

АВТОНОМНЫЙ АВТОМАТИЧЕСКИЙ ПОРОШКОВЫЙ ОГNETУШИТЕЛЬ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ В ТУПИКОВЫХ ВЫРАБОТКАХ ШАХТ

*С.А. Алексеенко, Государственный ВУЗ «Национальный горный университет», Украина
Ю.Ф. Булгаков, Государственный ВУЗ «Донецкий национальный технический университет»,
Украина*

*А.А. Пилипенко, Государственная военизированная горноспасательная служба Украины,
Украина*

Предложено новое научно-техническое решение автономного автоматического газоаккумуляторного порошкового огнетушителя закачного типа для тушения подземных пожаров в тупиковых выработках шахт и камерах. Показано преимущество применения газоаккумуляторных закачных порошковых огнетушителей в сравнении с огнетушителями, сжатый газ которых хранится в баллонах высокого давления.

Проблема и состояние вопроса. Одной из наиболее актуальных проблем для угольной промышленности является борьба с подземными пожарами в тупиковых выработках. За последние 10 лет (2003-2012г.г.) количество пожаров в тупиковых выработках составляло около 13 % от общего количества, а в виду осложнения их тушения – 27 % аварийных выработок изолированы или затоплены, что приводит к большим материальным затратам. Одним из перспективных направлений повышения эффективности противопожарной защиты тупиковых выработок является создание легко переносимых автономных автоматических устройств, которые подавали бы порошок непосредственно в призабойное пространство. Эти устройства должны размещаться на определенном расстоянии от забоя, с целью сохранения их от осколков горной массы при взрывных работах, и находиться в постоянной готовности к срабатыванию в случае возникновения пожара. В нормативных документах НАПББ.01.009-2004 «Правила пожарной безопасности для предприятий угольной промышленности» [1] и СОУ 10.1.00485570-002-2005 «Правила технической эксплуатации угольных шахт» [2] систематизированы требования к противопожарной защите подземных объектов, определены типоразмеры и количество автоматических средств пожаротушения для каждого объекта. В частности, забои тупиковых выработок, проводимых буровзрывным способом, должны быть защищены автоматическими порошковыми огнетушителями. Однако в реальных условиях такие средства пожаротушения на оснащении шахт и подразделений ГВГСС отсутствуют, а разработанные ранее технические решения - нуждаются в усовершенствовании.

Анализ исследований и публикаций. В работе [3] авторами определены параметры огнетушителя закачного типа с подпиткой из баллона. Исследованиями и разработкой автоматических средств тушения пожаров в тупиковых выработках шахт занимаются Научно-исследовательский институт горноспасательного дела и пожарной безопасности «Респиратор», ГВГСС, МакНИИ, ДонНТУ и зарубежные организации.

В 90-х годах для забоев тупиковых выработок угольных шахт были разработаны различные автоматические средства пожаротушения и взрывоподавления, например, установка УАПТ, огнетушитель ОПШ-20А, азотные мембранные установки (НИИГД и ПБ «Респиратор» Украина), взрывоподавители ВЗУ-15 (МакНИИ Украина), КАПАС (ГНЦ РФ ЦНИИХМ, Россия).

В ВНПО «Респиратор» (ныне НИИГД и ПБ «Респиратор») в 1987 году был разработан автоматический порошковый шахтный огнетушитель ОПШ20-А закачного типа вместимостью 20 л с зарядом серийно выпускаемого пламегасящего порошка (П-2АП или П-4АП) [4-6]. Корпус огнетушителя заполнялся порошком (15 кг) и сжатым воздухом, внутри был расположен газоаккумулятор с дополнительным запасом сжатого воздуха, представляющий собой перфорированную полую трубку, отверстия которой закрыты обратными клапанами. На передней крышке было смонтировано запорно-пусковое устройство с легкоплавким замком, а на задней – зарядный узел для сжатого воздуха. Огнетушитель крепился горизонтально

кронштейном к стяжке шахтной крепи на высоте 1,7 – 1,8 м от почвы выработки с направлением сопла в сторону забоя на вентиляционный поток, выходящий из трубопровода. При возникновении пожара огнетушитель оказывался в исходящем тепловом потоке, легкоплавкий замок расплавлялся и давлением воздуха герметизирующая мембрана запорно-пускового устройства разрушалась. Газопорошковая смесь через сопло выбрасывалась в призабойное пространство и дополнительно перемешивалась с вентиляционным потоком. По мере выхода смеси давление в огнетушителе снижалось, открывались обратные клапаны и воздух из газоаккумулятора поступал в корпус, обеспечивая выдачу остатка порошка. Установленный на запорно-пусковом устройстве защитный экран предохранял легкоплавкий замок от ударов кусками породы при взрывных работах. По мере прохождения выработки огнетушитель переносился и подвешивался в 10 – 15 м от груди забоя. Огнетушитель ОПШ20-А предназначался для эффективной пожарной защиты подготовительных забоев, маслостанций, подземных камер с маслonaполненным оборудованием, электровозных гаражей и других малопрветриваемых объектов шахт. Испытания огнетушителя ОПШ20-А с имитацией пожара проводились в опытно-экспериментальной взрывной штольне «Гранит» ВНИИГД, площадь поперечного сечения которой 10 м². Огнетушитель находился в 15 м от закрытого торца штольни, источник воспламенения – в 12 м от сопла. Скорость проветривания тупика менялась от 0 до 1,5 м/с. Огнетушитель был испытан на трёх модельных очагах пожара: при горении деревянной затяжки, бензина (34 л) и метана (расход 0,56 кг/с). С каждым очагом пожара было проведено три опытных тушения при скоростях вентиляционного потока 0; 0,5 л и 1,5 м/с. Во всех случаях пожар был потушен и повторного воспламенения не наблюдалось, в том числе и при отсутствии проветривания. Испытания подтвердили основные технические данные огнетушителя. По результатам приёмочных испытаний огнетушитель ОПШ20-А был рекомендован к серийному производству. Выпуск огнетушителя был начат с 1988 года на рудоремонтных заводах объединения Кривбассруда. Два огнетушителя эксплуатировались на шахте им. Батова объединения Макеевуголь. Но в дальнейшем этот огнетушитель в серию не пошел.

За рубежом конструкции огнетушителей и установок пожаротушения закачного типа или постоянного давления распространены наравне с огнетушителями, сжатый воздух в которых хранится в баллонах высокого давления, размещаемых внутри или снаружи корпуса. Динамика патентования показывает, что 55 % огнетушителей имеют конструкцию закачного типа. По сведениям французской фирмы «Сидес» закачные огнетушители в большинстве стран составляют около половины всех выпускаемых огнетушителей. Анализ тенденций динамики патентования показывает, что наибольшее количество научно-технических решений следует ожидать при разработке порошковых закачных огнетушителей. Эта тенденция сохраняется в течение всего прогнозируемого периода (до 2015г.).

Целью статьи является усовершенствование разработанной авторами [4-7] конструкции автоматического газоаккумуляторного порошкового огнетушителя ОПШ20-А для повышения эффективности противопожарной защиты тупиковых выработок [8].

Постановка задачи. Одним из наиболее пожароопасных объектов на газообильных угольных шахтах являются проводимые буровзрывным способом тупиковые выработки, в которых могут образовываться местные или слоевые скопления метана. Возможное воспламенение газа обнаруживается не сразу из-за временного отсутствия горнорабочих в забое после проведения буровзрывных работ. Пожар активизируется, и его ликвидация вследствие высокой температуры и задымленности на исходящей струе становится затруднительной. До 90 % экзогенных пожаров, возникающих в тупиковых выработках, связано с воспламенением метана в призабойном пространстве [7]. Тушение пожаров в них обычными ручными огнетушителями вызывает определенные затруднения.

Изложение материала и результаты. Сотрудниками Национального горного университета, ГВГСС, Донецкого технического университета и НИИГД и ПБ «Респиратор» разработано новое научно-техническое решение на автономный автоматический газоаккумулятор-

ный порошковый огнетушитель для тушения пожаров в тупиковых выработках шахт [9]. В основу разработки нового технического решения нами была поставлена задача усовершенствовать известный порошковый огнетушитель [4-6], в котором путём введения новых конструктивных особенностей достигается поддержание постоянного давления газопорошковой смеси, регулирование подачи газа в резервуаре и возможность достаточно равномерного разрыхления порошкового состава по всему объёму в период снижения давления и подачи газопорошковой смеси к соплу при сохранении дальности в автоматическом режиме. За счет этого и должна обеспечиваться повышенная эффективность тушения пожара.

Поставленная задача решается тем, что в разработанном ранее автоматическом газоаккумуляторном порошковым огнетушителе закачного типа [4], включающем резервуар, заполненный огнетушащим порошком, который находится под давлением сжатого газа, запорно-пусковое устройство, соосно расположенные зарядный клапан, сопло для выпуска газопорошковой смеси, выполненный в виде трубы с отверстиями газоаккумулятор, который согласно технического решения выполнен телескопическим с расположенными в нижней части отверстиями и возможностью увеличения их количества и раскрытия выполненных под острым углом в направлении запорно-пускового устройства клапанов в период снижения давления в резервуаре и подачи газопорошковой смеси к соплу огнетушителя. Именно такое исполнение конструкции улучшает эксплуатационные характеристики огнетушителя, что объясняется следующим образом. Сущность разработанного нами нового технического решения поясняется рис. 1.

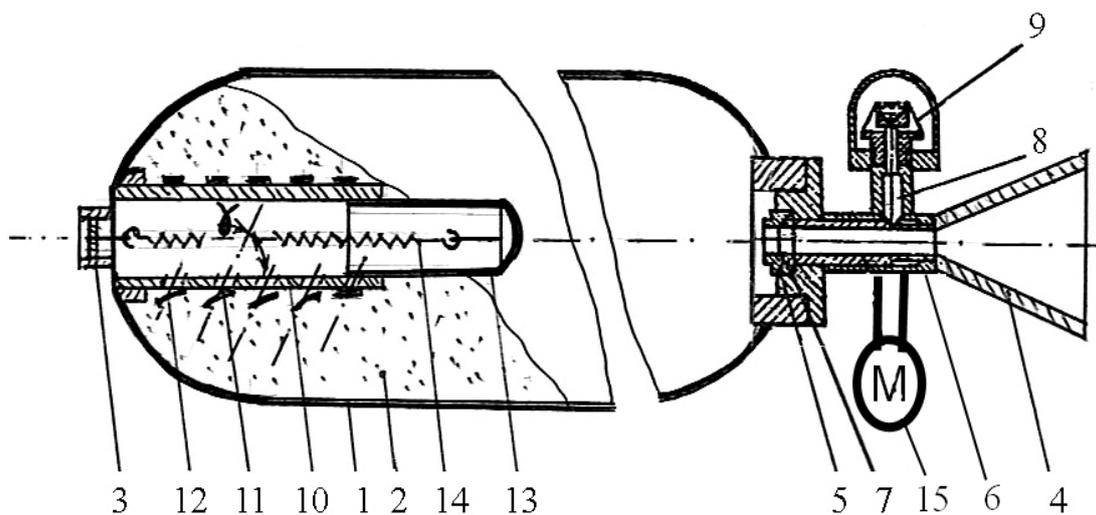


Рис. 1. Схема конструкции автономного автоматического порошкового огнетушителя закачного типа: 1 – резервуар, 2 – огнетушащий порошок, 3 – зарядный клапан, 4 – сопло для выпуска газопорошковой смеси, 5 – запорно-пусковое устройство, 6 – подвижная втулка, 7 – герметичная мембрана, 8 – шток, 9 – термочувствительная нить, 10 – газоаккумулятор, 11 – отверстия, 12 – обратные клапаны, 13 – подвижный корпус, 14 – пружина, 15 – манометр.

Конструктивно автономный автоматический порошковый огнетушитель включает резервуар 1 с огнетушащим порошком 2, зарядный клапан 3, сопло 4 для выпуска газопорошковой смеси, запорно-пусковое устройство 5, которое состоит из подвижной втулки 6, герметичной мембраны 7, штока 8 и термочувствительной нити 9. К основанию зарядного клапана 3 прикреплен газоаккумулятор 10, который выполнен в виде телескопической трубы с отверстиями 11 и обратными клапанами 12 с возможностью их раскрытия в направлении запорно-пускового устройства 5 в период снижения давления в резервуаре 1. Внутри трубы находится подвижный корпус 13. Зарядный клапан 3, газоаккумулятор 10 и сопло 4 размещены соосно с резервуаром 1. Подвижный корпус 13 удерживается пружиной 14 относительно трубы газоаккумулятора 10. Отверстия 11 расположены в нижней части трубы газоаккумулятора 10

под острым углом (например, $\gamma = 30-45^\circ$) в противоположном соплу направлении. Давление газа контролируется манометром 15.

Суммарная площадь отверстий в газоаккумуляторе 10 равна или больше площади отверстия сопла 4.

Выполнение газоаккумулятора телескопическим дает двойную возможность регулирования давления газопорошковой смеси благодаря степени открытия обратных клапанов и увеличению количества отверстий при снижении давления в резервуаре. Это позволяет поддерживать постоянное давление газопорошковой смеси во время её выпуска через сопло на очаг пожара.

Расположение отверстий в нижней части трубы газоаккумулятора позволяет разрыхлить весь остаток порошка, который осел на дне резервуара во время ожидания работы огнетушителя, ликвидировать остаток порошка, подготовить для выпуска через сопло оптимальную концентрацию газопорошковой смеси. То, что оси отверстий направлены под острым углом в противоположном соплу направлении, содействует не только разрыхлению остатка порошка, но и упорядочению противотока газопорошковой смеси в нижней части трубы газоаккумулятора, повороту её в направлении сопла в верхней части трубы газоаккумулятора, во время чего готовится равномерная смесь. Это также повышает эффективность работы огнетушителя.

То, что суммарная площадь отверстий в трубе газоаккумулятора равна или должна быть больше площади отверстия сопла (например, на 10%) обеспечивает подачу газа из газоаккумулятора в корпус огнетушителя с гарантированным постоянным подпором в нём, что также обеспечит постоянную эффективную дальность подачи смеси на очаг пожара.

Огнетушитель работает следующим образом. Резервуар 1 огнетушителя заполняется огнегасящим порошком 2. Затем, через зарядный клапан 3 он та газоаккумулятор 10 заполняются сжатым газом до создания в них рабочего давления. При возникновении пожара под действием температуры разрушается термочувствительная нить 9 запорно-пускового устройства 5. Шток 8 перестаёт удерживать подвижную втулку 6, которая под действием давления в резервуаре начинает двигаться. Герметическая мембрана 7 разрывается и освобождает проход для выпуска огнегасящей газопорошковой смеси 2. При достижении разницы давления в газоаккумуляторе 10 и резервуаре 1 открываются обратные клапаны 12 на отверстиях 11 и выходит газ, который выравнивает давление в резервуаре 1. Сила противодействия газа в газоаккумуляторе 10 превышает силу удержания пружиной 14 подвижного корпуса 13, который перемещается и открывает следующие в ряду отверстия 11. Это также увеличивает расходование газа из газоаккумулятора 10, что позволяет поддерживать гарантированно постоянное давление газопорошковой огнегасящей смеси в резервуаре 1 в процессе выдачи последней через сопло 4 и обеспечивает постоянную эффективную дальность подачи на очаг пожара. Направленные вниз и назад отверстия 11 в трубе газоаккумулятора 10 выпускают газ, который разрыхляет остаток огнегасящего порошка 2, который осел на дне корпуса резервуара 1 во время ожидания пожара. Газ забрасывает порошок назад и через сферическое дно резервуара 1, поворачивает его вперед к соплу 4, уменьшая остаток порошка и поддерживая эффективную объемную огнегасящую концентрацию газопорошковой огнегасящей смеси в резервуаре.

Такое выполнение порошкового огнетушителя отличается обеспечением постоянного поддержания давления газопорошковой огнегасящей смеси в резервуаре и расходования её через сопло с постоянной дальностью на очаг пожара. Качественное разрыхление и полное расходование огнегасящего порошка из резервуара в совокупности обеспечивают повышение огнегасящей способности огнетушителя в автоматическом режиме.

Экспериментальные исследования температурного поля в призабойной части тупиковой выработке и по ее длине при горении метана проведенные авторами [11,12] позволили установить, что максимальное нарастание температуры происходит в верхней части выработки у стенки, на которой нет вентиляционного трубопровода, когда скорость проветривания тупика сечением 10 м^2 равна 1 м/с и выделение метана составляет $1 \text{ м}^3/\text{мин}$, температура в ука-

занной части выработки в 10 м от забоя уже через 1,5 мин после начала горения достигает 90...100 °С, что обеспечивает срабатывание теплового замка автоматического порошкового огнетушителя.

Огнетушитель должен располагаться в тупиковой выработке таким образом, чтобы при его срабатывании порошковая струя попадала бы в поток воздуха, выходящий из вентиляционного трубопровода. При этом происходит дополнительное распыление порошка, что обеспечивает создание огнетушащей концентрации и объемное тушение пожара в забое.

Размещение автоматического порошкового огнетушителя в тупиковой выработке показано на рис.2.

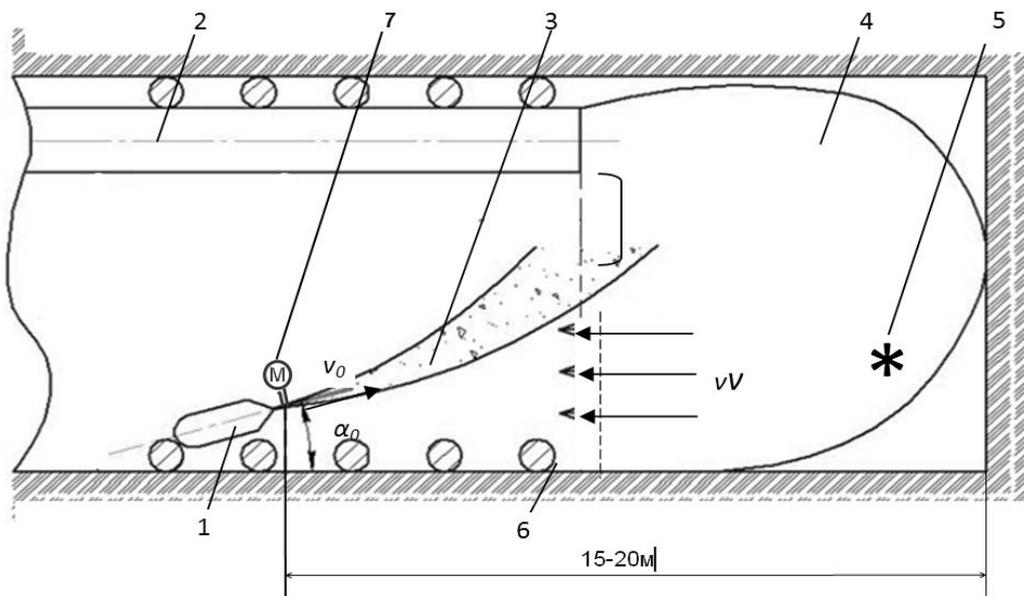


Рис.2. Схема размещения автономного порошкового огнетушителя в тупиковом забое:

1 – огнетушитель; 2 – вентиляционный трубопровод; 3 – струя порошка;
4 – вентиляционный поток; 5 – очаг пожара; 6 – стойка.

Предварительные расчеты показывают, что в призабойном пространстве тупиковой выработки длиной 15-20 м и сечением 5 м² при подаче порошка с интенсивностью 0,5 кг/с его огнетушащая концентрация 0,2 кг/м³ создается через 15 с, а общее время работы огнетушителя массой 20 кг порошка составляет 40 с [11,12]. Поэтому рекомендуем располагать огнетушитель на расстоянии 15-20 м от груди забоя.

Выводы и направление дальнейших исследований. Создание и внедрение на шахтах Украины разработанного нами автономного автоматического газоаккумуляторного порошкового огнетушителя позволит существенно повысить эффективность тушения пожаров в выработанном пространстве тупиковых выработок и камерах. Основными преимуществами разработанной нами новой конструкции огнетушителя являются: более простая конструкция из-за отсутствия баллона и механизма разрушения его мембраны; возможность снижения металлоёмкости изделия; менее трудоёмкая перезарядка и возможность постоянного контроля давления в корпусе огнетушителя; повышенная оперативная готовность огнетушителя к работе. К недостаткам следует отнести отсутствие гидравлического рыхления порошкового заряда при приведении в действие в действие и повышенные требования к герметичности конструкции.

Разработанный и предложенный нами автономный порошковый огнетушитель может быть применен для тушения пожаров на объектах других отраслей промышленности.

Список литературы

1. НАПББ.01.009-2004. Правила пожарной безопасности для предприятий угольной промышленности Украины, ООО «Промдрук», 2005. – 336 с.
2. СОУ 10.1.00485570-002-2005. Правила технической эксплуатации угольных шахт. Стандарт Минуглепрома Украины, Киев, 2006. – 354 с.
3. Абрамов А.А. Определение параметров работы техники порошкового пожаротушения / А.А. Абрамов, В.А. Дунюшкин, В.В. Кавецкий // Средства порошкового пожаротушения: сб. науч. тр. ВНИИПО МВД СССР. – М., 1989.- С.101-109.
4. Порошковый огнетушитель. А.с. 1496807, МПК⁴ А62С 13/24, заявл. 30.07.1987, опубл. 30.07.1989, бюл. №28.
5. Ивченко А.И. Порошковый автоматический огнетушитель /А.И. Ивченко, И.Ф. Дикинштейн, Н.С. Яковлева, А.П. Черников // Тактика ведения горноспасательных работ и оснащения ВГСЧ: сб. науч. тр., ВНИИГД. – Донецк, 1987. – С.101-109.
6. Моисейцев Э.А. Автоматический порошковый огнетушитель ОПШ-20-А / Э.А. Моисейцев, Г.Е. Моисеенко, И.Ф. Дикинштейн // Уголь Украины. – 1989. – №3. – С.39-40.
7. Мамаев В.В. Параметры газоаккумулятора автоматического порошкового огнетушителя / В.В. Мамаев, И.Ф. Дикинштейн, А.А. Пилипенко // Горноспасательное дело. – 2012. – Вып.49. – С.90-98.
8. Алексеенко С.А. Повышение эффективности противопожарной защиты тупиковых горных выработок / С.А. Алексеенко, А.А. Пилипенко // Межотраслевой специализированный журнал «Безопасность объектов топливно-энергетического комплекса», М.: РИА «Индустрия безопасности», 2012, №1 (1). – С.115-117.
9. Пат.82118 Україна, МПК⁸ А62С 13/62 (2006.01). Порошковый вогнегасник / Пилипенко А.А., Алексеенко С.О., Булгаков Ю.Ф., Дікінштейн І.Ф.; заявник і власник ДВНЗ «НГУ». – u201300032, заявл.02.01.2013; опубл. 25.07.2013. Бюл.14.
10. Алексеенко С.А. Автоматический газоаккумуляторный порошковый огнетушитель для тушения пожаров в тупиковых выработках / С.А. Алексеенко, А.А. Пилипенко, В.Г. Марченко // Пожарная автоматика. Ежегодный журнал-каталог для профессионалов, М.: РИА «Индустрия безопасности», 2013. – С.90-94.
11. Мамаев В.В. Нестационарные процессы тепломассопереноса в тупиковой выработке при экзогенном пожаре / В.В. Мамаев, А.А. Пилипенко, С.А. Алексеенко // Техногенні катастрофи: моделі, прогноз, запобігання: матеріали 3-й міжнар. наук.-техн. конф. 22-24 трав 2013 р: м. Дніпропетровськ. Д: - Національний гірничий університет, 2013. – С. 124-131.
12. Пилипенко А.А. Процесс образования образования огнетушащей концентрации порошка в призабойном пространстве при эжекционно-рециркуляционной схеме проветривания / А.А. Пилипенко, И.Ф. Дикинштейн, С.А. Алексеенко // ISSN 2071-2227, Науковий вісник НГУ №4, 2012. – С.133-137.