

ожидаемыми асимметричными нагрузками; оценены эффекты снижения нагрузок на крепь при тампонаже приконтурных пород и пород в удаленных зонах дезинтеграции с высокой трещиноватостью. Очевидно, что технологические преимущества тубинговой крепи могут быть обеспечены при формировании равномерной нагрузки по контуру путем включения в охранную конструкцию податливых элементов и тампонажа пород в зонах дезинтеграции.

Полученные результаты положены в основу аналитических исследований и обоснования конструктивно-технологических решений крепления вертикальных стволов. Разработка последних, в первую очередь, должна быть связана с учетом разноскоростной деформируемости слабых и прочных пород и управляемого изменения концентрации напряжений вокруг ствола [4], что можно контролировать по формированию зоны неупругих деформаций в приконтурном массиве изложенными методиками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Косков И.Г., Прагер В.А., Будник А.В. Перспективы поддержания вертикальных стволов шахт // Уголь Украины. – 1994. – № 9. – С. 47 – 49.
2. СНиП II-94-80. Подземные горные выработки // Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1982. – 32 с.
3. Левит В.В. Результаты диагностики состояния вертикальных стволов методом электрометрии // Уголь Украины. – 1997. – № 6. – С. 50 – 53.
4. Дрибан В.А., Кулибаба С.Б. Проблемы охраны шахтных стволов // Уголь Украины. – 1993. – № 12. – С. 35 – 37.

УДК 550.3:622.83:622.3.016

А.А.Яланский

ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ ЭКСПРЕСС-КОНТРОЛЬ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И СОСТОЯНИЯ ПОРОДНОГО МАССИВА В ШАХТАХ И ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЯХ

Специфика условий шахт и подземных сооружений, сложность и недоступность горных пород как объекта измерений требует создания принципиально новых методов, способов и средств геофизического контроля. Их раз-

работка невозможна без исследований в области распространения и взаимодействия физических полей, применения новейших методов в прикладной геофизике и современных достижений в электронной технике [1].

Значительное повышение эффективности и достоверности контроля достигнуто разработкой геофизических экспресс-методов, которые базируются на фундаментальных физических закономерностях, связанных с деформированием и разрушением горных пород, новейших достижениях и открытиях последних лет, в частности, методах спектрального анализа, оценки взаимных спектров, многопараметрового контроля и комплексирования, взаимной трансформации упругих волн, механоэлектрических эффектах, резонансных и других явлениях [2].

В горных породах доминирующим фактором, определяющим изменение скоростей упругих волн, коэффициентов затухания, частотных спектров, а также кажущегося электросопротивления при их нагружении, является трещиноватость, поэтому геофизический экспресс-контроль свойств массива должен базироваться на измерении кинематических и электрических параметров, а его состояния - на контроле процесса трещинообразования. На основе этого положения разработаны и апробированы новые методы исследований: метод экспресс-определения прочностных свойств углевмещающих пород по их геологическим характеристикам и акустическим измерениям образцов и кернов горных пород, основанный на полуавтоматическом измерении скоростей ультразвуковых волн и позволяющий исключить механическую обработку пород; метод экспресс-определения скорости поперечных волн и оценки упругих параметров, основанный на выделении первого вступления поперечной волны поворотом конусных излучателя и приемника при обеспечении необходимой жесткости акустических контактов и позволяющий исключить механическую обработку образцов и керна; метод диагностики свойств и состояния массива горных пород при керновом бурении, основанный на сравнении данных акустического каротажа скважин и ультразвуковых измерений керна непосредственно в полевых условиях и позволяющий прогнозировать состояние пород при изменении их литологии и трещиноватости; метод оценки взаимных спектров геофизической информации о состоянии контролируемого массива пород или процесса, основанный на определении с помощью ЭВМ взаимного амплитудного спектра сопоставляемых состояний, а также их логарифмов, фазового спектра и квадра-

та спектра когерентности и позволяющий учесть влияние системы измерительных датчиков, контактных условий и прибора на конечный результат в целом, установить взаимозависимость различных по природе физических полей; метод оценки основных технологических параметров отработки угольных пластов, основанный на комплексном контроле массива пород и позволяющий проводить детальную оценку свойств ультразвуковыми и механическими методами и экспресс-оценку состояния электрометрическими и виброакустическими методами контроля.

Выполнен анализ процесса распространения акустических, электростатических и электромагнитных полей в слоистом анизотропном массиве пород. Установлено, что влияние напряжений на изменение скоростей и коэффициентов затухания упругих волн в вязкоупругой области нагружения происходит преимущественно в направлении смещения колеблющихся частиц среды. Выполнен сопоставительный анализ различных влияющих факторов (слоистости, начальных напряжений, геометрической нелинейности свойств среды, физической нелинейности, чередующихся слоев) на распространение различных волн по типу и природе возникновения. Для принципиально различных математических моделей слоистых пород с геометрической и физической нелинейностью свойств среды, для волн больших и малых амплитуд без начальных и с начальными напряжениями величины влияния изменения напряжений на скорости и затухание упругих волн практически равны. Этот вывод весьма важный для обеспечения акустического экспресс-контроля, поскольку позволяет применять источники возбуждения различных типов и различной мощности, производить контроль на разных расстояниях от источника при различных величинах амплитуд упругих колебаний.

Для экспресс-контроля механических свойств пород дальней зоны массива апробирован метод акустического каротажа. Оценка прочности горных пород этим методом на основе установленных корреляционных зависимостей показала, что среднеквадратичные относительные ошибки не превышают 20 %, что вполне достаточно для экспресс-метода, как упрощенного метода контроля.

Физическая основа выделения интервалов трещиноватых пород методом акустического каротажа заключается в различии акустических свойств пород и заполнителя трещин. В случае открытых трещин они заполнены водой или газом, следовательно, дифференциация свойств максимальна. На

трещинах возникают обменные, дифрагированные и отраженные волны. Время прихода продольной волны изменяется незначительно. Наиболее существенное влияние трещины оказывают на амплитуды волн, амплитуда поперечной волны уменьшается сильнее, чем продольной. Обменные волны, образуясь на отдельных трещинах, могут служить критерием для непосредственного определения местоположения трещины. Волны интерферируют между собой, в результате чего происходит изменение видимых периодов колебаний, поэтому изменение частоты может служить отличительным признаком трещиноватости пород. Поскольку скорости упругих волн в образцах с разной литологией изменяются в 2-3 раза, а от влияния напряжений - только на 20-30 %, то для контроля напряжений перспективно комплексное использование акустического каротажа и аппаратуры типа "Керноскоп". На основе этих исследований установлена эффективность выявления тектонических нарушений по материалам акустического каротажа. На участке Холодная Балка Нижняя по 38 исследованным скважинам зарегистрировано 46 крупных нарушений, 20 нарушений с амплитудой смесителя около 10 м не установлено по геологической документации, а 5 - по данным акустического каротажа, без комплексного анализа они были бы не выявлены. Следовательно, достоверность выявления средних и крупных нарушений достаточно высокая.

Спектральный анализ является весьма информативным средством изучения различных процессов, частотных характеристик систем, в том числе массива горных пород. С целью совершенствования методологии контроля впервые опробован контроль массива методом оценки взаимных спектров: колебаний разрушенных и цельных участков при ударном воздействии, различных типов ультразвуковых волн и различных по природе упругого и электромагнитного импульсов. На основе выбора информативных частот спектра колебаний и принципа параллельного спектрального анализа разработаны приборы-индикаторы состояния кровли, позволяющие с помощью одного удара по массиву получить спектр или амплитуду сигнала отклика на ударное воздействие практически за несколько секунд. Приборы предназначены для контроля видимых и скрытых расслоений, отслоений и заколов в кровле и стенках горных выработок, оценки их относительной устойчивости, что связано, в первую очередь, с предупреждением травматизма. Возможен контроль бетонных, набрызг-бетонных и комбинированных крепей, свойств

и состояния закрепного пространства, в том числе отслоившейся и разрушающейся крепи горных выработок, заобделочных пустот, тампонажных работ и анкерования при ремонте крепи. Приборы показали также удовлетворительную работоспособность при контроле разрушающейся бетонной закладки и породных целиков. Экспериментальные образцы прошли испытания в условиях рудников Норильского горно-металлургического комбината, СУБРа, ПО "Уралзолото", "Стахановуголь", "Полиминерал" и Днепропетровского метрополитена.

С целью отработки методики применения электрометрического контроля горнотехнических процессов на пластах крутого падения выполнены комплексные исследования, в которых наряду с методами разгрузки, буровых скважин и ультразвуковым широко определялось электросопротивление массива. В зависимости от решаемой задачи измерения проводились четырехэлектродным методом по способам профилирования вдоль скважины, зондирования между скважинами, вертикального электрического зондирования вдоль скважины и по обнажению массива на шахтах ПО «Орджоникидзуголь», «Артемуголь», «Павлоградуголь», «Селидовуголь» и ПО «Полиминерал». Сравнение результатов электрометрических измерений с другими методами показывает, что, несмотря на количественную зависимость электросопротивления от многих факторов, в частности трещиноватости, влажности, температуры, вещественного состава горных пород, напряженного состояния и других, метод позволяет однозначно определять размеры зон трещиноватости и повышенных напряжений и их смещение в зависимости от технологии ведения горных работ и времени.

Для научных исследований и производственного геофизического экспресс-контроля механических свойств и состояния массива горных пород реализован комплекс аппаратуры, включающий ультразвуковые ("Керноскоп-2", "Керноскоп-3", ШУП-1, УК-10ПМС), виброакустические (ИСК-1, ИСК-1Ш, ПВК-1, "Эридан"), сейсмoeлектрический ("Агат"), электрометрические (ИКС-1Ш, ШИИС-2, ШИИС-3) приборы, радиолокационную станцию РЛУ-1Ш. Проведены шахтные, приемочные, межведомственные или государственные испытания, изготовлены разовые партии приборов и освоено серийное производство приборов УК-10ПМС [3].

Разработаны методики экспресс-определения прочностных и упругих свойств пород, локации структурных неоднородностей в массиве, оформ-

ленные в виде руководств, нормативных документов и рекомендаций. Утверждены Минуглепромом, Минцветметом и Мингео методические указания и изданы РД «Методические указания по разработке руководств для экспресс-определения прочностных свойств углевмещающих пород по керну», «Временные методические указания по экспресс-определению упругих свойств горных пород ультразвуковым методом на необработанных образцах керна геологоразведочных скважин», «Руководство по экспресс-определению прочностных свойств углевмещающих пород Донбасса по их геологическим характеристикам и акустическим измерениям кернов геологоразведочных скважин», «Методические указания по геофизическому контролю структурной нарушенности массива горных пород», «Методика оценки основных технологических и технических параметров отработки крутых пластов щитовыми агрегатами», «Методические рекомендации по инженерно-геологическому изучению глубоких горизонтов месторождений твердых полезных ископаемых при разведке».

Благодаря применению разработанной аппаратуры, простых методических и технологических приемов экспресс-контроля достигнута весьма высокая его производительность, позволяющая оценить за одну смену по различным технологическим факторам состояние закрепленных и незакрепленных горных выработок протяженностью от 1 до 3 км в зависимости от детальности контроля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методы и средства оперативного геофизического контроля механических свойств и состояния горных пород/Б.М. Усаченко, А.А. Яланский, Т.А. Паламарчук, А.В. Бойко // Металлургическая и горнорудная промышленность.- Днепропетровск: ГПО «Южметаллургпром», 1991.- С. 51-53.
2. Соболев Г.А., Демин В.М. Механоэлектрические явления в земле. - М.: Наука, 1980.- 215 с.
3. Глушко В.Т., Ямщиков В.С., Яланский А.А. Геофизический контроль в шахтах и тоннелях. - М.: Недра, 1987.- 278 с.