

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

Факультет інженерії

Кафедра електричної інженерії

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

**до магістерського проекту
освітньо-кваліфікаційного рівня магістр**

галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування
спеціальності 152 Метрологія та інформаційно-вимірвальна
техніка

на тему **Система автоматизованого контролю параметрів копальневої
атмосфери**

Виконав: студент групи МВТ-22дм

_____ Пчелінцев Віталій Миколайович.....
(прізвище, та ініціали) (підпис) 

Керівник Мелконова І.В.
(прізвище та ініціали) (підпис)

Завідувач кафедри Руднєв Є.С......
(прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент Мазнєв Є.О.
(прізвище та ініціали)

Київ 2023

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет _____ інженерії _____
Кафедра _____ електричної інженерії _____
Освітньо-кваліфікаційний рівень _____ магістр _____
(бакалавр, спеціаліст, магістр)
Галузь знань _____ 15 Автоматизація та приладобудування _____
(шифр і назва)
Спеціальність _____ 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
«Електрична інженерія»
_____ Руднєв Є.С.
“ _____ ” _____ 2023 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

_____ Пчелінцев Віталій Миколайович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) _____ Система автоматизованого контролю параметрів
копальневої атмосфери

Керівник проекту (роботи) _____ Мелконова Інна Вікторівна, к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “23” жовтня 2023 року №
564/15.23-С

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____ 8.12.2023 р. _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____ Вихідні дані визначені в переліку питань, що
підлягають розробці в магістерській роботі

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____ Аналітичний огляд копальневої атмосфери, Розробка математичної моделі системи автоматизованого контролю параметрів копальневої атмосфери, Проектування і розробка автоматизованої системи контролю параметрів копальневої атмосфери, Вибір датчиків метана для використання в автоматизованій системі контролю параметрів копальневої атмосфери

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників) _____ Плакати, що пояснюють суть магістерської роботи, в кількості 6 шт.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Розділи 1-3</i>	<i>доц. Мелконова І.В.</i>		

7. Дата видачі завдання ____ 5 вересня 2023 р. _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проектування	Строк виконання етапів	Примітка
1.	<i>Аналітичний огляд засобів максимального струмового спрямованого захисту</i>	<i>10.09. 2023</i>	
2.	<i>Аналіз завдання на магістерську роботу та постановка задачі дослідження.</i>	<i>15.09. 2023</i>	
3.	<i>Розробка математичної моделі системи автоматизованого контролю параметрів копальневої атмосфери</i>	<i>30.09. 2023</i>	
4.	<i>Проектування і розробка автоматизованої системи контролю параметрів копальневої атмосфери</i>	<i>12.10. 2023</i>	
5.	<i>Вибір датчиків метана для використання в автоматизованій системі контролю параметрів копальневої атмосфери</i>	<i>18.11. 2023</i>	
6.	<i>Зіставлення і аналіз отриманих розрахункових величин.</i>	<i>20.11. 2023</i>	
7.	<i>Оформлення графічного матеріалу.</i>	<i>25.11. 2023</i>	
8.	<i>Оформлення розрахунково-пояснювальної записки</i>	<i>08.12. 2023</i>	
9.	<i>Захист магістерської роботи</i>	<i>15.12. 2023</i>	

Студент _____

Керівник проекту (роботи) _____

(підпис)

_____ *Мелконова І.В.*

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 112стр.; 32рис.; 7 табл.; 46 джерел.

Ключові слова: копальнева атмосфера, автоматизація, система контролю, датчик метану, швидкість руху повітря, виробка.

В магістерській роботі розроблена система автоматизованого контролю параметрів копальневої атмосфери. Здійснено огляд існуючих систем контролю параметрів копальневої атмосфери. Проаналізовані датчики контролю метану і принципи їх роботи.

ABSTRACT

Explanatory note contains: 112str.; 32ris.; Table 7.; 46 sources.

Keywords: mine atmosphere, automatization, control system, the methane sensor, air velocity output, development.

In the master's work has developed a system of automated control parameters mine atmosphere. Carried out a review of existing control systems settings mine atmosphere. Analyzed methane monitoring sensors and how they work.

ЗМІСТ

Вступ.....	9
РОЗДІЛ I АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД	
1.1 Копальнева атмосфера, її склад і характеристики.....	13
1.1.1 Основні складові частини копальневого повітря.....	14
1.1.2 Отруйні, вибухові та радіоактивні домішки копальневого повітря...	16
1.1.3 Метан як складова частина копальневої атмосфери.....	18
1.2 Стан копальневої атмосфери на вугільних шахтах України.....	20
1.3 Огляд та аналіз існуючих систем автоматизованого контролю параметрів копальневої атмосфери.....	24
1.3.1 Система газоаналітична шахтна багатфункціональна "Мікон 1Р"....	25
1.3.2 Система УТАС.....	28
1.3.3 АКМР-М - автоматизований комплекс контролю копальневої атмосфери.....	30
1.3.4 Системи управління інституту «ЕМАГ».....	32
1.3.5 Комплекс «РОЗУМНА ШАХТА» - ГОРНАСС.....	34
1.3.6 Комплекс «Метан».....	41
1.4 Оптимізація режимів роботи автоматичної газової системі захисту у вугільних шахтах.....	43
РОЗДІЛ II ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА	
2.1 Розробка математичної моделі системи автоматизованого контролю параметрів копальневої атмосфери.....	49
2.2 Математичні моделі основних параметрів контрольованих в шахтній атмосфері.....	56
2.2.1 Математична модель розповсюдження метану в тупиковій виробці...	57

2.2.2 Математичні моделі елементів шахтної вентиляційної мережі.....	61
2.3 Загальна автоматизована система контролю параметрів копальневої атмосфери.....	67

РОЗДІЛ III ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

3.1 Проектування і розробка автоматизованої системи контролю параметрів копальневої атмосфери.....	70
3.2 Інформаційні і програмні складові автоматизованої системи контролю параметрів копальневої атмосфери.....	79
3.2.1 Програмне забезпечення автоматизованої системи контролю параметрів копальневої атмосфери.....	79
3.2.2 Інформаційні технології автоматизованої системи контролю параметрів копальневої атмосфери.....	81
3.3 Вибір датчиків метана для використання в автоматизованій системі контролю параметрів копальневої атмосфери.....	85
Висновки.....	90
Список використаних джерел.....	92

ВСТУП

Актуальність теми.

Проблема контролю, діагностики та управління аерогазовим станом призводить до небезпечних викидів, виділення і скупчення метану, а, отже, і загазованості. Тому актуальність розробки системи автоматизованого контролю параметрів копальневого повітря набуває особливого значення.

Вирішити всі зазначені проблеми можливо за допомогою створення комплексної автоматизованої системи контролю параметрів копальневого повітря.

Безпеку ведення гірничих робіт, неможливо забезпечити без достатньої кількості повітря і нормального аерогазового стану копальної атмосфери.

Мета і задачі магістерської роботи.

Метою магістерської роботи є підвищення безпеки ведення гірничих робіт шляхом створення системи автоматизованого контролю параметрів копальної атмосфери.

Задачі магістерської роботи:

- аналіз досліджень і розробок в галузі контролю за аерогазовим станом копальної атмосфери, разгазуванням тупикових виробок, а також управлінням провітрюванням;
- оцінка ефективності функціонування існуючих систем контролю, діагностики та управління;
- математичне моделювання системи автоматизованого контролю параметрів копальної атмосфери;
- проектування і розробка автоматизованої системи контролю копальної атмосфери ґрунтуючих на узагальненій системі контролю викидів;
- аналіз і вибір датчиків метану як складової частини автоматизованої системи .

Огляд досліджень та розробок.

Забезпечення нормального аерогазового стану копальневого повітря є важливою умовою безпечного ведення гірничих робіт, тому така проблема розглядалася багатьма вітчизняними і зарубіжними фахівцями.

Для контролю концентрації метану в рудничній атмосфері застосовуються стаціонарні аналізатори метану (АТ1-1, АТ3-1, АТБ). Комплекс “Метан” реалізує функції вимірювання метану в атмосфері і спрацьовування відключення апаратури при перевищенні концентрації метану.

Автоматизована система контролю та прогнозування стану рудничної атмосфери вугільних шахт розглянута у статті В.В. Лапко, В.А. Краснокутського, Ю.С. Достлева. Система має у своєму складі типові засоби автоматизованого газового захисту (АГЗ), мікропроцесорну систему контролю і управління (МПСУ) і необхідну конфігурацію [25].

Також розробки по дослідженню автоматизованих систем контролю копального повітря ведуть вчені: Голінько В.І., Котляров О.К., Білоножко В.В.

Об'єкт дослідження – копальнева атмосфера, викиди метану в шахтах.

Предмет дослідження – автоматизовані системи контролю параметрів копальневої атмосфери.

Методи дослідження.

Магістерська робота базується на наукових положеннях методів математичного моделювання фізичних і хімічних процесів в рудничній атмосфері, методів проектування автоматизованих систем контролю. При виконанні досліджень використовуються такі пакети програм: MATHCAD 2000 (professional trial 30-day version), Microsoft EXCEL'XP.

Ідея роботи.

Ідея роботи полягає в тому, що б дослідити, розробити і спроектувати автоматизовану систему контролю параметрів копальневої атмосфери, за

допомогою якої можливе запобігання вибуху і загоряння метану, що часто призводить до загибелі людей.

Наукова новизна одержаних результатів:

- Розроблена автоматизована система контролю параметрів копальневої атмосфери з покращенням передачі інформації і швидким реагуванням на аерогазовий стан шахти ;

- Отримав подальший розвиток метод збору оперативної інформації концентрації метану за допомогою шахтних карт;

Обґрунтування і достовірність наукових результатів, висновків і рекомендацій базується на використанні наукових розробках і експериментальних даних.

РОЗДІЛ І

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1 Копальнева атмосфера, її склад і характеристики

Атмосферне повітря, надходячи в підземні виробки шахт і переміщаючись по них, зазнає змін, що складаються, в основному, у зміні його фізичного стану (тиску, температури, швидкості) і хімічного складу, забрудненні механічними домішками (пилом, кіптявою і т. п.) , зміну вологовмісту.

Зміна тиску полягає в його збільшенні з ростом глибини шахт. Деякий вплив на величину тиску надає робота шахтного вентилятора. У глибоких шахтах атмосферний тиск може становити 850 мм. рт. ст. і більше.

Особливість теплового стану повітря в підземних виробках, в порівнянні з атмосферним повітрям, полягає у зменшенні добових і сезонних коливань його температури і в підвищенні температури, порівняно із середньорічною температурою повітря, на поверхні. З глибиною температура повітря підвищується і в глибоких шахтах за відсутності охолодження може становити 30°C і більше. Швидкість повітря в підземних виробках регламентується вимогами ПБ і змінюється в межах 1 ÷ 16 м / сек. [1].

Забрудненість повітря механічними домішками в підземних виробках вище, ніж на поверхні, внаслідок відбуваються в шахті процесів дроблення гірських порід і корисної копалини.

Вологість шахтного повітря підвищується внаслідок припливу в вироблення підземних вод і становить у середньому 80-90%.

Зміни складу повітря при його русі по гірських виробках полягають у зменшенні вмісту кисню, збільшенні вмісту вуглекислого газу та азоту і в появі ряду газів, які не містяться в земній атмосфері (метан, окис вуглецю та ін).

Повітря, що надійшов з поверхні в гірничі виробки і витерпить певні зміни, називається рудниковим повітрям.

Найбільш суттєві зміни відбуваються в місцях ведення очисних і підготовчих робіт. Тому, з деякою умовністю, копальневий повітря у виробках до вибоїв називається свіжим, а повітря після провітрювання вибоїв — відпрацьованим. Відповідно цьому, повітряний струмінь, що рухається від повітря подавального стовбура до вибоїв, називають надходить або свіжої, а від забоїв до повітря видаючого стовбуру - вихідної або відпрацьованої.

1.1.1 Основні складові частини копальневого повітря

Основними складовими частинами копальневого повітря, також як і атмосферного, є кисень, вуглекислий газ і азот.

У копальневому повітрі, в порівнянні з атмосферним, міститься менше кисню і більше вуглекислого газу та азоту[19].

Кисень (O₂) — газ без кольору смаку і запаху з питомою вагою 1,11 при t=0° C та 760 мм. рт.ст.

Згідно ПБ, мінімальний вміст кисню в рудниковому повітрі має бути не менше 20%.

У ряді зарубіжних країн мінімально допустимою концентрацією кисню є 19,5-19,6%.

В умовах підземних робіт, при зниженні кисню приблизно до 17%, настає задишка і прискорене серцебиття, а при 12% атмосфера стає смертельно небезпечною.

При добрій вентиляції шахт вміст кисню у виробках, як правило, перевищує 20%. У не провітрюваних виробках, при вибухах метану і вугільного пилу і при пожежах, вміст O₂ в повітрі може знижуватися до 1-3%; в такій атмосфері людина втрачає свідомість через 1-2 хвилини, а через 5-10 хв настає клінічна смерть.

Вуглекислий газ (CO₂) — безбарвний газ із слабо кислим смаком. Питома вага 1,52. Хімічно дуже інертний, не горить і не підтримує горіння.

Фізіологічно вуглекислий газ слабо отруйний. При 6% з'являється задишка і слабкість, при 10% можливе непритомний стан, при 20 ÷ 25% — смертельне отруєння.

Основними причинами появи вуглекислого газу в шахтах є процеси: окислення деревини та вугілля, розкладання порід кислими рудничними водами і виділення його з вугілля і порід.

Вуглекислий газ утворюється також при вибухових роботах, рудничних пожежах, вибухах метану і вугільного пилу, диханні людей. Деякі кількості CO₂ можуть надходити з поверхні при горінні близько розташованих породних відвалів.

Максимально допустимі концентрації CO₂ на робочих місцях і вихідних струменях дільниць — 0,5%, в загальних вихідних струменях крила шахти - 0,75%, час проведення та відбудови виробок по завалу-1,0%. [18]

У добре провітрюваних шахтах CO₂ знаходиться в межах 0,1 ÷ 0,15%.

Азот (N₂) — газ без кольору, смаку і запаху. Питома вага його 0,97. Азот вельми інертний хімічно. Збільшення вмісту N₂ у повітрі впливає на людину лише за рахунок зменшення вмісту кисню.

У копальневе повітря азот надходить з вугілля і порід; він утворюється при вибухових роботах і при гнитті органічних речовин.

Вміст азоту в копальневому повітрі ПБ не нормується.

1.1.2 Отруйні, вибухові та радіоактивні домішки копальневого повітря

Основними отруйними домішками копальневого повітря є окис вуглецю, оксиди азоту, сірчистий газ, сірководень. У ряді випадків у рудниковому повітрі зустрічаються аміак, акролеїн, альдегіди, ціаністий водень, пари миш'яку і ртуті.

Основними вибуховими домішками є метан, водень, важкі вуглеводні, іноді зустрічаються вибухові гази — аміак і ацетилен [28].

Окис вуглецю (CO) - без кольору, смаку і запаху; питома вага 0,97. Горить і вибухає при вмісті його в повітрі 12,5 ÷ 75%, найбільша сила вибуху досягає при 30%. Температура займання газоповітряної суміші в цьому випадку 630 ÷ 810о С, колір полум'я блакитно-синій.

Газ дуже отруйний: легко з'єднуючись з гемоглобіном в крові (в 250-300 разів активніше кисню), він витісняє з неї кисень, викликаючи тим самим кисневе голодування організму. Для повного насичення крові людини окисом вуглецю її потрібно всього лише 300 см³.

Основними джерелами забруднення копальневого повітря окисом вуглецю є вибухові роботи, рудничні пожежі, вибухи вугільного пилу і метану, робота двигунів внутрішнього згоряння.

У звичайних умовах основна кількість CO в шахтах дають вибухові роботи.

Вміст CO в копальневому повітрі не повинен перевищувати 0,0024% при тривалому перебуванні людей.

Перед допуском людей у забій після підривних робіт вміст умовної окису вуглецю не повинен перевищувати 0,008% за умови триваючого безперервного провітрювання забоїв.[18]

Окисли азоту — утворюються при вибухових роботах і складаються з суміші окису азоту NO, двоокису азоту NO₂ та N₂O₄, N₂O₅. Ці оксиди мають бурий колір і характерний різкий запах.

Окисли азоту вельми отруйні, викликають подразнення слизових оболонок дихальних шляхів і очей, а у важких випадках - набряки легенів.

Токсична дія оксидів азоту проявляється через 4 ÷ 6 годин (іноді — через 20 ÷ 30 год).

Зміст окислів азоту в повітрі діючих виробок вугільних шахт не повинно перевищувати 0,0002% в перерахунку на NO₂. [19]

Сірчистий газ (SO₂) — безбарвний, має сильний дратівливий запах і кислий смак. Вельми отруйний: він подразнює слизові оболонки дихальних шляхів і очей, у важких випадках викликає запалення бронхів, набряк гортані

і легенів. Концентрація 0,05% небезпечна для життя навіть при короткочасному вдиханні. Запах SO_2 відчутний з 0,0005%.

Сірчистий газ утворюється при вибухових роботах, якщо вони ведуться в сірчистих породах або якщо ВВ містять сірку, при рудничних пожежах і виділяється з гірських порід.

Зміст SO_2 в повітрі діючих виробок шахт не повинно перевищувати 0,00035%.

Сірководень (H_2S) — газ без кольору, з солодкуватим смаком і запахом тухлих яєць (відчутний при вмісті його в повітрі до 0,0001%). Сірководень горить і, при концентрації в повітрі 6%, вибухає.

Сірководень дуже отруйний, діє дратівливо на слизові оболонки очей і дихальних шляхів. Смертельно небезпечний навіть при короткочасному впливі концентрації H_2S 0,1%. Зміст H_2S в повітрі діючих виробок не повинна перевищувати 0,00066%.

Сірководень виділяється з гірських порід і мінеральних джерел, крім того, він утворюється при гнитті органічних речовин, розкладанні шахтними водами містять сірку порід, при рудничних пожежах, вибухових роботах.

Аміак (NH_3) — газ без кольору, з різким характерним запахом; добре розчинний у воді. При вмісті в повітрі 30% аміаку він вибухає.

Отруйний, подразнює слизові оболонки і шкіру, а при високих концентраціях викликає набряк гортані.

Допустимий вміст NH_3 в повітрі - 0,0025%.

Акролеїн — безбарвна легко випаровується рідина. Утворюється в результаті розкладання дизельного палива під впливом високої температури. Дуже отруйний, подразнює слизові оболонки, викликає запаморочення, нудоту, болі в шлунку, блювоту. Максимально допустима концентрація його в повітрі 0,00008%.

Водень (H_2) — безбарвний газ з питомою вагою 0,07. Водень горить і вибухає при вмісті його в повітрі від 4 до 74%. Температура займання на 100-2000 С нижче температури займання метану.

Водень виділяється з порід та вугілля при середньому ступені його метаморфізму, а також утворюється в шахтах при зарядці акумулятивних батарей.

Максимально допустима концентрація H_2 у повітрі — 0,5%.

Важкі вуглеводні. У копальному повітрі зустрічається етан C_2H_6 , пропан C_3H_8 и бутан C_4H_{10} . Виділяються при розробці малометаморфізованого вугілля і можуть утворюватися при вибухових роботах. Всі три газу вибухових, а так само додають повітрю слабкі наркотичні властивості.

Радіоактивні домішки. Найчастіше зустрічаються радон, торон та актинон.

1.1.3 Метан як складова частина копальної атмосфери

Метан - є основною складовою частиною копального газу, що представляє собою суміш газів, що виділяються в гірничі виробки з порід і корисної копалини. У вугільних шахтах копальневий газ складається, в основному, з метану (іноді до 100%) з домішкою CO_2 (до 5%), азоту (кілька відсотків), водню і гомологів метану (сумарно 1 ÷ 4%) та ін.

У літературі часто копальневим газом називають власне метан [19].

Метан (CH_4) - газ без кольору, смаку і запаху. За звичайних умов метан вельми інертний і з'єднується тільки з галоїдами.

У невеликих кількостях метан фізіологічно нешкідливий. Підвищення змісту CH_4 в повітрі небезпечно лише у наслідку зменшення вмісту кисню, що витісняється метаном.

Метан горить блідим блакитним полум'ям. Домішка до метану етану і пропану надає повітрю слабку наркотичну властивість.

Температура займання метану 650 ÷ 7500С. Вона залежить від вмісту метану в повітрі, складу атмосфери, тиску, джерела запалення.

З повітрям метан утворює горючі і вибухові суміші. При вмісті в повітрі:

- до $5 \div 6\%$ він горить біля джерела тепла,
- від $5 \div 6$ до $14 \div 16\%$ - вибухає,
- понад $14 \div 16$ - не горить і не вибухає, але може горіти у джерела тепла при притоці кисню ззовні.

Сила вибуху залежить від абсолютної кількості бере участь в ньому метану. Найбільшої сили вибух досягає при вмісті в повітрі $9,5\%$ метану. При більшій концентрації метану частина його залишається незгорілою через нестачу кисню. Внаслідок високої теплоємності метану, ця його частина охолоджує полум'я вибуху. При вмісті в повітрі CH_4 понад $14 \div 16\%$ відбувається його повне само гасіння і вибух не виникає.

Найбільш легко спалахують повітряні суміші, що містять $7 \div 8\%$ метану.

Межі вибуховості метано повітряної суміші розширюються з підвищенням її початкової температури і тиску суміші. Так, при початковому тиску 10 ат. метано повітряна суміш вибухає при вмісті метану від $5,9$ до $17,2\%$.

Слід зазначити властивість запізнювання спалаху метану, яке у тому, що його займання відбувається через деякий час після виникнення контакту з джерелом тепла. Час запізнювання спалаху називається індукційним періодом. Наявність індукційного періоду створює умови для попередження спалаху метану при підливних роботах шляхом застосування запобіжних ВВ. При цьому час, необхідний для охолодження продуктів вибуху нижче температури займання метану, має бути менше тривалості індукційного періоду.

Тиск газу в місці вибуху приблизно в 9 разів перевершує початковий тиск газоповітряної суміші до вибуху [28].

Попередній стиск метано повітряної суміші, поширюється вибуховою хвилею, сприяє розвитку високих тисків (до 30 ат. і вище).

Метан є парниковим газом. Якщо ступінь впливу вуглекислого газу на клімат умовно прийняти за одиницю, то парникова активність метану складе 23 одиниці. Вміст в атмосфері метану росло дуже швидко протягом останніх двох століть.

Зараз середній вміст метану CH_4 в сучасній атмосфері оцінюється як 1,8 ppm (parts per million, частин на мільйон). І, хоча це в 200 разів менше, ніж вміст у ній вуглекислого газу (CO_2), у розрахунку на одну молекулу газу парниковий ефект від метану - тобто його внесок у розсіювання і утримання тепла, випромінюваного нагрітої сонцем Землею - істотно вище, ніж від CO_2 . Крім того, метан поглинає випромінювання Землі в тих «віконцях» спектру, які виявляються прозорими для інших парникових газів. Без парникових газів - CO_2 , парів води, метану та деяких інших домішок середня температура на поверхні Землі була б усього $-23\text{ }^\circ\text{C}$, а зараз вона близько $+15\text{ }^\circ\text{C}$.

1.2 Стан копальневої атмосфери на вугільних шахтах України

Перший вибух у Донбасі стався в 1898 р. в шахті "Іван" у м. Макіївці (у наслідку шахта імені В.І. Леніна), заснованої в 70-х роках минулого століття одним з найбільших поміщиків області Війська Донського Іловайським. Під час цього вибуху загинуло 74 людини.

У 1905 році на цій шахті був повторний вибух.

18 липня 1908 на Риковських копальнях (шахта 4 біс «Юзівка» - розташовувалася в нинішньому Каліненському районі міста Донецька) стався самий грандіозний вибух за всю історію гірничої справи Донбасу, України та колишнього СРСР. Загинуло 283 людини з 406, що знаходилися в шахті. Більшість же робітників виявилися понівеченими і обпаленими.

Серед інших найбільших катастроф сучасності в Донбасі слід виділити вибухи метану і вугільного пилу в шахтах "Суходільська" ВО

"Краснодонвугілля" (загинуло 60 гірників і 4 рятувальники) - від іскріння у високовольтному кабелі, "Молодогвардійська" ВО "Краснодонвугілля" (загинуло 50 гірників) - від фрикційного іскріння при ударі відбійного молотка, ім. Бажанова ПО "Макіїввугілля" (загинуло 25 гірників) - від вигорання шпурового заряду ВР у породному вибої, Кіровська-Західна ДХК «Макіїввугілля» (постраждало 45 гірників, в т.ч. 10 осіб загинуло) - від електричного іскріння, два вибухи в шахті ім. А.Ф. Засядька - у 1999 р. при струсному підриванні (постраждало 88 гірників, у тому числі 54 людини загинуло), у 2001 р. - від самозаймання вугілля (постраждало 86 гірників, в т.ч. 50 осіб загинуло) та інші [8].

Загальне число вибухів і спалахів за минулі 100 років з моменту першого вибуху в Донбасі знизилося. Проте середнє число людських жертв на один вибух залишається все ще високим.

Для об'єктивної оцінки небезпеки вибухів метану і вугільного пилу в шахтах, а також ефективності засобів боротьби з ними МакНДІ та інші організації постійно здійснюють збір, аналіз і статистичну обробку фактичного матеріалу з розслідування нещасних випадків, в т.ч. вибухів і спалахів на підприємствах вугільної промисловості.

Результати аналізу аварій, що сталися в шахтах колишнього Мінвуглепрому СРСР за 1965-1995 рр., Виглядають наступним чином.

За характером протікання всі аварії розподіляються наступним чином:

- Спалахи - 75%,

- Вибухи - 25%.

Це співвідношення приблизно зберігається і в інші часові періоди.

Наприклад, протягом 1967-1991 рр. в шахтах західних регіонів колишнього СРСР зареєстровано 69 випадків займань метаноповітряної суміші, з них 16 вибухів і 53 спалаху. Крім того, сталося 18 пригод, пов'язаних із задухою і отруєнням людей в гірських виробках. Велика їх частина сталася в Україні.

По виду вибухонебезпечного середовища, що прийняла у вибуху, аварії розподіляються наступним чином:

- Вибух (спалах) метану - 71%,
- Вибух метану за участю вугільного пилу - 28%,
- Вибух вугільного пилу - 1%.

Слід підкреслити, що вибухи вугільного пилу володіють руйнівною силою і супроводжуються значним виділенням шкідливих газів, особливо окису вуглецю.

Розподіл аварій з причин загазування:

- Незадовільний провітрювання - 71%,
- Виділення метану з відбитого (зруйнованого) вугілля - 14%,
- Наявність тріщин заповнених метаном - 10%,
- Інші - 5%.

В даний час на вугільних шахтах України відбуваються вибухи метану.

Експериментальні дані про зміну концентрації метану за різні періоди часу оброблені методом математичної статистики. У таблиці 1.1 наведені узагальнені дані зміни об'ємної частки метану в різні проміжки часу після початку вибухових робіт біля вибоїв виробок різної площі поперечного перерізу на пластах з різною газоносністю (можливою на практиці) у вугільних басейнах Донбасу.

Таблиця 1.1

Газова обстановка в при вибійному ділянці тупикових виробок при вибухових роботах ВВ IV класу

Час початку набору проб газу після подачі струму у вибуховий ланцюг, с	Відстань від вибою до пробовідбірника, м	Концентрація метану, %		
		мінімальна	максимальна	Середня
1	2	3	4	5
0	0,2...6,0	0	0	0
0,15	0,5...6,0	0	1,0	0,37
0,10	0,5...6,2	0	1,9	0,49
0,20	0,3...6,2	0	1,2	0,43
0,25	0,2...2,5	0,4	1,0	0,84
0,50	0,2...9,3	0,7	4,2	2,32
1,0...5,00	0,8...25,0	0,8	43,0	7,00
6...10	0,8...25,0	0,2	10,0	1,67
11...15	0,8...25,0	0,2	10,0	2,15
16...25	1,0...25,0	0,2	11,0	2,04
26...40	1,0...25,0	0,8	13,0	7,19
30	2,0...10,5	0,3	9,0	2,65
45...60	5,5...32,4	0,5	20,0	3,46
180	2,0...32,4	0,4	12,0	4,99
300...360	2,0...32,4	0,5	14,0	4,92
480...540	2,0...32,4	0,4	13,0	4,58

Результатом експериментальних досліджень динаміки концентрації метану при підричних роботах ВР IV класу показують наступне:

а) зростання метановиділення спостерігається вже через 25 мс після подачі струму у вибухову мережу;

б) вибухонебезпечні концентрації метану в привибійному просторі виробки при підричних роботах не утворюються за період часу до 250 мс включно, рахуючи від початку подачі імпульсу струму у вибухову мережу (концентрація метану не перевищує 1,9%);

в) через 270 ... 520 мс після початку підривання зарядів з'являються поблизу вибою виробки загрозові концентрації метану (концентрація метану в двох випадках перевищувала 2%, тобто дорівнювала 2,5 і 4,2%);

г) через 1 ... 5 с після початку вибуху концентрація метану в привибійному просторі може досягати вибухонебезпечної межі.

Такий зміст метану при наявності невеликої кількості вибухової вугільного пилу може призвести до утворення вибухонебезпечного середовища в привибійному просторі виробки.

Однак така небезпечна середу утворюється в окремих випадках і в обмеженому обсязі.

При існуючих параметрах провітрювання виробок вибухонебезпечні концентрації метану в привибійному просторі можуть утримуватися в перебігу декількох хвилин, а в окремих випадках до 10 хв. після проведення підривних робіт.

1.3 Огляд та аналіз існуючих систем автоматизованого контролю параметрів копальневої атмосфери

Починаючи з 70-х років минулого століття, в розвинених вугледобувних країнах почалося створення і впровадження автоматизованих систем аерогазового контролю і управління гірничим виробництвом. Перший зразок такої системи був представлений англійськими фахівцями на Міжнародній науково-практичній конференції інститутів з безпеки робіт у гірничій промисловості, яка проходила в 1971 році в м. Донецьк.

Застосування системи моніторингу стану технологічного обладнання, параметрів аерогазового середовища та управління цими параметрами, розробленої фірмами «Trolex Ltd» та «Continental Conveyor Ltd» (Великобританія), на шахтах Великобританії вже протягом 20 років виключило виникнення великих аварій, пов'язаних з вибухами і пожежами.

Аналогічні системи були створені в багатьох розвинених вугледобувних країнах. В Іспанії це система RELIF-2000, Німеччині - SIWA-2000, Польщі - система фірми EMAG, Китаї - японсько-китайська система моніторингу CONSPEC і т.д. Більшою чи меншою мірою опрацьовані

системи моніторингу параметрів безпеки та управління технологічними процесами застосовуються також у США, Канаді, ПАР, Австралії, Японії, Ірані [24].

В Україні впродовж останніх 30 років розроблялися і впроваджувалися пристрої, які частково дозволяли контролювати стан середовища та обладнання. Зокрема, для контролю аерогазового об'єкту на всіх шахтах III категорії за газом та вище застосовується стаціонарна апаратура контролю вмісту метану з видачею інформації на поверхню на стійки прийому інформації СПИ-1, для контролю швидкості та напрямку руху повітря - вимірювачі ІСНВ, для контролю оксиду вуглецю - газоаналізатор Сігма-СО-В і т.д. Крім того, для контролю і управління провітрюванням в тупикових виробках застосовується апаратура контролю надходження повітря в тупикові виробки АПТВ.

Далі проведемо аналіз існуючих систем автоматизованого контролю стану рудникової атмосфери.

1.3.1 Система газоаналітична шахтна багатофункціональна "Мікон 1Р"

Система газоаналітична шахтна багатофункціональна "Мікон 1Р" призначена для автоматичного безперервного вимірювання об'ємної частки метану, оксиду вуглецю, водню, оксиду азоту, діоксиду азоту та дозриво небезпечних концентрацій метано-водневої суміші в рудниковому повітрі (автоматичний газовий контроль - АГК), швидкості повітряного потоку в гірських виробках, вентиляційних спорудах і повітроводах шахти, масової концентрації пилу в повітрі робочої зони та передачі вимірювальної інформації на диспетчерський пункт, її обробки, відображення та зберігання [31].

Система забезпечує:

- захисне відключення електроживлення шахтного устаткування і видачу сигналів при досягненні гранично допустимих значень об'ємної частки метану та / або швидкості повітря, та / або стану вентиляційного обладнання та споруд (автоматична газова захист - АГЗ), автоматичне керування вентиляційним обладнанням в режимі автоматичного провітрювання тупикових виробок (АПТВ);
- збір і обробку інформації про стані (включено / вимкнено) технологічного, вентиляційного, дегазаційного і проти пожежного обладнання, вентиляційних споруд, обладнання енергопостачання на об'єктах контролю (шахти) відповідно до "Правил безпеки у вугільних шахтах" ПБ 05-618 -03, "Єдиними правилами безпеки при розробці рудних, нерудних і розсипних родовищ корисних копалин підземним способом" ПБ 03-553-03 і "Методичними рекомендаціями про порядок проведення аерогазового контролю у вугільних шахтах" РД 15-06-2006;
- місцеве і централізоване диспетчерське ручне, автоматизоване і автоматичне управління основним і допоміжним технологічним обладнанням, вентиляційним обладнанням та апаратами енергопостачання.

На рисунку 1.1 представлена система Мікон 1р

Конструктивно Система Мікон складається з пристроїв отримання інформації (датчиків об'ємної частки метану, метановодородної суміші, оксиду і діоксиду вуглецю, водню, оксиду і діоксиду азоту, швидкості повітряного потоку, вимірників запиленості), підземних обчислювальних пристроїв (ПВУ) і пристроїв сигналізують (СУ), використовуваних для обробки інформації та передачі її на диспетчерський пункт, джерел живлення (П), блоків автоматичного введення резерву (Бавра) і трансформаторних

блоків (БТ), блоків проміжного реле (БПР), ліній живлення та зв'язку, наземних пристроїв прийому і передачі інформації (НУППІ) с бар'єрами іскробезпеки, цифрових електронно-обчислювальних машин (ЦЕВМ), об'єднаних в локальну обчислювальну мережу, блоків безперебійного живлення і друкуючих пристроїв.

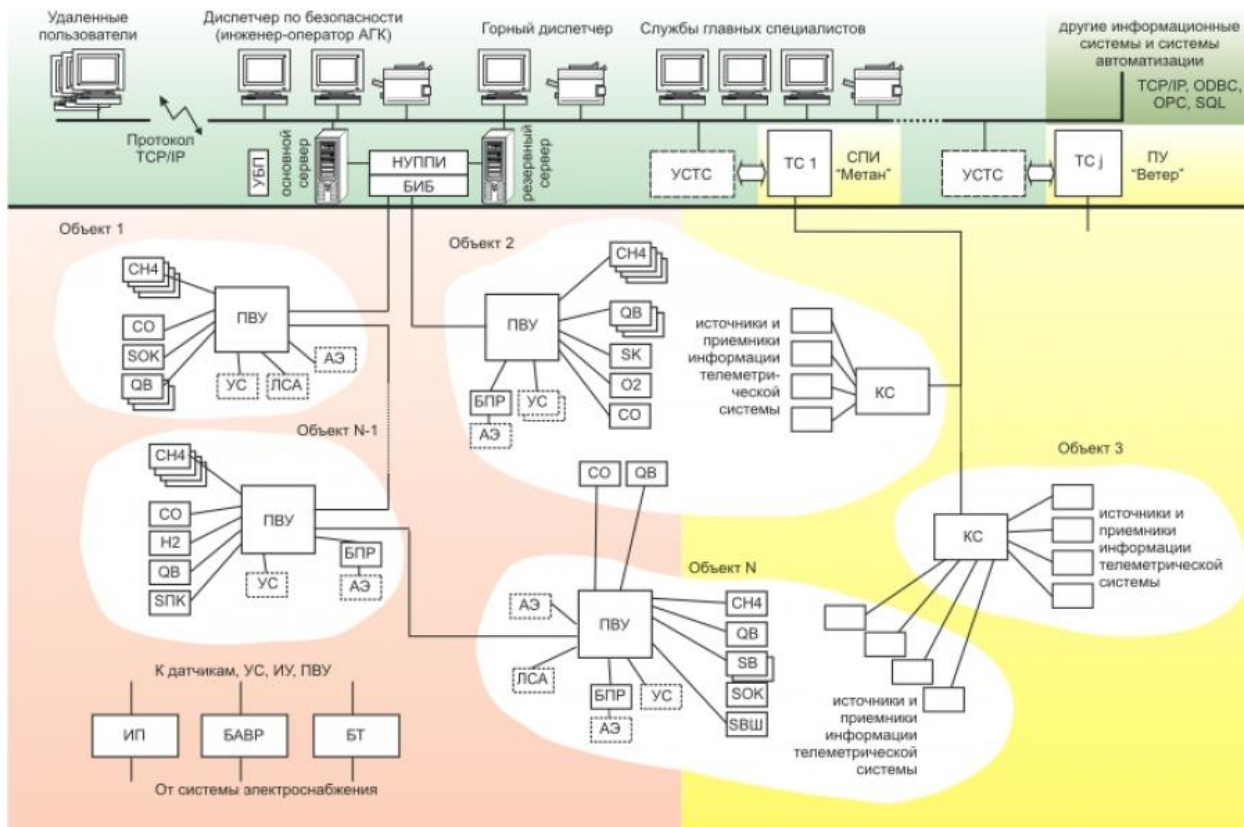


Рисунок 1.1 Система газоаналітична шахтна багатofункціональна "Мікон 1Р"

Система використовується для:

- телесигналізації (ТС) і телевимірювання (ТІ) різних контрольованих параметрів шахтної атмосфери і мікроклімату;
- ТЗ та ТІ стану основного і допоміжного технологічного обладнання;
- контролю роботи ВГП і ВМП;

- телеуправління (ТУ) основним і допоміжним технологічним обладнанням;
- ТЗ та ТІ стану систем електро-, гідро-і пневмопостачання і телеуправління ними;
- контролю ранніх ознак ендогенних і екзогенних пожеж;
- контролю стану зрошувальних і протипожежних трубопроводів і установок автоматичного пожежогасіння;
- контролю параметрів роботи газо відсмоктувальних і дегазаційних установок і трубопроводів газо відсмоктувальних і дегазаційних систем;
- безпосереднього впливу на інші локальні системи автоматичного управління;
- автоматичного управління поточно-транспортними системами (дільничними конвеєрними лініями, вузлами завантаження скіпів і т. д).

Переваги системи: дискретне управління будь якою апаратурою електропостачання з іскробезпечними і іскронебезпечних ланцюгами управління. Але є недоліки окремих локальних підсистем автоматизації та оперативно-диспетчерського управління.

1.3.2 Система УТАС

Комплект апаратури системи УТАС складається з програмованих контролерів і датчиків, контролюючих параметри роботи обладнання (швидкість, пробуксовка, вібрація, температура нагрівання, струм навантаження і пр.), а також параметри навколишнього середовища (концентрація метану, двоокису вуглецю, кисню, водню, швидкість потоку повітря і т. д.)[37]. Система УТАС забезпечує:

- передачу, прийом, перетворення, відображення на дисплеях показань і стану датчиків. Диспетчеру надається інформація про стан будь-якого контрольованого об'єкта;

- можливість відключити контрольований механізм / групу механізмів при перед аварійному або аварійному стані;

- інше.

На малюнку 1.2 зображена схема системи УТАС, на якій зображені основні елементи системи.

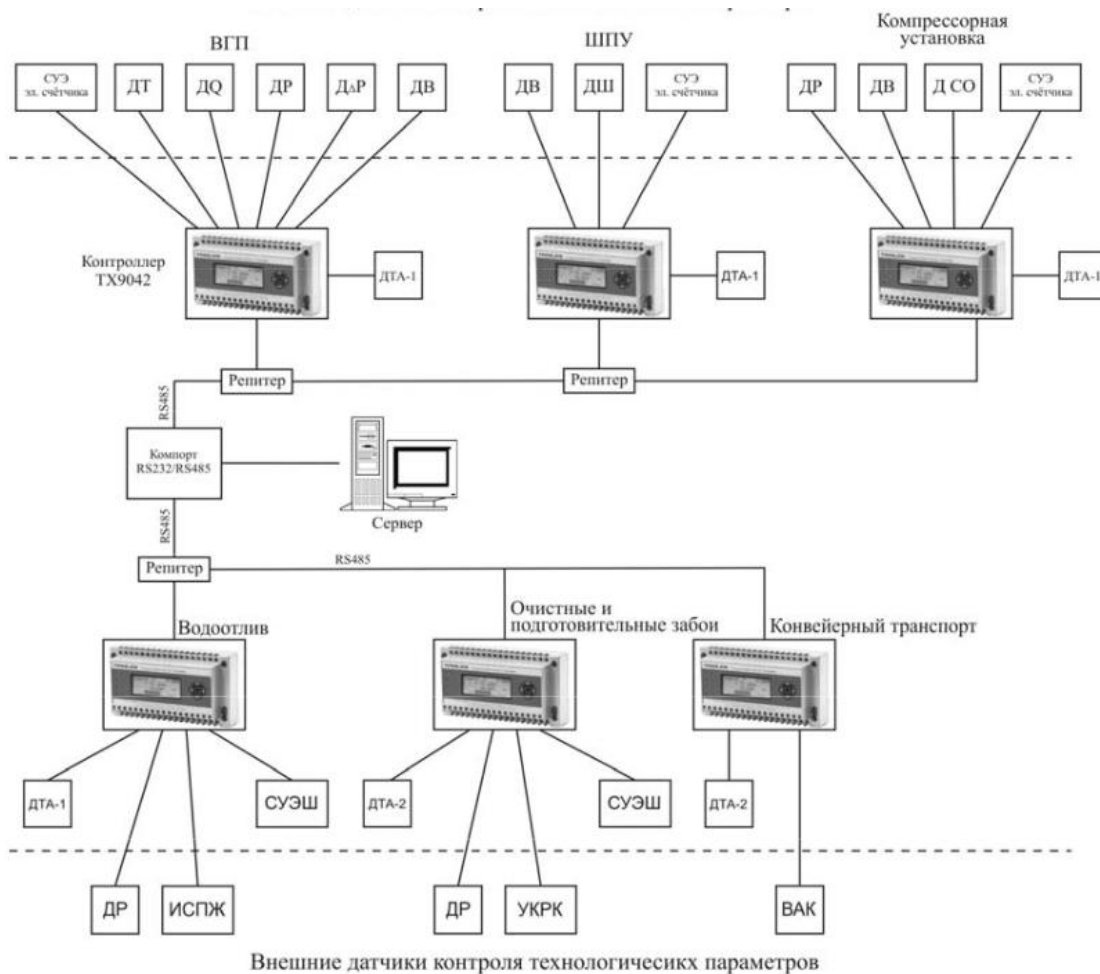


Рисунок 1.2 Система УТАС: ДАР-диференціального тиску; ДQ - витрати повітря; ДР - тиску; ДП - температури; ДВ - вібрації; ДЗГ-оксиду вуглецю; УКРК-пристрій контролю роботи; Суе-лічильник обліку електроспоживання (активної і реактивної); ВАК-ваги автоматизовані конвеєрні.

Перевагою цієї системи є те, що вона охоплює всі ланки виробничого процесу, всі ділянки - тобто, має властивість адаптації до різних технологічних процесів, що відбуваються в різних шахтах.

Але так само ця система має ряд недоліків:

1. Має місце дублювання функцій діючих на шахтах систем протиаварійного захисту;

2. Недостатньо вирішені організаційні питання експлуатації системи, експлуатаційні документи потребують значних доопрацювань (керівництва з експлуатації системи в цілому і окремих пристроїв);

3. Не забезпечена інформаційна надійність.

Ця система є вітчизняною розробкою Донецьких вчених.

1.3.3 АКМР-М - автоматизований комплекс контролю копальневої атмосфери

Система призначена для:

- безперервного автоматичного контролю вмісту метану, кисню, оксиду вуглецю, двоокису вуглецю, водню, вологості, запиленості, депресії, а також вимірювання швидкості і напрямку повітряних потоків у шахті;

- передачі інформації в диспетчерський пункт з метою її обробки;

- раннього виявлення спалаху, з використанням оптоволоконного кабелю;

- управління, автоматичного або по команді з ДП, технологічним і допоміжним обладнанням;

- збору, обробки і виведення на диспетчерський пункт інформації про стан технологічних систем, у тому числі електропостачання, теплопостачання, водопостачання, провітрювання, водовідливу, роботи конвеєрного транспорту машин і механізмів та ін .[40].

Функціональні можливості комплексу

Автоматичний комплекс контролю копальневої атмосфери може здійснювати збір інформації від різних типів датчиків через аналогові (з вихідними сигналами по струму, напрузі, частоті і т.д.) і дискретні входи підземних контролерів і керування технологічним устаткуванням через релейні виходи підземних контролерів, що дозволяє виконувати наступні функції:

- контроль системи водовідливів;
- контроль системи електропостачання;
- контроль системи тепlopостачання;
- контроль системи водопостачання;
- контроль рівня вібрації технологічного обладнання, вимикання даного обладнання;
- контроль за положенням і пересуванням технологічного і транспортного устаткування;
- контроль наявності руди на конвеєрі;
- контроль температури вузлів і деталей шахтного устаткування, вимкнення обладнання;
- діагностика справності обладнання і видача сигналу про несправності, захист від збоїв передачі інформації.

Організації робочого пульта оператора, що дозволяє здійснювати візуалізацію отриманої інформації, видачу керуючих команд і сигналів оповіщення. До складу робочого місця диспетчера, на вимогу замовника, може входити: два промислових контролера, для забезпечення резервування роботи наземної частини, здвоєні дисплеї, для зручності відображення топології шахти, апарат безперебійного живлення і наземне обчислювальний пристрій, що забезпечує прийом-передачу інформації по двох променів, при необхідності кількість променів може побут збільшена до чотирьох, дане обладнання поставляється в шафовому виконанні.

Інформаційне забезпечення

Система забезпечує передачу інформації і керуючих сигналів між елементами підземної частини, між підземної і наземної частиною по чотирьох лінії зв'язку і не вимагає спеціальних типів кабелів, можлива передача інформації через апаратуру ущільнення телефонних каналів. При виході з ладу підземних обчислювальних пристроїв функція передачі інформації зберігається. При необхідності можливе підключення до радіоканалу.

Програмне забезпечення адаптується конкретно до кожного об'єкту (введення топології об'єкта, форма відображення інформації, протоколи запису і зберігання і т.д.).

Можлива перевірка працездатності та програмування підземних контролерів за допомогою переносних пультів керування.

Нарощування функціональних можливостей

Структура комплексу дозволяє нарощувати функціональні можливості (збільшення кількості датчиків, що підключаються, підключення датчиків нового типу) шляхом установки додаткових модулів у контролери підземної частини.

1.3.4 Системи управління інституту «EMAG»

EMAG - інститут розробок, заснований в 1975 році. Багато років традицій і досвіду дозволили створити автоматизовану систему промислового моніторингу [44].

Дана система використовує обладнання власного інституту EMAG, такі як:

1. MM-4 і MM-2PW - мікропроцесорний метанометри.
2. MAKS-DBC - прилади перевірки вібрації і деформації.
3. Радіо керовані і кліматичні пристрої поточної діагностики.
4. GAMMA NATURA - портативний вимірювач вмісту горючого пилу.

Інститут володіє сертифікатами акредитованих для відділу атестації, лабораторних випробувань і калібрування. EMAG веде розробки в промислових проектах:

1. Комплекс, перевіряючий пожежонебезпечні системи.
2. Перевірка якості кам'яного вугілля.
3. Системи для перевірки, контролю та візуального спостереження технологічних процесів (моніторинг та вентиляція шахт).
4. Телекомунікаційні, інформаційні та керуючі системи.
5. Проектування перемикаючого і керуючого обладнання.
6. Перевірка сейсмічного ризику.
7. Калібрування промислового обладнання.

Система управління аерогазового стану шахтної атмосфери складається з підсистем:

1. SMP-NTA - перевірка концентрації метану і пожежного ризику (система збирає і записує дані про процеси вентиляції).
2. KTC-1 - відео перевірка промислових об'єктів, особливо для метану і кам'яновугільної пилу на вибухонебезпечних шахтах (попередній перегляд ведеться з декількох камер, високою роздільною здатністю при низькій освітленості, з можливістю дистанційного управління).
3. ARES-5 / E - забезпечує складну оцінку можливого вибуху в межах довжини областей.
4. ARAMIS M / E - запис і дослідження мікро сейсмічних подій (система забезпечує безпечну цифрову передачу даних).
5. ARP 2000 P / E - перевірки системи вібрації для небезпечних областей.
6. GEOTOMO / E - зміни в сейсмічному тиску в кам'яновугільному пласті.

1.3.5 Комплекс «РОЗУМНА ШАХТА» - ГОРНАСС

Комплекс «РОЗУМНА ШАХТА» - ГОРНАСС - це єдина інформаційно-керуюча інфраструктура, призначена для моніторингу та управління будь-яким технологічним обладнанням в шахті, забезпечення зв'язку та сигналізації, спостереження, оповіщення та пошуку людей, захоплених аварією. На сьогоднішній день комплекс «РОЗУМНА ШАХТА» - ГОРНАСС [23] включає в себе:

1. Granch МІС - багатофункціональна вільно конфігурується вимірювальна система з основними вимірювальними каналами для вимірювання концентрації метану, оксиду вуглецю, швидкості повітряного потоку і додатковими вимірювальними каналами для вимірювання концентрації інших небезпечних газів в копальневої атмосфері, температури, тиску, частоти проходження електричних сигналів і інших параметрів.

Область застосування МІС - підземні виробки шахт, рудників і їх наземні будови, небезпечні по газу (метану) або горючого пилу, відповідно до вимог до рівня вибухозахисту. Granch МІС дозволяє:

- вимірювати параметри копальневої атмосфері за основними вимірювальним каналам і контролювати параметри за додатковими вимірювальним каналам;
- збирати інформацію про стан шахтних об'єктів;
- видавати керуючі команди на шахтні об'єкти при заданих значеннях вимірюваних або контрольованих параметрів;
- здійснювати маршрутизацію і обмін інформацією з каналів зв'язку;
- відображати на АРМ оператора інформацію про контрольовані параметри, роботі технологічного обладнання, виявлені несправності і позаштатних ситуаціях;
- змінювати кількість вимірювальних і управляючих каналів у процесі експлуатації.

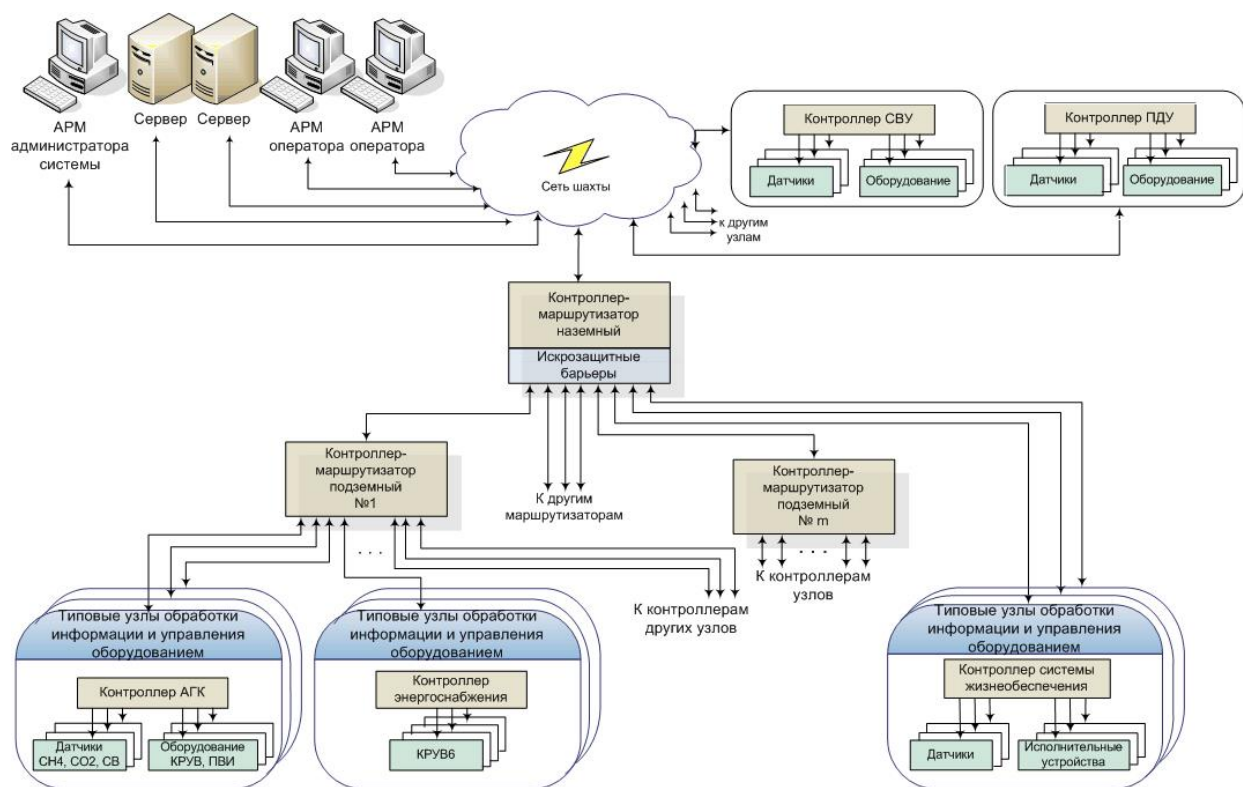


Рисунок 1.3 Granch МИС

На базі Granch МИС можуть бути реалізовані автоматизовані системи: аерогазового контролю;

- моніторингу та управління енергетичними осередками;
- управління конвеєру;
- управління водовідливом;
- інші технологічні процеси, в тому числі передбачають складні алгоритми управління, збір даних з розподілених об'єктів, передачу великого обсягу інформації та ін..

Granch МИС складається з вимірювальних і управляючих вузлів на основі контролерів вимірювальних технологічного обладнання Granch SBTC2, датчиків, автономних джерел живлення, ліній зв'язку,

маршрутизаторів, серверів і автоматизованих робочих місць. Конкретна структура МІС визначається проектом.

2. Granch SBGPS - система спостереження, оповіщення та пошуку людей, захоплених аварією. Система дозволяє безперервно спостерігати місце розташування шахтаря під землею з точністю $\pm 20\text{м}$, передає шахтарю команди і сигнали голосовими фразами, оповіщає про небезпеку і отримує підтвердження, що сигнал не тільки прийнятий, але і усвідомлений, вимірює газову обстановку навколо кожного шахтаря, і передає інформацію про неї на пульт диспетчера, підказує людині, що знаходиться під землею, правильні дії залежно від ситуації.

Система зв'язку ГРАНЧ, яка об'єднує всі пристрої, що входять до складу автоматизованої системи оперативного-диспетчерського управління (АСОДУ), являє собою локальну інформаційно-обчислювальну мережу (LAN), що використовує Internet - протокол (IP) на всіх своїх рівнях. Універсальність цього протоколу дозволяє застосовувати стандартизовану апаратуру і програмне забезпечення для доступу до будь-якого вузла системи - від датчика і виконавчого механізму до сервера.

До теперішнього часу в якості фізичного середовища передачі сигналу в цій системі використовувалися тільки провідні лінії зв'язку - мідні або оптичні. Причому, швидкість передачі інформації за стандартним підземному телефонному кабелю в системі зв'язку ГРАНЧ майже в тисячу разів вище, ніж у будь-якій іншій існуючій сьогодні підземної системі, навіть використовує спеціалізовані мідні пари.

Це стало можливим завдяки використанню оригінальної технології Granch SBNI - передачі даних по проводах. Такої швидкості передачі інформації більш ніж достатньо для вирішення будь підземної технологічного завдання, що зробило недоцільним застосування складних в обслуговуванні оптичних ліній. Проблемою залишалися тільки самі дроти, які прив'язують пристрій або абонента до певного місця.

Сьогодні пропонується бездротове розширення цієї підземної локальної мережі - Wireless-LAN ("WLAN"). Система заснована на технології WiFi, як найбільш популярною і стрімко розвивається технології бездротового зв'язку [23].

Призначення системи:

- безперервне спостереження за точним місцем розташування людей і механізмів;
- безперервне спостереження за точним станом людей і механізмів у шахті;
- управління роботою людей під землею;
- оповіщення людей під землею;
- пошук і порятунок людей під землею;
- зв'язок робітників з диспетчером;
- контроль газової обстановки в зоні роботи людей;
- контроль та обмеження доступу на об'єкт.

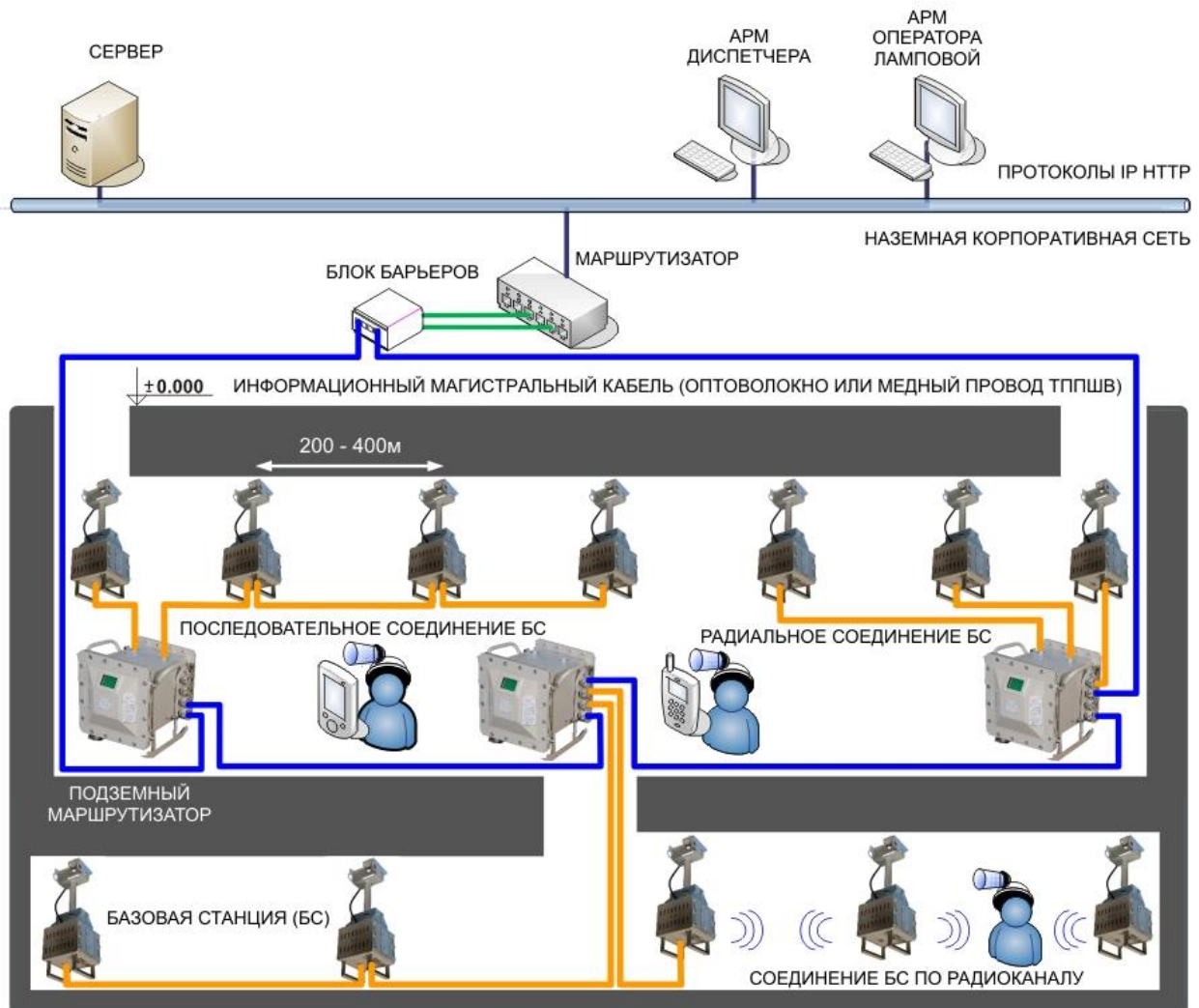
При цьому для управління та оповіщення людей застосовується набір голосових команд і система зворотного зв'язку, що гарантує їх прийом, правильність сприйняття та інтерпретації.

Система призначена для оснащення персоналу, зайнятого на підземних роботах, а також рухомих машин і механізмів сучасними засобами комунікації. Крім того, система надає можливість передавати мову, відеозображення, керуючу і телеметричну інформацію з однієї довільної точки вугледобувного підприємства в іншу.

Структура системи Granch SBGPS зображена на малюнку 1.4

Підземна інфраструктура SBGPS являє собою представляє собою структуровану систему базових станцій (БС, Access Points), пов'язані між собою як по проводах, так і за технологією Mesh-Net. Мережа враховує безперервні підключення та зміни конфігурації мережі при виникненні

проблем (несправний вузол або блокований шлях), вибираючи оптимальний шлях ("стрибаючи" від вузла до вузла, поки не буде досягнутий адресу призначення). У Мережі Mesh вузли пов'язані один з одним, це повнозв'язана мережа. Робота мереж Mesh - це підклас мобільної мережі, що використовує принцип доступу до вузлів залежно від ситуації, що склалася. Таким чином, при пропажі сигналу по провідній лінії зв'язку БС



включає режим Ad-Hoc, і зв'язується з найближчій працездатною БС по бездротовому каналу.

Рисунок 1.4 Структура системи Granch SBGPS

Клієнтська частина SBGPS може бути обладнана як стандартними пристроями зв'язку в стандарті WiFi, так і спеціалізованими пристроями

оповіщення SBGPS Light, що представляє собою індивідуальні шахтний світильник, обладнаний голосовим процесором, датчиком метану і мережевим модулем WiFi, що забезпечує постійний зв'язок з інфраструктурою. Для визначення положення використовується технологія RTLS (Real Time Location Service) - визначення координат в реальному часі.

3. Granch SBAVS - система гучномовного зв'язку, оповіщення та сигналізації. Система забезпечує голосовий зв'язок з диспетчером, або будь-яким іншим абонентом, групою абонентів, усіма абонентами, здійснює передпускову сигналізацію конвеєрного транспорту, має функції аварійного зупини конвеєра з індикацією номера спрацював поста, видає попереджувачий сигнал не тільки на стаціонарні пости, але й на Пристрій сповіщення, поєднане з індивідуальним шахтових світильником [23].

Система Granch SBAVS виконує наступні функції:

- двостороння голосовий зв'язок з диспетчером, або будь-яким іншим абонентом, групою абонентів, усіма абонентами;
- передпускова сигналізація конвеєрного транспорту;
- аварійний зупинка конвеєра з індикацією номера спрацював поста на АРМ диспетчера

Особливості системи Granch SBAVS:

- видає попереджувачий сигнал не тільки на стаціонарні пости, але й на Пристрій сповіщення, поєднане з індивідуальним шахтових світильником;
- довільний вид застережливого сигналу: сирена, голосове повідомлення. Вид, тривалість сигналу, тип фраз, кількість повторень вільно програмується;
- вільно програмований порядок подачі сигналу на кожен пост: одночасно, із затримкою, різні види сигналу для різних постів;
- відсутність практичних обмежень на кількість постів зв'язку в системі;

- кожен пост зв'язку має вбудований кабель-тросовий вимикач і кнопку аварійної зупинки з фіксатором.

На рисунку 1.5 показана схема підсистеми УМНАЯ ШАХТА Granch SBAVS

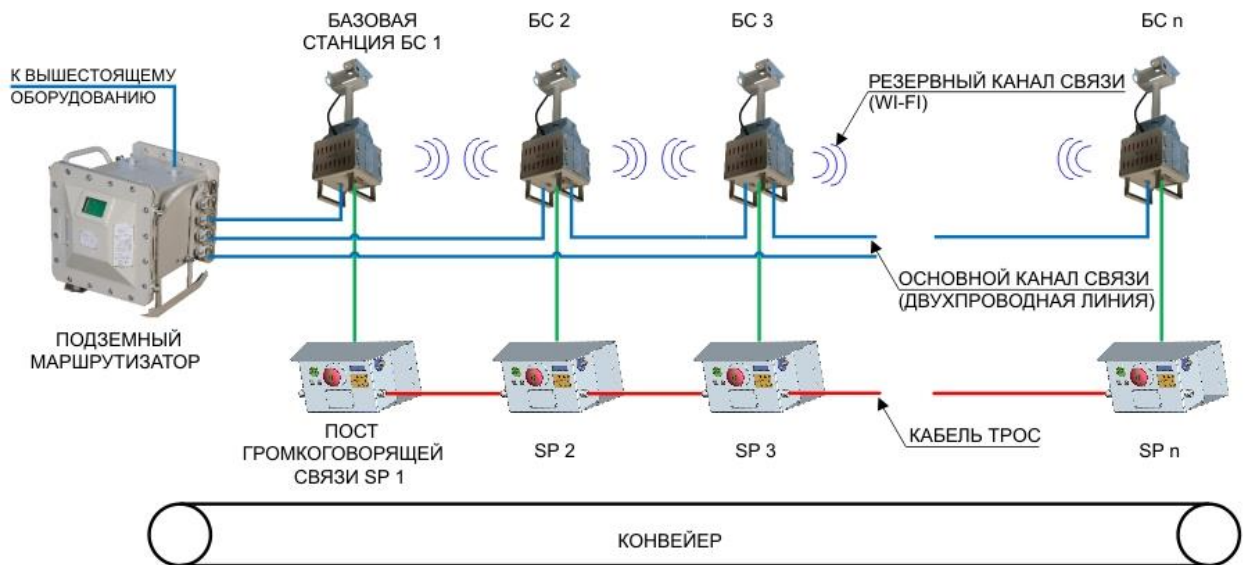


Рисунок 1.5 Схема **Granch SBAVS**

Для передачі даних Granch SBAVS використовує мережу інфраструктури системи Granch SBGPS. Така схема дозволяє значно знизити витрати на побудову кожної окремої системи. Базові станції (БС) системи SBGPS розташовуються уздовж виробки. Навпаки кожної БС уздовж конвеєрного става розташований Пост гучномовного зв'язку SP. При цьому система має як мінімум двократне запас надійності по відношенню з будь-якої іншої подібної системи:

- є основний (дротовий) і резервний (бездротовий стандарту Wi-Fi) канали зв'язку;
- кожен пост має резервоване джерело живлення;
- сигнал оповіщення видається не тільки на пост системи, але і на пристрій сповіщення шахтаря, що знаходиться в тій виробці, в якій включається сирена.

1.3.6 Комплекс «Метан»

Багатофункціональна комплексна апаратура - комплекс «Метан» призначена для безперервного місцевого та централізованого контролю вмісту метану та видачі сигналу на автоматичне відключення електричної енергії контрольованого об'єкта при досягненні гранично допустимої концентрації метану у вугільних шахтах, небезпечних по газу [20].

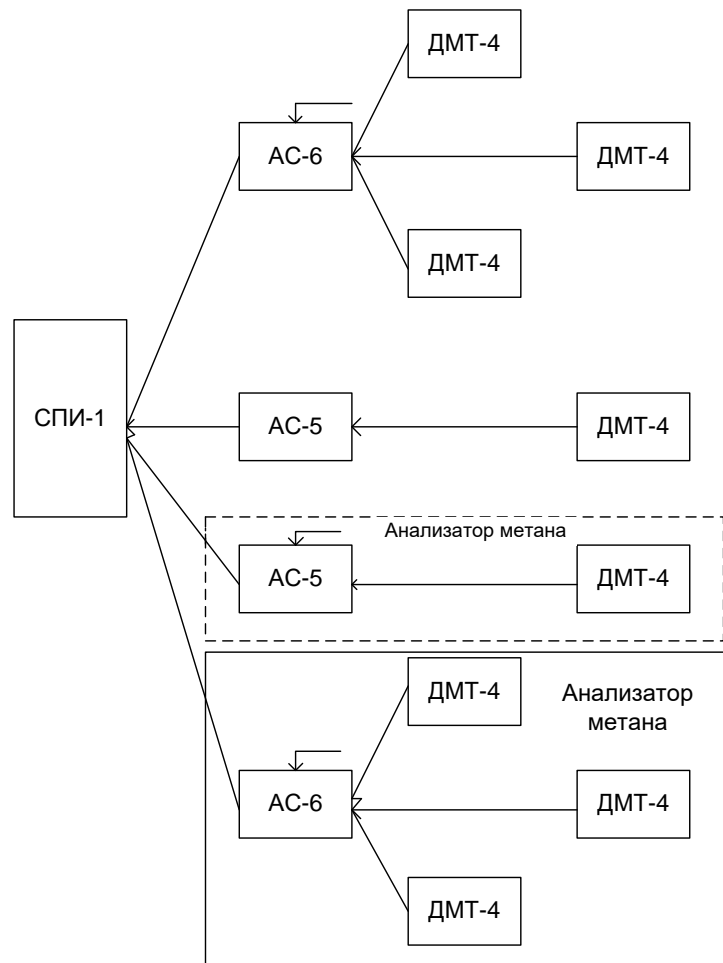


Рисунок 1.6– Блок-схема комплексу «Метан»

Цей комплекс може використовуватися як самостійна система автоматичного газового захисту (АГЗ), а також включатися як підсистема в систему автоматизованого управління провітрюванням шахти. Комплекс «Метан» складається з трьох складових частин:

- аналізатора метану АТ1-1, контролюючого вміст метану в одній точці (один датчик метану);

- аналізатора метану АТЗ-1, контролюючого вміст метану в трьох місцях;
- стійки прийому інформації СПИ-1, яка встановлюється на поверхні в диспетчерській.

Стійка прийому інформації СПИ-1 призначена для прийому та реєстрації телеметричної інформації та аварійної сигналізації від аналізаторів метану АТ 1-1 і АТ 3-1. У каркасі стійки рас --- покладені виймальної блоки вимірювання, реєстрації та сигналізації. У блоці вимірювання та сигналізації розташовані підсилювачі з приймачем сигналів на 14, 20, 26 кГц. На лицьовій стороні стійки під блоками сигналізації розташована панель з гніздами для телефонного зв'язку з апаратами сигналізації і датчики. В нижній частині знаходяться блоки живлення.

Загальний принцип дії комплексу «Метан» полягає в обробці електричних сигналів, які від чутливих елементів датчиків, передачу цих сигналів на апарати сигналізації і далі на СПИ-1 диспетчеру. Кількісний вміст метану в повітрі визначається безполуменевий спалюванням його при температурі близько 400 град. С в камері згоряння датчика ДМТ-4. При цьому тепловий сигнал перетворюється в електричний, посилюється і надходить на який вказує прилад апарату АС-5 або АС-6 і транзитом - на СПИ-1 диспетчерського пункту. При досягненні встановленої гранично - допустимої концентрації метану датчик видає релейний сигнал в апарат на відключення напруги контрольованого об'єкта (ділянки) і аварійний сигнал на СПИ-1 диспетчеру.

Висновки:

Вище були розглянуті автоматизовані системи контролю параметрів рудникової атмосфери. У ході їх огляду можна зробити висновки про те, що вітчизняні виробники вносять у вагомий внесок у розвиток автоматизованих систем параметрів копальневої атмосфери.

На сьогоднішній день комплекс «РОЗУМНА ШАХТА» є сучасною системою, яка забезпечує безпечні умови праці в шахтах, що є найголовнішим завданням автоматизованих систем контролю - забезпечення безпеки робітників.

1.4 Оптимізація режимів роботи автоматичної газової системи захисту у вугільних шахтах

Ефективність функціонування автоматичного газового захисту (АГЗ) визначається впливом на об'єкт контролю декількох факторів: [16]

- концентрації метану;
- витрати повітря;
- часу впливу порушень.

Таким чином, завдання оптимізації режимів роботи АГЗ зводиться до встановлення певного критерію S , що є функцією усереднених за час τ значень концентрацій метану (t), швидкості повітря у вихідному струмені забою і відрізка часу τ , протягом якого ці параметри виходять за допустимі межі:

$$S = \varphi[\bar{C}(t), \bar{v}(t), \tau] \quad (1.1)$$

Де слід встановити критичне значення $S_{кр}$ таким чином, що якщо $S \geq S_{кр}$, то приймається рішення про припинення робіт на об'єкті контролю, $S < S_{кр}$ - роботи не припиняються. Наявність такого критерію дозволяє перейти від існуючої детермінованою захисту, що спрацьовує при фіксованих значеннях контрольованих параметрів, до вдосконаленої ймовірнісної системі контролю, доповненої статистичними пристроєм прийняття рішення за алгоритмом, який визначається залежністю (1.1) на підставі інформації, одержуваної від відповідних датчиків.

З моменту початку відліку τ (хоча б один з параметрів, що контролюються увійшов в область обмежено допустимих значень) має місце ймовірність вибуху (спалаху) метану, тому виникає необхідність прийняття рішення: «відключати» або «не відключати» електроенергію. У разі необхідності відключення електроенергії виробництво несе значні збитки, хоча вибух може і не статися. У разі не відключення мається ймовірність вибуху, пов'язаного з величезним збитком. Виникають дві альтернативи - «помилкової тривоги» (передчасного відключення) і «перепустки мети» (несвоєчасне відключення), кожна з яких передбачає певний матеріальний збиток. Для прийняття в подібних ситуаціях правильного рішення можна скористатися положеннями теорії статистичних рішень [1].

Стосовно до розглянутого питання, можна показати, що безумовна ймовірність передчасного відключення:

$$P(\bar{O}_1; O_0) = (1 - P_B)P(\bar{Q}_1/O_0) \quad (1.2)$$

а безумовна ймовірність не вчинення відключення:

$$P(O_1; O_0) = P_B \cdot P(Q_0/O_1) \quad (1.3)$$

де O_1, O_0 - подія, що полягає в тому, що настала аварійна ситуація і, відповідно, протилежне йому подія;

\bar{I}_1, \bar{I}_0 , - рішення відключати енергію і, відповідно, не відключати енергію.

Помилку "пропуску мети» $\bar{I}_1; O_0$) відповідає плата $R(\bar{I}_1; O_0)$, помилку "помилкової тривоги» $\bar{I}_0; O_0$) відповідає плата $\bar{R}(\bar{I}_1; O_0)$.

Вважаючи нульову ситуацію $(\bar{I}_0; \bar{I}_1)$ і $(O_0; O_1)$, знаходимо вираз для середнього ризику:

$$\bar{R} = R(\bar{O}_1; O_0) P(\bar{O}_1; O_0) + R(\bar{O}_0; O_1) P(\bar{O}_0; O_1) = R_{\tau} + R_{\tau}'' \quad (1.4)$$

Для переходу від випадкових подій до випадкових процесів необхідно в наведених вище формулах висловити ймовірність через відповідні функції часу. Зважаючи на відсутність в даний час даних щодо умовної ймовірності

передчасного та несвоєчасного відключень, виходимо з очевидних передумов для функції $P\left(\frac{\bar{Q}_0}{O_1}\right)$, полягають у тому, що при $\tau = 0$ і $\tau = \infty$ ця функція відповідно дорівнює 1 і 0. Цим умовам відповідає експонентна залежність:

$$P\left(\frac{\bar{Q}_0}{O_1}\right) = \alpha^{0-\alpha_0\tau} \quad (1.5)$$

Міркуючи аналогічним чином, знаходимо:

$$P\left(\frac{\bar{Q}_0}{O_1}\right) = 1 - \bar{\alpha}^{-\beta_0\tau}, \quad (1.6)$$

де α_0 і β_0 - статистичні коефіцієнти.

Беручи чисельні значення для плати за помилки:

$$R(\bar{O}_1; O_0) = L; \quad R(\bar{O}_0; O_1) = K \cdot L, \quad (1.7)$$

де K - ваговий коефіцієнт, що враховує співвідношення ризиків «помилкової тривоги» і «перепустки мети», отримуємо з урахуванням залежностей (1.2 – 1.7):

$$\bar{R}(\tau) = L(1 - P_B)e^{-\alpha_0\tau} + K \cdot L \cdot P_B \left(1 - e^{-\beta_0\tau}\right). \quad (1.8)$$

Параметр P_B може бути отриманий шляхом лінеаризації залежності $D_A \approx \dot{A} \left(\frac{\bar{N}}{v}\right)^2$ в околицях значень $v_{дон}$ и $C_{дон}$, відповідних кордоні між областями I і II на малюнку 1.7 (б)

При цьому:

$$\Delta P_B = P_B - P_{B \dot{A} \ddot{A} \ddot{v}} = \frac{\Delta \bar{N}^2 \dot{A} \ddot{A} \ddot{v}}{v^2 \dot{A} \ddot{A} \ddot{v}} \left(\frac{\Delta \bar{N}}{\bar{N} \dot{A} \ddot{A} \ddot{v}} + \frac{\Delta v}{v \dot{A} \ddot{A} \ddot{v}} \right).$$

Вважаючи $C_{дон} = 1\% \text{CH}_4$ и $V_{дон} = 1 \text{ м/с}$ і допускаючи згідно гіпотезі, що $P_{B \text{ доп}} = 0$, отримуємо кінчений результат:

$$P_B = \dot{A} \left[\Delta \bar{N} \Pi(\Delta \bar{N}) + \Delta v \Pi(\Delta v) \right], \quad (1.9).$$

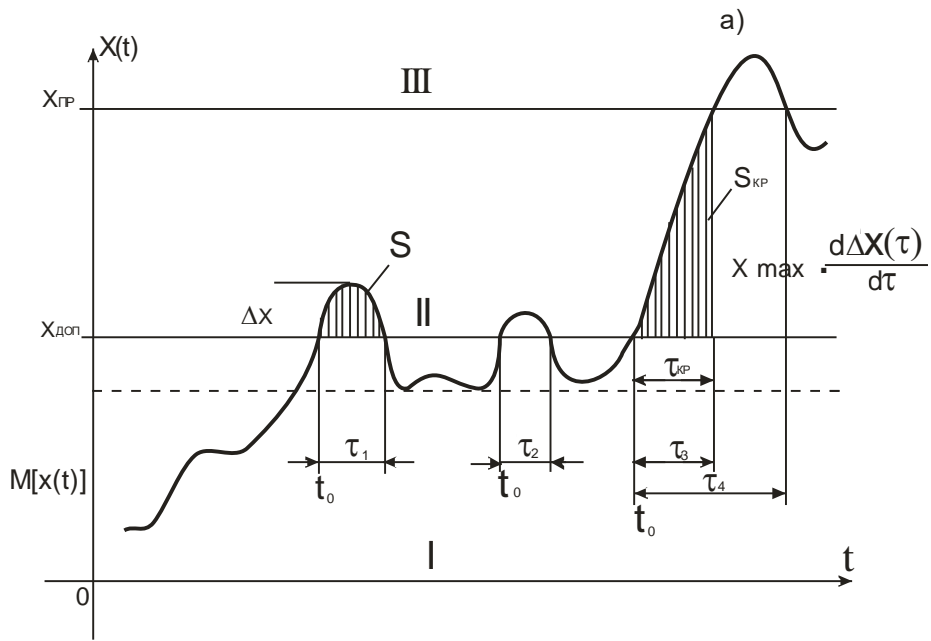
де $\Delta\bar{N} = \tilde{N}(t) - C_{\hat{A}\hat{I}\hat{I}}$;

$$\Delta v = v_{\hat{A}\hat{I}\hat{I}} - \bar{v}(t).$$

Вираз (1.9) являє собою досить простий алгоритм для підрахунку P_v , з якого випливає, що ця величина зростає із зростанням (понад допустиму межу $C_{\text{доп}}$) і з зменшенням (нижче допустимого порядку $V_{\text{доп}}$). Якщо $\bar{N} < C_{\text{доп}}$ и $\bar{v} > v_{\text{доп}}$, то величина $P_v = 0$, що відповідає прийнятій гіпотезі.

Мінімальне значення середнього ризику, підраховуємо з урахуванням (1.9) при конкретних значеннях окремих параметрів, може мати місце при $\tau_{\text{ср}} > 0$, незалежно від конкретного значення L , що впливає безпосередньо з формули (1.8).

Таким чином, показано, що існує оптимальний час $\tau_{\text{ср}}$ спрацьовування АГЗ з моменту появи відповідного сплеску $C(t)$ або $v(t)$, не залежне від абсолютної плати за ризик, а лише від вагового коефіцієнта L . З наведених міркувань випливає, що в якості шуканого критерію S може бути прийнята величина середнього ризику, а в якості критичного значення $S_{\text{кр}}$ - мінімум величини середнього ризику.



б)

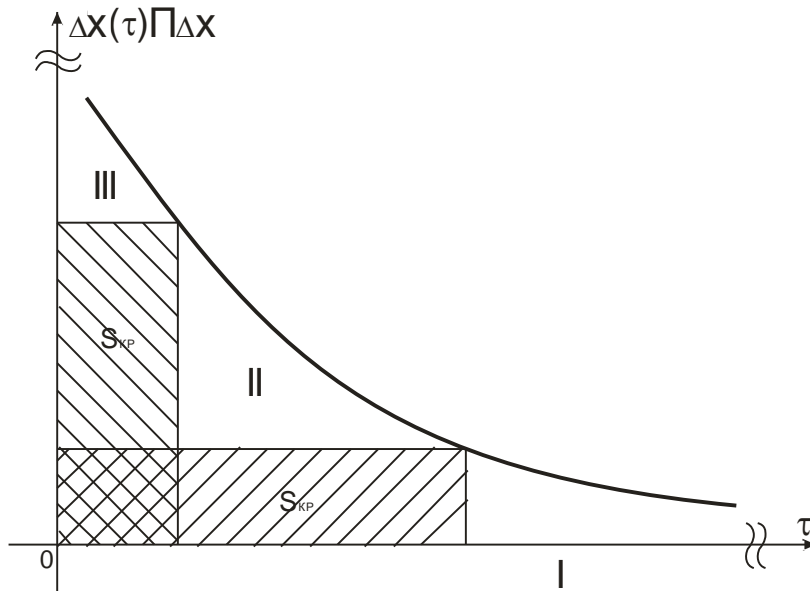


Рисунок 1.7 Реалізація випадкового процесу $X(t)$: I - область випадкових значень параметрів; II - те ж, але обмежено допустимих; III – неприпустимих

Використовуваний вище критерій середнього ризику прийнятний лише для умов не обслуговуваних, повністю автоматизованих вибоїв, в іншому випадку коефіцієнт K не може бути встановлений, бо людське життя не може бути оцінена в матеріальних і фінансових одиницях.

Для умов звичайних механізованих вибоїв з постійно присутнім персоналом доцільно застосовувати в якості індексу безпеки критерій постійного заданого ризику $R_{\tau}'' = R_{\text{зад}} = S$.

Вважаючи, що $\beta_0 \tau \ll 1$, і враховуючи, що добуток $\beta AKL = \text{const}$, тоді:

$$S = K [\Delta C \Pi(\Delta C) + \Delta v \Pi(\Delta v)] \tau$$

Отже, ризик пропорційний добутку величини відхилення контрольованого параметра від допустимого рівня (в підобласті II, малюнок 1.7) на відрізок часу, протягом якого це перевищення має місце, що відповідає прийнятій вище гіпотезі. Бо ж насправді ΔC і Δv є випадковими функціями часу, то остаточно, з урахуванням сказаного вище, можна вважати, що шуканий критерій визначається наступною залежністю:

$$S = K \int_0^{\tau} [\Delta C(\tau) \Pi(\Delta C) + \Delta v(\tau) \Pi(\Delta v)] d\tau. \quad (1.10)$$

Щоб уникнути значного ускладнення подальших досліджень, враховуючи, що як $C(t)$, так і $v(t)$ є випадковими функціями часу, а $C(t)$ є, крім того, складною функцією $v(t)$, будемо розглядати тільки процес $C(t)$ при $v(t) \geq V_{\text{доп}}$, вважаючи, що отримані результати можуть бути поширені і на параметр $v(t)$; при технічному ж здійсненні системи контролю з підвищеною вірогідністю спрацьовувань слід виходити із залежності (1.10) з метою підвищення безпеки праці порівняно зі звичайною АГЗ, що не реагує на зміну швидкості повітря.

Висновок: таким чином, представлений метод розрахунку об'єктивного критерію, за допомогою якого стало можливо оптимізувати режими роботи АГЗ («відключати» або «не відключати» електроенергію), зменшуючи при цьому матеріальні втрати.

РОЗДІЛ II

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

2.1 Розробка математичної моделі системи автоматизованого контролю параметрів копальневої атмосфери

Умови утворення метновоздушного середовища у виробках вугільних шахт, небезпечних по газу, носять імовірнісний характер і залежать від кількості метану, що виділяється з вуглепородного масиву і гірської маси, яка транспортується. Утворення вибухонебезпечної концентрації змінюється в широких межах.

Тому необхідні безперервний контроль стану копальневої атмосфери і своєчасне вживання заходів по виключенню утворення іскор в потенційно небезпечних по виділенню газу і можливому іскрінню зонах.

Оцінка загальної небезпеки появи вибухонебезпечної ситуації може бути представлена функціоналом:

$$P_B = f(P_{M3}; P_{MT}; P_{MВП}; P_{МС}; P_{пк}; P_{ію}; P_{іф}; P_{іт}; P_{ісз}; P_n), \quad (2.1)$$

де P_{M3} – ймовірність виділення метану в небезпечних концентраціях з видобутого вугілля;

P_{MT} – ймовірність виділення метану з вугілля, яке транспортується;

$P_{MВП}$ – ймовірність виділення метану з вміщуючих порід;

$P_{МС}$ – ймовірність виділення метану з суфлярів;

$P_{пк}$ – ймовірність пошкодження кабелів;

$P_{ію}$ – ймовірність пошкодження вибухонепроникних оболонок;

$P_{i\phi}$ – імовірність фрикційного іскріння;

P_{it} – ймовірність теплового нагрівання;

P_{ic3} – ймовірність появи статичної електрики;

P_{Π} – імовірність зниження швидкості повітря, що призводить до недостатньої швидкості розрядження метану до безпечної концентрації.

У реальних умовах виділення небезпечної кількості метану в загальному випадку визначається сумою ймовірностей:

$$P_M = P_{M3} + P_{MT} + P_{MC}, (2.2)$$

отже, необхідно враховувати, що сумарна ймовірність виділення метану у вибухонебезпечних концентраціях може досягати високих значень [24].

Кількість метану G_T у виробці визначається:

$$G_m = \varphi[q(\Theta, x_m)Q_n], (2.1)$$

де $q(\Theta, x_m)$ – погонне абсолютне газовиділення як функція довжини тупикової виробки та тривалості загазованості, $m^3/m \cdot c$;

x_m – довжина тупикової виробки;

Q_{Π} – чисте повітря, що подається в тупикову виробку.

При незмінному значенні Q_{Π} залежність G_T , яка відраховується з моменту початку разгазування, відтворює в певному масштабі функцію $q(x_m)|_{\Theta = \Theta_0}$.

При певних допущеннях можна вважати, що усереднення по перетину тупикової виробки значення концентрації метану в функції її довжини x_T відтворює в певному масштабі залежність $q(x_m)|_{\Theta = \Theta_0}$.

На рисунку 2.1 наводяться експериментальні криві $G_T = f(x_m)|_{\Theta = \Theta_0}$. Криві показують розподіл концентрації метану по довжині тупикової виробки при різній тривалості Θ загазування.

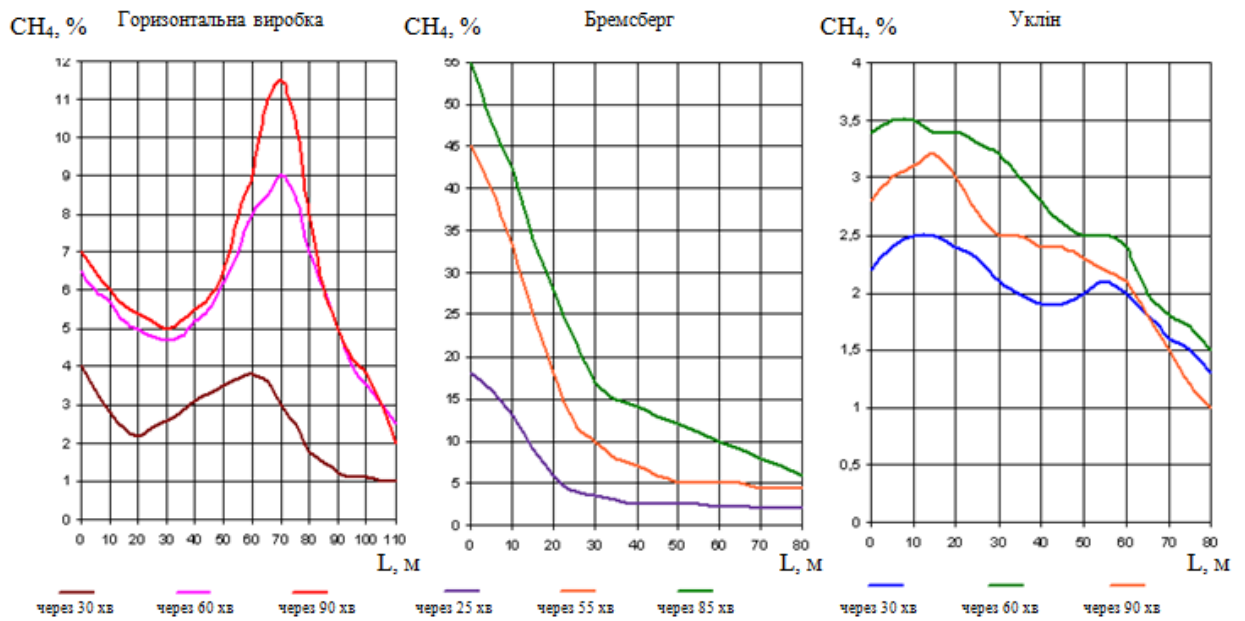


Рисунок 2.1 – Експериментальні криві $G_T = f(x_m)|_{\Theta = \Theta_0}$.

З аналізу кривих випливає, що концентрація метану збільшується від устя виробки до забою. Найбільш високий градієнт зміни концентрації $df(x_T) / dx_T$ має місце в виробках, які повстають, найменший – в похилих виробках. Окремі сплески кривої свідчать про наявність місцевого зсуфлярного виділення в районі того перерізу виробки, якому відповідає максимум сплеску кривої $f(x)$ [27].

На рисунку 2.2 наведена структурна схема системи аерогазового контролю.



Рисунок 2.2 – Структурна схема системи аерогазового контролю.

На рисунку 2.2 використані наступні позначення:

КПТУ – комплекс управління та діагностики для прохідницької техніки уніфікований;

АУК.1М – апаратура автоматизованого управління конвеєра;

ВМП – вентилятор місцевого провітрювання;

АКТВ – апаратура контролю провітрювання тупикових виробок;

АТ1.1 – аналізатор метану;

“Вітер-1М” – апаратура телекерування і телесигналізації;

КАГІ – комплекс аерогазовий інформаційний;

ПРТВ – розроблений пристрій розгазування тупикових виробок.

Система автоматизації реалізована як людино-машинна система з оптимальним співвідношенням функцій, які виконуються автоматично і функціями, які виконуються експлуатаційним персоналом.

Процес провітрювання здійснюється в автоматичному режимі за допомогою апаратури АКТВ. Всі необхідні сигнали про роботу системи надходять на пульт гірничого диспетчера. У разі небезпечних і аварійних ситуацій диспетчер приймає рішення з управління процесом провітрювання [2].

Відключення апаратури в разі перевищення допустимої концентрації метану в атмосфері тупикової виробки здійснюється аналізатором метану АТ1.1 []. Машиніст проходки здійснює управління КПТУ і АУК.1М.

На жидкокристалічному дисплеї пристрою ПРТВ відображається інформація про концентрацію метану і загазування виробки. Керуючий сигнал з пристрою ПРТВ впливає на виконавчий механізм, який відкриває або закриває шибері повітряних патрубків [41].

Блок-схема алгоритму управління системи аерогазового контролю наведена на рисунку 2.3.

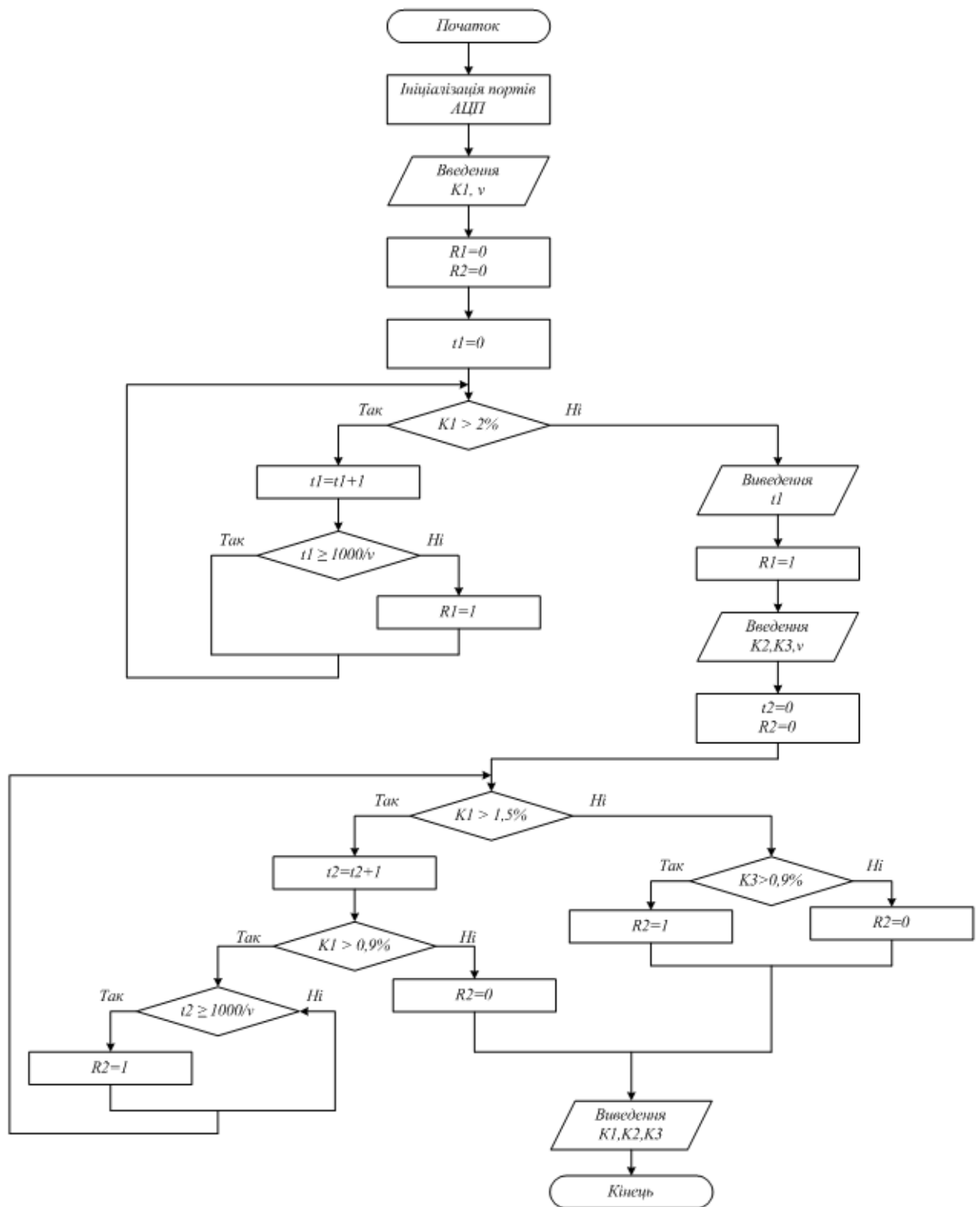


Рисунок 2.3.Блок-схема алгоритму управління системи аерогазового контролю

На першому етапі відбувається ініціалізація портів АЦП. Далі програма задає положення шиберів R1 і R2 – спочатку про обидва шибера закриті.

При перевищенні 2 % концентрації метану на датчику K1 в кінці тупикової виробки починається відлік часу до відкриття шибера R1. Якщо виміряна кількість часу буде більше, ніж розрахований час, то подається керуючий сигнал на відкриття шибера R1. В іншому випадку, шибер не відкривається, тому що робиться висновок, що метанова хмара ще не досягла повітряного патрубка 1 (шибера R1) і відкриття шибера недоцільно.

Як тільки концентрація метану на датчику K1 знизиться і буде менше 2 %, починається опитування датчика метану K2, при цьому спочатку шибер R2 є закритим.

Якщо концентрація метану на датчику K2 перевищує 1,5 % концентрацію, то починається відлік часу до відкриття шибера R2. Далі опитується датчик метану K3. Якщо концентрація метану на датчику K3 буде більше, ніж 0,9 %, то перевіряється час до відкриття шибера R2.

Якщо виміряна кількість часу буде більше, ніж розрахований час, то подається керуючий сигнал на відкриття шибера R2. В іншому випадку, шибер не відкривається, тому що робиться висновок, що метанова хмара ще не досягла повітряного патрубка 2 (шибера R2) і відкриття шибера недоцільно. Шибер R2 не відкривається також в разі, якщо концентрація метану на датчику K3 менше 0,9 %. Тому що на виході тупикової виробки ми маємо допустиму концентрацію метану у вихідному струмені.

В іншому випадку, якщо концентрація метану на датчику K2 буде менше 1,5 %, перевіряється необхідність відкриття шибера R2. Якщо на датчику метану K3 концентрація метану перевищує 0,9 %, то негайно відкривається шибер R2, а якщо концентрація не перевищує 0,9 %, то шибер залишається закритим. Його відкриття недоцільно, тому що концентрація метану в атмосфері виробки не перевищує допустиму норму концентрації метану у вихідному струмені.

Після цього виводяться концентрації трьох датчиків метану на ЖК-дисплей.

На рисунку 2.4 представлена структурна схема системи аерогазового контролю.

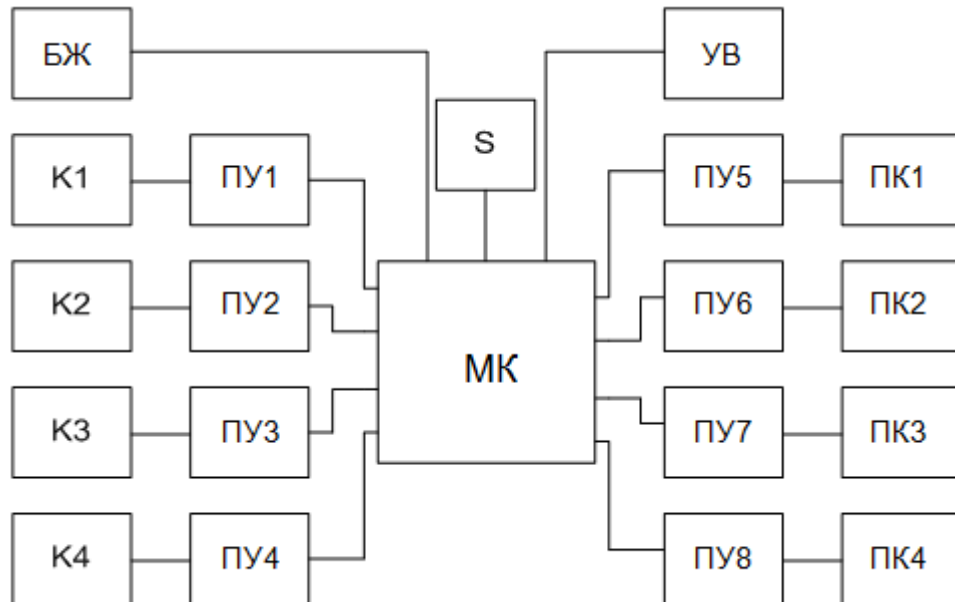


Рисунок 2.4 – Структурна схема системи аерогазового контролю.

На рисунку 2.4 прийняті наступні позначення:

К1, К2, К3 – датчики контролю метану;

К4 – датчик швидкості повітря;

ПУ1-4 – пристрій узгодження для аналогових датчиків;

ПУ5-8 – пристрій узгодження для дискретних датчиків;

S – кнопка скидання;

ПК1-4 – пристрій керування

МК – мікроконтролер;

УВ – пристрій відображення інформації;

БЖ – блок живлення.

Блок живлення БЖ служить для живлення мікроконтролера МК.

З датчиків контролю метану К1, ..., К3 через пристрої узгодження ПУ1, ..., ПУ3 надходить інформація про концентрацію метану в різних ділянках виробки, далі ця інформація за певним алгоритмом обробляється в

мікроконтролері МК і через ПУ4, ..., ПУ8 видаються сигнали керування на ПК1, ..., ПК4 для закриття або відкриття шиберів повітряних патрубків.

Кнопка S необхідна для скидання пристрою до первісного стану в разі програмної або іншої помилок.

УВ служить для відображення концентрацій метану у виробці.

Датчик швидкості повітря К4 з пристроєм узгодження ПУ4 служить для визначення часу підходу метанової хмари до шибера повітряного патрубка.

Пристрої узгодження ПУ служать для гальванічної розв'язки іскробезпечних зовнішніх кіл (датчиків) з іскробезпечними внутрішніми ланцюгами мікроконтролера, цим забезпечується іскробезпека пристрою в цілому, що є важливим для його роботи в підземних умовах шахти.

Для вугільної промисловості з її особливо важкими умовами роботи підвищення безпеки праці є найбільш актуальною задачею. Вирішення цієї задачі досягається вдосконаленням технологій ведення та організації гірничих робіт, механізацією виробничих процесів, використанням об'єктивного контролю стану гірничого масиву, устаткування і навколишнього середовища [24].

Розробка системи автоматизованої системи контролю параметрів копальневої атмосфери здійснює контроль і недопущення небезпечної концентрації метану, забезпечує безпечні умови ведення гірничих робіт.

2.2 Математичні моделі основних параметрів контрольованих в шахтній атмосфері

Шахтна атмосфера включає в себе безліч параметрів. Одним з найважливіших контрольованих параметрів є контроль метану, CO₂, CO, контроль провітрювання, вологості, контроль процесу кондиціонування рудникового повітря.

2.2.1 Математична модель розповсюдження метану в тупиковій виробці

Основна особливість тупикових (підготовчих) виробок - підвищена ймовірність їх загазування і, отже, утворення вибухової метано-повітряної середовища. У зв'язку з підвищенням навантаження на очисні вибої у вугільних шахтах збільшуються темпи проведення і протяжність підготовчих виробок в умовах наростаючої метанообільності та запилення гірничих виробок [16].

Розробка математичної моделі розповсюдження метану в тупиковій виробці шахти повинна враховувати динаміку зміни концентрації метану в тупиковій виробці, а також визначати параметри концентрації метану в будь-якій точці вироблення. Реалізація такої математичної моделі дозволить провести аналіз режимів роботи апаратури газового контролю з точки зору ефективності та надійності, виявляти особливості протікання небезпечних газодинамічних процесів, що призводять до вибухів метаноповітряної суміші.

Вихідним рівнянням описує зміну концентрації метану у виробці є:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + U \frac{\partial C}{\partial x} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}, (2.3.1)$$

де: C - концентрація метану, %;

U - середня швидкість руху повітря по виробці, м / с;

D - коефіцієнт турбулентної дифузії;

t - час;

x - відстань від грудей вибою до відповідної точки виробки.

Провітрювання вироблення відбувається під дією турбулентної дифузії.

[8]. При цьому зміна концентрації відбувається відповідно до виразу:

$$C(t, 0) = C_0 e^{-kUt}, (2.3.2)$$

де: C_0 - початкова концентрація метану;

k - коефіцієнт корисної дії (0,1-0,9).

Початковою умовою буде:

$$C(0, x) = 0, (2.3.3)$$

При положенні граничного умови:

$$C(t, 0) = C_0 e^{-kUt}, (2.3.4)$$

Для рішення рівняння (2.3.1) методом заміщення зробимо заміну:

$$C = Z e^{px+gt}, (2.3.5)$$

де: Z - шукана функція що залежить від t і x , а p і g деякі постійні величини.

Використовуючи заміну (2.3.5) визначимо приватні похідні: $\frac{\partial C}{\partial t}; \frac{\partial C}{\partial x}; \frac{\partial}{\partial x}$

і підставивши їх у рівняння (2.3.1) після проміжних перетворень отримуємо:

$$\frac{\partial Z}{\partial t} = D \frac{\partial^2 Z}{\partial x^2} + (2Dp - U) \frac{\partial Z}{\partial x} + (Dp^2 - gUp)Z, (2.3.6)$$

З рівняння (2.3.6) складемо характеристичні рівняння:

$$\begin{cases} 2Dp - U = 0 \\ Dp^2 - gUp = 0 \end{cases}$$

Рішенням якого буде:

$$p = \frac{U}{2D}, g = -\frac{U^2}{4D}, (2.3.7)$$

Після підстановки (2.3.7) в (2.3.6) отримуємо:

$$\frac{\partial Z}{\partial t} = D \frac{\partial^2 Z}{\partial x^2}, (2.3.8)$$

Використовуємо заміну (2.3.5) з урахуванням (2.3.7) отримуємо:

$$z(t, x) = c(t, x) e^{-\frac{Ux}{2D} + \frac{U^2 t}{4D}}, (2.3.9)$$

Для функції (2.3.8) визначаємо початкові і граничні умови:

$$z|_{t=0} = 0; z|_{x=0} = c_0 e^{\left(\frac{U^2}{4D} - Uk\right)t}, (2.3.10)$$

При цьому рішення рівняння (2.3.8) має вигляд (2.3.3):

$$z(t, x) = \frac{x}{2\sqrt{\pi D}} \int_0^t \frac{\varphi(\tau)}{(t-\tau)^{3/2}} e^{-\frac{x^2}{4D(t-\tau)}} d\tau, (2.3.11)$$

Для початкових умов (2.3.10) отримуємо:

$$\varphi(\tau) = c_0 e^{\left(\frac{U^2}{4D} - Uk\right)\tau}$$

Тоді рівняння (2.3.11) остаточно прийме вигляд:

$$z(t, x) = \frac{C_0 x}{2\sqrt{\pi D}} \int_0^t e^{-\frac{x^2}{4D(t-\tau)} + \left(\frac{U^2}{4D} - Uk\right)\tau} \cdot \frac{d\tau}{(t-\tau)^{\frac{3}{2}}}, (2.3.12)$$

Для переходу від функції $z(t, x)$ до $c(t, x)$ використовуючи (2.3.9) отримуємо зміну концентрації потоку в просторі та часі:

$$c(t, x) = \frac{z(t, x)}{e^{-\frac{Ux}{2D} - \frac{U^2 t}{4D}}}, (2.3.13)$$

Чисельне рішення рівняння (2.3.12) зробимо в середовищі MathCad. Для вихідних даних: $S = 10 \text{ м}^2$ - перетин тупикової виробки, $\Pi = 6 \text{ м}$ - периметр вироблення, $U = 14 \text{ м / с}$ - швидкість повітря у виробці, $k = 0,3$ коефіцієнт корисної дії повітряного струменя. Результати розрахунку зміни концентрації метану наведено на рис. 2.5. [1].

об % CH_4

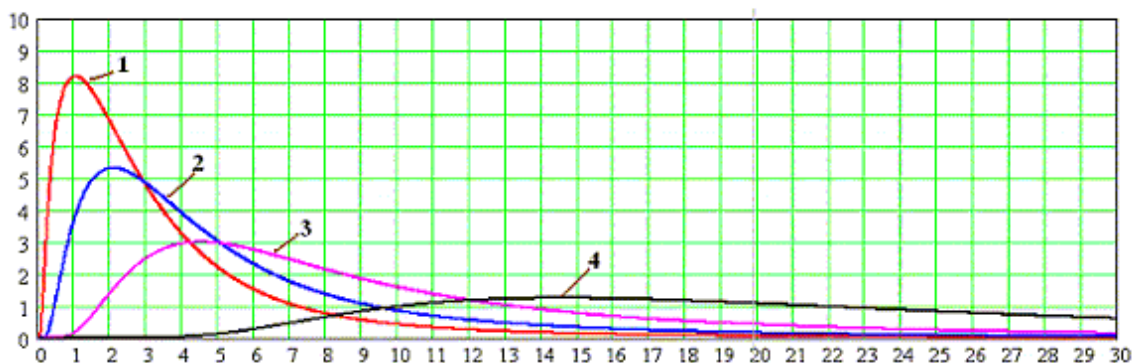


Рисунок 2.5 - Динаміка концентрації метану в тупиковій виробці. 1- $C(t)$, при $x = 5 \text{ м}$; 2- $C(t)$, при $x = 10 \text{ м}$; 3- $C(t)$, при $x = 20 \text{ м}$; 4- $C(t)$, при $x = 50 \text{ м}$;

З отриманих розрахунків залежності швидкості наростання і розповсюдження концентрації метану (рис.2.6 і рис.2.7)

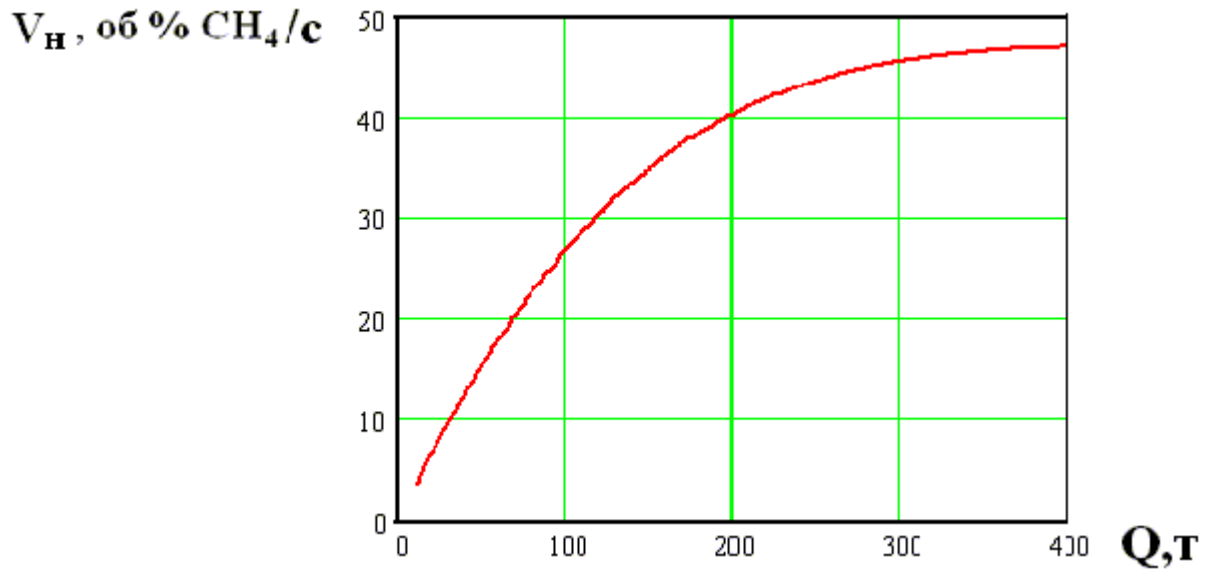


Рисунок 2.6 - Швидкість наростання концентрації метану в тупиковій виробці.

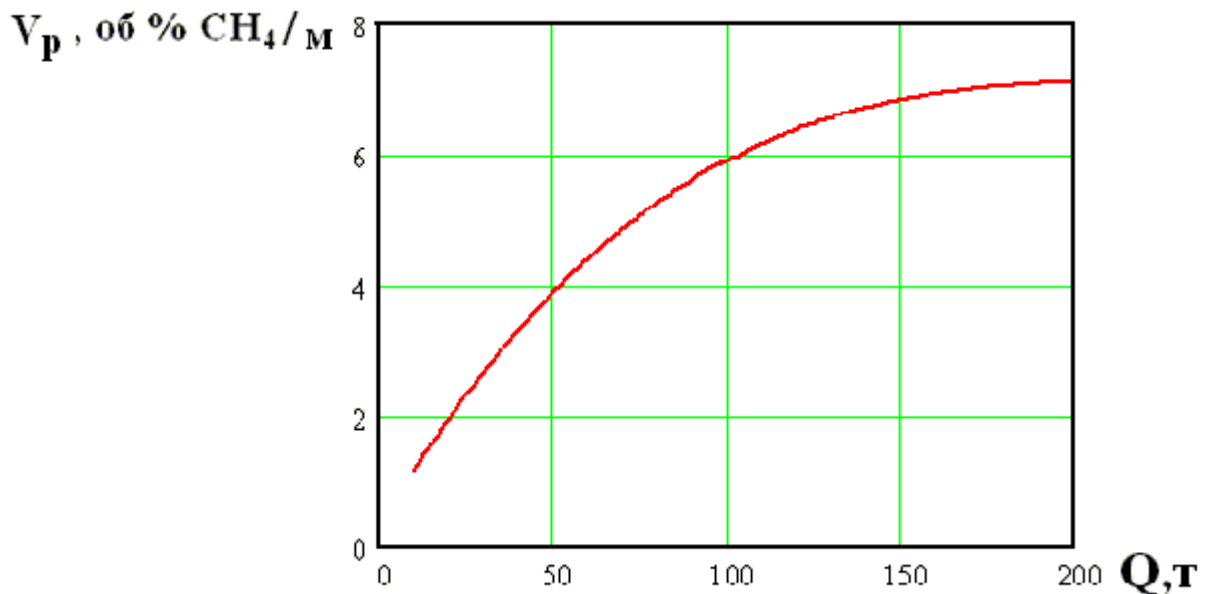


Рисунок 2.7 - Швидкість поширення концентрації метану в тупиковій виробці від кількості викинутого вугілля при раптовому викиді

Дана математична модель розповсюдження метану в тупиковій виробці шахти, дозволяє визначати розподіл концентрації метану по довжині виробки, її зміну в часі, швидкості наростання і розповсюдження концентрації метану.

2.2.2 Математичні моделі елементів шахтної вентиляційної мережі

Основними елементами шахтної вентиляційної мережі (ШВС) є вироблення: вентиляційний, відкаточних штрек і, лава, підготовчі та тупикові виробки. При моделюванні ШВС представляється орієнтованим графом, що складається з гілок (виробок) і вузлів (місць комутації виробок один з одним).

У загальному випадку математична модель вироблення являє собою систему з розподіленими параметрами. Але для спрощення моделі з достатньою для практики точністю можливо використовувати схеми з зосередженими параметрами, в яких кожен елемент ланцюга - чотириполіусник, математична модель якого представляє собою прості диференціальні рівняння.

Для забезпечення мінімальної складності моделі з достатньою для практики точністю одним чотириполіусником відображається ділянка вироблення завдовжки до 400м. Експериментально доведено, що вибір типу чотириполіусника не робить істотного впливу на точність моделі і вибирається тільки з умови зручності його комутації з іншими елементами ланцюга [24].

Найбільш проста схема-схема Г-чотириполіусника показана на рис.2.8

У схемі заміщення враховується інерційність повітряного потоку (L), стисливість повітря (C) і опір виробітку (R).

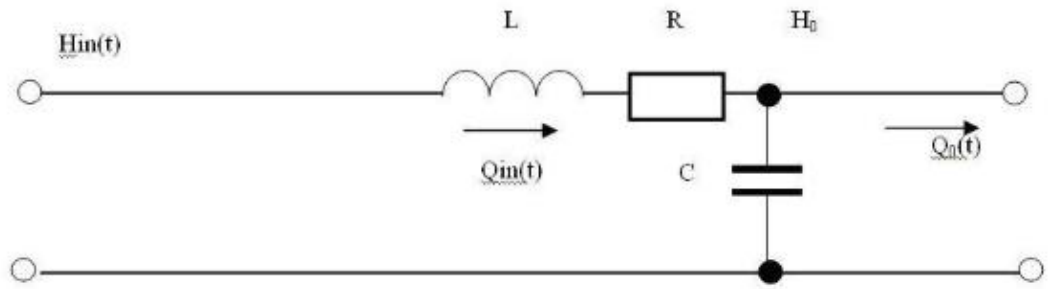


Рисунок 2.8 Електрогідравлічна схема заміщення відрізка вироблення Г-чотириполюсником, враховує інерційність, стисливість і аеродинамічний опір відрізка вироблення

Математична модель для одного Г-чотириполюсника (рис.2.9) визначається співвідношеннями:

$$L \frac{dQ_{in}}{dt} + RQ_{in}|Q_{in}| = H_{in} - H_0$$

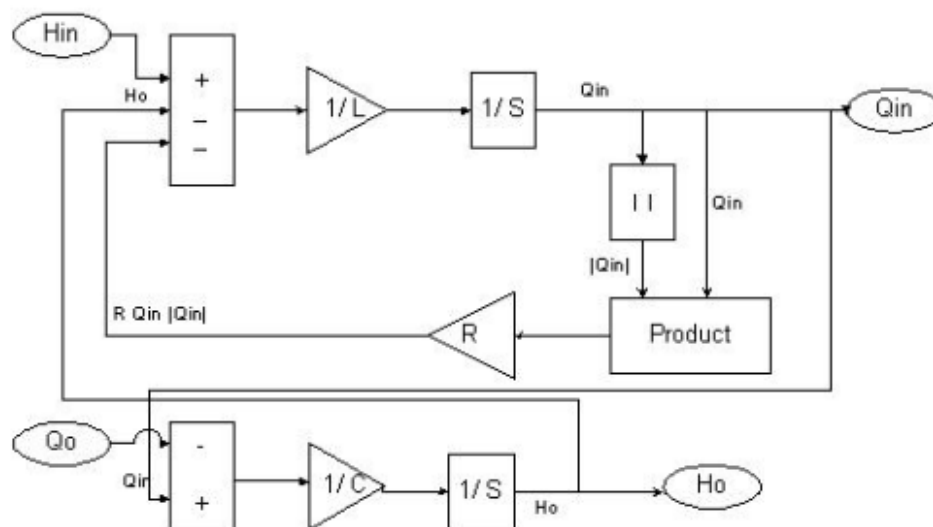
$$C \frac{dH_0}{dt} = Q_{in} - Q_0$$

Для зручності побудови схеми моделювання представимо рівняння у вигляді:

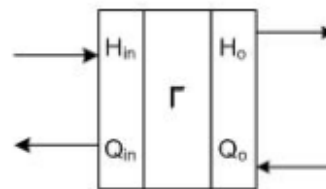
$$Q_{in} = \frac{1}{L} \int (H_{in} - H_0 - RQ_{in}|Q_{in}|) dt$$

$$H_0 = \frac{1}{C} \int (Q_{in} - Q_0) dt$$

Тоді схема вирішального блоку, що реалізує математичну модель чотириполюсника, і його умовне позначення будуть мати вигляд, показаний на рис.2.9



а)



б)

Рисунок 2.9-Схема вирішальних елементів одного Γ -чотириполюсника (а) і інтерфейс блоку по входу і виходу (б)

Вхідними параметрами блоку є напір на вході цепочечного ділянки (H_{in}) і витрата повітря в навантаженні блоку (Q_o). При роботі блоку формується напір у навантаженні цепочечного ділянки (A_{le}) і значення витрати повітря на вході блоку (Q_{in}) (рис.2.9, б). У загальному випадку для моделювання довгих виробок (гілки) використовуються цепочечні схеми Γ -чотириполюсників (рис.2.10, а). Комутаційна схема на основі двох чотириполюсників показана на рис.2.10, б.

При моделюванні вузлів ШВС, тобто місць комутації виробок один з одним, будемо розрізняти розгалужується вузли (місця, де вихід однієї

виробки є початком декількох виробок (рис. 2.10, б) і підсумовуючі вузли (місця, де виходи декількох виробок є входом однієї виробки (рис.2.11, а).

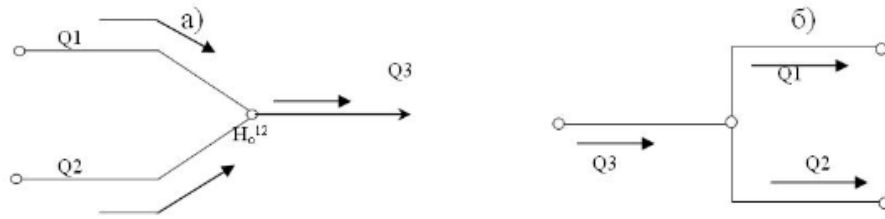


Рисунок 2.10 - Сумуючий (а) і розгалужуючий (б) вузли

На рис.2.11 наведена електрогідралічна схема заміщення (а), модель (б) і позначення блоку розгалужується вузла. Вхідним і параметрами цього вузла є вхідний натиск і витрати повітря на вході двох гілок, а на виході блоку формується значення витрати повітря і значення напорів на вході кожної виробки - гілки.

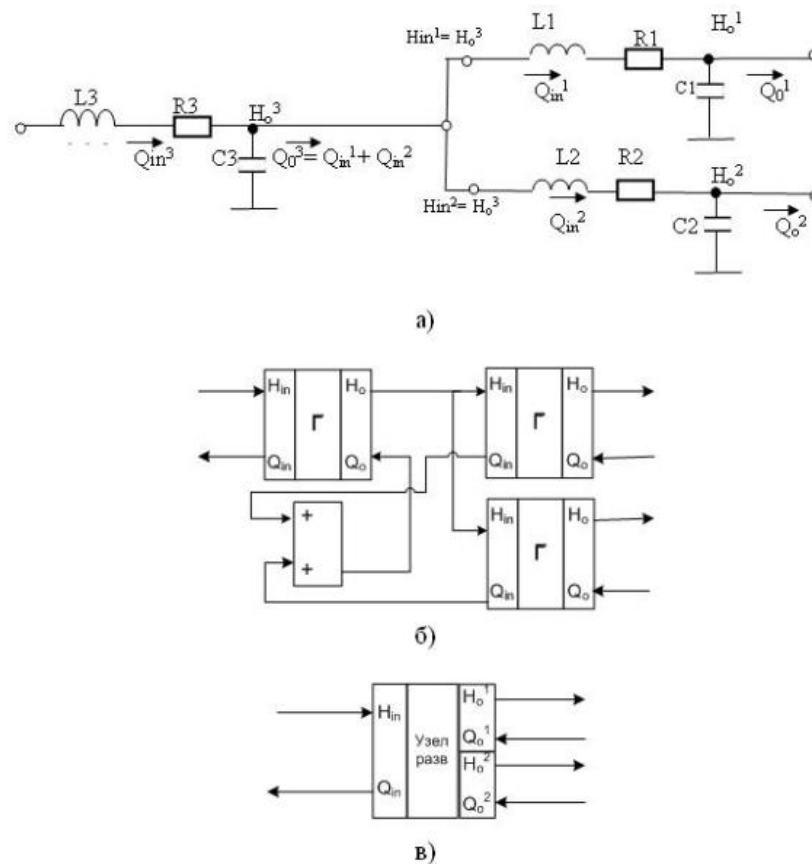


Рисунок 2.11-Електрогідралічна схема заміщення (а), комутаційна схема блоку (б) і умовне позначення блоку (в) розветвляючого вузла

Електрогідравлічна схема заміщення підсумовуючого вузла наведена на рис.2.12. Для зручності моделювання перетворимо цю схему таким чином, як це показано на рис.2.13

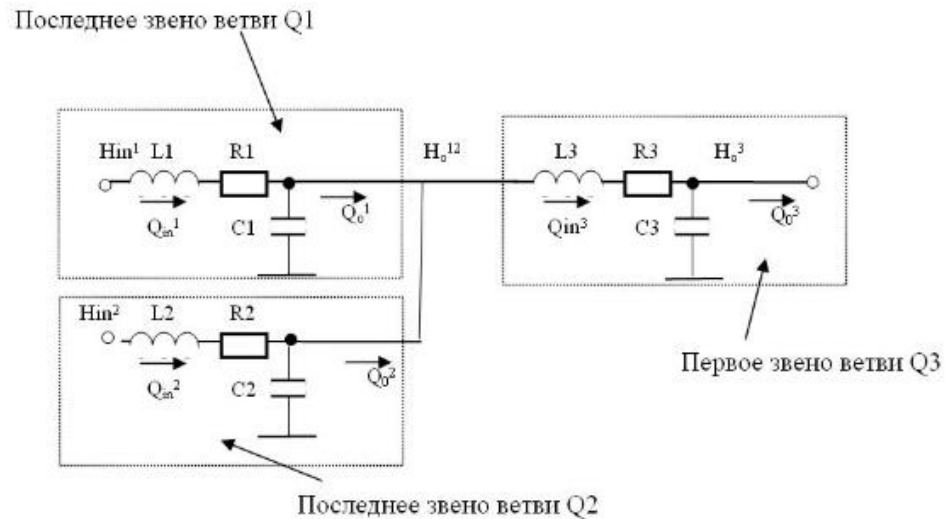


Рисунок 2.12-Електрична схема підсумовуючого вузла

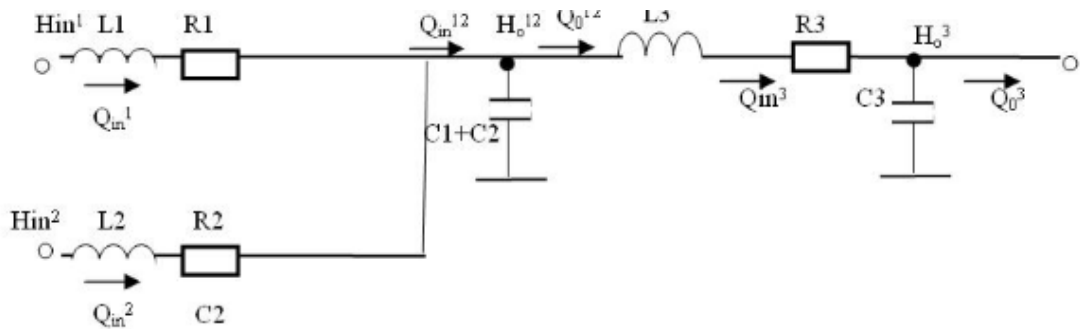


Рисунок 2.13-Еквівалентна схема підсумовуючого вузла

На рис. 2.14 наведена структура блоку підсумовуючого вузла (БСУ) (а) і його позначення (б). Вхідними параметрами блоку є вхідні напори двох гілок і витрата повітря на виході двох гілок, а на виході блоку видається початкове значення витрат повітря для кожної гілки і сумарне значення напору.

Блок «Qc» на рис.2.14 є загальним ланкою гілок 1 і 2. Його математична модель представлена співвідношенням:

$$(C_1 + C_2) \frac{dH_0}{dt} = Q_{in 1} + Q_{in 2} - Q_0$$

Модель, відповідна цьому опису наведена на рис.2.15.
 Електрична схема блоку « $\frac{1}{2} \Gamma$ » і схема його моделі показані на рис.2.16.
 Його математична модель визначається співвідношеннями:

$$L_1 \frac{dQ_{in}^1}{dt} + R_1 Q_{in}^1 |Q_{in}^1| = H_{in}^1 - H_0$$

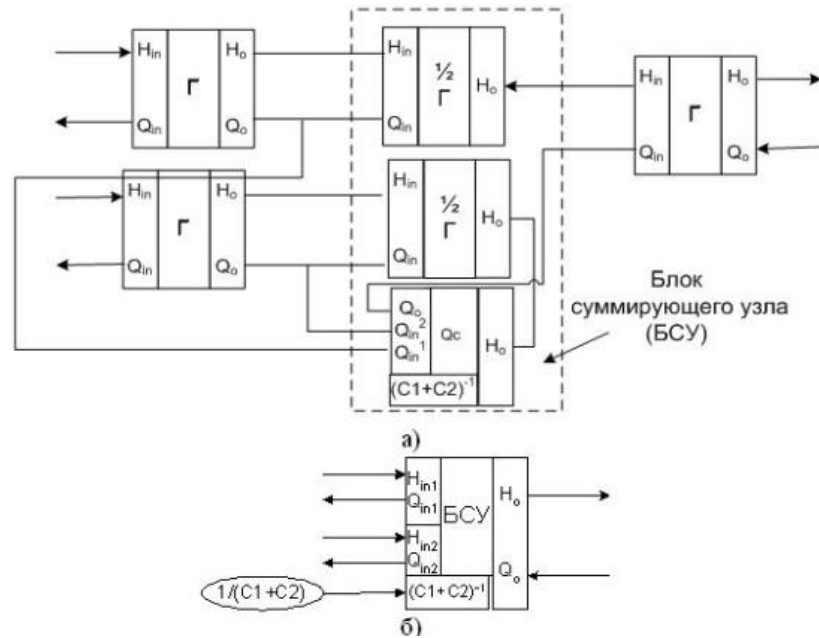


Рисунок 2.14-Структура (а) і позначення (б) блоку підсумовуючого вузла

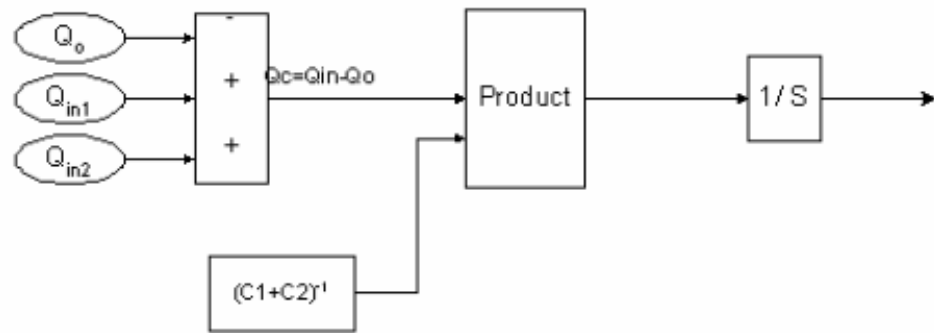


Рисунок 2.15-Аналогова схема вузла

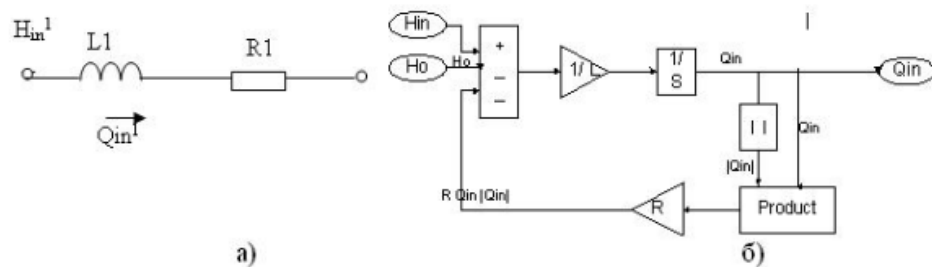


Рисунок 2.16-Електрична (а) і аналогова схема блоку « $\frac{1}{2} \Gamma$ »

2.3 Узагальнена автоматизована система контролю параметрів копальневої атмосфери

Розробка та побудова автоматизованої системи контролю параметрів копальневої атмосфери підпорядковується загальноприйнятим правилам побудови автоматизованих систем контролю [39].

Мета створення автоматизованої системи контролю копальневої атмосфери полягає:

- у забезпеченні можливості організації безперервного автоматизованого контролю, аналізу та оцінки інформації про концентрації цих параметрів в режимі реального часу;
- організації надання оперативної і достовірної інформації щодо джерел і чинників небезпеки в першу чергу для керівництва підприємств (шахт), а також контролюючих органів, органів державного управління, місцевого самоврядування та громадськості.

Основні завдання автоматизованої системи контролю параметрів копальневої атмосфери полягає в:

- розвиток і удосконалення контролю параметрів копальневої атмосфери через реєстрацію параметрів, які контролюються і своєчасне оповіщення про випадки перевищень нормованих значень вмісту забруднень у викидах і скидах;
- здійснення локального моніторингу впливу небезпечних газів на стан копальневої атмосфери;
- забезпечення потреб керівництва підприємств та органів державного контролю та управління, місцевого самоврядування та громадськості в оперативній і достовірній інформації, необхідній для прийняття обґрунтованих рішень щодо прийняття управлінських рішень та збереження безпеки життя робітників.

Типовими функціями автоматизованої системи контролю параметрів копальневої атмосфери є:

- виконання вимірювань вмісту параметрів CH_4 , CO , O_2 у рудниковому повітрі;
- реєстрація результатів вимірювань вмісту CH_4 , CO , O_2 ;
- здійснення аналітичної функції порівняння результатів вимірювань вмісту CH_4 , CO , O_2 до встановлених нормативів;
- усереднення результатів вимірювання за встановлений проміжок часу;
- оперативне оповіщення оператора системи щодо виявлених випадків перевищення результатів вимірювань до встановлених нормативів за заданими критеріями;
- функціональний контроль робочих параметрів і забезпечення збереження даних.

На рисунку 2.17 приведена блок схема система контролю параметрів.

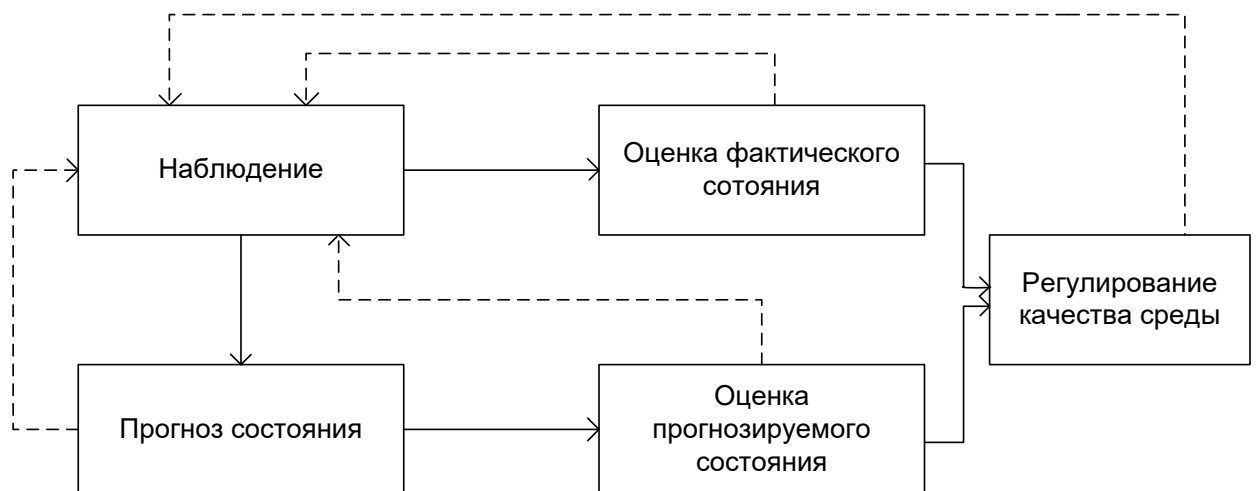


Рисунок 2.17 Блок схема системи контролю параметрів

Типова структура автоматизованої системи контролю параметрів стану копальної атмосфери включає:

- комплекс аналізаторів і сигналізаторів;
- приймально-контрольна апаратура;
- пункти контролю та моніторингу.

Комплекс аналізаторів і сигналізаторів складається з технологічних датчиків, які контролюють певні параметри навколишнього середовища, і пристроїв видачі даних вимірювань на пункт контролю та моніторингу.

Аналізатори та сигналізатори системи встановлюються і використовуються окремо від аналогічних датчиків інших систем контролю, які функціонують на даній території. Це не виключає існування інших систем контролю [29].

Приймально-контрольна апаратура складається зі спеціальних пристроїв, які виконують функції прийняття та передачі інформації від аналізаторів і сигналізаторів.

Пункт контролю та моніторингу є спеціальним приміщенням, в якому розташований комплекс комунікаційних та програмно-технічних засобів.

Висновки:

Контроль копального повітря – це одна з важливих задач при проектуванні автоматизованої системи копального повітря. Необхідний контроль концентрації газів: CH_4 , CO , CO_2 , а також контроль провітрювання.

Для побудови автоматизованої системи контролю копального повітря необхідно використовувати основні принципи побудови систем та користуватися узагальненою схемою контролю.

РОЗДІЛ ІІІ

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Широке поширення і високий рівень розвитку обчислювальної техніки та інформаційних технологій в сучасному суспільстві дозволяє автоматизувати виконання ряду завдань у вугільній галузі. Застосування інформаційних технологій дозволяє скоротити час і трудомісткість виконання конкретного завдання за рахунок автоматизації обчислювальних процесів, часто повторюваних операцій та іншої рутинної роботи. Проблема контролю стан копальної атмосфери в даний час стає все більш актуальною.

Сучасна електроніка дозволяє створювати компактні автономні пристрої збору інформації. Ці пристрої тривалий час можуть працювати без втручання людини, фіксуючи цілий ряд параметрів, що характеризують стан копальної атмосфери. Сучасні канали передачі інформації дозволяють зв'язати пристрої збору інформації в єдину мережу. При цьому канали передачі можуть бути різними: провідна лінія зв'язку, телефонна лінія, радіоканал, мережу Internet. Розміщення точок збору інформації про стан копальної атмосфери дає можливість забезпечувати безперервність спостереження за концентрацією метану, провітрюванням та іншими важливими параметрами.

3.1 Проектування і розробка автоматизованої системи контролю параметрів копальної атмосфери.

Проектуєма система призначена для безперервного вимірювання параметрів стану промислових та гірничо-технологічних об'єктів (ГТО), а

саме параметрів шахтної атмосфери і мікроклімату, стан гірського масиву, стану основного і допоміжного технологічного обладнання, передачі інформації на диспетчерський пункт, її обробки і відображення. На рисунку 3.1 зображена розроблена система контролю параметрів копальної атмосфери.

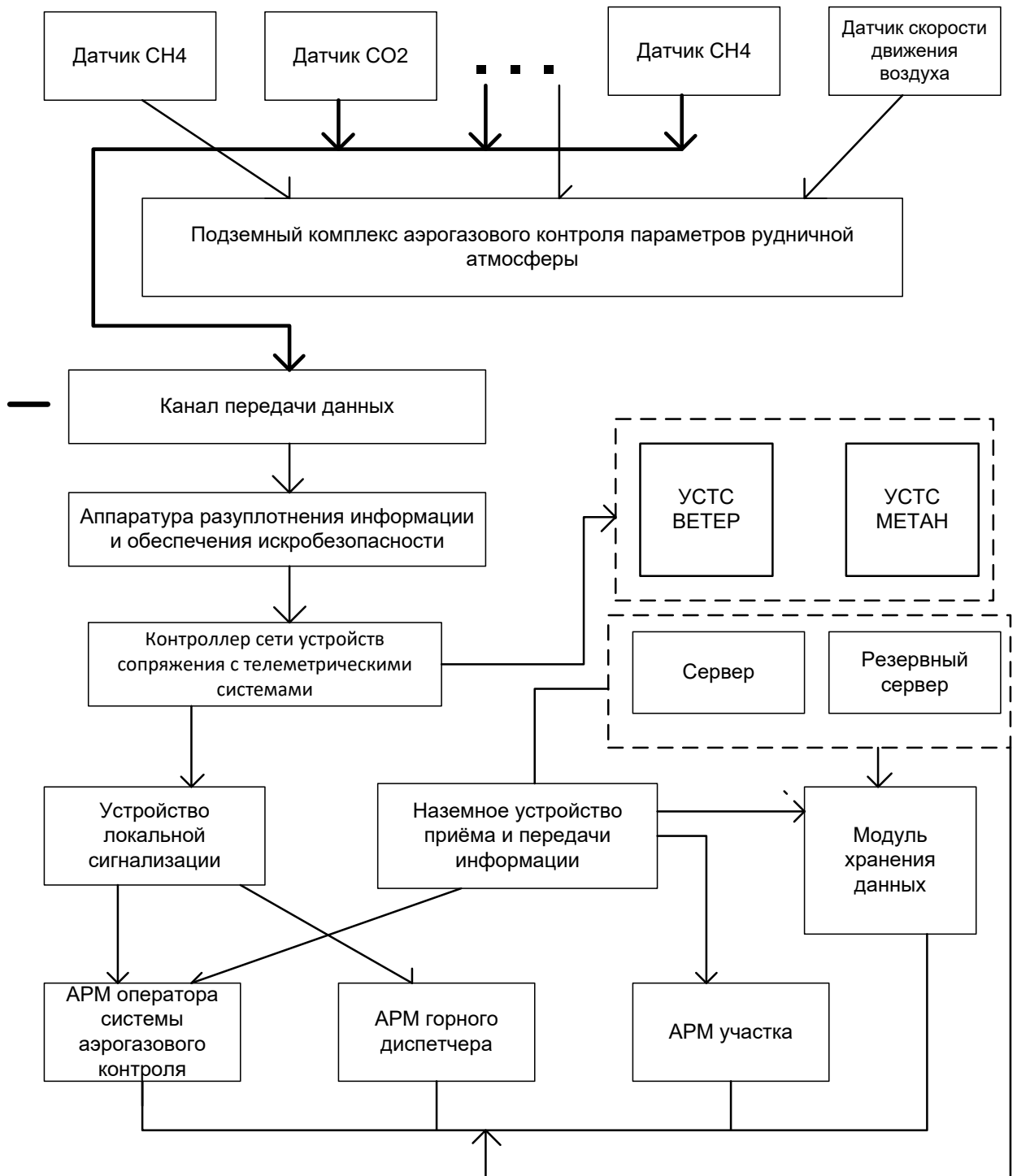


Рисунок 3.1 Система контролю параметрів копальної атмосфери.

Функціональне призначення системи визначається сукупністю контрольованих і керованих параметрів, призначенням, кількістю і розташуванням засобів збору інформації, пристроїв сигналізації, виконавчих пристроїв і алгоритмами обробки інформації.

Багатофункціональність системи заснована на використанні сучасних високонадійних перепрограмованих мікропроцесорних пристроїв, як в підземних виробках, так і на поверхні, застосування стандартних протоколів і інтерфейсів зв'язку, уніфікованих електричних сигналів, цифрових методів обробки, зберігання, подання та передачі інформації.

Областю застосування розроблюваної системи - підземні виробки шахт і копалень, у тому числі небезпечних по газу, пилу і раптовими викидами.

Основними функціями розроблюваної системи при її використанні на вугільних шахтах є:

- аерогазовий контроль (АГК);
- автоматична газова захист (АГЗ);
- автоматичний контроль повітря (АКВ);
- автоматичне управління провітрюванням тупикових виробок (АПТВ);
- раннє виявлення екзогенних та ендогенних пожеж;
- телесигналізація (МС) і телевимірювання (ТІ) різних контрольованих параметрів шахтної атмосфери, мікроклімату і стану технологічного обладнання.

Розробляема система може використовуватися також для вирішення інших завдань:

- спостереження за станом вугільного пласта;
- спостереження за гірським тиском і зміщенням гірських порід;
- виконання впливів на локальні системи автоматичного управління основним і допоміжним обладнанням;

- здійснення місцевого та централізованого диспетчерського управління допоміжними технологічними процесами на вугільних шахтах.

В таблиці 3.1 приведені серійні пристрої та елементи системи які використані в системі контролю параметрів копальної атмосфери.

Таблиця 3.1

Відомості про серійні пристрої та елементи системи

№п. п.	Найменування сигналу	Маркування вибухозахисту	Ступінь захисту
1	Наземний пристрій прийому і передачі інформації НУППІ FED	[Exia] I	IP20 (НУППІ) IP44 (БИБ)
2	IBM PC комп'ютер	Без взрывозащиты	-
3	Джерело живлення ИП ZVB	PB ExdIaI	IP54
4	Датчик метану ДМС 03	PO ExiaI X	IP54
5	Датчик оксиду вуглецю СДОУ 01	PO ExiaI	IP54
6	Датчик швидкості руху повітря СДСВ 01	PO ExiaI	IP54
7	Блок автоматичного введення резерву БАВР	PB ExdIaI	IP54
8	Блок трансформаторний БТ	PB ExdIaI	IP54
9	Пристрій звукової та світлової сигналізації серії ТХ6831	EExiaI	IP65
10	Пристрій сполучення з телеметричною системою "Метан "	Іскробезпечне коло рівня Ia	IP20

Місця розміщення елементів системи:

Наземна частина апаратури системи

Наземна частина розроблюваної системи являє собою сукупність пристроїв, призначених для збору, передачі, обробки, відображення та зберігання інформації. У стандартну структуру системи входять наступні пристрої для збору інформації з об'єктів контролю і управління (рис.3.3):

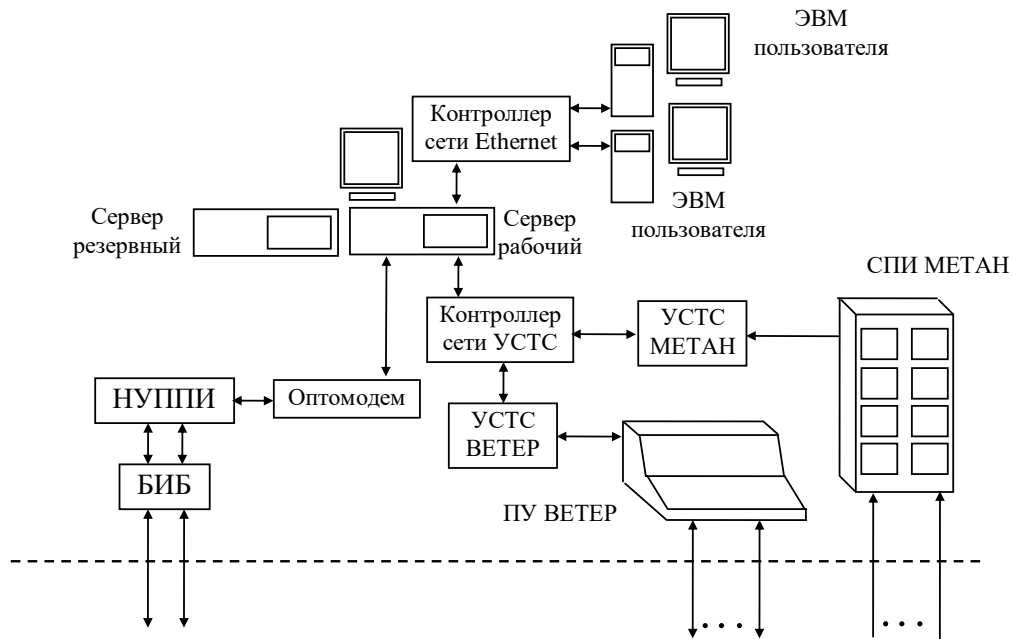


Рисунок 3.3. Стандартна конфігурація устаткування наземної частини розроблюваної системи

- Наземний пристрій прийому і передачі інформації (НУППИ), призначене для збору та передачі інформації з підземних обчислювальних пристроїв (ПВУ);

- Бар'єр іскробезпеки (Біб), призначений для здійснення гальванічної розв'язки наземної і підземної частини по лінії передачі даних;

- Пристрій сполучення з телеметричною системою "Метан" (УСТС "Метан"), що підключається до стійок СПІ системи "Метан" і призначене для отримання інформації з апаратів сигналізації (АС) в частотній і аналоговій

формі, а також аналогових сигналів з датчиків метану і передачі її на сервер системи;

- Пристрій сполучення з телеметричною системою "Вітер" (УСТС "Вітер"), що підключається до пульта управління (ПУ) і призначене для отримання інформації з контрольних пунктів (КП) і передачі на них команд управління через сервер системи;

- Контролер мережі пристроїв сполучення з телеметричними системами (КС УСТС), призначений для організації обміну інформацією між сервером системи та пристроями сполучення з телеметричними системами УСТС "Метан" і УСТС "Вітер".

НУПП і КС УСТС підключаються до сервера системи, яка здійснює збір, зберігання та надання інформації. На ньому встановлено програмне забезпечення для здійснення зв'язку з пристроями прийому, передачі, аналізу, надання та зберігання інформації, а також розміщена система управління базами даних, для обробки і зберігання даних, що збираються системою.

З сервером по локальній мережі через контролер локальної мережі Ethernet пов'язані комп'ютери користувачів. Вони призначені для відображення інформації і видачі даних в графічному і текстовому вигляді за запитом користувача. Для виконання цих завдань на комп'ютерах користувачів встановлено прикладне програмне забезпечення.

Резервний сервер здійснює дублювання функцій, виконуваних робочим сервером, при проведенні профілактичних робіт на робочому сервері або при його відмові.

Для реалізації захисту від збоїв з харчування до складу системи включені пристрої безперебійного живлення.

Склад підземної частини апаратури системи

Підземна частина системи призначена для вирішення завдань контролю параметрів шахтної атмосфери та управління основними і допоміжними технологічними процесами у вугільних шахтах. До складу підземної частини можуть входити:

- Підземне обчислювальний пристрій (ПВУ), призначене для прийому аналогових і дискретних сигналів з датчиків, передачі отриманих даних на поверхню, відображення інформації на дисплеї і реалізації управління за заданою програмою;

- Датчик метану, призначений для вимірювання метану в копальневої атмосфері;

- Датчик оксиду вуглецю, призначений для раннього виявлення екзогенних та ендогенних пожеж;

- Датчик швидкості руху повітря, призначений для вимірювання кількості повітря проходить по виробленню;

- Блок автоматичного введення резерву, призначений для організації харчування елементів системи від двох зовнішніх джерел живлення напругою змінного струму 36 В;

- Джерело живлення, призначений для перетворення напруги змінного струму 36 В в напругу постійного струму 12 В;

- Блок проміжного реле, призначений для збільшення потужності сигналу управління;

- Пристрій звукової та світлової сигналізації, призначене для оповіщення про аварійні ситуації.

Для контролю цілісності лінії зв'язку від дискретного датчика до дискретного входу ПВУ, кожен дискретний датчик повинен бути забезпечений діодом. Замикання лінії зв'язку без діода визначається ПВУ як відмова дискретного датчика.

Підземні обчислювальні пристрої (ПВУ)

На ПВУ надходять електричні сигнали з аналогових і дискретних датчиків. ПВУ робить аналіз інформації, що надходить від датчиків, формує на релейних виходах сигнали на відключення електроенергії на контрольованому ділянці без витримки часу, при досягненні сигналом гранично допустимого значення, а також передає на сервер автоматизованої

системи результати всіх своїх дій для відображення на графіках і запису в базу даних.

Пристрої оповіщення

Пристрій світлової та звукової сигналізації призначено для оповіщення про аварійну ситуацію і встановлюється в місцях найбільш вірогідного знаходження людей.

Датчики оксиду вуглецю

1) Датчики вимірює концентрацію оксиду вуглецю в діапазоні 0-50 ppm.

2) Датчик налаштовується на гранично допустиму концентрацію 17 ppm (0,0017% за об'ємом).

3) З датчиків виводиться телевимірювання. Ці дані зберігаються на носії інформації автоматизованої системи. Інформація про зміну контрольованого параметра може бути виведена на принтері за запитом користувача у вигляді добових графіків.

Датчики метану

1) Датчики метану вимірюють концентрацію метану в діапазоні 0-5% об. і встановлюється в тупикових виробках, у стінки виробки, а так само в привибійному просторі під покрівлею на відстані 3-5 м від вибою на боці, протилежному вентиляційному трубопроводу.

2) За значенням вимірюваного датчиком параметра ПВУ виробляє відключення електроенергії на виїмковій ділянці при установці на концентрацію метану 2% об. в місці установки датчика або при відмові датчика.

3) З датчика виводиться телевимірювання із записом даних. Ці дані зберігаються на носії інформації автоматизованої. Інформація про зміну контрольованого параметра може бути виведена на принтері за запитом користувача у вигляді добових графіків.

Датчики оксиду вуглецю

1) Датчики вимірюють концентрацію оксиду вуглецю в діапазоні 0-50 ppm і встановлюється на конвеєрному штреку під лавою, для виявлення ендогенних і екзогенних пожеж.

2) Датчики налаштовуються на гранично допустиму концентрацію 17 ppm (0,0017% за об'ємом) згідно.

3) З датчиків виводиться телевимірювання. Ці дані зберігаються на носії інформації автоматизованої системи. Інформація про зміну контрольованого параметра може бути виведена на принтері за запитом користувача у вигляді добових графіків.

Датчики швидкості руху повітря

1) Датчики швидкості руху повітря встановлюються у вихідному струмені очисної виробки, на початку вентиляційного штреку, в 10-20 м від демонтажних ухилів, для контролю витрати повітря непрямим методом а так само в трубопроводі не більше 15 метрів від забою.

2) При значенні величини витрати повітря в місцях встановлення датчиків менше 1,1 м / сек, активується місцева світлодіодна сигналізація на ПВУ та світлова та звукова сигналізація у диспетчера.

3) З датчиків виводиться телевимірювання. Ці дані зберігаються на носії інформації автоматизованої системи. Інформація про зміну контрольованого параметра може бути виведена на принтері за запитом користувача у вигляді добових графіків.

3.2 Інформаційні і програмні складові автоматизованої системи контролю параметрів копальневої атмосфери.

3.2.1 Програмне забезпечення автоматизованої системи контролю параметрів копальневої атмосфери

На програмне забезпечення (ПЗ) системи покладені вирішуються в реальному часі завдання як технічного (робота з апаратурою), так і інформаційного характеру.

Пред'являються вимоги до обчислювальних ресурсів це: швидкодія процесора, великий обсяг дискової пам'яті.

Для реалізації ПО пропонується вибір багатозадачною операційного середовища DESQview фірми Quarterdeck, що дозволяє запускати в межах фізичної пам'яті комп'ютера будь-яке число паралельних процесів звичайних DOS програм. Всі процеси можуть працювати в режимі поділу часу і будуть абсолютно рівноправними і незалежними один від одного. При цьому DESQview надає можливість обміну даними між ними по спеціальному протоколу через систему «поштових скриньок» [3].

Керуюча програма АСМ запускається у вигляді чотирьох паралельно працюючих процесів: вимірювального, комунікаційного, управителя та операторського. Всі процеси працюють циклічно і обмінюються повідомленнями один з одним (рис.3.4).

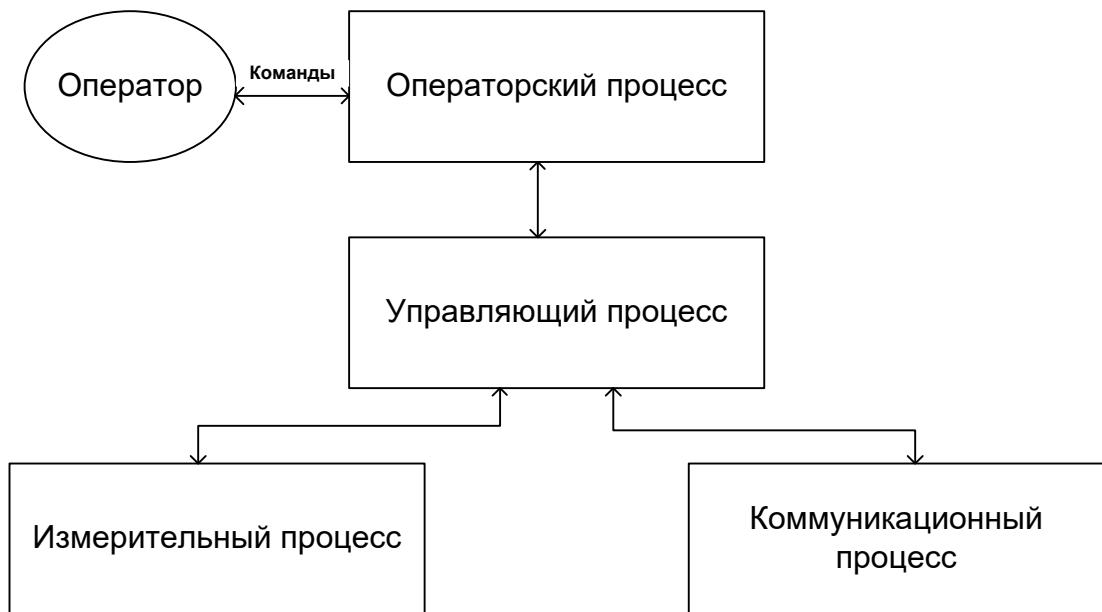


Рисунок 3.4 Схема функціонування програмного забезпечення автоматизованої системи контролю параметрів копальневої атмосфери

Вимірювальний процес виконує елементарні дії з обслуговування плати - опитування аналогових і цифрових входів, видача сигналів на цифрові виходи і т. п.

Операторський процес запускається по необхідності і обслуговує роботу користувача оператора. Всі дії синхронізуються керуючим процесом, який посилає команди іншим процесам і приймає від них дані та повідомлення про виконання команд. У керуючий процес закладені алгоритми вирішення всіх задач вимірювання, підтримки життєздатності станції, реакції на різні події та обміну інформацією з сервером. Режим роботи програмного забезпечення системи задаються на основі системи конфігураційних файлів.

Описана архітектура програмного комплексу автоматизованої системи дозволяє реалізувати гнучкий механізм управління системою, підвищити надійність її роботи і дає широкі можливості модифікації і розвитку програмного забезпечення системи, зокрема, його оперативного налаштування на різні конфігурації вимірювальної апаратури.

3.2.2 Інформаційні технології автоматизованої системи контролю параметрів копальневої атмосфери

Інформаційна частина автоматизованої системи контролю параметрів копальневої атмосфери розгортається у вигляді сімейства інформаційно-обчислювальних програмно-апаратних комплексів, об'єднаних в локальну обчислювальну мережу.

У їх числі:

- комунікаційний комплекс (КК), що забезпечує прийом інформації від вимірювальної мережі;
- диспетчерський комплекс (ДК), призначений для оперативної обробки прийнятої інформації, відображення поточної інформації про параметрах копальневої атмосфери та управління роботою вимірювальної мережі;
- архівний комплекс (АК), призначений для ведення довготривалих архівів вимірювальної інформації та її статистичної обробки.

Комунікаційний комплекс забезпечує організацію зв'язку сервера з віддаленими терміналами по каналу зв'язку.

По закінченні будь-якого сеансу отримані дані і відповідні електронні повідомлення передаються на диспетчерський комплекс.

Диспетчерський комплекс являє собою автоматизоване робоче місце диспетчера, провідного поточний контроль за станом параметрів копальневої атмосфери. ДК приймає від комунікаційного комплексу та обробляє дані наступних типів:

- поточна вимірювальна інформація;
- повідомлення про перевищення допустимих концентрацій;
- повідомлення про аварійні ситуація.

ДК інформує диспетчера про поточну ситуацію в підземних виробках, пересилає прийняті дані та запити на архівний комплекс, передає оперативну інформацію про провітрювання та допустимих норм концентрації CO, CO₂, CH₄.

Програмне забезпечення ДК надає диспетчеру можливість формувати і пересилати на комунікаційний комплекс команди телеуправління.

Види відображення отриманої інформації

Одним з видів відображення інформації на диспетчерських пунктах є мнемосхеми.

На мнемосхемах відображаються об'єкти, контрольовані системою: лави, підготовчі вибої, капітальні вироблення, об'єкти наземного комплексу.

На мнемосхемах використовуються наступні основні позначення і зображення:

- Суцільними темними лініями показуються існуючі гірничі виробки;
- Штриховими темними лініями показуються проєктовані гірничі виробки;
- Чорна стрілка - напрям руху лави;
- Синя і червона стрілки - виходить і надходить струмінь повітря.

Для позначення датчиків з аналоговим вихідним сигналом, що використовуються в системі, використаний цифровий дисплей, фон якого визначається значенням контрольованого параметра. Поруч з цифровим дисплеєм знаходиться позначення датчика, що застосовується в системі. Фон цифрового дисплея може бути наступним:

Д-зелений - при рівні, що становить менше 90% гранично допустимої норми;

- Жовтий - при досягненні рівня, що становить 90% гранично допустимої норми (передаварійний стан);

- Червоний - при досягненні гранично допустимої норми (аварійний стан).

Для позначення датчиків з дискретним вихідним сигналом, що використовуються в системі, використовується графічний елемент (квадрат, прямокутник, коло і т.д.), колір якого визначається дискретним станом датчика. Поряд із кольоровим графічним елементом знаходиться позначення дискретного датчика, що застосовується в системі [7].

Інформація про аварійний стан контрольованого параметра постійно відображається у спеціально відведеному вікні "Технологічні події" поверх інших мнемосхем до тих пір, поки подія не буде зафіксовано оператором, з подальшим виходом на мнемосхему, на якій знаходиться аварійний параметр.

Аварійний стан контрольованого параметра супроводжується звуковим сигналом.

При безперервній самодіагностиці розроблюваної системи виявлені несправності елементів системи відображаються в спеціально відведеному вікні "Системні повідомлення".

Крім мнемосхем оператору доступні зведені таблиці контрольованих параметрів, згруповані по об'єктах контролю. Стан аналогових датчиків відображається цифровим значенням контрольованого параметра і кольором фону. Стан дискретних датчиків відображається кольором.

Крім мнемосхем і зведених таблиць контрольованих параметрів оператору доступні графіки контрольованих параметрів. Графіки представляються при необхідності залежно від поставленого завдання.

Вимоги до збору та зберігання інформації.

Інформація про стан шахтної атмосфери, яка надходить на диспетчерський пункт, надається в зручному для сприйняття вигляді, що виключає неоднозначне тлумачення результатів контролю.

Обов'язковому зберіганню підлягає поточна інформація, одержувана від основних датчиків контролю. Часовий інтервал вибірки інформації для зберігання не перевищує 1 хвилини, а термін зберігання не менше 1 року.

При архівуванні бази даних в ній зберігається найменування архівіруемого параметра, найменування об'єкта та точки контролю, дата та час одержання, при цьому відбувається також архівування даних за іншими параметрами і точкам контролю на інших ділянках шахти за той же період часу з метою отримання більш повної інформації при подальшому її використанні.

Тривалість зберігання інформації:

- 3 датчиків метану - не менше 24 годин в базі даних на жорсткому магнітному диску ЕОМ і не менше 1 року на жорсткому магнітному диску або оптичному диску, а також у вигляді роздрукованих форм і графіків;

- 3 датчиків оксиду вуглецю - не менше 24 годин в базі даних на жорсткому магнітному диску ЕОМ і не менше 1 року на жорсткому магнітному диску або оптичному диску, а також у вигляді роздрукованих форм.

Збір даних за основними і додатковими контрольованих параметрах здійснюється автоматично, безперервно з інтервалом звернення не більше 100 с.

При необхідності системою може автоматично формуватися звіт у вигляді журналу оператора і за бажанням користувача може бути роздрукована інформація, представлена в графічному вигляді.

У програмному забезпеченні системи передбачений захист від несанкціонованого доступу до областей програми, пов'язаним із зміною параметрів і припиненням роботи.

3.3 Вибір датчиків метана для використання в автоматизованій системі контролю параметрів копальневої атмосфери.

Найбільшого поширення у вугільних шахтах для заміру довибухових концентрацій метану (менше 5% за об'ємом) отримали термохімічні (термокаталітичні) датчики і побудовані на їх основі газоаналізатори, газосигналізатори та інші прилади визначення процентного вмісту метану в копальневій атмосфері (метанометри).

Окрім термокаталітичних датчиків в промисловості використовують датчики, принцип дії яких заснований на інших методах. У таблиці 3.2 наведено порівняльну характеристику цих методів на яких може бути реалізований датчик метану.

Таблиця 3.2

Порівняння способів виявлення метану

Датчик	Переваги	Недоліки
Каталітичний	Нескладний, вимірює займистість газів. Недорога випробувана технологія.	Для роботи вимагає кисню або повітря. Висока потужність. Критичне позиціонування.
Електрохімічний	Вимірює відносно невисокі концентрації метану. Можливість виявлення широкого діапазону газів. Дуже малопотужний.	Ознаки відмови залишаються невиявленими, якщо не використовуються передові методи моніторингу. Для роботи вимагає кисню. Критичне позиціонування.
Точковий інфрачервоний	Використовує швидше фізичний, ніж хімічний метод. Менш чутливий до помилок калібрування. Не має прихованих ознак відмови. Може вик-ся в інертних середовищах.	Вимірює концентрацію метану, яка потім повинна бути зіставлена з воспламеняемостью газу. Критичне позиціонування.

Продовження таблиці 3.2

Інфрачервоний з відкритим оптичним трактом	Повністю охоплювана зона, чудова можливість помітити витік. Не має прихованих ознак відмови. Новітня технологія. Може виявляти незначні концентрації. Позиціонування не критично.	Висока вартість первинної покупки. Непридатний для використання на невеликих просторах.
Напівпровідниковий	Механічно надійний, добре працює в умовах постійної високої вологості.	Сприйнятливий до забруднюючих речовин і змінюється під впливом умов навколишнього середовища. Нелінійний відгук призводить до складнощів.
Теплопровідність	Вимірює концентрації% в об'ємному відношенні сумішей бінарних газів навіть за відсутності кисню.	Тільки високі концентрації газів. Обмежений діапазон газів. Неможливо вимір газів з провідністю, приблизно рівної провідності повітря. Високі вимоги до технічного обслуговування.
З паперовою стрічкою	Висока чутливість і вибірковість по відношенню до метану. Не дає помилкових сигналів тривоги.	Вимагає наявності системи витяжки. Може мати потребу в системі обробки зразків.

Як видно з таблиці 3.2 то існує багато методів реєстрації метану, але не всі методи можливо використовувати в автоматизованій системі. Найбільш підходящий метод це каталітичний і електрохімічний методи, а зокрема датчики основані на терموкаталітичному методі .

Термокаталітичний метод заснований на безполуменевої спалюванні метану на каталізаторах, для якого характерна висока вибірковість і чутливість до вимірюваного компоненту.

На даний час термокаталітичні датчики виробляють як сучасні так і закордонні фірми. Далі приведені датчики метану різних виробників, та їх кратка характеристика.

Датчик TGS 6810 метану фірми Figaro Engineering

Каталітичні датчики Figaro відрізняються компактними розмірами, тривалим терміном служби, стабільними і лінійними вихідними характеристиками, швидким часом відгуку. Це робить їх ідеальними для детектування багатьох вибухонебезпечних газів, а зокрема метану [45].

На рисунку 3.5 зображен зовнішній вигляд датчика TGS 6810



Рисунок 3.5 Датчик TGS 6810

Нижче в таблиці 3.3. приведені характеристики датчика TGS 6810

Таблиця 3.3

Характеристика датчика TGS 6810

Визначаємі гази:	Водень, метан, ізобутан
Характеристики:	Лінійний вихід, компактний розмір висока чутливість до метану.

ХТ-21-3400-М - Датчик метану для шахт і тунелів фірми MSR Electronic

Мікропроцесорний датчик метану ХТ-21-3400-М з аналоговим вихідним сигналом 4 ... 20 мА служить для моніторингу навколишнього повітря і виявлення горючих газів і парів метану в нижньому вибуховому рівні (LEL), за допомогою каталітичного датчика [46].

На рисунку 3.6 зображен зовнішній вигляд датчика ХТ-21-3400-М



Рисунок 3.6 Датчик ХТ-21-3400-М

Особливості:

- Постійний моніторинг
- 10 бітний мікропроцесор
- Процедура самодіагностики
- Відстеження нульової точки
- Проста калібрування (нуль, діапазон і 4 ... 20mA регулювання) з калібрувальної клавіатурою
- Сторожовий перемикач
- Вихід 4 ... 20mA пропорційний або на 3 кроки (0, 10 і 20 mA)
- Захист від зворотної полярності
- Захист від перевантажень

Датчик природного газу HS-131 фірми Sencera

Датчик природного газу призначено детектування витоку метану, ізобутану і пропану в побутових і промислових додатках. Конструкція газового детектора складається з чутливого елемента (діоксид олова), вимірювального електрода, нагрівача і трубки з покриттям Al_2O_3 . Вимірювальний елемент захищений двошарової противибухового сіткою з нержавіючої сталі. На рисунку 3.7 зображен зовнішній вигляд датчика HS-131 [10].



Рисунок 3.7 Датчик HS-131

Нижче в таблиці 3.4. приведені характеристики датчика HS-131

Таблиця 3.4

Характеристика датчика HS-131

Найменування	Характеристика
Діапазон вимірювань (метан)	1000 - 20000 ppm
Напруга живлення (пост. / Перем.)	5 В
Опір навантаження	регул.
Споживана потужність	800 мВт
Діапазон робочих температур	-20...50°C
Відносна вологість	95%
Концентрація кисню	21%

Датчик термокаталітичний (термохімічний) ДТХ (ДТХ1, ДТХ2, ДТХ3.)

Датчик термокаталітичний (термохімічний) ДТХ призначений для вимірювання концентрації горючих газів у складі газоаналізаторів, газосигналізаторів, заснованих на термокаталітичного принципі дії [9].

На рисунку 3.8 зображен зовнішній вигляд датчиків ДТХ1, ДТХ2, ДТХ3



Рисунок 3.7 Датчики ДТХ

Нижче в таблиці 3.5. приведені характеристики датчика ДТХ

Таблиця 3.5

Характеристика датчика ДТХ

Найменування	Одиниці вимірювання	Значення
Чутливість до метану (при $I = \text{const}$)	мВ/%	35 ± 15
напруга живлення	В	$2,75 \pm 0,05$
струм споживання	мА	48 ± 2
Опір при $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$	Ом	$10,5 \pm 1,5$

ТХМ-2, 8 датчик термокаталітичний

ТХМ-2, 8 датчик (сенсор) термокаталітичний призначений для перетворення об'ємної частки метану (природного газу) в повітрі в електричний сигнал [36].

Застосовується ТХМ 2,8 в засобах шахтної метанометрії (СМС-2/1, СМС-4, СМС-5, СМС-5М, СМС-7).

Технічні характеристики приведені в таблиці 3.6

Таблиця 3.5

Технічні характеристики датчика ТХМ-2, 8

Робоча напруга постійного струму, В: - СМС-2/1 - СМС-4, СМС-5, СМС-5М, СМС-7	2,4 2,8
Струм споживання, мА, не більше - СМС-2/1 - СМС-4, СМС-5, СМС-5М, СМС-7	90 100
Коефіцієнт перетворення (чутливість), мВ /% CH_4 , не менше	25
Межі основної абсолютної похибки перетворення (у перерахунку на об'ємну частку метану),%	$\pm 0,2$
Час встановлення вихідного сигналу не більше, с	8
Діапазон робочих температур, ° С	5 - 35

ДМС 03 датчик метану

Датчик проводить циклічні вимірювання концентрації метану с періодом 2,5 с. кожен цикл починається с діагностики працездатності чутливих елементів і деяких інших найбільш важливих підсистем приладу . при виявленні несправності датчик здійснює місцеву і телесигналізацію про відмову [11].

При перевищенні перед аварійного порога спрацьовування датчик здійснює місцеву сигналізацію . При перевищення аварійного порогу спрацьовування датчик здійснює місцеву сигналізацію і змінює стан «сухого» контакту вихідного реле.

На рисунку 3.9 зображен зовнішній вигляд датчика ДМС 03



Рисунок 3.8 Датчик ДМС 03

Особливості та переваги

- Тривала робота без коригувань із застосуванням ПГС в реальних умовах експлуатації;
- Захисне відключення;
- Світлова аварійна сигналізація;
- Сигналізація про відмову;
- Відображення поточної інформації;

- Вибухозахищене виконання для I і II груп застосування;
- Мале енергоспоживання;
- Широкий вибір вихідних сигналів по напрузі і струму;
- Широка область застосування за рахунок простого адаптування до можливостей вже використовуваних газоаналітичних систем шахтної автоматики систем нового покоління.

Висновок:

Вище були розглянені різноманітні датчики, використання яких можливе для проектуємої системи, але для розробленої системи пропонується останній датчик ДМС 03. Його перевагою є то що він розроблен спеціально для автоматизованих систем контролю. Датчики, залежно від маркування вибухозахисту і виконання, можна використовувати в підземних виробках рудників і шахт, у т.ч. небезпечних по пилу і газу, виділенню водню і раптовими викидами згідно ПБ03-533-03 і ПБ05-618, і, крім того, у вибухонебезпечних зонах зовнішніх установок і приміщень, згідно з ГОСТ Р51330.13-99 (МЭК 60079-14-96) [11].

ВИСНОВКИ

На сьогоднішній день у вугільній промисловості нашої країни, а також інших країн, однією з гострих проблем є забезпечення безпечних умов роботи в шахтах. Однією з основних причин аварій на шахтах є вибух метану, внаслідок перевищення його концентрації в копальневій атмосфері.

Від стану копальневої атмосфери залежить можливість проведення гірничих робіт, нормальне функціонування устаткування, а також безпека шахтарів і шахтного персоналу.

В цілому, за останні роки, кількість вибухів та аварій на шахтах знизилася, але рівень небезпеки все ще залишається дуже високим, це свідчить про низьку ефективність застосовуваних систем аерогазового контролю. Тому розробка та вдосконалення систем контролю копального повітря, діагностики та управління станом копальневої атмосфери є актуальною задачею і потребує вирішення.

В даному дипломному проєкті була розроблена автоматизована система контролю параметрів копальневої атмосфери, яка вирішує такі завдання:

- спостереження за станом вугільного пласта;
- спостереження за гірським тиском і зміщенням гірських порід;
- виконання впливів на локальні системи автоматичного управління основним і допоміжним обладнанням;
- здійснення місцевого та централізованого диспетчерського управління параметрами копального повітря на вугільних шахтах.

Для контролю CH_4 існують газоаналізатори, але для наявності стану копальневого повітря в цілому по вугільним виробіткам в зокрема ведуться розробки автоматизованих і автоматичних систем контролю параметрів копальневої атмосфери. Зроблен аналіз існуючих систем контролю

параметрів копальневої атмосфери розроблених в країнах СНД і за кордоном, а також в Україні.

В дипломному проекті було проведено дослідження сучасних систем контролю параметрів копальневої атмосфери таких як: система УТАС, система «ЕМАГ», комплекс «РОЗУМНА ШАХТА» та «Метан» та інші. В ході цього дослідження було виявлено, що закордонні та вітчизняні вчені займаються розробкою систем контролю параметрів рудничного повітря.

В теоретичній частині дипломного проекту була розроблена математична модель системи автоматизованого контролю параметрів копальневого повітря, математична модель розповсюдження метану в тупиковій виробці та математична модель елементів шахтної вентиляційної мережі. Також в теоретичній частині була аналізована узагальнена система контролю параметрів копальневої атмосфери.

В практичній частині роботи була спроектована і розроблена автоматизована система контролю параметрів копальневої атмосфери. Були описані інформаційні і програмні складові автоматизованої системи контролю параметрів копальневого повітря.

Для розробленої системи зроблено огляд існуючих датчиків і рекомендований датчик ДМС 03.

Розроблена автоматизована система контролю параметрів копальневого повітря дозволяє вирішити проблему виявлення СН₄ в гірських виробітках, а також може бути використана для застосування виявленого газу, як додаткового джерела енергії та виду палива.

Використання метану як альтернативного виду палива для автомобілів зменшує шкідливі викиди в атмосферу вуглеводневих сполук у 5-10 разів,

оксиду азоту - вдвічі, а також дозволяє повністю виключити викиди сажі та свинцю, які, не секрет, можуть призвести до важких хвороб.

В цілому розроблена система автоматизованого контролю параметрів копальної атмосфери підвищує безпеку праці, здійснює контроль і недопущення небезпечної концентрації метану, забезпечує безпечні умови ведення гірничих робіт.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абрамович Ф.А, Фельдман Л.П, Святный В.А. Моделирование динамических процессов рудничной аэрологии. – К.:Наукова думка, 1981. – 284 с.
2. Азбелев М.Д. О метрологическое обеспечение аэрогазовой контроля в угольных шахтах / Н.Д. Азбелев [Электронный ресурс].
3. Александров А.Г., Михайлова Л., Исаков Р.В. Структура программного обеспечения для автоматизации разработки алгоритмов автоматического управления, № 4, 2005-184 с.
4. Белоножко В.В., Белоножко В.П., Голинько В.И. Экспериментальные исследования термодатчиков метана для оценки их однозначности / Гірнична електромеханіка та автоматика: Наук. техн. зб. – 2001. – Вип. 67. – С. 122 – 130.
5. Блинов И.Н., Гаскаров Д.В., Мозгалева А.В. Автоматический контроль систем управления, 1988. - 151с.
6. Брюханов А.М. Научно-технические основы расследования и предотвращения аварий на угольных шахтах. – Донецк: Норд-пресс, 2004. – 347 с.
7. Временное руководство по оборудованию и эксплуатации систем аэрогазовой контроля в угольных шахтах (АГК): Утв. Минуглепромом СССР 18.12.91. - МакНИИ., 1991. - 70 с. - (Нормативный документ МУП СССР).
8. Голинько Н.І., Котляров О.К., Білоножко В.В. Контроль вибухонебезпечності гірничих виробок шахт. - Д.: Наука і освіта, 2004. - 207 с.

9. Датчик термокаталитический (термохимический) ДТХ Режим доступа:
.....
10. Датчики газа HS-131 Режим доступа: http://www.online-electronics.com.ua/catalog/?good_id=hx32608
11. ДМС-03, ДМС-03Э датчики метана стационарные
.....
12. Другов Ю.С., Беликов А.Б., Дьяконова Г.А., Тульшинский В.М., - М.: Химия 1984. «Метод анализа загрязнителей воздуха».
13. Заплавский Г.А., Лесных В.А. Технология подготовительных и очистных работ. – М.: Недра, 1986.
14. Збірник інструкцій до правил безпеки у вугільних шахтах: В 2 т. – К.: Держнаглядохоронпраці, 2003. – Т. 1. – 480 с.; Т. 2. – 416 с.
15. Како Н., Яманэ Я. Датчики и микро-ЭВМ. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отделение, 1986.
16. Карпов Е. Ф. Автоматическая газовая защита и контроль рудничной атмосферы / Карпов Е. Ф., Биренберг И. Е., Басовский Б.И. - М.: Недра, 1984. - 285 с.
17. Килячков А.П., Брайцев А.В. Горное дело: Учеб. для техникумов. - М.: Недра, 1989.- 422с.
18. Кирин Б.Ф., Ушаков К.З. Рудничная и промышленная аэрология.- М.:Недра, 1983.- 256 с.
19. Кирин Б.Ф., Журавлев В.П., Рыжих Л.И. Борьба с пылевыделением в шахтах. – М.: Недра, 1983. – 213 с
20. Комплекс «Метан»: Руководство по эксплуатации. -Сумы: Облполиграфиздат, 1982, -72 с.
21. Конспект лекцій з дисципліни «Основи охорони праці» частина перша (для студентів усіх напрямів навчання) / Уклад.: В.М. Кожин, Т.Я. Птушкіна - Луганськ: вид-во Восточноукр. нац. ун-ту, 2001 - 55 с.

22. Конспект лекцій з дисципліни «Основи охорони праці» частина друга (для студентів усіх напрямів навчання) / Уклад.: В.М. Кожин, Т.Я. Птушкіна - Луганськ: вид-во Восточноукр. нац. ун-ту, 2001 - 55 с.
23. КОМПЛЕКС «УМНАЯ ШАХТА»
24. Курносов В.Г. Научные основы автоматизации в угольной промышленности: опыт и перспективы развития: монография / В.Г. Курносов, В.И. Силаев // Международный институт независимых педагогических исследований МИНПИ-ЮНЕСКО, ОАО «Автоматгормаш им. В.А. Антипова». – Донецк: изд-во «Вебер» (Донецкое отделение), 2009. – 422 с.
25. Лапко В.В. Автоматизированная система контроля и прогнозирования состояния рудничной атмосферы угольных шахт / В.В. Лапко, В.А. Краснокутский, Ю.С. Достлев [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ea.donntu.edu.ua>.
26. Медведев В. Н. Математическая модель формирования выходных сигналов термокаталитических датчиков метана / В. Н. Медведев // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах: сб. науч. тр. / МакНИИ. – Макеевка-Донбасс.– 2006. – Вып. 18. – С. 129.
27. Местер И.М. Особенности опасных по газу тупиковых выработок как объектов управления при автоматизации процесса разгазирования / И.М. Местер // Уголь Украины. – 1998. – №2–3. – С. 55–59.
28. Милетич А.Ф., Яровой И.М., Бойко В.А. Рудничная и промышленная аэрология.- М.:Недра, 1972.- 248 с.
29. Наукові основи автоматизації у вугільній промисловості: досвід і перспективи розвитку: монографія / В.Г. Курносов, В.І. Силаев; Міжнародний інститут незавісимих педагогічних досліджень минп-ЮНЕСКО "АВТОМАТГІРМАШ" ім. В.А. Антипова ". - Д.: і-во" Вебер ", 2009.-422 с.

- 30.Правила безпеки у вугільних шахтах: НПАОП 10.0-1.01-05. – К.:Відлуння, 2005. – 398 с. – (Нормативно-правовий акт з охорони праці).
- 31.Система газоаналитическая шахтная многофункциональная «МИКОН
- 32.Скочинский А.А. , Ходот В.В. . Метан в угольных пластах. - Москва : Углетехиздат, 1958
- 33.Співак О.М, Нікітченко І.В Автоматизована система контролю промислових викидів в атмосферне повітря// ВІСНИК Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля №1 (90) ч.2, 2013р.
- 34.Справочник. С.И. Муравьева, Е.К.Прохорова. Справочник по контролю вредных веществ в воздухе. Москва. Химия 1988.
- 35.Ткач В.Я. Методы прогноза выбросоопасности шахтных пластов К.: Техніка, 1980. —190 с.
- 36.ТХМ-2,8 датчик термокаталитический Филин [Электронный ресурс]. -
- 37.Унифицированная телекоммуникационная система УТАС –новый шаг в обеспечении безопасных условий труда в угольных шахтах / А. М. Брюханов, В. П. Коптиков, Ю. А. Иванов [и др.] // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах: сб. науч. тр. / МакНИИ. – Макеевка-Донбасс, 2005. – 333с. Филин А.Е. О средствах тестирования систем и оборудования аэрогазовой и пылевого контроля / А.Е. Филин [Электронный ресурс]. -
- 38.Учебное пособие. Способы борьбы с местными скоплениями метана в подготовительных выработках угольных шахтах. Донецк, Донбасс, 2002, 67 с.

39. Ушаков К.З., Бурчаков А.С., Пучков Л.А., Медведев И.И. Аэрология горных предприятий: Учебник для вузов. – 3 - е изд., перераб. И доп. – М.:Недра, 1987. – 421 с.

41. Шевцов Н.Р. Взрывозащита горных выработок / Н.Р. Шевцов. – Донецк: ДонНТУ, 2002. – 280 с.

42. Щербань О.М., Фурман Г. Методи і засоби контролю рудникового газу. - К.: Наук. думка, 1965. - 411 с.