



ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА
«КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

МЕТОДИКА

**ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКЛОННОСТИ
СКАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД
К РАЗРУШЕНИЯМ В ДИНАМИЧЕСКОЙ ФОРМЕ
(ХРУПКОМУ РАЗРУШЕНИЮ) ПО РЕЗУЛЬТАТАМ
ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ ОБРАЗЦОВ**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»
ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКЛОННОСТИ
СКАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД
К РАЗРУШЕНИЯМ В ДИНАМИЧЕСКОЙ ФОРМЕ
(ХРУПКОМУ РАЗРУШЕНИЮ)
ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ ОБРАЗЦОВ**



Издательство Кольского научного центра
2021

УДК 622.02
doi:10.37614/978.5.91137.454.9
ББК 33
М54

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук»

Коллектив авторов:
Н. Н. Кузнецов, А. А. Козырев, Э. В. Каспарьян,
А. В. Земцовский, Ю. В. Федотова, А. К. Пак

М54 Методика определения склонности скальных горных пород к разрушениям в динамической форме (хрупкому разрушению) по результатам лабораторных испытаний образцов / коллектив авторов. — Апатиты: Издательство Кольского научного центра, 2021. — 20 с. : ил.
ISBN 978-5-91137-454-9

Методика предназначена для определения склонности скальных горных пород к разрушениям в динамической форме по результатам испытаний образцов в условиях одноосного сжатия на стандартных прессах в соответствии с действующими в Российской Федерации стандартами и без установления запредельных характеристик. Приведены общие положения, метод отбора проб, оборудование и инструменты для проведения испытаний. Описаны процедуры подготовки к испытаниям и непосредственно самих испытаний, а также обработки результатов и определения склонности скальных пород к динамическим разрушениям.

УДК 622.02
ББК 33

Методическое издание
Редактор Е. Н. Еремеева
Технический редактор В. Ю. Жиганов
Подписано в печать 07.10.2021. Формат бумаги 60x84 1/16.
Усл. печ. л. 1,16. Заказ № 31. Тираж 105 экз.

ISBN 978-5-91137-454-9

© Коллектив авторов, 2021
© Горный институт ФГБУН
ФИЦ КНЦ РАН, 2021
© ФГБУН ФИЦ «Кольский научный центр
Российской академии наук», 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ.....	4
1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	5
2. МЕТОД ОТБОРА ПРОБ.....	7
3. ОБОРУДОВАНИЕ, ИНСТРУМЕНТЫ И МАТЕРИАЛЫ.....	8
4. ПОДГОТОВКА К ИСПЫТАНИЮ.....	9
5. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЯ.....	11
6. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ.....	12
7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКЛОННОСТИ СКАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД К РАЗРУШЕНИЯМ В ДИНАМИЧЕСКОЙ ФОРМЕ (ХРУПКОМУ РАЗРУШЕНИЮ).....	15
8. ПРИМЕЧАНИЕ.....	16
ЛИТЕРАТУРА.....	17

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. Методика определения склонности скальных горных пород к разрушениям в динамической форме (хрупкому разрушению) по результатам лабораторных испытаний образцов разработана и подготовлена отделом «Геомеханики» Горного института КНЦ РАН.

2. Введена в использование в 2021 г.

3. Авторский коллектив: научный сотрудник Н. Н. Кузнецов, доктор технических наук, профессор А. А. Козырев, доктор технических наук Э. В. Каспарьян, кандидат технических наук А. В. Земцовский, кандидат технических наук Ю. В. Федотова, научный сотрудник А. К. Пак.

4. Настоящая методика распространяется на твердые негигроскопические скальные горные породы с пределом прочности при одноосном сжатии не менее 30 МПа. Методика не распространяется на мерзлые горные породы.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Методика предназначена для определения склонности скальных горных пород к разрушениям в динамической форме (хрупкому разрушению) по результатам лабораторных испытаний образцов.

1.2. Сущность методики заключается в анализе графиков деформирования образцов скальных горных пород при одноосном сжатии до предела прочности и в сопоставлении величин их накопленной фактической и расчетной идеально упругой энергии деформирования.

1.3. Методика включает в себя следующие методы:

- метод отбора проб горных пород по ГОСТ 21153.0–75 [3];
- метод испытания образцов правильной формы при одноосном сжатии плоскими плитами по ГОСТ 21153.2–84 [9];
- метод определения деформационных характеристик образцов горных пород при одноосном сжатии по ГОСТ 28985–91 [16].

1.4. По результатам испытаний образцов горных пород определяют следующие характеристики:

- графики зависимости «напряжение — деформация»;
- предел прочности при одноосном сжатии $\sigma_{сж}$;
- модуль упругости E_y ;
- коэффициент Пуассона ν ;
- удельную (фактическую) энергию деформирования до предела прочности $W_{п}$;
- энергию при идеально упругом деформировании $W_{и.у.}$.

1.5. Методика предусматривает предварительное определение предела прочности при одноосном сжатии испытываемой горной породы по ГОСТ 21153.2–84 [9].

1.6. Основные термины:

1.6.1. Скальная горная порода — твердая горная порода с пределом прочности при одноосном сжатии, превышающем 30 МПа [17].

1.6.2. Керн горной породы — цилиндрический столбик горной породы, выбуриваемый из массива горных пород или штуфа [17].

1.6.3. Образец горной породы — кусок горной породы определенной формы, изготовленный для испытаний из штуфа или керна [17].

1.6.4. Механические свойства горной породы — свойства, характеризующие возникновение, распределение и изменение механических напряжений и деформаций в горной породе при воздействии механических нагрузок [17].

1.6.5. Упругие свойства горной породы — механические свойства, характеризующие процессы упругого деформирования горных пород [17].

1.6.6. Удароопасность массива горных пород — горно-технологическое свойство, характеризующее склонность породных массивов к хрупкому взрывоподобному разрушению при ведении горных работ [17].

1.6.7. Упругая энергия деформирования — потенциальная энергия упругой деформации тела, равная работе этой деформации [20].

1.6.8. Удельная энергия деформирования — величина потенциальной энергии деформации, приходящаяся на единицу объема тела [21].

2. МЕТОД ОТБОРА ПРОБ

2.1. Пробы горных пород для определения их склонности к разрушениям в динамической форме отбирают из керна буровых скважин.

2.2. КERN необходимо отбирать с участка, удаленного от контура выработки не менее чем на 5 м.

2.3. Отбор и формирование керна в пробу должны проводиться с участием геолога, владеющего информацией о горных породах, слагающих изучаемое месторождение.

2.4. Количество керна, отбираемого в пробу, и его линейные размеры должны соответствовать требованиям ГОСТ 21153.0–75 [3], а именно: диаметр керна должен быть не менее 40–50 мм, длина отдельного куска керна — не менее 60–70 мм, суммарная длина керна в пробе — не менее 600–700 мм. Рекомендуемая минимальная длина кусков керна — 130 мм.

2.5. При формировании проб горной породы по петрографическому составу необходимы: однородность керна, отсутствие насечек от бурения, трещиноватости и видимых разрушений.

2.6. При отборе проб слоистых или с направленной трещиноватостью пород количество кернового материала в пробе должно быть удвоено по сравнению с указанным в пункте 2.4; для оценки анизотропии исследуемых параметров пород рекомендуется отбор проб по возможности из скважин, выбуренных вдоль слоев или трещин и перпендикулярно им, в одинаковой пропорции [3].

2.7. Извлеченный из массива керна необходимо укладывать в керновые ящики с указанием номера скважины и интервала отбора.

2.8. Место отбора проб горной породы указывают в сопроводительной документации [3].

2.9. Для продолжительного хранения или транспортирования пробы сразу после отбора заворачивают в марлю и покрывают водонепроницаемой пленкой, опуская в расплавленный парафин [3]. Допускается производить консервацию проб негигроскопических пород с заменой марли битуминированной бумагой, полиэтиленовой пленкой или другими водонепроницаемыми материалами, не вступающими во взаимодействие с горной породой [9].

2.10. Помещения для хранения отобранных проб должны быть защищены от солнечных лучей и сквозняков и иметь температуру в пределах 10–12 °С [3].

3. ОБОРУДОВАНИЕ, ИНСТРУМЕНТЫ И МАТЕРИАЛЫ

3.1. Для проведения испытаний применяют следующее оборудование, инструменты и материалы (по ГОСТ 21153.0–75 [3], ГОСТ 21153.2–84 [9] и ГОСТ 28985–91 [16]):

- машина камнерезная, снабженная отрезными алмазными кругами диаметром не менее 250 мм для изготовления образцов;
- станок обдирочно-шлифовальный любой конструкции с плоским чугунным диском, вращающимся вокруг вертикальной оси, или станок плоскошлифовальный типа ЗГ710 для изготовления образцов;
- стойка типа С-III по ГОСТ 10197–70 [2] с индикатором часового типа по ГОСТ 577–68 [1] или многооборотным по ГОСТ 9696–82 [6] для контроля параллельности поверхностей образцов горных пород;
- машины испытательные или прессы, отвечающие требованиям ГОСТ 28840–90 [14] и ГОСТ 9753–88 [11], максимальное усилие которых не менее чем на 20–30 % превышает предельную нагрузку на образец;
- марля медицинская по ГОСТ 9412–93 [18];
- парафин нефтяной марки НВ 56–58 по ГОСТ 23683–89 [13] для парафинирования проб горных пород;
- угольник поверочный 90 ° типа VII по ГОСТ 3749–77 [5] и штангенциркуль по ГОСТ 166–89 [12] для контроля параметров образцов горных пород;
- шлифпорошок N 12 для доводки торцов образцов.
- тензорезисторы по ГОСТ 21616–91 [15] для измерения относительных деформаций образца;
- тензометры любой конструкции (индикаторный, тензорезисторный, прижимной индуктивный, лазерный, оптический, емкостной и т. п.), обеспечивающие измерение продольных и поперечных деформаций образцов с погрешностью не более 2 %;
- приборы и устройства, обеспечивающие точность измерения и регистрации относительных деформаций и нагрузок не менее 2 %;
- клей типа БФ-2 по ГОСТ 12172–2016 [19] или циакрин Э0 для наклейки тензорезисторов;
- спирт этиловый ректифицированный технический или ацетон по ГОСТ 2768–84 [10] для очистки поверхностей склеивания;
- паяльник по ГОСТ 7219–83 [7];
- припой ПОС-61 по ГОСТ 21931–76 [4];
- флюс канифольный по ГОСТ 19113–84 [8]

4. ПОДГОТОВКА К ИСПЫТАНИЮ

4.1. Для испытания изготавливают цилиндрические образцы по ГОСТ 21153.2–84 [9].

4.2. Образцы изготавливают путем выпиливания из кернов с применением промывочной жидкости (для негигроскопических пород), их торцевые поверхности шлифуют на шлифовальном станке [9].

4.3. Из слоистых или с направленной трещиноватостью горных пород изготавливают образцы, одинаково ориентированные относительно направления слоистости или трещиноватости [9].

4.4. Предпочтительные размеры образцов следующие: диаметр — от 45 до 60 мм, высота — от 90 до 120 мм (отношение высоты к диаметру образцов должно быть равно 2). Диаметр образцов должен быть не менее 10-кратного линейного размера зерен (неоднородностей), слагающих породу [16].

4.5. Изготовленные образцы нумеруют в соответствии с маркировкой керна.

4.6. Измерения образцов проводят штангенциркулем с погрешностью $\pm 0,1$ мм. Диаметр измеряют в трех местах по высоте (в середине и у торцов) в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Допускается разность диаметров по всем измерениям не более 0,5 мм. За расчетный диаметр принимают среднеарифметическое результатов всех измерений [9].

4.7. Торцевые поверхности образца должны быть плоскими, параллельными друг другу и перпендикулярными боковой поверхности в соответствии с допусками: отклонение от плоскостности должно быть не более 0,05 мм, отклонение от параллельности — не более 0,40 мм, отклонение от перпендикулярности — не более 1,00 мм [9].

4.8. Отклонение от плоскостности (выпуклость, вогнутость) и параллельности измеряют индикатором, установленным на стойке. В первом случае — по спирали с шагом 5–6 мм от края торца к его центру, во втором случае — по двум взаимно перпендикулярным диаметрам [9].

4.9. Отклонение от перпендикулярности торцевых поверхностей к образующей контролируют поверочным угольником в четырех точках каждой торцевой поверхности, смещенных относительно друг друга на 90° [9].

4.10. Образующие боковой поверхности образца должны быть прямолинейными по всей высоте. Допускаемое отклонение от прямолинейности — 0,5 мм [9].

4.11. Допускаемая шероховатость поверхности образца в зоне контакта с датчиками деформации (тензорезисторами или тензометрами) — не более 0,2 мм [16].

4.12. Образцы должны иметь одинаковые размеры. Допускается отклонение значений диаметра каждого образца от среднеарифметического значения не более ± 1 мм и высоты не более ± 3 мм [16].

4.13. База измерения деформации должна быть не менее 15 мм, превышать линейный размер зерен (неоднородностей), слагающих образец, не менее чем в 10 раз и располагаться симметрично по отношению к середине образца. База измерения продольной деформации не должна превышать диаметр образца [16].

4.14. Количество чувствительных элементов датчиков деформаций, закрепляемых на образце, должно быть не менее двух для каждого вида деформаций. Их располагают равномерно по периметру в средней по высоте части боковой поверхности образца без наложения друг на друга. Для измерения поперечных деформаций должны применяться только фольговые тензорезисторы [16].

4.15. Количество образцов при массовых испытаниях должно обеспечивать относительную погрешность результатов их испытаний не более 20 % при надежности не ниже 0,8 и быть не менее 6 [9]. Рекомендуемое количество образцов — 10 шт.

5. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЯ

5.1. Образец, оснащенный датчиками деформаций, размещают между стальными плитами испытательной машины, совмещая ось образца с центром нижней опорной плиты [9, 16].

5.2. Датчики деформаций подключают к регистрирующей аппаратуре [16].

5.3. Образец нагружают при одноосном сжатии до величины, равной 30 % от разрушающей нагрузки (предела прочности при одноосном сжатии) для конкретного типа скальной горной породы, после чего образец разгружают до полного снятия нагрузки. Предельную нагрузку для образцов горных пород устанавливают по результатам предварительных испытаний при одноосном сжатии.

5.4. Деформации образца регистрируют не менее чем при десяти значениях напряжения сжатия в процессе нагружения до 30 % от разрушающей нагрузки и при последующей разгрузке регистрируют деформации также не менее чем при десяти значениях напряжения [16]. Шаг нагрузки должен быть одинаковым при нагружении и разгрузке образца.

5.5. После первого цикла нагрузки — разгрузки образец нагружают до разрушения. До 30 % от предела прочности при сжатии шаг нагрузки устанавливают таким же, как и в пункте 5.4. После того как нагрузка достигла величины, соответствующей 30 % от предела прочности при сжатии, ее шаг увеличивают до 10–30 кН в зависимости от типа горной породы. Для скальных пород с пределом прочности при сжатии порядка 150 МПа и выше можно задавать шаг нагружения, равный 20–30 кН. Для скальных пород с пределом прочности при сжатии порядка 100 МПа и ниже следует задавать шаг нагружения, равный 10–15 кН.

5.6. При непрерывной регистрации значений относительных деформаций образец нагружают равномерно со скоростью 2,5 Мпа / с до 30 % от разрушающей нагрузки, затем разгружают и снова нагружают до разрушения.

5.7. При дискретной записи отсчетов интервал времени между отсчетами не должен превышать 10 с при нагружении и разгрузке образца. Продолжительность остановки при переходе от нагружения к разгрузке не должна превышать 30 с [16].

5.8. Значения нагрузок, зафиксированные силоизмерителем испытательной машины (пресса), и соответствующие им показания приборов для деформаций (продольных и поперечных) записывают в журнал испытаний в соответствии с ГОСТ 28985–91 [16].

5.9. Значения максимальной величины разрушающей образец силы в килоньютонах, зафиксированные силоизмерителем испытательной машины, записывают с указанием отношения высоты к диаметру для образца [9].

6. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

6.1. По результатам испытаний образцов горных пород строят графики зависимости «напряжение — деформация».

6.2. На графиках зависимости «напряжение — деформация», полученных при нагрузке образцов до 30 % от предела прочности при одноосном сжатии и последующей разгрузке (рис. 1), каждому зафиксированному уровню напряжений σ_0 , σ_H , σ_K и σ_m соответствуют относительные деформации образца: продольные ε_1 — при нагружении ε_{10} , ε_{1H} , ε_{1K} , ε_{1m} и разгрузке ε_{10} , ε_{1H} , ε_{1K} , ε_{1m} ; поперечные ε_2 — при нагружении ε_{20} , ε_{2H} , ε_{2K} , ε_{2m} и разгрузке ε_{20} , ε_{2H} , ε_{2K} , ε_{2m} [16].

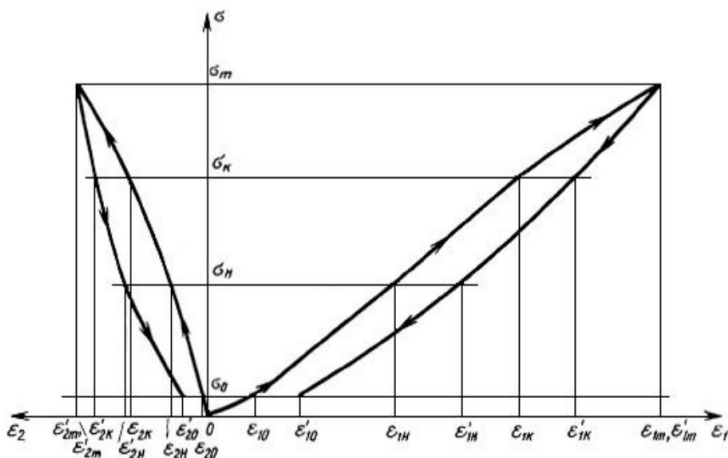


Рис. 1. График деформирования образца горной породы (по [16])

6.3. Значения напряжений, создаваемых в образцах горных пород при их одноосном сжатии, вычисляют в МПа по формуле (1) [16]:

$$\sigma_{сж} = K_B * \frac{P}{S} * 10, \quad (1)$$

где P — сила, действующая на образец, кН; S — площадь поперечного сечения образца, см²; K_B — безразмерный коэффициент высоты образца, равный 1,00 при отношении высоты к диаметру, равном 2.

6.4. На построенных графиках по ветви разгрузки выбирают прямолинейный участок и фиксируют его крайние точки (рис. 1), после чего

определяют значения модуля упругости (E_y) и коэффициента Пуассона (ν) согласно ГОСТ 28985–91 [16] по формулам (2) и (3):

$$E_y = \frac{\sigma_m - \sigma_0}{\varepsilon'_{1m} - \varepsilon'_{10}}; \quad (2)$$

$$\nu = \frac{\varepsilon'_{2m} - \varepsilon'_{20}}{\varepsilon'_{1m} - \varepsilon'_{10}}; \quad (3)$$

где σ_m, σ_0 — напряжения в конце и начале диапазона при разгрузке, МПа; $\varepsilon'_{1m}, \varepsilon'_{10}$ — относительные продольные деформации образца в конце и начале диапазона при разгрузке; $\varepsilon'_{2m}, \varepsilon'_{20}$ — относительные поперечные деформации образца в конце и начале диапазона при разгрузке.

6.5. После первого цикла нагрузки — разгрузки образцов строят графики их деформирования до предела прочности (рис. 2). В случае непрерывной регистрации деформаций можно совмещать график, полученный при нагрузке образцов до 30 % от предела прочности при одноосном сжатии и последующей разгрузке, с графиком деформирования до предела прочности. При построении графиков рассматривают только относительную продольную деформацию образцов.

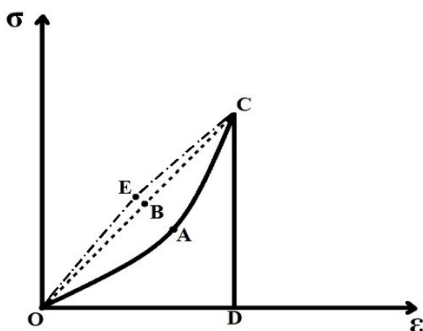


Рис. 2. График деформирования образца скальной горной породы до предела прочности при одноосном сжатии: σ — нормальное напряжение; ε — относительная продольная деформация; OBC — условная линия идеально упругого деформирования; OAC — график неупругого деформирования; OEC — частный случай упругого деформирования с избытком упругой энергии; точка C — предел прочности при одноосном сжатии; точка D — величина продольной деформации, соответствующая пределу прочности при одноосном сжатии

6.6. Значение предела прочности образца горной породы при одноосном сжатии $\sigma_{сж}$ устанавливают на графике зависимости «напряжение — деформация» (рис. 2, точка C). Численно оно равно максимальному напряжению, при котором произошло разрушение образца.

6.7. Величину энергии деформирования образцов горных пород до предела прочности ($W_{п}$) в МДж / м³ определяют как значение интеграла:

$$W_{п} = \int_0^D \sigma(\varepsilon) d\varepsilon, \quad (4)$$

где $\sigma(\varepsilon)$ — функция «напряжение — деформация».

6.8. Величину энергии при идеально упругом деформировании ($W_{и.у.}$) в МДж / м³ определяют как площадь треугольника OBCD в координатах $\sigma — \varepsilon$ (рис. 2):

$$W_{и. у.} = S_{OBCD} = \frac{OD \cdot DC}{2}. \quad (5)$$

6.9. Обработку результатов испытаний образцов горных пород осуществляют следующим образом. Вычисляют среднеарифметическое значение M определяемого параметра горной породы, его среднеквадратическое отклонение X и коэффициент вариации V по формулам (6), (7) и (8) соответственно:

$$M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n k, \quad (6)$$

$$X = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (k - M)^2}, \quad (7)$$

$$V = \frac{X}{M} 100 \%, \quad (8)$$

где k — определяемый параметр горной породы ($\sigma_{сж}$, E_y , ν , $W_{п}$, $W_{и. у.}$); n — количество образцов.

6.10. Определение фактической надежности результатов испытаний и уточнение необходимого числа образцов производят согласно ГОСТ 21153.2–84 [9]. При этом коэффициент вариации значений $\sigma_{сж}$, E_y , ν , $W_{п}$ и $W_{и. у.}$ не должен превышать 20 %.

6.11. Вычисления проводят со следующей точностью [9, 16]:

- площадь поперечного сечения образца — до 0,01 см², округляют до 0,10 см²;
- частные значения и среднеарифметическое значение, а также среднеквадратическое отклонение предела прочности при одноосном сжатии — до 0,01 МПа, при этом значения менее 10 МПа оставляют без изменения, значения от 10 до 100 МПа округляют до 0,10 МПа, а значения более 100 МПа — до 0,50 МПа;
- частные значения и среднеарифметическое значения, а также среднеквадратическое отклонение модуля упругости и коэффициента Пуассона — до второй значащей цифры;
- частные значения и среднеарифметическое значение, а также среднеквадратическое отклонение энергии деформирования образцов до предела прочности и энергии при идеально упругом деформировании — до 0,0001 МДж / м³;
- значения коэффициента вариации — до 0,01.

7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКЛОННОСТИ СКАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД К РАЗРУШЕНИЯМ В ДИНАМИЧЕСКОЙ ФОРМЕ (ХРУПКОМУ РАЗРУШЕНИЮ)

7.1. Определение склонности скальных горных пород к разрушениям в динамической форме (хрупкому разрушению) выполняют, исходя из формы графиков деформирования образцов до предела прочности при одноосном сжатии и при сопоставлении величин их фактической энергии деформирования ($W_{п}$) и энергии при идеально упругом деформировании ($W_{и. у.}$).

7.2. В случае если график деформирования до предела прочности имеет вогнутый вид (график ОАС на рис. 2), а разница значений расчётной идеально упругой и фактической энергий деформирования больше 10 % ($W_{и. у.} — W_{п} > 10\%$), то порода должна быть отнесена к типу пород, разрушение которых происходит в статическом режиме. Для этих пород разрушения в динамической форме маловероятны, следовательно, такие породы должны быть отнесены к категории «не склонных к разрушениям в динамической форме».

7.3. Во всех остальных случаях, когда график деформирования образцов до предела имеет выпуклый вид (график ОЕС на рис. 2) или близок к линии идеально упругого деформирования (график ОВС на рис. 2), а разница значений расчётной идеально упругой энергии и фактической энергии деформирования меньше 10 % ($W_{и. у.} — W_{п} < 10\%$) или же величина фактической энергии превышает величину идеально упругой ($W_{п} > W_{и. у.}$), то породы являются склонными к разрушениям в динамической форме. Массивы пород, включающие их, должны быть отнесены к склонным и опасным по горным ударам.

8. ПРИМЕЧАНИЕ

8.1. Определяемые значения пределов прочности образцов горных пород при одноосном сжатии необходимы для контроля корректности предварительно выбранной величины нагрузки (напряжения), равной 30 % от значения разрушающей нагрузки (предела прочности при сжатии) (п. п. 5.3).

8.2. Определяемые значения модуля упругости могут быть использованы при оценке склонности массивов пород к горным ударам в соответствии с Методическими рекомендациями по оценке склонности рудных и нерудных месторождений к горным ударам.

8.3. Рекомендовано вести базу данных физико-механических свойств горных пород с разделением их на склонные и не склонные к разрушениям в динамической форме. Это поможет определить, какие свойства характерны для таких пород.

8.4. Полученные по предлагаемой методике результаты определения склонности скальных горных пород к разрушениям в динамической форме можно заверить по методике А. Н. Ставрогина, основывающейся на сопоставлении величин модуля спада и модуля упругости.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 577–68. Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм. Технические условия = Clock-type dial indicators graduated in unit divisions of 0,01 mm. Specifications: межгосударственный стандарт: издание официальное: утвержден и введен в действие Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР от 5 февраля 1968 г.: введен взамен ГОСТ 577–60: дата введения 1968–07–01 / разработан Министерством станкостроительной и инструментальной промышленности СССР. — М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. — 11 с.
2. ГОСТ 10197–70. Стойки и штативы для измерительных головок. Технические условия = Stands and supports for measuring heads. Specifications: государственный стандарт Союза ССР: издание официальное: утверждены и введен в действие Постановлением Комитета стандартов, меры измерительных приборов при Совете Министров СССР от 8 сентября 1970 г. № 1387: введен взамен ГОСТ 10197–62: дата введения 1972–01–01 / разработан Министерством станкостроительной и инструментальной промышленности СССР. — М.: ИПК Изд-во стандартов, 1988. — 10 с.
3. ГОСТ 21153.0–75. Породы горные. Отбор проб и общие требования к методам физических испытаний = Rocks. Sampling and general requirements for the methods of physical testing: государственный стандарт Союза ССР: издание официальное: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 25 сентября 1975 г. № 2491: введен впервые: дата введения 1976–07–01. — М.: Изд-во стандартов, 1975. — 3 с.
4. ГОСТ 21931–76. Припой оловянно-свинцовые в изделиях. Технические условия = Tin-lead solders in the form of products. Specifications: государственный стандарт Союза ССР: издание официальное: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 16 июня 1976 г. № 1449: введен взамен ГОСТ 1499–70: дата введения 1978–01–01 / разработан Министерством цветной металлургии СССР. — М.: ИПК Изд-во стандартов, 1998. — 9 с.
5. ГОСТ 3749–77. Угольники поверочные 90 °. Технические условия = Checking 90 ° squares. Specification: государственный стандарт Союза ССР: издание официальное: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета по стандартам от 22 июня 1977 г. № 1551: введен взамен ГОСТ 3749–65: дата введения 1978–01–01 / разработан Министерством станкостроительной и инструментальной промышленности СССР. — М.: Изд-во стандартов, 1990. — 11 с.

6. ГОСТ 9696–82. Индикаторы многооборотные с ценой деления 0,001 и 0,002 мм. Технические условия = Multi-revolution dial indicators graduated in 0,001 and 0,002 mm. Specifications: межгосударственный стандарт: издание официальное: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 5 февраля 1990 г. № 957: введен взамен ГОСТ 9696–75: дата введения 1984–01–01 / разработан Министерством станкостроительной и инструментальной промышленности СССР. — М.: ИПК Изд-во стандартов, 2004. — 7 с.
7. ГОСТ 7219–83. Электропаяльники бытовые. Общие технические условия = Domestic electric soldering irons. General specification: государственный стандарт Союза ССР: издание официальное: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 15 апреля 1983 г. № 1962: введен взамен ГОСТ 7219–77: дата введения 1984–07–01 / разработан Министерством электротехнической промышленности СССР. — М.: ИПК Изд-во стандартов, 1996. — 16 с.
8. ГОСТ 19113–84. Канифоль сосновая. Технические условия = Pine rosin. Specifications: межгосударственный стандарт: издание официальное: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 25 апреля 1984 г. № 1437: введен взамен ГОСТ 19113–73: дата введения 1986–01–01 / разработан Министерством лесной, целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности СССР. — М.: ИПК Изд-во стандартов, 1999. — 8 с.
9. ГОСТ 21153.2–84. Породы горные. Методы определения предела прочности при одноосном сжатии = Rocks. Methods for determination of axial compression strength: межгосударственный стандарт: издание официальное: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 19 июня 1984 г. № 1973: введен впервые: дата введения 1986–07–01 / разработан Министерством угольной промышленности СССР. — М.: Изд-во стандартов, 1984. — 8 с.
10. ГОСТ 2768–84. Ацетон технический. Технические условия = Acetone for industrial use. Specifications: межгосударственный стандарт: издание официальное: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 28 августа 1984 г. № 3030: введен взамен ГОСТ 2768–69: дата введения 1985–07–01 / разработан Министерством нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности СССР. — М.: ИПК Изд-во стандартов, 2001. — 15 с.
11. ГОСТ 9753–88. Прессы гидравлические одноступенчатые. Параметры и размеры. Нормы точности = Hydraulic gas presses. Parameters and dimensions.

- and dimensions. Norms of accuracy: межгосударственный стандарт: издание официальное: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 18 марта 1988 г. № 616: введен взамен ГОСТ 9753–81, ГОСТ 10233–75: дата введения 1989–07–01 / разработан Министерством станкостроительной и инструментальной промышленности СССР. — М.: ИПК Изд-во стандартов, 1999. — 8 с.
12. ГОСТ 166–89. Штангенциркули. Технические условия = Vernier callipers. Specifications: межгосударственный стандарт: издание официальное: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 30 октября 1989 г. № 3253: введен взамен ГОСТ 166–80: дата введения 1991–01–01 / разработан Министерством станкостроительной и инструментальной промышленности. — М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003. — 11 с.
13. ГОСТ 23683–89. Парафины нефтяные твердые. Технические условия = Petroleum paraffin waxes. Specifications: межгосударственный стандарт: издание официальное: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 25 декабря 1989 г. № 4099: введен взамен ГОСТ 23683–79: дата введения 1991–01–01 / разработан Министерством нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности СССР. — М.: Стандартиформ, 2007. — 14 с.
14. ГОСТ 28840–90. Машины для испытания материалов на растяжение, сжатие и изгиб. Общие технические требования = Machines for tension, compression and bending testing of materials. General technical requirements: межгосударственный стандарт: издание официальное: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 29 декабря 1990 г. № 3530: введен взамен ГОСТ 7762–74, ГОСТ 7855–84, ГОСТ 8905–82, ГОСТ ЭД1 8905–87: дата введения 1993–01–01 / разработан Министерством электротехнической промышленности и приборостроения СССР. — М.: ИПК Изд-во стандартов, 2004. — 8 с.
15. ГОСТ 21616–91. Тензорезисторы. Общие технические условия = Strain gauges. General specifications: государственный стандарт Союза ССР: издание официальное: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 25 апреля 1991 г. № 573: введен взамен ГОСТ 21616–76: дата введения 1992–01–01 / разработан Министерством общего машиностроения СССР. — М.: Изд-во стандартов, 1991. — 49 с.

16. ГОСТ 28985–91. Породы горные. Метод определения деформационных характеристик при одноосном сжатии = Rocks. Methods for determination of deformation characteristics under uniaxial compression: межгосударственный стандарт: издание официальное: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 24 апреля 1991 г. № 563: введен впервые: дата введения 1992–07–01 / разработан Министерством угольной промышленности СССР, Академией наук СССР, Министерством геологии СССР, Академией наук УССР, Министерством по производству минеральных удобрений, Государственным комитетом СССР по народному образованию. — М.: Изд-во стандартов, 1991. — 11 с.
17. ГОСТ Р 50544–93. Породы горные. Термины и определения = Rocks. Terms and definitions: межгосударственный стандарт: издание официальное: утвержден и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 31 марта 1993 г. № 101: введен впервые: дата введения 1994–07–01 / разработан Министерством науки, высшей школы и технической политики Российской Федерации. — М.: Изд-во стандартов, 1993. — 49 с.
18. ГОСТ 9412–93. Марля медицинская. Общие технические условия = Medical gauze. General specifications: межгосударственный стандарт: издание официальное: утвержден и введен в действие Постановлением Комитета Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации от 18 января 1995 г. № 6: введен взамен ГОСТ 9412–77: дата введения 1996–01–01 / разработан Центральным научно-исследовательским институтом хлопчатобумажной промышленности (ЦНИХБИ). — М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003. — 11 с.
19. ГОСТ 12172–2016. Клеи фенолополивинилацетальные. Технические условия = Phenol-polyvinylacetyl adhesives. Specifications: межгосударственный стандарт: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 2 марта 2017 г. № 93-ст: введен взамен ГОСТ 12172–74: дата введения 2017–11–01 / разработан Открытым акционерным обществом «Институт пластических масс имени Г. С. Петрова». — М.: Стандартиформ, 2019. — 20 с.
20. Металлы и сплавы: справочник / под ред. Ю. П. Солнцева. — СПб.: НПО «Профессионал», НПО «Мир и Семья», 2003. — 1066 с.
21. Мухелишвили Н. И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. — М.: Наука, 1966. — 707 с.
22. Ставрогин А. Н., Протосеня А. Г. Прочность горных пород и устойчивость выработок на больших глубинах. — М.: Недра, 1985. — 271 с.

ISBN 978-5-91137-454-9



9 785911 374549

