

диэлектрической проницаемостью (стеклотекстолит и др.) с поглощающим проводящим наполнителем (сажа, графит и т.п.). Условно к градиентным радиопоглощающим материалам относят также материалы с рельефной внешней поверхностью (образуемой выступами в виде шипов, конусов и пирамид), называемые шиловидными РМ; уменьшению коэффициента отражения в них способствует многократное отражение волн от поверхностей шипов (с поглощением энергии волн при каждом отражении). Комбинированные РМ – сочетание РМ градиентного и интерференционного типов. Они отличаются эффективностью действия в расширенном диапазоне волн. Группу магнитных РМ составляют ферритовые материалы, характерная особенность которых – малая толщина слоя (1–10 мм).

Различают РМ широкодиапазонные ( $I_{\text{макс}}/I_{\text{мин}} > 3-5$ ), узкодиапазонные ( $I_{\text{макс}}/I_{\text{мин}} \sim 1,5-2,0$ ) и рассчитанные на фиксированную длину волны (ширина диапазона  $< 10-15\% I_p$ );  $I_{\text{мин}}$  и  $I_p$  – минимальная и рабочая длины волн. Обычно РМ отражают 1–5 % электромагнитной энергии (некоторые – не более 0,01 %) и способны поглощать потоки энергии плотностью 0,15–1,50 Вт/см<sup>2</sup> (пеночерраммические – до 8 Вт/см<sup>2</sup>). Интервал рабочих температур РМ с воздушным охлаждением от –60 до 650 °С (у некоторых до 1315 °С).

### **Взрывчатые вещества, используемые в горнодобывающих отраслях промышленности**

Наумов В.А., Крицков И.Г.  
Белорусский национальный технический университет

В настоящее время взрывные работы являются доминирующим методом отделения горной породы от массива. Разрушение пород с помощью энергии взрыва является универсальным и практически единственным высокоэффективным способом подготовки скальных горных пород к выемке. Современные исследования доказывают многочисленные превосходства взрывчатых веществ (ВВ) местного приготовления по сравнению с заводскими ВВ. Использование взрывчатых веществ местного изготовления позволяет существенно снизить затраты на взрывные работы и уменьшить опасность, связанную с транспортированием и хранением больших количеств взрывчатых материалов.

Основная проблема в этой области – разработка взрывчатых составов повышенной энергии без взрывчатых сенсibilизаторов, имеющих минимальное количество токсичных компонентов в продуктах детонации, обладающих водостойчивостью и сравнительно низкой вязкостью, позволяющей достаточно быстро производить механизированную зарядку скважин.

Для решения этой проблемы необходимо совершенствовать рецептуры различных видов взрывчатых веществ местного изготовления: простейших смесевых веществ типа АН-ФО или игданитов, водосодержащих ВВ типа ГЛТ или ифзанитов, эмульсионных – типа поремитов. Следует подчеркнуть, что все указанные виды взрывчатых веществ местного изготовления имеют свои достоинства. Простейшие смесевые – минимальную стоимость; эмульсионные – водоустойчивость; водосодержащие – возможность получения максимальной концентрации энергии в зарядной полости. Новизной разрабатываемого ВВ является использование в его составе крахмала, выполняющего роль загустителя, структуризатора, эмульгатора и горючего, и отсутствие эмульгатора.

Первая особенность промышленных ВВ состоит в том, что они не потребляют кислород из воздуха, а содержат его в связанном виде. Его выделение происходит под действием первоначального теплового импульса, который приводит к развитию в массе внутримолекулярных окислительно-восстановительных реакций распада или реакций взаимодействий выделившихся веществ с образованием конечных продуктов реакции и выделения большого количества тепла.

Вторая особенность ВВ состоит в сверхзвуковой скорости выделения при взрыве тепловой энергии и последующим преобразованием её в кинетическую энергию сжатых газов. Расширяясь, они производят механическую работу и оказывают мощное разрушающее воздействие на среду.

Разрабатываемое вещество относится к водосодержащим ВВ, так как вода, входящая в его состав, выполняет роль рабочего тела с функциями ингибитора, флегматизатора, пластификатора и адсорбента. Также в состав данного ВВ будут входить окислитель, горючее, сенсibilизатор, загуститель и структуризатор.

Основным компонентом окислителя, а чаще и единственным, в рецептурах ВВ является аммиачная селитра. Ее высококонцентрированные растворы владеют достаточным количеством кислорода для завершения химических реакций во время взрыва. Поэтому большинство водонаполненных ВВ базируется на моноокислителе – аммиачной селитре. Одним из недостатков ее при разработке рецептур ВВ есть особенность насыщать растворы при повышении температуры и рекристаллизоваться при ее снижении. Это принуждает применять высокотермальные технологии при изготовлении большинства водонаполненных взрывных веществ и зарядании их в буровые скважины.

В составах водонаполненных ВВ загустители служат для придания растворам окислителей водоустойчивости. Последняя зависит от типа используемого загустителя и структуризатора («поперечной сшивки»). Сшивки применяют для обеспечения поперечных связей макромолекул полимер-

ных загустителей в водном растворе. Загущение высококонцентрированных растворов окислителей осуществляют натриевой солью карбоксиметилцеллюлози, полиакриламидом, а в зарубежных взрывчатых смесях – гуаргамом. Наиболее эффективной сшивкой является серноокислый хром, менее эффективны – нитраты хрома, аммониевые и калиевые квасцы хрома, бихромат натрия. Введение того или другого загустителя определяет технологию приготовления ВВ. Как правило, при местном изготовлении взрывных смесей срок их существования незначителен, поэтому такие смеси должны быть быстро загущены, чтобы обеспечить хорошую текучесть и требуемую водоустойчивость составу от момента размещения в скважине до момента взрыва.

Горючие компоненты, используемые в рецептурах ВВ, могут быть твердыми и жидкими. Одной из особенностей многих горючих компонентов является их дуализм. Он проявляется в том, что горючий компонент в рецептуре ВВ может одновременно выполнять две функции – горючего и сенсibilизатора. Для нормального протекания химических реакций во время взрыва горючий компонент должен хорошо обогащаться углеродом и водородом. Первый определяет вид кислородного баланса и величину энергии взрыва. При сбалансированном кислородном балансе ( $КБ=0\%$ ) имеет место максимальное выделение энергии. Водород также вносит вклад в энергию взрыва, и особенно, в объем образующихся при этом газов за счет образования паров воды. В роли твердого горючего наиболее широко, особенно в промышленных ВВ, применяется тротил. В последнее время наблюдается тенденция снижения потребления тротилосодержащих ВВ. Другими твердыми горючими компонентами могут быть: угольный порошок, древесная мука, воск, промпродукт – НМ, которые самостоятельно или совместно с жидкими горючими вносят различный вклад в энергию взрыва.

Эмульгаторы служат для уменьшения поверхностного натяжения в жидкостях, что позволяет их диспергировать и соединять с горючим компонентом в виде тонких плёнок. В составах водосодержащих ВВ в качестве сенсibilизаторов, повышающих чувствительность ВВ к первичному инициирующему импульсу, могут применяться твёрдые, жидкие и газообразные добавки. Распространённые твёрдые – порошок алюминия, металлические порошки, содержащие кремний, ферросилиций и силикокальций. В настоящее время часто применяется сенсibilизация путём аэрирования смеси. Этот способ реализуется различными путями: введением газоздушных микросфер искусственного или естественного происхождения; введением пористых, вспученных материалов; введением химически активных веществ, образующих при реакции пузырьки газа, которые насыщают взрывчатую смесь.

Дальнейшие исследования должны привести к разработке нового состава простейшего водосодержащего взрывчатого вещества, обладающего хорошими физико-химическими и взрывчатыми показателями, и выяснению характера взаимодействия между составными компонентами ВВ. Необходимо изучить характер изменения свойств смеси с течением времени и подобрать консервант для увеличения срока хранения. Также необходимо разработать методику расчёта составов ВВ и их различных характеристик с последующей компьютеризацией. При правильном подборе нужных пламегасящих добавок можно будет добиться получения предохранительного ВВ, которое могло бы использовать в шахтах, опасных по газу и пыли, а также рассмотреть вопрос о применении при выполнении задач инженерного обеспечения боя.

### **Перспективы замены экскаваторов в Вооруженных Силах Республики Беларусь на экскаваторы отечественного производства**

Нечаев А.С.

Научный руководитель Витковский А.М.

Белорусский национальный технический университет

Инженерное обеспечение организуется и осуществляется в мирное и военное время в целях создания благоприятных условий для поддержания Вооруженных Сил (войск) и постоянной боевой готовности, их своевременного и скрытного развертывания, подготовки и ведения операций (боевых действий), а также для повышения защиты войск (сил) и военных объектов от всех средств поражения противника, нанесения противнику потерь и затруднения действий.

Для организации механизации земляных и погрузочно-разгрузочных работ при оборудовании позиций войск и пунктов управления на рассредоточенных объектах в вооруженных силах широко применяются войсковые экскаваторы. Но на сегодняшний день парк экскаваторной техники устарел (войсковой гидравлический одноковшовый экскаватор ЭОВ-4421 на базе автомобиля КрАЗ-255Б), что в свою очередь из-за отсутствия или недостаточного количества запасных частей ведет к определенным сложностям в ремонте и эксплуатации.

Но для уменьшения экономических затрат и повышения качественных параметров средств инженерного вооружения, уровня технической оснащенности и модернизации в соответствии с основными задачами строительства и развития инженерных войск, а именно разработке перспективных образцов средств инженерного вооружения, имеет смысл рассмотреть использование другого, обладающего более высокой проходимостью оте-