

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 8, №5 (2016) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol8-5>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/88TVN516.pdf>

Статья опубликована 24.11.2016.

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Несветаев Г.В., Корчагин И.В., Лопатина Ю.Ю., Халезин С.В. О морозостойкости бетонов с суперпластификаторами // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №5 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/88TVN516.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

**УДК 691.32**

**Несветаев Григорий Васильевич**

ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет», Россия, Ростов-на-Дону<sup>1</sup>  
Заведующий кафедрой «Технологии строительного производства»  
Доктор технических наук, профессор  
E-mail: nesgrin@yandex.ru

**Корчагин Игорь Вячеславович**

ОП ЗАО «Международные Строительные Системы», Россия, Сочи  
Ведущий - технолог  
E-mail: igor\_korchagin@inbox.ru

**Лопатина Юлия Юрьевна**

ООО «Ирдон», Россия, Шахты  
Заведующая лабораторией  
E-mail: Lady\_julia@mail.ru

**Халезин Сергей Валерьевич**

ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет», Россия, Ростов-на-Дону  
Аспирант  
E-mail: ya.serega.kh@yandex.ru

## **О морозостойкости бетонов с суперпластификаторами**

**Аннотация.** Получено соотношение между морозостойкостью бетонов  $F_1$ , в т.ч. с воздухововлекающими добавками, и пределом прочности на сжатие  $R$ . Показано, что применение суперпластификаторов на основе эфиров поликарбоксилатов, нафталинсульфонатов и лигносульфонатов оказывает неоднозначное влияние на соотношение открытой  $P_o$  и условно-закрытой  $P_{uz}$  пористости и морозостойкость цементного камня. Уточнена зависимость морозостойкости бетона от критерия  $P_{uz}/0,09 \cdot P_o$ . На основании сопоставления зависимости морозостойкости от величины  $V/C$  и от критерия  $P_{uz}/0,09 \cdot P_o$  выявлены две области: при значениях  $V/C$  менее 0,38, т.е. для высокопрочных бетонов, определяющим морозостойкость фактором является величина  $V/C$ , а при значениях  $V/C$  более 0,4 – критерий  $P_{uz}/0,09 \cdot P_o$ . Установлено, что бетоны, полученные на основе заполнителей с гранулометрическим составом, удовлетворяющим требованиям для перекачиваемых бетонных смесей, характеризуются высшей морозостойкостью. Показано, что для бетонов с каркасной структурой критерии потери массы и снижения динамического модуля упругости не отражают изменение прочности бетона при замораживании-оттаивании. Сформулированы

---

<sup>1</sup> 344022, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162

количественные требования к основным параметрам структуры для получения бетонов с морозостойкостью более  $F_{1600}$  ( $F_{2000}$ ).

**Ключевые слова:** бетон; суперпластификатор; морозостойкость; вовлеченный воздух; открытая пористость; условно-закрытая пористость; критерий морозостойкости

Согласно СП 63.13330, п. 4.1, «железобетонные конструкции всех типов должны удовлетворять требованиям... по долговечности...». Согласно СП 28.13330, п. 5.1, для обеспечения долговечности железобетонных конструкций следует применять бетоны, стойкие к воздействию агрессивной среды. Для конструкций, эксплуатируемых в атмосферных условиях, особенно при систематическом водонасыщении, агрессивным фактором является циклическое замораживание-оттаивание, в связи с чем морозостойкость бетона является «...основным нормируемым и контролируемым показателем качества бетона» (СП 63.13330, п. 6.1.3). Как известно, все свойства бетона зависят от величины водоцементного отношения В/Ц, в частности, согласно [1], предел прочности бетона на сжатие  $R$  связан с В/Ц зависимостью (рис. 1)

$$R = aR_{ц} \left( \frac{B}{Ц} \right)^{-1,3885}, \quad (1)$$

где  $a$  – коэффициент, характеризующий качество заполнителей,  $R_{ц}$  – активность цемента,

а морозостойкость бетона  $F_1$  связана с В/Ц зависимостью [1] (рис. 1)

$$F_1 = 2k_{ц}k_Ak_T \left( \frac{B}{Ц} \right)^{-5,7} + \Delta F_1, \quad (2)$$

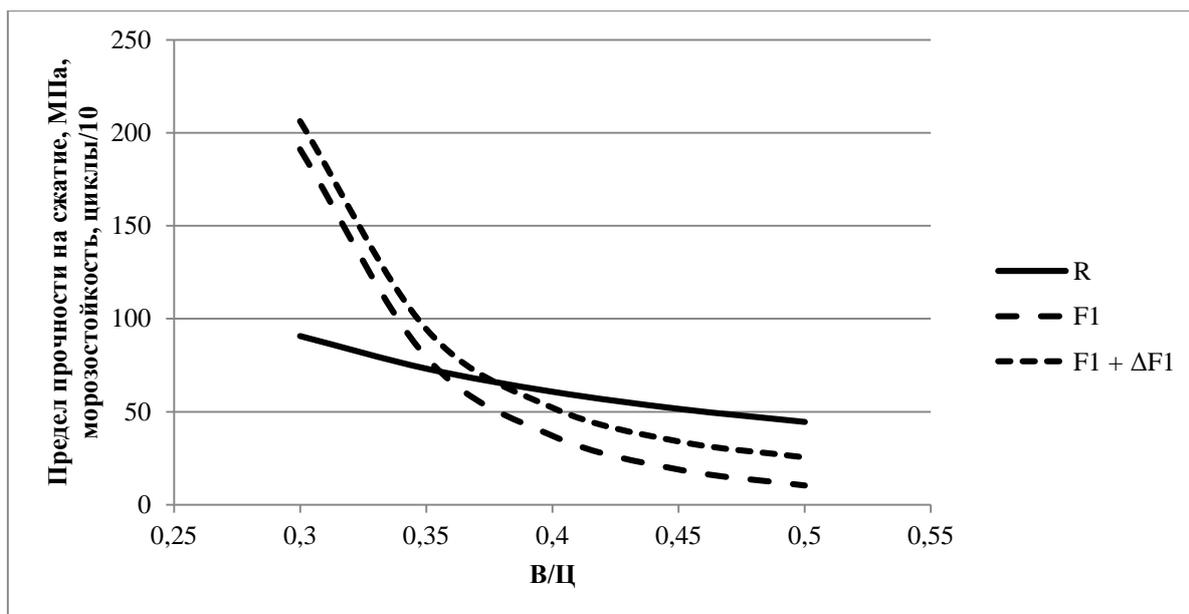
где:  $k_{ц}, k_A, k_T$  – коэффициенты, учитывающие влияние свойств цемента и заполнителей, условий твердения;  $\Delta F_1$  – учитывает влияние вовлеченного воздуха на морозостойкость.

Зависимости ф. (1,2) определяют наличие соотношения между морозостойкостью бетона  $F_1$  без воздухововлекающих (ВВ) добавок и пределом прочности на сжатие  $R$  (рис. 2):

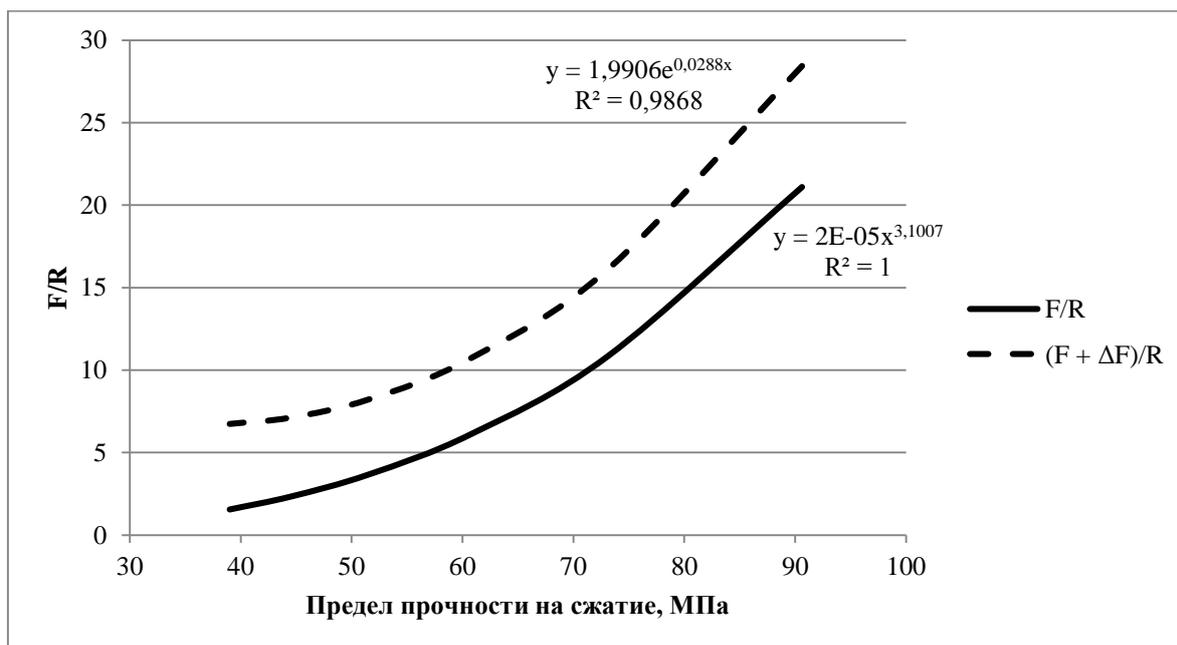
$$\frac{F_1}{R} = 0,00002 \cdot R^{3,1}, \quad (3)$$

а с ВВ добавками (рис. 2):

$$\frac{F_1}{R} = 1,99 \cdot \exp(0,029 \cdot R). \quad (4)$$



**Рисунок 1.** Среднестатистическая зависимость морозостойкости и предела прочности бетона от величины В/Ц: R – предел прочности бетона на сжатие по ф.(1),  $F_1$  – морозостойкость бетонов без ВВ,  $F_1 + \Delta F_1$  – морозостойкость бетонов с ВВ по ф.(2) (разработано автором)



**Рисунок 2.** Среднестатистическое соотношение морозостойкости и предела прочности бетона:  $F/R$  – соотношение морозостойкости бетонов без ВВ и предела прочности бетона на сжатие,  $(F + \Delta F)/R$  – соотношение морозостойкости бетонов с ВВ и предела прочности бетона на сжатие (разработано автором)

Указанные выше зависимости ф. (1-4) обусловлены определяющим влиянием на прочность и морозостойкость бетона его пористости, которая, как известно, в основном определяется величиной В/Ц, степенью гидратации цемента, собственными деформациями цементного камня (бетона) при твердении [2, 3]. В связи с тем, что суперпластификаторы (СП) могут оказывать влияние на характер пористости цементного камня [3] и, закономерно, на его морозостойкость [4, 5], задача по уточнению основных закономерностей,

определяющих морозостойкость бетона с СП, приобретает особую актуальность. Поскольку на морозостойкость бетона, помимо В/Ц, оказывают влияние такие факторы, как вещественный состав цемента, химико-минералогический состав клинкера, наличие добавок, в частности, СП, ВВ, условия твердения, что в определенной степени учитывает ф.(2) посредством коэффициентов, то изменение морозостойкости бетона при варьировании указанных факторов может происходить в значительно более широком диапазоне в сравнении с изменением прочности при равном значении В/Ц, вот почему бетоны одного класса по прочности на сжатие могут характеризоваться различными марками по морозостойкости. В связи с этим совершенствование методик проектирования составов бетонов, особенно высокопрочных, с высокой морозостойкостью на основе развития представлений и получения или уточнения количественных зависимостей между параметрами структуры, показателями качества материалов и морозостойкостью бетона представляет актуальную задачу.

Ранее [6] было показано, что СП на основе эфиров поликарбоксилатов могут изменять пористость и прочность цементного камня и бетона, при этом какие-либо общие закономерности не установлены. В табл. 1 представлены результаты исследования влияния СП на пористость и морозостойкость цементного камня с величиной В/Ц = 0,27. В качестве критерия морозостойкости принята величина деформаций остаточного расширения цементного камня 0,1% после оттаивания. В качестве СП использовались: Glenium 115 (на основе эфиров поликарбоксилатов), Glenium ACE 430 (на основе эфиров поликарбоксилатов), Glenium 323 MIX (на основе эфиров поликарбоксилатов и лигносульфонатов), Reobuild 181k (на основе нафталинсульфоната).

**Таблица 1**

**Пористость и морозостойкость цементного камня (составлено автором)**

Суперпластификатор	Пористость и морозостойкость цементного камня			
	Верхнебаканский	Октябрь	Первомайский	Пролетарий
Нет	0,157 <sup>1</sup>	0,161	0,171	0,165
	0,0075 <sup>2</sup>	0,009	0,005	0,0077
	0,529 <sup>3</sup>	0,622	0,334	0,517
	208(100) <sup>4</sup>	75(100)	289(100)	198(100)
Glenium 323 MIX	0,165 – 0,167	0,186	0,179 – 0,179	
	0,0076 – 0,0092	0,017	0,018 – 0,016	
	0,513 – 0,608	1,0	1,12 – 1,02	
	51(25) – 69(33)	67(89)	50(17) – 82(28)	
Glenium 115	0,164 – 0,16		0,165 – 0,166	
	0,0088 – 0,01		0,006 – 0,008	
	0,598 – 0,722		0,434 – 0,538	
	33(16) – 52(25)		50(17) – 89(31)	
Glenium ACE 430	0,167 – 0,165	0,198 – 0,203	0,173 – 0,169	0,153
	0,0077 – 0,077	0,018 – 0,021	0,006 – 0,006	0,0026
	0,513 – 0,52	1,02 – 1,17	0,408 – 0,418	0,192
	56(27) – 93(45)	163(217) – 43(57)	83(29) – 105(36)	191(96)
Reobuild 181k		0,168	0,145	0,164
		0,01	0,036	0,012
		0,678	2,83	0,806
		317(422)	63(22)	166(84)

*Примечания: 1 – открытая пористость  $P_o$ , доли единицы; 2 – условно-закрытая пористость  $P_{уз}$ , доли единицы; 3 – величина  $P_{уз}/0,09 \cdot P_o$ ; 4 – морозостойкость, циклы  $F_1$  (относительная морозостойкость, %)*

Из представленных в табл. 1 данных очевидно, что СП может вызывать изменение величины  $\Pi_{\text{уз}}/0,09 \cdot \Pi_0$  (один из возможных критериев морозостойкости – см. табл. 2) и морозостойкости цементного камня, причем, в основном отмечается снижение морозостойкости цементного камня с СП, а явной зависимости морозостойкости и величины  $\Pi_{\text{уз}}/0,09 \cdot \Pi_0$  нет. Аналогичные результаты ранее получены в [6]. Полученные результаты ни в коей мере не означают, что при использовании СП на основе эфиров поликарбоксилатов либо на другой основе не могут быть получены бетоны высокой морозостойкости, поскольку, во-первых, формирование структуры цементного камня в бетоне в присутствии минеральной подложки – заполнителей, и чистого цементного камня, использованного в настоящем исследовании и в [6], не тождественно. Во-вторых, помимо собственно морозостойкости цементного камня на морозостойкость бетона оказывает влияние, в частности, его макроструктура и наличие ВВ добавок.

Исследователями неоднократно предлагались [1] различные критерии для оценки морозостойкости бетонов, некоторые из них представлены в табл. 2.

**Таблица 2**

**Критерии морозостойкости бетонов (составлено автором с использованием данных [1])**

№	Автор	Критерий	Пояснения
1	Шейкин А.Е., Добшиц Л.М.	$K_{\text{мпз}} = \frac{\Pi_{\text{уз}}}{0,09 \Pi_{\text{и}}} =$ $= \frac{0,456 \alpha}{\left(\frac{B}{C} - 0,271 \alpha\right)}$ $F = 307 K_{\text{мпз}}^{0,57}$	$\Pi_{\text{уз}}$ – условно-замкнутая (резервная пористость); $\Pi_{\text{и}}$ – открытая пористость; $C, B$ – расход цемента и воды, кг/м <sup>3</sup> ; $F$ – морозостойкость бетона, циклы
2	Кунцевич О.В.	$\Pi_{\text{уз}} = \frac{\kappa \alpha \rho_{\text{ц}}}{1 + \frac{B}{C \rho_{\text{ц}}}}$	$\kappa = 0,06 - 0,09$ $\alpha$ – степень гидратации; $\rho_{\text{ц}}$ – истинная плотность цемента
3	Вайтсайд Т., Свит Х.	$C = \frac{V_L}{V_L + V_B}$	$V_L$ – объем замерзающей воды, $V_B$ – объем воздуха, $C < 0,88$ – морозостойкие бетоны
4	Горчаков Г.И.	$\Pi_{\text{к}} = \frac{B - 0,5 \alpha C}{10}$ $F = (12 - \Pi_{\text{к}})^{2,7}$	$\alpha$ – степень гидратации; $C, B$ – расход цемента и воды, кг/м <sup>3</sup> ; $F$ – морозостойкость бетона, циклы
5	Дворкин Л.И.	$k = \frac{V_B + V_K}{V_L}$ $F = b(10^k - 1)$ $V_L = B - 0,27 C$ $V_B = V_O - V_3$	$V_B$ – объем эмульгированного воздуха; $V_K$ – объем контракционных пор; $V_L$ – объем льда; $V_O$ – общее воздухововлечение; $V_3$ – заземленный воздух
6	Красный И.М.	$\Phi = \frac{V_{\text{вз}} + V_K}{V_L + V_{\text{во}}}$ $F = f(\Phi)$	$V_{\text{вз}}$ – закрытый воздух; $V_K$ – объем контракционных пор; $V_L$ – объем замерзающей воды; $V_{\text{во}}$ – открытый воздух
7	Кунцевич О.В., Розенберг Т.И.	$\kappa = \frac{\Pi_0 - L + \Pi_p}{L}$ $F = 204,4 \kappa - 25$	$\Pi_0$ – открытая пористость; $L$ – объем льда; $\Pi_p$ – резервная пористость

№	Автор	Критерий	Пояснения
8	Лазарев А.Д.	$F = 0,8R\left(\frac{V_p}{C} - 2,85\right)$	R – предел прочности бетона; C – концентрация цементного теста в бетоне; V <sub>p</sub> – расчетный объем воздуха в бетоне, приведенный к одному размеру пузырьков; V <sub>p</sub> = 0,00387Ц + (0,5...0,6)V <sub>к</sub> + (0,9...1,2)V <sub>м</sub> V <sub>к</sub> – объем крупных пор (защемленный воздух) V <sub>м</sub> – объем мелких пор (вовлеченный воздух за счет ПАВ)

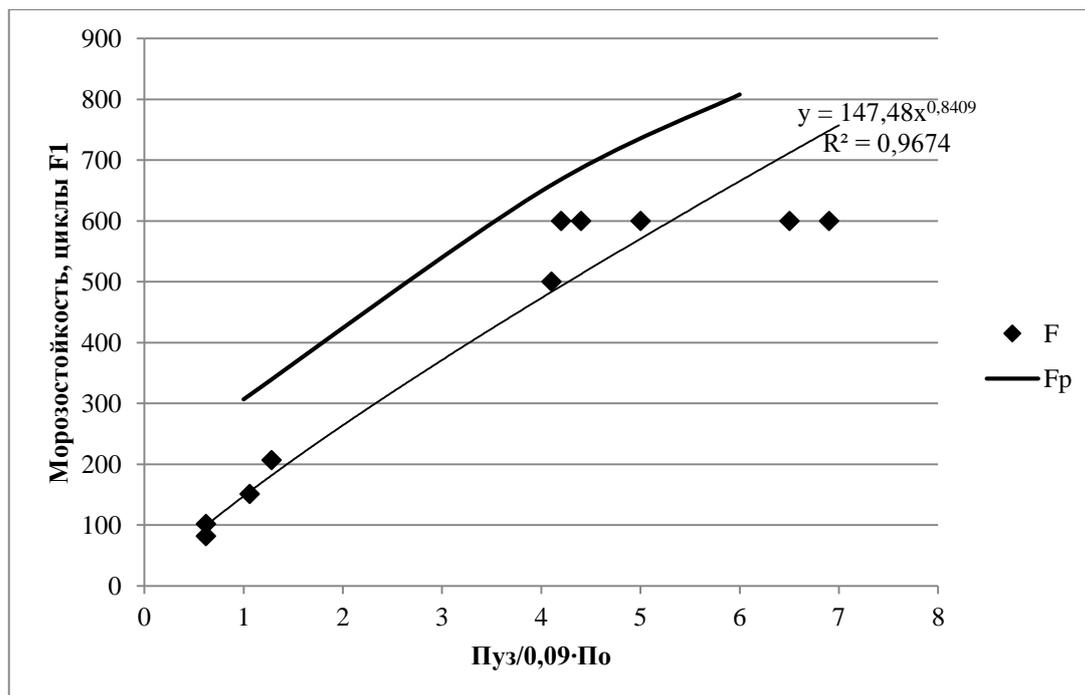
Все представленные в табл. 2 критерии в принципе можно разделить на две группы:

- ориентированы в основном на стадию определения состава бетона, поскольку входящие в них расчетные величины не могут быть определены при контроле бетона неизвестного состава (1, 2, 4, 8);
- пригодные для оценки бетона неизвестного состава по результатам оценки показателей пористости (3, 5, 6, 7).

В принципе, сущность всех представленных в табл. 2 критериев сводится к соотношению (в том или ином виде) открытой  $\Pi_0$  и условно-закрытой  $\Pi_{уз}$  пористости:

$$F = f\left(\frac{\Pi_{уз}}{\Pi_0}\right). \quad (5)$$

На рис. 3 представлены результаты по уточнению зависимости  $\phi$ .(4) с учетом данных авторов и [7].



**Рисунок 3.** Зависимость морозостойкости бетонов от величины  $\Pi_{уз}/0,09 \cdot \Pi_0$   $F_p$  – по  $\phi$ .(1) табл. 1 (разработано автором)

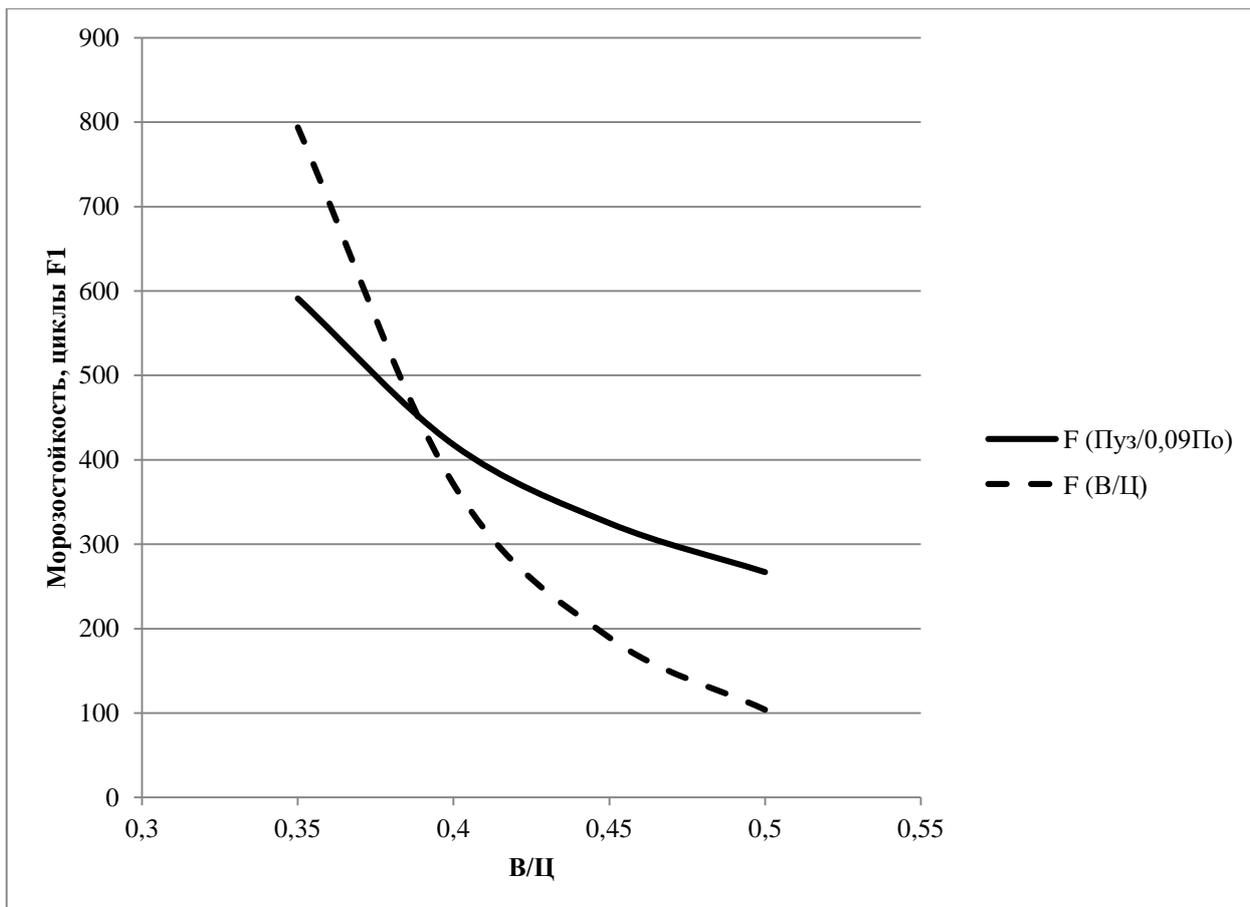
Из представленных на рис. (3) данных очевидно, что зависимость морозостойкости бетона от величины  $\Pi_{уз}/0,09 \cdot \Pi_0$ , полученная по данным авторов и [7], качественно идентична ранее установленной зависимости (1) табл. 1, имеется некоторое количественное с ней расхождение, возможно, обусловленное некоторыми различиями методики определения

морозостойкости бетона по предыдущей редакции ГОСТ 10060 (1 в табл. 1) и по ГОСТ 10060-2012:

$$F_1 = 147,5 \cdot \left(\frac{\Pi_{уз}}{0,09 \cdot \Pi_0}\right)^{0,84}. \quad (6)$$

Следует отметить, что бетоны с морозостойкостью не менее  $F_{1600}$  ( $F_{200}$ ) характеризуются, как правило, величиной открытой пористости не более 7%.

Представляет интерес сопоставление зависимостей морозостойкости бетона от величины В/Ц по ф.(2) и от величины  $\Pi_{уз}/0,09 \cdot \Pi_0$  по ф.(6) (рис. 4). Поскольку величины  $\Pi_0$  и  $\Pi_{уз}$  на стадии расчета состава бетона могут быть определены через величину В/Ц, то на рис. 4 обе зависимости представлены в виде функции от величины В/Ц.



**Рисунок 4.** Зависимость морозостойкости бетона от величины В/Ц по ф.(2) и величины  $\Pi_{уз}/0,09 \cdot \Pi_0$  по ф.(6) (разработано автором)

Из рис. 4 очевидно, что существует две области, в каждой из которых доминирующее влияние на морозостойкость бетона оказывают различные факторы. В области относительно высоких значений В/Ц условно-закрытая, или резервная пористость оказывает существенное влияние на морозостойкость бетона, в связи с чем отмечаются более высокие значения морозостойкости, определенные по ф. (6) в сравнении с ф.(2). В области низких значений В/Ц определяющим становится резкое сокращение капиллярной пористости, в связи с чем отмечаются более высокие значения морозостойкости, определенные по ф.(2) в сравнении с ф.(6), т.е. в области низких значений В/Ц введение в состав бетонной смеси ВВ для формирования условно-закрытой пористости становится нецелесообразным. Интересно отметить, что возможность получения бетонов с практически «нулевой» капиллярной пористостью отмечалась, в частности, в работах [8-12]. Известны данные о высокой

морозостойкости высокопрочных бетонов, имеющих низкие значения В/Ц [8, 10, 13]. Таким образом, вопрос о введении ВВ в состав высокопрочных бетонов для обеспечения их высокой морозостойкости становится дискуссионным, несмотря на требования ГОСТ 26633, поскольку, с одной стороны, нецелесообразно введение ВВ, вызывающее снижение прочности, с другой стороны, высокопрочные бетоны при низких значениях В/Ц при выборе соответствующего цемента и заполнителей обладают высокой морозостойкостью.

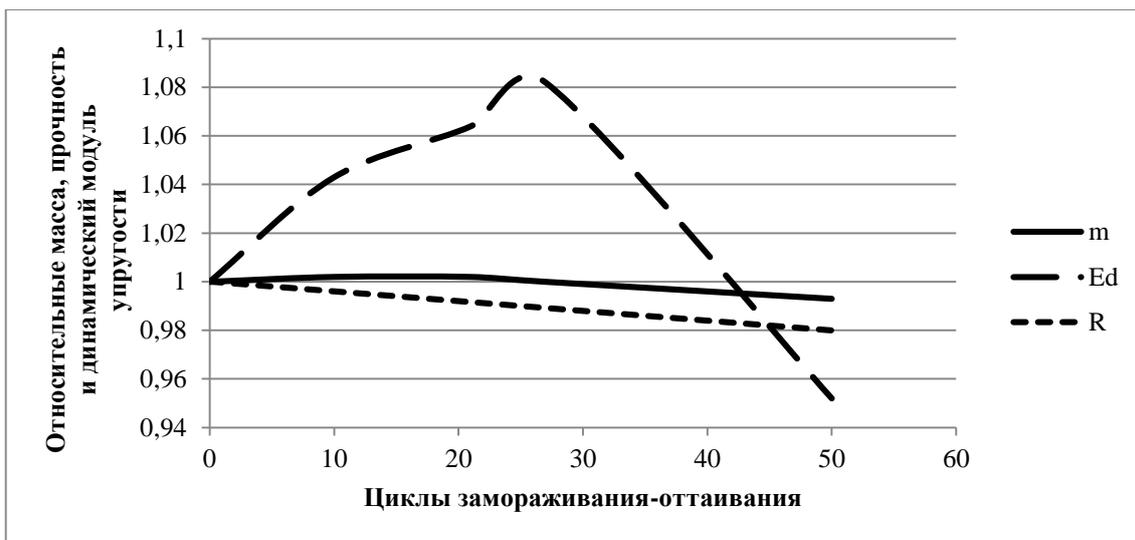
Особое внимание при проектировании состава бетона с высокой морозостойкостью следует уделять рациональной организации его макроструктуры. При перепадах температуры вследствие различий коэффициентов линейного температурного расширения матрицы-оболочки и заполнителя на контакте между ними возникают напряжения, вызывающие при определенных условиях отрыв матрицы от оболочки (радиальные) либо разрыв оболочки (тангенциальные). Значения этих напряжений по формулам Лямэ [11] зависят от соотношения толщины оболочки и размера заполнителя, и деформационных свойств заполнителя и матрицы. Согласно [14] структура самоуплотняющегося бетона с гранулометрическим составом, удовлетворяющим требованиям для перекачиваемых бетонных смесей, характеризуется лучшим значением показателя удельного расхода цемента Ц/Р (расход цемента/предел прочности бетона), т.е. может рассматриваться как рациональная, поскольку повышение прочности и уменьшение величины внутрискруктурных напряжений взаимосвязаны. Представленные на рис. 5 результаты, характеризующие изменение прочности и динамического модуля упругости бетона при циклическом замораживании-оттаивании свидетельствуют о существенном влиянии параметров макроструктуры бетона на его морозостойкость. В связи с этим сделанный в [14] вывод о целесообразности организации структуры высокопрочных бетонов в соответствии с требованиями к перекачиваемым бетонным смесям может быть распространен и на проектирование бетонов с высокой морозостойкостью.



**Рисунок 5.** Изменение прочности на сжатие  $R$  и динамического модуля упругости  $E_d$  бетона с нерациональной (7) и рациональной (10) макроструктурой по [14] при циклическом замораживании-оттаивании по 2 методу ГОСТ 10060 (разработано автором)

Рассматриваемые в [15] бетоны с каркасной структурой вследствие высокой концентрации крупного заполнителя (до 0,67 против 0,34...0,39 у бетонов из

высокоподвижных смесей с рациональной структурой) характеризуются меньшей толщиной оболочки (матрицы), что предопределяет повышенные значения тангенциальных напряжений, вызывающих разрыв оболочки. Структура таких бетонов не является рациональной в рассмотренном выше смысле, и при циклическом замораживании-оттаивании формирование микротрещин по указанной выше причине может произойти достаточно рано. Представленные на рис. 6 результаты показывают, что резкое снижение динамического модуля упругости имело место уже после 25 – 30 циклов замораживания-оттаивания по 2 методу ГОСТ 10060, тогда как у бетонов с меньшей концентрацией крупного заполнителя (7 на рис. 5), резкое снижение динамического модуля упругости зафиксировано после 60 – 80 циклов, а у бетонов с рациональной структурой (10 на рис. 5) снижение динамического модуля упругости не зафиксировано при 100 циклах.



**Рисунок 6.** Изменение массы ( $m$ ), динамического модуля упругости ( $E_d$ ) и предела прочности на сжатие ( $R$ ) бетона с каркасной структурой при циклическом замораживании – оттаивании по 2 методу ГОСТ 10060 (разработано автором)

Однако, несмотря на резкое снижение динамического модуля упругости и выраженное шелушение поверхности (рис. 7), предел прочности бетона с фиксированной структурой после 50 циклов по 2 методу ГОСТ 10060 практически не изменился, что свидетельствует о достаточно высокой морозостойкости бетона ( $F_{1200}$ ).



**Рисунок 7.** Образцы бетона с каркасной структурой после 50 циклов замораживания-оттаивания по 2 методу ГОСТ 10060 (разработано автором)

Вероятно, роль матрицы в обеспечении прочности бетона с каркасной структуры существенно ниже в сравнении с традиционными бетонами, а существенное влияние на прочность оказывают непосредственные контакты частиц заполнителя между собой. Таким образом, результаты оценки морозостойкости бетонов с каркасной структурой показывают, что критерии морозостойкости для бетонов с различным типом структуры не могут быть универсальными.

#### **Выводы:**

1. Для бетонов с высокой морозостойкостью ( $F_{1600}$ ;  $F_{2200}$ ) величине В/Ц следует назначать не более 0,34;
2. Условно – закрытая пористость для бетонов с высокой морозостойкостью должна составлять не менее 3,5%, а величина открытой пористости не должна превышать 7% [1];
3. Величина критерия  $P_{уз}/0,09 \cdot P_0$  должна составлять для  $F_{1600}$  ( $F_{2200}$ ) не менее  $3,5/0,09 \cdot 7 = 5,56$ .

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Несветаев, Г.В. Бетоны: учебно-справочное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Ростов-на-Дону: Феникс, 2013. – 381 с.
2. Несветаев, Г.В. О пористости цементного камня с учетом его собственных деформаций при твердении / Г.В. Несветаев, Г.С. Кардумян // Бетон и железобетон 2013. - №1. – С. - 12-15.
3. Несветаев, Г.В. Влияние собственных деформаций на пористость и свойства цементного камня / Г.В. Несветаев, Г.С. Кардумян // Строительные материалы. – 2015. - №9. – С. 38-42.
4. Несветаев, Г.В. О влиянии суперпластификаторов на пористость цементного камня / Г.В. Несветаев, И.В. Корчагин // Научное обозрение. - 2014. - №7. – С. 837-841.
5. Несветаев, Г.В. Влияние суперпластификаторов на условно-закрытую пористость цементного камня и бетона / Г.В. Несветаев, И.В. Корчагин // Научное обозрение. - 2014. - №8. – С. 914-918.
6. Несветаев, Г.В. Влияние некоторых гиперпластификаторов на пористость, влажностные деформации и морозостойкость цементного камня / Г.В. Несветаев, А.Н. Давидюк // Строительные материалы. – 2010. – №1. – С. 44.
7. Несветаев, Г.В. О применении цементных бетонов для дорожных и аэродромных покрытий / Г.В. Несветаев, Г.С. Кардумян // Строительные материалы. 2014. - №3. – С. 31-35.
8. Баженов, Ю.М. Модифицированные высококачественные бетоны / Ю.М. Баженов, В.С. Демьянова, В.И. Калашников. – М.: АСВ, 2006. – 368 с.
9. Калашников, В.И. Расчет состава высокопрочных самоуплотняющихся бетонов. / Современные проблемы строительного материаловедения и технологии. – Воронеж: ВГАСУ, 2008. – С. 184-188.

10. Каприелов, С.С. Новые модифицированные бетоны / С.С. Каприелов, А.В. Шейнфельд, Г.С. Кардумян. – М.: «Типография «Парадиз», 2010. – 258 с.
11. Шейкин, А.Е. Структура и свойства цементных бетонов / А.Е. Шейкин, Ю.В. Чеховский, М.И. Бруссер. – М.: Стройиздат, 1979. – 344 с.
12. Шейкин, А.Е. Цементные бетоны высокой морозостойкости / А.Е. Шейкин, Л.М. Добшиц. – Л.: Стройиздат, 1989. – 128 с.
13. Батудаева, А.В. Высокопрочные модифицированные бетоны из самовыравнивающихся смесей / А.В. Батудаева, Г.С. Кардумян, С.С. Каприелов // Бетон и железобетон. – 2005. – №4. – С. 14-18.
14. Несветаев, Г.В. Проектирование макроструктуры самоуплотняющейся бетонной смеси и ее растворной составляющей / Г.В. Несветаев, Ю.Ю. Лопатина // Наукovedение, Том 7, №5 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/48TVN515.pdf>.
15. Несветаев, Г.В. О прочности бетона с каркасной структурой / Г.В. Несветаев, С.В. Халезин // Наукovedение, Том 7, №3 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/92TVN315.pdf>.
16. Несветаев, Г.В. Структура и свойства бетонов с суперпластификаторами Glenium на портландцементе заводов «Пролетарий» и «Верхнебаканский» / Г.В. Несветаев, И.В. Корчагин // Наукovedение, Том 7, №5 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/116TVN515.pdf>.

### **Nesvetaev Grigory Vasil'evich**

Rostov state university of civil engineering, Russia, Rostov-on-Don  
E-mail: nesgrin@yandex.ru

### **Korchagin Igor Viacheslavovich**

International building systems, Russia, Sochi  
E-mail: igor\_korchagin@inbox.ru

### **Lopatina Yuliya Yur'yevna**

Irdon LLC, Russia, Shahty  
E-mail: Lady\_julia@mail.ru

### **Halezin Sergey Valerievich**

Rostov state university of civil engineering, Russia, Rostov-on-Don  
E-mail: ya.serega.kh@yandex.ru

## **About frost resistance of concrete with superplasticizers**

**Abstract.** The relationship between the frost resistance of concrete  $F_1$ , including concrete with air-entraining admixtures, and the compressive strength  $R$  was determined. It was shown that the use of superplasticizers based on polycarboxylate ethers, naphthalene sulfonates and lignosulfonates has an ambiguous effect on the ratio of capillary porosity  $P_o$ , closed porosity  $P_c$  and frost resistance of a cement stone. Specification of the dependence of concrete frost resistance from criterion  $P_c/0,09 \cdot P_o$  was determined. According to comparison of frost resistance based on the  $s$   $W/C$  value and on the criterion  $P_c/0,09 \cdot P_o$  two areas were identified: when the values of  $W/C$  is less than 0,38, that is, for high-strength concrete, the determining factor is the  $W/C$  value, and for the values of  $W/C$  more than 0.4 - criterion  $P_c/0,09 \cdot P_o$ . It was found that the concretes obtained using aggregates with particle size distribution satisfying the requirements for pumped concrete mixtures characterized by a higher frost resistance. It was shown that for concrete with frame structures criteria of weight loss and reduction of dynamic modulus do not reflect changes in the strength of concrete during freeze-thaw testing. To obtain concrete with frost resistance more than  $F_1600$  ( $F_2200$ ) the quantitative requirements to the basic parameters of the concrete structure were proposed.

**Keywords:** concrete; superplasticizer; frost resistance; entrained air; capillar porosity; conditionally closed porosity; frost resistance criterion

### **REFERENCES**

1. Nesvetaev, G.V., Concrete: a manual for schools. - Ed. 2nd, ext. and rev. - Rostov n / D: Phoenix, 2013. - 381 p.: ill.
2. Nesvetaev, G.V. On the cement paste porosity, given its own deformations when hardening / G.V. Nesvetaev, G.S. Kardumyan // Concrete and reinforced concrete 2013. - №1. - pp. - 12-15.
3. Nesvetaev, G.V. Effect of own strain porosity on the properties of cement stone / G.V. Nesvetaev, G.S. Kardumyan // Building materials. - 2015. - №9. - S. 38-42.
4. Nesvetaev, G.V. On the influence of superplasticizers on the porosity of the cement stone / G.V. Nesvetaev, I.V. Korchagin // Scientific Review. - 2014. - №7. - S. 837-841.

5. Nesvetaev, G.V. Influence of superplasticizers on the conditionally closed porosity of cement stone and concrete / G.V. Nesvetaev, I.V. Korchagin // Scientific Review. - 2014. - №8. - S. 914-918.
6. Nesvetaev, G.V. Influence of some giperplastisizers on the porosity, humidity deformation and frost resistance of cement stone / G.V. Nesvetaev, A.N. Davidyuk // Building materials. - 2010. - №1. - P. 44.
7. Nesvetaev, G.V. On the application of concrete for road and airport paving / G.V. Nesvetaev, G.S. Kardumyan // Building materials. 2014. - №3. - S. 31-35.
8. Bazhenov, Y.M. Modified high-quality concrete / Y.M. Bazhenov, V.S. Demyanova, V.I. Kalashnikov. - M: DIA, 2006. – 368 p.
9. Kalashnikov, V.I. The calculation of the composition of high-strength self-compacting concrete / V.I. Kalashnikov // Building Materials. - 2008. - №10. - p. 4 - 6.
10. Kapriellov, S.S. New modified concrete / S.S. Kapriellov, A.V. Sheynfeld, G.S. kardumyan. - M.: "Typography Paradise", 2010. - 258 p.
11. Sheikin, A.E. Structure and properties of cement concrete / A.E. Sheikin, Y.V. Chekhov, M.I. Brusser. - M.: Stroyizdat, 1979. - 344 p.
12. Sheikin, A.E. High-frost cement concrete / A.E. Sheikin, L.M. Dobshits. - L.: Stroyizdat, 1989. - 128 p.
13. Batudaeva, A.V., High-modified concrete of self-leveling compounds / A.V. Batudaeva, G.S. Kardumyan, S.S. Kapriellov // Concrete and reinforced concrete. - 2005. - №4. - p. 14-18.
14. Nesvetaev, G.V. Design macrostructure self-compacting concrete and its mortar component / G.V. Nesvetaev, Yu.Yu. Lopatina // Naukovedenie. Volume 7, №5, (2015): <http://naukovedenie.ru/PDF/48TVN515.pdf>.
15. Nesvetaev G.V., On the strength of concrete with frame structure / G.V. Nesvetaev, S.V. Khalezin // Internet magazine “Naukovedenie” 2015 №3 (28) [electronic resource] - M.: Naukovedenie, 2015. - Access: <http://naukovedenie.ru/pdf/92tvn315.pdf>.
16. Nesvetaev G.V., Korchagin I.V. Structure and properties of concrete with Glenium superplasticizers based on Portland cement produced by “Proletary” and “Verkhnebakansky” plants. Naukovedenie – Research on research. 2015, vol. 7, No. 5. Pp. 7–5. <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol>.