

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2543669

**СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАРКИ БЕТОНА ПО  
МОРОЗОСТОЙКОСТИ**

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный политехнический университет" (ФГАОУ ВО "СПбПУ") (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2013125870

Приоритет изобретения **04 июня 2013 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **02 февраля 2015 г.**

Срок действия патента истекает **04 июня 2033 г.**

*Врио руководителя Федеральной службы по интеллектуальной собственности*

*Л.Л. Кирий*





**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2013125870/28, 04.06.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
04.06.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 04.06.2013

(43) Дата публикации заявки: 10.12.2014 Бюл. № 34

(45) Опубликовано: 10.03.2015 Бюл. № 7

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: ГОСТ - 10060.3-95

"Дилатометрический метод ускоренного  
определения морозостойкости". ГОСТ -  
10060.1-95 "Базовый метод определения  
морозостойкости". SU 822027 A1, 15.04.1981  
. RU 2045071 C1, 27.09.1995 . SU 785760 A1,  
07.12.1980

Адрес для переписки:

195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул.,  
29, ФГАОУ ВО "СПбПУ", отдел  
интеллектуальной собственности

(72) Автор(ы):

**Никольский Сергей Григорьевич (RU),  
Перцева Ольга Николаевна (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Санкт-Петербургский  
государственный политехнический  
университет" (ФГАОУ ВО "СПбПУ") (RU)**

**(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАРКИ БЕТОНА ПО МОРОЗОСТОЙКОСТИ**

(57) Реферат:

Способ относится к методам испытаний пористых водонасыщенных тел. Он предусматривает изготовление серии бетонных образцов, насыщение образцов водой, измерение образцов, определение начального их объема, их замораживание-размораживание до нормативных температур и регистрацию при этом деформации. Дополнительно определяют предел длительной прочности каждого образца неразрушающим методом в условиях растяжения. После размораживания определяют относительную остаточную деформацию образцов и определяют энергию, рассеянную в единице объема каждого образца в процессе его замораживания-

размораживания. Далее нагружают их в условиях одноосного сжатия до экстремальной нагрузки, отвечающей кратковременному пределу прочности, определяют энергию, рассеянную в единице объема образца в процессе его сжатия до экстремальной нагрузки, и по полученным результатам рассчитывают марку по морозостойкости каждого образца. Марку бетона по морозостойкости определяют как среднеарифметическое для марок образцов. Технический результат –повышение оперативности, уменьшение трудоемкости и расширение арсенала технических средств. 1 табл.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2013125870/28, 04.06.2013**

(24) Effective date for property rights:  
**04.06.2013**

Priority:

(22) Date of filing: **04.06.2013**

(43) Application published: **10.12.2014** Bull. № 34

(45) Date of publication: **10.03.2015** Bull. № 7

Mail address:

**195251, Sankt-Peterburg, Politekhnikeskaja ul., 29,  
FGAOU VO "SPbPU", otdel intellektual'noj  
sobstvennosti**

(72) Inventor(s):

**Nicol'skij Sergej Grigor'evich (RU),  
Pertseva Ol'ga Nikolaevna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe  
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij  
gosudarstvennyj politekhnicheskij universitet"  
(FGAOU VO "SPbPU") (RU)**

**(54) METHOD FOR DETERMINING CONCRETE GRADE AS TO FREEZE RESISTANCE**

(57) Abstract:

FIELD: test equipment.

SUBSTANCE: method relates to test methods of porous water-saturated bodies. It provides for production of a series of concrete specimens, saturation of specimens with water, measurement of specimens, determination of their initial volume, their frosting/defrosting to specified temperatures and recording of deformation. In addition, long-term strength limit of each specimen is determined by a non-destructive method under tension conditions. After defrosting, relative residual deformation of specimens is determined and energy dissipated in unit volume of each specimen

is determined during its frosting/defrosting. Then, they are loaded under conditions of uniaxial compression to an extreme load meeting short-term strength limit; energy dissipated in unit volume of the specimen is determined during its compression to an extreme load, and as per the obtained results, grade is calculated as per freeze resistance of each specimen. Grade of concrete as to freeze resistance is determined as an arithmetic mean for grades of specimens.

EFFECT: increasing flexibility, reducing labour intensity and enlarging the number of hardware.

1 tbl

**C 2  
6 9 6 9  
2 5 4 3 6 9  
R U**

**R U  
2 5 4 3 6 6 9  
C 2**

Изобретение относится к методам испытаний пористых водонасыщенных тел и предназначено для определения марки бетона по морозостойкости, т.е. числа стандартных циклов замораживания-размораживания (например, от +20 до -20°C по 4 часа), необходимых для снижения предела прочности образцов, насыщенных водой, на величину, оговоренную стандартом, в частности, на 5 или 15%, т.е. относительное снижение предела прочности  $\Delta R/R=0,05\dots 0,15$ , где R - кратковременный предел прочности,  $\Delta R$  - абсолютное изменение кратковременного предела прочности.

Известен базовый способ определения морозостойкости [ГОСТ - 10060.1-95 «Базовый метод определения морозостойкости»], включающий изготовление и испытание образцов сериями. Насыщают все образцы водой, часть образцов подвергают попеременному многократному замораживанию и размораживанию. Разрушают сжатием образцы после различного числа замораживаний-размораживаний и без замораживаний-размораживаний. Сопоставляют средние значения пределов прочности образцов серии, испытанных как с замораживанием-размораживанием, так и без него. Определяют относительное снижение предела прочности при разных количествах замораживаний-размораживаний и в качестве марки бетона по морозостойкости принимают число замораживаний-размораживаний, необходимых для снижения предела прочности в пределах, оговоренных стандартом.

Значительный случайный разброс значений предела прочности бетона (коэффициент вариации  $\rho=15\dots 20\%$ ) при неизменных условиях изготовления и испытаний образцов обуславливает большой разброс средних значений предела прочности и требует значительного объема испытаний (количество образцов для испытаний 25...50) для доказательства значимости относительного снижения предела прочности  $\Delta R/R=0,05\dots 0,15$  в результате замораживания-размораживания, где R - кратковременный предел прочности,  $\Delta R$  - абсолютное изменение кратковременного предела прочности. Таким образом, основной недостаток базового способа - трудоемкость и малая оперативность.

Наиболее близок к предлагаемому способ [ГОСТ - 10060.3-95 «Дилатометрический метод ускоренного определения морозостойкости»]. Он включает изготовление бетонных образцов, измерение образцов, определение начального объема, насыщение образцов водой, одновременное замораживание каждого насыщенного водой образца и стандартного образца в дилатометре до нормативной температуры и измерение при этом разности значений объемных деформаций бетонного и стандартного образцов (относительного изменения объема). Марку бетона по морозостойкости определяют по максимальной относительной разности объемных деформаций бетонного и стандартного образцов по приведенным в ГОСТ таблицам с учетом вида бетона, формы и размера образцов.

Однако при использовании приведенных в ГОСТе таблиц приемлемый результат получается лишь для бетонов на портландцементе и шлакопортландцементе без поверхностно-активных добавок (ПАВ), такие бетоны в настоящее время используются крайне редко. А получение таблиц, необходимых для бетонов с ПАВ, требует длительных трудоемких опытов с использованием, например, первого базового способа.

Задача изобретения - расширение арсенала способов ускоренного определения марки бетона по морозостойкости.

Решение задачи достигают тем, что, как и в прототипе, изготавливают серию образцов из одной бетонной смеси, образцы насыщают водой, измеряют образцы, замораживают до нормативной температуры. Но в отличие от прототипа: предварительно неразрушающим методом определяют предел длительной прочности каждого образца

в условиях растяжения; образцы размораживают и устанавливают относительную остаточную деформацию каждого образца; по значениям относительной остаточной деформации образца и предела длительной прочности образца в условиях растяжения определяют энергию, рассеянную в единице объема образца в процессе замораживания-размораживания; нагружают каждый образец в условиях одноосного сжатия до экстремальной нагрузки, отвечающей кратковременному пределу прочности; при этом регистрируют значения осевой нагрузки и соответствующие им продольные деформации каждого образца; по полученным значениям осевой нагрузки и соответствующих им продольных деформаций определяют энергию, рассеянную в единице объема образца в процессе его сжатия до экстремальной нагрузки, находят значение марки каждого бетонного образца по морозостойкости как величину, пропорциональную отношению энергии, рассеянной в процессе сжатия до экстремальной нагрузки, к энергии, рассеянной в процессе замораживания-размораживания. Марку бетона по морозостойкости определяют как среднеарифметическое значение найденных марок бетонных образцов по морозостойкости.

Определение относительной остаточной деформации образца и предела длительной прочности образца, при котором начинается необратимое развитие трещин в конкретном образце, позволяет оценить рассеянную на эти процессы энергию в единице объема материала в процессе замораживания-размораживания по формуле:

$$W_{тц} = k \theta_{ост} \cdot R_{дл}, \quad (1)$$

где  $W_{тц}$  - энергия, рассеянная в единице объема образца в процессе замораживания-размораживания;

$\theta_{ост}$  - относительная остаточная деформация образца;

$R_{дл}$  - предел длительной прочности образца в условиях растяжения;

$k$  - коэффициент пропорциональности.

$k=1$ , потому что развитие водонаполненной трещины в бетоне приводит к захвату ею близлежащих замкнутых пор, стабилизирующему давление внутри водонаполненной трещины около значения, вызывающего в материале растягивающие напряжения, равные пределу длительной прочности образца в условиях растяжения

Нагружение образца в условиях одноосного сжатия до экстремальной нагрузки, регистрация при этом значений осевой нагрузки и отвечающих им абсолютных продольных деформаций позволяют численным интегрированием зависимости осевой нагрузки от абсолютных продольных деформаций и распределением результата последнего по объему образца найти значение энергии, рассеянной в единице объема образца в процессе его сжатия до экстремальной нагрузки, т.е. до момента перехода бетона от повреждения, рассредоточенного по всему объему образца, к фрагментации магистральной трещины. Значение энергии, рассеянной в единице объема образца в процессе его сжатия до экстремальной нагрузки, пропорционально квадрату кратковременного предела прочности [Ахвердев И.Н. Основы физики бетона. - М., Стройиздат, 1981, 464 с.; см. с.425 и формулу 11.16]:

$$W_{сж} = \alpha R^2, \quad (2)$$

где  $W_{сж}$  - энергия, рассеянная в единице объема образца в процессе его сжатия до экстремальной нагрузки;

$R$  - кратковременный предел прочности;

$\alpha$  - коэффициент пропорциональности.

После логарифмирования выражения (2) и последующего дифференцирования получаем зависимость между относительным снижением энергии, рассеянной в единице объема образца в процессе его сжатия до экстремальной нагрузки, и относительным снижением кратковременного предела прочности:

$$\Delta W/W_{сж} = 2\Delta R/R, \quad (3)$$

где  $W_{сж}$  - энергия, рассеянная в единице объема образца в процессе его сжатия до экстремальной нагрузки;

$\Delta W$  - абсолютное изменение энергии, рассеянной в единице объема образца;

$R$  - кратковременный предел прочности;

$\Delta R$  - абсолютное изменение кратковременного предела прочности.

Соотношение (3) позволяет перейти от допускаемого стандартом относительного снижения кратковременного предела прочности для бетона к допустимому для исследуемого образца относительному снижению энергии, рассеянной в единице объема образца:

$$[\Delta W] = 2W_{сж} [\Delta R/R], \quad (4)$$

где  $W_{сж}$  - энергия, рассеянная в единице объема образца в процессе его сжатия до экстремальной нагрузки;

$[\Delta W]$  - допустимое абсолютное изменение энергии, рассеянной в единице объема образца;

$R$  - кратковременный предел прочности;

$\Delta R$  - абсолютное изменение кратковременного предела прочности;

$[\Delta R/R]$  - допускаемое стандартом относительное изменение кратковременного предела прочности.

При этом марка бетонного образца по морозостойкости будет определяться как количество замораживаний-размораживаний, на каждый из которых затрачивается энергия, рассеянная в единице объема образца в процессе замораживания-размораживания, в пределах допустимого абсолютного изменения энергии, рассеянной в единице объема образца:

$$F_{обр} = [\Delta W]/W_{тц}, \quad (5)$$

где  $F_{обр}$  - марка бетонного образца по морозостойкости;

$[\Delta W]$  - допустимое абсолютное изменение энергии, рассеянной в единице объема образца;

$W_{тц}$  - энергия, рассеянная в единице объема образца в процессе его замораживания-размораживания.

Способ реализуют следующим образом. Из бетонной смеси требуемого состава изготавливают образцы в виде цилиндров или кубов с ребром 10 см. После твердения в условиях, близких к условиям твердения бетона, образцы насыщают водой, обмеряют и для каждого образца неразрушающим методом, например [Экспресс-методы оценки для стойкости/материалы III МК «Популярное бетоноведение», - февраль-март 2009, СПб: СПГПУ]\*, определяют в условиях растяжения наибольшую неразрушающую нагрузку  $L_0$ , без превышения которой трещины в образце еще не развиваются.

Растягивающие напряжения в цилиндрах или кубах целесообразно создавать их сжатием

по линиям контакта цилиндров с плоскостью (раскалыванием). Зная  $L_0$ , можно рассчитать предел длительной прочности для испытанного образца:

$$R_{дл} = 2 L_0 / \pi S, \quad (6)$$

где  $S$  - площадь сечения образца, перпендикулярного плоскости сжатия;  
 $L_0$  - наибольшая неразрушающая нагрузка образца в условиях растяжения;  
 $R_{дл}$  - предел длительной прочности образца в условиях растяжения.

После замораживают и размораживают образец до нормативных температур, определяют относительную остаточную деформацию образца и находят энергию, рассеянную в единице объема образца в процессе его замораживания-размораживания по формуле (1):

$$W_{тц} = k \theta_{ост} \cdot R_{дл},$$

где  $W_{тц}$  - энергия, рассеянная в единице объема образца в процессе его замораживания-размораживания;

$\theta_{ост}$  - относительная остаточная деформация образца;

$R_{дл}$  - предел длительной прочности образца в условиях растяжения;

$k$  - коэффициент пропорциональности.

Далее образец сжимают в условиях одноосного сжатия до экстремальной нагрузки, т.е. до тех пор, пока нагрузка не начинает падать, и регистрируют текущие значения осевой нагрузки и соответствующие им значения продольной деформации образца.

Численное интегрирование зависимости осевой нагрузки от абсолютных продольных деформаций и распределение результата последнего по объему образца позволяют найти энергию, рассеянную в единице объема материала до достижения экстремальной нагрузки. По полученным результатам рассчитывают марку по морозостойкости для конкретного образца:

$$F_{мор} = 2[\Delta R/R] W_{тц} / W_{сж}, \quad (7)$$

где  $F_{мор}$  - марка бетонного образца по морозостойкости;

$W_{тц}$  - энергия, рассеянная в единице объема образца в процессе его замораживания-размораживания;

$W_{сж}$  - энергия, рассеянная в единице объема образца в процессе его сжатия до экстремальной нагрузки;

$R$  - кратковременный предел прочности;

$\Delta R$  - абсолютное изменение кратковременного предела прочности;

$[\Delta R/R]$  - допустимое стандартом относительное изменение кратковременного предела прочности.

Марку бетона по морозостойкости находят как среднее значений марок по морозостойкости для образцов. Доверительный интервал марки бетона по морозостойкости рассчитывают по дисперсии значений марок по морозостойкости для серии образцов.

В частности, способ реализован на 10 образцах-кубах, ребром 10 см в возрасте 88 дней, изготовленных из бетонной смеси такого состава: портландцемент марки 400-1 весовая часть, песок - 2 весовые части, гранитного щебня 5...20 мм - 4,5 весовые части, воды - 0,6 весовой части. Экспериментально установлено двумя разными способами для этого бетона в возрасте 88 дней, что после 105 замораживаний-размораживаний, соответствующих марке этого бетона по морозостойкости, среднее относительное

снижение предела прочности составляет 0,142 по способу [Инженерно-строительный журнал, 2008, №2, стр.40-44, СПб: СПбГПУ] и 0,16 по первому базовому способу [ГОСТ - 10060.1-95. «Базовый метод определения морозостойкости»], то есть оба значения лежат в пределах погрешности использованных способов. В среднем

5 относительное снижение предела прочности составляет 15%.

Образцы насыщали водой по п.4 ГОСТ 10060.0-95. «Методы определения морозостойкости. Общие требования», обмеряли и регистрировали объем. Для каждого насыщенного водой куба раскалыванием по п.5.4 ГОСТ 10180-90. «Методы определения прочности по контрольным образцам» (схема II, прил.9) трижды определяли значение

10 наибольшей неразрушающей нагрузки, без превышения которой трещины в образце еще не развиваются необратимо. После каждого испытания меняли плоскость сжатия образца на перпендикулярную плоскость предшествующему сжатию. Определение наибольшей неразрушающей нагрузки проводили с помощью акустического

15 эмиссионного способа (АЭ)\*, используя АЭ-комплекс АФ-15 Кишневского завода. Акустические датчики с частотой 20-200 кГц устанавливали на грани образца, параллельной плоскости сжатия. Для создания осевой нагрузки использовали гидравлический пресс. Получив значение наибольшей неразрушающей нагрузки, рассчитывали соответствующее значение предела длительной прочности, а затем среднее значение предела длительной прочности, приведенное в таблице.

20 Насыщенные водой образцы помещали в измерительную камеру дифференциального объемного dilatометра ДОД-100-К, а во вторую его камеру помещали стандартный алюминиевый образец. Обе камеры заполняли керосином и герметизировали. Dilатометр с образцами устанавливали в морозильную камеру и после 30 мин выдержки начинали замораживание со скоростью 0,3°С/мин до достижения температуры (20±2)

25 °С. По графику показателя разностей объемных деформации бетонного и алюминиевого образца находили значение остаточной относительной объемной деформации бетонного образца и рассчитывали для каждого образца энергию, рассеянную в процессе его замораживания-размораживания по формуле (1):

$$30 \quad W_{\text{тц}} = k \theta_{\text{ост}} \cdot R_{\text{дл}}, \quad (1)$$

где  $W_{\text{тц}}$  - энергия, рассеянная в единице объема образца в процессе его замораживания-размораживания;

$\theta_{\text{ост}}$  - относительная остаточная деформация образца;

35  $R_{\text{дл}}$  - предел длительной прочности образца в условиях растяжения;

$k$  - коэффициент пропорциональности.

Далее определяли среднее значение предела длительной прочности образца в условиях растяжения  $\bar{R}_{\text{дл}}$  как среднеарифметическое значений  $R_{\text{дл}}$  пределов длительной прочности

40 в условиях растяжения.

Осевое сжатие образцов со скоростью 400 кг/сек осуществляли на гидравлическом прессе, оснащенном графопостроителем зависимости осевой нагрузки от продольной деформации. Значения на динамометре определяются по положению ведомой и ведущей стрелок, являющихся частью замкнутой электронной цепи с контрольной лампочкой.

45 Плавное разгружение образца начинали по сигналу контрольной лампочки, выключаемой электроконтактами на ведомой и ведущей стрелке динамометра, так как при начале разрушения образца ведущая стрелка размыкается с ведомой, которая остается в прежнем положении. Значение максимальной нагрузки регистрирует ведомая



стрелка динамометра прессы. По полученной на графопостроителе зависимости определяли площадь под ней, т.е. получали энергию, рассеянную в объеме образца в процессе его сжатия до экстремальной нагрузки. Энергию, рассеянную в единице образца, получали по формуле (8):

$$W_{сж} \cdot W/V \quad (8)$$

где  $W$  - энергия, рассеянная в объеме образца в процессе его сжатия до экстремальной нагрузки;

$V$  - объем образца;

$W_{сж}$  - энергия, рассеянная в единице объема образца в процессе его сжатия до экстремальной нагрузки.

Затем для каждого образца рассчитывали (см. таблицу) марку бетонного образца по морозостойкости  $F_{15i}$  как количество замораживаний-размораживаний, необходимых для снижения его предела прочности на 15% по формуле (7):

$$F_{15i} = 2[\Delta R/R] W_{сж} / W_{тц} \quad (7)$$

где  $F_{15i}$  - марка бетонного образца по морозостойкости;

$W_{тц}$  - энергия, рассеянная в единице объема образца в процессе его замораживания-размораживания;

$W_{сж}$  - энергия, рассеянная в единице объема образца в процессе его сжатия до экстремальной нагрузки;

$R$  - кратковременный предел прочности;

$\Delta R$  - абсолютное изменение кратковременного предела прочности;

$[\Delta R/R]$  - допустимое стандартом относительное изменение кратковременного предела прочности.

Далее рассчитывали среднее  $\bar{F}_{15}$  для значений марки  $F_{15i}$ , а также среднее квадратичное отклонение результатов опыта:

$$S = \sqrt{\sum (F_{15i} - \bar{F}_{15})^2 / 9} \quad (9)$$

где  $S$  - среднее квадратичное отклонение результатов опыта;

$F_{15i}$  - марка  $i$ -го бетонного образца по морозостойкости при снижении предела его прочности на 15%, полученная предлагаемым способом; где  $i$  - от 1 до 10;

$\bar{F}_{15}$  - марка бетона по морозостойкости, равная среднеарифметическому значению марок серии бетонных образцов при снижении предела их прочности на 15%.

Среднее квадратичное отклонение значений  $F_{15i}$  оказалось равным 16. С учетом этого расхождение среднего значения марки по морозостойкости бетона  $\bar{F}_{15} = 99,7$  и ранее экспериментально найденного числа циклов 105 (марка  $F_{15}$ ), необходимых для снижения  $R$  на 15%, можно считать случайным, а предложенный способ корректным.

Таблица

Номер $i$ -го образца	Среднее значение предела длительной прочности образца в условиях растяжения	Относительная остаточная деформация образца $\theta_{ост} \cdot 10^4$	Энергия, рассеянная в единице объема образца в процессе его замораживания-размораживания	Энергия, рассеянная в единице объема образца в процессе его сжатия до экстремальной нагрузки	Допустимое абсолютное изменение энергии, рассеянной в единице объема образца $[\Delta W]$ .	Количество циклов, необходимых для снижения предела прочности каждого образца на 15% $F_{15i}$
-----------------------	---	---	--	--	---	--

	$\bar{R}_{дл}$ , МПа		$W_{тц} \cdot 10^4$ , МПа	$W_{сж} \cdot 10$ , МПа	$10^2$ , МПа	
1	1,5	2,7	4,05	0,9990	2,997	74
2	1,7	3,1	5,27	1,7215	5,165	98
3	1,8	1,8	3,24	1,2312	3,694	114
4	1,9	2,6	4,90	1,6796	5,039	102
5	2,0	2,5	5,00	1,4333	4,300	86
6	2,1	1,9	4,00	1,4364	4,309	108
7	2,2	2,6	5,72	2,2308	6,692	117
8	2,3	2,1	4,83	1,3846	4,154	86
9	2,9	1,8	5,22	1,6008	4,802	92
10	3,1	1,5	4,65	1,8600	0,558	120
Среднее	2,15	2,1	4,69	1,5577		99,7

Таким образом показано, что предложенный способ расширяет арсенал технических средств ускоренного определения марки бетона по морозостойкости. Длительность определения морозостойкости обуславливается, по сути, временем насыщения образца водой (4 дня по п.4 ГОСТ 10060.0. «Методы определения морозостойкости. Общие требования»).

#### Формула изобретения

Способ определения марки бетона по морозостойкости, включающий изготовление серии бетонных образцов, насыщение образцов водой, измерение образцов, определение начального их объема, их замораживание до нормативной температуры, отличающийся тем, что предварительно определяют предел длительной прочности каждого образца неразрушающим методом в условиях растяжения, а после размораживания определяют относительную остаточную деформацию образцов и энергию, рассеянную в единице объема каждого образца в процессе его замораживания-размораживания, далее нагружают образцы в условиях одноосного сжатия до экстремальной нагрузки, отвечающей кратковременному пределу прочности, определяют энергию, рассеянную в единице объема каждого образца в процессе его сжатия до экстремальной нагрузки, и по полученным результатам рассчитывают марку по морозостойкости каждого образца как величину, пропорциональную отношению энергии, рассеянной в единице объема образца в процессе сжатия до экстремальной нагрузки, к энергии, рассеянной в единице объема образца в процессе его замораживания-размораживания, а марку бетона по морозостойкости определяют как среднеарифметическое значение марок по морозостойкости серии образцов.