

*В.К. Костенко, д.т.н., професор, ДНТУ,
О.Л. Зав'ялова, к.т.н., с.н.с., ДНТУ,
А.І. Морозов, к.т.н., НУЦЗУ*

ПОПЕРЕДЖЕННЯ САМОНАГРІВАННЯ ВУГІЛЛЯ В ЗОНАХ ГЕОЛОГІЧНИХ ПОРУШЕНЬ

На основі класифікації способів профілактики самозаймання вугілля розроблено нові способи запобігання самонагріванню вугілля в місцях перетинання геологічних порушень пластів підготовчими гірничими виробками, при цьому вирішено завдання гальмування ефузивних процесів шляхом обмеження доступу кисню до вугілля.

Ключові слова: зона геологічного порушення, осередки самозаймання і самонагрівання вугілля, пожежонебезпечна зона, структурна будова порушеного пласта, ефузивні процеси, способи профілактики ендегенних пожеж, антипіроген.

Постановка проблеми. Підземні пожежі, будучи найбільш небезпечним видом підземних аварій, можуть істотно впливати на нормальний режим роботи шахт і приводити до важких наслідків економічного і соціального характеру. Підземні пожежі викликають серйозні порушення технологічного процесу, що обумовлює значні збитки підприємства у вигляді втрат від скорочення видобутку вугілля, збитку від аварій і витрати на локалізацію і гасіння пожежі. Прецеденти самонагрівання вугілля в певних умовах відбуваються досить часто і представляють значну загрозу безпеки праці гірників. Крім того, при самонагріванні вугілля створюється велика кількість твердих, рідких і газоподібних речовин, котрі забруднюють навколишнє середовище, тому ефективна профілактика самонагрівання вугілля є і соціальним завданням, дозволяючи поліпшити екологічну обстановку.

Осередки самонагрівання і самозаймання вугілля останнім часом все частіше виявляють в місцях перетину підготовчими виробками зон геологічних порушень пластів. Прикладом може служити ОП «Шахта імені О.Ф.Засядька», де тільки у період з 1998 по 2001 роки відбулося 16 випадків самонагрівання вугілля в підготовчих виробках західного крила шахтопласту m_3 . Своєчасна ліквідація осередків самонагрівання дозволила запобігти виникненню ендегенних пожеж. Аналогічні випадки мали місце на шахтах «Ольховатська» ДП «Орджоникідзевугілля», «Прівольнянська», ім. Г.Г.Капустіна ДП «Лісичанськвугілля» та інших, проте в результаті неприйняття заходів з ліквідації осередків самонагрівання запобігти пожеж на цих шахтах не вдалося, що привело до значних збитків.

У таких умовах запобігання самонагрівання вугілля в виробках що перетинають зони геологічних порушень (ЗГП) є актуальним науково-технічним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Встановлено, що будова вугільного пласта в місцях перетинання геологічних порушень підготовчими виробками якісно відрізняється від структури пласта в незайманому масиві наявністю в зоні впливу виробки густої мережі хаотичних тектонічних макротріщин, які оточують мікротріщини з шириною розкриття меншою довжини вільного пробігу молекул газу (10^{-7} - 10^{-10} м) [1, 2]. Особливості структурної побудови пласту визначають протікання ефузивних процесів в порожнинах тріщин, що супроводжуються розділенням газоповітряної суміші на складові гази. Формування пожежонебезпечних зон в місцях перетину геологічних порушень підготовчими виробками обумовлено утворенням у макротріщинах областей з підвищеним вмістом кисню.

Виходячи з особливостей структури порушеного гірського масиву і динаміки газів в тріщинуватому середовищі, була теоретично обґрунтована гіпотеза про ініціюючий вплив геомеханічних і термодинамічних (зокрема ефузивних) процесів при паралельній дії на вугілля хімічних і біогеохімічних чинників, що призводять до самонагрівання і самозаймання вугілля, яка знайшла підтвердження на практиці [1, 2]. На цій основі була розроблена класифікація способів попередження і ліквідації осередків самонагрівання і горіння вугілля [2, 3] в розкритих підготовчими виробками ЗГП (табл. 1). Вона є інструментом, який дозволяє не тільки класифікувати відомі способи профілактичних робіт з недопущення ендегенних пожеж, але модернізувати їх або розробляти нові.

Суть класифікаційного підходу полягає в розгляді сукупності способів і засобів дії на елементи пожежонебезпечної зони, що формується в гірничих виробках, яка складається з роздробленого вугілля, породи, вологи і газоповітряної суміші.

Залежно від об'єкту дії, вибирають спосіб дії, тактику, місце здійснення, засіб і час дії, таким чином, ставиться завдання по розробці нового способу запобігання самонагрівання і самозаймання вугілля в гірничих виробках або модернізації відомого.

Постановка завдання та її розв'язання. У зв'язку з тим, що прискорення самонагрівання вугілля в ЗГП вугільних пластів, що розкриті підготовчими виробками, обумовлене ізотермічним ефузивним розділенням газоповітряних сумішей і появою в мережі макро- і мікротріщин областей з підвищеним вмістом кисню, головне завдання даної роботи - розробка нових способів попередження самозаймання вугілля в гірничих виробках шляхом гальмування ефузивних процесів обмеженням доступу кисню до вугілля. На кафедрі природоохоронної

діяльності ДонНТУ розроблені способи запобігання самонагрівання вугілля в ЗГП пластів, розкритих підготовчими виробками: один передбачає придушення ефузивних процесів за допомогою використання газорозподілюючих мембран [2, 4], другий – зниження хімічної активності вугілля застосуванням антипірогену тривалої дії [2, 5, 6].

Таблиця 1
Класифікація способів профілактики самозаймання вугілля в зонах геологічних порушень, що розкриті підготовчими виробками

Класифікаційна ознака	Предмет профілактичних дій														
	Вугілля			Порода			Повітря			Метан		Вода			
Спосіб дії на об'єкт	Зменшення тріщинної порожнечності	Зменшення дифузного шару	Зміна хімічних властивостей	Обробка антиоксидантами	Розбавлення породових розчинів	Скорочення доступу кисню	Зміна газового складу	Управління витратою і тиском	Зміна шляхів руху	Дегазація гірського масиву	Управління газовіддачею	Управління рухом у порожнинах	Управління фільтрацією	Зміна хімічного складу	Зміна фазового стану
Тактика	Дистанційно						Безпосередня дія								
Місце здійснення	Вугільний пласт		Породи, що вміщують пласт			Кріплення виробки									
Засіб дії	Газ		Рідина			Тверда речовина		Комбінації (піни суспензії, аерозолі)							
Режим дії	Короткостроковий		Періодичний					Довгостроковий							

Вибір способу проводиться з міркувань економічної ефективності. Якщо ширина ЗГП невелика ($a \leq 1$ м) і є магістраль стислого повітря, то доцільна установка газороздільного пристрою (рис. 1).

Спосіб попередження самонагрівання вугілля в підземних виробках реалізується таким чином. При перетині підготовчими виробками ЗГП вугільного пласта 4 зводять кріплення 1, а закріпний простір заповнюють податливим ізолюючим вогнетривким матеріалом 2. Шпури 3 бурять в стінки виробок на глибину до 3 м. У шпур вставляється газороздільний пристрій 5, який під'єднується до магістралі стислого повітря 6.

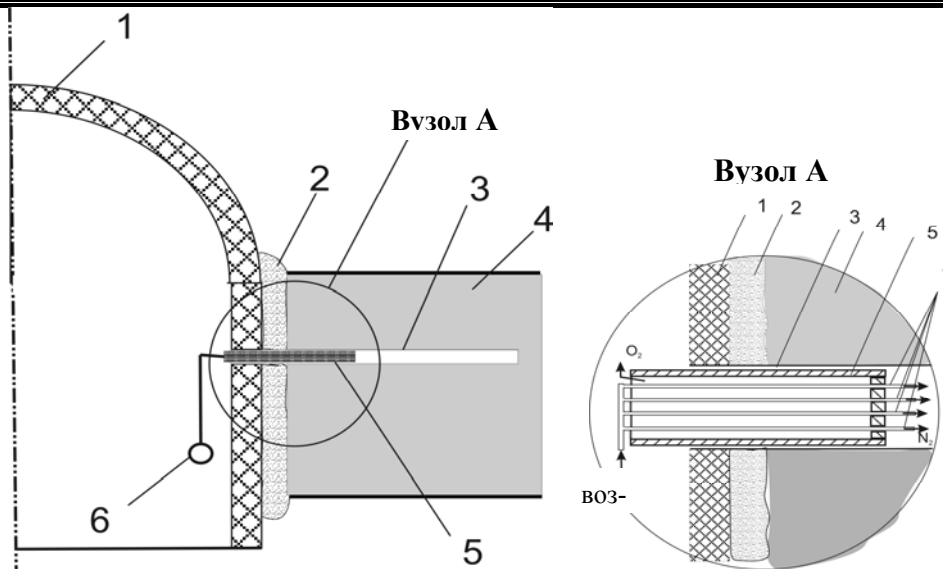


Рис. 1 – Спосіб попередження самонагрівання вугілля в підземних гірничих виробках, де 1 – кріплення виробки; 2 - вогнетривкий податливий ізолюючий матеріал; 3 - шпур; 4 - вугільний пласт; 5 - газороздільний пристрій; 6 - магістраль стислого повітря; 7 - мембранний блок.

Стисле повітря подається з магістралі 6 в газороздільний пристрій 5. Кисень, який міститься в повітрі, проникає при цьому через стінки волокон, азот проходить по капілярах, виходить з іншого боку мембранного блоку 7 в шпур 3 і далі по тріщинах поступає у вугільний пласт 4. Газороздільний пристрій забезпечує чистоту азоту 95 % при тиску газу 0,6 МПа. Таким чином, не створюються умови для появи в тріщинуватом вугільному масиві зон з підвищеним вмістом кисню і, як наслідок цього, осередків самонагрівання вугілля.

Подачу повітря здійснюють періодично з інтервалом що не перевищує інкубаційного періоду самозаймання вугілля, визначуваного згідно [6]. Кількість азоту, що подається, розраховується по формулі:

$$V_{азот} = 4K_{mn} \cdot m \cdot u_{\delta} \cdot b_n,$$

де K_{mn} - середній коефіцієнт порожнечності; m - потужність пласта в ЗГП, м; u_{δ} - величина бічного зсуву стінки виробки, м; b_n - ширина ЗГП, м.

Якщо ж $a > 1$ м, то економічно вигідним є застосування антипірогену тривалої дії (рис.2).

По вугільному пласту бурять шпури завдовжки 2,5 м. Довжина шпурів дорівнює найбільшій відстані від стінки вироблення L_{max} . Шпури бурять під кутом $\alpha = 5 \dots 10^\circ$ з ухилом від гирла до забою. Відстань між шпурами по вертикалі і горизонталі вибирають в діапазоні 0,4...0,5 м.

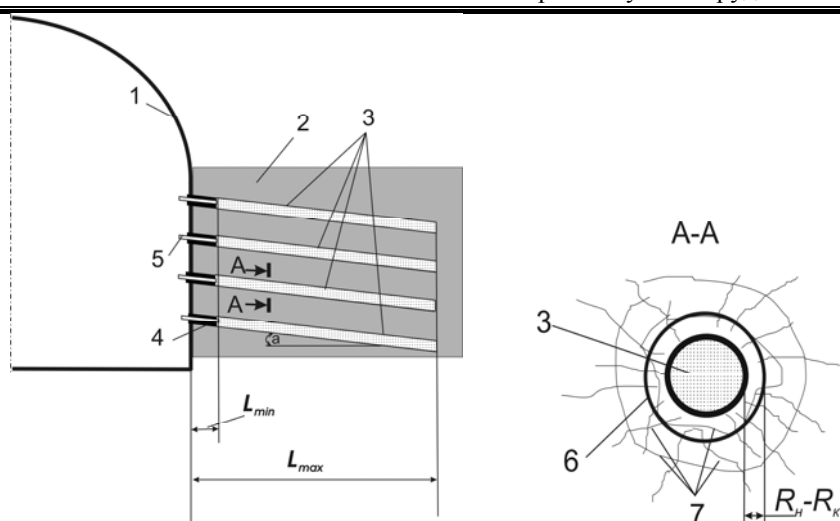


Рис. 2 – Спосіб попередження самонагрівання вугілля в пласті: 1- кріплення виробки; 2- вугільний пласт; 3- заповнені антипірогеном шпури; 4- глиняна пробка; 5- трубки; 6- контур шпуру; 7- тріщини у вугільному пласті; R_n-R_k – різниця між початковим і кінцевим радіусом шпуру

Суміш подрібнених вугілля і чорного металу готують в штреку. Як подрібнене вугілля можна використовувати штиб, який утворюється при бурінні шпурів, а як чорний метал - подрібнену і знежирену стружку стали марки СТ-3, яка є відходом в ремонтно-механічних майстернях. Частинки інгредієнтів повинні мати розмір не більше 10...20 мм. Співвідношення вугілля і металу складає: вугілля - 15%, метал - 85%. Для заповнення одного шпура готують суміш масою 9,5 кг, для чого беруть 1,4 кг подрібненого вугілля і 8,1 кг подрібненої металевої стружки. Також заздалегідь готують розчин хлориду натрію з розрахунку приблизно 1,7 л розчину на один шпур, для цього у воді об'ємом 1,5 л розчиняють 0,5 кг куховарської солі.

Готову композицію засипають в шпур, заповнюючи його на ділянці від забою до 0,5 м від гирла. Решта ділянки шпура від гирла до суміші закривають глиняною пробкою з прокладеною в ній трубкою. Довжина пробки дорівнює мінімальній відстані L_{min} , на якій були зареєстровані джерела самонагрівання вугілля. У заповнений сумішшю шпур по трубці подають розчин натрію хлориду.

В результаті процесу електролізу хлориду натрію утворюється хлор, який, взаємодіючи з вугільною поверхнею, дезактивує активні центри самонагрівання вугілля. Під дією гірського тиску відбуваються деформації шпуру, його початковий периметр істотно зменшується. Радіус шпуру з початкового розміру R_n зменшувався до R_k (див. рис.2). Навколо шпуру з'являються тріщини, при цьому з'являються нові поверхні свіжого вугілля, схильного до самонагрівання.

За рахунок деформацій стінок шпуру відбувається частинки вугілля і металу в антипірогенній суміші, з'являються нові гальванопари, і виділяється хлор, який обмиває свіжі вугільні поверхні, нейтра-

лізуючи активні центри. Процес триває безперервно, що дозволяє уникнути негативного впливу гірського тиску і забезпечити надійну і ефективну профілактику ендогенних пожеж при виникненні нових тріщин у вугіллі під впливом гірського тиску.

Висновки. Таким чином, розроблені способи попередження самонагрівання вугілля в гірничих виробках, що перетинаються ЗГП, передбачають використання дешевих, недефіцитних матеріалів, які не містять небезпечні і шкідливі компоненти. Проміжні продукти реакції утворюються в незначних кількостях, миттєво реагують з вугіллям, не виділяючись в гірничі виробки.

Отримані результати теоретичних досліджень [2] дозволили обґрунтувати наступні технологічні параметри:

- довжина шпуру $l_{ш} = L_{max}$;
- глибина гатки $l_3 = L_{min}$;
- кут нахилу шпурів $\alpha = 5 \dots 10^\circ$. Це необхідно при застосуванні антипірогену тривалої дії для повнішого заповнення шпурів електролітом, причому, якщо буріння останніх під нахилом неможливо, то використовують газорозділюючі пристрої;
- максимальна відстань між шпурами в ЗГП, що має ширину більше, ніж a_k . Слід забезпечувати профілактичну обробку цих порушень, так, щоб в них не залишалось необроблених ділянок, що мають розміри більш a_k . Отже, максимальна відстань між шпурами рекомендується приймати $b_{ш} \leq a_k$, з урахуванням гарантованої обробки всієї ЗГП;
- загальна кількість шпурів $n = a/b_{ш}$.

ЛІТЕРАТУРА

1. Костенко В.К. Особенности самонагревания угля вблизи контура горной выработки в зонах геологических нарушений/ В.К.Костенко, Е.Л.Завьялова// Форум гірників – 2005: матеріали міжнарод. конф., 12-14 жовт. 2005 р. Т.3.–Дніпропетровськ, 2005. – С. 40 – 47.
2. Предупреждение и тушение подземных эндогенных пожаров в труднодоступных местах/ [Костенко В.К., Булгаков Ю.Ф., Подкопаев С.В. и др.]; под ред. В.К. Костенко. – Донецк: Изд-во «Ноулидж» (донецкое отделение), 2010. – 253 с.
3. Костенко В.К. Классификация способов подавления самонагревания угля в пересекаемых подготовительными выработками зонах геологических нарушений пластов / В.К.Костенко, Е.Л.Завьялова// Науковий вісник УкрНДПБ. – 2006. – №2(14). – С. 34 – 39.
4. Пат. на винахід №83925 Україна, МПК E21F 5/00. Спосіб попередження самонагрівання вугілля у підземних гірничих виробках/ В.К.Костенко, О.Л.Зав'ялова; заявник і власник ДонНТУ. – №200602380; заявл. 03.03.2006; опубл. 26.01. 2009, Бюл. №2.

5. Пат. на винахід №83925 Україна, МПК E21F 5/00. Спосіб попередження самонагрівання вугілля у пласті/ В.К.Костенко, О.Л.Зав'ялова, О.Г.Зав'ялова; заявник і власник ДонНТУ. – №200612444; заявл. 27.11.2006; опубл. 26.08. 2008, Бюл. №16.

6. Зав'ялова Е.Л. Технология предотвращения самонагрева угля в зонах геологических нарушений пластов/ Е.Л.Зав'ялова// Науковий вісник УкрНДІПБ. – 2007. – №2(16).– С. 28–34.

В.К. Костенко, Е.Л. Зав'ялова, А.И. Морозов

Предупреждение самонагревания угля в зонах геологических нарушений

На основе классификации способов профилактики самовозгорания угля разработаны новые способы предупреждения самонагревания угля в местах пересечения геологических нарушений пластов подготовительными горными выработками, при этом решена задача торможения эффузивных процессов путем ограничения доступа кислорода к углю.

Ключевые слова: зона геологического нарушения, очаги самовозгорания и самонагревания угля, пожароопасная зона, структурное строение нарушенного пласта, эффузивные процессы, способы профилактики эндогенных пожаров, антипироген.

V. Kostenko, E. Zavyalova, A. Morozov

Prevention of coal self-heating in areas of geological disturbances

On the basis of classification of methods of prophylaxis of spontaneous combustion of coal the new methods of prevention of self-heating of coal are developed in the places of crossing of geological violations of layers preparatory making, the task of braking of effusions processes is here decided by an access of oxygen restriction to coal.

Keywords: faulted area, spontaneous combustion and coal self-heating sites, fire hazardous zone, faulted seam structure, coal fracturing, effusive process, prevention of self-combustion fires, antipyrogenes.