

СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГИЕЙ ВЗРЫВА, ОСНОВАННЫЕ НА ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ЗАРЯДОВ ВВ ПРИ ВЗРЫВЕ

П. С. Босак

Научный руководитель – доцент В. Г. Артемов

Пермский государственный технический университет

В статье рассматриваются способы управления энергией взрыва, основанные на взаимодействии зарядов ВВ при ведении буровзрывных работ для увеличения эффективности взрыва.

Создание новой поточной технологии с использованием машин непрерывного действия и полной конвейеризации, а также совершенствование существующей техники разработки полезных ископаемых открытым способом требуют равномерного дробления горной породы взрывом до степени, обеспечивающей максимальную производительность экскаваторного, транспортного и дробильного оборудования. Применявшиеся до некоторого времени методы взрывных работ вследствие крайней неравномерности дробления и большого выхода негабаритных кусков породы не удовлетворяют этому требованию.

Неравномерная отдача энергии взрыва окружающей среде приводит к тому, что огромная часть энергии взрыва тратится непроизводительно на пластические деформации и переизмельчение на границе «заряд – разрушаемая среда». Увеличение полезного использования энергии взрыва – огромный резерв в повышении производительности труда и снижении себестоимости добываемой продукции.

На сегодняшний день существует множество методов управления действием взрыва. Рассмотрим группу способов, основанных на взаимодействии зарядов ВВ при взрыве.

При широком диапазоне расстояния между зарядами ВВ и тем более с изменением их величины можно достигать принципиально различный механизм воздействия взрыва на окружающую среду.

В соответствии со вскрытыми особенностями механизма разрушения пород при групповом взрывании зарядов ВВ взаимодействие зарядов ВВ при взрыве следует рассматривать как один из наиболее активных способов управления действием взрыва, обеспечивающим увеличение эффективности взрывных работ или локализацию вредных воздействий на окружающую среду.

Управление действием взрыва при этом способе достигается за счет изменения расстояния между зарядами, их массы и взаиморасположения, а также очередностью взрывания. На основании результатов исследований теоретически доказано и практически подтверждено влияние взаимодействия зарядов ВВ на эффективность взрывных работ.

В практике производства взрывов на выброс получили распространение дополнительные заряды ВВ, взрыв которых осуществляется с замедлением от 1 до 6 с. Аналогичное назначение имеют также так называемые прижимные заряды, взрывание которых совместно с основными осуществляется по схемам «треугольник» и «слой». Сопоставление показателей массовых взрывов при применении дополнительных зарядов показывает, что наилучший эффект достигается при величине дополнительных зарядов от $1/10$ до $1/2$ массы основного заряда.

Небезынтересными с точки зрения управления энергией ВВ взаимным воздействием зарядов при взрыве являются рекомендации по направленным выбросам с осуществлением фокусирования (кумуляции) одновременно взрывааемых скважинных зарядов, расположенных по окружности.

Как способ управления взаимным воздействием зарядов при взрыве представляет интерес способ увеличения эффекта взрыва в сейсморазведочных скважинах с помощью заполне-

ния скважины водой и использования дополнительных зарядов по длине скважины с постепенным снижением их массы и взрыванием каждого заряда с определенным интервалом замедления.

Взаимное воздействие зарядов при взрыве в значительной степени проявляется также при отбойке массива горных пород с применением принципиально новых схем расположения парных и параллельно-сближенных (пучковых) зарядов ВВ. В этом случае поля напряжений скважин накладываются, взаимодействуют, и воздействие на массив получается аналогичным одному удлиненному заряду равной массы со значительным увеличением эффективности взрывных работ.

По результатам исследований с применением метода электрогидродинамических аналогий установлено, что конструкция пучкового заряда, являясь результатом расщепления и взаимного удаления частей сосредоточенного заряда, более равномерно распределяет энергию взрыва в среде, вследствие чего меньшее количество ее расходуется вблизи заряда, а большая доля энергии передается в места слоя, удаленные от центра взрыва. Непосредственно при детонации зарядов ВВ в пучке в среде возникают ударные волны сжатия, идущие навстречу друг другу. Каждая из ударных волн при одинаковой массе отдельных зарядов характеризуется одинаковыми значениями давления, плотности, скорости перемещения и температуры. Математическое описание процесса столкновения и отражения ударных волн приводится аналогичным отражением одной из этих волн от жесткой преграды. В результате теоретических изысканий установлено, что существует оптимальный диапазон сближения скважин в пучке, при котором эффекты от взаимодействия и нерегулярные режимы косых столкновений ударных волн в породе проявляются в наиболее полной мере.

При парном расположении скважин, несмотря на уменьшение массы ВВ по сравнению с одной скважиной большого диаметра, согласно экспериментальным работам,

получается одинаковое дробление массива и снижение удельного расхода ВВ. Процесс разрушения среды действием взрыва рассматривается с позиции времени, так как трещинообразование горных пород начинается со значительным отставанием во времени от импульса взрыва. За период данного отставания происходит распределение нагрузок в среде. При равных условиях сила взрыва используется лучше, если скважина имеет вытянутую (щелевую) форму и ее длинная сторона располагается параллельно свободной поверхности. Результаты испытаний в лабораторных и производственных условиях парных скважин показали увеличение эффективности взрывных работ.

По данным теоретических исследований представляется возможность определить возникающие напряжения между взаимодействующими зарядами. Однако при этом необходимо учитывать наличие обнаженных поверхностей, так как этот фактор может оказывать значительное влияние на характер разрушения пород и возникающее напряжение.

При применении короткозамедленного взрывания взаимное воздействие зарядов проявляется в большой степени, причем оптимальная величина коэффициента сближения зарядов ВВ увеличивается до 1,2–1,4 вместо 0,8–1,2 при мгновенном взрывании. Короткозамедленное взрывание является более эффективным средством управления взрывом, причем дополнительные направления для управления направлением развала взрывающей массы можно создавать заблаговременно до начала видимого развития трещин. Это обстоятельство позволило применять многоблочное взрывание зарядов ВВ с учетом их взаимодействия, выражающегося в наложении волн или их гашении. Короткозамедленное взрывание систем из основных и дополнительных зарядов также обеспечивает значительное повышение эффективности взрывных работ.

Исходя из установленных особенностей механизма разрушения пород при групповом взрывании зарядов, разработан принципиально новый способ управления действием

взрыва, обеспечивающий увеличение эффективности взрывных работ или локализацию вредных воздействий на окружающую среду. Так, для увеличения эффекта взрыва близко расположенных зарядов ВВ расстояние между ними не должно превышать радиуса зон сжатия и трещинообразования каждого заряда, т.е. зоны разрушения отдельных зарядов должны соприкасаться. Это особенно важно учитывать при использовании пучковых и спаренных зарядов ВВ для разрушения массива или шпуровых зарядов при проведении горных выработок. При превышении указанного расстояния будет происходить локализация взрывных воздействий каждого заряда и в целом снижение эффекта взрыва.

Отталкиваясь от установленного механизма разрушения пород при взаимодействии зарядов ВВ, локализацию взрывных воздействий осуществляют с помощью специально размещенных дополнительных зарядов (противозарядов) вокруг локализуемого (основного) заряда ВВ. В этом случае взрывание дополнительных зарядов меньшей массы должно осуществляться с замедлением по отношению к взрыву основного заряда.

На основании обобщенного геометрического закона подобия величину дополнительных зарядов по избыточному давлению можно определить из соотношения

$$R(\Delta P_{\phi}) = k\sqrt{Q},$$

где k – эмпирический коэффициент напряжения, т.е. если при взрыве заряда массой Q_0 давление ударной волны ΔP_{ϕ} имеет место на расстоянии r_0 от него, то при взрыве заряда это же давление (напряжение) будет создано на расстоянии r , причем $r/r_0 = \sqrt[3]{Q/Q_0}$. При $r = 1$ масса дополнительных зарядов ВВ

$$Q = Q_0 / r_0^3.$$

Вышеуказанные положения о возможности управления энергией ВВ взаимным воздействием зарядов при взрыве подтверждаются результатами экспериментальных работ, выполненных в лабораторных условиях.

При проведении экспериментов выбор материала моделей осуществлялся, исходя из простоты изготовления моделей и возможности получения качественной картины разрушения в наиболее вязких и хрупких материалах, так как величины зон сжатия и трещинообразования, а следовательно, зон пластических и упругих деформаций и зоны хрупкого разрушения зависят от физико-механических свойств взрываемого материала. Таким условиям в большой степени отвечают свинцовые образцы и образцы из песчано-цементного состава.

Эксперименты при взрывании бетонных и свинцовых образцов показали, что эти расстояния зависят от физико-механических свойств взрываемого материала и применяемого типа ВВ, но общая закономерность остается одинаковой, причем увеличение эффективности происходит при расположении дополнительных зарядов в зоне сжатия основного заряда. При расположении дополнительных зарядов вне зоны сжатия основного заряда происходит локализация взрывных воздействий.

На основании установленного механизма разрушения горных пород при взаимодействии зарядов ВВ представляются большие возможности управления энергией взрыва. Однако управление энергией ВВ, взаимным воздействием зарядов при взрыве может осуществляться не только с помощью дополнительных зарядов ВВ, но и при обычных схемах расположения более рациональным размещением камерных и скважинных или шпуровых зарядов ВВ.

Список литературы

1. Машуков В. И. Действие взрыва на окружающую среду и способы управления им / 1 авт. – М.: Недра, 1976.
2. Марченко Л. Н. Увеличение эффективности взрыва при добывании полезных ископаемых / 1 авт. – М.: Наука, 1965.

Получено 08.12.06.