

УДК 622.817 (571.17)

DOI: 10.31474/2415-7902-2020-1(4)-2(5)-37-51

О. Л. Зав'ялова, В. К. Костенко,
А. А. Крупка, Л. Є. Дузь, М. О. Кралюк

ТАКТИКА ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ ВИБУХІВ ГАЗОПИЛОВИХ СУМІШЕЙ У ГІРНИЧИХ ВИРОБКАХ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ

Мета статті – вдосконалення тактики (технології) ліквідації наслідків вибухів газопилових сумішей в гірничих виробках вугільних шахт, що дозволить своєчасно і в повній мірі забезпечити порятунок застраждалих людей, підвищити безпеку роботи гірничих рятувальників при ліквідації наслідків цих аварій, зменшити економічні збитки підприємств.

Методи дослідження. Під час проведення досліджень, для розв'язання поставлених задач, в комплексі застосовувалися загальнонаукові та спеціальні методи, зокрема: методи індукції (на етапі збору, систематизації і обробки інформації для проведення досліджень) та дедуції (у процесі теоретичного осмислення проблеми), системно-аналітичний, порівняльний аналізи, метод аналізу визначень тощо.

Результати. Практичне значення отриманих результатів полягає в створенні тактичних технологічних схем ліквідації наслідків вибухів газопилових сумішей в гірничих виробках вугільних шахт, що дозволить своєчасно і в повній мірі забезпечити порятунок застраждалих людей, підвищити безпеку роботи гірничих рятувальників при ліквідації наслідків цих аварій, зменшити економічні збитки підприємств.

Наукова новизна роботи полягає у розв'язанні науково-прикладної задачі вдосконалення тактики (технології) ліквідації наслідків вибухів газопилових сумішей в гірничих виробках вугільних шахт, що дозволить своєчасно і в повній мірі забезпечити порятунок застраждалих людей, підвищити безпеку роботи гірничих рятувальників при ліквідації наслідків цих аварій, зменшити економічні збитки підприємств, які пов'язані із втратою техніки, гірничих виробок і запасів вугілля, що підготовлені до виймки, в виймкових полях, що інтенсивно відпрацьовуються, великих аварійних збитків, які пов'язані із простоями лав або несвоєчасною підготовкою фронту очисних робіт.

Ключові слова: аварія, вибух; газопилова суміш, гірничі рятувальники, пожежа, вугільна шахта.

Вступ. На вугільних шахтах проводять роботи підвищеної небезпеки (вибухонебезпечні, пожежно-небезпечні, небезпечні за обваленнями виробок та гірничих порід, раптовими проривами рудникових газів, вугілля, порід, води тощо). Ці роботи проходять в умовах непередбаченості, раптової зміни гірничо-геологічних умов або природних сил, при недотриманні вимог нормативно-правових актів з охорони праці з боку персоналу та спричинити тяжкі наслідки, які можуть супроводжуватися численними жертвами та матеріальними збитками. З переходом гірничих робіт вугільних шахт на глибокі горизонти зростає негативний вплив підвищених гірничого тиску, температури вміщаючих порід, газорясності та інших факторів [1].

Одними з найбільш небезпечних видів аварій є вибухи газопилових сумішей (далі – вибухи) в гірничих виробках вугільних шахт [2]. При вибухах в підземних умовах вугільних шахт виникають такі вражаючі фактори: фронт повітряної ударної хвилі (рухома по гірничій виробці зона миттєвого зміни (збільшення) тиску, щільності і температури середовища); високотемпературний фронт полум'я (рухома по гірничій виробці зона хімічної реакції і нагрітих газів); отруйні та шкідливі продукти горіння (CO, CO₂, CH₄, N₂, H₂S тощо), недостатня кількість кисню у повітрі робочої зони, що призводить до численних людських жертв, значних матеріальних збитків для підприємств. При ліквідації наслідків вибухів в умовах високої температури навколишнього середовища, загрози повторних вибухів, обрушення кріплення гірничих виробок та порід тощо простежується великий, в т.ч. смертельний травматизм серед гірничорятувальників. Тому перед вченими стоїть задача вдосконалення тактики ліквідації наслідків вибухів в гірничих виробках вугільних шахт, що дозволить своєчасно

і в повній мірі забезпечити порятунок застигнутих людей, підвищити безпеку гірничорятувальників при ліквідації наслідків цих аварій, зменшити економічні збитки підприємств [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Фундаментальні дослідження в галузі фізики і механіки вибуху представлені в роботах Баракова А. А., Ландау Л. Д., Зельдовича Я. Б., Христиановича С. А., Садовського М. А. та ін. та послужили основою створення теорії формування, поширення і локалізації вибухів метанопилоповітряних сумішей у вугільних шахтах. Істотний внесок у розвиток цієї теорії, встановлення умов утворення вибухонебезпечного середовища, а також створення способів і технічних засобів ведення гірничорятувальних робіт внесли Балтайтис В. Я., Бусигін К. К., Бобров А. І., Грядущий Б. А., Доценко В. Ф., Зрелий М. Д., Макаренко В. Л., Маркович Ю. М., Скочинський А. А., Соболев Г. Г., Чарков В. П., Чеховських О. М. та ін. Подальший розвиток питання вибухопридушення у вугільних шахтах отримали у роботах Болбата І. Ю., Грекова С. П., Зінченко І. М., Кудінова Ю.В., Морєва О. М., Осипова С. М. та ін.

На вугільних шахтах незалежної України відбулися цілий ряд катастроф зі значними негативними наслідками. Тільки на АП «Шахта ім. О.Ф. Засядька» виникло кілька вибухів з масовою загибеллю та травмуванням людей: в 1999 р. загинуло 50 та отримали травми 49 людей, в 2001 р. загинуло 55 та отримали травми 33 людей, в 2002 р. загинуло 20 та отримав травми 1 чоловік, в 2007 р. в серії з 3 вибухів загинуло 106 та отримали травми 272 чоловіка, в 2015 р. загинуло 34 та травмувалися 14 людей. На шахті ім. О. О. Скочинського: в 1991 р. загинуло 17 та травмовано 20 людей, в 1998 р. загинуло 63 та травмовано 51 людина, в 2014 р. загинуло 34 та травмовано 16 людей. На шахті «Суходільська-Східна» в 1992 р. загинуло 63 та травмовано 53 людини, в 2011 р. загинуло 28 та травмовано 2 людей. На шахті «Слов'яносербська» в 1994 р. загинуло 30 та травмовано 27 людей. На шахті ім. М. П. Баракова в 2000 р. загинуло 80 та травмовано 7 людей. В 2004 р. на шахті «Краснолиманська» загинуло 37 та травмовано 12 людей. В 2017 р. на шахті «Степова» загинуло 8 та травмовано 28 людей

На основі «Карт обліку аварій», аналізу літератури [4,5] нами встановлені статистичні дані щодо виникнення вибухів газопилових сумішей на шахтах України (табл. 1).

Таблиця 1 – Статистичні дані виникнення вибухів газопилових сумішей на шахтах України

Рік	Кількість вибухів	Рік	Кількість вибухів	Рік	Кількість вибухів	Рік	Кількість вибухів
1980	6	1990	7	2000	4	2010	5
1981	7	1991	1	2001	4	2011	5
1982	1	1992	8	2002	3	2012	4
1983	7	1993	4	2003	-	2013	-
1984	5	1994	9	2004	2	2014	4
1985	6	1995	3	2005	2	2015	1
1986	3	1996	2	2006	2	2016	2
1987	2	1997	2	2007	2	2017	1
1988	6	1998	4	2008	5	2018	2
1989	4	1999	2	2009	7	2019	1

При ліквідації наслідків вибухів в умовах високої температури навколишнього середовища, загрози повторних вибухів, обрушення кріплення гірничих виробок та порід простежується великий, в т.ч. смертельний травматизм серед гірничорятувальників [4] (табл. 2).

Таблиця 2 – Статистичні дані травмування гірничорятувальників при ліквідації наслідків вибухів метано-повітряних та пило-повітряних сумішей на шахтах України

Шахта	Дата вибуху	Назва виробки	Травмовано, чол.		Причина травмування
			Смертельно	Всього	
«Комсомолец»	18.11.1963	Білястовбурний двір	11	11	Повторний вибух
«Новатор»	07.10.1977	Ухил № 1	17	43	Повторний вибух
Ім. О.О. Скочинського	27.07.1979	Конвейсний ухил 5-х лав ЦП	1	2	Тепловий удар
«Гірська»	26.04.1980	Конвеєрний ходок 6-й центральної лави пласта k ₈	2	2	Тепловий удар
Ім. О.О. Скочинського	21.08.1992	Західна панель	17	36	Повторні вибухи
«Суходільська-Східна»	09.06.1992	Східний фланговий вентиляційний ходок № 21	4	4	Обрушення кріплення в гирлі виробки
«Красно-лиманська»	28.07.2004	11 південна лава центрального ухила пл. l ₃	1	16	Тепловий удар
АП «Шахта ім. О. Ф. Засядька»	02.12.2007	Виробки пласта l ₁	5	38	Повторний вибух

Для того, щоб в гірничих виробках вугільних шахт виник вибух необхідно два фактори, які співпадають у просторі і в часі: наявність вибухонебезпечної концентрації газопилових сумішей та тепловий імпульс [6, 7].

Причинами виникнення вибухонебезпечної концентрації газопилових сумішей можуть бути: недостатнє провітрювання гірничих виробок, в т.ч. тривала зупинка вентиляторів місцевого провітрювання, пориви і відставання від тупикового вибою вентиляційних труб; наявність не провітрюваних пустот (куполів) за кріпленням виробки; зменшення перерізу гірничих виробок (підсіпка вугіллям або породою); зміна схем провітрювання і закорочування вентиляційного струменя; незадовільний стан вентиляційних споруд; підвищене виділення метана: суфлярне, раптове виділення під час проведення підривних робіт тощо [7].

У підземних виробках з різних причин виникають небезпечні теплові імпульси, які є причиною вибухів. В основному теплові імпульси виникають при експлуатації несправного електрообладнання, вибухових роботах, при роботі прохідницьких і видобувних комбайнів, самозайманні вугілля, веденні вогневих робіт, палінні тощо [8].

Основними причинами розвитку і ускладнень вибухів є порушення кріплення та обвалення порід у рудничних виробках, порушення вентиляційних споруд і режиму провітрювання аварійних ділянок, повторні вибухи, виникнення екзогенних пожеж, захарашення виробок машинами та механізмами, устаткуванням, елементами кріплення, породою тощо. Процес вибуху газу і пилу в шахті характеризується двома стадіями: горінням вихідної суміші з формуванням фронту ударних повітряних хвиль, полум'ям і поширенням його по рудничних виробках. При поширенні вибухової ударної хвилі по виробці фронту полум'я передуює хвиля повітря високого тиску. При цьому люди отримують механічні травми, опіки, отруєння шкідливими продуктами вибуху, пошкоджується електричне обладнання, руйнується ізоляція струмоведучих жил в кабелях, можливе утворення вторинних джерел займання; у виробках можуть виникнути пожежі, викликані тепловою енергією вибуху. Температура газів в осередку вибуху 9,5% метано-повітряної суміші може сягати 2500 °С, а тиск у фронті ударної повітряної хвилі досягати 2,8 МПа. Прийнято вважати що при поширенні по виробках ударної повітряної хвилі відбувається перемішування наявних у виробках шарових і місцевих скупчень метану і перехід у зважений стан вугільного пилу, що призводить до формування за фронтом ударної хвилі великої кількості вибухової маси, яка детонує [9].

Розглянемо тактику ліквідації наслідків вибухів в гірничих виробках вугільних шахт. Вплив на тактику аварійно-рятувальних робіт надають, насамперед, підготовленість об'єкта до ліквідації можливих аварій, готовність аварійно-рятувальних підрозділів до ліквідації аварій та їх наслідків і методи управління аварійно-рятувальними роботами. Організація гірничорятувальних робіт - складний, багатокритеріальний і багатогранний процес, в якому необхідно комплексно вирішувати багато найскладніших завдань, проводити тактичні розрахунки і прогнозувати обстановку методами математичного моделювання. Дії підрозділів гірничорятувальників під час ліквідації наслідків аварій тільки тоді стають ефективними, коли перед ними чітко і ясно поставлена певна мета, що впливає з умов обстановки, визначені способи дій, сили і засоби для досягнення поставленої мети і організовано відповідне матеріально-технічне забезпечення. Все це визначається рішеннями керівників ліквідації аварії на всіх рівнях управління. Тактика гірничорятувальних робіт в умовах вугільних шахт залежить від виду і місця надзвичайної ситуації, гірничо-геологічних і гірничо-технічних умов аварійної ділянки і шахти, кількості захоплених аварією людей, підготовленості шахти до ліквідації надзвичайних ситуацій, наявності сил і засобів гірничорятувальних частин, часу виявлення аварії і прибуття членів допоміжної гірничорятувальної команди і перших підрозділів гірничорятувальних частин на аварійну ділянку.

Найменші прорахунки і помилки при виборі тактики гірничорятувальних робіт можуть звести нанівець зусилля персоналу шахт і гірничорятувальних служб, привести до швидкого розвитку та ускладнення аварії, значних втрат робочого часу, економічним збиткам, людських жертв та інших негативних непередбачуваних наслідків, аж до переростання аварії в катастрофу. Перераховані вище аспекти можуть бути об'єднані в загальну проблему - розробка науково обґрунтованої тактики гірничорятувальних робіт при ліквідації надзвичайних ситуацій та їх наслідків в гірничих виробках вугільних шахтах [10].

Мета статті – вдосконалення тактики ліквідації наслідків вибухів газопилових сумішей в гірничих виробках вугільних шахт, що дозволить своєчасно і в повній мірі забезпечити порятунок застигнутих людей, підвищити безпеку роботи гірничорятувальників при ліквідації наслідків цих аварій, зменшити економічні збитки підприємств.

Методи дослідження. Методологічною основою досліджень роботи є загальні закони та категорії теорії пізнання, зокрема, положення матеріалістичної діалектики, які сприяли розумінню об'єкта, предмета, мети і завдань дослідження у контексті взаємообумовленості здобутків і потреб практики. Методи формальної логіки (аналіз, синтез, дедукція, індукція, аналогія, абстрагування) надали змогу детальніше усвідомити зміст досліджуваних питань роботи. Під час проведення досліджень, для розв'язання поставлених задач, в комплексі застосовувалися загальнонаукові та спеціальні методи, зокрема: методи індукції (на етапі збору, систематизації і обробки інформації для проведення досліджень) та дедукції (у процесі теоретичного осмислення проблеми), системно-аналітичний, порівняльний аналізи, метод аналізу визначень тощо.

Виклад основного матеріалу. Основними факторами, що визначають тактику гірничорятувальних робіт у вугільних шахтах, є: вид надзвичайної ситуації, місце (гіпоцентр) аварії, зона ураження, кількість і місця знаходження потерпілих, схема провітрювання шахти (аварійної ділянки) і стан вентиляційних споруд, спосіб дегазації шахти (аварійної ділянки) і її стан, гірничо-геологічні умови залягання вугільного родовища (кількість розроблюваних пластів корисної копалини, кут падіння пластів і їх потужність, багатогазовість, склад порід, що вміщують тощо), гірничо-технічні умови відпрацювання шахтного поля (схема розтину і система відпрацювання, схема провітрювання шахтного поля, довжина, перетин і стан кріплення гірничих виробок тощо), підготовленість шахти і аварійної ділянки до ліквідації аварій, наявність сил і засобів гірничорятувальних частин, час виявлення аварії і виклику гірничорятувальних частин, час прибуття членів допоміжної гірничорятувальної команди на аварійний ділянку і перших підрозділів гірничорятувальних частин на аварійну ділянку тощо.

Розглянемо основні фактори, що визначають тактику гірничорятувальних робіт з ліквідації наслідків вибухів. На тактику ведення робіт з ліквідації наслідків вибухів впливають: місце (гіпоцентр) вибуху, зона ураження, кількість і місця знаходження потерпілих, витрата і якісний склад (вміст отруйних і шкідливих газів, температура) рудникового повітря, підготовленість шахти і аварійної ділянки до ліквідації наслідків вибуху, наявність сил і засобів гірничорятувальних частин, час виявлення вибуху, час виклику гірничорятувальних частин, введення у дію позицій плану ліквідації аварії, час прибуття членів допоміжної гірничорятувальної команди на аварійну ділянку, час прибуття перших підрозділів гірничорятувальних частин на аварійну ділянку тощо [11].

При розвідці аварійної ділянки після вибуху газопилової суміші встановлюються: місце вибуху і розміри зони ураження, визначається кількість захоплених аварією людей, місця знаходження і стан їх здоров'я; місця виникнення і розміри вогнищ пожеж, їх інтенсивність; стан гірничих виробок (ступінь їх руйнування), ступінь задимленості, газова обстановка і температура повітря; наявність на аварійній ділянці протиаварійних засобів; стан трубопроводів і системи дегазації; наявність і стан вентиляційних пристроїв, витрата і якісний склад (вміст отруйних і задушливих газів, температура) рудникового повітря; напрямок поширення продуктів вибуху; наявність зв'язку на аварійній ділянці. Після розвідки гірничих виробок аварійної ділянки визначається тактика гірничорятувальних робіт, яка спрямована в першу чергу на порятунок захоплених вибухом людей, відновлення провітрювання аварійної ділянки і шахти. При цьому оцінюється ймовірність виникнення факторів, що ускладнюють проведення гірничорятувальних робіт (пожежі, повторні вибухи, обвалення, руйнування вентиляційних споруд і ін.), а також намічаються заходи щодо їх попередження та ліквідації; вибирається режим провітрювання аварійної ділянки та шахти [9].

У гірничорятувальної практиці прийнято використовувати тактико-технологічні схеми ліквідації наслідків різного роду аварій в гірничих виробках. У тактико-технологічній схемі ліквідації наслідків вибухів в гірничих виробках вугільних шахт

прийнято наступний порядок виконання робіт: в першу чергу повинні виконуватися роботи, позначені суцільною жирною лінією, розділеною цифрами в колах і позначається головний напрямок на кожному етапі; в другу чергу виконуються роботи, показані на схемі вище лінії головного напрямку в наростаючій послідовності вгору від цієї лінії; в третю чергу виконуються роботи, перераховані нижче ліній головного напрямку в наростаючій послідовності вниз від цієї лінії.

Суцільними лініями показана робота головного напрямку ліквідації аварії, а пунктирними лініями - заходи безпеки на даному етапі. Роботи головного напрямку виконуються в послідовності зліва направо в порядку нумерації в колах.

Нижче надано основні види тактико-технологічних схем для найбільш розповсюджених аварійних ситуацій які мали місце при вибухах газопилових сумішей в шахтах. Аварійно-рятувальні роботи по складності розділено на такі що виконують в простих або складних (високі температура і загазованість) кліматичних умовах. Найбільш небезпечними є роботи що провадять у тупикових виробках, їм присвячено окремі схеми.

I. Тактико-технологічна схема розвідки гірничих виробок наслідків вибухів газопилових сумішей

1.1. ЕТАП (0-1). Розвідка аварійної виробки, надання допомоги постраждалим і ліквідації наслідків вибухів газопилових сумішей без застосування противотеплових засобів (рис. 1):

- (0-1)8 - ліквідувати наслідки надзвичайної ситуації;
- (0-1)7 - визначити ступінь задимленості, газову обстановку (вміст CH_4 , CO , CO_2 , O_2), температуру повітря;
- (0-1)6 - встановити стан вентиляційних споруд, засобів протиаварійного захисту, засобів зв'язку аварійної дільниці;
- (0-1)5 - встановити стан гірничих виробок по маршруту руху, запасних виходів;
- (0-1)4 - визначити зону ураження аварією;
- (0-1)3 - встановити місця знаходження захоплених аварією людей та їх кількість;
- (0-1)2 - провести розвідку загазованих гірничих виробок і надати допомогу захопленим в них людей;
- (0-1)1 - поставити задачу на виконання розвідки командному та особовому складу підрозділів гірничорятувальників;
- (0-1)9 - завчасно розробити тактику проведення розвідки;
- (0-1)10 - визначити підрозділи гірничорятувальників для виконання оперативних завдань;
- (0-1)11 - забезпечити механізовану доставку особового складу підрозділів гірничорятувальників, які беруть участь в розвідці, на аварійну дільницю;
- (0-1)12 - організувати відповідно до таблицю оснащення підземну і медичні бази, їх зв'язок із командним пунктом і працюючими підрозділами гірничорятувальників, контроль і облік доставленого та використаного обладнання і матеріалів;
- (0-1)13 - забезпечити стійку роботу стаціонарних і пересувних холодильних, компресорних і дегазаційних установок;
- (0-1) 14 - доставити на шахту противотеплові засоби (далі - ПТЗ), азотний комплекс «Зима», бокс-бази гірничорятувальні типу КБГ (далі – КБГ);
- (0-1)15 - доставити на аварійну ділянку ПТЗ та обладнання для розгазування аварійної виробки.

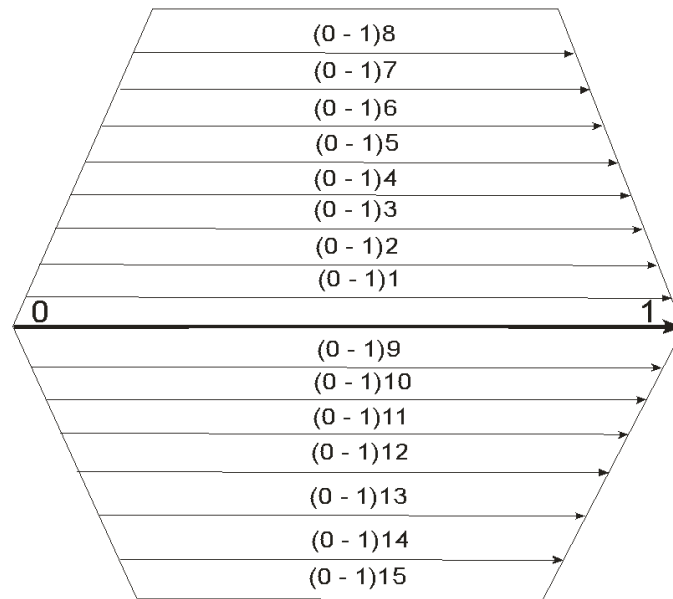


Рисунок 1 – ЕТАП (0-1). Розвідка аварійної виробки, надання допомоги постраждалим і ліквідації наслідків вибухів газопилових сумішей без застосування противотеплових засобів

1.2. ЕТАП (1-2). Розвідка аварійної виробки, надання допомоги постраждалим і ліквідації наслідків вибухів газопилових сумішей в складних кліматичних умовах (загазованість виробок продуктами вибуху, висока температура навколишнього повітря, задимленість, захаращення виробок від обрушення кріплення, механізмів, обладнання тощо) (рис. 2):

(1-2)1 - завчасно розробити тактику ведення розвідки і технологію робіт по зниженню впливу високої температури навколишнього повітря на особовий склад гірничорятувальних частин;

(1-2)2 - забезпечити відділення, що виконують розвідку, ПТЗ, спеціальними засобами для виконання завдання і здійснення заходів безпеки особового складу;

(1-2)3 - розмістити засоби життєзабезпечення по довжині аварійної виробки;

(1-2)4 - організувати за допомогою пересувних кондиціонерів охолодження повітря, що подається за допомогою вентиляторів місцевого провітрювання (далі – ВМП) в виробку;

(1-2)5 - встановити КБГ і системи життєзабезпечення в аварійних виробках і забезпечити їх надійну роботу на випадок зупинки ВМП або компресорної установки;

(1-2)6 - провести розвідку аварійної виробки і евакуації з неї потерпілих із застосуванням ПТЗ індивідуального та колективного користування;

(1-2)7 - доставити контейнери з охолоджуючими елементами (далі - ОЕ) на проміжні бази;

(1-2)8 - вжити заходів безпеки щодо запобігання вибухів метано-пило-повітряних сумішей при роботі підрозділів у загазованих виробках;

(1-2)9 - продовжити магістральну лінію зв'язку до місцезнаходження потерпілих;

(1-2)10 - обладнати місце підготовки постраждалих до транспортування на ношах, намітити пункти відпочинку та зміни підрозділів гірничорятувальників при евакуації;

(1-2)11 - визначити місцезнаходження потерпілих і стан виробок на маршруті їх евакуації;

(1-2)12 - розробити технологію і планограму роботи і пересування відділень;

(1-2)13 - розробити санітарно-гігієнічні заходи безпеки по евакуації постраждалих;

(1-2)14 - забезпечити контроль на підземній медичній базі стану здоров'я особового складу підрозділів гірничорятувальників;

(1-2)15 - забезпечити резерв для підрозділів гірничорятувальників, що працюють в зоні високої температури рудничного повітря;

(1-2)16 - забезпечити умови для ефективного відпочинку особового складу підрозділів гірничорятувальників на підземній базі перед роботою в зоні високих температур рудничного повітря і після виходу з неї.

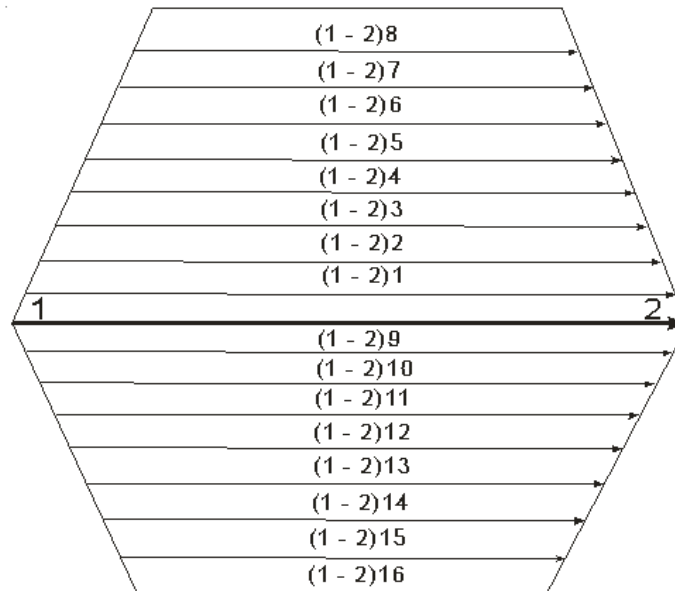


Рисунок 2 – ЕТАП (1-2). Розвідка аварійної виробки, надання допомоги постраждалим і ліквідації наслідків надзвичайної ситуації в складних кліматичних умовах (загазованість продуктами вибуху, висока температура навколишнього повітря, задимленість, захаращення виробок від обрушення кріплення, механізмів, обладнання тощо)

II. Тактико-технологічна схема ліквідації наслідків вибухів газопилової суміші в тупиковій виробці.

2.1. ЕТАП (0-1-2) Ліквідація наслідків вибухів газопилової суміші в тупиковій виробці без застосування протитеплових засобів і засобів розгазування (рис. 3).

0-1. Надання допомоги постраждалим та виведення людей з загазованих виробок силами допоміжних гірничорятувальних команд (далі – ДГК) аварійного і суміжних ділянок:

(0-1)1 - викликати підрозділи гірничорятувальників на шахту;

(0-1)2 - викликати членів ДГК з інших ділянок і забезпечити їх доставку на аварійну ділянку;

(0-1)3 - вивести людей з шахти і організувати спеціалізовану медичну допомогу постраждалим;

(0-1)4 - викликати на шахту членів ДГК і обслуговуючий персонал служб по ремонту електроустаткування, засобів вентиляції та пожежно-зрошувального трубопроводу.

(0-1)5 - підготувати кріпильний і будівельний матеріал для відновлення вентиляційних споруд і ремонту виробок;

(0-1)6 - підготувати до спуску в шахту компресорні установки, вентиляційні труби, ВМП, електрокабель, пускову апаратуру і обладнані для відновлення електро- і водопостачання аварійної ділянки;

(0-1)7 - забезпечити стійку роботу стаціонарних і пересувних холодильних, компресорних і дегазаційних установок;

(0-1)8 - посилити провітрювання виробок аварійної ділянки. Підготувати транспортні засоби для доставки особового складу підрозділів гірничорятувальників і протипожежного поїзду;

(0-1)9 - організувати транспорт для доставки зі складів підрозділів гірничорятувальників, шахти, пожежного та іншого обладнання;

(0-1)10 - забезпечити прийом і відправку в шахту гірничорятувального обладнання та оснащення, матеріалів;

(0-1)11 - організувати базу відпочинку особового складу підрозділів гірничорятувальників;

(0-1)12 - організувати підвезення на шахту і на аварійну дільницю льоду, охолодженої води тощо.

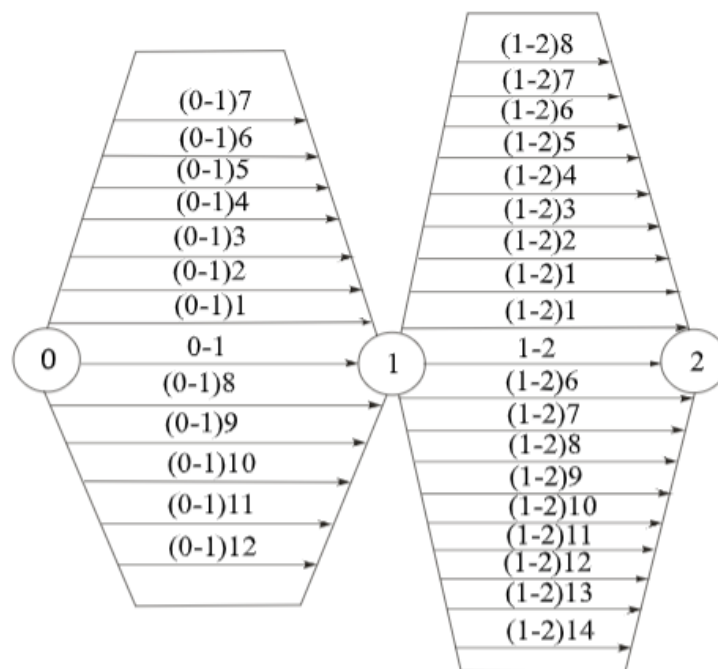


Рисунок 3 – Ліквідація наслідків вибухів газопилової суміші в тупиковій виробці без застосування протитеплових засобів і засобів розгазування. Розвідка аварійної виробки, надання допомоги постраждалим і ліквідація можливих осередків пожежі

2.2. Розвідка аварійної виробки, надання допомоги постраждалим і ліквідація можливих осередків пожежі без застосування протитеплових засобів і засобів розгазування (рис. 3):

(1-2)1 - організувати безперервний зв'язок відділення гірничорятувальників у розвідці з підземною базою або командним пунктом;

(1-2)2 - провести розвідку загазованих виробок і надати допомогу людям, захопленим в них;

(1-2)3 - визначити головний напрямок робіт і кількість необхідних сил і засобів;

(1-2)4 - скласти таблиці технічних і медичних засобів, зосереджуваних на підземній і медичній базі;

(1-2)5 - підготувати вентиляційні труби в зручному для транспортування по виробках вигляді і забезпечити їх поворотними та з'єднувальними пристроями;

(1-2)6 - доставити на шахту комплекс ПТЗ «Зима», КБГ та обладнання для розгазування аварійної виробки;

(1-2)7 - створити на командному пункті робочу групу для ведення оперативної документації, планування, обліку і контролю гірничорятувальних робіт;

(1-2)8 - розробити технологію ведення гірничорятувальних робіт і визначити підрозділи гірничорятувальників для виконання оперативних завдань;

(1-2)9 - вжити заходів щодо відновлення провітрювання загазованих продуктами вибуху виробок за рахунок загальношахтної депресії;

(1-2)10 - визначити місця установки ВМП, де виключається їх робота на рециркуляцію повітряного струменя;

(1-2)11 - перевірити й усунути порушення в системах повітро- водопостачання і електроживлення і подати на аварійну ділянку воду, стиснене повітря і електроенергію;

(1-2)12 - організувати відповідно до таблицю оснащення підземну і медичні бази, їх зв'язок з командним пунктом і працюючими підрозділами гірничорятувальників, контроль і облік використання обладнання;

(1-2)13 - забезпечити умови для ефективного відпочинку особового складу підрозділів гірничорятувальників на підземній базі перед їх відходом в зону підвищених температур і після виходу з неї;

(1-2)14 - розчистити захаращення виробок, які примикають до аварійної, і відновити (усилити) в них вибиті кріплення.

2.3. Ліквідація наслідків вибухів газопилової суміші в тупиковій виробці із застосуванням протитеплових засобів і засобів розгазування при можливих ускладненнях (рис. 4).

А. Відсутність трубопроводу стисненого повітря: а1-а2 - доставити на шахту компресорні установки і пожежні рукави для подачі стисненого повітря.

Б. Наявність вогнищ пожежі і загроза вибуху: б1-б2 - вивести людей в безпечне місце, розробити і здійснити заходи щодо попередження вибуху і з гасіння пожежі.

В. Висока температура, задимленість, велика протяжність захаращених та непровітрюваних виробок:

в1-в2 - розгазувати за допомогою ВМП та провести розвідку аварійних виробок із застосуванням протитеплових засобів;

(В1-в2)1 - вибрати місця для установки перемичок в тупиковій виробці і визначити час її поетапного розгазування (на довжину вентиляційної труби);

(В1-в2)2 - прокласти магістральну лінію зв'язку від підземної бази до працюючих в зоні високих температур підрозділів гірничорятувальників;

(В1-в2)3 - розробити тактику і технологію робіт з розгазування аварійної виробки і зниженню температуру навколишнього повітря;

(В1-в2)4 - доставити на аварійну ділянку ПТЗ та обладнання для розгазування аварійної виробки;

(В1-в2)5 - розмістити засоби життєзабезпечення по довжині аварійної виробки;

(В1-в2)6 - організувати за допомогою пересувних кондиціонерів охолодження повітря, що подається за допомогою ВМП в виробку;

(В1-в2)7 - визначити час, необхідний для розгазування до безпечних меж по оксиду вуглецю аварійної виробки (від її гирла до тимчасової перемички);

(В1-в2)8 - забезпечити контроль якості робіт по прокладці і монтажу вентиляційного (для ВМП) і пожежного (для компресорної установки) трубопроводу і витрати надходить по ним повітря.

(В1-в2)9 - забезпечити постійну наявність двох анемометрів у місця надходження повітря з вентиляційного трубопроводу;

(В1-в2)10 - виявити причини невідповідності витрати повітря по вентиляційних трубопроводах до його розрахункових значень і усунути їх;

(В1-в2)11 - забезпечити надійну роботу бокс-баз і систем життєзабезпечення на випадок зупинки ВМП або компресорної установки;

Г. Виробки захищені вибитим кріпленням, породою та обладнанням:

г1-г2 - розрахувати витрати кріпильних матеріалів, встановити тимчасове кріплення посилення і вжити додаткових заходів безпеки (встановити в місцях заколів породи захисні полки, провести інструктаж особового складу тощо).

Д. Високий (1 % і більше) вміст оксиду вуглецю в аварійній виробці:

д1-д2 - вжити додаткових заходів безпеки (використання панорамних масок, розгазування виробки ділянками по 20 м з установкою тимчасових перемичок, організація проміжних пунктів відпочинку через 250 - 300 м із застосуванням КБГ тощо);

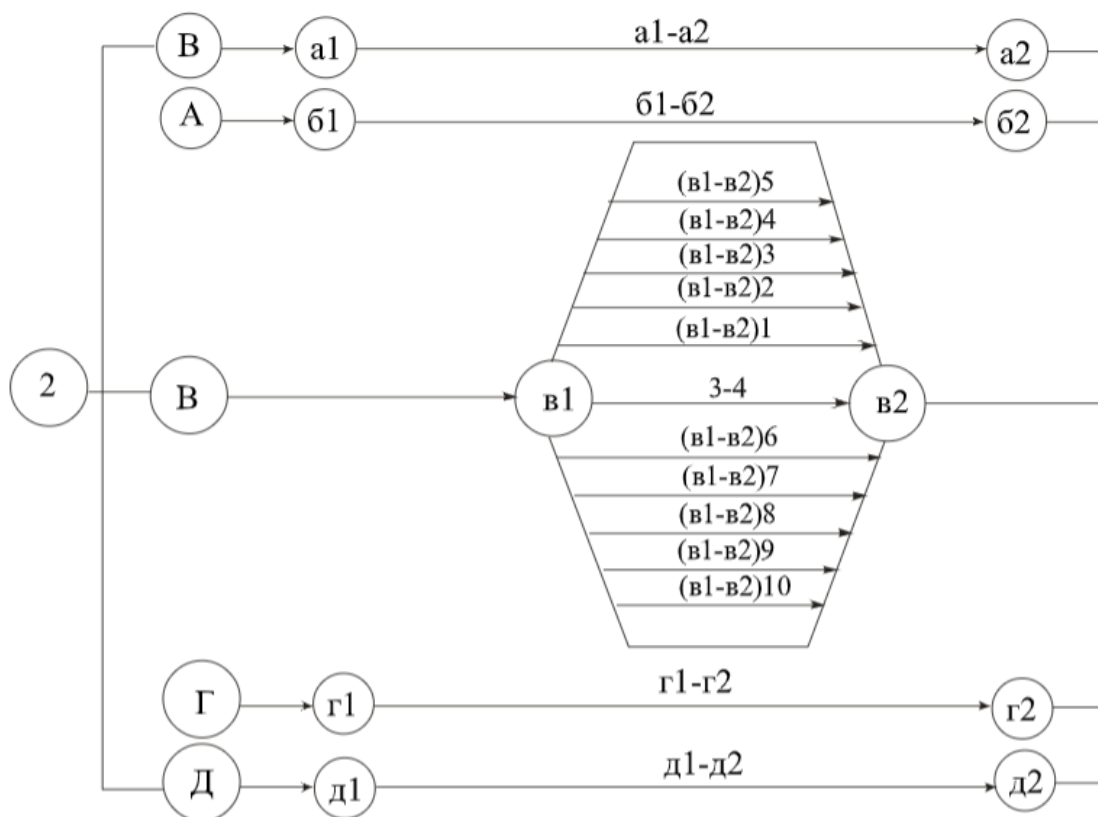


Рисунок 4 – Ліквідація наслідків вибухів газопилової суміші в тупиковій виробці із застосуванням противотеплових засобів і засобів розгазування при можливих ускладненнях

2.4. Розвідка аварійної виробки і евакуація з неї потерпілих із застосуванням противотеплових засобів індивідуального та колективного користування (рис 5).

3-4-К. Розвідка аварійної виробки і евакуація з неї потерпілих із застосуванням противотеплових засобів індивідуального та колективного користування:

(3-4)1 - доставити контейнери з охолоджуючими елементами (ОЕ) на проміжні бази;

(3-4)2 - вжити заходів безпеки щодо запобігання вибухів при роботі відділень в загазованих виробках;

(3-4)3 - подовжити магістральну лінію зв'язку до місцезнаходження потерпілих;

(3-4)4 - обладнати місце підготовки постраждалих до транспортування на ношах, визначити пункти відпочинку та зміни відділень гірничорятувальників при евакуації;

(3-4)5 - визначити обсяг робіт з розгазування тупикової виробки та заходи безпеки по її обстеження комісією з розслідування аварії;

(3-4)6 - встановити місцезнаходження потерпілих і стан виробок на маршруті їх евакуації;

(3-4)7 - розробити технологію і планограму роботи і пересування відділень гірничорятувальників;

(3-4)8 - розробити санітарно-гігієнічні заходи безпеки по евакуації постраждалих;

(3-4)9 - забезпечити контроль на підземній медичній базі стану здоров'я особового складу підрозділів гірничорятувальників;

(3-4)10 - забезпечити резерв для відділень гірничорятувальників, які працюють в зоні високих температур;

4-К. Розгазування і відновлення аварійної виробки (рис 5):

(4-к)1 - забезпечити безпечну роботу в аварійній виробці комісії з розслідування аварії;

(4-к)2 - видати з аварійної виробки гірничорятувальне обладнання та оснащення;

(4-к)3 - розрахувати та забезпечити ефективне провітрювання аварійної виробки та місця установки ізолюючих перемичок;

(4-к)4 - доставити необхідні матеріали і спорудити ізолюючу перемичку в аварійній виробці;

(4-к)5 - після відновлення аварійної виробки до ізолюючої перемички перенести цю перемичку ближче до забою і розгазувати цю частину виробки;

(4-к)6 – розробити інформаційний матеріал ходу ведення гірничорятувальних робіт;

(4-к)7 - провести розбір ходу ведення гірничорятувальних робіт і дати їм принципову оцінку;

(4-к)8 - вивчити особливості ведення гірничорятувальних робіт, проаналізувати допущені недоліки, прорахунки і намітити заходи щодо їх попередження та усунення;

(4-К)9 - підготувати пропозиції щодо вдосконалення тактики і технічних засобів ведення гірничорятувальних робіт в складних кліматичних умовах;

(4-к)10 - скорегувати ПЛА обслуговуваних шахт з урахуванням досвіду ліквідованої аварії.

Обговорення результатів. Практичне значення отриманих результатів полягає в створенні тактико-технологічних схем ліквідації наслідків вибухів газопилових сумішей в гірничих виробках вугільних шахт, що дозволить своєчасно і в повній мірі забезпечити порятунок застигнутих людей, підвищити безпеку роботи гірничорятувальників при ліквідації наслідків цих аварій, зменшити економічні збитки підприємств.

Наукова новизна роботи полягає у розв'язанні науково-прикладної задачі вдосконалення тактики ліквідації наслідків вибухів газопилових сумішей в гірничих виробках вугільних шахт дозволить своєчасно і в повній мірі забезпечити порятунок застигнутих людей, підвищити безпеку роботи гірничорятувальників при ліквідації наслідків цих аварій, зменшити економічні збитки підприємств, які пов'язані із втратою техніки, гірничих виробок і запасів вугілля, що підготовлені до виїмки, в виїмкових полях, що інтенсивно відпрацьовуються, великих аварійних збитків, які пов'язані із простоями лав або несвоєчасною підготовкою фронту очисних робіт.

Висновки. Вдосконалення тактики ліквідації наслідків вибухів газопилових сумішей в гірничих виробках вугільних шахт дозволить своєчасно і в повній мірі забезпечити порятунок застигнутих людей, підвищити безпеку роботи гірничорятувальників при ліквідації наслідків цих аварій, зменшити економічні збитки

підприємств, які пов'язані із втратою машин, механізмів, обладнання, гірничих виробок і запасів вугілля, що підготовлені до виїмки, в виїмкових полях, що інтенсивно відпрацьовуються, великих аварійних збитків, які пов'язані із простоями лав або несвоєчасною підготовкою фронту очисних робіт.

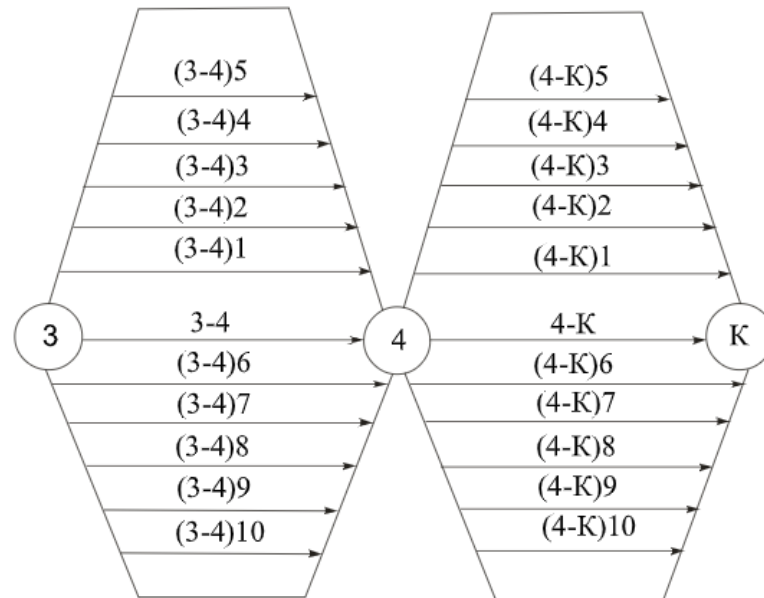


Рисунок 5 – Розвідка аварійної виробки і евакуація з неї потерпілих із застосуванням протivotеплових засобів індивідуального та колективного користування

Список літератури

1. Долженков А.Ф. Анализ основных направлений создания безопасных условий труда подземных рабочих угольных шахт / А.Ф. Долженков, Т.А. Негрей // Вісті Донецького гірничого інституту: Всеукраїнський науково-технічний журнал. — Вип. №1(36)-2(37). - Красноармійськ: ДВНЗ «ДонНТУ», 2015. — С. 123-129.
2. Santosh Kumar Ray, Niroj Kumar Mohalik, Asfar Mobin Khan, Debashish Mishra, Nikhil Kumar Varma, Jai Krishna Pandey, Pradeep Kumar Singh. (2020) CFD modeling to study the effect of particle size on dispersion in 20l explosion chamber: An overview. International Journal of Mining Science and Technology, Volume 30, Issue 3, Pp. 321-327. <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2020.04.005>
3. Лебецки К.А., Романченко С.Б. Пылевая взрывоопасность горного производства/ К.А.Лебецки, С.Б.Романченко. - М.: Горное дело, 2012. - 464 с.
4. Голінько В. І. Основи гірничорятувальної справи: навч. посіб. / В. І. Голінько, С. М. Смоланов, Б. А. Грядущий; М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. – 2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014. – 271 с.
5. Мінеєв С. П. Про попередження аварій, пов'язаних з вибухами метану в вугільних шахтах / С. П. Мінеєв // Вугілля України. - Київ. - 2018. - № 1-2. - С. 50-59.
6. Зав'ялова О.Л. Механізм розвитку вибухів вугільного пилу в мережі гірничих виробок шахт / О.Л. Зав'ялова, В.К. Костенко // Геотехнічна механіка: міжвід. зб. наук. праць // ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України. - Дніпро, 2017. - вип. 135. - С. 52-63.
7. Mohammed Jabbar Ajrashb Jafar Zanganeh, Behdad Moghtaderi. (2016) Effects of ignition energy on fire and explosion characteristics of dilute hybrid fuel in ventilation air methane. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Volume 40, Pp. 207-216. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2015.12.014>
8. Приходченко О. В. Гірничо-геологічні чинники формування скупчень метану в підробленому вуглепородному масиві / О. В. Приходченко // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць. — Дніпропетровск: ІГТМ НАНУ, 2014. — Вип. 118. — С. 90-103.
9. Лукінов В. В. Методи прогнозу гірничо-геологічних умов розробки вугільних родовищ: навч. посібник / В. В. Лукінов, В. Ф. Приходченко, М. В. Жикаляк, О. В. Приходченко; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т, – Дніпро: НГУ, 2016.- 216 с.

10. Крупка А. А. Совершенствование методов управления ликвидацией аварий / Крупка А. А., Холодов В. П., Заболотный О. А. // Горноспасательное дело: Сб. науч. тр. / НИИГД. - Донецк, 1995. - С. 104-110.

11. Крупка А. А. Факторы, определяющие тактику аварийно-спасательных работ в угольных шахтах / Крупка А. А., Грядущий Б. А., Колесов О. А. // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании '2006». – Одесса: Черноморье, 2006 – С. 34-38.

References

1. Dolzhenkov A. F., Negrey T.A. (2015) Study of work safety of underground workers coal mines [Analiz osnovnykh napravleniy sozdaniya bezopasnykh usloviy truda podzemnykh rabochikh ugol'nykh shakht] / Visti Donets'koho hirnychoho instytutu: Vseukrayins'kyu naukovo-tekhnichnyy zhurnal.no 1(36)-2(37).123-129. (in Russian).

2. Santosh Kumar Ray, Niroj Kumar Mohalik, Asfar Mobin Khan, Debashish Mishra, Nikhil Kumar Varma, Jai Krishna Pandey, Pradeep Kumar Singh. (2020) CFD modeling to study the effect of particle size on dispersion in 20l explosion chamber: An overview. International Journal of Mining Science and Technology, Volume 30, Issue 3, Pp. 321-327. <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2020.04.005>

3. Lebecki, K.A., Romanchenko, S.B. (2012). Dust explosion hazard of mining [Pylevaia vzryvoopasnost gornogo proizvodstva]. Moscow: Gornoe delo.464 (in Russian).

4. Golin'ko, V. I., Smolanov, S. M. & Gryadushchy, B. A. (2014) Fundamentals of mining rescue: textbook. way. [Osnovy hirnychoryatuv'al'noyi spravy: navch. posib.] / Ministry of Education and Science of Ukraine; Nat. horn. un-t. - D.: NGU, 271 (in Ukrainian).

5. Mineev, S. P. (2018) On the prevention of accidents associated with explosions of methane in coal mines [Pro poperedzhennya avaryi, pov'yazanykh z vybukhamy metanu v vuhil'nykh shakhtakh] / Ugol Ukrainy. no 1-2. pp. 50-59 (in Ukrainian).

6. Zavyalova, O.L., Kostenko, V.K. (2017) Mechanism of development of coal dust explosions in the network of mine workings [Mekhanizm rozvytku vybukhiv vuhil'noho pylu v merezhi hirnychkykh vyrobok shakht]. Heotekhnichna mekhanika: mizhvid. zb. nauk. prats'.no 135.125-136. (in Ukrainian).

7. Mohammed Jabbar Ajrash6 Jafar Zanganeh, Behdad Moghtaderi. (2016) Effects of ignition energy on fire and explosion characteristics of dilute hybrid fuel in ventilation air methane. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Volume 40, Pp. 207-216. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2015.12.014>

8. Prykhodchenko, O. V. (2014) Mining and geological factors in the formation of methane accumulations in a forged coal massif [Hirnycho-heolohichni chynnyky formuvannya skupchen' metanu v pidroblenomomu vuhleporodnomu masyv] / Heotekhnichna mekhanika: mizhvid. zb. nauk. prats'.no 118. 90-103. (in Ukrainian).

9. Lukinov, V. V., Prykhodchenko, V. F., Zhykalyak, M. V. & Prykhodchenko, O. V. (2016) Methods of forecasting mining and geological conditions for the development of coal deposits: textbook. manual [Metody prohnozu hirnycho-heolohichnykh umov rozrobky vuhil'nykh rodovyshch: navch. Posibnyk] / M-vo osvity i nauky Ukrayiny, Nats. hirn. un-t. 216 (in Ukrainian).

10. Krupka, A. A., Kholodov, V. P. & Zabolotnyy, O. A. (1995) Improvement of accident management methods [Sovershenstvovaniye metodov upravleniya likvidatsiyey avaryi] / Gornospasatel'noye delo: Sb. nauch. tr. NIIGD. pp. 104-110 (in Russian).

11. Krupka, A. A., Gryadushchiy, B. A. & Kolesov, O. A. (2006) Factors determining the tactics of emergency rescue operations in coal mines [Faktory, opredelyayushchiye taktiku avaryino-spasatel'nykh robot v ugol'nykh shakhtakh] / Sbornik nauchnykh trudov po materbalam mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Sovremennyye problemy i puti ikh resheniya v nauke, transporte, proizvodstve i obrazovanii '2006». pp. 34-38 (in Russian).

Надійшла до редакції 10.09.2020

V. Kostenko, O. Zavyalova, A. Krupka, L. Duz, M. Kraliuk

TACTICS OF ELIMINATION OF CONSEQUENCES OF THE GAS-DUST MIXTURE EXPLOSIONS IN MINING WORKINS OF COAL MINES

Purpose. To improve the tactics and technologies of liquidation of consequences of the gas-dust mixture explosions in the workings of coal mines, to provide the rescue of the stuck people timely, to boost safety of mine rescuers' work at liquidation of consequences of the accidents, and to decrease the economic losses of enterprises.

Research methods. Doing research and solving the tasks, the scientific and special methods have been used in complex, in particular: the methods of induction (on the stage of collection, systematization and handling

information) and deduction (in the process of theoretical comprehension of the problem), the system-analytical and comparative analyses, the method of analysis of determination, and others.

Research results. The practical value of the obtained results consists in creation of tactical and technological flowsheets of liquidation of consequences of the gas-dust mixture explosions in the workings of coal mines, that allows to provide the rescue of the stuck people, to boost safety of mine rescuers' work at liquidation of consequences of the accidents, and to decrease the economic losses of enterprises.

Scientific novelty of the work is in solving a scientifically-applied task of improving the tactics and technologies of liquidation of consequences of the gas-dust mixture explosions in the workings of coal mines, that can provide the rescue of the stuck people timely, to boost the safety of mine rescuers' work at liquidation of consequences of the accidents, to decrease the economic losses of enterprises, including the technique and workings as well as the coal resources being already prepared for mining in the field of excavation, and large emergency losses caused by the breakdown time or ill-timed preparation of mining.

Keywords: accident, explosion, gas-dust mixture, mine rescuers, fire, coal mine.

Відомості про авторів

Зав'ялова Олена Леонідівна, кандидат технічних наук, доцент, Донецький національний технічний університет (ДонНТУ), Факультет машинобудування, екології та хімічних технологій, доцент кафедри «Природоохоронна діяльність», 2, пл. Шибанкова, Покровськ, Донецька область, Україна, 85300, тел. +380953104483, e-mail: elenazavialova63@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2834-5900>

Костенко Віктор Климентович, доктор технічних наук, професор, Донецький національний технічний університет, завідувач кафедри природоохоронної діяльності, 2, пл. Шибанкова, Покровськ, Донецька область, Україна, 85300, тел. +380504738218, E-mail: vk.kostenko@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8439-6564>

Крупка Анатолій Антонович, кандидат технічних наук, лабораторія інженерно технічних досліджень, провідний судовий експерт; Одеський науково-дослідний інститут судових експертиз Міністерства юстиції України. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1897-065X>; Адреса службова: вул. Успенська, 83/85, м. Одеса, 65026, тел.: 722-44-66, факс 722-52-59. Тел. моб. +38-050-472-04-53, E-mail: krupka666@gmail.com

Дузь Людмила Євгенівна, кандидат технічних наук, лабораторія інженерно технічних досліджень, провідний судовий експерт; Одеський науково-дослідний інститут судових експертиз Міністерства юстиції України. Адреса службова: вул. Успенська, 83/85, м. Одеса, 65026, тел.: 722-44-66, факс 722-52-59. <https://orcid.org/0000-0002-8217-7808>. Тел. моб. +38-050-623-92-82, E-mail: duz.ludmila1946@gmail.com.

Крالیук Марина Олександрівна, магістр, відділ електротехнічних, пожежно-технічних та досліджень з питань безпеки життєдіяльності, завідувачка відділом; Одеський науково-дослідний інститут судових експертиз Міністерства юстиції України. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0693-9508>. Адреса службова: вул. Успенська, 83/85, м. Одеса, 65026, тел.: 722-44-66, факс 722-52-59. Тел. моб. +38-095-119-63-26, E-mail: m-kraluk@ukr.net.

Zavialova Olena Leonidivna, Candidate of Sciences, Associate Professor, State Higher Educational Institution Donetsk National Technical University (DNTU), Faculty of Engineering, Ecology and Chemical Technology, Senior Lecturer (2, Shybankova Square, Pokrovsk, Ukraine,85300), +380953104483, e-mail: elenazavialova63@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2834-5900>

Kostenko Viktor Klymentovych, Doctor of Technical Sciences, Professor, Donetsk National Technical University (Pokrovsk), Environmental Protection Department, Head of the Department (2, Shybankova Square, Pokrovsk, Ukraine,85300), +380504738218, E-mail: vk.kostenko@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8439-6564>

Krupka Anatoliy Antonovych, Ph.D in Technical Sciences, Leading Forensic Expert, Odessa Research Institute of Forensic Examinations (Uspenska str., 83/85, Odessa, 65026), tel. + 380-48-722-44-66, e-mail: krupka666@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1897-065X>

Duz Ludmyla Yevhenivna, Ph.D in Technical Sciences, Leading Forensic Expert, Odessa Research Institute of Forensic Examinations (Uspenska str., 83/85, Odessa, 65026), tel. + 380-48-722-44-66, e-mail: duz.ludmila1946@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8217-7808>.

Kraliuk Maryna Oleksandrivna, Master (Tech), Head of Department, Odessa Research Institute of Forensic Science (Uspenska str., 83/85, Odessa, 65026), tel. + 380-48-722-44-66, e-mail: m-kraluk@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-0693-9508>.