

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій,
автоматизації, електроінженерії та радіоелектроніки

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра електронної техніки

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри електронної техніки

Вовна О.В.

(підпис)

(ініціали, прізвище)

«___» _____ 2020 р.

Випускна кваліфікаційна робота

магістра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему «Розробка та дослідження інформаційно-вимірювальної системи
параметрів руху кліті в стовбурі шахти»

Виконав: студент 2 курсу, групи МІТзм-18

(шифр групи)

спеціальності 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

(шифр і назва спеціальності)

Пупченко Юрій Володимирович

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник завідувач кафедри ЕТ, д.т.н., проф.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

О.В. Вовна

(підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

*Засвідчую, що у цій випускній кваліфікаційній
роботі немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.*

Студент _____

(підпис)

Покровськ – 2020 р.

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій,
автоматизації, електроінженерії та радіоелектроніки

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра електронної техніки

(повна назва кафедри)

Захист відбувся _____

(дата)

з оцінкою _____

Секретар ДЕК _____

(підпис)

Випускна кваліфікаційна робота

_____магістра_____

Тема: «Розробка та дослідження інформаційно-вимірювальної системи
параметрів руху кліті в стовбурі шахти»

Спецчастина: _____

Виконавець, студент

гр. МІТзм – 18

_____Пупченко Ю.В.

(підпис, дата, П.І.П)

Керівник

_____проф. Вовна О.В.

(підпис, дата, П.І.П)

Консультанти:

_____проф. Зорі А.А.

(підпис, дата, П.І.П)

_____проф. Вовна О.В.

(підпис, дата, П.І.П)

_____доц. Лактіонов І.С.

(підпис, дата, П.І.П)

_____ст. викл. Тюрін Є.А.

(підпис, дата, П.І.П)

Нормоконтроль

_____проф. Вовна О.В.

(підпис, дата, П.І.П)

Покровськ – 2020

**Державний вищий навчальний заклад
"Донецький національний технічний університет"**

Інститут, факультет Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації, електроінженерії та радіоелектроніки

Кафедра Електронна техніка

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування

(шифр і назва)

Спеціальність 152 Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри електронної техніки

Вовна О.В.

« » 2020 року

**З А В Д А Н Н Я
НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Пупченко Юрій Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка та дослідження інформаційно-вимірвальної системи параметрів руху кліті в стовбурі шахти

керівник проекту (роботи) Вовна Олександр Володимирович, д.т.н., проф.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 04.02.2020 року № 67

2. Строк подання студентом проекту (роботи)

3. Вихідні дані до проекту (роботи)

Технічна документація та матеріали з переддипломної практики

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) аналіз технічних характеристик об'єкту; математична модель вимірвального каналу; обґрунтування та розробка структури інформаційно-вимірвальної системи; розробка структурної та принципової схем мікропроцесорного блоку

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

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	д.т.н., проф., зав. каф. ЕТ Вовна О.В.		
2	д.т.н., проф., проф. каф. ЕТ Зорі А.А.		
3	д.т.н., проф., зав. каф. ЕТ Вовна О.В.		
4	к.т.н., доц., доц. каф. ЕТ Лактіонов І.С.		
А	ст. викл каф. ОП Тюрін Є.А.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз технічних характеристик і параметрів шахтної піднімальної установки		
2	Аналітичний огляд існуючих сенсорів переміщення, положення та рівня		
3	Розробка структури інформаційно-вимірювальної системи параметрів руху кліті в стовбурі шахти		
4	Розробка мікропроцесорного блоку та алгоритмічного забезпечення інформаційно-вимірювальної системи		
5	Охорона праці та безпека під час надзвичайних ситуаціях на підприємстві		

Студент

_____ (підпис)

Пупченко Ю.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Вовна О.В.

_____ (прізвище та ініціали)

ЛИСТ ЗАУВАЖЕНЬ

Посада П.І.Б.	Суть зауваження, оцінка та підпис

АНОТАЦІЯ

Пупченко, Ю.В. Розробка та дослідження інформаційно-вимірювальної системи параметрів руху кліті в стовбурі шахти / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка. – ДВНЗ «ДонНТУ», Покровськ, 2020.

Пояснювальна записка: 79 стор., 36 рис., 27 посилань.

Розроблено інформаційно-вимірювальна система, яка здійснює діагностику технічного стану провідників клітьового стовбура в шахті, на базі реалізації динамічного контролю положення кліті щодо провідників під час руху.

Результатом роботи інформаційно-вимірювальної системи є протокол обробки даних, які одержуються через (10 – 15) хв. після закінчення процесу вимірювань у друкованому вигляді на принтері або відеомоніторній станції.

Система використовується на підйомних установках, які застосовано в шахті підйомних машин: одно та двохбарабанної, фрикційної, прохідницької, для похилих і вертикальних установок. Систему розроблено для новостворюваних підйомних установок, а також для тих, що знаходяться в експлуатації.

Ключові слова: вимірювання, лінійні переміщення, шахтний стовбур, точність, оперативність, мікроконтролер, протокол передачі.

ABSTRACT

Pupchenko, Yu.V. Development and research of the information-measuring system of the cage movement parameters in mine shaft / Graduation qualification work for obtaining an educational degree 'Master' in specialty 152 Metrology and information-measuring technique. – SHEI 'DonNTU', Pokrovsk, 2020.

Explanatory note: 79 p., 35 fig., 27 references.

An information-measuring system has been developed, which performs diagnostics of the technical condition of conductors of the cage shaft in the mine, on the basis of realization of dynamic control of the position of the cage relative to conductors during movement.

The result of the information-measuring system is the data processing protocol, which is obtained in (10 - 15) minutes. after the measurement process is completed in hard copy on a printer or video monitor station.

The system is used on lifting installations, which are used in the mine of lifting machines: one and two-drum, friction, tunneling, for inclined and vertical installations. The system is designed for newly created lifting installations as well as those in use.

Key words: measurements, linear displacements, mine shaft, accuracy, efficiency, microcontroller, transmission protocol.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК І ПАРАМЕТРІВ ШАХТНОЇ ПІДНІМАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ.....	12
1.1 Технічний опис шахтної піднімальної установки.....	12
1.1.1 Система піднімальна судина – армування шахтної підйомної установки.....	13
1.1.2 Режими роботи та експлуатації.....	21
1.2 Аналіз методів вимірювального контролю параметрів шахтної піднімальної установки.....	23
2 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СЕНСОРІВ ПЕРЕМІЩЕННЯ, ПОЛОЖЕННЯ ТА РІВНЯ.....	29
2.1 Потенціометричні сенсори.....	30
2.2 Гравітаційні сенсори.....	33
2.3 Ємнісні сенсори.....	35
2.4 Індуктивні та магнітні сенсори.....	40
2.4.1 Лінійно-регульовані диференціальні трансформатори.....	40
2.4.2 Поперечний індуктивний сенсор.....	42
2.4.3 Сенсори наближення на основі ефекту холу.....	44
2.5 Постановка задачі розробки та дослідження інформаційно-вимірювальної системи.....	46
3 РОЗРОБКА СТРУКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПАРАМЕТРІВ РУХУ КЛІТИ В СТОВБУРІ ШАХТИ.....	48
3.1 Схема структурна інформаційно-вимірювальної системи.....	48
3.2 Розробка метрологічних вимог до схемотехніки вимірювального каналу лінійного переміщення.....	53
4 РОЗРОБКА МІКРОПРОЦЕСОРНОГО БЛОКУ ТА АЛГОРИТМІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ.....	56

4.1 Розробка схеми мікропроцесорного блоку вимірювальної системи....	56
4.2 Розробка алгоритму функціонування мікропроцесорного блоку	63
ВИСНОВКИ.....	68
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	70
ДОДАТОК А – Охорона праці та безпека під час надзвичайних ситуацій на підприємстві.....	73

ВСТУП

Актуальність теми. На етапі розвитку видобувної вугільної галузі в Україні актуальними залишається проблеми збереження цієї галузі в цілому. У теперішній час закриваються нерентабельні шахти та підвищується рівень підтримку шахт, які приносять прибуток. Недофінансування цієї області призвело до значного збільшення рівню травматизму, а також нещасних випадків у шахтах. Заміна устаткування, яке застаріле, на нове, що більш надійне та досконале забезпечить зниження кількості аварій на шахтах та знизить рівень травматизм у цілому. Однією з головних й актуальних задач, які є у на підприємствах видобувної вугільної галузі, є підвищення рівня безпеки під час експлуатації підземних ліфтових установок на вугільних шахтах.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є розробка інформаційно-вимірювальна система, яка здійснює діагностику технічного стану провідників клітьового стовбура в шахтні, на базі реалізації динамічного контролю положення кліті щодо провідників під час руху.

Результатом роботи інформаційно-вимірювальної системи є протокол обробки даних, які одержуються через (10 – 15) хв. після закінчення процесу вимірювань у друкованому виді на принтері або відеомоніторній станції.

Для досягнення зазначеної мети в дослідженні представлені **такі задачі:**

- проаналізувати технічні характеристики та параметри шахтної піднімальної установки;
- виконати аналітичний огляд існуючих сенсорів переміщення, положення та рівня;
- розробити структуру інформаційно-вимірювальної системи параметрів руху кліті в стовбурі шахти;
- розробити мікропроцесорний блоку та алгоритмічне забезпечення інформаційно-вимірювальної системи.

Об'єкт дослідження: процеси, що протікають у вимірювальних каналах інформаційно-вимірювальної системи параметрів руху кліті в стовбурі шахти.

Предмет дослідження: методи та засоби підвищення точності та оперативності вимірювального контролю параметрів руху кліті в стовбурі шахти.

Методи дослідження базуються на положеннях теорії вірогідності та математичної статистики, теорії інформаційно-вимірювальних систем та систем, теорії випадкових процесів, теорії планування наукового експерименту, комп'ютерного моделювання.

Практичне значення одержаних результатів.

Розроблено інформаційно-вимірювальна система, яка здійснює діагностику технічного стану провідників клітьового стовбура в шахті, на базі реалізації динамічного контролю положення кліті щодо провідників під час руху.

Результатом роботи інформаційно-вимірювальної системи є протокол обробки даних, які одержуються через (10 – 15) хв. після закінчення процесу вимірювань у друкованому вигляді на принтері або відеомоніторній станції.

Система використовується на підйомних установках, які застосовано в шахті підйомних машин: одно та двохбарабанної, фрикційної, прохідницької, для похилих і вертикальних установок. Систему розроблено для новостворюваних підйомних установок, а також для тих, що знаходяться в експлуатації.

Особистий внесок здобувача. Основні положення та результати кваліфікаційної роботи магістра одержані автором самостійно. Автором особисто: проаналізовані технічні характеристики та параметри шахтної піднімальної установки; виконано аналітичний огляд існуючих сенсорів переміщення, положення та рівня; розроблено структуру інформаційно-вимірювальної системи параметрів руху кліті в стовбурі шахти; розроблено мікропроцесорний блок та алгоритмічне забезпечення інформаційно-вимірювальної системи.

Апробація результатів роботи. Основні розділи роботи пройшли апробацію на наукових семінарах кафедри електронної техніки ДВНЗ «Донецький національний технічний університет» (м. Покровськ, 2018 – 2020 рр.).

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи магістра. Структура кваліфікаційної роботи магістра визначена загальною схемою наукового дослідження, метою досліджень та шляхами її досягнення. Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, основних висновків та списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи містить 79 сторінок машинописного тексту, зокрема 69 сторінок основного тексту, 35 рисунків та список використаних джерел із 27 найменувань.

1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК І ПАРАМЕТРІВ ШАХТНОЇ ПІДНІМАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

1.1 Технічний опис шахтної піднімальної установки

Під час розробки родовищ корисних копалин отримують доступ до них. Це здійснюється з поверхні землі, а процес називають розкриття шахтного поля. Розкриття шахтного поля, яке здійснюється з поверхні землі, відбувається двома стовбурами: вентиляційним і підйомним. Стовбур шахти – це гірниче вироблення, яке має вихід на поверхню землі. Це вироблення пройдене для розробки родовища вугілля. У залежності від кута нахилу стовбури шахт поділяють на похилі та вертикальні. Останні мають прямокутний перетин або круглий поперечний.

У шахтах, які мають термін експлуатації більше ніж 50 років, та значний гірничий тиск використовуються стовбури, що мають круглий перетин. Ці стовбури найбільш стійкі, а кріплення зводять як суцільна оболонки, яку виготовлено зі залізобетонних тюбінгів або бетону. Ствол шахти довжиною 10 м від земної поверхні закріплюється за допомогою матеріали, який не горить. Шахтний стовбур у поперечному перетині поділяється розстрілами на окремі відділення: сходове, підйомне, трубо-кабельне та ін.. Ці відділення встановлено у відповідності до їх призначення. До розстрілів підйомних відділеннях навішують провідники, які є вертикальними та напрямні підйомних посудин. Вони оберігають підйомні посудини від розгойдування під час руху за стовбуром. Провідники, розстріли та їх кріплення є основою армування стовбура шахти, що може бути металевим, дерев'яним або змішаним.

Металеve армування застосовується в стволах круглого перетину. До цього типу армування відносять розстріли з швелерних, двотаврових або балок, що мають спеціальний профіль, а також провідники зі залізничних рейок.

Змішане армування є дерев'яні провідники з металевими розстрілами. Розстріли розділяються на головні, службові, які використовуються для кріплення провідників або кінців розстрілів, які несуть провідники, а також допоміжні, які необхідні для кріплення трубопроводів або полків сходового відділення. Головний розстріл, який розташовується за діаметром стовбура або близько до нього, носить назву центральний. Один стовбур шахти може мати дві підйомних установок, отже, два підйомних відділення. На великих шахтах є дві або три діючих підйомних установок. Кожна цих установок призначена для спуску або піднімання, людей видачі вугілля або породи та ін. Ці установок не є резервом іншої.

Від безперебійної, надійної та продуктивної роботи підйому залежить робота в цілому шахти. Отже до підйомних установок висувають особливі вимоги щодо безпеки та надійності роботи. Сучасні шахтні машини для підйому є надпотужними зі стаціонарного обладнання на шахті. Потужність електроприводу в підйомній машині може досягати 1000 кВт, а якщо велика підйомна машина, то більше ніж 2000 кВт. Електричний привід підйомних установок має споживання електричної енергії до 40 % від балансу всієї шахти. Підйомні машини експлуатуються весь період роботи шахти. Швидкість руху під час підйому посудин у стволі може сягати досягає від 15 до 20 м /с. Швидкість може розвиватися на короткі відстані, які дорівнюють довжині стовбура шахти, тому підйомні машини повинні мають безвідмовно діючі гальмівні пристрої та надійне керування.

1.1.1 Система піднімальна судина – армування шахтної підйомної установок

Підйомні установок в шахті розділяються [1]:

- за типом стовбура шахти: на похилі та вертикальні;
- за призначенням: на головні, або вантажні, що використовуються під

час транспортування корисної копалини; допоміжні або пасажирсько-вантажні, які використовуються для транспортування устаткування, матеріалів, породи, а також підйому та спуску людей в шахті); людські, застосовуються тільки для підйому та спуску людей;

- за типом органів навивання підйомних канатів: на установки з постійним радіусом навивання, ці установки мають підйомні машини з циліндричними барабанами або з провідними шківом тертя, а також установкою зі змінними радіусами навивання канатів, які мають підйомні машини з біциліндричним барабаном;

- за типом підйомних посудин: скіпові, клітьові та комбіновані;

- за типом приводу підйомних машин: на установки з двигуном постійного струму та з асинхронним електричним двигуном;

- за ступенем врівноваженості: на неврівноважені та врівноважені.

Підйомна установка має в своєму складі устаткування для підйому та гірничотехнічні споруди. До устаткування для підйому відносяться: підйомні посудини, підйомні машини, канати, завантажувальні та розвантажувальні пристрої та ін. Схему підйомних установок для вертикальних стволів наведено на рисунку 1.1. Над шахтним стволом шахти надшахтних копер 1, на верхній площадці якого закріплено дві направляючих, які мають назву копрові шківів 2. Спуск і піднімання клітей 3 (див. рис.1.1, а) і скіпів 4 (див. рис.1.1, б) здійснюється підйомною машиною 5 (див. рис.1.1, а). Ця машина знаходиться в окремій будівлі 6, що розташовано на дистанції від 20 до 40 м від копра [1, 2].

Через напрямні шківів перекинуто підйомні канати 7, вони одним кінцем закріплені до барабана машини підйому, а інший кінець прикріплений шахтної до скіпу або кліті. Під час обертання барабана в підйомній машині один канат навивається на нього, та піднімають кліть з шахти. Інший канат звивається, що дозволяє опускати другу кліть до шахти. Підйомні посудини завантажуються одночасно в шахті, а розвантажуються на спеціальних приймальних майданчиках на поверхні.

У підйомних установках, що мають неопрокідні кліті, вагонетки, які навантажено на нижній майданчику приймання, вкочується до кліті. При цьому, з кліті виштовхують порожні вагонетки та піднімаються їх за стовбуром до верхньої площадки приймання в надшахтній будівлі, в якій навантажені вагонетки викочуються з кліті, а порожні до неї вкочується. Процес обміну вагонетками повторюється на приймальних майданчиках.

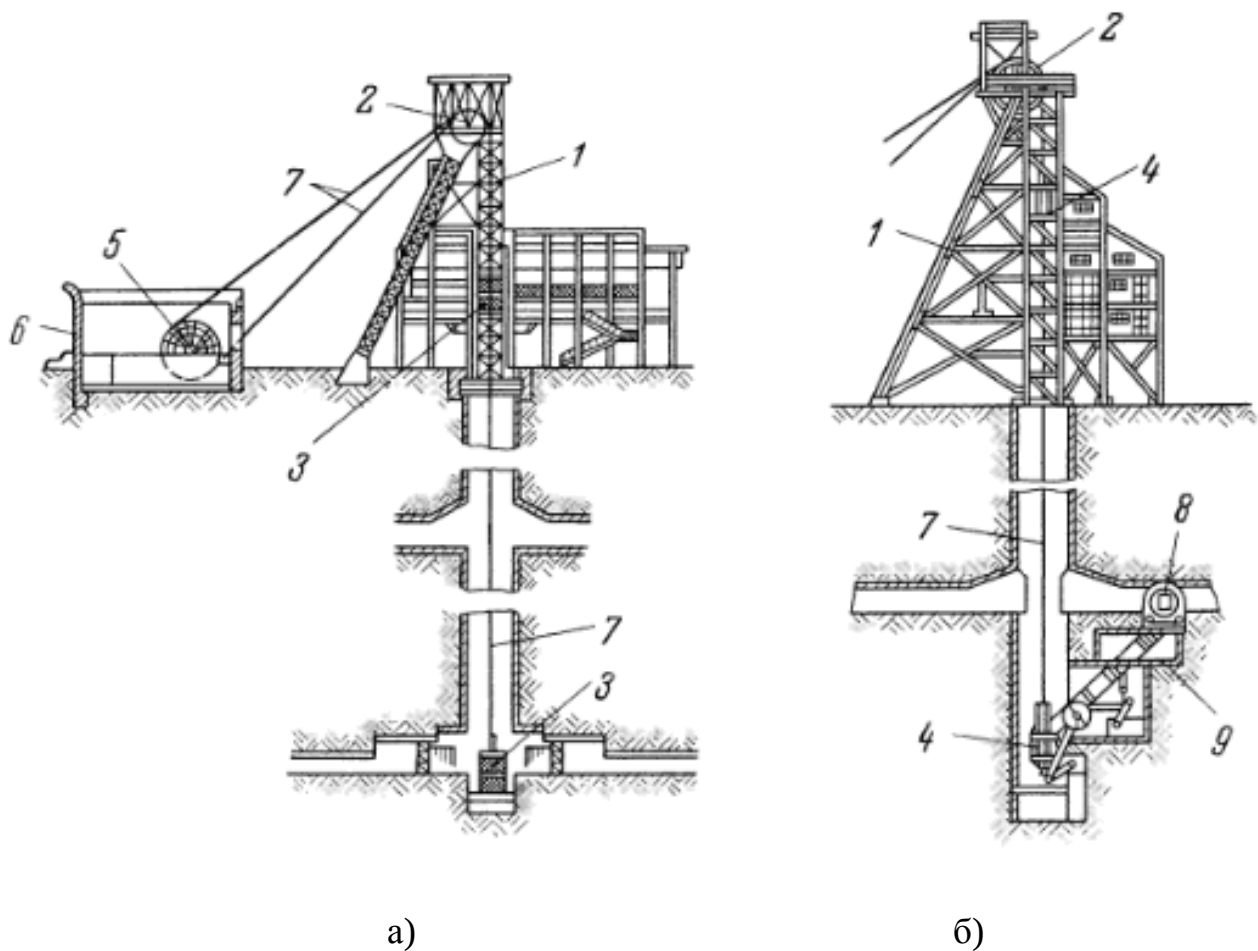


Рисунок 1.1 – Схеми підйомних установок у вертикальних стволах

У підйомних установках, що обладнані скіпами, навантажені вагонетки розвантажуються до подвір'ї біля стовбура. Це здійснюється завдяки перекидачеві 8 (див. рис.1.1, б) до завантажувального пристрою 9, звідкіля завантажуються вугілля до скіпа. Скіпи піднімаються за стовбуром до поверхні та автоматично розвантажуються в надшахтній будівлі до пристрою розвантаження. Скіпи як і кліті рухаються за напрямними провідниками в

стовбурі. Під час скіпового підйому вага скіпа та корисного вантажу приблизно однакові. Якщо застосовується клітьовий підйомі, то вага вантажу становить третю частину від ваги кліті з вантажем.

Зовнішній вигляд перекидної одноповерхової кліті, яка має поворот перекидної платформи на 135° , наведено на рисунку 1.2 [3, 4].

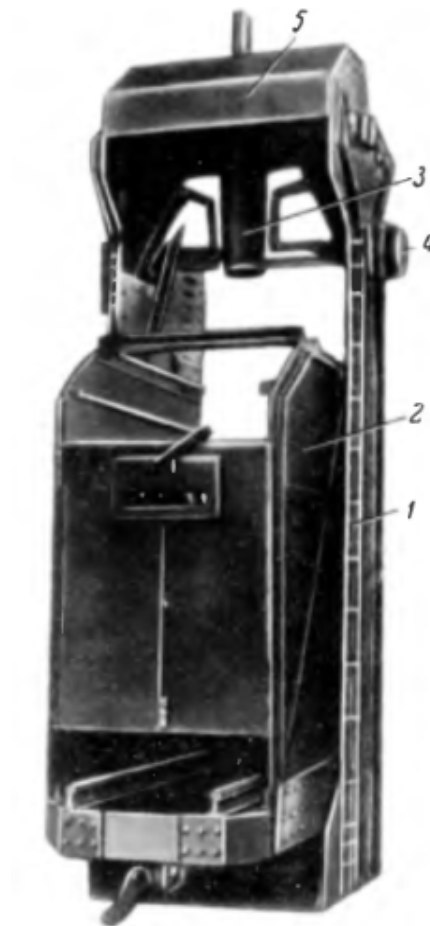


Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд перекидної одноповерхової кліті

Перекидна одноповерхової кліть має вертикальну рами 1 та перекидну платформу 2. Рама є жорсткою металевою конструкцією, яка має вертикальні стійки. Ці стійки пов'язано в нижній та верхній частинах швелерними поперечними балками. Угорі до рами прикріплено підвісний пристрій 3. У нижній частині рами мають масивні кронштейни, які мають з горизонтальну вісь. Навколо цієї вісі під час перекидання повертається платформа кліті. Вісь до рами розташовано асиметрично. Перекидна платформа, де розміщується

вагонетка, є рамою, яка горизонтально склепана зі швелерів, які мають дві вертикальні бічні стінки. Ці стінки мають з боку розвантаження фігурний профіль.

У верхній частині бічних стінок є зазорами, які розташовано на 22 мм від верхньої кромки вагонетки. Стінки обшиті перфорованою сталлю, а раму платформи перекрито сталевим листом. Це утворює підлогу кліті, на якій закріплено стопорний пристрій та рейки для вагонетки. Над платформою закріплений дах 5. На торцевих сторонах від платформи навішено двостулкові двері. Кліть під час підйому-спуску за стовбуром шахти рухається за провідника напрямних опор, які змонтовано на вертикальній рамі. Кліть перекидна має такі технічні характеристики [2, 3]:

– ємність вагонетки	1,35;
– тип провідників	рейки Р-38;
– відстань між провідниками, мм	1300;
– максимальний діаметр головного каната, мм	34,5;
– основні розміри, мм:	
довжина	2570;
ширина	1420;
висота	5500;
– вага, кг	5000.

Піднімання та спускання матеріалів, людей, лісу й устаткування за допомогою перекидних клітей здійснюється проводиться однакового з неперекидними клітями. При цьому кліть не доходить до кривих розвантаження. Вона зупиняється на нульовому майданчику приймання. Під час підйому-спуску людей в перекидних клітях у відповідності з правилами техніки безпеки використовують спеціальні пристрої, які не дають змогу довільно перекидатися кліті під час руху їх за стовбуром.

До недоліків перекидних клітей можна віднести її велику вагу, значення якої перевищує вагу неперекидних клітей, що мають так вантажопідйомність майже в два рази. Також, під час розвантаження кліті присутні великі динамічні

навантаженнями на вагонетку, копер і підйомний канат. Це суттєво зменшує термін їх служби. Використання перекидних клітей збільшує потужність підйомного двигуна, а також зменшує к.к.д. установки, що порівняно з використанням неперекидних клітей.

До основної перевага перекидних клітей можна віднести можливість автоматичного розвантаження вагонеток, що здійснюється без виходу їх з кліті. Це спрощує пристрій, який розташований на поверхні шахти для приймання й транспортування корисної копалини.

Експлуатація армування без аварій можлива тільки в тому випадку, якщо її напружено-деформоване становище під час роботи не перевищує нормоване значення граничних рівнів. Параметри робочого стану визначаються розрахунковими параметрами армування, а також системою діючих навантажень і піднімальною судиною [1]. Розрахункові параметри поділяють розділити на монтажні, конструктивні та експлуатаційні. Деякі з зазначених параметрів є вихідними даними для здійснення розрахунку, а деякі інші визначаються тільки під час здійснення розрахунків.

Впливи і навантаження на армування поділяють на постійні та ті, що діють протягом часу. Постійні навантаження є статичними від власної ваги конструкцій армування. До навантажень, що дію протягом часу, – навантаження, які передаються під час піднімання судиною, а також навантаження, що виникають під час зсуву навколишніх гірничих порід, зміни температури, навантаження від монтажу. Усі зазначені впливи і навантаження, окрім навантажень, що передано на армування піднімальними судинами, мають невелике значення, їх величиною нехтують. Провідники твердого армування під час спрямовування піднімальної судини поділяють на впливи від статичних горизонтальних та динамічних ударних навантажень. Якщо наявні викривленості провідників, уступи на стиках провідників, а також нерівномірність зносу провідників, й перекошування піднімальної судини, що має місце під час дії розбіжності його центра мас з вертикальної віссю симетрії, коливання піднімальної судини через крутіння каната, змінної твердості

провідників у прольотах між ярусами та іншими причинами.

Якщо армування розроблено та введено до експлуатації на базі дотриманням існуючих вимог, норм, і допусків, то динамічна стійкість системи «судина-армування» достатньо висока, а величина амплітуди коливань має дуже мале значення. Якщо ж ці норми не виконано, то під час дії певних умов горизонтальні зсуви судини підвищуються, а існуючі обмеження зсувів судини провідниками проявляються у вигляді горизонтальних періодичних ударних навантажень, що передаються до провідників.

Надійність кінематичного зв'язку між направляючими пристроями та піднімальною судиною з провідниками безпосередньо визначається параметром, який характеризує зміну ширини колії провідників відносно проектного значення. Плавність руху піднімальних судин визначається рівнем горизонтальних динамічно-ударних навантажень, які передаються від судини до провідників. Також ще одним характерним параметром є величина параметрів коливальних процесів, які проявляються під час порушення прямолінійності руху судин.

До схем, які мають тверде армування, та її елементів є цілий комплекс технічних, функціональних й економічних вимог, які задовольняються під час проектування. Основною функціональною вимогою є забезпечення безаварійності роботи підйому під час дії заданої швидкості, а також кінцевому навантаженні протягом всього терміну служби стовбура. Це досягається завдяки тому, що конструктивна схема армування з елементами відповідають гірничим і геологічним умовам з можливим скривлення стовбура. Зазначені умови забезпечують розташування в стовбурі великої кількості піднімальних судин, а також нормальну роботу підйому під час обслуговування декількох горизонтів.

До вимог стійкості, міцності та довговічності, які мають першорядне значення під час проектування армування необхідно навести більш детальну розшифровку. «Міцність – є здатністю елементів армування пручатися руйнуванню й утворенню залишкових деформацій, що неприпустимі за

умовами експлуатації». Стійкість може бути статичною та динамічною. «Статична стійкість – здатність елементів армування зберігати статичну рівновагу під час дії силового впливу, динамічна – здатність системи «піднімальна судина – армування» зберігати динамічну стійкість, тобто зберігати обмежені переміщення судини в часі та просторі». «Довговічність – здатність елементів армування та всієї системи зберігати міцність та стійкість протягом наміченого терміну служби при заданому режимі експлуатації».

Технічні вимоги можливо забезпечити під час науково-обґрунтованого конструювання та розрахунку армування, а також застосуванням матеріалів, які мають високу міцність, та профілів з підвищеною твердістю. Проведення спеціальних заходів, які дозволяють захистити елементи армування від корозійного та механічного зношення. Технічні вимоги, що пред'являються пропонується до системи «судина-армування» [1, 4]:

- мінімальна значення зазору між кріпленням стовбура та піднімальними судинами повинна дорівнює: якщо кріплення дерев'яне, а армування металеве або дерев'яне, то – 200 мм, якщо кріплення бетонне, цегельна та бетоноване, а армування металеве – 150 мм, якщо кріплення бетонне, цегельне та бетоноване, армування дерев'яне, то 200 мм;

- величина зазору між двома судинами, які рухаються, при відсутньому розстріл між ними, повинна бути не менш 200 мм;

- мінімальні зазори між армуванням та елементами піднімальних судин повинні бути: між розстрілами, які на мають провідників, і піднімальними судинами – 150 мм, між частинами піднімальних судин, що виступають, які вилучені від осі провідників на відстань до 750 мм, а також розстрілами – 40 мм (для розвантажувальних роликів цей зазор повинен бути збільшено на 25 мм), між зовнішньою точкою башмака судини й затискним пристроєм, який використовується для кріплення металевих провідників до розстрілів, – 20 мм;

- економічні вимоги мають забезпечити максимально можливі експлуатаційні якості армування з мінімальними капітальними витратами, а також експлуатаційні витрати на ремонт протягом терміну служби стовбура.

1.1.2 Режими роботи та експлуатації

Навантаження, що передаються до армування від піднімальних судин, за своєю природою є динамічними. Ці навантаження в залежності від бездіяльності можуть розрізнятися експлуатаційні та аварійні, які є основними. Аварійні навантаження виникають під час обривання піднімального каната, при цьому спрацьовують пристроїв парашутів, які захоплюють. Зазначені навантаження мають місце у підйомах, в яких застосовуються парашути. Величина цих навантажень залежить від конструкції парашутів.

Експлуатаційні навантажень виникають під час коливання піднімальної судини, яка рухається за провідниками армування. Амплітуда коливань судини збільшується під час зростання швидкості підйому. У динамічній системі «піднімальна судина-армування» виділяють три стадії розвитку коливального процесу. Під час дії малих швидкостей руху судини амплітуди його коливання та деформація провідників незначні. Деформаційні властивості системи практично не впливають на величину експлуатаційних навантажень. Поведінка системи визначається її кінематичними властивостями, монтажними відхиленнями провідників від проектного положення, величина кінематичних зазорів між направляючими пристроїв судини та контактними поверхнями провідників, наявністю неправильного стикування провідників та інших монтажних недосконалостей армування. На цій стадії експлуатаційні навантаження є незначними, а настання граничних станів є малоймовірне.

Під час збільшення величини швидкості підйому збільшується вплив деформаційних властивостей системи та зростають деформації провідників. Основними зі зазначених властивостей є змінна поперечна твердість провідників. Це виникає під час дії дискретного обпиранні останніх на яруси армування. Під час дії цих стадій експлуатаційні навантаження збільшуються, а настання граничних станів може статися як під час появи неприпустимих переміщень піднімальної судини та виходу його з провідників, так і під час втрати несучої здатності елементів армування. Збільшення швидкості підйому

може бути пов'язано з експлуатаційними навантаженнями на армування провідників і зі зростанням деформацій. Поведінка цієї системи визначається впливом деформаційних властивостей армування. На цій стадії нормальна експлуатація підйому практично неможлива.

Фактори, які збуджують та підтримують коливальний процес у системі «піднімальна судина – армування», а також формують експлуатаційні навантаження, визначаються деформаційними і кінематичними властивостями самої системи. Кінематичні властивості це зовнішнє, а деформаційні – внутрішнє збудження системи. У залежності від швидкості підйому характер збудження відрізняється: під час дії малих швидкостей більше зовнішнє збудження, під час дії великих швидкостей – переважає внутрішнє збудження. Виділення трьох стадій під час розвитку коливального процесу є умовним, не спостерігається різких переходів від однієї стадії до іншої.

Розділення коливального процесу в системі на три стадії необхідно виконувати для оцінки співвідношення між величинами аварійних і експлуатаційних навантажень. Якщо має місце малі швидкості та кінцеві навантаження, то розвивається перша стадія коливального процесу. У цій стадії аварійні навантаження можуть бути більшими ніж експлуатаційні.

Під час збільшення глибини розробок та відповідного зростання швидкості підйому та кінцевих навантажень призвело до розвитку другої стадії коливального процесу. Це змінило співвідношення між експлуатаційними та аварійними навантаженнями. У теперішній час для більшості вертикальних підйомів експлуатаційні навантаження є визначальними під час розрахунку елементів армування. Якщо розглядати експлуатаційні навантаження на армування, то відзначається їх випадковий характер зі збільшення глибини стовбура. Це підтверджуються під час виконання експериментальних досліджень. Випадкова складова експлуатаційних навантажень має випадковий характер механічних властивостей системи. Більший ступінь випадковості є в кінематичних властивостях, а менший ступінь – деформаційні властивості системи.

1.2 Аналіз методів вимірювального контролю параметрів шахтної піднімальної установки

Профілювання провідників, а також перевірка відстані між ярусами – є маркшейдерський контроль за монтажним виконанням армування. Цей контроль є надзвичайно тривалим і трудомістким. Тому за останні роки розроблено декілька конструкцій автоматичних пристроїв. Схему встановлення пристрою типу ІІІ наведено на рисунку 1.3. Пристрій типу ІІІ має в своєму складі два вимірювальних засоби 1, два відмітника розстрілів 2, що закріплені на піднімальній судині 3, а також одного пристрою реєстрації 4, які зв'язаний між собою гнучким валом 5 та гнучкими тросами 6.

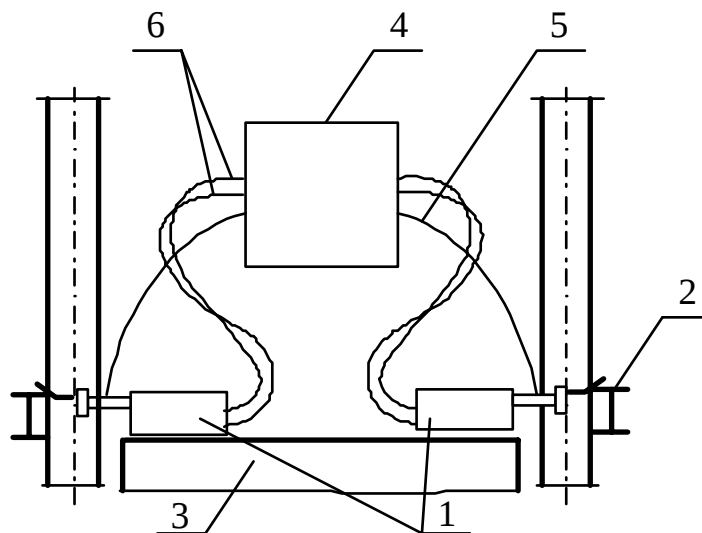


Рисунок 1.3 – Схема встановлення пристрою типу ІІІ

Вимірювання вертикального профілю провідників відбувається бічними та лобовими роликами вимірювальних пристроїв. Ці ролики щільно контактують з поверхнями провідників. Фіксація положень розстрілів здійснюється спеціальними пристроями відхилення. Завдяки гнучким тросикам результати вимірювання надходять до пристрою реєстрації. Протяжний механізм пристрою реєстрації приводиться до руху завдяки гнучкому валу, який передає оберти від лобового ролика. Автоматичний контроль виконується

під час руху судини зі швидкістю від 0,3 до 1,0 м/с. Пристрій обслуговує дві людини: перший стежить за роботою самописа, а другий оглядає армування та подає потрібні сигнали машиністу. На здійснення оперативного контролю одного відділення стовбура разом з установкою та демонтажем пристрою витрачається біля 1,5 г.. Це дозволяє застосовувати пристрій на всіх роботах в шахті щодо огляду та ремонту армування.

Результатом вимірювання є діаграма, що фіксується завдяки самописцю на міліметровому папері. Потім до первинної діаграми наносяться лінії проектного стану провідників та розстрілів, виконується обробка результатів досліджень. Як приклад на рисунку 1.4 наведено діаграму вимірювання металевих провідників на першому клітьовому стовбурі шахти «Артем-1» (Кривбас). На діаграмі наведено такі позначення: B – проектна й фактична ширина колії (мм); a – оцінки положення розстрілів та фактичний крок армування; b , m – профілі бічної поверхні першого і другого провідників і величини монтажних відхилень на ярусах; v , d – профілі лобової поверхні першого та другого провідників і величини монтажних відхилень на ярусах.

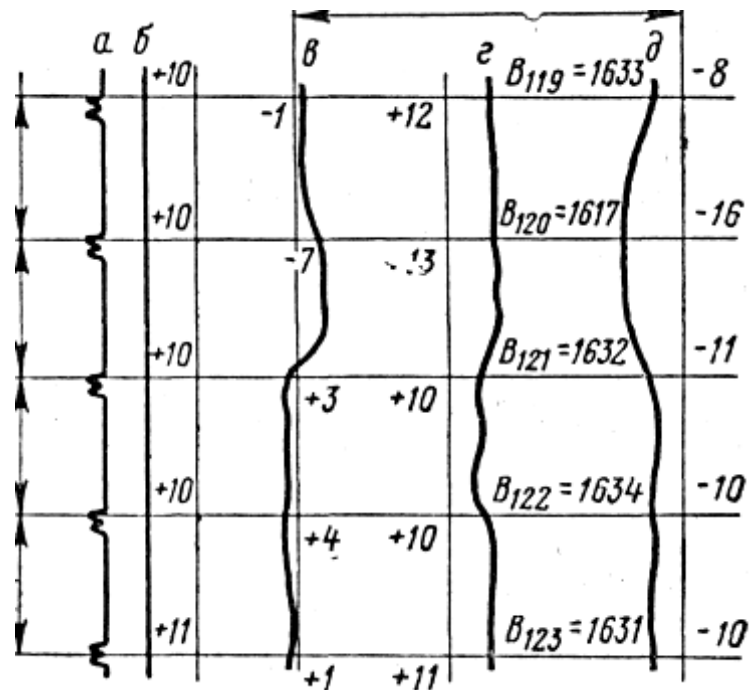


Рисунок 1.4 – Діаграма вимірювання подовжнього профілю металевих провідників на першому клітьовому стовбурі шахти «Артем – 1» (Кривбас)

Після обробки результатів досліджень здійснюється оперативний контроль таких параметрів армування: лобових і бічних кінематичних зазорів між направляючими башмаками і провідниками, ширини колії між провідниками, фактична ширини, а також механічне та корозійного (сумарне) зношення провідників, фактична ширина та сумарне зношення лап ковзання, кроку армування. Прилад типу ІІ має такі характеристики:

- діапазон вимірювання ширини колії, мм від 1300 до 2000;
- допустимі сумарні зміни ширини колії, мм 60;
- вимірювана ширина коробчатих провідників, мм від 140 до 230;
- вимірювана ширина рейкових провідників, мм від 40 до 100;
- вимірювана величина зазорів між направляючим провідником і пристроєм, мм від 0 до 40;
- абсолютне значення похибки вимірювання, мм ± 2 ;
- вага вимірювального пристрою, кг 24;
- вага пристрою реєстрації, кг не більш 25.

Більш удосконаленим є «Пристрій для контролю відхилення ширини колії провідників» (ПКВШКІІ), який прийнятий як прототипу, він має такі технічні характеристики:

- діапазон вимірювання ширини колії, мм від 1300 до 2000;
- допустимі сумарні зміни ширини колії, мм 32;
- вимірювана величина зазорів між направляючим пристроєм і провідником, мм від 0 до 16;
- дискретність контролю, мм ± 1 ;
- автономне живлення 4 елементи типу Д0,125;
- відносна вологість навколишнього середовища, % не більш 85;
- зміна температура навколишнього середовища від 0 до +40.

Цей пристрій містить два вимірювальних засоби, які жорстко закріплено на піднімальній судині. Кожен з цих засобів має ролик, який встановлено на підшипниках роликоутримувач, який має вилкоподібну форму, з рухомим штоком, що притискається пружиною.

Розташування пристрій для вимірювального контролю відхилення ширини колії провідників з пристроєм реєстрації наведено на рисунку 1.5.

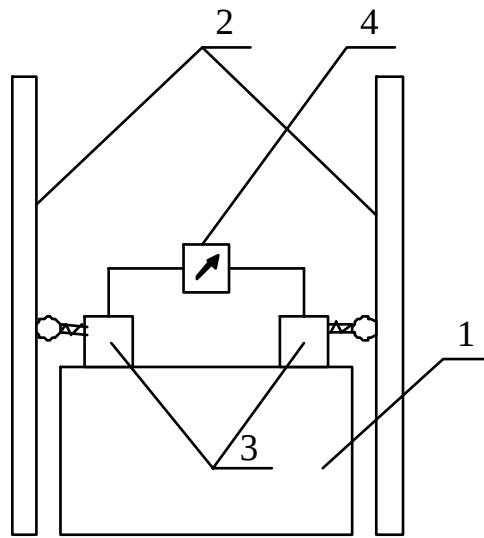


Рисунок 1.5 – Пристрій для вимірювального контролю відхилення ширини колії провідників

Сенсор переміщення є потенціометром, який має лінійну функціональну залежність. Движок потенціометру жорстко пов'язаний з штоком утримувача ролика. Потенціометри вимірювальних пристроїв підключено послідовно між, а також включені до стабілізованого за струмом плече мостової схеми. Індикатор вимірювальної схеми підключено до діагоналі моста. Пристрій реєстрації має стрілочний індикатор здійснення візуального спостереження за зміною ширини колії провідників під час руху судини за стовбуром, а також власний реєстратор, який здійснює запису інформації.

Пристрій здійснює перетворення вимірюваного значення відхилення ширини колії від його проектного значення до цифрового код, а також він записує його до блоку пам'яті. Схему структурну пристрою реєстрації наведено на рисунку 1.6, де позначено: АЦП – аналого-цифровий перетворювач; БП – блок пам'яті; СК – система керування; ВР – відмітник розстрілів.

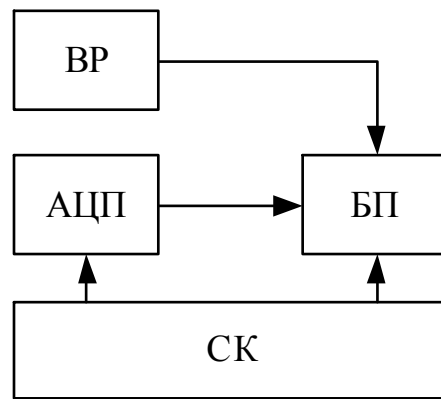


Рисунок 1.6 – Схема структурна пристрою реєстрації

Вихідні сигнали з пристрою оперативного вимірювального контролю передаються до АЦП, керування якого здійснюється від СК. На виході АЦП у зазначені моменти часу встановлюються коди, що відповідають фактичному значенню відхиленню відстані між провідниками від їх проектного значення. Якщо присутній сигнал зі схеми керування, то коди від АЦП передаються до інформаційних входів блоку пам'яті та вони записуються до РППЗП. Адреси комірок пам'яті, до яких записується інформації встановлюється схемою керування. Відмітник розстрілів прив'язує отриману інформації щодо зміни ширини колії до глибини стовбура. Сигнал щодо наявності розстрілу запам'ятовується. У залежності від типу армування розстріли розташовано через кожні 3,125; 4,17; 6,25 м.

Як блоку пам'яті застосовується мікросхема типу КР1601РРЗ. Її ємність пам'яті дорівнює 2048 байт, а число інформаційних розрядів складає 8. Мікросхема КР1601РРЗ-РППЗУ має функцію електричного запису та стирання інформації. Тривалість зберігання інформації, якщо відсутня напруги живлення, складає більш 500 годин. Стирання здійснюється автоматично під час запису нової інформації. Як вход запису БП застосовується вхід «запис» (WR). Цей вхід забезпечує включення мікросхеми РППЗУ тільки на час, коли подається імпульсу запису. Завдяки цьому досягається значне зменшення потужності, що споживається від реєстратора під час його роботи. Блок АЦП має 8-мі розрядний АЦП типу К1107ПВ8. Ця мікросхема має

достатню швидкодiю, вона не вимагає наявностi зовнiшньої схеми вибiрки-збереження. Величина абсолютна похибка АЦП складає 0,195 мм.

Вiдмiтник розстрiлiв здiйснює реєстрацiю ярусiв розстрiлiв для зв'язування отриманої iнформацiї щодо ширину колiї провiдникiв з глибиною стовбура. У основi роботи вiдмiтника розстрiлiв покладений двохпозицiйний геркон. Принцип його роботи є аналогiчним роботi ключа. Пiд час дiї вихiдного положення замкнутий один контакт геркона. Пiд час наявностi розстрiлу геркон замикається на iнший контакт, а пiсля проходження розстрiлу вiн повертається до вихiдного положення. Iнформацiя щодо наявностi розстрiлу зберiгається до того моменту, коли вона не буде записана до блоку пам'ятi, їй надається старший розряд.

Схема керування виконує координацiю роботи всiх вузлiв i елементiв реєстратора, а також генерацiю необхідних сигналiв керування. Як джерело електричної енергiї постiйного струму використовуються акумулятори типу Д-0,26, якi мають ємнiсть 260 мА/год при номiнальному значеннi напруги 1,2 В. Для стабiлiзацiї напруги живлення використовується мiкросхем типу КР1421Б.

Пристрiй, що розглянуто, має такi переваги: простота обслуговування та конструкцiя, задовiльна точнiсть вимiрювань та низька вартiсть пристрою. Також у цього пристрою є рiд недолiкiв: пристрiй типу ПП не має можливостi передавати iнформацiї щодо змiни вимiрювальних величин до персонального комп'ютера, тобто не має потенцiальної можливостi для автоматичної обробки iнформацiї. Пристрiй типу ПКВШКП має застарiлi схемнi рiшення на дискретних елементах. Причому значна кiлькiсть цих елементiв призводить до зменшення показникiв надiйностi. Як обчислювальний комплекс для обробки iнформацiї використовується застарiла мiкроЕОМ типу «Електронiка». Це не дозволяє виконувати оперативну обробку даних, так як ця мiкроЕОМ має низьку швидкодiю.

2 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СЕНСОРІВ ПЕРЕМІЩЕННЯ, ПОЛОЖЕННЯ ТА РІВНЯ

Детектори, які визначають переміщень, зазвичай входять до складу більш складних сенсорів. У цих сенсорах визначення рухомих об'єктів є одним з декількох етапів процесу перетворення сигналу. Наприклад, сенсор тиску, в якому зміна тиску впливає з переміщення діафрагми. Потім переміщення діафрагми викликає зміни у вихідному електричному сигналів. Сенсори переміщень застосовуються не тільки самостійно, але входять як складовими до багатьох інших детекторів. Більшість сенсорів переміщень і положення є статичними пристроями. У них величина швидкодії не позначається на характеристиках систем.

Однією з найважливіших функцій багатьох автоматизованих систем є визначення положення фізичних об'єктів, а також їх переміщень. Використання цієї функції необхідно для всіх систем керування транспортними потоками АСУ ТП та охоронних систем. Визначення положення фізичного об'єкту – це знаходження його лінійних або кутових координат у порівнянні зі заданою точкою. Переміщення об'єктів – це їх пересування від одного положення до іншого. Це знаходження здійснюється від першого на деякій відстані або під певним кутом. Переміщення завжди визначається у порівнянні з початковим положенням об'єкту. Для визначення відстані, що є небезпечними, між двома об'єктами використовуються детектори зближення. Ці детектори є пороговими пристроями, вони розроблено на основі сенсорів положення об'єкту. Сенсори положення є лінійними пристрої, в яких вихідні сигнали відповідають величині між об'єктом та опорною точкою. Детектори зближення є найпростішими пристроями, на виході цих детекторів сигнали з'являються тільки під час визначення критичної відстані до об'єкту. У рухомих механізмах автоматизованих систем і роботах використовується простий та надійний сенсор зближення. Цей сенсор є кінцевим вимикачем, він має в своєму складі

пара контактів, які нормально замкнено або нормально розімкнено. Коли об'єкт під час свого руху механічно замикає або розмикає зазначені електричні контакти, тоді кінцевий вимикач надсилає сигнал до керуючого пристрою. Наявність сигналу вказує на те, що об'єкт досягає свого кінцевого положення. Під час застосування контактних перемикачів виникають їх недоліки: гістерезис, високе механічне навантаження на рухомі об'єкти і т.д.

2.1 Потенціометричні сенсори

Сенсори переміщень і положення реалізуються на базі лінійних або поворотних потенціометрів. Принцип дії цих пристроїв базується на залежності зміни опору дріт'яного резистора від довжини дроту. Під час зв'язку переміщення об'єкту зі зміною положення повзунка потенціометра контролюється положення об'єкту, а цей сенсор є детектором переміщень. Потенціометричні перетворювачі є активними пристроїв, для визначення значення опору через них протікає електричний струм. Потенціометричні перетворювачі потребують використання додаткового джерела збудження, наприклад, джерела постійного струму. Схему принципову потенціометричного сенсора переміщень наведено на рисунку 2.1 [5 – 8].

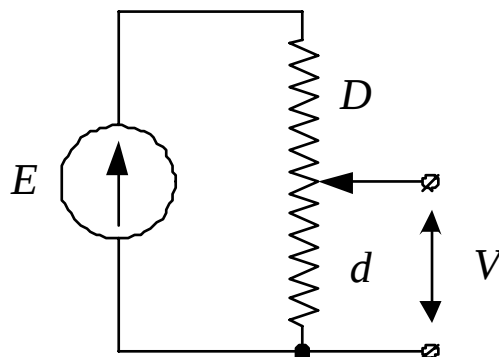


Рисунок 2.1 – Схема принципова потенціометричного сенсора положення

Під час практичної реалізації вимірювання опору замінюють на визначення падіння напруги на опорі. Це опір є лінійним потенціометром, у якого має місце пропорційність величині переміщення d :

$$V = E \cdot \frac{d}{D}, \quad (2.1)$$

де D – величина переміщення, значення якої максимально можливе, E – сигнал збудження напруги, значення якої прикладена до потенціометра.

У потенціометричного сенсору (див. рис. 2.2, а) є такий недолік: рухомий контакт, під час переміщенні уздовж обмотки може перемикає декілька витків змінного резистора. Це призводить до зміни роздільної здатності та нерівномірності кроків у вихідній напрузі (див. рис. 2.2, б). Тому, під час використання дріт'яного потенціометра з N витків застосовується середній дозвіл n [6]:

$$n = \frac{100}{N \%},$$

це передбачається, що схема зазначеного інтерфейсу не має ніякого навантаження. Під час невиконання цієї умови порушується лінійність залежності між вихідною напругою та положенням повзунка.

Величина вихідного сигналу є пропорційною від зміни напруги збудження, якщо напруга не є стабілізованою величиною, то це може бути джерелом похибок. Опір потенціометра не входить до складу рівняння (2.1), тому сенсор цього типу є відносним пристроєм. Стабільність таких сенсорів, наприклад, в широкому діапазоні температур, не впливає на точність вимірювань. У малопотужних сенсорах необхідно застосовувати потенціометри, які мають високий імпеданс але необхідно враховувати вплив підключеного навантаження. До виходів цих схем необхідно підключати повторювач напруг. Рухомий контакт потенціометра ізольований електрично від чутливої осі.

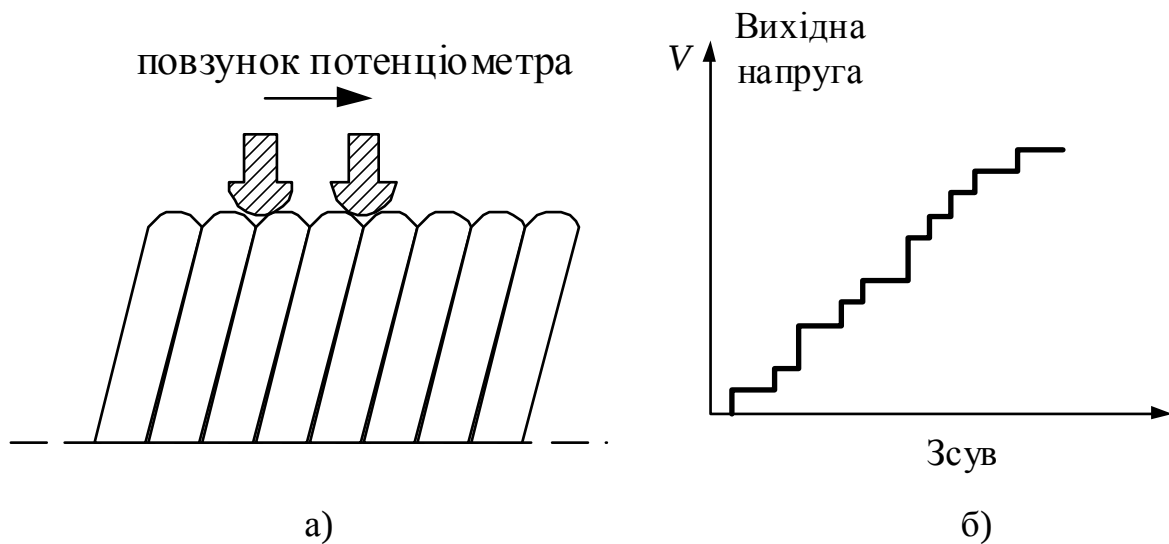


Рисунок 2.2 – Недоліки дротяних потенціометрів:

- а – повзунок потенціометра включати одночасно два витки,
 б – нерівномірність кроків напруги

Під час переміщення повзунка потенціометра витрачається енергія, яка виділяється в вигляді тепла. Дротяні потенціометри виготовляють з тонкого дроту, діаметр якого складає 0,01 мм. Цей потенціометр може забезпечити середнє значення роздільної здатності, величина якого складає 0,1% від повного діапазону вимірювання. Дозвіл плівкового високоякісного потенціометра обмежується неоднорідністю матеріалу резисторів, а також шумовим порогом для схеми інтерфейсу. Потенціометри, які мають безперервний дозвіл, виготовлено з вуглецевих плівок, провідної пластмаси, металевих плівок або суміші кераміки та металу (кермет). Контакти, що рухаються, у прецизійних потенціометрів виготовлено з якісних сплавів металів. Потенціометри, які є багатооборотними кутовим, вимірюють переміщення в інтервалі від 10° до 3000° . У потенціометрів є такі недоліки:

- необхідність наявності механічного контакту з об'єктом;
- значне тертя (механічне навантаження);
- низьке значення швидкодії;
- напруга й тертя збудження, що призводять до нагрівання сенсора ;
- низька величина стійкості до впливу навколишнього середовища.

2.2 Гравітаційні сенсори

До гравітаційних сенсорів рівня відносяться ті, що використовуються в бачках туалетів. Головним елементом цих перетворювачів є поплавець, який має меншу ніж у води густину. У бачках поплавець пов'язаний напряму зі краном водопроводу, та в залежності від рівня води він перекриває або відкриває кран. Поплавець – детектор положення поверхні води. Якщо необхідно вимірювати рівень води, до поплавця підключається перетворювач положення: магнітний, потенціометр, ємнісний або інший сенсор прямої дії (див. рис. 2.3, в) [7]. Гравітаційні сенсори сприймають різні перешкоди, джерелами яких є прискорення й тертя. Ці сенсори не працюють в умовах без гравітаційних сил або під час дії змінної гравітації, наприклад, на реактивних літаках або космічних станціях.

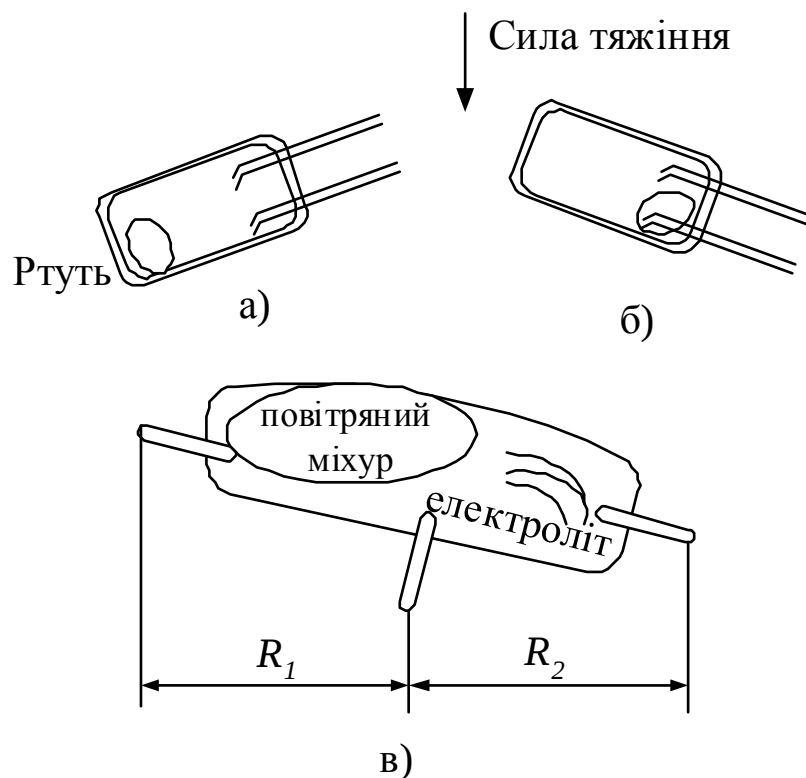


Рисунок 2.3 – Гравітаційні сенсори:

а – ртутний перемикач під час дії розімкненого стані, б – ртутний перемикач у замкнутому стані, в – детектор нахилу електролітичний

Рівнеміри, які визначають кут нахилу об'єкту до напрямку центру тяжіння Землі, використовуються під час будівництва доріг, у механічних верстатах, у навігаційних інерційних системах та ін. Один з найстаріших але популярних детекторів положення є ртутний перемикач (див. рис. 2.3, а та 2.3, б). Він складається з непровідної скляної трубки, двох електричних контактів і краплі ртуті.

Коли сенсор нахилений до вектора гравітаційної сили в одну сторону, то крапля ртуті зміщується до протилежного від контактів напрямку. Перемикач у цьому випадку розмикається. Зміна орієнтації пристрою призводить до скачування ртуті у бік контактів. Ртуть змикає контакти, що призводить до замикання перемикача. Ртутні перемикачі використовуються в побутових термостатах. Вони вмонтовано на біметалічній котушці, яка застосовується в якості чутливого елементу, який реагує на зміну температури. Під час зниження або підвищення кімнатної температури змінюється вигин котушки, що визначає орієнтацію його перемикача.

Розмиканням і замиканням контактів ртутного ключа здійснюється керування системами охолодження та нагрівання. До недоліків цієї системи можна віднести її постійному включення та виключенні. Ртутний перемикач представляє собою пороговий пристрій, який змінює свій стан коли кут повороту перевищує встановлене значення.

Для точного визначення кутових переміщень використовуються складніші пристрої. На рисунку 2.3, в наведено такий електролітичний сенсор нахилу. Цей сенсор складається з невеликої скляної трубки, яка злегка зігнута. Трубку частково заповнено електролітом, в ній розташовано три електроди: один – по центру, а два – на кінцях. Повітряний міхур, який є усередині трубки, зсувається уздовж неї під час нахилу її в різні сторони. У залежності від розташування міхура електричні опори між центральним і бічними електродами змінюються. Коли трубка знаходиться не в горизонтальному положенні, то змінюються пропорційно її куту нахилу значення опорів. Електроди підключено до мостової схеми, що живиться від джерела змінного

струму.

Електролітичні сенсори нахилу випускаються такими компаніями, як RA, Huntingdon Valley, The Fredericks Company. Вони здійснюють вимірювання в широкому інтервалі кутів: від $\pm 1^\circ$ до $\pm 80^\circ$. У залежності від діапазону вимірювання змінюється ступінь вигинання скляних трубок.

2.3 Ємнісні сенсори

Ємнісні сенсори переміщень мають дуже широке застосування. Вони використовуються як самостійно для визначення переміщення і положення об'єктів, так і входять до інших сенсорів, де переміщення окремих елементів викликаються дією на них тиску, сил, температури та ін. Оскільки ємнісні сенсори можуть здійснювати вимірювання переміщення об'єктів, що виготовлено з будь-яких матеріалів, сенсори використовуються повсюдно. Ємність плоского конденсатора є зворотно пропорційною величиною від відстані між пластинами. Принцип дії ємнісних сенсорів базується або на зміні відстані між пластинами, або на зміні ємності завдяки розміщенню між пластинами діелектричних або електропровідних матеріалів. Зміна ємності перетворюється до змінного електричного сигналу. Ємнісні сенсори можуть бути як однополярними, вони мають тільки один конденсатор, диференціальними, до їх складу входить два конденсатори, або мостовими, які мають чотири конденсатори. Під час застосування мостових або диференціальних сенсорів один або два конденсатори є постійними чи змінними, вони включаються зустрічно один іншому.

На рисунку 2.4 наведено схему з трьома пластинами, які мають однакову площу A . Пластини утворюють два конденсатори C_1 і C_2 . На дві крайні пластини цієї системи гармонійні сигнали, які мають однакову амплітуду, різниця їх фаз дорівнює 180° . Ці конденсатори є однаковими, струми через них взаємно компенсуються, а потенціал центральної пластини дорівнює нулю. У

випадку, коли центральна пластина зсувається вниз на відстань x (див. рис. 2.4, б), що призводить до зміни ємкостей цих конденсаторів C_1 і C_2 :

$$C_1 = \frac{\varepsilon_A}{x_0 + x}; \quad C_2 = \frac{\varepsilon_A}{x_0 - x}.$$

Значення амплітуди сигналу на центральній пластині є пропорційною величиною переміщення x , а зсув фази пропорційний напрямку руху. Амплітуду вихідного сигналу визначається таким чином [8]:

$$V_{out} = V_0 \left(-\frac{x}{x_0 + x} + \frac{\Delta C}{C} \right).$$

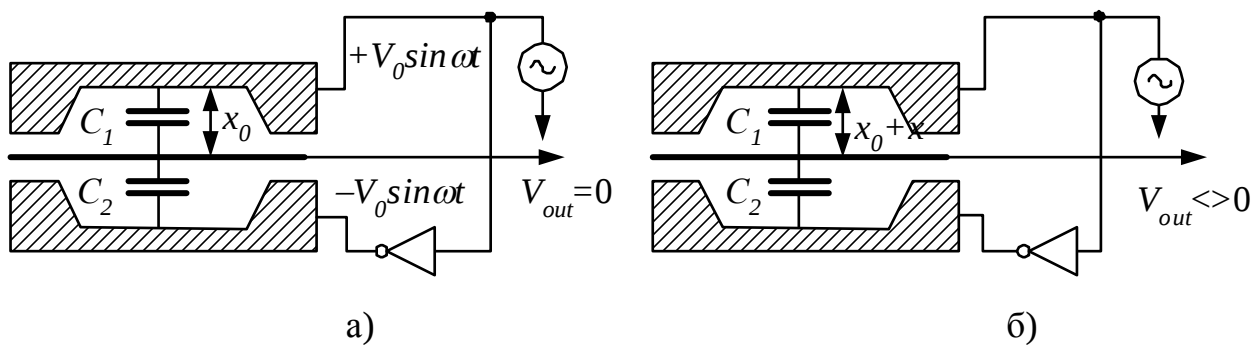


Рисунок 2.4 – Принцип дії ємнісного сенсора, який має плоскі пластини:
а – урівноважений стан, б – неуврівноважений стан

Під час виконання умови $x \ll x_0$, значення вихідної напруги лінійно залежить від переміщення. Другий член суми є початком розузгодження двох конденсаторів. Це є причиною виникнення напруги зсуву у вихідному сигналі. Краєві ефекти на кінцях пластин, а також дія електростатичних сил є причиною появи напруги зсуву. Під час дії сили відштовхування або тяжіння, що виникає між двома зарядженими пластинами, які взаємодіють між собою як пружини. Миттєве значення величини цієї сили визначається за формулою:

$$F = -\frac{1}{2} \cdot \frac{CV^2}{x_0 + x}.$$

Під час вимірювання переміщення електропровідного об'єкту його поверхня є пластиною конденсатора. Схему принципову однополярного ємнісного сенсора, в якому одну з пластин конденсатора підключено до центрального провідника коаксіального кабелю, а друга пластина є сам об'єкт, наведено на рисунку 2.5. Пластина сенсора знаходиться в оточенні заземленого екрана, це дозволяє покращити лінійність, а також зменшити вплив крайових ефектів. Типовий ємнісний сенсор працює на частотах 3 МГц-го діапазону. Він детектує переміщення об'єктів, які швидко рухаються. Частотні характеристики цього сенсора, який має вбудований електронний інтерфейс, знаходяться в діапазоні 40 кГц. Ємнісні сенсори наближення є ефективними під час роботи з електропровідними об'єктами. Ці сенсори вимірюють ємність між електродом і самим об'єктом.

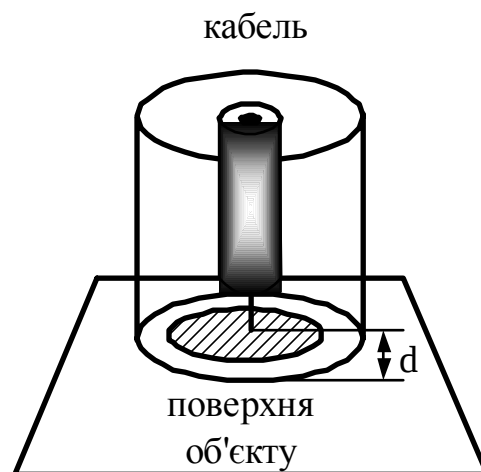


Рисунок 2.5 – Ємнісний сенсор, який має екрануюче кільце

Ємнісні сенсори також добре працюють з непровідними об'єктами, проте їх точність роботи погіршується. Об'єкт, який потрапляє до кола дії електрода, має власні діелектричні властивості, що змінюють ємність між корпусом сенсора та електродом. Це призводить до появи вихідного сигналу, величина цього сигналу є пропорційною відстані між детектором і об'єктом. Для збільшення чутливості, а також зменшенню крайових ефектів у однополярному ємнісному сенсорі застосовують активне екранування. Екран розміщується

навколо неробочих сторін електроду. На екран подається напруга, що дорівнює напрузі на електроді. Напруга на електроді та екрані мають однакові амплітуди і фази, між ними відсутнє електричне поле. Усі компоненти, що розташовано за екраном не впливають на роботу сенсора. Принцип роботи цього методу екранування наведено на рисунку 2.6 [6].

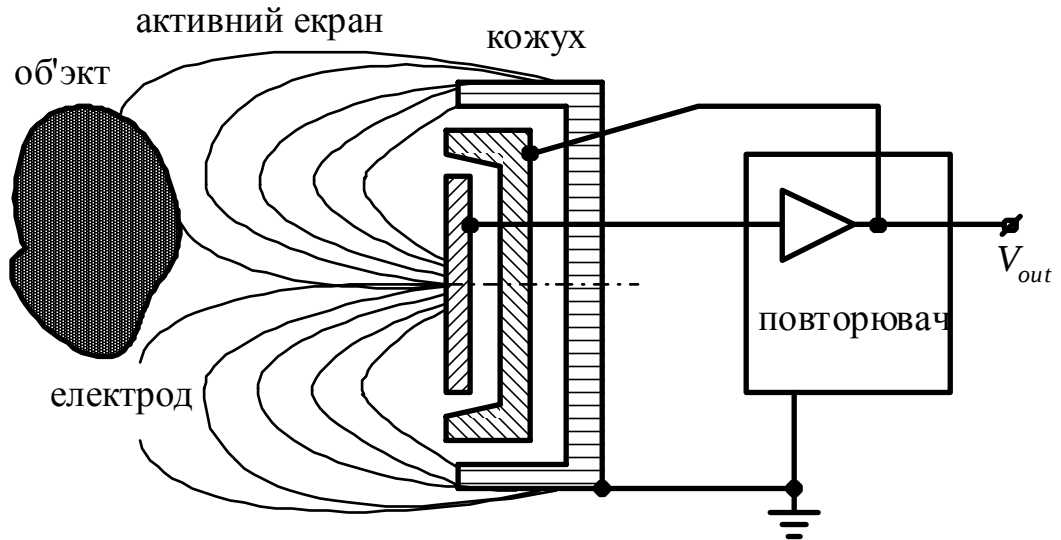


Рисунок 2.6 – Ємнісні сенсори, які визначають відстань до об'єкту та мають у своєму складі активний екран навколо електроду

Останнім часом стали дуже популярними мостові ємнісні сенсори переміщень [5]. Лінійний мостовий сенсор переміщень [5], які має дві групи плоских електродів, що розташовуються паралельно на відстані d , наведено на рисунку 2.7, а. Для підвищення ємності відстань між електродами робиться дуже малою. Стационарна група електродів має чотири прямокутні елементи, а рухома група – два. У всіх шести елементах є однакові розміри, розмір бічної сторони яких дорівнює b . Для підвищення діапазону лінійності необхідно забезпечити розмір кожного елементу максимальним, але обмеженим за механічною міцністю. Чотири електроди стаціонарної групи мають перехресне з'єднання електричними дротами. Це здійснюється для формування ємнісної схеми мостового типу.

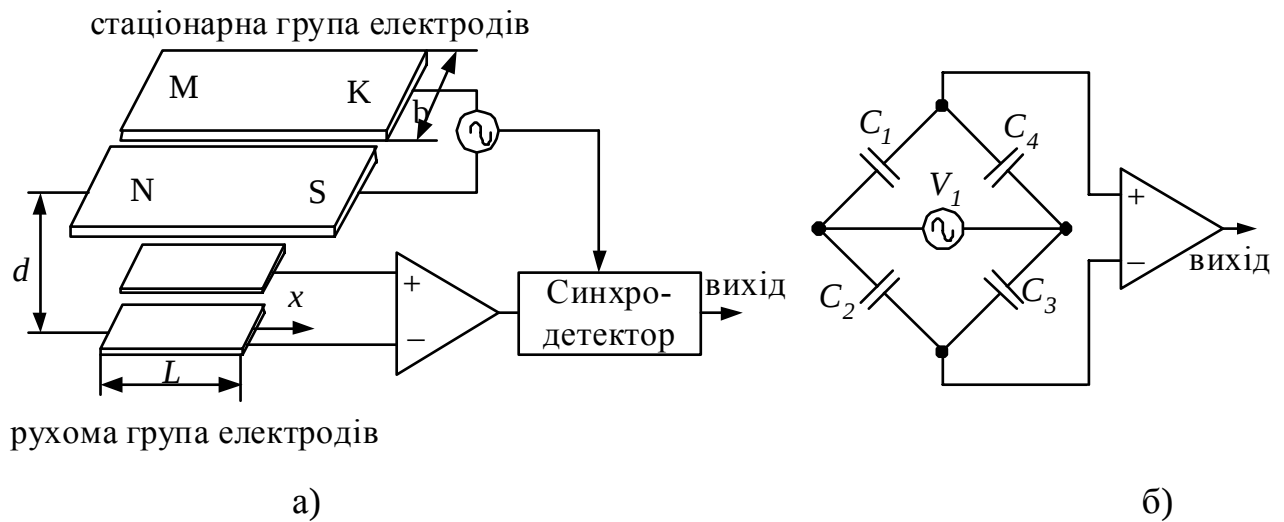


Рисунок 2.7 – Ємнісний сенсор мостового типу, який має паралельні пластини

До мостової схеми подається гармонійна напруга, яка має частотою від 5 до 50 кГц. Диференціальний підсилювач збільшує різницю напруг між парою електродів у рухомій групі. Вихідний сигнал підсилювача подається до входу синхронного детектора. Ємність конденсатора, який є двома паралельними пластинами, які розташовано на незмінній відстані, пропорційна від площі частини рухомої пластини. Цю пластину розміщено напроти стаціонарної пластини. Еквівалентну схему сенсора переміщень з конфігурацією ємнісного моста наведено на рисунку 2.7, б. Значення ємності конденсатора C_1 визначається за формулою:

$$C_1 = \frac{\varepsilon_0 \cdot b}{d} \left(\frac{L}{2} + x \right).$$

Інші значень ємностей визначаються за аналогічними рівняннями. Ємності конденсаторів, що розташовані в протилежних плечах моста дорівнюють між собою $C_1 = C_3$, а $C_2 = C_4$. Під час порушення симетричності схема виникає розбалансування моста, на виході диференціального підсилювача з'являється сигнал. Ємнісна мостова схема має такі переваги, як лінійність та високу перешкодозахищеність. Описані сенсори можуть

реалізовуватися не тільки на плоских електродах. Цей метод побудови сенсорів застосовний до симетричних конфігурацій, наприклад, під час побудови детекторів обертального руху.

2.4 Індуктивні та магнітні сенсори

Основною перевагою магнітних сенсорів переміщень є те, що магнітне поле може проникати крізь усі немагнітні матеріали, під час цього воно не втрачає точності визначення відстані до об'єкту. Будь-яка перешкода між об'єктом і сенсором датчиком: алюмінію, неіржавіюча сталь, мідь, латунь, пластмаса, камінь або дерева, не впливає на визначення. До іншої переваги магнітних сенсорів можна віднести те, що вони працюють у суворих умовах навколишнього середовища. На ці сенсори не впливає корозія, оскільки об'єкти та детектори, якщо є необхідність покривають інертними матеріалами, які не впливають на магнітні поля.

2.4.1 Лінійно-регульовані диференціальні трансформатори

У деяких сенсорах переміщення та положення застосовується принцип електромагнітної індукції. Під час руху об'єкту між двома котушками змінюється величина магнітного потоку. Зміна цього потоку перетворюється до напруги. Індуктивні сенсори називаються перетворювачами магнітного опору [6], якщо в яких для зміни опору магнітного контуру застосовуються різні феромагнітні матеріали. Індукційний перетворювач мають у своєму складі первинну та вторинну котушок. До первинної котушки подається опорна змінна напруга V_{ref} , що індукує змінну напругу V_{out} до вторинної котушки (див. рис. 2.8). Амплітуда V_{out} залежить від значення потокозчеплення між цьому котушками. Існує два методи зміни потокозчеплення. Перший –

переміщення об'єкту, що виготовлено зі феромагнітного матеріалу, а усередині знаходиться магнітний контур. Зміна магнітного опору між котушками викликає зміна величини потокозчеплення. Це принцип покладений в основу реалізуються ПРДТ, ЛРДТ та індуктивних сенсорів наближення. У основу другого методу покладено фізичні переміщення однієї котушки щодо іншої.

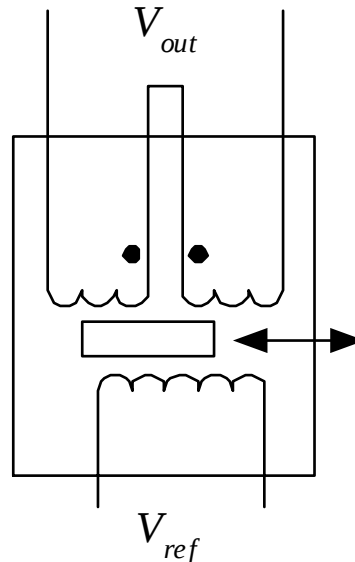


Рисунок 2.8 – Схема принципова ЛРДТ

ЛРДТ – є трансформатор, який має механічно кероване осердя. До його первинної обмотки подається гармонійна напруга, що має постійну амплітуду. Використання гармонійного сигналу дозволяє уникнути паразитних гармонік [7]. До вторинних обмотках індукується змінна напруга. До циліндрового отвору між котушками розміщується осердя, який виготовлено з феромагнітного матеріалу. Осердя не має фізичного контакту з обмотками. Дві вторинні обмотки підключено між собою в протифазі. Коли осердя розміщено в центрі трансформатора вихідні сигнали вторинних котушок компенсуються між собою, тому на виході трансформатора напруга відсутня.

Зсув осердя убік від центру призводить до зміни величини магнітних потоків, які мають місце у вторинних обмотках. Під час виникнення розбалансу виникає вихідна напруга. Зміна магнітних потоків відбувається завдяки зміні

магнітних опорів. Величина потокозчеплення залежить від осьового положенням осерді.

У стаціонарному режимі у лінійній робочій області амплітуда сигналу, що індуковано, пропорційна зсуву осердя. Значення вихідної напруги є міра переміщення. Вихідний сигнал ЛРДТ показує як величину переміщення, так і його напрям. Напрямок переміщення пропорційний фазовому куту між вихідною та опорною напругою. Опорна напруга стабілізується генератором.

Під час застосування ЛРДТ та ПРДТ є переваги:

- сенсори, що реалізовано на основі ЛРДТ та ПРДТ, є безконтактними пристроями, які мають практично нульові втрати на тертя;
- дуже низьке значення вихідного імпедансу;
- незначна величина магнітного та механічного гістерезису;
- висока величина перешкодостійкості;
- має надійну та міцну конструкцією;
- є висока роздільна здатність.

Як приклад використання сенсорів переміщень на основі ЛРДТ є вимірювальна головка. Вона використовується тестовому обладнанні. У цих системах внутрішнє осердя ЛРДТ, що підвішене на пружині, повертає вимірювальну головку до початкового стану.

ПРДТ працюють так само, як і ЛРДТ, але в ПРДТ застосовується осердя, що обертаються. ПРДТ використовується для вимірювання кутових переміщень. Лінійний діапазон вимірювань цих сенсорів становить $\pm 40^\circ$, а похибка від нелінійності 1 %.

2.4.2 Поперечний індуктивний сенсор

Пристрій, який визначає положення об'єкту називається поперечним індуктивним сенсором наближення. Цей сенсор використовується для вимірювання невеликих переміщень об'єктів, які виготовлено з феромагнітних

матеріалів. Зазначений детектор визначає відстань до об'єкту, це впливає на магнітне поле в котушці. Величина індуктивності котушки вимірюється зовнішньою електронною схемою, яку наведено на рисунку 2.9. Принцип дії цього перетворювача базується на явищі самоіндукції. Під час попадання феромагнітного об'єкту до околиці сенсора наближення, змінюється його магнітне поле. Це призводить до зміни індуктивності котушки. Взаємодія з об'єктом є тільки через магнітне поле, тому перетворювач є безконтактним пристроєм, що є його перевагою. Недоліком цих сенсорів є те, що вони можуть функціонувати тільки з феромагнітними об'єктами, також вони можуть вимірювати лише невеликі відстані.

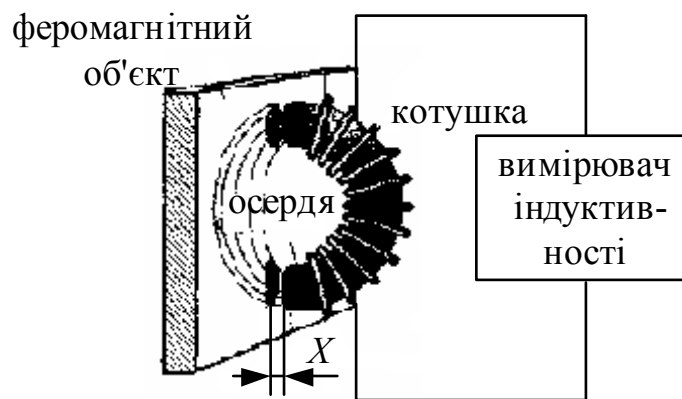


Рисунок 2.9 – Поперечний індуктивний сенсор наближення

Для подолання першого недоліку на об'єкт, що рухається, кріпиться феромагнітний диск, при цьому котушка знаходиться в стаціонарному положенні. Існує інша версія цього пристрою: котушку прикріплюють до об'єкту, а осердя фіксується. Зазначені пристрої можуть вимірювати невеликі переміщення, а також вони мають досить погану лінійність у порівнянні з ЛРДТ. Проте вони застосовуються як детектори наближення, що сигналізують близьке знаходження об'єктів, які виготовлено з твердих матеріалів. На рисунку 2.10 наведено залежність вихідного сигналу як відстань до диску.

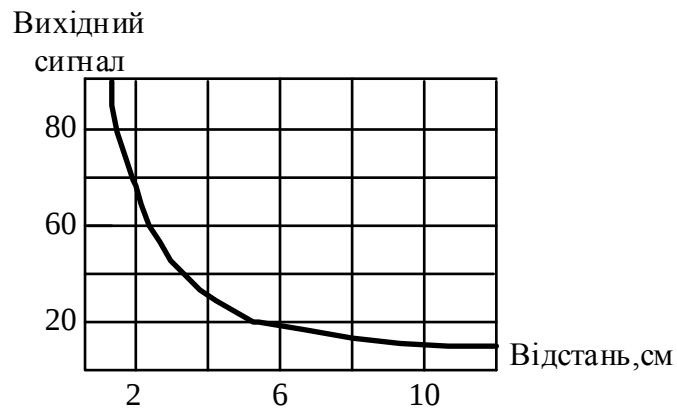


Рисунок 2.10 – Залежність зміни вихідного сигналу як відстань від поперечного наближення сенсора з додатковим феромагнітним диском

2.4.3 Сенсори наближення на основі ефекту Холу

Існують два типи сенсорів на основі ефекту Холу: лінійний і пороговий, схеми яких наведено на рисунку 2.11.

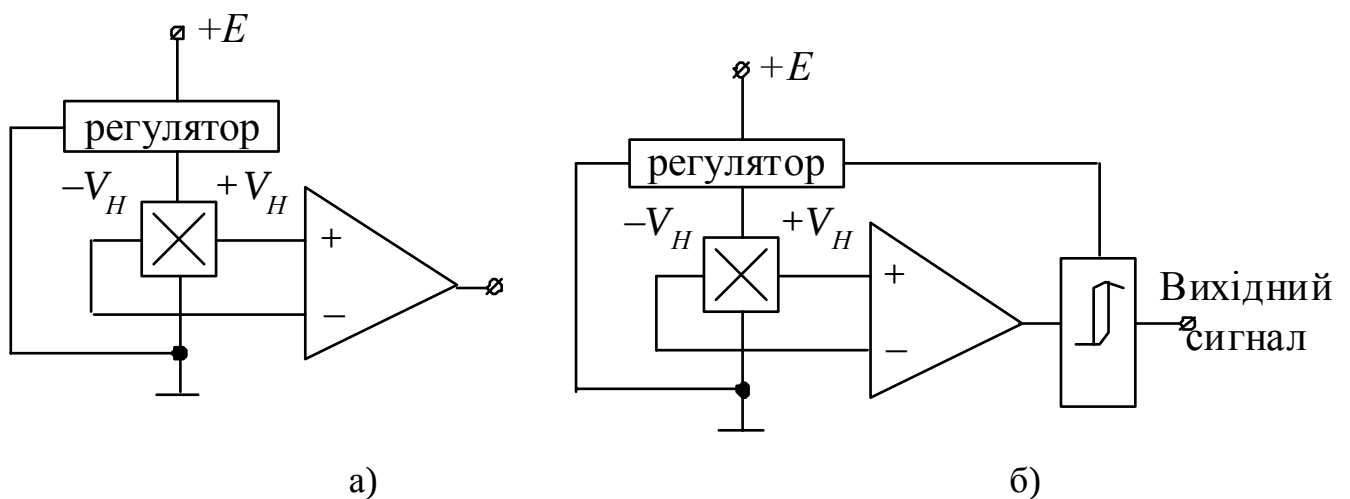


Рисунок 2.11 – Схеми лінійного (а) та порогового (б) сенсорів Холу

Лінійний сенсор інтегрується з підсилювачем, що дозволяє спростити узгодження його з подальшими схемами. У порівнянні з основним сенсором вони функціонують у більшому діапазоні напруг, а також мають більшу величину перешкодозахищеності.

Сенсор не має хорошу лінійність залежності вихідної напруги від щільності магнітного поля (див. рис. 2.12, а). Для одержання більш точних результатів вимірювання необхідно виконувати індивідуальне калібрування. До порогового сенсора в складі підсилювача входить тригер Шміта, що має гістерезис. На рисунку 2.12, б наведено залежність вихідного сигналу порогового сенсора від щільності магнітного поля. Коли щільність магнітного поля більше ніж пороговий рівень, тригер переключається зі стану «Вимкнено» до «Включено». Це свідчить щодо критичного наближення детектора до об'єкту. Гістерезис завдяки наявності мертвої зони забороняє роботу сенсора після настання порогового значення, що усуває паразитні коливання. Сенсори на основі ефекту Холу виготовляються як інтегральних схем на кремнієвих підкладках та мають безкорпусне або корпусне виконання.

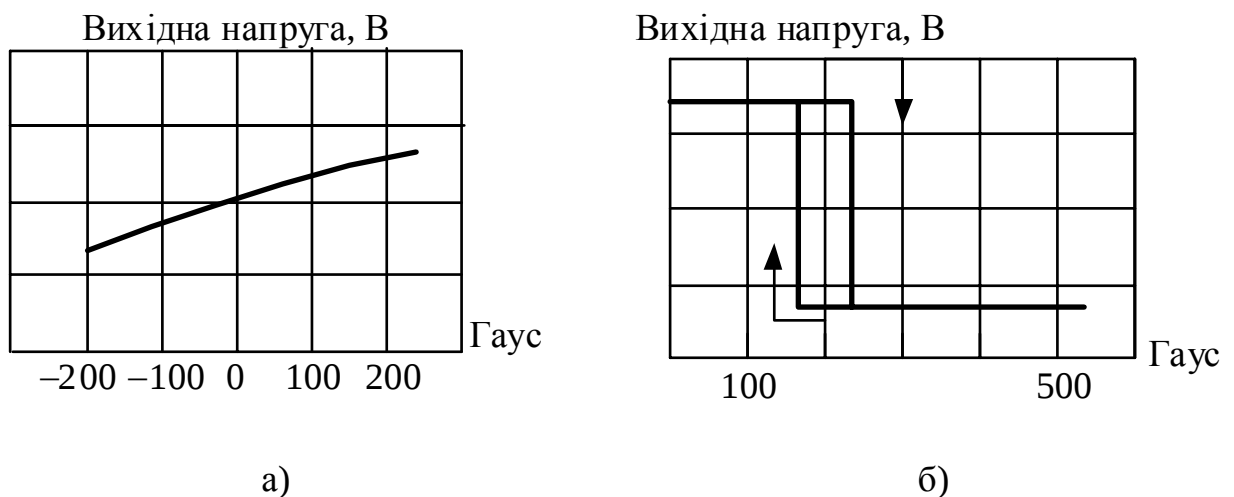


Рисунок 2.12 – Передавальна характеристика лінійного (а) та порогового (б) сенсора Холу

Для здійснення вимірювання переміщення та положення об'єктів сенсорами Холу необхідно наявність джерела магнітного поля та схеми інтерфейсу. Магнітне поле має два основних параметри: полярність та щільність потоку. Для підвищення чутливості необхідно, щоб лінії магнітного поля були перпендикулярні плоскій поверхні сенсора, а також мали задану спрямованість. У порогових сенсорах Sprague® південний полюс магніту

відповідає за переключення сенсора а північний – не впливає.

Перед розробкою сенсора переміщень на базі детектора Холу необхідно виконати повний попередній аналіз. Необхідно почати з оцінки сили магнітного поля. Під час збільшення відстані від поверхні полюсів сила магнітного поля зменшується. Силу поля визначають або за допомогою вимірювача магнітної індукції або каліброваного сенсору Холу. Для сенсору Холу порогового типу максимальна відстань, яка відбуває перехід вихідного сигналу сенсора від стану високого рівня («Включено») до низького рівня («Вимкнено»), називається точкою відпускання. Зазначена точка визначає критичну відстань, на якій може працювати сенсор. Залежність сили магнітного поля від відстані є нелінійною. Залежність визначається формою магнітів, що застосовуються, магнітним контуром, а також траєкторією переміщення магніту.

Чутливий елемент сенсора Холу розташовується усередині корпусу на відстані від його стінок. Ця відстань визначає мінімальну робочу відстань. Магніт повинен бути надійним, а також забезпечити ефективний повітряний зазор у робочій зоні. Його габаритні розміри повинні відповідати розмірам установки. Ціна повинна бути зіставлена зі вартістю всієї системи.

2.5 Постановка задачі розробки та дослідження інформаційно-вимірювальної системи

Інформаційно-вимірювальну систему, що розроблюється, призначено для контролю параметрів, зміна яких впливає:

- на надійність кінематичного зв'язку направляючих пристроїв піднімальних судин зі провідниками в точках стовбура;
- на плавність руху піднімальних судин на всіх режимах роботи піднімальної установки.

Результати роботи інформаційно-вимірювальної системи, що обробляються нею, повинно графічно відображати. Програма для обчислювача

системи повинна виконувати прогнозування розвитку дефектів на ділянках стовбура. Дані для прогнозування використовуються як вхідні, які знімається з сенсорів, що встановлено на піднімальній судині.

Інформаційно-вимірювальна система повинна задовольняти таким вимогам:

- діапазон скривлень провідника не менш, мм 16;
- вимірювана ширина колії, мм від 1300 до 2000;
- виконання детектування розстрілів різної типу армування;
- система повинна працювати в шахтних умовах та бути сконструйована так, щоб забезпечити стабільність і справність всіх своїх складових елементів під час дії можливих навантажень;
- живлення системи повинно виконуватися від акумуляторів;
- система повинна мати послідовний цифровий інтерфейс для зв'язку з персональним комп'ютером.

3 РОЗРОБКА СТРУКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПАРАМЕТРІВ РУХУ КЛІТИ В СТОВБУРІ ШАХТИ

3.1 Схема структурна інформаційно-вимірювальної системи

Безаварійна робота підйомної установки в шахті можлива, якщо робочий напружено-деформований стан провідників стовбуру в шахті не перевищує граничних нормованих рівнів. Максимальне значення сумарної зміни провідників стовбуру не повинно бути більше ніж 60 мм. Вимірювана величина зазору між направляючими провідниками та кліттю повинна бути в інтервалі від 0 до 40 мм. Тому необхідно здійснювати вимірювання величини зазору між направляючими. Установка та розташування інформаційно-вимірювальної системи контролю руху кліті в шахтному стовбурі наведено на рисунку 3.1, де позначено: 1 – шахтна кліть; 2 – направляючі шахтного стовбуру; 3 – розстріли між направляючими шахтного стовбуру (горизонтальні балки); 4 – підйомний механізм і канати кліті; 5 – сенсори вимірювального контролю положення, які розташовано через кожні 3,125; 4,17; 6,25 м у залежності від виду армування; 6 – інформаційно-вимірювальна системи контролю руху кліті в стовбурі шахти.

Сенсор переміщення є реостатного типу, він регульованим омичним опором. Опір провіднику розраховується за такою формулою:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} \quad (3.1)$$

де ρ – питомий опір матеріалу, з якого виготовлено провідн; l – довжина провідника; S – площа поперечного перетину провідника.

З формули (3.1) виходить, що для зміни опору необхідно змінити площу або довжину провіднику. Реостатні сенсори виготовляються з круговим або подовжнім переміщенням. Під час додавання до повзунка моменту, що крутить,

або зусилля його кутове або подовжнє переміщення перетворюється до зміни опору, потім до зміни падіння напруги з реостату або стуму, що протікає. Довжина провіднику знаходиться в чисельнику, то залежність опору лінійно змінюється. Вихідною величиною є падіння напруга на резисторі, яке також лінійно змінюватиметься.

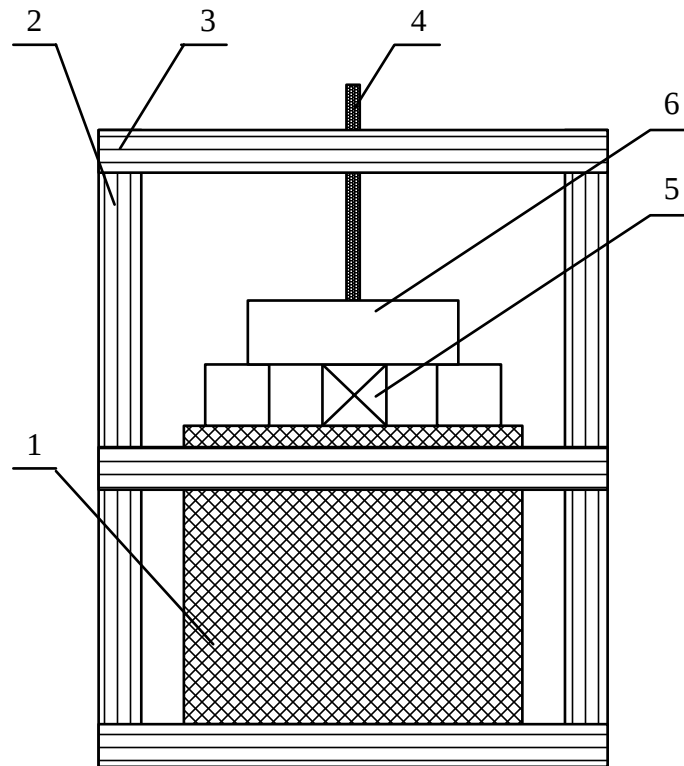


Рисунок 3.1 – Розташування інформаційно-вимірювальної системи контролю руху кліти в шахтному стовбурі

Похибки реостатних сенсорів обумовлено такими складовими:

- зміною опору від температури;
- ступінчастістю зміни опору;
- зміною властивостей матеріалу, що має місце в напівпровідникових сенсорах, у яких величина похибки складає (1 – 2) %;
- відхиленням розрахункової від фактичної характеристики.

До переваг реостатних сенсорів відносять їх дешевизна, простота конструкції, велика вихідна потужність та чутливість, високий дозвіл малі похибки від нелінійності, застосовність у обчислювальних пристроях. До

недоліків можна віднести мала надійність і недовгий термін служби, це пов'язано зі стиранням ковзаючого контакту, а також значне вимірювальне зусилля. Характеристики реостатних сенсорів :

- вихідна величина: зміна опору;
- вхідна величина: кутове або лінійне переміщення;
- діапазон вимірювання: лінійний до 60 мм;
- похибка від нелінійності характеристики перетворення (0,1 – 0,3) %.

Під час аналізу основних методи отримання електричного сигналу виявлено, що найпридатнішим для вирішення поставленої задачі є метод безпосередньої оцінки за постійним струмом. До критеріїв вибору методу є можливість вимірювання змінних і постійних у часі лінійних переміщень. Небажані явища такі, як дрейф нуля та напруга зсуву підсилювачів усувається за допомогою блоків автоматичної корекції та спеціальних схем. Схему структурну вимірювального каналу деформації провідників стовбуру шахти наведено на рисунку 3.2, де позначено: ДОН – джерело опорної напруги; ДЛП – датчик лінійного переміщення потенціометричного типу; НП – нормуючий перетворювач; ФНЧ – фільтр низької частоти.

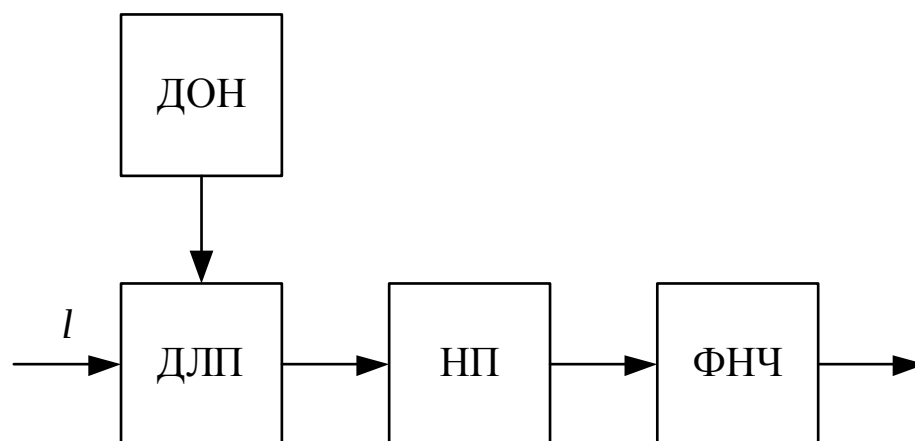


Рисунок 3.2 – Схема структурна вимірювального каналу деформації провідників шахтного стовбуру

Джерело опорної напруги (ДОН) застосовується для живлення сенсору лінійного переміщення (ДЛП). Вихідний сигнал ДЛП є зміна вихідної напруги,

значення якого залежить від l . Нормуючий перетворювач (НП) здійснює нормалізації інформаційного сигналу, а також приведення його до виду вхідного сигналу аналого-цифрового перетворювача (АЦП), АЦП здійснює подальше перетворення до цифровий код. Фільтр низької частоти (ФНЧ) обмежує смугу пропускання у вимірювальному каналів, а також придушує промислових шумів, які діють на вимірювальну частину системи. Обробка інформаційного сигналу здійснюється мікропроцесорним блоком, схему структурну якого наведено на рисунку 3.3, де позначено: $X_0, X_1, X_{n-1} (X_i)$ – аналогові сигнали вимірювальних каналів деформації провідників стовбура шахти; АЦП – аналого-цифровий перетворювач; АК – аналоговий комутатор; МПБ – мікропроцесорний блок, який здійснює обробку та керування системою; ПВВ – пристрій вводу-виводу; ПЗП – постійно-запам'ятовуючий пристрій; СК АК, СК АЦП, СК ПВВ, СК ПЗП ($СК_i$) – сигнали керування; ВР – відмітчик розстрілів на базі двохпозиційного геркону.

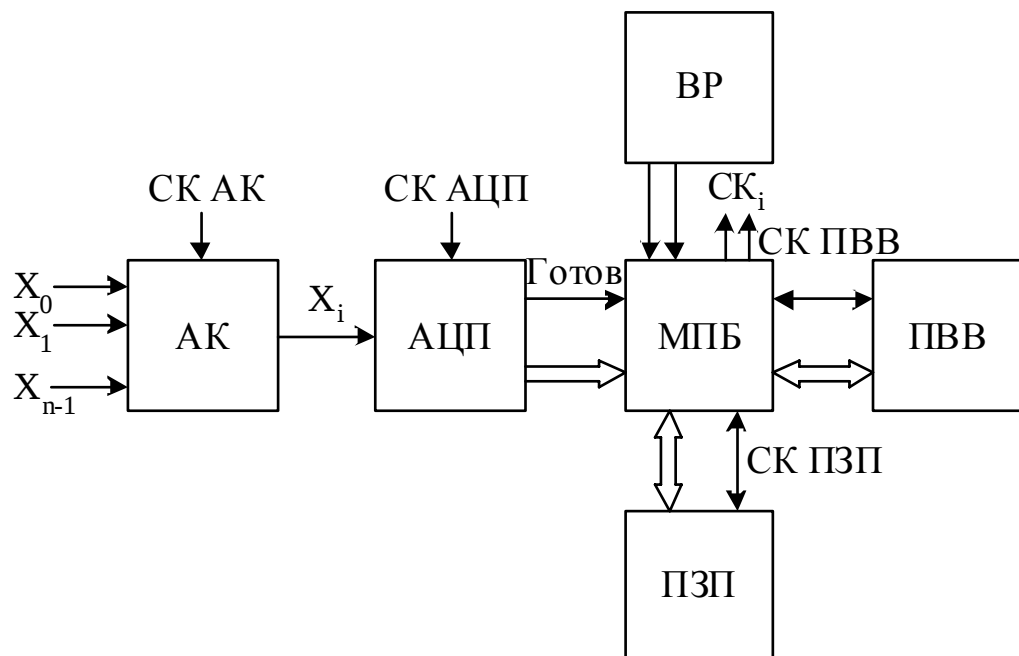


Рисунок 3.3 – Схема структурна мікропроцесорного блоку інформаційно-вимірювальної системи контролю руху кліті в стовбурі шахти

Для визначення знаходження розстрілів до складу системи введено

додатковий блок типу ДКПУ–11. За допомогою ДКПУ–11 визначається місце розташування розстрілів, також формуються імпульси за допомогою формувача імпульсів (ФІ) для введення до мікропроцесорного блоку. Схему структурної інформаційно-вимірювальної системи контролю руху кліті в стовбурі шахти наведено на рисунку 3.4.

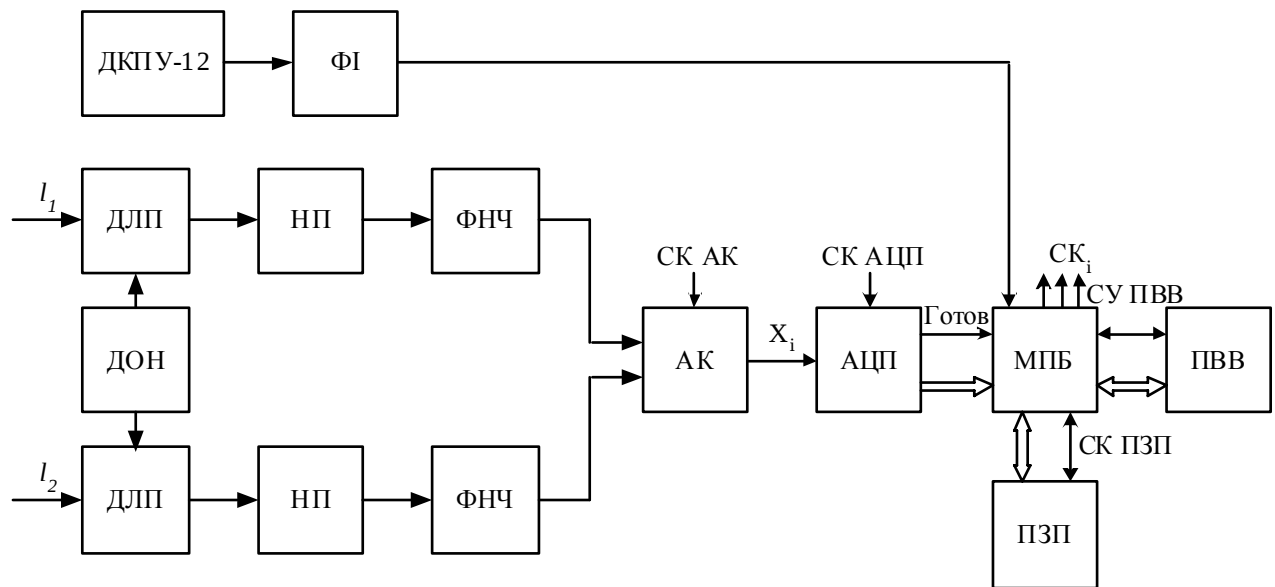


Рисунок 3.4 – Схема структурна інформаційно-вимірювальної системи контролю руху кліті в стовбурі шахти

Сигнали від вимірювальних каналів деформації провідників стовбуру шахти надходять до АК, що відповідає виставленій МПБ адресі. Сигнал з вибраного вимірювального каналу надходить до входу АЦП. АЦП перетворює значення вхідної напруги вимірювального каналу до еквівалента двійкового коду. Цей код застосовується для подальшої обробки в МПБ. МПБ здійснює керування АК та АЦП завдяки сигналам керування СК АК, СК АЦП за алгоритмом роботи. Вихідний код АЦП відповідає фактичному відхиленню відстані між провідниками. Якщо наявний сигнал з виходу МПБ, то коди надходять до інформаційного входу блоку пам'яті, де здійснюється запис даних до ПЗП. Відмітчика розстрілів прив'язує отриману щодо зміни ширину колії до глибини стовбуру. Інформаційний сигнал щодо наявності розстрілів також запам'ятовується в ПЗП.

3.2 Розробка метрологічних вимог до схемотехніки вимірювального каналу лінійного переміщення

Для оцінки метрологічних характеристик вимірювального каналу, який здійснює контроль лінійного переміщення, необхідно задатися класом точності пристроїв, що є інтервальною оцінкою. Клас точності є граничним значення величини абсолютної похибки $\Delta_{\max}$, що має похибку цих елементів вимірювального каналу:

$$\Delta_{\max} = k \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2}, \quad (3.2)$$

де Δ_i – граничне значення величини абсолютної похибки кожного елементу в вимірювальному каналі; $k = 1,1$ – коефіцієнт, що відповідає довірчій вірогідності $P = 0,95$.

Ця похибка є випадковою величина, яка має рівномірний закон розподілу. Граничні значення елементів похибки позначаються таким чином:

$\Delta_{\text{ДЛП}} = \Delta_1$ – гранична абсолютна похибка сенсору лінійного переміщення;

$\Delta_{\text{НП}} = \Delta_2$ – гранична абсолютна похибка нормуючого перетворювача, значення якої приведено до одиниць вимірювання лінійного переміщення;

$\Delta_{\text{ФНЧ}} = \Delta_3$ – гранична абсолютна похибка фільтру низької частоти, значення якої приведено до одиниць вимірювальної величини;

$\Delta_{\text{АЦП}} = \Delta_4$ – гранична абсолютна похибка аналого-цифрового перетворювача, значення якої приведено до одиниць вимірювальної величини.

Після перетворення формули (3.2) отримаємо формулу для визначення Δ_i :

$$\sum_{i=1}^n \Delta_i^2 = \frac{\Delta_{\max}^2}{k^2}. \quad (3.3)$$

Виконаємо розподіл 50 % від величини $\frac{\Delta_{\max}^2}{k^2}$ на похибку сенсора лінійного переміщення:

$$\Delta_{ДПП} = \sqrt{0,50} \cdot \frac{\Delta_{\max}}{k}$$

Вимог до вимірювального каналу лінійного переміщення:

- діапазон вимірювання лінійного переміщення, X , мм від 0 до 60;
- абсолютна похибка вимірювання лінійного переміщення, Δ , мм не більш 0,5,

Промислові системи мають клас точності значно гірше, зазвичай, на (20 – 25)% більш ніж передбачається під час проектування системи. На основі цього, клас точності вимірювального каналу дорівнює:

$$\Delta_{\max} = (1 - 0,20) \cdot 0,5 = 0,4 \text{ мм.}$$

Під час підстановки даних до (3.3), отримаємо вимоги до точності кожному елементу вимірювального каналу:

$$\Delta_{ДПП} = \sqrt{0,50} \cdot \frac{\Delta_{\max}}{k} = \sqrt{0,50} \cdot \frac{0,4}{1,1} = 0,26 \text{ мм;}$$

$$\Delta_{НП} = \sqrt{0,20} \cdot \frac{\Delta_{\max}}{k} = \sqrt{0,20} \cdot \frac{0,4}{1,1} = 0,16 \text{ мм;}$$

$$\Delta_{ФНЧ} = \sqrt{0,20} \cdot \frac{\Delta_{\max}}{k} = \sqrt{0,20} \cdot \frac{0,4}{1,1} = 0,16 \text{ мм;}$$

$$\Delta_{АПЧ} = \sqrt{0,10} \cdot \frac{\Delta_{\max}}{k} = \sqrt{0,10} \cdot \frac{0,4}{1,1} = 0,11 \text{ мм.}$$

Вимоги до точності схемотехніки вимірювального каналу лінійного переміщення:

1. Сенсор лінійного переміщення

- тип потенціометричний реостатний;
- діапазон вимірювання лінійного переміщення, X , мм від 0 до 60;
- абсолютна похибка вимірювання лінійного

переміщення, $\Delta_{длп}$, мм не більш $\pm 0,26$,

2. Нормуючий перетворювач

- діапазон зміни вихідного сигналу, В від 0 до + 5;
- абсолютна похибка, величину якої приведено

до одиниць вимірювання лінійного переміщення, $\Delta_{нп}$, мм не більш $\pm 0,16$.

3. Фільтр низьких частот

- діапазон зміни вхідного сигналу, В від 0 до + 5;
- діапазон зміни вихідного сигналу, В від 0 до + 5;
- абсолютна похибка, величину якої приведено

до одиниць вимірювання лінійного переміщення, $\Delta_{фнч}$, мм не більш $\pm 0,16$.

4. Аналого-цифровий перетворювач

- діапазон зміни вхідного сигналу, В від 0 до + 5;
- абсолютна похибка, величину якої приведено

до одиниць вимірювання лінійного переміщення, $\Delta_{ацп}$, мм не більш $\pm 0,11$.

4 РОЗРОБКА МІКРОПРОЦЕСОРНОГО БЛОКУ ТА АЛГОРИТМІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

4.1 Розробка схеми мікропроцесорного блоку вимірювальної системи

Мікропроцесорний блок інформаційно-вимірювальної системи здійснює перетворення аналогової величини до цифрового коду. МПБ здійснює зберігання отриманих даних щодо зміни лінійного переміщення, також блок здійснює контроль відстані між розстрілами під час спуску до шахтного ствола. Схему функціональну мікропроцесорного блоку системи наведено на рисунку 4.1, де позначено: АЦП – аналого-цифровий перетворювач; АК – аналоговий комутатор; МПБ – мікропроцесорний блок, який виконує обробку результатів вимірювання та керування роботою системи; ВР – відмітчик розстрілів на базі двохпозиційного геркону; ПВВ – пристрій вводу-виводу; ПЗП – постійно-запам'ятовуючий пристрій, флеш-пам'ять.

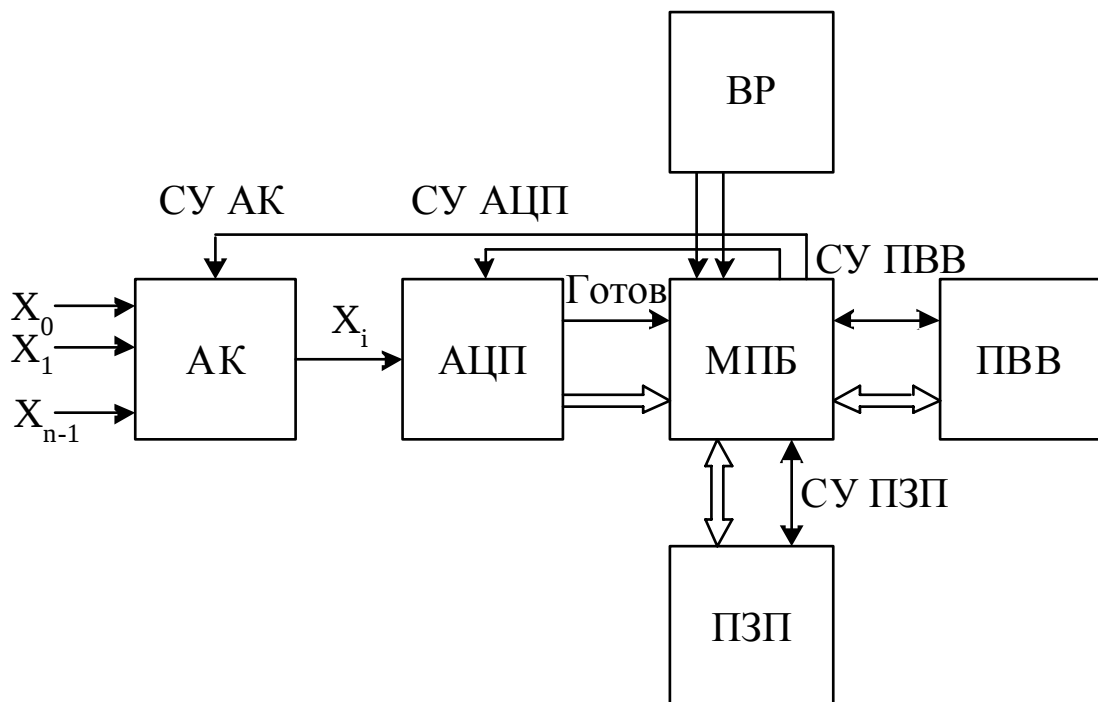


Рисунок 4.1 – Схема функціональна мікропроцесорного блок інформаційно-вимірювальної системи

Параметрі блоку АЦП:

- діапазон зміни вхідної напруги, В від 0 до + 5;
- під час розрахунку похибки АЦП вимірювального каналу визначено ,
що розрядність АЦП складає $n=12$.

Для побудови вимірювального каналу використано АЦП AD7853: 12 біт, який є одноканальний та має максимальну частоту дискретизації 200 кГц. Схему структурну АЦП типу AD7853 наведено на рисунку 4.2.

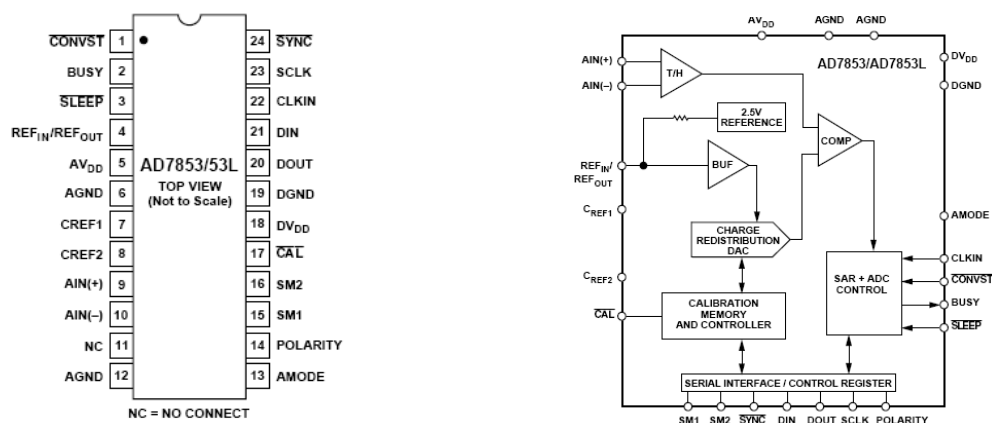


Рисунок 4.2 – Схема структурна АЦП типу AD7853

Основні характеристики АЦП типу AD7853:

- напруга джерела живлення, В від + 3 до +5;
- автоматичне калібрування під час включення;
- гнучка система керування живленням, яка має автоматичний режим низького споживання після закінчення перетворення.
- величина опорної напруги, В від + 1,2 до + 5;
- діапазон зміни вхідного аналогового сигналу, В від 0 до + 5;
- тип послідовного інтерфейс доступу SPI.

Для здійснення обміну даними з АЦП, блоком індикації та клавіатурою, а також для розрахунків використаний мікропроцесор, який має мінімальний набір пристроїв у своєму складі, тобто базова модель. У теперішній час застосовується дуже велика кількість мікроконтролерів, як 8-мі та 16-розрядні, так і 32-х і 64-х розрядні. Для розв'язання поставленої задачі немає

необхідності використання мікропроцесора, який має високу швидкодію й розширені функції. Отже, вибираємо 16-ти розрядних мікроконтролер. Для організації збирання та передачі інформації з АЦП застосовується мікроконтролер Atmel типу ATmega16 (див. рис. 4.3), основні характеристики технічні характеристики якого [24]:

- флеш-пам'ять (пам'ять програм),кБ 16;
- електрично-перепрограмована постійна пам'ять, байт 512;
- оперативна пам'ять, кБ 1;
- напруга живлення, В від + 2,7 до + 5,5;
- струм споживання під час робочого режиму, мА 1,1.
- частота системної шини, МГц від 0 до 16;
- периферійне обладнання:
 - 8-канальний 10-бітний АЦП;
 - вбудований аналоговий компаратор;
 - 4 ШІМ канали;
 - два 8-бітних таймери з роздільними дільниками;
 - один 16-бітних таймер;
 - TWI послідовний двохпровідний інтерфейс;
 - USART послідовний інтерфейс;
 - SPI трьохпровідний послідовний інтерфейс.

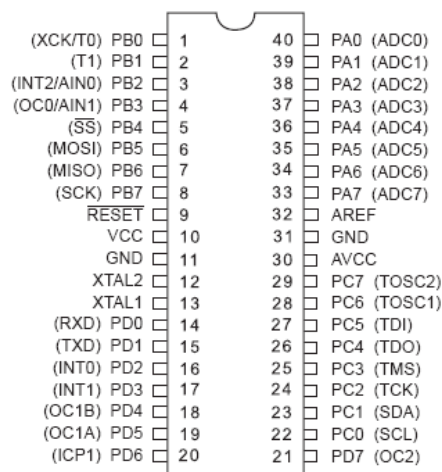


Рисунок 4.3 – Розташування виводів мікроконтролеру Atmel ATmega16

Схему підключення АЦП та інтерфейсу мікроконтролера наведено на рисунку 4.4.

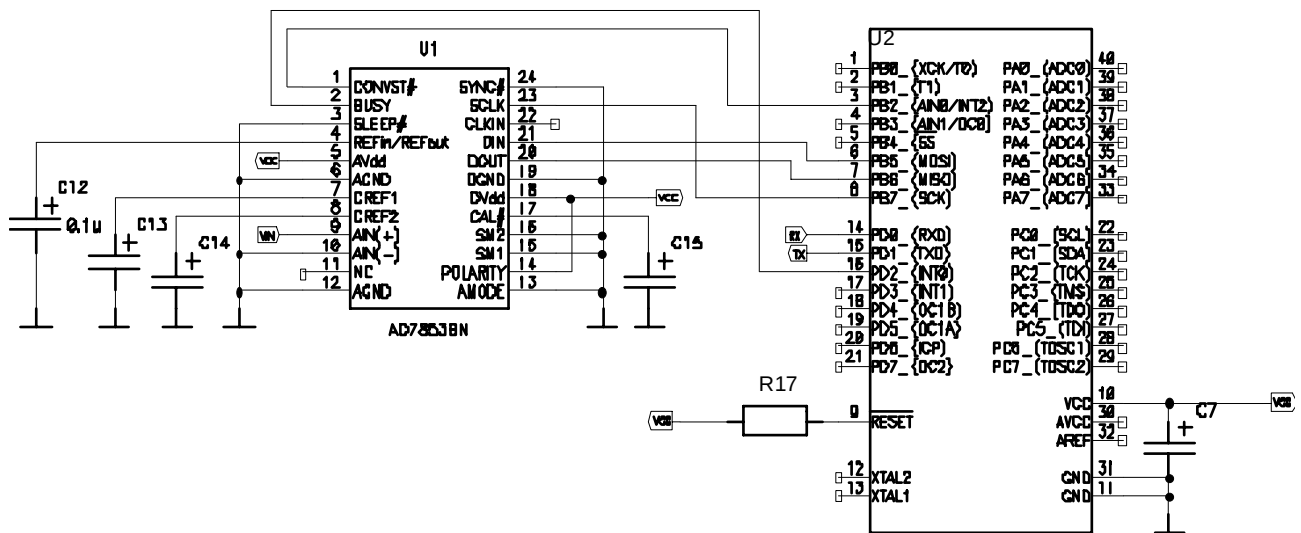


Рисунок 4.4 – Схема з'єднання АЦП та інтерфейсу із мікроконтролером

На схемі підключення АЦП (див. рис. 4.4):

- конденсатор C_{15} , який підключений до контакту $CAL\#$, призначено для включення автоматичного калібрування під час включення напруги живлення;
- контакт $SLEEP\#$, який підключено до землі, включає режим автоматичного зменшення споживання після закінчення перетворення;
- $SM1$ і $SM2$, які підключено до землі, здійснює вибір послідовного інтерфейсу: трьохпровідний SPI;
- C_{12} підключений до контактів $REFin/REFout$, включення внутрішнього джерела опорної напруги;
- конденсатори C_{13} , C_{14} потрібні для роботи внутрішньої схеми АЦП.

На схемі з'єднання АЦП та інтерфейсу із мікроконтролером (див. рис. 4.4) не наведено генератор тактового сигналу, який підключається контакту $CLKIN$, його частота складає 4 МГц. Для підключення АЦП до мікроконтролеру застосовується протокол SPI.

Призначення виводів АЦП:

- $CONST\#$ – запуск перетворення;

- BUSY – прапор закінчення перетворення;
- SCLK – здійснення тактування послідовного інтерфейсу обміну даними;
- DIN – порт введенню даних до АЦП, є калібрувальною інформацією та налаштування;
- DOUT – порт читання з АЦП, здійснюється настройка АЦП та отримується результати перетворення.

Для індикації результатів вимірювання застосовується LCD типу FDCC1604A, який має 4 рядки по 16 символів. Параметри LCD типу FDCC1604A:

- розмір символу, точок 5 x 8;
- напруга живлення, В плюс 5;
- контролер дисплея SPLC780D або другий сумісний.

Адресація символів на дисплеї наведено на рисунку 4.5.

DISPLAY CHARACTER ADDRESS CODE																
Display position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
DDRAM address 00	01	02	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0F
DDRAM address 40	41	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4F
DDRAM address 10	11	12	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1F
DDRAM address 50	51	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	5F

Рисунок 4.5 – Адресація символів на LCD індикаторі

Схему підключення LCD типу FDCC1604A до мікроконтролеру наведено на рисунку 4.6. Інтерфейс підключення дисплею LCD типу FDCC1604 :

- RS – вибір типу даних, що передаються: слово/данні керування;
- E – enable – підключення LCD до шини, підключений до живлення, LCD завжди активний.
- RW – read/write – підключений до землі, виконується постійно обирання операції запису;
- DB0 – DB7 – паралельна шина вводу/виводу даних.
- LED–, LED+ – підсвічування дисплею.

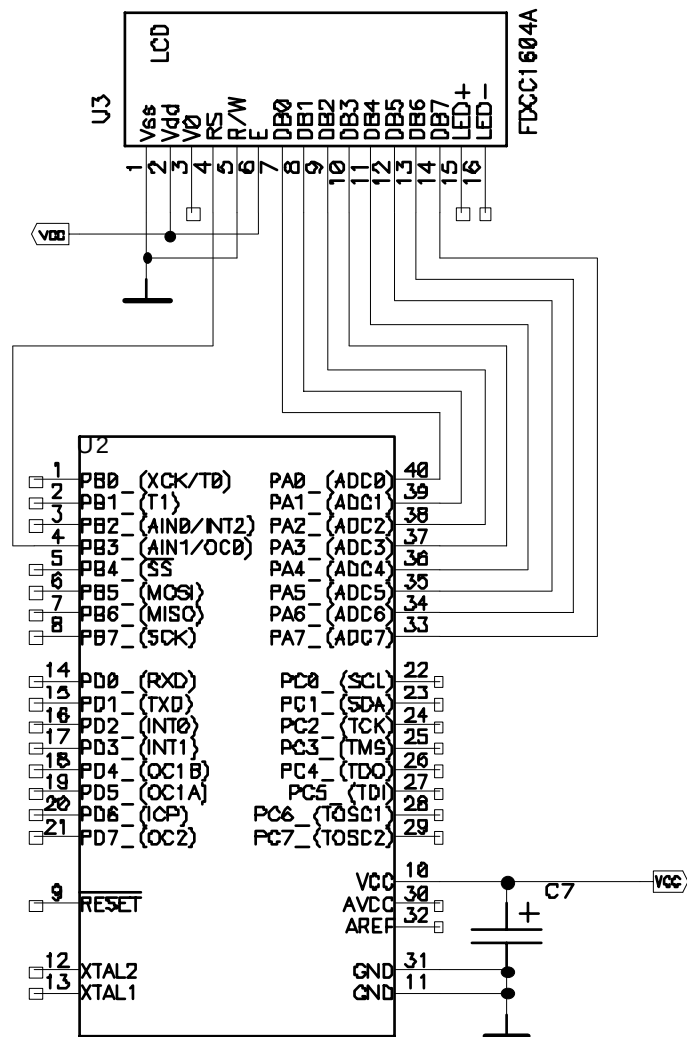


Рисунок 4.6 – Схема підключення LCD типу FDCC1604A до мікроконтролеру

Для зв'язку інформаційно-вимірювальної системи з персональним комп'ютером застосовується універсальна шина USB. Для реалізації цього використовується конвертор UART <-> USB FT232BM. Схему підключення конвертору UART <-> USB FT232BM представлено на рисунку 4.7. Конвертор підключається до контролеру за допомогою протоколу UART (див. рис. 4.8). Принципову схему мікропроцесорної інформаційно-вимірювальної системи контролю руху кліті в стовбурі шахти наведено на рисунку 4.9.

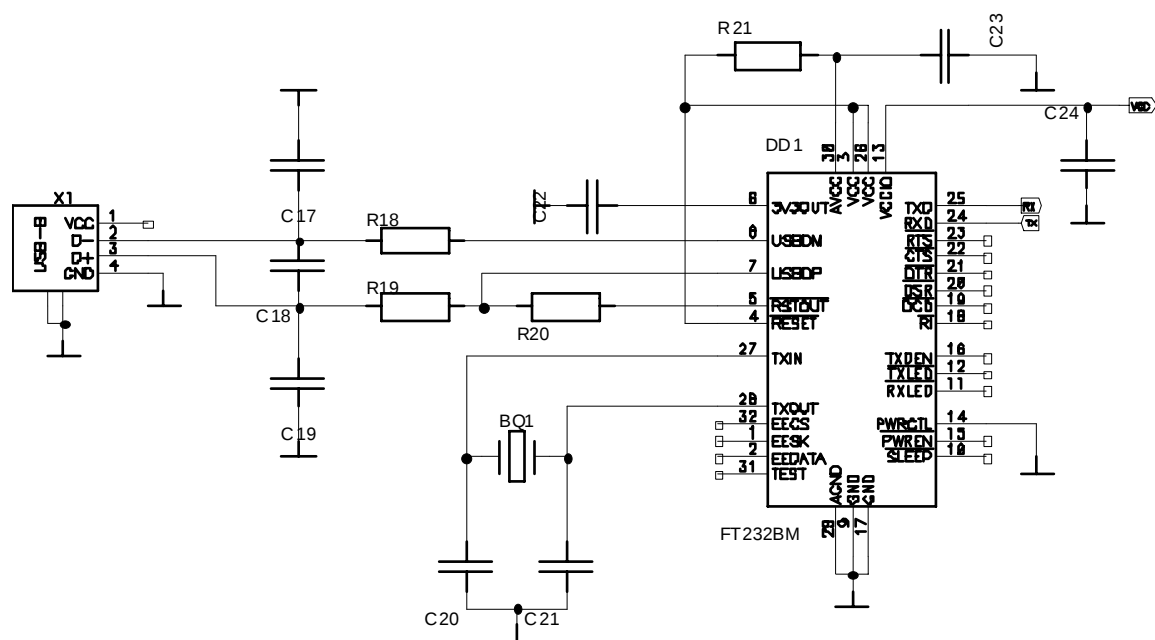


Рисунок 4.7 – Принципова схема підключення UART-USB конвертору FT232BM

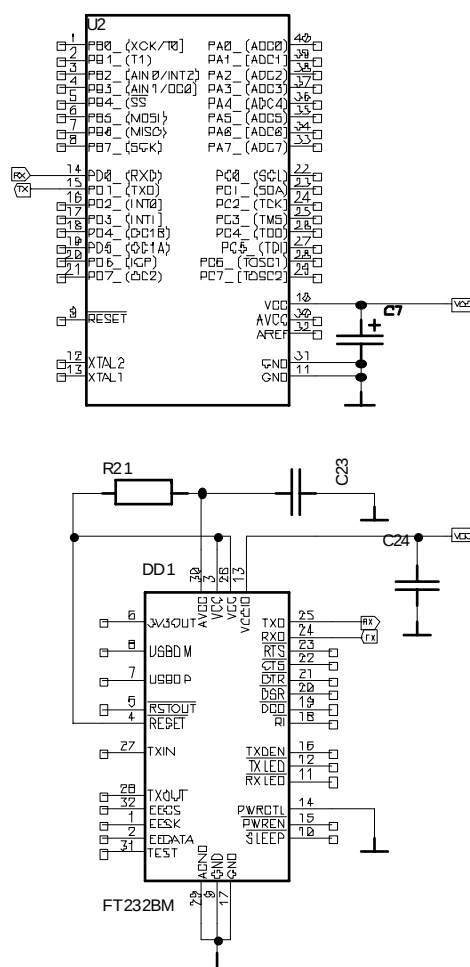


Рисунок 4.8 – Принципова схема підключення конвертору FT232BM до мікроконтролеру

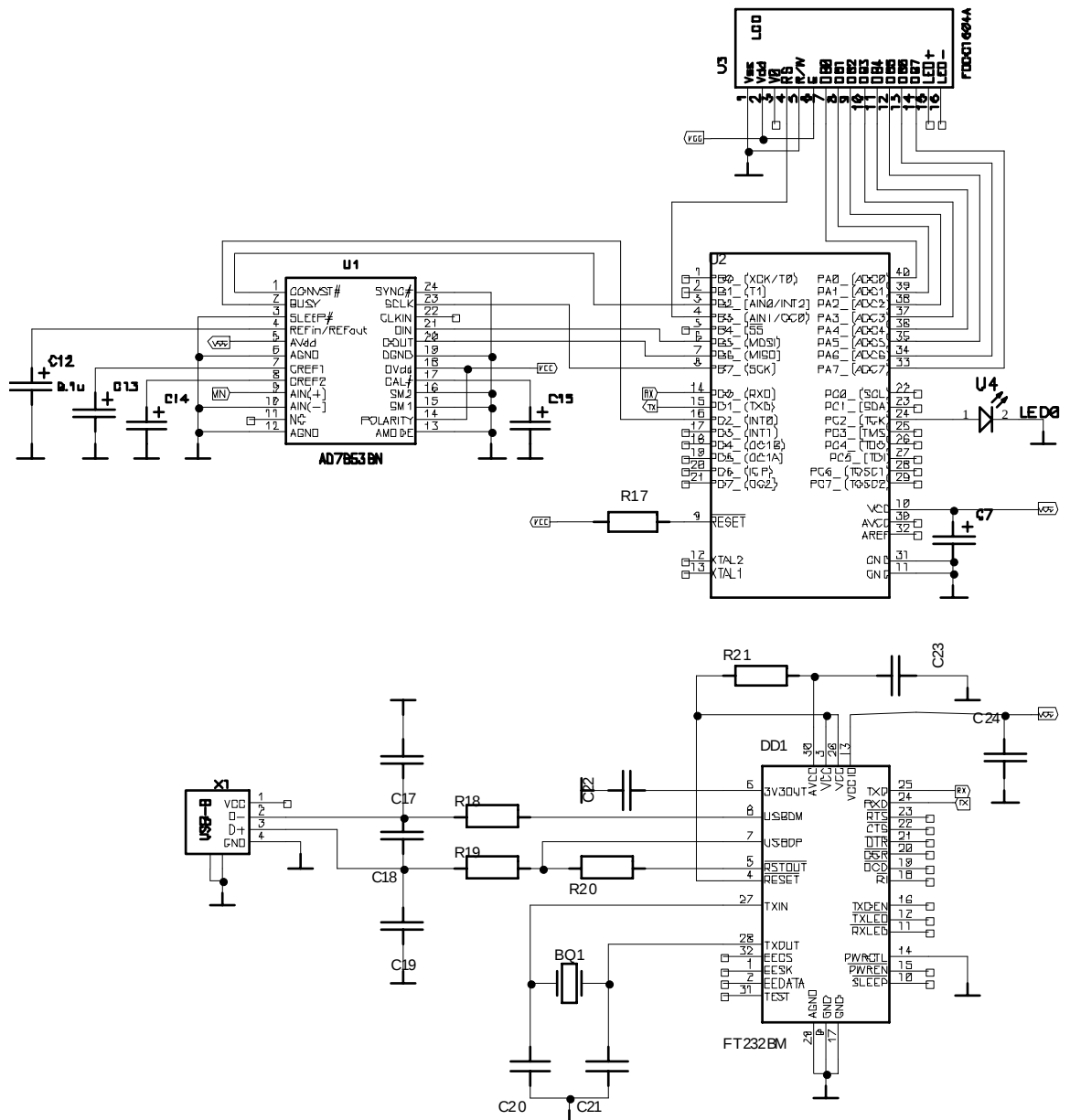


Рисунок 4.9 – Принципова схема мікропроцесорної інформаційно-вимірювальної системи контролю руху кліті в стовбурі шахти

4.2 Розробка алгоритму функціонування мікропроцесорного блоку

Спрощений алгоритм роботи програми мікроконтролеру: за інтервалом 20 мкс виконується опитування АЦП, значення цього інтервалу опитування задається таймером. Переривання від таймеру ініціює перетворення АЦП. Після закінчення перетворення, АЦП формує сигнал щодо наявності нових даних за фронтом імпульсу на зовнішнє переривання мікроконтролеру. У

зовнішньому перериванні виконується зчитування даних з АЦП, на основі потокового та попереднього відліку виконується розрахунок значення лінійного переміщення. Індикація результатів вимірювань здійснюється на чотирьохрядковому індикаторі LCD з інтервалом, величина якого становить 0,5 с. Блок-схему роботи головної програми мікроконтролеру наведено на рисунок 4.10.

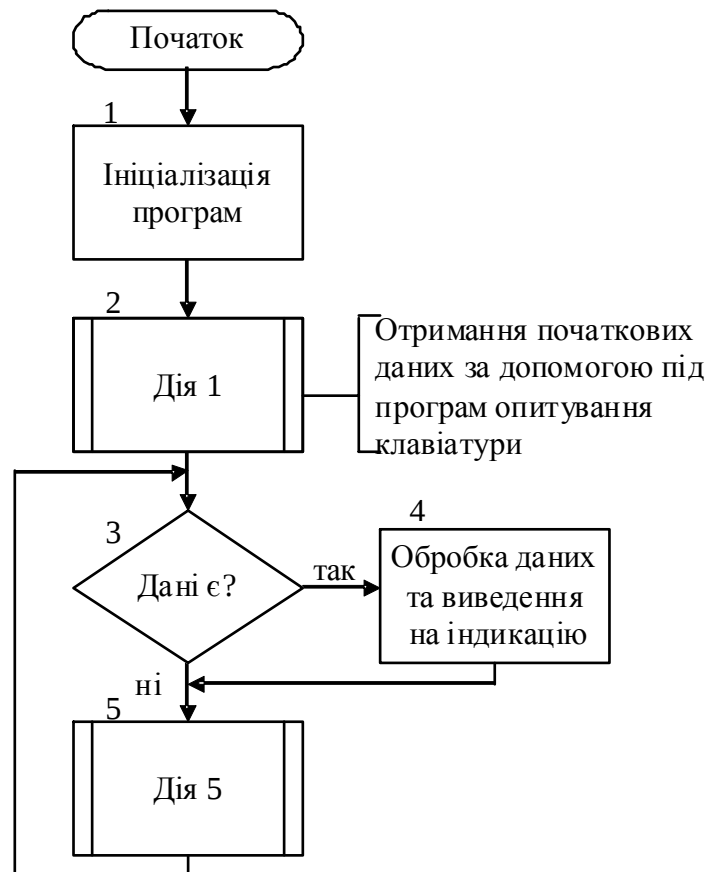


Рисунок 4.10 – Блок-схема головної програми мікроконтролеру

Блок-схему алгоритму підпрограми обробки переривання таймера T0 представлено на рисунку 4.11. Блок-схему алгоритму обробки переривання таймера T1 представлено на рисунку 4.12, а блок-схему підпрограми опитування клавіатури представлено на рисунку 4.13.

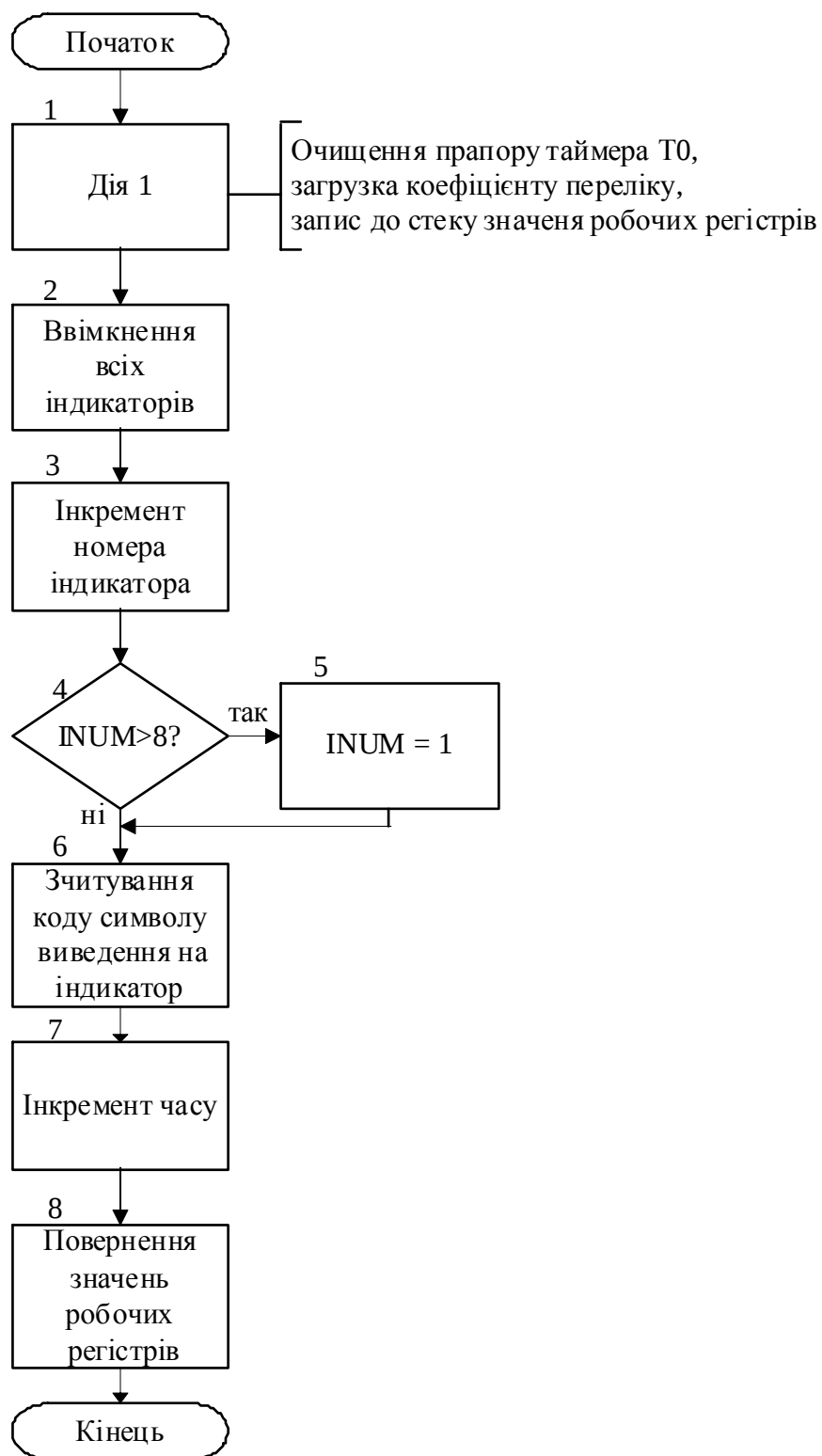


Рисунок 4.11 – Блок-схему алгоритму підпрограми обробки переривання таймера T0

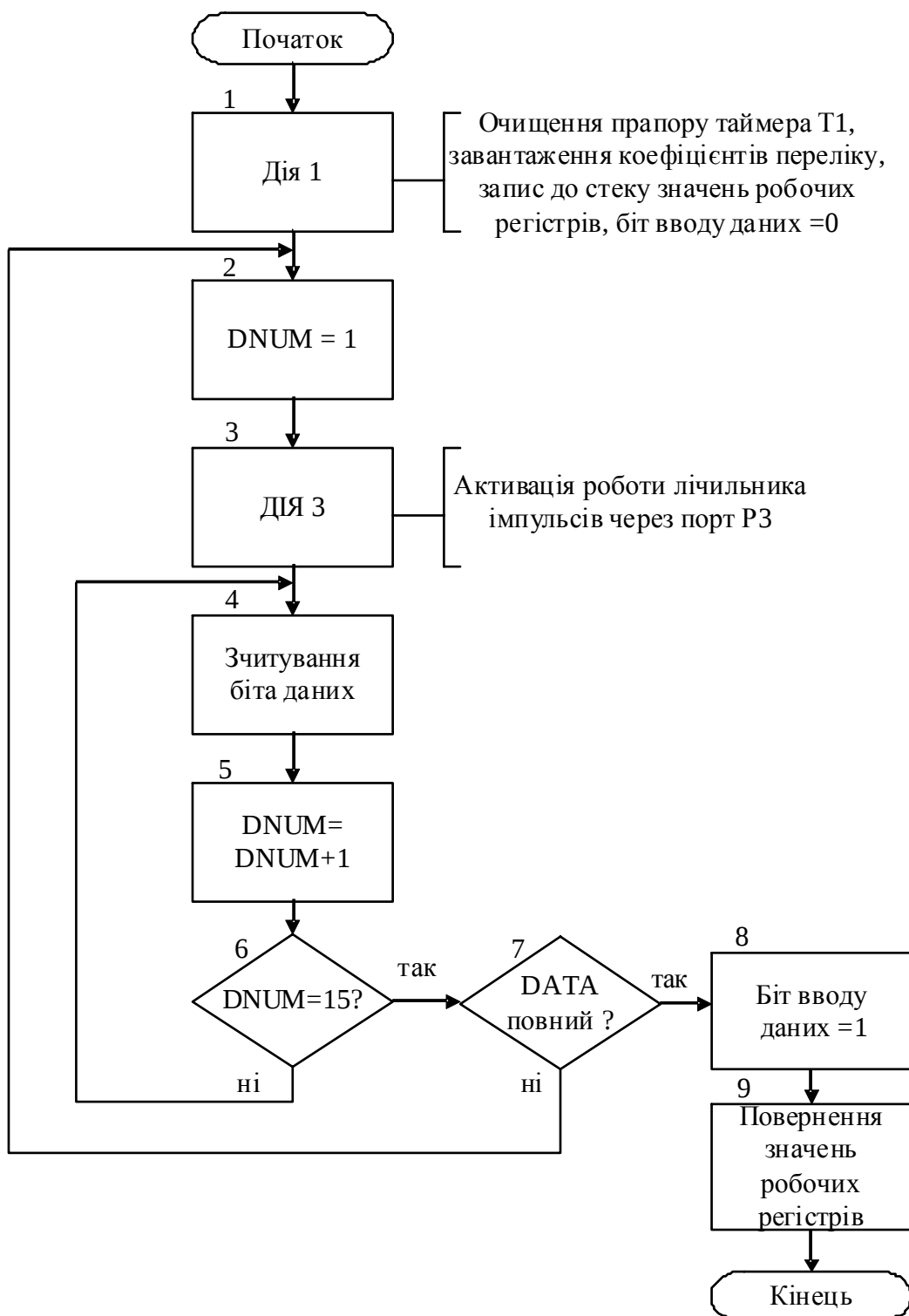


Рисунок 4.12 – Блок-схему алгоритму обробки переривання таймера T1

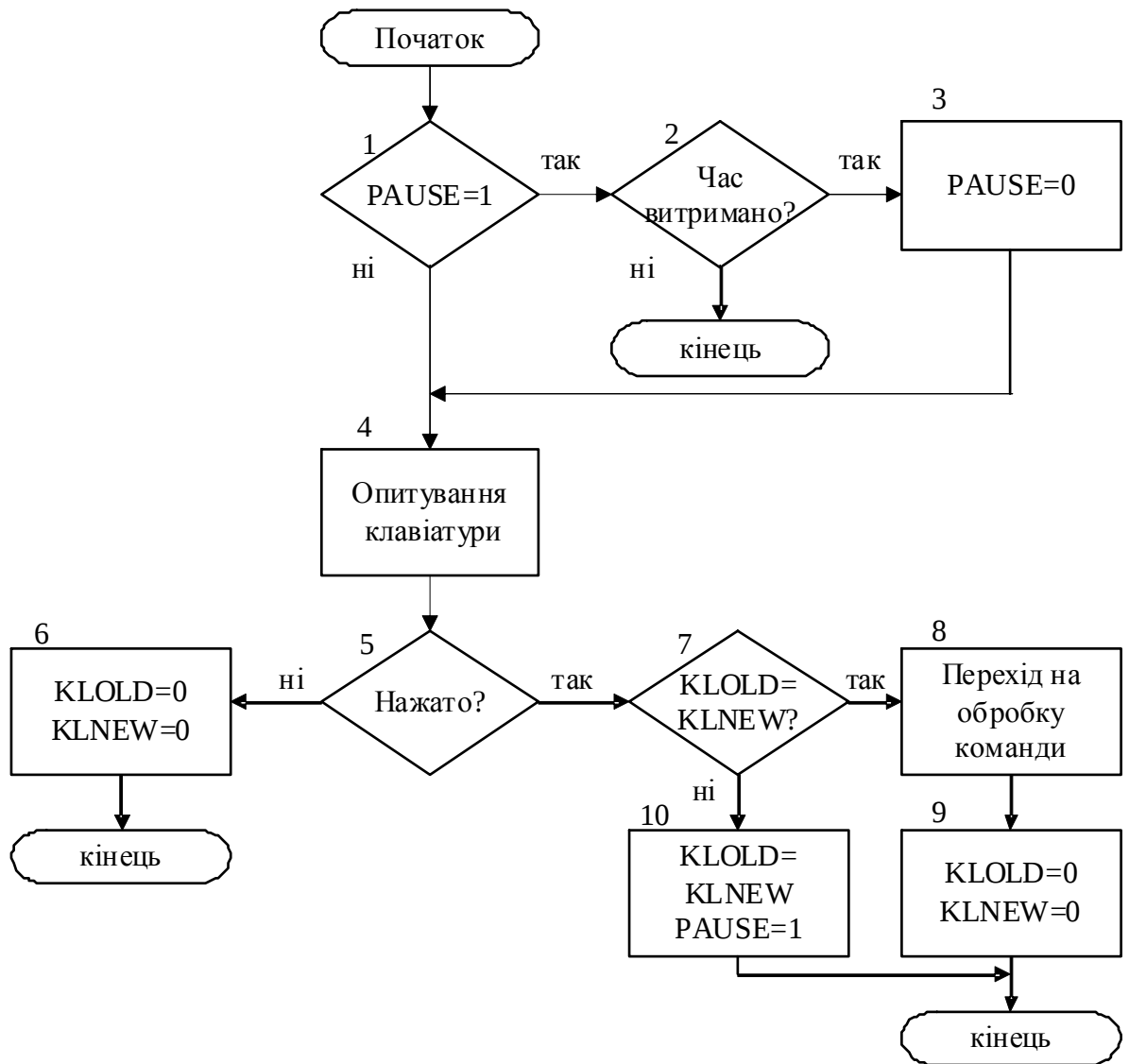


Рисунок 4.13 – Блок-схему підпрограми опитування клавіатури

ВИСНОВКИ

Однією з головних й актуальних задач, які є на підприємствах видобувної вугільної галузі, є підвищення рівня безпеки під час експлуатації підземних ліфтових установок на вугільних шахтах.

Метою цієї роботи є розробка інформаційно-вимірювальна система, яка здійснює діагностику технічного стану провідників клітьового стовбура в шахті, на базі реалізації динамічного контролю положення кліті щодо провідників під час руху. Результатом роботи інформаційно-вимірювальної системи є протокол обробки даних, які одержуються через (10 – 15) хв. після закінчення процесу вимірювань у друкованому виді на принтері або відеомоніторній станції.

Система використовується на підйомних установках, які застосовано в шахті підйомних машин: одно та двохбарабанної, фрикційної, прохідницької, для похилих і вертикальних установок. Систему розроблено для новостворюваних підйомних установок, а також для тих, що знаходяться в експлуатації.

Шахтна підйомна установка має такі параметри:

– глибина підйому, м	945;
– вага кліті, т	5;
– максимальна швидкість підйому, м/с	16;
– потужність, Вт	6000.

Проведений технічних характеристик і параметрів шахтної піднімальної установки, проаналізовано існуючі методів контролю параметрів піднімальної установки, виконаний аналітичний огляд існуючих сенсорів переміщення, положення та рівня.

Розроблена інформаційно-вимірювальна система задовольняє таким вимогам:

1. Сенсор лінійного переміщення

- тип потенціометричний реостатний;
- діапазон вимірювання лінійного переміщення, X , мм від 0 до 60;
- абсолютна похибка вимірювання лінійного переміщення, $\Delta_{длп}$, мм не більш $\pm 0,26$,

2. Нормуючий перетворювач

- діапазон зміни вихідного сигналу, В від 0 до + 5;
- абсолютна похибка, величину якої приведено до одиниць вимірювання лінійного переміщення, $\Delta_{нп}$, мм не більш $\pm 0,16$.

3. Фільтр низьких частот

- діапазон зміни вхідного сигналу, В від 0 до + 5;
- діапазон зміни вихідного сигналу, В від 0 до + 5;
- абсолютна похибка, величину якої приведено до одиниць вимірювання лінійного переміщення, $\Delta_{фнч}$, мм не більш $\pm 0,16$.

4. Аналого-цифровий перетворювач

- діапазон зміни вхідного сигналу, В від 0 до + 5;
- абсолютна похибка, величину якої приведено до одиниць вимірювання лінійного переміщення, $\Delta_{ацп}$, мм не більш $\pm 0,11$.

Під час розробки інформаційно-вимірювальної системи параметрів руху кліті в стовбурі шахти: розроблена схему структурну системи; схему перетворення вихідного сигналу сенсора лінійного переміщення; розроблено мікропроцесорний блок системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Баклашов, И.В. Расчет армировки вертикальных стволов шахт по предельным состояниям / И.В. Баклашов. – М.: Недра, 1968. – 264 с.
2. Гавруцкий, А.Е. Исследование геометрических параметров и износа армировки ствола с рельсовыми проводниками / А.Е. Гавруцкий, Г.Н. Мушинский, Б.М. Устепин. – М.: Недра, 1971. – 416 с.
3. Гаркуша, Н.Г. О кинематических зазорах и предельных износах проводников и рабочих башмаков шахтных подъемных сосудов / Н.Г. Гаркуша, В.И. Дворников, А.А. Храмов. – М.: Недра, 1970. – 372 с.
4. Гаркуша, Н.Г. Повышение надежности и долговечности элементов жестких армировок вертикальных стволов шахт. – Н.Г. Гаркуша, А.А. Храмов. – М.: «Шахтное строительство», 1972. – 144 с.
5. Промтекс [Электронный ресурс] / ЗАО «ПРОМТЕКС». – Електронні данні. – Режим доступу: http://www.prom-tex.org/products/linear_displacement/ – Загл. з екрану. – Мов. рос., англ.
6. Измерения в промышленности : справ. изд. В 3-х кн. / [пер. с нем. под ред. П. Профоса]. – Кн.1. Теоретические основы. – М. : Металлургия, 1990. – 492 с.
7. Измерения в промышленности : справ. изд. В 3-х кн. / [пер. с нем. под ред. П. Профоса] .– Кн. 2. Способы измерения и аппаратура. – М.: Металлургия, 1990. – 384 с.
8. Измерения в промышленности : справ. изд. В 3-х кн. / [пер. с нем. под ред. П. Профоса].– Кн. 3. Способы измерения и аппаратура. – М.: Металлургия, 1990. – 344 с.
9. Зори, А.А. Методы и средства повышения точности электронных измерительных систем / А.А. Зори, В.Д. Коренев, М.Г. Хламов. – Донецк: РВА ДонНТУ, 2004. – 140 с.

10. Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия: Межгос. стандарт ГОСТ 22261–94. – Действующ. от 1998–01–01. – М.: Стандартинформ, 2007. – 35 с. – (Метрология).

11. Володарский, Е.Т. Планирование и организация измерительного эксперимента: учеб. пособ. / Е.Т. Володарский, Б.Н. Малиновский, Ю.М. Туз. – К.: Вища шк., 1987. – 280 с.

12. Земельман, М.А. Автоматическая коррекция погрешностей измерительных устройств / М.А. Земельман. – М.: Изд-во стандартов, 1972. – 199 с.

13. Зори, А.А. Информационно-измерительные системы. Применение интеллектуальных модулей, методов и средств повышения точности физических измерений: монография / А.А. Зори, С.И. Клевцов, В.Д. Коренев и др. – Донецк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2011. – 206 с.

14. Пьявченко, О.Н. Информационно-измерительные системы определения параметров газожидкостных потоков: монография / О.Н. Пьявченко, А.А. Зори, С.И. Клевцов и др. – Таганрог: Танаис, 2013. – 244 с.

15. Лебедев, А.Н. Методы цифрового моделирования и идентификации стационарных случайных процессов в информационно-измерительных системах / А.Н. Лебедев, Д.Д. Недосекин, Г.А. Стеклова, Е.А. Чернявский. – Л.: Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1988. – 64 с.

16. Бокс, Дж. Анализ временных рядов. Вып. 1. Прогноз и управление / Дж. Бокс, Г. Дженкинс ; [пер. с англ. под ред. В.Ф. Писаренко]. – М. : Мир, 1974. – 408 с.

17. Бендат, Дж. Измерение и анализ случайных процессов / Дж. Бендат, А. Пирсол. – М. : Мир, 1974. – 464 с.

18. Бойко, В.І. Цифрова електроніка електронних систем : підруч. / В.І. Бойко, В.Я. Жуйков, А.А. Зорі та ін. – К.: Вища шк., 2010. – 426 с.

19. Опадчий, Ю.Ф. Аналоговая и цифровая электроника (Полный курс) : учеб. для вуз. / Ю.Ф. Опадчий, О.П. Глудкин, А.И. Гуров; [под. ред.

О.П. Глудкина]. – М.: Горячая Линия – Телеком, 2000. – 768 с.

20. Урюмов, Е.П. Цифровая схемотехника / Е.П. Урюмов. – СПб.: БХВ – Санкт-Петербург, 2000. – 528 с.

21. Голубцов, М.С. Микроконтроллеры AVR: от простого к сложному / М.С.Голубцов. – М. : СОЛОН-Пресс, 2003.– 288 с.

22. Белов, А.В. Микроконтроллеры AVR: от азов программирования до создания практических устройств / А.В.Белов.– СПб. : Наука и Техника, 2016. – 544 с.

23. Баранов, В.Н. Применение микроконтроллеров AVR : схемы, алгоритмы, программы / В.Н.Баранов. – М. : Додэка-XXI, 2004. – 288 с.

24. Соммер, У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freeduino / У.Соммер. – СПб. : БВХ-Петербург, 2012. – 256 с.

25. Петин, В.А. Проекты с использованием контроллера Arduino / В.А. Петин. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб. : БВХ-Петербург, 2015. – 464 с.

26. Шпак, Ю.А. Программирование на языке Си для AVR и PIC микроконтроллеров / Ю.А. Шпак.– К.: МК-Пресс, 2006. – 400 с.

27. Жидецкий, В.Ц. Практикум із охорони праці / В.Ц. Жидецкий та ін. – Л.: Афіша, 2000 – 349 с.

ДОДАТОК А – Охорона праці та безпека під час надзвичайних ситуаціях на підприємстві

До приміщення науково-дослідного відділу й організації робочого місця з обліком шкідливих виробничих факторів пред'являється ряд вимог. Приміщення в якому знаходиться робоче місце з ПК повинно мати природне освітлення, бажано з однобічним розміщенням світопрорізів, площа осклянілості яких не повинна перевищувати 25 % від площі стіни світопрорізами. Віконні прорізи в приміщенні з ПК повинні мати регульовані жалюзі чи занавеси або інші сонцезахисні пристрої. Не допускається розташування робочих місць із ПК у підвальних і цокольних поверхах. Робочі місця з ПК рекомендується розміщати в окремих приміщеннях. Площа на одного працюючого з ПК повинна складати 6 м^2 , об'єм – 20 м^3 . Неприпустиме розташування ПК, при якому працюючий звернений обличчям, або спиною до вікон чи кімнати задньої частини ПК, у яку монтуються вентилятори.

Забороняється застосовувати для обробки інтер'єра приміщень із ПК полімерні матеріали (дерев'яностружечні плити, шпалери що миються, плівкові та рулоні синтетичні матеріали, шаруватий паперовий пластик та ін.), що виділяються в повітря шкідливі хімічні речовини, що перевищують гранично допустимі концентрації, не включені в «Перелік дозволених», МЗ» 1977-1985 р.

В лабораторії вимірювальної техніки та науково-дослідної роботи робочі місця з ПК розташовані від стіни з вікнами на відстані 1 м, відстань між столами складає 3 м. Екрани відеомоніторів ПК знаходяться від очей користувача на відстані 700 мм відповідно до СН 512-78, приміщення ($S=21 \text{ м}^2$, $V=73,5 \text{ м}^3$) дозволяє розташовувати більше 3 робочих місця.

Робочі місця в положенні сидячі відповідають вимогам ДСТ 12.2.032 – 78 та ДСТ 12.2.029 – 77. Поверхня робочого столу знаходиться на висоті 0,75 метрів від підлоги, розміри робочої поверхні стільниці складають 1050x590 міліметрів, розміри вільного простору для ніг під столом складає висота 650, глибина 550, ширина 450 міліметрів відповідно. Робочий стілець оснащений

підйомно-поворотнім пристроєм, що забезпечує регуляцію висоти сидіння і спинки, пневматичним і гідравлічними амортизаторами та обладнанні підлокітниками.

А.1 Мікроклімат робочого місця

У приміщенні науково-дослідного відділу є джерела тепловиділення, тому необхідно визначити необхідні умови його вентилявання. Витрату повітря в приміщенні з додатковим тепловиділенням визначаємо за формулою:

$$L = \frac{Q_{\text{НАД}}}{c \cdot p \cdot (t_B - t_H)}, \quad (\text{A.1})$$

де $Q_{\text{НАД}}$ – надлишкове виділення тепла в робочому приміщенні, ккал/год.; c – теплоємність повітря (0,237 ккал/кг); p – обсягова вага повітря (1,226 кг/м³); t_B – температура витяжного повітря (30°C); t_H – температура приточного повітря (20°C).

Розрахуємо надлишкове надходження тепла за наступною формулою:

$$Q_{\text{НАД}} = Q_{\text{УСТ}} + Q_{\text{ПЕР}} + Q_{\text{ОСВ}} + Q_{\text{СР}}, \quad (\text{A.2})$$

де $Q_{\text{УСТ}}$ – виділення тепла від устаткування; $Q_{\text{ПЕР}}$ – виділення тепла робітниками; $Q_{\text{ОСВ}}$ – надходження тепла від електричного освітлення; $Q_{\text{СР}}$ – надходження тепла від сонячної радіації через вікна.

Визначимо виділення тепла від устаткування за формулою:

$$Q_{\text{УСТ}} = P \cdot K_a \cdot K_{\theta} \cdot 860, \quad (\text{A.3})$$

де P – сумарна потужність устаткування, кВт/год; K_a – коефіцієнт установленної потужності (0,95); K_o – коефіцієнт одночасної роботи (1,0).

$$\begin{aligned} Q_{yct} &= [x_1 \cdot k_1 + x_2 \cdot k_2 + x_3 \cdot k_3 + x_4 \cdot k_4 + x_5 \cdot k_5 + x_6 \cdot k_6 + x_7 \cdot k_7 + \\ &+ x_8 \cdot k_8 + x_9 \cdot k_9] \cdot K_a \cdot K_o \cdot 860 = \\ &= [1 \cdot 0,5 + 1 \cdot 0,1 + 1 \cdot 0,07 + 2 \cdot 0,4 + 1 \cdot 0,06 + 1 \cdot 0,05 + 1 \cdot 0,6 + 4 \cdot 0,15 + \\ &+ 1 \cdot 3,5] \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 860 = 5131 \text{ ккал/год.} \end{aligned}$$

Визначимо виділення тепла від обслуговуючого персоналу за допомогою наступної формули:

$$Q_{пер} = n \cdot g = 2 \cdot 100 = 200 \text{ ккал/год,} \quad (A.4)$$

де n – кількість працюючих; g – кількість тепла, що виділяє один працівник за годину (100 ккал/год.).

Визначимо надходження тепла від електричного освітлення за формулою:

$$Q_{ocb} = E_M \cdot g_1 \cdot S = 300 \cdot 0,05 \cdot 21 = 315 \text{ ккал/год,} \quad (A.5)$$

де E_M – нормована освітленість для цієї зорової роботи, величина якої дорівнює 300 лк; g_1 – питоме тепловиділення на 1 м² підлоги при 1 лк освітленості (для / люмінесцентних ламп – 0,05 ккал/год.) S – площа приміщення, м².

Визначимо надходження тепла від сонячної радіації через вікна за наступною формулою:

$$Q_{cp} = F \cdot g_2 \cdot K_{ocл} = 7,5 \cdot 65 \cdot 0,4 = 195 \text{ ккал/год,} \quad (A.6)$$

де F – площа віконних прорізів (3х2,5=7,5 м²); g_2 – кількість тепла, що

надходить через 1 м² віконного прорізу (65 ккал/год.); $K_{осл}$ – коефіцієнт ослаблення, приймаємо 0,4.

Визначимо кількість надлишкового тепла:

$$Q_{НАД} = Q_{УСТ} + Q_{ПЕР} + Q_{ОСВ} + Q_{СР} = 5131 + 200 + 315 + 195 = 5841 \text{ ккал/год.}$$

Визначимо витрати повітря в приміщенні:

$$L = \frac{Q_{НАД}}{c \cdot \rho \cdot (t_B - t_H)} = \frac{5848}{0,237 \cdot 1,226 \cdot (30 - 20)} = 2010 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Існуюча в наявності система кондиціонування та вентилявання має продуктивність 2200 куб. м./годину, що задовольняє необхідним нормативам.

Параметри мікроклімату на робочих місцях регламентуються ДНАОП 0.03.3.15 – 86 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень № 4088–86». Відповідно доданих санітарних норм температура повітря, швидкість руху повітря та відносна вологість у холодні періоди року повинна складати (22 – 24) градуса за Цельсієм, 0,1 метра в секунду та 40-60 % відповідно. При збереженні всіх параметрів можливе коливання температури від 21 до 25 градусів Цельсія. У теплі періоди року температура повітря повинна складати (23 – 25) градусів Цельсія, рухливість повітря (0,1 – 0,2) метрів секунду, вологість (40 – 60) %. Температура може коливатися від 22 до 26 градусів Цельсія при збереженні всіх інших параметрів мікроклімату. Вище зазначені норми цілком відповідають фактичним даним приміщення лабораторії вимірювальної техніки та науково-дослідним відділом.

А.2.2 Розрахунок системи загального рівномірного освітлення з лампами розжарювання для приміщення, в якому використовуються зорові роботивисокої точності

Розміри приміщення: довжина ($a=6$ м), ширина ($b=3,5$ м), висота ($h=3,5$ м). Приміщення має світлу побілку: коефіцієнт відбиття $P_{стелі} = 70 \%$, $P_{стін} = 50 \%$. Висота робочих поверхонь (столів) $h_p = 0,7$ м. Для освітлення прийнято світильники типу УПМ-15, які підвищуються до стелі, відстань від світильника до стелі $h_c = 0,4$ м. Мінімальна освітленість за нормами $E=200$ лк.

1) Визначимо висоту підвісу світильників над підлогою

$$h_0 = H - h_c = 3,5 - 0,4 = 3,1 \text{ м.}$$

Для світильників загального освітлення з лампами розжарювання потужністю до 200 Вт мінімальна висота підвісу над підлогою відповідно до СНІП П-4-79 повинна бути у межах (2,5–4,0) м, залежно від характеристики світильника. В лабораторії вимірювальної техніки та науково-дослідному відділу відповідає цій вимозі.

2) Визначимо висоту підвісу світильника над робочою поверхнею:

$$h = h_0 - h_p = 3,1 - 0,4 = 2,7 \text{ м.}$$

Рівномірність освітлення досягається при відповідному співвідношенні відстані між світильниками (L) та висоти їх підвісу (h).

3) Визначимо рекомендовану відстань між світильниками

$$L = 0,7 \cdot h = 0,7 \cdot 2,7 = 1,9 \text{ м.}$$

4) Розрахуємо необхідну кількість світильників

$$N = \frac{a \cdot b}{L^2} = \frac{6 \cdot 3,5}{2^2} = 6.$$

Приймаємо 6 світильників, враховуючи розміри приміщення розміщуємо їх у два ряди по 3 штуки.

5) Світловий потік лампи світильника (Φ_L) визначається за формулою:

$$\Phi_L = \frac{E \cdot K_3 \cdot S \cdot Z}{N \cdot n \cdot \eta},$$

де E – нормативна освітленість, лк; K_3 – коефіцієнт запасу, який враховує зниження освітленості в результаті забруднення та старіння ламп; S – площа приміщення, що освітлюється, м²; Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення для ламп розширювання (1,15); N – кількість світильників; n – кількість ламп у світильнику; η – коефіцієнт використання світового потоку, який визначається за світлотехнічними таблицями залежно від показника приміщення (i) та коефіцієнтів відбиття стін та стелі.

6) Визначимо показник приміщення:

$$i = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} = \frac{6 \cdot 3,5}{3,5 \cdot (6 + 3,5)} = 2,21.$$

Коефіцієнт використання $\eta = 0,48$ для світильника УПМ-15 (при $i = 2,5$, $P_{стелі} = 70\%$, $P_{стін} = 50\%$)

Світловий потік одного світильника, а значить і лампи, оскільки конструктивним виконанням у світильнику цього типу встановлена лише одна лампа, дорівнює:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E \cdot S \cdot Z}{N \cdot n \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 21 \cdot 1,15}{6 \cdot 1 \cdot 0,48} = 1677 \text{ лм.}$$

9) обираємо лампу Б-150 потужністю 150 Вт, світловий потік якої становить 2100 лм. Хоча це значення на 18% більше розрахованого, однак не перевищує встановлену норму ($-0\% < \Phi_{\text{л}} < +20\%$). Сумарна електрична потужність усіх світильників, встановлених у приміщенні становить:

$$P_{\text{CB}} = P \cdot N = 150 \cdot 6 = 900 \text{ Вт.}$$