

УДК 614.841

Т.В. КОСТЕНКО (аспірант), Н.О. БИЛЬЦЕВИЧ (магістрант)
Донецький національний технічний університет

ЕКОНОМІКО-ЕКОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ НОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ГАСІННЯ ПІДЗЕМНИХ ПОЖЕЖ У ВАЖКОДОСТУПНИХ МІСЦЯХ

Наведено результати зіставлення екологічних і економічних наслідків гасіння підземних пожеж способом ізоляції із застосуванням криогенної та мембранної газорозділюючої техніки. Встановлено, що при використанні газорозділюючих установок на 77% скорочуються викиди парникових газів. Економічний ефект при гасінні середньостатистичної для вугільної галузі України пожежі складає близько 1,3 млн. грн.

екологічний та економічний ефект, підземна пожежа, газорозділююча установка

Гасіння підземних пожеж у важкодоступних місцях, таких як вироблений простір, деформовані вугільні цілики, куполи за кріпленням підготовчих виробок, бункери та інші, є найбільш трудомістким, тривалим і дорогим видом підземних гірничорятувальних операцій в сучасній практиці вуглевидобутку. В Україні щорічно виникає декілька пожеж такого роду, які призводять до значних економічних втрат, а також пов'язані з втратами видобутку вугілля та іншого роду наслідками.

На шахтах Донбасу велика кількість розвинених підземних пожеж триває роками, а в окремих випадках навіть десятиріччями (шахта ім. Скочинського, «Бутовка Донецька», шахти крутого падіння «Артемвугілля», «Дзержинськвугілля» та інші). При цьому щоденно, щохвилино у атмосферу виділяється значна кількість шкідливих газів (CO_2 , CH_4 , CO , водяні пари), які погіршують екологічну ситуацію довкілля.

Безпосередній вплив в таких умовах на вогнище горіння вогнегасячими засобами, як правило, неможливий внаслідок складності проникнення до вогнища, загрози ускладнення аварії задимленням, загазуванням, вибухами пилогазоповітряних сумішей, обваленням гірничих порід у місцях ведення аварійних робіт. Внаслідок важкодоступності і неінтенсивного руху повітря (основного носія піни і порошку) неефективним є використання водних пінних, порошкових та інших засобів пожежогасіння, що знаходяться на оснащенні гірничорятувальних частин. Технології, які полягають на ізоляції аварійних виробок з подальшим спорудженням камер вирівнювання тиску, представляються досить громіздкими, недостатньо ефективними і ненадійними. Найбільш перспективним є дистанційне гасіння за допомогою газових засобів.

На оснащенні Державної воєнізованої гірничорятувальної служби України є азотно-компресорні станції типу АМВП-15/0,7СУ1 (рис. 1). Станція призначена для одержання з атмосферного повітря газоподібного азоту, що використовується для попередження, локалізації і гасіння підземних пожеж у шахтах і забезпечення безпеки ведення гірничих робіт.



Рисунок 1 – Азотно-компресорна станція типу АМВП-15/0,7СУ1

Однак спроби використання мембранних газорозділюючих засобів при ліквідації важких підземних аварій не дали позитивних результатів. Причиною цього стала невідповідність оперативних можливостей нової техніки існуючим тактичним прийомам.

Вченими ДонНТУ був запропонований новий спосіб подавання газоподібного азоту до вогнища горіння [1], який полягає у тому, що у виробці зводять додаткову ізолюючу перемичку, а від трубопроводу для подавання азоту роблять відгалуження, по якому газ подається до ізолюючої камери між двома перемичками (рис. 2).

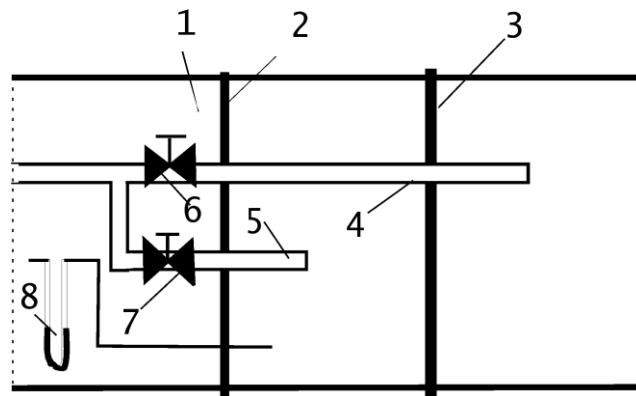


Рисунок 2 – Технологічна схема подавання азоту до аварійної виробки
1 – повітряподаюча виробка; 2, 3 – ізолюючі перемички № 1 і №2 відповідно; 4 – трубопровід;
5 – патрубок; 6, 7 – засувки; 8 – манометр

Тиск у трубопроводі з врахуванням втрат натиску і витрати досягає одного МПа і значно перевищує повітряний натиск на перемичку (депресію). Коли камера заповнюється азотом, подавання його через відгалуження регулюють таким чином, щоб вирівняти тиск у виробці на свіжому струмені та між перемичками. У цій ситуації відсутні підсмоктування повітря через перемичку. Перепад тиску перерозподіляється на дільницю виробки, що розділена додатковою перемичкою, по обидві сторони якої знаходиться азот, він також складає речовину витоків. Таким чином, виключаються підсмоктування повітря в ізолювану виробку.

Після заповнення азотом дільниці аварійної виробки між перемичками і вогнищем горіння, інтенсивність подавання інертного газу можна зменшити. Цим забезпечується такий режим роботи газорозділюючої установки, при якому знижується до мінімуму вміст кисню у складі інертної суміші.

Підвищити безпеку гірничорятувальників і ефективність ліквідації такого типу аварій із використанням запропонованого способу подавання азоту до аварійної виробки можна за допомогою комплексу засобів автоматизації для дистанційного гасіння пожеж у важкодоступних місцях (рис.3). Комплект складається із датчика вимірювання різниці тиску, датчика контролю кисню в районі вогнища горіння і пристрою автоматичного регулювання подавання азоту.

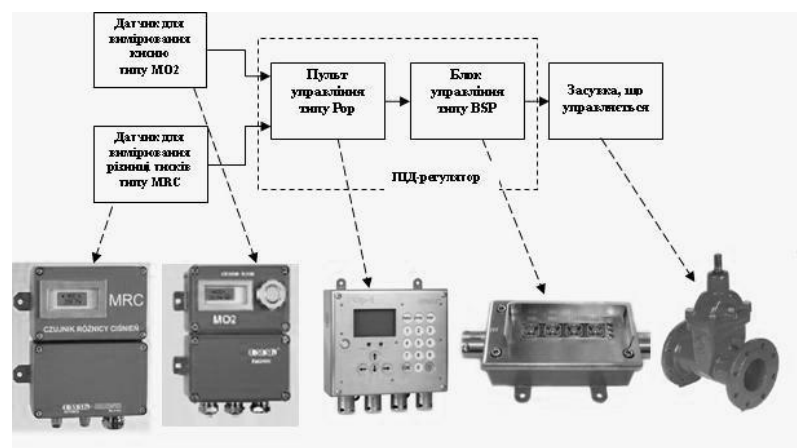


Рисунок 3 – Комплект засобів автоматизації для дистанційного гасіння пожеж у важкодоступних місцях

Використання запропонованих засобів і способів гасіння підземних пожеж у важкодоступних місцях значно зменшує час ліквідації аварії і зменшує викиди в атмосферу токсичних і парникових газів, SO₂, CO₂, CH₄ та інших.

Витрата шкідливих газів, які потрапляють в атмосферу під час ліквідації підземних пожеж протягом року, ZP^P визначається за формулою:

$$ZP^P = T \cdot Q \cdot N_{\text{пож}}, \quad (1)$$

де T – час, протягом якого відбувається ліквідація аварії, хв;

Q – витрата газу, що виділяється в атмосферу під час ліквідації аварії, м³/хв;

$N_{\text{пож}}$ – кількість пожеж, які відбулися протягом року.

Нова запропонована технологія дозволяє зменшити час ведення аварійних робіт з 90 до 20 днів. У розрахунках приймаємо величину $N_{\text{пож}}=4$ за статистикою МакНДІ.

Вихідні дані і результати розрахунків зведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Дані для розрахунку екологічної ефективності

Показник	Означення	Одиниці виміру	Існуюча технологія	Запропонована технологія
Час, протягом якого триває ліквідація аварії	T	хв	129600	28800
Витрата метану	Q_{CH_4}	м ³ /хв	6	
Витрата діоксиду вуглецю	Q_{CO_2}	м ³ /хв	200	
Кількість пожеж на рік	$N_{\text{пож}}$	-	4	
Витрата забруднюючих газів, що потрапляють в атмосферу	$ZP^P_{\text{CH}_4}$	м ³	3110400	691200
	$ZP^P_{\text{CO}_2}$		103680000	23040000

Зменшення викидів шкідливих забруднюючих газів складає:

- для метану:
на $3\,110\,400\text{ м}^3 - 691\,200\text{ м}^3 = 2\,419\,200\text{ м}^3\text{ CH}_4$;
- для діоксиду вуглецю:
на $103\,680\,000\text{ м}^3 - 23\,040\,000\text{ м}^3 = 80\,640\,000\text{ м}^3\text{ CO}_2$.

Таким чином, нова запропонована технологія гасіння підземних пожеж у важкодоступних місцях дозволяє досягнути екологічної ефективності за рахунок зниження викидів в атмосферу метану і діоксиду вуглецю на 77 %.

Оцінка економічного ефекту від використання запропонованої технології гасіння підземних пожеж у важкодоступних місцях за допомогою газорозділюючих установок і нового способу подавання інертного газу до аварійної дільниці був виконаний за методикою НДІГС «Респіратор». Згідно з цією методикою річний економічний ефект розраховується за формулою [2]:

$$E_r = \left[C_1 \frac{Y_2}{Y_1} K_9 - C_2 + \frac{(I_1 K_9 - I_2) + E_H (K'_1 - K'_2)}{P_2 + E_H} \right] \cdot A_2, \quad (2)$$

де C_1 і C_2 – оптові ціни базового і нового засобу гірничорятувальної техніки, грн;

Y_1 і Y_2 – питома витрата вогнегасячого засобу базового і нового варіантів в натуральних одиницях;

K_3 – коефіцієнт еквівалентності, що характеризує рівень якості нового технічного рішення;

I_1 і I_2 – експлуатаційні витрати споживача при використанні одиниці базового і нового засобів, грн;

E_H – нормативний коефіцієнт ефективності;

K'_1 і K'_2 – супутні капітальні вкладення споживача при використанні одиниці базового і нового засобу, грн;

P_2 – доля відрахувань від балансової вартості на повне відновлення нового засобу;

A_2 – річний об'єм виробництва нового засобу гірничорятувальної техніки в розрахунковому році в натуральних одиницях.

Базовий варіант гасіння пожеж у важкодоступних місцях передбачає традиційний спосіб подавання азоту, при якому зводиться одна ізольована перемичка на свіжому струмені, а друга на виходячому. Газоподібний азот отримується за допомогою криогенної азотної установки типу АГУ-2М. Оптова ціна установки АГУ-2М разом із газифікатором C_1 складає 6млн.грн.

При базовому варіанті роботи з ліквідації пожежі тривають близько 90 діб ($N_{ДБ}$) [3], кожної доби на аварійній дільниці працює 9 відділень гірничорятувальників $N_{ВДД}$. Заробітня платня $ЗП_{ЗМ}$ гірничорятувальника за одну зміну складає 150грн. Згідно статистичним даним в Україні в середньому виникає 4 підземні пожежі у важкодоступних місцях на рік $N_{ПОЖ}$. Продуктивність криогенної азотної установки АГУ-2М $ПП_{АГУ-2М}$ складає 230м³/год. Виробництво рідкого азоту на території України здійснюється на заводах у Запоріжжі та Дніпропетровську. Вартість кубометру рідкого азоту B_{N_2} складає 0,73грн/м³, вартість доставки до місця аварії дорівнює 20% від вартості продукту. Таким чином, експлуатаційні витрати споживача за рік у базовому варіанті складаються з витрат на заробітню платню гірничорятувальників $I_{ЗП}$ і витрат на рідкий азот та його транспорт до місця ліквідації I_{N_2} аварії:

$$I_1 = I_{ЗП} + I_{N_2} = N_{ДБ} \cdot N_{ВДД} \cdot 6 \cdot ЗП_{ЗМ} \cdot N_{ПОЖ} + ПП_{АГУ-2М} \cdot N_{ДБ} \cdot 24 \cdot B_{N_2} \cdot 1,2 \quad (3)$$

$$I_1 = 90 \cdot 9 \cdot 6 \cdot 150 \cdot 4 + 230 \cdot 90 \cdot 24 \cdot 0,73 \cdot 1,2 = 3351197 \text{грн}$$

Новий запропонований варіант гасіння пожеж у важкодоступних місцях полягає на використанні мембранної технології виробництва азоту за допомогою пересувної азотно-компресорної станції типу АМВП-15/0,7С. Для підвищення ефективності гасіння і скорочення часу ліквідації аварії прийнята запатентована технологія подачі азоту до аварійної дільниці. Для підвищення безпеки гірничорятувальників пожежа ліквідується за допомогою автоматичного пристрою для дистанційного гасіння. Оптова ціна установки АМВП-15/0,7С разом із автоматичним пристроєм C_2 складає 5млн.грн.

Новий варіант припускає, що час ліквідації аварії скорочується до 20 діб, а кількість відділень, що працюють на добу зменшуються до 5. Експлуатаційні витрати за рік у новому варіанті складають:

$$I_2 = I_{ЗП} = N_{ДБ} \cdot N_{ВДД} \cdot 6 \cdot ЗП_{ЗМ} \cdot N_{ПОЖ} \quad (4)$$

$$I_2 = 20 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 150 \cdot 4 = 360000 \text{грн}$$

Питомі витрати вогнегасячого засобу базового і нового варіантів Y_1 і Y_2 пропорційні кількості діб, протягом яких триває подавання газоподібного азоту до аварійної дільниці, та складає 90 і 20 відповідно.

Коефіцієнт еквівалентності K_3 , що характеризує рівень якості нового технічного рішення, дорівнює співвідношенню продуктивностей нового і базового засобів техніки, та складає:

$$K_3 = \frac{900 \text{ м}^3 / \text{год}}{230 \text{ м}^3 / \text{год}} = 3,91$$

Нормативний коефіцієнт ефективності $E_H = 0,15$. Супутні капітальні вкладення K'_1 і K'_2 при використанні базового і нового варіанту відсутні. Доля відрахувань від балансової вартості на повне відновлення нового засобу $P_2 = 0,1$. Річний об'єм виробництва нового варіанту гірничорятувальної техніки в розрахунковому році A_2 складає 0,1.

Таблиця 2 – Дані для розрахунку економічного ефекту

Показник	Означення	Одиниці виміру	Базовий варіант	Новий варіант
Оптові ціни засобу гірничорятувальної техніки	C	млн. грн.	6	5
Питома витрата вогнегасячого засобу	U	од	90	20
Коефіцієнт еквівалентності	K_3	-	3,91	3,91
Витрати споживача	I	грн.	3351197	360000
Нормативний коефіцієнт ефективності	E_H	-	0,15	0,15
Супутні капітальні вкладення споживача	K'	грн.	0	0
Доля відрахувань від балансової вартості на повне відновлення нового засобу	P_2	-	-	0,1
Річний об'єм виробництва нового засобу гірничорятувальної техніки в розрахунковому році	A_2	од	0,1	0,1

Річний економічний ефект складає:

$$\mathcal{E}_r = \left[6000000 \cdot \frac{20}{90} \cdot 3,91 - 5000000 + \frac{(3351197 \cdot 3,91 - 360000)}{0,1 + 0,15} \right] \cdot 0,1 = 129565 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект від використання нової установки для виробництва газоподібного азоту із атмосферного повітря, нової технології подачі вогнегасячої суміші та автоматичного пристрою для дистанційного гасіння складає 1295651 грн. у масштабах вугільної галузі України.

Таким чином, можна зробити наступні висновки:

- при гасінні пожеж у важкодоступних місцях за допомогою газових засобів зменшується інтенсивність горіння деревини, вугілля, метану.
- використання запропонованих заходів дозволяє значно зменшити час ліквідації аварії, а тим самим і зменшити викиди в атмосферу токсичних і парникових газів, CO_2 , SO_2 , CO , CH_4 тощо.
- гірничорятувальники менше піддаються шкідливій тепловій і токсичній дії продуктів горіння та іншим видам вражень, із якими можуть зустрітися під час ведення аварійно-рятувальних робіт.
- у зв'язку зі зменшенням часу гасіння пожежі і використанням комплексу засобів автоматизації для дистанційного гасіння пожеж у важкодоступних місцях, зменшуються витрати на виробництво азоту, заробітну платню гірничорятувальників. Річний економічний ефект у масштабах вугільної галузі України складає не менше мільйона гривень.

Бібліографічний список:

1. Спосіб подавання інертного газу до джерела самонагрівання або горіння: деклараційний пат. на корисну модель № 11376. / В.К.Костенко, Т.В.Костенко; заявник і власник ДонНТУ. Опубл. 15.12.2005, Бюл. №12.
2. Булгаков Ю.Ф. Тушение пожаров в угольных шахтах / Ю.Ф.Булгаков. – Донецк: НИИГД, 2001. – 280 с.
3. Статут ДВГРС по організації і веденню гірничорятувальних робіт : ДНАОП 1.1.30 - 4.01.97. – К: Вид. «Основа», 1997. – 453 с.

Надійшла до редакції 01.10.2010

Т.В. Костенко, Н.А. Бильцевич

ЭКОНОМИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ГАШЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ПОЖАРОВ В ТРУДНОДОСТУПНЫХ МЕСТАХ

Приведены результаты сопоставления экологических и экономических последствий тушения подземных пожаров способом изоляции с применением криогенной и мембранной газогенерирующей техники. Установлено, что при использовании газоразделительных установок на 77% сокращаются выбросы парниковых газов. Экономический эффект при тушении среднестатистического пожара для угольной отрасли Украины составляет около 1,3 млн.грн.

экологический и экономический эффект, подземный пожар, газоразделительная установка

T. Kostenko, N. Biltsevich

ECONOMIC AND ECOLOGICAL SUBSTANTIATION OF A NEW TECHNOLOGY OF EXTINGUISHING UNDERGROUND FIRES IN HARD-TO-REACH AREAS

The paper provides the results of comparing the environmental and economic consequences of extinguishing underground fires using cryogenic and membrane gas-separation equipment. It was proved that the use of gas-separation plants reduces greenhouse gas emissions by 77%. In Ukraine the economic effect in extinguishing the fires for the coal industry is, on the average, about 1,3 mln.

ecological and economic effect, underground fire, gas-separation plant

© Костенко Т.В., Бильцевич Н.А., 2010