

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЖЕСТКОСТИ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГЕОМАТЕРИАЛОВ

Паньков И.Л., Безматерных М.Д.
ПНИПУ, г. Пермь, Россия, *marinka5657@mail.ru*

Геомеханическое обоснование безопасных условий разработки месторождений полезных ископаемых основано на достоверной информации о значениях механических показателей горных пород (геоматериалов), получаемых в ходе лабораторных исследований, осуществляемых на испытательном оборудовании, позволяющем проводить эксперименты при различных режимах и схемах нагружения. В тоже время, исходя из особенностей нагружения подземных конструкций в качестве основных, как правило, принимаются характеристики, полученные при испытаниях на прессе по схеме одноосного сжатия.

Определение деформационных показателей, основными из которых являются модули деформации (упругости) геоматериалов, получаемые на различных участках диаграммы нагружения, можно проводить двумя способами. Первый способ основан на применении контактных или бесконтактных датчиков деформации, фиксирующих смещение участка поверхности образца. Второй способ основан на непосредственном измерении перемещений, осуществляемом по траверсам пресса, согласно которому абсолютная деформация образца определяется по формуле:

$$u_{обр} = u_c - u_{ж}, \quad (1)$$

где u_c – общая деформация системы «пресс – образец»; $u_{ж}$ – деформация испытательного оборудования, обусловленная его жесткостью.

Особенности деформирования большинства горных пород (шелушение боковых поверхностей, интенсивное трещинообразование и динамическое разрушение образцов) может привести к недостоверным измерениям, а также выходу из строя измерительной системы, что не позволяет в полной мере использовать преимущества датчиков деформаций. При измерении деформаций вторым способом, основные сложности связаны с учетом жесткости испытательного оборудования. Большинство исследователей, занимающихся данным вопросом, принимают жесткость пресса как постоянную величину во всем интервале изменения действующей нагрузки [1, 2, 3]. При этом, взаимосвязь перемещения и нагрузки описывается уравнением (рис. 1, прямая 1):

$$u_{ж} = \frac{F}{K}, \quad (2)$$

где F – нагрузка; K – жесткость «идеального» пресса, не имеющего люфтовых смещений.

В тоже время, наличие люфтов в узлах испытательного оборудования приводит к появлению дополнительного смещения, обуславливающего нелинейную взаимосвязь между нагрузкой и перемещением, характерный вид которой показан на рис.1, (кривая 2). При этом диаграмма деформирования пресса с достаточно высокой степенью точности описывается уравнением вида:

$$F = K \frac{u_{ж}^2}{u_{ж} + u_{л}} \quad (3)$$

где $u_{л}$ – суммарная величина люфтовых смещений в узлах испытательного оборудования.

График уравнения (3) с увеличением нагрузки асимптотически приближается к линейной зависимости вида (рис.1, прямая 3):

$$F = K(u_{ж} - u_{л}). \quad (4)$$

Согласно уравнению (3) деформация прессы в зависимости от нагрузки, действующей на образец, определяется выражением:

$$u_{ж} = \frac{F + \sqrt{F^2 + 4KFu_{л}}}{2K}. \quad (5)$$

Учет влияния жесткости испытательного оборудования на деформационные показатели геоматериалов проводился с помощью линейной (2) и не линейной (5) зависимостей. Также, в качестве сопоставления, проводилось определение показателей без учета жесткости. Эксперименты на сжатие образцов геоматериалов проводились на электромеханических прессах Zwick/Z250 ($F_{max}= 250$ кН, $K=140$ кН/мм, $u_{л}=0,2$ мм) и Zwick/Z400 ($F_{max}= 400$ кН, $K= 320$ кН/мм, $u_{л}=0,1$ мм). Определение механических показателей проводилось по кривым нагружения, построенных в координатах «напряжение (σ) – относительная деформация (ϵ)», по схеме, приведенной в работе [4], (рис. 2).

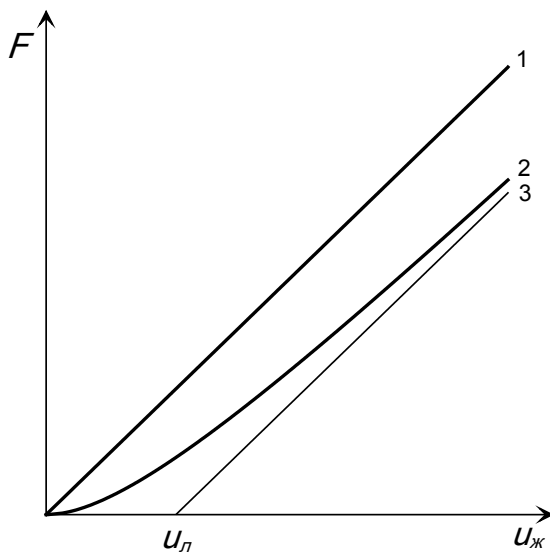


Рисунок 1 - Характерный вид линейной (1) и нелинейной (2) жесткости испытательного оборудования при определении абсолютной деформации образца

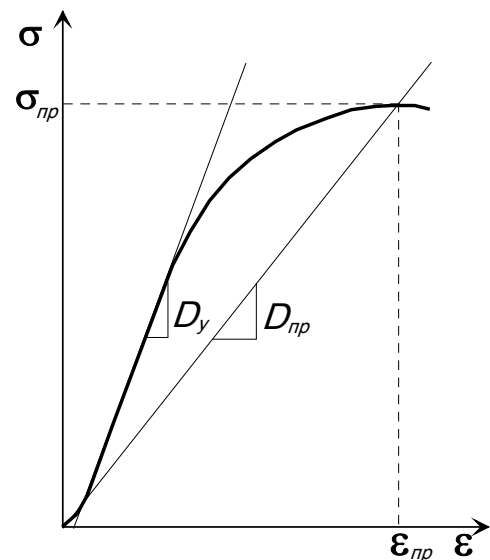


Рисунок 2 - Схема определения механических показателей геоматериалов

При сопоставительном анализе учитывался предел прочности ($\sigma_{пр}$), разрушающая деформация ($\epsilon_{пр}$), начальный модуль деформации (D_y) и предельный модуль деформации ($D_{пр}$). Результаты определений для различных типов горных пород приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Результаты учета жесткости испытательного оборудования при определении деформационных показателей геоматериалов

Порода	Показатели деформирования									
	$\sigma_{пр}$, МПа	Без учета жесткости			Линейная жесткость			Нелинейная жесткость		
		$\varepsilon_{пр}$, %	D_y , ГПа	$D_{пр}$, ГПа	$\varepsilon_{пр}$, %	D_y , ГПа	$D_{пр}$, ГПа	$\varepsilon_{пр}$, %	D_y , ГПа	$D_{пр}$, ГПа
Андезитовый порфирит	12,7	0,98	3,0	1,3	0,91	3,5	1,4	0,85	4,2	1,5
Туф	14,8	0,57	3,3	2,6	0,49	4,1	3,0	0,43	4,7	3,4
Туффит	30,6	0,47	9,2	6,5	0,30	19,0	10,1	0,23	25,5	13,4
Сильвинит красный	33,6	7,31	0,8	0,5	5,97	1,2	0,6	5,65	1,3	0,6
Каменная соль	35,6	6,21	0,7	0,6	4,83	1,0	0,7	4,51	1,1	0,8
Скарн	120, 5	1,41	10,7	8,6	0,72	27,5	16,7	0,63	29,0	19,2
Брекчия	184, 7	1,59	12,7	11,6	0,55	45,3	33,6	0,45	47,9	40,6

Анализ результатов проведенных исследований показал, что при определении деформационных показателей геоматериалов необходимо учитывать влияние жесткости испытательного оборудования. Введение в расчет линейной жесткости позволяет скорректировать значения начального и предельного модуля деформации на 10–250 % по сравнению с результатами, полученные без учета жесткости пресса. В свою очередь, учет нелинейной жесткости позволяет еще на 5–35 % уточнить величины данных показателей. Это существенно увеличивает достоверность информации по физико-механическим характеристикам горных пород, используемых при геомеханическом обосновании безопасных условий разработки месторождений полезных ископаемых.

Список литературы

1. Введение в механику скальных пород: Пер. с англ. / Под ред. Х. Бока. – М.: Мир, 1983. – 276 с.
2. Баклашов И.В. Геомеханика: Учебник для вузов. В 2 т. – М.: МГУ, 2004. – Т.1. Основы геомеханики. – 208 с.
3. Ставрогин А.Н., Тарасов Б.Г. Экспериментальная физика и механика горных пород. – СПб.: «Наука», 2001. – 343 с.
4. Барях А.А., Асанов В.А., Паньков И.Л. Физико-механические свойства соляных пород Верхнекамского калийного месторождения: учеб.пособие. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008. – 199 с.