УДК 614.841.47
DOI: 10.15587/2313-8416.2018.128683

ОГЛЯД СПОСОБІВ І ЗАСОБІВ ГАСІННЯ РУДНИКОВИХ ПОЖЕЖ

© Н. Ю. Швагер, О. В. Нестеренко, Т. А. Комісаренко

Аналіз способів та засобів допомагає вибрати доцільний спосіб припинення пожежі в гірничих виробках. Знання особливостей розвитку пожеж на гірничих підприємствах дозволяють вибрати способи і засоби гасіння пожеж відповідно до типу пожежі. Серед основних відомих способів протипожежного захисту прогресивним є гасіння пожежі на основі використання новітніх досліджень з нанотехнології, наприклад, наночасток з глини та цементу, які налипають на предмети і перегороджують доступ кисню до поверхонь, що горять

Ключові слова: *способи та засоби гасіння пожеж, гірничі виробки, пожежна безпека, перемичка, первинні засоби пожежогасіння*

1. Вступ

Дослідження процесу горіння у гірничих виробках актуалізує широке коло проблем, пов'язаних із пізнанням загальних закономірностей гасіння пожежі, що є важливою проблемою в рамках сучасних моделей гасіння пожеж.

Пожежі, що виникають на вугільних і рудних шахтах, відносяться до найбільш частих і небезпечних підземних аварій, що є загрозою в ряді випадків життю та здоров'ю людей і приносять великих матеріальних збитків. Щорічно на шахтах України виникає від 10 і більше екзогенних пожеж і кілька ендогенних, що становить близько 60 % всіх аварій.

Актуальність проблеми полягає у забезпеченні пожежної безпеки на підприємствах гірничорудної галузі, для чого необхідно використовувати організаційно-технічні заходи та протипожежний захист. В 2016 р. воєнізована гірничорятувальна служба (ВГРС), що обслуговує гірничорудні підприємства, провела 16 оперативних виїздів, в тому числі 15 – на ліквідацію різного роду аварій та їх наслідків, а також з метою рятування працівників та надання їх первинної медичної допомоги. в 2015 р. таких виїздів було 18. Домінуючими видами аварій є пожежі. В 2016 р. відбулося три пожежі, тобто із загальної кількості оперативних виїздів, на пожежі приходиться 20 %. Показники оперативної діяльності ВГРЧ на гірничорудних підприємствах за період 2013–2016 рр. в динаміці наведені на діаграмі (рис. 1) [1].

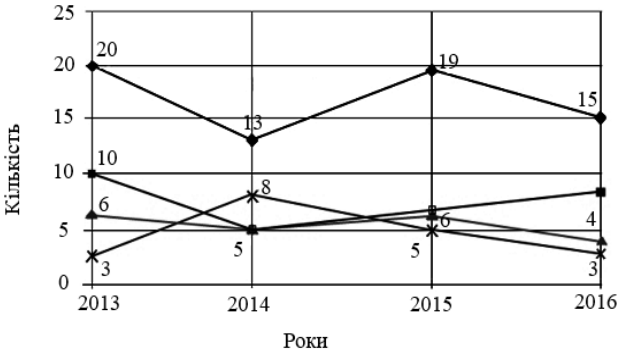

Рис. 1. Показники оперативної діяльності ВГРЧ, що пов'язана з ліквідацією аварій

Розподілення пожеж (загорянь), що виникли в 2016 р. за місцями їх виникнення показують, що найчастіше пожежі виникають у гірничих виробках, а на поверхні – при експлуатації гірничого обладнання, тобто в місцях концентрації працівників, що є для персоналу великою потенційною небезпекою. В табл. 1 наведено розподілення аварійних ситуацій за організаційними причинами.

Таблиця 1

Розподілення аварійних ситуацій за організаційними причинами

Вид аварії	Невиконання інструкцій та правил з ОП	Порушення паспортів ведення робіт	Несвоєчасна коректировка тех.документів на ведення робіт	Ведення робіт без дозволу при відсутності заходів з безпеки	Некваліфікований технічний нагляд	Пору-шення провітрювання та пилогазового режиму	Порушення технології ведення робіт
Пожежі	2				1		
Обвалення	3				1		
Отруєння шкідливими газами							
Падіння з висоти	3						
Інші випадки	2				2		

2. Літературний огляд

Основним способом гасіння пожеж, особливо в початковій їх стадії, є безпосередній вплив засобів первинних засобів пожежогасіння [2].

Основним заходом попередження пожеж є комплекс організаційних заходів і технічних засобів, спрямованих на виключення можливості виникнення пожежі [3]. Для попередження і гасіння підземних пожеж на шахтах України щорічно споруджуються сотні ізолюючих перемичок з різних матеріалів і конструкцій, а на пластах, схильних до самозайманя, і при ізоляції діючих пожеж – вибухостійких [4]. Пожежі приводять не тільки до матеріальних збитків, а й до можливості травмування працівників чи рятувальників, тому важливим способом їх захисту виступають дистанційні способи гасіння пожеж. Огляд способів і засобів гасіння гірничих виробок передбачає можливість використання сучасних технологій, при яких забезпечується гасіння пожежі в місцях, до яких людина пробратися не здатна чи має ризик для життя.

3. Мета та задачі дослідження

Метою даної статті є аналіз способів та засобів припинення пожежі в гірничих виробках.

Для досягнення мети були поставлені наступні задачі:

1. Проаналізувати основні способи припинення пожежі.

2. Дати оцінку існуючих засобів і запропонувати нові засоби пожежегасіння в гірничих виробках, що дозволять захистити вироби від пожежі.

4. Способи та засоби гасіння пожеж в гірничих виробках

В разі виникнення пожежі потрібні грамотні і чітко сплановані дії по локалізації вогню. Природно, в першу чергу, необхідна спроба його гасіння в момент, поки він не поширився далі. Складність боротьби з вогнем в шахтах полягає в можливості запобігти на самій ранній стадії. Тому необхідно конкретизувати способи та засоби гасіння пожеж.

Основою пожежогасіння є примусове припинення горіння. На практиці використовують декілька способів гасіння пожежі:

1) спосіб охолодження. Горіння речовини можливе тільки тоді, коли температура її поверхні перевищує температуру її займання. Якщо охолодити цю поверхню до більш низької температури, то горіння припиниться;

2) спосіб зниження концентрації кисню. Речовина здатна горіти лише за умови наявності в атмосфері кисню більше 14 %. Якщо зменшити вміст кисню у зоні горіння, воно повинно припинитися. Це досягається введенням у зону горіння інертних газів (діоксид карбону, азот, водяна пара) або розведенням кисню продуктами горіння в ізольованих приміщеннях;

3) спосіб ізоляції. Цей спосіб ґрунтується на тому, що припиняється надходження повітря, а з ним і кисню до речовини, яка горить. Для цього застосовують різні ізолювальні вогнегасні речовини:хімічну піну, порошки і т.ін.;

4) спосіб хімічного гальмування швидкості горіння. Цей спосіб полягає у тому, що в зону горіння вводять такі хімічні сполуки, що здатні припиняти хімічну екзотермічну реакцію, якою і є горіння. Таку здатність мають різні галогенопохідні: бромистий етил та метил, фреони і та ін.;

5) спосіб механічного гасіння полум'я. На полум'я спрямовують дуже потужний струмінь води, порошку або газу.

Можливе також застосування вибуху, коли полум'я збивається ударною хвилею. На практиці, як правило, застосовують комплексне гасіння пожеж, одночасно використовуючи декілька з наведених способів залежно від того, що горить, і від обставин пожежі.

Всі способи і тактичні прийоми гасіння пожеж зводяться до припинення доступу кисню до палаючих матеріалів і зниження їх температури, а при підземній пожежі – ще й до зниження температури оточуючих порід до меж, що виключають повторне загоряння.

Активні способи полягають у безпосередньому впливі на вогнище пожежі вогнетривкими речовинами як безпосередньо в місці його утворення, так і при виїмці палаючих мас з вогнища пожежі. Безпосередній вплив на вогнище пожежі здійснюється з боку надходження струменя повітря прямим або дистанційним (з безпечної відстані) впливом. Активні способи зазвичай застосовують в початковий період розвитку пожежі, а також у всіх випадках, коли вогнище доступне для безпосереднього гасіння і для цього є в достатній кількості сили і засобів пожежогасіння.

Спосіб ізоляції полягає в припиненні припливу свіжого повітря до осередку пожежі шляхом зведення в гірських виробках ізоляційних перемичок, сорочок, покриттів і ін. До ізоляції вдаються у випадках, коли вогнище пожежі знаходиться в місці, недоступному для безпосереднього впливу на нього вогнетривкими речовинами, а також у тих випадках, коли при бурхливому розвитку пожежі на місці немає достатніх сил і засобів для безпосереднього впливу на осередок. Ізоляція як спосіб гасіння пожежі є крайнім заходом, оскільки в умовах порушених гірських порід і високої газопроникності ізоляційних споруд практично не можна досягти повної герметизації дільниці, терміни охолодження гірського масиву довготривалі, на газових шахтах ізоляція пожежі небезпечна, внаслідок можливості вибуху метану і пожежних газів. Тому ізоляція пожежі, як правило, є попереднім етапом комбінованих способів гасіння пожежі, коли ступінь герметизації ізольованого простору відіграє меншу роль, ніж тільки при ізоляції.

Комбіновані способи полягають у поєднанні попередньої ізоляції вогнища пожежі з подальшим гасінням його активним способом. Ці способи застосовуються в тих випадках, коли пожежа набула подальшого розповсюдження на великій площі, підступи до нього утруднені через високу температуру і на місці відсутня достатня кількість вогнегасних засобів. Для припинення розвитку пожежі зводять на доступній від вогнища відстані парні тимчасові ізоляційні перемички з отворами, що відкривають або закрива-

ють пожежні двері. Після часткового загасання пожежі, послідовно шляхом шлюзування через отвори парних перемичок зводять нові перемички, зменшуючи обсяг ізольованих виробок, і ведуть гасіння пожежі по частинах підготовленими до цього часу вогнетривкими засобами. До комбінованих способів також слід віднести заповнення ізольованої пожежної дільниці інертними газами або шляхом замулювання та ін. Гасіння пожеж затопленням водою є крайнім заходом і виправдано при малих обсягах затоплення, зведення невеликого числа водотривких перемичок, відсутності загрози втрати обладнання та ін.

Вогнегасні речовини, що використовуються в даний час для гасіння пожеж на вугільних шахтах, по фазовому стану поділяються на:

– рідини (вода, замулювальна пульпа);

– сипучі речовини (хімічно активні - вогнегасні порошки та інертні - пісок і інертний пил);

– піни (хімічні, повітряно-механічні, інертні газомеханічні);

– інертні гази та аерозолі (діоксид вуглецю, азот, парогазова суміш і ін.).

Відповідно, технічні засоби пожежогасіння поділяються на засоби водяного, порошкового, пінного, інертизації середовища і комбінованого гасіння. За призначенням і конструктивним виконанням засоби пожежогасіння поділяються на вогнегасники (ручні, ранцеві, ті, що возяться, пересувні), групу мобільних установок і засобів (пересувні установки, переносні піногенератори і ін.), групу автоматизованих установок і систем пожежогасіння. Крім поділу зазначених засобів пожежогасіння за класами гасіння пожеж в їх класифікації слід також розрізняти засоби первинного пожежогасіння, засоби призначені для гасіння розвинених пожеж і по їх характеру впливу на осередок пожежі (безпосереднє, дистанційне, дистанційного об'ємного гасіння), а також тривалості дії вогнегасного заряду, масі, габаритам та ін.

Слід також розрізняти засоби пожежогасіння експлуатовані шахтою, які знаходяться тільки на оснащенні ДВГРС. Вода, володіючи високими вогнетривкими властивостями і можливістю впливу на осередок пожежі у вигляді компактного струменя, розпиленому стані, в складі парогазової суміші і через інші переваги набула найширшого розповсюдження через засоби водяного пожежогасіння. Вогнегасні властивості води полягають в наступному: за рахунок напору водяного струменя механічно збивається полум'я з палаючих предметів; висока теплоємність води дозволяє охолоджувати поверхню, що горить нижче температури, необхідної для підтримки горіння; змочуючи суміжні з палаючою поверхнею дільниці та предмети, вода запобігає поширенню горіння; утворюється водяна пара, що зменшує вміст кисню в зоні горіння. Водою не можна гасити електрообладнання, що знаходиться під напругою, речовини, що взаємодіють з водою (карбід, лужні метали та ін.). Неефективне гасіння палаючих легкозаймистих рідин і палаючого метану. При гасінні сильно розвинених пожеж не з периферійних ділянок з відносно низькими значеннями температури, а з епіцентру горіння виникає небезпека вибуху, так як при температурі 1000–1200 °С молекули води розкладаються на атомарний водень і кисень з утворенням вибухонебезпечного перекису водню H_2O_2.

Пожежогасний ефект вогнегасних порошків забезпечується за рахунок ізоляції твердих поверхонь, що горять і рідин від доступу кисню внаслідок утворення в'язкої полімерної плівки на межі поділу фаз; припинення ланцюгових реакцій горіння через інгібуючий вплив на активні центри полум'я; охолодження зони горіння через витрати теплоти на нагрівання частинок порошку, їх плавлення, часткове випаровування і хімічне розкладання. У засобах пожежогасіння застосовують порошки ПСБ, П-1А (розмір часток 80–90 мк), тонкодісперсний порошок П-2АП (розмір часток 40–50 мк) і субтонкодісперсний порошок П-2АП (розмір часток 5–10 мкм). Засоби порошкового гасіння застосовуються при горінні дерев'яного кріплення, конвеєрної стрічки, легкозаймистих і горючих рідин, вугілля, метану та електрообладнання, що знаходиться під напругою. Обмеженням застосування засобів порошкового гасіння є недостатня ефективність гасіння твердих матеріалів, зокрема, конвеєрних стрічок, що знаходяться в стадії тління.

Піни за способом утворення і складу газової фази поділяються на повітряно-механічні та інертні хімічні, азотно-механічні та ін. [5]. Піни характеризуються показниками кратності і стійкості. Кратність піни є кількість обсягів піни, що утворюється з одиниці об'єму розчину піноутворювача. Розрізняють піну низької (50), середньої (50–300) і високої (300–1000) кратності. Стійкість піни для цілей пожежогасіння зазвичай не перевищує 2 год і залежить від змісту піноутворювача, температури стінок виробки, жорсткості води, швидкості повітря та ін. Піна блокує доступ повітря і надає охолоджуючий ефект на палаючі матеріали і стінки гірських виробок. На відміну від води піною ефективно можна гасити легкозаймисті рідини. Зважаючи на високу проникаючу здатність піна може подаватися в важкодоступні місця. За характером впливу піну можна віднести до вогнегасних речовин дистанційного об'ємного гасіння. Через електропровідність піни забороняється її застосування для гасіння палаючого електрообладнання під напругою. Хімічні піни утворюються при взаємодії розчинів кислот і лугів у присутності піноутворювача. Хімічна піна складається з безлічі дрібних бульбашок, заповнених інертним вуглекислим газом, і має наступний склад: 80 % – CO_2, 19 % – H_2O, 0,3 % – піноутворююча речовина.

Утворення повітряно-механічної піни здійснюється в піногенераторі шляхом продувки через сітку повітря (стисненого, за допомогою вентилятора або за рахунок ежекції) і дрібно розпорошеного розчину піноутворювача ПО-1. Розмір бульбашок (дисперсність піни) залежить від розмірів осередків сітки, числа сіток і швидкості повітря. Недоліком повітряно-механічної піни є те, що бульбашки піни є носіями кисню, що підтримує горіння. Тому для прискорення гасіння важкодоступних вогнищ горіння застосовують газомеханічну інертну піну, що отримується при використанні газоподібного або рідкого азоту за допомогою розпилювача спеціальних пристроїв. Інертні гази та аерозолі, до числа яких відносяться вуг-

лекислий газ, азот, парогазова суміш і ін., потрапляючи в зону горіння, знижують концентрацію кисню. При гасінні підземних пожеж інертизація середовища виробок дозволяє вирішити два завдання: запобігти утворенню вибухонебезпечних концентрацій метаноповітряної суміші і знизити активність горіння аж до його припинення. Небезпека вибуху усувається при зниженні об'ємної частки кисню в повітрі до 10 %, полум'яне горіння припиняється при 8 %, а тління – при 2 % кисню. Критерієм інертизації середовища є досягнення необхідної безпечної частки кисню:

$$C_{ін}Q_{ін}+2lQ_a \le C_{тр}Q_{\min},$$

$$Q_{ві}+Q_a \ge Q_{\min},$$

де $C_{ін}$ – об'ємна частка кисню в подається інертному газі або аерозолі, %; $C_{тр}$ – необхідна частка кисню в середовищі,що інертизується, %; $Q_{ін}$ – витрата подаваного інертного газу або аерозолю, м^3/хв; $Q_а$ – кількість свіжого атмосферного повітря, що проходить по виробці, що інертизується, м^3/хв (складається з витоків повітря через нещільності в ізольованих перемичках і через вентиляційні отвори в них); $Q_{\min}$ – мінімально допустима кількість суміші (повітря і газу або аерозолю) з умови утворення неприпустимих концентрацій метану, м^3/хв. Інертизація може бути об'ємною і локальною. При об'ємній інертизації повітря всіх виробок аварійної дільниці заміщається інертним газом. При локальній - інертний газ подається безпосередньо в зону горіння без зміни стану провітрювання аварійної дільниці.

За результатами досліджень [6] при комбінованому застосуванні вогнегасних речовин певного складу в суміші або при їх роздільному впливі на вогнище горіння досягається значно вища ефективність гасіння пожежі, а для окремих сполучень речовин розширюється сфера застосування за класами пожеж створених на їх основі засобів пожежогасіння. У створених засобах пожежогасіння комбінованої дії застосовують аерозольно-порошкові і аерозольно-пінні склади і роздільну подачу до осередку пожежі порошку і повітряно-механічної піни. Інертний аерозоль є продуктом згоряння газогенеруючого заряду і в якості вогнегасної речовини в аерозольно-порошкових засобах виконує також функцію енергоносія порошку, а в аерозольно-пінних – енергоносія піни. У порошково-пінних засобах пожежогасіння енергоносієм і утворювачем піни є стиснене повітря. Засоби гасіння пожеж водою, перш за все, відносяться до первинних засобів пожежогасіння.

Відповідно до правил безпеки та інструкції з протипожежної охорони шахт стволи, що подають свіже повітря, облаштовуються спеціальними протипожежними трубопроводами. Для підключення засобів водяного пожежогасіння до пожежних кранів на пожежно-зрошувальному трубопроводі застосовують пожежні напірні рукава і рукавні переходи з пожежними гайками Богданова, які встановлюють через кожні 50 м для приєднання до них пожежних рукавів (рис. 2).

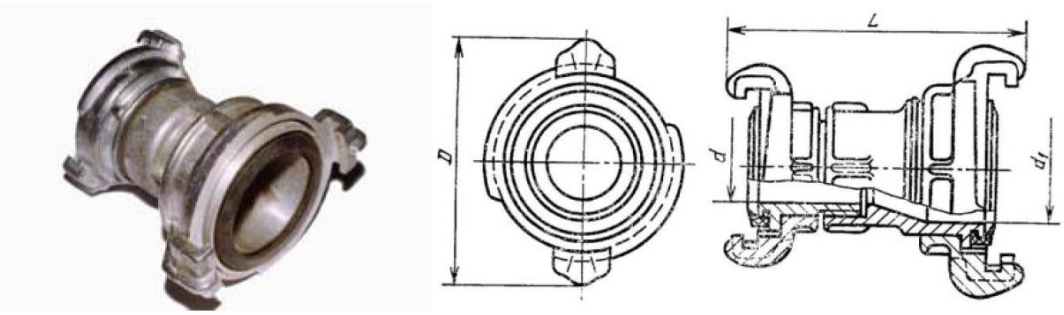

Рис. 2. Перехід з пожежними гайками Богданова

У практиці пожежогасіння застосовують прогумовані, лляні нормальні і лляні посилені пожежні рукави діаметром 51, 66 і 77 мм стандартною довжиною 20 м. Пожежні рукави розраховані на робоче гідравлічний тиск до 1,6 МПа (16 кгс/см^2), що і визначає вимога до верхнього значення нормованого тиску на виході з пожежного крана – 1,5 МПа (15 кгс/см^2) [5]. Пожежні напірні рукава застосовуються також для подачі інертного газу і піноутворюючого розчину до осередку пожежі, а також гіпсового розчину при дистанційному зведенні перемички.

Протипожежні перемички повинні встановлюватися поблизу вогнища пожежі. Конструкція перемичок повинна забезпечувати надійну герметизацію пожежної дільниці. Якщо їх зводять в виробках, пройдених в нестійких або тріщинуватих породах, стінки виробки, прилеглі до перемички, цементують або ретельно замазують глиною, або захищають «сорочками» з глини, цегли.

З метою затримати поширення пожежі на час, необхідний для зведення довготривалих ізолюючих перемичок, встановлюються тимчасові перемички. Тому основна вимога до легких перемичок – швидкість їх зведення.

В якості матеріалів для їх спорудження застосовуються дошки і кріпильний ліс, змочений брезент, металеві листи, мішки з піском. Легкі перемички швидко прогорають, втрачають непроникність і розмиваються водою, тому з огляду на короткочасність служби їх зазвичай роблять без лазів і труб для відбору проб.

Фільтруючі щитові перемички (рис. 3) застосовують на дільницях, де передбачається використання піску для гасіння підземної пожежі.

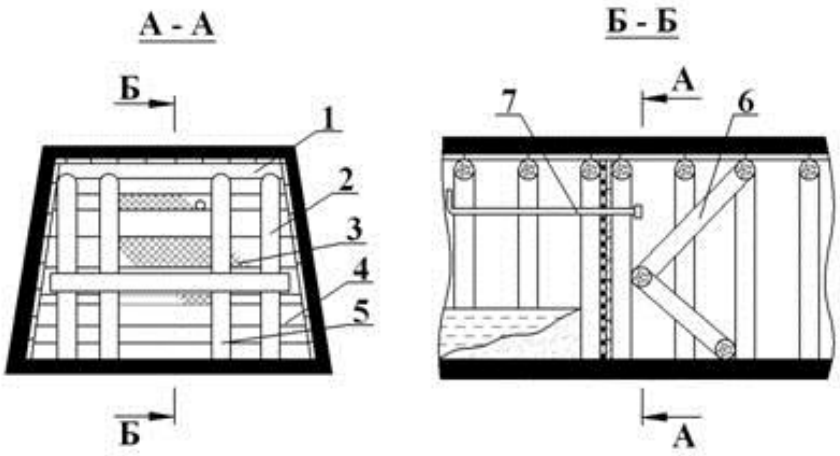

Рис. 3. Фільтруючі щитові перемички

У місці спорудження перемички під верхняк дверного окладу 1 встановлюють дві-три стійки 2. На них закріплюють металеву сітку 3 до якої прибивають дошки 4. Впритул до дощок встановлюють під верхняк чотири-п'ять стійок 5, які закріплюють кроквяним кріпленням 6. У верхній частині перемички труби з боку діючих виробок перекривають заглушкою.

Поширеним є вид перемички, що називається вітрильна. Перемичка містить полотно з парусинової тканини із застібками та армуючого каркаса з мотузки або лина, який з одного боку прикріплений на струбцину, а з іншого містить ремінні кінці. Зведення перемички починають з закріплення струбцини до рейок транспортного шляху за допомогою фіксуючого пристосування. Потім розплавляють полотно і підтягують його до контуру гірничої виробки. У щілини між затяжками кріплення пропускають ремінні кінці поверх стійок і закріплюють їх за допомогою застібок. Конструкція дозволяє забезпечити швидку і надійну установку перемички в гірничій виробці, що дуже важливо в умовах високої температури і задимленості навколишньої атмосфери. Крім того перемичка внаслідок простоти конструкції має незначну вагу, вільно згортається і упаковується в рюкзак і може бути легко доставлена рятувальниками до місця установки [7].

Для підвищення безпеки рятувальників і зниження трудомісткості зведення перемичок необхідно використовувати винаходи, наприклад [8] забезпечують можливість дистанційного зведення перемичок.

Досвід показує, що заповнення гірничої виробки по всьому поперечному перерізу пінними пробками довжиною не менше 180 м, та породними пробками не менше 6 м призводить до різкого скорочення розповсюдження полум'я і зниження надлишкового тиску в повітряної ударної хвилі до 0,01 МПа [9].

Гасіння горючих рідин в гірничих виробках проводиться розпиленою водою, вогнегасним порошком, повітряно-механічною або інертною піною. Відомо, що вода, яка застосовується як вогнегасна речовина – доступна, недорога і універсальна. Разом з тим, при пожежогасінні її використання супроводжується непродуктивними втратами, пов'язаними з її стікання по вертикальних і похилих поверхнях об'єктів пожежогасіння і захисту, а це (зазвичай) пов'язано з надмірною протокою води на розташовані нижче матеріальні цінності, що не горять, особливо при пожежах в багатоповерхових спорудах. Як показує аналіз останніх досягнень і публікації по даному питанню, знизити втрати води, матеріальні витрати і втрати в зв'язку з протоками води на пожежах можна використовуючи при пожежогасінні желеподібних складових [10].

При гасінні пожежі водою для запобігання рясного пароутворення струмінь води слід направляти не в центр вогнища, а по периферії для поступового зниження температури вогнища пожежі. Допускається подача води в осередок пожежі з встановлених стаціонарно водорозбризкувачів, стовбурів пожежних ручних, за умови відсутності людей поблизу вогнища пожежі і на вихідному струмені повітря.

Для одночасного впливу на осередки пожежі, що поширилася по гірничих виробках слід застосовувати методи дистанційного об'ємного гасіння вогнегасним порошком, повітряно-механічною або інертною піною.

При поширенні пожежі по гірничій виробці в сторону сполучення з гірничою виробкою, по якій надходить свіжий струмінь повітря, для запобігання виникнення вторинних вогнищ пожежі і охолоджування газоподібних продуктів горіння, повинна встановлюватися водяна завіса (рис. 4).

Спосіб гасіння пожежі в тупиковій виробці заснований на вітрильній перемичці в гірничій виробці і дистанційній подачі заповнювача в ізольований простір. Заповнювач – інертна піна працює як завіса [11].

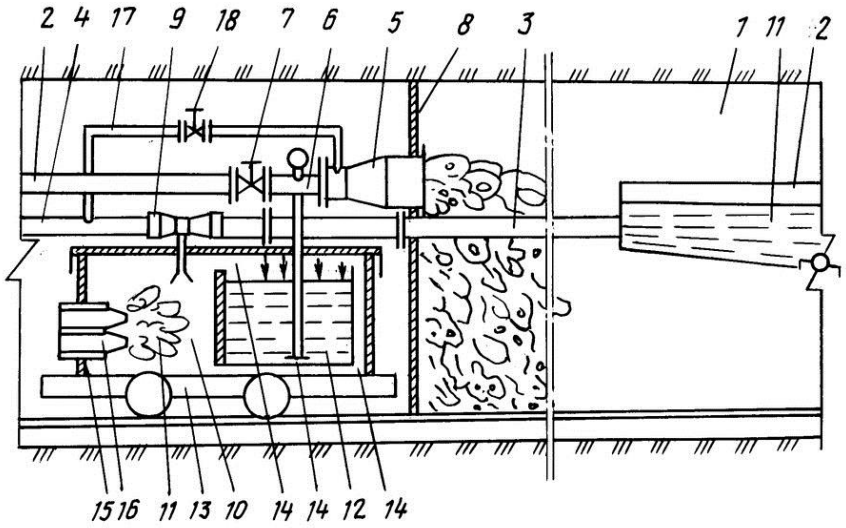

Рис. 4. Водяна завіса: 1 – гірнича виробка; 2 – пожежно-зрошувальний трубопровід з розімкненим його гілкою; 3, 4 – трубопровід подачі інертного газу (азоту); 5 – піногенератор; 6 – автоматичний дозатор піноутворювача; 7 – кран регулювання подачі води; 8 – вітрильна перемичка; 9 – газовий ежектор; 10 – камера утворення вогнегасної аерозолі; 11 – з ємністю; 12 – підігріву піноутворювача, встановлених на загальній транспортній платформі; 13 і з'єднаних між собою газоходами (димоходом) 14. Камера 10 забезпечена магазином 15 для установки генераторів 16 отримання вогнегасної аерозоль

Для попередження розповсюдження пожежі по пустотах за кріпленням гірничих виробок (рис. 5) слід видалити з пустот горючі матеріали, встановлювати водяні або пінні завіси, що перекривають повністю площу поперечного перерізу гірничої виробки, включаючи порожнечі за кріпленням, а також заповнювати порожнечі пінобетоном, гіпсом та іншими негорючими матеріалами [12].

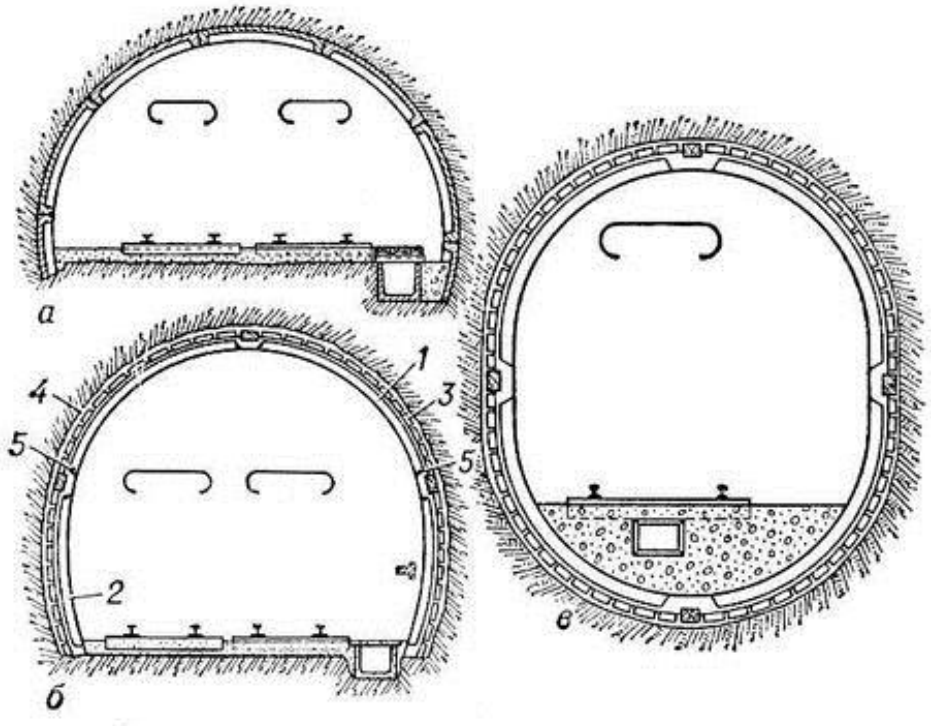

Рис. 5. Збірні залізобетонні кріплення: а – тюбінг; б – арочне шарнірне; в – еліптичне замкнуте; 1 – верхній сегмент; 2 – стійка; 3 – затягування; 4 – забутовка; 5 – сполучні болти

Гасіння пожежі в похилій гірничій виробці з кутом нахилу до 20 ° включно із застосуванням стовбурів пожежних ручних допускається з вищого горизонту, якщо провітрювання гірничої виробки спадний і тільки при відсутності небезпеки перекидання вентиляційного струменя під дією теплової депресії.

При гасінні пожеж у гірничих виробках із стрічковими конвеєрами, незалежно від розмірів і характеру пожежі, повинні вживатися заходи щодо локалізації пожежі (установка водяних завіс, прибирання горючих елементів кріплення, розрив стрічки), доставці до місця пожежі і введенню в дію потужних

засобів пожежогасіння (піногенераторні установки, порошкові установки об'ємного гасіння).

При гасінні або локалізації пожеж в вертикальних гірничих виробках з висхідним струменем повітря розпиленою водою необхідно контролювати напрям і швидкість вентиляційного струменя, що надходить. При появі ознак перекидання подача води в гірничу виробку повинна бути зменшена.

При гасінні пожежі в тупикових гірничих виробках роботи по охолодженню і тимчасовому кріпленню гірничих виробок слід вести окремими ділянками шляхом встановлення тимчасових перемичок, що швидко монтуються.

При необхідності відходу відділення з вибою тупикової гірничої виробки необхідно відкрити на пожежно-зрошувальному трубопроводі кінцевий пожежний кран.

При високій температурі повітря в підземних гірничих виробках на підступах до осередку пожежі для захисту людей від впливу високої температури повітря повинні встановлюватися тимчасові перемички, що швидко будуються.

При неможливості гасіння пожежі активним способом пожежна дільниця підлягає ізоляції. Протягом всього часу робіт по ізоляції необхідно контролювати кількість повітря, що надходить на цю дільницю і до вогнищ горіння, вміст газів у вихідних струменях і в місцях, що характеризують стан пожежі, а також контролювати температуру повітря [13].

Роботи по ізоляції пожежної дільниці вважаються закінченими, коли в прилеглих гірничих виробках концентрація оксиду вуглецю встановиться нижче гранично (максимально) допустимих концентрацій, відновлений нормальний режим провітрювання і температура повітря не перевищує звичайні її показники.

Забезпечення пожежної безпеки на підприємствах гірничорудної галузі потребує уваги і впровадження організаційно-технічних заходів та протипожежного захисту на основі використання новітніх досліджень з нанотехнології, наприклад, наночастки з глини та цементу, які володіють властивістю налипання на предмети і перегороджують доступ кисню до поверхонь, що горять [14].

Використання роботів, що самостійно потрапляють до місця пожежі, долаючи по шляху вентиляційні канали, завали і задимлені проходи, через такі перешкоди людина пробратися не здатна [15]. Роботи як і раніше контролюються пожежними, але ризики отримання травм при цьому зводяться до нуля для співробітників.

5. Результати дослідження

Результати дослідження свідчать, що

1. Розподілення пожеж (загорянь), що виникли в 2016 р. за місцями їх виникнення показують, що найчастіше пожежі виникають у гірничих виробках, а на поверхні – при експлуатації гірничого обладнання, тобто в місцях концентрації працівників, що є для персоналу великою потенційною небезпекою.

2. Основним способом гасіння екзогенних пожеж, особливо в початковій їх стадії, є безпосередній вплив засобів первинних засобів пожежогасіння.

3. Основним заходом попередження пожеж від самозаймання вугілля і в багатьох випадках основним засобом їх гасіння, є ізоляція пожеж.

4. Відповідно до правил безпеки та інструкції з протипожежної охорони шахт стволи, що подають свіже повітря, облаштовуються спеціальними протипожежними трубопроводами.

5. З метою затримати поширення пожежі встановлюються перемички, конструкція яких повинна забезпечувати надійну герметизацію дільниці.

6. Для попередження розповсюдження пожежі по пустотах за кріпленням гірничих виробок видаляють з пустот горючі матеріали, встановлюють водяні або пінні завіси, що перекривають повністю площу поперечного перерізу гірничої виробки, включаючи порожнечі за кріпленням, а також заповнюють порожнечі пінобетоном, гіпсом та іншими негорючими матеріалами.

7. Використання досліджень з нанотехнології (наночастки з глини та цементу, які володіють властивістю налипання на предмети) забезпечують перекриття доступу кисню до поверхонь, що горять.

8. Використання роботів, що самостійно потрапляють до місця пожежі, долаючи по шляху вентиляційні канали, завали і задимлені проходи, забезпечує гасіння пожежі в місцях, до яких людина пробратися не здатна.

6. Висновки

1. Проаналізовані основні способи припинення пожежі в гірничих виробках шахт, до основних належать: охолодження, зниження концентрації кисню, що досягається введенням у зону горіння інертних газів, ізоляції за рахунок застосовування різних ізолювальних речовин типу хімічна піна чи порошки.

2. Спосіб хімічного гальмування швидкості горіння оснований на тому, що в зону горіння вводять галогенопохідні хімічні сполуки, що здатні припиняти реакцію горіння та спосіб механічного гасіння полум’я, коли на нього спрямовують потужний струмінь води, порошку або газу. Можливе також застосування вибуху, коли полум’я збивається ударною хвилею.

3. На практиці, як правило, застосовують комплексне гасіння пожеж, одночасно використовуючи декілька з наведених способів залежно від того, що горить, і від обставин пожежі.

4. Всі вище названі способи припинення горіння та відповідні засоби широко використовуються, але для захисту працівників та рятувальників необхідно використовувати дистанційні способи гасіння пожежі. До них належать іноваційні технології з використанням нанотехнологій та роботи.

5. Використання роботів, що самостійно потрапляють до місця пожежі, в обов'язковому порядку повинні бути оснащені відеокамерою, за допомогою якої рятувальники змогли б бачити, що знаходиться навколо робота. Розміри робота – рятувальника повинні бути приблизно в два рази менше середнього

людського зросту, щоб була можливість проникати в невеликі отвори, розломи. Для можливості пересування по нерівним поверхням прилад необхідно забезпечити чіпкими гусеницями. Однак, для впровадження робота необхідні: великі вкладення на стадії розробки і випробувань, дорожнеча матеріалів для деталей, але матеріальні складнощі при реалізації роботів окупляться врятованими людськими життями.

Література

1. Підсумки діяльності підрозділів ДВГРЗ ДСНС України у 2016 році. Звіт ДВГРЗ ДСНС України.

2. Булгаков Ю. Ф., Варшавский С. Ю. Обеспечение эффективности тушения экзогенных пожаров в угольных шахтах // Горная Промышленность. 2009. № 5. С. 51–54.

3. Мячин В. В., Шаров С. А., Чуприков А. Е. Система производства изоляционных работ и тушения подземного пожара в шахте с применением криогенной техники // Безопасность труда в промышленности. 2004. № 4. С. 13–15.

4. Пашковский П. С., Лебедев В. И. Проветривание шахт при подземных пожарах. Донецк: Арпи, 2012. 448 с.

5. Вогнегасні речовини: навч. пос. / Антонов А. В. та ін. Київ: Пожінформтехніка, 2004. 176 с.

6. Аерологія шахтних вентиляційних мереж / Трофимов В. О. и др. Донецк: Норд-Прес, 2009. 87 с.

7. ГОСТ 28352-89 Головки соединительные для пожарного оборудования. Типы, основные параметры и размеры. URL: http://docs.cntd.ru/document/1200006949

8. Парусная перемычка: патент № 2044888 РФ. МПК E21F5/00, E21F1/14 / Чуприков А. Е., Лапин В. А. заявл.: 1992.06.18; опубл.: 27.09.1995

9. Взрывоустойчивая перемычка: пат. № 2190100 РФ. МПК 7E21F5/00 / Горбатов В. А. и др. № 200128980/03; заявл.: 20.11.2001; опубл.: 27.09.2002.

10. Русских В. В., Яворский А. В., Яворская Е. А. Параметры взрывозащитных устройств для гашения ударных воздушных волн при подземной добыче руд. Днепропетровск: НТУ, 2012. 93 с.

11. Абрамов Ю. А., Киреев А. А. Гелеобразующие огнетушащие и огнезащитные средства повышенной эффективности применительно к пожарам класса А: монография. Харьков: НУЦЗУ, 2015. 254 с.

12. Способ комбинированной забутовки закрепного пространства: пат. № 2498072 РФ. МПК E21D 11/00, E21D 5/11 / Синегубов В. и др. № 2012123028/03. заявл.: 04.06.2012; опубл.: 10.11.2013. Бюл. № 31.

13. Статут ДВГРС по організації і веденню гірничорятувальних робіт: ДНАОП 1.1.30–4.01–97: затв. Мінвуглепромом України 06.06.97 № 232. Київ, 1997. 454 с.

14. ГОСТ Р 57052-2016. Оборудование горно-шахтное. Автоматические установки пожаротушения (для подземных выработок). Общие технические требования и методы испытаний. URL: http://docs.cntd.ru/document/1200139209

15. "Вот куда техника дошла": китайские роботы-пожарные взбудоражили сеть. 2017. URL: http://www.dobrepole.com.ua/news/vot_kuda_tekhnika_doshla_kitajskie_roboty_pozharnye_vzbudorazhili_set/2017-08-30-18277

Дата надходження рукопису 27.02.2018

Швагер Наталія Юріївна, доктор технічних наук, професор, кафедра охорони праці та права, Криворізький національний університет, вул. Віталія Матусевича, 11, м. Кривий Ріг, Україна, 50027
E-mail: knu.shwager@gmail.com

Нестеренко Оксана Володимирівна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра охорони праці та права, Криворізький національний університет, вул. Віталія Матусевича, 11, м. Кривий Ріг, Україна, 50027

Комісаренко Тетяна Анатоліївна, кандидат технічних наук, доцент. кафедра охорони праці та права. Криворізький національний університет, вул. Віталія Матусевича, 11, м. Кривий Ріг, Україна, 50027
E-mail: tetiana.komisarenko63@gmail.com