

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2490631

**СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАВИСИМОСТИ МАРКИ ПО
МОРОЗОСТОЙКОСТИ БЕТОНА ОТ ВОДОЦЕМЕНТНОГО
ОТНОШЕНИЯ**

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный политехнический университет" (ФГБОУ ВПО "СПбГПУ") (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2012126339

Приоритет изобретения 22 июня 2012 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 20 августа 2013 г.

Срок действия патента истекает 22 июня 2032 г.

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Б.П. Симонов





**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012126339/15, 22.06.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
22.06.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 22.06.2012

(45) Опубликовано: 20.08.2013 Бюл. № 23

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2380681 C1, 27.01.2010. SU 1446568 A1, 23.12.1988. RU 2059243 C1, 27.04.1996. RU 2027187 C1, 20.01.1995. RU 2340887 C2, 10.12.2008. RU 2426117 C1, 10.08.2011. SU 966572 A1, 15.10.1982.

Адрес для переписки:

195251, Санкт-Петербург, ул.
Политехническая, 29, ФГБОУ "Санкт-Петербургский государственный политехнический университет" (ФГБОУ ВПО "СПбГПУ"), отдел интеллектуальной собственности

(72) Автор(ы):

**Никольский Сергей Григорьевич (RU),
Воронцова Елена Андреевна (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный политехнический университет" (ФГБОУ ВПО "СПбГПУ") (RU)

(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАВИСИМОСТИ МАРКИ ПО МОРОЗОСТОЙКОСТИ БЕТОНА ОТ ВОДОЦЕМЕНТНОГО ОТНОШЕНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к способам исследования свойств строительных материалов и предназначено для выбора максимально допустимого: водоцементного отношения по требуемой марке морозостойкости на стадии проектирования бетона. Сущность способа заключается в том, что предварительно изготавливают, по крайней мере, два образца с разными водоцементными отношениями, чередуют термоциклирование и циклическое сжатие образца с наименьшим водоцементным отношением до нарушения пропорциональности между относительной остаточной деформацией и числом циклов, рассчитывают отношение относительного снижения пороговой нагрузки к относительной остаточной деформации, марку бетона по

морозостойкости, а также относительную остаточную деформацию ϵ_m , соответствующую снижению предела прочности, оговоренному стандартом для марки по морозостойкости исследуемого бетона, чередуют термоциклирование и циклическое сжатие остальных образцов с большими водоцементными отношениями до достижения остаточной деформации ϵ_m , а необходимое для этого количество циклов принимают за марку по морозостойкости бетона с большим водоцементным отношением, по полученным результатам рассчитывают параметры функции, аппроксимирующей экспериментальные результаты. Достигается расширение арсенала технических средств определения зависимости морозостойкости бетона от водоцементного отношения.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2012126339/15, 22.06.2012**(24) Effective date for property rights:
22.06.2012

Priority:

(22) Date of filing: **22.06.2012**(45) Date of publication: **20.08.2013 Bull. 23**

Mail address:

**195251, Sankt-Peterburg, ul. Politekhnikeskaja,
29, FGBO "Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj
politekhnikeskij universitet" (FGBOU VPO
"SPbGPU"), otdel intellektual'noj sobstvennosti**

(72) Inventor(s):

**Nicol'skij Sergej Grigor'evich (RU),
Vorontsova Elena Andreevna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovanija "Sankt-
Peterburgskij gosudarstvennyj politekhnikeskij
universitet" (FGBOU VPO "SPbGPU") (RU)**

(54) **METHOD TO DETERMINE DEPENDENCE OF CONCRETE FROST RESISTANCE GRADE ON WATER-CEMENT RATIO**

(57) Abstract:

FIELD: construction.

SUBSTANCE: previously they make at least two samples with different water-cement ratios, thermal cycling and cyclic compression of the sample with the least water-cement ratio are alternated until proportion is disturbed between relative residual deformation and number of cycles, the ratio is calculated between relative reduction of threshold load and relative residual deformation, the concrete grade of frost resistance is determined, as well as relative residual deformation ϵ_m , corresponding to reduction of the strength limit specified by the

standard for the frost resistance grade of the investigated concrete, they alternate thermal cycling and cyclic compression of other samples with higher water-cement ratios until residual deformation is achieved ϵ_m , the number of cycles required for this purpose is accepted as the grade of concrete frost resistance with higher water-cement ratio, using the produced results, they calculate parameters of the function that approximates experimental results.

EFFECT: expanded arsenal of technical facilities for detection of concrete frost resistance dependence on water-cement ratio.

Изобретение относится к способам исследования свойств строительных материалов и предназначено для выбора максимально допустимого водоцементного отношения по требуемой марке морозостойкости на стадии проектирования бетона [1 Баженов Ю.М. Технология бетона: Уч. пособие для строительных вузов. 2 изд. - М: Высшая школа, 1987. - с.237 и табл.11.8].

Известны способы расчетно-экспериментального определения зависимости марки по морозостойкости бетона от факторов, которые являются функцией водоцементного отношения и некоторых экспериментально-определяемых параметров бетона. В частности, ГОСТ 10060-76 предусматривает определение морозостойкости бетона по компенсационному фактору, учитывающему объем конструкционных пор в бетоне и объем замерзшей при -20°C воды в бетоне, зависящие от водоцементного отношения. Морозостойкость тяжелого бетона, вычисленная по компенсационному фактору, оказывается в три или четыре раза меньше фактической [Сизов В.П. Бетон и железобетон, 1979 №10].

Другой способ [Лифанов И.И. Вопросы прогнозирования морозостойкости бетона. - Сб. трудов МИСИ им Куйбышева, №141, М., 1977] предлагает искать зависимость марки по морозостойкости F от водоцементного отношения по формуле

$$F = F_0 + 1 / (C - C_0),$$

где F - марка по морозостойкости;

C - коэффициент, равный $i_0 / (V/C)^{1/3}$;

I_0 - объемная льдистость при -10°C , определяемая экспериментально;

F_0 и C_0 - предельные значения F и C , определяемые экспериментально;

V/C - водоцементное отношение.

Недостаток метода - низкая прочность связи между значениями морозостойкости и водоцементного отношения.

Известен способ определения зависимости марки по морозостойкости от водоцементного отношения бетона [2 Барабанщиков Ю.Г. Материаловедение и технология конструкционных материалов «Вяжущие вещества и бетоны: Уч. пособие, - СПб: изд-во Политехнического университета, 2008. - с.71, 137, 138], включающий изготовление нескольких образцов бетона при неизменных виде цемента, его расходе и зерновом составе заполнителя, но с разными значениями водоцементного отношения, и непосредственное определение марки по морозостойкости этих образцов. Под маркой по морозостойкости подразумевают число циклов замораживания насыщенного водой образца бетона до -20°C и оттаивания при $+20^{\circ}\text{C}$ (стандартных термоциклов), необходимых для снижения предела прочности R камня на оговоренную стандартом величину ΔR . Например, для тяжелого бетона допустимое относительное снижение прочности $\Delta R/R$ составляет 0,05, а для легкого 0,15. Способ [2] допускает использование любых методов определения марки F как стандартизированных [ГОСТ 10060.0-95], так и не стандартизированных. При этом способ [2] включает операции по определению марки F , например, насыщение образцов водой, термоциклирование, оценку поврежденности образцов тем или иным образом (в частности по относительному снижению прочности $\Delta R/R$) и т.д. В силу этого, преимущества и недостатки способа [2] обуславливаются методами, использованными для определения марки F бетона. Для бетона попытки повысить точность определения марки F путем испытаний выборки образцов вместо одного малоперспективны из-за большого разброса свойств отдельных образцов, изготовленных из одного замеса. Этот разброс свойств увеличивает разброс результатов испытаний и не позволяет значительно сузить доверительный интервал

выборочных средних.

Наиболее близок к предполагаемому способ определения морозостойкости камня [3 - RU 2380681 C1, МПК G01N 33/60, 33/38. опубл. 27.01.2010], заключающийся в том, что насыщенный водой образец естественного или искусственного камня (кирпича, бетона) замораживают до нормативной температуры, размораживают и замеряют остаточные деформации. Перед замораживанием неразрушающим методом определяют пороговую нагрузку L_0 , отвечающую пределу R длительной прочности при сжатии. После ряда термоциклов измеряют остаточную деформацию размороженного образца в направлении, перпендикулярном предшествующему сжатию. Добиваются не меньшей остаточной деформации циклическим сжатием образца в прежнем направлении от нулевой до нагрузки, превышающей пороговую не более чем на треть. Повторяя эти операции, определяют количество термоциклов, необходимых для снижения предела длительной прочности до требуемого стандартом значения.

Недостаток прототипа - невозможность определения с его помощью зависимости марки F бетона от водоцементного отношения - обусловлен тем, что при определении пороговой нагрузки L_0 случайную погрешность ΔL_0 не удастся свести ниже 1% [3 с 2.]. Так как знаки случайных погрешностей ΔL_0 перед началом и после термоциклирования могут быть противоположными, то при действительном снижении пороговой нагрузки L_0 всего на 3% может быть зарегистрировано снижение на 5%. Следовательно, возможная ошибка в определении относительного снижения прочности $\Delta R/R$ достигает 66% и приблизительно такого же значения в определении марки F при заданном водоцементном отношении. Эти случайные ошибки в определении марки F при разных водоцементных отношениях могут изменить знак приращения марки F по морозостойкости при переходе от одного значения водоцементного отношения к другому, т.е. исказить даже вид зависимости F от водоцементного отношения.

Задача, решаемая изобретением - расширение арсенала технических средств определения зависимости марки морозостойкости бетона от водоцементного отношения, технический результат заключается в реализации этого назначения.

Решение поставленной задачи достигают тем, что, как и в прототипе, насыщенный водой образец бетона замораживают до нормативной температуры; размораживают (термоциклируют) и замеряют при этом деформацию, перед замораживанием неразрушающим методом определяют пороговую нагрузку L_0 , отвечающую пределу R длительной прочности образца при сжатии, измеряют остаточную деформацию размороженного образца в направлении, перпендикулярном предшествующему сжатию, добиваются не меньшей остаточной деформации циклическим сжатием образца в прежнем направлении от нулевого значения до нагрузки, превышающей пороговую не более чем на треть и повторяют эти операции. Но в отличие от прототипа, предварительно изготавливают, по крайней мере, два образца с разными водоцементными отношениями, чередуют термоциклирование и циклическое сжатие образца с наименьшим водоцементным отношением до нарушения пропорциональности между относительной остаточной деформацией и общим числом циклов, рассчитывают отношение относительного снижения пороговой нагрузки к относительной остаточной деформации, марку бетона по морозостойкости образца с наименьшим водоцементным отношением, а также относительную остаточную деформацию ϵ_M , соответствующую снижению предела прочности, оговоренному стандартом для марки по морозостойкости исследуемого бетона,

чередуют термоциклирование и циклическое сжатие остальных образцов до достижения остаточной деформации ϵ_M , а необходимое для этого количество циклов принимают за марку по морозостойкости бетона, по полученным результатам определяют параметры функции, аппроксимирующей экспериментальные результаты.

Экспериментально установлены следующие особенности деградации бетона:

I - для образцов бетона, изготовленных из одной и той же сухой смеси по одинаковой технологии, но с разными водоцементными отношениями, мера поврежденности z , определяемая как отношение относительного снижения предела прочности $\Delta R/R$ к относительной остаточной деформации $\epsilon: z = (\Delta R/R) : \epsilon$ не зависит от значений водоцементного отношения, относительной остаточной деформации ϵ , прочности R ; но зависит от вида цемента, заполнителя и доли песка в заполнителе;

II - при водоцементном отношении меньше 0,45 пропорциональность между относительным снижением предела прочности $\Delta R/R$ образца и общим числом термоциклов и циклов сжатия сохраняется до значения относительного снижения предела прочности $\Delta R/R$ не менее 0,45; это граничное значение резко снижается при увеличении водоцементного отношения и уже при водоцементном отношении больше 0,55 пропорциональность между относительной остаточной деформацией ϵ и числом циклов сжатия и термоциклов может отсутствовать с первых циклов.

С учетом I особенности марку F образца бетона с водоцементным отношением меньше 0,45 можно оценить на основании опытных данных по формуле

$$F = c[\Delta(\Delta R/R)/R/R], \quad (1)$$

где $[\Delta R/R]$ - допустимое относительное снижение предела прочности, оговоренное стандартом, в частности [ГОСТ 10060. 1-95 п.7.1], например 0,05, для тяжелого бетона;

«с» - число циклов до нарушения пропорциональности между относительным снижением предела прочности $\Delta R/R$ и числом термоциклов и циклов сжатия.

В этом случае наибольшая относительная погрешность $\Delta F/F$ нахождения марки F определяется погрешностью определения относительного снижения предела прочности $\Delta R/R$. А при $\Delta R/R$ больше 0,6 и определении пороговой нагрузки L_0 с точностью до 1% значение $\Delta F/F$ не превышает 4%. Таким образом, чередование термоциклирования и циклического сжатия образцов до нарушения пропорциональности между относительной остаточной деформацией ϵ и числом циклов позволяет снизить погрешность определения марки F по морозостойкости при заданном водоцементном отношении с 66% до 4%. С другой стороны, такое циклирование позволяет определить меру поврежденности z . Затем рассчитать относительную остаточную деформацию, отвечающую допустимому относительному снижению предела прочности, оговоренному стандартом, по формуле:

$$\epsilon_M = [\Delta R/R] : z,$$

где ϵ_M - относительная остаточная деформация;

$[\Delta R/R]$ - допустимое относительное снижение предела прочности, оговоренное стандартом, в частности [ГОСТ 10060.1-95 п.7.1].

Тогда, определив экспериментально зависимость относительной остаточной деформации s от числа циклов, можно, даже при отсутствии ее линейности, найти соответствующие число циклов, т.е. марку F и при высоком значении водоцементного отношения. Таким образом, можно найти ряд значений марки F по морозостойкости бетона при различных водоцементных отношениях, необходимый для аппроксимации зависимости F от водоцементного отношения либо графически, либо функцией с тем или иным количеством параметров. В частности, для аппроксимации можно использовать известную [5 - 344 с.- Воронцова. Е.А. XL неделя науки СПбГПУ:

материалы международной научно-практической конференции Ч.І. - СПб.: Изд. Политехн. ун-та, 2011. - 430 с.] двухпараметрическую функцию:

$$F = A(B/C)^{-\lambda} \quad (2)$$

5 где F - марка по морозостойкости,

A - марка по морозостойкости при водоцементном отношении, равном единице, $\lambda = \text{const}$,

Для уточнения значений A и λ в этой зависимости достаточно выяснить марки F только при двух значениях водоцементных отношений.

10 Предложенный способ реализуют следующим образом. Готовят сухую смесь цемента и заполнителя, входящих в исследуемый бетон. Смесь делят на несколько частей, используя их для изготовления бетонных смесей с разными водоцементными отношениями, например, двумя: B_1/C и B_2/C , и укладывают в формы для
15 изготовления образцов. Образцы могут изготавливаться, например, согласно изобретению по патенту [RU 2370767 C1, МПК G01N 33/38, опубликован 20.10.2009]. После необходимого твердения образцов неразрушающим методом определяют пороговую нагрузку, отвечающую пределу длительной прочности образца при сжатии. Насыщенный водой образец бетона с наименьшим водоцементным
20 отношением B_1/C замораживают до нормативной температуры, размораживают (термоциклируют) и измеряют при этом деформацию. После ряда термоциклов измеряют остаточную деформацию размороженного образца в направлении, перпендикулярном предшествующему сжатию, добиваются не меньшей остаточной
25 деформации циклическим сжатием образца в прежнем направлении от нулевой до нагрузки, превышающей пороговую не более чем на треть. Повторяют операции термоциклирования и циклического сжатия до нарушения пропорциональности между относительной остаточной деформацией и числом циклов. После нарушения этой пропорциональности испытания прекращают, определяют наибольшее значение числа
30 циклов «с» до которого она еще сохранялась, соответствующие значения относительного снижения пороговой нагрузки $\frac{\Delta L_0}{L_0}$, равной относительному

$$L_0$$

35 снижению прочности $\frac{\Delta R}{R}$, и значение относительной остаточной деформации ϵ .

Рассчитывают отношение относительного снижения пороговой нагрузки к относительной остаточной деформации, марку F_1 образца с наименьшим водоцементным отношением B_1/C по формуле (1), а также относительную остаточную
40 деформацию ϵ_M , соответствующую снижению предела прочности, оговоренному стандартом для марки по морозостойкости исследуемого бетона по формуле: $\epsilon_M = [\Delta R/R] \cdot z$. Затем испытывают образец с наибольшим водоцементным отношением B_2/C , чередуя термоциклирование и циклическое сжатие до достижения остаточной
45 деформации ϵ_M . Определяют необходимое для этого общее число циклов и принимают его за марку F_2 по морозостойкости второго образца бетона с водоцементным отношением B_2/C .

50 По полученным результатам рассчитывают параметры функции, аппроксимирующей экспериментальные результаты. Например, вытекающее из (2) равенство

$$F_1/F_2 = (B_2/C)^\lambda / (B_1/C)^\lambda,$$

где F_1 и F_2 - марки по морозостойкости образцов соответственно с водоцементными

отношениями V_1/C и V_2/C ;

позволяет после подстановки в него значений марок F_1 и F_2 по морозостойкости и соответствующих им водоцементных отношений V_1/C и V_2/C рассчитать λ по формуле

$$\lambda = \ln\left(\frac{F_1}{F_2}\right) / \ln\left(\frac{V_1/C}{V_2/C}\right), \text{ т} \quad (3)$$

а зная λ , рассчитать и марку A по морозостойкости при водоцементном отношении V/C , равном единице

$$A = F_1(V_1/C)^\lambda. \quad (4)$$

Полученные выше λ и A из формул (3) и (4), соответственно, подставляем в формулу (2) и получаем искомую зависимость для расчета максимально допустимого значения водоцементного отношения по требуемой марке бетона по морозостойкости.

Проверку способа проводили на образцах-кубах с ребром 15 см в возрасте 88 дней, изготовленных из сухой смеси портландцемента (1 весовая часть) марки 400, песка (2 весовых части), гранитного щебня от 5 до 20 мм (4 весовых части), с водоцементным отношением V_1/C равным 0,45, с водоцементным отношением V_2/C , равным 0,7 и с водоцементным отношением V_3/C , равным 0,6. Для образцов с водоцементным отношением V_3/C , равным 0,6 базовым методом [ГОСТ 10060.1-95] была определена марка F_3 по морозостойкости, оказавшаяся равной 38. Образцы-кубы, используемые в опытах, в точках пересечения диагоналей двух отформованных противоположных граней имели выступы до 1,5 мм (реперные точки). Расстояние l между реперными точками каждого образца измеряли при $20 \pm 2^\circ\text{C}$ до и после циклирования с помощью скобы с переменной базой и с измерительной головкой часового типа (цена деления 1 мкм, а также с помощью мерных плиток). Пороговую нагрузку L_0 водонасыщенного образца определяли, регистрируя сигналы акустической эмиссии (АЭ) с помощью прибора АФ-15 при циклическом нагружении и разгрузении образца до 0. в первом цикле нагрузку L доводили до 11 т., при отсутствии АЭ в конце разгрузки L увеличили на 5%, и так до тех пор, пока при окончании разгрузки не возникала АЭ. За L_0 принимали среднее L двух последних циклов. Термоциклирование от -20 до 20°C образцов с водоцементными отношениями V_1/C 0,45 и V_2/C 0,7 проводили по 10 раз подряд (декадами), после чего измеряли остаточную деформацию ΔL_t . Затем образец циклически сжимали до нагрузки $1,33 L_0$ в течение одной, двух минут и разгружали. Механические циклы повторяли до тех пор, пока остаточная деформация Δl между реперными точками не превышала Δl_t (от 12 до 19 циклов). После чего проводили очередную декаду термоциклов.

Для образца с меньшим водоцементным отношением V_1/C определение пороговой нагрузки, термоциклирование и циклическое сжатие повторяли до нарушения пропорциональности между относительной остаточной деформацией ϵ и числом циклов, которое зарегистрировали при относительной остаточной деформации s , равной 0,07, $\Delta L_0/L_0$, равном 0,71 и «с», равном 1990. Значение меры поврежденности $z = (\Delta R/R) : \epsilon$ составило 10,1, а число циклов, необходимых для относительного снижения прочности $\Delta R/R$, соответствующего относительному снижению пороговой нагрузки $\Delta L_0/L_0$ на 0,05 оказалось равно 280, что определяет марку F_1 образца с наименьшим водоцементным отношением. Относительная деформация ϵ_M , отвечающая допустимому относительному снижению предела прочности $[\Delta R/R]$ на 0,05, составила 0,00495 и при цитировании образца с большим водоцементным отношением V_2/C , равным 0,7 была достигнута после 12 термоциклов (циклическое сжатие после декады термоциклов не проводилось из-за близости ϵ к ϵ_M), следовательно марку F_2

приняли равной 12. По полученным результатам рассчитали параметры функции, аппроксимирующей экспериментальные результаты. По формуле (3) λ равно 7,13; по формуле (4) A равно 0,94378254. По полученным параметрам по формуле (2) для водоцементного отношения 0,6, определили марку F_3 , составившую 36. Последний
5 результат близок к определенной базовым методом марке F_3 равной 38 при водоцементном отношении В/Ц равном 0,6, что подтверждает корректность предложенного способа.

Из приведенных результатов видно, что достаточно испытаний всего двух образцов
10 с разными водоцементными значениями и использования известных зависимостей по аппроксимации для достижения задачи изобретения.

Предложенный способ расширяет арсенал технических средств определения зависимости морозостойкости бетона от водоцементного отношения, что позволяет оперативно с большой точностью находить максимально допустимое водоцементное
15 отношение по требуемой марке F бетона по морозостойкости в процессе его проектирования.

Формула изобретения

20 Способ определения зависимости марки по морозостойкости бетона от водоцементного отношения, заключающийся в том, что насыщенный водой образец бетона замораживают до нормативной температуры, размораживают (термоциклируют) и замеряют при этом деформацию, перед замораживанием неразрушающим методом определяют пороговую нагрузку, отвечающую пределу
25 длительной прочности образца при сжатии, после ряда термоциклов измеряют остаточную деформацию размороженного образца в направлении, перпендикулярном предшествующему сжатию, добиваются не меньшей остаточной деформации циклическим сжатием образца в прежнем направлении от нулевой до нагрузки,
30 превышающей пороговую не более чем на треть, и повторяют эти операции, отличающийся тем, что предварительно изготавливают, по крайней мере, два образца с разными водоцементными отношениями, чередуют термоциклирование и циклическое сжатие образца с наименьшим водоцементным отношением до нарушения пропорциональности между относительной остаточной деформацией и
35 числом циклов, рассчитывают отношение относительного снижения пороговой нагрузки к относительной остаточной деформации, марку бетона по морозостойкости, а также относительную остаточную деформацию ϵ_M , соответствующую снижению предела прочности, оговоренному стандартом для марки по морозостойкости
40 исследуемого бетона, чередуют термоциклирование и циклическое сжатие остальных образцов с большими водоцементными отношениями до достижения остаточной деформации ϵ_M , а необходимое для этого количество циклов принимают за марку по морозостойкости бетона с большим водоцементным отношением, по полученным
45 результатам рассчитывают параметры функции, аппроксимирующей экспериментальные результаты.