

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Взаимодействие груза с роликами линейно части конвейера / В.А. Кузнецов, В.К. Смирнов, А.В. Коваль, В.Ф. Монастырский // Сб. Metallургическая и горнорудная промышленность. - Днепропетровск: Промінь. - 1978. - №4. - С. 54-57.
2. Новиков Е.Е., Смирнов В.К. Теория ленточных конвейеров для крупнокусовых горных пород. - К.: Наук. думка, 1983. - 184 с.
3. Барабанов В.Я. Исследование транспортирования кусковых грузов ленточным конвейером // Изв. ВУЗов. Горный журнал. - 1965. - №1. - С. 83-88.
4. Монастырский В.Ф., Кайтанджан Э.Г. Определение предельного угла наклона ленточного конвейера для крупнокусовых грузов // Динамика и прочность горных пород. - Киев: Наук. думка. - 1981. - С. 15-24.
5. Лойценский Л.Г., Лурье А.И. Курс теоретической механики. - М.: Наука, 1983. - Т.2. - 640 с.
6. Меркин Д.Р. Введение в механику гибкой нити. - М.: Наука, 1980. - 240 с.
7. Тимошенко С.П. Курс теории упругости. - Киев: Наукова думка, 1972. - 501 с.
8. К вопросу о распределении нагрузки от единичного куска между роликоопорами конвейера / Е.Е. Новиков, В.К. Смирнов, В.Ф. Монастырский, А.В. Шевченко // Теория и расчет горных машин. - Киев: Наук. думка, 1982. - С. 3-9.
9. Поляков Н.С. Опыт применения конвейеров с податливыми роликоопорами // Сб. Metallургическая и горнорудная промышленность. - Днепропетровск: Промінь. - 1973. - №2. - С. 51-53.

УДК 622

С.П. Минеев, А.Л. Сахненко,
А.А. Прусова, В.Н. Кириченко

ОБ ОЦЕНКЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АГРЕГИРОВАННОГО УГЛЕПОРОДНОГО МАССИВА ПРИ ЕГО ВИБРОРАЗУПРОЧНЕНИИ

Розглянуто моделювання процесів, які проходять у перехідному шарі поміж віброджерелом та агрегрованою вуглепородною масою. Розглянута методика визначення параметрів інтенсивного розкріплення шару масиву вібророзпушуючими пристроями.

ABOUT AN REOLOGICAL ESTIMATION OF PARAMETERS AGGREGATED COAL-ROCK MASSIVE AT IT VIBRO-DEHARDENING

Modeling processes taking place in a transitive layer between vibro-sources and aggregated coal-rock in weight is considered. The technique of definition of parameters intensive dehardening of a layer of a file vibro-destructuring by devices is considered

В последнее время существует ряд технологических задач по разупрочнению агрегированной углепородной массы или горного массива, посредством использования различных виброрыхлительных установок [1, 2]. Однако эффективность разупрочнения массива во многом зависит от правильности выбора виброрежимов воздействия на обрабатываемую среду. Причем, в случае некорректного выбора виброрежима, ожидаемый результат может быть как положительный, так и прямо противоположный [3]. Поэтому исследования, способствующие уточнению характеристик выбираемого виброрежима является актуальными.

В тоже время развитие способов вибрационного воздействия на горный массив (ослабление массива, дегазация, интенсификация скважинных способов добычи полезных ископаемых и др.), связано с интерпретацией сейсмоакустических данных заставляет проводить исследования состояния пород, слагаемых реальный горный массив, при динамическом его нагружении.

Ранее проведенные экспериментальные исследования деформированных и реологических свойств горных пород [4, 5] показали, что последние обладают свойством развития деформаций во времени. Степень проявления этих свойств обусловлена напряженно-деформированным состоянием горного массива, его структурными особенностями, а также скоростью приложения нагрузки. Использование реологических моделей сплошной среды для описания деформирования горного массива при динамических воздействиях требует идентификации реологических параметров в соответствующих условиях нагружения. В данной статье рассмотрена методика расчета состояния упруго-наследственного горного массива при динамических воздействиях на основе предварительно экспериментального определения реологических свойств образцов.

В последнее время при математическом описании поглощающих свойств горных пород широко используются реологические модели Фойхта, Кельвина, Максвелла, характеризующие коэффициентом затухания α [6]. Исследования, применяемые в сейсмологии, показывают, что в области малых частот коэффициент затухания пропорционален квадрату частоты колебаний для модели Фойхта и частоте колебаний для модели Кельвина [7], что в некоторой степени затрудняет применение этих моделей при анализе поглощающих свойств массива, особенно агрегированной углепородной массы.

Для описания реологических процессов и свойств массива в дальнейшем будем использовать упруго-наследственную модель сплошной среды. Закон упруго-наследственного деформирования в общем случае имеет вид [5,8,9]:

$$\varepsilon(t) = \frac{1}{E_0} \left[\sigma(t) + \int_0^t k(t-\tau) \sigma(\tau) d\tau \right], \quad (1)$$

где E_0 – мгновенный модуль упругости; $k(t-\tau)$ – ядро ползучести; $\varepsilon(t)$ – деформации ползучести; $\sigma(t)$ – действующие напряжения.

В качестве ядра ползучести (функции описывающие свойства горной породы) будем использовать дробно-экспоненциальное ядро Работнова:

$$k(t-\tau) = \chi(t-\tau)^\alpha \sum \frac{(-\beta)^n (t-\tau)^{n(1+\alpha)}}{\Gamma[(n-1)(1+\alpha)]}, \quad (2)$$

$$-1 < \alpha < 0; \quad \beta > 0; \quad \chi > 0;$$

где Γ – гамма-функция; E_0 , α , β , χ – реологические параметры, характеризующие деформационные свойства упруго-наследственной горной породы.

Параметры упруго-наследственной модели E_0 , α , β , χ , входящих в дробно-экспоненциальное ядро Работнова (2) можно определить, используя методику ранее разработанную в ИГТМ НАН Украины [8-10]. Сущность методики заключается в ударном нагружении исследуемого образца горной породы, регистрации скорости соударения и отскока, времени соударения, причем ударное

нагружение должно осуществляться дважды различными грузами. По полученным данным находят реологические параметры функции Работнова, по которым уже определяются частотные зависимости динамического модуля упругости и коэффициента поглощения.

Для экспериментального определения параметров упруго-наследственной модели E_0, α, β, χ по указанной методике была разработана специальная экспериментальная установка, принципиальная схема которой приведена на рис. 1. Образец исследуемой горной породы цилиндрической формы 8 устанавливают на станину 9, расположенную, на бетонном основании 1. На торце станины 9 закреплен ползун 2 с возможностью вертикального перемещения в направляющих пазах. Рычаг 5 присоединяется к ползуну 2 с помощью прецизионного подшипникового узла, жестко связанного с ползуном и несет на свободном конце съемные грузы 7 и пьезоакселерометр 6. Сигналы пьезоакселерометра 6 при ударном воздействии на образец 8 усиливаются измерителем ударов 1 и регистрируются фиксатором 4. Ползун 2 устанавливается таким образом, чтобы в момент удара вектора скорости центра масс ударного груза совпадал с нормалью торцевого сечения образца.

Исследуемый образец 8 подвергается испытаниям дважды, причем во втором испытании массу ударного груза увеличивают не менее чем в два раза. Регистрируется зависимость ускорения от времени $\ddot{y}(t)$ в процессе первого контакта груза 7 с образцом 8.

Уравнение движения груза на интервале совместного послеударного движения имеет вид

$$\ddot{y} + \omega_t^2 y = g^*, \quad (3)$$

где y – смещение; ω_t - интегральный оператор; $\omega_t = \omega_0^2(1 - k^*)$; ω_0 - собственная частота системы, соответствующая идеальной упругости;

$$k^* y(t) = \int_0^t k(t-\tau)y(\tau)dt; \quad k(t-\tau) - \text{ядро ползучести}; \quad g^* - \text{приведенное ускорение свободного падения,}$$

где $g^* = g m_* / m_1$; $m_* = m \setminus 2 + M$; $m_1 = m / 3 + M$; m – масса рычага 5, M – масса сменных грузов 7.

Решение уравнения движения при начальных условиях

$$\begin{cases} y(0) = 0; \\ \dot{y}(0) = v_0; \end{cases} \quad (4)$$

будет иметь вид

$$y(t) = \frac{e^{-\delta t}}{\omega^2} \left(\frac{v_0 \omega^2 - g^* \delta}{\omega} \sin \omega t - g^* \cos \omega t \right) \quad (5)$$

где ω – собственная частота упруго-наследственной системы; δ – декремент затухания; v_0 – скорость ударного груза в момент удара; $v_0 = \sqrt{2g^* h}$; h – высота сброса ударного груза.

Для определения декремента колебаний δ и собственной частоты упруго-наследственной системы ω используются (3) значения скорости и ускорения груза в момент отскока от образца

$$\begin{cases} \dot{y}(t_1) = v_1; \\ \ddot{y}(t_1) = 0; \end{cases} \quad (6)$$

где t_1 – длительность контакта ударного груза с образцом; v_1 – значение скорости ударного груза в момент отскока.

Система уравнений для определения δ и ω с учетом того, что $\delta/\omega \ll 1$, имеет вид

$$\begin{cases} e^{-\delta t_1} \left[v_0 \cos \omega t_1 + \frac{g^*}{\omega} \sin \omega t_1 \right] = v_1; \\ \frac{1}{\omega} \left[g^* - 2\delta v_0 \right] \operatorname{ctg} \omega t_1 = v_0. \end{cases} \quad (7)$$

Известно, что декремент колебаний δ и собственная частота ω связаны с параметрами ядра Работнова α , β , χ , через синус – В(ω) и косинус-преобразование ядра реолаксации А(ω).

$$\delta = \frac{\omega_0 B(\omega)}{2^4 \sqrt{[1 - A(\omega)]^2 + B^2(\omega)}}; \quad (8)$$

$$\omega = \omega_0 \sqrt[4]{[1 - A(\omega)]^2 + B^2(\omega)},$$

где

$$\begin{aligned} A(\omega) &= \chi(\omega^\gamma \cos \mu + \beta) / \Delta; \\ B(\omega) &= \chi \omega^\gamma \sin \mu / \Delta; \\ \Delta &= \omega^{2\gamma} + 2\beta \omega^\gamma \cos \mu + \beta^2; \end{aligned} \quad (9)$$

$$\gamma = 1 + \alpha; \quad \mu = 0,5\pi(1 + \alpha); \quad \omega_0^2 = c / m_1 .$$

Таким образом, методикой определения реологических параметров горного массива, предусмотрено выполнение следующих этапов: определение собственных частот ω_1 , ω_2 и декрементов колебаний δ_1 и δ_2 при двух существенно различных массах ударного груза (решение системы (7)); определение реологических параметров α , β , E_0 , χ , характеризующих поглощающие свойства массива на основании закономерностей (8) при различных массах ударного груза.

Из (8) для определения параметров ядра Работнова получаем следующую систему уравнений

$$\begin{aligned}\delta_1 &= \frac{\omega_{01} B_1}{2^4 \sqrt{(1-A_1)^2 + B_1^2}}; \\ \omega_1 &= \omega_0 \sqrt[4]{(1-A_1)^2 + B_1^2}; \\ \delta_2 &= \frac{\omega_{01} k_1 B_2}{2^4 \sqrt{(1-A_2)^2 + B_2^2}}; \\ \omega_2 &= \omega_0 k_1 \sqrt[4]{(1-A_2)^2 + B_2^2},\end{aligned}\tag{10}$$

где $A_1 = A(\omega_1)$; $B_1 = B(\omega_1)$; $A_2 = A(\omega_2)$; $B_2 = B(\omega_2)$; - значения конус – и синус – преобразования ядра релаксации, при $\omega = \omega_1$ и $\omega = \omega_2$, соответствующие собственным частотам колебания системы при двух существенно различных массах ударного груза.

ω_{01} – собственная частота упругих колебаний, соответствующая приведенной массе ударного груза в первом испытании.

После преобразований получаем трансцендентное уравнение для определения параметра $\alpha \in (0, -1)$

$$\frac{\omega_1^{1-\alpha} \omega_2^{2(1-\alpha)} + 2\omega_2^{1-\alpha} \beta \cos \mu + \beta^2}{\omega_2^{1-\alpha} \omega_1^{2(1-\alpha)} + 2\omega_1^{1-\alpha} \beta \cos \mu + \beta^2} = C_1,\tag{11}$$

где

$$\beta = -\frac{\omega_1^{1-\alpha} \omega_2^{(1-\alpha)} [C_1 (y \sin \mu + \cos \mu) - (x \sin \mu + \cos \mu)]}{\omega_1^{1-\alpha} - c_1 \omega_2^{1-\alpha}} = C_1;\tag{12}$$

$$c_1 = \frac{\omega_1}{\omega_2} K_1^2 \frac{\delta_1}{\delta_2};\tag{13}$$

$$y^2 = \frac{\omega_1^2}{4\delta_1^2} - 1; \quad (14)$$

$$x = \frac{\omega_2^2}{4\delta_2^2} - 1; \quad (15)$$

$$K_1^2 = m_{*1}^2 / m_{*2}^2 ,$$

m_{*1} , m_{*2} , - приведенные массы ударного груза соответственно, в первом и втором испытании.

Тогда

$$\chi = \frac{\Delta_1}{y \omega_1^{1-\alpha} \sin \mu + \omega_1^{1-\alpha} \cos \mu + \beta}; \quad (16)$$

$$\omega_{01} = \frac{\omega_1}{\sqrt[4]{(1 - A_1)^2 + B_1^2}} . \quad (17)$$

жесткость определяем по формуле

$$c_0 = \omega_{01}^2 m_{*1} c_0, \quad (18)$$

нормальный мгновенный модуль –

$$E_0 = c_0 l / F , \quad (19)$$

где l – длина образца; F – площадь поперечного сечения образца.

Т. е. реологические параметры исследуемого материала могут быть определены, а динамический модуль и коэффициент поглощения материала можно вычислить используя зависимости:

$$E(\omega) = E_0 \sqrt{[1 - A(\omega)]^2 + B^2(\omega)} ;$$

$$\psi(\omega) = 2\pi B(\omega) ,$$

где $A(\omega)$ и $B(\omega)$ определяют по формулам (9).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Потураев В.Н., Минеев С.П. Использование вибрационных и волновых эффектов при обработке вибро-соопасных пластов. – Киев: Наукова думка, 1992. – 200 с.
2. Потураев В.Н., Минеев С.П., Прусова А.А. О некоторых эффектах, реализуемых в горном массиве при вибровоздействии // Науковий вісник НГА України, 1999, Вип. 4. – С. 22-24.
3. Минеев С.П. Об антиномических аспектах практической реализации некоторых виброэффектов в шахтах // Вибрации в технике и технологиях: Всеукраїнський науково-технічний журнал: Вінниця: ВДСГИ. – 1999. - №3. – С. 18-20.
4. Ержанов Ж.С. Теория ползучести горных пород и ее приложения: - Алма-Ата.: Наука. – 1964.
5. Справочник по механике и динамике грунтов /В.Б. Швец, Л.К. Гинзбург, В.М. Гольдштейн и др. – Киев.: Будевельник. – 1967. – 232 с.
6. Сейсморазведка. Справочник геофизика / Под ред. И.И. Гуревича. В.П. Номокнова. - М.: Недра. – 1981. – 464 с.
7. Работнов Ю.Н. Элементы наследственной механики твердых тел. – М.: Наука, 1977. – 384 с.
8. Идентификация реологических моделей осадочных пород при динамических воздействиях /Н.В. Герасимова, Ю.Я. Ободан, И.И. Круш. – Деп. ВНИИТИ, № 3582-1389. – Днепропетровск: ИГТМ АН УССР. – 1989. – 9 с.
9. Потураев В.Н., Червоненко А.Г., Ободан Ю.Я. Динамика и прочность вибрационных транспортно-технологических машин. – Л.: Машиностроение, 1989. – 112 с.
10. Минеев С.П., Зайцев А.И. Оценка реологических параметров горных пород при динамическом нагружении. Деп. НИТИ, № 3582-192. – Днепропетровск: ИГТМ НАН Украины. – 1992. – 8 с.

УДК 622.831:681.3.01

Алекс. А. Яланский, В. В. Арестов

ОБОБЩЕННАЯ СТРУКТУРА УНИВЕРСАЛЬНЫХ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ ПРИБОРОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ГЕОФИЗИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Запропоновано структуру універсальних мікропроцесорних приладів автоматизованого геофізичного контролю, що розроблені за модульним принципом з використанням шинної структури. Наведені відомості про апаратні можливості та процедуру програмного налагодження приладів.

THE GENERALIZED STRUCTURE OF THE UNIVERSAL MICROPROCESSOR DEVICES OF THE AUTOMATED GEOPHYSICAL CONTROL

The structure of the universal microprocessor devices of the automated geophysical control is offered. The devices are developed on a modular principle with use bus-based structure. The items of information about hardware opportunities and procedure of adjustment of the device are given.

Основными информативными параметрами при сейсмической, сейсмоакустической, виброакустической и пьезоэлектрической диагностике являются кинематические и динамические характеристики упругих и электромагнитных волн: время вступления и скорости волн; амплитуды колебаний без определения частоты (пиковая амплитуда); доминирующие частоты; максимальная амплитуда колебаний на заданной частоте; длительности колебательного процесса и процесса соударения ударника и среды; спектральный состав колебаний, определяемый дискретным набором амплитуд на фиксированных средних или заранее выбранных частотах. В случае параллельного измерения силы удара информативными параметрами могут быть различные соотношения амплитуд и длительностей колебательных процессов.