

ния Ветковской флексуры в районе 15-й и 16-й западных лав подтверждена также интенсивными газовыделениями из скважины ДМ-1933 (в 600 м от места последнего внезапного выброса). А 19.08.01 г. в 15-й западной лаве произошел взрыв метановоздушной смеси, в результате которого погибло 55 человек.

Рассматривая проблему взрывов рудничного газа в угольных шахтах, следует особенно подчеркнуть, что существующие на шахтах датчики термokatалитического действия тарифируются исключительно по метану, а реагируют на все горючие газы, встречающиеся в рудничной атмосфере. Это, безусловно, затрудняет создание адекватной аварийной ситуации на участке. Поэтому для предупреждения вспышек и взрывов рудничного газа путём своевременного выявления опасных концентраций газовых смесей необходимо предусматривать отдельный контроль метана, тяжёлых углеводородов и водорода датчиками нового поколения.

В настоящее время практическое решение такой задачи может быть реализовано с использованием унифицированной телекоммуникационной автоматизированной системы (УТАС), разработанной ГП «Петровский завод угольного машиностроения» совместно с фирмой TROLEX Ltd (Великобритания). Основное назначение данной системы – управление безопасностью горных работ путем распознавания и прогнозирования предаварийных и аварийных ситуаций на

начальных стадиях. Она включает в себя более 10 подсистем, осуществляющих управление горношахтным оборудованием. Для контроля параметров машин, механизмов и окружающей среды в состав телекоммуникационных средств и устройств управления системы УТАС входит более 15 типов датчиков, установленных в подземных условиях. УТАС обеспечивает также передачу всей информации на поверхность горному диспетчеру и руководству шахты для принятия оперативных решений на базе постоянно накапливаемых и обрабатываемых данных.

Весьма важным обстоятельством является то, что УТАС представляет собой открытую систему и в случае необходимости ее можно докомплектовывать новыми устройствами.

Использование в системе УТАС датчиков водорода, тяжелых углеводородов и ацетилена позволяет не только контролировать их содержание в атмосфере горных выработок, но и прогнозировать подход к зонам тектонических нарушений, являющихся коллекторами миграции горючих газов в горные выработки.

С одной стороны, такая информация позволит своевременно выполнять необходимые профилактические мероприятия для повышения безопасности работ, а с другой – выявлять в пределах шахтных полей действующих и закрывающихся шахт перспективные участки для попутной добычи метана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азаров Н.Я., Анциферов А.В., Тиркель М.Г., Канин В.А., Брюм В.З., Моргунов Ю.Ю., Хороших Л.В. Возможности системы УТАС для диагностики аварийных ситуаций по газовому фактору // НАУКОВІ ПРАЦІ УКРНДМІ. Випуск 5 / Під заг. ред. А.В. Анциферова. Донецьк: УкрНДМІ НАН України, 2009. С. 503–512.
2. Мурич А.Т. О перспективах нефтегазоносности северной зоны мелкой складчатости Донбасса // Геология нефти и газа. 1979. № 3. С. 34–40.
3. Газоносность угольных бассейнов и месторождений СССР. М.: Недра, 1979. Т. 1. 627 с.
4. Канин В.А., Тиркель М.Г., Тараник А.А., Брюм В.З., Моргунов Ю.Ю., Хороших Л.В. Датчики ацетилена в системе УТАС // НАУКОВІ ПРАЦІ УКРНДМІ. Випуск 5 / Під заг. ред. А.В. Анциферова. Донецьк: УкрНДМІ НАН України, 2009. С. 490–502.

УДК 550.834-622.12

**ГЛУХОВ А.А.,
КЕНЖИИ Б.М.,
КОМПАНЕЦ А.И.**

Влияние параметров тектонических нарушений на характеристики сейсмических волновых полей при использовании метода отраженных волн в шахтной сейсморазведке

Процесс добычи угля является одним из наиболее сложных по сравнению с разработкой других полезных ископаемых. Он связан с решением множества проблем, возникающих под влиянием разных факторов, главным из которых являются горно-геологические условия, от которых зависят рентабельность производства, применяемые технологии, эффективность и безопасность труда. Непредвиденные встречи тектонических нарушений при отработке угольных пластов приводят не только к экономическим потерям, но и являются причиной аварийности и травматизма. Поэтому их опережающий и достоверный прогноз чрезвычайно актуален. Традиционные геологические методы прогноза не удовлетворяют требованиям

угольной промышленности. Альтернативными и более перспективными являются геофизические методы, в частности, методы шахтной сейсморазведки [1, 2].

Прогноз параметров тектонических нарушений угольных пластов сейсмоакустическим методом [1, 2] представляет собой сложную задачу, решение которой зависит от множества факторов. В данной статье изложены результаты анализа влияния параметров тектонических нарушений типа сброс на скоростные, частотные и амплитудные характеристики информативных волновых пакетов при использовании метода отраженных волн (МОВ).

В результате проведенных исследований было установлено, что характерные сейсмогеологические

разрезы угольных пластов можно разделить на две группы, в первой из которых волновод формируется непосредственно угольным пластом, а во второй – либо угольным пластом и залегающим в кровле или почве аргиллитом, либо сближенными (на расстоянии не более 4 м) пластами [3]. В связи с этим теоретический анализ структуры и характеристик волновых полей проводился на основе методов математического моделирования [4] для обеих групп.

Из геометрических соображений легко убедиться в том, что для оценки времени первого вступления верна следующая формула (приведен пример для боковой волны сжатия):

$$t_{p\text{ нор}} = 2 \frac{R}{V_{p\text{ нор}}} + 2l_{\text{нор}} \left(\frac{V_{p\text{ нор}} - \bar{V}_{p\text{ аном}}}{V_{p\text{ нор}} \times \bar{V}_{p\text{ аном}}} \right), \quad (1)$$

где $t_{p\text{ нор}}$ – время первого вступления боковой волны сжатия;

R – расстояние от источника колебаний до сместителя нарушения;

$V_{p\text{ нор}}$ – скорость распространения волн сжатия в породе в ненарушенной зоне

$\bar{V}_{p\text{ аном}}$ – средняя скорость распространения волн сжатия в породе в зоне аномалии;

$l_{\text{нор}}$ – ширина зоны повышенной трещиноватости пород. Выражения для иных типов волн можно записать аналогично (1):

$$t_{s\text{ нор}} = 2 \frac{R}{V_{s\text{ нор}}} + 2l_{\text{нор}} \left(\frac{V_{s\text{ нор}} - \bar{V}_{s\text{ аном}}}{V_{s\text{ нор}} \times \bar{V}_{s\text{ аном}}} \right) \quad (2)$$

(для боковых волн сдвига),

$$t_{p\text{ нор}} = R \left(\frac{1}{V_{p\text{ нор}}} + \frac{1}{V_{s\text{ нор}}} \right) + \quad (3)$$

$$+ l_{\text{нор}} \left(\frac{V_{p\text{ нор}} - \bar{V}_{p\text{ аном}}}{V_{p\text{ нор}} \times \bar{V}_{p\text{ аном}}} + \frac{V_{s\text{ нор}} - \bar{V}_{s\text{ аном}}}{V_{s\text{ нор}} \times \bar{V}_{s\text{ аном}}} \right)$$

(для обменных волн сдвига).

Обработка данных, полученных в результате математического моделирования, дает очень высокую степень соответствия времен прихода отраженных волн различных типов выражениям (1), (2) и (3). Для боковых волн сжатия отклонение не превышает 1-2 %, для остальных типов волн – 5 %.

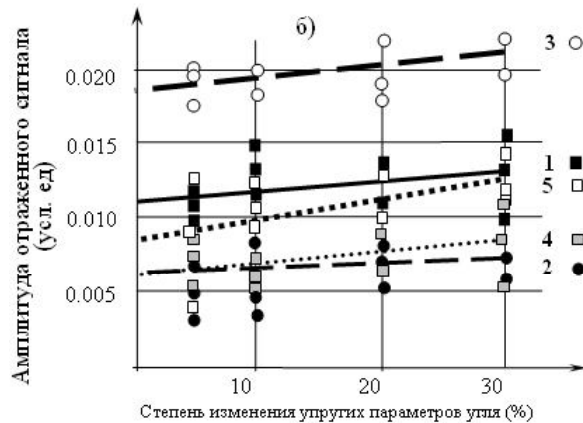
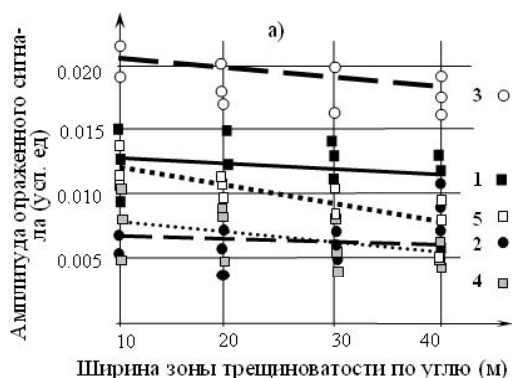
Вторые слагаемые в выражениях (1), (2) и (3) представляют задержку во времени прихода отраженных от сместителя волновых пакетов, вызванную наличием зоны трещиноватости. Поскольку расстояние до нарушения определяется по времени регистрации отраженных волн, используя данную величину, можно оценить соответствующую погрешность:

$$\Delta R = 2l_{\text{нор}} \left(\frac{V_{p\text{ нор}} - \bar{V}_{p\text{ аном}}}{\bar{V}_{p\text{ аном}}} \right) = 2l_{\text{нор}} \left(\frac{V_{s\text{ нор}} - \bar{V}_{s\text{ аном}}}{\bar{V}_{s\text{ аном}}} \right) = \quad (4)$$

$$= +l_{\text{нор}} \left(\frac{V_{p\text{ нор}} - \bar{V}_{p\text{ аном}}}{\bar{V}_{p\text{ аном}}} + \frac{V_{s\text{ нор}} - \bar{V}_{s\text{ аном}}}{\bar{V}_{s\text{ аном}}} \right).$$

На рисунке 1а представлены зависимости амплитуд отраженных волновых пакетов разных типов от

степени изменения плотности и скоростных характеристик угля для тектонического нарушения типа сброс для углей марки Ж (ширина зоны трещиноватости составляет 10 м) для основных типов волновых пакетов. Расчеты проводились для значений изменений плотности и скоростных характеристик среды на 5 %, 10 %, 20 % и 30 %. Анализируя графики амплитуд отраженных волн для различных типов волновых пакетов, можно сделать вывод о том, что амплитуды боковых волн всех типов зависят от изменения физико-механических характеристик среды в зоне влияния нарушения типа сброс в меньшей степени, чем у каналовой волн, образованных волноводом сложного строения (для моделей, относящихся ко второй группе сейсмогеологических разрезов), и у высокочастотных «хвостовых» частей волн сдвига (для моделей, относящихся к первой группе сейсмогеологических разрезов).



1 – боковая волна сжатия; 2 – обменная боковая волна сдвига; 3 – боковая волна сдвига; 4 – высокочастотная «хвостовая» часть волны сдвига (для моделей, относящихся к первой группе сейсмогеологических разрезов); 5 – каналовая волна, образованная волноводом сложного строения (для пластов, относящихся ко второй группе)

Рисунок 1 – Зависимость амплитуд отраженных волновых пакетов от ширины зоны трещиноватости (а) и степени изменения плотности и скоростных характеристик угля (б) при ширине зоны, равной 10 м, для тектонического нарушения типа сброс

При этом рассчитанное в рамках используемой модели увеличение амплитуды отраженных боковых волн сжатия в среднем не превышает 10 % на каждые

10 % изменения плотности и скоростных характеристик угля. Для обменной боковой волны сдвига и обычной боковой волны сдвига эта величина также составляет около 10 %. Для каналовой волны, образованной волноводом сложного строения (для моделей, относящихся ко второй группе сейсмогеологических разрезов), и высокочастотной «хвостовой» части волны сдвига (для моделей, относящихся к первой группе сейсмогеологических разрезов), эта величина может превышать 15 %.

Перейдем к рассмотрению влияния ширины зоны трещиноватости на амплитуду отраженного сигнала (рис. 16). Расчеты проводились для значения изменения плотности и скорости распространения волн сжатия в зоне аномалии на 30 %, степень изменения скорости волн сдвига принималась равной 45 %. Ширина зоны трещиноватости варьировалась в пределах от 10 до 40 м. Как и в предыдущем случае, базовой функцией для аппроксимации была выбрана прямая.

Рассмотрев графики, изображенные на рис. 16, можно сделать вывод, что амплитуды боковых волн всех типов зависят от ширины зоны трещиноватости при зоне нарушения типа сброс слабее, чем каналовые волны, образованные волноводом сложного строения (для моделей, относящихся ко второй группе сейсмогеологических разрезов) и высокочастотные «хвостовые» части волн сдвига (для моделей, относящихся к первой группе сейсмогеологических разрезов).

Расчитанное падение амплитуды отраженных боковых волн всех типов в среднем не превышает 3-5 % на каждые 10 метров пути по аномалии (размеры аномалии измеряются по пласту). Для каналовой волны, образованной волноводом сложного строения, и высокочастотной «хвостовой» части волны сдвига эта величина может достигать 10-15 % и больше.

На рис. 2 представлены усредненные частотные спектры теоретических сейсмограмм для волн, отраженных от нарушения типа сброс с зоной трещиноватости шириной 10 м, со степенью изменения плотности и скоростных характеристик в угле, равной 10 % (на рис. 2 соответствующий спектр обозначен цифрой 1), а также от нарушения типа сброс с зоной трещиноватости шириной 30 м со степенью изменения плотности и скоростных характеристик в угле, равной 30 % – 2). Кроме того, для сравнения представлен спектр колебаний (3), распространяющихся по направлению к нарушению (для удобства сравнения положения максимумов масштаб амплитуды на рис. 2 изменен в 10 раз). Расчет производился для расстояния 40 м от источника на модели без аномальной зоны (чтобы не возникла погрешность за счет отражения от её границ). Это достаточное расстояние, при котором (по результатам расчетов) успевают сформироваться основные волновые пакеты.

Отражение от нарушения типа сброс с зоной трещиноватости шириной 10 м со степенью изменения плотности и скоростных характеристик в угле, равной 10 %.

Отражение от нарушения типа сброс с зоной трещиноватости шириной 30 м со степенью изменения плотности и скоростных характеристик в угле, равной 30 %.

Спектр исходных колебаний, распространяющихся по направлению к нарушению (для удобства сравнения положения максимумов масштаб амплитуды изменен).

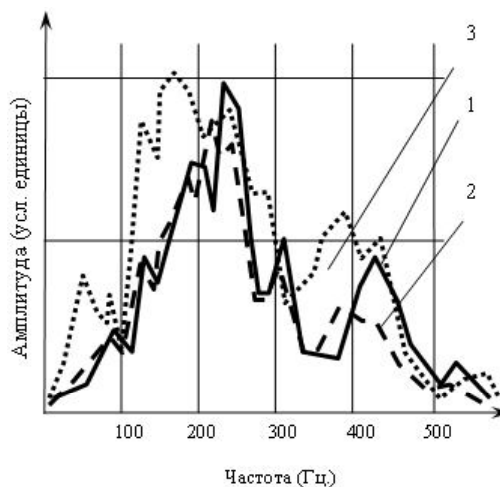


Рисунок 2 – Усредненные частотные спектры теоретических сейсмограмм для модели тектонического нарушения типа сброс

Данные спектры получены на моделях, соответствующих первой группе характерных сейсмогеологических разрезов. Присутствуют два основных максимума, один из которых лежит в низкочастотной области, другой – в области более высоких частот. Это объясняется тем, что, согласно ранее проведенным исследованиям [1, 2], для условий Донбасса характерны волновые пакеты, образованные боковыми продольными (с диапазоном частот от 50 до 200 Гц) и поперечными волнами (от 90 до 250 Гц), а также высокочастотными колебаниями (диапазон частот 150-500 Гц), которые являются структурными составляющими боковых волн сдвига и имеют характеристики, близкие к каналовым волнам. В настоящей работе мы говорим об этом волновом пакете как о высокочастотной составляющей боковой волны сдвига. Боковые волны составляют первый из максимумов, а высокочастотные колебания – второй.

Сравнение частотных спектров показывает, что:

- спектр отраженной части сигнала отличается от спектра падающей волны более значительным вкладом высоких частот;

- аномальная зона в наибольшей степени влияет на частотный спектр отраженной высокочастотной составляющей боковой волны сдвига и в наименьшей степени – на боковые волны.

Действительно, усредненный спектр падающей на нарушение волны имеет локальные максимумы на частотах 60 Гц, 170 Гц и 400 Гц. При наличии тектонического нарушения с незначительной по размерам (ширина по углю составляет 10 м) и по степени изменения характеристик (10 %) зоной трещиноватости образуется отраженная волна значительно меньшей амплитуды (приблизительно 1/10 от амплитуды падающей волны), в которой максимумы спектра располагаются на частотах около 230 Гц (боковые волны) и 430 Гц (высокочастотная составляющая боковой вол-

ны сдвига). Интересно, что низкочастотный локальный максимум отсутствует. Если тектоническое нарушение имеет зону трещиноватости шириной 30 м и степень изменения плотности и скоростных показателей угля 30 %, то отраженная волна (амплитудой приблизительно 1/11 от амплитуды падающей волны) имеет максимумы спектра на частоте 215 Гц и 390 Гц. Таким образом, наблюдается смещение максимума амплитуды спектра боковых волн на 15 Гц, а максимум амплитуды спектра высокочастотной составляющей боковой волны сдвига – на 40 Гц.

Таким образом, в данной статье изложены результаты анализа влияния параметров тектонических нарушений типа сброс на скоростные, частотные и амплитудные характеристики информативных волновых пакетов при использовании метода отраженных волн (МОВ). Результаты данной статьи могут быть использованы специалистами в области шахтной и наземной сейсморазведки для разработки систем прогнозных критериев и усовершенствования методик сейсмического прогноза горно-геологических условий залегания угольных пластов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азаров Н. Я., Яковлев Д. В. Сейсмоакустический метод прогноза горно-геологических условий эксплуатации угольных месторождений. М.: Недра, 1988. 199 с.
2. Анциферов А.В. Теория и практика шахтной сейсморазведки. Донецк: Алан, 2002. 312 с.
3. Анциферов А.В., Глухов А.А., Сейсмические волновые поля, регистрируемые на угольных пластах Донбасса при решении задач шахтной сейсморазведки // Сб. науч. тр. Национального горного университета. Днепропетровск: НГУ, 2005. № 23. С. 120-128.
4. Анциферов А.В. Математическое моделирование процесса прохождения сейсмических сигналов через тектонические нарушения угольного пласта // Геотехническая механика / ИГТМ. Днепропетровск, 2001. Вып. 29. С. 90-97.

УДН 622.232.8
ЖАУТНОВ Б.А.
МЕХТНОВ А.Д.
СУЛТАНБЕКОВ Т.Е.

Исследование спектра вибраций механической части горно-добывающих комплексов и экскаваторов

Угольная промышленность является базовой, от ее стабильной работы зависят такие отрасли, как энергетика, металлургия, машиностроение. Поэтому проблемы угольной промышленности в той или иной степени перекладываются на экономику всей страны.

Целью данной работы является исследование спектра вибраций механической части горно-добывающих комплексов и экскаваторов. Для решения данной задачи используются методы вибродиагностики, которые обеспечивают своевременное выявление «слабых мест» механической части машин, задействованных на открытых разработках с установлением фактического технического состояния и необходимости выполнения ремонта.

Анализ всех типов карьерных шагающих и роторных экскаваторов, задействованных в производстве [1], показывает, что средневзвешенный возраст эксплуатации экскаватора составляет более 18 лет, а нормативный срок службы от 15-17 лет. Как следствие – повышенная аварийность, сокращение межремонтных циклов, увеличение затрат на ремонт. Сложные горно-геологические и экологические условия, а также отсутствие достаточного финансирования усугубляют эту проблему. Можно утверждать, что находящиеся в длительной эксплуатации экскаваторы открытых разработок Карагандинской и Павлодарской областей требуют более детального обследования на предмет усталостных разрушений, износа, вибраций. Созрела необходимость в применении методов неразрушающего контроля при проведении ремонтных и наладочных работ с целью повышения их технического уровня, качества и эффективности.

Эффективность эксплуатации горного оборудова-

ния предполагает минимизацию затрат на его содержание и ремонт при максимальной производительности и соблюдении безопасных условий труда обслуживающего персонала. Повышаются затраты в 1,5-2 раза на техническое содержание экскаватора из-за увеличения стоимости его ремонта при превышении нормативного срока службы.

Однако, как показывает практика, фактические нагрузки могут значительно отличаться от расчетных или регламентных. Более того, оборудование ремонтируется по регламенту согласно планово-предупредительному ремонту (ППР), что сокращает межремонтный период в среднем на 15-30 %, т.е. снижает надежность. Это обусловлено тем, что в реальных условиях не существует сильной взаимосвязи между сроком эксплуатации и техническим состоянием (ТС) оборудования, если не присутствуют эрозийные формы износа и разрушения, которые напрямую связаны со сроком службы.

На территории Казахстана, так же как и стран СНГ, в настоящее время основным видом технического обслуживания (ТО) машин и механизмов в горной промышленности остается планово-предупредительный ремонт (ППР), а не ремонт по результатам диагностирования и установленному фактическому состоянию механических частей горных машин. Срок эксплуатации экскаватора и его ресурс зависят от времени работы наиболее подверженных износу компонентов, таких, например, как подшипниковые узлы. Процедура, предусмотренная ППР, существенно уменьшает вероятность простоя оборудования и аварийных ситуаций, но не предохраняет механизм от неожиданных повреждений в межремонтный период, а разборка