

УДК 622.831.1

А.В. Шадрин, в.н.с., д-р техн. наук
А.А. Контримас, аспирант
(Институт угля ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово)
A.V. Shadrin, leading researcher, Dr. Sc. sciences
A.A. Kontrimas, graduate student
(Institute of Coal FIZ UUN SB RAS, Kemerovo)

АКУСТИЧЕСКОЕ ПОЛЕ, ФОРМИРУЕМОЕ В ПРИЗАБОЙНОМ ПРОСТРАНСТВЕ РЕЖУЩИМ ОРГАНОМ ПРОХОДЧЕСКОГО КОМБАЙНА

ACOUSTIC FIELD GENERATED IN THE BOTTOMHOLE SPACE CUTTING UNIT ROADHEADER

В процессе работы режущий орган проходческого комбайна излучает упругие (акустические) колебания в достаточно широком частотном диапазоне. Поскольку коэффициент затухания упругих волн зависит от частоты и напряженного состояния горного массива, по которому они распространяются, анализ спектрального состава «шумов» режущего органа комбайна позволяет оценить напряженное состояние призабойного пространства [1].

Напряженное состояние, в частности, определяет выбороопасность пласта. Для ее прогноза на ряде шахт применяется спектрально-акустический метод [1, 2]. Для его реализации в борт выработки на некотором расстоянии от забоя бурят шпур длиной до 1,5 м, в который устанавливают приемник акустических колебаний. Упругие колебания от источника распространяются по горному массиву и достигают приемника. Спектральный анализ регистрируемого приемником «шума» по определенному алгоритму позволяет оценить напряженное состояние призабойного пространства. Для этого акустические колебания от источника должны пройти в глубь массива не менее чем на величину неснижаемого опережения забоя выработки разведанной неопасной зоны, которое составляет 1,5 м [3]. Покажем, что, несмотря на то, что геофон находится позади забоя выработки, до него доходят акустические колебания из зоны массива, расположенного впереди забоя выработки с глубины неснижаемого опережения и большей.

Считаем, что источник звука приближенно можно рассматривать как точечный (его размеры много меньше ширины выработки) и он имеет полусферическую диаграмму направленности (основанием полусферы является грудь забоя). Тогда принципиально возможны следующие три схемы распространения звука от источника к приемнику.

По первой схеме структура угольного пласта и вмещающих пород сохраняются постоянными. Акустическая волна при своем движении не может быть сфокусирована в объеме среды, геометрические размеры которой меньше половины длины волны [4]. Следовательно, как минимум на эту глубину угольный пласт «прозвучивается» излучаемым режущим органом комбайна звуком.

Оценим эту величину для случая, когда приемником звука являются геофоны типа СВ-20 и СВ-30. Для них область рабочих частот лежит в пределах 30-1500 Гц [2]. При скорости звука по углю, примерно равной 1600 м/с, рабочие длины волн лежат в интервале $\lambda = 50-1,1$ м. Следовательно, если бы сферическая звуковая волна от излучателя к приемнику распространялась по прямой, то на принятый сигнал оказывала бы влияние минимально возможная масса угля, расположенная в объеме трубки, диаметром 25-0,55 м. На эту минимальную глубину осуществлялось бы зондирование горного массива впереди подготовительной выработки.

Однако приемник звука находится в своеобразной области звуковой тени. Поэтому на результирующее акустическое поле у приемника будет влиять дифракция звука в области изменения направления его распространения. Качественную оценку влияния дифракции звука можно получить, применив принцип Гюйгенса [5]. Суть принципа заключается в том, что волну любой формы можно представить состоящей из большого числа простых сферических волн одинаковой частоты (так называемых элементарных волн), каждая из которых распространяется из своей исходной точки и имеет свои начальную фазу и амплитуду. При этом любой волновой фронт можно рассматривать как огибающую всех таких элементарных волн, исходные точки которых располагаются на прежнем фронте волны [5]. Вследствие этого в призабойном пространстве в устье так называемой «лучевой трубки», расположенной вдоль борта выработки, в котором установлен геофон, будут попадать вторичные сферические элементарные волны, излученные фронтами результирующих волн, расположенных впереди забоя подготовительной выработки. Поэтому глубина зондирования горного массива для этой схемы распространения звука будет больше половины длины самой короткой волны, т.е. можно ожидать, что не менее 1,5 м. Следовательно, если напряженное состояние призабойного пространства будет определяться целиком, оставленным на выше- или нижележащем пласте, то оно будет своевременно зарегистрировано по измененному спектральному составу «шумов» работающего комбайна.

Вторая схема распространения звука рассматривает случай, когда впереди забоя выработки имеется дизъюнктивное нарушение (один из факторов, определяющих выбросоопасность). Оно создает отражающую поверхность для упругих колебаний, поскольку акустические импедансы горной массы до- и после нарушения различны. Для этой схемы глубина «зондирования» массива впереди выработки равна расстоянию между гру-

дью забоя и нарушением и в силу достаточной чувствительности приемного тракта аппаратуры превышает требуемую величину неснижаемого опережения в 1,5 м.

Третья схема применима для случая, когда структура пласта впереди забоя выработки изменяется за счет изменения его мощности или мощностей отдельных пачек, либо имеется пликативное нарушение.

Угольный пласт с изменяющейся мощностью формирующих его угольных пачек либо имеющего пликативное нарушение (также факторы, определяющие выбросоопасность) можно рассматривать как неоднородный волновод, поскольку его свойства изменяются вдоль направления распространения волны [6]. Участок, на котором однородный волновод с одними свойствами переходит в волновод с другими свойствами называется переходной зоной. Решением задачи о распространении волн в неоднородном по трассе волноводе является суперпозиция падающей и отраженной от переходной зоны волн на участке между забоем и переходной зоной и прошедшая переходную зону экспоненциально затухающая волна [6]. Следовательно, и в этом случае глубина «зондирования» массива впереди выработки, равная расстоянию между грудью забоя и переходной зоной, больше требуемого неснижаемого опережения в 1,5 м.

Таким образом, увеличение напряжений впереди забоя подготовительной выработки в зоне влияния целика (или возвышенности на земной поверхности) при отсутствии изменений в структуре пласта и вмещающих пород, и вследствие наличия пликативных и дизъюнктивных нарушений, равно как и из-за изменения мощности перемятой пачки на достаточную величину – факторов, определяющих опасность проявления газодинамических явлений – может быть зарегистрировано спектрально-акустическим методом при подходе к ним на расстояние не менее требуемого неснижаемого опережения в 1,5 м.

Список литературы

1. Шадрин, А.В. Основы автоматизированного непрерывного ГДЯ-мониторинга в угольных шахта Кузбасса / А.В. Шадрин, В.А. Коноваленко // Вестник КузГТУ. – 2001. - №3.-С.28-31.
2. Мирер, С.В. Спектрально-акустический прогноз выбросоопасности угольных пластов / С.В.Мирер, О.И. Хмара, А.В. Шадрин. Кемерово: Кузбассвуиздат, 1999. - 92 с.
3. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля, породы и газа (РД 05-350-00). Предупреждение газодинамических явлений в угольных шахтах (Сборник документов). – М.: Государственное предприятие НТЦ по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России, 2000. – С. 120-303.
4. Савич, А.И. О зоне «захвата» упругих волн // Труды Гидропроекта, 1971, №21. С. 29-40.

5. Крауткремер Й. Ультразвуковой контроль материалов: Справ. изд. / Й. Крауткремер, Г. Крауткремер; пер. с нем. – М.: Металлургия, 1991. - 752 с.
6. Бреховских, Л.М. Волны в слоистых средах. Изд-во «Наука».1973.–343 с.