

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2676046

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД В ВОДОНАСЫЩЕННОМ СОСТОЯНИИ

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет" (RU)*

Авторы: *Бажуков Александр Алексеевич (RU), Бычин Андрей Константинович (RU), Карманский Даниил Александрович (RU), Коршунов Владимир Алексеевич (RU), Петраков Дмитрий Геннадьевич (RU)*

Заявка № 2018105190

Приоритет изобретения 12 февраля 2018 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 25 декабря 2018 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 12 февраля 2038 г.



*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Г.П. Ивлиев



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
E21C 39/00 (2018.08); *G01N 3/12* (2018.08)

(21)(22) Заявка: 2018105190, 12.02.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
12.02.2018

Дата регистрации:
25.12.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 12.02.2018

(45) Опубликовано: 25.12.2018 Бюл. № 36

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский горный
университет", отдел интеллектуальной
собственности и трансфера технологий (отдел
ИС и ТТ)

(72) Автор(ы):

Бажуков Александр Алексеевич (RU),
Бычин Андрей Константинович (RU),
Карманский Даниил Александрович (RU),
Коршунов Владимир Алексеевич (RU),
Петраков Дмитрий Геннадьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский горный
университет" (RU)

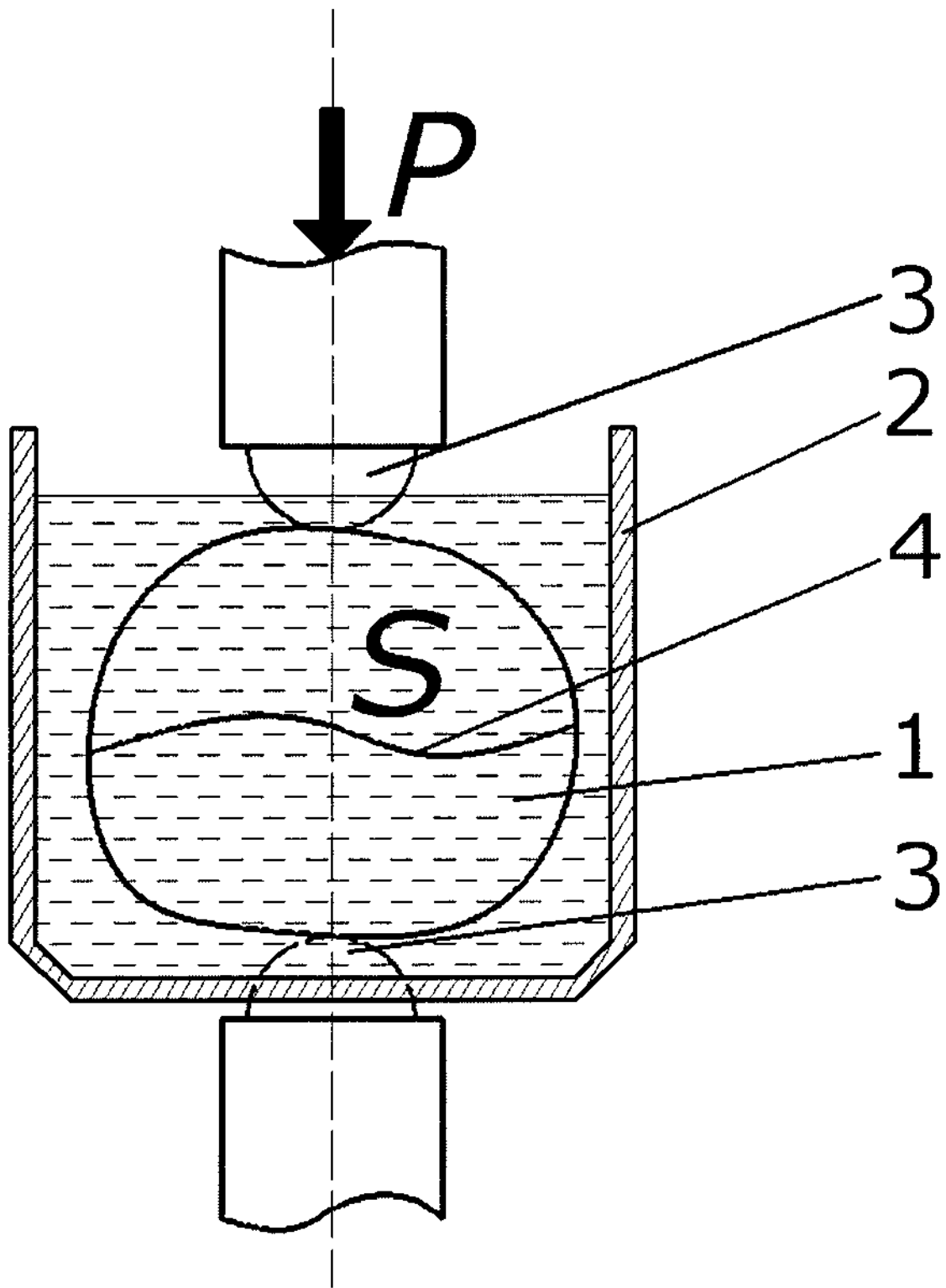
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2435955 C1, 10.12.2011. RU
2521116 C1, 27.06.2014. RU 2447284 C2,
10.04.2012. UA 52342 U, 25.08.2010.

(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД В ВОДОНАСЫЩЕННОМ СОСТОЯНИИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к физико-механическим испытаниям скальных и полускальных горных пород, имеющих хрупкий характер разрушения, и может быть использовано для оценки их водопрочности при инженерно-геологических изысканиях. Сущность изобретения заключается в следующем. Нагружают высушенные до постоянной массы образцы стальными встречными сферическими инденторами по одному из двух взаимно перпендикулярных направлений до формирования продольных трещин и раскалывания на две части. Собирают из обломков составные образцы, помещают их в емкость с жидкостью, в качестве которой используют воду, и нагружают в ней сферическими инденторами до формирования продольных трещин в направлениях,

перпендикулярных первоначальным трещинам, в режиме ступенчатого приложения нагрузки с частичными разгрузками до уровня, достигнутого на предыдущем уровне нагрузки. В образцах фиксируют разрушающую нагрузку и измеряют площадь поверхности трещин. Определяют частные значения растягивающего напряжения разрыва образцов, средние значения предела прочности на растяжение при раскалывании высушенных и водонасыщенных образцов и снижение предела прочности на растяжение при раскалывании в водонасыщенном состоянии во взаимно перпендикулярных направлениях по формулам. Технический результат: сокращение длительности определения прочности образцов, повышение информативности испытаний. 2 табл., 2 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
E21C 39/00 (2006.01)
G01N 3/12 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
E21C 39/00 (2018.08); *G01N 3/12* (2018.08)

(21)(22) Application: **2018105190, 12.02.2018**

(24) Effective date for property rights:
12.02.2018

Registration date:
25.12.2018

Priority:

(22) Date of filing: **12.02.2018**

(45) Date of publication: **25.12.2018** Bull. № 36

Mail address:

**199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 liniya, 2,
federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij gornyj
universitet", otdel intellektualnoj sobstvennosti i
transfera tekhnologij (otdel IS i TT)**

(72) Inventor(s):

**Bazhukov Aleksandr Alekseevich (RU),
Bychin Andrej Konstantinovich (RU),
Karmanskij Daniil Aleksandrovich (RU),
Korshunov Vladimir Alekseevich (RU),
Petrakov Dmitriy Gennadevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij gornyj
universitet" (RU)**

(54) **METHOD FOR DETERMINING STRENGTH OF ROCKS IN WATER-SATURATED STATE**

(57) Abstract:

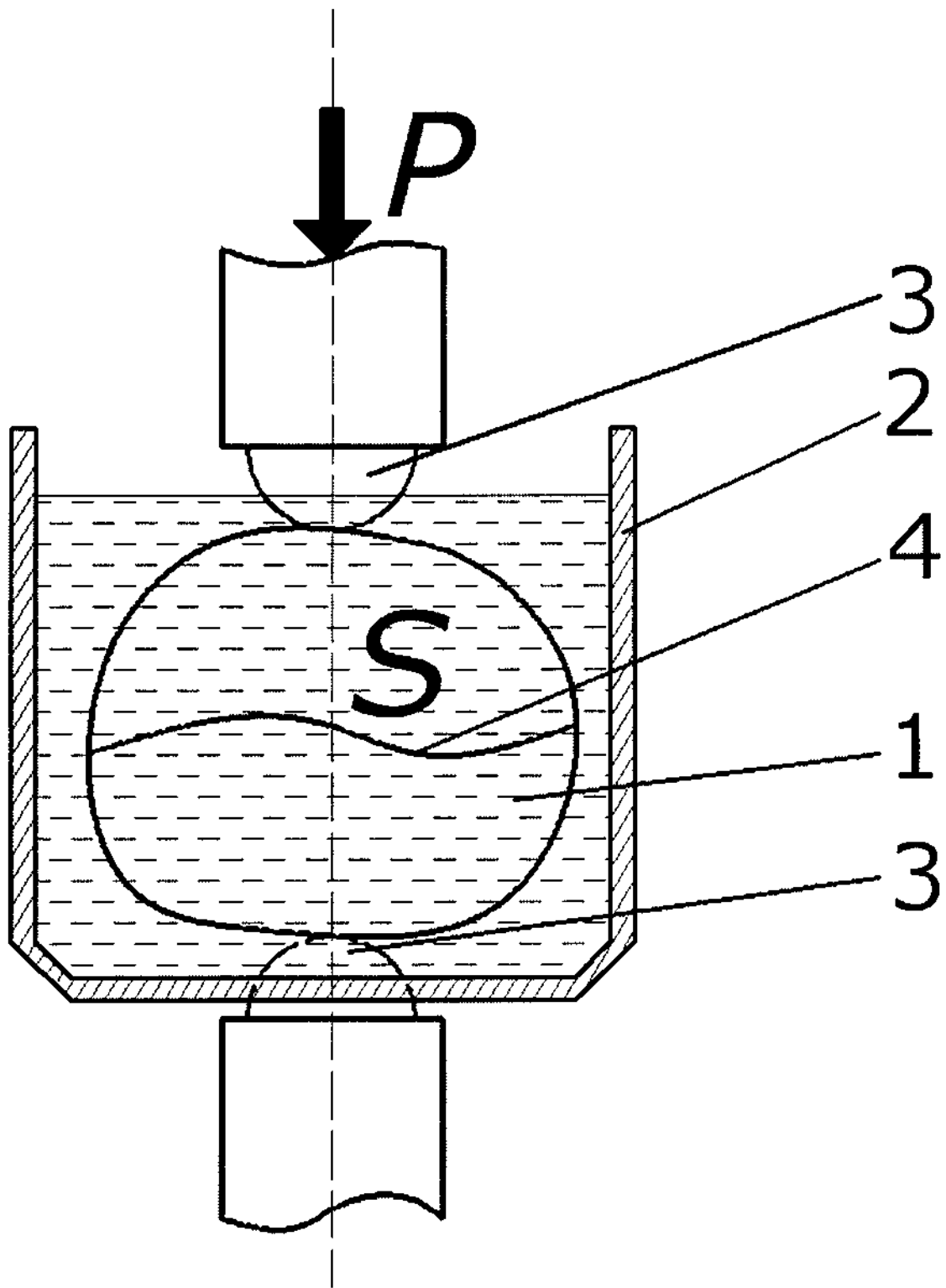
FIELD: test technology.

SUBSTANCE: invention relates to physico-mechanical testing of rock and semi-rock rocks that have a brittle nature of destruction, and can be used to assess their water strength in engineering geological surveys. Essence of the invention consists in the following. Load dried to constant weight samples with steel counter-spherical indentors in one of two mutually perpendicular directions to the formation of longitudinal cracks and splitting into two parts. Composite samples are collected from debris, placed in a container with a liquid, in which water is used, and loaded into it with spherical indentors before the formation of longitudinal cracks in directions perpendicular to the initial cracks,

in the stepwise loading mode with partial unloading to the level reached at the previous load level. Specimens fix the breaking load and measure the surface area of the cracks. Particular values of the tensile stress of the rupture of the samples, the average values of tensile strength when splitting dried and water-saturated samples are determined and a decrease in tensile strength when splitting in a water-saturated state in mutually perpendicular directions according to the formulas.

EFFECT: reducing the duration of determining the strength of the samples, increasing the informativeness of the tests.

1 cl, 2 tbl, 2 dwg



Фиг. 1

Изобретение относится к физико-механическим испытаниям скальных и полускальных горных пород, имеющих хрупкий характер разрушения, и может быть использовано для оценки их водопрочности при инженерно-геологических изысканиях.

Известен способ определения предела прочности при сжатии и снижения прочности при сжатии горных пород в водонасыщенном состоянии (ГОСТ 30629-2011 Межгосударственный стандарт «Материалы и изделия облицовочные из горных пород. Методы испытаний»), включающий приложение сжимающей нагрузки к торцам цилиндрических или кубических образцов, высушенных до постоянной массы и насыщенных водой, определение параметров разрушения образцов (разрушающей нагрузки) с учетом их размеров (площади поперечного сечения), определение и сравнение пределов прочности при сжатии образцов в сухом и насыщенном водой состояниях.

Недостатком способа является длительность определения прочности, обусловленная необходимостью изготовления образцов правильной формы и продолжительностью их насыщения водой (в течение 48 часов).

Известен способ определения коэффициента длительной водостойкости по прочности на растяжение при расколе («Смеси битумноминеральные открытые для устройства макрошероховатых слоев дорожных покрытий» (ТУ 218 РСФСР 601-88). Минавтодор РСФСР. - ЦБНТИ, М., 1990»), включающий приложение разрушающей сжимающей нагрузки по образующей цилиндрических образцов, насыщенных под вакуумом и длительно выдерживаемых в воде, определение параметров разрушения образцов (разрушающей нагрузки) с учетом их размеров (площади поверхности раскола), определение и сравнение пределов прочности на растяжение при расколе образцов после длительного выдерживания в воде и водонасыщенных под вакуумом, соответственно.

Недостатком способа является длительность определения прочности, обусловленная необходимостью изготовления образцов правильной формы и продолжительностью их насыщения водой.

Известен способ определения коэффициента снижения прочности горных пород при увлажнении (статья «Басинский Ю.М., Коршунов В.А., Михайлов В.Ф. Исследование устойчивости горных выработок при увлажнении пород. Труды ВНИИ горн, геомех. и маркшейд. дела, сб. «Горное давление в капитальных, подготовительных и очистных выработках», Л.: ВНИИ, 1982, с. 19-23, 136 с.»), включающий раскалывание стальными встречными сферическими инденторами образцов произвольной, в том числе неправильной формы, испытываемых в сухом и водонасыщенном состоянии, определение и сравнение предельных значений сопротивления сжатию высушенных и водонасыщенных образцов с учетом их размеров.

Недостатком способами является повышенная длительность испытаний из-за большого по времени, до нескольких суток, периода водонасыщения образцов.

Известен способ определения трещиностойкости бетона (патент РФ №2235322, опубл. 27.08.2002), включающий определение параметров образцов, характеризующих свойства после высушивания в воздушно-сухой среде и в состоянии полного водонасыщения, оценку состояния из сравнения указанных параметров путем внедрения нагрузочного элемента (сверла) и определения геометрических параметров высверленных в образцах углублений (их диаметра и глубины).

Недостатками способа являются сложность и длительность испытаний, связанные с продолжительностью их насыщения водой и сверлением в испытываемых и эталонных образцах.

Известен способ определения водонепроницаемости цементных материалов (патент

РФ №2187804, опубл. 20.08.2002), включающий высушивание до постоянной массы образцов, их раскалывание на две части и водонасыщение через поверхности разрыва, определение и сравнение параметров механического состояния высушенных и водонасыщенных образцов с учетом их размеров.

5 Недостатками способа являются сложность и длительность испытаний, связанные с изготовлением образцов правильной, цилиндрической или кубической формы и измерением через заданные промежутки времени параметров состояния образцов при поглощении воды.

Известен способ разрушения горных пород (патент РФ №2167293, опубл. 20.05.2001),
10 принятый за прототип, заключающийся в том, что в горной породе (негабаритном куске или массиве) создают поперечные трещины, затем бурят шпур в продольном направлении, заполняют его жидкостью и сыпучим материалом, к которым прикладывают нагрузочными элементами (клиньями) периодическую ударную нагрузку до формирования продольных трещин в плоскостях, проходящих через ось нагружения.

15 Недостатком способа является длительность испытаний, связанная с бурением шпура, его заполнением жидкостью и сыпучим материалом; герметизацией трещин и приложением ударных нагрузок. Другим недостатком способа является его низкая информативность при оценке прочности, которая осложняется значительными изменениями структуры, вносимыми многочисленными трещинами различной
20 ориентации, возникающими при ударном нагружении и разрыве негабаритного образца (куска породы) из шпура.

Техническим результатом изобретения является сокращение длительности определения прочностных свойств за счет водонасыщения высушенных образцов (кусков породы) в процессе испытаний и повышение информативности испытаний за
25 счет дополнительного определения прочностных характеристик породы в воздушно-сухом и водонасыщенном состоянии.

Технический результат достигается тем, что отобранные или изготовленные образцы высушивают до постоянной массы, затем в высушенные до постоянной массы образцы
30 внедряют стальные встречные сферические инденторы и нагружают по одному из двух взаимно перпендикулярных направлений до формирования продольных трещин, затем формируют из обломков составные образцы, помещают в емкость с водой, и нагружают их в ней сферическими инденторами до формирования продольных трещин в направлениях, перпендикулярных первоначальным трещинам, в режиме ступенчатого приложения нагрузки с частичными разгрузками до уровня, достигнутого на
35 предыдущем этапе нагрузки, далее в высушенных и водонасыщенных образцах фиксируют разрушающую нагрузку, измеряют площадь поверхности трещин и определяют частные значения растягивающего напряжения разрыва, а в качестве прочностных свойств горной породы определяют средние значения предела прочности на растяжение при раскалывании высушенных и водонасыщенных образцов R_p и
40 снижение предела прочности на растяжение при раскалывании в водонасыщенном состоянии ΔR во взаимно перпендикулярных направлениях по формулам:

$$R_p = 1,83 \cdot \sigma_t,$$

$$45 \quad \Delta R = \frac{(\sigma_t - \sigma_t^1)}{\sigma_t},$$

где σ_t и σ_t^1 - средние значения растягивающего напряжения разрыва высушенных и водонасыщенных образцов для каждого из взаимно перпендикулярных направлений в отдельности.

Способ поясняется следующими фигурами:

фиг. 1 - схема нагруженного устройства для реализации способа;

фиг. 2 - график зависимости сжимающей образец силы P от величины суммарной глубины вдавливания инденторов h , где:

- 5 1 - образец;
- 2 - емкость с водой;
- 3 - стальные сферические инденторы;
- 4 - поперечная трещина разрыва;

Способ осуществляют следующим образом. Перед определением прочности отобранные или изготовленные образцы пробы высушивают до постоянной массы известным способом. При этом допускается использование образцов неправильной формы с необработанными поверхностями. Далее в образцах намечают по два характерных взаимно перпендикулярных направления. Например, для пород с выраженной слоистостью таковыми выбирают направления перпендикулярно и параллельно слоистости.

Затем высушенные образцы устанавливают по очереди между сферическими инденторами вдоль одного из двух выбранных взаимно перпендикулярных направлений и нагружают до раскалывания на две части трещиной, проходящей через ось нагружения.

Фиксируют разрушающие высушенные образцы нагрузки P_i , измеряют площадь поверхности трещин разрыва S_i и определяют частные значения растягивающего напряжения разрыва высушенных образцов $(\sigma_t)_i$ по формуле:

$$(\sigma_t)_i = \frac{P_i}{S_i} .$$

По частным значениям растягивающего напряжения высушенных образцов определяют средние значения растягивающего напряжения разрыва для взаимно перпендикулярных направлений в отдельности - σ_{t1} и σ_{t2} .

Далее определяют средние значения предела прочности на растяжение при раскалывании высушенной породы для взаимно перпендикулярных направлений в отдельности - R_{p1} и R_{p2} , соответственно, по формуле:

$$R_p = 1,83 \cdot \sigma_t .$$

Затем проводится серия испытаний высушенных составных образцов 1 при их насыщении водой. Для этого используется вода при температуре $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$, которая удовлетворяет требованиям ГОСТ 23732-79 «Вода для бетонов и растворов. Технические условия». В качестве емкости для воды 2 могут быть использованы пластиковые стаканчики.

Предварительно из обломков собирают составные образцы 1, обеспечивая при этом плотный контакт вдоль трещин разрыва 4. Затем по очереди помещают образцы в емкость с водой 2 (уровень воды - выше верха образца), устанавливают в ней между стальными сферическими инденторами 3 в направлениях, перпендикулярных первоначальному поперечным трещинам разрыва 4, и нагружают до раскалывания в режиме ступенчатого приложения нагрузки с частичными разгрузками до уровня, достигнутого на предыдущем уровне нагрузки.

Режим испытаний при водонасыщении образца иллюстрирует кривая деформирования образца известняка при нагружении сферическими инденторами диаметром 15 мм, представленная на фиг. 2 в виде графика зависимости сжимающей силы P от величины суммарной глубины вдавливания инденторов h . Процесс испытаний контролируется

по изменению величин сжимающей силы P и суммарной глубины вдавливания инденторов в породу h , измеряемой по изменению расстояния между инденторами.

При нагружении образца в областях контакта со сферическими инденторами развиваются зоны разрушенного, уплотняемого при сжатии материала. Поэтому при нагружении инденторами образца, помещенного в воду, происходит постепенное наполнение зон раздробленной породы водой из емкости 2. Проникновение воды из емкости 2 в центральную «монокристаллическую» область образца осуществляется также через поперечную трещину разрыва 4. В результате раскалывание составного образца происходит путем образования продольной трещины, прорастающей через зоны, насыщаемые водой в процессе кратковременного испытания.

Применение режима ступенчатого приложения нагрузки с частичными разгрузками дополнительно способствует процессу поглощения воды породой, так как на стадиях разгрузки образца происходит частичное восстановление его размеров и, соответственно, частичное раскрытие сжатых при нагружении пор и трещин (как природных, так и образовавшихся при испытании), через которые облегчается проникновение воды. При этом ограничение разгрузки уровнем, достигнутым на предыдущей ступени нагружения, позволяет предотвратить возможную потерю устойчивости размягчаемого образца.

Фиксируют разрушающие водонасыщенные образцы нагрузки $(P^1)_i$, измеряют площадь поверхности трещин разрыва $(S^1)_i$ и определяют частные значения растягивающего напряжения разрыва водонасыщенных составных образцов $(\sigma_t^1)_i$ по формуле:

$$(\sigma_t^1)_i = \frac{(P^1)_i}{(S^1)_i} .$$

По результатам испытаний насыщаемых водой образцов определяют средние значения растягивающего напряжения разрыва водонасыщенных образцов для каждого из взаимно перпендикулярных направлений в отдельности - σ_{t1}^1 и σ_{t2}^1 .

Далее определяют средние значения предела прочности на растяжение при раскалывании водонасыщенной породы для взаимно перпендикулярных направлений в отдельности - R_{p1}^1 и R_{p2}^1 , соответственно, по формуле:

$$R_p^1 = 1,83 \cdot \sigma_t^1 .$$

Определяют снижение предела прочности на растяжение при раскалывании в водонасыщенном состоянии во взаимно перпендикулярных направлениях - ΔR_1 и ΔR_2 , соответственно, по формуле:

$$\Delta R = \frac{(\sigma_t - \sigma_t^1)}{\sigma_t} .$$

Экспериментальным обоснованием предлагаемого способа в отношении определения величины предела прочности на растяжение при раскалывании R_p служит сопоставление его результатов со значениями предела прочности при одноосном растяжении. Базовый способ предусматривает определение предела прочности горной породы при одноосном растяжении σ_p^k по результатам испытаний образца сферическими инденторами с учетом разрушающей силы P , площади поверхности разрыва образца S и площади поверхности большей из зон разрушенной породы в областях контакта с инденторами F по формуле:

$$\sigma_p^k = \frac{2 \cdot P}{S + F} .$$

В таблице 1 представлены безразмерные значения прочности R_p и σ_p^k (в долях от σ_t) для материалов, характеризующихся показателем хрупкости K_{xp} (отношением пределов прочности при одноосном сжатии и растяжении) в диапазоне от 6 до 12, что соответствует реальным горным породам.

Отклонение результатов определения показателей прочности сравниваемыми способами не превысило 4% и составило, в среднем, менее 2%, что соизмеримо с точностью подобных лабораторных методов механических испытаний горных пород.

Таблица 1 - безразмерные значения прочности R_p и σ_p^k (в долях от σ_t) для материалов.

№ п/п	Показатель хрупкости $K_{xp} = \sigma_{сж}/\sigma_p$	Безразмерные значения прочности		Отклонение результатов, %
		R_p/σ_t (предлагаемый способ)	σ_p^k/σ_t (способ по патенту РФ № 2435955)	
1	2	3	4	5
1	6	1,83	1,77	-3,2
2	7	1,83	1,81	-1,0
3	8	1,83	1,84	0,4
4	9	1,83	1,86	1,5
5	10	1,83	1,87	2,4
6	11	1,83	1,89	3,0
7	12	1,83	1,90	3,5

Экспериментальным обоснованием предлагаемого способа в отношении определения величины снижения прочности в водонасыщенном состоянии служат результаты сравнения аналогичных показателей 5 проб горных пород, определенных предлагаемым способом и в соответствии с базовым способом, описанным в статье «Басинский Ю.М., Коршунов В.А., Михайлов В.Ф. Исследование устойчивости горных выработок при увлажнении пород. Труды ВНИИ горн, геомех. и маркшейд. дела, сб. «Горное давление в капитальных, подготовительных и очистных выработках», Л.: ВНИМИ, 1982, с. 19-23, 136 с.».

Базовый способ основан на проведении сопоставительных испытаний на раскалывание сферическими инденторами диаметром 15 мм по ГОСТ 24941-81 «Породы горные. Методы определения механических свойств нагружением сферическими инденторами» образцов, высушенных и насыщаемых продолжительное время водой. При вычислении значений предела прочности при одноосном сжатии были использованы приведенные в табл. За ГОСТ 24941-81 корреляционные прямые пропорциональные зависимости от показателя прочности на растяжение при раскалывании сферическими инденторами для конкретных горных пород. Поэтому по физическому смыслу показатель снижения предела прочности на растяжение при раскалывании в водонасыщенном состоянии предлагаемым способом соответствует показателю снижения прочности при одноосном сжатии при увлажнении, определяемому

базовым способом.

При подготовке испытаний базовым способом согласно ГОСТ 30629-2011 «Материалы и изделия облицовочные из горных пород» высушенные до постоянной массы образцы подвергали водонасыщению в течение 2 суток.

5 Определение прочностных характеристик было произведено на породных образцах с площадью поперечного сечения 15-20 см² с учетом их размеров по ГОСТ 24941-81 с использованием электромеханической универсальной испытательной машины MTS Insight 50, рассчитанной на рабочую нагрузку до 50 кН с регулируемой скоростью нагружения, в комплекте с нагрузочным устройством БУ-64, и машины испытательной 10 вертикального нагружения ИСМ-190, рассчитанной на рабочую нагрузку до 25 кН, в комплекте с динамометром образцовым ДОСМ-3-3 и двумя индикаторами часового типа ИЧ-10.

При испытаниях предлагаемым способом осуществлялось приложение нагрузки ступенями с частичной разгрузкой таким образом, чтобы время нагружения до 15 последующей ступени составляло не менее 10-20 секунд. При этом количество ступеней составляло от 3 до 6. Количество образцов в сериях с определенной ориентацией и характером водонасыщения составляло от 3 до 5.

Среднеарифметические значения прочностных характеристик горных пород, определенные предлагаемым и базовым способами, представлены в таблице 2. Среднее отклонение результатов определения показателей снижения прочности сопоставляемыми 20 способами составило около 10%, что свидетельствует об их вполне приемлемой сходимости.

Таблица 2 - Среднеарифметические значения прочностных характеристик горных пород, определённые предлагаемым и базовым способами

№ п/п	Описание горной породы	Предлагаемый способ						Базовый способ				Отклонение результатов определения снижения прочности, %			
		перпендикулярно слоистости			вдоль слоистости			перпендикулярно слоистости		вдоль слоистости					
		Среднее значение предела прочности на растяжение при раскалывании, МПа		Снижение прочности на растяжение в водонасыщ. состоянии	Среднее значение предела прочности на растяжение при раскалывании, МПа		Снижение прочности на растяжение в водонасыщ. состоянии	Среднее значение предела прочности при одноосном сжатии, МПа		Снижение прочности при увлажнении	Среднее значение предела прочности при одноосном сжатии, МПа				
		в сухом сост.	в водонасыщ. сост.		в сухом сост.	в водонасыщ. сост.		в сухом сост.	в водонасыщ. сост.		в сухом сост.	в водонасыщ. сост.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Алевролит	4,12	1,16	0,72	2,20	0,68	0,69	30,66	9,64	0,69	8,29	2,21	0,73	+4,7	-5,7
2	Песчаник	8,27	6,49	0,22	5,21	3,86	0,26	66,21	50,98	0,25	46,96	33,72	0,28	-12,2	-7,8
3	Песчаник кварцевый	3,05	2,44	0,20	3,09	2,51	0,18	23,42	19,30	0,18	24,27	20,09	0,17	+12,0	+8,5
4	Известняк	8,19	5,93	0,28	7,14	4,96	0,31	50,85	35,86	0,30	43,14	31,58	0,27	-7,4	+14,2
5	Известняк доломитовый	4,20	2,71	0,35	4,10	2,49	0,39	31,07	18,64	0,40	30,04	16,45	0,45	-11,5	-13,1

(57) Формула изобретения

40 Способ определения прочности горных пород в водонасыщенном состоянии, включающий создание в образце поперечных трещин, заполнение жидкостью и внедрение нагрузочных элементов, к которым прикладывают периодическую нагрузку до формирования продольных трещин в плоскостях, проходящих через ось нагружения, отличающийся тем, что отобранные или изготовленные образцы высушивают до 45 постоянной массы, затем в высушенные до постоянной массы образцы внедряют стальные встречные сферические инденторы и нагружают по одному из двух взаимно перпендикулярных направлений до формирования продольных трещин, затем формируют из обломков составные образцы, помещают в емкость с водой и нагружают

их в ней сферическими инденторами до формирования продольных трещин в направлениях, перпендикулярных первоначальным трещинам, в режиме ступенчатого приложения нагрузки с частичными разгрузками до уровня, достигнутого на предыдущем этапе нагрузки, далее в высушенных и водонасыщенных образцах фиксируют разрушающую нагрузку, измеряют площадь поверхности трещин и определяют частные значения растягивающего напряжения разрыва, а в качестве прочностных свойств горной породы определяют средние значения предела прочности на растяжение при раскалывании высушенных и водонасыщенных образцов R_p и снижение предела прочности на растяжение при раскалывании в водонасыщенном состоянии ΔR во взаимно перпендикулярных направлениях по формулам:

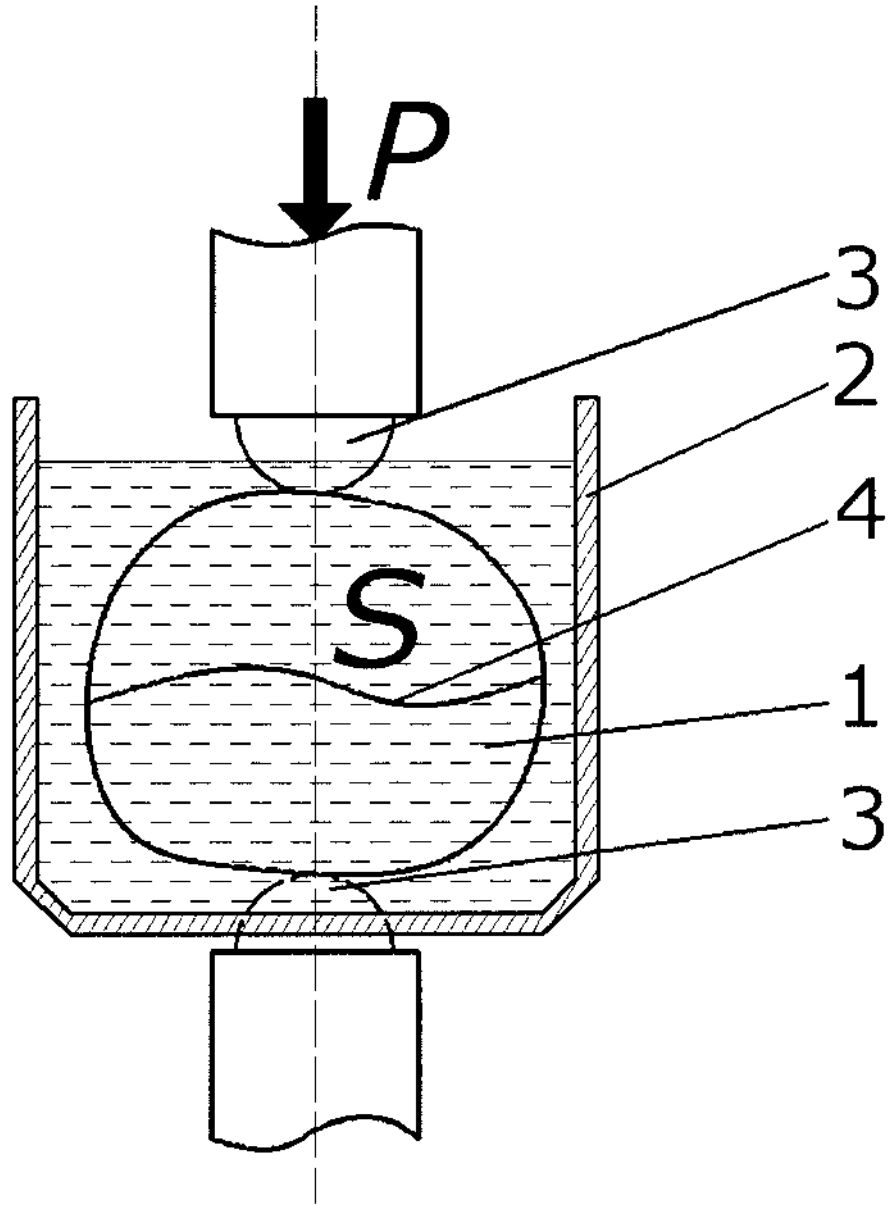
$$R_p = 1,83 \cdot \sigma_t,$$

$$\Delta R = \frac{(\sigma_t - \sigma_t^1)}{\sigma_t},$$

где σ_t и σ_t^1 - средние значения растягивающего напряжения разрыва высушенных и водонасыщенных образцов для каждого из взаимно перпендикулярных направлений в отдельности.

1

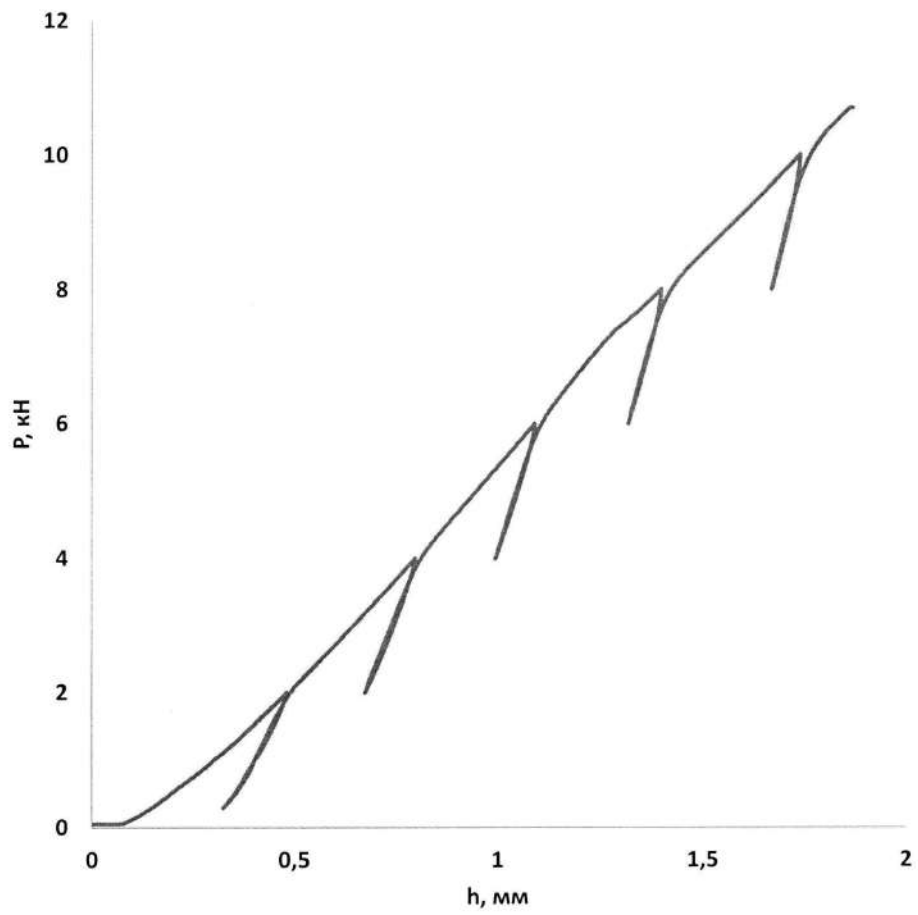
СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД В
ВОДОНАСЫЩЕННОМ СОСТОЯНИИ



Фиг. 1

2

**СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД В
ВОДОНАСЫЩЕННОМ СОСТОЯНИИ**



Фиг. 2