



С. П. МИНЕЕВ,
доктор техн. наук
(ИГТМ им. Н. С. Полякова
НАН Украины)



А. И. ДУБОВИК,
инж.
(ГП «Угольная компания
«Краснолиманская»)



В. И. ЛОСЕВ,
инж.
(ГП «Угольная компания
«Краснолиманская»)



Н. А. ВОСТРЕЦОВ,
канд. техн. наук
(ООО «Донбассшахтопроект»)

УДК 622.812.2

Изоляция ствола быстромонтируемыми гидроэлементами при ликвидации аварии*

Рассмотрены результаты газоизоляции вертикального ствола при ликвидации аварии для предотвращения негативных последствий возможного взрыва метана. Ликвидация аварии велась путем изоляции аварийного участка и созданием в нем инертной среды. Для изоляции ствола была разработана новая конструкция изолирующей переемычки, выполненной с помощью быстромонтируемых и легко разбираемых гидроэлементов. Разработанная изолирующая переемычка позволяет создавать водяную завесу, нейтрализующую пламя и охлаждающую ударно-огневую волну,двигающуюся по стволу от места возможного взрыва.

Ключевые слова: изоляция, ствол, эластичная переемычка, ликвидация аварии.

Контактная информация: sergminee@gmail.com

На шахте «Краснолиманская» произошла авария с двумя взрывами метана 26 октября 2015 года в 13 ч 50 мин и 27 октября 2015 года в 17 ч 55 мин в выработанном пространстве ранее отработанной 1-й западной лавы засбросовой части пласта l_3 . Было установлено, что причина аварии и группового несчастного случая – активизация тектонических процессов в зонах малоамплитудных геологических нарушений, вызвавшая непрогнозируемое внезапное интенсивное импульсное выделение метана в изолированное выработанное пространство 1-й западной лавы засбросовой части пласта l_3 и его взрывы [1].

В качестве мер по ликвидации последствий аварии принята изоляция отработанных и остановленных выемочных участков в засбросовой части пласта l_3 несколькими взрывоустойчивыми переемычками и создание инертной среды на аварийном участке. Изоляцию аварийного участка предусматривалось выполнить путем возведения взрывоустойчивых переемычек: 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 горизонта 545 м; в устье воздухоподающего ствола № 1 (далее – ВПС № 1).

Экспертная комиссия, расследовавшая аварию, рекомендовала изоляцию сечения ствола № 1 быстромонтируемыми и легко разбираемыми элементами.

* В расчетах изолирующей переемычки и выполнении проектных работ по ее применению принимали участие специалисты шахты: В. В. Шалимов, А. А. Руденко, Э. К. Трочинский, И. В. Яцына, Н. С. Костев, Н. В. Харьковской и Д. В. Костин.

Цель исследования – разработка технологических вопросов применения и параметров быстромонтируемой изоляционной перемычки ствола при ликвидации аварии.

Результаты исследования. Рассмотрим технологические вопросы, возникающие во время выполнения изоляции аварийного участка путем возведения взрывоустойчивой перемычки в устье воздухоподающего ствола № 1, учитывая при решении указанного вопроса необходимость герметичности и прочности перемычки, ее надежности, быстровозводимости и легкости последующего демонтажа. В соответствии с требованиями ДНАОП 1.130-4.01-97 [2] изоляция аварийного участка должна производиться взрывоустойчивыми перемычками на безопасном расстоянии.

Исходя из недостаточно определенной и неустойчивой газовой обстановки на горизонте 845 м, связанной с обрушением основной кровли на аварийном участке, были разработаны мероприятия по перекрытию воздухоподающего ствола № 1 и калориферного канала в нем для изоляции от возможных последствий взрывов метановоздушной смеси. Для контроля воздушной среды за перемычками в воздухоподающем стволе № 1 (ниже отметки –6,400 м) было рекомендовано установить трубы для отбора проб воздуха с последующим анализом на пять определений наличия CO_2 , CH_4 , CO , O_2 , H_2 и температуры.

Вертикальный воздухоподающий ствол № 1 был пройден до отметки –1040 м. Площадь сечения ствола $50,2 \text{ м}^2$, устье ствола до глубины 5,3 м и калориферный канал закреплены бетоном, отход до отметки 24,6 м выполнен тубингами. Ниже ствол закреплен бетонной крепью толщиной 500 мм. В стволе над сопряжениями установлены три водоулавливающих кольца. На глубине 818 м (подошва выработки) пройдено сопряжение ВПС № 1 с водотрубным ходком на горизонте 845 м. На глубине 834,2 м пройдено сопряжение ствола с околоствольным двором горизонта 845 м. Грузовая ветвь околоствольного двора этого горизонта была пройдена на 17,36 м от оси ствола, порожняковая – на 14 м. Стены и своды сопряжения выработок закреплены бетоном толщиной крепи 400 мм. Следует обратить внимание на то, что не наблюдались деформации крепи ствола, металлоконструкций армировки и крепления трубопроводов, кабелей.

От горизонта 545 м до горизонта 845 м к опорным металлоконструкциям проложен и закреплен направляющими хомутами к крепи ствола пожарно-оросительный трубопровод диаметром 200 мм, общей длиной 845,2 м. Чтобы оставить в стволе двухэтажный армировочный полук, под его верхним этажом установили и закрепили две балки из двутавра 45 на отметке –841,040 м.

При разработке технологии сооружения и параметров перемычки были проанализированы существующие конструкции и определены требования: мобильности во время ее сооружения; упрощения ликвидации опасности; возможности увеличения мощности перемычки для нейтрализации и охлаждения ударно-огневой волны, движущейся по стволу вертикально вверх от места возможного взрыва. Кроме того, поставлена задача оперативного монтажа изоляционной перемычки в целях ликвидации возможных негативных последствий от взрыва метановоздушной смеси и последующего ее демонтажа после устранения опасности без разрушения основных конструкций крепления ствола.

Сущность разработки состоит в том, что изоляционная перемычка выполнена в виде опорных металлических балок (их концы жестко замоноличены в горный массив), на которых размещены промежуточные металлические балки, покрытые металлическим листом толщиной 10 мм, залитым прочным гипсовым слоем. На его поверхности установлены эластичные емкости, заполняемые жидкостью с добавлением специальных ингибиторов. Емкости, изготовленные из ПВХ тканей, армированных синтетическим материалом, необходимы для создания водяной завесы, нейтрализующей пламя и охлаждающей ударно-огневую волну,двигающуюся по стволу от места возможного взрыва [3]. Технологическая схема перемычки схематично приведена на рис. 1 [3]. Перемычку установили в верхней части ствола, закрепленного монолитной бетонной крепью.

В качестве опорных балок использовали двутавровые металлические балки № 65. Их концы после выверки вводят горизонтально в специально оборудованные лунки, которые замоноличивают, как правило, бетоном. Лунки для установки балок выработывали в кре-

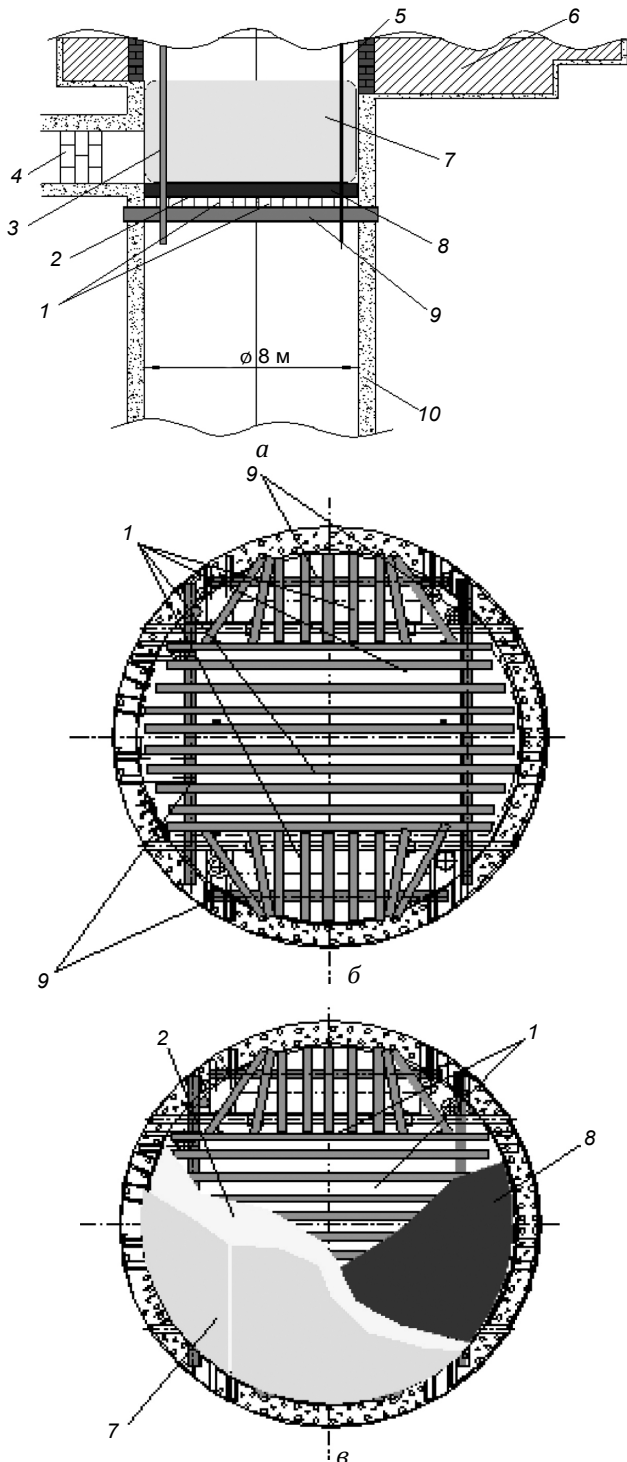


Рис. 1. Схема изоляционной перемычки ВПС №1: *а* – продольный разрез; *б* и *в* – поперечные разрезы: 1 – промежуточные металлические балки; 2 – металлический лист; 3 – дренажный трубопровод; 4 – бетонитовая перемычка; 5 – линия «Дистоп»; 6 – устье ствола [3]; 7 – эластичные емкости; 8 – гипсовый слой; 9 – опорные металлические балки; 10 – монолитная бетонная крепь ствола.

пи (стене) ствола отбойным молотком и заглаблили приблизительно на 0,5 м в горный массив. После схватывания бетона опорные балки нагружали. Опорные балки устанавливали со специального полка в стволе строго горизонтально с помощью крана на отметке -6,400 с шагом 0,5 м. В качестве промежуточных металлических балок применили двутавровые балки № 36.

Перед заливкой гипсовой перемычки в нее установили трубы для размещения в них дренажных трубопроводов, а для контроля состава атмосферного воздуха и отбора проб рудничного в перекрытии изолированного воздухоподающего ствола соорудили металлическую трубу диаметром не менее 50 мм для прокладки линии «Дистоп». При этом изолировали трубопроводы, кабели, армировки ствола в местах их контакта с гипсовым раствором с помощью кусков вентиляционной трубы, обмотанной вокруг узла, а зазоры уплотняли, обмазывая элементы гипсовым раствором, причем куски вентиляционной трубы и гипсового раствора размещали послойно не менее чем 3 раза. Для создания герметичности калориферный канал в крепи (стенках) ствола перекрывали бетонитовой перемычкой толщиной 1000 мм.

Технико-экономические показатели разработанной перемычки состоят в том, что достигается полная безопасность работ по изоляции ствола от последствий взрыва метановоздушной смеси. Причем, как показал опыт, эластичные емкости могут быть достаточно большого объема. Во время мощного взрыва емкость опрокидывается и жидкость с ингибиторами выливается, создавая водяную завесу, которая нейтрализует пламя и охлаждает ударно-огневую волну. Кроме того, изоляционная перемычка быстровозводимая, но также быстродемнтируемая (быстроразбираемая), т. е. длительно не нарушающая работу ствола после устранения опасности.

Дополнительные гибкие емкости устанавливали в два этапа:

первый – в нишах под комплекс обмена вагонок в клетке соорудили бетонитовые перемычки по контуру ствола до отметки -1,710;

второй – с отметки -4,880 м (верхняя плоскость гипсовой заливки) до отметки -1,710 размещали гибкие водяные емкости, состоящие из трех частей по сечению.

БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА

На отметке $\pm 0,0$ в копре вентиляционной скважины сооружали перекрытие из двутавровых балок № 36, перекрытых листовой сталью толщиной 10 мм и на высоту 3 м заполняли гибкими емкостями (см. рис. 1). В вентиляционном канале устраивали взрывоустойчивую перемычку из бетонита с заполнением пространства гипсовой смесью. Толщина перемычки, рассчитанная в соответствии с требованиями ДНАОП 1.1.30-4.01-97 [2], составляла 2,6 м.

При сооружении изоляционной перемычки важным моментом была изоляция элементов металлоконструкций в стволе и зазоров в конструкции перекрытия. После возведения перекрытия по всей площади сечения ствола производились работы по заливке слоя гипса толщиной 0,5 м. Чтобы предотвратить налипание гипса на трубопроводы, кабели, армировку ствола, предусмотрели их изоляцию с помощью бывшей в употреблении вентиляционной трубы. В местах их контакта с гипсовым раствором отрезок трубы обматывают вокруг узла и фиксируют с помощью вязальной проволоки. Уплотнение зазоров в перекрытии ствола с помощью такой же трубы выполняли в такой последовательности:

- в месте наличия зазора перекрытие и элементы ствола обмазывали гипсовым раствором;
- на гипсовый раствор накладывали отрезок вентиляционной трубы и прижимали к перекрытию и элементам ствола;
- отрезок трубы также укладывали на гипсовый раствор (внахлестку) на ранее уложенный отрезок трубы. Стыки между ее отрезками дополнительно промазывали гипсовым раствором.

Гипсовый раствор подавали в ствол к месту заливки установкой «Монолит». Насосную установку обслуживали пятеро: оператор, три загрузчика и один тампонажник. Оператор управлял работой установки, следил за количеством поступающей в нее воды, давлением раствора и нагрузкой электродвигателя. В процессе ведения работ загрузчики загружали в бункер установки гипс. Тампонажник следил за качеством раствора по его плотности, управлял переключателем потока и устранял утечки. Перед подачей гипсового раствора смесительно-нагнетательной установкой проверяли состояние агрегата и герметичность всех соединений.

Состав атмосферного воздуха и отбор проб рудничного воздуха в изолированном ВПС № 1

№ п/п	Работа	Дни месяца (ноябрь 2015 г.)													
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	Оснащение подъемной установки для работы в ВПС № 1 (монтаж бады, прицепных устройств, наладка и др.)	■													
2	Подготовительные работы в ВПС № 1						■								
3	Монтаж балок перекрытия на отметке -6,4 м							■							
4	Монтаж металлического листа перекрытия на отметке -6,4 м									■					
5	Заливка гипса на отметке -6,4 м										■				
6	Установка гибких емкостей и заполнение водой от отметки -6,4 до отметки $\pm 0,0$											■			
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 вентиляционной скважины на промплощадке ВПС № 1											■			

контролировали работники участка ВТБ ГП «УК «Краснолиманская» 1 раз в сутки с помощью переносных приборов непрерывного и эпизодического действия, а затем анализировали пробы. Приводим расход материалов, используемых для изоляции воздухоподающего ствола № 1:

Балка двутавровая № 36, т	4,9
Количество гипса, т	33
Лист металлический толщиной 10 мм, кг	5300
Гибкая оболочка вместимостью, м ³	160
Погонная длина вентиляционной трубы Ø1000 мм, м	100

Все работы по возведению изоляционной перемычки в стволе № 1 и в вентиляционной скважине проводили в соответствии с разработанным сетевым графиком выполнения работ (таблица).

После принятия решения о восстановлении функций воздухоподающего ствола по подаче проектного объема воздуха герметичную перемычку разбирают на отметке –6,4 м. Организация работ по восстановлению функций воздухоподающего ствола в режиме подачи воздуха после его остановки предусматривает максимально возможное использование ранее смонтированного оборудования.

Гипсовую перемычку и металлический полук извлекли подъемной установкой 6,3×3,8×0,6, используя совмещенный металлический копр. Отбитый гипсовый раствор с изолирующей перемычки вручную грузили в бадью. После заполнения емкость подняли на отметку +1,5 м. С помощью лебедки 2ЛС-30 емкость отклонили в сторону рельсового пути и установили на платформу, которую транспортировали по рельсовому пути. С помощью автомобильного крана емкость опрокидывается и освобождается от гипсового материала. На платформе ее возвращают к стволу, а затем опускают в него на отметку –6,4 м с использованием подъемной установки.

Стоимость работ по локализации и тушению пожара в выработанном пространстве 1-й западной лавы засбросовой части пласта l_3 горизонта 845 м определена сводным

сметным расчетом стоимости объекта строительства. При этом общая сметная стоимость работ изоляции аварийного участка по базовому варианту (устройство бетонной перемычки) составляет 6 357 281 грн, а общая сметная стоимость работ по предложенному варианту (устройство на гипсовой перемычке с эластичными гидрорезервуарами) – 5 474 441 грн. Следовательно, экономический эффект от применения предложенного варианта (гидравлической изоляционной перемычки), рассчитанный как разница стоимости выполнения работ по вариантам, составляет 882 840 грн*.

Выводы. Коллектив ученых и специалистов шахты разработал новую изоляционную, газупорную, быстромонтируемую и быстроразбираемую без ущерба работоспособности ствола и его крепи перемычку вертикального ствола, позволившую надежно изолировать аварийный участок с минимальными затратами.

Разработана конструкция и технологическая схема применения изоляции вертикального ствола при ликвидации аварий, которая позволяет создавать водяную завесу, нейтрализующую пламя и охлаждающую ударно-огневую волну,двигающуюся по стволу от места возможного взрыва.

Выполненная изоляция вертикального ствола с помощью разработанной эластичной перемычки показала ее надежность и безопасность использования при аварийных режимах работы шахты.

Экономический эффект от применения рассматриваемой перемычки по сравнению с базовым вариантом составил 882 840 грн.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Минеев С. П.* Расследование аварии с двумя взрывами метановоздушной смеси / С. П. Минеев, В. Н. Кочерга, А. И. Дубовик [и др.] // Уголь Украины. – 2016. – № 9–10. – С. 14–22.
2. *Устав ГВГСС по организации и ведению горноспасательных работ:* ДНАОП 1.1.30-4.01-97. – Донецк: НИИИД, 1997. – 160 с.
3. *Пат. 111053 України МПК Е 21F/00.* Пристрій для запобігання негативним наслідкам вибуху метаноповітряної суміші / С. П. Мінеєв, М. О. Вострецов, О. І. Дубовик, В. І. Лосєв та ін.; заявник і патентовласник ІГТМ НАН України. – № а201605228; заявл. 13.05.16; опубл. 25.10.16, Бюл. № 20.

* В ценах 2016 г.