

УДК 691.32

ПРИМЕНИМОСТЬ МЕТОДОВ НАСЫЩЕНИЯ И ВЫСУШИВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ МОРОЗОСТОЙКОСТИ ТЯЖЁЛОГО БЕТОНА

А.А. Чуйко, С.Н. Ковшар

Научно-исследовательская и испытательная лаборатория бетона и строительных материалов (НИИЛ БиСМ) БНТУ, Минск, Республика Беларусь
e-mail: andrey_chuiko@mail.ru, kovshar-36@tut.by

На основании анализа результатов экспериментальных исследований по оценке морозостойкости и солестойкости тяжелого бетона при циклических воздействиях предложена новая методика ускоренной оценки морозостойкости тяжелого бетона, которая позволяет существенно сократить сроки проведения испытаний и отказаться от использования дорогостоящего оборудования.

Ключевые слова: бетон, прочность, морозостойкость, солестойкость, коррозионная стойкость, экспериментальные исследования, методика ускоренной оценки морозостойкости.

APPLICABILITY OF METHODS FOR SATURATION AND DRYING OF HEAVY CONCRETE SAMPLES TO ASSESS ITS FROST RESISTANCE

A. Chuiko, S. Kovshar

Scientific Research and Testing Laboratory of Concrete and Building Materials BNTU,
Minsk, Republic of Belarus
e-mail: andrey_chuiko@mail.ru, kovshar-36@tut.by

Based on the analysis of the results of experimental studies on the assessment of frost resistance and salt resistance of heavy concrete under cyclic impacts, a new method for accelerated assessment of the frost resistance of heavy concrete has been proposed, which can significantly reduce the testing time and eliminate the use of expensive equipment.

Keywords: concrete, strength, frost resistance, salt resistance, corrosion resistance, experimental studies, method of accelerated assessment of frost resistance.

Испытания на морозостойкость бетона занимают продолжительный период времени. Для бетона существуют методы ускоренной оценки морозостойкости, активно применяемые в аккредитованных лабораториях, но все из предложенных методов требуют использования дорогостоящего оборудования (низкотемпературные климатические камеры), больших энергозатрат, специальной подготовки образцов, а также специального оборудования для контроля параметров, принятых для оценки морозостойкости (дилатометр, ультразвуковые приборы и т.д.). Учитывая развитие отрасли, совершенствование применяемых сырьевых материалов и получение в будущем бетонов с высокими характеристиками встала необходимость разработки более упрощённой, экономически целесообразной новой методики ускоренной оценки морозостойкости бетона [1].

За идею потенциальной методики был принят метод, реализованный в [2] при испытаниях крупного заполнителя для бетона из плотных горных пород. Согласно [2] для оценки морозостойкости заполнителя предусмотрен ускоренный (косвенный) метод – насыщение и высушивание в растворе сульфата натрия, где приведена соответствующая таблица для перехода от ускоренных циклов к стандартным циклам замораживания и оттаивания.

С целью оценки применимости методов «насыщения и высушивания» образцов тяжелого бетона для оценки их морозостойкости первоначально использовали две серии образцов, которые отличались видом применяемого вяжущего (таблица 1), характеристиками заполнителей (таблица 3, таблица 4), водоцементными отношениями, расходами сырьевых компонентов (таблица 5).

Таблица 1. — Вид вяжущих, завод-поставщик

Маркировка	Завод изготовитель, вид и марка вяжущего	Минералогический состав, % по массе			
		C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
Ц-1	ОАО «Красносельскстрой-материалы» ПЦ-500-ДО-Н ГОСТ 10178-85	56,2	20,5	6,4	14,5
Ц-2	ОАО «Белорусский цементный завод», ПЦ ЦЕМ I 42,5Н ДП ГОСТ 33174-2014	63,8	14,4	5,7	13,8

Таблица 2. — Характеристики применяемых вяжущих

Маркировка	Истинная плотность, кг/м ³	Нормальная густота, %	Удельная поверхность, м ² /кг	Предел прочности, МПа	
				на изгиб	на сжатие
Ц-1	3180	28,5	318,0	6,14	54,7
Ц-2	3120	27,0	332,0	8,1	50,8

Таблица 3. — Характеристики применяемого мелкого заполнителя

Маркировка	Место нахождения карьера	Модуль крупности, Мк	Содержание пылевидных и глинистых частиц, %	Насыпная плотность, кг/м ³	Содержание глины в комках, % г	Полный остаток на сите 0,63, %
П-1 «Пасека 1»,	г. Любань	2,60	3	1500	0,5	45,3
П-2 «Понизовское»	г. Логойск	2,78	1,2	1600	0,1	58,2

Таблица 4. — Характеристики применяемого крупного заполнителя

Маркировка	Зерновой состав, полные остатки на ситах, % по массе				Насыпная плотность, кг/м ³	Содержание зёрен пластинчатой и игольчатой формы, %	Содержание зёрен слабых пород, %	Содержание глины в комках, % г	Марка по морозостойкости
	1.25D	D	0.5(Ф+D)	d					
Щ1	0	3,14	54,57	97,56	1400	22,5	1,6	0	F300
Щ2	0	5,13	49,48	97,04	1410	20,2	1,5	0	F300

Таблица 5. — Составы применяемых бетонных смесей

Маркировка	Расход составляющих на 1 м ³ бетонной смеси, кг			
	цемент	песок	щебень	вода
1	350	710	1100	170
2	260	850	1160	170

Первая серия включала 150 образцов, вторая – 78 образцов (меньшее количество образцов было принято исходя из анализа результатов испытаний первой серии образцов). Количество образцов на каждый, принятый режим испытаний определялось из условия получения не менее 6 значений прочности на сжатие и массы образцов, включая контрольные образцы.

Для проведения исследований были изготовлены серии контрольных и основных образцов кубов с ребром 100 мм, при этом были обеспечены их идентичные условия формования и выдерживания до испытаний. Перед испытаниями образцы выдерживались в условиях нормально-влажностного твердения в течении 28 суток, после чего часть образцов подвергались испытаниям по третьему ускоренному методу согласно [3], обозначая контрольные точки через заданное количество циклов, отмечая потерю массы и прочности образцов. Другая часть образцов подвергалась испытаниям по предлагаемой новой методике, а именно:

- насыщение образцов в растворе «модельной» среды с температурой $(20\pm 2)^\circ\text{C}$ – 16 часов;
- сушка образцов при температуре $(105\pm 2)^\circ\text{C}$ – 7 часов;
- часовая выдержка на воздухе при температуре $(20\pm 2)^\circ\text{C}$.

Окончательный выбор «модельной» среды основывался на предварительных результатах испытаний по оценке увеличения массы образцов с каждым циклом испытаний, а также по величине потери прочности. В качестве модельных сред для исследования были приняты 5 и 10% растворы хлористого натрия и раствор сульфата натрия.

Динамика потери прочности при замораживании оттаивании составов №1 и №2 третьим методом по [3] отображена на рисунке 1.

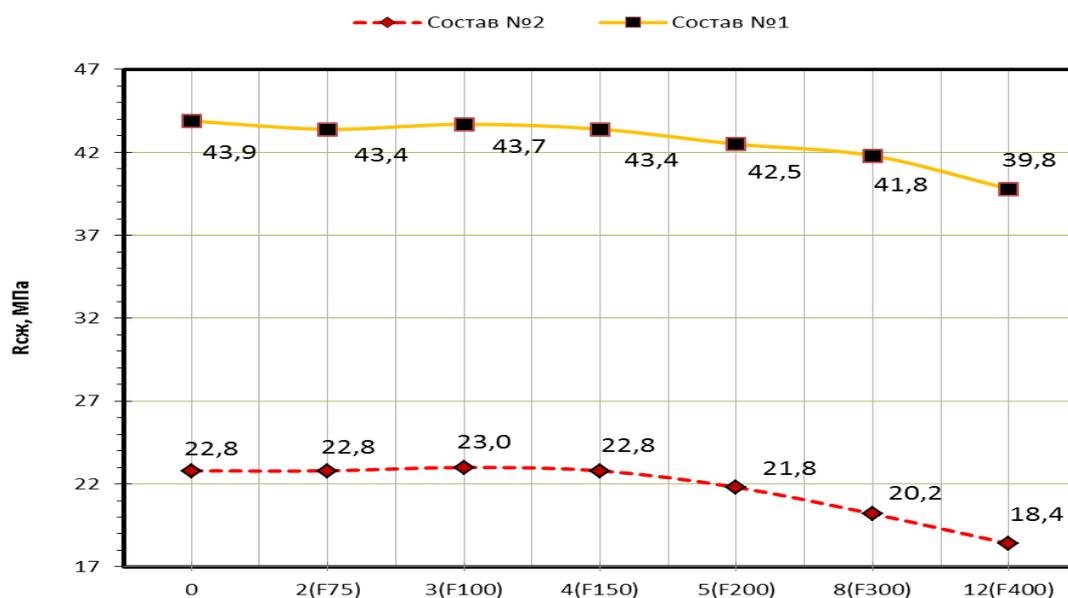


Рисунок 1. — Динамика потери прочности при замораживании оттаивании составов №1 и №2 третьим методом по [3]

Динамика потери прочности при насыщении и высушивании состава по исследовательскому режиму в 5% растворе хлористого натрия отображена на рисунке 2.

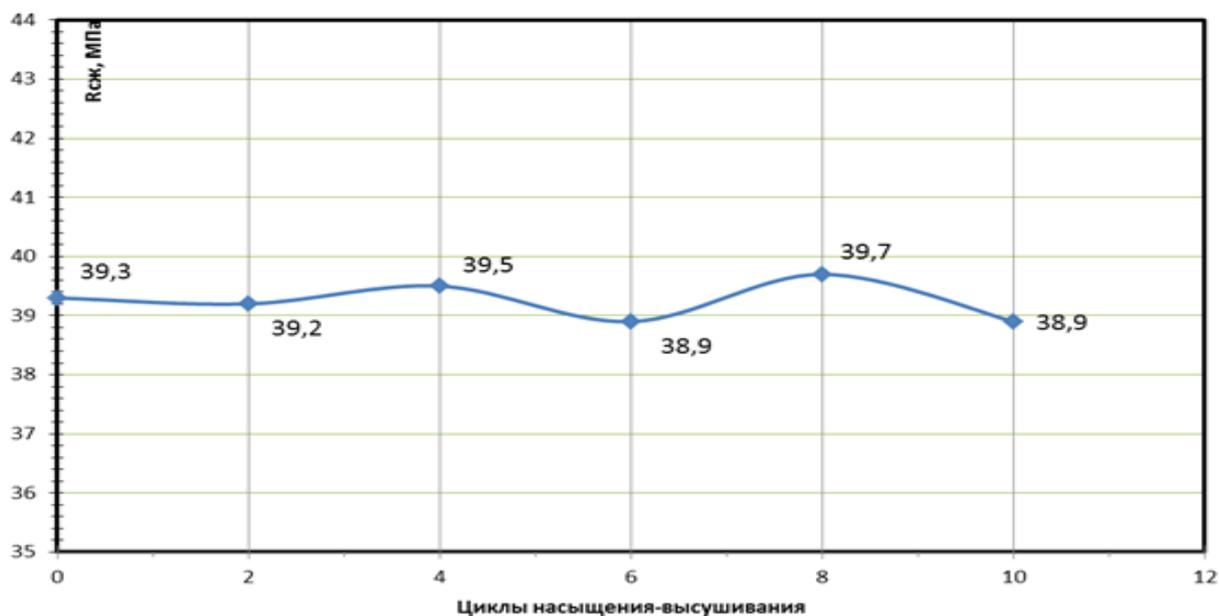


Рисунок 2. — Динамика потери прочности образцов бетона состава №1 в 5% растворе хлористого натрия

Динамика потери прочности при насыщении и высушивании состава по исследовательскому режиму в 10% растворе хлористого натрия отображена на рисунке 3.

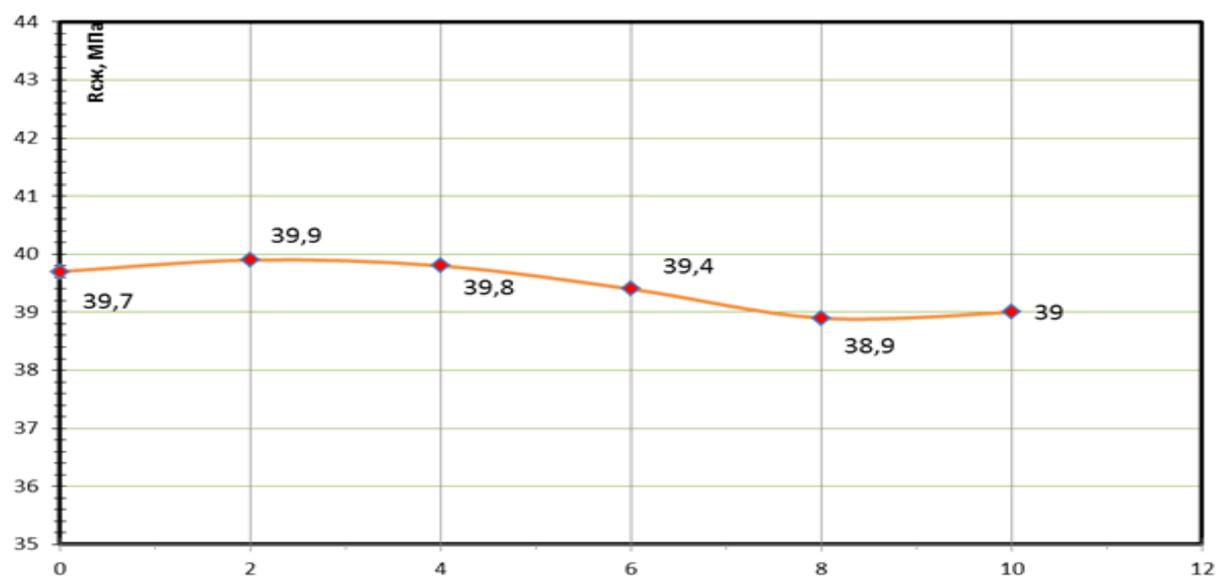


Рисунок 3. — Динамика потери прочности образцов бетона состава №1 в 10% растворе хлористого натрия

Динамика потери прочности образцов бетона при испытании насыщением и высушиванием в растворе сульфата натрия отображена на рисунке 4.

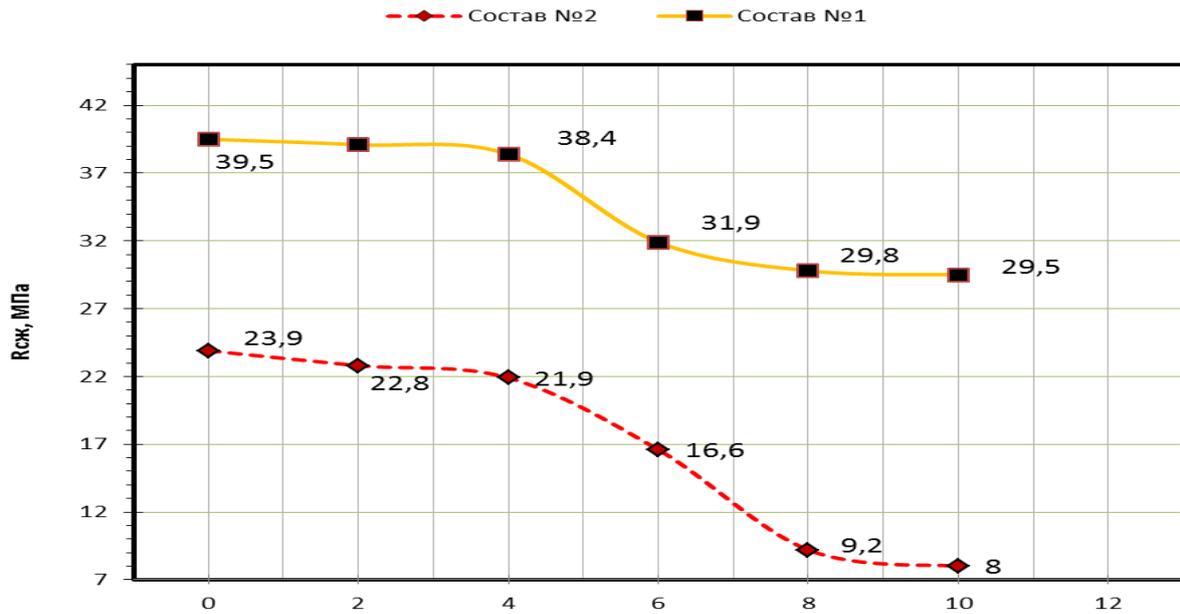


Рисунок 4. — Динамика потери прочности при насыщении высушивании составов №1 и №2 в растворе сульфата натрия

Основные выводы по исследованию:

1. Насыщение и высушивание образцов бетона в 5% и 10% растворах хлористого натрия (NaCl) не показало закономерной динамики потери прочности образцов. Разумеется, нельзя отрицать возможность более выраженного разрушающего воздействия при продолжительном циклировании. Однако перспективность данного исследования заключается в разработке ускоренной методики морозостойкости и солестойкости бетона, поэтому исследованию подлежали 10 циклов.

2. Насыщение и высушивание образцов в растворе сульфата натрия (Na_2SO_4) привело к процессам разрушения в структуре бетона и как следствие – потере прочности в двух исследуемых составах №1 и №2. Испытания в данной среде методом насыщения и высушивания могут быть применимы для разработки новой методики ускоренной оценки морозостойкости бетона.

3. Потеря прочности образцов в модельной среде Na_2SO_4 объяснима коррозионными процессами, возникающими в структуре бетона в результате агрессивного воздействия соли. При этом лимитирующей является коррозия третьего вида, связанная с образованием новообразований в порах бетона: кристаллов соли, которые по мере накопления способствуют созданию дополнительных внутренних напряжений, приводящих к появлению трещин и разрушению бетона.

4. Рисунки 1 и 4 подтверждает схожесть динамики изменения прочностных характеристик бетона состава №1 и №2 при испытаниях по разным режимам. Похожий характер кривых при «замораживании и оттаивании» и «насыщении-высушивании» образцов в растворе Na_2SO_4 (сульфата натрия) подтверждает предположение об идентичности факторов, влияющих на морозостойкость и солестойкость тяжелого бетона, т.е. механизм деструкции бетона аналогичен.

Выполненный анализ результатов экспериментальных исследований позволил сформулировать основные требования к новой методике ускоренной оценки морозостойкости бетона, а именно:

- один цикл насыщения-высушивания по принятому режиму соответствует 50 циклам замораживания-оттаивания;

– в качестве критериев разрушения бетона может быть принята потеря прочности не более 20% при отсутствии требований к потере массы образцов (в виду процесса соле-накопления).

В качестве примера, морозостойкость бетона марки F300 по данной методике можно оценить за 7 рабочих дней, тогда как ускоренным методом (третий метод по [3]) с учётом подготовки образцов и проведения испытаний в одну смену, на это понадобится около 12 дней.

В настоящее время авторами проводятся дополнительные исследования по оценке точности, предлагаемой методики ускоренной оценки морозостойкости тяжелого бетона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ускоренные методы определения морозостойкости бетона. Обзорная информация/ Ю.В. Чеховский, А.В. Лифшиц // Промышленность сборного железобетона; обзорная информация – Москва: ВНИИЭСМ, 1986. – Выпуск 1. – Серия 3. – 45 с.
2. ГОСТ 8269.0-97 Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний. — Минск: Минстройархитектуры РБ, 1999. — 60 с.
3. ГОСТ 10060.2-95 Бетоны. Ускоренные методы определения морозостойкости при многократном замораживании и оттаивании. — Минск: Минстройархитектуры РБ, 1997. — 4 с.