

Для цитирования: Несветаев Г.В., Долгова А.В., Хаджишалапов Г.Н., Батдалов М.М. О влиянии пористости мелкозернистых бетонов и растворов, полученных из сухих строительных смесей, на морозостойкость контактной зоны. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2019;46(3):139-148. DOI:10.21822/2073-6185-2019-46-3-139-148

For citation: G.V. Nesvetayev, A.V. Dolgova, G.N. Khadzishalapov, M.M. Batdalov. On the influence of the porosity of fine-grained concretes and dry building mixtures on contact zone frost resistance. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2019; 46(3):139-148. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2019-46-3-139-148

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 691.335/ 691.542

DOI: 10.21822/2073-6185-2019-46-3-139-148

О ВЛИЯНИИ ПОРИСТОСТИ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОНОВ И РАСТВОРОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ, НА МОРОЗОСТОЙКОСТЬ КОНТАКТНОЙ ЗОНЫ

Несветаев Г.В.¹, Долгова А.В.², Хаджишалапов Г.Н.,³ Батдалов М.М.³

¹Донской государственный технический университет,

¹344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1, Россия,

²Ростовский государственный университет путей сообщения,

²344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка

Народного Ополчения, 2, Россия,

³Дагестанский государственный технический университет,

³367026, г. Махачкала, пр. И.Шамиля, 70, Россия

Резюме. Цель заключалась в выявлении зависимости морозостойкости контактной зоны МЗБ, полученных из ССС на основе различных портландцементов (ПЦ) с содержанием различных редиспергируемых полимерных порошков (РПП) от 0 до 3%. **Метод.** Исследования проведены на базе 75 циклов замораживания-оттаивания. **Результат.** Среднестатистическая зависимость изменения сцепления с основанием от дополнительной пористости после 75 циклов замораживания-оттаивания не зависит от природы НМВ, но на величину сцепления влияют тип цемента, вид и дозировка РПП, характер дополнительной пористости; содержание организованного объема НМВ в виде ВВ не оказывает влияния на изменения величины сцепления с бетонным основанием после 75 циклов замораживания-оттаивания; НМВ в виде МС вводит в состав бетонной смеси в дозировке более 7% нецелесообразно; целесообразность применения сульфатостойкого цемента требует дополнительных исследований; рациональной дозировкой РПП следует считать 1 – 2%. Некоторое противоречие в выводах по объему вводимой МС (по критерию прочности – не менее 6%, по критерию морозостойкости контактной зоны – не более 7%) позволяет для практических целей получения дополнительных данных о влиянии МС на морозостойкость рекомендовать дозировку МС в составе ССС в пределах 6-7% по объему. **Вывод.** Зависимость предела прочности на сжатие от дополнительной пористости для МЗБ без НМВ и с НМВ в виде ВВ после твердения 28 сут в нормальных условиях практически совпадает с известной зависимостью прочности от пористости для цементного камня, максимальное расхождение значений $\frac{R_p}{R_0}$ в исследуемом диапазоне не превышает 5%. Зависимость предела прочности на сжатие от дополнительной пористости для МЗБ с НМВ в виде МС подобна известной зависимости прочности от пористости для цементного камня, но с ростом пористости отмечается некоторое снижение влияния пористости на прочность. Зависимость предела прочности на сжатие после 75 циклов замораживания-оттаивания от дополнительной пористости для МЗБ без НМВ практически совпадает с ранее полученной зависимостью прочности от пористости для цементного камня, максимальное расхождение значений $\frac{R_p}{R_0}$ в исследуемом диапазоне не превышает 9%. Для МЗБ с НМВ в виде МС с ростом пористости, как и при твердении в нормальных условиях отмечается некоторое снижение влияния пористости на прочность, а для МЗБ с НМВ в виде ВВ зависимость имеет качественное и количественное отличие. Рекомендуемое значение НМВ в виде ВВ для повышения морозостойкости МЗБ по критерию прочности не менее 3%, МС – не менее 6%. По критерию морозостойкости контактной зоны и прочности МС рекомендуемая дозировка 6-7%. Прямое влияние объема ВВ на морозостойкость контактной зоны не выявлено.

Ключевые слова: сухие строительные смеси, морозостойкость контактной зоны, дополнительная пористость, сцепление с основанием

BUILDING AND ARCHITECTURE

ON THE INFLUENCE OF THE POROSITY OF FINE-GRAINED CONCRETES AND DRY BUILDING MIXTURES ON CONTACT ZONE FROST RESISTANCE

Nesvetaev G.V.¹, Dolgova A.V.², Khadzhashalapov G.N.³, Battalov M.M.³

¹Donskoy State Technical University,

¹1 Gagarin sq., Rostov-on-Don 344000, Russia,

²Rostov State University of Communications,

²2 Rostov Rifle Regiment of the People's Militia Sq., Rostov-on-Don 344038, Russia,

³Daghestan State Technical University,

³70 I. Shamil Ave., Makhachkala 367026, Russia

Abstract Objectives This study was aimed at identifying the dependency of the frost resistance of the contact zone of fine-grained concretes (FGCs) obtained from dry building mixtures (DBMs) based on various Portland cements (PCs) with the content of various redispersible polymer powders (RPPs) from 0 to 3%. **Method** The research was based on 75 freeze-defrost cycles. **Results** Although the average dependency of adhesion with the base on additional porosity after 75 freeze-defrost cycles does not depend on the nature of NMV, adhesion is influenced by the cement type, the type and dosage of RPPs, as well as the nature of additional porosity. Since the content of organised volume of NMV in the form of VV has no effect on changes in adhesion with the concrete base following 75 freeze-defrost cycles, it is impractical to add more than 7% of NMV in the form of MS to the concrete mixture. The feasibility of using sulphate-resistant cement requires more research. The practical RPP dosage should be 1-2%. Some contradictions in conclusions on the volume of the introduced MS (by the strength criterion – at least 6%, by the criterion of frost resistance of the contact zone – no more than 7%) allows us to recommend the dosage of MS in RPP within 6-7% by volume for obtaining additional data on the MS effect on frost resistance. **Conclusion** The dependency of compressive strength on additional porosity for FGCs without NMV and with NMV in the VV form after hardening during 28 days under normal conditions almost coincides with the known dependency of strength on porosity for cement stone; the maximum divergence of the values $\frac{R_p}{R_0}$ in the investigated range does not exceed 5%. The dependency of compressive strength on additional porosity for FGCs without NMV and with NMV in the MS form is similar to the known dependency of strength from porosity for cement stone; however, with increasing porosity, there is a slight decrease in the effect of porosity on strength. The dependency of compressive strength after 75 freeze-defrost cycles on additional porosity for FGC without NMV practically coincides with the previously obtained dependency of strength on porosity for cement stone; the maximum divergence of the values $\frac{R_p}{R_0}$ in the investigated range does not exceed 9%. For FGCs with NMV in the MC form, increasing porosity causes a slight decrease in the porosity effect on strength, and for FGCs with NMV in the VV form, the dependency has a quantitative and qualitative difference. The value of NMV in the VV form recommended for improving the frost resistance of FGCs by the strength criterion is at least 3%, MS – at least 6%. According to the criterion of the frost resistance of the contact zone and the strength of MS, the recommended dosage is 6-7%. It was not possible to disclose the direct impact of the VV volume on the frost resistance of the contact zone.

Keywords: dry building mixtures, frost resistance of the contact zone, additional porosity, adhesion with base

Введение. Согласно ГОСТ 12730.4 в бетоне выделяют: полный объем пор, объем открытых капиллярных и некапиллярных пор, объем условно закрытых пор. Как известно, морозостойкость портландцементных бетонов зависит, в том числе, от соотношения условно-закрытых пор и открытых капиллярных пор [1-8].

Постановка задачи. Исследования морозостойкости портландцементных бетонов, модифицированных различными органическими соединениями, в том числе полимерами, показали, что эта зависимость в принципе сохраняется и в этом случае [9-11], а также для плиточных клеев и других растворов и МЗБ, полученных из ССС [12,13]. Предложены различные зависимости морозостойкости бетонов от критериев, представляющих в той или иной степени соотношение условно-закрытых пор и открытых капиллярных пор [2,5,14].

Методы исследования. В настоящем исследовании для формирования условно-закрытых пор в структуре МЗБ использованы низкомолекулярные включения (НМВ) в виде зольной микросферы (МС) либо вовлеченного за счет применения воздуховолекающей добавки (ВВ) воздуха [15]. Поскольку при введении в состав смеси РПП также обеспечивается некоторое воздухововлечение, то для анализа представленных ниже результатов введено понятие «дополнительная пористость» (P_d – далее в формулах и по тексту P), которая определялась как

$$P_d = \left(1 - \frac{\rho_i}{\rho_3}\right), \quad (1)$$

где ρ_i – средняя плотность состава МЗБ, содержащего НМВ и (или) РПП,
 ρ_3 – средняя плотность состава МЗБ, не содержащего НМВ и РПП.

На рис. 1 представлена зависимость изменения предела прочности МЗБ на сжатие от дополнительной пористости, образованной при введении в состав бетонной смеси различных НМВ, а также от введения в состав бетонной смеси РПП. Предел прочности МЗБ определен после 28 сут твердения в НУ.

$$\frac{R_p}{R_0} = f(P), \quad (2)$$

R_p , R_0 – соответственно предел прочности МЗБ, содержащего НМВ и (или) РПП, предел прочности МЗБ, не содержащего НМВ и РПП (эталонный состав).

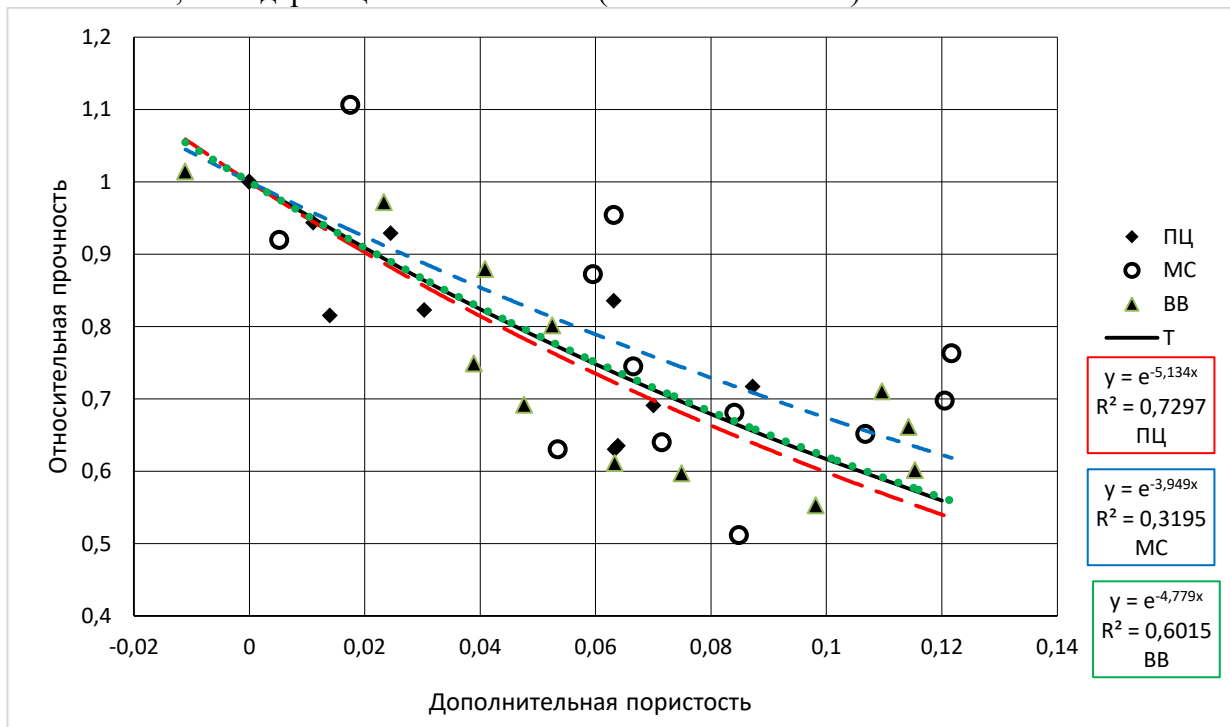


Рис. 1 Изменение предела прочности МЗБ на сжатие в зависимости от дополнительной пористости после 28 сут твердения в НУ

Fig. 1 Change in the compressive strength of the MZB depending on the additional porosity after 28 days of hardening in NU

Т – по формуле $\frac{R_p}{R_0} = \exp(-4,84 \cdot P)$ [16]

Несмотря на довольно низкий показатель величины достоверности аппроксимации из представленных на рис. 1 данных можно сделать следующие предварительные выводы:

- зависимость предела прочности на сжатие от дополнительной пористости для МЗБ без НМВ (ПЦ на рис.1) практически совпадает с ранее полученной зависимостью прочности от пористости для цементного камня [16], максимальное расхождение среднестатистических значений $\frac{R_p}{R_0}$ в исследуемом диапазоне не превышает 5%;

- зависимость предела прочности на сжатие от дополнительной пористости для МЗБ с НМВ в виде ВВ (ВВ на рис. 1) полностью совпадает с ранее полученной зависимостью прочности от пористости для цементного камня [16];

- зависимость предела прочности на сжатие от дополнительной пористости для МЗБ с НМВ в виде МС (МС на рис. 1) подобна ранее полученной зависимости прочности от пористости для цементного камня [16], но имеет некоторое количественное отличие, особенно с ростом пористости, когда различие среднестатистических значений $\frac{R_p}{R_0}$ достигает 16% при $P = 0,17$.

На рис. 2 представлена зависимость изменения предела прочности МЗБ на сжатие от дополнительной пористости, образованной при введении в состав бетонной смеси НМВ, а также от введения в состав бетонной смеси РПП. Предел прочности МЗБ определен после 28 сут твердения в НУ плюс 75 циклов замораживания-оттаивания. Дополнительная пористость определена после циклического замораживания-оттаивания непосредственно перед определением предела прочности на сжатие после 75 циклов.

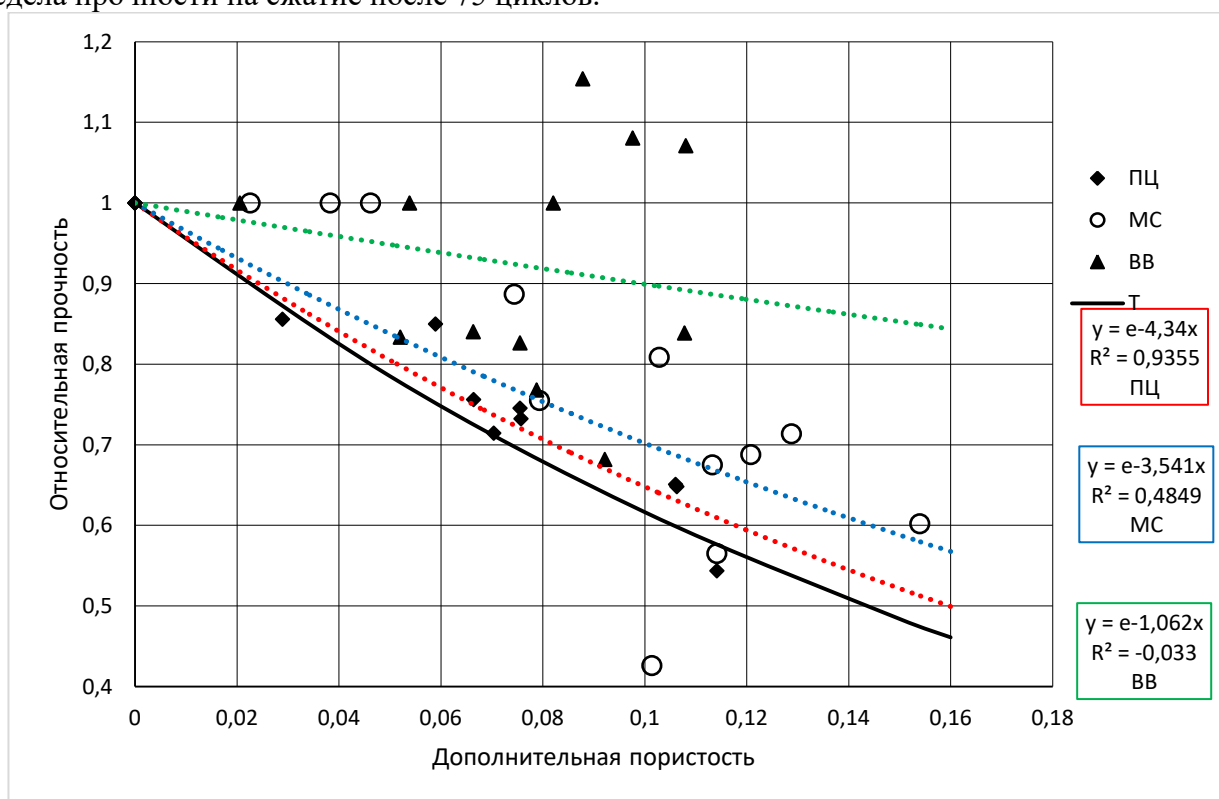


Рис. 2 Изменение предела прочности МЗБ на сжатие в зависимости от дополнительной пористости после 75 циклов замораживания-оттаивания

Fig. 2. Change in the compressive strength of the MZB depending on additional porosity after 75 cycles of freezing and thawing

$$T - \text{ по формуле } \frac{R_p}{R_0} = \exp(-4,84 \cdot P) [16]$$

В табл. 1 приведены зависимости изменения предела прочности на сжатие от пористости по данным рис. 1 и 2.

Таблица 1. Зависимости изменения предела прочности на сжатие $\frac{R_p}{R_0}$ от дополнительной пористости P , состава МЗБ и условий выдерживания

Table 1. Dependences of the change in the compressive strength R_p / R_0 on the additional porosity R , the composition of the MZB and aging

Условия выдерживания Aging conditions	По данным According to [15]	Наличие НМВ The presence of the NIV		
		нет not	МС	ВВ
		$\frac{R_p}{R_0} =$		
28 сут в НУ 28 days at OU	$\exp(-4,84 \cdot P)$ $R^2 = 0,62$	$\exp(-5,13 \cdot P)$ $R^2 = 0,73$	$\exp(-3,95 \cdot P)$ $R^2 = 0,32$	$\exp(-4,78 \cdot P)$ $R^2 = 0,6$
28 сут в НУ + 75 циклов замораживания-оттаивания 28 days in NU + 75 freeze-thaw cycles	–	$\exp(-4,34 \cdot P)$ $R^2 = 0,936$	$\exp(-3,54 \cdot P)$ $R^2 = 0,485$	$\exp(-1,06 \cdot P)$ $R^2 = -0,033$

Из представленных на рис. 2 и в табл.1 данных можно сделать следующие предварительные выводы:

- зависимость предела прочности на сжатие после 75 циклов замораживания-оттаивания от дополнительной пористости для МЗБ без НМВ (ПЦ на рис.2) практически совпадает с ранее полученной зависимостью прочности от пористости для цементного камня [16], различие среднестатистических значений $\frac{R_p}{R_0}$ в исследуемом диапазоне не превышает 9%;

- зависимость предела прочности на сжатие после 75 циклов замораживания-оттаивания от дополнительной пористости для МЗБ с НМВ в виде МС (МС на рис. 2) подобна ранее полученной зависимости прочности от пористости для цементного камня [16], но имеет некоторое количественное отличие, особенно с ростом пористости, когда различие среднестатистических значений $\frac{R_p}{R_0}$ достигает 25% при $P = 0,17$.

- зависимость предела прочности на сжатие после 75 циклов замораживания-оттаивания от дополнительной пористости для МЗБ с НМВ в виде ВВ (ВВ на рис. 2) имеет качественное и количественное отличие от ранее полученной зависимости [16] и от зависимости для МЗБ с ВВ после 28 сут твердения в НУ, установленной в настоящем исследовании (рис. 1).

Причиной является, во-первых, снижение предела прочности на сжатие основных образцов после 75 циклов замораживания-оттаивания в составах с низким содержанием ВВ, во-вторых, замедление снижения прочности после 75 циклов замораживания-оттаивания в составах с высоким содержанием ВВ;

- несмотря на низкие значения показателя достоверности аппроксимации R^2 , что указывает на значительное влияние на величину $\frac{R_p}{R_0}$, помимо дополнительной пористости, таких факторов, как дозировка и вид РПП, тип цемента, общеизвестная закономерность снижения предела прочности с ростом пористости «среднестатистически» прослеживается во всех случаях.

Для выявления степени влияния дополнительной пористости на морозостойкость МЗБ по критерию прочности проанализировано изменение величины $\frac{R_F}{R_{НУ}}$ (R_F – предел прочности на сжатие после 75 циклов замораживания-оттаивания, $R_{НУ}$ – предел прочности на сжатие после 28 сут твердения в НУ) от дополнительной пористости (рис. 3).

Из представленных на рис. 3 данных можно сделать следующие предварительные выводы: низкое значение показателя достоверности аппроксимации R^2 свидетельствует о существенном влиянии на величину $\frac{R_F}{R_{НУ}}$, помимо дополнительной пористости, таких факторов, как тип цемента, вид и дозировка РПП, характер дополнительной пористости (ее замкнутость); для практических целей можно рекомендовать величину дополнительной пористости при введении

НМВ в виде ВВ более 3%, в виде МС – не менее 6% по объему, в составах без НМВ не рекомендуется повышение дополнительной пористости сверх 6%.

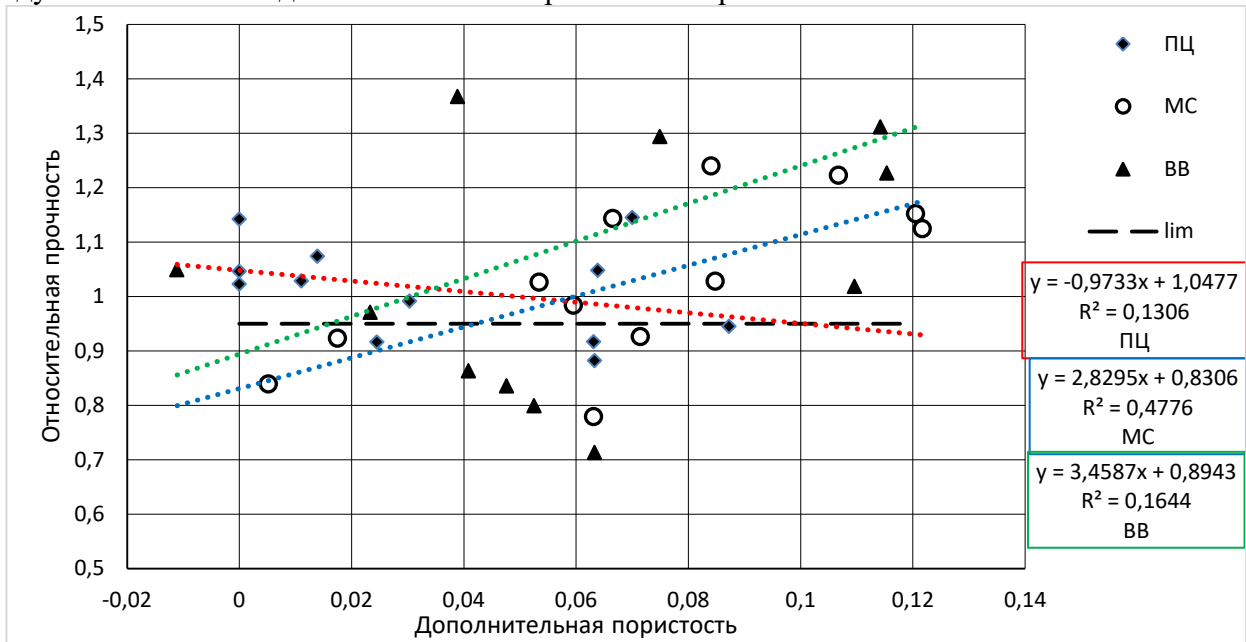


Рис. 3. Зависимость относительной прочности МЗБ после 75 циклов замораживания-оттаивания от дополнительной пористости lim – допустимое снижение предела прочности по ГОСТ 10060
Fig. 3. The dependence of the relative strength of the MZB after 75 cycles of freezing and thawing on additional porosity lim - the allowable decrease in tensile strength according to GOST 10060

Для более полного анализа влияния дополнительной пористости на морозостойкость исследованных МЗБ предлагается ввести понятие *организованный объем НМВ*, численно равный разности дополнительной пористости, образующейся при введении в состав смеси совместно НМВ и РПП, и дополнительной пористости, образующейся при введении в состав смеси только РПП. На рис. 4 представлена зависимость относительной прочности МЗБ после 75 циклов замораживания-оттаивания от организованного объема НМВ.

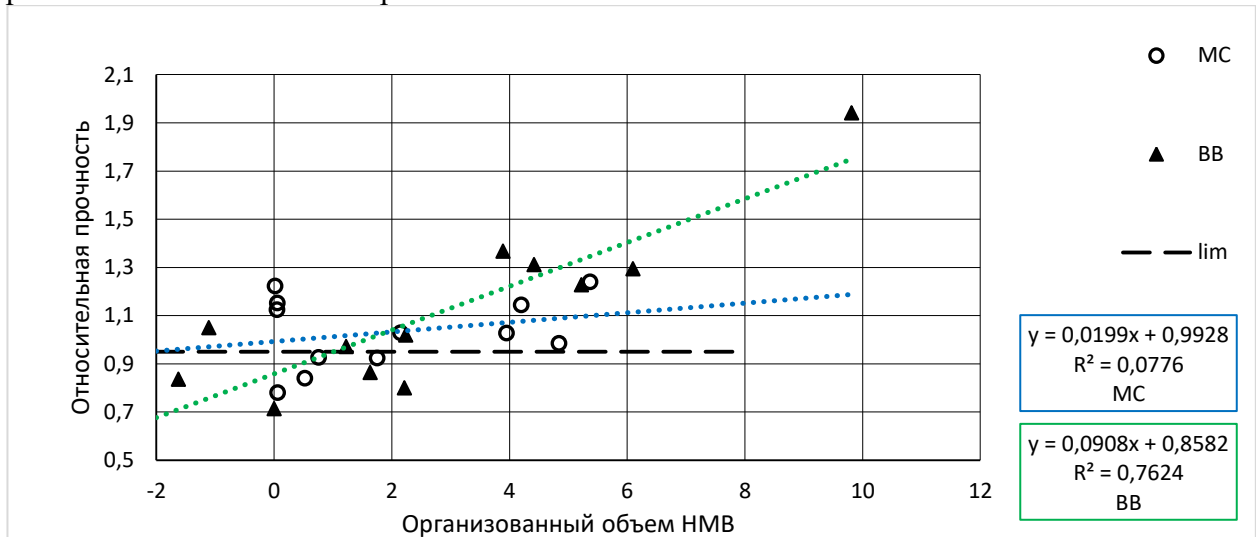


Рис. 4 Зависимость относительной прочности МЗБ после 75 циклов замораживания-оттаивания от организованного объема НМВ lim – допустимое снижение предела прочности по ГОСТ 10060
Fig. 4 The dependence of the relative strength of the MZB after 75 cycles of freezing and thawing on the organized volume of the HMB lim - the allowable decrease in tensile strength according to GOST 10060

Из представленных на рис. 4 данных очевидно: в случае применения НМВ в виде ВВ влияние других факторов, помимо организованного объема НМВ, проявляется в значительно меньшей степени (показатель $R^2 = 0,762$) в сравнении с МС (показатель $R^2 = 0,078$); при величине организованного объема НМВ более 2%, независимо от вида НМВ, обеспечивается после 75 циклов замораживания-оттаивания значение коэффициента морозостойкости не менее 0,95.

Вероятно, при исследовании составов МЗБ с МС необходимо рассматривать возможное различное взаимодействие с МС цементов с различным химическим и минералогическим составом, т.е. учитывать «средство структур» [17].

На рис. 5 представлена зависимость относительного сцепления МЗБ с бетонным основанием $\frac{A_{s,F}}{A_{s,HY}}$ от дополнительной пористости ($A_{s,F}$ – сцепление с основанием после 75 циклов замораживания-оттаивания, $A_{s,HY}$ – сцепление с основанием после 28 сут твердения в НУ).

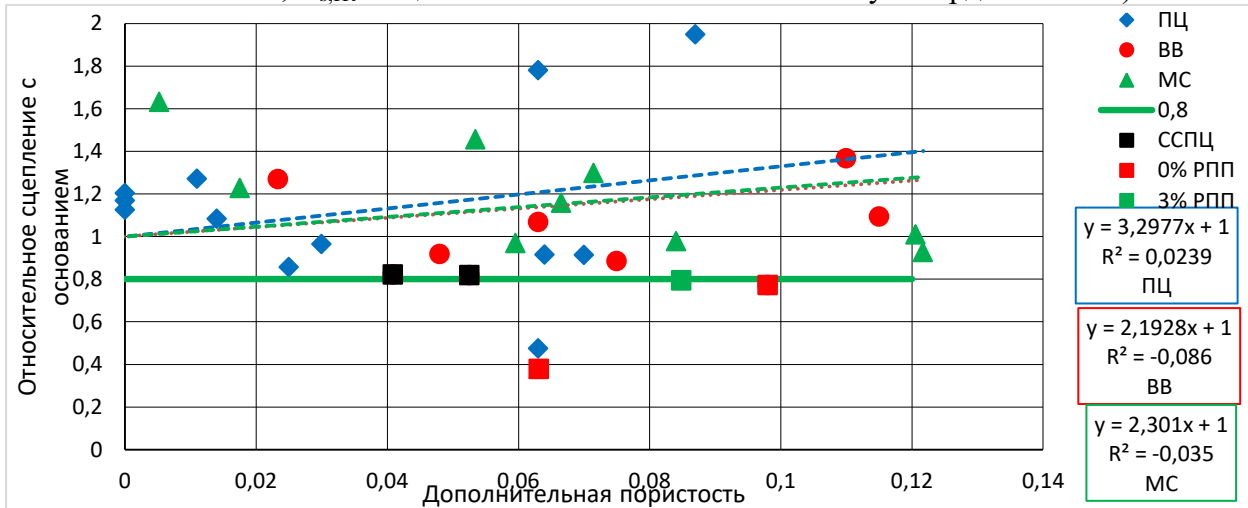


Рис. 5 Зависимость сцепления МЗБ с бетонным основанием после 75 циклов замораживания-оттаивания от дополнительной пористости 0,8 – критерий по ГОСТ 31356 ССПЦ – МЗБ на сульфатостойком цементе; 0%, 3% РПП – содержание РПП в составе смеси

Fig. 5 The dependence of the adhesion of the MZB to the concrete base after 75 cycles of freezing and thawing on the additional porosity of 0.8 - the criterion according to GOST 31356 SSPTS - MZB on sulfate-resistant cement; 0%, 3% RPP - content of RPP in the mixture

На рис. 6 представлена зависимость сцепления МЗБ с бетонным основанием после 75 циклов замораживания-оттаивания от организованного объема НМВ.

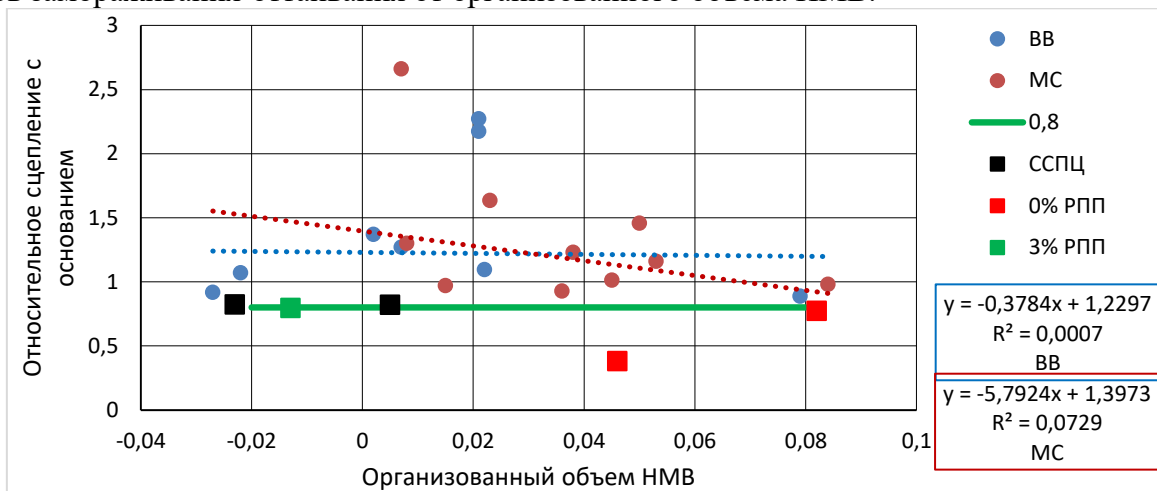


Рис. 6. Зависимость сцепления МЗБ с бетонным основанием после 75 циклов замораживания-оттаивания от организованного объема НМВ 0,8 – критерий по ГОСТ 31356 ССПЦ – МЗБ на сульфатостойком цементе; 0%, 3% РПП – содержание РПП в составе смеси

Fig. 6. The dependence of the adhesion of the MZB to the concrete base after 75 cycles of freezing and thawing on the organized volume of the HMB 0.8 - the criterion according to GOST 31356 SSPTS - MZB on sulfate-resistant cement; 0%, 3% RPP - content of RPP in the mixture

Из представленных на рис. 5 и 6 данных можно сделать следующие предварительные выводы:

- среднестатистическая зависимость изменения сцепления с основанием от дополнительной пористости после 75 циклов замораживания-оттаивания не зависит от природы НМВ, но на

величину сцепления влияют тип цемента, вид и дозировка РПП, характер дополнительной пористости;

- содержание организованного объема НМВ в виде ВВ не оказывает влияния на изменения величины сцепления с бетонным основанием после 75 циклов замораживания-оттаивания;
- НМВ в виде МС вводить в состав бетонной смеси в дозировке более 7% нецелесообразно;
- целесообразность применения сульфатостойкого цемента требует дополнительных исследований;
- рациональной дозировкой РПП следует считать 1 – 2%.

Некоторое противоречие в выводах по объему вводимой МС (по критерию прочности – не менее 6%, по критерию морозостойкости контактной зоны – не более 7%) позволяет для практических целей получения дополнительных данных о влиянии МС на морозостойкость рекомендовать дозировку МС в составе ССС в пределах 6-7% по объему.

Вывод. 1. Зависимость предела прочности на сжатие от дополнительной пористости для МЗБ без НМВ и с НМВ в виде ВВ после твердения 28 сут в нормальных условиях практически совпадает с известной зависимостью прочности от пористости для цементного камня, максимальное расхождение значений $\frac{R_p}{R_0}$ в исследуемом диапазоне не превышает 5%. Зависимость предела прочности на сжатие от дополнительной пористости для МЗБ с НМВ в виде МС подобна известной зависимости прочности от пористости для цементного камня, но с ростом пористости отмечается некоторое снижение влияния пористости на прочность.

2. Зависимость предела прочности на сжатие после 75 циклов замораживания-оттаивания от дополнительной пористости для МЗБ без НМВ практически совпадает с ранее полученной зависимостью прочности от пористости для цементного камня, максимальное расхождение значений $\frac{R_p}{R_0}$ в исследуемом диапазоне не превышает 9%. Для МЗБ с НМВ в виде МС с ростом пористости как и при твердении в нормальных условиях отмечается некоторое снижение влияния пористости на прочность, а для МЗБ с НМВ в виде ВВ зависимость имеет качественное и количественное отличие.

3. Рекомендуемое значение НМВ в виде ВВ для повышения морозостойкости МЗБ по критерию прочности не менее 3%, МС – не менее 6%. По критерию морозостойкости контактной зоны и прочности МС рекомендуемая дозировка 6-7%. Прямое влияние объема ВВ на морозостойкость контактной зоны не выявлено.

Библиографический список:

1. Горчаков Г.И., Капкин М.М., Скрамтаев Б.Г. Повышение морозостойкости бетона в конструкциях гидротехнических сооружений. М.: «Стройиздат», 1965. - 190 с.
2. Кунцевич О.В. Бетоны высокой морозостойкости для сооружений Крайнего Севера. Л.: Стройиздат, 1983, 132 с
3. Невилль А.М. Свойства бетона. М.: Стройиздат, 1972, 344 с
4. Стольников В.В. О теоретических основах сопротивляемости цементного камня и бетонов чередующимися циклам замораживания и оттаивания. Л.: Энергия, 1970 - 68 с.
5. Шейкин, А.Е. Цементные бетоны высокой морозостойкости / А.Е. Шейкин, Л.М. Добшиц. – Л.: Стройиздат, 1989. – 128 с.
6. Шестоперов С.В, Долговечность бетона транспортных сооружений.-М.: Транспорт, 1966 495 с.
7. Powers Т.С. Topics in Concrete Technology. 3. Mixtures, Containing Intentionally Entrained Air. 4. Characteristics of Air Void Systems. Journal of PCA Research and Development Labs. September 1964 pp. 19-42, January 1965, pp. 23-41.
8. Mielenz R.S., Wolkodoff V.E., Backstrom J.E., Burrows R.W. Origin, Evolution and Effects of the Air Voids System in Job Concrete. JournalACI, Oktober 1958
9. Баженов, Ю.М. Модифицированные высококачественные бетоны / Ю.М. Баженов, В.С. Демьянова, В.И. Калашников. – М.: АСВ, 2006. – 368 с.
10. Каприелов, С.С. Новые модифицированные бетоны / С.С. Каприелов, А.В. Шейнфельд, Г.С. Кардумян. - М.: «Типография «Парадиз», 2010. – 258 с
11. Несветаев Г.В., Давидюк А.Н. Влияние некоторых гиперпластификаторов на пористость, влажностные деформации и морозостойкость цементного камня// Строительные материалы. – 2010. - № 1.

12. Логанина В.И., Жегера К.В. Оценка морозостойкости плиточного клея на цементной основе с применением в рецептуре добавки на основе аморфных алюмосиликатов // Региональная архитектура и строительство. 2017. № 2 (31). С. 32-36.
13. Несветаев Г.В., Козлов А.В., Филонов И.А. Влияние некоторых гидрофобизирующих добавок на изменение прочности цементного камня // Инженерный вестник Дона. 2013. №2(25). С.134.
14. 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.
15. Несветаев Г.В., Долгова А.В. Влияние дозировки редиспергируемых порошков на свойства мелкозернистого бетона после многократного замораживания-оттаивания // Инженерный вестник Дона, №5 (2019) ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2019/5977
16. Несветаев Г.В., Кардунян Г.С. Прочность цементного камня с суперпластификаторами и органоминеральными модификаторами с учетом его собственных деформаций при твердении // Бетон и железобетон. 2013. №5. С. 6-8.
17. Лесовик В.С. К проблеме проектирования сухих ремонтных смесей с учетом сродства структур / В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, Д.А. Беликов // Вестник РААСН. – 2014. - № 18. – с.112-119.

References:

1. Gorchakov G.I., Kapkin M.M., Skramtayev B.G. Povysheniye morozostoykosti betona v konstruktsiyakh gidrotekhnicheskikh sooruzheniy. M.: «Stroyizdat», 1965. - 190 s. [Gorchakov G.I., Kapkin M.M., Skramtaev B.G. Improving the frost resistance of concrete in the construction of hydro-technical structures. M.: "Stroyizdat", 1965. 190 p. (In Russ)]
2. Kuntsevich O.V. Betony vysokoy morozostoykosti dlya sooruzheniy Kraynego Severa. L.: Stroyizdat, 1983, 132 s [Kuntsevich O.V. Concrete of high frost resistance for structures of the Far North. L.: Stroyizdat, 1983, 132 p. (In Russ)]
3. Nevill' A.M. Svoystva betona. M.: Stroyizdat, 1972, 344 s [Neville A.M. Concrete properties. M.: Stroyizdat, 1972, 344 p. (In Russ)]
4. Stol'nikov V.V. O teoreticheskikh osnovakh soprotivlyayemosti tsementnogo kamnya i betonov chereduyushchimi-sya tsiklam zamorazhivaniya i ottaivaniya. L.: Energiya, 1970 - 68 s [Stolnikov V.V. On the theoretical foundations of the resistance of cement stone and concrete to alternating cycles of freezing and thawing. L.: Energy, 1970. 68 p. (In Russ)]
5. Sheykin, A.Ye. Tsementnyye betony vysokoy morozostoykosti / A.Ye. Sheykin, L.M. Dobshits. – L.: Stroyizdat, 1989. – 128 s [Sheikin, A.E. Cement concrete with high frost resistance / A.E. Sheikin, L.M. Dobschitz. L.: Stroyizdat, 1989. 128 p. (In Russ)]
6. Shestoperov S.V. Dolgovechnost' betona transportnykh sooruzheniy.-M.: Transport, 1966 495 s. [Shestoperov S.V., Durability of concrete transport structures.-M.: Transport, 1966 495 p. (In Russ)]
7. Powers T.C. Topics in Concrete Technology. 3. Mixtures, Containing Intentionally Entrained Air. 4. Characterization of Air Void Systems. Journal of PCA Research and Development Labs. September 1964 pp. 19-42, January 1965, pp. 23-41.
8. Mielenz R.S., Wolkodoff V.E., Backstrom J.E., Burrows R.W. Origin, Evolution and Effects of the Air Voids System in Job Concrete. Journal ACI, Oktober 1958.
9. Bazhenov, YU.M. Modifitsirovannyye vysokokachestvennyye betony / YU.M. Bazhenov, V.S. Dem'yanova, V.I. Kalashnikov. – M.: ASV, 2006. – 368 s. [Bazhenov, Yu.M. Modified high-quality concrete / Yu.M. Bazhenov, V.S. Demyanova, V.I. Kalashnikov. - M.: DIA, 2006. 368 p. (In Russ)]
10. Kapriyelov, S.S. Novyye modifitsirovannyye betony / S.S. Kapriyelov, A.V. Sheynfel'd, G.S. Kardumyan. - M.: «Tipografiya «Paradiz», 2010. – 258 s [Kapriyelov, S.S. New modified concrete / S.S. Kapriyelov A.V. Scheinfeld, G.S. Kardumyan. - M.: "Printing house" Paradise ", 2010. 258 p. (In Russ)]
11. Nesvetayev G.V., Davidyuk A.N. Vliyaniye nekotorykh giperplastifikatorov na poristost', vlazhnostnyye deformatsii i morozostoykost' tsementnogo kamnya// Stroitel'nyye materialy. – 2010. - № 1. [Nesvetayev G.V., Davidyuk A.N. The effect of some hyperplasticizers on porosity, moisture deformation and frost resistance of cement stone // Building Materials. 2010. No. 1. (In Russ)]
12. Loganina V.I., Zhegera K.V. Otsenka morozostoykosti plitochnoy kleya na tsementnoy osnove s primeneniym v retsepture dobavki na osnove amorfnykh alyumosilikatov // Regional'naya arkhitektura i stroitel'-stvo. 2017. № 2 (31). S. 32-36. [Loganina V.I., Zheger K.V. Evaluation of frost resistance of cement-based tile adhesives with the use of additives based on amorphous aluminosilicates in the formulation // Regional Architecture and Construction. 2017. No. 2 (31). pp. 32-36. (In Russ)]
13. Nesvetayev G.V., Kozlov A.V., Filonov I.A. Vliyaniye nekotorykh gidrofobiziruyushchikh dobavok na izmeneniye prochnosti tsementnogo kamnya // Inzhenernyy vestnik Dona. 2013. №2(25). S.134. [Nesvetayev G.V., Kozlov A.V., Filonov I.A. The influence of some hydrophobizing additives on the change in the strength of cement stone // Engineering Herald of the Don. 2013. No.2 (25). pp.134. (In Russ)]
14. Nesvetayev G.V., Korchagin I.V., Lopatina YU.YU., Khalezin S.V. O morozostoykosti betonov s superplastifikatorami // Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIYE» Tom 8, №5 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/88TVN516.pdf> (dostup svobodnyy). Zagl. s ekrana. YAz. rus., angl. [Nesvetayev G.V., Korchagin I.V., Lopatin Yu.Yu., Khalezin S.V. On

frost resistance of concrete with superplasticizers // Internet journal "SCIENCE" Volume 8, No. 5 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/88TVN516.pdf> (free access). Zag from the screen. Yaz. Russian, English (In Russ)]

15. Nesvetayev G.V., Dolgova A.V. Vliyaniye dozirovki redispersiruyemykh poroshkov na svoystva melkozernistogo betona posle mnogokratnogo zamorazhivaniya-ottaivaniya // Inzhenernyy vestnik Dona, №5 (2019) ivdon.ru/magazine/archive/n5y2019/5977 [Nesvetayev G.V., Dolgova A.V. The effect of dosage of redispersible powders on the properties of fine-grained concrete after repeated freezing-thawing // Engineering Bulletin of the Don, No. 5 (2019) ivdon.ru/magazine/archive/n5y2019/5977 (In Russ)]

16. Nesvetayev G.V., Kardumyan G.S. Prochnost' tsementnogo kamnya s superplastifikatorami i organomineral'nymi modifikatorami s uchetoм yego sobstvennykh deformatsiy pri tverdenii // Beton i zhelezobeton. 2013. №5. S. 6-8. [Nesvetayev G.V., Kardumyan G.S. Strength of cement stone with superplasticizers and organomineral modifiers, taking into account its own deformations during hardening // Concrete and reinforced concrete. 2013. No5. pp. 6-8. (In Russ)]

17. Lesovik V.S. K probleme proyektirovaniya sukhikh remontnykh smesey s uchetoм srodstva struktur / V.S. Lesovik, L.Kh. Zagorodnyuk, D.A. Belikov // Vestnik RAASN. – 2014. - № 18. – s.112-119. [Lesovik V.S. To the problem of designing dry repair mixtures taking into account the affinity of structures / V.S. Lesovik, L.Kh. Zagorodnyuk, D.A. Belikov // Bulletin of RAASN. 2014. No. 18. p.112-119. (In Russ)]

Сведения об авторах:

Несветаев Григорий Васильевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология строительного производства»; e-mail: nesgrin@yandex.ru

Долгова Анна Владимировна, старший преподаватель, кафедра «Изыскание, проектирование и строительство железных дорог»; e-mail: anya.dolgova.75@mail.ru

Хаджишалапов Гаджи Нурмагомедович, доктор технических наук, профессор, декан архитектурно-строительного факультета, кафедра «Технология и организация строительного производства»; e-mail: dekanat_asf@mail.ru

Батдалов Мухтаритдин Магомедович, доктор технических наук, профессор, член-корр. Российской академии архитектуры и строительных наук; e-mail: dekanat_asf@mail.ru

Information about the authors:

Grigory V. Nesvetayev, Dr. Sci. (Technical), Prof., Head of Department «Technology of construction production»; e-mail: nesgrin@yandex.ru

Anna V. Dolgova, Senior Lecturer, of the Department «Surveys, design and construction of railways»; e-mail: anya.dolgova.75@mail.ru

Gadzhi N. Khadzhishalapov, Dr. Sci. (Technical), Prof., Dean of the Faculty of Architecture and Construction, Department of Technology and Organization of Construction Production; e-mail: dekanat_asf@mail.ru

Mukhtaruddin M. Batdalov, Dr. Sci. (Technical), Prof., Corresponding member Russian Academy of Architecture and Construction Sciences; e-mail: dekanat_asf@mail.ru

Конфликт интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 28.04.2019.

Принята в печать 03.09.2019.

Conflict of interest.

The authors declare no conflict of interest.

Received 28.04.2019.

Accepted for publication 03.09.2019.