

УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГИЕЙ ВЗРЫВА С ЦЕЛЬЮ УМЕНЬШЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ

Ю. Е. Носова

Научный руководитель – доцент В. Г. Артемов

Пермский государственный технический университет

В данной работе рассматриваются способы управления энергией взрыва для уменьшения сейсмических колебаний и влияние различных коэффициентов на сейсмоэффекты.

Наиболее эффективным способом снижения сейсмических воздействий следует считать применение короткозамедленного способа взрывания, что также позволяет сократить расходы ВМ и бурения, улучшить дробление горной массы и создать возможность управления действием взрыва. Также следует учитывать различные коэффициенты, такие как: коэффициент глубины заложения заряда, коэффициент геометрии заряда, коэффициент степени свободы разрушаемого объема, коэффициент естественного экранирования коэффициент искусственного экранирования сейсмических волн.

За последние годы в подземных условиях при разработке мощных рудных месторождений все большее распространение получают массовые взрывы большой мощности, при которых объем разрушаемой руды за один взрыв достигает 2 млн т. Наметившаяся тенденция использования мощных взрывов приводит к серьезным осложнениям в очистной выемке в результате разрушения целиков и обрушения вмещающих пород под действием взрыва. Кроме того, сейсмические колебания вызывают значительные разрушения поверхностных сооружений и необходимость дополнительных затрат на приведение этих сооружений в нормальное для эксплуатации состояние. В связи с этим исключительно важное значение приобретают вопросы обеспечения сейсмичес-

кой безопасности подземных горных выработок, стволов шахт, промышленных зданий и сооружений, расположенных в зоне интенсивного сейсмического воздействия.

Короткозамедленное взрывание в настоящее время является основным способом инициирования зарядов ВВ как на открытых, так и в подземных разработках, в том числе и в шахтах, опасных по газу и пыли. Короткозамедленным называют такое взрывание (к.з.в.), при котором смежные заряды взрываются в заданной последовательности с интервалами времени, измеряемыми в миллисекундах. Столь короткие интервалы между взрывами зарядов позволяют улучшить использование энергии зарядов ВВ, сократить расход ВВ и бурения, улучшить дробление отбираемой горной массы, снизить сейсмическое воздействие взрывов, повысить безопасность и надежность взрывных работ. Эффективность к.з.в. зависит от правильности выбора интервалов замедления, которое определяется в основном свойствами пород и схемой расположения зарядов. При мгновенном взрывании зарядов процесс разрушения породы протекает неуправляемо; при взрывании зарядов с большими интервалами времени между взрывами разрушение среды последующего взрыва происходит независимо от взрывов предыдущих зарядов. При к.з.в. каждый предыдущий взрыв заряда подготавливает оптимальные условия для разрушения породы последующим взрывом. Физический смысл явлений, происходящих при к.з.в., заключается в том, что взрыв заряда осуществляется в момент, когда происходит процесс разрушения породы предыдущим взрывом и порода находится в сложном напряженно-деформируемом состоянии. К моменту взрыва последующего заряда в массиве успевает развиться система трещин, которая значительно облегчает работу этого заряда. Выбор оптимального интервала замедления для обеспечения необходимого качества взрыва и безопасности ведения взрывных работ зависит от многих факторов: линии

наименьшего сопротивления, свойств взрывааемых пород, схемы взрывааемых зарядов ВВ и т. п. Следует отметить, что до настоящего времени выбор оптимального интервала замедления взрывов зарядов не имеет строго научного обоснования. Величина оптимального интервала замедления, как правило, выбирается исходя из конкретных условий, в которых проводится взрывание. Существует ряд гипотез, объясняющих в той или иной степени явления, происходящие при к.з.в.

Интерференция ударных волн. Эта гипотеза основана на теории вибрационного разрушения среды, согласно которой считается, что при взрывании соседних зарядов через короткие промежутки времени возникает интерференция упругих колебаний частиц массива породы в результате прохождения по нему ударных волн.

Суммирование остаточных напряжений. Согласно этой гипотезе механизм разрушения горных пород при к.з.в. объясняют следующим образом. При прохождении по среде ударной волны в массиве возникает поле напряжений, которое сопровождается интенсивным трещинообразованием.

Гипотеза взаимодействия движущихся масс породы. Эффективность к.з.в. при этом обуславливается возможностью соударения кусков породы в момент максимального напряженного состояния взрывааемой части массива породы.

Влияние дополнительных свободных поверхностей. При этом предполагается, что даже миллисекундный интервал замедления между взрывами зарядов обеспечивает образование дополнительных обнаженных поверхностей.

Короткозамедленное взрывание позволяет улучшить использование энергии зарядов ВВ, что приводит к сокращению расходов ВМ и бурения, позволяет улучшать дробление горной массы, снижать сейсмическое действие взрывов, повышать безопасность и надежность взрывных работ и создавать возможность управления действием взрыва. Короткие

интервалы времени между взрывами зарядов позволяют взорвать весь комплект зарядов отдельными сериями за время, в течении которого в забое не успевает накопиться взрывоопасная метано- и пылевоздушная смесь, что предотвращает аварии в угольных шахтах.

Управление сейсмическим действием взрыва возможно за счет изменения массы заряда $ВВ Q$ и расстояния до центра взрыва R . Изменение эмпирических коэффициентов грунтовых условий и показателей степени затухания сейсмических колебаний существенно зависит от условий взрыва, которые устанавливаются экспериментально. Анализ волновой картины действия взрыва в горных породах показывает, что если в области действия ударных волн затухание напряжений и соответственно скорость смещения пропорциональны R^{-3} (в отдельных случаях, в средах высокой сжимаемости, R^{-4}), в области упругопластических волн R^{-2} (в отдельных случаях R^{-3}), то в области сейсмических волн затухание скорости смещения пропорционально R^{-1} и только в зоне ближнего действия взрыва, где наблюдается нелинейно упругое поведение пород $R^{-1,5}$, а в зоне распространения поверхностных волн $R^{-0,5}$. В сейсмическую волну переходит около 1% потенциальной энергии $ВВ$, что упрощает сейсмическую защиту инженерных сооружений от сейсмического действия взрыва. Допустимой скоростью колебаний называется такая скорость, при которой сохранение зданий или сооружений полностью гарантировано, а возможные локальные деформации не превысят прогнозируемые. Наряду с допустимой скоростью для решения некоторых практических задач необходимо введение такого понятия, как предельная скорость колебаний, соответствующая граничным условиям сохранности зданий или сооружений. При возбуждении в массиве пород скорости колебаний выше допустимой сохранность зданий или сооружений носит

вероятностный характер. Критической скоростью колебаний может быть названа предельно допустимая скорость, выше которой сохранность зданий или сооружений реализуется с вероятностью менее 0,5.

Определение скорости сейсмических колебаний в конкретно горно-геологических условиях может осуществляться экспериментально, путем специальных сейсмических исследований. В результате исследований, выполненных на различных рудниках и карьерах, установлено, что скорость колебаний зависит от свойств массивов горных пород и тех условий, которые определяют положение защищаемого объекта по отношению к месту взрыва.

Количественно оценка сейсмического действия взрыва при изменении некоторых его параметров может осуществляться путем введения в зависимости по определению конечной величины заряда Q_j ряда эмпирических коэффициентов.

Коэффициент глубины заложения заряда определяется из тех условий, что сейсмическое действие взрыва тем меньше, чем больше его энергии использовано в зоне дробления: при увеличении или снижении глубины заложения заряда выше или ниже радиуса зоны регулируемого дробления сейсмическое действие взрыва увеличивается.

Коэффициент геометрии заряда в зависимости от диаметра применяемых зарядов составляет. Следовательно, при повышении диаметра заряда d_i по отношению к исходному d_0 сейсмическая опасность взрывных работ возрастает, и наоборот.

Коэффициент степени свободы разрушаемого объема определяется из тех соображений, что чем выше степень зажима среды, разрушаемой взрывом, тем больше энергии ВВ переходит в энергию волны сжатия, определяющей сейсмическую обстановку в ближней зоне.

Коэффициент потенциальной энергии ВВ, определяющий сейсмическую активность заряда ВВ, особенно в ближней зоне, зависит от скорости детонации ВВ и его потенциальной энергии. Следовательно, при использовании мощных ВВ типа скального аммонита № 1, детонита М сейсмобезопасная масса заряда ВВ Q должна быть снижена на 10–12 %, при использовании взрывчатых веществ типа игданита, гранулита С-2 или М масса заряда ВВ может быть повышена на 8–10 % без увеличения его сейсмического действия.

Коэффициент естественного экранирования сейсмических волн исходит из тех условий, что если между очагом взрыва и защищаемым объектом находится выработанное пространство: карьер, глубокие овраги, выемки, зоны тектонических нарушений, карстовые воронки и полости, заполненные несцементированным материалом, то в этом случае масса сейсмобезопасного заряда ВВ может быть увеличена.

Коэффициент искусственного экранирования сейсмических волн применяется в том случае, когда между очагом взрыва и защищаемым сооружением создан искусственный экран с акустической жесткостью в 3–5 раз ниже акустической жесткости окружающих пород. В этом случае, как известно, скорость за таким искусственным экраном снижается в 2–3 раза, а масса сейсмобезопасного заряда может быть увеличена в 4–9 раз.

Расстояния, при которых колебания грунта, вызываемые однократным взрывом сосредоточенного заряда взрывчатых веществ, становятся безопасными для зданий и сооружений, зависят от следующих параметров: расстояния от места взрыва до охраняемого здания (сооружения), коэффициентов, зависящих от свойств грунта в основании охраняемого здания, от типа сооружения и характера застройки, от условий взрывания, а также от массы заряда. Если заряды располагаются в воде, насыпях, почвенных и водонасыщенных грунтах, то рассчитанные сейсмобезопасные расстояния увеличиваются в 1,5–2 раза.

Сейсмическая защита инженерных сооружений в практической деятельности рудников, карьеров и гидротехническом строительстве на скальных основаниях позволяет получать значительный экономический эффект за счет повышения производительности труда при взрывах зарядов ВВ большей массы, большей концентрации взрывных работ, сокращения срока их производства и времени простоя оборудования, сохранности существующих зданий, инженерных сооружений, уступов, отвалов, камер и т.д., разрушения которых связаны с большими материальными потерями.

Список литературы

1. Миндели Э. О. Разрушение горных пород / 1 авт. – М., 1974.
2. Комащенко В. И. Буровзрывные работы / 3 авт. – М., 1995.
3. Справочник взрывника. – М., 1988.
4. Единые правила безопасности при взрывных работах. – М., 2003.

Получено 07.12.06.