

ника». Межведомственный сборник научных трудов. Вып. 22. 2000 г. – С. 123-128.

2. Выбор оптимальной структуры средств автоматизации однородных объектов. Сб. «Геотехническая механика». Межведомственный сборник научных трудов. Вып. 21. 2000 г. – С. 18-23.

3. Тимофеев Б.Б., Козлик Г.А. и др. Алгоритмизация в автоматизированных системах управления. Киев, «Техника», 1972г., – 240 с.

УДК 622.131.537:550.89

Р.П. Терещук, С.В. Мартыненко

### **ПОДБОР СОСТАВА И ИСПЫТАНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НЕОДНОРОДНЫХ МОДЕЛЕЙ**

Обґрунтовано необхідність вибору та іспиту нових складів еквівалентних матеріалів для моделювання неоднорідних породних масивів в умовах шахт ДХК "Добропільдявугілля". Визначено, випробувано та рекомендовано до застосування 4 нових складів.

Наиболее освоенным и широко применяемым при решении задач геомеханики является метод моделирования на эквивалентных материалах. Теоретические основы метода подробно описаны в работах [1,2]. Перед исследователями всегда стоит задача правильного подбора состава эквивалентного материала, лабораторный подбор и испытание которого подчинены изысканию удобообрабатываемых смесей, не обладающих длительными сроками схватывания и твердения, обеспечивающими при этом по своим физико-механическим свойствам подобие с горными породами.

Механические свойства углевещающих пород Донецкого бассейна изучены и исследованы достаточно полно и представлены в довольно широком диапазоне, поэтому воспроизвести разнообразие свойств на каком-либо одном материале не представляется возможным.

Продолжительное время при исследованиях применяли "одноразовые" модели, где в качестве вяжущего использовали гипс, известь-кипелку и др. Недостаток такого подхода очевиден – после испытания модель приходила в негодность и должна была заменяться новой.

Другой путь – изготовление многоцветных смесей, какими являются, например, парафинированные. К положительным особенностям таких смесей относятся однородность физико-механических свойств эквивалентного материала, неизменность и независимость механических свойств материала от влажно-

сти и удобство укатки слоев в модели, благодаря высоким пластическим свойствам смеси в горячем состоянии.

В настоящее время определено, что наиболее успешным и выгодным вариантом в этом случае является песчано-парафино-графитовые смеси с добавлением технического вазелина [3].

Однако при помощи смеси одного состава можно получить лишь однородную модель, реальный же породный массив весьма неоднороден, что ставит задачу соответствия свойств эквивалентного материала свойствам конкретной горной породы. Помимо этого принятый к испытанию конкретный эквивалентный материал должен, прежде всего, соответствовать общим требованиям [4]:

- количественного подобия физико-механических характеристик материалов модели и природы;
- качественного соответствия характера деформирования и разрушения материалов модели и природы;
- технологического характера, обуславливающего возможность быстрого и качественного изготовления эквивалентных материалов;
- структурной прочностной и деформационной однородности эквивалентных материалов по всему объему модели;
- стабильности, т.е. неизменности во времени свойств готового материала и их независимости от условий окружающей среды.

Компоненты эквивалентных материалов должны быть доступными и дешевыми.

Так как с помощью парафинированной смеси полного подобия всех физико-механических характеристик эквивалентного материала и горных пород природы достигнуть трудно, то допускаем сокращение числа соблюдаемых условий подобия. В качестве определяющих характеристик прочности используем совокупность значений временного сопротивления пород на сжатие  $R_{сж}$  и растяжение  $R_p$ .

Для соблюдения условий подобия выполняем следующие равенства:

- для внешних сил

$$P_m = \frac{\gamma_n}{\gamma_m} \frac{l_m^3}{l_n^3} P_n,$$

где  $\gamma_n$ ,  $\gamma_m$  – объемный вес материала природы и модели, соответственно;

- для процессов разрушения

$$R_{сж.м} = \frac{l_m \gamma_m}{l_n \gamma_n} R_{сж.н}; \quad R_{р.м} = \frac{l_m \gamma_m}{l_n \gamma_n} R_{р.н}.$$

Для соблюдения подобия процессов механики горных пород в области упругих деформаций выполняем следующие равенства

$$E_m = \frac{\gamma_m l_m}{\gamma_n l_n} E_n; \quad \nu_m = \nu_n,$$

где  $E$  – модуль упругости;  $\nu$  – коэффициент Пуассона.

Для соблюдения подобия механических процессов в массиве горных пород в области пластических деформаций во всем диапазоне напряжений от начальных до разрушающих, без учета влияния времени, выполняем следующее условие

$$\left( \frac{\varepsilon_{п.м}}{\varepsilon_y + \varepsilon_n} \right)_m = \left( \frac{\varepsilon_{п.н}}{\varepsilon_y + \varepsilon_n} \right)_n.$$

При этом

$$(\varepsilon_y + \varepsilon_n) = f(\sigma),$$

где  $\varepsilon_n$  и  $\varepsilon_y$  – пластическая и упругая относительные деформации, соответственно.

Технология подготовки и испытания образцов заключается в следующем: речной песок, однородный и очищенный от различных включений, технический вазелин, парафин и графит тщательно смешивали в заданных пропорциях. Приготовленную смесь помещали в водяную баню, перемешивали до получения однородной массы, после чего из нее изготавливали образцы.

Определение предела прочности при сжатии, модуля упругости и коэффициента Пуассона производили на цилиндрических образцах сечением 21,1 см<sup>2</sup> и высотой 74 мм с помощью малогабаритного пресса, изготовленного в лаборатории моделирования и конструкционных материалов кафедры строительства шахт и подземных сооружений Национальной горной академии Украины, позволяющем регистрировать нагрузку и соответствующие ей деформации на образцах.

Цилиндры изготавливали в металлических гильзах. Стандартное уплотнение материала осуществляли с помощью лабораторного копра. После уплотнения и остывания образец вынимали из формы и подвергали испытанию.



Объемный вес находили путем измерения объема точной навески материала в мерном стеклянном цилиндре. Уплотняли материал постукиванием в течение 5 минут.

Для соблюдения подобия и приближения свойств материала образца к свойствам материала модели, непосредственно из слоев модели выпиливали образцы и также подвергали испытанию. Испытания показали достаточно близкое сходство физико-механических свойств в основной модели и образцах.

В ходе исследований было испытано 10 различных составов эквивалентного материала. Для каждого состава было проведено 6 серий испытаний. В результате определены 4 состава, которые по своим физико-механическим параметрам наиболее полно воспроизводят свойства горных пород шахт ГХК "Добропольеуголь", для условий которой была поставлена задача моделирования.

Основные физико-механические свойства вмещающих пород приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Физико-механические свойства горных пород ГХК "Добропольеуголь"

Тип пород	Предел прочности на сжатие, МПа	Предел прочности на растяжение, МПа	Объемная масса, $\gamma, \text{т/м}^3$	Модуль упругости, $E \cdot 10^4$ , МПа	Коэффициент Пуассона
Аргиллит	20...35	2,5...3,5	2,4...2,6	0,5...1,1	0,21...0,25
Алевролит	35...45	3,0...4,0	2,4...2,6	0,7...2,2	0,2...0,26
Песчаник	60...70	4,0...5,0	2,5...2,7	1,4...1,7	0,21
Известняк	80...110	3,5...4,5	2,5...2,7	2,5...3,5	0,21

Результаты испытаний приведены в табл. 2.

На основании полученных экспериментальных данных были построены графики деформирования эквивалентных материалов, приведенные на рис. 1.

Таким образом, в результате проведенных лабораторных испытаний по подбору эквивалентных материалов были выбраны оптимальные составы для изготовления неоднородных моделей, по своим свойствам наиболее полно отвечающие условиям шахт ГХК "Добропольеуголь".

Таблица 2 – Результаты испытаний эквивалентных материалов.

Характеристика материала	Состав №1		Состав №2		Состав №3		Состав №4	
	натурь (аргиллит)	модель	натурь (алевролит)	модель	натурь (песчаник)	модель	натурь (известняк)	модель
Предел прочности на сжатие, МПа	30	0,2...	40	0,23	65	0,42	100	0,6...
Модуль упругости, МПа	0,8·10 <sup>4</sup>	0,22	0,9·10 <sup>4</sup>	...0,2	1,5·10 <sup>4</sup>	...0,4	3,22·10 <sup>4</sup>	0,07
Объемная масса, г/см <sup>3</sup>	2,5	5·10 <sup>4</sup>	2,5	0,013	2,6	0,020	2,6	1·10 <sup>4</sup>
Коэффициент Пуассона	0,23	1,6...	0,23	1,6...	0,21	7·10 <sup>4</sup>	0,21	1,6...
		2,0		2,0		1,6...		2,0
		0,23		0,23		0,21		0,21

В дальнейших лабораторных исследованиях, выполняемых по заказам предприятий указанного холдинга, применимы следующие смеси: состав №1 (песок – 95,9%, парафин – 2,9%, графит – 0,7%, солидол – 0,5% по массе) соответствует аргиллитам, состав №2 (94,8:4:0,7:0,5) – алевролитам, состав №3 (92,3:6,4:0,8:0,5) – песчаникам, состав №4 (86,6:12:0,9:0,5) – известнякам.

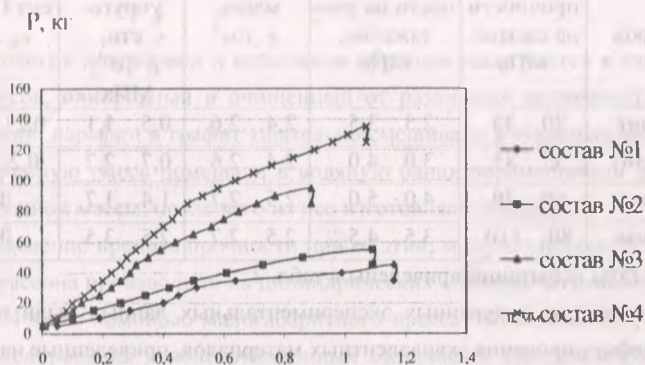


Рисунок 1 – Зависимости деформаций эквивалентных материалов от нагрузки при различных составах смеси

Применительно к условиям шахт ГХК “Добропольеуголь” уже отработана методика испытаний различных вариантов охраны выработок большого поперечного сечения и крепления выработок анкерной крепью, ведутся работы по обработке результатов экспериментов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов Г.Н. Экспериментальные методы исследования вопросов горного давления // Тр. совещания по управлению горным давлением. – М.: Углетехиздат, 1948. – 221с.
2. Ильштейн А.М. Закономерности проявления горного давления – М.: Углетехиздат, 1958. – 272с.
3. Шашенко А.Н. Устойчивость подземных выработок в неоднородном породном массиве. Дисс...докт.техн.наук 05.15.04. – Днепропетровск, 1988. – 507с.
4. Насонов И.Д., Ресин В.И. Моделирование физических процессов в горном деле. – М.: изд. Академии горных наук, 1999. – 343с.

УДК 550.37 : 622.02

С.И. Скипочка

### СВЯЗЬ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ПОРОД СО СКОРОСТЬЮ ИХ ДЕФОРМИРОВАНИЯ

На базі лабораторних експериментів досліджено взаємозв'язок між динамічними параметрами п'єзоелектричного ефекту та швидкістю їх деформування.

Контроль и диагностика процессов деформирования пород в зонах обнажений горных массивов – важнейший элемент геомеханического мониторинга литосферной среды. Особенно актуальны вопросы контроля величины и скорости деформирования в зонах сдвижений земной поверхности, вблизи горных выработок, заложённых в слабых породах, а также породах, склонных к горным ударам и выбросам. В связи с привлечением для решения данной проблемы методов горной геофизики, в ИГТМ НАН Украины были выполнены исследования пьезоэлектрического эффекта напряженно-деформированных пород. Исследования выполняли на установках и по методике, приведенной в [1].

Проявление пьезоэлектрического эффекта изучали на образцах жильных кварцев, гранитоидов и песчаников. Результаты исследований представлены на рис. 1. В качестве информативного параметра использовано отношение амплитуды электрического сигнала ( $U_n$ ), обусловленного пьезоэффектом, к амплитуде акустического воздействия ( $A_n$ ), регистрируемой датчиком акустического сигнала. В качестве аргумента представленных функций принята величина относительной продольной деформации ( $\epsilon_n$ ). Такая форма представления наибо-