

УДК 622

С.П. Минеев<sup>1</sup>, Н.А. Вострецов<sup>2</sup>, А.И. Дубовик<sup>3</sup>, В.И. Посев<sup>3</sup>,  
В.В. Шалимов<sup>3</sup>, А.А. Руденко<sup>3</sup>, Э.К. Трочинский<sup>3</sup>, И.В. Яцына<sup>3</sup>,  
Н.С. Костев<sup>3</sup>, Н.В. Харьковской<sup>3</sup>, Д.В. Костин<sup>3</sup>

### ИЗОЛЯЦИЯ ВОЗДУХОПОДАЮЩЕГО СТВОЛА ПРИ ЛИКВИДАЦИИ АВАРИИ

<sup>1</sup>Институт геотехнической механики им. Н.С.Полякова НАН Украины

<sup>2</sup>ООО «Донбассшахтопроект»

<sup>3</sup>ГП «Угольная компания «Краснолиманская»

*На шахте «Краснолиманская» выполнена изоляция вертикального ствола при ликвидации аварии для предотвращения негативных последствий возможного взрыва метана.*

*Ликвидация аварии велась путем изоляции и создания инертной среды на аварийном участке. Изоляция аварийного участка выполнялась возведением взрывоустойчивых перемычек, в частности в выработках околоствольного двора воздухоподающего ствола №1. Изоляция ствола была выполнена следующим образом: на опорные балки (расстрелы) укладывался металлический лист, заливался гипсовым слоем, на котором устанавливались эластичные емкости заполняемые жидкостью. Эта эластичная емкость необходима для создания водяной завесы, нейтрализующей пламя и охлаждающей ударно-огневую волну,двигающуюся по стволу от места возможного взрыва.*

**Ключевые слова:** изоляция, ствол, эластичная перемычка, ликвидация аварии.

Необходимость выполнения данной работы обусловлена потребностью ликвидации аварии, произошедшей 26.10.2015 года на шахте «Краснолиманская», проявившиеся в виде двух взрывов метановоздушной смеси на вентиляционном ходке 1-ой западной лавы засбросовой части пласта  $l_3$ . Ликвидацию данной аварии было решено вести путем изоляции и созданием инертной среды на аварийном участке. Изоляцию аварийного участка предусматривалось выполнить путем возведения взрывоустойчивых перемычек: на магистральном откаточном квершлагае на засбросовую часть пласта  $l_3$ , на магистральном конвейерном квершлагае на засбросовую часть пласта  $l_3$ ; в выработках околоствольного двора воздухоподающего ствола №1, вентиляционном квершлагае пласта  $m_4^2$  и сбойке на вентиляционную скважину гор. 545 м; в устье воздухоподающего ствола №1. В данной работе рассматриваются технологические вопросы, возникающие при выполнении

изоляции аварийного участка путем возведения взрывоустойчивой перемычки в устье воздухоподающего ствола №1. Понятно, что при решении данного вопроса должны по возможности учитываться герметичность и прочность перемычки, ее надежность, быстровозводимость и лёгкость последующего демонтажа.

В соответствии с требованиями [1] ДНАОП 1.1.30-4.01-97 «Устав ГВГСС по организации и ведению горноспасательных работ» изоляция аварийного участка должна производиться взрывоустойчивыми перемычками на безопасном расстоянии.

Учитывая недостаточно определенную и неустойчивую газовую обстановку на гор. 845 м, связанную с этапами обрушения основной кровли на аварийном участке, были разработаны мероприятия по перекрытию и изоляции воздухоподающего ствола №1 и калориферного канала в нем для изоляции от возможных последствий взрывов метановоздушной смеси. А для контроля воздушной среды за перемычками в воздухоподающем стволе №1 (ниже отметки минус 6,400м) было рекомендовано установить трубы для отбора проб воздуха с последующим анализом на 5 определений и температуры ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2$ , t).

Вертикальный воздухоподающий ствол №1 был пройден до отметки - 1040 м. Сечение ствола 50,2 м<sup>2</sup>. Устье ствола до глубины 5,3 м и калориферный канал закреплены бетоном, а отход до глубины 24,6 м выполнен тубингами. Далее ствол закреплен бетоном толщиной крепи 500 мм. В стволе над сопряжениями установлены три водоулавливающих кольца. На глубине 818 м (почва выработки) пройдено сопряжение воздухоподающего ствола №1 с водотрубным ходком гор. 845 м. На глубине 834,2 м пройдено сопряжение воздухоподающего ствола №1 с околоствольным двором горизонта 845 м. Грузовая ветвь околоствольного двора горизонта 845м была пройдена на 17,36 м от оси ствола. Порожняковая ветвь околоствольного двора горизонта 845 м была пройдена на 14 м от оси ствола. Стены и своды сопряжения выработок закреплены бетоном толщиной крепи 400 мм. Необходимо отметить, что крепь ствола, металлоконструкции армировки, металлоконструкции крепления трубопроводов, кабелей деформаций не имели.

С горизонта 545 м до горизонта 845 м в стволе проложен и закреплен к опорным металлоконструкциям направляющими хомутами к крепи ствола пожарно-оросительный трубопровод Ду 200, общей длиной 845,2 м. Для оставления в стволе двухэтажного армировочного полка под верхним этажом полка установлены и закреплены две балки из двутавра 45 на глубине 841,040 м.

При разработке технологии и параметров перемычки были проанализированы существующие конструкции [2, 3] и поставлены требования по: мобильности при ее сооружении; упрощению ликвидации опасности; возможности увеличения мощности перемычки для нейтрализации и охлаждения ударно-огневой волны, движущейся по стволу вертикально вверх от места возможного взрыва. Кроме того, задача оперативного монтажа изоляцион-

ной перемычки для ликвидации возможных негативных последствий от взрыва метановоздушной смеси и последующего ее демонтажа после устранения опасности без разрушения основных конструкций крепления ствола.

Сущность разработанной перемычки состоит в том, что она выполнена в виде опорных металлических балок, концы которых замоноличены жестко в горный массив, на которых размещены промежуточные металлические балки, покрытые жестким листом, залитым прочным гипсовым слоем, на поверхности которого установлены эластичные емкости, заполняемые жидкостью с добавлением в нее ингибиторов. Эта эластичная емкость необходима для создания водяной завесы, нейтрализующей пламя и охлаждающей ударно-огневую волну,двигающуюся по стволу от места возможного взрыва.

Технологическая схема разработанной изоляционной перемычки приведена схематично на рис. 1, 2, 3. На рис. 1 представлен продольный разрез ствола со смонтированной в нем перемычкой. На рис. 2 и 3 представлены предлагаемые перемычки в поперечном разрезе ствола.

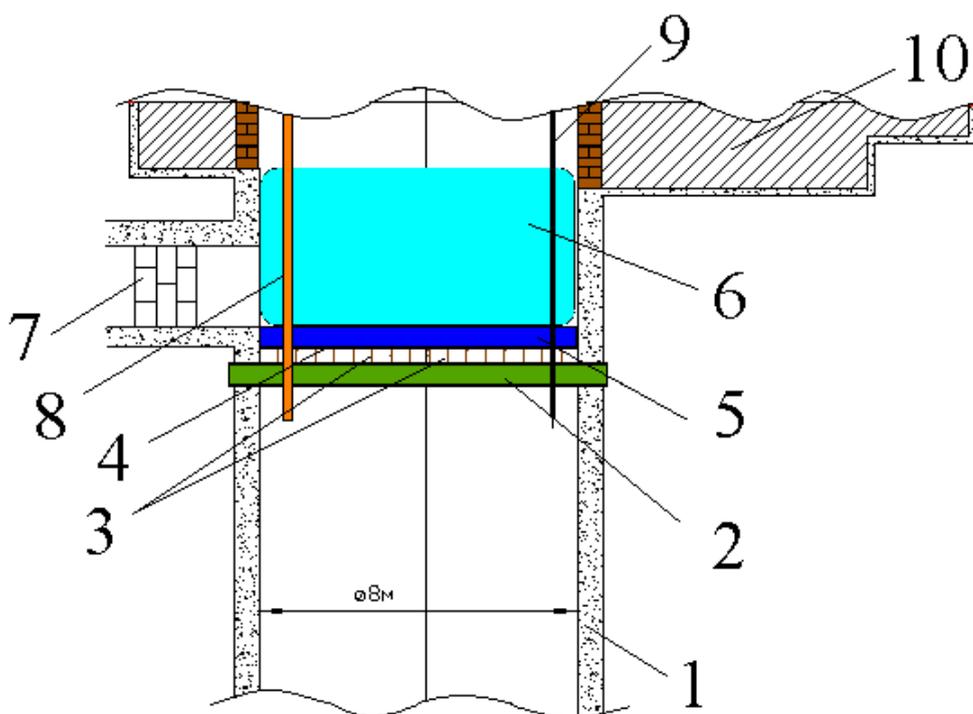


Рис. 1. Изоляционная перемычка: продольный разрез

Изоляционная перемычка состоит из следующих основных элементов: 1 – монолитная бетонная крепь ствола; 2 – опорные металлические балки; 3 – промежуточные металлические балки; 4 – жесткий лист; 5 – прочный гипсовый слой; 6 – эластичные емкости; 7 – бетонитовая перемычка, перекрывающая калориферный канал; 8 – дренажный трубопровод; 9 – линия «дистоп»; 10 – устье ствола.

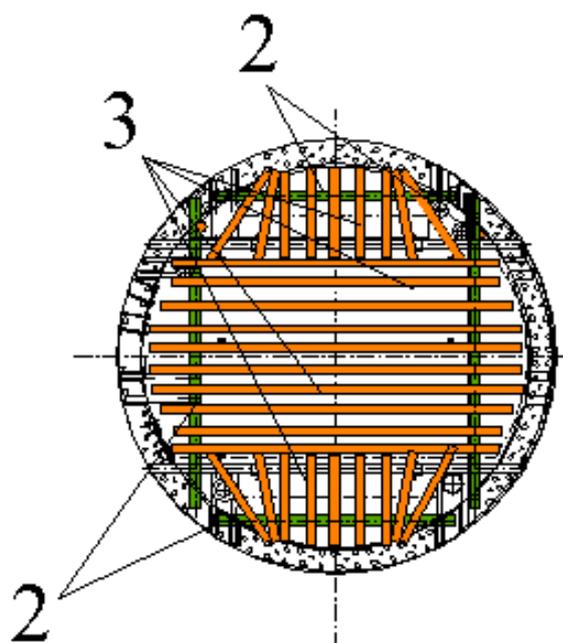


Рис. 2. Изоляционная перемычка: поперечный разрез

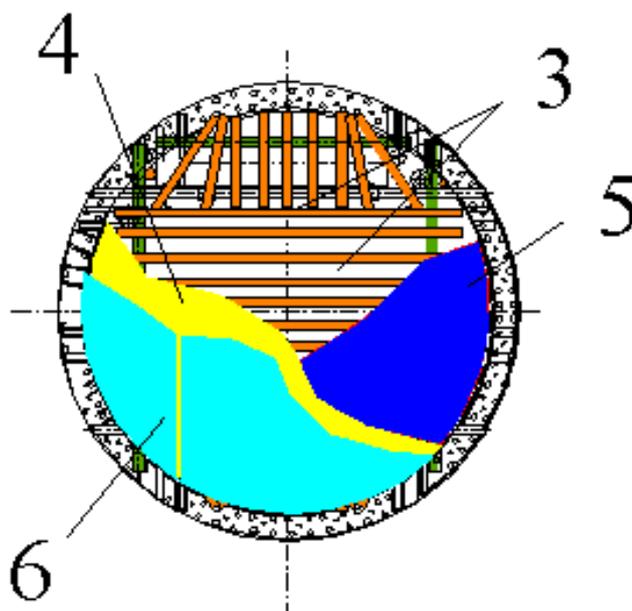


Рис. 3. Изоляционная перемычка: поперечный разрез

Перемычка устанавливается в верхней части ствола, закрепленного монолитной бетонной крепью 1, в устье ствола на опорные металлические балки 2, концы которых замоноличивают жестко в горный массив. На опорные балки 2 размещают промежуточные металлические балки 3, которые покрывают жестким листом, например, металлическим листом 4 толщиной 10 мм. На жесткий лист 4 заливают прочный гипсовый слой 5. На поверхности гипсового слоя 5 устанавливает эластичные емкости 6, которые заполняют

жидкостью. Эластичные емкости 6 изготавливают, например, из ПВХ тканей, армированных синтетическим материалом.

В качестве опорных балок используем, например, двутавровые металлические балки № 65. Концы балок после их выверки горизонтально, вводят в специально оборудованные лунки, которые затем замоноличивают, например, бетоном. Опарные балки устанавливают со специального полка в стволе. Лунки для установки балок сооружают, например, обычным отбойным молотком для чего их вырабатывают в крепи (стене) ствола и заглубляют приблизительно на 0,5 м в горный массив. Нагружают опорные балки после схватывания бетона. Опорные балки устанавливают строго горизонтально. Балки устанавливают с помощью крана. В качестве промежуточных металлических балок применяют, например, двутавровые балки № 36 (Расчет этих балок приведен ниже).

Перед заливкой гипсовой перемычки в нее устанавливают трубы для размещения в них дренажных трубопроводов 8, а для контроля состава атмосферы и отбора проб рудничного воздуха, в изолированном воздухоподающем стволе в перекрытии сооружают металлическую трубу диаметром не менее 50 мм для прокладки в ней линии «Дистоп» 9. При этом осуществляют изоляцию трубопроводов, кабелей, армировки ствола в местах их контакта с гипсовым раствором, например, с помощью кусков вентиляционной трубы, обмотанной вокруг узла, а уплотнение зазоров производят обмазкой элементов гипсовым раствором, причем куски вентиляционной трубы и гипсового раствора размещают послойно не менее 3-х раз.

Для создания водяной завесы, направленной на нейтрализацию пламени и охлаждения ударно-огневой волны,двигающейся по стволу от места взрыва в жидкость, которой заполнены эластичные емкости 6, добавляют в нее специальные ингибиторы, например, NaCl.

Для создания герметичности калориферный канал в крепи (стенках) ствола перекрывают, преимущественно бетонитовой перемычкой 7.

Необходимо также по поводу данного изобретения отметить следующее.

Технико-экономические показатели разработанной перемычки состоят в том, что достигается полная безопасность работ по изоляции ствола от последствий взрыва метано-воздушной смеси. Причем эластичные емкости могут быть достаточно большого объема, только увеличивая прочность опорных балок. В случае взрыва достаточно большой мощности емкость опрокидывается и водяной поток с ингибиторами создает водяную завесу, которая нейтрализует пламя и охлаждает ударно-огневую волну,двигающуюся по стволу от места взрыва. Кроме того, изоляционная перемычка легко и быстро возводимая, а также быстро размонтируемая (быстро разбираемая), т.е. не нарушающая длительно дальнейшую работу ствола после устранения опасности. Такая перемычка смонтирована в реальных условиях на шахте «Краснолиманская».

Для перекрытия ВПС № 1 использовались двутавровые балки № 36, которые монтировались на существующую опорную раму из двутавровой бал-

ки № 65 на отметке – 6,400 с шагом 0,5 м. Сверху монтировался металлический лист перекрытия толщиной 10 мм, который заливается гипсом (фосфогипсом) на толщину 0,5 м. Далее выкладывались дополнительные гибкие емкости с  $H_2O$  (см. рис. 1). В калориферном канале устанавливалась перемычка из бетонита толщиной 1000 мм.

Установка дополнительных гибких ёмкостей производится в 2 этапа:

1 этап – в нишах под комплекс обмена вагонеток в клети устанавливались бетонитовые перемычки по контуру ствола до отметки минус 1,710;

2 этап – с отметки минус 4,880 м (верхняя плоскость гипсовой заливки) до отметки минус 1,710 устанавливались гибкие водяные емкости, состоящие из трех частей по сечению.

На отметке + 0,0 в копре вентиляционной скважины ставилось перекрытие из двутавровых балок № 36 сплошную, перекрытые листовой сталью толщиной 10 мм и заполнялось на высоту 3 м гибкими емкостями (см. рис.2).

В вентиляционном канале устраивалась взрывоустойчивая перемычка из бетонита с заполнением пространства гипсовой смесью. Толщина перемычки была рассчитана в соответствии с требованиями [1] и составляла 2,6 м.

В подготовительный период было отревизировано и установлено следующее оборудование: вспомогательная лебедка ЛПЭП-10; вспомогательную лебедку ЛПЭП-5 с аварийноспасательной лестницей; подъемная машина ШПМ 1-6,3х3,78/0,63; вспомогательную маневровую лебедку с червячным приводом Ч160; устройство для присоединения каната к монтируемым элементам; пусковую аппаратуру, кабели, кнопочный пост, элементы сигнализации; зажимные скобы, цепи, стяжные шпильки, канат капроновый; и т.п. Было установлена и смонтирована вспомогательная маневровая лебедка с червячным приводом Ч160, а также подготовлено необходимый инструмент и оборудование для работы в стволе.

При сооружении изоляционной перемычки достаточно серьезным вопросом была изоляция элементов металлоконструкций в стволе и других зазоров в конструкции перекрытия. После возведения перекрытия ствола по всему сечению, производятся работы к заливке слоя гипса толщиной 0,5 м на перекрытии по всему сечению ствола. Для предотвращения налипания гипса на трубопроводы, кабели, армировку ствола предусматривается произвести их изоляцию при помощи б/у вентиляционной трубы. Изоляция трубопроводов, кабелей, армировки ствола производится в местах их контакта с гипсовым раствором – отрезок вентиляционной трубы обматывается вокруг узла и фиксируется при помощи вязальной проволоки. Вентиляционная труба должна обматываться вокруг узла так, чтобы исключалось затекание гипсового раствора под нее. Уплотнение зазоров в перекрытии ствола предусматривалось также производить при помощи б/у вентиляционной трубы. Уплотнение зазоров производилось в следующей последовательности:

- в месте наличия зазора производилась обмазка перекрытия и элементов ствола гипсовым раствором;

- на гипсовый раствор накладывался отрезок вентиляционной трубы и прижимался к перекрытию и элементам ствола;

- затем отрезок вентиляционной трубы также укладывался на гипсовый раствор с нахлестом на ранее уложенный отрезок венттрубы. Стыки между отрезками вентиляционной трубы дополнительно промазывались гипсовым раствором.

Для подачи гипсового раствора в ствол к месту заливки применялась установка «Монолит». Обслуживание насосной установки осуществляло 5 человек: оператор, 3 загрузчика и один тампонажник. Оператор управлял работой установки, следил за количеством поступающей в установку воды, давлением раствора и нагрузкой электродвигателя. Загрузчики, в процессе ведения работ, загружали в бункер установки гипс. Тампонажник следил за качеством раствора по его густоте, управлял переключателем потока и устранял утечки раствора.

Перед подачей гипсового раствора смесительно-нагнетательной установкой выполнялась проверка состояние агрегата и герметичности всех соединений. Также необходимо убедиться, что растворопровод проложен от смесительно-нагнетательной установки к месту ведения работ без резких изгибов.

Для контроля состава атмосферы и отбор проб рудничного воздуха в изолированном воздухоподающем стволе №1, при устройстве изоляционного перекрытия ВПС-1, в перекрытии была установлена металлическая труба диаметром 50 мм для прокладки линии «Дистоп» с отметки ±0 в изолированное пространство ВПС-1. Контроль состава атмосферы и отбор проб рудничного воздуха в изолированном воздухоподающем стволе №1 производилась работниками участка ВТБ ГП «УК «Краснолиманская» 1 раз в сутки при помощи переносных приборов непрерывного и эпизодического действия, а затем производился анализ проб на 5 определений в СГАЛ 10 ВГСО. Расход материалов, необходимых для изоляции воздухоподающего ствола № 1 приведен в таблице 1.

Таблица 1

<b>Материалы</b>	<b>Воздухоподающий ствол №1</b>
Балка двугавровая №36, тонн	4,9
Количество гипса, тонн	33
Лист металлический толщиной 10 мм, кг	5300
Гибкая оболочка, емкость, м <sup>3</sup>	160
Вентиляционная труба Ø1000 мм, п.м.	100

Все работы по возведению изоляционной перемычки в вертикальном воздухоподающем стволе №1 проводились в полном соответствии с разработанным сетевым графиком выполнения работ, который приведен на рисунке 4.

№ п/п	Наименование работ	Дни месяца (11.2015 г.)																
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18				
1	Оснащение подъемной установки для работ в ВПС-1 (монтаж бабды, прицепных устройств, р/станции, наладка и др.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2	Подготовительные работы в ВПС-1									■	■							
3	Монтаж балок перекрытия на отметке – 6,4										■	■	■					
4	Монтаж металлического листа перекрытия на отметке – 6,4													■	■			
5	Заливка гипса на отметке – 6,4																■	■
6	Установка гибких емкостей и заполнение H <sub>2</sub> O от отметки – 6,4 до отметки ±0																■	■
7	Возведение перемычки в калориферном канале ВПС-1										■	■	■	■	■			
8	Возведение перемычки в вентиляционном канале скважины на промплощадке ВПС-1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
9	Перекрытие устья скважины на ВПС-1										■	■	■	■	■	■	■	■
10	Установка гибких емкостей в копре вент. скважины на промплощадке ВПС-1																■	■

Рис. 4. Сетевой график выполнения работ по изоляции ВПС-1 и вентиляционной скважины

После принятия решения о восстановлении функций воздухоподающего ствола по подаче проектного объема воздуха производится ликвидация герметичной перемычки на отметке -6,4 м с демонтажем гипсовой перемычки. Организация работ по восстановлению функций воздухоподающего ствола в режиме подачи воздуха после его остановки предусматривает максимально возможное использование зданий, ранее смонтированного оборудования, предусмотренного проектом.

Извлечение гипсовой перемычки и металлического полка предусматривается с использованием совмещенного металлического копра, подъемной установкой 6,3х3,8х0,6. Отбитый гипсовый раствор с изолирующей перемычки грузится в емкость ручным способом. После заполнения емкости она поднимается на отметку +1,5 м. Емкость с помощью лебедки 2ЛС-30 отклоняется в сторону рельсового пути и устанавливается на транспортировочную платформу. Платформа транспортируется по рельсовому пути смонтированном в надшахтном здании и далее за его пределы. С помощью автомобильного крана емкость опрокидывается и освобождается от гипсового материала. Емкость на платформе возвращается в обратном направлении в сторону ствола. Емкость опускается в ствол на отметку -6,4 м с использованием подъемной установки 6,3х3,8х0,6. За пределами надшахтного здания отбитый гипс фронтальным погрузчиком JCB 3СХ с объемом ковша 1,0 м<sup>3</sup> грузится в автосамосвал КРАЗ-6510.

Необходимо отметить, что стоимость работ по локализации и тушению пожара в выработанном пространстве 1-ой западной лавы засбросовой части пласта  $l_3$  горизонта 845 м определена сводным сметным расчетом стоимости объекта строительства. При этом общая сметная стоимость работ по изоляции аварийного участка по базовому варианту (с устройством бетонной перемычки) составляет 6357281 грн., а общая сметная стоимость работ по предложенному варианту (устройство на гипсовой перемычке эластичных резервуаров) – 5474441 грн. Следовательно, экономический эффект от применения варианта 2 рассчитан, как разница стоимости выполнения работ по вариантам и составляет:  $\Delta = Z_3 - Z_2 = 6357281 - 5474441 = 882840$  грн.

1. ДНАОП 1.1.30-4.01-97 «Устав ГВГСС по организации и ведению горноспасательных работ». - Донецк: НИИИД, 1997. - 160 с.
2. Патент РФ № 224261722365598, E21F 17/103, E21 F5/00. Опубл. 20.12.2004 г.
3. Патент РФ № 2236598, E21 F5/00, E21F 17/103. Опубл. 24.03.2003 г.

*С.П. Минеєв, Н.А. Вострецов, А.І. Дубовик, В. І. Лосєв, В.В. Шалімов, А.А. Руденко, Е.К. Трочинський, І.В. Яцина, Н.С. Костєв, Н.В. Харьковой, Д.В. Костін*

### **ИЗОЛЯЦИЯ ПОВИТРЯПОДАЮЧОГО СТВОЛУ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ АВАРІЇ**

На шахті «Краснолиманська» виконана ізоляція вертикального ствола при ліквідації аварії для запобігання негативним наслідкам можливого вибуху метану. Ліквідація аварії велася шляхом ізоляції і створенням інертного середовища на аварійній ділянці. Ізоляція аварійної ділянки виконувалася зведенням вибухостійких перемичок, зокрема в виробках колоствольного двору стволу №1, що подає повітря. Ізоляція стовбура була виконана таким чином: на опорні балки (розстріли) укладався металевий лист, заливався гіпсовим шаром, на якому встановлювалися еластичні ємності заповнюються рідиною. Ця еластична ємність необхідна для створення водяної зависи, що нейтралізує полум'я і охолоджує ударно-вогневу хвилю, що рухається по стволу від місця можливого вибуху.

**Ключові слова:** ізоляція, ствол, еластична перемичка, ліквідація аварії.

*S.P. Mineev, N.A. Vostretsov, A.I. Dubovik, V.I. Losev, V.V. Shalymov, A.A. Rudenko, E.K. Trochynskyy, I.V. Yatsyna, N.S. Kostev, N.V. Harkovoy, D.V. Kostyn*

### **ISOLATION OF AIR SUPPLY SHAFT DURING ACCIDENTS LIQUIDATION**

On «Krasnolimanskaya» mine was made isolation of vertical shaft during accident liquidation in order to prevent negative effects of possible methane explosion.

Liquidation of accident was carried out by isolating and creating an inert environment at the emergency section. Isolation of emergency section was made by putting explosion-proof construction, in particular in workings pit bottom air supply №1 shaft. Isolation of

shaft was performed as follows: on the support beams (shooting) fit metal sheet, poured gypsum layer, on which installed flexible container filled with liquid. Flexible container needed for creation of a water curtain cooling and neutralizing the flame shock-wave, which moved from the possible explosion shaft space.

**Keywords:** isolation, shaft, flexible jumper, liquidation of accident.