

✓ А.В. Солодянкин, Р.Н. Терещук

ПОДБОР СОСТАВА И ИСПЫТАНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Обґрунтована необхідність вибору та випробувань нових складів еквівалентних матеріалів для моделювання породного масиву, складеного різними типами вуглевміщуючих порід в умовах шахт ДХК "Добропіллявугілля". Визначено, випробувано та рекомендовано до застосування чотири нових складів матеріалу.

Обоснована необходимость выбора и испытания новых составов эквивалентных материалов для моделирования породного массива, сложенного разными типами углевмещающих пород в условиях шахт ГХК "Добропольеуголь". Определены, испытаны и рекомендованы для использования четыре новых состава материала.

Necessity of a choice and test of new structures of equivalent materials for modeling the rock mass combined by different types of rocks in conditions of mines GHK "Dobropolyeugol" is proved. Are determined, tested and recommended for use of four new material's structures.

Введение. Решение различных геомеханических задач вызывает значительные трудности ввиду того, что породный массив уже сам по себе является весьма сложной неоднородной средой, в которой при ведении горных работ одновременно происходят процессы деформирования различного характера: упругие, упруго-пластические, а также сдвиги, перемещения, вывалы пород и т.п. явления, вызванные их разрушением с разрывом сплошности. Учесть все эти процессы, а также влияние множества горнотехнических факторов в аналитической постановке не представляется возможным. Поэтому теоретические расчеты параметров деформирования горных пород, прочности и устойчивости выработок, обоснование способов их поддержания либо весьма упрощены, а к реальным условиям адаптированы путем введения коэффициентов запаса, либо наоборот, весьма громоздки и не доведены до инженерных методик. Шахтные же исследования и эксперименты отличаются значительной трудоемкостью, высокой стоимостью, требуют довольно длительного периода времени. Кроме того, в натуральных условиях обычно весьма ограничены возможности варьирования параметрами системы, технологией и последовательностью ведения горных работ, тогда как при моделировании можно проследить влияние основных параметров в самых широких пределах и в достаточно ограниченный период времени. Физическое моделирование позволяет в ряде случаев глубже исследовать геомеханические процессы, уточнять существующие или предлагать новые теоретические описания этих процессов. Таким образом, моделирование наряду с аналитическими и натурными методами исследований является одной из важнейших составляющих комплексных исследований при решении геомеханических задач.

Наиболее освоенным и широко применяемым при решении задач геомеханики является метод моделирования на эквивалентных материалах. Теоретические основы метода подробно описаны в работах [1-3 и др.], однако на практике перед исследователями

всегда стоит задача правильного выбора состава эквивалентного материала, лабораторный подбор и испытание которого направлены в сторону изыскания удобообрабатываемых смесей, не обладающих длительными сроками схватывания и твердения, обеспечивающими при этом по своим физико-механическим свойствам подобие с конкретными горными породами.

Механические свойства углевмещающих пород Донецкого бассейна изучены и исследованы достаточно полно и представлены в довольно широком диапазоне, поэтому воспроизвести разнообразие свойств на каком-либо одном материале технически невозможно.

Продолжительное время при проведении лабораторных исследований 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 многоразовых смесей, какими являются, например, парафинированные. К положительным особенностям таких смесей относятся однородность физико-механических свойств эквивалентного материала, неизменность и независимость механических свойств материала от влажности и удобство укатки слоев в модели, благодаря высоким пластическим свойствам смеси в горячем состоянии.

В настоящее время установлено, что наиболее соответствующим, удобным и выгодным вариантом среди парафинированных являются 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, складывается из различных по свойствам литологических разностей, что ставит задачу соответствия свойств эквивалентного материала свойствам конкретной горной породы.

Таким образом, целью исследований является подбор состава и испытание эквивалентных материалов для изготовления неоднородных моделей породных массивов в условиях шахт ГХК "Доброполье-уголь" и обоснования рациональных параметров способов поддержания капитальных и подготовительных выработок.

Подбор состава и испытание эквивалентных материалов. 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 соответствия материала модели и природы выполняем следующие условия подобия:

- для внешних сил

$$P_M = \frac{\gamma_M l_M^3}{\gamma_N l_N^3} P_N,$$

где γ_N, γ_M – объемный вес материала природы и модели, соответственно;

- для процессов разрушения

$$R_{сж.м} = \frac{l_M \gamma_M}{l_N \gamma_N} R_{сж.н}; \quad R_{p.м} = \frac{l_M \gamma_M}{l_N \gamma_N} R_{p.н}.$$

Для соблюдения подобия процессов механики горных пород в области упругих деформаций выполняем условия:

$$E_M = \frac{\gamma_M l_M}{\gamma_N l_N} E_N; \quad \nu_M = \nu_N,$$

где E – модуль упругости; ν – 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

$$\frac{\epsilon_{п.м}}{(\epsilon_y + \epsilon_n)_м} = \frac{\epsilon_{п.н}}{(\epsilon_y + \epsilon_n)_н}.$$

При этом

$$(\epsilon_y + \epsilon_n) = f(\sigma),$$

где ϵ_n и ϵ_y – соответственно пластическая и упругая относительные деформации.

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.

Для испытаний готовили цилиндрические образцы сечением 21,1 см² и высотой 74 мм (рис. 1).

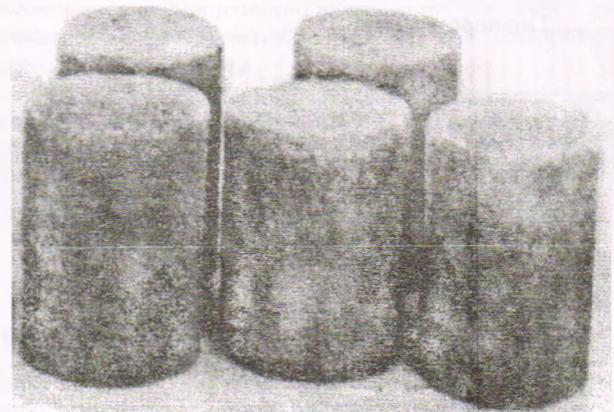


Рис. 1. Общий вид образцов из эквивалентного материала до начала испытаний

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

Определение предела прочности при сжатии, модуля упругости и коэффициента Пуассона производили с помощью малогабаритного пресса, изготовленного в лаборатории моделирования и конструкционных материалов кафедры строительства и геомеханики Национального горного университета, позволяющем регистрировать нагрузку и соответствующие ей продольные и поперечные деформации на образцах. Принципиальная схема пресса приведена на рис. 2.

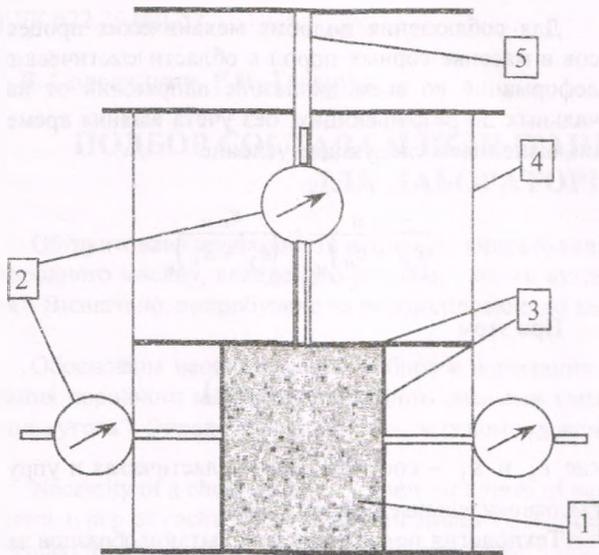


Рис. 2. Схема испытаний образцов на прессе: 1 – образец; 2 – индикаторы часового типа (модель ИЧ 10 МН); 3 – рабочие пластины; 4 – корпус; 5 – шток

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.

Результаты испытаний приведены в табл. 2.

Таблица 1

Физико-механические свойства горных пород ГХК «Добропольеуголь»

Тип пород	Предел прочности на сжатие, $R_{сж}$, МПа	Предел прочности на растяжение, R_p , МПа	Объемная масса, γ , т/м ³	Модуль упругости, $E \cdot 10^{-4}$, МПа	Коэффициент Пуассона, ν
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

Таблица 2

Результаты испытаний эквивалентных материалов

Характеристика материала	Состав № 1 (аргиллит)		Состав № 2 (алевролит)		Состав № 3 (песчаник)		Состав № 4 (известняк)	
	натуры	модель	натуры	модель	натуры	модель	натуры	модель
Предел прочности на сжатие, МПа	30	0,2...0,22	40	0,23...0,28	65	0,42...0,46	100	0,6...0,7
Модуль упругости, МПа	$0,8 \cdot 10^4$	$0,0115 \cdot 10^4$	$0,9 \cdot 10^4$	$0,013 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^4$	$0,0207 \cdot 10^4$	$3,22 \cdot 10^4$	$0,0421 \cdot 10^4$
Объемная масса, т/м ³	2,5	1,6...2,0	2,5	1,6...2,0	2,6	1,6...2,0	2,6	1,6...2,0
Коэффициент Пуассона	0,23	0,23	0,23	0,23	0,21	0,21	0,21	0,21

На основании полученных при испытаниях экспериментальных данных построены графики деформирования эквивалентных материалов, приведенные на рис. 3.

В дальнейших лабораторных исследованиях, выполняемых по заказам предприятий указанного холдинга, применимы следующие смеси: со-

став № 1 (песок – 95,9 %, парафин – 2,9%, графит – 0,7%, солидол – 0,5% по массе) соответствует по физико-механическим свойствам 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.

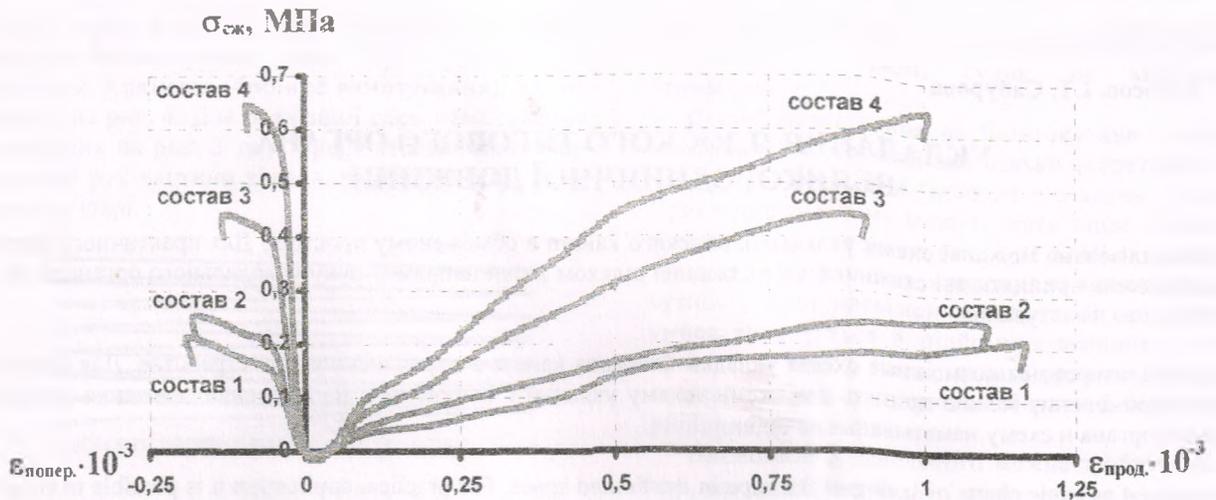


Рис. 3. Залежності деформацій еквівалентних матеріалів від навантаження при різних складах суміші

Выводы

В результате проведенных лабораторных испытаний выбраны оптимальные составы эквивалентных материалов для изготовления неоднородных моделей, по своим свойствам наиболее полно отвечающие физико-механическим свойствам углевмещающих горных пород в условиях шахт ГХК "Доброполье-уголь";

Следующим этапом исследований будет разработка, применительно к рассматриваемым условиям, рациональных параметров способов поддержания капитальных и подготовительных выработок.

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. – 272 с.

3. Моделирование в геомеханике / Ф.П. Глушихин, Г.Н. Кузнецов, М.Ф. Шклярский и др. – М.: Недра, 1991. – 240 с.

4. Шашенко А.Н. Устойчивость подземных выработок в неоднородном породном массиве: Дисс. ... докт. техн. наук: 05.15.04, 05.15.11. – Днепропетровск, 1988. – 507 с.

5. Насонов И.Д., Ресин В.И. Моделирование физических процессов в горном деле. – М.: Изд-во Академии горных наук, 1999. – 343 с.

Рекомендовано до публікації д.т.н. А.М. Роенком 07.11.06