

УДК 622.016

Е.А. Вознесенский

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ АНКЕРНОГО КРЕПЛЕНИЯ КРОВЛИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК И ОБЪЕКТОВ ПОДЗЕМНОГО ГОРОДСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Рассмотрены результаты исследований акустического способа и аппаратуры контроля анкерной крепи и их испытаний в монтажных камерах Серебряноборского тоннеля в г. Москве. Статья аннотация победителя Всероссийской студенческой олимпиады – конкурса выпускных квалификационных работ.

Ключевые слова: акустический контроль, анкер, крепь, тоннель.

Семинар № 3

Проблема контроля анкерной крепи остро стоит уже давно, можно сказать, с того времени, когда это крепление начало применяться в горном деле. Анкерная крепь в больших объемах используется для крепления массива пород вокруг выработок на горных предприятиях, а также на других объектах, возводимых в грунтах и массивах горных пород. За долгие годы существования проблемы контроля крепи было предложено немало способов ее решения. В настоящее время наиболее часто применяются разрушающие методы контроля, основанные на измерении усилия при силовом выдергивании анкера из массива пород. Такой способ обладает рядом недостатков, в частности ослаблением участка пород, откуда выдергиваются анкера, повышенной опасностью таких испытаний.

Такая же задача возникает и при подземном городском строительстве, например, на объектах «стена в грунте». В этих грунтах применяются грунтовые анкера, которые одним из концов закреплены в массиве, а другим удерживают стену. В данной ра-

боте указанная задача рассматривается на примере контроля технического состояния грунтовых анкеров монтажных камер Серебряноборского тоннельного комплекса. Проходка тоннелей осуществляется с помощью тоннелепроходческого механизированного комплекса (ТПМК) диаметром 14,2 м и предусматривает сооружение двух камер, в первой (монтажной) проходка начинается, а во второй (демонтированной) - заканчивается.

Данная работа посвящена разработке технологии неразрушающего контроля анкерного крепления методом спектрального анализа отклика анкера на ударное воздействие. В работе решаются следующие задачи: обзор существующих методов контроля анкерного крепления; установление закономерностей на лабораторных, натуральных и компьютерной моделях; создание макета аппаратуры контроля; проведение испытаний разработанной методики и аппаратуры контроля на реальном объекте – в монтажной камере Серебряноборского тоннельного комплекса.

Для проведения экспериментальных исследований использовались се-

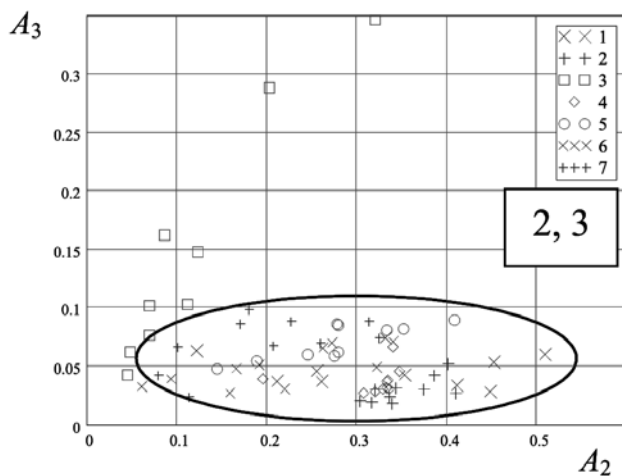


Рис. 1. Диаграмма распределения экспериментальных точек на плоскости информативных параметров – среднеквадратических амплитуд во второй и третьей полосах частот для 7 анкеров; показания третьего анкера отличны от показаний других анкеров

рично выпускаемый прибор ИДС-1 (двухканальная сейсмостанция), а также специально разработанный в ходе проведения работ компактный прибор для регистрации акустических сигналов, регистрируемых на анкерах при их ударном возбуждении.

При обработке акустических сигналов в качестве информативных параметров были выбраны среднеквадратические значения амплитуд, рассчитанных в нескольких полосах частот. В данном случае полосы были выбраны между следующими значениями частот: 20-100-200-400-700-1000-1500-2000 Гц.

Среднеквадратическое значение амплитуды в j -той полосе частот вычисляется по формуле

$$u_j = \sqrt{\frac{1}{n_j - 1} \sum_{i=1}^{n_j} |S_{i,j}|^2},$$

где u_j – среднеквадратическое значение в j -той полосе частот; n_j – количество спектральных составляющих в

j -той полосе частот; $S_{i,j}$ – значение i -той гармоники в j -той полосе частот. Поскольку таких полос всего 7, количество информативных параметров для каждого сигнала также равно 7.

В ходе натуральных физических, а также компьютерных экспериментов было установлено, что при увеличении контакта крепи с массивом пород спектральный максимум смещается в сторону более высоких частот.

Выведено уравнение множественной линейной регрессии, позволяющее по результатам измерения определить длину контакта анкера с массивом h

$$h = 1,083 - 1,948 \cdot \bar{A}_1 - 1,806 \cdot \bar{A}_2 - 0,166 \cdot \bar{A}_3 + 17,721 \cdot \bar{A}_4 - 7,790 \cdot \bar{A}_5 + 0,820 \cdot \bar{A}_6 + 2,420 \cdot \bar{A}_7,$$

где \bar{A}_j – среднее значение амплитуды в j -той полосе частот при коэффициенте множественной корреляции $R = 0,96$.

В качестве места испытаний разработанного прибора и методики оценки состояния анкеров были выбраны монтажные камеры Серебряноборских тоннелей, стенки которых закреплены анкерной крепью. В процессе испытаний на выступающих частях анкеров закрепляются пьезопреобразователи прибора. По торцам анкеров в процессе измерения производятся тестовые удары молотком массой 1,5 кг.

На рис. 1 в виде диаграммы представлены результаты измерений параметров спектров сигналов, регистрируемых на анкерах. Как следует из

$$R_{cc}(D) = \begin{pmatrix} 0 & 0.079 & 0.765 & 0.122 & 0.136 & 0.184 & 0.185 \\ 0.079 & 0 & 0.796 & 0.166 & 0.187 & 0.228 & 0.225 \\ 0.765 & 0.796 & 0 & 0.784 & 0.745 & 0.74 & 0.697 \\ 0.122 & 0.166 & 0.784 & 0 & 0.062 & 0.123 & 0.154 \\ 0.136 & 0.187 & 0.745 & 0.062 & 0 & 0.082 & 0.103 \\ 0.184 & 0.228 & 0.74 & 0.123 & 0.082 & 0 & 0.062 \\ 0.185 & 0.225 & 0.697 & 0.154 & 0.103 & 0.062 & 0 \end{pmatrix}$$

Рис. 2. Матрица, элементы которой характеризуют расстояния между центрами кластеров параметров сигналов; номера строк и столбцов соответствуют номерам анкеров

этой диаграммы, из семи анкеров третий в значительной степени выделяется среди других. Это обусловлено воздействием распорки (расстрела), установленной рядом с этим анкером и снимающей часть нагрузки.

Разработана методика количественной оценки отличия анкера путем определения расстояний в пространстве информативных параметров.

После расчета для каждого анкера средних значений амплитуд спектральных составляющих сигналов в i -той полосе частот, характеризующих положение

центров кластеров, можно определить расстояния между этими центрами

$$R_{j,k} = \sqrt{\sum_{i=1}^M (B_{i,j} - B_{i,k})^2}$$

где M – количество анализируемых спектральных полос, $R_{j,k}$ – расстояния в пространстве параметров между j -тым и k -тым анкерами, $B_{i,j}$, $B_{i,k}$ – амплитуды спектральных составляющих в i -той полосе частот для j -того и k -того анкеров соответственно.

В результате расчетов получена матрица, представленная на рис. 2, симметричная относительно главной диагонали. Ее строки и столбцы соответствуют номерам анкеров, а элементы характеризуют искомые расстояния.

Как следует из приведенных результатов, коэффициенты, находящиеся в 3 строке и 3 столбце, имеют значения, существенно превышающие величины других элементов этой матрицы, что свидетельствует об отличии третьего анкера от остальных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вознесенский Е.А. Моделирование волновых процессов в анкерной крепи // Сборник трудов XX сессии Российского акустического общества. Т. 1. М.: ГЕОС, 2008, с. 273-277.
2. Вознесенский Е.А. Идентификация дефектных анкеров подземных выработок путем анализа акустического отклика // Сборник трудов XIX сессии Российского акустического общества. Т. 1. М.: ГЕОС, 2007, с. 365-369.
3. Захаров В.Н., Вознесенский Е.А. Диагностика штанговой крепи кровли выработок путем спектрального анализа акустического отклика // Сборник трудов XVIII сессии Российского акустического общества. Т. 1. М.: ГЕОС, 2006, с. 283-287.
4. Вознесенский Е.А. Контроль штанговой крепи импакт-методом // Горный информационно-аналитический бюллетень, № 4, 2006, с. 111-115. **ГИАБ**

Коротко об авторе

Вознесенский Е.А. – аспирант, кафедра ФТКП, E-mail: eugev@mail.ru
Московский государственный горный университет,
Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru