

## ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ НА ДРОБИЛЬНО-СОРТИРОВОЧНОЙ ФАБРИКЕ

Жмурова Т. М.

Научный руководитель Тимофеева С. С., д-р техн. наук, профессор  
ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный технический университет»

Под профессиональным риском понимают вероятность повреждения (утраты) здоровья или смерти застрахованного, связанная с исполнением им обязанностей по трудовому договору (контракту) и в иных случаях, установленных Федеральным законом от 24 июля 1998 г. № 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний».

В настоящей работе выполнена оценка профессиональных рисков для работников, осуществляющих свою трудовую деятельность на дробильно – сортировочной фабрике ООО «КНАУФ ГИПС БАЙКАЛ» п. Новонукутский.

Дробильно-сортировочная фабрика предназначена для дробления и сортировки, хранения и реализации гипсового камня.

Основными профессиями на дробильно – сортировочной фабрики являются: мастер участка, грохотовщик, сортировщик, машинист конвейера, грузчик гипсового камня, слесарь по ремонту технологических установок и машинист дробительной установки.

В настоящее время для оценки степени соответствия состояний условий труда нормативными значениями предложена и используется система специальных баллов.

Чем выше балл, тем больше несоответствие состояния условий труда по данному фактору действующих норм и тем больше опасное и вредное его действие на организм.

Приняв, что все факторы производственной среды действуют независимо друг от друга, ПС будем иметь:

$$R_{nc} = 1 - \prod_{i=1}^n S_{nci},$$

где  $n$  – число учитываемых факторов среды;  $S_{nci}$  – уровень безопасности по  $i$ -му фактору производственной среды, который может быть определен:

$$S_{nci} = \frac{(x_{mak} + 1) - x_i}{x_{mak}},$$

где  $x_{mak}$  – максимальная балльная оценка, принимается в соответствии с методикой НИИ труда –  $x_{mak}=6$ ;  $x_i$  – балльная оценка по  $i$ -му фактору среды по классу условий труда в соответствии с Р 2.2.2006-05.

Величина  $S_{nc} = \prod_{i=1}^n S_{nci}$  определяет обобщенный уровень безопасности производственной среды, отнесенная к трудовому стажу.

Для каждого рабочего места необходимо рассчитать уровень безопасности по каждому опасному фактору производственной среды, т.е. по факторам, имеющий класс условий труда от 2 до 3.3. Так как баллы устанавливаются в зависимости от класса условий труда, то очевидно что уровень безопасности  $S_{nc}$  будет общим для всех опасных факторов производственной среды с аналогичными классами условий труда.

Для каждого класса условий труда по  $i$ -му неблагоприятному фактору уровень безопасности равен:

$$\text{для класса 2.0 } S_{nc} = \frac{(6+1) - 2}{6} = 0,83$$

$$\text{для класса 3.1 } S_{nci} = \frac{(6+1) - 3}{6} = 0,67$$

$$\text{для класса 3.2 } S_{nci} = \frac{(6+1)-4}{6} = 0,5$$

$$\text{для класса 3.3 } S_{nci} = \frac{(6+1)-5}{6} = 0,33$$

$$\text{для класса 3.4 } S_{nci} = \frac{(6+1)-6}{6} = 0,17.$$

По результатам расчета уровня безопасности по каждому рабочему месту получили следующие значения: мастера участка- 0,26; грохотовщика – 0,058; сортировщика – 0,13; машиниста конвейера – 0,048; грузчика – 0,13; слесаря по ремонту технологических установок – 0,088; машиниста дробительной установки – 0,058.

Расчетные значения уровня профессионального риска по каждому рабочему месту сравниваем с максимально допустимым риском для данного рабочего места, результаты представлены в таблице 1. Это сопоставление необходимо для ранжирования рисков, требующих скорейшего вмешательства и корректировки.

Максимально допустимый уровень риска рассчитывали из условия, что все факторы производственной среды, действующие на работника в процессе трудовой деятельности, доведены до наилучшего уровня. В идеале это классы условий труда по каждому фактору 1.0 и 2.0 за исключением тех факторов, которые не могут быть снижены (улучшены) в связи с особенностью технологического процесса (например, шум от оборудования). Если рабочие снабжены и исправно применяют сертифицированные средства индивидуальной защиты и применяются организационные мероприятия по снижению негативного воздействия согласно п. 5.11.6. Руководства Р 2.2.2006 – 05 класс условий труда может быть оценен как менее вредный на одну ступень, но не ниже класса 3.1.

Таблица 1 – Уровень безопасности и риска получения профессионального заболевания работниками дробильно-сортировочной фабрики

Наименование рабочего места	Обобщенный уровень безопасности $S_{nc} = \prod_{i=1}^n S_{nci}$	Обобщенный уровень риска $R_{nc} = 1 - \prod_{i=1}^n S_{nci}$	Максимально допустимый уровень обобщенного риска	Отклонение обобщенного профессионального риска от максимально допустимого, %
Мастер участка	0,26	0,74	0,74	-
Грохотовщик	0,058	0,94	0,74	0,20
Сортировщик	0,13	0,87	0,74	0,13
Машинист конвейера	0,043	0,96	0,74	0,22
Грузчик	0,13	0,87	0,83	0,05
Слесарь по ремонту технологических установок	0,088	0,91	0,74	0,17
Машинист дробильных установок	0,058	0,94	0,74	0,20

Исходя из вышеизложенной диагностической оценки профессиональных рисков установлено, что наиболее значимым с наибольшим ущербом для здоровья на работников на дробильно – сортировочной фабрике являются такие вредные и производственные факторы, как недостаток освещенности рабочей поверхности, повышенный уровень вибрации, тяжесть трудового процесса, повышенный уровень запыленности и загазованности рабочего места. Таким образом выявлено, что наиболее рисковыми профессиями являются машинист дробильной установки, грохотовщика: отклонение обобщенного профессионального риска от максимально допустимого лежит в интервале 0,22-0,17 %.

## СОЦИАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Казанцев И. П.

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Проблема обеспечения пожарной безопасности вызывает много споров и дискуссий. Традиционно под пожарной безопасностью понимается, прежде всего, состояние объекта, характеризующее возможность предотвращения возникновения и развития пожара, а также воздействие на людей и имущество опасных факторов пожара.

Статистика пожаров по России показывает, что 80 % пожаров происходит в жилье. Здесь же гибель и травматизм людей от дыма и огня составляет 9 случаев из 10. По данным Центра пожарной статистики КТИФ на 1 миллион человек в России при пожарах погибает более 100 человек, что в 6 раз больше, чем в США. При этом количество пожаров в год на 1 миллион человек по России составляет около 2000. Основными причинами пожаров в быту являются: неосторожное обращение с огнем при курении и приготовлении пищи, использование электробытовых приборов, теле-, видео- и аудиотехники не адаптированных к отечественной электросети или неисправных, проведение электрогазосварочных работ при ремонтных работах в квартирах, детская шалость с огнем и некоторые другие, в том числе и деятельность коммерческих структур работающих с нарушениями правил пожарной безопасности.

В современных условиях пожарная безопасность зависит не только от служб спасения, но и от ряда таких факторов как экономика страны и её конкурентоспособность, благосостояния граждан и их умонастроения.

За средства пожарной безопасности нужно платить, а за экономию на них – расплачиваться. Но, как правило, отечественные предприниматели стараются минимизировать затраты на противопожарные мероприятия, ибо надеются на русский «авось», либо считают требования правил пожарной безопасности необоснованно жесткими. В то же время известно, что не менее половины фирм-производителей в США, Великобритании и других государствах прекращают существование в течение короткого времени после пожаров. Причина тому «большая» конкуренция. За рубежом требования к противопожарной защите производства, зачастую, жестче, чем в России, но те, кто их выполняет, надежно защищены от «красного петуха» и при этом не разоряются. Хотя опыт развитых стран, непосредственно, не применим в наших условиях, свое отношение к противопожарной защите следовало бы рассматривать, учитывая мировой опыт. Задача оснащения производства противопожарным оборудованием с большими затратами (и при этом с высокой надежностью) вполне решаема.

Главным нормативным документом в «пожарной» области является Федеральный закон №69-ФЗ «О пожарной безопасности». Существует большое количество «противопожарных» документов. Достаточно, чтобы администрация городов и лица, ответственные за пожарную безопасность, были знакомы с требованиями тех документов, которые действуют в настоящий момент.

Категория «пожарная безопасность» как социальное явление рассматривается как деятельность (пожарно-профилактическая работа, подразумевающая получение результата как достижение поставленной цели); как процесс (поэтапное движение освоения комплекса знаний, умений и навыков); как система (выявление исходного уровня навыков и установление зависимости их динамики от факторов и условий).

Можно выявить четыре основные группы навыков (коммуникативные, нормативные, технические, первой помощи), обеспечивающих оптимальные действия при пожаре и соблюдение пожарной безопасности в повседневной жизни. Коммуникативные навыки обеспечивают оптимальный характер взаимоотношений индивида и общества в опасной ситуации и при создании безопасного жизненного пространства. Нормативные навыки формируются как результат знания правил пожарной безопасности, инструкций действий при пожаре и умения их применять на практике. Технические навыки включают в себя обращение с

первичными средствами пожаротушения, безопасного обращения с отопительными и электрическими приборами. Навыки первой помощи складываются из навыков само- и взаимопомощи, индивидуальной и групповой эвакуации.

В структуре навыков пожарной безопасности представлены когнитивный и деятельностный компоненты. Они складываются из усвоения знаний о пожарной безопасности, опасных факторах и причинах возникновения пожаров; принятия этих знаний; включения их в систему ценностей личности (выработка отношения к пожарной безопасности); отработки осознанных операций и действий, способствующих защищенности от пожара; оценки личностью эффективности своих и групповых действий.

Спецификой навыков пожарной безопасности является крайняя сложность проверки их сформированности в условиях реального пожара.

Вопросы исследования состояния пожарной безопасности неизменно остаются актуальными на протяжении многих лет. Это связано, прежде всего, с тем, что ежегодно пожары уносят многие тысячи человеческих жизней, причиняют большой экономический ущерб и часто невосполнимый урон окружающей среде. В настоящее время в России ситуацию с пожарами следует оценивать как достаточно сложную и требующую постоянного внимания со стороны органов государственной власти и управления.

В условиях экономической нестабильности резко усиливает опасность возникновения крупных пожаров, техногенных аварий и катастроф. Особенно уязвимыми в этом отношении являются регионы со сложными инженерными сооружениями (атомными и другими электростанциями, нефте- и газопроводами, транспортными системами), потенциально опасными производствами и крупными промышленными объектами.

Обеспечение пожарной безопасности объектов, безопасности людей при пожарах становится все более важным при решении широкого круга экономических, социальных и экологических проблем. Государство каждый год вынуждено выделять значительные средства на разработку и выполнение профилактических мероприятий, содержание противопожарной службы. Однако, несмотря на финансовые, трудовые и материальные затраты на обеспечение пожарной безопасности потери от пожаров сохранили тенденцию к росту.

Известно, что важное место в системе безопасного и устойчивого развития России занимает проблема обеспечения пожарной безопасности отдельных регионов и субъектов Российской Федерации. Поэтому стратегия развития городов и регионов должна учитывать и существующие проблемы пожарной безопасности.

Необходим поиск новых подходов к решению проблем пожарной безопасности, поиска новых путей более эффективного использования выделяемых средств.

Безотлагательного решения на уровне федеральных органов исполнительной власти, органов государственной власти субъектов РФ и местного самоуправления требуют вопросы, направленные на укрепление пожарной безопасности в стране.

## ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Семёнова Е. В.

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

### **Нормативное правовое регулирование в области пожарной безопасности.**

Нормативное правовое регулирование в области пожарной безопасности представляет собой принятие органами государственной власти нормативных правовых актов по пожарной безопасности. С принятием в 1994 году федерального закона «О пожарной безопасности» законодательство в области пожарной безопасности оформилось в самостоятельную отрасль законодательства Российской Федерации, представляющую собой пирамиду, «вершиной» которой является федеральный закон «О пожарной безопасности».

Закон определил общие правовые, экономические и социальные основы обеспечения пожарной безопасности в Российской Федерации, регулирует в этой области правоотношения между органами государственной власти, органами местного самоуправления, организациями, то есть предприятиями, учреждениями, иными юридическими лицами (в том числе иностранными), независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности, а так же гражданами, то есть должностными лицами, индивидуальными предпринимателями, гражданами Российской Федерации, иностранными гражданами, лицами без гражданства.

С введением в действие федерального закона «О пожарной безопасности» началась активная работа по ведомственному нормотворчеству. Закон – нормативный правовой акт прямого действия, его нормы регулируют общественные отношения непосредственно. Вместе с тем, нормы закона носят общий, декларативный характер и нуждаются в конкретизации и детализации.

Поэтому в развитие положений федерального закона «О пожарной безопасности» были приняты ведомственные нормативные правовые акты, в которых разработаны механизмы реализации норм федерального закона.

Кроме принятия нормативных правовых актов, ведомственное нормотворчество включает в себя и принятие нормативных документов по пожарной безопасности, в которых устанавливаются обязательные для исполнения требования пожарной безопасности.

Законодательство в области пожарной безопасности претерпевает изменения, учитывая реалии сегодняшнего дня. В последние годы приняты новые нормативные правовые акты (Трудовой кодекс, Кодекс об административных правонарушениях, Уголовно-процессуальный кодекс, федеральные законы «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при проведении государственного контроля (надзора), «О государственной регистрации юридических лиц», «О техническом регулировании» и др.), вносятся изменения и дополнения в существующие НПА. И ведомственная нормативная правовая база в связи с этим постоянно совершенствуется.

Указом Президента РФ от 9.11.2001 № 1309 «О совершенствовании государственного управления в области пожарной безопасности» была изменена подведомственность Государственной противопожарной службы: она была передана в Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий.

Создание государственной спасательной службы требует тщательной правовой регламентации всех аспектов ее деятельности, создания единой законодательной и нормативной правовой базы, и, в первую очередь, основополагающих организационных документов.

25 июля 2002 г. был принят федеральный закон «О внесении изменений и дополнений в некоторые законодательные акты Российской Федерации в связи с совершенствованием государственного управления в области пожарной безопасности» № 116-ФЗ. Этот закон вносит изменения в 39 законодательных актов, регулирующих вопросы обеспечения пожарной

безопасности, порядок прохождения службы сотрудниками ГПС, пенсионного обеспечения, правовой и социальной защиты сотрудников ГПС и др.

Существенные правки в закон «О пожарной безопасности» внёс Федеральный закон от 22 августа 2004 г. № 122-ФЗ «О внесении изменений в законодательные акты Российской Федерации...», в т. ч. отмена ряда статей (14, 15, 17, 28, 35, 36, 42).

Таким образом, нормотворческий процесс находится в постоянном развитии.

**Система обеспечения пожарной безопасности.** В федеральном законе «О пожарной безопасности» прописано:

«Обеспечение пожарной безопасности является одной из важнейших функций государства». Для выполнения этой функции в Российской Федерации создана система обеспечения пожарной безопасности (ст. 3 федерального закона «О пожарной безопасности»).

Система обеспечения пожарной безопасности - совокупность сил и средств, а также мер правового, организационного, экономического, социального и научно-технического характера, направленных на борьбу с пожарами.

Основными элементами системы обеспечения пожарной безопасности являются органы государственной власти, органы местного самоуправления, предприятия, граждане, принимающие участие в обеспечении пожарной безопасности в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Основные функции системы обеспечения пожарной безопасности:

- нормативное правовое регулирование и осуществление государственных мер в области пожарной безопасности;
- создание пожарной охраны и организация ее деятельности;
- разработка и осуществление мер пожарной безопасности;
- реализация прав, обязанностей и ответственности в области пожарной безопасности;
- проведение противопожарной пропаганды и обучение населения мерам пожарной безопасности;
- содействие деятельности добровольных пожарных и объединений пожарной охраны, привлечение населения к обеспечению пожарной безопасности;
- научно-техническое обеспечение пожарной безопасности;
- информационное обеспечение в области пожарной безопасности;
- осуществление государственного пожарного надзора и других контрольных функций по обеспечению пожарной безопасности;
- производство пожарно-технической продукции;
- выполнение работ и оказание услуг в области пожарной безопасности;
- лицензирование деятельности (работ, услуг) в области пожарной безопасности и сертификация продукции и услуг в области пожарной безопасности;
- противопожарное страхование, установление налоговых льгот и осуществление иных мер социального и экономического стимулирования обеспечения пожарной безопасности;
- тушение пожаров и проведение связанных с ними первоочередных аварийно-спасательных работ;
- учет пожаров и их последствий;
- установление особого противопожарного режима среды от возможных трагических последствий.

## УСТРОЙСТВО ПОЖАРОТУШЕНИЯ BONPET

Серебрякова А. А., Звонарев Е. А.  
ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

В 1953 году, после 15 лет сложнейших научных исследований, японским ученым-профессором в области химии Джиро Ниизума была синтезирована органическая жидкость с уникальными свойствами, способная ликвидировать пожар в любой стадии возгорания. Данное огнетушащее вещество получило название – BONPET.

BONPET – огнетушащее вещество с комбинированным способом воздействия на очаг пожара. Комбинированное воздействие заключается в лавинообразном охлаждающем эффекте, исключающем тлеющие очаги, интенсивном вытеснении кислорода из зоны горения, оставляя количество необходимое для жизнедеятельности человека и образовании на поверхности потушенного очага специальной пленки, препятствующей повторному возгоранию в течение 24 ч. Огнетушащий состав BONPET является абсолютно экологически безопасным веществом.

Устройство пожаротушения «BONPET» предназначено для тушения пожаров классов А, В, С и Е, в качестве автономного средства, вместо переносных огнетушителей или дополнительно к ним в замкнутых помещениях.

Устройство BONPET представляет собой герметичную стеклянную ампулу, выполненную из травмобезопасного стекла и заполненную специальной жидкостью BONPET. При пожаре, по мере возрастания температуры, в ампуле с жидкостью BONPET начинается реакция. В результате, внутри ампулы возрастает давление. Когда температура жидкости достигает 90 °С, ампула разрушается и распыляет содержимое над очагом пожара. При этом часть жидкости переходит в газообразную фазу. Огнетушащая жидкость воздействует на зону горения комбинированным способом – создается охлаждающий эффект и вытесняется кислород из очага пожара. На потушенной поверхности образуется тонкий слой пленки, который препятствует повторному возгоранию. Данная пленка легко удаляется при помощи влажной тряпки, но даже если этого не сделать она полностью разлагается через 24 часа.

BONPET успешно тушит:

- твердые и мягкие породы дерева, сухую траву, пиломатериалы, деревянные обшивки, а также все остальные изделия из дерева, все типы ткани, одежду, обувь и бумажные изделия, прессованную бумагу; резиновые и целлулоидные изделия;
- все типы пластмассовых материалов и т. п.; бензин, легковоспламеняющиеся жидкости, керосин, краски, лаки, спирты, химикаты и минеральные масла; животные жиры и растительные масла; электроустановки с напряжением до 36 кВ; газы (природный газ, воспламеняющиеся пары пропан-бутана).

Устройство пожаротушения BONPET обладает множеством достоинств:

- Локальный, объемный способ пожаротушения.
- Автономное срабатывание без присутствия человека.
- Энергонезависимость (ампулы срабатывают без внешнего источника питания).
- Многофункциональность, возможность использования в автономном и автоматическом режиме, а так же в виде противопожарной гранаты и смачивателя для пожаротушения.
- Высокая эффективность при сравнительно низкой стоимости. Быстрый выброс огнетушащего вещества (от 0,3 до 0,5 с) обеспечивает ампулам высокую эффективность пожаротушения.
- Простота монтажа и снижение эксплуатационных затрат. Монтаж устройств BONPET и систем на их основе не требует специальной подготовки монтажников и осуществляется обычным инструментом. В течение всего срока службы устройства подвергаются лишь внешнему осмотру (1 раз в год).
- Безопасность хранения и надежность срабатывания. Устройства BONPET в обычном состоянии характеризуются отсутствием внутреннего избыточного давления. Тем самым

устраняются такие беспокоящие факторы, как «травление» или угроза взрыва при нагревании, и увеличивается процент безошибочного срабатывания.

– Великолепная эргономика и качество изготовления. Устройство изготовлено из богемского стекла. Возможен подбор ампулы в цветовом исполнении, которое подходит под дизайн помещения. Каждая ампула после производства проходит лазерный контроль на наличие микротрещин. Затем их погружают в емкость заполненную водой и прогревают в ней до 70°C, проверяя стабильность реакции химического состава. Таким образом, процент брака продукции выходящей с завода сводится к нулю, что дает возможность подтверждения безотказности изделий BONPET не только производителем, но и ведущими мировыми страховыми компаниями.

– Возможность учета архитектурной концепции возводимых объектов. При размещении на объекте занимают небольшую вспомогательную площадь, требуют минимальных финансовых и трудовых затрат на строительно-монтажные работы.

Рекомендуемые объекты установки: в квартирах, в жилых домах и офисных помещениях, в театрах, музеях, на почте, в банках и архивах, в автомашинах, судах, поездах и самолетах, в складах, производственных цехах и туннелях, в общеобразовательных учреждениях и детских садах, в серверных помещениях, в котельных, бойлерных, лакировочных камерах, сушильных камерах и покрасочных камерах, объектах нефтегазовой промышленности, производствах вспененных горючих материалов, с наполнением аэрозолями горючими вытесняющими газами и т. п. Ампулу с жидкостью можно использовать как огнетушитель, забрасывая ее в очаг возгорания. Также жидкость BONPET можно использовать в спринклерных установках в качестве разбавителя для повышения эффективности тушения. В настоящее время в числе наиболее перспективных направлений по противопожарной защите объектов различного назначения является применение модульных установок пожаротушения (МУП) созданных на основе принципа тонкого распыла. Особенно актуально применение МУП на объектах, где требуется высокая эффективность тушения, имеются ограничения по водоснабжению и актуальна минимизация ущерба от проливов воды. МУП «БОНТЕЛ» имеют возможность защиты одним модулем до 4 зон одновременно, что позволяет в значительной степени сократить экономические затраты. Главное достоинство МУП «БОНТЕЛ»– это способ тушения пожаров, который позволяет быстро ликвидировать пламенное горение практически всех веществ, при минимальной затрате огнетушащего вещества и его максимальной эффективности. Тонкораспыленный состав BONPET, обладает способностью к охлаждению зоны горения ниже температуры воспламенения и уменьшению концентрации реагирующих веществ парами ниже уровня устойчивого горения.

Выводы:

1. Устройство BONPET является средством автономного пожаротушения, не требующего других энергозатрат и присутствия человека.
2. Вещество препятствует возникновению вторичных очагов возгорания.
3. Не наносит вред объектам экономики и человеку.
4. Стоимость устройства сопоставима со стоимостью стандартных огнетушителей.
5. Одним из важных минусов устройства BONPET является малый объем помещения, который может обслуживать одна ампула; высокая температура срабатывания.



## СТЕХИОМЕТРИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ЯДОВИТЫХ ГАЗОВ ПРИ ВЗРЫВЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВВ

Болкисева Е. В.

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Прогноз образования ядовитых газов является одним из оснований для разработки мероприятий по обеспечению безопасности взрывных работ. При прогнозировании процесса газообразования обычно используют стехиометрические реакции, учитывая, что основными компонентами любого типа промышленных взрывчатых веществ (ВВ) являются окислитель, имеющий избыток кислорода, и горючее, представленное соединениями углерода и кислорода. Взрыв этих компонентов представляет собой реакцию окисления горючих компонентов тем кислородом, который имеется в составе окислителя. Безопасным её итогом будет равновесие с образованием нетоксичных высших окислов горючих элементов. Достижение реакцией итогового равновесия непосредственно зависит от соотношения в составе ВВ горючих элементов и кислорода. Обеспеченность состава кислородом характеризуют кислородным балансом (КБ), представляющим собой долю кислорода в 100 г ВВ, выраженную в процентах. При недостатке кислорода КБ будет отрицательным, при избытке – положительным, а при достаточном количестве – нулевым. Общая формула для определения КБ имеет вид:

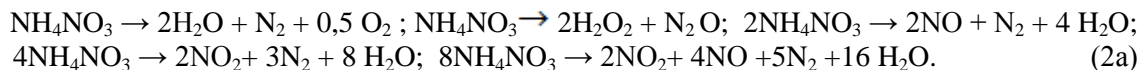
$$\text{КБ} = \{ [d - (2a + b/2)] \cdot A_{\text{O}} / (A_{\text{C}} \cdot a + A_{\text{H}} \cdot b + A_{\text{N}} \cdot c + A_{\text{O}} \cdot d) \} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $A_{\text{C}}$ ,  $A_{\text{H}}$ ,  $A_{\text{N}}$ ,  $A_{\text{O}}$  – атомная масса соответственно углерода, водорода, азота, кислорода;  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  – количество соответственно углерода, водорода, азота, кислорода в составе ВВ согласно его условной химической формуле, моль.

В частности, КБ окислителя (аммиачная селитра, АС):

$$\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow [(3 - 4/2) \cdot 16 / (1 \cdot 4 + 14 \cdot 2 + 16 \cdot 3)] \cdot 100 = 20\%, \quad (2)$$

при стехиометрических реакциях газообразования:

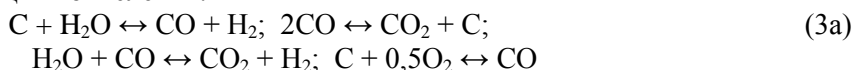


Реакции (3a) показывают, что при положительном КБ токсичные газы представлены ядовитыми оксидами азота.

В качестве горючего в составе ВВ используется в основном тротил (ТНТ). Его КБ:

$$\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3\text{CH}_3 \rightarrow \{ [6 - (2 \cdot 7 + 5/2)] \cdot 16 / (12 \cdot 7 + 1 \cdot 5 + 14 \cdot 3 + 16 \cdot 6) \} \quad (3)$$

при стехиометрических реакциях окисления:



Из формул (3a) видно, что в составе ТНТ кислорода (6 атомов) недостаточно для полного окисления углерода и водорода (необходимо 9,5 атомов). Тогда продукты взрыва могут включать  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{OH}$ ,  $\text{HCN}$ ,  $\text{C}$ ,  $\text{H}_2$ . Такой состав обусловлен спецификой окисления углерода, который сначала образует  $\text{CO}$ . Для превращения  $\text{CO}$  в  $\text{CO}_2$  требуется энергия в 60-80 ккал и тогда кислорода может не хватить для образования оксидов азота. Поэтому при отрицательном КБ основная часть газов (до 75 %) представлена ядовитым оксидом углерода.

Стехиометрические расчеты показывают, что степень опасности ВВ по образованию ядовитых газов может характеризоваться величиной КБ. Безопасной будет смесь компонентов ВВ, если её КБ близок к нулевому. Такое соотношение обеспечивает смесь из 79 % АС и 21 % ТНТ. Ему соответствует два типа промышленных ВВ – граммонит 79/21 и аммонит № 6ЖВ. Однако реально при взрыве этих ВВ ядовитые газы всё равно образуются, т.е. стехиометрические формулы, основанные на идеализации реакций разложения, не отражают реальных условий взрыва.

Например, для аммонита № 6 ЖВ в соотношениях и качестве компонентов ГОСТом допускаются колебания содержания компонентов в пределах  $\pm 1,5\%$ . Из-за этого его КБ может изменяться от  $-1,2$  до  $+1,7\%$ , т.е. по сравнению со стехиометрическим составом может

образоваться до 15-20 л СО и до 2 л оксидов азота. Кроме того, (при одной и той же химической формуле) взрыв аммонита № 6ЖВ с размером частиц АС 0,2-0,5 мм образует в 4,5 раза больше оксидов азота, чем если он содержит частицы селитры менее 0,2 мм.

При стехиометрическом определении возможного состава и количества газообразных продуктов не учитывается также влияние конструкции зарядов и внешней условий протекания реакций. Например, заряд ВВ может быть либо патронированным, либо порошкообразным. Но 1 кг патронированного ВВ, по сравнению с порошкообразным ВВ, вызывает снижение КБ взрывчатой смеси на 0,5 % и увеличивает образование оксида углерода на 10-15 л, что объясняется газификацией парафинированной бумажной оболочки патронов. При этом из зарядной полости выбрасывается не прореагировавший углерод (сажа) и остатки обуглившейся бумаги.

Кроме того, в состав заряда для инициирования взрыва вводятся детонаторы. Как правило, это детонирующий шнур, капсули и тротиловые шашки-детонаторы. Эти средства снаряжаются различными ВВ, но любое из них имеет существенный отрицательный КБ (от – 10 до – 56 %). Хотя доля первичных инициирующих средств в общей массе заряда мала, но при их разложении весь имеющийся кислород расходуется на образование оксида углерода и ядовитых паров тяжелых металлов. При взрыве же только одной тротиловой шашки образуется до 140 л окиси углерода.

Недостатком стехиометрических расчетов является также отсутствие учета условий протекания реакций, тогда как взрывчатое разложение представляет собой сложную многоступенчатую совокупность фазовых метастабильных состояний образующихся газов. Этот фазовый переход означает непрерывное изменение пространственно-временной газодинамической картины протекания реакции под неоднозначным воздействием многочисленных, влияющих на ход реакции факторов. Под их влиянием на определенном этапе может происходить закалка состава газов, а итоговое равновесие с образованием высших окислов, как правило, не достигается. В результате состав продуктов взрыва может включать различные комбинации ядовитых газов: СО, NH<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, HCN, NO, N<sub>2</sub>O и др. окислы азота. На их состав и количество значительное влияние оказывают также и физико-механические свойства разрушаемой среды. Поэтому на практике ВВ с нулевым КБ образуют до 50 л/кг и более ядовитых газов.

Стехиометрические формулы (2а, 3а) отражают только часть уравнений реакций разложения аммиачно-селитренных ВВ. В общем виде реакция может, например, иметь вид:  $C_aH_bN_cO_d \rightarrow n_1H_2 + n_2H_2O + n_3CO + n_4CO_2 + n_5CH_4 + n_6NO + n_7NO_2 + n_8N_2 + n_9NH_3$  (не учитывая ещё возможных соединений H, C и N). Тогда численное значение каждого компонента будет получено при решении системы, как минимум, из девяти уравнений. Решить такую систему уравнений можно только используя методы химической термодинамики. Решение показывает, что в результате взрыва ВВ с нулевым КБ образуется до 11 л/кг СО и до 7 л/кг оксидов азота. Такое расчетное количество ядовитых газов в достаточной степени согласуется с практическими данными.

#### Выводы

1. Несмотря на обеспеченность состава ВВ кислородом для образования нетоксичных газообразных продуктов, в составе последних всегда присутствуют ядовитые газы.
2. Стехиометрические расчеты, не отражая реальных условий взрыва ВВ и не учитывая незавершенность реакций взрывчатого превращения, являются только сравнительной оценкой опасности ВВ по ядовитым газам и не могут служить инструментом прогнозирования состава и количества этих газов.
3. Прогнозирование образования ядовитых газов более адекватно может быть обеспечено при использовании методов химической термодинамики. Термодинамические расчеты в отличие от стехиометрических могут служить основанием для разработки мероприятий по обеспечению предупреждений отравления ядовитыми газами.

## **ЗАДАЧИ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ (НА ПРИМЕРЕ КАРЬЕРНЫХ БУРОВЫХ СТАНКОВ)**

Болкисева Ю. В.

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Отечественное горное оборудование имеет определенный, устанавливаемый в технической документации, срок службы. Для буровой техники он обычно составляет 7 лет. Законом о промышленной безопасности (№ 116-ФЗ от 21.07.1997 г.) эксплуатация оборудования с истекшим нормируемым сроком службы запрещается без проведения комплекса работ (ЭПБ) по продлению этого срока. Поскольку реальный срок эксплуатации буровых станков достигает 20 и более лет, то на предприятиях возникает необходимость постоянного выполнения работ по ЭПБ.

Суть ЭПБ заключается в проверке соответствия горного оборудования правилам безопасной эксплуатации, а также в определении риска аварий. Порядок и правила её выполнения регламентируются системой нормативных и методических документов, а содержание должно включать обязательные разделы, предусмотренные правилами [1]. Таким образом, ЭПБ является сложным регламентируемым процессом, направленным на решение, как минимум, двух задач: первая – определение возможности станка безопасно работать в паспортном режиме; вторая – определение срока, на который допускается дальнейшая безопасная эксплуатация станка.

Для вновь создаваемого оборудования процедура ЭПБ не представляет затруднений и регламентируется нормативными документами. Сложнее выполняется экспертиза буровых станков с заканчивающимся нормируемым сроком службы. Здесь, как правило, используется специализированная нормативная документация, где приводятся критерии предельного безопасного состояния оборудования. Применительно к шарошечным буровым станкам это – «Временные методические указания . . .» [2]. Тогда результаты экспертизы базируются на сравнении этих критериев с параметрами фактического состояния бурового станка. Параметры фактического состояния выявляются путем технического диагностирования, которое и составляет основу ЭПБ.

Цель диагностирования - определить в количественных показателях физической и функциональный износ деталей и узлов станка с помощью измерительного и неразрушающего контроля. Методы контроля выбираются по усмотрению специалистов, проводящих техническое диагностирование. Наша практика ЭПБ шарошечных буровых станков показала, что для достоверного их диагностирования достаточно использовать вихретоковый (для обнаружения поверхностных дефектов), ультразвуковой (внутренних дефектов) и вибрационный (для обнаружения дефектов агрегатов с вращающимися узлами) методы неразрушающего контроля. Неразрушающий контроль не только снижает субъективность экспертных оценок, но и позволяет установить возможные причины и места возникновения дефектов. По результатам такого контроля можно определять остаточный ресурс отдельных агрегатов и узлов и в соответствии с ним планировать сроки, вид и материально-техническое обеспечение ремонтов.

На основе анализа данных, полученных в результате технического диагностирования, и сопоставления их с критериями предельного состояния можно без значительных затруднений получить ответ на первую задачу ЭПБ.

Если принимается решение о продолжении эксплуатации, то необходимо решить вторую задачу ЭПБ - определить срок дальнейшего безопасного применения бурового станка. Этот срок представляет собой продолжительность эксплуатации в пределах до прогнозируемого наступления предельного состояния (исчерпания остаточного ресурса). Следовательно, решение второй задачи непосредственно обусловлено предварительным определением остаточного ресурса станка. Решение задачи связано с существенными затруднениями, т. к. буровой станок имеет сложное агрегированное состояние с определенным

для каждого из агрегатов своим ресурсом. Более того, к моменту истечения нормативного срока службы станка практически все агрегаты подвергались ремонту или полной замене, существенно изменяя его остаточный ресурс. К этому моменту отсчет остаточного ресурса от первоначального состояния можно было бы вести лишь по базовым металлоконструкциям. Однако и на них перманентно в условиях карьера велись сварочные работы с неконтролируемым качеством. В связи с этим надежность узлов и деталей становится случайной величиной, а ресурс работоспособности – непрогнозируемым.

Отсюда и возникают существенные затруднения и субъективность экспертных оценок. Допускаемое большинством экспертиз продление дальнейшей эксплуатации на три года никак не обосновывается и просто принимается в размере, допускаемом руководящими документами [3]. Объективно определить срок дальнейшей безопасной эксплуатации станка эксперты не могут, т.к. никаких методик и руководящих документов для этого нет. Применить же имеющиеся руководящие указания [4] для этой цели не представляется возможным из-за их специфичности и чрезмерно общего характера. Этот недостаток присущ и действующим методическим указаниям [2] и, следовательно, они также не обеспечивают возможности решения второй и существенной задачи экспертизы.

При определении остаточного ресурса специфику работы бурового станка можно учесть через анализ объемов бурения скважин и времени ремонта агрегатов. Такой подход позволяет определить частоту отказов отдельных узлов и выявить остаточный ресурс каждого из агрегатов станка. Указания конкретизированы для ЭПБ шарошечных бурстанков, что объясняется доминированием последних при разработке крепких скальных пород. Однако их принцип построения можно применить и для станков импортного производства, а также станков других типов (вращательных, ударно-вращательных и др.). Производители импортного бурового оборудования не нормируют срок его службы, устанавливая лишь гарантийный срок эксплуатации. Тем не менее, законодательством предусмотрена необходимость ЭПБ после 5 лет эксплуатации этих станков. Возможность дальнейшей эксплуатации станков других типов также может быть определена путем сравнения параметров фактического состояния с конструктивными допусками и критериями предельного состояния, которые указываются в технической документации изготовителя.

В заключение можно отметить, что ЭПБ буровых станков может осуществляться и непосредственно горнодобывающими предприятиями, если они удовлетворяют требованиям, предъявляемым к экспертным организациям.

#### Выводы

1. ЭПБ буровых станков должна выполняться в строгом соответствии с действующими нормативными документами. Однако для объективного решения её важнейшей задачи – определения остаточного ресурса – такой документации не создано.

2. Решение задачи определения остаточного ресурса возможно путём установления надежности индивидуальных единиц – наиболее ответственных узлов и агрегатов станка.

3. Действующие методические указания по проведению ЭПБ бурового оборудования относятся только к станкам шарошечного бурения. Поэтому назрела необходимость в разработке современной редакции указаний, которые должны содержать правила проведения ЭПБ буровых станков различного типа, а также конкретизированные методы и способы расчета их остаточного ресурса.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правила проведения экспертизы промышленной безопасности. ПБ-03-246-98. ПБИ 03-490-(246)-02.
2. Временные методические указания по проведению обследования (экспертизе промышленной безопасности) карьерных буровых станков с истекшим сроком службы с целью определения возможности дальнейшей их безопасной эксплуатации. Утв.08.04.2002. Госгортехнадзор РФ.
3. Положение о порядке продления срока безопасной эксплуатации технических устройств, оборудования и сооружений на опасных производственных объектах. РД 03-484-02.
4. Методические указания о продлении срока безопасной эксплуатации технических устройств, оборудования и сооружений на опасных производственных объектах. РД 06-565-03.

## СПОСОБ ПРЕОДОЛЕНИЯ ПОСТУПЛЕНИЯ ХОЛОДНОГО ВОЗДУХА ЧЕРЕЗ ПОРТАЛЬНЫЕ ДВЕРИ КАРЬЕРНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТОННЕЛЕЙ

Токмаков В. В., Бурмистренко В. А., Ермолаев А. И., Распопина А. А.  
ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

На ряде горнорудных предприятий при отработке месторождений открытым способом реализуется способ вскрытия глубоких горизонтов наклонными тупиковыми железнодорожными тоннелями. Данный вариант дает возможность без дополнительного разноса бортов и увеличения вскрыши подвести железнодорожные пути непосредственно к экскаваторным забоям, сократить внутрикарьерные автомобильные перевозки, стабилизировать работу карьера.

При тупиковых тоннелях их порталы, в карьере, находятся на разных высотных отметках (восемьдесят и более метров). Разность высот вызывает появление движения воздуха между тоннелями за счет тепловой депрессии (межтоннельной естественной тяги). Особенно негативное ее влияние сказывается в зимний период, когда через нижний тоннель поступает холодный воздух. Это приводит к ухудшению состава атмосферы в тоннелях – нарушению нормативов микроклимата, вызывает обмерзание крепления тоннелей с образованием наледей на почве и кровле, разрушение отделки, поломке пантографов электровозов, сходу подвижного состава и т.д. Для предотвращения поступления холодного воздуха в тоннелях к организации управляемой вентиляции на порталах устанавливаются автоматические двери. По периметру портала они всегда в достаточной мере герметизированы, но в подвижных частях у почвы, между створами, у верхняка имеют место щели, через которые поступает из карьера воздух с минусовой температурой.

Наличие электрической тяги предопределило необходимость оставления проема для контактного провода. При больших величинах естественных тяг в проем также устремляется холодный воздух. Для предотвращения поступления через проем воздуха предложим следующий способ.

Вентилятором местного проветривания создается свободная струя, ориентированная в проем во встречном направлении к поступающему извне воздуху. Свободная струя, создаваемая вентилятором, заполняет площадь проема и делает его непроницаемым для холодного воздуха. Количество воздуха, поступающего в тоннель через дверь, циркулирует только на участке от двери до всаса вентилятора и вглубь тоннеля не проникает (рисунок 1). Производительность свободной струи (вентилятора) выбирается таким образом, чтобы она соответствовала суммарным дебитам через дверь и поступающего на тоннель.

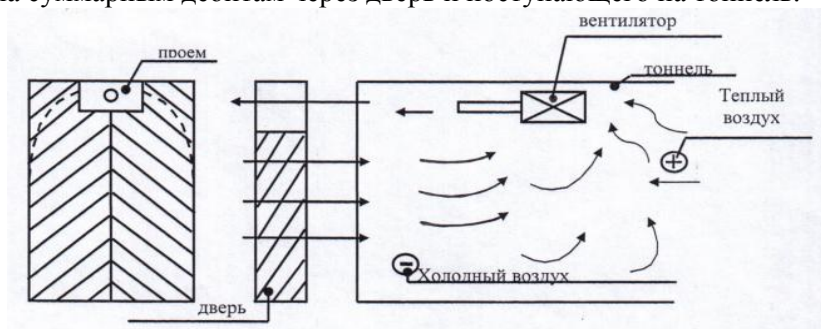


Рисунок 1 – Схема движения воздуха в портальной части тоннеля при наличии вентилятора противодействия

Расчетная величина скоростного напора должна составить не меньше величины естественной тяги. При этом скорость будет  $V_T = \sqrt{2g \cdot h_{ск} / \gamma}$ , а производительность вентилятора должна быть  $\phi = V \cdot S$ , где  $V$  – скорость воздуха в проеме, м/с;  $h_{ск}$  – скоростной напор равный величине естественной тяги ( $h_e$ ), даПа;  $\gamma$  – удельный вес воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  $S$  – сечение проема, м<sup>2</sup>.

## РАСЧЕТ ОБЪЕМА ГАЗОВ ВЗРЫВА, ВНЕДРИВШИХСЯ В МАССИВ ГОРНЫХ ПОРОД

Монахов Е. Д., Тетерев Н. А.

Научный руководитель Ермолаев А. И., д-р техн. наук, профессор  
ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

На сегодняшний день считается [1], что после взрыва в блоке горных пород образовавшиеся газы взрыва распределяются по четырем направлениям: выбрасываются в атмосферу, остаются в развале горной массы, сорбируются на пыли и кусковом материале, проникают в массив горных пород.

Объем распределившихся по тому или иному направлению газов взрыва по данным различных исследователей очень различается. Так, И. Ф. Ярембаш [2] отмечает, что в рудничную атмосферу выбрасывается 54,3 % ядовитых газов. По данным П. И. Балковского [3] в атмосферу выбрасывается 40 % ядовитых газов, 20 % остаются в отбитой горной массе. В то время как Юнг [4] устанавливает содержание газов в отбитой горной массе на уровне 80 %, а С. И. Луговский [5] – на уровне 60-70 %.

Ввиду вышесказанного большое значение имеет аналитический способ определения содержания газов находящихся в различных состояниях предложенный Обориным [6]. Для определения содержания ядовитых газов выбрасываемых после взрыва в атмосферу используется формула:

$$A = \frac{V \cdot c}{100} N, \text{ л/кг}, \quad (1)$$

где  $V$  – объем пылегазового облака, л;  $c$  – концентрация газа в облаке, %;  $N$  – количество взрываваемого ВВ, кг.

Для расчета количества газов сорбированных, на пыли после взрыва в подземных условиях, им же предлагается использовать формулу:

$$C = \frac{10^{-2} a_j S l_{ш} K_{ш} \gamma h b_j}{N}, \text{ л/кг}, \quad (2)$$

где  $a_j$  – количество газов, адсорбируемых 1 г пыли, мг;  $b_j$  – объем, занимаемый одним граммом газа в нормальных условиях, л;  $S$  – сечение выработки, м<sup>2</sup>;  $l_{ш}$  – длина шпуров, м;  $K_{ш}$  – коэффициент использования шпура;  $\gamma$  – объемный вес выделившейся пыли, кг/м<sup>3</sup>;  $h$  – количество пыли до 10 мкм, %.

Показатель  $h$  в данном случае имеет большое значение, так как пыль с размером частиц до 10 мкм обладает наибольшей адсорбционной способностью. Процент этой пыли рассчитывается по формуле

$$h = \left( \frac{0,0607}{k l_c} \right) \sqrt{g f}, \text{ \%}, \quad (3)$$

где  $g$  – удельный расход ВВ, кг/т;  $f$  – крепость пород по Протодяконову;  $k$  – коэффициент влажности;  $l_c$  – средняя длина шпуров.

По данным того же автора объем ядовитых газов во взорванной горной массе определяется:

$$B = \frac{10V_B(K_p - 1)c^1}{N}, \text{ л/кг}, \quad (4)$$

где  $V_B$  – объем взорванной горной массы, м<sup>3</sup>;  $K_p$  – коэффициент разрыхления;  $N$  – количество взрывающегося ВВ, кг.

Концентрация ядовитых газов во взорванной горной массе определяется по формуле:

$$c^1 = 10V_B(K_p - 1)c_{\text{усл}}, \text{ л}, \quad (5)$$

где  $c_{\text{усл}}$  – средняя концентрация газов в развале в пересчете на условную окись углерода, %.

Тогда общий объем газов, выделившихся при взрыве:

$$V_{\text{общ}} = A + B + C + D, \text{ л/кг}, \quad (6)$$

где  $D$  – объем газов попавших в массив, л/кг.

Определить количество газов, оставшихся в массиве путем прямых замеров, представляется достаточно сложным, поэтому аналитический способ определения количества и концентраций этих газов весьма важен. Ведь продукты детонации под давлением взрыва проникают в трещины и поры свежееобнаженных пород и распространяются, таким образом, на десятки метров, сохраняясь в этом состоянии в течение нескольких суток [7].

Газовость современных ВВ известна и исходя из этого можно вычислить объем газов, оставшихся в массиве горных пород после проведения взрыва.

Представленная выше методика может служить основой для определения радиуса внедрения продуктов детонации в массив. Определение этого расстояния представляется возможным исходя из рассчитанного, указанным выше образом, объема газов проникших в массив с учетом пористости пород, меры нарушенности массива (частоты и связности трещин, их направления), если принять, что в конечном состоянии газ, заняв весь свободный объем (трещины и поры в массиве) будет иметь атмосферное давление.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Роговцева Ю. С., Монахов Е. Д. Распределение газообразных продуктов взрыва при проведении массовых взрывов на карьерах // Международный научно-промышленный симпозиум «Уральская горная школа – регионам», г. Екатеринбург, 12-21 апреля 2010 г.: сборник докладов. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010.
2. Ярембаш И. Ф. К вопросу определения ядовитых газов, образующихся при взрыве // Уголь. 1969, № 12.
3. Балковой П. И. О захвате ядовитых газов горными породами // Сб.: Взрывное дело, М., 1970. № 68/25.
4. Jung H Maßnahmen zur Bekämpfung in der Shieschwaden // Bergbau – Rundschau. 1953, № 9.
5. Луговский С.И. Проветривание шахт после массового взрыва. – М.: Госгортехиздат, 1958.
6. Оборин В. В. Исследование распределения ядовитых взрывных газов и способов борьбы с ними в подземных горных выработках: дис. ... канд. техн. наук, 1974.
7. Сергеев Б. Н., Ручкин В. М., Берсенов Г. П. О проникновении ядовитых газов в массив при взрывных работах // Изв. вузов. Горный журнал. № 10. 1970.

## АНАЛИЗ СПОСОБОВ БОРЬБЫ СО ВЗРЫВАМИ СУЛЬФИДНОЙ ПЫЛИ

Тетерев Н. А., Мицевич В. В., Мухачева Л. В., Болкисева Ю. В.  
ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

При проведении горных выработок по колчеданным рудам систематически возникают взрывы сульфидной пыли. Они сопровождаются выделением большого количества сернистого газа, разрушением крепи и забойного оборудования. Имели место случаи возникновения подземных пожаров. Взрыв пылевого облака может произойти лишь при наличии источника воспламенения, температура которого превышает минимальную температуру взрыва пыли. Для сульфидной пыли эта температура составляет порядка 400-5000 °С. Наряду с температурой большую роль играет тепловая мощность источника. Взрыв заряда ВВ в выработке является одновременно источником образования пылевого облака и причиной его воспламенения. Температура газообразных продуктов детонации непродохранных ВВ составляет 2800-3500°, т. е. намного превышает температуру воспламенения пыли. Исходя из этого, для предупреждения взрывов были необходимы мероприятия, направленные на снижение температуры и уровня тепловой энергии взрывных газов.

В России на рудниках по добыче медных руд используют несколько способов борьбы со взрывами сульфидной пыли. Одним направлением является использование при взрывных работах гидропасты, основным назначением которой является подавление образующихся при взрыве ВВ ядовитых газов и пыли. Гидропаста предотвращает взрывы и выгорания сульфидной пыли и, как следствие этого, резко сокращает содержание в атмосфере сернистого газа.

Предложен способ борьбы со взрывами сульфидной пыли на колчеданных рудниках, основанный на инертизации забойной зоны инертными газами. Для этой цели используются газообразные продукты детонации зарядов ВВ, предназначенные для отбойки руды. При взрывчатом разложении ВВ образуется до 1 м<sup>3</sup>/кг инертных газов, представленных в основном азотом и углекислым газом. После детонации зарядов эти газы выбрасываются в атмосферу, заполняя компенсационную камеру и прилегающие к ней выработки. При этом происходит перемешивание инертных газов с рудничным воздухом и как следствие этого снижения кислорода. Анализ массовых взрывов на колчеданных рудниках за большой период времени показал, что взрывов пыли не возникало независимо от величины взрывных зарядов и других параметров буровзрывных работ.

В конце 90-х годов прошлого века на рудниках стали водить ингибиторные частицы в состав ВВ, что предотвратило взрывы сульфидной пыли. В состав ВВ водят карбонат кальция в количестве 10-15 %, что снижает выброс сернистого газа на 50 % по отношению к чистому ВВ без профилированной забойки и на порядок с применением забойки. Данный способ показывает, что температура продуктов взрыва и температура во фронте ударной воздушной волны не могут быть использованы в качестве критерия однозначной оценки предохранительных свойств ВВ, применяемых на колчеданных рудниках, решающую роль в процессе снижения воспламенения и взрыва сульфидной пыли играет катализирующее действие продуктов взрыва за счет содержания введенных в них ингибиторов.

Для шахт группы I обязательными являются смывание серной пыли со стенок выработок и орошение забоя перед взрыванием. При влажности 9-9,5 % сульфидная пыль становится невзрывоопасной. Для шахт группы II наряду с орошением серной пыли со стенок выработок предусматривается применение предохранительных ВВ, электродетонаторов мгновенного и короткозамедленного действия и электрооборудования во взрывоопасном исполнении. В качестве средств реализации способов орошения, можно использовать любые конструкции оросителей и туманообразователей\*. Вместе с тем, анализ теории и практики взрывных работ на рудниках по добыче колчеданных руд показывает, что взрывы сульфидной пыли имеют место. И, исходя из этого, для полного исключения взрывов сульфидной пыли необходимо комплексное применения предложенных способов и продолжение исследования в этом направлении.

---

\* Парамонов Г. П. Предотвращение взрывов сульфидной пыли на колчеданных рудниках. – СПб.: СПГИ, 1999.



## СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ВЗРЫВЧАТОСТИ СУЛЬФИДНОЙ ПЫЛИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВОДЯНЫХ ЗАВЕСОВ И ИНЕРТНЫХ ДОБАВОК

Ильина А. И., Тетерев Н. А., Болкисева Ю. В., Монахов Е. Д.  
ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Одним из направлений в борьбе со взрывами сульфидной пыли на колчеданных рудниках является инертизация забойной зоны флегматизирующими добавками. Введение флегматизирующих добавок в пылевое облако позволяет повысить теплоемкость системы и тем самым снизить ее взрывоопасность.

Наиболее эффективной флегматизирующей добавкой, по нашему мнению, является вода. Она обладает высокой удельной теплоемкостью (18 ккал/кмоль) и при переходе в парообразное состояние дополнительно поглощает большое количества тепла (9700 ккал/кмоль). Положительными качествами воды является ее безвредность и абсолютная не дефицитность. Проведенные аналитические исследования показали, что требуемая производительность оросительной установки при заданной мощности водяной завесы в большой мере предопределяется степенью диспергирования воды.

Наиболее экономичными, с точки зрения расхода воды, является режим высокого диспергирования, при котором размер частичек воды в завесе не превышает  $d=30$  мкм. При наличии такого режима орошения выпадение частиц воды из завесы происходит с постоянной скоростью, обратно пропорциональной квадрату диаметра частиц. При работе оросителя в режиме грубого диспергирования ( $d>30$  мкм) происходит ускоренное выпадение частиц. При этом расход Воды на орошение возрастает в десятки раз.

Исходя из сделанных выводов для создания водяных завес в забоях, опасных по взрывам сульфидной пыли, следует рекомендовать пневмооросители, обеспечивающие более высокое и равномерное диспергирование водяной струи\*.

Предложен способ борьбы со взрывами сульфидной пыли на колчеданных рудниках, основанный на инертизации забойной зоны инертными добавками.

Для выявления влияния инертных добавок на взрывчатость одного колчеданного месторождения была проведена серия экспериментов в пылевзрывной камере с наиболее взрывоопасной сероколчеданной пылью, измельченной до крупности -53 мк. В качестве инертных добавок использовались пыль кварца, барита, а также вода.

При использовании в качестве инертной добавки инертной пыли (кварц, Барит) она предварительно измельчалась до крупности -53 мк. После высушивания инертная пыль в равных пропорциях добавлялась к навеске сульфидной пыли до тех пор, пока она не становилась не взрывоопасной.

Для исследования влияния на взрывчатость пыли влажности к предварительно просушенной навеске добавлялась дистиллированная вода в количестве от 1 % по весу до 6 % . После тщательного перемешивания смесь вдувалась в камеру, при этом фиксировалась давление, возникающее при взрыве.

Как и следовало ожидать, при увеличении инертных добавок и влажности пыли взрывчатость ее снижается. Испытуемая пыль становилась полностью невзрывоопасной при содержании в смеси 50 % кварцевой пыли и 50 % баритовой пыли.

Значительно большой эффект при подавлении взрыва достигается повышением влажности пыли. Это объясняется высокой теплоемкостью воды, значительно превосходящей теплоемкость твердых добавок, а также тем, что при увеличении влажности происходит коагуляция пылевых частиц и тем самым уменьшение их активной площади. Как показали эксперименты, пыль практически становится невзрываемой при влажности около 6 %.

---

\* Чернявский Э. И. Отчет по научно-исследовательской работе по теме: «Борьба со взрывами пыли путем инертизации призабойной зоны водяными завесами». г. Свердловск, 1979.