

Integrated Development Environment (IDE) фирмы Production Languages Corporation.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глушко В.Т., Ямщиков В.С., Яланский А.А. Геофизический контроль в шахтах и тоннелях.- М.: Недра, 1987, 287 с.
2. Козаченко В.Ф. Микроконтроллеры: руководство по применению 16-разрядных микроконтроллеров Intel MCS-196/296 во встроенных системах управления.- М.: Издательство ЭКОМ, 1997.- 688 с.
3. 8X251SB Embedded Microcontroller User's Manual, Order Number: 272617-001. Intel Corporation.
4. В.В.Затишний, В.А.Темченко. Встраиваемый микроконтроллер 8X251SB. Руководство пользователя. - Киев: изд-во «Квазар-микро», 1995.-с.7.16-7.18, D.1-D.3.

УДК 622.831

А.А.Яланский, Т.А.Паламарчук, И.Н.Слащев

## АКУСТИЧЕСКИЙ ЭКСПРЕСС-КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ПОРОДНОГО МАССИВА И УСТОЙЧИВОСТИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Визначені: структурна схема на базі типових ланок і передаточна функція зовнішнього та вбудованого аналого-цифрових перетворювачів в мікропроцесорних приладах обробки геофізичних сигналів. Запропоновано алгоритм вимірювання тривалості імпульсних сигналів. Іл.3. Бібліогр.: 4 найм.

Основными факторами, определяющими потерю устойчивости пород кровли, являются их нарушенность и расслоение, которые с высокой степенью достоверности предопределяет её обрушение [1]. Для контроля устойчивости кровли традиционны способы, использующие активное возбуждение в ней упругих колебаний.

С целью выявления наиболее информативных параметров акустического контроля степени нарушенности проведены лабораторные ультразвуковые исследования образцов одинакового размера, различной трещиноватости с идентичными условиями возбуждения и приема упругих колебаний. Определены скорости прохождения продольных  $V_p$  и



поперечных  $V_s$  волн и установлено, что с ростом степени трещиноватости наблюдается увеличение коэффициента Пуассона  $\nu$ , см. табл.

Акустические параметры горных пород	Степень трещиноватости образцов горных пород, мм				Количество трещин в образцах из оргстекла			
	0	0,10	0,54	0,86	0	1	2	3
$v_p/v_s$	1,86	1,89	2,04	3,32	2,05	2,65	2,79	2,84
Коэффициент Пуассона, $\nu$	0,29	0,30	0,34	0,38	0,35	0,41	0,43	0,44

Для определения степени информативности параметров контроля скрытых отслоений и заколов в кровле и стенках выработок виброакустическим методом выполнен анализ результатов ударных воздействий о прямоугольную плиту с различными вариантами ее заземления. Воспользовавшись приближённой теорией, пренебрегая деформируемостью плиты при соударении и решая уравнения равновесия, устанавливаем, что информативными параметрами в этом случае являются частота и максимальная амплитуда колебаний отслоившейся части массива [2]:

$$\omega_i = \alpha_i v_p h \sqrt{\beta_i}; \quad A_i^{\max} = \frac{\gamma_i}{v_p^2 \beta_i h^2} \quad (1)$$

Для максимальных напряжений  $\sigma_{ix}^{\max}$  в плите вдоль направления  $x$  имеем следующие выражения:

$$\sigma_{ix}^{\max} = \frac{\xi_i (a^2 + \nu b^2) \pi^2 \rho}{\beta_i h a^2 b^2} \quad (2)$$

Необходимым условием устойчивости кровли является не превышение максимальных напряжений предела прочности кровли горных пород на растяжение  $\sigma_p$ . Из этого условия следует, что при  $a < b$  вес плиты  $P$  не должен превышать величины:

$$P < \frac{\psi_i \sigma_p \beta_i a^3 b^3 h^2 g}{\pi^2 (b^2 + \nu a^2)} \quad (3)$$

где  $h$  - толщина отслоившейся части,  $\rho$  - плотность материала плиты;



$\alpha_i, \beta_i, \gamma_i, \xi_i, \psi_i$  ( $i = 1, 2, \dots, 6$ ) - коэффициенты для случаев: 1) плита свободно опертая по краям; 2) плита, защемленная по одной стороне и опертая по трем); 3) плита, защемленная по двум параллельным сторонам и опертая по двум другим; 4) плита, защемленная и опертая по смежным сторонам; 5) плита, защемленная по трем сторонам и опертая по одной; 6) плита, защемленная по 4-м сторонам;  $a$  и  $b$  - длина и ширина плиты соответственно.

Из полученных формул следует, что с уменьшением степени свободы плиты наблюдается тенденция к возрастанию собственной частоты колебаний, уменьшению статического прогиба и возникающих при этом напряжений.

В общем виде в результате решения уравнений Ламэ для сферических продольных и поперечных волн (на практике это могут быть сейсмоакустические и сейсмические волны, возбуждаемые взрывным источником или ударом, звуковые волны) получены уравнения, описывающие закономерности распространения акустических волн и их рассеяния на сферических включениях и трещинах с учетом потерь на вязкое трение. В качестве информативного параметра для характеристики степени нарушенности предложена плотность комплексного спектра смещения продольных и поперечных волн:

$$|s_{up}| = \frac{R^3 P_0 (1 - \nu_1)}{2r\rho v_{p1}^2 (1 - 2\nu_1)} \sqrt{\left( \alpha_{p1} + \frac{2}{9} n_0 q_p \left( \frac{\omega}{v_{p1}} a \right)^4 \right)^2 + \frac{\omega^2}{v_{p1}^2}};$$

$$|s_{us}| = \frac{R P_0 v_{s2}^2 (1 - \nu_1)}{r\rho v_{p1}^4 \left( \alpha_{s1} + \frac{2}{3} n_0 q_s \left( \frac{\omega}{v_{s1}} a \right)^4 \right)^2} \times$$

$$\times \sqrt{\left( \alpha_{s1} + \frac{4}{3} n_0 q_s \left( \frac{\omega}{v_{s1}} a \right)^4 \right)^2 + \frac{\omega^2}{v_{s1}^2}},$$

(4)



где  $R$  - радиус излучающей полости,  $P_0$  - внешняя сила,  $a$  - радиус включения или трещины с концентрацией  $n_0$ ;  $i = 1, 2$  для среды и включения;

$$q_p = \left[ \frac{4}{3} + 20 \frac{1 + \sqrt{2} \left( \frac{1 - \nu_1}{1 - 2\nu_1} \right)^{5/2}}{\left( 1 - 9 \frac{1 - \nu_1}{1 - 2\nu_1} \right)^2} + \frac{4\sqrt{2} \left( \frac{1 - \nu_1}{1 - 2\nu_1} \right)^{3/2}}{3} - \frac{9 \left( \frac{1 - \nu_1}{1 - 2\nu_1} \right)^2}{4} \right] \pi a^2;$$

$$q_s = \frac{8}{3} \left[ 1 + \frac{4(1 - \nu_1)}{1 - 2\nu_1} \cdot \frac{1 + \frac{2(1 - \nu_2)}{1 - 2\nu_2}}{\frac{2\nu_{p1}^2}{\nu_{p2} \nu_{s2}} - 3 \sqrt{\frac{2(1 - \nu_2)}{1 - 2\nu_2}}} \right] \pi a^2.$$

Анализ полученных выражений показывает, что плотность комплексного спектра смещения для продольных волн зависит от упругих и вязких свойств среды, размеров трещин и концентрации рассеивающих центров, а для поперечных волн - и от свойств заполнителя трещин или неоднородностей, что является дополнительным информативным признаком для контроля степени трещиноватости массива горных пород и свидетельствует о более высокой степени информативности поперечных волн по сравнению с продольными.

Преимущественное применение ударных методов связано с простотой реализации, высокой мощностью возбуждаемых колебаний и, что весьма важно, малой энергоемкостью используемой аппаратуры. Частота вынужденных колебаний системы определяется резонансными явлениями в системе, длина их волны соизмерима с размерами колеблющихся элементов конструкций. При возбуждении колебаний ударным методом в монолитной крепи, которая представляет собой весьма жесткую конструкцию, амплитуда ее отклика на удар будет минимальной.

Проведено исследование состояния крепи методом ударного воздействия с помощью прибора-индикатора ИСК-1Ш, разработанного в ИГТМ НАН Украины. Для простоты измерения проводились в точках маркировки пикетов и анализировались максимальные амплитуды колебаний и их



частоты. Результаты исследований показали, что значительная часть крепи практически не подвержена нагрузкам со стороны породного массива, и только 20% крепи находится в весьма нагруженном состоянии. При нормальной работе крепи ее податливость практически не изменяется, и она может использоваться в течение длительного времени. Однако в течение всего времени ее функционирования необходимо проводить текущий контроль ее состояния. При возникновении перекосов, асимметрии нагрузки на крепь, заклинивания замков происходит нарушение работы крепи, что, в конечном итоге, приводит к ее разрушению. Применяя экспресс-методы, простые методические и технологические приемы и разработанную аппаратуру, можно достигнуть весьма высокой производительности контроля, который позволит диагностировать крепь в выработках достаточно большой протяженности. Результаты исследований состояния квершлагов 500/1 и 600/2 на руднике № 1, ПО «Полиминерал», показали, что состояние крепи этих выработок находится в удовлетворительном состоянии за исключением отдельных участков, где ее перекрепление должно осуществляться выборочно, что дает значительный экономический эффект. При контроле перекрепляемых выработок необходимо проводить простукивание не по пикетам через каждые 10 м, а всех секций подряд. Проведение текущего контроля весьма эффективно при проведении мероприятий по дополнительному креплению или по ремонту узлов податливости металлической крепи. Простукивание устойчивой и неустойчивой кровель проводилось с помощью молотка на безопасном расстоянии от заколов и отслоений. Хотя наиболее наглядные результаты получены для прочных пород, однако и для слабых глинистых пород разница в результатах замеров, полученных на нарушенных и цельных участках, весьма существенна, см. рис.



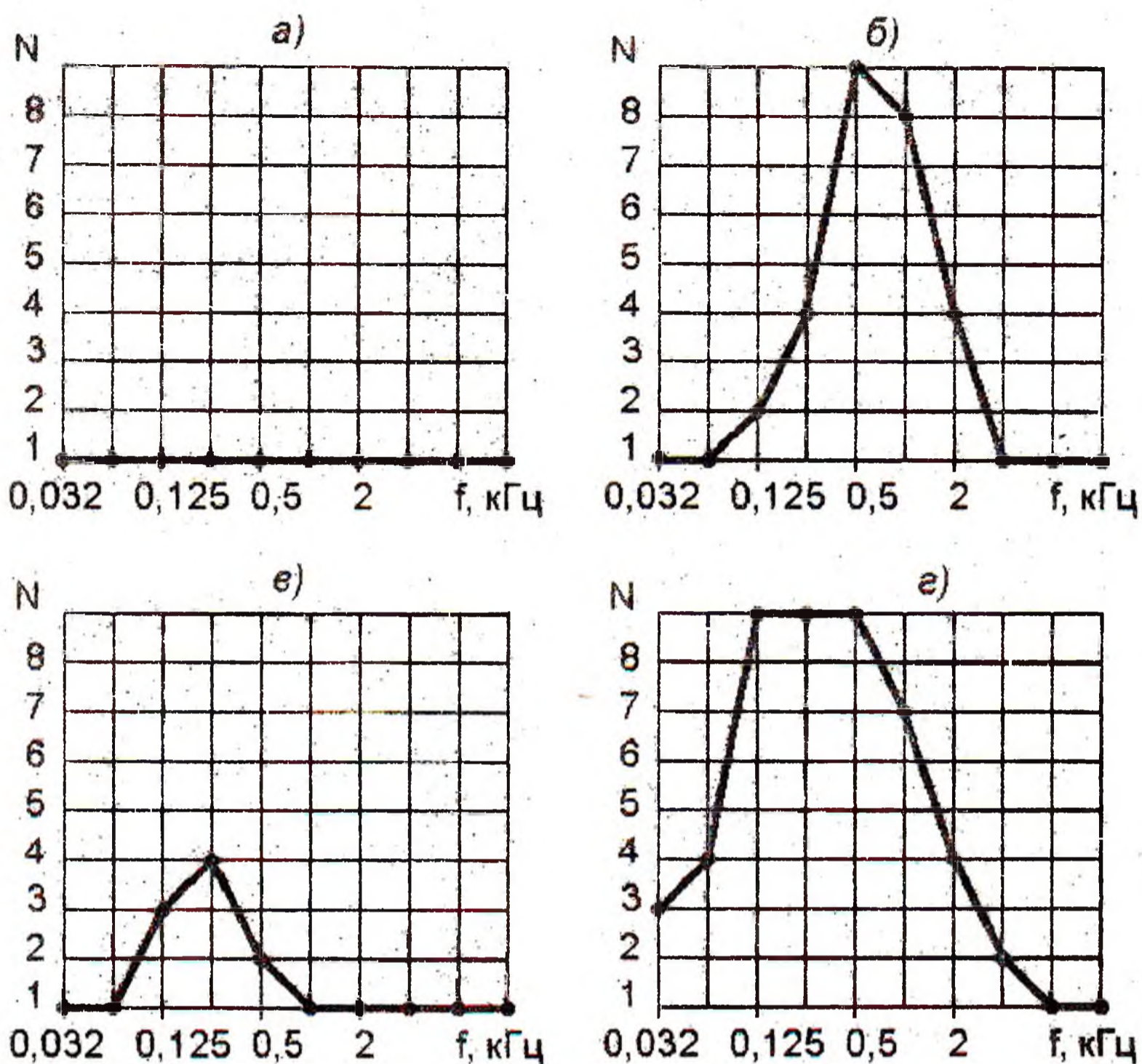


Рисунок. Спектрограммы акустического отклика на ударные воздействия цельного (а, б) и нарушенного (в, г) массива глинистых пород:  
 а, в - 2 поддиапазон усиления прибора ИСК-1Ш;  
 б, г - 3 поддиапазон.

Таким образом, контроль бетонных, набрызг-бетонных, комбинированных, металлических и деревянных крепей, свойств и состояния закрепного пространства, заобделочных пустот, тампонажных работ и анкерования при ремонте крепи показал удовлетворительную работоспособность и перспективность применения разработанных метода и аппаратуры.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Усаченко Б.М. Геомеханика подземной добычи гипса. - К.:Наук. думка, 1985. - 215 с.
2. Яланский А.А., Паламарчук Т.А. Бойко А.В. Особенности контроля плоско-



параллельных структур при разрушении массива горных пород и блочных структур. - К.: Наук. думка, 1993. - с. 106-110.

**УДК 622.33.012**

Л.Г.Адорская

## **К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ШАХТОЙ**

Проблема надійності керування шахтою розглянута з точки зору поняття "відмови", яке розповсюджене на систему "Виробничий колектив".

Обеспечение жизнедеятельности шахты, эффективности и надежности функционирования и поддержание ее на необходимом уровне является первоочередной задачей директора. При этом одним из важнейших факторов успешной деятельности шахты как производственного предприятия является правильный выбор ее управляющей системы. Основой обеспечения надежности управленческой деятельности на шахте может служить анализ потока отказов, возникающих при выполнении персоналом шахты своих функциональных обязанностей.

Управленческий и исполнительский персонал шахты, как и любого предприятия, представляет собой специфическую систему "Производственный коллектив" (СПК). Фундаментальное понятие "отказ", традиционно используемое для характеристики технических объектов, может быть распространено и на такие объекты, как СПК.

Отказ в СПК в самом общем виде может быть определен как невыполнение субъектом СПК своих производственных функций в соответствии с заданными требованиями.

Субъектом СПК является конкретный человек (управленец или исполнитель) либо производственная структура предприятия.

Производственные функции субъекта СПК определяются в соответствии с его личными производственными планами, графиками, нарядами и другими документами и распоряжениями вышестоящих начальников вплоть до директора. Корректность этих