

добавка «Spray Con» - сухой порошок, состоящий из полимеров, других химических компонентов и армирующих волокон, придающих бетону устойчивость к растрескиванию, химическую стойкость, водонепроницаемость и повышает адгезию набрызгиваемого раствора. Толщина нанесенного защитного слоя – 25 мм.

Лабораторные исследования показали, что прочность защитного слоя составляет 60 МПа, а пористость, газо- и водонепроницаемость не превышают установленных норм. В результате проведенных работ общий водоприток в выработку снижен на 90%. Вентиляционный канал принят в эксплуатацию.

Анализ примененных технических решений и технологий их реализации показывает их надежность и эффективность, а также применимость не только при строительстве новых капитальных выработок, но и для капитального ремонта бетона подземных и заглубленных сооружений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Усаченко Б.М., Шевченко А.В. задачи эксплуатационной защиты шахтных бетонных (железобетонных) конструкций при горнокапитальных ремонтах// Геотехническая механика – Сб. научн. трудов ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск. – 2000. – Вып. 23. – С. 203 – 209.

УДК 550.8.07/.08:681.518.54:622.02

Т.А. Паламарчук, В.Б. Усаченко

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВИБРОДИАГНОСТИКИ РАССЛОЕНИЯ СЛОЖНОСТРУКТУРНЫХ ПОТОЛОЧИН ПОДЗЕМНЫХ КАМЕР ГИПСОВЫХ ШАХТ

Приведено теоретичні основи вібродіагностики розшарування складноструктурних стелін підземних камер гіпсових шахт.

THEORETICAL FUNDAMENTS OF WIBRODIAGNOSTIC OF GYPSOUS-MINE UNDERGROUND COMPLEX STRUCTURAL STRATIFICATION

Theoretical fundamentals of vibrodiagnostic of gypsous-mine underground complex structural stratification are described

Развитие деформационных процессов в породном массиве в камерных выработках, больших пролетах, их сопряжениях, а также в лавах сопровождается формированием балочных конструкций, консолей и плит различных размеров и с различными условиями их зацепления. В связи с этим с целью теоретического обоснования применения виброакустического метода для оперативного контроля состояния горных выработок, а также выявления наиболее информативных параметров метода рассмотрим в первом приближении нормальный удар упругого шара (в нашем случае ударника) об упругую плиту (кровлю). Время, в течение которого происходит удар, можно разбить на два периода. В течение первого периода шарик сплющивается, а плита под ним прогибается. Благодаря

этому возникают упругие силы, которые тормозят движение шара (ударника) и он останавливается. Первый период окончен. Теперь упругие силы в шаре и стенке стремятся восстановить их прежнюю форму. Если в первом приближении принять ударник и кровлю идеально упругими (как мы и предполагаем), то силы, действующие во втором периоде, в точности равны силам, действующим в первом периоде.

Определим импульс, который испытал ударник за время удара. После удара скорость не изменилась по величине, но изменила знак на обратный

$$\begin{aligned} V' &= -V, \\ P &= mV' - mV = -2mV. \end{aligned} \quad (1)$$

А импульс, полученный за время удара кровлей, должен быть по величине равен и противоположен импульсу, испытанному ударником, т.е.

$$\vec{P}' = 2m\vec{V}. \quad (2)$$

В то же время $\vec{P}' = \vec{F}\Delta t$, где F – средняя сила удара ударника о кровлю; Δt – время соударения, которое приблизительно равно продолжительности акустического импульса.

По второму закону Ньютона

$$\vec{F} = m\vec{a} = \rho V\vec{a}, \quad (3)$$

где ρ – плотность горных пород; V – объем отслоения; a – ускорение, полученное горными породами кровли, которое можно определить акселерометром.

Плотность энергии, передаваемой в результате удара ударника о кровлю, равна

$$W = \frac{P^2}{2\rho} = \frac{\rho^2 a^2 (\Delta t)^2}{2\rho} = \frac{\rho}{2} (a\Delta t)^2. \quad (4)$$

Обозначим через K коэффициент соударения, равный отношению плотности энергии упругого удара к плотности энергии колебания кровли

$$K = \frac{W_{уд.}}{W_{кол}} = \frac{\rho(a\Delta t)^2}{2\rho A^2 \omega^2} = \frac{1}{2} \left(\frac{a\Delta t}{A\omega} \right)^2. \quad (5)$$

Таким образом, наиболее информативными параметрами, характеризующими соударение ударника и кровли, является, с одной стороны, амплитуда и частота колебания кровли, а с другой – ускорение ударника и время соударения.

В кровле с отколом ускорение будет меньше, чем в ненарушенной кровле.

Это связано с тем, что при разрушении кровли происходит ее разгрузка. А частота акустического сигнала будет более низкой для кровли, имеющей отслоения и заколы, чем в случае, когда сигнал распространяется в сплошной кровле.

Возможен также подход, при котором заколы и отслоения в кровле и стенках горных выработок рассматриваются в виде плит с различными условиями закрепления их сторон [1-3]. При таком подходе уменьшение количества жесткости закрепленных сторон и толщины плиты и увеличение ее длины и ширины соответствуют ослаблению механической связи нарушенного участка кровли с ненарушенным массивом горных пород.

Рассмотрим удар какого-либо тела, например шара, о прямоугольную плиту со сторонами a , b , толщиной d и следующими условиями закрепления плиты: 1) со свободными сторонами; 2) жестко закрепленная по одной стороне; 3) по двум противоположным; 4) по двум смежным сторонам; 5) по трем сторонам; 6) по четырем ее сторонам. Воспользовавшись приближенной теорией и рядом допущений о недеформируемости при изгибе срединной части плиты из уравнения равновесия [4], получим следующие значения амплитуды и частоты колебаний кровли горных пород, которую моделируем в виде плиты:

$$\omega_i = \alpha_i V_p d \sqrt{\beta_i}; \quad A_{cmi}^{\max} = \frac{\gamma_i}{V_p^2 \beta_i d^2}, \quad (6)$$

где V_p – скорость распространения продольной волны.

Подставляя в уравнение (6) выражение для скорости распространения продольной упругой волны в напряженных горных породах [5] без учета вязких свойств среды, получим зависимость частоты и амплитуды колебаний кровли горных выработок от величины начальных механических напряжений в массиве

$$\omega_i = \alpha_i V_p^0 d \sqrt{A \beta_i \left(1 \pm \frac{\sigma_{zz}^0}{3K}\right)}; \quad A_{cmi}^{\max} = \frac{\gamma_i}{V_p^{02} d^2 A \beta_i \left(1 \pm \frac{\sigma_{zz}^0}{3K}\right)}, \quad (7)$$

где A – акустический коэффициент трещиноватости; σ_{zz}^0 – компоненты начальных напряжений; K – модуль всестороннего сжатия; β_i – коэффициент формы отслоения в кровле, зависящий от условий закрепления отслоения; (знак "–" соответствует сжатию, а знак "+" – растяжению).

А для максимальных напряжений в плитах вдоль направлений x и y имеем следующие выражения:

$$\sigma_{ix}^{\max} = \frac{\xi_i (a^2 + \nu b^2) \pi^2 \rho}{\beta_i d a^2 b^2}; \quad \sigma_{iy}^{\max} = \frac{\xi_i (b^2 + \nu a^2) \pi^2 \rho}{\beta_i d a^2 b^2}. \quad (8)$$

Необходимым условием устойчивости кровли является непревышение максимальных напряжений предела прочности кровли горных пород на растяжение:

$$\sigma_{\max} < \sigma_p. \quad (9)$$

Предел прочности на растяжение плиты может быть определен, например, с помощью ультразвукового метода.

Из этого условия полагаем, что при $b > a$ вес плиты не должен превышать величины

$$p < \frac{\psi_i \sigma_p \beta_i a^3 b^3 d^2 g}{\pi^2 (b^2 + \nu a^2)}; \quad (10)$$

а для $a > b$

$$p > \frac{\psi_i \sigma_p \beta_i a^3 b^3 d^2 g}{\pi^2 (a^2 + \nu b^2)}. \quad (11)$$

α_i ; β_i ; γ_i ; ξ_i ; ψ_i – коэффициенты для различных случаев закрепления плит ($i = 1, 2, \dots, 6$).

Коэффициенты для определения частоты, амплитуды, максимальных напряжений и условий устойчивости кровли для различных условий защемления определяются по табл. 1.

Таблица 1 – Значения коэффициентов

№ п/п	α_i	β_i	γ_i	ξ_i	ψ_i
1	2,85	$\frac{(a^2 + b^2)^2}{a^4 b^4}$	1,2	0,6	1,67
2	2,85	$\frac{b^4 + 2,333a^2 b^2 + 2,441a^4}{a^4 b^4}$	0,2	0,6	1,67
3	2,85	$\frac{b^4 + 2,566a^2 b^2 + 2,441a^4}{a^4 b^4}$	1,2	0,6	1,67
4	4,45	$\frac{b^4 + 1,115a^2 b^2 + 2,138a^4}{a^4 b^4}$	0,49	0,245	4,08
5	9,16	$\frac{b^4 + 2,908a^2 b^2 + a^4}{a^4 b^4}$	0,23	0,115	0,69
6	9,16	$\frac{b^4 + 0,605a^2 b^2 + a^4}{a^4 b^4}$	0,23	0,115	8,69

Оценим полученные параметры, выраженные в относительных единицах

для квадратных плит с единичными сторонами.

Анализ полученных формул и зависимостей показывает, что на частоту собственных колебаний участков кровли оказывают влияние три фактора: тип породы, условия закрепления, размеры плиты. Из результатов, приведенных в таблице 2, на рисунках 1, 2, следует, что с уменьшением степени свободы плиты наблюдается тенденция к возрастанию частоты собственных колебаний, уменьшению статического прогиба и возникающих при этом максимальных напряжений, что свидетельствует об увеличении устойчивости кровли, т.е. система стремится к достижению минимума потенциальной энергии, наблюдаются процессы самоорганизации. Кроме того, о возрастании устойчивости кровли свидетельствуют увеличение скорости упругих волн, уменьшение размеров кровли и коэффициента Пуассона, т.е. степени ее трещиноватости (скорость продольной волны в горных породах в зависимости от литотипа изменяется в пределах от 2000 до 6000 м/с, в 3 раза изменяется частота колебаний).

Таблица 2 – Численные значения информативных параметров в относительных единицах ($a = b = 1$)

№ п/п	ω_i / ω_0	A_i / A_0	σ_x / σ_0	p / p_0
1	19,7	0,30	0,15	1,1
2	23,2	0,10	0,10	1,6
3	29,1	0,14	0,07	2,4
4	32,8	0,11	0,05	3,0
5	56,3	0,04	0,01	9,1
6	36,1	0,09	0,04	3,8

При уменьшении количества закрепленных сторон отслоения от четырех до одной происходит снижение частоты ее собственных колебаний. Частота колебания плиты пропорциональна ее толщине и обратно пропорциональна второй степени ее длины, то есть, при уменьшении толщины и увеличении площади отслоения или закола кровли частоты собственных колебаний отслоений уменьшаются.

Таким образом, частота и амплитуда собственных колебаний участка кровли характеризуют его состояние степень устойчивости.

Полученные результаты позволили сформулировать следующие выводы: условия возникновения резонансных явлений в плоскопараллельных структурах определяются величиной начальных напряжений в массиве, его упругими свойствами, мощностью пласта или отслоения, а также степенью трещиноватости пород. С уменьшением в горных выработках степени свободы отслоений участков кровли наблюдается тенденция к возрастанию частоты их собственных колебаний по параболическому закону, уменьшению статического прогиба и возникающих при этом напряжений по гиперболическому, что свидетельствует об увеличении устойчивости кровли.

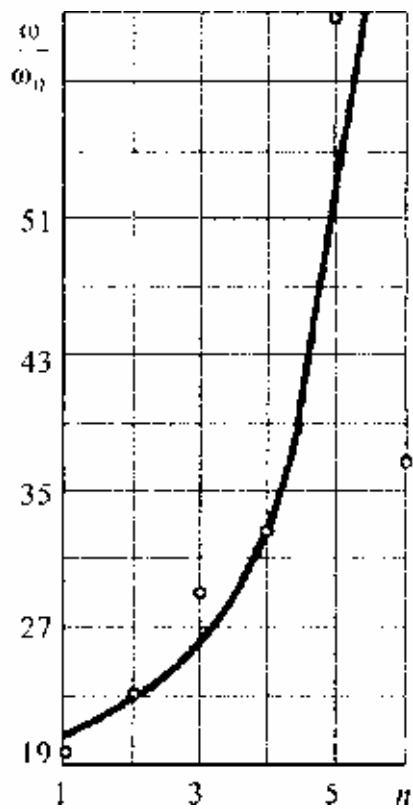


Рис. 1 – Зависимость относительной частоты собственных колебаний кровли от степени ее

свободы ($\frac{\omega}{\omega_0} = n^2 + 19$; $\epsilon \leq 15\%$)

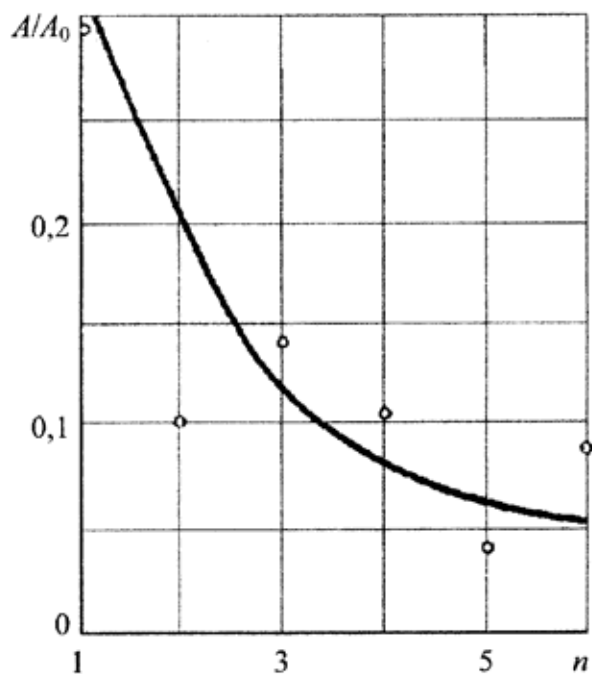


Рис. 2 – Зависимость относительной амплитуды колебаний кровли от степени ее свободы

($\frac{A}{A_0} = \frac{0,37}{n}$; $\epsilon \leq 13\%$)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гольдштейн В. Удар. - М.: Изд-во литературы по строительству, 1965. - 448 с.
2. Яланский А.А., Паламарчук Т.А., Бойко А.В. Особенности контроля плоско-параллельных структур при разрушении массива горных пород и блочных структур // Механика и разрушение горных пород. - К.: Наукова думка. - 1993. - С. 106-110.
3. Безухов Н.И., Лунин О.В., Колкутов Н.В. Устойчивость и динамика сооружений. - М.: Высшая школа, 1987. - 264 с.
4. Тимошенко С.П., Войновский-Кригер С. Пластины и оболочки. - М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1963. - 635 с.
5. Паламарчук Т.А. Исследование возможностей акустических методов для оценки напряженного состояния породного массива // Науковий вісник. - Дніпропетровськ: НГАУ. - 1999. - № 5. - С. 26-28.

УДК 681.518

Б.М. Усаченко, С.Н. Письменный,
В.Н. Сергиенко

К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Охарактеризовано специфіку технічної діагностики гідротехнічних споруд та водогосподарських об'єктів. Сформульовано основні принципи поелементно-функціонального контролю. Виділено найбільш ефективні методи діагностики та рекомендовано відповідні технічні засоби.

TO A DETERMINATION OF A PROBLEMS OF A TECHNICAL DIAGNOSIS OF A FERROCONCRETE STRUCTURES OF A HYDRAULIC WORKS AND A WATERWORKS FACILITIES

The specificity of a technical diagnosis of hydraulic works and waterworks facilities is defined. The underlying principles of an element-wise functional monitoring are formulated. The most effective methods of diagnosis are choused and the corresponding hardware are proposed.

Стабильность работы водохозяйственной отрасли, как и любой другой, оценивается, прежде всего, уровнем квалифицированного ежедневного труда специалистов отрасли по обслуживанию объектов. Долговременный успех в эксплуатации водохозяйственного комплекса Украины требует постоянной работы в части технической диагностики гидротехнических сооружений и своевременной их строительной санации. Это уже не отраслевая, а государственная задача, о чем свидетельствует Закон Украины «О защите населения и территорий от чрезвычайных воздействий техногенного и природного характера», подписанный Президентом Украины. Закон требует изменения логики и практики эксплуатации гидромелиоративных комплексов. Главный вывод из Закона таков, что вяло текущий переходной период закончился, поэтому радикальной задачей является обновление и повышение технического уровня основных средств и качества эксплуатации водохозяйственных объектов.

Задача технической и экологически безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений и водохозяйственных объектов на передний план выдвигает поиск возможностей сокращения производственных затрат и издержек, что все-