

Качальский Владислав Генрихович

канд. техн. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»

г. Новосибирск, Новосибирская область

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ОБРАЗЦОВ КЕРНОВ ПРИ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЯХ

Аннотация: в статье приведено краткое описание программно-технических средств для определения деформационных свойств горных пород при одноосном нагружении-разгрузке образцов керна. Автором дана оценка точности определения деформационных характеристик на примере образцов доломита, выполнены статистическая обработка и анализ полученных результатов.

Ключевые слова: образец, тензометрическая система, измерительный комплекс, нагрузка, деформация, модуль упругости, коэффициент Пуассона.

В статье приведен анализ результатов стендовых испытаний деформируемости горных пород по следующим основным показателям:

– модуль упругости (модуль Юнга), являющийся отношением величины напряжения при одноосном сжатии образца керна к его относительной упругой деформации в направлении действия этого напряжения. Для линейно деформируемых материалов модуль упругости является постоянной величиной, не зависящей от величины напряжения;

Таким образом, степень отклонения от линейности при испытании на деформационные свойства может служить характеристикой точности метода определения этой характеристики.

– коэффициент поперечной упругой деформации (коэффициент Пуассона), являющийся отношением упругой деформации в направлении, перпендикулярном приложенной нагрузки, к относительной упругой деформации в направлении, совпадающим с направлением действия напряжения.

Поскольку этот коэффициент зависит от двух составляющих деформации образца в процессе нагружения-разгрузки, то его следует также учитывать при

анализе инструментальной погрешности рассматриваемого способа лабораторных испытаний.

Исследование образцов кернов с использованием тензометров на основе микрометров, с наклейкой тензорезисторов на боковые поверхности кернов, наклейкой опорных шайб [2] для последующего крепления измерительных устройств и других подобных приспособлений занимает много времени и не пригодны для оперативного анализа и статистической обработки результатов в полевых условиях. Задача стояла в определении деформационных свойств при испытании большого числа образцов кернов, полученных из однородного массива доломита с использованием пружинного тензометра для получения характеристик статистической устойчивости полученных результатов. Кроме того, исследовались результаты, полученные при многократных циклах «нагружения-разгрузки» образцов кернов (с гладкой боковой поверхностью керна и обеспечением параллельности его торцов). В последнем случае интересовали статистические показатели устойчивости результатов на одном и том же образце. Для проведения таких испытаний в соответствии с ГОСТ [1] использовалось технологическое оборудование, включающее лабораторный гидравлический пресс с усилием до 300 кН, центрирующее устройство со сферической опорой, пружинный тензометр ДМ-12 конструкции ВНИИМИ (г. Санкт-Петербург), датчика усилия. Сигналы от тензодатчиков, наклеенных на прижимные резиновые пластины тензометра, и от датчика усилия поступают на измерительный блок, содержащий многоканальный высокоточный аналого-цифровой преобразователь (23 разряда + знаковый) и связанный дискретным каналом передачи данных с персональным компьютером. Для автоматизации измерений и оперативной обработки данных разработаны программные средства, обеспечивающие необходимые вычисления дрейфа и отображения на экране ПК деформации при нагружении-разгрузке образца керна (рис. 1).

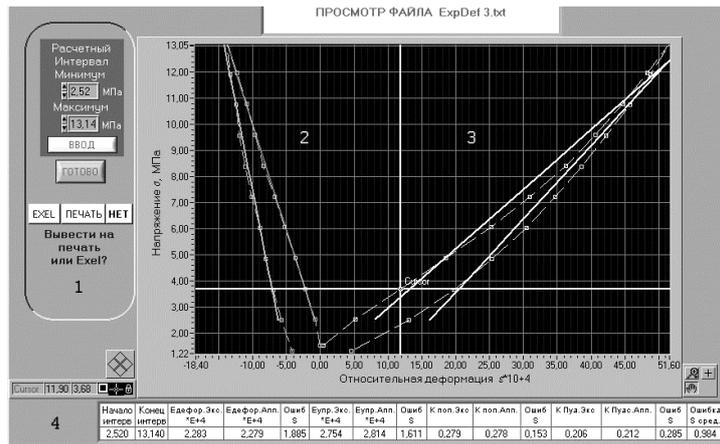


Рис. 1. Экранная форма отображения экспериментальных данных при испытании керна и результатов их обработки:

1 – область ввода границ аппроксимации;

2 – область отображения радиальных деформаций;

3 – область отображения осевых деформаций;

4 – таблица результатов эксперимента, аппроксимирующих значений и оценки погрешности определения показателей деформационных свойств

На рис. 2. приведен график зависимости давления прижимающего резиновую пластину с наклеенными тензорезисторами на боковую поверхность образцов кернов, из за большого числа проведенных опытов при различных величинах давления на керна от сжатых пружин приведём только результат – 0.65–0.75 МПа на квадратный сантиметр резиновой поверхности пластины. Такие значения являются наилучшими по критерию устойчивости статистических характеристик модуля Юнга и коэффициента Пуассона при многократном (20 циклов) нагружении-разгрузки одних и тех же образцов кернов. Измерения производились по вертикальной составляющей относительной деформации на образце керна №3 скважины 2 при усилии на образец 40 кН. Давления больше указанной верхней границы нарушает максимально- допустимую деформацию тензорезистора $\pm 3 \cdot 10^3$ мкм/м и чревато растяжением или разрушением тензорезисторов.

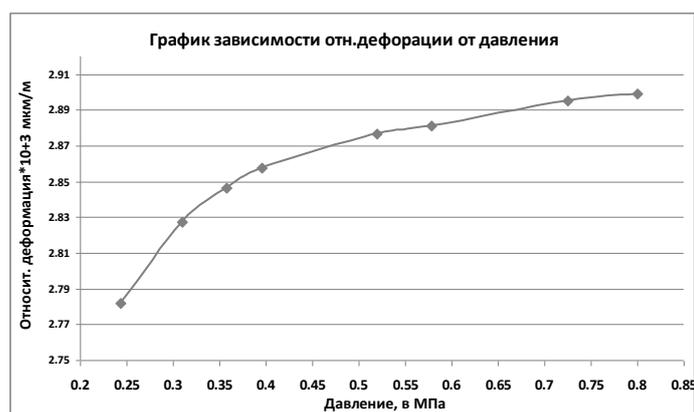


Рис. 2. График зависимости относительной деформации от давления на боковую поверхность кернов, полученный экспериментально

Показания наклеенных тензорезисторов на боковую поверхность при таком же усилии в 40 кН составляет $2.9 \cdot 10^3$ мкм/м. Кроме того, было замечено, что качество проведения экспериментов с применением пружинного тензометра зависит от давления резиновых пластин тензометра на образец и соответственно на тензодатчики, в качестве которых используются тензорезисторы. Поскольку тензорезисторы наклеены на поверхность резиновых пластин, то при их деформации (растяжении) так же растягиваются тензорезисторы, что может привести их к запредельной деформации и даже к разрыву.

Измерить инструментально величину растяжения тензорезисторов невозможно, поэтому её оценку можно сделать опосредованно по разности между сигналом до прижима тензометра к образцу керна и после прижима. Но и эта величина не даёт полного представления о начальной (до опытной) деформации тензорезистора, поскольку неизвестно, как он деформировался в процессе наклеивания на резиновые пластины тензометра. Таким образом, оптимальное давление на образец керна можно получить только опытным путем (рис.2) и по результатам многократных измерений модулей Юнга и коэффициента Пуассона на одном и том же образце. Для примера из [3] в таблице 1. сведены деформационные и прочностные свойства исследования различных образцов кернов доломита и их статистические характеристики.

Таблица 1

Результаты анализа свойств образцов керна

№ скважины	№ образца	Модуль дефор., ГПа	Коэф. попереч. деформ.	Модуль упруг., ГПа	Коэф. Пуассона	Предел прочности МПа
1	1	23.6	0.22	24.5	0.14	38,1
	2	22.6	0.12	23.8	0.13	49,4
	3	22.3	0.21	23.2	0.17	45,4
	4	25.0	0.19	26.1	0.16	45,3
	5	34.2	0.17	35.7	0.18	57,2
Среднее		25.5	0.18	26.7	0.16	47.1
Сред.квад		4.4	0.03	4.6	0.02	6.9
Вариация	%	17.4	19.0	17.3	11.8	14.8
2	1	23.7	0.25	24.3	0.23	47,0
	2	19.5	0.18	21.2	0.18	43,4
	3	22.0	0.17	23.2	0.17	45,6
	4	23.0	0.16	23.6	0.16	52,3
	5	23.4	0.18	25.1	0.18	52,7
	6	25.6	0.22	27.1	0.22	68,4
Среднее		24.1	0.2	25.3	0.20	49,53
Сред.квад		3.7	0.04	3.8	0.03	8,1
Вариация	%	15.4	18.8	15.1	16.7	16.4

Результаты, приведенные в таблице 1, показывают их устойчивый характер и небольшую, менее 20% величину вариации свойств у различного образцов доломита.

По результатам проведенных экспериментов и анализа результатов можно сделать следующие выводы.

1. Достоверная оценка деформационных свойств горных пород по образцам керна с применением прижимного тензометра обеспечивается при давлении прижима резиновых пластин с наклеенными тензорезисторами к боковой поверхности керна в пределах 0.65–0.75 МПа.

2. Результаты многократных циклических нагружений показали, что погрешность полученных значений модуля упругости и коэффициента Пуассона не превышает 1–2%, что свидетельствует о равномерном деформировании резиновых пластин с наклеенными тензорезисторами при выбранном усилии прижима.

3. Полученные показатели деформационных свойств доломита по результатам испытаний 6 образцов керна близки между собой, а статистические оценки погрешности их определения не превышают допустимого ГОСТом коэффициента вариации не более 20%. Устойчивые показатели деформационных свойств по результатам исследований позволяют сделать вывод о достаточности 6–8 образцов кернов для получения удовлетворительных оценок состояния массива горных пород в окрестности скважины, из которой извлечены данные образцы.

Список литературы

1. ГОСТ 28985–91. Породы горные. Метод определения деформационных характеристик при одноосном сжатии. – М.: Издательство стандартов, 2004.

2. Сукнев С.В. Опыт применения стандарта организации СТО 05282612–001–2013 для определения упругих свойств горных пород / С.В. Сукнев // Scientific and technical union of mining, geology and metallurgy: сборник материалов Международной научной конференции (Варна, 27 июня – 1 июля 2016 г.). – Варна, 2016. – С. 3–9.

3. Барышников В.Д. Лабораторные испытания деформационных свойств доломита по образцам керна скважин / В.Д. Барышников, В.Г. Качальский // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. 12 международный научный конгресс: сборник материалов Международной научной конференции «Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Геоэкология»: в 4 т. (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). – Новосибирск: СГУГиТ, 2016. – Т. 3. – С. 36–39.