

Для цитирования: Несветаев Г.В., Долгова А.В., Постой Л.В., Хаджишалапов Г.Н. О влиянии редуцируемых порошков и низко модульных включений на морозостойкость контактной зоны мелкозернистых бетонов. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2019;46 (4):186-196. DOI:10.21822/2073-6185-2019-46-4-186-196

For citation: G.V. Nesvetaev, A.V. Dolgova, L.V. Postoy, G.N. Khadzhashalapov. Influence of redispersible powders and low-modular inclusions on the frost resistance of the fine-grained concrete contact zone. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2019; 46(4):186-196. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2019-46-4-186-196

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 691.335/ 691.542

DOI: 10.21822/2073-6185-2019-46-4-186-196

О ВЛИЯНИИ РЕДИСПЕРГИРУЕМЫХ ПОРОШКОВ И НИЗКОМОДУЛЬНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ НА МОРОЗОСТОЙКОСТЬ КОНТАКТНОЙ ЗОНЫ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОНОВ

Несветаев Г.В.¹, Долгова А.В.², Постой Л.В.³, Хаджишалапов Г.Н.⁴

¹Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону,
¹344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1, Россия,

²Ростовский государственный университет путей сообщения, Ростов-на-Дону,
²344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, 2, Россия,

³Волгодонский инженерно-технический институт,
филиал Национального исследовательского ядерного университета (МИФИ),

³347360 г. Волгодонск, ул. Ленина, д. 73/94, Россия,

⁴Дагестанский государственный технический университет,

⁴367026, г. Махачкала, пр. И.Шамиля, 70, Россия

Резюме. Цель. Цель исследования состояла в выявлении закономерностей изменения внутрисерийного коэффициента вариации прочности сцепления с основанием и зависимости коэффициента морозостойкости по критерию прочности сцепления от рецептурных факторов мелкозернистых бетонов, полученных из сухих строительных смесей на основе различных портландцементов с содержанием различных низко модульных включений и редуцируемых полимерных порошков от 0 до 3%. **Метод.** Испытания основных образцов проведены после 75 циклов замораживания-оттаивания по ГОСТ 31356. Марки по морозостойкости контактной зоны установлены от $F_{кз}25$ до $F_{кз}100$. За марку принимается количество циклов замораживания-оттаивания, после которого прочность сцепления с основанием, определяемая по ГОСТ 31356, составляет не менее 80% от прочности контрольных образцов. За прочность сцепления принимается среднее арифметическое не менее 5 значений, при этом коэффициент вариации измеренных в серии значений прочности сцепления не учитывается. **Результат.** Средние значения коэффициента вариации прочности сцепления составили: после 75 циклов замораживания-оттаивания - 0,224, диапазон от 0,058 до 0,616, после 25 циклов замораживания-оттаивания - среднее 0,129, диапазон от 0,016 до 0,352. Коэффициент вариации прочности сцепления может быть примерно в 2,5 – 3 раза выше значения коэффициента вариации прочности на сжатие. При введении в состав МЗБ РПП не наблюдается однозначной закономерности изменения значений коэффициента вариации прочности сцепления с основанием, возможно как повышение, так и понижение указанной величины, а значения коэффициента вариации прочности сцепления могут изменяться на порядок. **Вывод.** Для всех бетонов прослеживается тенденция повышения коэффициента морозостойкости прочности сцепления с уменьшением коэффициента вариации прочности сцепления как после твердения в НУ, так и в процессе циклического замораживания-оттаивания, а при выполнении условия $V_F/V_{28A} < 1$ коэффициент морозостойкости прочности сцепления, определенный с учетом коэффициента вариации, будет удовлетворять требованиям ГОСТ 31356.

Ключевые слова: морозостойкость контактной зоны, прочность сцепления, коэффициент вариации, коэффициент морозостойкости, мелкозернистый бетон, сухие строительные смеси

BUILDING AND ARCHITECTURE

INFLUENCE OF REDISPERSIBLE POWDERS AND LOW-MODULAR INCLUSIONS ON THE FROST RESISTANCE OF THE FINE-GRAINED CONCRETE CONTACT ZONE

G.V. Nesvetaev¹, A.V. Dolgova², L.V. Postoy³, Hadzhishalapov G.N.⁴

¹Don State Technical University,

¹1 Gagarin pl., 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,

Volgodonsk Institute of Engineering,

³73/94 Lenin St., Volgodonsk 347360, Russia,

³Branch of the National Research Nuclear University (MEPhI),

⁴Daghestan State Technical University,

⁴70 I. Shamil Ave., Makhachkala 367026, Russia

Abstract. Objectives. The aim of this study was to identify variation patterns of the in-series variation coefficient of adhesive strength to base and the dependency of the frost resistance coefficient on the criterion of adhesion on prescription factors of fine-grained concrete obtained from dry building mixtures based on various Portland cements containing various low-modulus inclusions and redispersible polymer powders from 0 to 3%. According to GOST 31357, the main quality indicators of the hardened mixture or fine-grained concrete, in addition to frost resistance, include the indicator of "frost resistance of the contact zone", which characterises the ability of the hardened concrete to maintain adhesion to the base during normal separation following a certain number of freeze-thaw cycles. **Method.** The tests of the main samples were carried out after 75 freeze-thaw cycles in accordance with GOST 31356. The marks of the frost resistance of the contact zone are set from F_{KZ25} to F_{KZ100} . The number of freeze-thaw cycles is taken as a mark, after which the adhesion strength to the base, determined according to GOST 31356, is at least 80% of the strength of the control samples. The arithmetical average is taken at between at least 5 values, while the variation coefficient measured across a series of adhesion strength values is not considered. **Results.** The average values of the variation coefficient of adhesion strength were: following 75 cycles of freezing-thawing – 0.224 (in a range from 0.058 to 0.616); following 25 cycles of freezing-thawing – an average of 0.129 (in a range from 0.016 to 0.352). The variation coefficient of adhesion strength can exceed the variation coefficient of compression strength by approximately 2.5 to 3 times. When introducing the redispersible powders into the structure of fine-grained concrete, there is no unambiguous pattern of change in the values of the variation coefficient of adhesion to base and it is possible to increase or decrease this value, while the values of the variation coefficient of adhesion can vary by an order of magnitude. **Conclusion.** For all concretes, there is a tendency of increase of the coefficient of frost resistance with a decrease in the adhesion variation coefficient both after hardening under normal conditions as well as during cyclic freezing and thawing. When conditions $V_F/V_{28A} < 1$ are met, the coefficient of frost resistance of adhesion, determined when considering the variation coefficient, will satisfy the requirements of GOST 31356.

Keywords: frost resistance of contact zone, adhesion strength, variation coefficient, coefficient of frost resistance, fine-grained concrete, dry building mixes

Введение. Вопросы морозостойкости бетонов, в т.ч. мелкозернистых (МЗБ) по критерию прочности на сжатие изучены весьма обстоятельно [1-3]. Результаты испытаний на морозостойкость контактной зоны, когда в качестве критерия выступает изменение прочности сцепления с основанием после циклического замораживания-оттаивания немногочисленны [4-6], идет накопление данных и анализ работы покрытий с различными основаниями [7,8], в связи, с чем исследования в этой области представляют теоретический и практический интерес.

Постановка задачи. В настоящем исследовании определение закономерностей изменения внутрисерийного коэффициента вариации прочности сцепления с основанием и зависимости коэффициента морозостойкости по критерию прочности сцепления от рецептурных факторов мелкозернистых бетонов, полученных из сухих строительных смесей на основе различных портландцементов с содержанием различных низкомодульных включений и ретиспергируемых полимерных порошков от 0 до 3% является основной задачей.

Методы исследования. Испытания на морозостойкость контактной зоны по ГОСТ 31356 проведены на мелкозернистых бетонах (МЗБ) различных составов [9], в т.ч. с низкомодульными включениями (НМВ) на базе 75 циклов. Дополнительно после 25 циклов определена прочность сцепления составов без НМВ. Образцы изготовлены с применением 3 отличающихся химико-минералогическим составом портландцементов (ПЦ), один из которых - сульфатостойкий. С каждым ПЦ изготовлено по 3 группы образцов: без НМВ (ПЦ), с НМВ в виде зольной микросферы (ПЦ+МС) и в виде вовлеченного воздуха (ПЦ+ВВ). В каждой группе изготовлено по 4 серии с содержанием различных ретиспергируемых полимерных порошков (РПП) 0,1,2,3%. Число образцов в серии – 5 для каждого испытания.

В табл. 1 представлены средние значения внутрисерийного коэффициента вариации прочности сцепления МЗБ с основанием.

Таблица 1. Средние значения коэффициентов вариации прочности сцепления и коэффициентов морозостойкости

Table 1. The average values of the coefficients of variation of the adhesion strength and the coefficients of frost resistance

Состав морозостойких бетонов Composition of frost-resistant concrete	Показатели Indicators	
	коэффициент вариации прочности сцепления Coefficient of variation grip strength	коэффициент морозостойкости по сцеплению ³ Coefficient of frost resistance on clutch ³
ПЦ	0,201 / 0,269 ¹	1,143 / 1,595 ²
ПЦ+МС	0,196 / 0,279	1,207 / 3,861
ПЦ+ВВ	0,286 / 0,215	1,58 / 6,289
[10]	0,329 / -	-
ПЦ	- / 0,129 ⁴	-

Примечание: 1 – в числителе после 28 сут твердения в нормальных условиях (НУ), в знаменателе после 75 циклов замораживания-оттаивания, 4 – после 25 циклов замораживания-оттаивания; 2 – в числителе – без учета внутрисерийного коэффициента вариации прочности сцепления, в знаменателе – с учетом внутрисерийного коэффициента вариации прочности сцепления; 3 – AF/A0

Notes: 1 - In the numerator after 28 days of hardening under normal conditions (NU), in the denominator after 75 cycles of freezing-thawing, 4 - after 25 cycles of freezing-thawing; 2 - in the numerator - without taking into account the in-series coefficient of variation of adhesion strength, in the denominator - taking into account the in-series coefficient of variation in adhesion strength; 3 - AF / A0

Из представленных в табл.1 данных очевидно:

- средние значения внутрисерийного коэффициента вариации прочности сцепления с основанием после 75 циклов замораживания-оттаивания уменьшились у бетонов с ВВ, у остальных увеличились;
- средние значения коэффициента морозостойкости по критерию прочности сцепления без учета внутрисерийного коэффициента вариации превышают предельное по ГОСТ значение 0,8;
- средние значения коэффициента морозостойкости с учетом внутрисерийного коэффициента вариации прочности сцепления значительно превышают предельное по ГОСТ значение 0,8 и превышают средние значения коэффициента морозостойкости по критерию прочности сцепления без учета внутрисерийного коэффициента вариации;
- средние значения внутрисерийного коэффициента вариации прочности сцепления с основанием значительно превосходят средние значения коэффициента вариации предела прочности на сжатие, которые составили от 0,055 до 0,095.

На рис. 1 показано влияние вида цемента и НМВ, а также дозировки РПП на внутрисерийный коэффициент вариации прочности сцепления с основанием исследованных МЗБ после 28 сут твердения в нормальных условиях (НУ) и после 75 циклов замораживания-оттаивания по ГОСТ 31356.

Из представленных на рис. 1 данных очевидно:

- коэффициент вариации прочности сцепления с основанием исследованных МЗБ зависит от вида ПЦ, вида и наличия НМВ;
- при введении РПП в состав МЗБ не наблюдается однозначной закономерности изменения значений коэффициента вариации прочности сцепления с основанием, возможно как повышение, так и понижение указанной величины;
- значения коэффициента вариации прочности сцепления изменяются в широком диапазоне от 0,058 до 0,775, т.е. на порядок.

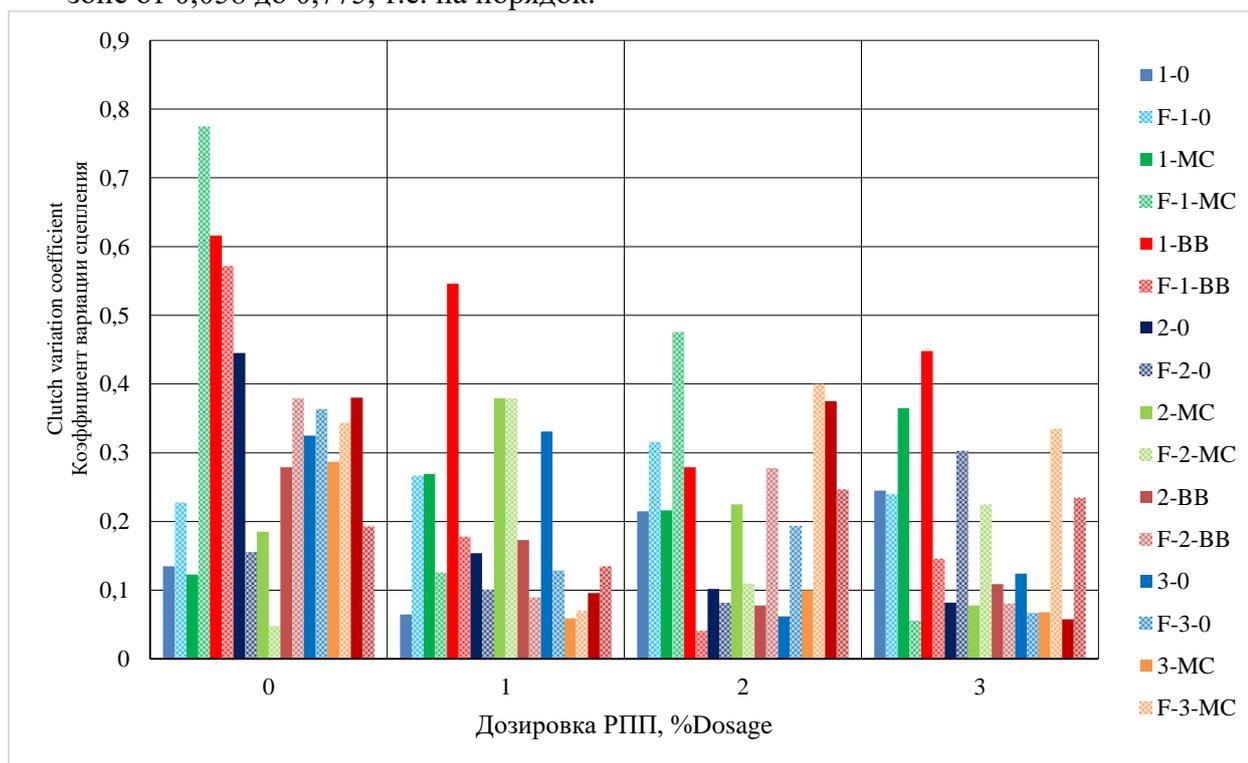


Рис. 1. Влияние вида цемента, дозировки РПП и вида НМВ на внутрисерийный коэффициент вариации прочности сцепления с основанием исследованных морозостойких бетонов после 28 суток твердения в НУ и после 75 циклов замораживания-оттаивания (F) 1,2,3 – вид цемента; 0, MC, BB – вид НМВ (0 – НМВ отсутствует)

Fig. 1. Influence of the type of cement, the dosage of RPP and the type of HMB on the in-series coefficient of variation in adhesion to base investigated frost-resistant concrete after 28 days of hardening in NU and after 75 freeze-thaw cycles (F) 1,2,3 - type of cement; 0, MS, EXPLOSIVES - view of the NMV (0 - no NMV)

В соответствии с ГОСТ 31356 можно представить коэффициент морозостойкости прочности сцепления с основанием в виде

$$k_{F,A} = \frac{A_F}{A_0} > 0,8, \quad (1)$$

где A_F , A_0 – соответственно прочность сцепления с бетонным основанием основных образцов после N циклов замораживания-оттаивания и контрольных образцов.

По аналогии с ГОСТ 10060, п. 5.2.4 можно ввести понятие о нижней границе доверительного интервала прочности сцепления с основанием в виде

$$A_{F,lim} = A_F \cdot (1 - \beta \cdot v_F), \quad (2)$$

$$A_{0,lim} = A_0 \cdot (1 - \beta \cdot v_0), \quad (3)$$

где $A_{F,lim}$, $A_{0,lim}$ – нижний доверительный интервал прочности сцепления с основанием с учетом внутрисерийного коэффициента вариации основных образцов после N циклов замораживания-оттаивания и контрольных образцов, β – t -критерий Стьюдента (2,776 для 5 образцов),

v_F, v_0 – внутри серийный коэффициент вариации прочности сцепления основных и контрольных образцов.

$$\text{Тогда, принимая} \quad v_F = t \cdot v_0, \quad (4)$$

получим соотношение коэффициентов морозостойкости прочности сцепления без учета (по ГОСТ 31356) $k_{F,A}$ и с учетом коэффициента вариации прочности сцепления $k_{F,v}$ в виде:

$$k_{F,v} = \frac{A_{F,lim}}{A_{0,lim}} = \frac{A_F}{A_0} \cdot \frac{1-\beta \cdot t v_0}{1-\beta \cdot v_0} = k_{F,A} \cdot k_v > 0,8. \quad (5)$$

Функция k_v существенно зависит от характера изменения внутрисерийного коэффициента вариации прочности сцепления после циклического замораживания-оттаивания, причем с увеличением внутрисерийного коэффициента вариации прочности сцепления контрольных образцов степень влияния характера изменения коэффициента вариации в процессе циклического замораживания-оттаивания на функцию k_v возрастает, в связи, с чем целесообразно сопоставление результатов оценки коэффициента морозостойкости прочности сцепления, определенного без учета и с учетом внутрисерийного коэффициента вариации прочности сцепления.

На рис.3 представлена зависимость коэффициента морозостойкости прочности сцепления $k_{F,A}$, определенного без учета внутрисерийного коэффициента вариации прочности сцепления (по ГОСТ 31356) от изменения внутрисерийного коэффициента вариации прочности сцепления после циклического замораживания-оттаивания.

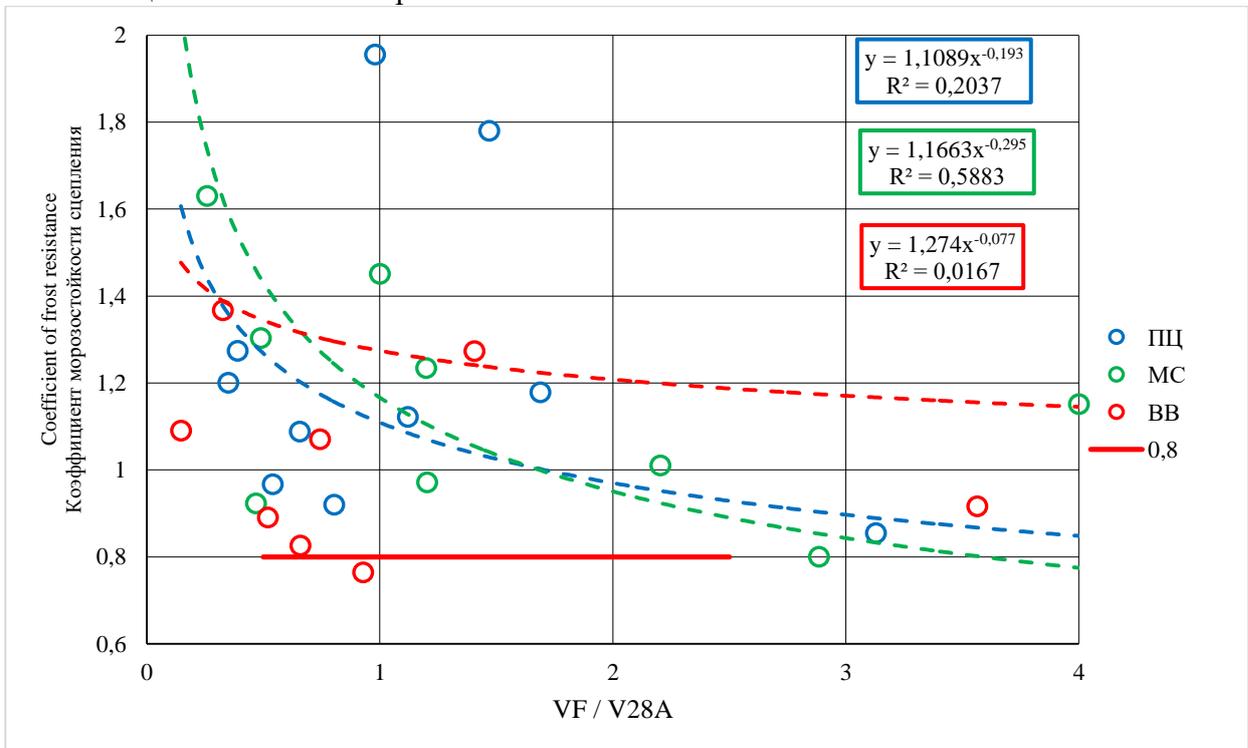


Рис. 3. Зависимость коэффициента морозостойкости сцепления по ГОСТ 31356 исследованных МЗБ от изменения внутрисерийного коэффициента вариации сцепления после циклического замораживания-оттаивания ПЦ – бетон без НМВ, МС и ВВ – бетон с НМВ в виде зольной микросферы и вовлеченного воздуха 0,8 – критерий по ГОСТ 31356

Fig. 3. The dependence of the coefficient of frost resistance of adhesion in accordance with GOST 31356 of the investigated frost-resistant concrete from changes in the in-series coefficient of variation of adhesion after cyclic freezing-thawing PC - concrete without HMW, MS and BB - concrete with HMW in the form of an ash microsphere and entrained air 0.8 - criterion according to GOST 31356

Из представленных на рис. 3 данных, очевидно, что явной зависимости коэффициента морозостойкости прочности сцепления $k_{F,A} = A_F/A_0$ от изменения коэффициента вариации прочности сцепления нет, можно говорить лишь о тенденции повышения коэффициента морозостойкости прочности сцепления с уменьшением коэффициента вариации прочности сцепления в процессе циклического замораживания-оттаивания.

Поскольку коэффициент вариации прочности сцепления зависит как минимум от методики испытаний (геометрия образцов, центрирование) и от однородности структуры МЗБ, то, принимая допущение о постоянстве влияния на коэффициент вариации методики испытаний, можно утверждать, что в процессе циклического замораживания-оттаивания до определенного количества циклов, зависящего от морозостойкости бетона, происходит повышение однородности структуры и прочности сцепления, что показано далее. Такое явление хорошо известно при оценке морозостойкости бетонов по критерию прочности на сжатие.

На рис. 4 представлена зависимость коэффициента морозостойкости прочности сцепления $k_{F,A}$, определенного с учетом внутрисерийного коэффициента вариации прочности сцепления (по ф.(5) от изменения внутрисерийного коэффициента вариации прочности сцепления после циклического замораживания-оттаивания.

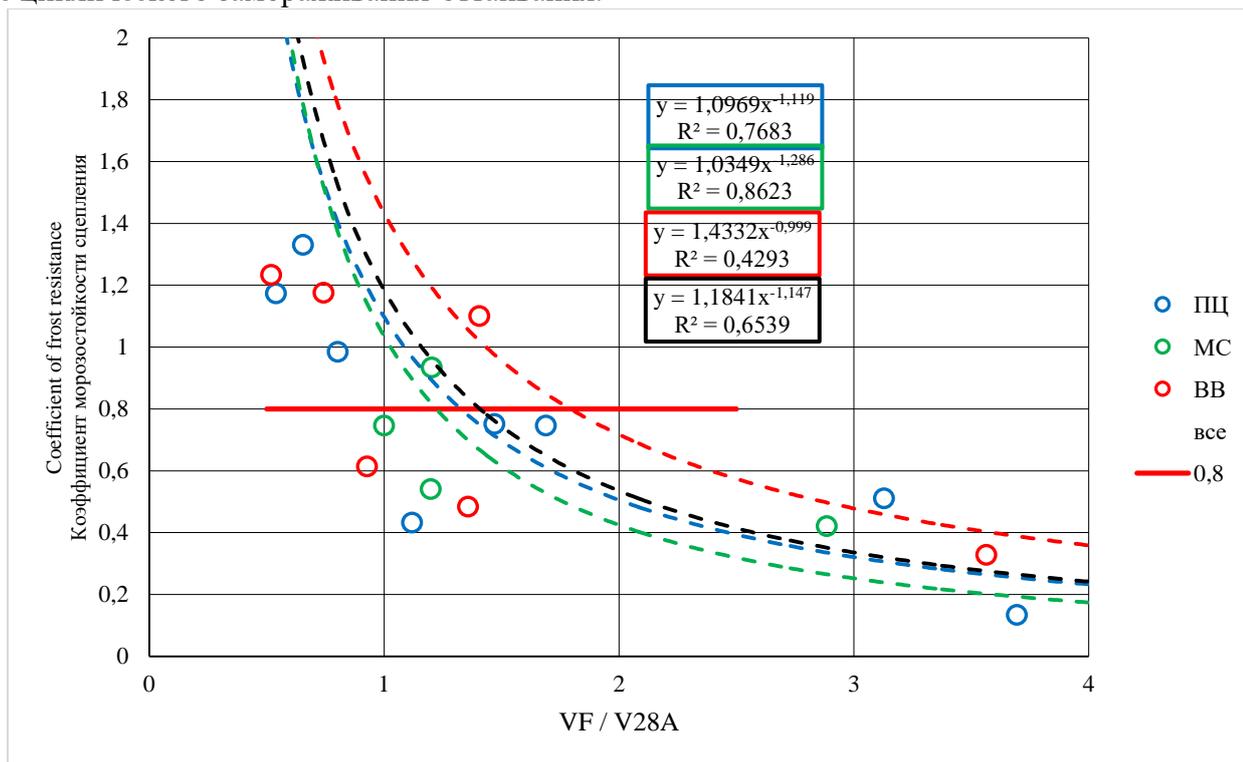


Рис. 4. Зависимость коэффициента морозостойкости прочности сцепления по ф.(5) исследованных МЗБ от изменения внутрисерийного коэффициента вариации прочности сцепления после циклического замораживания-оттаивания ПЦ – бетон без НМВ, МС и ВВ – бетон с НМВ в виде зольной микросферы и вовлеченного воздуха 0,8 – критерий по ГОСТ 31356

Fig. 4. The dependence of the coefficient of frost resistance of adhesion strength according to f. (5) of the investigated frost-resistant concrete from changes Coefficient of variation of adhesion strength after cyclic freezing-thawing PC - concrete without HMW, MS and BB - concrete with HMW in the form of an ash microsphere and entrained air 0.8 - criterion according to GOST 31356

Из представленных на рис. 4 данных, очевидно, что зависимость между коэффициентом морозостойкости прочности сцепления по ф.(5) и изменением коэффициента вариации прочности сцепления более тесная, чем в предыдущем случае.

Для всех бетонов явно прослеживается тенденция повышения коэффициента морозостойкости прочности сцепления с уменьшением изменения коэффициента вариации прочности сцепления в процессе циклического замораживания-оттаивания, причем для бетонов с НМВ в виде МС зависимость может быть использована для практических целей, поскольку показатель $R^2 = 0,86 > 0,8$. Можно сделать предварительное заключение, что при выполнении условия $V_F/V_{28A} < 1$ коэффициент морозостойкости прочности сцепления, определенный по ф.(5), будет удовлетворять требованиям ГОСТ 31356.

На рис. 5 приведено соотношение изменения коэффициентов вариации предела прочности на сжатие (V_F / V_{28R}) и прочности сцепления (V_F / V_{28A}) после 75 циклов замораживания-оттаивания.

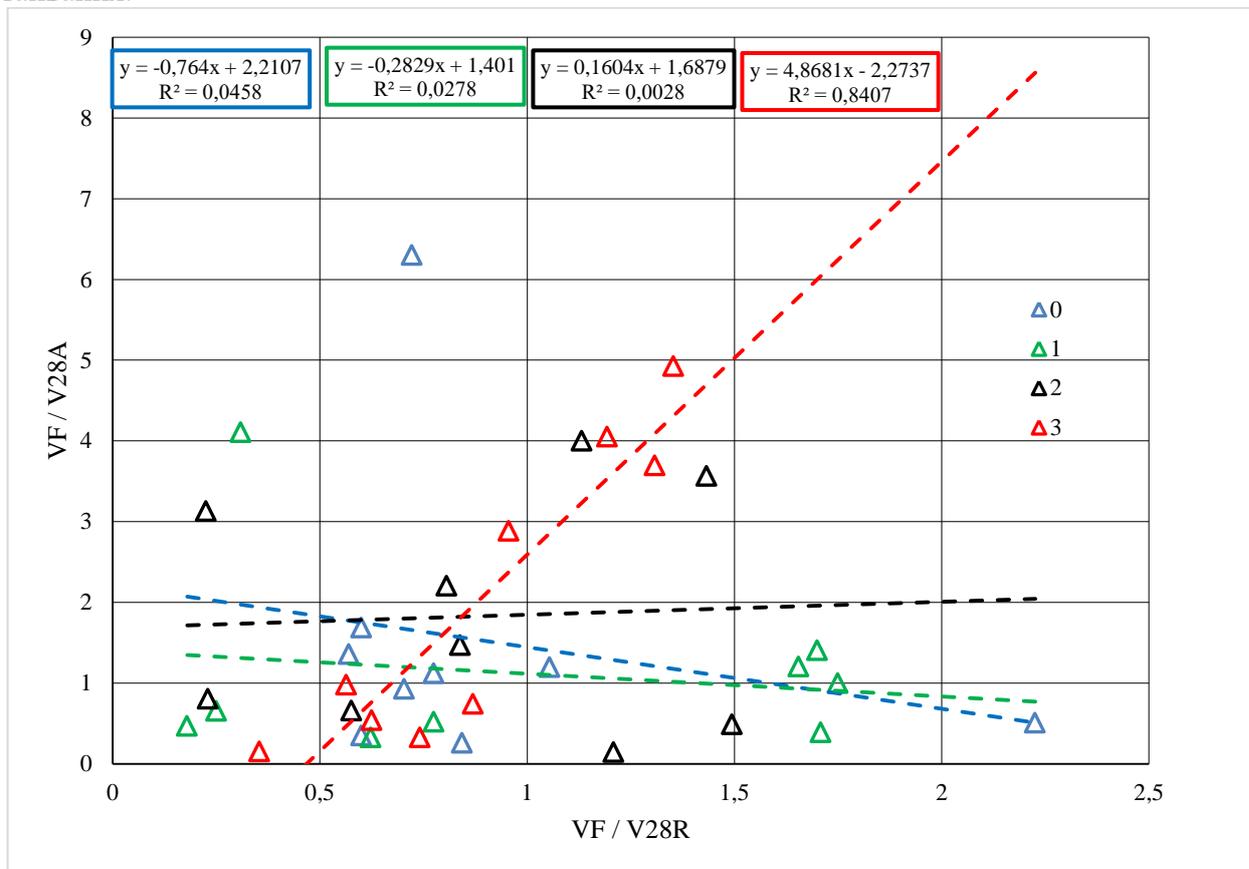


Рис. 5. Соотношение изменения при циклическом замораживании-оттаивании коэффициентов вариации прочности сцепления и предела прочности на сжатие в зависимости от содержания РПП в составе МЗБ 0 – 3 – содержание РПП, %

Fig. 5. The ratio of changes during cyclic freezing-thawing of the coefficients of variation in adhesion strength and compressive strength depending on the content of RPP in the composition of the frost-resistant concrete 0 - 3 - RPP content, %

Из представленных на рис. 5 данных можно сделать вывод о том, что связь между изменением коэффициентов вариации предела прочности на сжатие и прочности сцепления после 75 циклов замораживания-оттаивания имеет место только для составов с содержанием РПП 3%, что можно рассматривать как признак качественного изменения структуры МЗБ с относительно высоким содержанием РПП.

На рис. 6 представлена зависимость коэффициента морозостойкости МЗБ по критерию сцепления с бетонным основанием по ГОСТ ф.(1) от внутрисерийного коэффициента вариации прочности сцепления после 28 сут твердения в НУ.

Из представленных на рис. 6 данных следует, что общей зависимости между коэффициентом вариации прочности сцепления после 28 сут твердения в НУ и коэффициентом морозостойкости прочности сцепления по ф.(1) нет.

Прослеживается тенденция снижения коэффициента морозостойкости с ростом коэффициента вариации прочности сцепления, что вполне закономерно, поскольку повышение неоднородности структуры для морозостойких бетонов не характерно.

К сожалению, выделить в значении коэффициента вариации долю, обусловленную неоднородностью структуры и методикой испытаний проблематично.

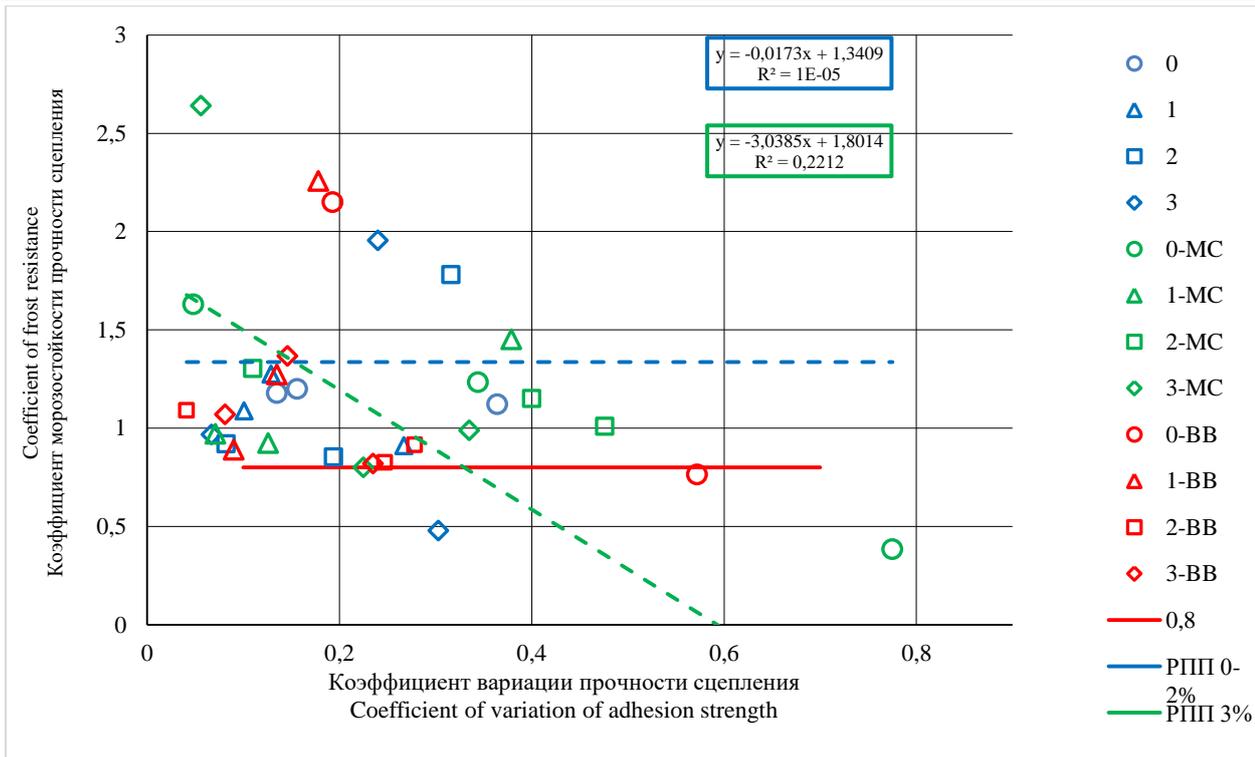


Рис. 6. Зависимость коэффициента морозостойкости МЗБ по критерию прочности сцепления с бетонным основанием от внутрисерийного коэффициента вариации сцепления после 28 сут твердения в НУ 0,1,2,3 – дозировка РПП, %, в составе frost-resistant concrete; 0, МС, ВВ – вид НМВ (0 – НМВ отсутствует); 0,8 – предельное значение по ГОСТ 31356

Fig. 6. Dependence of the coefficient of frost resistance of the frost-resistant concrete according to the criterion of adhesion to a concrete base on the in-series coefficient of variation of adhesion after 28 days of hardening in NU 0,1,2,3 - dosage of RPP,%, in the composition of the frost-resistant concrete; 0, MS, EXPLOSIVES - view of the NMW (0 - no NMV); 0.8 - limit value according to GOST 31356

В табл. 2 представлена информация о влиянии на коэффициент вариации различных факторов.

Таблица 2. Данные о коэффициенте вариации прочности сцепления и прочности на сжатие
 Table 2. Coefficient of variation data adhesion and compressive strength

Бетон Concrete	Показатели Indicators		
	Число серий Number of episodes	Среднее значение Mean	Диапазон изменения Change range
ПЦ	12	0,19 / 0,204 ¹	0,062-0,445 / 0,067-0,364 ¹
ПЦ+МС	12	0,196 / 0,279 ¹	0,059-0,379 / 0,048-0,775 ¹
ПЦ+ВВ	12	0,286 / 0,215 ¹	0,058-0,616 / 0,041-0,572 ¹
Все МЗБ	36	$\frac{0,224}{0,075} / \frac{0,232}{0,059}^{1,3}$	$\frac{0,058-0,616}{0,029-0,2} / \frac{0,041-0,775}{0,016-0,13}^{1,3}$
ПЦ ⁴	15	- / 0,129 ^{1,2}	- / 0,016-0,352 ^{1,2}
ПЦ ⁵	28	0,257 / -	0,049-0,498 / -
ПЦ ⁶	15	0,321 / -	0,072-0,891 / -
[12]	15	0,162 / - ¹	0,029-0,709 / - ¹

Примечания: 1 – перед чертой после 28 сут твердения в НУ, после черты – после 75 циклов замораживания-оттаивания; 2 – после 25 циклов замораживания-оттаивания; 3 – для предела прочности на сжатие; 4-6 – экспериментальные данные авторов, не рассматриваемые в этой работе

Notes: 1 - before the line after 28 days of hardening in NU, after the line after 75 cycles of freezing and thawing; 2 - after 25 cycles of freezing and thawing; 3 - for ultimate compressive strength; 4-6 - experimental data of the authors not considered in this work

На рис. 7 приведена информация о частоте значений коэффициентов вариации прочности на сжатие и прочности сцепления.

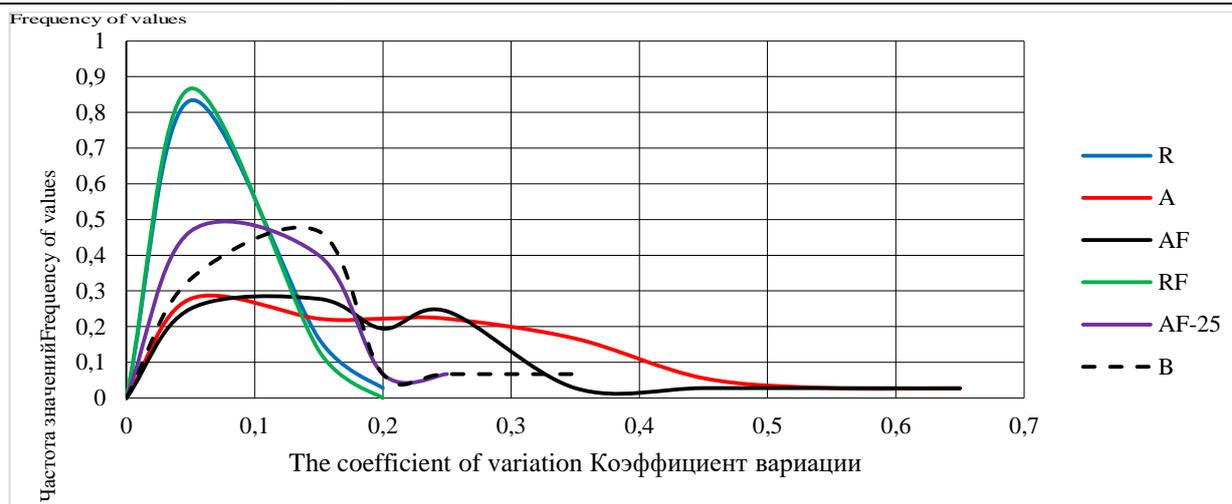


Рис. 7. Частота распределения значений коэффициентов вариации R – предела прочности на сжатие (28 сут НУ); А– прочности сцепления (28 сут НУ); RF – предела прочности на сжатие (75 циклов замораживания-оттаивания); AF– прочности сцепления (75 циклов замораживания-оттаивания); AF-25– прочности сцепления (25 циклов замораживания-оттаивания); В – по экспериментальным данным [12] прочности сцепления (28 сут НУ)

Fig. 7 Frequency of distribution of values of coefficient of variation R - ultimate compressive strength (28 days NU); A– adhesion strength (28 days of NU); RF - compressive strength (75 cycles of freezing and thawing); AF– adhesion strength (75 cycles of freezing and thawing); AF-25 - adhesion strength (25 cycles of freezing and thawing); B - according to experimental data [12] adhesion strength (28 days NU)

Очевидно существенное различие коэффициентов вариации прочности на сжатие и прочности сцепления как после твердения в НУ, так и после циклического замораживания-оттаивания. Можно отметить, что коэффициент вариации прочности сцепления может быть до 3 раз выше значения коэффициента вариации прочности на сжатие.

Прослеживается уменьшение коэффициента вариации прочности сцепления после 25 циклов замораживания-оттаивания с последующим ростом после 75 циклов.

Известно, что коэффициент вариации прочности на растяжение или сжатие при изгибе в ряде случаев может быть несколько выше, чем на сжатие, хотя в рамках настоящего исследования авторами выявлен обратный факт. Коэффициент вариации морозостойкости может до 3 раз превышать коэффициент вариации прочности на сжатие. Выявленное в ряде случаев существенное превышение значений коэффициента вариации прочности сцепления относительно прочности на сжатие, вряд ли связано только с однородностью структуры, поскольку, наряду с высокими, получены и весьма низкие значения коэффициента вариации прочности сцепления.

Вероятно, значительное влияние может оказывать методика испытания. ГОСТ 31356 указывает случаи, при которых фактическое значение сцепления будет выше измеренного, но при этом оно точно не известно. Работа шарнира в приборах, используемых при определении прочности сцепления, может зависеть от многих факторов и влиять на «центральность» отрыва и, закономерно, результаты измерений. Методика определения предела прочности сцепления нуждается в совершенствовании как с технической стороны, так и в вопросе обработки результатов. При возможных высоких значениях коэффициента вариации прочности сцепления применять расчет коэффициента вариации морозостойкости по критерию прочности сцепления по ф.(5) нецелесообразно.

Вывод. 1. Средние значения коэффициента вариации прочности сцепления составили: после 75 циклов замораживания-оттаивания - 0,224, диапазон от 0,058 до 0,616, после 25 циклов замораживания-оттаивания - среднее 0,129, диапазон от 0,016 до 0,352. Коэффициент вариации прочности сцепления может быть примерно в 2,5 – 3 раза выше значения коэффициента вариации прочности на сжатие.

2. При введении в состав МЗБ РПП не наблюдается однозначной закономерности изменения значений коэффициента вариации прочности сцепления с основанием, возможно как по-

вышение, так и понижение указанной величины, а значения коэффициента вариации прочности сцепления могут изменяться на порядок.

3. Для всех бетонов прослеживается тенденция повышения коэффициента морозостойкости прочности сцепления с уменьшением коэффициента вариации прочности сцепления как после твердения в НУ, так и в процессе циклического замораживания-оттаивания, а при выполнении условия $V_F / V_{28A} < 1$ коэффициент морозостойкости прочности сцепления, определенный с учетом коэффициента вариации, будет удовлетворять требованиям ГОСТ 31356.

Библиографический список:

1. Кунцевич О.В. Бетоны высокой морозостойкости для сооружений Крайнего Севера. Л.: Стройиздат, 1983, 132 с.
2. Стольников В.В. О теоретических основах сопротивляемости цементного камня и бетонов чередующимися циклам замораживания и оттаивания. Л.: Энергия, 1970 - 68 с.
3. Шейкин, А.Е. Цементные бетоны высокой морозостойкости / А.Е. Шейкин, Л.М. Добшиц. – Л.: Стройиздат, 1989. – 128 с.
4. Манушина А.С., Урбанов А.В., Ахметжанов А.М., Зырянов М.С., Потапова Е.Н., Захаров С.А., Влияние минеральных и полимерных добавок на свойства плиточного клея // Сухие строительные смеси №2, 2016. – С. 17-20
5. Удодов С.А., Бычкова О.А. К вопросу о долговечности сцепления цементных растворов с легкобетонным основанием. INTERNATIONAL INNOVATION RESEARCH: сборник статей VIII Международной научно-практической конференции. 2017. С. 42-45.
6. 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.
7. Бабков В.В., Синицын Д.А., Чуйкин А.Е., Кильдибаев Р.С., Резвов О.А. Работа штукатурных покрытий современных теплоэффективных наружных стен зданий // Инженерно-строительный журнал. №8. 2012. – С. 22-29
8. Парута В.А., Саевский А.А., Семина Ю.А., Столяр Е.А., Устенко А.В., Брынзин Е.В. Теоретические предпосылки оптимизации рецептурно-технологических параметров штукатурных растворов для стен, выполненных из газобетонных блоков // Инженерно-строительный журнал. 2012. № 8 (34). С. 30-36.
9. Несветаев Г.В., Долгова А.В. Влияние дозировки диспергируемых порошков на свойства мелкозернистого бетона после многократного замораживания-оттаивания // Инженерный вестник Дона, №5 (2019) ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2019/5977
10. Деревянко В.Н., Полтавцев А.П., Д. Гудыменко Методы определения адгезионной прочности наружных отделочных растворов // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. 2008. № 1-2 (120). С. 18-22.
11. Бычкова О.А. Состав и свойства модифицированного гипсоглиноземистого расширяющегося цемента и сухих строительных смесей на его основе: Автореф. дисс. ... канд.техн. наук 05.23.05. – Махачкала: ДГТУ, 2018. – 24 с.

References:

1. Kuntsevich O.V. Betony vysokoy morozostoykosti dlya sooruzheniy Kraynego Severa. L.: Sroyizdat, 1983, 132 s. [Kuntsevich OV Concrete of high frost resistance for structures of the Far North. L. : Sroyizdat, 1983, 132 p. (In Russ)]
2. Stol'nikov V.V. O teoreticheskikh osnovakh soprotivlyayemosti tsementnogo kamnya i betonov chereduyushchimi-sya tsiklam zamorazhivaniya i ottaivaniya. L.: Energiya, 1970 - 68 s. [Stol'nikov VV 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)]
3. Sheykin, A.Ye. Tsementnyye betony vysokoy morozostoykosti / A.Ye. Sheykin, L.M. Dobshits. – L.: Sroyizdat, 1989. – 128 s. [Sheikin, A.E. Cement concrete with high frost resistance / A.E. Sheikin, L.M. Dobschitz. - L. : Sroyizdat, 1989. 128 p. (In Russ)]
4. Manushina A.S., Urbanov A.V., Akhmetzhanov A.M., Zyryanov M.S., Potapova Ye.N., Zakharov S.A., Vliyaniye mineral'nykh i polimernykh dobavok na svoystva plitochnogo kleya // Sukhiye stroitel'nyye smesi №2, 2016. – S. 17-20 [Manushina A.S., Urbanov A.V., Akhmetzhanov A.M., Zyryanov M.S., Potapova E.N., Zakharov S.A., Effect of mineral and polymer additives on the properties of tile adhesives // Dry building mixtures No. 2, 2016. pp. 17-20 (In Russ)]
5. Udodov S.A., Bychkova O.A. K voprosu o dolgovechnosti stsepleniya tsementnykh rastvorov s legkobetonnym osnovaniyem / International innovation research: sbornik statey VIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2017. S. 42-45. [Udodov S. A., Bychkova O. A. To the question of the durability of adhesion of cement mortars with light concrete base. INTERNATIONAL INNOVATION RESEARCH: a collection of articles from the VIII International Scientific and Practical Conference. 2017. pp. 42-45. (In Russ)]
6. Loganina V.I., Zhegera K.V. Otsenka morozostoykosti plitochnogo kleya na tsementnoy osnove s primeneni-yem 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. Estimation 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)]
7. Babkov V.V., Sinitsyn D.A., Chuykin A.Ye., Kil'dibayev R.S., Rezvov O.A. Rabota shtukaturnykh pokrytiy sovremennykh teploeffektivnykh naruzhnykh sten zdaniy // *Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal*. №8. 2012. – S. 22-29 [Babkov V.V., Sinitsyn D.A., Chuikin A.E., Kildibaev R.S., Rezvov O.A. The work of plaster coatings of modern heat-efficient exterior walls of buildings // *Engineering and Construction Journal*. Number 8. 2012. pp. 22-29(In Russ)]
8. Paruta V.A., Sayevskiy A.A., Semina YU.A., Stolyar Ye.A., Ustenko A.V., Brynzin Ye.V. Teoreticheskiye pred-posylki optimizatsii retsepturno-tehnologicheskikh parametrov shtukaturnykh rastvorov dlya sten, vpol-nennykh iz gazobetonnnykh blokov // *Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal*. 2012. № 8 (34). S. 30-36. [Paruta V.A., Saevsky A.A., Semina Yu.A., Stolyar E.A., Ustenko A.V., Brynzin E.V. Theoretical premises for optimizing the formulation and technological parameters of stucco mortars for walls made of aerated concrete blocks // *Engineering and Construction Journal*. 2012. No. 8 (34). pp. 30-36. (In Russ)]
9. Nesvetayev G.V., Dolgova A.V. Vliyaniye dozirovki redispersiruyemykh poroshkov na svoystva melkozerni-stogo betona posle mnogokratnogo zamorazhivaniya-ottaivaniya // *Inzhenernyy vestnik Dona*, №5 (2019) ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2019/5977 [Nesvetaev 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/ru/magazine/archive/n5y2019/5977(In Russ)]
10. Derevyanko V.N., Poltavtsev A.P., D. Gudymenko Methods for determining the adhesion strength of external finishing solutions // *Visnik Pridniprovskoe sovereign academy of buddies and architecture*. 2008. No. 1-2 (120). pp. 18-22.
11. Bychkova O.A. Sostav i svoystva modifitsirovannogo gipsoglinozemistogo rasshiryayushchegosya tsementa i sukhikh stroitel'nykh smesey na yego osnove: Avtoref. diss. ... kand.tekhn. nauk 05.23.05. – Makhachkala: DGTU, 2018. – 24 s. [Bychkova O.A. Composition and properties of modified gypsum-alumina expanding cement and dry building mixtures based on it: Abstract. diss. ... Ph.D. Sciences 05.23.05. Makhachkala: DSTU, 2018 . 24 p. (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

Постой Людмила Викторовна, кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой строительных производств; e-mail: LVPostoj@mephi.ru

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

Information about the authors:

Grigory V. Nesvetaev, 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

Ludmila V. Postoy, Cand. Sci. (Technical), Assoc. Prof., Head of the Department of Construction Production; e-mail: LVPostoj@mephi.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

Конфликт интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 28.10.2019.

Принята в печать 18.11.2019.

Conflict of interest.

The authors declare no conflict of interest.

Received 28.10.2019.

Accepted for publication 18.11.2019.