

МЕХАНИКА ГОРНЫХ ПОРОД

УДК 622.02

DOI:10.7242/echo.2023.2.5

ИЗУЧЕНИЕ ХАРАКТЕРА ДЕФОРМИРОВАНИЯ ДЕСТРУКТИВНОГО СЛОЯ ПРИ ИСПЫТАНИИ ОБРАЗЦОВ ГОРНЫХ ПОРОД НА ОДНООСНОЕ СЖАТИЕ

И.Л. Паньков

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: Проведены исследования по изучению характера деформирования деструктивного слоя при испытании образцов скальных горных пород на одноосное сжатие. Решение поставленной задачи достигалось за счет измерения продольных смещений образца датчиком деформаций, установленном в его средней части и скорректированных с учетом жесткости смещений траверсы электромеханического пресса. По результатам эксперимента строилась кривая деформирования и вычислялась толщина деструктивного слоя образца горной породы.

Ключевые слова: образец горной породы, деструктивный слой, электромеханический пресс, траверса, смещение, усилие, характер деформирования.

Известно, что при изготовлении образцов горных пород образуется ослабленный слой, называемый деструктивным. В общем случае характеристики слоя зависят от физико-механических свойств породы, ее зернистости, а также применяемого камнерезного оборудования и условий обработки. Несмотря на относительно малую толщину слоя, его влияние на определяемые характеристики горных пород весьма значительны. В качестве примера можно привести данные по экспериментальному исследованию влияния абсолютных размеров образцов квазипластичных горных пород на прочностные и деформационные свойства. При этом на характер изменения физико-механических свойств влияет деструктивный слой, а сами подобные проявления классифицируются как поверхностный масштабный эффект или масштабный эффект 2-го рода. Достаточно подробно механизм влияния толщины деструктивного слоя на свойства соляных пород изложен в работах [1, 2]. В то же время проведенные исследования не позволили ответить на вопрос об экспериментальной оценке характера деформирования деструктивного слоя, а также его толщины.

Для изучения характера деформирования деструктивного слоя проводились испытания образцов скальных пород на одноосное сжатие. Образцы выбуривались из породных монолитов, отобранных на месторождении Аксу Кварцитовые горки (республика Казахстан), с помощью установки алмазного бурения «Hilti DD 150». Торцевание образцов производилось на алмазном отрезном станке «Struers Labotom-3». При выбурировании и торцевании образцов в качестве промывочной жидкости использовалась вода. Диаметр (d) образцов составлял 45 мм, высота (h) – 70 мм. Эксперимент проводился на электромеханическом прессе «Zwick/Z400», позволяющим достигать максимального усилия 400 кН, с возможностью измерений продольных деформаций по траверсе (скорость перемещения – 1 мм/мин). Дополнительно в средней части образца устанавливался датчик продольных деформаций «Epsilon» с базой измерений (l) – 50 мм (рис. 1). Снятие показаний датчиком осуществлялось в интервале нагрузок от 0 до 35÷70% от предела прочности на линейно-упругой стадии деформирования образца. В дальнейшем с целью исключения повреждений датчик деформаций снимался, а сам образец доводился до раз-

рушения. По результатам эксперимента определялись предел прочности образца ($\sigma_{пр}$) и касательный модуль деформации (D_y) начального участка диаграммы согласно методике, изложенной в работе [3].



Рис. 1. Проведение испытаний на одноосное сжатие при изучении характера деформирования деструктивного слоя образцов горных пород

Смещения верхнего (нижнего) деструктивного слоя на торцевых гранях образца определялись по формуле:

$$u_{сл} = \frac{u_{об} - u_{ж} - u_y}{2}, \quad (1)$$

где $u_{об}$ – общие смещения образца с учетом деформирования прессового оборудования; $u_{ж}$ – смещения прессового оборудования, обусловленные его жесткостью; u_y – линейно-упругие смещения образца, пересчитываемые по показаниям датчика деформаций.

Смещения прессового оборудования, обусловленные его жесткостью, определялись согласно методике, приведенной в работе [4], по формуле:

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

где F – усилие пресса; K – жесткость «идеального» пресса, не имеющего люфтовых смещений; $u_{л}$ – суммарная величина люфтовых смещений в узлах «реального» испытательного оборудования. Показатели жесткости электромеханического пресса «Zwick/Z400» составляли: $K = 320$ кН/мм, $u_{л} = 0,1$ мм.

Упругие смещения образца определялись по формуле:

$$u_y = u_d \frac{h}{l}, \quad (3)$$

где u_d – показания датчика деформаций.

На рис. 2 приведены кривые изменения смещений деструктивного слоя при сжатии образца скальных пород. Анализ результатов проведенных исследований позволил установить, что характер деформирования деструктивного слоя при сжатии образцов горных пород с достаточной степенью достоверности описывается уравнением вида:

$$u_{сл} = h_{сл} \frac{F}{F + b}, \quad (4)$$

где $h_{сл}$ – теоретическая толщина деструктивного слоя; b – параметр аппроксимации.

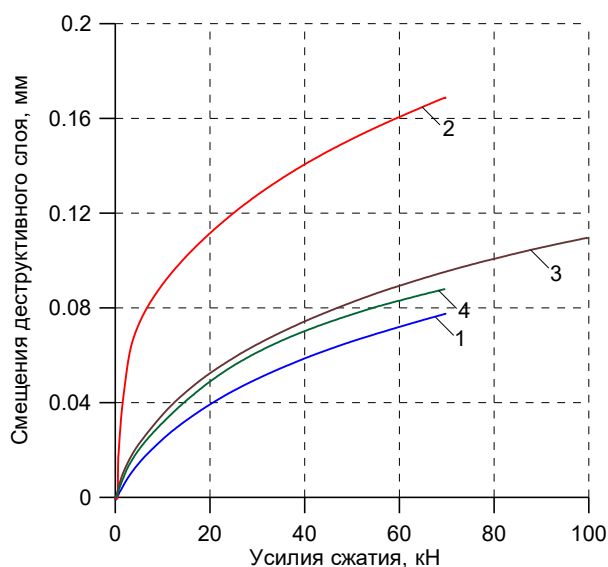


Рис. 2. Характер деформирования деструктивного слоя при сжатии образцов горных пород (цифрами обозначены номера образцов)

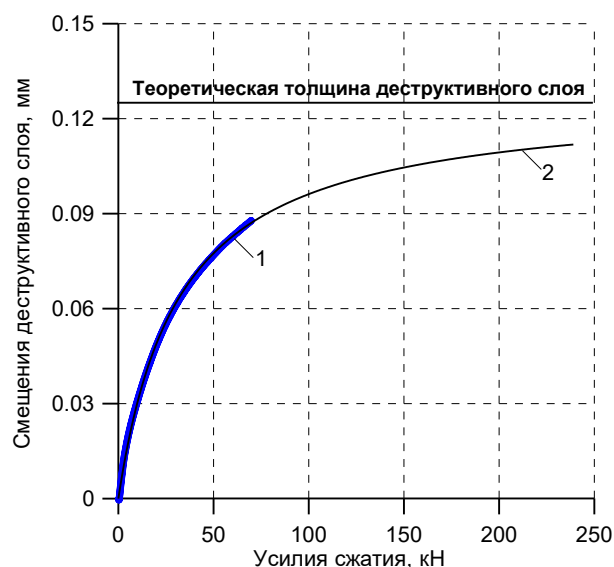


Рис. 3. Результаты экспериментального (1) и теоретического (2) определения смещений деструктивного слоя (на примере образца № 4)

На рис. 3 приведены результаты сопоставительного анализа смещений деструктивного слоя (на примере данных по образцу № 4), иллюстрирующие достаточно высокую степень корреляции между экспериментальными и теоретическими данными.

Результаты изучения механических показателей и параметры зависимости (4), описывающей характер деформирования деструктивного слоя образцов скальных пород приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты изучения механических показателей и характера деформирования деструктивного слоя образцов горных пород

№ обр.	$\sigma_{пр}$, МПа	D_y , ГПа	$h_{сл}$, мм	b , Н
1	55,8	50,9	0,116	37699
2	104,5	108,5	0,201	15971
3	129,3	62,4	0,153	41425
4	57,6	61,2	0,127	31762

Анализ результатов исследований позволил установить, что теоретическая толщина деструктивного слоя испытанных образцов изменяется от 0,11 до 0,20 мм. Также установлено, что толщина слоя находится в пропорциональной зависимости от величины касательного модуля деформации скальной породы. Данный факт может косвенно свидетельствовать о хрупком характере микро-разрушений, участвующих в формировании деструктивного слоя.

Проведенные исследования направлены на совершенствование и разработку новых экспериментально-теоретических аспектов изучения деформационных свойств горных пород в лабораторных условиях.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке
Министерства науки и образования РФ (рег. номер 122012000403-1),
а также гранта РФФИ № 20-45-596011.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Паньков И.Л., Асанов В.А. Изучение механизма масштабного эффекта при сжатии квазипластичных соляных пород // *Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук*. – 2015. – № 2. – С. 273-278.
2. Паньков И.Л. Теоретическое описание проявлений поверхностного масштабного эффекта в квазипластичных породах // *Горное эхо*. – 2019. – № 1 (74). – С. 49-53. DOI: 10.7242/echo.2019.1.11.
3. Барях А.А., Асанов В.А., Паньков И.Л. Физико-механические свойства соляных пород Верхнекамского калийного месторождения: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008. – 198 с.
4. Паньков И.Л., Безматерных М.Д. Изучение влияния жесткости испытательного оборудования на деформационные показатели геоматериалов // *Актуальные проблемы прочности: сб. материалов 60-й Междунар. науч. конф., 14-18 мая 2018 г.* – Витебск, 2018. – С. 306-308.