

УДК 622.82: 622.454.2

<https://doi.org/10.37101/ftpgp21.01.007>

ВОПРОСЫ ЛИКВИДАЦИИ НЕКОТОРЫХ АВАРИЙ, СВЯЗАННЫХ СО ВЗРЫВАМИ МЕТАНОВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ И ПОЖАРАМИ

С.П. Минеев^{1*}

¹Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины, г. Днепр, Украина

*Ответственный автор: e-mail: sergminee@gmail.com

QUESTIONS OF LIQUIDATION OF SOME ACCIDENTS RELATED TO THE EXPLOSIONS OF METHANE - AIR MIXTURES AND FIRES

S. P. Minieiev^{1*}

¹Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Sciences of Ukraine, Dnipro, Ukraine

*Corresponding author: e-mail: sergminee@gmail.com

Purpose. Analysis of known methods for eliminating some mine accidents associated with methane-air mixture explosions and fires to develop effective measures.

Methodology. It consists in the analysis of the experience and results of experiments in the elimination of methane-air mixture explosions and mine fires.

Results. The efficiency of air stream reversal during extinguishing a mine fire, including multiple reversal, is shown. It has been established that fire extinguishing operations can be considered completed when there is no carbon monoxide in concentrations higher than the permissible levels at the site of the fire and in adjacent workings, the normal ventilation mode in the mine is restored and the air temperature does not exceed its usual (background) indicators for these workings.

Practical significance. To effectively extinguish fires, it has been established that they carry out the opening of an isolated area for reconnaissance, reduce the isolated volume and other work carried out in accordance with the developed measures, excluding the penetration of fresh air into the isolated space, the development of heat and the possibility of new air gas explosion.

Keywords: liquidation, mine, accident, explosions, methane-air mixtures.

1. ВВЕДЕНИЕ

Как известно, основными тактическими особенностями аварий, возникающих при взрывах метано-пылевоздушных смесей, являются трудности ведения горноспасательных работ из-за невозможности быстрого проникновения к пострадавшим в связи с разрушением крепи горных выработок, образованием завалов, также загазирования части выработок [1-5].

Характер поражения людей воздушной ударной волной подобен действию ударных волн, возникающих при взрыве ВВ. Однако при взрыве горючих смесей в шахте решающее влияние оказывает высокая температура и движущийся вслед за фронтом ударной волны с большой скоростью поток токсичных газов [5-7]. Наиболее высокие концентрации окиси углерода возникают при участии во взрыве угольной пыли. Об участии пыли во взрыве обычно судят по образовавшимся отложениям коксика на стенках и крепи горных выработок.

При ликвидации последствий взрывов в шахтах первоочередным является спасение людей, застигнутых взрывом, тушение возникших очагов пожара и восстановление проветривания. Восстановление вентиляции участка, нарушенного взрывом, необходимо для обеспечения максимальной подачи воздуха в короткие сроки в выработки, где находятся люди. Последнее особенно важно при нахождении пострадавших за обрушениями и завалами, т.е. когда к ним невозможно быстро попасть. Если при образовании очагов пожара в результате взрыва в выработках одной из неотложных задач является их ликвидация.

2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

При ликвидации последствий взрыва, как правило, предусматриваются следующие мероприятия: осуществляется постоянный контроль за газовой обстановкой в выработках, где было нарушено проветривание; восстанавливается нормальное проветривание на аварийном участке и осуществляется разгазирование выработок; обеспечивается устойчивой оперативной связью командный пункт со всеми зонами ведения работ; при необходимости осуществляют тушение возникших очагов пожаров; осуществляется контроль за обеспечением безопасности при выполнении аварийно-спасательных работ в шахте и главное выполняется разведка выработок с целью спасения людей.

Горноспасательные работы по ликвидации последствий взрывов проводятся в различных горно-геологических условиях, которые наводят свои особенности и сложности в организации работ. Однако, при выполнении отмеченных выше мероприятий существует постоянная опасность повторного взрыва, который может привести к дополнительным жертвам, как среди работников шахты, так и сотрудников ВГСЧ. В качестве примера можно привести аварию с повторным взрывом, произошедшим 27.10.2015 г. на шахте «Краснолиманская» [8, 9, 12].

Нередко произошедший взрыв метановоздушной смеси приводит к реализации пожара в шахте, который не удастся потушить сразу. Значительный удельный вес пожаров обусловлен высокой пожароопасностью угольных шахт, которая с одной стороны связана с большой насыщенностью горных выработок различными горючими материалами (метан, уголь, деревянная крепь, резиново-кабельные изделия, конвейерные ленты, горюче-смазочные материалы, взрывчатые вещества и пр.), а с другой – наличием многочисленных потенциальных источников воспламенения (электрическое и механическое оборудование, взрывные работы, огневые работы, курение и др.) [8, 10].

При возникновении пожара вызывается ВГСЧ и все работы по тушению пожара выполняются строго в соответствии с требованиями Устава [2]. Рассмотрим основные из этих требований.

3. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При пожаре в шахте спасательные работы и эвакуация людей из шахты не должны сдерживать осуществления первоочередных мер по локализации и тушению очагов загорания. Подавление пожара не должно создавать угрозы эвакуируемым и выполняющим эти работы людям. При этом ответственный руководитель ликвидации аварии и руководитель горноспасательных работ, отправив первые отделения ВГСЧ в шахту согласно ПЛА (план ликвидации аварий), обязаны выполнить следующее:

- первое – оценить режим проветривания и по возможности направить продукты горения, минуя скопления людей;
- второе – установить все возможные подходы к очагам горения по действующим и отработанным выработкам, скважинам, провалам и др.;
- третье – выбрать способ тушения очагов загорания и рассчитать параметры проветривания пожарного участка;
- четвертое – определить объемы и места размещения сил и средств для локализации и тушения пожара.

Анализ данных о ходе ликвидации сложных подземных аварий горноспасательными подразделениями и результатов исследований, выполненных в ИГТМ НАН Украины и других организациях показал, что известные методы тушения сложных развившихся пожаров, которые применяют на практике, часто оказываются малоэффективными или не отвечают условиям безопасности. Известны отдельные случаи использования методов тушения пожаров путем вентиляционного воздействия на очаг пожара. Однако такая технология не получила распространения из-за недостаточной изученности аэродинамических и тепловых процессов протекающих в изолированных пожарных участках, отсутствия контроля параметров пожара и нарушения условий безопасности и в настоящее время не используется [7, 10].

Следует учитывать, что тушение подземных пожаров осуществляется способами: активного тушения когда осуществляется непосредственное воздействие на очаг горения огнегасительными веществами или дистанционная подача в зону горения воды, пены, инертного газа и других огнегасительных веществ по трубопроводам, скважинам или по подводящим выработкам; изоляцией горящих выработок перемычками и другими изолирующими сооружениями для прекращения доступа свежего воздуха к очагам горения, а также комбинированным способом, когда временная изоляция пожарного участка перемычками с последующим их вскрытием и тушением пожара активным способом. Однако на всех стадиях тушения подземного пожара для ограничения его активности и снижения скорости распространения по горным выработкам необходимо осуществлять меры по его локализации. В качестве первоочередных мер независимо от выбранного способа тушения применяются следующие способы локализации пожара: сокращение расхода воздуха, поступающего к очагам горения; установка водяных завес и создание преград

на пути распространения пожара (установка временных перемычек, закрытие противопожарных дверей и др.); местное реверсирование вентиляционной струи, удаление горючего материала из зоны горения или на пути распространения пожара и сочетание вышеперечисленных способов.

В зависимости от места возникновения пожара обычно ВГСЧ предусматривает следующий порядок направления отделений на выполнение оперативных заданий:

- при пожарах в стволах, по которым подается в шахту свежий воздух, и надшахтных зданиях первое из прибывших отделений ВГСЧ направляется для тушения пожара и перекрытия стволов, а второе – для вывода людей из околоствольных выработок этих стволов и последующего тушения первичными средствами пожаротушения возникших очагов в околоствольном дворе;

- при пожарах в околоствольных дворах стволов, подающих в шахту воздух, а также в главных выработках, расположенных в начале вентиляционной струи (главные квершлага, коренные штреки и т.п.), первое из прибывших отделений направляется на тушение пожара, а второе – для вывода людей из наиболее опасных мест;

- при пожарах в участковых штреках, квершлагах и камерах, а также в лавах, вентиляционных ходах и сбоях, когда загазированию подвергается один участок, первое отделение направляется кратчайшим путем по свежей струе в выработки с исходящей с участка струей воздуха для вывода людей, а второе – по поступающей струе для тушения пожара;

- при пожарах в вертикальных стволах и шурфах исходящей струей воздуха и их надшахтных зданиях первое отделение направляется на тушение пожара и вывод людей из надшахтного здания, второе – в околоствольный двор для предотвращения распространения пожара в горные выработки шахты;

- при пожарах в наклонных стволах, вентиляционных сбоях, имеющих выход на поверхность, и в околоствольных дворах с исходящей струей воздуха первое отделение направляется в шахту для спасения людей, второе – на тушение пожара.

Эффективность действий горноспасателей по ликвидации пожара и размер материального ущерба во многом зависит от правильного выбора аварийного вентиляционного режима. Так, считается [7, 10], что вопросы выбора вентиляционных режимов при гашении пожаров путем вентиляционного воздействия до настоящего времени изучены не в полной мере.

Рассмотрим основные вентиляционные режимы, применяемые при тушении подземных пожаров [2-7]. При тушении пожара в шахте устанавливается режим вентиляции, позволяющий снизить активность пожара и создать условия для его тушения, предотвратить скопление горючих газов до взрывоопасных концентраций.

Как известно, в последнее время, проблема повышения эффективности борьбы с подземными пожарами приобретает особую актуальность в Донбассе в связи с усложнившимися горно-геологическими и горнотехническими условиями шахт, ведением очистных и подготовительных работ на глубоких горизонтах. Значительное увеличение газовыделения, горного давле-

ния, скорости вентиляционной струи и температуры усложнили работы по тушению пожаров.

Особую сложность при этом представляет процесс тушения развившихся пожаров, которые не удалось ликвидировать на начальной стадии непосредственным воздействием на очаг пожара огнегасящими средствами. Тушение таких пожаров осуществляется изоляцией или комбинированным способом, причем длительность тушения может достигать нескольких месяцев, а иногда лет. Удельный вес сложных развившихся пожаров составляет примерно 10...15 %. Однако эти пожары дают до 70...80 % всех убытков от аварий. Поэтому проблема повышения эффективности тушения подземных пожаров сводится, в первую очередь, к повышению эффективности тушения развившихся пожаров [10].

Обычно рекомендуется для тушения пожаров следующие вентиляционные режимы: прекращение проветривания горящих выработок пожарного участка; сохранение режима проветривания выработок пожарного участка, существовавшего до возникновения пожара; увеличение или уменьшение расхода воздуха, поступающего к очагу пожара, при сохранении существовавшего направления вентиляционной струи; реверсирование (опрокидывание) вентиляционной струи с сохранением, увеличением или уменьшением расхода воздуха, поступавшего по выработкам до возникновения пожара и закорачивание вентиляционной струи в нормальном или реверсивном режиме проветривания.

В ходе тушения подземного пожара должен осуществляться непрерывный контроль за содержанием горючих газов (метан, окись углерода, водород и др.), кислорода и другие параметры пожара (температура и расход воздуха в выработках аварийного участка и др.).

Рассмотрим активный способ тушения подземного шахтного пожара, который обычно применяется в случаях, когда имеется возможность для непосредственного воздействия на очаг пожара огнетушителями, водой, пенными установками и другими огнегасительными средствами пожаротушения [2, 7, 11].

Тушение пожара непосредственным воздействием на его очаг обычно осуществляется со стороны поступающей к очагу струи воздуха.

При ликвидации пожара пустоты за крепью выработок освобождаются от горючих материалов и в них устанавливаются водяные или пенные завесы, а пустоты заполняются гипсом, пенобетоном и другими негорючими материалами. При непосредственном тушении пожара необходимо предусмотреть меры, предотвращающие обрушение пород и высыпание горящих масс, которые могут преградить выход отделению с места работы. Обычно при наличии горящего угля и породы их загружают в вагоны, а горящую массу заливают водой. При этом горящие жидкости тушат огнетушащим порошком, пеной, песком, инертной пылью или распыленной водой. Если к моменту прибытия ВГСЧ на аварийный участок пожар принял такие размеры, что имеющимися средствами потушить его невозможно, в первую очередь принимаются меры по локализации пожара со стороны исходящей струи воздуха. Причем, если на пути распространения пожара имеется сопряжение с выработкой, подающей свежую струю воздуха (подсвежение), то для предотвращения возникновения вторичных очагов пожара в этом месте

устанавливается водяная завеса для охлаждения газообразных продуктов горения или же устраняется подсыживание. Следует иметь в виду, что при установке водяных завес необходимо принять меры по исключению возможности обхода завесы нагретыми газами по куполам или по пустотам за крепью горной выработки.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для одновременного воздействия на очаги широко распространенного по горным выработкам пожара следует применять методы дистанционного объемного тушения огнегасительным порошком, воздушно-механической или инертной пеной. Далее рассмотрим несколько практических примеров ликвидации пожаров с использованием активного метода [8, 13], основанного на реверсировании воздушной струи.

Случай №1. Пожар произошел в конвейерном штреке 5-й восточной лавы. Система разработки на шахте применялась сплошная, длина лавы составляла 200 м. Схема проветривания возвратноточная с выпуском исходящей струи на выработанное пространство. В выработанном пространстве с 5-го восточного конвейерного штрека на 5 восточный вентиляционный пройденны разрез 5 восточной лавы и вспомогательный ходок. Абсолютная газообильность выемочного участка составляла $30 \text{ м}^3/\text{мин}$.

Через 1 час после возникновения пожара произошло обрушение кровли, расход воздуха в лаве сократился на 30%. Активное тушение пожара стало невозможным, поэтому было принято решение возвести на конвейерном и вентиляционных штреках изолирующие взрывоустойчивые перемычки №1 и №2 с двумя проемами каждая (рис. 1).

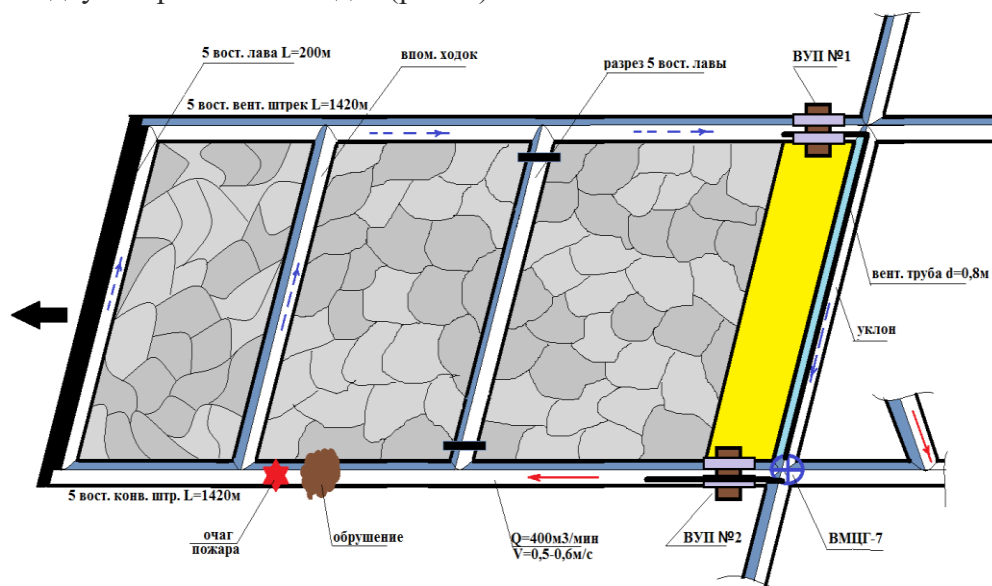


Рисунок 1. Пример применения метода рециркуляции газовой смеси при ликвидации пожара на шахте им. А.А. Скочинского в 5 восточной лаве (1986 г)

Для ускорения тушения пожара было решено применить метод рециркуляции газовой смеси. Для этого в уклоне был смонтирован трубопровод диаметром 0,8 м. В конвейерном штреке был установлен вентилятор ВМЦГ-7. Всасывающий и нагнетательный участки трубопровода были подключены к проемам взрывоустойчивых перемычек. После включения вентилятора продукты горения из вентиляционного штрека поступали в трубопровод, а затем вентилятором нагнетались через перемычку в конвейерный штрек. Пройдя через очаг пожара, они через лаву и вспомогательный ходок возвращались на вентиляционный штрек. При этом вентилятор ВМЦГ-7 подавал газовую смесь в том же направлении, что и вентилятор главного проветривания. Расход газовой смеси в контуре рециркуляции составлял 400 м³/мин., длина контура – 3040 м. Скорость движения газов перед очагом пожара равнялась 0,5–0,6 м/с.

Через 28 суток после начала рециркуляции температура угля и боковых пород в районе очага пожара снизилась до 50⁰С, т.е. она была ниже критической, при которой невозможен рецидив пожара. Вскрытие изолированного участка это подтвердило.

Случай №2. Пожар на шахте им. Ленина (г. Горловка) возник на участке № 82 пласта «Мазурка». В нормальных условиях участок проветривался следующим образом. Свежий воздух с южного квершлага гор. 1080 м поступал в лаву № 82 через групповой откаточный штрек, квершлаг № 10 и промежуточный штрек. Отработанный воздух из лавы через вспомогательные участковые выработки выводился в групповой вентиляционный штрек, а затем в южный квершлаг гор. 970 м. В лаву № 82 свежий воздух частично поступал также через погашенный промежуточный квершлаг № 14. Пожар возник в погашенной части промежуточного штрека от самовозгорания угля (рис. 2).

Горноспасатели пытались тушить пожар активным способом, однако в местах возгорания крепи произошли завалы. Кроме того, температура воздуха в местах сопряжения пром. квершлага № 10 и № 13 с групповым откаточным штреком гор. 1080 м вскоре превысила 40⁰С. По указанным причинам было невозможно продолжать тушение пожара активным способом. Температура исходящей струи в пром. квершлага № 12 повысилась до 51⁰С. Измерить температуру струи в нижней части лавы было невозможно, согласно расчету она составляла 650...700⁰С. Из-за последней вентиляционное давление на гор. 970 м повысилось настолько, что произошло опрокидывание вентиляционной струи в лаве выемочного участка № 78. Возникла рециркуляция продуктов горения в контуре, включающем выработки участков № 78 и № 82. В сложившихся условиях было решено изолировать пожар взрывоустойчивыми гипсовыми перемычками. Перемычки были сооружены в групповых откаточных штреках горизонтов 970 м и 1080 м в местах сопряжения их с южными квершлагами. При этом в изолированное пространство входил контур рециркуляции.

Первой была сооружена перемычка с проемом на гор. 1080 м. Для создания приемлемых условий работы горноспасателей на гор. 970 м вентилятор главного проветривания ВЦ-5 был переведен на реверсивную работу. Однако не удалось преодолеть тепловую депрессию и изменить направление движения воздуха в лаве № 82. Замерами было установлено, что депрессия,

создаваемая вентилятором главного проветривания на выемочном участке № 82, составляла 520 Па, т.е. была значительно меньше тепловой депрессии пожара.

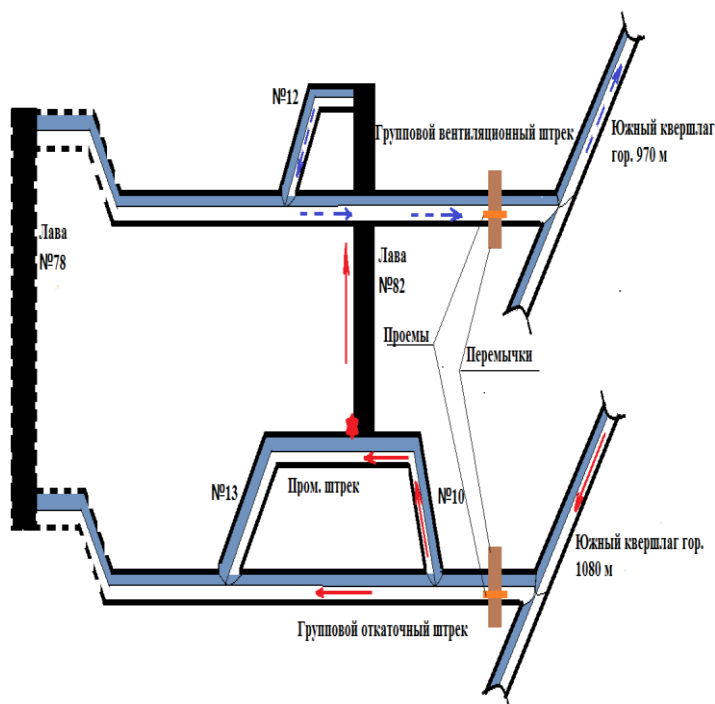


Рисунок 2. Пример ликвидации пожара на Горловской шахте им. Ленина на участке № 82 угольного пласта «Мазурка»

После завершения сооружения перемычки на гор. 970 м вентилятор главного проветривания был переведен на нормальную работу, затем проемы в обеих перемычках были закрыты. С целью прогнозирования процессов, происходящих в изолированном пространстве, была разработана компьютерная модель аварийного участка. В процессе тушения пожара периодически измерялись депрессии изолирующих перемычек, величина которых зависит, в основном, от тепловой депрессии пожара. Поэтому последняя корректировалась при изменении депрессии перемычек. Одновременно периодически отбирались пробы воздуха из-за перемычек и анализировались на содержание таких газов: CO, CO₂, CH₄, H₂, а также определялись температура нагретого угля по методу непределельных углеводородов.

Далее рассмотрим случай №3 с применением многократного реверсирования воздушной струи при тушении пожаров.

Случай №3. Пожар возник на шахте №3-бис в погашенной части 1-го конвейерного штрека в районе 61-й восточной лавы, а затем горение переместилось в выработанное пространство 61-й лавы, где тушение активным методом стало невозможным. После изоляции пожарного участка взрывоустойчивыми перемычками А, Б и В, из-за большой воздухопроницаемости боковых пород и выработанных пространств, оконтуривающих изолированный участок, горение не прекратилось. Было решено провести эксперимент по тушению пожара путем многократного реверсирования вентиляционной струи.

Реверсирование вентиляционных струй внутри изолированного участка осуществлялось путем повышения давления в камерах с помощью ВМП. Продолжительность реверсивного режима была выбрана исходя из условия появления продуктов горения за выдающей перемычкой. Через 165 минут после опрокидывания воздушного потока через выдающую перемычку начал выделяться дым. После этого давление в камерах было снижено до нормального уровня, и продукты горения начали двигаться в обратном направлении. Продолжительность применения многократного реверсирования составляла 24 часа. За это время было завершено 4 цикла. Затем был восстановлен вентиляционный режим, существовавший до применения разработанного метода тушения пожара (рис. 3).

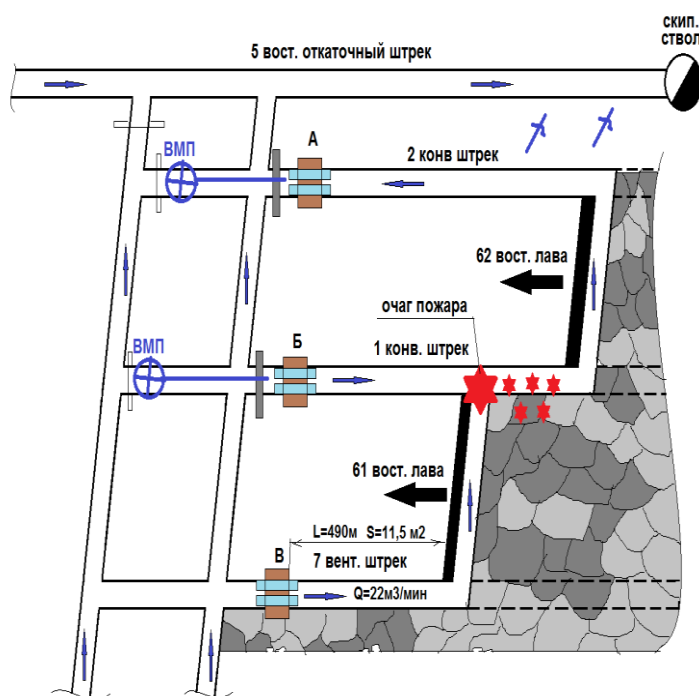


Рисунок 3. Пожар на шахте №3-бис в погашенной части 1-го конвейерного штреке в районе 61-й восточной лавы

В результате применения многократного реверсирования в изолированном пожарном участке произошли изменения. Они, прежде всего, выразились в снижении содержания кислорода в исходящей струе с 4...7% до 2...3%, т.е. оно достигло уровня, при котором исключается горение, и снижении депрессии перемычек в среднем в 2,5 раза, что свидетельствовало об уменьшении величины тепловой депрессии пожара. В дальнейшем происходило на исходящих струях постепенное увеличение содержания кислорода и снижение углеродсодержащих газов (СО и СО₂). Содержание метана изменялось в диапазоне 10..20 %. Учитывая результаты контроля газовой обстановки было принято решение о вскрытии изолированного участка и восстановлении нормальной схемы проветривания. Разведка пожарного участка не обнаружила признаков горения, что позволило начать восстановительные работы.

5. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Рассматривая вопросы изоляции пожарных участков необходимо отметить следующее. В случае, если при ликвидации аварии, возникший пожар невозможно потушить путем непосредственного или дистанционного воздействия на очаг огнетушащими веществами (скорость распространения горения превышает скорость тушения имеющимися средствами) или очаг пожара недоступен и возможно взрывоопасное скопление метана и попадание его к очагам горения, пожар необходимо изолировать [2, 13]. При высокой температуре на подступах к очагу пожара (в выработках негазовых шахт с исходящей от пожара вентиляционной струей) для защиты людей от воздействия высокой температуры должны устанавливаться временные быстро-возводимые перемычки, а затем под их защитой – постоянные.

Когда из-за высокой температуры или сильной задымленности возвести перемычки в выработках с исходящей вентиляционной струей невозможно, вначале возводятся перемычки в выработке с поступающей струей, а затем в выработке с исходящей; при этом реверсируется вентиляционная струя и принимаются меры по недопущению распространения пожара по выработке с поступающей струей (устанавливаются завесы и др.). Если же по условиям развития пожара имеется угроза распространения огня по выработке с исходящей вентиляционной струей или в другие выработки, то первой сооружается перемычка в выработке с исходящей струей воздуха. При этом вентиляционная струя реверсируется, а в выработке с поступающей вентиляционной струей осуществляются меры по предотвращению распространения пожара (установка водяных завес, извлечение горючих элементов крепи, оборудования и др.).

После возведения изолирующих перемычек принимаются меры по максимальному снижению притечек воздуха в изолированный пожарный участок путем уплотнения изолирующих сооружений, возведения дополнительных перемычек и снятия депрессии с изолированного пространства.

Как правило, изоляция пожарного участка считается удовлетворительной, если в районе горения в изолированном пространстве будет достигнута концентрация кислорода, при которой прекращается горение (для угля – 2 % кислорода по объему). Причем изоляция пожарного участка в целях последующего его заиливания производится с предварительным возведением фильтрующих или заиловочных перемычек. Заиливание пожарных участков производится через скважины, специально пробуренные с поверхности или из прилегающих горных выработок, а также через вертикальные и наклонные выработки, ведущие к очагу пожара. Обычно пульпа подается как непосредственно в очаг пожара, так и в выработки, по которым возможно распространение пожара или приток к нему свежего воздуха.

При определенных условиях изоляция участка затоплением водой производится водоупорными перемычками, рассчитанными на максимально возможное давление воды. Поэтому такие перемычки должны иметь соответствующие трубы с манометрами для контроля за давлением воды на перемычку в период затопления и спуска воды.

6. ВЫВОДЫ

При ликвидации аварийного участка на шахтах осуществляют вскрытие изолированного участка для проведения разведки, сокращения изолированного объема и выполнения других работ в соответствии с разработанными мероприятиями, предусматривающими исключение проникновения в изолированное пространство свежего воздуха, развитие пожара и возможность нового взрыва газовой среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Правила безопасности в угольных шахтах* (2010). К.: Основа, 218 с.
2. *Статут ДВГРС по організації і веденню гірничорятувальних робіт: ДНАОП 1.1.30–4.01–97* (1997). Київ, 454 с.
3. Брюханов, А.М., Бережинский, В.И., & Бусыгин, К.К. (2004). *Расследование и предотвращение аварий на угольных шахтах*. Изд. НОРД-ПРЕСС. 548 с.
4. *Руководство по предупреждению и тушению эндогенных пожаров на угольных шахтах Украины* (2000), Донецк, 216 с.
5. Шевцов, Н.Р. (2002). *Взрывозащита горных выработок*. Учебное пособие для вузов. Донецк: ДонНТУ, 280 с.
6. Смоланов, С.Н. (2002). *Ликвидация сложных подземных аварий методами вентиляционного воздействия*. Днепропетровск: Наука и образование, 272 с.
7. Минеев, С.П., Кочерга, В.Н., Дубовик, А.И., Лосев, В.И., & Кишкань, М.А. (2016). Расследование аварии с двумя взрывами метановоздушной смеси, произошедшей на шахте «Краснолиманская». *Уголь Украины*, (9-10), 7-15.
8. Минеев, С.П., Кочерга, В.Н., & Дубовик, А.И. (2016). Расследование аварии на шахте «Краснолиманская». *Физико-технические проблемы горного производства*, (18), 163 -174.
9. Смоланов, С.Н. (2018). *Розвиток наукових основ ліквідації складних підземних пожеж у вугільних шахтах методами вентиляційного впливу*. Автореф. дис. докт. техн. наук. Дніпро: Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, 35 с.
10. Пашковский, П.С. (2013). *Эндогенные пожары в угольных шахтах*. Донецк: Ноулидж, 791 с.
11. Минеев, С.П. (2018). О предупреждении аварий, связанных со взрывами метана в угольных шахтах. *Уголь Украины*, (1-2), 50-59.
12. Смоланов, С.Н., Беликов, И.Б., Коробин, С.А., & Зиновьев, Ю.А. и др. (2013). *Летопись горноспасательной службы*. Днепропетровск: ООО «Лизунофф Пресс», 642 с.
13. Голинько, В.И, Алексеенко, С.А., Смоланов, С.Н. (2011). *Аварийно-спасательные работы в шахтах*. Днепропетровск: Лира, 480 с.
14. Смоланов, С.Н., Голинько, В.И., & Мартиненко, М.С. (2002). *Изоляционные, вентиляционные и взрывоустойчивые перемычки*. Днепропетровск: Наука и образование, 2002, 261 с.
15. Минеев, С.П., Рубинский, А.А., Витушко, О.В., & Радченко, А.Г. (2010). *Горные работы в сложных условиях на выбросоопасных угольных шахтах*. Донецк: Східний вид. дім, 604 с.

REFERENCES

1. *Pravila bezopasnosti v ugolnyh shahtah* (2010). K.: Osnova, 218.
2. *Statut DVGRS po organizaciji i vedennyu girnichoryatuvalnih robit: DNAOP 1.1.30–4.01–97* (1997). Kiyiv, 454.
3. Bryuhanov, A.M., Berezhinskij, V.I., & Busigin, K.K. (2004). *Rassledovanie i predotvrashenie avarij na ugolnyh shahtah*. Izd. NORD-PRESS. 548.
4. *Rukovodstvo po preduprezhdeniyu i tusheniyu endogennyh pozharov na ugolnyh shahtah Ukrainy* (2000), Doneck, 216.
5. Shevcov, N.R. (2002). *Vzryvozashita gornyh vyrabotok. Uchebnoe posobie dlya vuzov*. Doneck: DonNTU, 280.
6. Smolanov, S.N. (2002). *Likvidaciya slozhnyh podzemnyh avarij metodami ventilyacionnogo vozdejstviya*. Dnepropetrovsk: Nauka i obrazovanie, 272.
7. Mineev, S.P., Kocherga, V.N., Dubovik, A.I., Losev, V.I., & Kishkan, M.A. (2016). *Rassledovanie avarii s dvumya vzryvami metanovozdushnoj smesi, proizoshedshej na shahte «Krasnolimanskaya»*. *Ugol Ukrainy*, (9-10), 7-15.
8. Mineev, S.P., Kocherga, V.N., & Dubovik, A.I. (2016). *Rassledovanie avarii na shahte «Krasnolimanskaya»*. *Fiziko-tehnicheskie problemy gornogo proizvodstva*, (18), 163 -174.
9. Smolanov, S.N. (2018). *Rozvitok naukovih osnov likvidaciji skladnih pidzemnih pozhez u vugilnih shahtah metodami ventilyacijnogo vplivu*. Avtoref. dis. dokt. tehn. nauk. Dnipro: Institut geotekhnichnoyi mehaniki im. M.S. Polyakova NAN Ukrainy, 35.
10. Pashkovskij, P.S. (2013). *Endogennye pozhary v ugolnyh shahtah*. Doneck: Nouli-dzh, 791 s.
11. Mineev, S.P. (2018). *O preduprezhdenii avarij, svyazannyh so vzryvami metana v ugolnyh shahtah*. *Ugol Ukrainy*, (1-2), 50-59.
12. Smolanov, S.N., Belikov, I.B., Korobin, S.A., & Zinovev, Yu.A. i dr. (2013). *Le-topis gornospasatelnoj sluzhby*. Dnepropetrovsk: ООО «Lizunoff Press», 642 s.
13. Golinko, V.I., Alekseenko, S.A., Smolanov, S.N. (2011). *Avarijno-spasatelnye raboty v shahtah*. Dnepropetrovsk: Lira, 480.
14. Smolanov, S.N., Golinko, V.I., & Martinenko, M.S. (2002). *Izolyacionnye, ventilyacionnye i vzryvoustojchivye peremychki*. Dnepropetrovsk: Nauka i obrazovanie, 2002. – 261 s.
15. Mineev, S.P., Rubinskij, A.A., Vitushko, O.V., & Radchenko, A.G. (2010). *Gornye raboty v slozhnyh usloviyah na vybrosoopasnyh ugolnyh*. Doneck: Shidnij vid. dim, 604.

ABSTRACT (IN UKRAINIAN)

Мета. Аналіз відомих способів ліквідації деяких шахтних аварій, пов'язаних з вибухами метаноповітряної суміші і пожежами для розробки ефективних заходів.

Методика. Полягає в аналізі досвіду і результатів експериментів при ліквідації вибухів метаноповітряної суміші і шахтних пожеж.

Результати. Показана ефективність реверсування повітряного струменя при гасінні шахтного пожежі, в тому числі багаторазового реверсування. Встановлено, що роботи з гасіння пожежі можуть вважатися закінченими, коли в місці виникнення пожежі та в прилеглих до нього виробках відсутній оксид вуглецю в концентраціях вище допустимих, відновлений нормальний режим провітрювання в шахті і температура повітря не перевищує її звичайні (фонові) показники для цих виробок.

Практична значимість Для ефективного гасіння пожеж, як встановлено, здійснюють розтин ізольованої ділянки для проведення розвідки, скорочення ізольованого об'єму та інші роботи здійснюються у відповідності до розроблених заходів, що виключають проникнення в ізольований простір свіжого повітря, розвитку пожежі і можливості нового вибуху газоповітряної середовища.

Ключові слова: ліквідація, шахта, аварія, вибухи, метаноповітряні суміші.

ABSTRACT (IN RUSSIAN)

Цель. Анализ известных способов ликвидации некоторых шахтных аварий, связанных со взрывами метановоздушных смесей и пожарами для разработки эффективных мероприятий.

Методика. Заключается в анализе опыта и результатов экспериментов при ликвидации взрывов метановоздушной смеси и шахтных пожаров.

Результаты. Показана эффективность реверсирования воздушной струи при тушении шахтного пожара, в том числе многократного реверсирования. Установлено, что работы по тушению пожара могут считаться законченными, когда в месте возникновения пожара и в прилегающих к нему выработках отсутствует оксид углерода в концентрациях выше допустимых, восстановлен нормальный режим проветривания в шахте и температура воздуха не превышает ее обычные (фоновые) показатели для этих выработок.

Практическая значимость. Для эффективного тушения пожаров, как установлено, осуществляют вскрытие изолированного участка для проведения разведки, сокращения изолированного объема и другие работы осуществляемые в соответствии с разработанными мероприятиями, исключаящие проникновение в изолированное пространство свежего воздуха, развития пожара и возможности нового взрыва газовой среды.

Ключевые слова: ликвидация, шахта, авария, взрывы, метановоздушные смеси.

ABOUT AUTHORS

Minieiev Sergii Pavlovych, Doctor of Technical Sciences (D. Sc.), Professor, Head of the Department of management of the dynamic manifestations of rock pressure, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM NASU), 2A Simferopolskaya Street, Dnipro, Ukraine 49600. E-mail: sergmineeiv@gmail.com