

УДК 622.235

Ю. А. Масаев, А. И. Копытов, В. В. Першин

## НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

В основе своей принцип действия современных взрывчатых веществ (ВВ) заключается на необратимом химическом превращении одного вещества (индивидуальное ВВ) или на реакции взаимодействия двух или более компонентов (смесевые ВВ).

Такие быстро протекающие реакции сопровождаются высокой температурой и выделением большого количества тепла. В свою очередь, сами составы ВВ имеют повышенную чувствительность к тепловым и механическим воздействиям, что обуславливает выполнение определенных требований по обращению с ними. Поэтому эффективность и безопасность взрывных работ в шахтах во многом зависит от правильного выбора ВВ для конкретных условий и выполнения всех требований по их применению.

Использование ВВ для отбойки горных пород в угольных шахтах сопровождается цепью таких негативных проявлений, как воспламенения горючей или взрывоопасной атмосферы горных выработок - смеси метана с воздухом или с угольной пылью, или их сочетанием.

На всем протяжении применения ВВ происходили аварии с различными по тяжести последствиями, особенно тяжелые катастрофы произошли в начале XX века, когда о предохранительных ВВ не было понятия, а применяли, в основном, динамиты.

При участии в этом процессе угольной пыли последствия еще более усугубляются, поскольку такой взрыв приводит к значительному разрушению горных выработок и, как следствие, к возможной гибели людей.

Оценка приемлемости ВВ для угольных шахт была основана в 1910 году профессором А. А. Скочинским, которым была разработана и предложена методика их проверки на предохранительность (ранее термин - антигрязность) для конкретных условий угольных шахт.

За прошедший период, практически до конца XX века эта методика совершенствовалась учеными МакНИИ (Украина) и ВостНИИ. В результате проведенных исследований этими институтами были разработаны технические требования к предохранительным ВВ в зависимости от условий их применения и нормативные документы на методы их испытаний.

В настоящее время в угольных шахтах используются предохранительные взрывчатые вещества, которые можно подразделить на две группы - аммиачно-селитренные, в которых сенсibilизатором является тротил, и нитроэфирсодержащие

- на основе смеси нитроэфиров. Отмечаем, что при традиционной компоновке состава ВВ процесс взрывчатого превращения идет при температуре, превышающей температуру воспламенения метановоздушной смеси. Однако, учитывая период индукции реакции окисления метана, наличие в зоне реакции ингибиторов этого процесса, массовую долю пламегасителей в составе ВВ и ряд других факторов, управление ими позволяет разрабатывать и иметь составы, обеспечивающие с достаточной степенью надежности требуемый уровень предохранительных свойств для конкретных условий применения ВВ.

Согласно действующей в России классификации, все ВВ промышленного назначения в зависимости от условий применения делятся на VII классов, из них к предохранительным относятся ВВ III-VII классов, которые по взрывчатым и предохранительным свойствам должны удовлетворять соответствующим техническим требованиям.

К первой группе относятся ВВ III класса - аммонит АП-5ЖВ и ВВ IV класса - аммониты ПЖВ-20 и Т-19. Ко второй группе относятся ВВ V класса - угленит Э-6 и VII класса - ионит, монозаряды МЗВ-2М. Взрывчатые вещества VI класса в настоящее время в России вообще не выпускаются.

Уровень безопасности указанных ВВ III и IV классов достигается за счет использования в качестве пламегасителя солей щелочноземельных металлов, совмещающих теплопоглощающие свойства с ингибирующей способностью по отношению к реакции окисления метана.

Количество этих солей в составе ВВ ограничено сочетанием уровня безопасности по предохранительным свойствам с эффективностью их действия. Безопасность применения таких ВВ должна обеспечиваться количеством воспламененной метановоздушной смеси не более 50 % при их испытании в канальной mortире.

Более высокого уровня предохранительности составов ВВ на основе тротила достичь не представляется возможным, поскольку увеличение доли содержания пламегасителя, даже при использовании солей ионообменного типа, приводит к значительному снижению детонационной способности, вплоть до ее полной потери.

К предохранительным взрывчатым веществам V и VI классов применяются более жесткие требования. Они не должны воспламенять метановоздушную смесь при испытаниях в опытном штреке открытым зарядом, а также в канальной mortире или при взрывании зарядов в уголковой mortире, имитирующей возможное боковое обнажение ко-

лонкового заряда.

При использовании тротила в качестве сенсibilизатора достичь такого уровня предохранительности для этих ВВ не представляется возможным, поэтому в их состав входят смеси жидких нитроэфиров.

Однако практика применения ВВ в угольных шахтах свидетельствует, что несмотря на разработку ряда составов предохранительных ВВ, средств беспламенного взрывания, гидровзрывания, совершенствование и разработку новых конструкций забойки, способов инертизации взрывоопасной атмосферы, аварийные ситуации при взрывных работах продолжают иметь место. Результаты расследования аварий в угольных шахтах, имевших место при производстве взрывных работ, показали, что основными причинами их являются склонность применяемых штатных предохранительных ВВ к слеживанию и к выгоранию, особенно при короткозамедленном взрывании комплекта шпуровых зарядов.

Порошкообразная структура компонентов таких ВВ и их компоновка по принципу обеспечения безопасности путем снижения детонационных характеристик до предельных значений создает вероятность перехода детонации в режим взрывного горения.

Стендовые исследования, проведенные МакНИИ и ВостНИИ, подтверждали эти недостатки предохранительных аммонитов и угленитов, которые могли быть наиболее вероятной причиной воспламенения взрывоопасной метановоздушной смеси. Анализ случаев воспламенения метана, имевших место при производстве взрывных работ в очистных и подготовительных забоях шахт СНГ, расположенных в европейской части, был проведен МакНИИ за период 1966-1992 гг.

В результате этого анализа было установлено следующее [1]. С применением для взрывных работ аммонитов Т-19, ПЖВ-20, угленитов Э-6, П12ЦБ произошло 30 аварий из-за воспламенения метановоздушной смеси с тяжелыми последствиями. Причем 53,3 % воспламенений метана произошло при использовании взрывчатых веществ IV класса - аммонитов ПЖВ-20 и Т-19. При применении угленита Э-6 произошло 23,4 % аварий, а угленита П12ЦБ - около 7 % аварий. Как было установлено, основными причинами воспламенения метановоздушной среды являлись: выгорание шпуровых зарядов ВВ, прорыв высокотемпературных продуктов взрыва через трещины в угольном массиве и, в основном, раскаленные твердые частицы ВВ.

Учитывая негативный опыт применения склонных к выгоранию предохранительных ВВ, на Украине с 2002 г. запретили применение аммонитов ПЖВ-20, Т-19, угленита Э-6 и начали создавать более безопасные предохранительные ВВ.

Отмечаем, что в России в последние годы отсутствует интерес угледобывающих предприятий

к новым разработкам в части совершенствования предохранительных ВВ [2]. Это можно объяснить тем, что владельцы угольных шахт не считают своей задачей финансирование таких разработок, учитывая снижение объемов потребления ВВ, а также усложнением системы допуска к применению новых составов.

В то же время статистика аварийных ситуаций за последние годы на шахтах Кузбасса показывает следующее.

В январе 2007 г. на шахте «Им. Ленина» (УК «Южкузбассуголь») от взрыва остатков патрона аммонита АП-5ЖВ в неразрушенной части шпура, при воздействии на которые пики отбойного молотка пострадали два человека.

Аналогичный случай произошел в феврале 2007 г. на шахте «им. Дзержинского» УК «Прокопьевскуголь». Во время контрольной проверки качества выполненных взрывных работ в породном забое произошел взрыв отказавшего шпурового заряда аммонита ПЖВ-20.

Предположительно, эта работа выполнялась проходчиком, для чего он, не убирая отбитую породу, использовал ручное сверло. Об этом свидетельствует время аварии (конец смены) и состояние найденной буровой штанги (она была загнута со стороны коронки примерно на 50 см).

Это результат контакта бурового инструмента с патроном ВВ в шпуре или в «стакане». Не исключено также, что заряд мог находиться и в отбитой горной массе.

Наиболее вероятными причинами, по которым могли возникнуть отказы ВВ в этих ситуациях:

- низкое качество аммонита или близкое расстояние между шпурами (менее 40 см), что при короткозамедленном взрывании могло привести к переуплотнению аммонита и его отказу;
- наличие пересыпок между патронами в виде породной пробки длиной более 1 см или воздушного зазора - более 5 см;
- неудовлетворительное качество электродетонатора (ЭД) или взрывного прибора;
- нарушение изоляции на концевых проводах ЭД при их контакте со стенками шпура (в месте расположения петли проводов ЭД на патроне), приводящее к его шунтированию и отключению от взрывной сети.

Такие отказы наиболее характерны для породных забоев. Особенно это проявляется при использовании изношенной коронки, при средних или меньших против нормы диаметрах шпуров. При нарушении изоляции проводов, как следствие, имеет место утечка тока и несрабатывание воспламенительной головки ЭД. Причем, срабатывание такого оставшегося ЭД при механическом воздействии на него могло привести к инициированию аммонита даже в уплотненном состоянии.

В свою очередь отмечаем, что используемый аммонит имеет повышенную чувствительность к

механическим воздействиям. По данным ГОСТ 21982-76, их чувствительность к удару по стандартной методике составляет до 36-48 % взрывов. Причем отказавший аммонит сохраняет эти свойства.

В 2008 г. произошла вспышка метана на шахте «Им. Ворошилова» УК «Прокопьевскуголь» при взрывных работах по подготовке очистного забоя, отработываемого системой ПШО; травмировано семь человек.

В 2009 г. в Кузбассе при взрывных работах произошли аварии:

- на шахте «Им. Дзержинского» УК «Прокопьевскуголь» при разбучивании углеспусковой печи взрывным способом 22.02.2009 г. произошла вспышка метана, при этом травмировано три человека, в том числе двое смертельно.

- на строящейся шахте «Распадская-Коксовая» после производства взрывных работ для проведения выработки 21.04.2009 г. произошло возгорание угольного массива.

- на шахте «Киселевская» при разбучивании углеспусковой печи взрывным способом в мае 2009 г. произошла вспышка метана, при этом пострадало шесть человек.

- на шахте «Им. Ворошилова» в сентябре 2009 г. произошло забучивание и накопление метана взрывчатой концентрации в тупиковой части углеспусковой печи № 9 с I выемочного штрека до II выемочного штрека пласта VI - Внутренний с кварцшлага № 26-север горизонта - 40 м. Несанкционированное ведение взрывных работ и применение для разбучивания углеспусковой печи ВВ и источника тока для инициирования электродетонатора, не допущенных для этого вида работы, привело к воспламенению этого объема смеси. В результате получили травмы горнорабочие (пять человек), которые находились на расстоянии от 8 до 50 м от места взрыва, против 150 м согласно Единым правилам безопасности при взрывных работах.

Аналогичные аварийные ситуации периодически возникали и ранее. Имеют они место и в настоящее время на шахтах Кузбасса. Объясняется это тем, что нарушаются проектные решения углеспусковых выработок за счет их проведения меньшим сечением, высокопредохранительные ВВ VII класса (монозаряды МЗВ-2М, нонит) для этих целей имеют недостаточную мощность. В то же время анализ указанных аварий свидетельствует о том, что наряду с несовершенством используемых ВВ условиям применения, значительную долю занимает так называемый человеческий фактор.

При этом участились случаи аварий из-за нарушения действующих инструкций по способам обеспечения безопасности горных работ. На этом основании принято решение передачи взрывных работ на шахтах этого региона независимой подрядной организации. Совершенствование предо-

хранительных ВВ в России за последние годы ведется по двум направлениям. Одним из направлений является разработка составов новых ВВ традиционной рецептуры на основе смеси нитроэфиров. Взамен угленита Э-6 ФГУП ФНПЦ «Алтай» было разработано высокопредохранительное ВВ V класса - угленит М, предназначенный для взрывных работ в угольных шахтах, опасных по газу и пыли всех категорий, а также на пластах, опасных по внезапным выбросам угля и газа, за исключением их вскрытия.

Шахтные испытания угленита М показали, что он устойчиво детонирует в шпуровых зарядах массой от 0,4 до 2,0 кг при групповом короткозамедленном взрывании. По сравнению с угленитом Э-6 он имеет следующие преимущества: коэффициент использования шпура увеличился на 11,7 %, удельный расход на бурение уменьшился на 17,9 %, удельный расход ВВ уменьшился на 28,7 %, содержание вредных газов в продуктах взрыва не превышает допустимых концентраций.

В настоящее время обе марки этих угленитов востребованы угольными шахтами. Другим, принципиально новым направлением является разработка предохранительных эмульсионных ВВ. В их основу положены зарубежные аналоги и несколько модификаций отечественных ВВ под общим названием «порэмиты», разработанных головной организацией по этому виду продукции - ГосНИИ «Кристалл». Стендовые и производственные испытания порэмитов показали их преимущества перед другими ВВ аналогичного назначения - низкую чувствительность к внешним, в том числе к механическим воздействиям, высокую водоустойчивость, низкую газовую вредность, хорошую восприимчивость к детонационному импульсу. Показатели эффективности действия таких ВВ находятся на уровне аммонитов IV класса.

В 2009 г. были продолжены испытания в производственных условиях порэмита ПП-IV-36 - патронированного предохранительного водоэмульсионного ВВ IV класса. Опытные партии этого ВВ изготовлены ФКП «Бийский олеумный завод», испытания проводит ОАО «Ольжерасское шахтопроходческое управление» при проведении наклонных стволов, в том числе при пресечении угольных пластов.

Предварительные результаты этих испытаний свидетельствуют о приемлемости такого состава для производственных условий и его соответствии показателям безопасности. В этом же направлении по предложению «Межведомственной комиссии по взрывному делу при АГН» для взрывных работ в угольных шахтах, опасных по газу и пыли, была разработана конструкция порэмитного предохранительного монозаряда с ингибитором МППИ-IV(V)-36.

В качестве ВВ в заряде использовано также водоустойчивое предохранительное эмульсионное

ВВ IV класса - порэмита ПП-IV-1. Такой монозаряд представляет собой сборную конструкцию, состоящую из самого ВВ и пластичного забоечного состава (ингибитора) ПЗС-2К, размещенных раздельно в полиэтиленовых оболочках с наружным диаметром 36 мм. Между собой оболочки с эмульсионным ВВ и забойкой соединяются стыковочной муфтой. Ингибиторный состав ПЗС-2К при взрыве расплывается и создает в призабойном пространстве инертную атмосферу, предупреждая воспламенение метановоздушной смеси и одновременно эффективно связывает ядовитые про-

дукты взрыва, создавая более благоприятную атмосферу в забое выработки. По сравнению с эмульсионными ВВ, применяемыми на открытых работах с гарантийным сроком хранения всего 6-8 суток и имеющими в своем составе в качестве сенсibilизатора газогенерирующую добавку, у порэмита ПП-IV-1 применяется микросфера МС-В, и гарантийный срок хранения таких монозарядов составляет 6 месяцев.

В настоящее время монозаряд МППИ-IV(V)-36 находится на стадии приемочных испытаний в производственных условиях.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Джигрин А. В., Горлов Ю. В., Горлов К. В. Состояние и перспективы применения на угольных шахтах России предохранительных ВВ. / Сб. Взрывное дело. Вып. № 95/52, Москва, 2005, с. 4249.
2. Колганов Е. В., Соснин В. А., Илюхин В. С. Состояние и перспективы развития предохранительных взрывчатых веществ. / Сб. Взрывное дело, вып. № 98/55, Москва, 2007, с. 150 -165.

□ Авторы статьи:

Масаев  
Юрий Алексеевич,  
канд. техн. наук, проф.  
каф. «Строительство подземных  
сооружений и шахт» КузГТУ,  
т. 39-63-78.

Копытов  
Александр Иванович,  
докт. техн. наук, проф. каф.  
«Строительство подземных со-  
оружений и шахт» КузГТУ,  
т. 39-63-78.

Першин  
Владимир Викторович,  
докт. техн. наук, проф. зав. каф.  
«Строительство подземных со-  
оружений и шахт» КузГТУ,  
e-mail: L01bdv@yandex.ru

УДК 622.235

А. И. Копытов, В. В. Першин, Ю. А. Масаев

### НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БЕЗОПАСНОЙ РАЗРАБОТКИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В УСЛОВИЯХ КУЗБАССА

Разработка рудных месторождений в значительной степени отличается от угольных месторождений, как по условиям залегания рудных тел и физико-механическим свойствам вмещающих пород, так и по технологичности их выемки.

Значимость добычи, в частности железосодержащих руд, как в нашей стране, так и в зарубежных странах очень велика и масштаб их зап-

сов в земной коре весьма огромен.

В нашей стране прогнозные запасы железных руд по состоянию на 1 января 1991 г. составляли 256,3 млрд. т, из них богатых со средним содержанием железа 57-58 % – 33 млрд. т.

В Кузбассе по состоянию на 01.01.2003 г. прогнозные запасы железных руд составили 3240 млн. т, а балансовые запасы на 01.01.2006 г. со-

Таблица 1. Балансовые запасы рудных месторождений Кузбасса

№ п/п	Месторождения	Категория запасов, количество, млн. т		Содержание железа, %
		A + B + C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	
1	Шерегешевское	A + B + C <sub>1</sub> – 158,7	C <sub>2</sub> – 14,5	35,83
2	Таштагольское	A + B + C <sub>1</sub> – 424,1	C <sub>2</sub> – 296,5	45,47
3	Кочуринское	A + B + C <sub>1</sub> – 59,1	C <sub>2</sub> – 25,4	41,11
4	Сухаринское	B + C <sub>1</sub> – 2,8	C <sub>2</sub> – 0,08	45,8
5	Кедровское	B + C <sub>1</sub> – 4,0	C <sub>2</sub> – 0,4	32,4
6	Самарское	B + C <sub>1</sub> – 3,7	C <sub>2</sub> – 1,1	44,2
7	Казское	A + B + C <sub>1</sub> – 63,9	C <sub>2</sub> – 25,4	42,2
8	Ампальское	B + C <sub>1</sub> – 181,9	C <sub>2</sub> – 20,1	33,1
9	Лавреновское	C <sub>1</sub> – 17,9	C <sub>2</sub> – 50,2	43,2
10	Ташелгинское	B + C <sub>1</sub> – 65,6	C <sub>2</sub> – 2,1	33,71
<b>ИТОГО</b>		<b>981,7</b>	<b>435,78</b>	
<b>ВСЕГО</b>		<b>A + B + C<sub>1</sub> + C<sub>2</sub> – 1417,48</b>		