

аварийные работы совмещая их с плановыми а это приводит к тому, что работники этих профессий выполняют работы с дополнительной физической нагрузкой, что приводит к возникновению травмоопасных условий [10]. Кроме того работники этой профессии по технологическим условиям выполняют работы на высоте, что дополнительно связано с метеоусловиями и в совокупности воздействие вышеуказанных факторов может привести к ухудшению состояния их здоровья. Таким образом, учитывая вышеприведенное, профессии газосварщика и электросварщика относят к наиболее травмоопасным а условия их работы считаются вредными.

Выводы и направление дальнейших исследований. На основании профилактических графиков ремонтных работ можно составить первоочередность замены труб аварийных участков, что намного облегчит планирование ремонтных работ по замене аварийных участков трубопроводов. Данные табл. 1 показывают, что все способы по ремонту теплотрасс актуальны [4]. Однако первоочередными необходимыми работами эксперты считают пункты: П1, П2, П4, П7, П8, П10. Выполнение этих пунктов позволит улучшить производство организационных работ по ликвидации аварийных участков теплотрасс и снизит количество аварийных работ, что в свою очередь, уменьшит их травмоопасность и заболеваемость работников, повысит безопасность труда особенно в осенне-зимний период.

Список литературы

1. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. - 2-е изд перераб и доп. - М.: Статистика, 1980.
2. Вчерашний Р.П., Елгаренко Е.А., Давыденко А.А. Использование экспертных методов в информационных исследованиях, М. Информ. 1983.
3. Гольшев А.М., Лосьев К. В. Определение степени травмоопасности основных видов ремонтных и эксплуатационных работ на предприятиях теплоснабжения, Вестник Криворожского технического университета, 2007
4. Лосьев К. В. Установление очередности профилактического ремонта по замене аварийных участков трубопроводов и теплотрасс и влияние их количества на безопасность труда, Вісник КТУ, збірник наукових праць- 2008. Вип № 21. с 183-186
5. СНиП 2.01.01.82 Строительная климатология и геофизика.
6. Аскользин П.А. Предупреждение коррозии оборудования технического водоснабжения и теплоснабжения, под. общей ред. Колотурина Я.М., Москва, Металлургия, 1988.
7. Акоюн К.М. Охрана труда в коммунальной энергетике: справочное пособие, Москва, 1986.
8. Степанский О.П. Проведеня аналізу травматизму, професіональних захворювань, аварійності умов та безпеки праці і розробка рекомендацій по усуненню причин їх виникнення, збірник НДБПГ, 1997.
9. Панин В.И. Обслуживание коммунальных котельных и тепловых сетей, Москва, Стройиздат, 1974.
10. Онищенко Н.П. Охрана труда при эксплуатации котельных установок, Москва, Стойиздат, 1991.
11. Правила технічної експлуатації теплових установок і мереж в Україні, Міністерство юстиції України, № 197/13464, 2007р.
12. Зверева А.А. Действие производственных факторов на организм и меры защиты, Новосибирск, справочник, 1991г.

Рукопись поступила в редакцию 05.04.2019

УДК 614.841.47

Н.Ю. ШВАГЕР, д-р техн. наук, проф., Т.А. КОМИСАРЕНКО,
О.В. НЕСТЕРЕНКО, кандидаты техн. наук, доценты, Криворізький національний університет

РОЗГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ ГАСІННЯ ШАХТНИХ ПОЖЕЖ

Мета. Метою даної роботи є аналіз способів та засобів припинення пожежі в гірничих виробках. Для цього необхідно проаналізувати активні, комбіновані способи гасіння пожеж, дати огляд первинних засобів пожежогасіння.

Методи дослідження. Наведено основні способи і засоби гасіння пожеж, проведено аналіз їх використання. Для успішного забезпечення пожежної безпеки необхідно використовувати організаційно-технічні заходи та протипожежний захист, з цією метою наведено аналіз способів і засобів гасіння пожеж.

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. Особливо важливе значення набуває виконання умови пожежної безпеки при формуванні знань в галузі пожежної безпеки, тому дана стаття може бути використана в навчальному процесі при викладенні пожежної безпеки у вищих навчальних закладах.

Наукова новизна. Актуальність наукового дослідження визначається тим, чи його результати сприятимуть вирішенню конкретних практичних завдань при гасінні підземних рудникових пожеж.

Практична значимість. Проведений аналіз способів та засобів припинення пожежі в гірничих виробках дозволяє швидко орієнтуватися при виборі способів та засобів припинення пожежі.

Результати. 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, а також використання роботів, що самостійно потрапляють до місця пожежі, долаючи вентиляційні канали, завали і задимлені проходи, через такі перешкоди людина пробратися не здатна. Роботи як і раніше контролюються пожежними, але ризики отримання травм при цьому зводяться до нуля для співробітників.

Ключові слова: пожежа, гірничі виробки, пожежна безпека, перемичка, первинні засоби пожежогасіння.

doi: 10.31721/2306-5451-2019-1-48-126-132

Постановка проблеми та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. 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. Фахівцями Українського науково-дослідного інституту цивільного захисту здійснено аналіз масиву карток обліку пожеж за 12 місяців 2018 року, які надійшли від територіальних органів ДСНС України, та вивчено проблемні питання стану з пожежами та їх наслідками в регіонах та загалом у державі. За результатами проведеного моніторингу стану з пожежами у 2018 році виявлено тенденції, що вказують на збільшення кількості загиблих унаслідок пожеж і травмованих на них людей, матеріальних втрат за загального зменшення кількості пожеж порівняно з 2017 роком.

За 12 місяців 2018 року в Україні зареєстровано 78 608 пожеж. Порівняно з аналогічним періодом 2017 року спостерігається зменшення кількості пожеж на 5,4 %. Кількість людей, загиблих унаслідок пожеж, збільшилась на 7,5%, травмованих на пожежах збільшилась на 2,8 %. Прямі збитки від пожеж збільшились на 7,8 %, побічні – на 4,5 %, на 2,0 % більше знищено та пошкоджено техніки, на 2,0 % більше знищено та пошкоджено будівель і споруд. Матеріальні втрати від пожеж склали 8 млрд 279 млн 119 тис. грн (з них прямі збитки становлять 2 млрд 198 млн 358 тис. грн, а побічні – 6 млрд 80 млн 761 тис. грн). Щоденні матеріальні втрати від пожеж становили близько 22,7 млн грн [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Пріоритетні позиції в галузі теорії і практики боротьби з раптовими викидами займає наукова школа доктора технічних наук, лауреата Державної премії України В.І. Ніколіна. Дослідження, проведені під його керівництвом, практично вирішили проблему газодинамічних явищ при видобутку вугілля й суттєво розширили уявлення про фізичні процеси в масиві. У школі проф. Ю.Ф. Булгакова виконано низку фундаментальних досліджень у галузі створення ефективних засобів і способів гасіння підземних пожеж. Під його керівництвом виконано цикл експериментальних робіт, проведених у вибуховій штольні для вивчення особливостей поширення енергії вибухів гірничими виробками і розробки засобів їх локалізації. Наукова школа доктора технічних наук, академіка Академії інженерних наук України М.П. Зборщика відіграє авангардну роль у розробці технологій охорони гірничих виробок на великих глибинах. Проф. В.Я. Балтайтис був досвідченим викладачем і науковцем, фахівцем у галузі пожежної профілактики й гасіння пожеж.

Постановка завдання. Метою даної статті є аналіз способів та засобів припинення пожежі в гірничих виробках. Для цього необхідно проаналізувати активні, комбіновані способи гасіння пожеж, дати огляд первинних засобів пожежогасіння.

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

спосіб охолодження (горіння речовини можливе тільки тоді, коли температура її поверхні перевищує температуру її займання, тобто якщо охолодити цю поверхню до більш низької температури, то горіння припиниться);

спосіб зниження концентрації (при зменшенні вмісту кисню у зоні горіння менше 14%, горіння припиняється. Це досягається введенням у зону горіння інертних газів (діоксид карбону, азот, водяна пара) або розведенням кисню продуктами горіння в ізолюваних приміщеннях;

спосіб ізоляції (при припиненні надходження повітря, а з ним і кисню до речовини, яка горить. Для цього застосовують різні ізолювальні вогнегасні речовини: хімічну піну, порошки і т.ін.;

спосіб хімічного гальмування швидкості горіння (в зону горіння вводять такі хімічні сполуки, що здатні припинити хімічну екзотермічну реакцію, якою і є горіння, наприклад, різні галогенопохідні: бромистий етил та метил, фреони і т.ін.;

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.

Тактичні дії підрозділів ДВГРС по гасінню пожеж визначаються характером аварійної обстановки. Умови, в яких доводиться діяти підрозділам гірничорятувальників, надзвичайно різноманітні, способи гасіння розробляються для найбільш типових аварійних ситуацій. При цьому вивчаються і аналізуються особливості кожного випадку гасіння пожежі і узагальнюється досвід дій підрозділів ДВГРС. 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 [2, 3]. 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 ізолюваного 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 закривають пожежні двері. Після часткового загасання пожежі, послідовно шляхом шлюзування через отвори парних перемичок зводять нові перемички, зменшуючи обсяг ізолюваних виробок, і ведуть гасіння пожежі по частинах підготовленими до цього часу вогнетривкими засобами. До комбінованих способів також слід віднести заповнення ізолюваної 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..

Слід також розрізнати 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 ділянки та предмети, вода запобігає поширенню горіння; утворюється водяна пара, що зменшує вміст кисню в зоні горіння. Воду не можна гасити електрообладнання, що знаходиться під напругою, речовини, що взаємодіють з водою (карбід, лужні метали та ін.). Неefективне 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 порошоків 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), тонкодисперсний порошок П-2АП (розмір часток 40-50 мк) і субтонкодисперсний 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. [4,5]. 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 вуглекислий 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.

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 [5] 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 згорання 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. Для підключення засобів водяного пожежогасіння до пожежних кранів на пожежно-зрошувальному трубопроводі застосовують пожежні напірні рукава і рукавні переходи 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 / см²), що і визначає вимога до верхнього значення нормованого тиску на виході з пожежного крана - 1,5 МПа (15 кгс/см²). Пожежні напірні рукава застосовуються також для подачі інертного газу і піноутворюючого розчину до осередку пожежі, а також гіпсового розчину при дистанційному зведенні перемички.

Шахтні перемички - споруди в гірничих виробках, що штучно зводяться для регулювання вентиляційних потоків, ізоляції виробок від газів, води і пожеж, затримання закладочних матеріалів, а також попередження руйнівної дії ударної повітряної хвилі вибуху (рис. 1). Протипожежні перемички повинні встановлюватися поблизу вогнища пожежі. Конструкція перемичок повинна забезпечувати надійну герметизацію пожежної дільниці. Гасіння горючих рідин в гірничих виробках проводиться розпиленою водою, вогнегасним порошком, повітряно-механічною або інертною піною.

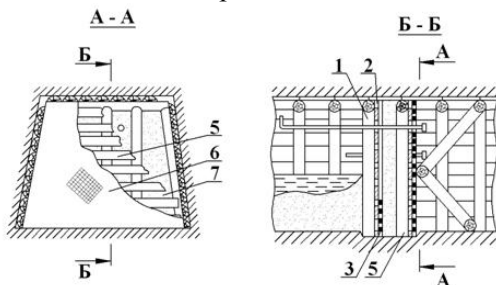


Рис. 1. Фільтруючі комплектні перемички полегшеного типу: 1 - стійка; 2 - обрізні дошки; 3 - металева сітка; 4 - стійка; 5 - дошки; 6 - сітка; 7 - фільтруючий матеріал

При гасінні пожежі водою для запобігання ясного пароутворення струмів 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 охолодження газоподібних продуктів горіння, повинна встановлюватися водяна завіса.

Спосіб гасіння пожежі в тупиковій виробці заснований на вітрильній перемичці в гірничій виробці і дистанційній подачі заповнювача в ізований простір. Заповнювач - інертна піна працює як завіса [6] (рис. 2).

Для попередження розповсюдження пожежі по пустотах за кріпленням гірничих виробок 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 [7] (рис. 3).

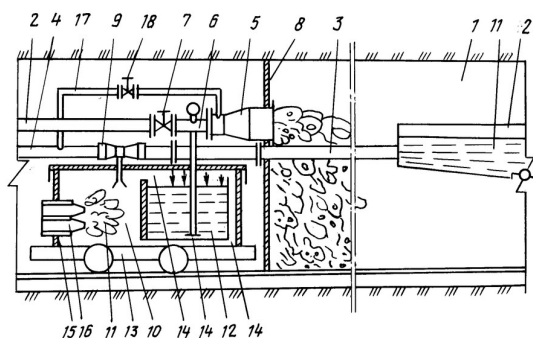


Рис. 2. Водяна завіса: 1- гірничя виробка; 2- пожежно-зрошувальний трубопровід з розімкненим його гілкою; 3,4 - трубопровід подачі інертного газу (азоту); 5 - піногенератор; 6 - автоматичний дозатор піноутворювача; 7 - кран регулювання подачі води; 8 - вітрильна перемичка; 9 - газовий ежектор; 10 - камера 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

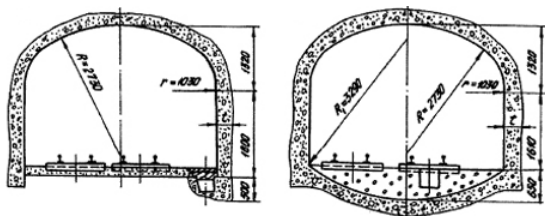


Рис. 3. Кріплення з негорючих матеріалів (бетон)

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 ділянка підлягає ізоляції. Протягом всього часу робіт по ізоляції необхідно контролювати кількість повітря, що надходить на цю ділянку і до вогнищ горіння, вміст газів у вихідних струменях і в місцях, що характеризують стан пожежі, а також контролювати температуру повітря [8,9].

Роботи по ізоляції пожежної ділянки 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 [10,11], а також використання роботів, що самостійно потрапляють до місця пожежі, долаючи по шляху вентиляційні канали, завали і задимлені проходи, через такі перешкоди людина пробратися не здатна.

Висновки і перспективи подальших досліджень. На підставі аналізу технічного рівня сучасних коштів і способів гасіння пожеж в шахтах, небезпечних по газу і пилу, виявлені перспективні напрямку досліджень. Роботи як і раніше контролюються пожежними, але ризики отримання травм при цьому зводяться до нуля для співробітників.

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

Список літератури

1. Статистика пожеж у 2018 році. Звіт Український науково-дослідний інститут цивільного захисту (УкрН-ДЩЗ). <http://undicz.dsns.gov.ua/ua/STATISTIKA-POZNEZH.html>
2. Прогнозирование опасных факторов пожара. Практикум: методические указания к выполнению практических работ/**Тимофеева С.С., Рожков Д.М., Малов В.В.**– Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2013.–37с.
3. Правила пожежної безпеки України: НАПБ А.01.001-2014 – [Чинний від 2016-09-30]. – К.: Міністерство внутрішніх справ України, 2014. – 91 с. – (Нормативний акт з пожежної безпеки).
4. **Корольченко А. Я., Корольченко Д. А.** Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2-х ч. — М.: Асе. «Пожнаука», 2004. — Ч. I. с. 110.
5. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения: ГОСТ 12.1.044-89 ССБТ – Изд. официальное. – М.: ИПК Из-во стандартов, 1989.– 100 с. – (Система стандартов безопасности труда).
6. **Будыкина Т.А., Будыкина К.Ю.** Прогрессивные технологии и средства тушения пожаров на нефтебазах/Вестник РУДН, Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2017, т.25, №1, с.132-144.
7. Пожарная безопасность. Общие требования: ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ – Издание официальное. – М.: ИПК Из-во стандартов, 1996.– 79 с. – (Система стандартов безопасности труда).
8. Трофимов В.О., Булгаков Ю. Ф., Кавера О. Л., Харьковский М.В. Аерологія шахтних вентиляційних мереж. Норд-Прес, 2009.
9. **Мельников Н.И.** Проведение и крепление горных выработок - М., Недра, 1988, 336с.
10. Устав ВГСЧ Глава 8. Тушение подземных пожаров. miningwiki.
11. ГОСТ Р 57052-2016. Оборудование горно-шахтное. Автоматические установки пожаротушения (для подземных выработок). Общие технические требования и методы испытаний.

Рукопис подано до редакції 02.04.2019

УДК 621.791.927.55

В.П. НЕЧАЄВ, А.О. РЯЗАНЦЕВ, кандидати техн. наук, доценти
Криворізький національний університет

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ПОВЕРХНЕВОГО ПЛАЗМОВОГО ЗМІЦНЕННЯ ВЕЛИКОМОДУЛЬНИХ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС

Мета. Метою даної роботи є вдосконалення технології виробництва гірничих машин, а саме – розробка й оптимізація параметрів процесу поверхневого зміцнення великомодульних зубчастих коліс для підвищення зносостійкості, довговічності передач приводів рудорозмельних млинів.

Методи дослідження. Дослідження властивостей сталей після поверхневої плазмової обробки забезпечено розробленою методикою розрахунків оптимальних режимів плазмової обробки зразків, що заснована на врахуванні теплофізичних параметрів плазмового струменя. Для оптимізації параметрів поверхневого плазмового зміцнення за економічним критерієм застосовувалось математичне моделювання, організовано активний експеримент шляхом використання послідовного симплекс-методу, для вивчення області оптимуму поверхні відгуку була використана нелінійна стохастична модель.

Наукова новизна. Встановлено аналітичний зв'язок та виявлено вплив параметрів режиму поверхневого плазмового зміцнення на відносний термін експлуатації великомодульних зубчастих коліс. Це дозволило отримати оптимальні співвідношення параметрів процесу, які забезпечують найкращі показники, щодо зносостійкості робочих поверхонь великомодульних зубчастих передач.

Практична значимість. В умовах поверхневого плазмового зміцнення ефективність плазмової дуги, як джерела нагрівання, суттєво залежить від співвідношення розмірів теплового джерела, його швидкості й теплової потужності; раціональним слід уважати таке їх співвідношення, при якому температура поверхні, що нагрівається, на задній границі плями нагрівання досягає, але не перевищує температури плавлення для даного матеріалу. Розроблено основні вимоги і принципи вибору оптимальних технологічних параметрів поверхневого плазмового зміцнення для підвищення зносостійкості великомодульних зубчастих коліс у залежності від умов їх експлуатації.

Результати. В результаті математичного моделювання виявлено вплив параметрів режиму поверхневого плазмового зміцнення на відносний термін експлуатації великомодульних зубчастих коліс. Проведено оптимізацію параметрів процесу підвищення зносостійкості зубчастих передач, шляхом математичного моделювання процесів поверхневого плазмового зміцнення зубчастих коліс. Отримано оптимальні співвідношення величини швидкості руху джерела нагрівання й сили струму плазмової дуги ($V_{opt} = 350$ мм/хв, $I_{opt} = 245$ А), що дозволило встановити збільшення строку експлуатації зубчастих коліс.

Ключові слова: поверхнєве плазмове зміцнення, швидкорухоме джерело нагрівання, зносостійкість, оптимізація процесу, математичне моделювання.

doi: 10.31721/2306-5451-2019-1-48-132-137