

АНАЛИЗ СПОСОБОВ КОНТРОЛЯ ДЕФОРМАЦИЙ УГЛЕПОРОДНОГО МАССИВА И ЭЛЕМЕНТОВ АНКЕРНОЙ КРЕПИ

Цыбин И. О, студент гр. ГПС-171, 3 курс

Научный руководитель: Цибаев С. С., старший преподаватель кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, Горный институт

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева». 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28

В настоящее время, на угольных шахтах России, методика расчета параметров, мероприятия по безопасному возведению и контролю анкерного крепления, регламентируются двумя основными нормативно-правовыми документами: Правилами безопасности в угольных шахтах [1] и Инструкцией по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах [2].

В соответствии с пунктами 21, 22, 26 Инструкции [2], требуется проводить регулярный визуальный и инструментальный контроль за деформациями приконтурного углепородного массива, работоспособностью элементов анкерной крепи, делегируются полномочия по назначению ответственных лиц. Определяется периодичность визуального и инструментального контроля работоспособности крепи, устанавливаются требования к установке наблюдательных станций по контролю за деформациями приконтурных слоев кровли, определяются допустимые величины деформаций.

Современные устройства контроля состояния массива пород и его крепления вокруг выработок, транспортных тоннелей и подземных сооружений реализуют широкий спектр методов измерений. В практике длительного поддержания выработок, закреплённых анкерной крепью, нашли широкое распространение следующие методы [3-5]:

1. Методы контроля за состоянием приконтурного массива

1.1. Измерители акустической энергии

Принцип действия основан на регистрации сигнала отклика на удар по поверхности горной выработки. Предназначены для оценки целостности обделки тоннелей метро или сплошной железобетонной крепи, имеющие или не имеющие связь с основным массивом, для поиска заколов. Это портативные ручные приборы неразрушающего контроля. При контроле такой прибор прижимается чувствительным элементом к поверхности, после чего по ней производится удар молотком, осуществляется регистрация и анализ сигнала.

1.2. Многореперные скважинные устройства с механическим измерением расслоения массива пород

Представляют собой несколько реперов, размещаемых вдоль оси скважины или шпура, один из реперов устанавливается в устье. Прибор контролирует расслоения массива горных пород, в кровле выработки. Простейшее устройство имеет два репера – в глубине и устье скважины или шпура. Расслоение в кровле приводит к перемещению одного репера относительно другого, что позволяет оценивать состояние контролируемого участка пород и близость к разрушению. Для получения более детальной картины расслоений по глубине скважины применяют многореперные конструкции (рис. 1). Визуальные наблюдения за смещением промежуточных индикаторов относительно базового между реперами ведется для обоснования рационального выбора длины анкеров, плотности их установки, для обоснования или подтверждения ширины выбранных полосок, критериев оценки безопасных (опасных) состояний контура выработок в конкретных условиях и для других целей.

Контроль относительного смещения и скорости смещения контурного и контрольного индикаторов необходим для установления тенденций развития деформаций на ранней стадии.

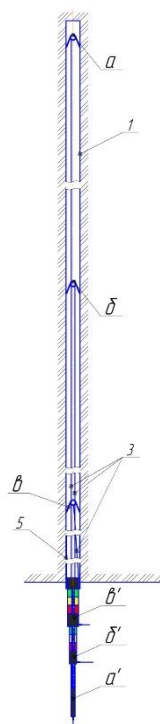


Рисунок 1. Схема установки замерной станции РГ-3:
 а, б, в - базовый, промежуточный и контрольный репера, а', б', в' - индикаторы.

Оценку состояния крепи и приконтурного массива ведут по положению цветных индикаторов в соответствии со схемой (рисунок 2).

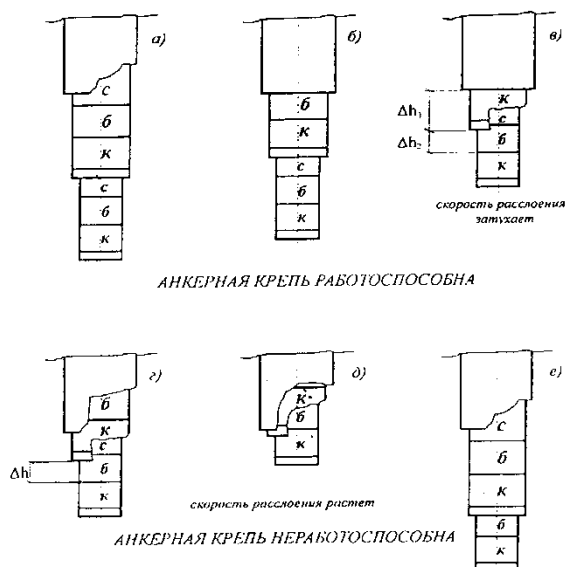


Рисунок 2. Возможные случаи положения индикаторов глубинных реперов: к – красный, б – белый, с – синий

1.3. Многореперные устройства контроля расслоения пород с индуктивными преобразователями

Принцип действия и особенности монтажа аналогичны реперным устройствам с механическим измерением смещений. Существенное различие заключается в способе регистрации смещений – при помощи катушки с проводом, внутри которой перемещается ферритовый сердечник, наводя электромагнитное поле. Такая конструкция позволяет хорошо герметизировать индуктивный преобразователь от окружающей среды, что важно для предохранения от влаги и в условиях взрывоопасной атмосферы шахт. Считывание показаний осуществляется либо в дискретном режиме при помощи портативного переносного устройства, либо в непрерывном – путем интеграции в существующую информационную сеть шахты и передачи информации в диспетчерский пункт на поверхности. Примером реализации подобного класса систем является автоматическое устройство контроля смещений приконтурного массива пород горных выработок «ЭлМон» (рис. 3)



Рисунок 3. Базовая станция блока системы ЭлМон

Основными преимуществами, по сравнению с традиционными скважинными многореперными механическими устройствами, являются:

- Дистанционный контроль смещений приконтурного массива пород горных выработок шахтного поля, рудного месторождения;
- Контроль всех уровней массива закрепленного анкерной крепью;
- Возможность повторного использования комплектующих системы;
- Контроль деформаций и смещений массива осуществляется в режиме реального времени 24 часа в сутки с автоматической записью событий;
- Регистрация смещений от 1 мм;
- Отсутствие человеческого фактора при обработке данных.

1.4. Ультразвуковые экстензометры

Для идентификации положения магнитного репера в шпуре используется принцип магнитострикции. Каждая система состоит из гибкого зонда с нанизанной на него цепочкой реперов и преобразователя, посылающего зондирующий сигнал и принимающего отраженные сигналы от мест расположения реперов. Такие устройства могут иметь до 20 реперов и размещаться в шпуре глубиной до 7 м. Считывание показаний осуществляется портативным ручным устройством, преобразователь которого прижимается к выступающему из шпура концу зонда.

2. Методы контроля за работоспособностью элементов анкерной крепи.

2.1. Приборы для контроля прочности закрепления анкерных стержней в шпурах

Для оценки соответствия фактической несущей способности анкеров в кровле выработки устанавливают не менее трех контрольных анкеров и определяют их фактическую несущую способность, с помощью штанговывергивателей типа УКА-15, ПКАЗ, ПКА-1, ВШГ-20 (рис. 4).

Испытание несущей способности анкерной крепи в действующих горных выработках, производится путем их нагружения до $0,6N_a$, где N_a - несущая способность анкера, кН. Служит прямым базовым методом контроля работоспособности анкерной крепи, нашел широкое применение на шахтах СНГ.



Рисунок 4. Приборы для проверки прочности закрепления анкерных стержней: а – ВШГ-20; б – ПКА-3; в – ПКА-1.

2.2. Приборы ультразвукового акустического неразрушающего контроля анкеров.

Принцип действия основан на излучении в анкерный стержень упругого импульса, его распространении по анкеру, и приеме сигналов, отраженных от конца анкера. Так, например, УЗ-низкочастотный дефектоскоп А1220 АНКЕР (рис. 5) предназначен для диагностики анкерных болтов диаметром 24–36 мм. и максимальной длиной до 3,5 м. Метод позволяет определять фактическую длину анкера по задержке отраженного сигнала, но не дает возможность определять степень сцепления анкера с массивом и его натяжение.



Рисунок 5. Ультразвуковой дефектоскоп А1220 ANKER

2.3. Приборы на основе использования высокочастотных радиосигналов

Метод использует электромагнитные волны и предусматривает в элек-

тронной схеме блок перестраиваемого радиочастотного электромагнитного сигнала (рис. 6). Этот блок электрически соединен с металлическим анкерным болтом и измерителем полного сопротивления. Метод позволяет определить эффективную длину анкерного болта, которая определяется длиной участка, на котором расположено связующее вещество – органоминеральный состав или полимерная смола.

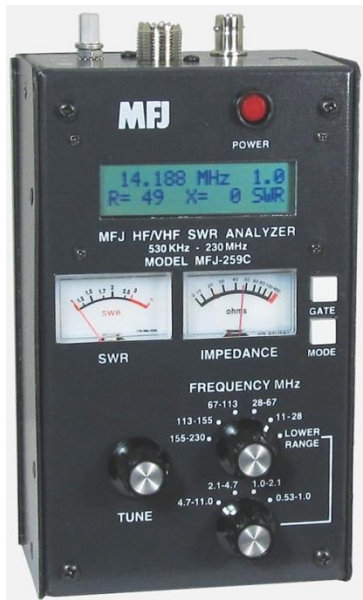


Рисунок 6 – Антенный анализатор MFJ-259C

2.4. Приборы контроля целостности анкера резистивного или оптоволоконного типа

Система предназначена для выявления нарушения сплошности анкерно-болта под действием разрушающих нагрузок или коррозии. Анкерные болты в системе «Sentinel rock bolts» (рис. 7) устанавливаются с шагом 20 м в линию вдоль выработки в местах, предназначенных для стандартных анкерных болтов. Каждый такой болт содержит либо медную проволоку, либо оптоволоконно, нарушения которых сигнализируют о выходе из строя анкерного крепления. Информация с электрических болтов «Sentinel rock bolts» снимается с помощью из измерителя сопротивления. В анкере типа «Оптоболт» вместо медной проволоки используется оптическое волокно, имеющее на конце анкера несколько выводов для ввода и вывода света. Большим преимуществом такой конструкции является то, что контроль анкера, расположенного на удалении от оператора сверху в кровле, может осуществляться им снизу при направлении луча индивидуального светильника на выступающий конец оптоволоконна. Если видно, что свет не возвращается обратно, делается вывод о неисправности крепления.

2.5. Тензометрические анкеры.

Тензометрические анкеры могут использоваться для измерения распределения нагрузок по длине болта, что полезно знать при проектировании анкерного крепления. Распределение нагрузки можно контролировать вдоль каждого болта при использовании нескольких пар тензорезисторов. Такие ан-

кера устанавливаются вдоль всей выработки как часть стандартного крепления. Пары тензорезисторов устанавливаются с равномерным шагом на поверхности болта, позволяя измерять осевые нагрузки и изгибающие моменты вдоль всей длины болта.



Рисунок 7. Система «Sentinel rock bolts»

2.6. Приборы спектрального контроля эффективности закрепления болта в шпуре на основе акустического отклика на ударное воздействие

Такие приборы включают в свой состав ударник, чаще всего молоток, преобразователь вибраций в электрический сигнал, блоки спектрального анализа. Для измерений используется как специально разработанные устройства, так и стандартная аппаратура, например, двухканальная сейсмостанция ИДС-1. Способ основан на ударном возбуждении вибраций в анкерной крепи и через нее в массиве горных пород с последующим спектральным анализом сигнала отклика на удар по анкерной крепи и сигнала возбуждения вибраций в ней и делением первого спектра на второй спектр. По полученному отношению этих спектров судят о целостности сцепления анкерной крепи с массивом горных пород.

2.7. Индикаторы давления на анкерную крепь

Индикаторы давления (рис.8) представляют собой устройства, устанавливаемые между гайкой анкера и опорной шайбой анкерной крепи, которые при увеличении нагрузки на анкерную крепь деформируются.

Анкерные динамометры (рис. 8, б), также как и индикаторы давления, устанавливаются между гайкой анкера и опорной шайбой. Динамометры показывают нагрузку на анкерную крепь при помощи стрелочных указателей.

Проведя комплексный анализ нормативных, литературных и периодических источников, были выявлены основные способы контроля за деформациями приконутрного углепородного массива и элементов крепи. По мнению



Рисунок 8. Индикаторы давления: а – упругий; б – гидравлический динамометр

авторов, широко применяемые в настоящее время на шахтах СНГ многореперные скважинные устройства с механическим измерением расслоения массива пород имеют два основных недостатка: дискретность получаемых данных и большое влияние человеческого фактора на точность снимаемых показаний. Наиболее перспективное направление – интеграция описанных систем контроля в единую информационную систему шахты с целью непрерывного и гораздо более точного контроля за процессами деформаций приконтурного массива и элементов крепи с целью оперативного выявления потенциально неустойчивых зон.

Список литературы:

1. Правила безопасности в угольных шахтах. (утв. приказом № 550 Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 19.11.2013 г.).
2. Инструкция по расчёту и применению анкерной крепи на угольных шахтах, (Зарегистрировано в Минюсте России 19.02.2014, № 31354).
3. Цибаев С. С., Калинин С. И., Ренев А. А., Зорков Д. В. Оценка влияния затопления горных выработок на состояние приконтурного массива горных пород и элементов анкерной крепи // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2015. - № 5. - С. 35-43.
4. Renev A., Tsibaev S., Kalinin S. The evaluation of negative anthropogenic factors subjection on bolts stability and surrounding massif deformations / Proceedings of the 9th China-Russia Symposium "Coal in the 21st Century: Mining, Intelligent Equipment and Environment Protection" (COAL 2018), Advances in Engineering Research, 2018, vol. 176, pp. 361-366.
5. Баскаков В. П. Рекомендации по систематическому визуальному контролю за работой анкерной крепи / В. П. Баскаков, Н. Т. Бедарев, С. Г. Костюк и др. – Прокопьевск, 2013. – 39 с.