підключені до вимірювальної ланки 18 і 19 через підсилювачі 20 і 21 і суматор 22 поступає через перемикач на блок реєстрації 24.

Базова опора 11 виконана так, що відношення  $h/l=0.001$ , де  $h$  – висота дуги робочої поверхні,  $l$  – довжина хорди цієї поверхні. Це відношення забезпечує зменшення впливу хвилястості на характеристику шорсткості поверхні що вимірюється.

Пристрій працює наступним чином. В початковому положенні установочні опори 2 і 3 встановлюють на вимірюючи поверхню. При цьому привід 5 утримує каретку 4 в положенні, при якому вимірювальна голка контакту 10 і базова опора 11 взаємодії з еталонною поверхнею 17. При вимірюванні з допомогою привода 5 переміщують каретку 4, голка контакту 10 і базова опора 11 переміщається по еталонній поверхні 17, це забезпечує настройку датчиків 6 і 7, вимірювальної ланки 18 і 19 та підсилювачів 20 і 21. Після чого голка контакту 10 і базова опора 11 сходять з еталонної поверхні 17 і за рахунок пружин 14 і 15 взаємодіє з вимірювальною поверхнею, а сигнали з датчиків 6 і 7, вимірювальної ланки 18 і 19 та підсилювачів 20 і 21 подаються на суматор 22, з виходу якого через перемикач 23 на вхід блока реєстрації 24 поступає сигнал що характеризує шорсткість поверхні, а з вихода підсилювача 21 поступає сигнал, що характеризує хвилястість поверхні. Сбалансовані чутливі елементи 14 і 15 забезпечують вимірювання в довільній орієнтації деталі.

## 1.2 Аналіз аналогів

Параметри та характеристики шорсткості поверхні:

Шорсткість поверхонь - сукупність нерівностей з відносно малими кроками на базовій довжині (рис. 1.4). Параметри та характеристики шорсткості встановлені в ДСТУ 2413-94, а також ДСТУ 2413-94.

За базову лінію для визначення параметрів шорсткості приймається середня лінія m-m. Шорсткість контролюється на будь-якій ділянці обробленої поверхні шириною не менше базової довжини.

Базова довжина  $l$  - довжина базової лінії, на якій визначаються значення параметрів шорсткості поверхонь ( $R_a$ ).

Таблиця 1.1 – Значення базових довжин

Параметр шорсткості, мкм		Базова довжина $l$ , мм
Від 0,008 до 0,02	Від 0,025 до 0,1	0,08
Більше 0,02 до 0,32	Більше 0,1 до 1,6	0,25
--- 0,32 до 2,5	--- 1,8 до 10,0	0,8
--- 2,5 до 10,0	--- 10,0 до 40,0	2,5
--- 10,0 до 80,0	--- 40,0 до 320,0	8,0
--- 80,0 до 100,0	--- 320,0 до 1600,0	25,0

Виступ і западина профілю - частина профілю, обмежена контуром реальної поверхні і середньою лінією. Нерівності профілю утворюються виступами і западинами профілю.

Крок нерівностей профілю  $S_m$  - довжина відрізка середньої лінії, яка перетинає профіль в трьох сусідніх точках і обмежується двома крайніми точками.

Крок нерівностей профілю по вершинах  $S_i$  - довжина відрізка середньої лінії між проекціями на неї найвищих точок сусідніх виступів.

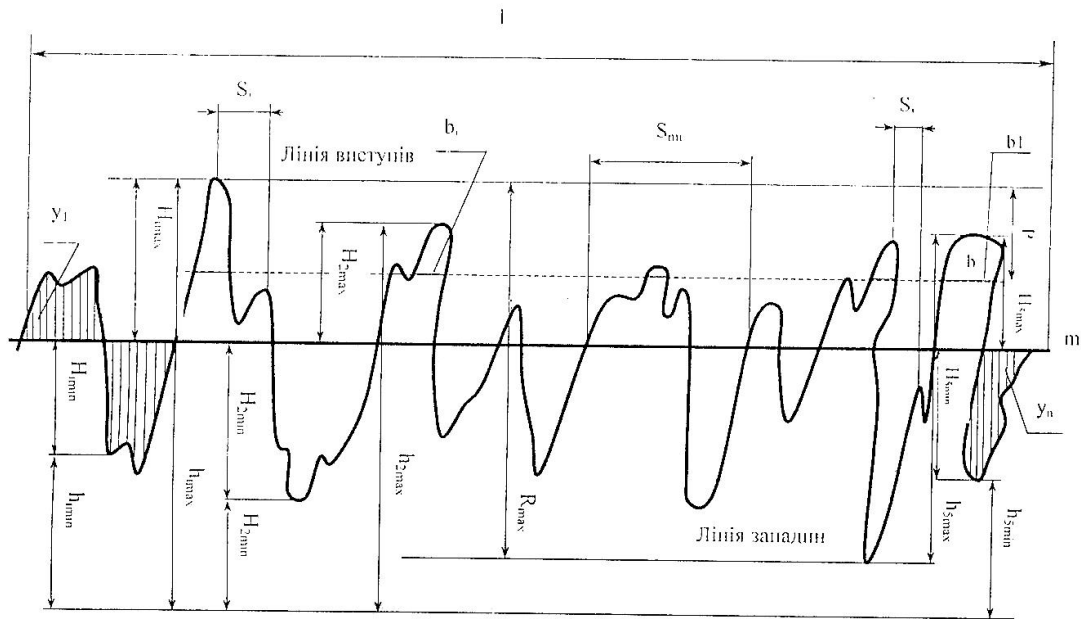


Рисунок 1.4 – Шорсткість поверхні

Для нормування шорсткості поверхні ДСТУ 2413-94 встановлює наступні параметри:  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{max}$ ,  $S_m$ ,  $S$ ,  $tr$ .

Середнє арифметичне відхилення профілю  $R_a$  - середнє арифметичне абсолютних значень відхилень профілю від середньої лінії в межах базової довжини.

$$R_a = \frac{1}{l_0} \int |y(x)| dx;$$

або наближено

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|_{\text{мкм}};$$

де  $l$  - базова довжина, мм.

Висота нерівностей профілю по десяти точках  $R_z$  - сума середніх абсолютних відхилень точок, п'яти найбільших мінімумів  $H_{1min}$  і п'яти найбільших максимумів  $H_{1max}$  в межах базової довжини.

$$R_z = \frac{1}{5} \left( \sum_{i=l}^5 |H_{imax}| + \sum_{i=l}^5 |H_{imin}| \right)_{\text{мкм}}$$

Для середньої лінії, яка має форму відрізка прямої

$$R_z = \frac{1}{5} \left( \sum_{i=l}^5 h_{imax} - \sum_{i=l}^5 h_{imin} \right)_{\text{мкм}}$$

де  $h_{imax}$  і  $h_{imin}$  - відстань до вказаних вище точок профілю від прямої, паралельної середній лінії і яка не перетинає профіль, мкм.

Найбільша висота нерівностей профілю  $R_{\text{max}}$  - відстань між лініями виступів і западин профілю в межах базової довжини.

Середній крок нерівностей  $S_m$  і середні крок нерівностей по вершинах профілю  $S$  – середнє арифметичне значення кроку нерівностей відповідно по середині лінії і по вершинах нерівностей в межах базової довжини.

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=l}^n s_{mi, \text{мм}}$$

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=l}^n S_{i, \text{мм}}$$

Опорна довжина профілю  $\eta_p$  - сума довжини відрізків  $b_1, b_2, \dots, b_i, \dots, b_n$  в межах базової довжини, одержаних внаслідок перетину виступів профілю лінією  $m_p$  - Еквідистантною середній лінії

$$\eta_p = \sum_{i=l}^n b_{i, \text{мм}}$$

Відносна опора довжини профілю  $t_p$  - відношення опорної довжини профілю до базової довжини

$$t_p = \left( \frac{\eta_p}{l} \right) 100 = (10 - 90) \%$$

Рівень січення профілю  $p$  - відстань між лінією виступів профілю і лінією, яка перетинає профіль. Рівень січення профілю виражають в процентах від  $R_{\max}$

$$p = (5 - 90) \% R_{\max}$$

Напрямок нерівностей – умовний малюнок, утворений на поверхні ріжучими елементарними інструмента в процесі обробки.

Назви, умовні позначення на кресленні та схематичні зображення основних типів напрямку: нерівностей згідно ДСТУ 2413-94 приведені в табл.2.

Шорсткість поверхні оцінюють одним або декількома з вище вказаних параметрів  $R_a, R_z, R_{\max}, S_m, S, t_p$ , значення яких приведені в ДСТУ 2413-94 табл.3 [3]. Наприклад, параметр  $R_a$  набуває значень від 100 до 0.008 мкм.  $R_z$  та  $R_{\max}$  - від 1600 до 0.025 мкм.  $S_m$  та  $S$ - від 12,5 до 0.002 мм.

Параметри шорсткості вибирають з врахуванням умов роботи деталі. Як свідчить досвід експлуатації виробів, необхідно застосувати наступні комплекси параметрів шорсткості:

- для поверхонь, які працюють в умовах тертя ковзанки і кочення і зазнають зносу –  $R_a(R_z), t_p$  і напрям нерівності;
- для поверхонь, які зазнають контактних напружень, -  $R_a(R_z), t_p$ ;
- при необхідності забезпечити відносну нерухомість з'єднаних деталей –  $R_a(R_z)$ ;
- для поверхонь деталей, які зазнають змінних навантажень. -  $R_{\max}, S_m(S)$ - напрям нерівностей;
- для поверхонь, утворюють герметичні з'єднання;  $R_a(R_x), t_p$ .

Таблиця. 3 - Числові значення параметрів шорсткості і базової довжини / ДСТУ 2413-94 /

		Висотні параметри, мкм									
Rz:	Rmax	Ra	Rz	Rmax		Ra					
—	1000	100	10,0	1,0	0,100	0,010					
—	800	80	8,0	0,80	0,080	0,008					
—	630	63	6,3	0,63	0,063	—					
—	500	50	5,0	0,50	0,050	—					
—	400	40	4,0	0,40	0,040	—					
—	320	32	3,2	0,32	0,032	—					
—	250	25	2,5	0,25	0,025	—					
—	200	20	2,0	0,20	—	0,020	—				
1600	160	16	1,6	0,16	—	0,016	—				
1250	125	12,5	1,25	0,125	—	0,012	—				
—	—	10,0	—	1,00	—	0,100	—				
—	—	8,0	—	0,80	—	0,080	—				
—	—	6,3	—	0,63	—	0,063	—				
—	—	5,0	—	0,50	—	0,050	—				
—	—	4,0	—	0,40	—	0,040	—				
—	—	3,2	—	0,32	—	0,032	—				
—	—	2,5	—	0,25	—	0,025	—				
—	—	2,0	—	0,20	—	0,020	—				
—	—	1,6	—	0,16	—	0,016	—				
—	—	1,25	—	0,125	—	0,0125	—				
Відносна опора довжини профілю $t_r$ , %											
10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	
Рівень січення P, % від Rmax											
5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90
Базова довжина $l$ , мм											
0,01	0,03	0,08	0,25	0,80	2,5	8	25				
Примітка значення; обведені рамки є переважними при нормуванні параметра Ra.											

Таблиця 1.3 – Числові значення параметрів шорсткості <sup>хні</sup> і базової довжини /ДСТУ 2413-94/

Існує три методи оцінки та вимірювання шорсткості поверхні:



- візуальний (порівняльний):
- безконтактний (оптичний):
- контактний.

1 Візуальний метод - суб'єктивний метод оцінки шорсткості поверхні деталі шляхом порівняння її з зразками шорсткості.

Порівняння поверхонь деталі і зразка неозброєним оком дає задовільні результати тільки для відносно грубих поверхонь ( $R_u = 0,6\text{мкм}$  і більше). Точність контролю збільшується при використанні спеціальних мікроскопів порівняння. Наприклад, компараторний мікроскоп порівняння МС-48 дозволяє одночасно бачити контрольовану поверхню і поверхню зразка при однаковому збільшенні (до 80) і однаковій освітленості. Це дає можливість оцінювати шорсткість поверхні з меншими значеннями параметра.

2 Безконтактний метод - метод вимірювання шорсткості поверхні за допомогою оптичних приладів. Для вимірювання використовують інтерферометри (прилади типу МИС), прилади світлового січення (прилади типу ПСТ і МИС], прилади тіньового січення (прилади типу ПТС) і растрові прилади.

Всі перераховані прилади дозволяють, широко використовувати той чи інший принцип одночасного перетворення профілю, спостерігати перетворену і збільшену картину січення контрольованої поверхні і знімати покати, необхідні для визначення параметрів шорсткості  $R_z$ ,  $R_{\max}$ ,  $S$ ,  $S_m$ . Конструкція цих приладів дозволяє спостерігати дійсну і перетворену картину профілю і проводити фотографування (МІІ-4),

3 Контактний метод - метод вимірювання шорсткості поверхні за допомогою контактних (ш\ нових) приладів. Контактні вимірювання проводять шляхом безперервною дотику голки до поверхні. Контактні прилади поділяються на профілометри -- прилади, які вимірюють параметр  $R_a$ , і профілографи - прилади, які дозволяють записати профіль поверхні.

Профілограма з вихідним документом для визначення всіх нормованих параметрів шорсткості.

Метод світлового січення показано на рисунку 1.5.

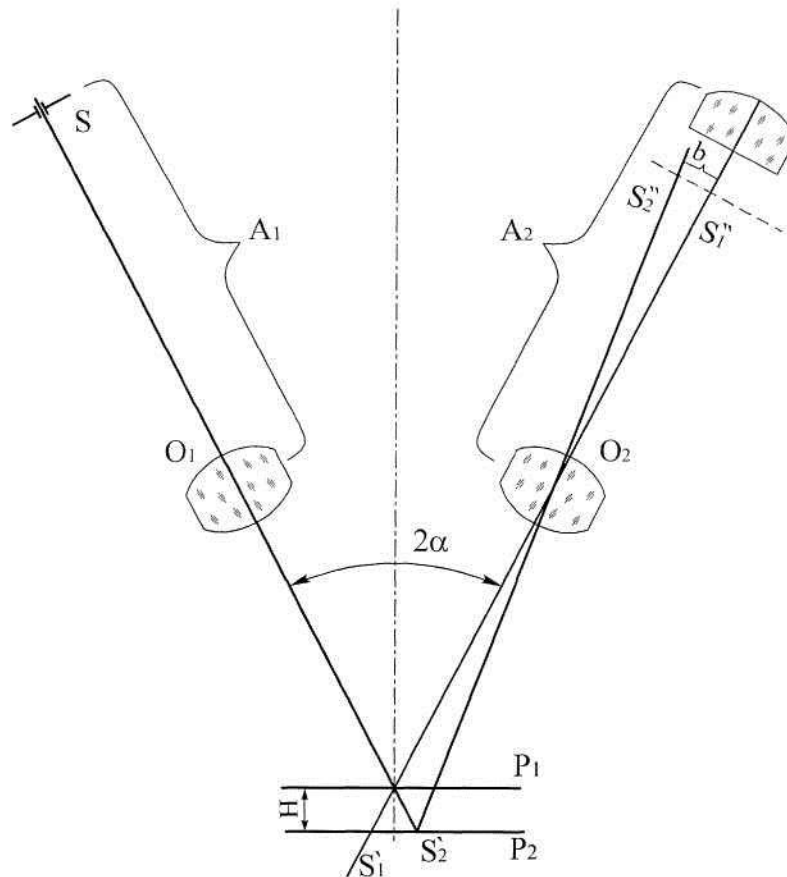


Рисунок 1.5 – Принципова схема методу світлового січення

Освітлювана вузька щілина  $S$  проектується мікроскопом  $A$ , на поверхні  $P_1$  та  $P_2$ , утворюючи виступ висотою  $H$ . Зображення щілини на поверхні  $P_1$  займе положення  $S_1'$ , а на поверхні  $P_2$  положення  $S_2'$ . В полі зору мікроскопа  $A_2$ , вісь якого розташована під кутом 90 градусів до осі проектуючого мікроскопа, зображення щілини буде мати вигляд світлового виступу ( $O_1$  та  $O_2$  - об'єктиви мікроскопів  $A_1$  та  $A_2$ ). Розмір виступу  $b$ , відповідаючий зміщенню зображення  $S_2''$  відносно  $S_1''$ , служить мірою висоти виступу  $H$  (висоти нерівності).

Принцип тіньової проекції представляє собою видозмінений принцип світлового січення, в якому межа між світлом та тінню створюється лезом гос-

трого ножа.

Суть растрового методу вимірювання шорсткості полягає в тому, що вимірювана поверхня розглядається в мікроскоп та одночасно на зображення поверхні накладається муарова картина, отримувана в результаті перекладання штрихів вихідного та робочого растру. По викривленнях муарових полосок в залежності від шорсткості поверхні судять про величину нерівностей.

При мікро-інтерференційному методі вимірювальна поверхня розглядається в мікроскоп та одночасно на зображення поверхні накладається інтерференційні смуги, які викривляються в залежності від шорсткості поверхні, так визначають висоту нерівностей.

Оптичні прилади, основані на принципі світлового січення (ПСС), тіньової проєкції (ПТС), та інтерференції світла повинні виготовлятися у відповідності з ГОСТ 9847-81.

Прилад ПТС - 1 призначений для оцінки шорсткості грубо оброблених поверхонь з висотою нерівностей  $R_z$  від 320 до 80 мкм (1-3 класів чистоти).

Він являється накладним переносним приладом, може бути встановлений на плоскі та циліндричні поверхні. Прилад не має відлікових пристроїв, а оцінка висоти нерівностей проводиться порівнянням величини зображення нерівностей з діленнями сітки окуляра. Особливість растрового мікроскопа ОРНМ-1 - використання одного об'єктиву, проєктуючого растра та одночасно розглядаючого вимірювальну поверхню та спроектований на неї растр. Призначений для вимірювання шорсткості з 4 по 14 класи зовнішніх поверхонь з направленими слідами обробки.

Мікро-інтерферометри (типу МНН) повинні забезпечувати визначення шорсткості по параметрам  $R_z$  та  $R_a$  межах від 10 по 14 класи.

Є наступні типи приладів МНН:

1. МНН-4 - дво об'єктивний прилад для візуальної оцінки, вимірювання та фотографування висоти нерівностей. Межі вимірювань 10 - 12 класи. Збільшення при візуальному спостереженні - 500х, при фотографуванні - 290х.

2. МНН-9 – одно об'єктивний двохпроменевий мікроскоп. Межі вимірювань 10-12 класи, збільшення при візуальному спостереженні – 500х, при фотографуванні - 125х. Працює в білому та монохроматичному світлі.

3. МНН-10 - на ньому додатково можна проводити вимірювання іммерсійно-репліковим методом у монохроматичному світлі. Межі вимірювань 5-12 класи шорсткості.

4. МНН-12 - для вимірювань із слідами обробки поверхонь розташованих довільно (хонінгування, електрополірування і т.д.). Для поверхонь 10-12 класів шорсткості.

У відповідності з ГОСТ 9504-80 "Прилади щупові для вимірювання шорсткості поверхні " повинні випускатися як профілометри безпосередньо ті що показують середнє арифметичне відхилення профіля поверхні  $R_a$ , так і профілографи, які записують профіль поверхні. Стандарт установлює п'ять типів приладів:

Таблиця 1.4

Назва та тип приладу	Похибка передаточного відношення в % ( $\pm$ )	Похибка приладу в % ( $\pm$ )
Профілометр П-7	7	10
Профілометр П-10	10	10
Профілометр П-16	16	25
Профілограф ПГ-5	5	-
Профілограф ПГ-10	10	-

У відповідності з ГОСТ 9504-80 є три типи приладів з електромеханічними перетворювачами:

1. Профілограф – профілометр 201, блочної конструкції (5-14 класи шорсткості).

Технічна характеристика:

Межі вимірювань, мкм:

По приладу $Ra$	Від 5 до 0,04 (5-12 класи)
При записуванні профілограми $Rz$	Від 20 до 0,05 (5-14 класи)
Похибка показів по приладу	$\pm 10\%$
Похибка вертикального збільшення	$\pm 4\%$ не більше 0,1 гс.
Зусилля щупа	80
Ширина запису, мм.	40
Довжина траси, макс. мм.	1,6; 3,2; 6,0
Довжина вимірювання, мм.	0,2; 1,0; 10
Швидкість трасування, мм/хв.	0,010...0,012; 0,002...0,004
Радіус щупа, мм.	опора змінна $R=50$
Радіус опори, мм.	та плоска $R=\infty$
Маса приладу, кг.	80

2 Профілометр - профілограф 202 - більш універсальний.

3 Профілометр 240, переносний, для роботи в цехах.

Метод відбитків.

Суть його полягає в тому, що по спеціальному рецепту виготовляють масу, яка з зусиллям прикладається по поверхні вимірювальної деталі.

Після того, як маса застигне, вона відділяється від поверхні: вимірявши шорсткість поверхні відбитку, судимо про шорсткість поверхні виробу.

Вихідні матеріали для виготовлення маси: гутаперча- 45%, мінеральне масло (трансформаторне) - 35%, нафтовий бітум марки У - 20%.

Широко розповсюджений метод контролю шорсткості порівнянням виробів з атестованою деталлю або стандартним взірцем шорсткості.

Робочі взірці шорсткості по ГОСТ 2789-83 виготовляються від 4 до 13 класів з сталі та чавуну для видів обробки: зовнішнє точіння, внутрішнє розточування, розвертування, торцове фрезерування, стругання, кругле та плоске шліфування, полірування, доводка.

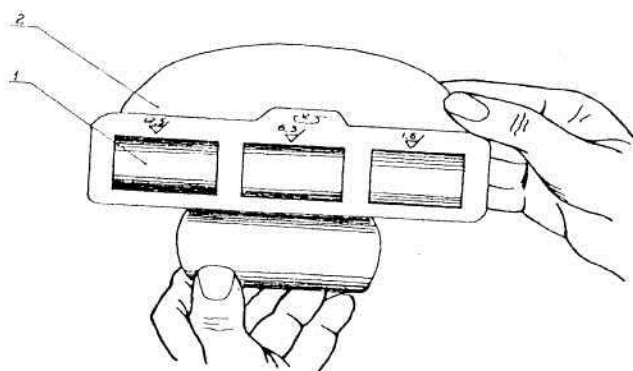


Рисунок 1.6 - Взірці шорсткості по ГОСТ 2789-83 Профілометри повіряються по ГОСТ 14628-89, профілографи - по ГОСТІ4627-89, повірка робочих взірців шорсткості проводиться по ГОСТ 14026-88.

Профілометри повіряються по ГОСТ 14628-89, профілографи - по ГОСТІ4627-89, повірка робочих взірців шорсткості проводиться по ГОСТ 14026-88.

Вимірювання хвилястості поверхні.

Для вимірювань хвилястості плоскої поверхні застосовують:

1) деякі типи приладів для вимірювання шорсткості: профілометри-профілографи моделі 201 та 202, профілографи ММН-2, НС-32, НЗП-5 і т.д. Хвилястість на цих приладах вимірюється спеціальними приспособленням, які дозволяють збільшувати довжину вимірювальної траси, а також відділяти хвилястість від шорсткості;

2) деякі прилади для вимірювання прямолінійності і автоколіматори з автоматичною фіксацією результатів вимірювань, оптичні лінійки НС-36 та інші, лінійки ЛНП-3 та УНП-5;

3) спеціальні прилади хвилोगрафи та хвилометри: прилади БВ-6065, НС-23, ПВ-1, АННТ автопром.

Хвилястість циліндричних поверхонь вимірюють:

1 приладами для вимірювання круглості – кругломірами МПГ-3, Станки –БВ;

2 Спеціальні прилади — ОКП-1 для вимірювання хвилястості зовнішніх та внутрішніх кулець підшипників кочення, приладом мод. 267 для бігових доріжок кілець підшипників, хвилोगрафами ПВ-1 та НС-23.

### 1.3 Вимоги до роботи приладу

Сконструйований пристрій призначений для визначення шорсткості ковпачків упорних підшипників відцентрових нагнітачів.

Пристрій призначений для роботи в відділах технічного контролю на підприємствах, що виготовляють відцентрових нагнітачів, а також в лабораторіях науково-дослідних інститутів для контролю шорсткості.

Умови роботи: температура навколишнього середовища - від +10°C до 35°C, відносна вологість повітря - від 50 до 80%. Параметри вимірювальної шорсткості:  $Rz=2,5...0,4$  мкм. Для більших величин шорсткості поверхні використовуються інші пристрої.

На пристрої не рекомендується проводити дослідження:

- неоднорідних по структурі матеріалів;
- ковпачки упорних підшипників відцентрових нагнітачів, які мають на поверхні сліди грубої обробки, інші дефекти поверхні;
- ковпачки упорних підшипників відцентрових нагнітачів, які можуть деформуватися, так як спотворюються результати дослідження.

### 1.4 Структурна схема роботи приладу

Принцип роботи пристрою для визначення шорсткості ковпачків упорних підшипників відцентрових нагнітачів полягає в наступному.

Спочатку необхідно виставити профілометри по еталонній поверхні. Для цього беремо взірець 10 з еталонною поверхнею розміром 70x70мм та встановлюємо його в трафарети 7 (базуємо по боковим поверхням). Затискаємо двома важільними механізмами зажиму 8.

При установці деталі столик (платформа) повинна бути піднята. Механізм вертикального переміщення отримує рух від клина 4, який рухається зворотно - поступально від маховика з гвинтом.

Після установки деталі столик опускаємо та фіксуємо фіксатором (стопором 6), при цьому базова опора та щуп опускаються до поверхні деталі.

Почергово включаючи поздовжню та поперечну подачі, проводити настроювання датчиків, один з них буде фіксувати шорсткість поверхні, другий - хвилястість. Повзуни отримують поступальний рух від кінематичного приводу, який складається з двигуна крокового 19, муфти втулочної 18 та махових гвинтів 16 та 24.

Після проходження всієї поверхні зразкову деталь знімають, а установлюють контрольовану поверхню.

Всі операції проводимо аналогічно попередньому. При цьому профілометри будуть вимірювати дійсні значення шорсткості та хвилястості.

Від датчиків сигнали поступають у вимірювальні кола 25 та підсилювальні 26, звідки після перетворення поступають на суматор 27, з виходу якого знімається сигнал, характеризуючий шорсткість та хвилястість. Реєстрація та відлік показів забезпечуються блоком 29.



## 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

### 2.1 Вузол накопичення деталей

Автоматизація завантаження верстатів, контрольованих, складальних та спеціальних технологічних установок займає особливе місце в загальному комплексі задач по автоматизації виробничих процесів та являється однією з найбільш складних.

В залежності від використання тієї чи іншої сили або їх комбінації розрізняють три види транспортування деталей:

- 1) самостійне, під дією сили ваги;
- 2) вимушене, під дією прикладеної зовнішньої сили;
- 3) вібраційне, під дією інерційних сил.

В якості накопичувачів деталей можуть служити магазинні пристрої. Вони не являються повністю автоматизованими, так як в функцією оператора входить завантаження магазину деталями в певно орієнтованому положенні, що потребує деколи значних затрат часу.

Магазини бувають лоткові, гусичні та поворотні.

Лоткові механізми представляють собою заповнені деталями лотки, по яких деталі під дією власної ваги або зовнішньої сили переміщуються до подавача.

Для збільшення ємкості лотки часто виконують криволінійними або спіральними.

Існує декілька схем розташування магазину, лотка та подаючого пристрою (завантажувача) по відношенню до робочих вузлів установки рисунок 2.1.

Завантажуючий пристрій на (рисунку 2.1 а), виконаний у вигляді обертаючого диска, який переносить в своїх гніздах деталь з нижнього кінця лотка на лінію центрів та далі в положення віддалення з установки.

При своєму обертанні диск виконує роль не тільки транспортуючого пристрою, але і завантажувача, так як верхня поверхня диска служить опорою

для деталей, які лежать в лотку.

Тому весь пристрій виходить дуже простим та зручним.

Використовуючи транспортний механізм, який переміщується горизонтально (рисунок 2.1 б), можна передавати деталь з лотка на позицію контролю та обходитися без спеціального відсікача.

На (рисунок 2.1 в) показаний завантажувальний пристрій важільного коливального типу, який передає деталь на позицію контролю з магазину, розташованого зверху або збоку. Цьому механізму потрібен відсікач.

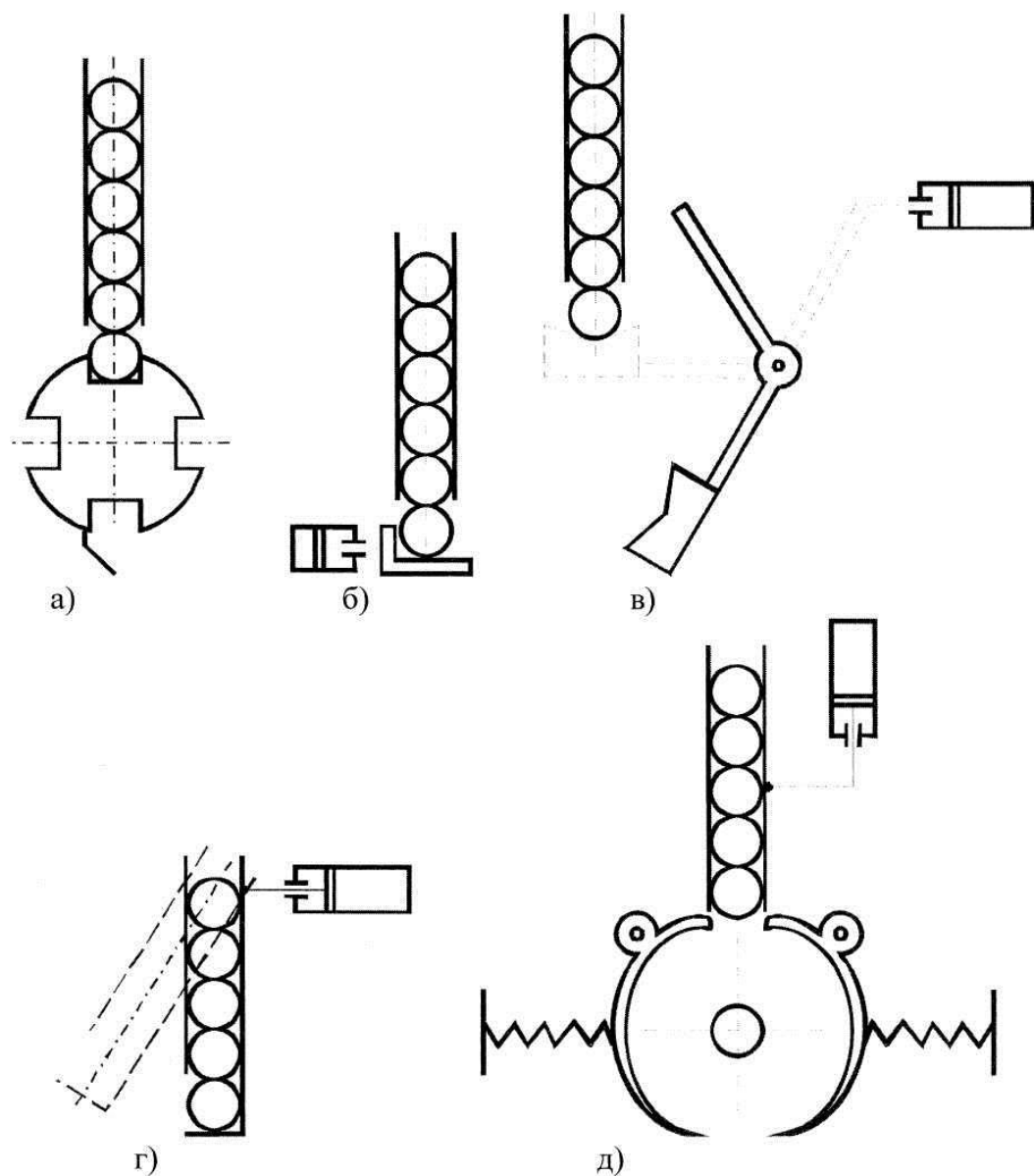


Рисунок 2.1 - Способи розміщення лоткових магазинів на технологічному обладнанні

Загальним недоліком перелічених пристроїв являється необхідність у вільних секторах робочого простору установки (зверху та ззаду). Для установок з вільним сектором лише зверху, доцільно використовувати механізм з коливальним лотком, який трохи зміщений від лінії центрів (рисунок 2.1 г). На (рисунок 2.1 д) показаний варіант вертикального переміщення лотка, який має пружинні підтримуючі пристрої, які виконують також роль відсікача. Проектувати пристрої з нижнім розташуванням магазину не варто, так як при цьому падає продуктивність роботи.

## 2.2 Завантажувачі деталей

Найбільш розповсюдженими являються шиберні завантажувачі, які здійснюють подачу деталей з допомогою зворотно-поступального рухаючого повзуна. Основні їх різновидності представлені на рисунку 2.2.

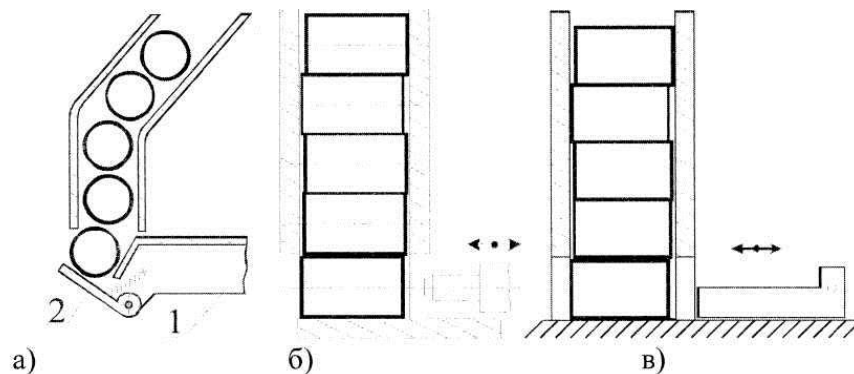


Рисунок 2.2 - Шиберні завантажувачі

Коли повзун шиберного завантажувача 1 відведений у вихідне положення (рисунок 2.2 а), приймальне гніздо знаходиться навпроти отвору магазину.

В цьому положенні повзуна деталь западає в приймальне гніздо.

При рухові повзуна заповна деталь переноситься до зажимного приспособлення та зажимається, потім повзун здійснює обернений хід, приймальне гніздо знову встановлюється проти отвору лотка або магазину, відбувається западання наступної деталі, і цикл повторюється.

На (рисунок 2.2 б) показаний шиберний завантажувач у вигляді скалки. На кінці такого завантажувача є заточка по діаметру отвору втулки.

Довжина заточки не повинна перевищувати величину діаметра, так як довга заточка збільшує хід завантажувача. Кінець заточки має конічну частину для кращого попадання в отвір деталі. Центр скалки повинен стояти вище центра деталі, щоб при виштовхуванні не пошкодити лоток.

На (рисунку 2.2 в) показаний різновид шибєрного завантажувача для подачі плоских деталей з вертикального магазину.

Товщина плоского штовхача (шибєра) повинна бути на 0,2...0,5 мм менша товщини виштовхуваної деталі.

### 2.3 Гідропривід переміщення плоского виштовхувача (шибєра)

В якості силового механізму для зворотньо-поступального руху шибєра приймаємо гідроциліндр двохсторонньої дії. Викреслюємо схему гідросистеми.

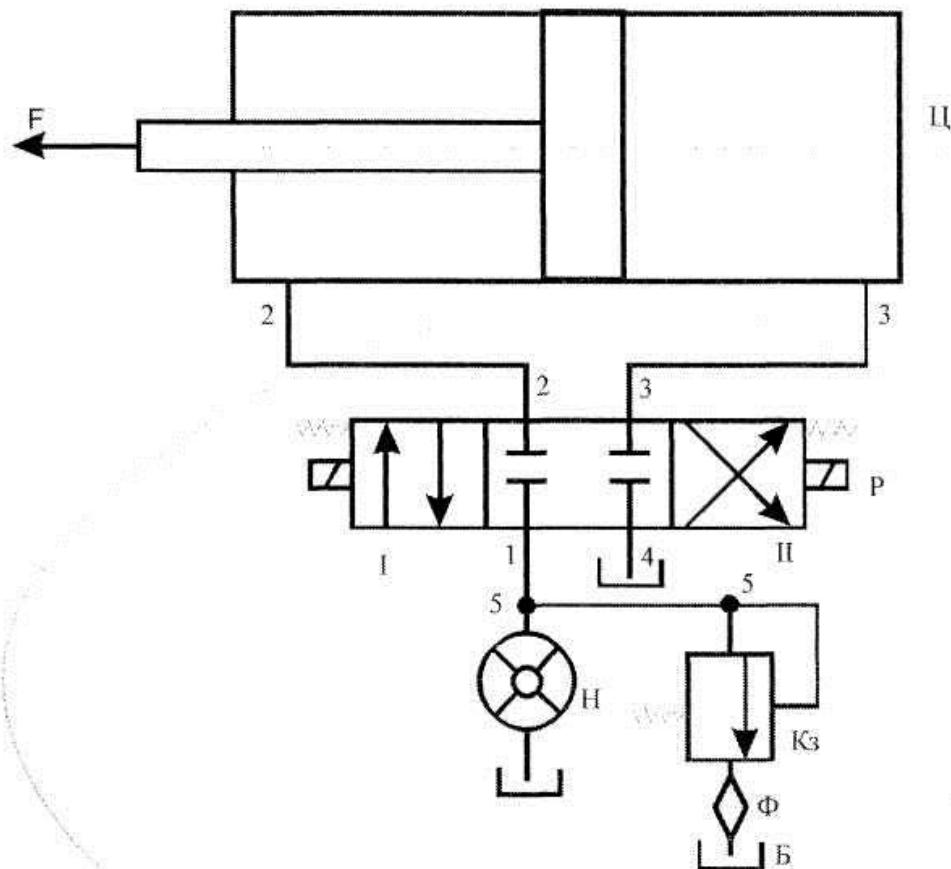


Рисунок 2.3 - Гідрравлічна схема роботи гідроциліндра

Насос Н гідросистеми повздовжньої подачі шибера механізму подачі нагнітає робочу рідину – масло Р, температура якого  $T^{\circ}\text{C}$ , через трьохпозиційний розподілювач Р в силовий гідроциліндр Ц, шток якого навантажений силою  $F$ . Діаметр поршня гідроциліндра  $D_{\text{п}}$ , штока  $d_{\text{ш}}$  К.К.Д. гідроциліндра: механічний  $\eta_{\text{м}}=0,9$ ; об'ємний  $\eta_{\text{о}}=1,0$ . Довжина ділянок трубопроводу  $l$ . Діаметри нагнітальних та зливних гідроліній однакові та рівні  $d$ . Еквівалентна шорсткість гідроліній  $\Delta_{\text{с}}=0,06$  мм. Місцеві опори в гідросистемі приймаються тільки в розподілювачі. Для гідросистеми прийнятно: робоча рідина – масло турбінне,  $D_{\text{п}}=25$ мм,  $d_{\text{ш}}=10$ мм,  $T=50^{\circ}\text{C}$ ,  $d=15$ мм.

Характеристика об'ємного насоса будується по номінальним параметрам насоса  $Q_{\text{ном}}$  та  $P_{\text{ном}}$  а також по об'ємному К.К.Д. насоса  $\eta_{\text{о}}$ . Максимальна подача насоса буває при нульовому тиску та знаходиться за формулою:

$$Q_{\text{max}} = \frac{Q_{\text{ном}}}{\eta_{\text{о}}}$$

$$Q_{\text{с}} = Q_{\text{ном}} - Q_{\text{к}},$$

де:  $Q_{\text{к}}$  - подача масла в запобіжному клапані.

Подача масла в гідросистемі

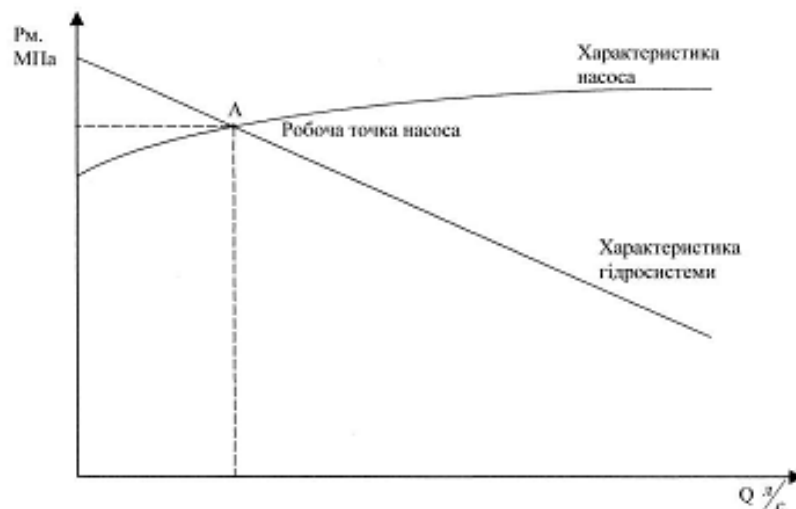


Рисунок 2.4

Визначаємо втрати напору в гідросистемі за формулою:

$$\sum h_w = \Delta P_p + \Delta P_y + h_{w_{TP}} + \sum h_M$$

де:  $\Delta P_p = 0,2$  МПа – втрата напору в гідророзподільвачі;

Характеристика необхідного тиску системи будується при умові:

$$P_{необх} = P_{ст} + \sum \Delta P_{II}$$

де:  $P_{ст}$  - статичний тиск, який визначається корисним навантаженням F;

$\sum \Delta P_{II}$  - загальні втрати тиску в системі.

Втрати в трубопроводі та місцеві втрати:

$$h_{w_{TP}} + \sum h_M = (\xi_{вх} + \xi_{вих} + \xi_{пов} + \lambda \frac{\sum l}{d}) \frac{v^2}{2g}$$

де:  $\xi_{вх}$  - коефіцієнт опору на вході в гідроциліндр,  $\xi_{вх} = 1,0$  (вихід з труби);

$\xi_{вих} = 0,5$  – коефіцієнт опору на виході з гідроциліндра (вхід в трубу).

$\xi_{пов} = 0,21$  – коефіцієнт опору на повороті на  $90^\circ$ .

Площа січення трубопроводів:

$$\omega = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3.14 * 0.015^2}{4} = 1.77 * 10^{-4} \text{ м}^2$$

Швидкість масла в залежності від розходу

$$v = \frac{Q}{\omega} = \frac{Q}{1.77 * 10^{-4}} = 0.565 * 10^{-4} * Q$$

$$h_{w_{TP}} + \sum h_M = (1 + 0.54 * 0.21 + \lambda \frac{2.3}{0.023}) \frac{v^2}{2 * 9.81} = (0.12 + 10.0\lambda) v^2 = (0.068 + 5.65\lambda) 10^8 * Q^2$$

По рисунку 6.4 для критичної точки А маємо:

$$Q_A = 0.06 \frac{\text{л}}{\text{с}};$$

$$P_A = 3.4 \text{ МПа}$$

Визначимо швидкість переміщення штока гідроциліндра (шибера) по знайденому значенню розходу  $Q_A$  за формулою:

$$v = \frac{Q_A}{\omega_y} = \frac{0.057 * 10^{-3}}{1.77 * 10^{-4}} = 0.03 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Апаратура гідросистеми.

Гідроциліндр - це найпростіший гідродвигун, який використовується в якості виконавчого механізму гідроприводу з поступальним рухом вихідної ланки.

По конструктивному виконанню та принципу дії гідроциліндри досить різноманітні і примінення того чи іншого типу гідроциліндру диктується конкретними умовами роботи.

Приймаємо гідроциліндр поршневий з одностороннім штоком. Переріз гідроциліндра показаний на складальному кресленні механізму подачі.

Гідророзподільвач – його основне призначення - зміна гідно зовнішньому управлінню напрямку рухів потоків масла в декількох гідролініях.

Найбільш широке розповсюдження отримали золотникові розподільовані. Приймаємо гідророзподільвач золотниковий трьохпозиційний з електричним управлінням типу ПГ 73-11.

#### 2.4 Конструкція лотка

В автоматичних механізмах транспортних пристроїв деталі частіше всього переміщуються під дією власної ваги.

Переміщення відбувається коченням або ковзанням (лотки - скати та лотки - склізи).

Січення лотка залежить від форми деталі та способу орієнтування її в лотку.

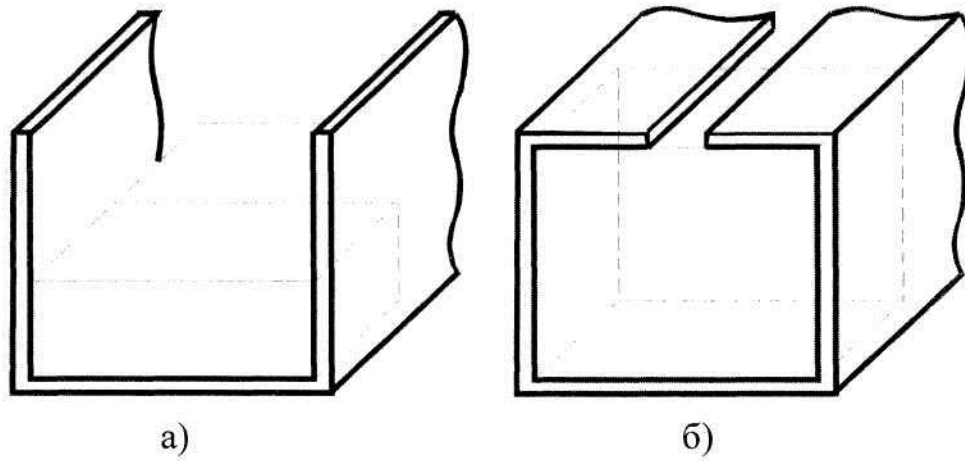
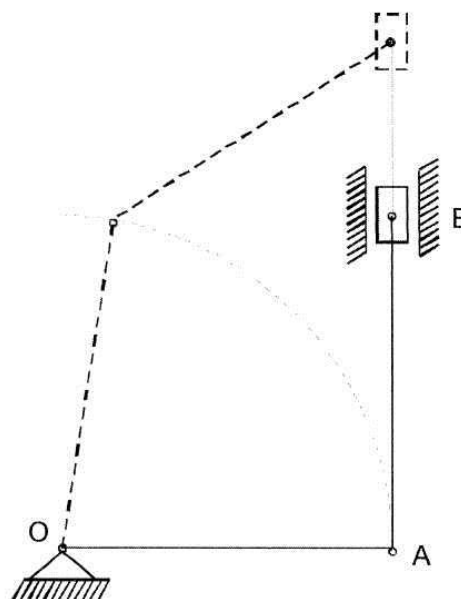


Рисунок 2.5 - Типи лотків склизів

На рисунку 2.5 представленні найбільш розповсюдженні лотки - склизі. Показані відкриті та закриті лотки. Закриті лотки характеризуються наявністю верхніх полок, відкриті лотки їх не мають. Закриті лотки використовуються для транспортування по вертикалі та по похилій площині під кутом більше  $10^\circ$ , а також при великій довжині маршруту, коли є небезпека видавлювання деталей вгору.

#### 2.5 Схема приводу коливання заслонки механізму розсортування

Механізм важільної системи коливання заслонки має наступну структурну схему:





## Рисунок 2.6 - Кривошипно-повзунний механізм

По конструкції це кривошипно-повзунний механізм. Коли ми графічно розкреслимо цей механізм, то отримаємо величину ходу повзуна (штока пневмоциліндра).

$$h_{шт} = 40 \text{ мм}$$

Процес розсортування проходить слідуючим чином: придатні деталі при опущеній заслонці проходять по лоту до кінця та попадають в тару для природних деталей, при бракованій деталі заслонка піднімається догори, відкривається отвір в лотку і туди вилітають браковані деталі у відповідну тару.

### 2.6 Похибка вимірювання шорсткості

Вимірювання шорсткості та хвилястості відбувається безпосередньо профілометрами без проміжних ланок.

Існують такі основні характеристики точності: похибка переміщення, мертвий хід та похибка швидкості веденої ланки.

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

Мертвий хід - відставання веденої ланки, яке виникає при реверсі руху.

Похибка швидкості - це відхилення від рівномірності руху веденої ланки. Існує два види причин похибок механізмів: припущення - при проектуванні, та первинні. Припущення приймаються з метою спрощення конструкції (теоретичні похибки). Первинними являються похибки розмірів, форми та положення деталей, виникаючі при виготовленні та роботі механізму.

Похибки положення зв'язані з первинними похибками:

$$\Delta y = \frac{\partial y_o}{\partial q_o} \Delta q = A \Delta q$$

$$\sum y_{\Sigma} = \sum \frac{\partial y_o}{\partial q} \Delta q = \sum A \Delta q,$$

де:  $y_{\Sigma}$  - сумарна похибка положення;

$$\frac{\partial y_o}{\partial q} = A - \text{передаточний коефіцієнт похибок.}$$

Похибки переміщення виражаються через похибки положення.

$$\Delta P = \Delta y - \Delta y_0$$

$\Delta y$ ,  $\Delta y_0$  - значення похибок положення для поточного та початкового положень механізму.

Похибки мертвих ходів виражаються різницею похибок положення для прямого та зворотнього ходів веденої ланки

$$\Delta\mu = \Delta y_{np} - \Delta y_{zv}$$

Точність установки складається з похибки вимірювання  $\Delta_{вим}$  та технічної частини похибки  $\Delta_{тех}$

$$T_{табл} = \Delta_{вим} + \Delta_{тех}$$

При нетривалому часі роботи контрольованої системи:

$$T_{табл} = \sqrt{\Delta_{вим}^2 + \Delta_{тех}^2}$$

Похибку приладу  $\Delta\Pi$  можна представити складеною з основних похибок незалежно від експлуатації та в залежності від умов експлуатації.

Основними складовими  $\Delta\Pi$  є:

- похибка спрацювання остаточної команди  $\delta_{сп}$ ;
- похибка настроювання остаточної команди на заданий розмір  $\delta_n$ ;
- зсув рівня настроювання остаточної команди  $\delta_{с.н.}$ .

Межа похибки, що допускається:

$$\Delta\Pi = \pm(\delta_{с.н.} + \sum \delta_c) + \sqrt{\delta_{сп}^2 + \delta_n^2 + \sum \delta^2},$$

де:  $\sum \delta_c$  - сума систематичних складових похибки, що виникають додатково;

$\sum \delta^2$  - квадратична сума випадкових складових похибки, що виникають додатково.

Основні складові похибки приладу  $\delta_{сп}$ ,  $\delta_n$  та  $\delta_{с.н.}$  нормовані ГОСТ 8517 – 70; ГОСТ 9376-74, додаткові іноді вказуються в технічних умовах на прилад.

Для класу точності приладу 1 по ГОСТ 8517-70 маємо:

$$\delta_{сп} = 0,0005 \text{ мм} = 0,5 \text{ мкм};$$

$$\delta_n = \pm 0,0005 \text{ мм} = 0,5 \text{ мкм};$$

$$\delta_{с.н.} = \pm 0,0008 \text{ мм} = 0,8 \text{ мкм}.$$

Сума систематичних складових похибки рівна систематичній динамічній похибці:

$$\sum \delta_c = 0,3 * 0,1 = 0,03 \text{ мкм}.$$

Тоді межа похибки приладу

$$\text{Пр } \Delta\Pi = \pm(0,8 + 0,03) + \sqrt{0,5^2 + 0,5^2 + 0} = \pm 0,154 \text{ мкм}$$

- температура навколишнього середовища від +15оС до +28оС;
- відносна вологість повітря 65% 15%;
- атмосферний тиск від 84 до 106 кпа.

Перевірочний пристрій необхідно встановити на стіл, який забезпечує його захист від дії вібрації.

#### Проведення повірки

При зовнішньому огляді повинно бути встановлено відповідність пристрою слідуючим вимогам:

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

Опробувати пристрій з метою перевірки роботи його окремих елементів. Опробування проводити в нормальному робочому положенні на зразковій заготовці. При цьому особливу увагу необхідно звернути на плавність переміщення гвинтів поздовжньої та поперечної подачі, а також на клинове з'єднання вертикального переміщення платформи.

Визначення похибки пристрою по зразковій заготовці проводимо в такій послідовності:

- старанно протерти поверхні установки, заготовки, ходові гвинти, а також поверхню взірця.
- встановити в трафарети зразкову заготовку;
- прижати заготовку двома механізмами зажиму;
- опустити за допомогою клинового механізму платформу з розміщеними на ній датчиками до рівня поверхні, зафіксувати платформу;

- по перемінним включенням поздовжної та поперечної подачі провести вимірювання шорсткості та хвилястості поверхні заготовки;
- зняти результати вимірювань по цифровому індикатору;
- підняти платформу;
- розжати заготовку;
- зняти заготовку.

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

### 3 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Залежності індуктивності котушки від величини повітряного зазору

Залежність індуктивності котушки  $L$  від величини повітряного зазору  $\delta$ .

Індуктивні перетворювачі знайшли широке застосування для перетворення механічних величин, які попередньо перетворюються у переміщення.

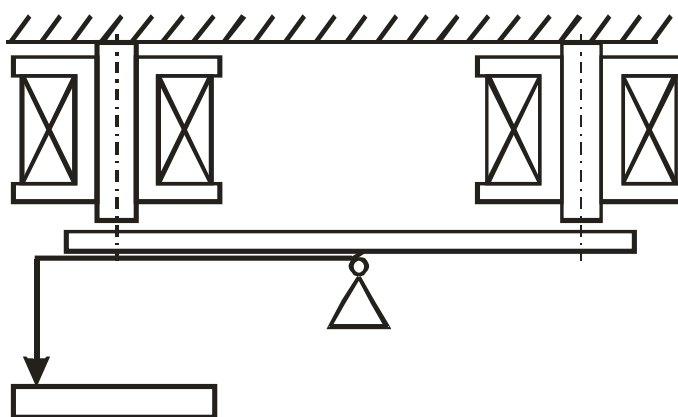


Рисунок 3.1 - Схема роботи профілометра

В даному випадку застосовано індуктивний перетворювач малих переміщень із змінною величини повітряного зазору  $\delta$ .

Такий перетворювач має високу чутливість до вхідної величини (тобто велику зміну індуктивності при малому переміщенні, яке викликало цю зміну), незначну чутливість до зовнішніх магнітних полів, невеликими габаритами (необхідна індуктивність досягається при невеликій кількості витків).

Котушки індуктивності профілометрів розташовані таким чином, щоб при зміні зазорів в їх магнітопроводах чутливість подвоювалася.

Крім цього, це дозволяє уникнути температурних похибок. Котушки підключаються до схеми їх живлення.

В результаті переміщення наконечників датчиків, на опорах навантаження виникає напруга, пропорційна цьому переміщенню.

Принцип дії індуктивного датчика базується на зміні індуктивності системи під впливом вхідної величини - повітряного зазору.

Інформативним параметром індуктивного перетворювача із змінним повітряним зазором є повний електричний опір  $Z$  намагнічуваної ланки, значення якого є функцією комплексного опору  $Z_M$  магнітної ланки перетворювача.

$$Z = R_O + \omega \frac{\omega^2 X_M}{(R_M + R_\delta)^2 + X_M^2} + j\omega \frac{\omega^2 (R_M + R_\delta)}{(R_M + R_\delta)^2 + X_M^2}$$

$$L = \frac{\sum \Phi_i * \omega i}{I} \Phi$$

Оскільки складова  $X_M$  – яка відображає втрати на гістерезис і вихрові струми

в феромагнетику - мала, порівняно з  $R_M + R_\delta$ , то повний електричний опір  $Z$  можна представити у вигляді:

$$Z = R_O + \omega L_E \frac{X_M}{R_M + R_\delta} + j\omega L_E = R_O + k\omega L_E + j\omega L_E$$

Індуктивність електромагнітної системи  $L$  визначається відношенням потоку зачеплення  $\sum \Phi_i * \omega i$ , до струму ( $I$ ), який його визвав.

Індуктивність дроселя при ненасиченому магнітопроводі може бути виражена наступною формулою

$$L_x = \frac{w^2}{R_m + 2 * \left( \frac{\delta b}{\mu_0 * S_b} \right)} = \frac{w^2}{R_m + 2 * \left[ \frac{\delta b}{S_b * 4 * 3.14 * 10^{-7}} \right]} = k * \frac{S_b}{\delta b}$$

Де :

$L_x$ - індуктивність датчика (змінюється при зміні величини повітряного зазору)

$w$  - число витків обмотки дроселя,

$R_m$ - магнітний опір сердечника і якоря,

$\delta b$  - довжина повітряного зазору,

$S_b$ - площа поперечного перерізу повітряного зазору.

$$I = \frac{U}{Z_H + (R + j * \omega * L_x)} = \frac{U}{[R_H + R] + j * \omega * \left( L_H + k * \left( \frac{S_b}{\delta b} \right) \right)}$$

Величина струму, яка виникає, яка виникає при змінні індуктивності котушок може бути знайдена по формулі:

Для струму і тангенса кута зсуву фаз у можна записати:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega * (L_H + L_x)}{R_H + R} = \frac{\omega * \left( L_H + k * \frac{S_b}{\delta b} \right)}{R_H + R}$$

де  $R$ -активний опір обмотки дроселя

$$Z_H = R_H + j * \omega * L_H$$

$Z_H$  - повний опір навантаження

Таким чином, при зміні довжини, чи площі поперечного перерізу повітряного зазору буде змінюватися величина струму і кут зсуву фаз між векторами напруги і струму.

$$I_m = \frac{U_m}{\sqrt{(R_H + R)^2 + \omega^2 * (L_H + L_x)^2}}$$

$$L_x * I_m = \Phi_m * w$$

Величина магнітного потоку  $\Phi$  може бути виражена через магнітну індукцію  $B$  таким чином:

$$\Phi_m = B_m * S$$



Отже можна записати:  $Lx * Im = \Phi m * w$

$$Lx = \frac{Bm * S * w}{Im}$$

Або :

$$Lx = \frac{w^2}{Rm + 2 \cdot \frac{\delta b}{\mu_0 * Sb}}$$

де,  $\mu_0 = 4 * 3,14 * 10^{-7}$

Оскільки :

$$Rm = \frac{lc}{\mu_0 * \mu_c * Sb} + \frac{l_{як}}{\mu_0 * \mu_{як} * S_{як}}$$

Отже залежність  $Lx$  від величини повітряного зазору можна записати у вигляді

$$Lx = \frac{w^2}{\frac{1}{\mu_0} * \left[ \frac{lc}{\mu_c * S_c} + \frac{l_{як}}{\mu_{як} * S_{як}} \right] + \frac{2 * \delta b}{Sb * \mu_0}}$$

Де  $L_c$ -середня довжина магнітної силової лінії в сердечнику,

$S_c$ -площа поперечного перерізу сердечника

$L_{як}$ - довжина магнітної силової лінії в якорі

$S_{як}$ -площа поперечного перерізу якоря

$\mu_c$  - магнітна проникність для сердечника

$\mu_{як}$  - магнітна проникність для якоря

Фізичні статичні параметри :

$b_1=0.01\text{м}$ ;  $b=0.015\text{м}$ ;  $a=0.01\text{м}$ ;  $a_1=0.005\text{м}$ ;  $c=0.01\text{м}$ .

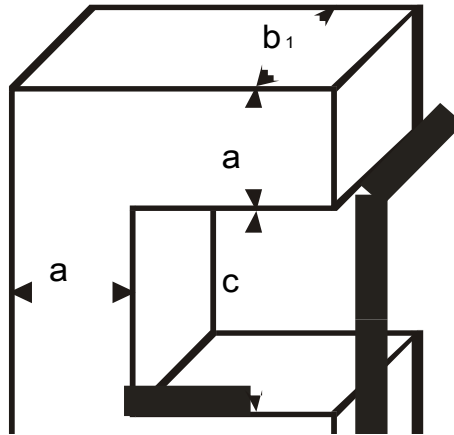


Рисунок 3.2 - Схематичне зображення осердя котушки

Визначимо індуктивність датчика:

$$Lx = \frac{w^2}{Rm + 2 \cdot \frac{\delta b}{\mu_0 \cdot Sb}}$$

$$Rm = \frac{lc}{\mu_0 \cdot \mu_c \cdot Sb} + \frac{l_{як}}{\mu_0 \cdot \mu_{як} \cdot S_{як}}$$

$$lc = 2 \cdot b + c + \frac{3,14 \cdot a}{2} = 5,6 \cdot 10^{-2}$$

У такий спосіб:

$$Rm \xi := \left[ \left( \frac{lc}{\mu_0 \cdot \mu_c \cdot Sb} \right) + \frac{l_{як}}{\mu_0 \cdot \mu_{як} \cdot S_{як}} \right] \quad Rm \xi = 1.769 \cdot 10^5$$

і отже при

$$\delta b := 0.05 \cdot 10^{-2}$$

$$L_x := \frac{\omega^2}{\left| \text{Rm} \zeta + 2 \cdot \frac{\delta b}{(\mu_0 \cdot S_b)} \right|}$$

$$L_x = \frac{w^2 * 4 * 3.14 * 10^{-8}}{2.21 * 10^{-2} + 1} = 4 * 3.14 * 10^{-8} * w^2$$

$$\omega := f \cdot \frac{Q}{q}$$

w- кількість витків

q- площа поперечного перерізу витка

f- коефіцієнт заповнення.

Отже:

$$q := \pi \cdot \frac{d^2}{4}$$

$$L = 4 * 3.14 * 10^{-8} * Q^2 * \left(\frac{f}{q}\right)^2 = 4 * 3.14 * 10^{-8} * (1.5)^2 * \left(\frac{f}{3.14 * d^2 / 4}\right)^2 = 4.53 * 10^{-7} * \left(\frac{f}{d^2}\right)^2$$

Для проводу ПЭ  $d := 0.01$  а  $f := 0.42$  годі:

$$\omega = 8.021 \cdot 10^3 \blacksquare$$

Для одержання залежності індуктивності датчика від величини повітряного зазору, може бути використано вираз:

$$L_1 := \mu_0 \cdot \frac{\omega^2}{2 \cdot \frac{\delta b}{S_b}}$$

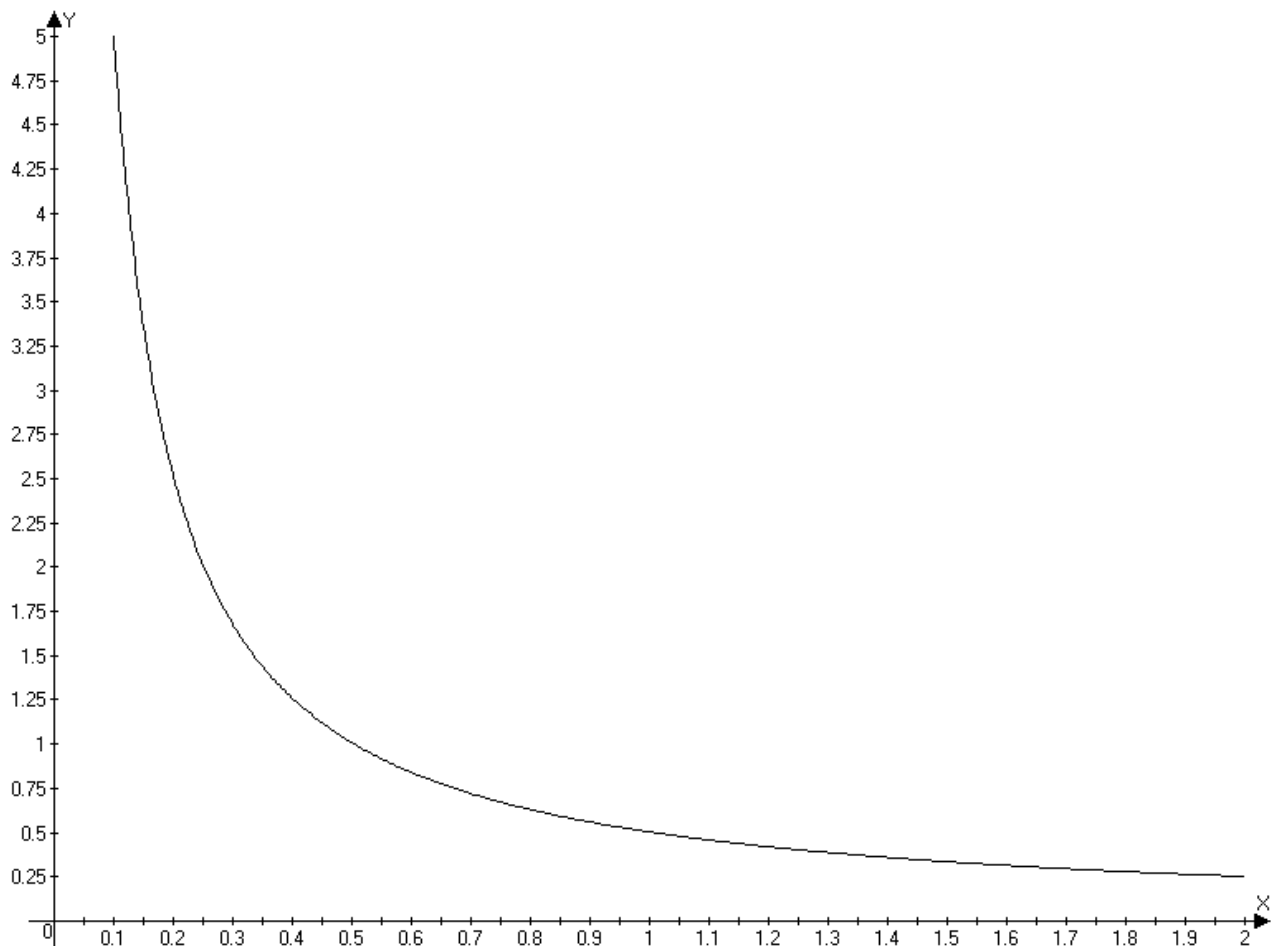


Рисунок 3.3 - Графік залежності індукції L від величини повітряного зазору  $\delta$

Проаналізувавши графік можна зробити висновок, що даний індуктивний перетворювач є достатньо чутливим лише до малих переміщень.

При великих переміщеннях має місце наступне явище: при значному збільшенні величини повітряного зазору – бачимо малу зміну індуктивності котушки, отже і малу чутливість.

Щоб уникнути дане явище у конструкції приладу використовується дві котушки індуктивності, які розміщені так, щоб при збільшенні величини повітряного зазору на одній котушці – на другій він зменшується.

Використовуючи мікро ЕОМ, аналізуються покази обох котушок, при досяганні граничних меж однієї з них – опрацьовуються дані з іншої, і навпаки.

### 3.2 Оцінка метрологічних характеристик.

Відносна погрішність

$$\delta = \frac{\Delta L}{L}$$

$$L = \frac{w^2}{Rm + 2 * \frac{\delta b}{\mu 0 * Sb}} = \frac{w^2 * \mu 0 * Sb}{\mu 0 * Sb * Rm + 2 * \delta b}$$

Нехай  $K1 = w^2 * \mu 0 * Sb$

$$K2 = Rm * \mu 0 * Sb$$

,тоді

$$L = \frac{K1}{K2 + 2 * \delta b}$$

$$\frac{\partial \Delta L}{\partial \delta b} = K1 * (K2 + \delta b)^{-2} * 2 \Rightarrow \Delta L$$

$$K2 = 2.22 \cdot 10^{-5}$$

$$K1 = 1.256 * 10^{-8} \quad \delta = \frac{2 * 1.256 * 10^{-8} * (2.22 * 10^{-5} + 0.05 * 10^{-2})^{-2}}{8} = \frac{0.1004}{8} = 0.012$$

Відносна чутливість.

$$\delta S = \frac{(1 + \delta * l_H)^2}{2 * \left[ \left( \frac{lc}{\mu c * l_{33}} + 1 \right) * (1 - \delta * l_H) + (1 - \delta * l_H)^2 \right] * \left[ \frac{0.025 * l_{33}}{lc * \lambda} * (\mu c' - 1) * (\sqrt{2.56 * \lambda^2 + 1} - 1) * \left( \frac{lc}{\mu c * l_{33}} + 2 \right) + 1 \right]}$$

$$\delta S = \frac{(1 + 0.01)^2}{2 * \left[ \left( \frac{5.57 * 10^{-2}}{4000 * 3.53} + 1 \right) * (1 - 0.01) + (1 + 0.01)^2 \right] * \left[ \frac{0.625 * 3.53}{5.57 * 10^{-2} * 4.9} * (3.43 - 1) * (\sqrt{2.56 * 24.01 + 1} - 1) * \left( \frac{5.57 * 10^{-2}}{4000 * 3.53} + 2 \right) + 1 \right]}$$

$$\delta S = \frac{1.0201}{2 * \|2.0101 * 272.03\|} = 0.0009 \text{ мм}^{-1}$$

Визначаємо діапазон вимірів.

$$D = \frac{8 * \delta * l_H}{k * \sqrt{\delta * St * \left( \frac{2}{\beta} + \frac{1}{0.5 * d + k * l_{33}} \right)}}$$

$$D = \frac{8 * 0.01}{\sqrt{0.0005 * \left( \frac{2}{0.05} + \frac{1}{0.5 * 1.4 * 10^{-5} + 2 * 3.53} \right)}} = 0.564$$

### 3.3 Інформаційне забезпечення для пристрою дослідження параметрів шорсткості деталей з плоскою поверхнею

Робоча поверхня деталей в результаті технологічного процесу виготовлення чи подальшої експлуатації за своїм профілем відрізняється від теоретично гладкої поверхні заданої геометричної форми.

Для оцінки придатності деталі до виконання передбачуваних функцій важливе вираження характеристик нерівностей її профілю у числових величинах, що визначають ступінь їхнього відхилення.

Такі оцінки виконуються вимірюванням зазору між еталонним рівнем і поверхнею деталі (рис.3.4) на відрізку певної базової довжини і обчислюються за результатами вимірювань (рис.3.5) по заданих співвідношеннях.

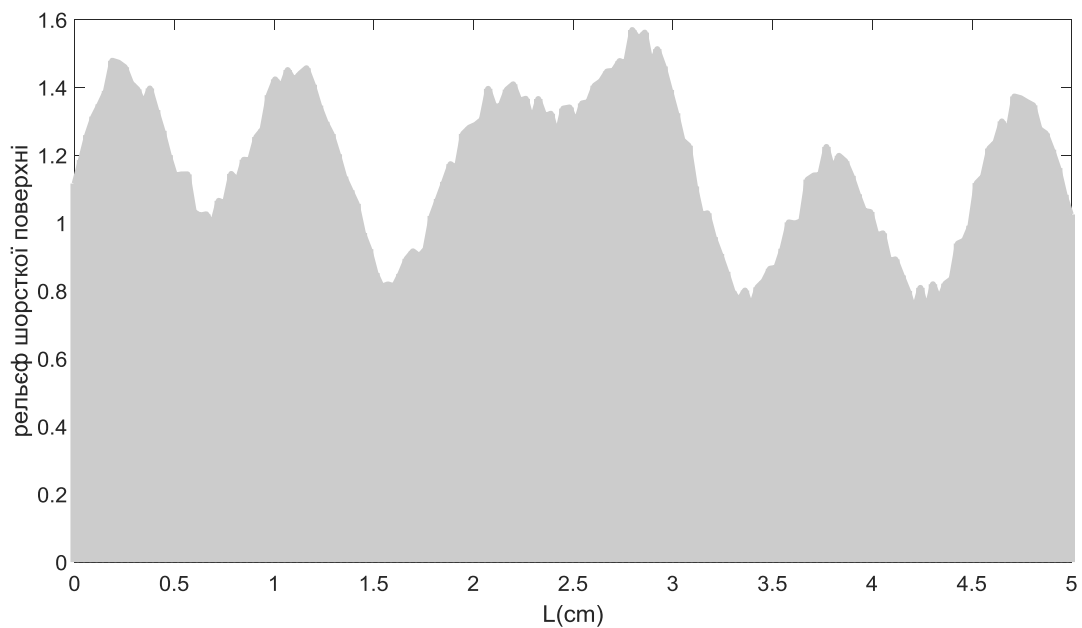


Рисунок 3.4 - Профіль вимірюваної шорсткої поверхні

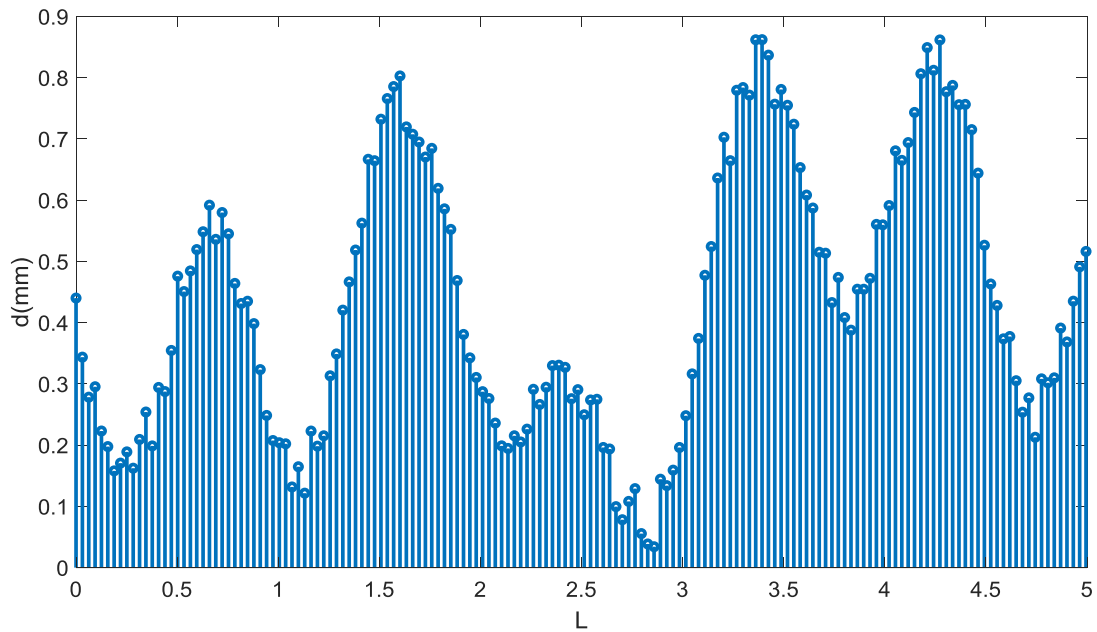


Рисунок 3.5 - Дані про величину зазору між поверхнею і вимірювальним вузлом

Для нормування шорсткості поверхні введено наступні параметри:

- $R_a$ - обчислюється як середнє арифметичне абсолютних значень відхилень профілю;
- лінія виступів - обчислюється як середнє арифметичне п'яти найбільших серед вимірних значень відхилення профілю в межах базової довжини;
- лінія западин - обчислюється як середнє арифметичне п'яти найменших серед вимірних значень відхилення профілю в межах базової довжини;
- $R_z$ -відхилення від середньої лінії, обчислюється як висота нерівностей профілю по десяти точках (сума середніх абсолютних відхилень точок, п'яти найбільших мінімумів  $N_{min}$  і п'яти найбільших максимумів  $N_{max}$  в межах базової довжини);
- $S_m$  - середній крок нерівностей по вершинах профілю, обчислюється як середня відстань між сусідніми максимумами;
- $P$  - середній крок нерівностей посередній лінії, обчислюється як середня відстань між найближчими позиціями, в яких середня лінія перетинає профіль поверхні.

Геометричний зміст цих параметрів проілюстровано на рис. 3.6 і рис.3.7

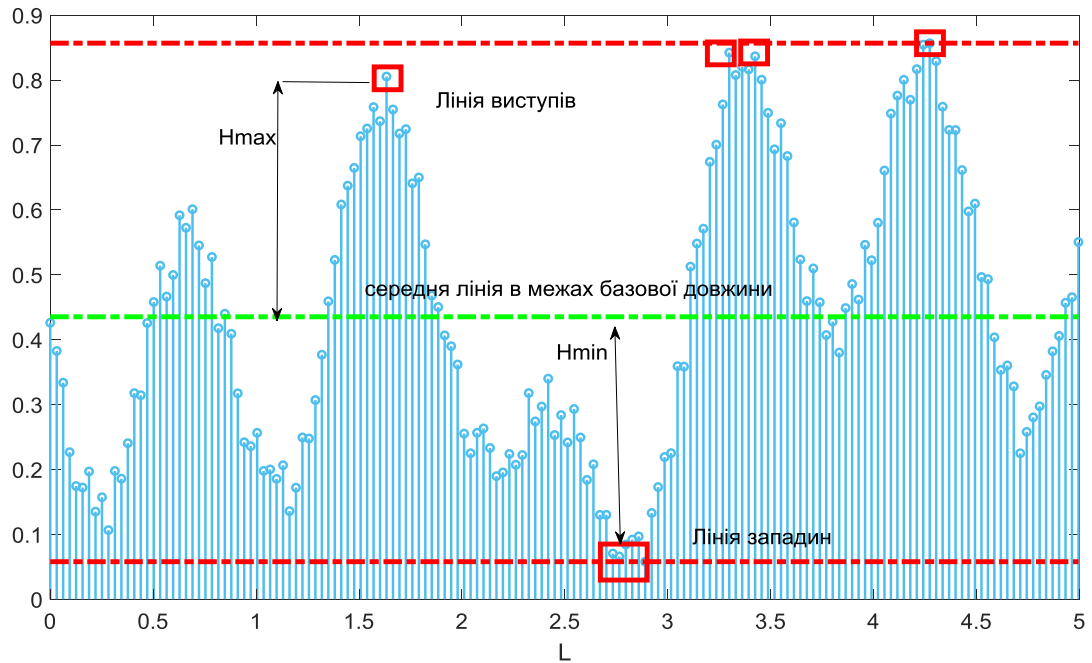


Рисунок 3.6 - До знаходження лінії виступів, западин і середньої лінії профілю в межах базової довжини  $L$

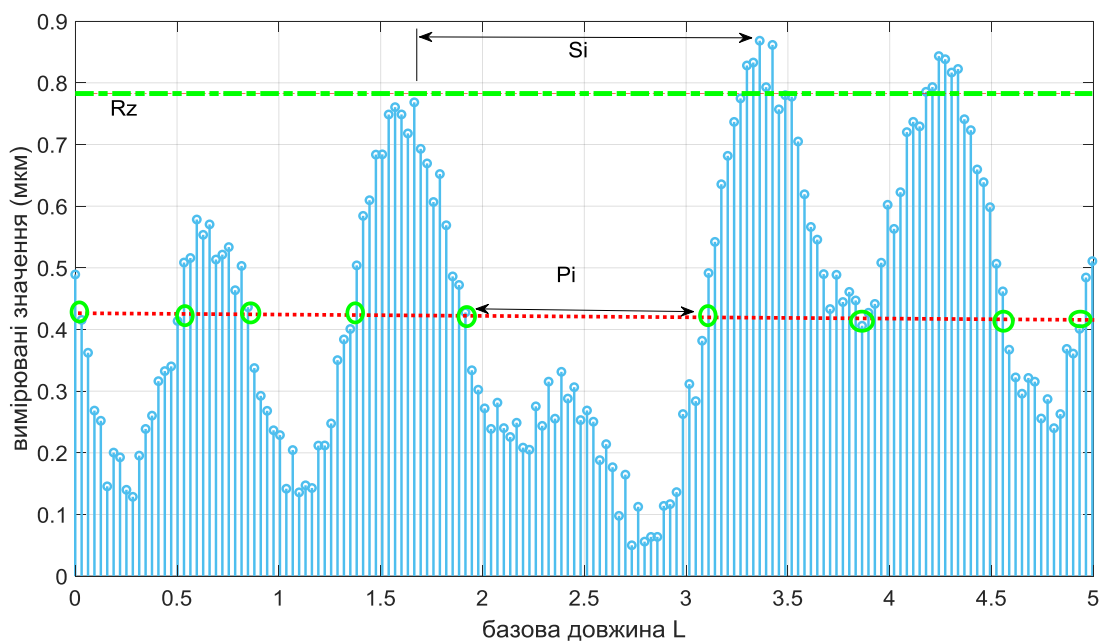


Рисунок 3.7 - Знаходження середнього арифметичного значення кроку нерівностей по вершинах профілю і по середній лінії і в межах базової довжини

Для знаходження і індикації перелічених характеристик безпосередньо під час процесу вимірювання пропонується доповнити пристрій засобами для реалізації програмного забезпечення, приведенного нижче.



```

clearall
%профіль поверхні
%базова довжина
l0=5;
l=[0:2*pi/200:l0];
n=length(l);

for i=1:n
ran(i)=.1*rand(1)
end
h=l0/n;
s0(1:n)=1;
s=s0+(sin(.8*l)+sin(3*l)+.5*cos(5*l)+sin(7*l))*2e-1+ran;
plot(l,s);
holdon
stem(l,s)

figure
%покази індуктивного давача
L(1:n)=1.6;
d=L-s;
stem(l,d)
%усереднений рівень
Ra(1:n)=sum(d)/n
holdon
plot(l,Ra,'-.r')

%лінія виступів і лінія западин
figure
stem(l,d)
holdon
plot(l,Ra,'-.g')
H=sort(d);
M(1:n)=H(n);
m(1:n)=H(1);
plot(l,M,'-.r')
plot(l,m,'-.r')

%5 мінімальних і максимальних значень
figure
stem(l,d)
k=n-4;
qz=(sum(abs(H(k:n)-Ra(1:5)))+sum(abs(Ra(1:5)-H(1:5))))/5;
Rz(1:n)=qz;
holdon
plot(l,Rz,'-.r')
holdon
h(1:n)=0;
qz1=(sum(abs(H(k:n)+h(1:5)))-sum(abs(h(1:5)-H(1:5))))/5;
Rz1(1:n)=qz1;
plot(l,Rz1,'-.g')
disp('Ra=')
Ra(1)

```

```
disp('Rz=')  
Rz(1)  
disp('Rz1=')  
Rz1(1)  
disp('M=')  
M(1)  
disp('m=')  
m(1)
```

Обчислені в умовних одиницях за даним програмним забезпеченням характеристики профілю, симульованого, є наступними:

- середнє арифметичне абсолютних значень відхилень профілю від середньої лінії  $Ra=0.4294$ ;
- висота нерівностей профілю по десяти точках  $Rz=0.7474$ ;
- лінія виступів  $M=0.8749$ ;
- лінія западин  $m=0.0899$ .

## 4 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 4.1 Опис принципу роботи електронного блоку

Інформаційно-вимірювальні системи широко використовуються у різноманітних галузях народного господарства України.

Сучасний стан електронної промисловості дозволяє застосовувати нові технології для створення таких систем.

Це дозволяє підвищити ефективність їх використання: зростає швидкодія, зменшуються габарити приладів та кількість використаних електронних компонентів за рахунок інтеграції різних функціональних вузлів в один, що підвищує надійність систем в цілому, зменшується енергоспоживання, спрощується розробка програмного забезпечення та керування системами.

Ефективна обробка великих масивів інформації (зокрема даних експериментальних досліджень) неможлива без використання обчислювальної техніки, що вимагає від інформаційно-вимірювальних систем наявності інтерфейсів для зв'язку з персональним комп'ютером (далі ПК).

Метою розділу електроніки курсового проекту є розробка електронного блоку для керування пристроєм для визначення шорсткості поверхні, що дозволить автоматизувати процес дослідження зразка, зменшить час випробувань зразків, забезпечить отримання необхідної статистичної інформації для проведення систематизації результатів досліджень партії деталей.

Технічні вимоги до розроблюваного електронного блоку

Електронний блок розробляється для виконання таких функцій:

- керування двома кроковими двигунами повздовжніх та поперечних переміщень вимірювальних наконечників двох профілометрів;
- зчитування даних з двох профілометрів;
- керування електромагнітами заслонки для розбраковки;
- керування пневмоциліндром механізму подачі деталей;

- опитування двох фото-кінцевиків;
- забезпечення обміну інформацією з ПК за допомогою послідовного інтерфейсу RS232;
- забезпечення виводу на рідкокристалічний індикатор результатів випробувань.

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

Необхідно забезпечити належний температурний режим всередині корпусу приладу.

Сумарна складова похибки електронного блоку не повинна перевищувати  $\pm 0,5\%$ .

Схема блоку повинна забезпечувати відображення вимірюваних параметрів в реальному часі.

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

Необхідно забезпечити зберігання отриманих даних у виді бази даних.

Для забезпечення виконання всіх перерахованих функцій використовується розроблений електронний блок під керуванням однокристалльної мікроЕОМ DD6 1816BE51 (далі ОМЕОМ).

Електронний блок керування роботою стенду працює наступним чином.

За допомогою програмного забезпечення, що зберігається в постійній пам'яті ОМЕОМ 1816BE51 проводиться опитування всіх датчиків, керування роботою всіх виконавчих механізмів, обробка результатів випробувань та їх вивід на індикацію.

Крім цього, інформація передається по послідовному інтерфейсу на ПК. Стенд може працювати як в автоматичному режимі, так і в напівавтоматичному, виконуючи команди, що посилаються з ПК.

## Структурна схема блоку керування

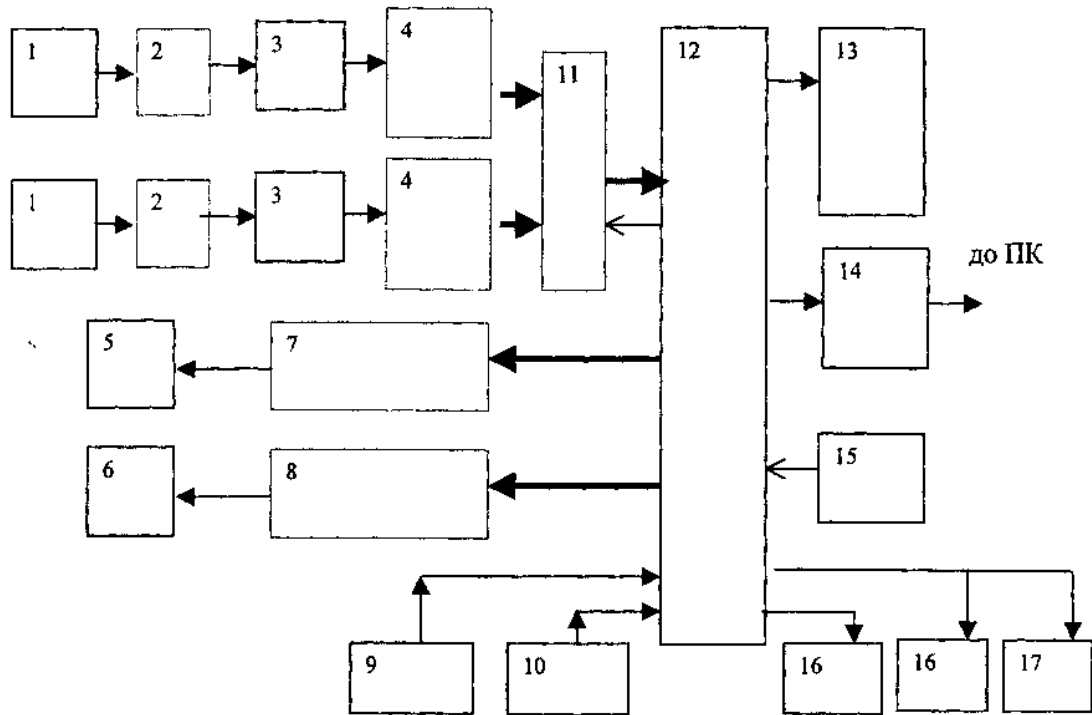


Рисунок 4.1- Структурна схема блоку керування стендом

На структурній схемі позначено:

- 1 -профілометр;
- 2 - схема включення профілометра;
- 3 - підсилювач;
- 4 - аналогове- цифровий перетворювач DA7, DA8;
- 5,6 - крокові двигуни;
- 7,8 - схеми включення обмоток крокових двигунів;
- 9,10 - фото датчики (кінцевики);
- 11 - мультиплексор DD3, DD4;
- 12-OMEOM;
- 13 - рідкокристалічний індикатор;
- 14- схема узгодження виходів OMEOM та послідовного інтерфейсу RS232;
- 15 - генератор тактових імпульсів для OMEOM  $f=12\text{МГц}$ ;
- 16, 17 - схеми керування електромагнітами та пневмоциліндром.

Котушки індуктивності профілометрів розташовані таким чином, щоб при зміні зазорів в їх магнітопроводах чутливість подвоювалася.

Крім цього, це дозволяє уникнути температурних похибок. Котушки підключаються до схеми їх живлення.

В результаті переміщення наконечників датчиків, на опорах навантаження R5, R6 виникає напруга, пропорційна цьому переміщенню.

За допомогою диференційних підсилювачів, зібраних на операційних підсилювачах DA1-DA3 та DA4-DA6 величина цієї напруги підсилюється до рівня 10В і подається на входи аналогово-цифрових перетворювачів (далі АЦП) DA7, DA8.

АЦП 1113ПВ1 забезпечує перетворення вхідного аналогового сигналу 0..10В в паралельний цифровий 10-розрядний код.

З виходу АЦП цифровий сигнал передається через мультиплектори DD3, DD4 на шину даних PO і далі в пам'ять ОМЕОМ для обробки.

Запуск перетворення аналогового сигналу в код відбувається синхронно для обох АЦП по входу Т.

Після отримання підтвердження про перетворення здійснюється зчитування даних з мультиплектора по черзі.

Цикл опитування АЦП починається знову. Час перетворення АЦП 30 мкс.

Це дозволяє проводити опитування датчиків з частотою 25-30 кГц, що більш ніж достатньо для даних умов вимірювання шорсткості.

Сигнали з кінцевих фото датчиків поступають на входи Int0 та Int1 ОМЕОМ (входи зовнішніх переривань), і в залежності від положення крокових двигунів, приймають значення "0" або "1".

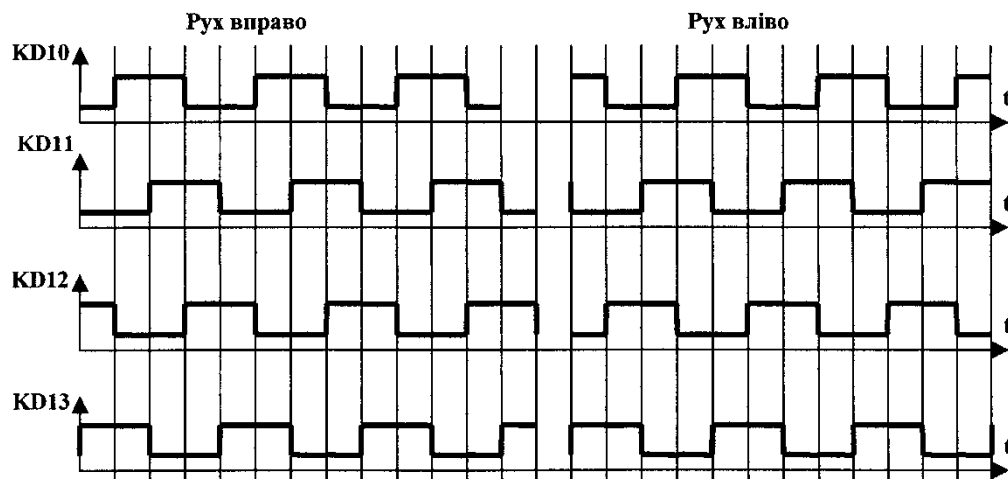


Рисунок 4.2- Циклограма роботи

Керування кроковими двигунами переміщення індуктивного датчика здійснюється ОМЕОМ через порти P0.0.. P0.7 та регістр DD5 згідно циклограми, приведеної на рисунку 4.1.

Для кожної фази крокового двигуна використовується транзисторний ключ на р-п-р транзисторах (VT5..VT8, VT10..VT13).

Керування електромагнітами та пневмоциліндром здійснюється ОМЕОМ через порти P2.0 .. P2.2.

Для кожного пристрою використовується транзисторний ключ на р-п-р транзисторах VT16.. VT18.

Транзисторні ключі керують пускачами, до яких безпосередньо підключаються виконавчі механізми.

Для керування роботою блоку керування стендом використовуються три кнопки:

Start - запуск автоматичного режиму вимірювання шорсткості;

Stop - негайна зупинка роботи пристрою;

Reset - скид всіх параметрів програми в початкове положення і вивід вимірювальних наконечників в нульове положення.

Для передачі необхідної керуючої інформації в ОМЕОМ з ПК використовується послідовний інтерфейс RS232.

Це дозволяє отримати зв'язок з електронним блоком не вносячи жодних змін в апаратне забезпечення ПК.

У випадку непередбачених ситуацій чи збою програмного забезпечення схема має кнопку "RESET", при натисканні якої проводиться скидання програмного забезпечення в початковий стан і тестування зв'язку з ПК.

Для виводу інформації використовується символний 16x2 ЖКІ ВС 1602В (виробник BOLYMIN) із вбудованим контролером індикації KS0066U, який забезпечує вивід 256 різних знаків, в тому числі кирилиці.

Даний індикатор має світлодіодну підсвітку.

Крім того, інформація передається в ПК де відображається у вікні керуючої програми.

Для забезпечення роботи електронного блоку використовується блок живлення, що забезпечує подачу на блок напруг  $\pm 15\text{В} \pm 5\%$ ,  $\pm 12\text{В} \pm 5\%$ ,  $+5\text{В} \pm 5\%$ ,  $+27\text{В} \pm 10\%$ .

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

Необхідно забезпечити належний температурний режим всередині корпусу приладу.

## 4.2 Розрахунок елементів схеми електронного блоку

Вихідні дані для розрахунків:

- |  |            |
|--|------------|
| 1. Максимальне переміщення вимірювальних наконечників $L_{ш}$ , мм | $\pm 3$    |
| 2. Складова похибки електронного блоку $\delta_{\Sigma e}$ , %     | $\pm 1$    |
| Технічна характеристика профілометра:                              |            |
| 1. Вільний хід $L_{max}$ , мм                                      | $\pm 0.6$  |
| 2. Робочий хід $L$ , мм  | $\pm 0.3$  |
| 3. Сумарна похибка датчика $\delta\Sigma_{інд}$ , %                | $\pm 0,75$ |

### 4.2.1 Вибір АЦП

Критерієм вибору АЦП є забезпечення необхідної величини похибки перетворення сигналу в цифрову форму. Обрахунок ведеться за формулою

$$N \geq \log_2 (1 / \delta_{\Sigma e}), \quad (4.1)$$

де  $N$  – число розрядів АЦП.



Підставивши дані, отримаємо

$$N \geq \log_2 (1 / 0.005) \geq 7,64 .$$

Виберемо АЦП 1113ПВ1 з такою характеристикою:

1. Число розрядів P	10
2. Нелінійність $\delta_L$ , %	$\pm 0,1$
3. Диференційна нелінійність $\delta_{LD}$ , %	$\pm 0,1$
4. Час перетворення $t_{АЦП}$ , мкс	30
5. Діапазон допустимого вхідного сигналу $U_{ex}^{АЦП}$ , В	0 .. 10
6. Напруги живлення, В	
$U_{CC1}$	+5
$U_{CC2}$	-15

#### 4.2.2 Розрахунок схеми підключення котушок профілометрів

Чутливість схеми підключення профілометрів, зібраної на VT1, VT2, C1..C4, R6, R7, VD1..VD6 становить  $\xi=6$  мкА/мкм.

Робочий хід датчика 3000 мкм.

Отже, струм, що протікає через опір навантаження R5 буде змінюватися в межах

$$I_{R0}^{\max} = L \cdot \xi = 3000 \cdot 6 = 18000 \text{ мкА} = 18 \text{ мА}. \quad (4.2)$$

Вибравши опір  $R0=51$  Ом отримаємо спад напруги на ньому

$$U_{R0}^{\max} = I_{R0}^{\max} \cdot R0 = 18 \cdot 10^{-3} \cdot 51 = 0,9 \text{ В}. \quad (4.3)$$

Отже, на вхід підсилювача подається напруга в межах 0.. 0,9 В.

### 4.2.3 Розрахунок елементів підсилювачів

Коефіцієнт підсилення підсилювача по напрузі розраховується за формулою

$$K_U = \frac{U_{\text{вх}}^{\text{АЦП}}}{U_{R0}^{\text{max}}} = \frac{10}{0,9} = 11,1 \quad (4.4)$$

де  $U_{\text{вх}}^{\text{АЦП}}$  - максимальний вхідний сигнал для АЦП, В.

Знайдемо номінали опорів R9, R14, R16 для забезпечення необхідного  $K_U$ .

R9, R14, R16 повинні забезпечувати умову

$$K_3 \frac{R14}{R13} = \frac{(R14 + R2)R16}{(R16 + R13)R12}; \quad R9 = R11 \quad (4.5)$$

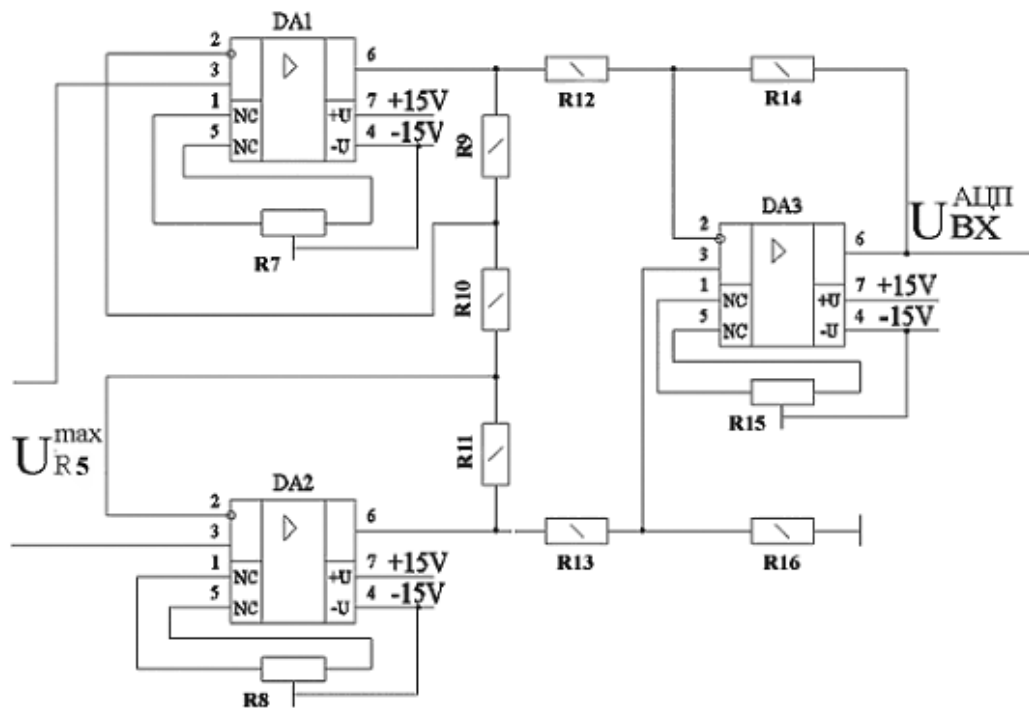


Рисунок 4.3 - Принципова схема підсилювача

Тоді,

$$K_U = K_3 \left( 1 + 2 \frac{R9}{R10} \right) = \frac{R14}{R12} \left( 1 + 2 \frac{R9}{R10} \right) \quad (4.6)$$

З формули (4.6)

$$R_8 = \frac{R14}{K_U} \left( 1 + 2 \frac{R9}{R10} \right) \quad (4.7)$$

Задамо такі номінали опорів  $R9=R11=5,1$  кОм;  $R10=1,1$  кОм;  $R14=18$ кОм.

Тоді,

$$R12 = \frac{18 * 10^3}{11,1} \left( 1 + 2 \frac{5,1 * 10^3}{1,1 * 10^3} \right) = 22 * 10^3 \text{ Ом}$$

### 4.3 Опис роботи програмного забезпечення

Для керування роботою електронного блоку розроблено програмне забезпечення, оформлене у виді окремих підпрограм, кожна з яких виконує свою функцію:

- АСР - підпрограма зчитування результатів перетворення на АЦП;
- АСР\_ALL підпрограма керування комутатором для вибору одного з АЦП;
- KD1\_Left; KD1\_Right; KD2\_Left; KD2\_Right підпрограми керування кроковими двигунами (окремо для обертання за та проти годинникової стрілки);

Апаратне підключення необхідних для написання підпрограм виводів елементів схеми наступне: АЦП:

- T - запуск обох АЦП - порт P1.0;
- R00 - сигнал готовності даних АЦП1 - порт P1.1;
- R01 - сигнал готовності даних АЦП2- порт P1.2;
- Q2..Q9 - перетворений цифровий код поступає на шину даних OMEOM (8 біт) - порти P0.0...P0.7 через комутатори DD3, DD4.

На комутаторах управляючий вивід А - порт P1.7 (0-АЦП1, 1-АЦП2).

Сигнали вибору кристалів мікросхем CS0, CS1 -- порти P1.3 та P1.4

Загальна блок-схема роботи програми приведена на рисунку 4.4

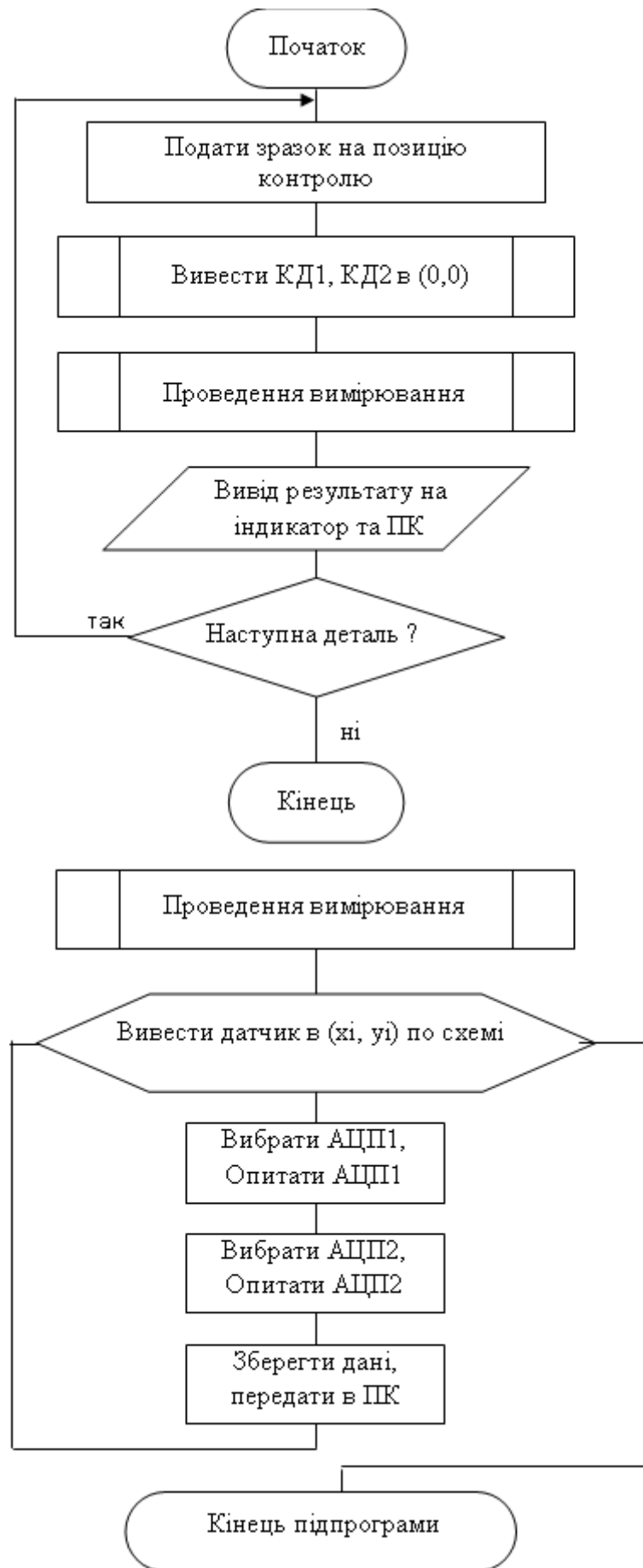


Рисунок 4.4 Блок-схема роботи програми

#### 4.4 Опис роботи підпрограм

Для опитування (вибору) одного із підсилювачів використовується підпрограма ACP\_ALL, яка керує комутаторами DD3 та DD4.

Після вибору потрібного АЦП викликається підпрограма ACP для опитування стану заданого підсилювача.

Підпрограма опитування АЦП ACP працює наступним чином. Проводиться запуск перетворення аналогового сигналу в цифровий код за допомогою керування сигналом T (адреси 0019..001D програми).

При цьому постійно виконується опитування готовності даних, тобто перевіряється чи сигнал R0=0 (адреси 001F..002E). В залежності від вибраного АЦП опитується відповідний вихід R00 або R01.

Якщо умова виконується, то проводиться перехід на підпрограму зчитування даних з АЦП READ. Ця підпрограма зачитує дані з цифрових виходів АЦП через порти OMEM у відповідні комірки пам'яті (20h для АЦП1, 21h - для АЦП2). У випадку, якщо за час перевірки готовності даних з АЦП не отримується сигнал R0=0, то викликається підпрограма ERROR, яка формує для індикації фразу ERROR.

Підпрограми керування кроковими двигунами KDx\_\_LEFT та KDx\_RIGHT забезпечують поворот ротора крокового двигуна за та проти годинникової стрілки на кут, еквівалентний чотирьом імпульсам з можливістю регулювання частоти обертання крокового двигуна за допомогою підпрограми DELAY\_KD.

Керування двигуном зводиться до того, що на регістр з шини даних виставляються комбінації "0" та "1" такі, щоб забезпечити включення обмоток двигунів згідно схеми рисунок 1.1.

Після кожного кроку двигуна проводиться виклик підпрограми часової затримки DELAY\_KD, яка відпрацьовує час, еквівалентний числу, що записане за адресою, яку адресує регістр R7.

#### 4.5 Розрахунок похибок електронного блоку

Похибка вимірювального каналу обраховується за формулою

$$\delta_{\Sigma} = \sqrt{(\delta_{інд})^2 + (\delta_{П})^2 + (\delta_{АЦП})^2}, \quad (4.8)$$

де  $\delta_{інд}$  - сумарна похибка профілометра, %;

$\delta_{П}$  - сумарна похибка підсилювача, %.

$\delta_{АЦП}$  - сумарна похибка АЦП, %.

Похибка профілометра становить

$$\delta_{зід} = \pm 0,75\% \quad (4.9)$$

Похибка підсилювача обраховується за формулою

$$\delta_{П} = \sqrt{(\delta_{U_{зм}}(t))^2 + (\delta_{U_{зм}}(t^{\circ}))^2 + (\delta_{U_{сф}})^2 + (\delta_{U_{ж}})^2}, \quad (4.10)$$

де  $\delta_{U_{зм}}(t)$  - часовий дрейф нуля операційного підсилювача, %;

$\delta_{U_{зм}}(t^{\circ})$  - температурний дрейф нуля операційного підсилювача, %;

$\delta_{U_{сф}}$  - похибка від впливу синфазного сигналу, %;

$\delta_{U_{ж}}$  - похибка від впливу зміни напруги живлення, %.

Похибку  $\delta_{U_{зм}}(t^{\circ})$  можна визначити за формулою

$$\delta_{U_{зм}}(t^{\circ}) = \frac{\Delta U_{зм}(t^{\circ}) \cdot \Delta t^{\circ}}{U_{R0}^{\max}} 100\% \quad (4.11)$$

де  $\Delta t^{\circ}$  - діапазон температур експлуатації,  $^{\circ}C$ ;

$\Delta U_{зм}(t^\circ)$  - дрейф напруги зміщення нуля, В/°С .

Для операційного підсилювача К140УД9 [5]:

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

$$\Delta t^\circ = 40 - 10 - 30^\circ\text{С} .$$

Тоді,

$$\delta_{U_{зм}}(t^\circ) = \frac{20 \cdot 10^{-6} \cdot 30}{0.24} 100\% = 0.025\% .$$

Похибка  $\delta_{U_{сф}}$  обраховується за формулою

$$\delta_{U_{сф}} = \frac{U_{вих}^{сф}}{U_{вих}^{диф}} 100\% , \quad (4.12)$$

$$U_{вих}^{сф} = U_{вх}^{сф} \cdot K_U^{сф} , \quad (4.13)$$

$$K_U^{сф} = \frac{K_U^{диф}}{10^{\frac{K_{ос.сф}}{20}}} , \quad (4.14)$$

де  $K_U^{сф}$  - коефіцієнт підсилення синфазного сигналу;

$K_{ос.сф}$  - коефіцієнт ослаблення синфазного сигналу, дБ.

Для К140УД9  $K_{oc.c\phi} = 80$ дБ.

Підставивши дані у (4.12) .. (4.14) отримаємо

$$K_U^{c\phi} = \frac{11,1}{\frac{80}{10^{20}}} = 0,001;$$

$$U_{вих}^{c\phi} = 0,9 \cdot 0,001 = 9 \cdot 10^{-4};$$

$$\delta_{U^{c\phi}} = \frac{9 \cdot 10^{-4}}{10} 100\% = 0,009\% .$$

Похибка  $\delta_{U_{ж}}$  обраховується за формулою

$$\delta_{U_{ж}} = \frac{\Delta U_{ж} \cdot K_{ж}}{U_{R0}^{max}} 100\% , \quad (4.15)$$

де  $\Delta U_{ж}$  - коливання напруги живлення, В;

$K_{ж}$  – коефіцієнт впливу нестабільності живлення, мкВ/В.

Для К140УД9  $K_{ж} = 20$ мкВ/В.

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

Тоді,

$$\delta_{U_{ж}} = \pm \frac{0,75 \cdot 20 \cdot 10^{-6}}{0,24} 100\% = 0,007\% .$$

Підставивши результати у формулу (4.11) отримаємо

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



Похибка АЦП обраховується за формулою

$$\delta_{АЦП} = \sqrt{(\delta_L)^2 + (\delta_{LD})^2 + (\delta_{KB})^2}, \quad (4.16)$$

де  $\delta_{KB}$  - похибка квантування, %.

$$\delta_{KB} = \pm \frac{1}{2} \frac{1}{2^N} 100\% , \quad (4.17)$$

де N – число розрядів АЦП.

Підставивши дані у формули (4.17, 4.16, 4.9, 4.8) отримаємо

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

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

$$\delta_{\Sigma} = \pm \sqrt{0,75^2 + 0,037^2 + 0,15^2} = \pm 0,77\%$$

Або,

$$\Delta_{\Sigma} = \pm \frac{L \cdot \delta_{\Sigma}}{100\%} = \pm \frac{3000 \cdot 0,77}{100} = \pm 0,23 \text{ мкм}$$

Отже, електронна частина похибки стенду задовольняє технічне завдання.

## Програма керування

```
;20H - ДАНІ З АЦП1
;21H - ДАНІ З АЦП2
;22H - 0-ВИБРАНО АЦП1 ; 1-ВИБРАНО АЦП2
```

```
ACP_ALL:
    SETB P1.3 ; CS0 = 1
    CLR P1.4 ; CS1 = 0
    CLR P1.7 ; A = 0 (ВИБІР АЦП1)
    MOV R1,#20H;
    MOV R0,#00H;
    ACALL ACP
    SETB P1.3 ; CS0 = 1
    CLR P1.4 ; CS1 = 0
    SETB P1.7 ; A = 1 (ВИБІР АЦП2 )
    MOV R1,#21H;
    MOV R0,#01H;
    ACALL ACP
    RET; КІНЕЦЬ ПІДПРОГРАМИ ACP_ALL
```

```
ACP:      ; ОПИТУВАННЯ АЦП
    SETB P1.0 ; ЗАПУСК АЦП
    CLR P1.0
    MOV R3,#02H
MODE:    ;ПЕРЕВІРКА ГОТОВНОСТІ ДАНИХ
    CALL DELAY
    MOV A,R0
    JNZ ACP1
    JNB P1.1, READ
    JMP NEXT
ACP1:
    JNB P1.2, READ
NEXT:
    DJNZ R3,MODE
    ACALL ERROR
    JMP END
```

```
READ:   ; ЗЧИТУВАННЯ ДАНИХ З АЦП
    MOV A,P0
    MOV @R1,A
    RET ; КІНЕЦЬ ПІДПРОГРАМИ ACP
```

```
ERROR :
    RET
```

```
DELAY:  ; ЧАСОВА ЗАТРИМКА ДЛІЯ АЦП
    MOV R5,#5H
DEL1:
    NOP
    DJNZ R5,DEL1
    RET
```

```
KD1_LEFT: ; ПОВОРОТ КД1 ВЛИВО
SETB P1.3
SETB P1.4
MOV A,P0
ANL A,#03H
MOV P0,A
ACALL DELAY_KD
ANL A,#06H
MOV P0,A
ACALL DELAY_KD
ANL A,#0CH
MOV P0,A
ACALL DELAY_KD
ANL A,#09H
MOV P0,A
ACALL DELAY_KD
RET
```

```
KD1_RIGHT: ; ПОВОРОТ КД1 ВПРАВО
SETB P1.3
SETB P1.4
MOV A,P0
ANL A,#09H
MOV P0,A
ACALL DELAY_KD
ANL A,#0CH
MOV P0,A
ACALL DELAY_KD
ANL A,#06H
MOV P0,A
ACALL DELAY_KD
ANL A,#03H
MOV P0,A
ACALL DELAY_KD
RET
```

```
KD2_LEFT ; ПОВОРОТ КД2 ВЛИВО
SETB P1.3
SETB P1.4
MOV A,P0
ANL A,#30H
MOV P0,A
ACALL DELAY_KD
ANL A,#60H
MOV P0,A
ACALL DELAY_KD
ANL A,#0C0H
MOV P0,A
ACALL DELAY_KD
ANL A,#90H
MOV P0,A
ACALL DELAY_KD
RET
```

KD2\_RIGHT: ;ПОВОРОТ КД2 ВПРАВО

```
SETB P1.3
SETB P1.4
MOV A,P0
ANL A,#90H
MOV P0,A
ACALL DELAY_KD
ANL A,#0C0H
MOV P0,A
ACALL DELAY_KD
ANL A,#60H
MOV P0,A
ACALL DELAY_KD
ANL A,#30H
MOV P0,A
ACALL DELAY_KD
RET
```

```
DELAY_KD :
MOV A,#20H
MOV R7,A
DJNZ R7,$
RET
```

```
END:
END
```

## 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

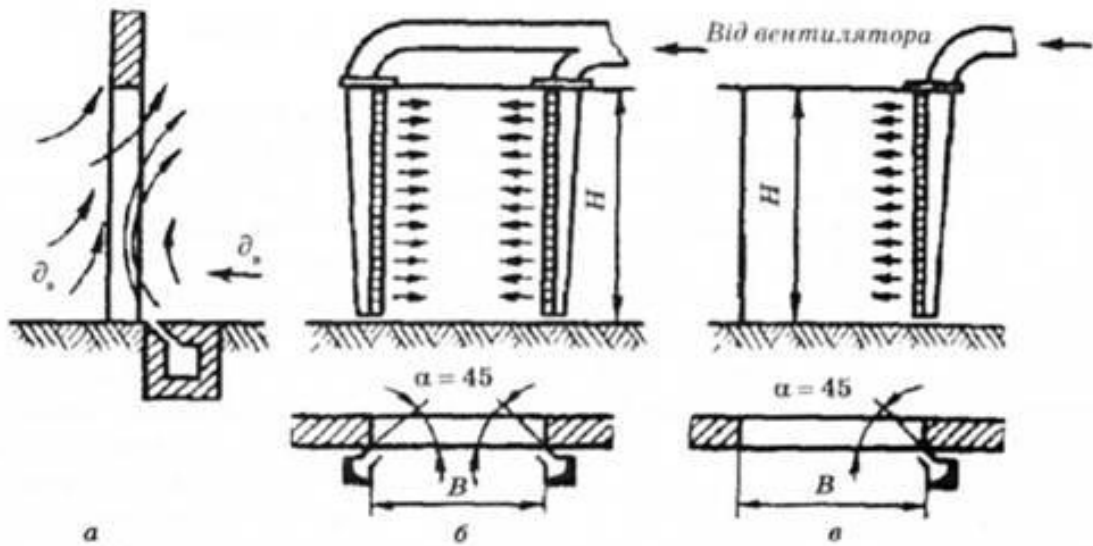
При якій здійснюється концентрована подача припливного повітря заданих параметрів (температури, вологості, швидкості руху), виконується у вигляді повітряних душів, повітряних та повітряно-теплових завіс.

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



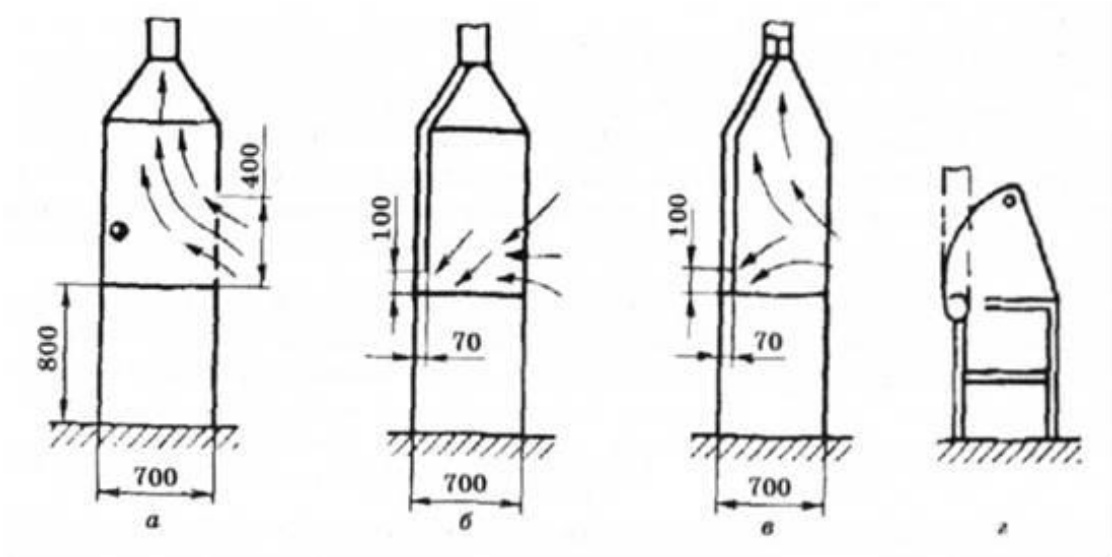
Рисунок 5.2 - Класифікація місцевих відсмоктувачів

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 зонт 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 підіймально-транспортного обладнання унеможливорює 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 - зонтик-козирок

Рисунок 5.3 - Витяжні шафи

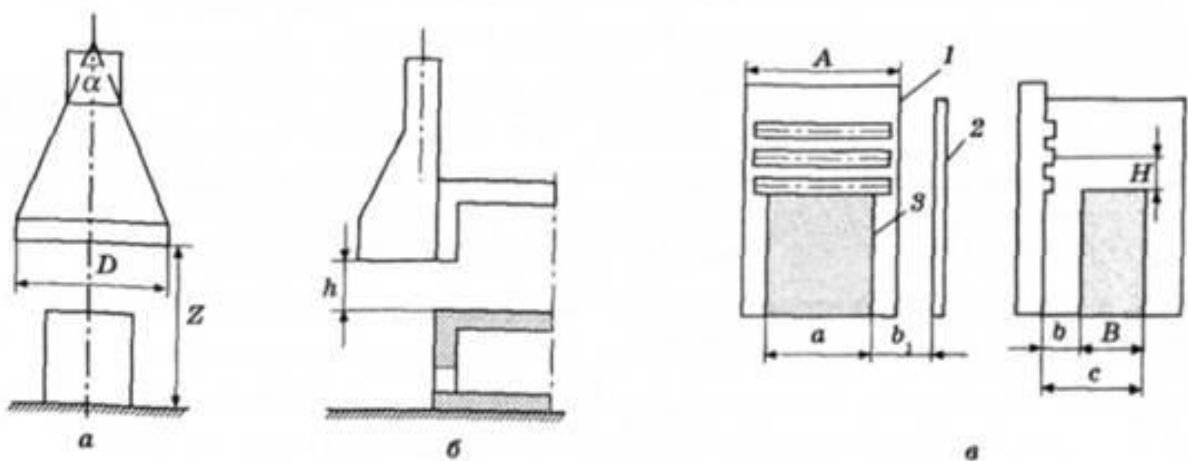
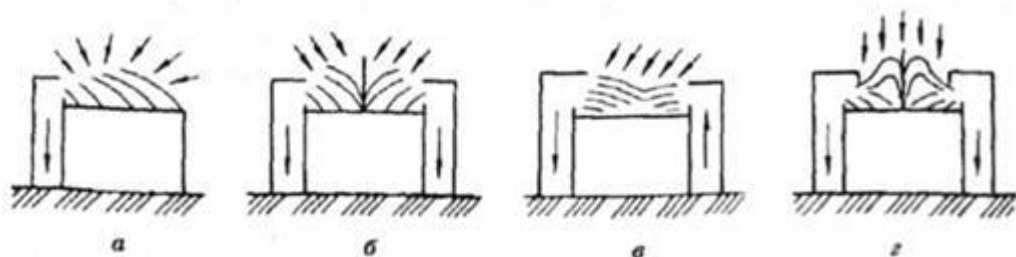


Рисунок 5.4 - Витяжний зонтик над (а) та збоку (б) джерела тепла і всмоктувальна панель (в): 1 - всмоктувальна панель; 2 - екран; 3 - джерело шкідливості



а- однобортовий; б - двобортовий; 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 небезпеку 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 наблизенні 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 болювого 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. Наддрібні 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 болюві 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, слъзоточінні, 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 сухожиль, 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 продовжиться 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 нервово-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 Поглиблення протиріч та посилення небезпеки виникнення надзвичайних ситуацій

Зростання масштабів господарської діяльності і кількості великих промислових комплексів, концентрація на них агрегатів і установок великої і надвеликої потужності, використання у виробництві великих кількостей потенційно небезпечних речовин збільшує вірогідність виникнення техногенних аварій.

Надзвичайні ситуації техногенного походження загрожують людині, економіці і природному середовищу або здатні створити загрозу внаслідок імовірного вибуху, пожежі, затоплення або забруднення (зараження) навколишнього середовища.

Надзвичайні ситуації техногенного характеру виникають на хімічно небезпечних об'єктах, радіаційно-небезпечних об'єктах, вибухо- та пожежонебезпечних об'єктах, а також гідродинамічно-небезпечних об'єктах..

На сучасному етапі характерною особливістю розвитку цивілізації являється зростання та посилення ризику її існування.

В повній відповідальності з законами діалектики, життя постійно висуває і продовжує ставити перед людством різні невідкладні проблеми.

В окремі моменти розвитку виникає свого роду кумуляція і різке загострення протиріч між природою і суспільством, або всередині самого суспільства.

Вони призводять не тільки до воєнних, а й до соціальних конфліктів, великих промислових катастроф, ускладнення наслідків стихійних лих та інших надзвичайних ситуацій, що загрожують дестабілізацією або руйнуванням соціальної системи і вимогою негайного реагування з боку вказаної системи.

## 5.5 Характеристика і причини виникнення надзвичайних ситуацій

Всупереч розповсюдженій думці про те, що технічна цивілізація знизила ризик, який пов'язаний з впливом на людину несприятливих природних процесів і явищ, аналіз емпіричного матеріалу за параметрами навколишнього середовища доказує, що сучасний світ залишається уразливим до надзвичайних ситуацій, які дестабілізують соціальні та економічні системи.

Теоретична база технологічного аналізу надзвичайних ситуацій показує, що необхідно розглядати історію розвитку взаємодії природи і суспільства та його внутрішніх суспільних відносин. Історія розвитку природи і розвитку людини невід'ємно пов'язані між собою (людина своєю плоттю та кров'ю належить природі, знаходиться в її середині і залежить від неї і законів її

розвитку) і обумовлюють один одного, але при цьому одночасно постійно виникають протиріччя.

Виходячи з означеної методологічної передумови можна виділити дві групи протиріч: між природою і суспільством та всередині суспільства (соціальні). лідок використання не екологічних (матеріало- і енергоємних, «багатовідхідних») технологій.

Іншу сукупність протиріч створює система «технологія-суспільство», в межах якої відбувається зворотній вплив засобів виробництва на суспільство. Вплив техніки і технології на суспільство здійснюється безпосередньо через природне середовище. В цьому проявляється його «посередницька» функція як з'єднуючого ланцюга між природою і суспільством.

Прямий і безпосередній вплив техніки і технології на суспільство являє собою форму зворотного зв'язку в системі «суспільство-техніка-природа».

Порушення нормальних умов життєдіяльності людей на об'єкті або території, які викликані аварією, катастрофою, стихійним лихом, епідемією, епіфіотією, великими пожежами, застосуванням засобів ураження, що привели або можуть привести до людських втрат і матеріальних збитків називають надзвичайною ситуацією.

Розглядаючи надзвичайні ситуації як наслідок загострення розглянутих вище протиріч можна виділити за місцем походження такі надзвичайні ситуації: природні, техногенні, екологічні, антропогенні, соціально-політичні та соціально-психологічні. Важливою характеристикою виникнення надзвичайних ситуацій є швидкість їх формування (розвитку). За часом, який проходить безпосередньо від виникнення надзвичайної ситуації до її кульмінаційної вершини, всі ситуації можна розділити на два типи — «вибухові» і «плавні». В надзвичайних ситуаціях першого типу час визначається не годинами, а хвилинами, а під час і секундами. Досить згадати стихійні лиха, деякі види технологічних катастроф (аварії на великих енергетичних об'єктах: АЕС, ТЕС, газопроводах, а також на хімічних підприємствах).

Для ситуацій «плавного» типу властивий довготривалий латентний період, що продовжується інколи десятиріччями.



Ще однією важливою характеристикою надзвичайних ситуацій є масштаби впливу і наслідків, включаючи простір, соціально-екологічні і економічні (людські і матеріальні втрати, деградація екосистем) аспекти. За цією комплексною ознакою можна виділити ще п'ять типів надзвичайних ситуацій: локальні, територіальні, регіональні, державні і глобальні.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Згідно з поставленим завданням нами було сконструйовано та розроблено інформаційно-вимірювальну систему для дослідження параметрів шорсткості деталей з плоскими поверхнями.

Метою винаходу являється підвищення точності вимірювання шорсткості поверхні деталей з плоскими поверхнями. Проведені обчислення в умовних одиницях за даним програмним забезпеченням характеристики профілю, симульованого, є наступними:

- середнє арифметичне абсолютних значень відхилень профілю від середньої лінії  $Ra=0.4294$ ;
- висота нерівностей профілю по десяти точках  $Rz=0.7474$ ;
- лінія виступів  $M=0.8749$ ;
- лінія западин  $m=0.0899$ .

Розроблений електронний блок керування установкою для дослідження параметрів шорсткості дає можливість керувати виконавчими механізмами установки, опитувати зовнішні давачі інформації (два профілометра), виводити отримані дані на індикацію та передавати дані для подальшої обробки та систематизації в ПК.

Дана розробка дозволяє скоротити час дослідження партії деталей і більш ефективно використовувати отримані результати за рахунок використання широких можливостей програмного забезпечення сучасних персональних комп'ютерів.

Рекомендується до впровадження в промислових лабораторіях.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- 1 Теория и проектирование контрольных автоматов. Учебное пособие для вузов / Под ред. Л.Н.Воронцова, С.Ф. Корндорфа и др. – М.: Высшая школа, 1980.-560с.
- 2 Гусев В.Г., Гусев Ю.М. Электрония: Учебное пособие для приборостроительных специальностей вузов. – М.: Высшая школа, 1991.-622с.
- 3 Горбунов В.Л., Панфилов Д.Н., Преснухин Д.Л. Справочное пособие по микропроцессорам и микроЭВМ / Под ред. Л.Н.Преснухина. – М.: Высшая школа, 1988.-272с.
- 4 Тищенко О.Ф., Взалединский А.С. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения.- М.: Машиностроение, 1977.
- 5 Якушев А.И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения.- М.: Машиностроение, 1975.-471с.
- 6 Рабинович А.Н. Автоматизация механосборочного производства.- К.: Высшая школа, 1969.-542с.
- 7 Микроэлектродвигатели приборных устройств / Под. ред. А. П. Савула, В.О. Герахов -М.: Высшая школа. 1987. 236 с.
- 8 Терещук М. Р. Полупроводниковые приёмно-усилительные устройства.-К.: Наукова думка. 1989. 802 с.
- 9 Готра З. Ю., Матвиив В. И., Паскур П. П. Справочник регулировщика радио-электронной аппаратуры.-Львов: Каменяр, 1987. 184 с.
- 10 Разработка и оформление конструкторской документации
- 11 Сорочкин Б. М. Автоматизация измерений и контроля размеров деталей. - Л.: Машиностроение, 1990.- 365 с.
- 12 Павлице В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. – К.: Вища шк., 1993.-556с.
- 13 Плюснин А. К., Ерданов В. И., Пин Л.П. Проектирование механических передач приборов.-М.: Высшая шк.,1967.-346с
- 14 Организация и планирование машиностроительного производства /Под ред. М.И.Ипатова.- М.: Высшая школа, 1988.-273 с.

- 15 Рудзит А.Я., Плуталов В.Н. Основы метрологии, точность и надёжность в приборостроении.- М. :Машиностроение, 1991 – 303 с
- 16 Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. – М. Мир, 1984. – 264 с.
- 17 Котов В.Е. Сети Петри. – М.: Наука, 1984. – 160 с.
- 18 Боборыкин А. В., Липовецкий Г. П., Литвинский Г. В. Однокристалльные микроЭВМ.-М.:МИКАП, 1994. 400 с.
- 19 Жарковский Б. И., Приборы автоматического контроля и регулирования - М.: Высшая школа, 1989. 336 с.
- 20 Шило В. Л., Популярные цифровые микросхемы: Справочник.- Челябинск: Metallurgy, 1989. 352 с.
- 21 Альбом типових схем вводу і обробки інформації в ПЕОМ і мікроконтролери.
- 22 Сучков Д. И. Проектирование печатных плат в САПР РСАД 4.5: учебно-методическое пособие.-Обнинск: “Микрос”. 1992. 476 с.
- 23 Работа в среде САПР AutoCAD. Краткое руководство. Рига: 1991. 88 с.
- 24 Сташин В.В., Урусов А.В., Мологонцева О.Ф. Проектирование цифровых устройств на однокристалльных микроконтроллерах. –М.: Энергоатомиздат, 1990. – 224 с.
- 25 Тарабрин В.В., Лунин Л.Ф., Смирнов Ю.Н.Интегральные микросхемы: Справочник. – М.: Радио и связь, 1990. – 528 с.
- 26 Цифровые ЭВМ. Практикум/ К.Г.Самофалов, В.И. Корнейчук, В.П. Тарасенко, В.И.Жабин– К.: Высш.шк. 1989. – 124 с.
- 27 AT89C51. The technical report. – Atmel Corporation, 2000. – [http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc0265.pdf/](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc0265.pdf/).
- 28 ATmega8515. The technical report. – Atmel Corporation, 2006. – [http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/2512S.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/2512S.pdf)
- 29 Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В. Основи охорони праці : Підручник.- Львів.: Афіша, 2001. -350с.