



KAPITEL 5 / CHAPTER 5⁵ AIR-GAS CONTROL AT UKRAINIAN COAL ENTERPRISES AND WAYS TO IMPROVE ITS EFFICIENCY

DOI: 10.30890/2709-2313.2024-31-00-028

Вступ

При веденні гірничих робіт у вугільних шахтах України виявляються значні раптові та часто несподівані небезпеки, які до останнього часу не можуть бути повністю відвернені. До таких небезпек відносяться газодинамічні явища, вибухи метану та вугільного пилу, спалахи метану, пожежі та інші явища. Всі перелічені аварії по-різному мають відношення до метану і пилу [1-11]. Так, різні газодинамічні явища (переважно викиди вугілля, породи й газу) більшою мірою визначаються трьома чинниками: напружений стан вуглепородного масиву, фізико-механічні властивості вугілля (порід) і технологічний чинник, тобто. технологічний вплив на масив [1-3]. Пожежі бувають екзогенні та ендогенні, тобто, коли вугільний масив сам спалахує або від зовнішнього джерела, часто вибуху метану [5, 6]. І нарешті вибухи метану та/або метану та вугільного пилу відбуваються, як правило, внаслідок найбільш небезпечних явищ, що мають місце при гірничих роботах, що виконуються з порушеннями вимог правил безпеки [7-9].

Якщо фільтрація та сорбційні ефекти у вугіллі, напружений стан вуглепородного масиву, фізико-механічні властивості вугілля (порід), теплофізичні процеси у гірничих виробках при пожежах та вибухах вивчені більш-менш повно [10 - 13], то закономірності зміни концентрації метану в очисних та підготовчих виробках ще чекають свого дослідника. Тому зараз існує необхідність у підвищенні якості аерогазового моніторингу у шахтах, оскільки це безпосередньо впливає на безпеку робіт. При цьому необхідно приділити особливу увагу вивченню питань, що визначають аерогазовий стан при веденні гірничих робіт у вугільних шахтах.

⁵*Authors: Minieiev Serhii Pavlovyeh, Smirnov Andrii Mykolaiovych, Yanzhula Oleksii Serhiiovych*



5.1. Стан аерогазового контролю на вугільних підприємствах у світі та в Україні.

Аерогазовий контроль в шахтних виробках - одна з найважливіших складових безпеки робіт, що виконуються в сучасних вугільних шахтах. При розробці вугільних родовищ одним з основних факторів, що ускладнюють видобуток вугілля, є підвищений вміст метану та інших небезпечних і шкідливих газів в рудничній атмосфері, який підвищує ризик виникнення нещасних випадків, пов'язаних з вибухами метану. Основними факторами, що визначають аерогазовий стан у вугільних шахтах, є: різноманіття геолого-генетичних умов і фізико-хімічних процесів, що відбувалися під час вуглеутворення, ступінь метаморфізму вугілля, природна метаносність вугілля в пласті (встановлюється для шахтопласта або його частини за результатами вимірів метану в вугіллі з розвідувальних свердловин), якість опрацювання питань розкрою шахтних полів на етапі проектування та інженерного забезпечення гірничих робіт.

Фактори, що пов'язані з технічними та структурними особливостями розробки конкретного родовища та умовами певного підприємства, називаються технологічними. До технологічних факторів, що впливають на аерогазовий стан у виробках вугільних шахт, відносяться:

1) Незадовільна організація провітрювання шахт, про що свідчить той факт, що найбільша кількість повітря, що подається в шахту, витрачається на провітрювання підтримуваних виробок і внутрішні витоки повітря (близько 56%). На провітрювання виїмкових дільниць і підготовчих забоїв витрачається 30-40% повітря, що подається в шахти [14]. Вентиляційні системи шахт є основним фактором забезпечення безпечної роботи гірничодобувних підприємств. Разом з тим відбувається безперервне фізичне і моральне старіння парку вентиляторів, їх експлуатація проводиться з порушеннями ПТЕ і факторів безпеки.

Також впливають низькі швидкості руху повітря по виробці. В результаті недостатньої турбулентності повітряного струменя утворюються шарові



скупчення метану високої концентрації, загазування куполів, "кутків", тупиків і інших ділянок виробок (забоїв), що слабо обдуваються. Згідно з дослідженнями, близько половини спалахів і вибухів метану в підготовчих виробках прямо або побічно пов'язане з наявністю шарових скупчень метану. Через недостатнє провітрювання (швидкості струменя повітря) виникає скупчення метану високої концентрації в місцях впливу виконавчого органу прохідницьких і видобувних комбайнів на вугільний масив.

2) Незадовільна ізоляція виробленого простору, наявність пустот, великих витоків повітря неодноразово були причинами самозаймання вугілля і вибухів метану з припиненням гірничих робіт на тривалий час в цілому по шахті.

3) Незадовільне управління покрівлею. Проведення позапланових і непотрібних виробок з подальшою їх ізоляцією без погашення. В цьому випадку скупчення метану відбувається у виробленому просторі очисних забоїв, але який ще не обрушився. Деякі керівники та ІТП шахт недооцінюють приховані, неконтрольовані скупчення метану в куполах, завалі за механізованим кріпленням лави, в ізольованій, але не погашеній виробці, на підставі того, що метан завжди є у виробленому просторі.

4) Відсутність на шахтах дегазації. Тільки засобами вентиляції забезпечити концентрацію метану в шахтній атмосфері в межах допустимих норм на деяких шахтах неможливо. Дегазаційні станції на переважній більшості газових шахт при будівництві проектом не передбачаються, а коли в них виникає потреба, швидко побудувати їх неможливо. Дегазація з поверхні через свердловини здійснюється не постійно з однаковою ефективністю, має місце несвоєчасне буріння нових свердловин, висока аварійність з обладнанням і електропостачанням.

5) Присутність зваженого в повітрі горючого пилу, яка знижує нижню межу вибуховості метану, а присутність метану, в свою чергу, посилює вибуховість вугільного пилу. Дана обставина принципово змінює вимоги до контролю безпеки атмосфери: «повітря - метан - вугільний пил». Так, суміш «пил - повітря» вибухонебезпечна при концентрації пилу 40 г/м³, а при додаванні приблизно 2%



метану вибух можливий при концентрації всього 16-20 г/м³ [15]. Для виключення взаємного посилення вибухових властивостей в системі «повітря - метан - вугільний пил» в правилах безпеки було передбачено обмеження швидкості руху повітря в очисних і підготовчих вибоях (до 4 м/с), яке в сьгоднішніх шахтах повністю ігнорується. Тому пил, що утворюється при відбивання вугілля, не осідає, а витає в повітрі, представляючи собою вибухонебезпечний аерозоль.

Таким чином, в високо механізованих вугільних шахтах мають місце технологічно небезпечні умови щодо вибуху метанопилоповітряної атмосфери у лавах і прилеглих виробках, так як за відомими з літератури даними, така атмосфера надзвичайно вибухонебезпечна і вибух може статися від випадкової іскри.

6) Людський і організаційний фактор, що визначає якість організації праці, посадових інструкцій і їх виконання.

7) Якість проекту системи аерогазового контролю (АГК) і рівень експлуатації цієї системи в реальних умовах вугільної шахти.

Картина аерогазового стану (АГС) виїмкової дільниці характеризує поточний стан об'єкта за сукупністю його аерогазових параметрів (процентний вміст метану та інших шкідливих газів в рудничній атмосфері, витрати повітря, витрати метану та ін.), поведінка яких встановлюється по вимірах витрат повітря і концентрацій метану і інших газів в місцях установки датчиків. Картина АГС описує стан об'єкта на деякому етапі його роботи і є основою для виявлення небезпечних ситуацій, тенденцій і прогнозу.

Наукова основа вдосконалення АГК - вивчення можливості надійнішого прогнозування динаміки метанонасиченості виїмкової дільниці на базі дослідження закономірностей цієї динаміки, що відображає реакцію вміщувального масиву на технічний вплив, а також на базі аналізу недоліків наявних методів і систем АГК, виявлених у процесі реального досвіду експлуатації на шахтах.

У світі, в країнах, де існує видобуток вугілля в шахтах, небезпечних за



метаном та іншими газами, застосовуються різні системи моніторингу аерогазового стану шахтної атмосфери, що запуснені в серійне виробництво. Ось деякі з них [16]:

- 1 Автоматизована система диспетчерського контролю та управління АСКУ, побудована на базі апаратури фірми «Davis Derby» (Великобританія);
2. Система фірми EMAG (Польща);
3. Система моніторингу CONSPEC (Японія, Китай);
4. Система SIWA-2000 (Німеччина);
5. Система RELIF-2000 (Іспанія).

Також проводяться дослідження в області поліпшення та розвитку наявних методів і способів аерогазового контролю на гірничих підприємствах. Так, у роботі [17] автори Б. Ботт і Т.А. Джонс досліджують використання експериментальної мультисенсорної системи щодо забезпечення завчасного попередження про виникнення пожежі або затоплення в шахті, а також моніторинг газоподібних продуктів у рудниковій атмосфері. У роботі [18] Нью Ксіаогуанг, Ксі Хуан та інші китайські дослідники пропонують застосування розподіленої гетерогенної ієрархічної системи моніторингу безпеки шахтної атмосфери, а саме NHMSM. У роботі [19] пропонується система контролю метану, окису вуглецю та температури на основі використання волоконної оптики (FO) для шахтних систем моніторингу.

У роботі [20] представлено структуру побудови моделі автоматизованої системи моніторингу прогнозування та управління аерогазовим режимом виїмкових ділянок вугільних шахт, оснащених сучасними системами аерогазового контролю. Робота [21] розкриває питання контролю метрологічних характеристик усього комплексу технічних засобів, що беруть участь у доборі та доставці вимірювальної інформації, від чого залежить адекватність рішень з підтримання безпеки вугільної шахти.

Усі наведені системи, апаратура та пристрої призначені для конкретних гірничо-геологічних і технологічних умов ведення гірничих робіт і повною мірою не забезпечують контроль, діагностику та управління аерогазовим станом



гірничодобувного підприємства. Вони не є комплексними, тому не можуть забезпечити належної безпеки ведення гірничих робіт.

Для контролю параметрів рудничної атмосфери на вугільних підприємствах України застосовують автоматизовані системи АГК, які встановлюються згідно з проектами з урахуванням вимог існуючих в Україні нормативних документів та інструкцій. Система АГК призначена для безперервного автоматичного контролю параметрів, що характеризують аерогазовий режим шахти (збагачувальної фабрики), збору, обробки, відображення та зберігання інформації, управління установками та обладнанням з метою своєчасного виявлення природних та техногенних небезпек, тенденцій їх розвитку та підтримки безпечного аерогазового стану. Система АГК автоматично формує та подає керуючі команди на обладнання (пристрої, агрегати), що забезпечують нормалізацію аерогазового стану, або (в аварійній ситуації) блокування виробничої діяльності на контрольованій ділянці.

На шахтах України для аерогазового контролю найчастіше застосовують апаратно-програмний комплекс представлення й обробки інформації щодо аерогазового стану в гірничих виробках КАГІ. Цей комплекс здійснює приймання та аналіз дискретних сигналів апаратури автоматичного контролю метану (АКМ) і апаратури вимірювання швидкості та напрямку повітря (ІСНВ), а також зберігання цієї інформації на жорсткому диску сервера дільниці АГК, що дає змогу оперативно керувати режимами видобутку вугілля через прогнозування газової ситуації та управління технологічними рішеннями.

Як спільно з комплексом КАГІ, так і окремо застосовують сучаснішу систему УТАС (уніфікована телекомунікаційна автоматизована система) - комплексну систему автоматизації, яка дає змогу контролювати до 100 параметрів у тисячах контрольованих точок шахти, здійснювати безперервний контроль усіх параметрів роботи гірничо-шахтного устаткування та змін у навколишньому середовищі шахти, прогнозувати аварійні ситуації та розпізнавати небезпеку на початкових стадіях, забезпечувати безаварійну експлуатацію конвеєрів.



Нині на окремих вугільних підприємствах знаходять застосування новіші системи контролю, побудовані на сучасній базі датчиків, контролерів і нових алгоритмах.

Прикладом може слугувати нова система автоматичного контролю метану на ТОВ «ТДТЕК-УКРАЇНА» ТОВ «Збагачувальна фабрика Свято-Варваринська», аналіз і експертиза якої проводилася авторами в ІГТМ НАНУ. У системі використано комплект сигналізатора-аналізатора газів ДОЗОР-С із застосуванням волоконно-оптичних ліній зв'язку Gigabit Ethernet. Це апаратура, яка висуває зовсім інші вимоги щодо якості та більш високого ступеня надійності.

На шахті «Ювілейна» ШУ «Першотравенське» застосовують цифрову систему безпеки на базі створення бездротової технологічної мережі WiFi стандарту IEEE 802.11, яка здатна здійснювати передачу даних із датчиків систем безпеки, аварійного сповіщення, вимкнення електроенергії та механізмів у разі перевищення порогових значень датчиків тощо. Експертиза проекту проходила за участю авторів в ІГТМ НАНУ.

Автоматичний контроль вмісту метану здійснюється комплектом стаціонарної апаратури виробництва TROLEX Ltd (Великобританія) з датчиками метану і датчиками швидкості потоку повітря.

Станції керування SU1 і блоки живлення SSE-1 встановлені в РПП.

При досягненні гранично допустимої концентрації метану датчиками AGC_M, а також за мінімально допустимої швидкості потоку повітря в місці встановлення датчиків швидкості потоку повітря AGC_C, знімається напруга з усього електрообладнання. Також здійснюється світлова індикація в місці встановлення датчика, аудіовізуальна сигналізація, що встановлена на SU1, звукова та візуальна сигналізація на АРМах оператора АГК і гірничого диспетчера.

Телевимірювання і телесигналізація з усіх датчиків через контролери ПЛК видається на АРМ оператора АГК і гірничого диспетчера, а також записується і зберігається на сервері протягом 1 року.



Нова система проходить доопрацювання в процесі експлуатації.

5.2. Основні недоліки та шляхи поліпшення роботи систем АГК на вугільних підприємствах України.

Проаналізуємо окремо недоліки та шляхи поліпшення роботи систем АГК на вугільних шахтах України.

Недоліки систем управління і моніторингу аерогазового стану у вугільних шахтах наступні [22]:

1. Можливість «несанкціонованого втручання» в роботу термokatалітичних датчиків метану.

2. Обмеженість кількості точок контролю метану в лаві, що не дозволяє мати інформацію про розподіл концентрацій CH_4 по всьому об'єкту контролю, особливо гостро це позначається зі збільшенням протяжності очисного забою і підвищенням навантажень на нього.

3. Неможливість за допомогою тільки стаціонарних датчиків метану забезпечити швидкодію засобів автоматичного газового захисту $\leq 0,8$ с, регламентоване нормативними документами на випадок швидкоплинних процесів утворення вибухонебезпечних концентрацій CH_4 при раптових викидах вугілля і газу, гірських ударах і інших масштабних газодинамічних явищах.

4. Невирішеність завдань, пов'язаних з реакцією засобів автоматичного газового захисту на короткочасні пульсації концентрацій CH_4 з амплітудою, що незначно перевищує допустиму норму.

5. Недосконалість методів і засобів контролю швидкості, витрати і напрямку руху повітря в шахтних виробках, велика їх інерційність і низька швидкодія.

6. Потреба в коригуванні нормативних документів щодо аерогазового контролю на вугільних підприємствах.

Розкриємо детальніше проблеми, що виникають за пунктом 1.



У ряді випадків можливе несанкціоноване втручання в роботу апаратури контролю метану, пов'язане з обмеженням доступу атмосфери до чутливого елемента датчика, що бажано визначати в автоматичному режимі. Існують деякі способи визначення подібних ситуацій [23]. Як часто буває в реальних умовах, в результаті несанкціонованого втручання в роботу апаратури для запобігання аварійного відключення обладнання на ділянці, наприклад, шляхом накидання на датчик фуфайки і поліетиленового мішка, або опускання датчика на ґрунт виробки, на сервер і оператору АГК надходить недостовірна інформація від датчиків контролю аерогазового стану. Це призводить до пропуску аварійної по газу ситуації в шахтних виробках і зниження рівня безпеки праці на ділянках. В ІГТМ НАНУ авторами розроблено ряд способів запобігання несанкціонованого втручання в систему АГК шахти [24,25].

Розглянемо питання, пов'язані з другим пунктом недоліків АГК.

Метан, змішуючись з повітрям, вибухає при концентрації в середньому від 5 до 15%. Ці значення можуть дещо змінюватися під впливом температури і тиску повітря, а також температури джерела займання. За встановленими правилами прийнято вважати безпечною концентрацію метану в атмосфері шахти, що дорівнює менше 2%, при цьому для найбільш небезпечних зон - очисних і підготовчих забоїв і виїмкових діляниць, де виділяється основна кількість газу, допустима концентрація встановлена 1% (в середньому по перетину виробки). Саме при такій концентрації відбувається відключення електроенергії на ділянці. Так налаштована система автоматичного газового захисту. Але при цьому не враховується, що метан розподіляється нерівномірно по перетину виробки. Недостатність просторової мережі датчиків ускладнює побудову поточних і прогнозних картин аерогазового стану в виробках (особливо для динамічних газопроявлень) і унеможлиблює відтворення картин геогазового стану в зонах ведення гірських робіт. У практичному плані контроль граничного вмісту метану міг би вважатися достатнім за умови його підтримки по всьому об'єму очисного забою. Однак просторовий розподіл концентрації метану, особливо при працюючому комбайні по відбиванню вугілля, є



нерівномірним і може перевищувати допустимі 2% в місцевих скупченнях, що мають місце в зоні роботи комбайнів і бурових верстатів. До наймовірніших місць формування підвищених концентрацій метану відносяться також підпокрівельні простори в лавах і тупикових гірничих виробках, де можуть виникати шарові скупчення, які не провітрюються вентиляційним струменем.

Питання по пункту 3 пов'язані з розвитком науково-технічної бази удосконалення конструкції і параметрів існуючої вимірювальної техніки, що застосовується в системах АГК вугільних шахт.

На шахтах України для аерогазового контролю найбільш часто застосовується апаратно-програмний комплекс подання та обробки інформації щодо аерогазових обставин в гірських виробках КАГП. Цей комплекс здійснює прийом і аналіз дискретних сигналів апаратури АКМ і апаратури ІСНВ, а також зберігання цієї інформації на жорсткому диску сервера ділянки АГК, що дає можливість оперативного управління режимами видобутку вугілля шляхом прогнозування газового стану та управління технологічними рішеннями [26].

Основні причини отримання неправдивих даних наступні:

- низька швидкодія датчиків;
- проблема з електроживленням;
- перенесення датчиків;
- невірна настройка і розташування датчиків контролю;
- втрата зв'язку з сервером;
- ремонтні операції з системою контролю;
- відсутність датчиків швидкості повітря в місцях розміщення датчиків

контролю метану.

Необхідне вдосконалення програмного забезпечення комплексу рудничного моніторингу з метою його переведення на якісно новий рівень - від контролю до прогнозу ситуацій при планованих технологічних параметрах та режимах роботи вибоїв.

Як зазначено в роботі [23], проблемою є питання впливу газових перевантажень на параметри засобів АКМ. Це пов'язано з тим, що



термокаталітичні сенсори датчиків метану, які мають близьку до лінійної вихідну характеристику у вузькому робочому діапазоні - від 0 до 5% об'ємної частки CH_4 , піддаються впливу концентрацій, що істотно перевищують робочий діапазон. Такі перевантаження призводять до спотворення вихідних сигналів, зміни параметрів перетворювачів і до появи ефекту «селективного пропуску цілі». Ефект з'являється у вигляді припинень спрацьовування метанометров, коли концентрація метану перевищить певний рівень.

Крім того, так як тривалість перехідних процесів у виконавчих пристроях не менше 1,2 с, можна припустити, що апаратура АТ 1-1 (АТЗ-1) не реагуватиме на окремі інтенсивні загазування атмосфери виробок. У зв'язку з цим набуває особливої важливості оцінка технічного стану газоаналізаторів, що відпрацювали розрахунковий термін служби.

Важливим аспектом надійного функціонування системи АГК в шахті є якісні характеристики вимірювальних приладів первинного рівня, зокрема, метанометров, для яких істотним є їх перешкодостійкість, точність вимірювання і швидкодія.

Час реакції датчика на зміну вимірюваного параметра особливо важливий при вирішенні питань по пункту 4.

Норми України (ГОСТ 24032-80 «Прилади шахтні аналітичні - Загальні технічні вимоги. Методи випробувань.») встановлюють вимоги щодо швидкодії для метанометров, які застосовуються на пластах, небезпечних за раптовими викидами. Для швидкодіючих метанометров встановлені два критерії:

А) Критерій за часом спрацьовування по об'ємній частці метану не більше 0,8 с (ГОСТ 24032-80, с.1.18, с. 3.18.1),

В) Критерій за часом спрацьовування по швидкості зростання об'ємної частки метану рівний 2 с, при швидкості 0,5% метану в 1с (ГОСТ 24032-80, с. 1.18).

Критерій А передбачає, щоб в разі перевищення встановленого порогу тривоги детектування і автоматичне розмикання контактів метанометра відбулося протягом часу, що не перевищує 0,8 секунди після появи концентрації



метану, що перевищує встановлений поріг.

Критерій В передбачає, щоб в разі підвищення концентрації метану детектування і автоматичне розмикання контактів метанометра відбулося за час в менш ніж 2 секунди (зі збільшенням CH_4 на 0,5% в секунду) з моменту появи такого збільшення.

Для вирішення цього завдання польськими фахівцями на базі метанометра ММ-4 був розроблений швидкодіючий метанометр ММ-4В, який відповідає українським нормативним документам в частині вимог до швидкодіючих датчиків, що застосовуються на пластах, небезпечних за раптовими викидами.

В даний час метанометри ММ-4/ММ-4В працюють на більшості польських шахт, а також на «Шахті ім. Засядька» (з 2010 р) і «Суходольська-Східна» (з 2012 р) в Україні. У 2010 році на «Шахті ім. Засядька» була впроваджена перша швидкодіюча система моніторингу параметрів рудничного середовища БМР-ШУА. На цій шахті, а також на шахті Суходольська-Східна система відмінно себе зарекомендувала, що істотно знизило ризик аварій, пов'язаних із запаленням або вибухом метану.

Метанометри ММ-4/ММ-4В відрізняються високою точністю вимірювання в діапазоні від 0 до 5% CH_4 :

- ° 0-2% CH_4 - $\pm 0,1\%$ CH_4
- 2-5% CH_4 - $\pm 5\%$ значення показання.

Вимірювання повністю здійснюється в вимірювальній голівці. Результат кожні 200 мс відправляється в метанометр, де він зберігається і відправляється на поверхню в телеметричну станцію. У вимірювальній голівці розташовується мікроконтролер, який зчитує значення з пеллесторів 14 разів за 200 мс, обчислюється модифікована медіана з вибірки (відкидаються крайні мінімальні та максимальні значення і з решти вибірки обчислюється середнє значення), яка відправляється в метанометр для прийняття керуючого рішення. На підставі даних результатів приймається рішення про відключення електричної енергії, а дане значення концентрації метану відображається на дисплеї метанометра. У пам'яті метанометра зберігається найвище значення концентрації з 10



обчислених медіан за період 2 с. Дана інформація відправляється на поверхню в телеметричну станцію. Для швидкодіючих метанометров ММ-4В була введена модифікація, яка обчислює медіану з 7 вимірів за 200 мс. Отримані результати беруть участь в швидкодіючих алгоритмах обробки даних відповідно до українських стандартів. Такі датчики по параметрам перевершують вживані в даний момент в більшості систем АГК на вугільних шахтах України. Використання такого алгоритму обробки сигналу від пелісторов було продиктовано результатами досліджень, проведених в Інституті Інноваційних Технологій ЕМАО (Польща).

Збільшити швидкодію апаратури газового контролю можливо за рахунок зниження постійної часу термодаталітичних датчиків при виконанні їх двокамерними і застосуванні різних теплових режимів елементів. У цьому напрямку працюють українські дослідники [27].

Згідно з пунктом п'ятим слід зауважити, що на шахтах в умовах геодинамічних явищ (ГДЯ) можливе різке збільшення швидкості повітряних потоків в виробках з вихідним вентиляційним струменем, а також різке зниження швидкості або реверсування потоку повітря у виробці зі свіжим струменем. Для оперативного виявлення цих процесів в системах аерогазового контролю повинні застосовуватися малоінерційні датчики швидкості повітря.

Щодо шостого пункту, то особливу увагу слід приділити існуючим нормативним документам, які визначають проектування і експлуатацію систем АГК на вугільних шахтах України. Перехід до комплексного обліку всіх факторів, що впливають на аерогазову безпеку в шахтах, стримується відсутністю в існуючій нормативно-правовій базі норм і вимог щодо узагальнених показників безпеки при сукупній дії ряду небезпечних факторів. З огляду на це в подальшому, при регламентованому перегляді існуючих нормативно-правових актів, доцільне їх доопрацювання з урахуванням нових технічних засобів і вимог. Це питання ми докладно розглянемо нижче у окремій главі.



5.3. Перспективні рішення для підвищення ефективності роботи системи АГК в умовах вугільних підприємств України.

Нині на вугільних підприємствах України існує необхідність у підвищенні якості аерогазового моніторингу, оскільки це безпосередньо впливає на безпеку робіт. У зв'язку з цим способи і методи аерогазового контролю постійно вдосконалюються у вищевказаних напрямках.

Водночас, з удосконаленням системи поточного контролю аерогазової ситуації в шахтних виробках, набувають особливої важливості питання прогнозування метанообільності очисних вибоїв, що дає можливість передбачати аварійні ситуації у виробках.

Авторами у роботі [28] запропоновано багатовимірну регресійну модель прогнозування метанонасиченості очисних вибоїв за даними випробування за допомогою керногазозабірників (КГН), проте це може бути застосовано на стадії геологорозвідки та не враховує інтенсивності просування робіт з виїмки вугілля.

Як показано в роботі [29], максимально допустиме навантаження на очисний забій за газовим фактором слід розраховувати на основі умов прогнозу газообільності очисних забоїв і виїмкових ділянок за даними фактичного газовиділення в лави-аналоги або ж на підставі даних природної газонебезпеки пластів, що розробляються.

Останнім часом розроблено низку способів прогнозу метановиділення в підготовчій виробці, які можна застосовувати під час автоматизованого поточного прогнозу метанонасиченості в ув'язці з даними телеконтролю вмісту метану у виробках для визначення поточної витрати повітря під час їх провітрювання. Для цього окремо визначають концентрацію метану в періоди роботи комбайна і за відсутності виймання вугілля при розвантаженому конвеєрі. Прогноз здійснюють на основі вимірювань динаміки концентрації метану і витрати повітря для провітрювання виробки з урахуванням фактичних витрат повітря під час вимірів концентрації метану і коефіцієнтів



метановиділення за джерелами для фактичної та проектної довжин виробок [26].

Прогноз газового балансу очисного забою можна здійснювати шляхом вимірювання обсягів видобутого вугілля та інтенсивності газовиділення, встановлення залежності між вимірюваними величинами та визначення показника газовіддачі пласта, що відпрацьовується. Зазначені вимірювання проводять у кожну зміну з видобутку вугілля, а показник газовіддачі пласта визначають за інтенсивністю найбільшого газовиділення під час циклу відбирання вимірюваного вугілля. Причому, частку газового балансу пласта, що відпрацьовується у призабійний простір, встановлюють відношенням інтенсивності найбільшого газовиділення з пласта та інтенсивності газовиділення очисного вибою в цілому [26]. Цей спосіб дає змогу підвищити достовірність прогнозу газовиділення в призабійний простір очисного вибою і рекомендувати способи й параметри дегазації пласта, що відпрацьовується, та виробленого простору, забезпечивши нормативні параметри рудникового повітря в забої лави і на виїмковій ділянці.

Підвищення точності прогнозу метанонебезпечності шахт за показниками вмісту метану у вугільних пластах за числовими значеннями абсолютної метанообільності очисних виробок було запропоновано способом, що включає визначення витрати метану з джерел його виділення на виїмкових дільницях шахти за метаноносністю вугільних пластів та залишкової метаносності відбитого у забої вугілля. Крім того, визначають також продуктивність вуглевидобувної техніки, ступінь природної дегазації та абсолютне метановиділення на виїмкових дільницях шахти за рекомендаціями, наданими у роботі [26].

У роботі [30] запропоновано пристрій, що дає змогу на підставі даних про стан рудничної атмосфери та електрообладнання, а також автоматичного газового захисту (АГЗ) на ділянці розраховувати ймовірність небезпечного аерогазового стану в забої та діагностувати стан обладнання. Пристрій виконує такі функції: реєстрацію концентрації метану через рівні проміжки часу і формування поточної вибірки концентрації; обчислення швидкості зміни



концентрації метану; кореляційний аналіз поточної вибірки концентрації з «небезпечними» вибірками; облік ресурсу апаратури газового захисту та датчиків метану; облік ресурсу комутаційної та пускової апаратури дільниці; облік кількості пошкоджень кабелю; розрахунок ймовірності безвідмовної роботи обладнання на основі апіорних даних та виміряного часу роботи. Це дає змогу прогнозувати небезпечні стани у забої та планувати необхідні організаційні й технічні заходи з дегазації.

У роботі [31] обґрунтовуються можливості створення геоінформаційної системи моніторингу аерогазової обстановки в гірничих виробках (ГІСМ АГО), яка базується на моделях фізичних процесів у зонах ведення гірничих робіт, математичних засобах моделювання та прогнозування картин аерогазового стану в цих зонах і геоінформаційному середовищі, що інтегрує гірничо-геологічні, маркшейдерські, технологічні, модельні та оперативні (телеметричні) дані. Для її створення необхідні: модернізація систем моніторингу шляхом використання потужних комп'ютерних технологій; забезпечення достатнього рівня збирання телеметричних даних з виїмкових ділянок, у т.ч. шляхом розвитку просторової мережі датчиків, включно з датчиками гірничого тиску, для побудови повніших поточних і прогнозних картин аерогазового стану у виробках. Для процесу створення і розвитку ГІСМ АГО автор роботи [31] сформулював п'ять класів завдань, що включають розвиток повноти просторової мережі датчиків і завдання прогнозування на різних рівнях, включно з реалізацією в рамках локальних мереж шахт, корпоративних мереж підприємств і регіону. Також запропоновано детальну тактику поетапної реалізації геоінформаційної системи. Створення такої якісно нової системи можливе тільки за нового підходу до моделювання процесів, що враховує сучасний рівень досліджень у галузі рудникової аерології та геомеханіки, а також досягнення в галузі інформаційних технологій.

При створенні нових систем моніторингу велике значення має поточний прогноз, за допомогою якого можна визначити кількість повітря, необхідного для провітрювання виробок. У зв'язку з цим в ІГТМ НАН України розробляють



засоби автоматизованого управління аерогазовим станом для автоматичного регулювання режимами вентиляційних установок. Тобто, за показаннями датчиків метану, датчиків швидкості та напрямку повітря, а також геологічних і технологічних параметрів ділянки робиться прогноз необхідної кількості повітря для провітрювання виробки за спеціальним алгоритмом, який реалізується контролером, що керує вентиляційною установкою. В екстрених випадках автоматично підключаються резервні вентилятори. Це дає змогу знизити енергоємність роботи вентиляційних установок і оперативніше реагувати на зміну аерогазових обставин на виробничій ділянці.

Так, ІГТМ НАН України запропоновано спосіб управління провітрюванням підготовчої виробки, суть якого пояснюється наступним [32]. Як відомо, у разі збільшення довжини виробки з фактичної L_ϕ , м. до проєктної L , м.

метановиділення з масиву збільшується пропорційно коефіцієнту $\sqrt{\frac{L}{L_\phi}}$, а з відбитого вугілля пропорційно коефіцієнту $\sqrt[4]{\frac{L}{L_\phi}}$. Якщо замінити проєктну довжину виробки на поточну L_x , м, тобто

$$L = L_x, \text{ м}, \quad (1)$$

то поточний прогноз витрати повітря для провітрювання можна розрахувати з виразу:

$$Q_s = Q_\phi \left[1,88(\bar{C}_{\max} - C_0) \sqrt[4]{\frac{L}{L_\phi}} + C_0 \sqrt{\frac{L}{L_\phi}} \right], \text{ м}^3/\text{хв}, \quad (2)$$

де Q_x - фактична витрата повітря у виробці під час заміру концентрації метану, м³/хв;

C_0 - концентрація метану виробки, зумовлена метановиділенням із масиву вугілля (при розвантаженому конвеєрі), %;

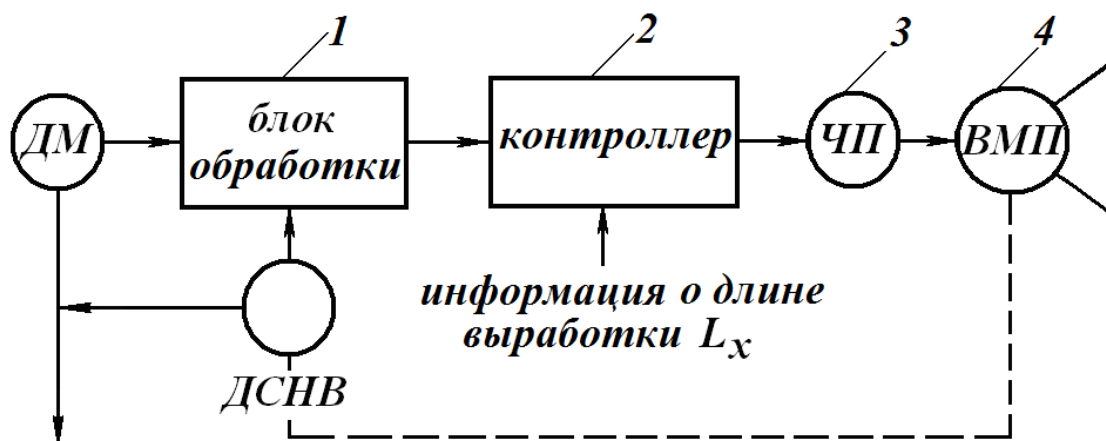
\bar{C}_{\max} - середнє значення максимумів концентрації метану в період роботи комбайна (огиначаючої) протягом циклу виїмки (відбій вугілля - кріплення виробки), %;



K_p - коефіцієнт перевищення середнього з максимумів концентрації з імовірністю p (наприклад, при $p = 0,95$ $K_p = 1,88$).

Тоді на підставі цієї інформації з'являється можливість керувати режимами роботи вентиляторів місцевого провітрювання ВМП.

На малюнку 1 показано блок-схему, що описує спосіб управління провітрюванням підготовчої виробки.



*на диспетчерский
пункт*

Рисунок 1 – Блок-схема способу управління провітрюванням підготовчої виробки.

Інформація з датчиків метану ДМ і датчика швидкості і напрямку повітря ДСНВ поступає у блок обробки 1, в якому сигнали перетворюються в цифрову форму, обчислюється витрата повітря Q_ϕ для даної довжини виробки L_ϕ , середнє значення концентрації метану в період роботи комбайна в перебігу циклу виїмки \bar{C}_{\max} , і концентрація метану у виробці, що обумовлена метановиділенням з масиву вугілля (при розвантаженому конвеєрі) C_0 . Потім згідно (2) будується залежність витрати повітря Q_x від поточної довжини виробки L_x , і ця інформація передається в блок контролера 2. У блок контролера 2 з призабійного простору поступає інформація про поточну довжину виробки L_x , по якій контролер визначає необхідну для провітрювання витрату повітря Q_x і, виходячи з цього, формує сигнал управління частотним перетворювачем 3, який відповідно



регулює частоту обертання приводу вентилятора місцевого провітрювання 4 (ВМП).

Крім того, інформація з датчиків передається на комп'ютер диспетчерові для запису історії аерогазової обстановки у виробці. При цьому, якщо горно-геологічна ситуація змінюється, операція розрахунку витрати повітря проводиться заново для нових даних.

В результаті запропонованого способу управління провітрюванням підготовчої виробки з'являється можливість управління вентиляторами місцевого провітрювання шляхом регулювання режимами роботи приводів вентиляторів на підставі розрахунку залежності витрати повітря від довжини виробки, що базується на даних телеконтроля вмісту метану у виробці. Це призведе до зниження енергоємності роботи вентиляторів, а значить, підвищенню їх терміну служби і надійності, економії витрати повітря, а також дозволить обгрунтовано управляти параметрами атмосфери у виробці з точки зору правил безпеки.

Також авторами розроблено різні модифікації цього способу управління провітрюванням: с запобіганням вибухонебезпечних ситуацій [33], для виробок з шаровими скупченнями [34], з урахуванням запиленості [35], за допомогою системи дегазації [36].

Авторами розроблено спосіб управління провітрюванням підготовчої виробки у шахті при розробці пластів, схильних до самозаймання, в якому з'являється можливість більш ефективного управління провітрюванням таких виробок шляхом постійного контролю рівня вмісту оксиду вуглецю у вихідному струмені повітря. Це дає можливість своєчасно виявити небезпеку виникнення пожежі на ранній стадії та підвищити рівень безпеки праці працівників виїмкової ділянки [37].

Спосіб пояснюється на рисунці 2, де показано блок-схему, що описує пропонуваній спосіб управління провітрюванням підготовчої виробки у шахті при розробці пластів, схильних до самозаймання.

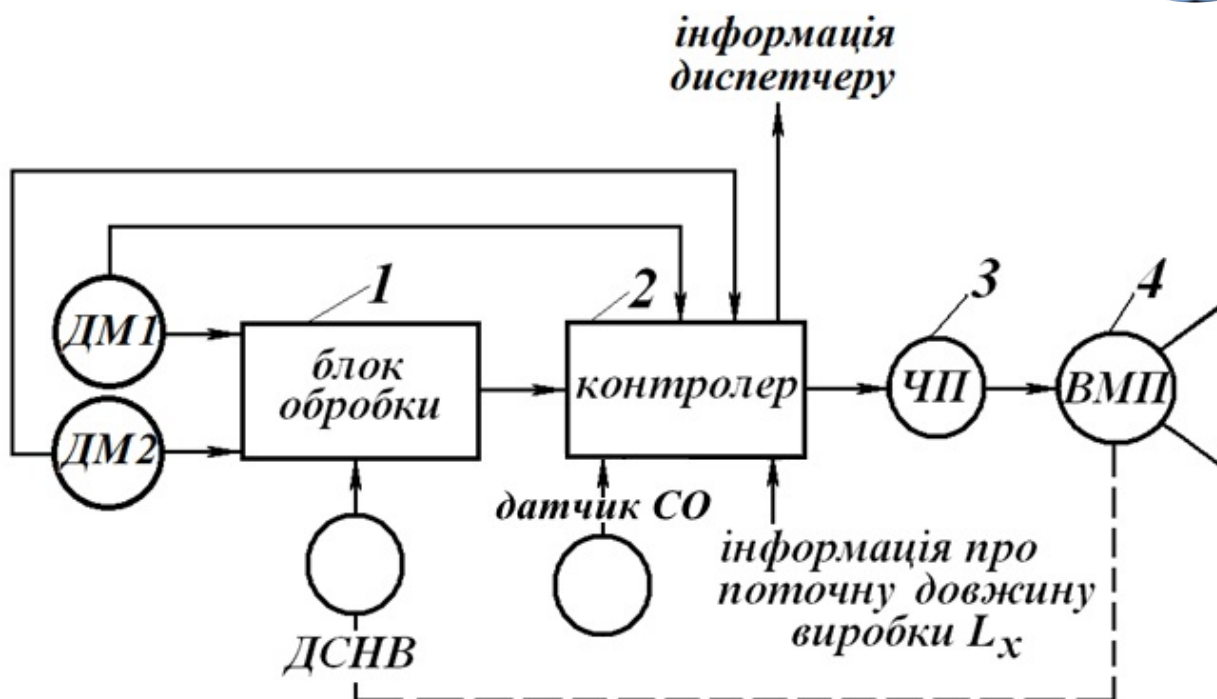


Рисунок 2 – Блок-схема способу управління провітрюванням підготовчої виробки у шахті при розробці пластів, схильних до самозаймання.

Спосіб реалізується наступним чином.

Інформація з датчиків метану: ДМ1, встановленого у призабійному просторі і ДМ2, встановленого у гирлі виробки, і з датчика швидкості і напрямку повітря ДСНВ надходить у блок обробки 1, і далі за алгоритмом, що приведено у способі [9], контролер 2 формує сигнал управління частотним перетворювачем 3 (ЧП), який відповідно регулює частоту обертання приводу вентилятора місцевого провітрювання 4 (ВМП).

У реальних шахтних умовах при проходці виробки трапляються локальні метановиділення, які різко підвищують рівень вмісту метану, що створює в контрольованій зоні аварійно небезпечну ситуацію. Для запобігання цьому інформація з датчиків ДМ1 і ДМ2 заводиться на контролер, де показання датчиків безперервно порівнюються з пороговими нормативними рівнями вмісту метану. У разі, якщо показання хоча б одного з датчиків перевищать пороговий нормативний рівень, контролер переводить режим управління ЧП і ВМП в аварійний і вентилятор починає працювати більш інтенсивно. Коли показання



датчика, що перевищили пороговий рівень, увійдуть в норму, контролер знову перемикає управління вентилятором в звичайний режим згідно розрахованої кривої [32].

Однак, при розробці пластів, схильних до самозаймання, існує небезпека виникнення пожежонебезпечної ситуації, особливо при збільшенні інтенсивності вентиляційного струменя. Для цього в 10-20 метрах від гирла виробки на вихідному струмені встановлюють стаціонарний датчик СО (оксиду вуглецю), інформація від якого надходить в контролер, де порівнюється з пороговим значенням вмісту СО. Якщо, особливо в аварійному режимі вентиляції, відбувається збільшення вмісту СО в точці контролю, це свідчить про ранні ознаки виникнення пожежі, і при досягненні порогового рівня контролер дає команду на ЧП про зниження інтенсивності подачі свіжого струменя у виробці з наступним відключенням споживачів електроенергії, зупинкою робіт, евакуацією людей та іншими протипожежними заходами.

Крім того, інформація про аварійно небезпечну ситуацію надходить на комп'ютер диспетчерові для запису історії аерогазових обставин у виробці.

Також авторами розроблено низку способів управління навантаженням на очисний забій, а також управління продуктивністю очисного комбайна в підготовчих виробках за газовим фактором [38,39,40,41].

Розглянемо один з них - спосіб управління швидкістю проходки підготовчої виробки за газовим фактором [39]. Він включає визначення концентрації метану, кількості повітря для провітрювання очисної виробки, навантаження на забій, перерахунок навантаження за газовим фактором та порівняння його з реальним. В процесі роботи оцінюють можливості системи вентиляції, і якщо вони вище необхідних для даної швидкості проходки, визначають запас по продуктивності прохідницького комбайна і передають на комбайн інформацію про можливість збільшення швидкості проходки до величини, яка враховує вимоги правил газової безпеки в шахті.

В результаті запропонованого способу управління навантаженням на забій підготовчої виробки за газовим фактором з'являється можливість управління



продуктивністю прохідницького комбайну шляхом більш ефективного використання системи вентиляції виробки на підставі визначення запасу по продуктивності для реальних умов, що базується на показаннях датчиків метану та витрати повітря. Це призведе до підвищення швидкості проходки підготовчої виробки, тобто до підвищення ефективності роботи дільниці без зниження рівня техніки безпеки.

Спосіб пояснюється на рисунку 3.

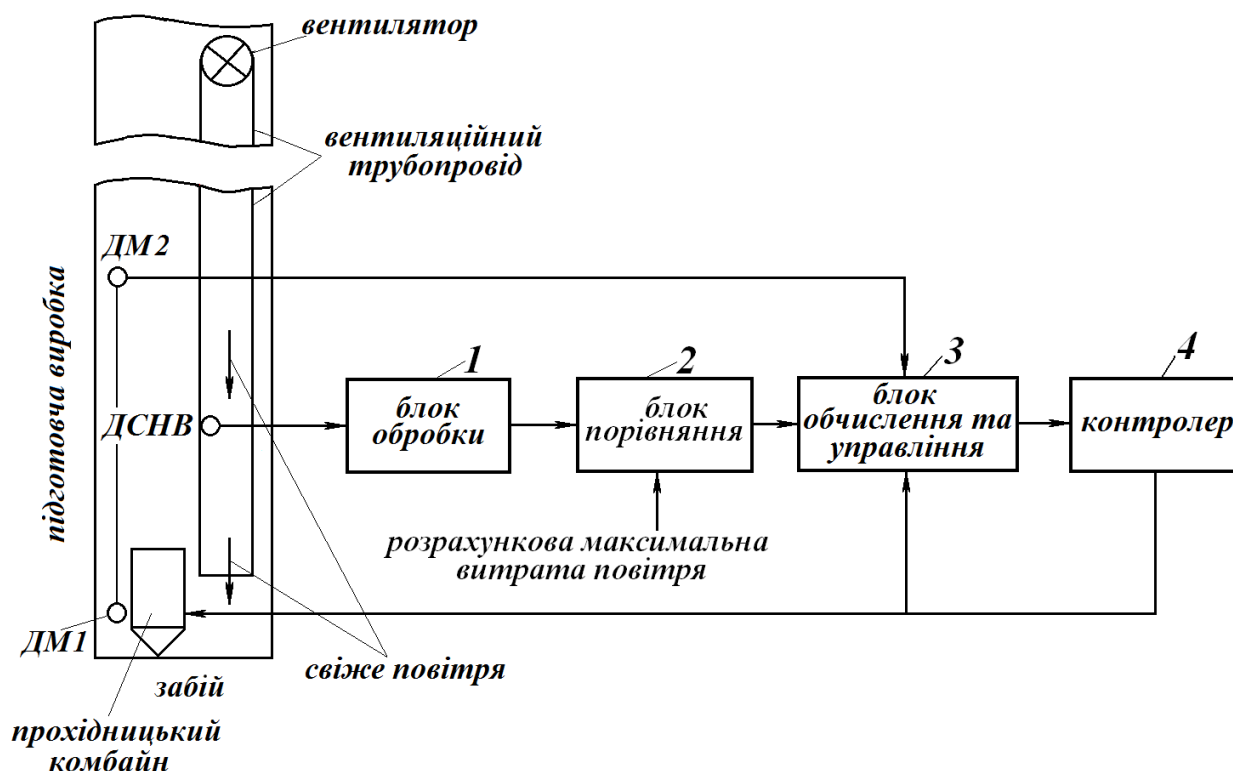


Рисунок 3 – Блок-схема способу управління швидкістю проходки підготовчої виробки за газовим фактором.

Спосіб реалізується наступним чином.

Інформація від датчика швидкості і витрати повітря ДСНВ надходить в блок обробки 1, де розраховується поточна витрата повітря для провітрювання виробки, і ця інформація передається в блок порівняння 2. Там вона порівнюється з максимально можливою витратою повітря, яку може забезпечити існуюча система вентиляції (вентилятор і трубопровід), і дані про запас повітря передаються в блок обчислення і управління 3. У блоці 3 по запасу повітря



обчислюється запас по продуктивності прохідницького комбайну, причому інформація про поточну продуктивність передається на блок 3 з комбайна. Інформація про запас по продуктивності передається на контролер 4, який формує сигнал для машиніста прохідницького комбайну. Цей сигнал інформує, на скільки можна збільшити швидкість проходки підготовчої виробки. Також в блок 3 подається сигнал від датчиків метану ДМ1 і ДМ2 для того, щоб відстежувати максимальний рівень продуктивності, який повинен відповідати вимогам нормативних документів з техніки безпеки за рівнем концентрації метану у підготовчій виробці.

Ця процедура повторюється кожен раз змінюючи, і таким чином відбувається управління швидкістю проходки підготовчої виробки за газовим фактором.

Також авторами розроблено ряд способів, що попереджують несанкціоноване втручання у роботу системи АГК, що, як вказувалося вище, заважає нормальному її функціонуванню [24,25].

Так, наприклад, в результаті запропонованого способу аерогазового контролю у шахтних виробках [25] з'являється можливість надійного запобігання «несанкціонованого втручання» в роботу датчиків контролю шахтної атмосфери на основі застосування пиломіра, що працює паралельно з датчиком метану та відеокамерой, що базується на аналізі показань пиломіра і порівнянні їх з показаннями датчика і відеокамери. Це дозволить підвищити надійність роботи системи аерогазового контролю, тобто знизити ризик аварійно небезпечних ситуацій і підвищити якість умов роботи шахтарів з точки зору правил безпеки.

Спосіб пояснюється рисунком 4, на якому показано блок-схему, що описує запропонований спосіб.

Спосіб реалізується наступним чином.

Інформація з датчика метану ДМ (1) безперервно надходить на апарат сигналізації АС (3), з якого у вигляді телеінформації передається на вінчестер в диспетчерський пункт і в блок обробки БО (4). Спільно з датчиком метану ДМ встановлюється відеокамера ВК (2), яка паралельно веде запис у вигляді

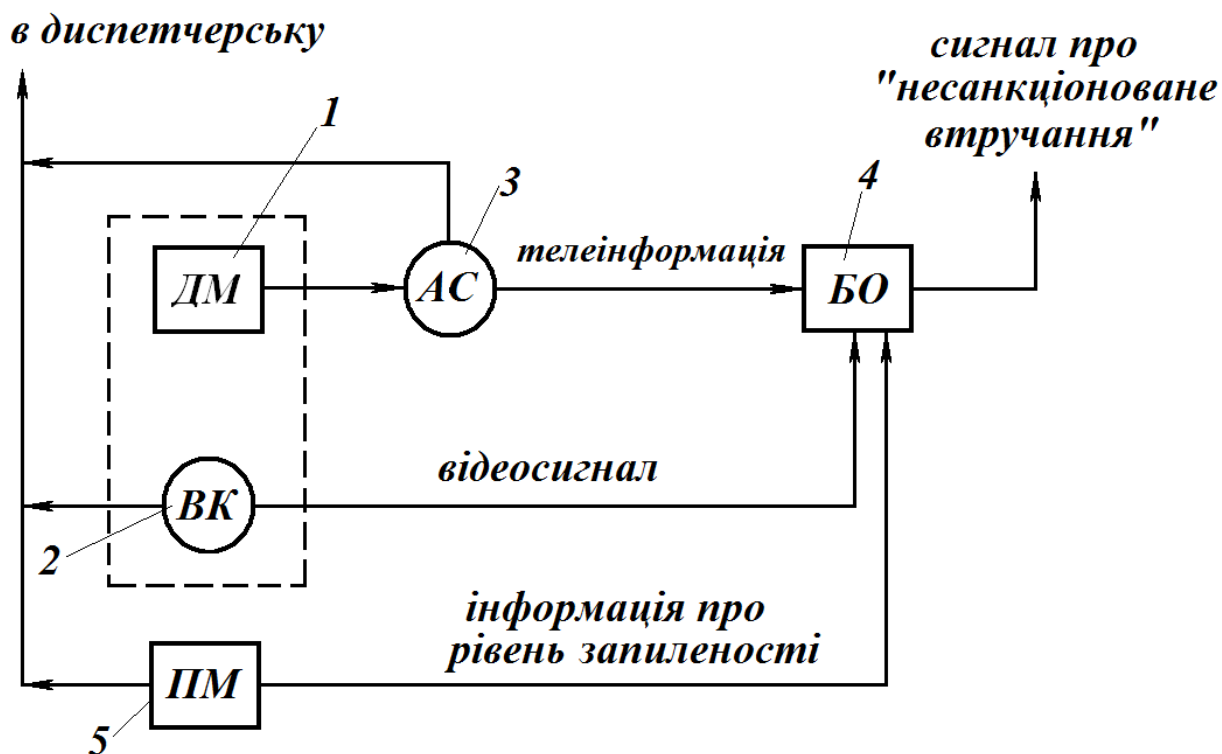


Рисунок 4 – Блок-схема способу аерогазового контролю у шахтних виробках.

відеоінформації про навколишній простір, що також передається в диспетчерську, записуючись на вінчестері і відображаючись на моніторі. Крім того, відеосигнал в цифровому вигляді передається в блок обробки БО. На невеликій відстані в межах зони контролю встановлений пиломір ПМ (5), що вимірює запиленість в цій зоні і також передає інформацію в диспетчерську і в блок обробки.

При блокуванні доступу рудникового повітря до вимірювального елемента датчика ДМ відеокамера ВК реагує на порушення видимості, змінюються параметри відеосигналу і в блоці обробки БО формується сигнал тривоги. Але це також може статися при різкому підвищенні рівня пилу, і сигнал про навмисне блокування датчика метану буде помилковим. Для виключення цього служить пиломір ПМ. Якщо одночасно зі зміною відеосигналу камери ВМ і зміною сигналу від датчика метану ДМ сигнал від пиломіру ПМ не змінюється, то при настанні цих трьох подій блок обробки БО видає сигнал тривоги про



«несанкціоноване втручання», що надходить на диспетчерський пункт.

Слід зауважити, що внаслідок розвитку нових інформаційних технологій і появи більш точних датчиків на прогресивній елементній базі завдання контролю аерогазового стану під час проведення гірничих робіт виходить на новий інтелектуальний рівень, що покликане значно підвищити безпеку праці у вугільній галузі.

5.4. Аналіз і рекомендації щодо коригування нормативних документів по аерогазовому контролю на вугільних підприємствах України.

Основним документом, що регулює проектування і експлуатацію систем аерогазового контролю (АГК) є «Правила безпеки у вугільних шахтах» НПАОП 10.0-1.01-10 зі змінами [4] (розділ 6 - Руднична аерологія). Це документ, що визначає основні принципи і правила організації АГК на вугільних шахтах України. Документами, в яких міститься більш детальна інформація про правила проектування, монтажу та експлуатації систем АГК на шахтах, є: "Тимчасове керівництво по обладнанню та експлуатації систем аерогазового контролю у вугільних шахтах" (АГК) вид. 1991р. [42]; "Інструкції з контролю складу рудникового повітря, визначення та встановлення категорії шахт за метаном". (НПАОП 10.0-5.02-04), 2003р. м.Київ [43]. У цих документах дані більш докладні роз'яснення по багатьом пунктам «Правил безпеки...». Однак, як показує аналіз та практика експертних досліджень проектів АГК на більш, ніж 25 вугільних підприємствах України, проведених авторами в ІГТМ НАНУ, деякі пункти цих документів потребують доопрацювання і коригування.

Слід зауважити, що при проектуванні, установці та експлуатації систем АГК керуватися декількома документами вкрай непродуктивно. Крім того, "Тимчасове керівництво по обладнанню та експлуатації систем аерогазового контролю у вугільних шахтах" (АГК) вид. 1991р. [42] застаріло, так як в ньому немає чіткого переліку місць установки стаціонарних датчиків контролю метану



з їх уставками, а це питання обмежене лише типовими схемами розстановки датчиків в шахтних виробках, що ускладнює використання «Тимчасового керівництва ...» проектними установами та шахтними службами АГК. "Інструкції з контролю складу рудникового повітря, визначення багатогазовості та встановлення категорії шахт за метаном". (НПАОП 10.0-5.02-04), 2003р. м.Київ [43] також потребують доопрацювання. Виходячи з цього виникає необхідність створення нового спеціалізованого нормативного документа з проектування та експлуатації систем АГК в вугільних шахтах, що враховує появу нових засобів контролю, обробки, аналізу та зберігання даних, нових програмних засобів, комплексний підхід до врахування всіх факторів, що впливають на аерогазову безпеку в шахтах.

Розглянемо можливі зміни, якими можна доповнити «Інструкції ...» [43], щоб врахувати всі чинники, що впливають на аерогазові обставини в шахті.

У цьому документі повинні враховуватися засоби безперервного автоматичного вимірювання концентрації пилу в рудниковому повітрі з метою санітарно-гігієнічного контролю, технологічного контролю рудничної атмосфери і зниження пилових небезпечностей, що, на нашу думку, має входити до функцій системи АГК. В даний момент в Україні питання, пов'язані з пилових безпекою, регулюються окремим документом НПАОП 10.0-5.08-04. «Інструкція з виміру концентрації пилу в шахтах та обліку пилових навантажень» (54604) [44]. У ній зазначено (пункт 1), що виміри концентрації пилу в шахтах повинні здійснюватися шляхом відбору проб пилу аспіраційними приладами (пробонаборниками) епізодичної дії, або вимірювання концентрації пилу переносними пиломірами, допущеними для застосування у вугільних шахтах.

Для оперативного пилового контролю допускається застосування апаратури стаціонарного автоматичного контролю за допомогою датчиків, встановлених в гірничих виробках. Але в документі не вказані місця установки датчиків контролю пилу, в яких виробках вони встановлюються для здійснення безперервного автоматичного контролю вмісту пилу в рудничній атмосфері



шахт.

Для прикладу можна взяти Положення про аерогазовий контроль у вугільних шахтах [45], згідно якого, система АГК забезпечує безперервне автоматичне вимірювання концентрації пилу в рудниковому повітрі з метою санітарно-гігієнічного контролю, технологічного контролю рудничної атмосфери і зниження пиловибухонебезпечності. Система АГК, відповідно до експлуатаційної документації на засоби контролю пилу і проектними рішеннями по АГК, повинна здійснювати безперервний автоматичний контроль вмісту пилу в рудничної атмосфері шахт:

- 1) у вихідних струменях тупикових виробок;
- 2) у вихідних струменях очисних виробок;
- 3) при проходці або поглибленні вертикальних стволів - у вихідному із стовбура вентиляційному струмені і у прохідницьких полків;
- 4) в місцях навантаження і перевантаження вугілля;
- 5) у вихідних струменях крил та шахт;
- 6) у вихідних струменях виїмкових дільниць;
- 7) у вхідних в очисні виробки вентиляційних струменях при послідовному провітрюванні.

Здійснення контролю запиленості повітря в інших гірничих виробках передбачається проектними рішеннями по системі АГК.

Для здійснення безперервного автоматичного контролю вмісту пилу стаціонарні датчики контролю запиленості повітря встановлюються:

- 1) у вихідних струменях тупикових виробок - на відстані 10-20 м від водяної завіси під покрівлею на боці, протилежному вентиляційному трубопроводу, по ходу руху вентиляційного струменя;
- 2) у вихідних струменях очисних виробок - в 10-20 м від водяної або лабіринтотканевої завіси біля стінки, протилежної виходу з лави, у верхній частині виробки по ходу руху вентиляційного струменя;
- 3) в місцях перевантаження вугілля і в місцях навантаження вугілля - в 5-7 м від місця перевантаження або навантаження за ходом вентиляційного струменя



у верхній частині виробки;

4) у вихідних струменях виїмкових дільниць - у 10-20 м від хідника, ухилу, бремсберга або проміжного квершлягу;

5) у вхідних струменях очисних виробок при послідовному провітрюванні - на відстані не більше 5 м від лави у верхній частині перерізу виробки на боці, протилежному лаві.

Система АГК, яка контролює запиленість повітря, повинна здійснювати місцеву (в місцях найбільш ймовірного знаходження працівників поблизу від місця пиловиділення) світлову і (або) звукову сигналізацію, якщо вміст пилу перевищує: 1) 150 мг/м³ у вихідних вентиляційних потоках очисних і підготовчих виробок, а також в 5-7 м від пунктів перевантаження вугілля по руху вентиляційного струменя повітря; 2) 10 мг/м³ ГДК (гранично допустима концентрація) в основних транспортних виробках з рейковою і дизельною відкаткою і в виробках навколоствольного двору при проведенні в них відповідного контролю.

При коригуванні наших Інструкцій [43] необхідно врахувати застосування для оперативного пилового контролю апаратури стаціонарного автоматичного контролю за допомогою сучасних датчиків пилу, встановлених в гірничих виробках.

В існуючих Інструкціях [43] вимагає коригування розділ з контролю вуглецю, небезпечних і шкідливих газів і кисню. У них зазначено, що «Працівники перевіряють склад повітря на вміст шкідливих газів, для визначення яких потрібна спеціальна апаратура: в зарядних камерах – водню; після підричних робіт – оксиду вуглецю, оксиду й діоксиду азоту; під час відробки пластів вугілля, схильного до самозапалювання, а також на пожежних дільницях і через ізолюючі перемички – оксиду вуглецю і водню; у шахтах з виділенням сірковмісних газів – сірчистого ангідриду і сірководню; у шахтах, небезпечних за нафтогазовиявленнями, – важких вуглеводів.... При відборі проб повітря для визначення вмісту метану, діоксиду вуглецю (вуглекислого газу), кисню, оксиду вуглецю й водню повинні використовуватися еластичні



газонепроникні ємності – гумові камери.... Результати вимірів, виконаних приладами епізодичної дії, заносяться на дошки (див. додаток 5, форму 5). Працівники дільниці ВТБ, крім того, заносять результати виконаних ними вимірів до наряд-путівок. У вихідних струменях очисних виробок вимірюються й заносяться на дошки і в наряд-путівки середня й максимальна концентрації газу. Дошки вимірів концентрації метану й діоксиду вуглецю (вуглекислого газу) повинні встановлюватися у привибійних просторах тупикових виробок, біля ВМП, в місцях вимірювання концентрації газів у вихідних струменях очисних і тупикових виробок, виїмкових дільниць, крил, шахт, у вхідних струменях виїмкових дільниць....Контроль вмісту метану і діоксиду вуглецю (вуглекислого газу) в шахтах відповідно до пунктів 3.7.4, 3.7.5, 3.7.8 Правил безпеки проводиться стаціонарною апаратурою, переносними автоматичними приладами і переносними приладами епізодичної дії». Але крім цієї загальної фрази, контроль стаціонарними датчиками вуглецю, небезпечних і шкідливих газів і кисню не передбачений, а також не регламентовані місця розстановки таких датчиків в шахтних виробках.

На нашу думку, Інструкції [43] повинні включати інформацію за прикладом пункту IV. Контроль оксиду вуглецю, небезпечних і шкідливих газів і кисню документа [45]: система АГК забезпечує безперервний автоматичний контроль вмісту (концентрації) оксиду вуглецю в рудниковому повітрі з метою виявлення ознак підземних пожеж та їх ранніх (початкових) стадій. Система АГК здійснює контроль вмісту оксиду вуглецю: 1) в повітроподавальних виробках, куди надходить свіжий струмень повітря, в вертикальних і похилих стовбурах, в повітроподавальних штольнях і ухилах, на сполученнях повітроподавальних каналів; 2) в гірничих виробках, обладнаних стрічковими конвеєрами; 3) в тупиках вентиляційних виробок, що погашаються услід за очисними забоями; 4) у вихідних струменях шахт; 5) у вихідних струменях виїмкових дільниць і тупикових виробок; 6) у вихідних струменях змішувальних камер; 7) в повітропроводах ГОУ.

При контролі гірничих виробок, обладнаних стрічковими конвеєрними



установками: а) датчики оксиду вуглецю встановлюються на відстані не більше 25 м від приводної, натяжної станцій, місць перевантаження вугілля і зміни кута нахилу конвеєра в напрямку руху вентиляційного струменя; б) в лінійній частині конвеєра датчики оксиду вуглецю розміщуються з урахуванням швидкості руху повітря так, щоб час руху повітря між датчиками не перевищував 10 хвилин; в) датчики монтуються у верхній частині виробки.

Для контролю вмісту оксиду вуглецю та виявлення ранніх ознак виникнення пожеж датчики оксиду вуглецю мають встановлюватись: 1) в повітроподавальних виробках, куди надходить свіжий струмінь повітря, в вертикальних і похилих стовбурах і в повітроподавальних штольнях і ухилах - в 5-20 м від устя виробки; на сполученнях повітроподавальних каналів - в 5-20 м від місця сполучення; 2) у вихідних струменях тупикових виробок - в 10-20 м від хідника ухилу, бремсберга або проміжного квершлягу; 3) у вхідних струменях в очисну виробку - на відстані не більше 5 м від лави у верхній частині перерізу виробки на боці, протилежному від лави; 4) у вихідних струменях очисних виробок - в 10-20 м від очисного вибою у стінки, протилежної виходу з лави; 5) в тупиках вентиляційних виробок, що погашаються услід за очисними забоями - під покрівлею у завалу або перемички, що ізолює погашену частину виробки, у стінки, протилежної виходу з лави; 6) у вихідних струменях виїмкових діляниць - у 10-20 м від хідника, ухилу, бремсберга або проміжного квершлягу; 7) в газовідсмоктувальних трубопроводах підземних і поверхневих газовідсмоктувальних вентиляційних установок - в 2-3 м перед газовідсмоктувальним вентилятором; 8) у виробках з обладнаними змішувальними камерами - під покрівлею на боці споруди змішувальної камери безпосередньо на виході струменя з камери.

Якщо у вироблці із загальним вихідним струменем необхідно встановити кілька датчиків, віддалених один від одного на відстань не більше 100 м, то рекомендується об'єднати точки контролю і використовувати єдиний датчик, який встановлюється в останній з поєднаних точок по ходу руху вентиляційного струменя. Устаткування перерахованих місць датчиками оксиду



вуглецю виконується відповідно до проектних рішень по АГК.

Система АГК повинна забезпечувати: 1) автоматичне безперервне вимірювання концентрації оксиду вуглецю на контрольованих ділянках, телевимірювання і запис в архів і в журнал оператора АГК результатів вимірювань, що здійснюються відповідно до пунктів 29-33 цього Положення; 2) місцеву (в місцях найбільш ймовірного знаходження працівників) і телесигналізацію (світлову і (або) звукову) при перевищенні концентрації оксиду вуглецю порогового значення в будь-якій точці контролю і при відмові датчиків оксиду вуглецю; 3) можливість впливу на системи пожежогасіння і електропостачання. Необхідність автоматичного відключення електроенергії системою АГК і її взаємодія з системою протипожежного захисту визначаються проектними рішеннями по АГК щодо протипожежного захисту та планом ліквідації аварій.

Система АГК повинна забезпечувати автоматичний контроль вмісту водню в зарядних камерах. Датчики водню в зарядних камерах мають встановлюватись в місцях найбільш ймовірного утворення його максимальної концентрації в процесі зарядки акумуляторних батарей. Передаварійна уставка налаштовується на 0,5% об'ємної частки, при її перевищенні система АГК автоматично відключає напругу в зарядній камері і включає світлову і (або) звукову сигналізацію. Інформація про концентрацію водню передається оператору АГК, при концентрації водню вище передаварійній уставки включається світлова і (або) звукова сигналізація. Необхідність використання датчиків водню для виявлення ознак початкових стадій виникнення пожеж визначається проектними рішеннями по АГК і протипожежного захисту шахт. Для виявлення ознак початкової стадії виникнення пожеж використовуються датчики водню, що дозволяють вимірювати його концентрацію на рівні 0,001% об'ємної частки і менше.

Вміст кисню в повітрі виробок, безпечний для працівників, що знаходяться в них, становить не менше 20% об'ємної частки. Необхідність використання датчиків кисню для виявлення пожеж визначається проектними рішеннями по



АГК і протипожежного захисту шахт.

Шахти всіх категорій повинні обладнуватись стаціонарними датчиками кисню, шахти, небезпечні по виділенню діоксиду вуглецю (вуглекислого газу), повинні обладнуватись стаціонарними датчиками діоксиду вуглецю. При необхідності система АГК забезпечує вимір (контроль) концентрації сірководню, оксиду азоту, діоксиду азоту, сірчистого ангідриду та інших небезпечних і шкідливих газів. У разі застосування матеріалів чи технологічних процесів, при яких можливе виділення інших шкідливих речовин, система АГК здійснює контроль їх концентрацій в рудничної атмосфері. Необхідність і місця установки засобів системи АГК, контролюючих небезпечні і шкідливі гази, визначає технічний керівник шахти. Місця установки стаціонарних датчиків небезпечних і шкідливих газів і кисню визначаються проектними рішеннями по АГК, протипожежного захисту та планом ліквідації аварії.

Гранично допустима концентрація (ГДК) діоксиду вуглецю (вуглекислого газу) в рудниковому повітрі повинна складати (% об'ємної частки): а) на робочих місцях і у вихідних струменях виїмкових дільниць і тупикових виробок - 0,5; б) у виробках з вихідним струменем крила, горизонту і шахти - 0,75; в) при проведенні і відновленні виробок по завалу - 1. ГДК інших небезпечних і шкідливих газів складають (% об'ємної частки або частин на мільйон): а) оксид азоту (в перерахунку на діоксид азоту) - 0,00025 (2,5 млн- 1); б) діоксид азоту - 0,00010 (1,0 млн-1); в) сірчистий ангідрид - 0,00038 (3,8 млн-1); г) сірководень - 0,00070 (7,0 млн-1). В системі АГК у якості передаварійних уставок використовуються вказані значення ГДК. При перевищенні ГДК небезпечних і шкідливих газів роботи зупиняють, людей виводять на свіжий струмінь.

Система АГК повинна забезпечувати телевимірювання, запис в архів (жорсткий диск), в журнал оператора АГК і вплив на технологічне обладнання та системи електропостачання при перевищенні концентраціями небезпечних і шкідливих газів уставок відповідно до проектних рішень по АГК.

Тепер розглянемо питання, що стосується місць установки стаціонарних датчиків контролю концентрації метану. На нашу думку, на додаток до існуючих



Інструкцій [43], в газових шахтах стаціонарні датчики необхідно встановлювати:

а) в призабійних просторах присічних виробок, що провітрюються за рахунок загальношахтної депресії, - під покрівлею на відстані 3-5 м від вибою біля борту виробки зі свіжооголеним масивом;

б) у вихідному струмені з призабійного простору присічних виробок, що провітрюються за рахунок загальношахтної депресії, - під покрівлею виробки в 15-20 м від забою біля борту виробки зі свіжооголеним масивом, при русі комбайна проти руху вентиляційного струменя;

в) у вихідному струмені з призабійного простору присічної виробки, провітрюваної за рахунок загальношахтної депресії, - в 10-15 м від забою виробки біля борту, що примикає до забою, виробки, що розширюється, під час руху комбайна по ходу руху вентиляційного струменя;

г) в газовідсмоктувальних колекторах (трубопроводах) підземних і поверхневих газовідсмоктувальних вентиляційних установок - перед його розгалуженням до робочого і резервного вентиляторів, а при симетричному розташуванні цих вентиляторів (на кінцях колектора) щодо свердловини - на кожному відгалуженні колектора перед регульовальним вікном, розташованим безпосередньо перед кожним з вентиляторів;

д) на сполученні лави з вентиляційним штреком над верхнім (нижнім) приводом лавного скребкового конвеєра при використанні напруги 3 (3,3) кВ на шахтах III категорії і надкатегорійних - на відстані не більше 30 см від верхньої балки кріплення.

Є приклади невизначеності в установці датчиків метану в деяких випадках на шахтах. Наприклад, на ДП «Вугільна компанія «Краснолиманська», датчик метану Д2І-14 з уставкою СН4 = 2% встановлений на підривіці 5 південного конвеєрного штреку ухилу №1 пласта m^2_4 під покрівлею. Призначений для контролю місцевих скупчень газу метану в 5 південному конвеєрному штреку ухилу № 1 пласта m^2_4 . Також датчик метану ДЗ-14 з уставкою СН4 = 2% встановлений в 5 південному конвеєрному штреку ухилу №1 пласта m^2_4 на відстані 20-30м. перед підриркою у верхній частині виробки на 5 см. нижче



затяжок покрівлі та призначений для контролю шарових скупчень газу метану. Треба позначати - в зоні підрибки, перед зоною підрибки. У новому документі бажано врахувати контроль зони підрибки і планувати там установку стаціонарного датчика контролю метану.

У нормативній базі документів з контролю метану та інших шкідливих газів мало уваги приділено збагачувальним фабрикам. Основні документи, що регулюють ці питання, є «Правила безпеки на підприємствах по збагаченню та брикетуванню вугілля (сланців)» 1990р [46], «Тимчасове керівництво ...» 1991р. [42] і «Правила безпеки у вугільних шахтах» [4]. Дані документи застаріли у зв'язку з появою нової елементної бази, датчиків та виконавчих пристроїв, значно вдосконалюючих газовий контроль на збагачувальних фабриках.

В Інструкціях [43] необхідно додати пункти, що стосуються контролю швидкості і напрямку повітря (витрати повітря). На газових шахтах у тупикових виробках, які проводяться із застосуванням електроенергії і провітрюються ВМП, крім вертикальних стволів і шурфів, повинна застосовуватися апаратура автоматичного контролю витрати повітря, контролю роботи й телекерування ВМП із електроприводом.

Основні коригування, запропоновані нами, представлені в Таблиці 1 «Про внесення змін до "Інструкції по контролю складу рудникового повітря, визначення багатогазовості та встановлення категорії шахт за метаном". (НПАОП 10.0-5.02-04) »

Таким чином, в результаті проведених багатьох експертиз проектів АГК вугільних підприємств України та досліджень, розроблено ці рекомендації для коригування нормативного документу НПАОП 10.0-5.02-04 «Інструкція з контролю складу рудникового повітря, визначення багатогазовості та встановлення категорій шахт за метаном» [43].



Таблиця 1 - Про внесення змін до "Інструкції по контролю складу рудникового повітря, визначення багатогазовості та встановлення категорії шахт за метаном" (НПАОП 10.0-5.02-04)

1	В Інструкціях в пункті 2.3.4. додати пункт н)	в призабійних просторах присічних виробок, що провітрюються за рахунок загальношахтної депресії, - під покрівлею на відстані 3-5 м від вибою біля борту виробки зі свіжооголеним масивом;
2	В Інструкціях в пункті 2.3.4. додати пункт о)	у вихідному струмені з призабійного простору присічних виробок, що провітрюються за рахунок загальношахтної депресії, - під покрівлею виробки в 15-20 м від забою біля борту виробки зі свіжооголеним масивом, при русі комбайна проти руху вентиляційного струменя;
3	В Інструкціях в пункті 2.3.4. додати пункт п)	у вихідному струмені з призабійного простору присічної виробки, провітрюваної за рахунок загальношахтної депресії, - в 10-15 м від забою виробки біля борту, що примикає до забою, виробки, що розширюється, під час руху комбайна по ходу руху вентиляційного струменя;
4	В Інструкціях в пункті 2.3.4. додати пункт р)	в газовідсмоктувальних колекторах (трубопроводах) підземних і поверхневих газовідсмоктувальних вентиляційних установок - перед його розгалуженням до робочого і резервного вентиляторів, а при симетричному розташуванні цих вентиляторів (на кінцях колектора) щодо свердловини - на кожному відгалуженні колектора перед регулювальним вікном, розташованим безпосередньо перед кожним з вентиляторів;



5	В Інструкціях в пункті 2.3.4. додати пункт с)	на сполученні лави з вентиляційним штреком над верхнім (нижнім) приводом лавного скребкового конвеєра при використанні напруги 3 (3,3) кВ на шахтах III категорії і надкатегорійних - на відстані не більше 30 см від верхньої балки кріплення;
6	В Інструкціях в пункті 2.3.4. додати пункт т)	на відстані 20-30м. перед зоною підрипки у верхній частині виробки на 5 см. нижче затяжок покрівлі. Призначений для контролю шарових скупчень газу метану;
7	В Інструкціях в пункті 2.3.5. додати пункт	2,0% - в тупиках і сполученнях лав, при підтримці сполучень секціями механізованого кріплення, вентиляційних, конвеєрних виробках, що погашаються услід за очисними забоями;
8	В Інструкціях в пункті 2.3.5. додати пункт	2,0% - в призабійних просторах і вихідних струменях з призабійних просторів присічних виробок;
9	В Інструкціях в пункті 2.3.5. додати пункт	2,0% - у вихідних струменях присічних виробок;
10	В Інструкціях в пункті 2.3.5. додати пункт	3,5% - в газовідсмоктувальних трубопроводах підземних і поверхневих ГОУ;
11	В Інструкціях в пункті 2.3.5. додати пункт	1,0% - на сполученні лави з вентиляційним штреком над верхнім (нижнім) приводом лавного скребкового конвеєра для шахт III категорії і вище;
12	Додати в Інструкції	Ввести окремим розділом в Інструкції контроль оксиду вуглецю, небезпечних і шкідливих газів та кисню;
13	Додати в Інструкції	Ввести окремим розділом в Інструкції засоби безперервного автоматичного вимірювання концентрації пилу в рудниковому повітрі з метою санітарно-гігієнічного контролю,



		технологічного контролю рудничної атмосфери і зниження пиловибухонебезпечності;
14	Ввести в Інструкції	Ввести окремим розділом в Інструкції контроль метану та інших шкідливих газів на збагачувальних фабриках з урахуванням сучасних засобів контролю, передачі та обробки інформації;
15	Впорядкувати Інструкції щодо датчиків контролю і витрати повітря	Необхідні чіткі узгоджені інструкції щодо розстановки датчиків контролю і витрати повітря в шахтних виробках, а також обов'язкове занесення їх в зведені таблиці апаратури з уставками і місцем установки.

**Висновки:**

1) Основними факторами, що визначають аерогазовий стан у вугільних шахтах є: різноманіття геолого-генетичних умов і фізико-хімічних процесів, що відбувалися під час вуглеутворення; ступінь метаморфізму вугілля; природна метаносність вугілля в пласті; якість опрацювання питань розкрою шахтних полів на етапі проектування та інженерного забезпечення гірничих робіт; технологічні чинники.

2) Одним з основних технологічних факторів, що впливають на аерогазовий стан в виробках вугільних шахт, є якість проекту системи аерогазового контролю (АГК) і рівень експлуатації цієї системи в реальних умовах вугільної шахти.

3) Існуючі на сучасних вугільних шахтах України системи контролю АГК потребують модернізації у зв'язку з появою нових технічних і програмних засобів, а також нових запитів, що вимагають підвищення рівня безпеки праці в шахтах. Авторами розроблено та запропоновано нові способи, що підвищують ефективність АГК на вугільних підприємствах.

4) В результаті проведення багатьох експертиз проектів АГК вугільних підприємств України та досліджень розроблено рекомендації щодо коригування нормативного документу НПАОП 10.0-5.02-04 «Інструкція з контролю складу рудникового повітря, визначення багатогазовості та встановлення категорій шахт за метаном».

5) З огляду на зазначені недоліки, появу нових засобів контролю, обробки, аналізу та зберігання даних, нових програмних засобів, а також нових запитів, що вимагають підвищення рівня безпеки праці в шахтах, виникла необхідність щодо створення нового спеціалізованого нормативного документа з проектування та експлуатації систем АГК на вугільних підприємствах України.