

ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ КРОВЛИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК, ЗАКРЕПЛЕННЫХ АНКЕРНОЙ КРЕПЬЮ

Розроблена методика геофізичного контролю стану заанкерованого породного масиву.

Бібліогр.: 1 найм

Для контроля состояния участков кровли выработок, закрепленных анкерной крепью, рекомендуется использовать два геофизических метода: ударно-волновой (виброакустический) и электрометрический.

Ударно-волновой метод основан на ударном возбуждении, регистрации и анализе амплитудно-частотных и временных параметров собственных колебаний участка кровли выработки. Основными информативными параметрами метода являются: амплитуда колебаний, частота и длительность колебательного процесса, спектральная характеристика колебаний. Метод позволяет обнаруживать скрытые и видимые отслоения в приконтурной области массива и расслоения в кровле на глубине до 3 м, а также выполнять диагностику и прогноз состояния кровли путем контроля динамики изменения информативных параметров во времени.

Электрометрический метод основан на измерении кажущегося электрического сопротивления участков массива горных пород путем профилирования сопротивлений по поверхности обнажения и вертикального электрического зондирования в глубину массива. Метод позволяет обнаруживать границы раздела пород с различными физическими свойствами, а также контролировать расслоения пород в кровле на глубинах от 1 до нескольких метров в зависимости от базы контроля и сопротивления пород.

Контроль заколов и отслоений приконтурной области породного массива кровли осуществляется при помощи аппаратуры виброакустического контроля в искробезопасном исполнении АВКИ (разработка ИГТМ НАНУ). Для подготовки аппаратуры к измерениям подключают кабели ударного и приемного устройств. При включении индикатора должен засветиться один из светодиодов.

Контроль проводится двумя работниками. Оператор, у которого находится электронный блок, наносит ударным устройством удары по

кровле и считывает показания индикатора, а помощник обеспечивает плотный прижим приемного устройства в кровле на расстоянии от 0,5 до 2,5 м от точки удара. Предпочтительно, чтобы продольная ось сейсмоприемника и направление удара были перпендикулярны поверхности объекта. Допускается их наклон до 20°. По возможности следует соблюдать параллельность оси сейсмоприемника и направления удара. Через доли секунды на индикаторе появляются показания, соответствующие состоянию контролируемого объекта. С одной установки сейсмоприемника (в одной точке) производят 3-5 измерений. При большом наклоне сейсмоприемника (в одной точке) производят 3-5 измерений. При большом наклоне сейсмоприемника необходимо обращать внимание, чтобы в момент удара не происходило его смещение с места установки. В этом случае, для получения надежных результатов, наконечник сейсмоприемника следует устанавливать в неровности (выемки) кровли, а количество измерений в одной точке необходимо увеличить до 4-7.

Удары следует наносить примерно одинаковой силы в одном и том же месте. При этом показания индикатора должны повторяться. Допускается разброс не более, чем на единицу (свечение то одного, то другого смежных светодиодов). При большом разбросе показаний, производится очистка поверхности ударника и наконечника сейсмоприемника от налипших частиц, зачистка места удара с целью обеспечения надежного механического контакта сейсмоприемника с кровлей. Следует избегать сильных ударов сейсмоприемника во время его перестановки. В случае видимого разрушения породы в месте удара, его повторяют в новом месте в непосредственной близости от предыдущего. Мигание светодиода индикатора указывает на необходимость уменьшения силы удара. В случае отсутствия запуска силу ударов следует увеличить. При свечении крайних светодиодов 1 или 10 переключатель усиления необходимо переключить в направлении этого светодиода (влево усиление увеличивается – фиксируются колебания меньшей амплитуды, соответствующие большей нагрузке на крепь).

Измерение следует производить не менее, чем через 3 секунды после окончательной (неподвижной) установки сейсмоприемника, если после удара не появилось мигание индикатора – надежный результат обеспечен.

При увеличении базы контроля в диапазоне (0,5-2,5 м) показания прибора несколько уменьшаются, однако возрастает контролируемая область массива и обеспечивается большая интегральность оценки ее

состояния. Как правило, при отсутствии отслоений кровли показания прибора находятся в диапазоне 1-4, слабонарушенный участок кровли соответствует показанию 5-7, а при наличии отслоений – 8-13.

В процессе контроля, последовательно перемещая точки измерений с шагом 1 м вдоль выработки, оценивают степень нарушения пород и наличие отслоений в кровли. Результаты измерений привязывают, как правило, к пикетам. При обнаружении зоны сильно нарушенных пород ее контуры уточняют путем дополнительных измерений с перемещением точек контроля не только вдоль, но и поперек выработки.

Контроль расслоений пород в кровле осуществляют прибором ИСК-1Ш (разработка ИГТМ НАНУ) или аналогичным по назначению – «Резонанс», «Спектр» (разработки ЛГИ, УкрНИМИ, ДонФТИ, ИГТМ НАНУ). Индикатор состояния кровли ИСК-1Ш предназначен для обнаружения и оценки относительной устойчивости скрытых заколов, отслоений и расслоений по сравнению с однотипными соседними элементами и структурами породного массива, оценки состояния металлической и деревянной крепи, бетонных и железобетонных конструкций. Область применения – преимущественно горные выработки шахт и рудников, в том числе опасные по газу или пыли.

Индикатор представляет собой параллельный спектроанализатор для исследования спектрального состава одиночного пакета затухающих колебаний после нанесения удара по контролируемому объекту. Спектрограмма отображается на светодиодном табло, состоящем из 90 светодиодов. Диапазон спектрального анализа – 32-16000 Гц. Число частотных полос – 10, динамический диапазон амплитуды – 81 дБ (27 уровней).

Выполнению ударно-волновых исследований предшествует визуальный осмотр поверхности кровли, при этом фиксируется наличие трещин, видимых заколов, отслоений и разрушенных анкеров. При этом предварительным информативным признаком является «бунение» поверхности массива при нанесении слабых ударов. Нахождение под заколом или отслоением недопустимо при нанесении удара.

Характер отклика контролируемого участка на ударное воздействие определяется резонансом отслоившейся, плоскопараллельной структуры, затуханием упругих колебаний и рассеиванием упругих волн в сплошной среде. Глубинность контроля определяется мощностью ударного воздействия и расстоянием между точкой приема и точкой возбуждения. База контроля должна быть больше толщины крепи

или глубины контролируемого слоя породного массива. На достаточном расстоянии от удара (3-10 м) устанавливаются (отфильтровываются) нормальные поперечные волны, частота которых определяется мощностью плоскопараллельных слоев, одной общей поверхностью которых является обнажение кровли или почвы пласта. Разрешающая способность прибора-индикатора ИСК-1Ш позволяет надежно зафиксировать только 2 максимума на спектрограмме, поэтому последовательное увеличение базы контроля на 1 м повышает разрешающую способность аппаратуры и достоверность контроля. Дефекты структуры, полости внутри слоя или на границе слоев с различными свойствами приводят к увеличению амплитуды и появлению в спектре резко выраженных резонансов (не менее 3 уровней, 9 дБ).

При диагностике, целью которой является оценка глубинности трещины отслоения, базу контроля выбирают симметричной относительно трещины или границы раздела слоев.

Контроль качества установки и несущей способности анкеров осуществляется комплексно. Основные технологические задачи контроля анкерования массива: качество технологии крепления (процесса твердения и нагружения); определение полноты заполнения пространства вокруг анкера и качества сцепления анкера с массивом, надежности крепления. Второй тип задач связан с обеспечением безопасности при анкерном креплении. Он подразделяется на два этапа: обеспечение безопасности при возведении крепи (оборка заколов, контроль расслоений и ложной кровли для обеспечения безопасности при бурении); обеспечение безопасности закрепленных участков. Наиболее сложной с методологической точки зрения является последняя задача, поскольку она охватывает и контроль отдельных анкеров и состояния кровли (потолочины) в целом.

Контроль отдельных анкеров при равномерной сетке их расположения для обеспечения высокой оперативности осуществляют путем последовательного нанесения удара по одному анкеру и приема импульса соседнего анкера. При обнаружении аномалий более 3 уровней (9 дБ) проверку закрепления анкера осуществляют переменной точкой удара и приема. Если аномалия сохраняется, исследуют каждый анкер в отдельности.

Для выявления скрытых расслоений и возможного отрыва породной плиты в целом вместе с анкерами необходимо провести обследование участка во взаимоперпендикулярных направлениях с изменением базы от 1 до 10 м. Такие измерения легко осуществить прибором-

индикатором ИСК-1Ш, который имеет весьма широкий динамический диапазон по измерению амплитуды. Переход частоты максимальной амплитуды в сторону низких частот подтверждает наличие глубинных отслоений, в сторону высоких частот с высокой амплитудой – наличие тонких отслоений типа «корж», а в сторону высоких частот с малой амплитудой – о цельности массива.

Контроль расслоений в кровле электрометрическим методом носит дополнительный характер диагностики. Для повышения надежности геофизических измерений, а особенно на участках массива с сильной нарушенностью непосредственной кровли и при наличии в виде основной кровли прочных пород на расстоянии 2-5 м от контура выработки, результаты ударно-волнового контроля необходимо дополнить результатами электрометрических измерений.

Рекомендуется проводить эти работы при помощи приборов ШИИС-3М, ШЭРС-4, ШЭРС-5 или аналогичных в соответствии с прилагаемыми к ним инструкциями по эксплуатации. Измерения выполняют по классической четырехэлектродной схеме методом продольного профилирования, а также вертикальных электрических зондирований. В качестве электродов используют анкеры.

Для определения наличия расслоений в кровле по границе, расположенной вблизи замковой части анкеров выполняют электропрофилирование. При этом длину питающей линии (AB) выбирают равной 3-6 м, а приемной (MN) – 1-2 м. Измерения выполняют путем последовательного перемещения установки $AMNB$ с шагом 1 м.

В сильно нарушенных зонах, а также для определения контакта прочной и слабой пород выполняют электрозондирование. При этом длину линии AB изменяют дискретными значениями 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 м, а линии MN – 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 м соответственно. Возможны 2 варианта: одновременно пропорционально увеличивается размер AB и MN или только разнос AB при постоянном MN . По полученным данным вычисляется кажущееся электросопротивление

$$\rho_k = \frac{K\pi AM(AM + MN)}{MN} \cdot \frac{\Delta U}{I}, \quad (1)$$

где K – коэффициент геометрии участка (для простоты принимаем равным 1 для плоской кровли, 2 – для круглой (арочной) выработки), ΔU – падение напряжения на приемной линии, I – ток питающей линии.

По графикам $\rho_k - AB/2$ оценивается изменение сопротивления пород вдоль профиля и с увеличением глубины (при зондировании). Интерпретацию результатов измерений выполняют с учетом комплекс-

ного влияния на электросопротивление повышенных трещиноватости, действующих в массиве напряжений и геофльтрации.

Для оценки развития трещинообразования в породном массиве используется коэффициент трещиноватости (разрыхления пород), характеризующий ее по глубине зондирования массива:

$$K_p = 1 + \frac{\lg \rho - \lg \rho_1}{\lg \rho_2}, \quad (2)$$

где ρ , ρ_1 , ρ_2 – кажущееся удельное сопротивление нарушенных, ненарушенных пород, заполнителя трещин ($\rho_2 = 10^4$ Ом · м); $AB/2$ – полуразное питание электродов, величина которого характеризует глубину зондирования массива пород.

Величина K_p колеблется в пределах 1,05-1,25, большие его значения присущи более нарушенным породным массивам.

Предлагаемая методика апробирована на угольных, калийных и гипсовых шахтах и рекомендуется для широкого промышленного внедрения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по геофизической диагностике состояния системы «крепь – породный массив» вертикальных стволов. Дополнение к «Пособию по восстановлению крепи и армировки стволов. РД 12.18.073-88»/ А.Ф. Булат, А.А. Яланский, И.Г. Косков и др. – Донецк: ООО «Лебедь», 1999. – 42 с.

УДК 622.281.74 – 034.14

Г.В. Дубровин

КАНАТНЫЕ АНКЕРЫ ИЗ СТАЛЬНЫХ ТРОСОВ

Розглянуто питання застосування тросових анкерів для кріплення гірничих виробок вугільних шахт.

Л.: 4, Бібліогр.: 9 найм.

Идея использования анкерной крепи из стального троса (каната) была подхвачена вначале 70-х годов, но первоначальные решения, охарактеризованные в работе [1], остались вне внимания новых разработчиков. Все работы, посвященные анкерной крепи из канатов, в качестве закрепляющих средств берут смолы или цементный раствор с подачей в скважину при помощи насосов с применением смесеподающих и воздухоотводящих трубок и анкерных элементов для монтажного подвешивания канатов в скважине [3].