



**Рис. 1.** Залежність вільної енергії Гіббса та констант рівноваги рівноважних процесів *a, б, в, г, д* від температур

Приймаючи ці дані за вихідні можна розрахувати молярні концентрації речовин, які беруть участь в рівновазі  $2\text{CO} + \text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{CO}_2$ . Вони становлять  $C(\text{CO}_2) = 3,35 \cdot 10^{-3}$  моль/дм<sup>3</sup>;  $C(\text{CO}) = 4,5 \cdot 10^{-5}$  моль/дм<sup>3</sup>;  $C(\text{O}_2) = 8,03 \cdot 10^{-3}$  моль/дм<sup>3</sup>. Ці величини дають можливість розрахувати

$$K_c = \frac{(3,35 \cdot 10^{-3})^2}{(4,5 \cdot 10^{-5})^2 \cdot (8,03 \cdot 10^{-3})} = 6,9 \cdot 10^5 \text{ та}$$

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n} = \frac{6,9 \cdot 10^5}{8,31441 \cdot T} = \frac{8,3 \cdot 10^4}{T}$$

Якщо прийняти температуру рівною 2000 К, то  $K_p$  буде дорівнювати 4,1·10, а  $\lg K_p = 1,62$ , що близько до константи рівноваги, розрахованої для цієї температури за термодинамічними характеристиками реакції і підтверджує «замороження» рівноваги при високій температурі.

Для зміщення рівноваги вправо в бік окиснення СО до СО<sub>2</sub> необхідно або зменшити швидкість падіння температури (що неможливо), або вводити в пилогазову хмару речовини, які поглинають СО (наприклад СаО [7]), або, на наш погляд, вводити не тільки поглинаючі СО речовини, що є недостатнім, але і речовини-каталізatori, які сприяють зміщенню рівноваги в сторону утворення СО<sub>2</sub>. Наприклад, рудний пил, до складу якого входить FeO, доменний шлак та інші речовини-окиснювачі.

**Висновки та напрямок подальших досліджень.** Проведені аналітичні дослідження залежності рівноважних процесів в ПГХ від температури. Показано, що при зниженні температури оточуючого середовища в перші 40 секунд після вибуху рівноважні процеси «заморожуються» на рівні рівноваг при температурі 1500-2000 К.

Запропоновано для зниження концентрації СО в продуктах вибуху, окрім точного збереження кисневого балансу та введення речовин, які поглинають СО, вводити також речовини – каталізatori, які сприяють більш швидкому досягненню стану рівноваги та зміщенню рівноважних процесів за участю СО в бік утворення.

#### Список літератури

1. Гурін А.О., Єрмак Л.Д., Тетеря О.Ю. Аналітичні дослідження впливу допоміжних матеріалів забійок вибухових речовин у свердловинах на зміну параметрів хімічних реакцій вибуху та склад продуктів вибуху. Охорона праці та навколишнього середовища на підприємствах гірничо-металургійного комплексу. - ДП «НДІБП», 2008. - вип. 10. - Кривий Ріг. - С. 196-200.
2. Гурін А.О., Єрмак Л.Д., Тетеря О.Ю. Аналітичні дослідження впливу допоміжних матеріалів забійок вибухових речовин у свердловинах на зміну параметрів хімічних реакцій вибуху та склад продуктів вибуху / Гірничо-металургійний комплекс: досягнення, проблеми та перспективи розвитку. Тези доповідей Міжнародної науково-технічної конференції. 2009 рік, КТУ. - м. Кривий Ріг. - С. 150.
3. Краткий справочник физико-химических величин / под редакцией К.П. Мищенко и А.А. Равделя, Л.: Химия, 1974. – 200 с.
4. Юрченко А.А. Физические процессы выброса пылегазового облака при массовых взрывах в карьерах // «Науковий вісник НГУ», 2010. - НГУ, м. Дніпропетровськ. - С. 182.
5. Проблемы экологии массовых взрывов в карьерах / Э.И. Ефремов, П.В. Бересневич и др. – Д.: Січ, 1996. - 178 с.
6. Перелет Т.Н., Крючков А.И., Кравец В.Г. Обоснование способа газоподавления и нейтрализации токсичных газов при массовых взрывах на карьерах Вісник НТУУ КПІ. Серія «Гірництво», 2010. - вип. 19. - К.: С 178-181. Рукопис подано до редакції 16.03.12

УДК 622.235.314

В.М. КУРОЧЕНКО, А.В. ДРЕБНИЦА, кандидаты техн. наук,  
А.В. ТЕСЛЕНКО, инженер, ГП «НИИБТГ»

### ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОЙ ЭЛЕКТРОВОЗНОЙ ДОСТАВКИ ВЗРЫВЧАТЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ШАХТАХ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Рассмотрены проблемы возникающих опасностей, связанные с загоранием доставляемых в металлических вагонах взрывчатых веществ контактными электровозами в железорудных шахтах. Описаны технические и организационные решения, позволяющие снизить риск загорания транспортируемых взрывчатых материалов.

**Проблема и ее связь с практическими задачами.** Весь объем железных руд в Украине добывают взрывным способом. В связи с этим в горнодобывающей промышленности уделяется серьезное внимание безопасному выполнению взрывных работ, связанных с применением взрывчатых веществ (ВВ) чувствительных к тепловым, механическим и химическим воздействиям и особенно средств их инициирования (СИ). Мировые тенденции в области создания новых промышленных ВВ развиваются в направлении изготовления их из безопасных и недорогих компонентов как в заводских условиях, так и в местах непосредственного использования. При этом значительное число ВВ промышленного назначения изготавливаются из отдельных компонентов, которые до их смешивания не взрываются.

Несмотря на то, что используемые ВВ становятся все безопаснее в обращении и применении, доставка их в подземных выработках электровозным транспортом сопряжена с определенными рисками.

**Анализ исследований и публикаций.** Анализ аварийности и производственного травматизма при взрывных и других работах с ВМ показывает, что перечень причин аварий и несчастных случаев сравнительно невелик, но как правило они всегда приводят к тяжелым последствиям. В особом ряду стоят аварии, имевшие место при перевозке взрывчатых веществ в контактными электровозами:

7 августа 1974 г. Шахта №1 им. Артема РУ им. Кирова производственного объединения «Кривбасруд» орт №6 гор. -625 м. Сгорело около 200 кг зерногранулита 79/21. Групповой несчастный случай;

30 сентября 1974 г. Шахта «Эксплуатационная» Запорожского железорудного комбината. Камера 4/4с гор. -400 м. Взрыв зерногранулита 79/21 в вагонетке. Групповой несчастный случай;

28 сентября 1977 г. Шахта «Эксплуатационная» Запорожского железорудного комбината. Квершлаг гор. -400 м. Сгорело 2940 кг граммонита 79/21. Групповой несчастный случай,

12 марта 1997 г. Шахта «Эксплуатационная» Запорожского железорудного комбината. Штрек в/б гор. -518м. в районе сопряжения с ортом «О» оси. Загорание граммонита 79/21 в цистерне зарядной машины МТЗ-3. Пожар удалось локализовать;

16 мая 1988 г. Шахта «Гвардейская» РУ им. Ленина ПО «Кривбасруд», участок №9, орт 213 оси, гор. -952 м. Пожар в вагоне с бумажной и полиэтиленовой мешкотарой из-под ВВ.

Производственные аварии при ведении взрывных работ в настоящее время также имеют место и связаны с необходимостью массового использования ВМ для отбойки и дробления горных пород с достаточно широкой сменой типов применяемых ВВ и технологий их использования. В значительном большинстве такие аварии связаны с возгоранием ВВ.

Загорание ВВ при транспортировке электровозным транспортом в шахтах происходит как по организационным так и по техническим причинам. Организационные причины во всех случаях связаны с низкой производственной дисциплиной взрывников и доставщиков, несоблюдения ими требований Единых правил безопасности при взрывных работах, а технические — с несоответствием технических характеристик специальных вагонеток для доставки ВВ современным требованиям безопасности или с их отсутствием.

Известно, что для горения ВВ присутствие кислорода в окружающей среде не нужно. Благодаря наличию кислорода в компонентах ВВ проходит самоускоряющийся процесс горения с интенсивным развитием высоких температур и выделением большого количества вредных газов. Продолжительность сгорания одной тонны граммонита 79/21 в условиях интенсивного движения шахтного воздуха не превышает 10 минут. При загорании ВВ в главных откаточных выработках, в которых скорость воздушного потока может достигать 8 м/с, вредные газы (продукты горения ВВ) очень быстро поступают в рабочие блоки, что создает угрозу жизни большого числа работающих.

Сегодня отсутствуют специальные эффективные меры и способы тушения загоревшихся промышленных ВВ в подземных условиях. Практически загоревшееся ВВ тушат большим количеством воды, подаваемой в очаг пожара. При загорании больших масс ВВ важно, в первую

очередь, рассредоточить затаренные ВВ. Из-за отсутствия специальных механизмов удалить вручную из вагонетки ВВ, мешкотара которых уже загорелась, в стесненных условиях горной выработки в аварийной ситуации практически невозможно. Кроме этого, просыпь ВВ через прогары в мешкотаре интенсифицирует горение.

**Постановка задачи.** Для обеспечения безопасности работ по доставке ВМ в шахтах контактными электровозами, к транспортным средствам с ВМ предъявляются соответствующие требования по их конструкции и допуску рабочих, контактирующих с ВМ, соответствующей квалификации, не имеющих отклонений по состоянию здоровья, получивших согласие органов внутренних дел, в соответствии с требованиями Закона Украины «Об обращении со взрывчатыми материалами промышленного назначения» № 2288-IV от 23.12.2004 г.

Действующие Единые правила безопасности при взрывных работах разрешают доставку ВМ в подземных условиях всеми видами шахтного транспорта, специально оборудованными для этого и отвечающими требованиям безопасной перевозки ВМ. Согласно правил перевозка ВВ контактными электровозами должна проводиться в вагонетках закрытых сплошной крышкой из несгораемых материалов; гранулированные ВВ допускается укрывать несгораемой тканью.

Таким образом, повышение безопасности транспортирования ВВ контактными электровозами может быть обеспечено применением специальных вагонеток, конструкция которых соответствует требованиям нормативных актов с учетом свойств новых типов промышленных ВВ и средств их инициирования.

**Изложение материала и результаты.** Чаще всего на предприятиях, где проводятся взрывные работы в небольших объемах, для перевозки ВМ используют обыкновенные технологические вагоны, укрываемые огнезащитными покрывалами, конструкция которых предложена ГП «НИИБТГ» и допущена до постоянного применения в установленном порядке. Основным элементом огнезащитного покрывала является асботкань ГОСТ 6102-94, защищаемая с обеих сторон водонепропускаемым труднозагораемым полотнищем, функциональное назначение которого предохранение асботкани от намокания и механических воздействий. В качестве таких полотнищ также можно использовать парусину ГОСТ 15530-93 (арт. 8В 104-РВ, арт. 2В 156-РВ/43) с огнезащитной пропиткой (изготовитель «Ровнолен») или парусину полулляную СКОП ГОСТ 15530-93 (арт. 11295) АТ «Вязниковский льнокомбинат», либо АТ «Меленковский льнокомбинат» (арт. 11211). Кроме этого УкрНИИПБ МВД Украины разработал новые огнезащитные покрывала изготавливаемые из теплоизоляционного материала по ТУ У 23389070.001-97. Это единственное в Украине противопожарное покрывало, технические характеристики которого зарегистрированы Госстандартом.

Для транспортирования различных видов промышленных ВВ шахтными контактными электровозами ГП «НИИБТГ» разработал новые модернизированные специальные вагонетки: для перевозки затаренных ВВ – вагонетка типа А, для совместной перевозки ВВ и СИ в одном кузове в отдельных отсеках – вагонетка типа Б.

Вагонетка типа А имеет открытый сверху кузов в виде каркаса из металлических уголков, обшитого древесиной (досками). Боковые стенки - откидные, складывающиеся. Загрузка-разгрузка ВВ осуществляется с двух сторон. При перевозке ВМ кузов укрывают огнезащитным покрывалом, плотно прилегающим к боковым и торцевым стенкам кузова. Двонаклонное положение покрывала по длине вагона задается легко съёмными полудугами из диэлектрических труб, закрепляемых в стаканах верхней обвязки каркаса. В качестве гибких полудуг используются отрезки полиэтиленовых напорных труб с внешним диаметром 25 мм с толщиной стенки 2,3 мм ПНД ГОСТ 18599-83 тип TR №10 «СМ - Пласт» (г. Харьков) или SP1

«ROPLAST B» ПЭ200 SDR 11 ТУ У 25.2-31149692-001:2007.

Вагонетка типа Б выполнена в виде металлического кузова с кабиной для проезда сопровождающего лица или без нее. Крыша кузова покрыта трудногораемой транспортной лентой. В конструкции вагонетки отсутствуют выступающие элементы, способные задержать контактный провод в случае его обрыва. Загрузка вагонетки двухсторонняя. В отсеки вагонетки загружают затаренные ВВ в мешках, ящиках, коробках. Сейф для средств инициирования (электродетонаторы, детонирующий шнур, системы инициирования не электрические, зажигательные трубки) с внутренней стороны футерован – войлоком и резиновыми пластинами. Стенки сейфа двойные. Внутренняя металлическая стенка перфорирована и выполняет функцию предохранительного клапана. Поэтому в случае загорания и спонтанного взрыва СИ сейф оказывается разгерметизированным и газообразные продукты беспрепятственно попадают под днище вагонетки тем самым предохраняя её от разрушения. Сейф отделен от секций с ВВ пенобетонными перегородками толщиной 250 мм; толщина бетона дверей 100 мм. При перевозке ВМ все двери вагонетки закрывают на замки и пломбируют на расходном складе взрывчатых материалов шахты.

Для повышения уровня техногенной безопасности процесса перевозки ВМ в шахтах кроме применения специальных вагонеток, оборудованных необходимым количеством огнетушителей, доставка ВМ в шахту должна сопровождаться обученным, прошедшим специальный инструктаж персоналом, способным адекватно принимать решения в конкретных условиях пожара, способным ликвидировать его в начальной стадии загорания ВВ, недопуская возможной их детонации.

Основным оперативно-техническим подразделением для достижения безопасной перевозки ВМ в подземных выработках является бригада исполнителей, выполняющих весь комплекс работ по загрузке-разгрузке и перевозке ВМ. Состав бригады по возможности должен быть стабильным и минимальным. Привлечение третьих лиц для участия в работах по перевозке ВМ допускается как исключение и под контролем постоянных членов бригады, имеющих наибольший практический опыт обращения со взрывчатыми материалами. Для ликвидации аварии в начальной стадии необходимо, чтобы лица, задействованные на доставке ВМ в шахте, были обучены способам пожаротушения, а также имели в своем распоряжении необходимую аппаратуру и оборудование (изолирующие самоспасатели, средства тушения загоревшегося ВВ, а именно, шланги, пожарные рукава для быстрого присоединения к кранам водяной общерудничной магистрали, огнетушители). Профессиональные навыки, умение пользоваться средствами локализации аварий и спасения людей, быстрая реакция и ориентация в аварийных ситуациях, правильное и наиболее эффективное взаимодействие членов бригады доставщиков ВМ - это основные факторы по обеспечению успеха в сложных аварийных ситуациях.

**Выводы и направления дальнейших исследований.** 1. Использование специальных вагонеток снимает проблему техногенных аварий и риск производственного травматизма, связанных с загоранием и возможным взрывом доставляемых ВМ контактными электровозами в подземных выработках, а также снижает затраты на возмещение убытков от несчастных случаев на производстве.

2. Учитывая причины аварий, произошедших на горнорудных предприятиях при доставке гранулированных сыпучих взрывчатых веществ электровозным транспортом в шахтах, следует ориентироваться на быстрее внедрение на подземных работах эмульсионных ВВ, приготавливаемых непосредственно в местах зарядания из невзрывчатых компонентов, что позволит снизить риск травматизма при электровозных перевозках в подземных условиях.