

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ РАЗГРУЗКЕ*)

к.т.н. Мордасов В.И., к.т.н. Подкопаев С.В., инж. Кондаков О.В., студ. Савченко П.И. (Донецкий государственный технический университет)

Общеизвестно, что исследование напряженно-деформированного состояния массива горных пород, вмещающего выработки, основывается на применении теории упругости. Сущность применяемой теории сводится к установлению зависимости между деформациями и напряжениями в идеализированном упругом массиве. Эта основная практическая задача решалась и, к сожалению, продолжает решаться даже в регламентирующих документах с использованием традиционных методов сопротивления материалов. Именно в этом направлении развивались и продолжают совершенствоваться экспериментальные методы исследований. Таковы, например, исследования напряжений вокруг горных выработок, в породных целиках, в породном массиве при его подработке и надработке. Конечной целью этих исследований всегда была и остается оценка прочности породного массива, без учета фактора времени. Иными словами, суждение о напряженности и деформируемости породного массива формируется в результате сопоставления максимальных действующих напряжений и прочности горных пород.

Вместе с тем, многочисленные экспериментальные исследования показывают, что деформативность твердых материалов зависит от времени и этот фактор необходимо учитывать при разгрузке некоторой части массива, вмещающего выработки. Более того, при изучении напряженно-деформированного состояния массива горных пород необходимо учитывать специфику его формирования, обусловленную наряду с физико-химическими превращениями, пластическим деформированием при трехосном сжатии в течение длительного периода времени. Разгрузка части породного массива, в результате проведения выработок, неизбежно сопровождается деформациями обратного знака – деформациями упругого последействия и обратной ползучести [1,2].

Знание закономерностей и особенностей этого процесса может способствовать обоснованию и расчету параметров зон раз-

*) Работа выполняется под научно-методическим руководством докт. техн. наук, проф. В.И. Николина (ДонГТУ)

грузки, образующихся при подработке и надработке породной толщи, установлению зависимости между деформациями и напряжениями с учетом фактора времени.

С целью экспериментального изучения особенностей деформирования горных пород при разгрузке были проведены исследования деформируемости образцов, находящихся длительное время в режиме пластической деформации с заданными прочностными и деформационными свойствами.

Для исследований использовали образцы кубической формы, размерами 55x55x55 мм, изготовленные из гипса, которые в течение 560 часов находились в состоянии трехосного неравнокомпонентного сжатия, сопровождавшегося деформациями ползучести.

Испытания проводились в 3 этапа.

На первом этапе, при изучении механических свойств исследуемых образцов, определялись их пределы прочности на одноосное сжатие ($\sigma_{сж}$) на стенде конструкции ДонФТИ. Всего было испытано 8 образцов. Коэффициент вариации составил 14 %. Механические свойства образцов представлены в таблице.

Таблица. Механические свойства образцов.

Образец	Предел прочности на одноосное сжатие, $\sigma_{сж}$, МПа	Модуль упругости, $E \cdot 10^{-3}$, МПа	Коэффициент Пуассона, ν , ед.	Плотность образца, ρ , г/см ³	Пористость P , %	Молекулярная влагоемкость, ω_m , %
1	61	18	0,22	2,6	8	7
2	58	16	0,23	2,6	8	7
3	57	17	0,22	2,6	10	8
4	60	18	0,24	2,6	12	7
5	58	19	0,22	2,6	8	6
6	58	18	0,22	2,6	9	7
7	60	20	0,24	2,5	10	7
8	58	18	0,24	2,8	10	8
Среднее	58,8	18	0,23	2,6	9,3	7,1

На втором этапе экспериментальных исследований производилось нагружение образцов в состояние трехосного неравнокомпонентного сжатия, соответствующего их нагружению в породном массиве и сопровождающегося деформациями ползучести.

Испытания по сжатию образцов проводились на приборе ДонФТИ*), с независимо регулируемым напряжением, который позволяет создавать заданное боковое давление $\sigma_2 = \sigma_3 > 0$ и вертикальное давление $\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3$. Величина давления, по соответствующим направлениям, фиксировалась с помощью манометров, а величины деформаций определялись индикаторами часового типа с ценой деления 0,01 мм.

При сжатии нагрузка, прикладываемая к образцу, увеличивалась ступенчато. В начале, она составила $\sigma_1 = 0,7\sigma_{сж}$, $\sigma_2 = \sigma_3 = 0,5\sigma_{сж}$, а через 200 часов была увеличена до $\sigma_1 = 0,9\sigma_{сж}$, $\sigma_2 = \sigma_3 = 0,5\sigma_{сж}$.

Третьим этапом проводимых исследований была разгрузка образца и установление величины деформаций обратной ползучести. Для этого образец помещали на стенд, где фиксировали деформации ползучести противоположного знака по трем главным направлениям с помощью индикаторов часового типа (цена деления 0,01 мм). Схема установки представлена на рис. 1

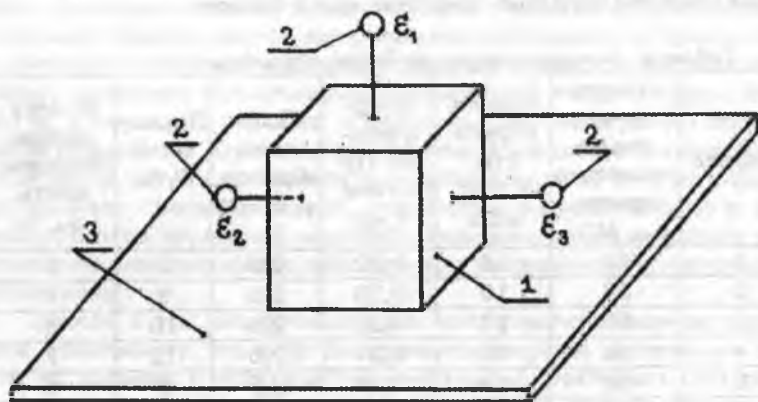


Рис. 1 Схема установки, регистрирующей величины деформаций обратной ползучести:

- 1 – образец горной породы;
- 2 – индикаторы часового типа;
- 3 – стационарная платформа

По результатам наблюдений заключительного этапа исследований, были построены графики деформаций обратной ползучести

*) Авторский коллектив выражает благодарность сотрудникам ОФТП ДонФТИ НАН Украины к.т.н. В.Н. Реввс и инж. К.И. Соколову за помощь в проведении экспериментов.

образца из гипса (рис. 2). Установлено, что если образец, находящийся в состоянии ползучести разгрузить, то деформация уменьшится сразу на величину упругой деформации (участок OA). Далее уменьшение продолжалось, но менее интенсивно. В течение первых 120 часов деформации обратной ползучести протекают интенсивно (участок AB). Через 30 часов интенсивность несколько уменьшается (участок BC) и наступает установившаяся ползучесть, но только в обратном направлении. Этот процесс продолжается в течение последующих 40 суток. Период затухания деформаций, получивших название обратной ползучести, представлен на рис. 3. Деформации обратной ползучести не привели к полному восстановлению исходных размеров образца (различия составило 6%).

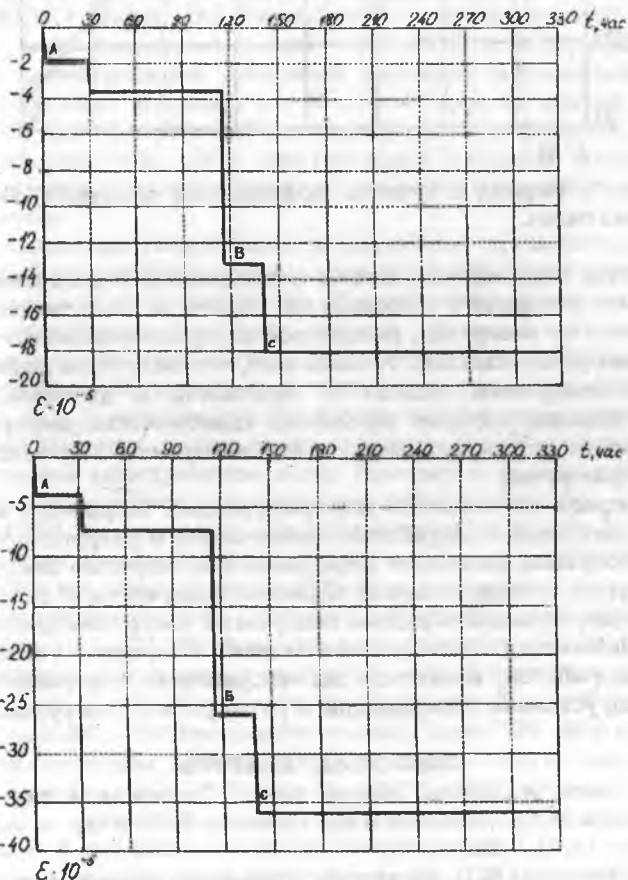


Рис. 2 График деформаций обратной ползучести образца из гипса: а) в вертикальном направлении ϵ_1 ; б) в горизонтальном направлении $\epsilon_2 + \epsilon_3$.

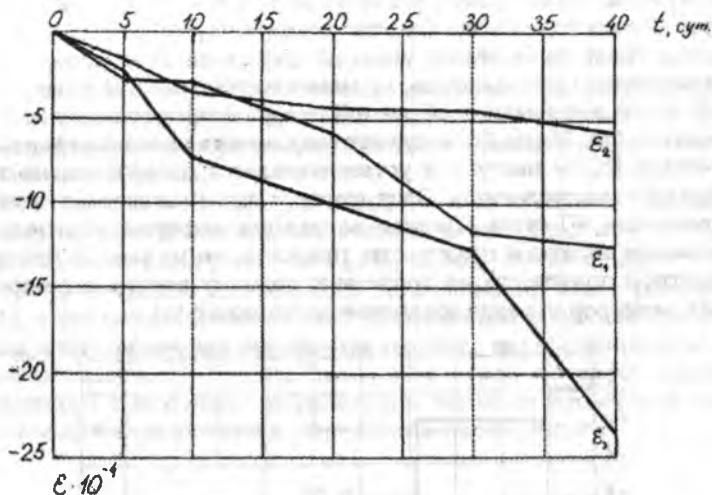


Рис. 3 Период затухания деформаций обратной ползучести образца из гипса.

Таким образом, результаты проведенных исследований подтверждают реальность деформаций обратной ползучести горных пород после их разгрузки, вследствие которых происходит изменение объема (после сжатия). Установлено, что величины деформаций обратной ползучести зависят от прочности и деформационных свойств породы, которое обусловило пластическое деформирование, времени деформирования, а так же времени, прошедшего от момента разгрузки.

Природа особенностей деформирования осадочного массива, вмещающего горные выработки, заключается в разрушении от разгрузки, сопровождающейся деформациями упругого восстановления, упругого последействия и обратной ползучести. С позиций реальности деформаций обратной ползучести части породного массива, примыкающего к выработке можно объяснить устойчивость горных выработок, изменение их напряженно-деформированного состояния, установить параметры и размеры зон разгрузки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ползучесть осадочных горных пород. Теория и эксперимент. / Ержанов Ж.С., Сачинов А.С., Гуменюк Г.Н. и др. - Алма-Ата: Наука, 1970. - 208 с.
2. В.И. Николин, М.П. Васильчук. Прогнозирование и устранение выбросоопасности при разработке угольных месторождений. - М.: Липецкое издательство Роскомпечати, 1997. - 496 с.