

ОБҐРУНТУВАННЯ КОНТРОЛЮ ГАЗОВИДІЛЕННЯ ОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ НА ПРИКЛАДІ 11 ПІВДЕННОЇ ЛАВИ БЛОКА № 10

Ю.В. Гамій, Донецький національний технічний університет, Україна

Показано актуальність аналізу шахтних вимірювань умісту оксиду вуглецю (СО) і витрат повітря на об'єкті газовиділення. Виконано дослідження вмісту оксиду вуглецю (СО) у виробці з вихідним струменем повітря та дегазаційних свердловинах у період ведення та зупинки під час виїмкових робіт. Подано аналіз нормативних документів, узагальнення результатів фонового вмісту оксиду вуглецю та експериментальних досліджень. Встановлено зміну дебіту газу оксиду вуглецю (СО) на об'єкті газовиділення 11 південної лави блока № 10 ПрАТ «Шахтоуправління «Покровське».

Вступ. За умови сучасного збільшення протяжності гірничих виробок відбувається широке впровадження різноманітних технічних засобів для механізації та автоматизації виробничих процесів із видобутку вугілля, – все це підвищує потенційну аварійну небезпеку під час ведення виїмкових робіт. У разі виникнення у вентиляційній струмині оксиду вуглецю постає загроза здоров'ю та життю гірників, тому виїмкові роботи в лавах і підготовчих виробках припиняють. Це спричиняє значні економічні збитки, зумовлені втратою видобутку вугілля. Середня швидкість посування підготовчих виробок у місяць становить більш ніж 150 м, але вона не є стабільною й може бути значно більшою або меншою за середню. На швидкість посування впливає мінливість гірничо-геологічних умов. За наявності геологічних порушень інтенсивність робіт, як правило, знижується. Високий рівень виділення оксиду вуглецю, який перевищує 0,0017, надає особливої актуальності проблемі контролю процесів самонагрівання вугілля, яка своєю чергою визначає один із пріоритетних напрямів досліджень як в Україні, так і за кордоном. Найбільш інтенсивно забруднення вентиляційної струмини відбувається в робочому просторі лави. Крім виділення газу, тепла з розроблюваного пласта й відбитого вугілля сюди зараховують також газ із виробленого простору, який іноді виявляють у значній кількості [1].

Достовірність газодинамічних характеристик, отриманих у процесі натурних спостережень, залежить від правильного обрання періоду спостереження, його тривалості, частоти й числа вимірювань певної характеристики в часі, порівнянності результатів вимірювання, методів оброблення отриманих даних.

Слід зазначити, що газодинамічна несумісність вимірів у різних точках певною мірою може зберігатися також у разі виконання умов (1) унаслідок розтягування газової хвилі під час її руху виробками, труднощів визначення справжнього значення середньої швидкості повітря на ділянці між вимірювальними пунктами і впливу деяких інших чинників.

$$\Delta t_{zc} = L_z / u_{cp}, \quad (1)$$

де $\Delta t_{зд}$ – час зсуву; L_z – відстань між вимірювальними точками; u_{cp} – середня швидкість руху повітря між вимірювальними точками.

Для визначення дебіту газу в кожній точці необхідно здійснювати вимір умісту газу та швидкості руху повітря. У методиці вміст і швидкість слід вимірювати одночасно. Проте останнє виконати важко. У практиці шахтних спостережень виміри швидкості повітря виконують декілька разів, зазвичай не менш ніж три, до (або після) виміру вмісту газу. При цьому час, що витрачають на вимірювання швидкості, становить 5-10 хвилин. За умови нестационарності вентиляційного режиму за цей час може статися помітна зміна витрати повітря. У результаті є можливим порушення необхідної відповідності між вимірними значеннями вмісту газу й витрат повітря, що зумовить додаткову похибку під час визначення дебіту газу [2].

Використовувана апаратура АГК (УТАС, КАГІ) потребує вдосконалення й сервісного обслуговування для автоматичної системи управління технологічним процесом шахти.

Актуальність досліджень. На думку К.З. Ушакова, газодинамічні процеси в шахтах, розглянуті на великих часових інтервалах, здебільшого нестационарні, проте водночас на досить малих інтервалах їх можна вважати за стаціонарні. Ця обставина пов'язана із циклічним характером виробничих процесів і мінливістю природних умов.

Для газодинамічних процесів у вугільних шахтах Донбасу $0,07 \leq k_{\text{вар}} \leq 0,5$. Тоді за $\delta'J = 0,1$ та $a = 0,0021$ (найбільш повільно згасаюча кореляційна функція) із формули (1) маємо таку межу тривалості спостереження газодинамічних процесів: $1 \text{ добу} \leq T_{\text{спост}} \leq 9 \text{ діб}$.

$$T_{\text{спост}} = 6,5[\delta_j / (M_j + 3\delta_j)]^2 / (a\delta'J^2) = 6,5[k_{\text{вар}} / (1 + 3k_{\text{вар}})]^2 / (a\delta'J^2), \quad (2)$$

де $T_{\text{спост}}$ – загальна тривалість спостереження, $k_{\text{вар}} = \delta_j/M_j$ – коефіцієнт варіації процесу $J(t)$.

Вираз (1), отриманий О.І. Касимовим та Р.Ж. Капієвим, підтверджує зроблений висновок, що кожному газодинамічному процесу ($a, k_{\text{вар}}$) відповідає своя тривалість $T_{\text{спост}}$.

Отримана межа $T_{\text{спост}}$ відповідає чистому часу перебігу процесу. Якщо процес циклічний (переривчастий), календарна тривалість періоду спостереження може бути значно більшою за отримані вище значення. Обраний нами період спостереження відповідає тривалості досліджуваного газодинамічного процесу. Охоплено процес газовиділення під час видобутку вугілля в лаві та ремонтної роботи в лаві, що становив 12 діб.

Відомо, що в результаті низькотемпературного окислення вугілля виділяється теплота, яка за сприятливих умов (значний обсяг скупчення хімічно активного вугілля у взаємодії з киснем повітря й обмежений відвід теплоти в навколишнє середовище) може спричинити розвиток процесу самонагрівання (самозаймання) вугілля. Характеризує розвиток процесу самозаймання частка оксиду вуглецю та водню. Тому з метою виявлення ранніх ознак самонагрівання вугілля необхідно для кожної виїмкової ділянки встановити фоновий вміст оксиду вуглецю й водню та спостерігати за його зміною. До джерел формування фонового вмісту оксиду вуглецю й водню належать низькотемпературне окиснення вугілля, технологічні процеси виїмання вугілля та управління покрівлею, промислові підприємства, автомобільний транспорт (у разі розташування шахт у промислово розвинених районах [3]).

Найбільш інформативними ознаками, що характеризують розвиток процесу самонагрівання вугілля, є оксид вуглецю й водень. Це обумовлено їх фізико-хімічними властивостями й насамперед тим, що вони практично не сорбуються вугіллям і бічними породами, не розчиняються у воді та створюють так званий фон. Під фоном мають на увазі стабільно спостережувану за відсутності вогнищ самонагрівання (самозаймання) вугілля об'ємну частку індикаторних газів у гірничих виробках за конкретних гірничо-геологічних умов і сталих технологічних режимів відбою вугілля, управління покрівлею та провітрювання очисного вибою [4].

Своєю чергою, тривалість газовиділення залежить також від умов фільтрації газу у виробки. Сприятливі умови для виділення газу в гірничі виробки створюються з свіжовідслонених у процесі підготовчих й очисних робіт поверхні вугілля і газонесних порід, а також у разі розвитку техногенної тріщинуватості поблизу підготовчих та очисних виробок [5, 6].

Встановлено, що зі збільшенням фракційного складу вугілля дифузійне виділення газу зменшується за гіперболічним законом. Отже, із поліпшенням сортності відбитого вугілля, за умови його інтенсивного відбою виконавчим органом машини суттєво сповільнюється винос метану із транспортуючої лавою гірничої маси [7].

Дослідження фонового газовиділення вирішено було здійснити на прикладі виїмкової ділянки 11 південної лави блока № 10.

Відпрацювання 11 південної лави блока № 10 пласта d4 здійснюється за стовповою системою розробки з простягання. Вугільний пласт d4 у межах виїмкового стовпа належить до загрозливих щодо раптових викидів вугілля й газу, не схильний до самозаймання, небезпечний за вибухами вугільного пилу, не схильний до прориву метану із ґрунту. Пласт d4 у межах виїмкового поля має переважно просту будову, рідше складну. Його геологічна потужність змінюється в межах від 1,36 м до 1,64 м, середня по виїмальному стовпу становить 1,48 м. Марка вугілля – К. Залягання пласта полого, кут падіння змінюється в межах від 3 до 4 градусів.

Лави обладнані механізованим кріпленням ЗКД-90Т (138 секцій) і конвеєром SZK268\852. Виймання вугілля здійснюється комбайном МВ-630. Мінімальна площа привибійного простору очисної виробки у світлі $S_{оч. \min} = 3,6 \text{ м}^2$. Управління покрівлю – повне обвалення. Планове навантаження на очисний вибій – 2435 т/добу. Довжина виїмкового стовпа становить 2348 м. Довжина лави – 210-226 м. Виїмкова середня потужність вугільного пласта $d4 m_{в.пр} = 1,48 \text{ м}$.

Схема провітрювання виїмкової ділянки прямоструминна типу 3-В-Н-н-пт. Свіжий струмінь повітря подається на виїмкову ділянку вентиляційним штреком 11 південної лави блока № 10 у 11 південну лаву блока № 10, вихідний вентиляційний струмінь повітря відводиться за лаву 11 південним конвеєрним штреком блока № 10 вентиляційного квершлягу гор. 930 м на вентиляційний стовбур № 3. Підсвіжувальний струмінь повітря надходить 11 південним конвеєрним штреком блока № 10.

Для контролю витрати повітря, що надходить на виїмкову ділянку, встановлено апаратуру ІСНВ із виводом телеінформації на пульт оператора АГЗ. Контроль умісту метану й вимикання електрообладнання на виїмковій ділянці здійснює апаратура АКМ. Телеінформацію виводять на апаратно-програмний комплекс КАГІ.

Прогноз викидонебезпечності за параметрами акустичного сигналу полягає в реєстрації, обробленні та аналізі спектра сигналу, що збуджується в гірському масиві технологічним впливом на нього очисних машин і механізмів.

Прогноз здійснюється за допомогою апаратури передачі сейсмоакустичного сигналу (АПСС) і програмно-обчислювального комплексу. АПСС складається з підземного блока, що містить сейсморейсмер, і наземного блока. Програмно-обчислювальний комплекс – це персональний комп'ютер із принтером, призначений для реєстрації, оброблення та аналізу параметрів акустичного сигналу за спеціальною програмою з подальшим видаванням висновку про результати прогнозу.

У безпосередній підшві залягає пісковик потужністю 10,3-11,95 м із межею міцності на одновісне стиснення 68-88 МПа.

Схема провітрювання виїмкової ділянки 11 південної лави блока № 10 прямоструминна типу 3-В-Н-н-пт.

Свіже повітря надходить повітроподавальним стовбуром № 2 до гор. 815 м, далі по виробках ОД подає повітря стовбура № 2 гір. 815 м, південному паралельному польовому повітроподавальному штреку гір. 815 м, допоміжному похилу блока № 10, заїзду № 2 на 7 північний конвеєрний штрек блока № 10, 7 північному конвеєрному штреку блока № 10, вентиляційному штреку «біс» 11 південної лави блока № 10 в 11 південну лаву блока № 10. Підсвіжувальний струмінь повітря надходить повітроподавальним стовбуром № 2 гор. 815 м, південному паралельному польовому повітроподавальному штреку гор. 815 м, допоміжному похилу блока № 10, 11 південному конвеєрному штреку блока № 10. Вихідний струмінь повітря з 11 південної лави блока № 10 відводиться за лаву 11 південним «біс» конвеєрним штреком блока № 10, конвеєрному хіднику південній панелі блока № 10, 13 південному конвеєрному штреку блока № 10, вентиляційному квершлягу гор. 930 м на вентиляційний стовбур № 3, далі – на земну поверхню.

Згідно з розрахунком, виконаним відповідно до вимог «Керівництва з проектування вентиляції вугільних шахт» [8], середнє очікуване метановиділення в очисну виробку та

загальне по виїмковій ділянці за умови запланованого видобутку вугілля $A_p = 2435$ т/доб. становить $\bar{I}_{оч.р} = 2,61$ м³/хв та $\bar{I}_{уч.р} = 18,7$ м³/хв відповідно.

Розрахункова витрата повітря, що подається для провітрювання виїмкової ділянки, дорівнює $Q_{уч} = 1552$ м³/хв, $Q_{роз.о.в.} = 634$ м³ / хв повітря.

Контроль вмісту метану на аварійній ділянці здійснюється стаціонарною апаратурою АКМ у складі трьох апаратів сигналізації та семи датчиків контролю вмісту метану, автоматичними переносними приладами серії «Сигнал» або «Супутник-1М», переносними інтерферометрами ШИ-11, метан-реле для виїмкових машин ТМРК і сигналізаторами метану серії СМС, поєднаними із шахтними головними світильниками. Інформація про вміст метану, що надходить від апаратури АКМ, фіксувалася апаратно-програмним комплексом КАГІ, який знаходиться на поверхні.

Кількість повітря, що надходить у виробки ділянки, перевищувала розрахункову. Фактично для провітрювання 11 південної лави блока № 10 подається для провітрювання очисного вибою $Q_{ф.о.в.} = 846$ м³ / хв повітря за розрахункового $Q_{р.о.в.} = 634$ м³/хв повітря.

Було обрано місця відбору газових проб для визначення фонових вмісту оксиду вуглецю й водню на виїмковій ділянці згідно з нормативним документом КД 12.01.401-96 «Ендогенні пожежі на вугільних шахтах Донбасу».

Точки відбору газових проб на виїмковій ділянці 11 південної лави блока № 10 для визначення концентрацій газів СО та Н₂ наведено в таблиці 1. Відповідно до керівного нормативного документа [3] відбір газоповітряних проб здійснювався три рази з інтервалом 4-5 діб, в 4-ю та 1-ю зміну 27 лютого 2019 року та 2 і 7 березня 2019 року.

Таблиця 1

Результати значень у місцях спостереження за фоновим вмістом оксиду вуглецю та водню у виробках виїмкової ділянки 11 південної лави блока № 10

Назва виробки	Місце відбору проб	СО, %	Н ₂ , %
Вентиляційний штрек 11 південної лави блока № 10 – свіжий струмінь повітря	20 м від вікна лави	0,0001	0,0001
11 південний «біс» конвеєрний штрек блока № 10 – підсвіжування	20 м від вікна лави	0,00023	0,00027
11 південний «біс» конвеєрний штрек блока № 10 – вихідний струмінь виїмкової ділянки	20 м від монтажного хідника 11 південної лави блока № 10	0,00033	0,00047
11 південний «біс» конвеєрний штрек блока № 10 – трубопровід дегазації пластів-супутників	20 м від устя	0,00207	0,00207

Для дослідження виділення оксиду вуглецю, $V_{СО}$ – л/хв, було використано результати аналізів проб газів, відібраних в 11 південній лаві блока № 10 (рис. 1), наприкінці кожної ремонтної зміни, під час виймання вугілля. Результати проб газів відображено в динаміці, таблиця 2.

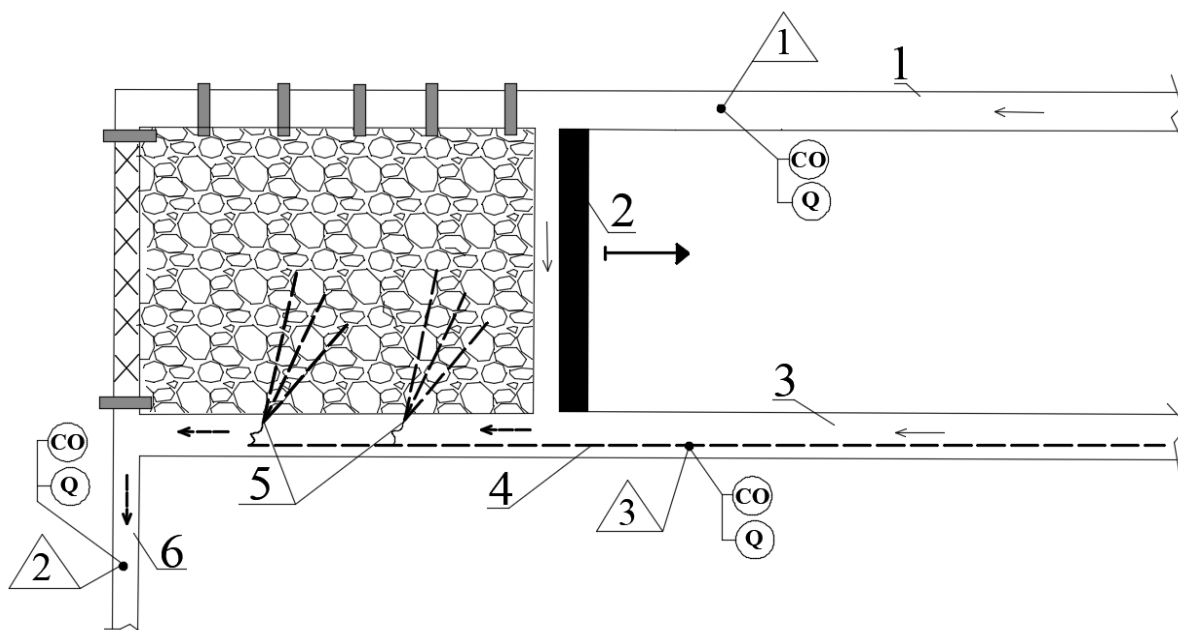


Рис. 1. Схема відбору газових проб у виробках виїмкової ділянки 11 південної лави блока № 10: Δ – пункти відбору газової проби; 1 – вентиляційний штрек 11 південної лави блока № 10 – свіжий струмінь повітря; 2 – монтажний хідник 11 південної «біс» лави блока № 10 – вихідний струмінь виїмкової ділянки; 3 – 11 південний «біс» конвеєрний штрек блока № 10 – вихідний струмінь виїмкової ділянки – трубопровід дегазації пластів-супутників; 1 – вентиляційний штрек 11 південної лави блока № 10; 2 – 11 південна лави блока № 10; 3 – 11 південний «біс» конвеєрний штрек блока № 10; 4 – трубопровід дегазації \varnothing 426 мм; 5 – дегазаційні свердловини; 6 – монтажний хідник 11 південної «біс» лави блока № 10.

У першу зміну здійснювали щодобове обслуговування й ремонт обладнання, а у другу, третю та четверту зміни проводили виймання вугілля комбайном. Аналіз динаміки газових проб мінімальних і максимальних концентрацій газів оксиду вуглецю (CO) і метану (CH₄) наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Мінімальні та максимальні концентрації газів CO і CH₄

Назва станції виміру	CO, min ÷ max	CH ₄ , min ÷ max
Вентиляційний штрек 11 південної лави блока № 10 (надходить свіжий струмінь на лаву)	0,0000 ÷ 0,0009	0,0 ÷ 0,5
Монтажний хідник 11 південної лави блока № 10 (вихідний струмінь ділянки)	0,0001 ÷ 0,0011	0,3 ÷ 1,2
11 південний «біс» конвеєрний штрек блока № 10 (у трубопроводі дегазації \varnothing 426 мм)	0,0004 ÷ 0,0013	6,8 ÷ 28,0

У ремонтну зміну на вихідному струмені виїмкової ділянки концентрації CO перебували в інтервалі від 0,0001 до 0,0008%, під час ведення очисних робіт – в інтервалі від 0,0001 до 0,0011%. У трубопроводі дегазації \varnothing -426 мм концентрації CO перебували в інтервалі від 0,0004 до 0,0010%, під час ведення очисних робіт – в інтервалі від 0,0004 до 0,0013%. Фоновий уміст оксиду вуглецю на вихідному струмені виїмкової ділянки становить

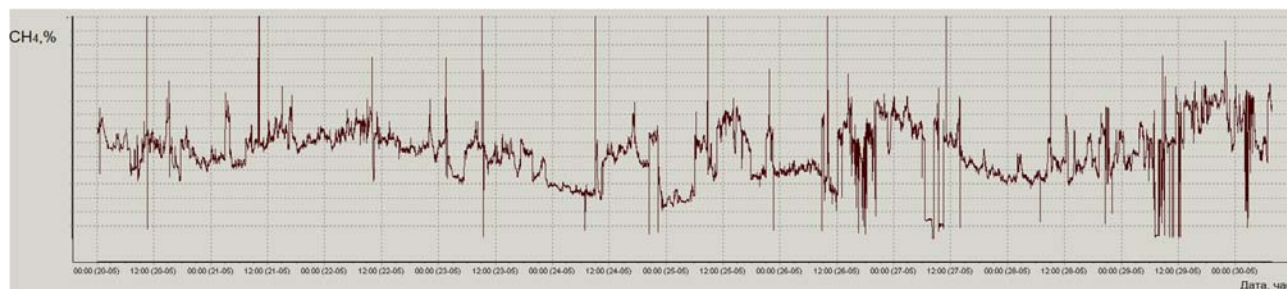
0,00033%, максимальне значення концентрації під час ведення очисних робіт у цій точці становить 0,0011%, що є збільшенням у 3,3 рази й підтверджує виділення оксиду вуглецю у процесі руйнування вугілля.

Нині на вуглевидобувних підприємствах використовують системи УТАС, КАГІ, АПСС, АКРД та інші. Розглянемо уніфіковану телекомунікаційну систему диспетчерського контролю та автоматизованого керування гірничими машинами і технологічними комплексами (система УТАС). Одним з основних завдань системи УТАС є контроль параметрів шахтної атмосфери [9]. Частиною виконуваних функцій є:

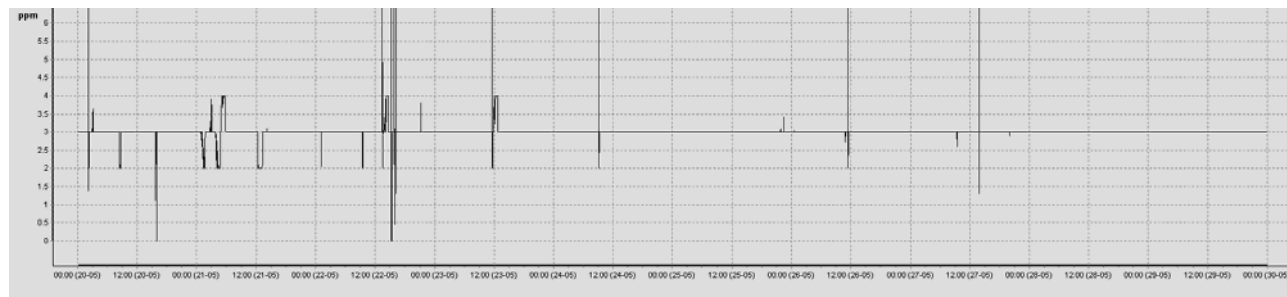
а) безперервний автоматичний контроль концентрації метану у виробках виїмкових ділянок у тупикових виробках, показаний на (рис. 2, а);

б) безперервний автоматичний контроль концентрації оксиду вуглецю у вихідних струменях виїмкових ділянок, показаний на (рис. 2, б);

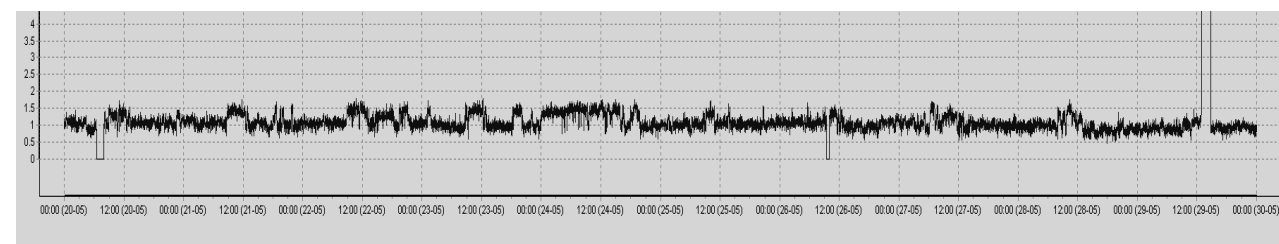
в) безперервний автоматичний контроль швидкості потоку повітря у виробках виїмкових ділянок, показаний на (рис. 2, в).



а)



б)



в)

Рис. 2. а) показники датчика CH_4 – південна корінна лава (вихідний струмінь), шахта «Капітальна»;

б) показники датчика CO у підготовчій виробці (вихідний струмінь повітря тупикової виробки), шахта «Капітальна»;

в) показники потоку швидкості повітря в 1-му південному хіднику південної корінної лави, 20 м від з'єднання (вихідний струмінь ділянки), шахта «Капітальна».

Водночас сьогодні, коли є необхідність подальшої модернізації УТАС та КАГІ, виникли проблеми, які полягають не тільки у відсутності коштів (а це мільйонні витрати), але і в тому, що більшість спеціалізованих підприємств, зокрема ДП «Петровський завод вугільного

машинобудування», м. Донецьк, і Макіївський науково-дослідний інститут з безпеки робіт у гірничій промисловості (МакНДІ), м. Макіївка, залишилося на непідконтрольній Україні території.

Розглянемо апаратно-програмний комплекс КАГІ, призначений для використання в системах аерогазового контролю (АГК) вугільних шахт України. МакНДІ у рамках національної програми поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища в 1996-2000 роках було розроблено апаратно-програмний комплекс КАГІ. Зазначений комплекс призначено для використання в системах аерогазового контролю вугільних шахт для приймання, перетворення, надання оператору АГК, оброблення, аналізу, видачі та зберігання інформації, що надходить від апаратури й датчиків, які мають уніфікований вихідний сигнал. На цей час комплекс КАГІ є інформаційною системою, основними функціями якої є збирання, подання, аналіз і зберігання інформації [10].

Розглянемо опис датчика CH_4 у вихідному струмені виїмкової ділянки в 10-20 м від з'єднання з вентиляційною збіркою 14 південної лави блока № 10 на (рис. 5).

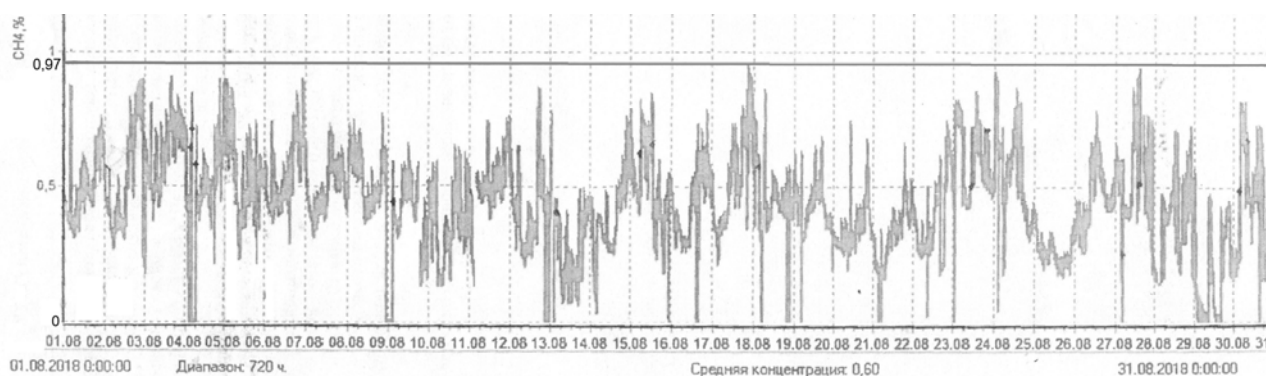


Рис. 3. Показники датчика CH_4 у вихідному струмені виїмкової ділянки в 10-20 м від з'єднання з вентиляційною збіркою 14 південної лави блока № 10

До зазначених недоліків датчиків безперервного автоматичного контролю систем УТАС і КАГІ належить їх розосереджена установка на виїмкових ділянках, що не дозволяє здійснити розрахунок як абсолютного метановиділення $I_{\text{діл.р.}} - \text{м}^3/\text{хв}$, так і оксиду вуглецю V_{CO} , л/хв.

Апаратура АГК потребує вдосконалення й сервісного обслуговування для автоматичної системи керування технологічним процесом шахти, що нині є неможливим через відсутність заводу-виробника КАГІ на території України – державного Макіївського науково-дослідного інституту з безпеки робіт у гірничій промисловості (МакНДІ).

Наявний метод комплексного регулювання вентиляції виїмкової ділянки, що використовують в автоматичній системі керування провітрюванням шахт як базовий, включає своїми складовими плавне та оперативне регулювання. На підставі контролю й оброблення інформації від датчиків концентрації метану, оксиду вуглецю та швидкості повітря, відповідно до ситуації, щодо газової обстановки виробляється керівний вплив за одним із зазначених методів. Цей метод здійснюється за допомогою регуляторів витрати повітря або вентилятора головного провітрювання. До недоліків наявного методу належить розрахунок дебету газу метану після відбору газових проб. Використання інформації від датчиків концентрації метану, оксиду вуглецю, швидкості повітря за умови одночасних вимірювань у другій та третій точках дозволить визначити дебет газу на об'єкті.

Для кращого розуміння роботи розглянутих нами газодинамічних процесів паралельно з описом конкретних блок-схем здійснено комп'ютерне моделювання їх роботи. Таке моделювання зручно виконувати з використанням MATLAB і його пакета розширення Simulink. Зазначений пакет є частиною системи MATLAB і повністю з нею інтегрується, дозволяючи використовувати переваги оброблення й візуалізації даних у MATLAB. Зручність роботи в Simulink полягає в тому, що у ньому реалізується принцип візуального програмування, відповідно до якого користувач на екрані з бібліотеки стандартних блоків створює модель пристрою та здійснює розрахунки.

Simulink призначений для моделювання, імітації та аналізу динамічних систем, дає можливість будувати графічні блок-діаграми, імітувати динамічні системи, досліджувати працездатність систем і вдосконалювати проекти. Застосуємо математичне моделювання з використанням MATLAB і його пакета розширення Simulink [11]. Розглянемо V_{CO} , л/хв під час ведення очисних робіт і ремонтних змін. Надалі зробимо аналіз динамічної системи, який дасть можливість побудувати графічні блок-діаграми, імітувати динамічні системи для дослідження працездатності систем і вдосконалення методу комплексного регулювання вентиляції виїмкової ділянки, зокрема, визначення виділення оксиду вуглецю.

Вихідні дані джерела є змінною, що впливає на систему, описувану як структурна схема. Перетворені дані від джерела після проходження через структурну схему рееструються пристроєм. У моделі Simulink для візуалізації даних будемо використовувати блок «Осцилограф (Scope)». За допомогою цього блока побудуємо графіки досліджуваних сигналів як функції часу (номера газових проб) для спостереження за змінами даних у процесі моделювання.

Блок-схему алгоритму оброблення інформації щодо виділення оксиду вуглецю показано на (рис. 6).

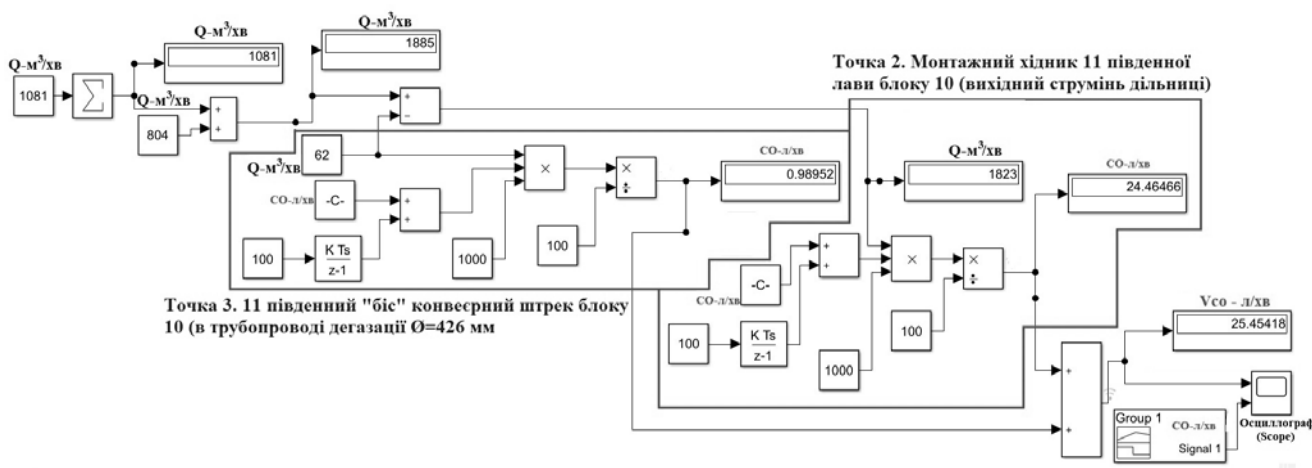
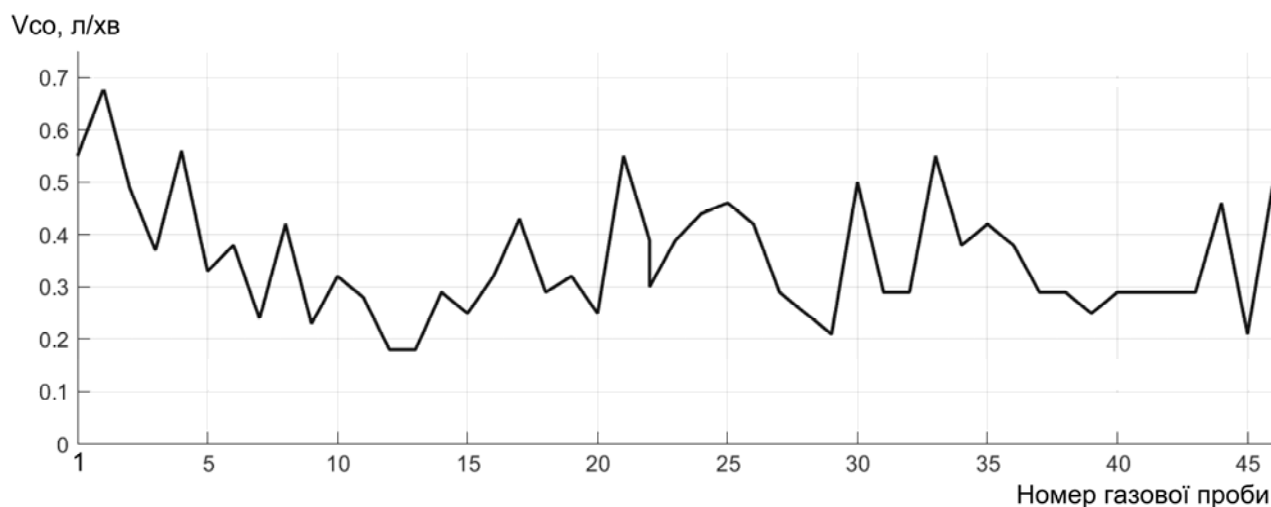
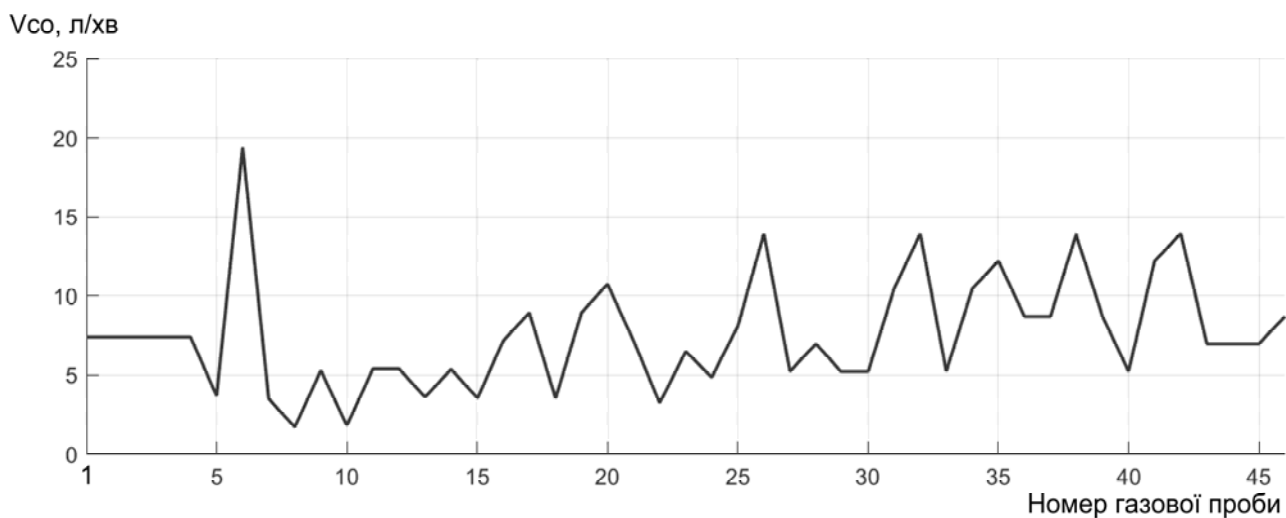


Рис. 6. Блок-схема алгоритму оброблення інформації щодо виділення оксиду вуглецю (CO) у виробках виїмкової ділянки 11 південної лави блоку № 10

Графік досліджуваних результатів визначення динаміки виділення оксиду вуглецю (CO) наведено в (рис. 7).



а)



б)

Рис. 7. Результати V_{CO} , л/хв, у пунктах відбору газових проб: а) точка 3 – 11 південний «біс» конвеєрний штрек блока № 10, у трубопроводі дегазації $d=426$ мм; б) монтажний хідник 11 південної лави блока № 10 (вихідний струмінь ділянки).

Зображення блока «Осцилограф (Score)» і вікно для перегляду графіка V_{CO} відтворено на (рис. 8), що дозволяє спостерігати за змінами даних у процесі моделювання.

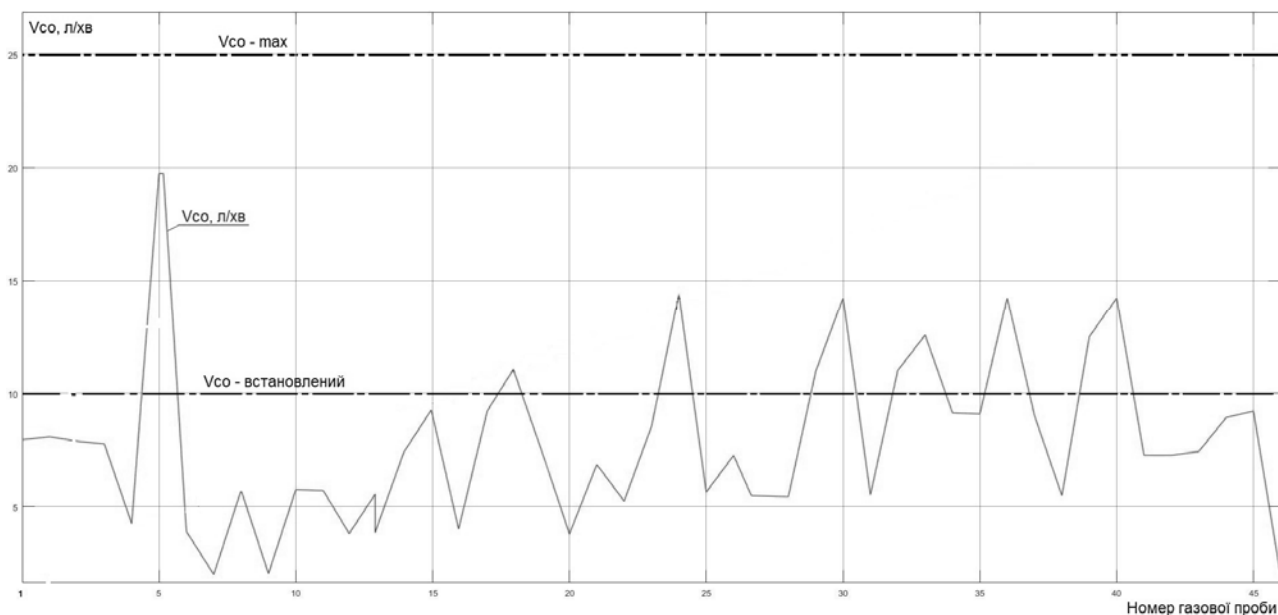


Рис. 8. Функціонування алгоритму безпечного регулювання вентиляції:

V_{CO} – оксид вуглецю, л/хв; V_{CO} установлений – установлене значення оксиду вуглецю, л/хв;
 V_{CO} max – максимальне значення оксиду вуглецю, л/хв.

Зміна V_{CO} свідчить, що ведення очисних робіт, під час яких відбувається руйнування вугілля, та аеродинамічна обстановка є значними чинниками, що впливають на формування газового балансу виїмкової ділянки щодо оксиду вуглецю, який не перевищує $V_{CO} = 25$ л/хв, що згідно з указаною польською методикою [12] означало би «пожежогасіння», проте перебуває в інтервалі $V_{CO} = 2 \div 19$ л/хв. Отже, можна дійти очевидного висновку, що традиційно застосовувані способи й засоби прогнозу ендогенної пожежонебезпеки, виявлення ранніх ознак самонагрівання та самозаймання вугілля за цих умов стали менш ефективними, що пов'язано також із виявленням осередків у важкодоступних місцях [13].

До умовно-постійної вхідної інформації зарахуємо такі параметри об'єкта управління, як числові значення, що залежать від обумовлених веденням гірничих робіт змін гірничотехнічних та аеродинамічних чинників. До оперативної вхідної інформації належить газова обстановка на ділянці в певний момент часу.

У разі неодноточкових вимірювань у точці 2 і точці 3 загалом також можливі похибки у визначенні дебіту газу V_{CO} на об'єкті як у менший, так і у більший бік. До того ж на похибку, зумовлену газодинамічними причинами, цього разу можуть накладатися також похибки від нестационарності вентиляційного режиму.

Зазначимо, що виміри будуть аеродинамічно порівнянні, тобто на них не буде відбиватися нестационарність вентиляційного режиму, якщо одночасно з вимірюванням концентрації виконувати вимірювання витрати повітря.

У процесі здійснення експерименту, пов'язаного з руйнуванням вугілля пласта d_4 , було встановлено вміст оксиду вуглецю $CO-0,0012\%$ [14], а під час ведення очисних робіт максимальна концентрація газу CO на вихідному струмені повітря з виїмкової ділянки становила $CO-0,0011\%$. Тому слід зазначити, що отримані результати є практично однаковими.

Отже, з огляду на вищевикладене висновуємо, що для отримання інформації про поточні значення об'ємної частки оксиду вуглецю V_{CO} , л/хв у виробках 11 південної лави блока № 10, яка буде надходити як безперервні графічні записи, необхідно виконати встановлення апаратури контролю (УТАС, КАГІ), датчиків концентрації оксиду вуглецю $CO, \%$ і витрат повітря $м^3/хв$ у одній точці. Описаний спосіб дозволить отримувати безперервний графічний контроль поточних значень об'ємної частки оксиду вуглецю V_{CO} , л/хв.

Висновки. Встановлено, що на сучасному етапі досліджень є доволі важливим питання отримання вхідної та оперативної інформації від використовуваної апаратури АГК на шахтах України, тому до перспективних рішень зазначеної проблеми, на нашу думку, можна зарахувати такі:

– вимірювання вмісту газу й витрат повітря в кожній вимірювальній точці повинні здійснюватися одночасно;

– застосовуючи математичне моделювання з використанням MATLAB і його пакета розширення Simulink, доходимо висновку, що розташування датчиків швидкості повітря, датчиків контролю CO для отримання безперервної інформації систем АГК (КАГІ, УТАС) повинні знаходитися в кожній вимірювальній точці;

– розроблений алгоритм дозволить керувати й контролювати дебіт газу оксиду вуглецю V_{CO} , л/хв, і метану CH_4 , $м^3/хв$, на виїмковій ділянці під час ведення очисних робіт та в період зупинки (виконання ремонтних робіт).

Встановлено, що інтенсивність виділення оксиду вуглецю під час ведення гірничих робіт змінюється в широкому діапазоні в монтажному хіднику 11 південної лави блока № 10 (вихідний струмінь ділянки) CO – від 2 до 19 л/хв.

Для визначення фонового вмісту оксиду вуглецю на виїмковій ділянці необхідно додати точку відбору газової проби в лаві в ході ведення очисних робіт у час (руйнування вугілля) із метою контролю за виділенням газу (CO) для цього пласта.

Отримання достовірних газодинамічних характеристик для оцінки рівня пожежонебезпеки стає можливим завдяки застосуванню європейської методики. У результаті досліджень встановлено, що є необхідність у забезпеченні виїмкових ділянок лав телеконтролем витрати повітря на вихідному струмені, у місцях установок датчиків метану (CH_4) та оксиду вуглецю (CO).

Здійснені дослідження підтверджують, що у проекті АГК необхідно передбачити забезпечення контролю за концентраціями метану CH_4 , $м^3/хв$, та оксиду вуглецю V_{CO} , л/хв, із відображенням даних у диспетчера.

Список літератури

1. Голинько В.И. Вентиляция шахт и рудников: учеб. пособие / В.И. Голинько, Я.Я. Лебедев, О.А. Муха. – Днепропетровск: НГУ, 2014. – 266 с.
2. Ушаков К.З. Газовая динамика шахт: монография / К.З. Ушаков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Моск. гос. горного ун-та, 2004. – 481 с.
3. Ендогенні пожежі на вугільних шахтах Донбасу. Попередження і гасіння. Розроблено: Науково-дослідним інститутом гірничорятувальної справи (НДІГС) / [П.С. Пашковський [та ін.], (1997), НВО «Респіратор», КД 12.01.401-96, 70 с.
4. Пашковський П.С. Эндогенные пожары в угольных шахтах: монография / П.С. Пашковський. – Донецк: Ноулидж, Донец. отд-ние, 2013. – 791 с.: ил.
5. Костенко В.К. Влияние очистных работ на процесс выделения метана из породного массива / В.К. Костенко, А.Б. Бокий, Е.В. Шевченко // Вісті Донецького гірничого інституту. – Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ». – 2007. – № 2. – С. 36-43.
6. Костенко В.К. Особенности динамики газов в разрушенных горных породах / В.К. Костенко, Е.Л. Завьялова // 10-я сессия Междунар. бюро по горной теплофизике, (14-18 февр. 2005 г.): сб. докладов. – Гливице, 2005. – С. 43-50.
7. Костенко В.К. Повышение производительности и безопасности очистных забоев управлением метановыделением из транспортируемой горной массы / В.К. Костенко, Е.В. Шевченко // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Проблеми екології. – Донецк: ДонНТУ, 2008. – № 1-2. – С. 46-50.
8. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт: ДНАОТ 1.130-6.09.93. – К.: Основа, 1994. – 312 с.
9. Ткачук С.П. Перспективи автоматизації контролю аерогазової обстановки у вугільних шахтах / С.П. Ткачук, А.І. Бобров, С.Ю. Жуйков, Ю.А. Іванов // Охорона праці. – 1998. – № 8. – С. 29-32.
10. Руководство по эксплуатации комплекса аэрогазового информационного КАГИ. – Макіївка: МакНДІ, 2002.
11. Дьяконов В. MATLAB 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5. Основы применения. Полное руководство пользователя / В. Дьяконов. – 2-е изд. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004.
12. Trenchek S. Assessment of methane and spontaneous fire hazards level in the areas ventilated by refreshment of returned air in light of the applicable regulations / S. Trenchek. – Katowice, 2017. – № 10. – P. 21-28.
13. Костенко В.К. Предупреждение и тушение подземных эндогенных пожаров в труднодоступных местах: монография / В.К. Костенко, Ю.Ф. Булгаков, С.В. Подкопаев и др. – Донецк: Изд-во «Ноулидж», 2010. – 253 с.
14. Гамий Ю.В. Исследование выделения индикаторных газов при разрушении угля / Ю.В. Гамий // Збірник наукових праць Національного гірничого університету. – Дніпро: ДВНЗ «НГУ», 2018. – № 56. – 273 с. – С. 8-17.