

УДК 622.8

Ноженко А. А.
(ДонГТИ, г. Алчевск, ЛНР, asauton@mail.ru)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СРЕДСТВ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ВЗРЫВОВ УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ В ШАХТАХ И ИХ ЛОКАЛИЗАЦИИ

Приведены новые технические решения, направленные на снижение пылеобразующей способности газоносных угольных пластов и повышение эффективности водяных заслонов для локализации взрывов угольной пыли в горных выработках.

Ключевые слова: угольная пыль, взрыв, пылеобразующая способность, предварительное увлажнение угольных пластов, композиция, водяной заслон.

Одним из самых значимых факторов производственной опасности техногенного и природного происхождения, определяющим величину рисков аварий в подземных горных выработках, является угольная пыль. Применение высокопроизводительных машин и механизмов для разрушения массива угольных пластов приводит к выделению в шахтную атмосферу значительного количества угольной пыли, самые мелкие частицы которой способны находиться в течение длительного времени во взвешенном состоянии.

В результате интенсификации горных работ в последние годы наблюдается рост содержания наиболее опасных тонких фракций пыли, увеличение скорости подаваемого в забой воздуха и протяженности горных выработок. Все это приводит к повышению интенсивности пылеотложения. По данным ВостНИИ, на большинстве шахт Кузбасса и Воркуты она достигает такого уровня, при котором работы по приведению выработок во взрывобезопасное состояние необходимо проводить каждые 15–30 минут работы [1].

Очень часто требуемый комплекс мероприятий по борьбе с пылью и обеспечению пылевзрывозащиты горных выработок выполнить достаточно сложно. Поэтому фактически принимаемые меры не всегда в полной мере соответствуют требованиям нормативных документов и фактической пылевой обстановке. Контроль запыленности рудничной атмосферы и пылевзрыво-

опасности горных выработок продолжает оставаться малоэффективным. Следствием этого являются крупные аварии в угольных шахтах, вызванные взрывами с участием угольной пыли.

Например, за период 2003–2013 годов на угольных шахтах Российской Федерации около 26 % аварийных ситуаций (от 8 % в 2008 до 66 % в 2009 г.) были связаны со вспышками, взрывами метана, угольной пыли, что повлекло гибель 84 % от общего числа погибших во всех авариях за эти 10 лет. Примерно треть этих аварийных ситуаций инициировала развитие пожаров [2]. За период 2005–2019 гг. в результате 50 вспышек, взрывов и возмнений метана и угольной пыли было травмировано 645 человек, из них смертельно — 367 человек [3].

Таким образом, предотвращение взрывов с участием угольной пыли в горных выработках угольных шахт продолжает оставаться актуальной проблемой.

В настоящее время разработаны и широко применяются способы по предупреждению и локализации взрывов угольной пыли, основанные на использовании воды и объединенные в единый комплекс гидрозащиты от взрывов угольной пыли в шахтах. Для повышения эффективности гидрозащиты в воду часто добавляют различные химические вещества, которые при попадании в открытые водные объекты могут негативно влиять на их экологическое состояние.

Задачей исследований является повышение эффективности, надежности и экологической безопасности средств, направленных на снижение пылеобразующей способности угольных пластов и локализацию взрывов угольной пыли в горных выработках.

Современные способы и средства предупреждения взрывов угольной пыли в шахтах направлены на создание и поддержание таких условий, при которых возникновение взрыва исключается. В связи с этим способы и средства предупреждения взрывов угольной пыли можно подразделить на способы, препятствующие образованию и распространению угольной пыли по сети горных выработок; способы, препятствующие накоплению и переходу пыли во взвешенное состояние; способы, препятствующие воспламенению угольной пыли.

К мероприятиям, препятствующим образованию пыли при разработке угольных пластов, относится главным образом предварительное увлажнение угольных пластов. Сущность предварительного увлажнения заключается в нагнетании в угольный пласт (до его разработки) в режиме фильтрации воды. В результате этого вода проникает в поры и трещины угольного массива, а также в места скопления материнской (природной) пыли, связывая её. В настоящее время применяется несколько технологических схем и способов предварительного увлажнения угольных пластов, использование которых обусловлено конкретными горно-геологическими и горно-техническими условиями. Для более равномерного и качественного влагонасыщения угольного пласта применяют различные водные растворы поверхностно-активных веществ (ПАВ), электролитов, полимеров и некоторых других веществ, которые в значительной мере повышают эффективность снижения пылеобразующей способности угольных пластов [4, 5].

С целью увеличения качества предварительного увлажнения газонасыщенных угольных пластов (абсолютное большинст-

во в Донбассе являются таковыми) возможно применение рабочих жидкостей с температурой более низкой, чем температура массива угля. Снижение температуры флюида вызывает сжатие метана и содействует проникновению жидкости вглубь угольного массива за счёт уменьшения противодавления газа. Кроме того, у жидкости, которая поглощает тепло пласта, уменьшается вязкость. Из-за этого нагнетаемый флюид лучше проникает в мелкие поры и капилляры, повышая капиллярное влагонасыщение угольного пласта и снижая пылеобразующую способность угля [6].

Широкое применение в качестве смачивателей в угольной промышленности нашли оксиэтилированные алкилфенолы — смачиватель ДБ (моно- и диалкилфениловые эфиры полиэтиленгликоля) с уровнем биоразлагаемости 39 %. Для современных ПАВ, применяемых в качестве компонентов средств для снижения пылеобразования, уровень биоразлагаемости должен составлять не менее 80 % [7]. Водные растворы ДБ для гидрообеспыливания и пылевзрывозащиты начали применяться ещё с 1960-х гг. и продолжают использоваться до настоящего времени [8]. В 1970–1980 гг. в Коммунарском горно-металлургическом институте (ныне — Донбасский государственный технический институт (ДонГТИ)) был разработан ряд высокоэффективных рабочих жидкостей для снижения пылеобразующей способности угольных пластов, одним из компонентов которых являлся смачиватель ДБ. Например, состав для обработки газонасыщенного угольного пласта, который содержит смачиватель ДБ массовой концентрацией 0,1–0,3 %, азотнокислый аммоний массовой концентрацией 25,0–30,0 %, вода — остальное [9]. Но в последние десятилетия установлено вредное влияние ДБ на организм человека, и в настоящее время его запрещено сбрасывать в поверхностные водоёмы.

В 2010 году в ДонГТУ с учётом требований экологической безопасности была разработана более совершенная композиция для снижения пылеобразующей способно-

сти газоносных угольных пластов, содержащая смесь поверхностно-активного вещества, азотнокислого аммония и воды, где в качестве поверхностно-активного вещества используется смесь C_{10} - C_{20} -алкилсульфатов, C_{10} - C_{20} -алкилсульфонатов, алифатических углеводородов фракции C_{10} - C_{20} , предельных спиртов фракции C_{10} - C_{20} при следующем соотношении компонентов, масс. %: C_{10} - C_{20} -алкилсульфаты — 0,005–0,03; C_{10} - C_{20} -алкилсульфонаты — 0,02–0,04; алифатические углеводороды фракции C_{10} - C_{20} — 0,01–0,02; предельные спирты фракции C_{10} - C_{20} — 0,07–0,1; азотнокислый аммоний — 25–30; вода — остальное.

Этот состав жидкости имеет исходную температуру $-2,2...-5,5$ °С, что позволяет при закачке его в угольный пласт повысить скорость фильтрации жидкости и прохождение ее к наименьшим фильтрационным порам и трещинам за счет снижения противодавления метана, которое осуществляется при его охлаждении, и увеличения поверхностной активности состава в сравнении с раствором смачивателя ДБ. Уровень удельного пылевыведения при разрушении образцов угля, увлажненной этой жидкостью, на 51–57 % ниже, чем при увлажнении угля 0,01 %-ным раствором ДБ. Предлагаемый состав для снижения пылеобразующей способности газоносных угольных пластов имеет степень биоразлагаемости более 80 %, что отвечает современным требованиям экологической безопасности, и значительно уменьшает отрицательное влияние на водные объекты [10]. Недостатком данной композиции для снижения пылеобразующей способности угольных пластов является наличие в ней азотнокислого аммония. Попадая в водные объекты в большом количестве, соединения азота вызывают снижение количества растворенного в воде кислорода, появление неприятного цвета и запаха, бурный рост микроскопических водорослей, гибель рыб и других гидробионтов.

Более эффективной является композиция, содержащая смесь ПАВ и воду, которая от-

личается тем, что в качестве компонента, снижающего температуру жидкости, она содержит твердый диоксид углерода при таком соотношении компонентов, масс. %: C_{10} - C_{20} -алкилсульфаты — 0,007–0,04; C_{10} - C_{20} -алкилсульфонаты — 0,01–0,03; алифатические углеводороды фракции C_{10} - C_{20} — 0,015–0,025; предельные спирты фракции C_{10} - C_{20} — 0,05–0,12; твердый диоксид углерода — 8–10; вода — остальное.

Предлагаемую композицию закачивают в газоносный угольный пласт сразу после смешивания ингредиентов, которое обеспечивает ее температуру в пределах от +1 °С до –1 °С. Уровень удельного пылевыведения при разрушении образцов угля, увлажненных этой жидкостью, на 45–65 % ниже, чем при увлажнении угля 0,01 %-ным раствором ДБ. Предлагаемая композиция для снижения пылеобразующей способности газоносных угольных пластов не содержит неорганических веществ, которые являются загрязнителями гидросферы, позволяет уменьшить транспортные и эксплуатационные расходы за счёт более низкой концентрации компонента, снижающего температуру флюида [11].

В настоящее время в качестве основного средства пылевзрывозащиты используются пассивные водяные и сланцевые заслоны, которые позволяют изолировать наиболее вероятные очаги взрывов на шахтах. Для локализации взрывов угольной пыли в горных выработках широкое распространение получили водяные заслоны. Они не уступают по надёжности и эффективности локализации взрывов сланцевым заслонам, но более удобны в эксплуатации. Однако из-за высокой скорости испарения воды из сосудов и значительной роли человеческого фактора при пополнении их водой они не всегда обеспечивают высокую надёжность локализации взрывов.

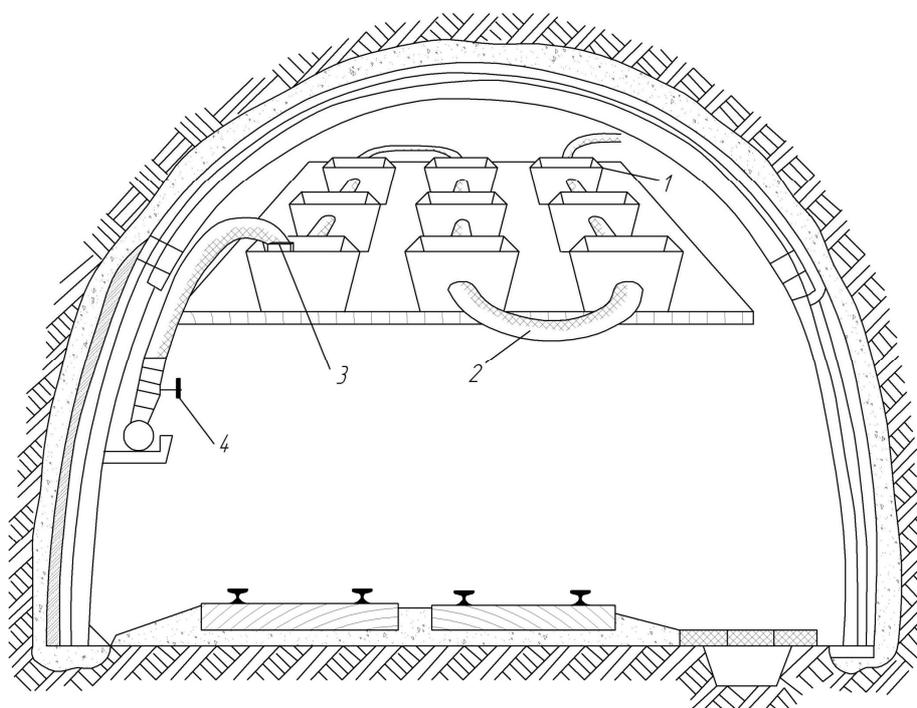
С целью устранения этого недостатка к воде в сосудах добавляли различные химические вещества (хлориды кальция, магния, пленкообразующие полимеры). Однако этот способ сложен и дорог. При-

мерно в 3–4 раза уменьшает скорость испарения воды укрытие сосуда полиэтиленовой пленкой, но при больших скоростях движения воздуха она сдувается с сосуда. Опытно-промышленная проверка водяных заслонов, оснащенных крышками из ударопрочного полистирола, показала их достаточно высокую эффективность. Однако при этом затруднительно контролировать уровень воды в сосудах заслона [12, 13].

Более совершенным является водяной заслон для локализации взрывов угольной пыли в горных выработках, который состоит из нескольких поперечных рядов полимерных сосудов, заполненных водой и расположенных в верхней части выработки на продольных рейках, отличающийся тем, что все сосуды на протяжении всего заслона горной выработки гидравлически связаны между собой гофрированными резиноканевыми шлангами, а между сосудами соединительные шланги

имеют достаточную слабины, которая не мешает им опрокидываться при ударе взрывной волны. При этом все сосуды, а главное их водные поверхности, находятся в одной горизонтальной плоскости, а один из гидравлически связанных сосудов оборудован поплавковым клапаном и соединяется с шахтным водопроводом с помощью вентиля. При этом поплавковый клапан регулируется и устанавливается на уровне воды в сосуде и обеспечивает достаточный объем воды для взрывогашения (рис. 1).

По мере испарения воды в любом из сосудов водяного заслона в сосуде с поплавковым клапаном снизится уровень воды, что приведет к открытию входного отверстия клапана, через который в гидравлическую систему будет поступать вода, пока во всех сосудах водяного заслона (сообщающиеся сосуды) не установится необходимый для взрывогашения уровень воды [14].



1 — полимерный сосуд; 2 — гофрированный резиноканевый шланг;
3 — поплавковый клапан; 4 — вентиль

Рисунок 1 Конструкция водяного заслона для локализации взрывов угольной пыли в горных выработках

Использование рабочих жидкостей для снижения пылеобразующей способности газоносных угольных пластов с предложенной рецептурой и соответствующих современным требованиям экологической безопасности позволит уменьшить пылеотложение по сети горных выработок и снизить вероятность возникновения взрывов с участием угольной пыли. При разработке новых рецептур рабочих жидкостей целесообразно применение ПАВ с более высоким уровнем биоразлагаемости и смачивающей способности по отношению к угольной пыли.

Применение водяного заслона для локализации взрывов угольной пыли предла-

гаемой конструкции исключает человеческий фактор, что повышает эффективность взрывогашения благодаря обеспечению постоянного объема воды в сосудах, достаточного для локализации взрыва угольной пыли в любой момент его использования, значительно сокращает необходимую периодичность контроля над уровнем воды в сосудах заслона и исключает работы по доливке воды в сосуды действующих заслонов. При дальнейшем совершенствовании конструкции водяных заслонов необходимо разработать автоматическую систему непрерывного контроля их работоспособности.

Библиографический список

1. Литвинов, А. Р. Аварийность и травматизм на предприятиях угольной промышленности [Текст] / А. Р. Литвинов, К. С. Коликов, О. Г. Иихнели // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. — 2017. — № 2. — С. 6–17.
2. Основные направления работы Ростехнадзора по контролю над состоянием промышленной безопасности и снижению аварийности в угледобывающей отрасли России [Текст] / Г. П. Ермак, С. В. Мясников, В. В. Скатов, Г. С. Гендлер // Горный информационно-аналитический бюллетень. Отдельный выпуск № 7. Промышленная безопасность минерально-сырьевого комплекса в XXI веке. — 2015. — С. 265–275.
3. Анализ причин взрывов, вспышек и воспламенений метана в угольных шахтах России в 2005–2019 гг. [Текст] / Е. И. Кабанов, Г. И. Корицунов, А. В. Корнев, В. В. Мяков // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2021. — № 2-1. — С. 18–29.
4. Ицук, И. Г. Средства комплексного обеспыливания горных предприятий [Текст] : справочник / И. Г. Ицук, Г. А. Поздняков. — М. : Недра, 1991. — 273 с.
5. Химические вещества для борьбы с пылью [Текст] / В. И. Саранчук, В. П. Журавлёв, И. В. Вейсенберг и др. — К. : Наукова думка, 1987. — 156 с.
6. Давиденко, В. А. Повышение эффективности снижения пылевых выбросов в атмосферный воздух населенных пунктов Донбасса [Текст] / В. А. Давиденко, Т. С. Олейник, Е. В. Скрипник // Экологический вестник Донбасса. — 2021. — № 1. — С. 11–18.
7. Давиденко, В. А. Обоснование необходимости применения экологически безопасных рабочих жидкостей для снижения пылеобразующей способности угольных пластов [Текст] / В. А. Давиденко, А. А. Ноженко // Сборник научных трудов ДонГТУ. — 2017. — № 5 (48). — С. 31–36.
8. Безопасность ведения горных работ и горноспасательное дело [Текст] : учебник для вузов / К. З. Ушаков, Н. О. Каледина, Б. Ф. Киринов и др. ; под. общ. ред. К. З. Ушакова. — 2-е изд., стер. — М. : Изд-во МГГУ, 2008. — 487 с.
9. А. с. 861651 СССР, МКИ E21F7/00/. Состав для обработки газоносного угольного пласта / В. А. Давиденко, Е. А. Будзило, Ю. Т. Товстогань, В. А. Касьянов, А. И. Векличев ; заявитель и патентообладатель Коммунарский горно-металлургический институт. — № 2785261/22-03 ; заявл. 13.06.79 ; опубл. 07.09.81, Бюл. № 33. — 4 с.
10. Пат. 94884С2 Украина, МПК E21 F5/00. Композиция для снижения пылеобразующей способности газоносных угольных пластов / В. А. Давиденко, А. А. Ноженко ; заявитель и патентообладатель Донбас. гос. техн. ун-т. — № a201012862 ; заявл. 29.10.2010 ; опубл. 10.06.2011, Бюл. № 11. — 4 с.

11. Пат. 104814С2 Украина, МПК E21 F5/06. Композиция для снижения пылеобразующей способности угольных пластов / В. А. Давиденко, А. А. Ноженко ; заявитель и патентообладатель Донбас. гос. техн. ун-т. — № 201301223 ; заявл. 01.02.2013 ; опубл. 11.03.2014, Бюл. № 15. — 4 с.
12. Нецепляев, М. И. Гидрозащита от взрывов угольной пыли в шахтах [Текст] / М. И. Нецепляев, П. М. Петрухин, В. М. Кравец. — К. : Техніка, 1980. — 132 с.
13. Борьба со взрывами угольной пыли в шахтах [Текст] / М. И. Нецепляев, А. И. Любимова, П. М. Петрухин и др. — М. : Недра, 1992. — 298 с.
14. Пат. 88142 Украина, МПК E21F 5/14. Водяной заслон для локализации взрывов угольной пыли в горных выработках / В. А. Давиденко, Н. И. Антощенко, А. А. Ноженко, И. Б. Шульга ; заявитель и патентообладатель Донбас. гос. техн. ун-т. — № a201301224 ; заявл. 01.02.2013 ; опубл. 11.03.2014, Бюл. № 13. — 2 с.

© Ноженко А. А.

*Рекомендована к печати к.т.н., доц. каф. СГ ДонГТИ Смекалиным Е. С.,
к.г.н., доц. каф. СиА ФЭиБ ЛГУ им. В. Даля Горовой Н. А.*

Статья поступила в редакцию 01.06.2022.

Nozhenko A. A. (*DonSTI, Alchevsk, LPR, acauton@mail.ru*)

IMPROVING THE MEANS OF PREVENTING COAL DUST EXPLOSIONS IN MINES AND THEIR LOCALIZATION

New engineering solutions aimed at reducing the dust-forming ability of gas-bearing coal seams and increasing the effectivity of water barriers for localization of coal dust explosions in mine workings are presented.

Key words: *coal dust, explosion, dust-forming ability, pre-humidification of coal seams, composition, water barrier.*