

На конкурс на кращу наукову роботу студентів за розділом «Цивільна безпека (Охорона праці)».

Студентська наукова робота

На тему : «Шляхи удосконалення протипожежних заходів, рекомендовані до впровадження у роботу ДП «Вугільна компанія «Краснолиманська».

Девіз: ситуація.

2020 р.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1. ЕНДОГЕННІ ПОЖЕЖІ, МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ ОСЕРЕДКІВ САМОЗАЙМАННЯ ВУГІЛЛЯ	5
2. ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЕНДОГЕННИХ ПОЖЕЖ	8
3. ВИНИКНЕННЯ ЕНДОГЕННИХ ПОЖЕЖ У ВУГІЛЬНИХ ШАХТАХ УКРАЇНИ	10
3.1 Умови виникнення ендогенних пожеж	14
4. СПОСОБИ І ЗАСОБИ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ	18
5. СПОСОБИ ЗАПОБІГАННЯ ТА ЛОКАЛІЗАЦІЇ ЕНДОГЕННИХ ПОЖЕЖ В УМОВАХ ДП «ВУГІЛЬНА КОМПАНІЯ «КРАСНО- ЛИМАНСЬКА»	20
5.1 Застосування азоту для профілактики, локалізації та гасіння підземних пожеж	20
5.2 Розрахунок параметрів пінного способу боротьби з само- нагріванням (самозайманням) вугілля	22
5.3 Профілактика і гасіння пожеж шляхом застосування фенольної смоли «Carbofill»	31
ВИСНОВКИ	33
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	34

ВСТУП

Перехід вугільних шахт на більш глибокі горизонти висунув проблему боротьби з ендегенними пожежами в число основних в загальній аварійності. За кількістю і спричиненому збитку ендегенні пожежі превалюють над іншими видами аварій. Аналіз статистичних даних показує, що ендегенна пожежонебезпека постійно збільшується, що можна пояснити ускладненням гірничо-геологічних умов і підвищенням температури гірських порід. Стало очевидним, що способи і засоби прогнозу ендегенної пожежонебезпеки, які традиційно застосовуються, виявлення ранніх ознак самозаймання вугілля, профілактики та гасіння пожеж з переходом гірничих робіт на більш глибокі горизонти стали менш ефективними. У зв'язку з цим розробка і реалізація в конкретних гірничо-геологічних і гірничо-технічних умовах високоефективних способів і засобів прогнозу, виявлення ранніх стадій профілактики та гасіння ендегенних пожеж є актуальною науковою проблемою, що має важливе народногосподарське значення, рішення якої дозволить підвищити безпеку ведення гірничих робіт і знизити матеріальні й трудові витрати, пов'язані з ліквідацією підземних пожеж. На основі проведеного дослідження, автором виявлено найбільш ефективний спосіб прогнозування ендегенних пожеж.

Відповідно до законодавства України про охорону праці, забезпечення пожежної безпеки промислових об'єктів, в тому числі й вугільних шахт, є важливою й невід'ємною частиною державної діяльності з охорони життя і здоров'я людей, збереження національного багатства й захисту навколишнього природного середовища.

Технологію профілактики ендегенних пожеж передбачається здійснювати за допомогою фенольної смоли «Carbofill», яка складається з двох рідких компонентів (смола й каталізатор), і подачі інертної і піни у вироблений простір ділянки.

1. ЕНДОГЕННІ ПОЖЕЖІ, МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ ОСЕРЕДКІВ САМОЗАЙМАННЯ ВУГІЛЛЯ

Щорічно в шахтах України реєструють кілька десятків ендегенних пожеж. У середньому вони становлять близько 30% від загальної кількості пожеж в шахтах Донецького басейну. До ознак ендегенної пожежі, котра розпочинається, відносять: підвищення температури повітря, води і порід, збільшення концентрації шкідливих газів, зростання вологості повітря. За величиною шкоди, яка завдається, ендегенні пожежі лідирують серед інших аварій[1, 11].

Ендегенні пожежі виникають внаслідок самозаймання корисних копалин (вугілля, сланців), а також органічних матеріалів, деревної тирси, мастильних матеріалів. До ознак ендегенної пожежі, яка починається, відносять: підвищення температури повітря, води і порід, збільшення концентрації шкідливих газів, зростання вологості повітря. Ці ознаки легко виявляються задовго до інтенсивної стадії пожежі, тому гасіння її повинно починатися, як правило, своєчасно, поки вона не досягла великих розмірів. За величиною шкоди, що завдається, ендегенні пожежі лідирують серед інших аварій на вугледобувних підприємствах.

У зв'язку з цим зростає актуальність проблеми виявлення причин і необхідність розробки заходів щодо попередження самозаймання вугілля в підземних гірничих виробках. Особливо ефективним моментом в цьому відношенні є прогноз самозаймистості вугілля в період проведення геологорозвідувальних робіт. Своєчасне розпізнавання вугільних пластів або окремих ділянок пластів, на яких можливий розвиток самозаймання, дозволяє на стадії проектування нових гірничих виробок розробити найбільш дієвий комплекс технічних засобів і заходів по його попередженню.

Характерними місцями, в яких можливе виникнення ендегенних пожеж, є: вироблені простори діючих очисних вибоїв (25%); відпрацьовані ізолювані ділянки (30 ... 40%); відпрацьовані неізолювані ділянки (12 ... 37%); капітальні та підготовчі виробки (30 ... 40%).

Частота виникнення ендегенних пожеж в різних виробках залежить від гірничо-геологічних умов родовища, обсягу і якості проведених профілактичних заходів.

Фактори, що впливають на схильність вугілля до самозаймання, такі [1]:

- **Тектонічна порушеність гірського масиву**, яка може бути розділена на три категорії: сильна або дуже сильна, середня і слабка. На ділянках пластів із

середньою і сильною тектонічною порушеністю ймовірність виникнення ендегенних пожеж вище, ніж на ділянках, що її не мають.

- **Потужність і умови залягання вугільних пластів.** Необхідно враховувати дані про будову пластів, так як на ділянках пластів складної будови ймовірність самозаймання вище, ніж на ділянках простої будови.

- **Вологість.** Дослідження вологості в осередках самозаймання дозволило визначити інтервал значень, при яких вугілля найбільш схильне до самозаймання. Цей інтервал відповідає 10-15% і встановлений в 90% точок спостереження. Ці дані свідчать про вплив W_a на процес окислення вугільної речовини.

- **Зольність.** В результаті проведених досліджень було встановлено, що найбільш поширене в осередках самозаймання середньозольне вугілля (A_d від 25 до 35%), але більш за все схильне до самозаймання вугілля багатозольне (A_d від 35 до 45%).

- **Круте залягання пластів** (Більше 45°) є провокуючим фактором виникнення ендегенних пожеж.

- **Вміст тонкодисперсного піриту і марказиту** у вугільній масі також є додатковим фактором, що збільшує схильність до самозаймання.

- **Ступінь метаморфізму вугілля.** Встановлено, що максимальна кількість самозаймистого вугілля припадає на довгополум'яні різниці, дещо менше - на жирні, коксові, піснувато-спіклені, пісні і мінімальна кількість - в газовому та газОВО-жирному вугіллі. Ця закономірність була встановлена в результаті аналізу даних по самозайманню вугілля і показників метаморфізму: показника відображення вітриніту R^0 і виходу легких речовин V_{daf} .

Ендегенні пожежі на вугільних підприємствах є одним із складних видів аварій. Тривалість і трудомісткість гасіння, простої гірничих робіт, втрата обладнання виробок обумовлює значні економічні збитки від пожеж. Самозаймання вугілля у виробках вугільних шахт відбуваються в порожнинах раптових викидів, а так само в прилеглих до виробок ціликах. Особливо небезпечні ділянки в зонах геологічних порушень. За останні 15 років на шахтах України реєструються від 6 до 36 ендегенних пожеж в рік. Активним способом було погашено 36%, ізольовано 59%, комбінованим способом ліквідовано 5% пожеж. Вони стабільно залишаються на другому місці за чисельністю, після екзогенних пожеж і на першому за розмірами збитку. Збитки в цілому складають до 40% від витрат, отриманих в результаті аварій на шахтах України [1].

Існуючі методи прогнозу ендогенних пожеж вугілля, засновані на визначенні температури поверхні вугільного масиву, концентрації в атмосфері вуглекислого газу і ненасичених вуглеводнів [2] не дозволяють однозначно вказувати координати осередків самозаймання. Це, в свою чергу, знижує ефективність локалізації та ліквідації осередка горіння вугілля.

Використання класичних методів, заснованих на теорії масо-тепло переносу і хімічної кінетики для багатокомпонентного вугільного середовища, є досить важким. Тому методи оцінки координат осередків самозаймання, в першу чергу, повинні базуватися на обліку закономірностей зміни молекулярної структури вугільної речовини в інтервалі температур, що визначають процеси його самозаймання та горіння.

Ефективність боротьби з ендогенними пожежами, що виникають у виробленому просторі вугільних шахт, в значній мірі залежить від своєчасності виявлення та повноти інформації про процес самозаймання вугілля. В процесі розвитку ендогенної пожежі виділяють стадію самонагрівання, ранню стадію самозаймання і стадію горіння вугілля.

2. ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЕНДОГЕННИХ ПОЖЕЖ

Пласти вугілля, схильного до самозаймання, повинні розроблятися із застосуванням профілактичних заходів, що забезпечують попередження виникнення ендогенних пожеж.

На потужних крутих пластах і при безціликовому відпрацюванні потужних пологих пластів спостереження за ознаками самозаймання вугілля повинні вестися [3, 4]: в діючих гірничих виробках - за оксидом вуглецю експрес-методом за допомогою газоаналізаторів ГХ-4 і автоматичного газоаналізатора «Сігма-3І»; у виробленому просторі і за перемичками - за температурою і складом повітря дистанційно за допомогою комплекту засобів, що включають датчики температури і повітровідбірні шланги; у виробках, пройдених вприсічку до виробленого простору, на відпрацьованих ділянках - за температурою і складом повітря.

Контроль експрес-методом наявності оксиду вуглецю повинен вестися поблизу ізолюючих перемичок і в тупиках лав біля вентиляційного або конвеєрного штреку (бресберга, ухилу) з періодичністю не менше одного разу на добу. На пологих пластах термодатчики і повітровідбірні шланги укладаються на сполученні лави з конвеєрним або вентиляційним штреком (бресбергами, ухилами). При цьому

відстань між точками контролю не повинна перевищувати двомісячного посування очисного вибою, періодичність контролю - один раз на декаду.

При виявленні ознак самонагрівання вугілля в залежності від конкретних обставин повинні передбачатися: посилення ізоляції виробленого простору шляхом зведення додаткових ізолюючих споруд і підвищення герметичності існуючих; подача в район осередку самонагрівання замулювальної пульпи, піни або інертного газу; забезпечення відповідної швидкості посування вибою.

При бесціликовому відпрацюванні ендогенна пожежна безпека за прямою схемою провітрювання з підвіженням вихідного з очисного вибою вентиляційного струменя досягається шляхом: здійснення загальнотехнічних заходів, що забезпечують зниження втрат вугілля і відсутність його концентрованих скупчень, високих швидкостей посування очисного вибою; використання специфіки газоносних вугільних пластів, відповідно до якої вугілля із залишковою газоносністю 5 м³/т і вище, залишене у виробленому просторі, не самозаймається; підтримання діючої виробки уздовж виробленого простору, що спрощує контроль за ознаками самозаймання і дозволяє більш цілеспрямовано і ефективно гасити (піною, інертними газами) осередки самозаймання у виробленому просторі тощо.

При розробці особливо небезпечних по самозайманню вугільних пластів додатковий контроль за складом повітря і температурою ведуть в районі погашуваної виробки. При цьому відбір проб повітря і виміри температури виконують з виробки, підтримуваної в виробленому просторі, або з лави. Відстань між точками контролю 100 м.

Способи і терміни здійснення профілактичних заходів визначаються інструкцією щодо попередження та гасіння ендогенних пожеж, котра окремо розробляється в кожному вугільному басейні.

Для зниження негативного впливу гірничо-геологічних і гірничотехнічних факторів на ендогенну пожежонебезпеку схильного до самозаймання шахтопласта, Правила безпеки регламентують наступні основні вимоги до проектів їх розробки [5].

Розкриття, підготовка і розробка пластів вугілля повинні проводитися через польові виробки із застосуванням стовпових систем розробки. Застосування пластових виробок допускається тільки в окремих випадках при відпрацьовуванні тонких і середньої потужності викидонебезпечних і з високою газоносністю пластів вугілля.

3. ВИНИКНЕННЯ ЕНДОГЕННИХ ПОЖЕЖ У ВУГІЛЬНИХ ШАХТАХ УКРАЇНИ

Ендогенні пожежі на вугільних шахтах виникають в результаті довільного самозаймання вугілля і горючих матеріалів, що відбувається внаслідок окислення корисних копалин киснем і підвищення їх температури. Розвиваються такі пожежі повільно, поступово [4]. Здатність вугілля мимовільно займатися в результаті низькотемпературного окислення киснем повітря називається самозаймистістю. Хімічна активність порід, що видобуваються, і геологічні особливості їх залягання є природними факторами виникнення ендогенних пожеж. Відомості про підземні ендогенні пожежі на шахтах України зведені в таблицю 3.1.

Динаміка абсолютної кількості ендогенних пожеж свідчить про їх зменшення протягом декількох років, так у 2001 р. їх було 15, у 2002 р. - 16, у 2003 р. - 6, у 2004 р. - 10, у 2005 р. - 10, у 2006 р. - 7, у 2007 р. - 6, у 2008 р. - 1, у 2009 р. - 6, у 2010 р. - 8, у 2011 р. - 9, у 2012 р. - 10, у 2013 р. - 6, у 2014 р. - 5, у 2015 р. - 8, у 2016 р. - 8, а у 2017 р. - 7, що пояснюється значним скороченням числа шахт в галузі, а також спадом видобутку вугілля на шахтах крутого падіння, що залишилися в дії. Зниження відносного показника (приватного від числа пожеж, віднесених на 1 млн. т. видобутку) не настільки стрімке, воно коливається в діапазоні 0,23 ... 0,16. Для зниження вплив перехідних процесів і забезпечення достовірності й надійності результатів аналізу, в даній роботі розглянуті статистичні вибірки за період з 2010 по 2017 рр., коли процес реструктуризації галузі не носив масового характеру.

Таблиця 3.1

Відомості про підземні ендогенних пожежах на шахтах України

Рік	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Всього
Дючих	9	4	9	8	7	3	3	3	6	4	2	3	3	3	2	1	2	72
Відпрацьованих ізолюваних	2	3	4	5	2	3	1	-	3	2	1	2	2	-	1	-	-	30
Відпрацьованих не ізолюваних	7	4	3	4	2	2	1	2	2	2	-	-	-	-	-	-	-	29
Горизонтальних	5	3	4	1	1	1	3	-	2	2	1	3	2	-	-	-	-	28
Нахлених	-	-	4	1	2	2	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	12
Тупикових	-	2	4	3	1	3	-	2	-	1	-	-	-	2	1	-	1	20
Охоронних цільках	2	2	-	-	1	-	-	1	2	1	2	2	3	1	-	-	-	15
Інших місцях	11	4	3	2	2	1	6	4	2	2	-	-	-	1	1	-	1	39
Всього пожеж, в т.ч. на дільницях	36	22	31	24	18	15	15	12	15	16	6	10	10	7	6	1	4	248

Більше половини пожеж (55,5%) відбувалося через неякісну ізоляцію вироблених просторів діючих і відпрацьованих добувних ділянок (табл. 3.2). Очевидно, що кошти і способи, котрі застосовуються для цього, недостатньо ефективні або не є технологічними.

Необхідно відзначити, що для відпрацьованих добувних ділянок, де сталося 35,3% самозаймань, питання забезпечення ефективності та надійності застосовуваних технологій попередження самонагрівання і самозаймання вугілля, а також контролю стану вугільних скупчень, вирішені ще не в достатній мірі. Близько чверті (24,3%) пожеж обумовлені невиконанням, при несвоєчасному прийнятті, заходів щодо попередження ендегенних пожеж.

Причини виникнення значної частини пожеж (20,2%) не встановлені, така ж ситуація характерна для причин залишення пожежонебезпечних скупчень вугілля при веденні гірничих робіт (табл. 3.3). Приблизно для п'ятої частини пожеж (18,7%) не визначена причина залишення вугілля, що можна пояснити низькою технологічною дисципліною на шахтах [8]. Неповна виїмка вугілля була причиною основної частини (38,7%) пожеж, геологічні порушення - близько третини (27,7%), деформовані цілики - причина інших (15,7%).

Таблиця 3.2

Причини виникнення ендегенних пожеж

Причина	Кількість ендегенних пожеж									всього	%
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017			
Несвоєчасна ізоляція відпрацьованої ділянки	5	3	3	4	2	2	1	-	20	11,6	
Неякісна ізоляція відпрацьованої ділянки	16	7	8	2	2	3	2	1	41	23,7	
Неякісна ізоляція виробленого простору чинної ділянки	12	9	13	7	8	2	1	3	55	31,8	
Невиконання заходів в зонах геологічних порушень	1	2	5	4	3	2	2	3	22	12,7	
Інші	2	1	2	7	3	6	9	5	35	20,2	

Таблиця 3.3

Причини утворення пожежних скупчень вугілля

Причина	Кількість ендегенних пожеж									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Всього	%
Залишення в охоронних бар'єрних ціликах	3	7	6	5	4	-	1	-	26	15,1
Геологічні порушення	14	6	6	4	7	4	4	3	48	27,7
Виймка вугілля не на повну потужність	18	6	16	13	4	5	1	4	67	38,7
Інші невістановлені причини	1	3	3	2	3	6	9	5	32	18,5

Як правило, ендегенні пожежі виникають у важкодоступних місцях, таких як вироблений простір, за кріпленням виробок, в товщі вугільного цілика (особливо в його деформованій крайовій частині), за ізоляційними перемичками, в зонах геологічних порушень (ЗГП). Придушення осередків горіння в таких умовах ускладнено, чим обумовлена найвища тривалість ліквідації цього виду підземних аварій (табл. 3.4). При цьому активним способом загашено 36% пожеж, ізольовано - 57%, комбінованим способом ліквідовано 5% від числа виниклих пожеж. На шахтах Центрального району Донбасу, де розробляють значну кількість схильних до самозаймання пластів, ці показники дещо відрізняються від середніх, і складають 23,4%, 71,6% і 5% відповідно.

Незважаючи на різноманітність застосовуваних тактичних прийомів, достатню технічну оснащеність і оперативну готовність підрозділів ДВГРС і шахтних гірничорятувальних станцій (ШГС), ліквідація ендегенних пожеж та їх наслідків залишається найбільш трудомістким видом аварійно-рятувальних робіт (табл. 3.5). Більш того, наявно чітко виражена тенденція до збільшення тривалості і трудомісткості їх гасіння. Причина цього полягає не тільки в погіршенні економічних і організаційних умов ліквідації надзвичайних ситуацій, а й в ускладненні гірничотехнічної і гірничо-геологічної обстановки на аварійних об'єктах. До останніх слід віднести старіння шахтного фонду і, пов'язане з цим, погіршення стану гірничих виробок. вентиляційних пристроїв і споруд, деконцентрацію гірничих робіт в панелях, блоках і горизонтах, що визначає погіршення стану вентиляційних і

транспортних мереж шахти, ускладнення маршрутів руху гірничорятувальних відділень і виходу гірників при аварії. Збільшення глибини ведення гірничих робіт визначило підвищення температури вміщуючого гірського масиву і, відповідно, зменшення температурного діапазону розігріву вугілля до критичної температури самозаймання.

Таблиця 3.4

Тривалість ліквідації аварії у вугільній промисловості України

Вид аварії	Тривалість ліквідації, год.							
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ендогенна пожежа	133,3	231,8	219,9	150,0	244,4	353,3	453,3	508,3
Екзогенна пожежа	87,3	83,9	65,2	28,8	29,9	100,0	19,7	227,1
Підземна аварія	67,7	69,9	98,4	38,9	43,8	76,4	58,8	121,1

Ендогенні пожежі стабільно залишаються на другому, після екзогенних пожеж, місці за величиною спричинених збитків, котрі досягають від 12 до 40%, наприклад, в 2017 році вони склали 10,57 млн. грн. або 22,4% від заподіяної аваріями шкоди у вугільній промисловості України.

Таблиця 3.5

Трудомісткість ліквідації підземних пожеж на шахтах України

Вид аварії	Трудовитрати, людино-годин							
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ендогенна пожежа	1338,9	2895,4	2522,5	2041,7	3500,0	2987,7	3660,0	5893,3
Екзогенна пожежа	1055,6	1709,1	956,1	522,0	397,4	940,0	526,3	2088,4
Підземна аварія	1058,8	4426,3	4677,3	620,0	626,3	2241,7	58,3	438,5

Вугілля в Донбасі видобувають на великих глибинах з тонких багатих на газ пластів, що визначає низьку продуктивність праці гірників, значний рівень аварійності на шахтах і високу собівартість корисних копалин. Основним шляхом зниження їх вартості є інтенсифікація видобутку підвищенням навантаження на очисний вибій в поєднанні з підвищенням ефективності роботи з профілактики аварій.

3.1 Умови виникнення ендегенних пожеж

До початку третього тисячоліття на балансі 59 шахт Донецької та Луганської областей знаходилося 122 шахтопласта вугілля, схильних до самозаймання, ще п'ять - на семи шахтах Придніпровського буровугільного басейну і дев'ять - на семи шахтах Львівсько-Волинського басейну. Підготовлені до виїмки запаси цього вугілля становили більше ніж 400 мільйонів тонн, в основному коксівних марок. Виїмку пластів проводять в інтервалі потужностей 0,5 ... 2,3 м з кутом падіння 0 ... 68, на глибинах до 1400 м очисними вибоями, що мають довжину до 320 м, що оснащені різними видами виїмальних машин, доставочного обладнання та кріплення, розрахованими на видобуток до 4000 т на добу, фактично показники досягали 5000 т і більше.

З-за несвоєчасної ізоляції виробленого простору, неякісного возведення ізоляційних споруд, невиконання профілактичних заходів (в тому числі в зонах геологічних порушень) і з інших причин протягом 10-12 років на шахтах України відбувається щодня від 4 до 36 ендегенних пожеж. Велика кількість їх позникали у виробленому просторі позаду діючого забою, в ізольованих або чи неізольованих раніше відпрацьованих ділянках, велика доля самозаймань вугілля в капітальних і дільничних підготовчих виробках.

Щорічно 20 ... 30% ендегенних пожеж реєстрували на пластах, не віднесених до числа схильних до самозаймання. Наприклад, на шахтах Західного Донбасу, де немає схильних до самозаймання пластів, ендегенні пожежі та осередки самонагрівання вугілля виникали в зонах геологічних порушень, розчавлених ціликах, в скупченнях зрошеного змочуючими рідинами вугілля. Більше половини пожеж (55,5%) відбувалося через неякісну ізоляцію вироблених просторів діючих і відпрацьованих добувних ділянок. Очевидно, що застосовуються для цього кошти і способи недостатньо ефективні або не технологічні [7].

Необхідно відзначити, що для відпрацьованих добувних ділянок, де сталося 35,3% самозаймань, питання забезпечення ефективності та надійності застосовуваних

технологій попередження самонагрівання і самозаймання вугілля, а також контролю стану вугільних скупчень, вирішені ще не в достатній мірі. Близько чверті (24,3%) - пожеж обумовлені невиконанням або несвоєчасним прийняттям заходів щодо попередження пожеж.

Неповна виїмка вугілля була причиною основної частини (48,7%) пожеж, геологічні порушення - близько третини (27,7), а деформовані цілики - інших 23,6%).

Як правило, ендегенні пожежі виникають у важкодоступних місцях, таких як вироблений простір, за кріпленням виробок, в товщі вугільного цілика (особливо в деформованій крайовій його частини), за ізоляційними перемичками. Придушення вогнищ горіння в таких умовах забруднено, чим обумовлена найвища тривалість ліквідації цього виду підземної аварії. При цьому активним способом загашено 36% пожеж, ізольовано -57%, комбінованим способом ліквідувати 5% від числа виниклих пожеж.

Самозайматися може практично все викопне вугілля і породи, що містять вуглисту речовину. Процес самозаймання вугілля повністю не вивчений, відомі лише фактори, що сприяють самозайманню або гальмують його, а також деякі закономірності самонагрівання і самозаймання вугілля.

Найбільше визнання отримала теорія комплексу «вугілля - кисень», згідно з якою самозаймання вугілля є фізико-хімічним процесом, самоприскорюваним в міру підвищення температури за рахунок тепловиділення в результаті реакції окислення вугілля. Відповідно до цієї теорії спочатку відбувається низькотемпературне окиснення вугілля - адсорбція кисню вугіллям з утворенням на його поверхні нестійких кисневих з'єднань. При цьому виділення теплоти є незначним. Потім, з підвищенням температури, починається розщеплення нестійких кисневих комплексів з утворенням кінцевих продуктів окислення вугілля - вуглекислого газу, оксиду вуглецю, води, при якому виділення теплоти зростає в 1,5 - 2 рази. Самонагрівання відбувається при акумулюванні вугіллям 60 -70% теплоти, що виділяється при його окисленні.

Схильність вугілля до самозаймання визначається рядом його фізико-хімічних властивостей, в тому числі хімічною активністю, структурними і міцнісними характеристиками, природною вологістю, газоносністю тощо.

Найбільш характерними місцями виникнення ендегенних пожеж є вироблені простори (66,9%), а також підготовчі і розкриваючі виробки (24,6%).

Ранні ознаки ендегенної пожежі можна виявити кількома методами.

Пожежу, що починається в шахті, можна виявити за зовнішніми ознаками, послідовність прояву яких у виробках приведена на рис. 3.1.

Контроль за розвитком ранніх стадій самозаймання вугілля здійснюється переважно по виявленню оксиду вуглецю. При цьому ранньою ознакою самозаймання вугілля вважається поява в шахтному повітрі стійкого вмісту оксиду вуглецю 0,001-0,0015% і вище [4, 5].

За допомогою експрес-методу газоаналізаторами ГХ-4 працівники дільниці ВТБ контролюють вміст оксиду вуглецю на ділянках, які розробляють схильні до самозаймання вугілля пласти.

На вугільних шахтах контроль за початковими ознаками ендогенних пожеж здійснюється спеціально організованою контрольно-наглядовою службою, яка відбирає проби рудникового повітря і заміряє температуру, проводить лабораторний аналіз відібраних проб повітря, оцінює результати аналізу і контролю. Місця, періодичність відбору проб повітря, порядок експрес-визначення оксиду вуглецю у виробках, порядок спостережень за зовнішніми ознаками самозаймання визначає головний інженер шахти.

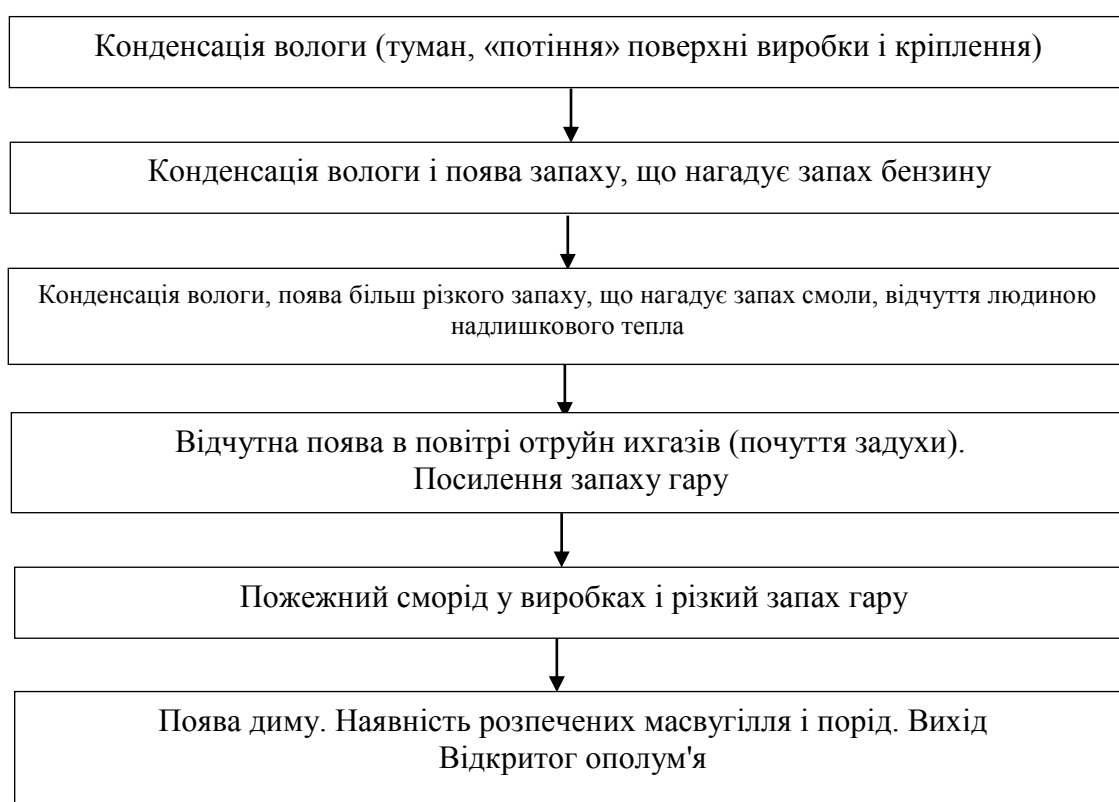


Рисунок 3.1 - Послідовність прояву зовнішніх ознак ендогенної пожежі, що розвивається

4. СПОСОБИ І ЗАСОБИ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ

Пожежі в підземних виробках представляють велику небезпеку тому, що продукти горіння, що містять отруйні та шкідливі гази, розносяться вентиляційним струменем виробками шахти і призводить до отруєння людей, котрі знаходяться в шахті. Крім небезпеки отруєння людей шкідливими газами, підземні пожежі в шахтах, небезпечних по газу або пилу, можуть супроводжуватися вибухами газу або пилу і робітники можуть бути травмовані вибуховою хвилею. Однак і при вибухах газу або пилу близько 70% нещасних випадків відбувається в результаті отруєння працюючих отруйними газами, головним чином окисом вуглецю. Підземні пожежі, окрім загибелі людей, приносять великі руйнування, виводячи з ладу дільниці, а іноді й цілі шахти [1].

Виникнення ендогенних пожеж на дільницях визначається ступенем схильності вугілля до самозаймання, геологічними і гірничо-технічними умовами. Схильність вугілля до самозаймання характеризується його здатністю поглинати кисень.

Для попередження ендогенних пожеж стежать за тим, щоб при розробці пластів, схильних до самозаймання, у виробленому просторі не залишалися цілики вугілля, які можуть роздавлюватися. У разі вимушеного залишення ціликів, їх обробляють антипірогенами (речовинами, що перешкоджають самозайманню) або ізолюють.

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

Активні способи полягають у безпосередньому впливі на осередок пожежі вогнегасними речовинами як в місці його утворення, так і при виїмці мас, що горять, з осередку пожежі. Безпосередній вплив на осередок пожежі здійснюється з боку струменя повітря, що поступає, прямим або дистанційним (з безпечної відстані) впливом. Активні способи, зазвичай, застосовують в початковий період розвитку пожежі, а також у всіх випадках, коли осередок займання доступний для безпосереднього гасіння і для цього є в достатній кількості сили і засоби пожежогасіння.

Спосіб ізоляції полягає у припиненні притоку свіжого повітря до осередку пожежі шляхом зведення в гірничих виробках ізоляційних перемичок, покриттів і ін. До ізоляції вдаються у випадках, коли осередок пожежі знаходиться в місці, не доступному для безпосереднього впливу на нього вогнегасними речовинами, а також

у тих випадках, коли при пожежі, що швидко розвивається, на місці гасіння немає достатніх сил і засобів для впливу на вогонь[4, 7, 9, 11].

Комбіновані способи полягають у поєднанні попередньої ізоляції осередку пожежі з подальшим гасінням його активним способом. Ці способи застосовуються в тих випадках, коли пожежа поширилася на великій площі, підступи до нього ускладнені через високу температуру і на місці відсутня достатня кількість вогнегасних засобів.

До комбінованих способів також слід віднести заповнення ізольованої пожежної ділянки інертними газами або шляхом замулювання та ін.

Гасіння пожеж затопленням водою є крайнім заходом і виправдано при малих об'ємах затоплення, зведення невеликого числа водотривких перемичок, відсутності загрози втрати устаткування та ін.

Відповідно технічні засоби пожежогасіння поділяються на засоби водяного, порошкового, пінного, інертизації середовища та комбінованого гасіння.

Основними причинами виникнення пожеж в діючих виїмкових ділянках є наявність ціликів або залишків вугілля у виробленому просторі на самозаймистих пластах, несвоєчасне або неякісне проведення профілактичних заходів щодо попередження самозаймання, порушення правил ведення вибухових робіт і експлуатації шахтного устаткування.

5. СПОСОБИ ЗАПОБІГАННЯ ТА ЛОКАЛІЗАЦІЇ ЕНДОГЕННИХ ПОЖЕЖ В УМОВАХ ДП «ВУГІЛЬНА КОМПАНІЯ «КРАСНО-ЛИМАНСЬКА»

5.1 Застосування азоту для профілактики, локалізації та гасіння підземних пожеж

Одним з найбільш перспективних способів попередження, локалізації і гасіння пожеж в шахтах є інертизація атмосфери пожежної ділянки, під якою розуміється штучне зниження концентрації кисню в атмосфері пожежної ділянки шляхом подачі в нього інертного газу.

Вибір інертного газу для ліквідації підземної пожежі залежить від умов застосування, цілей і завдань, можливостей його отримання в необхідний термін і багатьох інших факторів.

В якості інертних газів в різні періоди застосовувалися топкові газу, вуглекислий газ (CO₂). Однак, починаючи з середини 80-х років у світовій практиці

все більшого поширення для попередження, локалізації і гасіння пожеж знаходить азот.

Газоподібний азот, в порівнянні з CO_2 , має такі переваги[9, 10]: в певних концентраціях має властивість нейтралізації вибухонебезпечності сумішей метану та інших горючих газів з повітрям (киснем). При інертизації рудничної атмосфери азотом метаноповітряна суміш не вибухонебезпечна при вмісті кисню менше 12,1%; щільність менша щільності повітря ($0,97 \text{ кг/м}^3$) і майже в 1,6 рази легше CO_2 , в наслідок чого при подачі його в ізольовані пожежні ділянки, добре заповнює порожнечі під покрівлею і переміщається по востаючих виробках; незначно сорбується вугіллям і породами (в 20-40 разів менше CO_2); малорозчинний в воді (майже в 60 разів менше ніж CO_2) тощо.

З огляду на перелічені властивості, рекомендується застосовувати газоподібний азот в наступних випадках: при ізоляції пожежних ділянок, а також при ізоляції в поєднанні з різними способами прискорення процесу охолодження осередку пожежі для попередження вибухів і гасіння пожеж; при ліквідації пожеж в горизонтальній тупиковій виробці будь-якої довжини в разі подачі азоту в тупикову частину трубопроводом; під час проведення підричних робіт в гірничих виробках для створення інертного середовища в місці проведення вибуху; для попередження ендегенних пожеж в скупченнях вугілля, що утворилися в результаті раптових викидів.

При наявності витоків через ізольовану пожежну ділянку необхідно підтримувати азотну притоку при використанні частини продуктивності газифікаційних установок. Слід зазначити, що полум'яне горіння деревини, метану та інших горючих матеріалів припиняється при зниженні концентрацій кисню в навколишньому середовищі до 8%. Для припинення всіх процесів горіння необхідно шляхом подачі інертного газу знизити вміст кисню поблизу осередку горіння до 2%.

Способи і засоби подачі азоту вибирають, виходячи з гірничотехнічних умов, наявних технічних способів подачі азоту, прийнятої технологічної схеми випуску його в гірничі виробки аварійної ділянки і обраного способу ліквідації аварії.

Для попередження, локалізації і гасіння підземних пожеж застосовують спосіб подачі азоту (рідкого або газоподібного) з піноутворюючим розчином. Азот з піноутворюючим розчином подають по свердловинах або шахтних трубопроводах в аварійну ділянку з поверхні і в підземних умовах.

Для скорочення часу остигання атмосфери ізольованої пожежної ділянки здійснюють рециркуляцію пожежних газів за допомогою рідкого або газоподібного азоту, що подається з поверхні або в підземних умовах.

В ході ліквідації аварії, виходячи з обстановки і поставлених завдань, можуть застосовуватися одночасно або по черзі різні способи подачі азоту.

Азот в шахту на аварійну ділянку подають за допомогою комплексу засобів, що включають в себе обладнання для зберігання, транспортування і газифікації.

Досвід застосування азоту при гасінні і профілактиці підземних пожеж показує, що отримання газоподібного азоту газифікацією рідкого в газифікаційних установках має ряд недоліків: обмежена продуктивність (не більше ніж 5-7 м³/хв.) газифікаційних установок, значне споживання енергії (до 350 квт/год.), що йде на газифікацію рідкого продукту, велика вартість обладнання, а також висока трудомісткість виконуваних робіт.

Крім того, необхідно відзначити нерегулярність поставок рідкого азоту, пов'язану з широким споживанням його в інших галузях промисловості, великий час на доставку рідкого азоту на шахту і далі до аварійної ділянки, матеріальні витрати на його доставку, а також значні втрати рідкого азоту при транспортуванні і зберіганні вказують на неспроможність способу застосування рідкого азоту в даний час для ліквідації аварій на шахтах.

Одним з найбільш перспективних способів попередження, локалізації і гасіння пожеж в шахтах є інертизація атмосфери аварійної ділянки за допомогою газоподібного азоту. Про це наочно свідчить досвід застосування азотно-компресорної станції на шахті ім. О.Ф. Засядька, де в останні роки для боротьби з пожежами застосовують тільки газоподібний азот.

Актуальність застосування газоподібного азоту для цілей і профілактики і гасіння підземних пожеж не викликає сумнівів, але при цьому виникає необхідність створення спеціальних, що відповідають сучасному рівню техногенних технологій, азотних станцій безперервної дії, які безперервно виробляють і подають газоподібний азот на аварійну ділянку.

Застосування способу інертизації за допомогою газоподібного азоту в ході ліквідації підземної пожежі дозволяє вирішити такі завдання: ліквідувати аварію в найкоротші терміни; запобігти вибухам газоповітряної суміші на аварійній ділянці; прискорити охолодження високотемпературної зони до безпечного рівня; скоротити до мінімуму або повністю припинити процес горіння.

Рішення даного завдання може бути досягнуто створенням мобільних поверхневих азотно-компресорних станцій безперервної дії з використанням мембранної технології поділу повітря з продуктивністю по азоту не менше $15 \text{ м}^3/\text{хв}$. Подача газоподібного азоту при цьому повинна здійснюватися по спеціально прокладених трубопроводах з метою зниження витоків при його транспортуванні до аварійних ділянок.

Вимірювання об'ємної продуктивності здійснюється ротаційним лічильником газу, вимір об'ємної частки кисню – газоаналізатором.

При продуктивності по азоту близько $15 \text{ м}^3/\text{хв}$. мембранний блок азотно-компресорної станції повинен забезпечувати на виході надлишковий тиск порядку $0,8 \text{ МПа}$ при концентрації азоту – 95% .

За спеціальними методиками розраховуються параметри подачі азоту на аварійну ділянку. При цьому подача азоту може здійснюватися: з боку відкатувального або вентиляційного горизонтів при закритих прорізах в перемичках, встановлених у виробках з поступальним і вихідним вентиляційними струменями; в попутний вентиляційний потік з боку відкатувального або вентиляційного горизонтів при відкритих отворах в перемичках; з боку відкатувального горизонту при закритому отворі в перемичці, встановленій у виробці з вхідним струменем, і відкритому в перемичці, встановленій в виробці з вихідним струменем; з боку вентиляційного горизонту при закритому отворі в перемичці, встановленій у виробці з вихідним струменем, і відкритому отворі в перемичці, встановленій у виробці з вхідним струменем.

Однак поверхневі азотно-компресорні станції не можуть бути використані на багатьох шахтах України. Це пояснюється з одного боку значною протяжністю гірничих виробок. Так на більшості шахт відстань від проммайданчика на поверхні біля стовбура до найбільш віддаленого забою досягає $5 - 8 \text{ км}$. З іншого боку – на шахтах відсутні резервні трубопроводи в стволах та гірничих виробках.

З огляду на перелічені характеристики, рекомендується застосовувати газоподібний азот в наступних випадках: при ізоляції пожежних ділянок, а також при ізоляції в поєднанні з різними способами прискорення процесу охолодження осередку пожежі. Для попередження вибухів і гасіння горіння; при ліквідації пожеж в горизонтальних тупикових виробках будь-якої довжини, в разі подачі азоту в тупикову частину по трубопроводу; при веденні вибухових робіт в гірничих виробках, для створення інертного середовища в місці вибуху тощо.

Інертна піна, отримана за допомогою азоту, може застосовуватися: при гасінні осередків горіння в важкодоступних місцях; при профілактиці ендегенних пожеж у виробленому просторі очисних вибоїв при різних системах розробки і схемах провітрювання.

Способи і засоби подачі азоту вибирають, виходячи з гірничотехнічних умов, наявності технічних засобів подачі азоту, прийнятої технологічної схеми випуску його в гірничі виробки аварійної ділянки і обраного способу ліквідації аварії.

Інертизація за допомогою газоподібного азоту дозволяє вирішити такі завдання в ході ліквідації підземної пожежі: скоротити термін ліквідації аварії; запобігти вибухам газоповітряної суміші на аварійній ділянці; прискорити охолодження високотемпературної зони до безпечного рівня; скоротити до мінімуму або повністю припинити процес горіння.

Необхідною умовою інертизації є зниження витоків повітря через вироблений простір за допомогою спорудження перемичок уздовж штреків.

Для контролю за складом атмосфери у виробленому просторі через кожні 50 м руху вибою в лаві монтується перфорований трубопровід діаметром 50 мм, в якому розміщується гнучкий шланг для відбору проб газу.

5.2 Розрахунок параметрів пінного способу боротьби з самонагріванням (самозайманням) вугілля

Для формування у виробленому просторі пінного потоку необхідної ширини на вентиляційному штреку зводяться піноупорні перетинки з пінопласту, брусів, інших матеріалів. Відстань між перетинками встановлюється за допомогою результатів локалізації осередків пожежі або визначається за наявними аерологічними і геологічними даними. Аналогічним шляхом визначається і відстань між перетинками по падінню, на яке необхідно подати піну.

Автоматична система управління пінного пожежогасіння виконується на базі мікропроцесорних засобів і забезпечує: безперервний контроль і управління системами гасіння пожеж в режимі очікування (до виникнення пожежі) і в режимі «Пожежа»; функціонування централізованої або розподіленої автоматизованої системи з можливістю розширення виконуваних функцій без зміни структури програмного забезпечення; роботу системи автоматизації автономно, в локальній мережі і в складі багаторівневої автоматизованої системи управління.

До складу системи автоматичної установки пожежогасіння входить заздалегідь приготовлений 6%-ий водний розчин піноутворювача, що зберігається в спеціальних

підземних резервуарах. У період гасіння пожежі насосами пожежогасіння, розчин подається до піногенераторів.

Комплексна система автоматичного пожежогасіння передбачена на піну високої кратності.

Для локалізації аварій і гасіння пожеж в насосній, застосовується стаціонарна повітряно-пінна установка конструкції ОВПО-2 і два пожежних гідранта.

Вогнегасна речовина – повітряно-механічна піна, що має кратність близько 80 (вісімдесяти) і хорошу рухливість.

Піна утворюється в стаціонарних піногенераторах ГПС-600 при змішуванні 6%-ого розчину піноутворювача ПО-1 з повітрям. Має незначну електропровідність і тому застосовується для гасіння пожеж в електроустановках, що знаходяться під напругою.

Метод гасіння – комбінований, від площі до об'єму, це обумовлюється наявністю трубопроводів на висоті 1,85 м, оскільки осередок пожежі може виникнути в будь-якій точці по висоті трубопроводів обв'язки, а залишковий тиск в трубах буде сприяти утворенню форсункового горіння, то при розрахунку на об'ємне гасіння висота приймається рівною 1,9 м.

Площа пожежогасіння складає 162 м².

Захищений обсяг, згідно з прийнятою висоті, буде дорівнює 308 м³.

Продуктивність прийнятого піногенератора по піні становить 0,6 м³/с або 36 м³/хв. Витрата розчину піноутворювача типу ПО-1 становить 0,006 м³/с або 0,36 м³/хв.

Визначення кількості піногенераторів здійснюватися за формулою, наведеною у «Тимчасових вказівках з гасіння пожеж в кабельних тунелях і приміщеннях високо кратною повітряно-механічною піною»:

$$n = 3,5 * \frac{V}{t * Q}; \quad (5.1)$$

де n – шукане число піногенераторів; 3,5 – коефіцієнт, що враховує руйнування піни; V – захищений обсяг, м³; T – розрахунковий час гасіння пожежі, хв.; Q – продуктивність піногенераторів по піні, м³/хв.

Розрахунковий час гасіння пожежі $t = 10$ хв. Необхідна кількість піногенераторів складе:

$$n = 3,5 * \frac{308}{10 * 36} = 2,99$$

За розрахунками приймаємо три піногенератори. Для роботи трьох піногенераторів ГПС-600 необхідно забезпечити сумарну витрату піноутворювача $1,08 \text{ м}^3/\text{хв}$.

Розрахунок бака-дозатора виконується з урахуванням триразового запасу піноутворювача за формулою:

$$V_{б.д.} = Q * n * t * 3 \quad (5.2)$$

де $V_{б.д.}$ – обсяг бака-дозатора, м^3 ; Q – витрата ПО-1 на один ГПС-600, $\text{м}^3/\text{хв}$.; n – число ГПС-600; t – розрахунковий час гасіння пожежі, хв.; 3 – коефіцієнт, що враховує запас піноутворювача.

Розрахунковий обсяг бака-дозатора складе:

$$V_{б.д.} = 0,36 * 3 * 10 * 3 = 32,4 \text{ м}^3.$$

Приймаємо бак-дозатор об'ємом 32 м^3 , серії 5-904-43.

Розмір бака складає $4,24 * 5 * 1,508 \text{ м}$.

Діаметр трубопроводу для забезпечення подачі розчину піноутворювача в кількості $1,08 \text{ м}^3/\text{хв}$. визначається за таблицями для гідравлічного розрахунку, в залежності від напору перед піногенератором, що визначається за формулою:

$$h_{zn} = h_{вод} - h_{mp} - h_{nc} - Z \quad (5.3)$$

де h_{zn} – напір перед піногенератором, м; $h_{вод}$ – напір в системі пожежно-виробничого водоводу, 80 м ; h_{mp} – втрати напору в трубопроводі, м;

h_{nc} – трати напору на роботу пінозмішувача, м; Z – висота установки піногенераторів, м.

Втрати напору в трубопроводі визначаються за формулою:

$$h_{mp} = i * L, \quad (5.4)$$

де i – гідравлічний ухил, $0,0103$; L – довжина розрахункової ділянки, 22 м .

Втрати напору на роботу пінозмішувача визначаються за формулою:

$$h_{nc} = (h_{вод} - h_{mp}) * 0,3, \quad (5.5)$$

де $0,3$ – коефіцієнт, що враховує втрату напору на роботу пінозмішувача.

$$h_{zn} = 80 - 0,0103 * 22 - (80 - 0,0103 * 22) * 0,3 - 4,2 = 51,6 \text{ м}.$$

За результатами розрахунку видно, що напір перед піногенератором знаходиться в допустимих межах $40 \dots 60 \text{ м}$.

Діаметр трубопроводів, що підходять і відходять, приймається рівним 150 мм .

Активні способи гасіння пожежі пов'язані з безпосереднім впливом на осередок вогнегасних речовин, серед яких найбільшого поширення набули піна і розпорошена вода. При цьому використовують переносні вогнегасники, мобільні установки, а також стаціонарні автоматичні системи пожежогасіння.

В даний час у ряді країн розробляються імпульсні системи пожежогасіння [1, 2]. Більшість цих систем створюють розпорошені струмені. Так, розроблена система пожежогасіння NATISK.

В установках NATISK по рукавній лінії подається вже готова компресійна піна. Робота по гасінню пожежі може вестися з відстані до 30 м через ручні стволи.

Компресійна піна – це вогнегасна речовина, що отримується в установці пожежогасіння NATISK, шляхом примусового спінювання стисненим повітрям розчину, що складається з води і невеликої кількості піноутворювача. Може вироблятися сира (важка) піна кратністю від $K=5$ і суха (легка) піна кратністю до $K=20$.

За кордоном, в США, Європі і на Близькому Сході, часто застосовуються системи CAFS для гасіння пожеж, в яких використовуються дорогі піноутворювачі. Крім того, в системі NATISK реалізовані інші, відмінні від західних CAFS, установки і алгоритми їх роботи з низькою віддачею при відкритті ручного ствола і подачі гасячого агента. Так, в системі NATISK по рукавним лініям або сухотрубам компресійну піну можна подавати до 250 м при нормальному тиску.

Як видно, політ пінного струменя майже прямолінійний. При цьому головна частина струменя розширюється в міру наближення до вогнища горіння, що необхідно враховувати при розрахунках площі горіння.

Піни представляють собою дисперсні системи, що складаються з бульбашок газу, оточених плівками рідини, і що характеризуються відносною агрегатною і термодинамічною нестійкістю. Багато фахівців пояснюють механізм придушення вогнищ пожежі інгібуючими властивостями піни, перерозподілом фільтраційних потоків і зниженням вмісту кисню в замкнених просторах, а також охолодженням нагрітих стін і огорожувальних конструкцій, а при використанні рециркуляції газів – до додаткової інертизації замкнутого обсягу при руйнуванні піни.

На сучасних об'єктах електроенергетики використовуються стаціонарні автоматичні установки пінного пожежогасіння. При спрацьовуванні пожежної сигналізації включаються в роботу піногенератори, а піна по системі трубопроводів надходить до осередку пожежі і потрапляє в канал через спринклерні головки.

При моделюванні розвитку і гасіння пожежі необхідно враховувати вплив піни на горючу поверхню твердого матеріалу, збиваючи полум'я, призводячи до зволоження поверхні і припинення піролізу на деякій її частині.

Як відомо [3, 4] тепловміщення вологого повітря знаходиться за формулою:

$$h = (c_2 + c_n U \chi) T + r U \chi, \quad (5.6)$$

де h – повне тепловміщення вологого повітря, Дж/кг; T – температура, К;

c_2 і c_n – питомі теплоємності відповідно газу і пари, Дж/(кг·К); U – питомий вміст води в повітрі, кг/кг; r – тепло та паротворення, Дж/кг; χ – частка рідини, що випаровується в осередку пожежі, 1.

Формулу (5.7) приведемо до вигляду:

$$h = c_2 T + (c_n T + r) U \chi. \quad (5.7)$$

З формули (5.7) випливає, що при відсутності руйнування піни і випаровування крапель рідини в осередку пожежі $h = \text{СГТ}$. Тоді, враховуючи повне тепловміщення вологого повітря, отримаємо:

$$\rho \left(\frac{\partial h}{\partial \tau} + u \frac{h - h_0}{l} \right) = \frac{\alpha S_c}{V} (T_0 - T) + q. \quad (5.8)$$

Припустимо, нам відома максимальна температура в осередку пожежі до подачі води або піни, яка буде визначатися за формулою:

$$T_m = T_0 + \frac{1300 g}{7 + g}, \quad (5.9)$$

де T_0 – температура при нормальних умовах, К; g – пожежне навантаження, кг/м².

Тоді при подачі піни очікувану максимальну температуру в осередку пожежі T_1 , К, можна визначити за формулою:

$$T_1 = T_0 + \frac{T_m - T_0}{1 + aG[(\tau - \tau_1) + |\tau - \tau_1|]/2Sg}, \quad (5.10)$$

де G – витрата води або рідини в піні, кг/с; τ – час з початку виникнення пожежі, с; τ_1 – час з початку гасіння пожежі, с; S – площа осередку пожежі, м²; g – пожежне навантаження, кг/м²; a – емпірична константа.

Витрату рідини в піні можна визначити за формулою:

$$G = \rho Q / K, \quad (5.11)$$

де ρ – щільність води, 1000 кг/м³; Q – витрата піни, м³/с; K – кратність піни.

З формули (5.10) випливає, що, задавши час τ_2 в кінці гасіння пожежі, можна визначити очікувану максимальну температуру:

$$\frac{T_2 - T_0}{T_m - T_0} = \frac{1}{1 + aG(\tau_2 - \tau_1) / Sg}. \quad (5.12)$$

З формули (5.12) випливає, що чим більше час $(\tau_2 - \tau_1)$ гасіння пожежі, тим менше максимальна температура в зоні горіння. Вирішуючи формулу (5.12) щодо часу гасіння пожежі, отримаємо:

$$\tau_2 - \tau_1 = \left(\frac{T_m - T_0}{T_2 - T_0} - 1 \right) Sg / aG \quad (5.13)$$

Очевидно, що площа зрошення водою повинна бути рівною або більше площі горіння. При цьому площа зрошення залежить від відстані до осередку пожежі і визначається за формулою 5.7.

З отриманої залежності (5.13) випливає, що чим більше витрата піни і більше час з початку гасіння пожежі, тим менше буде температура. У той же час, навпаки, чим більше площа осередку горіння і більше пожежне навантаження, тим повільніше буде знижуватися температура.

При дослідженні деформації і розпаду головної частини струменя піни встановлено, що при великих швидкостях руху струменя виникає різниця тисків в лобовій і кормовій частинах, струмені прагнуть її деформувати і сплюснути. У цьому випадку площа поперечного перерізу головної частини струменя з плином часу буде збільшуватися, в результаті чого виникають незгасаючі коливання струменя, що призводять до його розпаду на дрібні частини.

При повній деформації струменя і його великих вібраціях відбувається остаточний його розпад. Будемо вважати, що розпад струменя відбувається тоді, коли площа його поперечного перерізу досягає максимально можливого значення.

Для визначення максимальної площі поперечного перерізу струменя використовується формула:

$$S_m = (a w_0 V)^{0,8}, \quad (5.14)$$

де S_m - максимальна площа поперечного перерізу струменя піни, м²; a - емпірична константа, с/м^{1.5}; w_0 - початкова швидкість витікання струменя, м/с; V - об'єм піни, м³.

Максимальній площі поперечного перерізу струменя повинен відповідати певний час розпаду струменя і його швидкість. Так, час розпаду струменя t_m , визначається за формулою

$$\tau_m = \frac{1}{A_0} \ln \frac{S_m - B}{S_0 - B}, \quad (5.15)$$

де B - емпірична константа, м²; A_0 - емпірична константа, 1/с.

Для розрахунку дальності польоту суцільної частини струменя піни використовується формула:

$$x_m = \frac{d}{C} \ln \left(1 + \frac{C w_0 \tau_m}{d} \right), \quad (5.16)$$

де d - діаметр сопла, м; C - емпірична константа, м.

5.3 Профілактика і гасіння пожеж шляхом застосування фенольної смоли «Carbofill»

Виникнення ендогенних пожеж дільниць визначається ступенем схильності вугілля до самозаймання, геологічними і гірничотехнічними умовами. Схильність вугілля до самозаймання характеризується його здатністю поглинати кисень. Самозаймання найчастіше виникає в роздавлених, неізольованих від доступу повітря ціликах, поблизу скидів, при виклинюванні пласта і інших геологічних порушеннях, а також у виробленому просторі при залишенні там вугілля в запобіжних пачках. Для попередження ендогенних пожеж стежать за тим, щоб при розробці пластів, схильних до самозаймання, у виробленому просторі не залишалися цілики вугілля, які можуть роздавлюватися. У разі вимушеного залишення ціликів, їх обробляють антипірогенами (речовинами, котрі перешкоджають самозайманню) або ізолюють (у нашому випадку використовують фенольну смолу «Carbofill»).

Фенольна смола «Carbofill» (рис. 5.1) складається з двох рідких компонентів (смола і каталізатор), які в об'ємному співвідношенні 4:1 за допомогою спеціального насоса прокачуються окремо по шлангах, перемішуються в змішувачі і подаються в заповнену порожнечу.



Рисунок 5.1 - Фенольна смола «Carbofill»

Після виходу зі змішувача компоненти негайно реагують зі збільшенням обсягу і створюють пінну масу.

Основними перевагами застосування фенольної смоли «Carbofill» є: висока швидкість реакції спінування; відсутність потреби у зведенні герметичної опалубки при заповненні пустот; висока кратність спінування полімерного складу після реакції

компонентів, котра дозволяє при низькій витраті матеріалу заповнювати значні обсяги пустот.

Область застосування фенольної смоли «Carbofill»: заповнення пустот; заповнення тріщин в порушеному масиві; зміцнення сильно порушених гірських порід; заповнення і ущільнення вентиляційних перемичок.

В результаті застосування фенольної смоли «Carbofill» відбувається зниження хімічної активності схильності до самозаймання через свердловини шляхом нагнітання їх розчинів.

ВИСНОВКИ

Аналізуючи досвід ліквідації пожеж в привибійному і виробленому просторах виїмкових ділянок, а також роботи в умовах високих температур, можна зробити наступні висновки.

1. Найбільш ефективно пожежі були ліквідовані активним способом за допомогою дистанційного застосування порошково-пінних та інших вогнегасних засобів у поєднанні з дегазацією і посуванням лінії очисного вибою лави.

2. Тонкодисперсний порошок, вода і піна, що подаються безпосередньо в осередок пожежі або дистанційно по свердловинах, являються ефективними засобами локалізації і гасіння пожежі у важкодоступному місці.

3. Ведення гірничорятувальних робіт, не передбачених оперативним планом ліквідації аварії, відсутність або недотримання технології їх виконання, особливо в виробках зі складними гірничотехнічними умовами (загазована атмосфера, висока температура, відсутність провітрювання), як правило, призводить до непередбачуваних ускладнень, які супроводжуються травмуванням гірничорятувальників .

4. Застосування гірничорятувальних бокс-баз для створення проміжних пунктів відпочинку в загазованій середі з високою температурою і вологістю повітря відкриває широку перспективу по боротьбі з аваріями активним і комбінованим способами. При проведенні робіт в екстремальних умовах в якості першочергових заходів необхідно брати створення стійкого функціонування проміжних пунктів відпочинку з зосередженням на них необхідного резерву сил і засобів для ефективного ведення гірничорятувальних робіт.

5. Схильність вугільних пластів до самозаймання підлягає постійному контролю і повинна регулярно корегуватися.

6. У разі вимушеного залишення ціликів, їх необхідно обробляти антипірогенами, котрі перешкоджають самозайманню (застосовують фенольну смолу «Carbofill»).

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ:

1. Пашковский П.С. Эндогенные пожары в угольных шахтах [Текст]: [монография] / П. С. Пашковский. - Донецк: Ноулидж, Донец. отд-ние, 2013. - 791 с. : рис., табл. - Бібліогр.: с. [784]-791. - ISBN 978-617-579-833-1.
2. Дистанционные объемные методы порошково-пенного пожаротушения / Ю.Ф. Булгаков, В.П. Чарков, А.А. Король // Пути развития горноспасательного дела: Труды научно-практ. конф. НПО «Респиратор». - Донецк, 1997. – 210 с.
3. Булгаков Ю.Ф. Тушение пожаров в угольных шахтах. Монография. – Донецк: НИИГД, 2001. — 280 с.
4. Костенко В.К., Булгаков Ю.Ф., Подкопаев С.В. и др. 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 отд-ние), 2010. – 253 с.
5. Правила пожежної безпеки для підприємств вугільної промисловості України. – НАПБ Б.01.009-2004. – 300 с.
6. КД 12.01.401-96 Эндогенные пожары на угольных шахтах Донбасса. Предупреждение и тушение. Инструкция. Издание официальное / П.С. Пашковский, В.К. Костенко. – Донецк: НИИГД, 1997. – 68 с.
7. Ликвидация сложных подземных аварий / Орлов Н.В., Зрелый Н.Д., Романчук А.Л. и др. // Киев: Техника, 1981. – 182 с.
8. Александров С.М., Подкопаев С.В., Біла Н.С., Кіпко О.Е. Охорона праці у вугільній промисловості: Навчальний посібник для студентів гірничих спеціальностей вищих навчальних закладів / Під загальною ред. С. М. Александрова. – Покровськ: ДонНТУ, 2019. – 334 с.
9. Костенко В.К. Геомеханические и аэрологические основы предотвращения пожаров от самонагревания угля в шахтах: автореф. дис. на соискание степени д-ра техн. наук: спец. 21.06.02 «Пожарная безопасность» / В.К. Костенко. – Макеевка, 2004. –36 с.
10. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. – К., 1994. – 311 с.
11. Пашковский П.С. Разработка способов прогноза и предотвращения эндогенных пожаров в глубоких шахтах: автореф. дис. на соискание степени д-ра

техн. наук: спец. 05.26.01 «Пожарная безопасность» / П.С.Пашковский. – Донецк, 1992. – 40 с.

12. Руководство по определению параметров подземного пожара и выбору эффективных средств его тушения: Утв. Всесоюзным управлением ВГСЧ 9.09.85 / ВНИИГД. – Донецк, 1985. – 96 с.

13. Руководство по применению инертных газов при ликвидации пожаров в шахтах: Утв. Начальником Центрального штаба ВГСЧ Минуглепрома СССР 19.07.89 / ВНИИГД. – Донецк, 1989. – 190 с.

14. Руководство по изоляции пожаров в шахтах, опасных по газу. – К., 1995. – 290 с.

15. Руководство по изоляции отработанных участков, временно остановленных и неиспользуемых горных выработок в шахтах (Сборник инструкций и других нормативных документов по технике безопасности для угольной промышленности / [сост.: И.А. Бабокин, В.В. Вильчицкий, А.П. Костарев, А.Т. Тимошенко и др.]. - М. : Недра, 1978. - 744 с.).