

**Для цитирования:** Долгова А.В., Несветаев Г.В. Влияние дозировки редуцируемых порошков и типа низко-модульных включений на свойства мелкозернистого бетона. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2019;46 (2):167-175. DOI:10.21822/2073-6185-2019-46-2-167-175

**For citation:** Dolgova A.V., Nesvetaev G.V. Effect of dosage of redispersible powders and the type of low-modular inclusions on the properties of fine-aggregate concrete. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2019; 46(2):167-175. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2019-46-2-167-175

## СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 691.335/ 691.542

DOI: 10.21822/2073-6185-2019-46-2-167-175

### ВЛИЯНИЕ ДОЗИРОВКИ РЕДИСПЕРГИРУЕМЫХ ПОРОШКОВ И ТИПА НИЗКОМОДУЛЬНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ НА СВОЙСТВА МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА

Долгова А.В.<sup>2</sup>, Несветаев Г.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Донской государственный технический университет,

<sup>1</sup>344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д.1, Россия,

<sup>2</sup>Ростовский государственный университет путей сообщения,

<sup>2</sup>344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка

Народного Ополчения, д. 2, Россия,

<sup>1</sup> e-mail: nesgrin@yandex.ru, <sup>2</sup> e-mail: anya.dolgova.75@mail.ru

**Резюме.** Цель. Надежность и долговечность конструкций с использованием различных по свойствам материалов (штукатурные покрытия, облицовки плиткой, новый бетон при ремонте и восстановлении конструкций и т.п.) в значительной степени зависит от сцепления слоев и деформационных свойств покрытий. Для получения требуемых свойств используемых для покрытий материалов в состав новых бетонов вводят модификаторы на основе полимеров и низко модульные включения, например, вовлеченный воздух. Целью работы является выявление некоторых закономерностей изменения свойств бетонов при совместном введении указанных модификаторов. **Метод.** Экспериментальное определение пределов прочности на растяжение при изгибе, сжатие, начального модуля упругости, сцепления с бетонным основанием по стандартным методикам. **Результат.** Установлено влияние отдельного и совместного введения в состав мелкозернистого бетона редуцируемых полимерных порошков и различных по свойствам низко модульных включений. **Вывод.** Совместное введение в состав мелкозернистого бетона различных низко модульных включений и редуцируемых полимерных порошков обеспечивает снижение показателя уровня напряжений при вынужденных деформациях за счет различного влияния на прочностные и деформационные свойства и способствует повышению сцепления нового бетон с бетонным основанием.

**Ключевые слова:** сухие строительные смеси, редуцируемые полимерные порошки, низко модульные включения, сцепление с бетонным основанием, модуль упругости, предел прочности

## BUILDING AND ARCHITECTURE

### EFFECT OF DOSAGE OF REDISPUTABLE POWDERS AND THE TYPE OF LOW-MODULAR INCLUSIONS ON THE PROPERTIES OF FINE-AGGREGATE CONCRETE

*Dolgova Anna V.<sup>2</sup>, Grigory V. Nesvetaev<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Donskoy State Technical University,*

<sup>1</sup>*344000, Rostov-on-Don, Gagarin sq., 1, Russia,*

<sup>2</sup>*Rostov State University of Communications,*

<sup>2</sup>*344038, Rostov-on-Don, Rostov Rifle Regiment of the People's Militia sq., 2, Russia,*

<sup>1</sup> e-mail: [nesgrin@yandex.ru](mailto:nesgrin@yandex.ru), <sup>2</sup> e-mail: [anya.dolgova.75@mail.ru](mailto:anya.dolgova.75@mail.ru)

**Abstract Objectives** Reliability and durability of structures using materials with various properties (plaster coatings, cement glue, new concrete during repair and restoration of structures, etc.) largely depends on the adhesion of the layers and the deformation properties of the coatings. To obtain the required properties of materials used for coatings, modifiers based on polymers and low-modulus inclusions are introduced into the composition of new concretes, for example, entrained air. The aim of the work is to identify some patterns of change in the properties of concrete with the joint introduction of these modifiers. **Method** Experimental determination of the tensile strength in bending, compression, E-modulus, adhesion to the concrete base by standard methods. **Result** The influence of separate and joint introduction of dispersible polymer powders and various low-modulus inclusions into the composition of fine-grained concrete has been established. **Conclusion** The joint introduction to the composition of fine-grained concrete of various low-modulus inclusions and redispersible polymer powders provides a reduction in the stress level during forced deformations due to the different effects additives on the strength and deformation properties and contributes to increased adhesion to the concrete.

**Keywords:** dry construction mixtures, redispersible polymer powders, low-modulus inclusions, adhesion with concrete base, modulus of elasticity, tensile strength, compressive strength

**Введение.** Применение сухих строительных смесей (ССС) при производстве отделочных и иных работ обеспечивает рост производительности труда и высокое качество получаемой продукции [1-5]. В состав многих ССС входит редуцируемый полимерный порошок (РПП) для регулирования деформационных свойств и повышения сцепления с основанием. Производители выпускают РПП в основном на основе винилацетата, сополимеров винилацетата и этилена, винилового эфира вераатиковой кислоты, эфиров акриловой кислоты [6-8,17]. Для управления структурообразованием бетона, улучшения свойств бетонной смеси и повышения морозостойкости бетона в его состав вводят низкомолекулярные включения (НМВ) демпфирующего действия, например, воздухововлекающие добавки (ВВ) и зольные микросферы (МС) [9-11].

Применение МС, в сравнении с ВВ, обеспечивает ряд преимуществ, в т.ч: объем НМВ в составе готовой смеси не зависит от условий перемешивания; объем НМВ в составе готовой смеси не изменяется во времени.

**Постановка задачи.** Учитывая многообразие РПП и производимых в РФ цементов, выявление некоторых закономерностей влияния некоторых РПП при их совместном введении с НМВ на свойства растворов (мелкозернистых бетонов - МЗБ) и получение количественных показателей, характеризующих их эффективность, представляет актуальную задачу.

Оценка влияния вида цемента и модифицирующих добавок произведена на МЗБ состава Ц:П = 35:65 с использованием следующих материалов:

- ЦЕМ I 42,5 Н ЗАО «Подгоренский цементник» (ПЦ-1), ЦЕМ I 52,5 Н ЗАО «Осколцемент» (ПЦ-2), ЦЕМ I 42,5 Н СС АО «Подольск-Цемент» (ПЦ-3);

- водоудерживающая добавка – Rutocelle 75 RT 50000 (ВУ);
- РПП – Vinnapas 4042 Н;
- воздухововлекающая добавка Esaron 1214 (ВВ);
- МС - зольная микросфера Новочеркасской ГРЭС.

Во всех составах дозировка ВУ составляла 0,25% от массы сухой смеси. Содержание РП варьировалось от 0 до 3% от массы сухой смеси. Дозировка ВВ составляла 0,015% от массы сухой смеси. Дозировка МС МС - 1,31% от массы сухой смеси при соотношении Ц:П = 36,2:62,5.

**Методы исследования.** Определение предела прочности на сжатие  $R$  и растяжение при изгибе  $R_f$  выполнялось на образцах 40x40x160 мм по ГОСТ 310.4. Определение начального модуля упругости  $E_0$  выполнялось на тех же образцах посредством измерения динамического модуля упругости ультразвуковым методом с последующим пересчетом [12]. Сцепление с бетонным основанием  $R_{сц}$  выполнялось по ГОСТ 31356. Результаты испытаний в возрасте 28 суток представлены в табл.1.

**Таблица 1. Результаты определения строительно-технических свойств мелко-зернистых бетонов**  
**Table 1. The results of determining the construction and technical properties of fine-grained concrete**

Вид НМВ View	Дозировка РПП, % RPP dosage	Строительно-технические свойства МЗБ, МПа Construction and technical properties of fine-grained concrete MPa											
		ПЦ-1				ПЦ-2				ПЦ-3			
		R	$R_f$	$E_0$	$R_{сц}$	R	$R_f$	$E_0$	$R_{сц}$	R	$R_f$	$E_0$	$R_{сц}$
0	0	15,2	4,29	11975	1,06	21,1	5,43	13810	1,03	14,1	4,12	11530	0,87
	1	10,5	3,74	10010	1,17	17,2	4,64	12553	1,19	13,3	4,06	11096	1,03
	2	12,7	4,28	10320	0,64	13,4	4,17	10382	1,41	13,1	4,1	10097	1,12
	3	10,9	3,59	8885	0,59	13,3	4,1	10270	1,22	11,6	3,97	9475	1,16
ВВ	0	8,5	3,35	8309	0,66	15,8	4,12	11303	0,2	14,3	4,11	11431	0,58
	1	10,1	3,49	9150	0,48	12,6	4,08	9722	1,23	13,8	4,38	11046	0,89
	2	9,1	3,63	8919	1,06	14,6	4,28	10553	1,22	12,4	3,94	10619	1,3
	3	10,8	3,84	9197	0,87	12,9	4,06	10562	1,31	11,4	3,92	9491	1,22
МС	0	14,5	4,14	11128	1,16	19,4	5,24	13369	0,79	15,6	3,9	11109	0,92
	1	11,6	3,87	9061	0,97	13,3	4,36	11723	0,68	12,3	4,01	9825	0,99
	2	10,6	3,53	8499	0,94	13,6	4,18	10296	0,97	10,5	3,78	9082	0,88
	3	9,9	3,47	8375	0,44	10,8	4,02	9542	1,37	9,7	3,8	8402	0,96

**Обсуждение результатов.** На рис. 1 представлена зависимость предела прочности на растяжение при изгибе от предела прочности на сжатие  $R_f = f(R)$ .



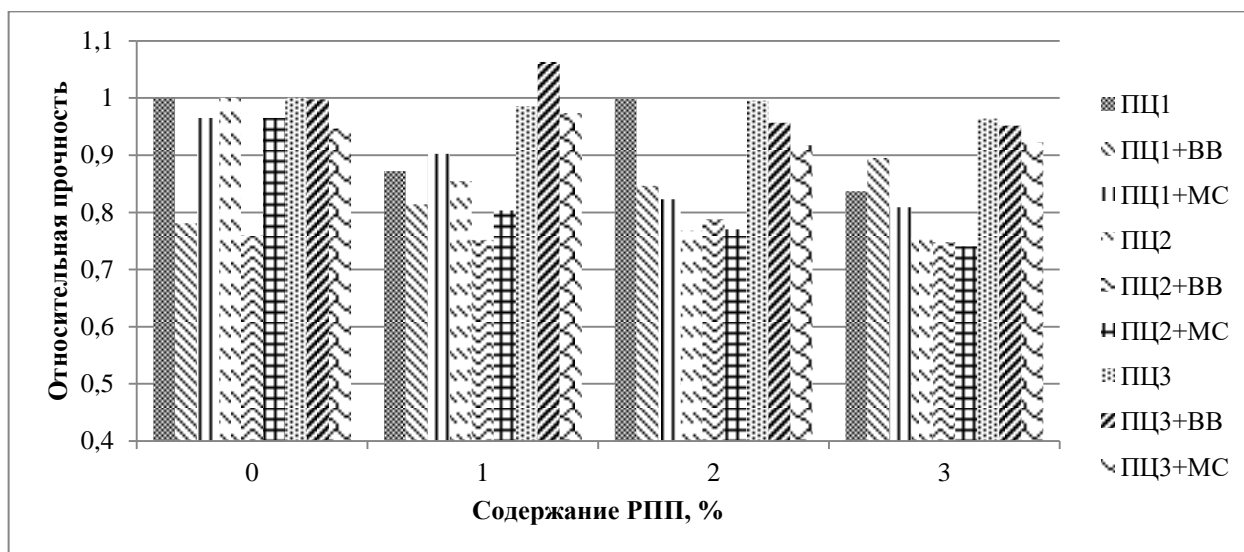
**Рис. 1. Зависимость предела прочности на растяжение при изгибе от предела прочности на сжатие: ПЦ1, ПЦ2, ПЦ3 – различные цементы; Б – по данным [13] для МЗБ с органоминеральным модификатором**

**Fig. 1. The dependence of the tensile strength in bending on the ultimate compressive strength: PTs1, PTs2, PTs3 - various cements; B - according to [13] for the MZB with an organomineral modifier**

Из представленных в табл. 1 и на рис. 1 данных очевидно:

- зависимость  $R_f = f(R)$  является достаточно универсальной. Поскольку величина  $(1 - R^2)$ , где  $R^2$  представлена на рис.1) характеризует процент дисперсии, который нельзя объяснить регрессией, можно отметить, что для ПЦ<sub>1</sub> и ПЦ<sub>2</sub> это значение составляет менее 20%, а для всех цементов - менее 15%, что свидетельствует о достаточно тесной корреляции между пределом прочности на изгиб и сжатие;
- полученная в настоящем исследовании зависимость  $R_f = f(R)$  для всех цементов качественно соответствует зависимостям, приведенным в [13,15,16].

На рис. 2 и 3 представлены зависимости пределов прочности модифицированных МЗБ от дозировки РПП и видов низкомолекулярных включений.



**Рис. 2. Влияние дозировки РПП и вида НМВ на относительный предел прочности на растяжение при изгибе модифицированного МЗБ: ПЦ1, ПЦ2, ПЦ3 – различные цементы; ВВ, МС – различные НМВ**

**Fig. 2. The effect of the dosage of RPP and the type of NMV on the relative tensile strength in bending of a modified MZB: PTs1, PTs2, PTs3 - various cements; VV, MS - various NMV**

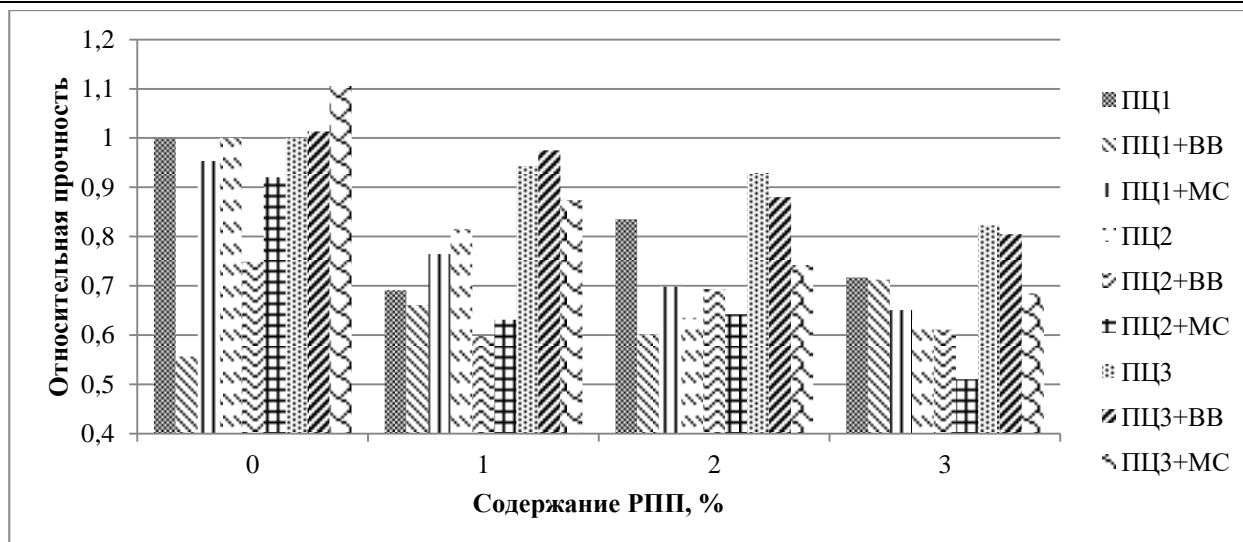


Рис. 3. Влияние дозировки РПП и вида НМВ на относительный предел прочности на сжатие модифицированного МЗБ: ПЦ1, ПЦ2, ПЦ3 – различные цементы; BB, MC – различные НМВ

Fig. 3. The effect of the dosage of the RPP and the type of NMP on the relative compressive strength of the modified MZB: PTs1, PTs2, PTs3 - various cements; VV, MS - various NMV

Из представленных на рис. 2 и 3 данных следует:

- общей тенденцией является снижение предела прочности МЗБ при увеличении дозировки РПП и введении НМВ, при этом снижение прочности при изгибе в зависимости от вида ПЦ в составах без НМВ может составлять от 4% (ПЦ-3) до 25% (ПЦ-2), а при сжатии 18% и 37% соответственно, что свидетельствует о большем влиянии РПП на прочность на сжатие;
- введение НМВ совместно с РПП может приводить к дополнительному снижению прочности, в итоге общее максимальное снижение прочности на изгиб может составлять до 25%, на сжатие – до 50%;

На рис. 4 представлена зависимость величины начального модуля упругости модифицированного МЗБ от предела прочности на сжатие.

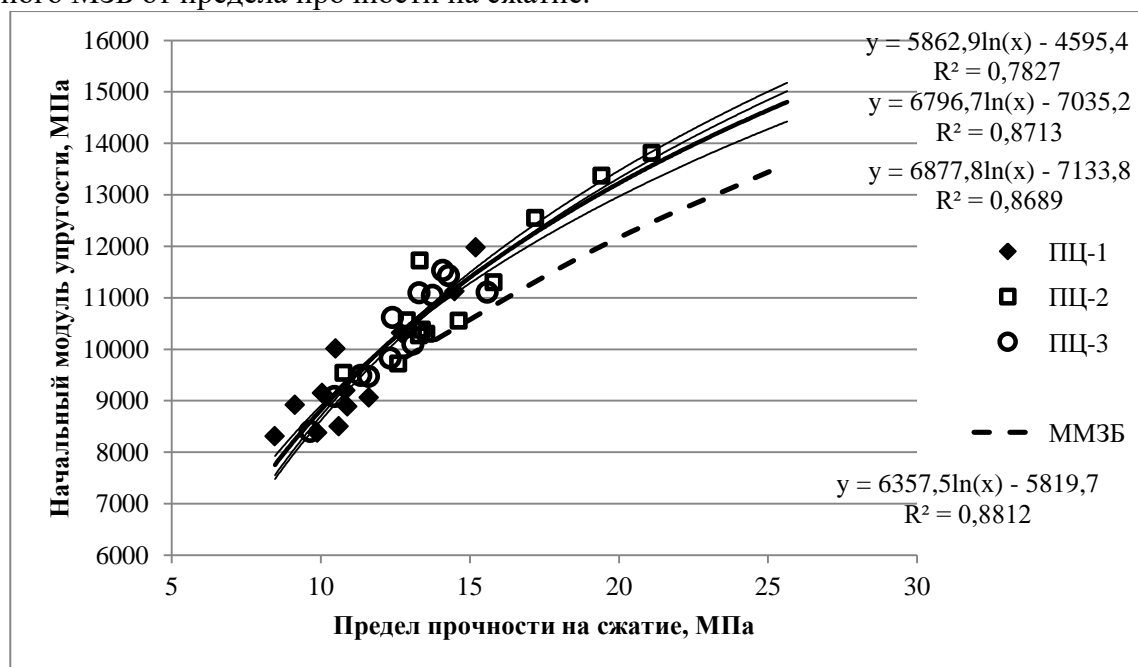


Рис. 4. Зависимость начального модуля упругости МЗБ от предела прочности на сжатие:

ПЦ1, ПЦ2, ПЦ3 – различные цементы; MMZB – по данным [14] для МЗБ с органоминеральным модификатором

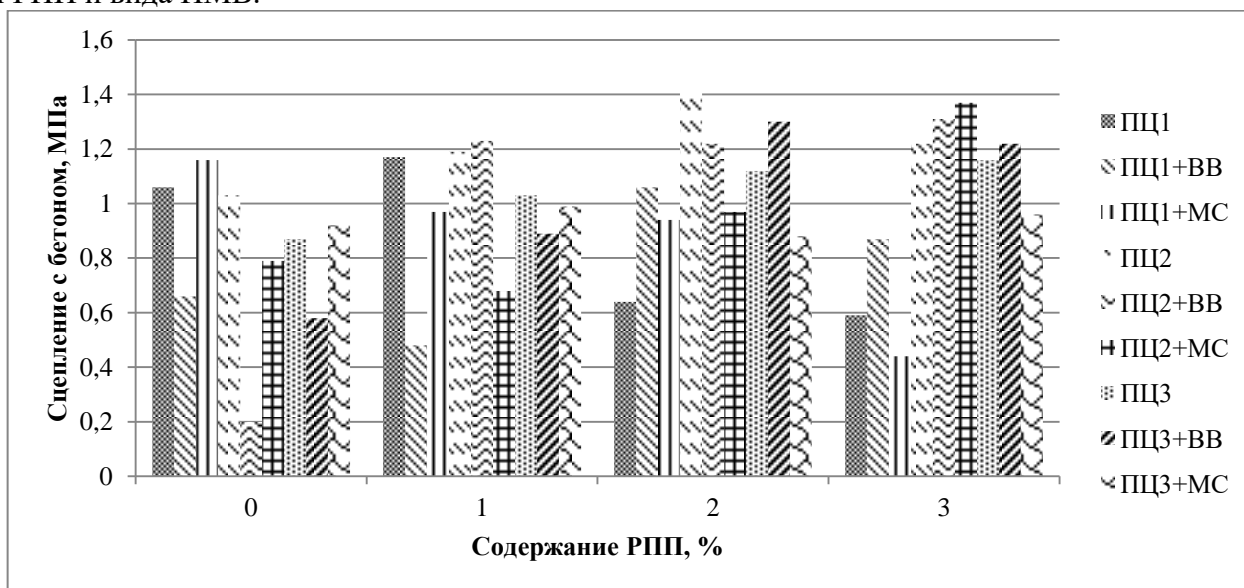
Fig. 4. Dependence of the initial elastic modulus of the MZB on the compressive strength:

PTs1, PTs2, PTs3 - various cements; MMZB - according to [14] for the MZB with an organomineral modifier

Из представленных на рис. 4 данных следует:

- начальный модуль упругости МЗБ с РПП в основном определяется пределом прочности на сжатие;
- при введении НМВ совместно с РПП снижение начального модуля упругости МЗБ может достигать 40%.

На рис. 5 представлена зависимость сцепления МЗБ с бетонным основанием от дозировки РПП и вида НМВ.



**Рис. 5. Зависимость сцепления МЗБ с бетонным основанием от дозировки РПП и вида НМВ: ПЦ1, ПЦ2, ПЦ3 – различные цементы; ВВ, МС – различные НМВ**

**Fig. 5. The dependence of the adhesion of the MZB with a concrete base on the dosage of the RPP and the type of NMF: PTs1, PTs2, PTs3 - various cements; VV, MS - various NMF**

Из представленных на рис. 5 данных очевидно:

- зависимость величины сцепления с бетонным основанием от дозировки РПП носит сложный характер, в зависимости от вида цемента возможно как снижение сцепления, так и повышение до 33%, что не противоречит некоторым данным [5,18];
- при совместном введении РПП и НМВ рациональная дозировка РПП для обеспечения максимального сцепления зависит от вида цемента, максимальное повышение сцепления составило 49% (ПЦ3+ВВ+2%РПП).

В связи с тем, что в процессе эксплуатации МЗБ, полученные из ССС, подвергаются температурным воздействиям, в качестве показателя, позволяющего оценить надежность сцепления МЗБ с основанием (например, для клеев, штукатурных покрытий, ремонтных составов), может рассматриваться условный относительный уровень напряжений

$$u(\sigma) = \frac{\Delta\varepsilon \cdot E_0}{R_t \cdot (1 + \varphi)}, \quad (1)$$

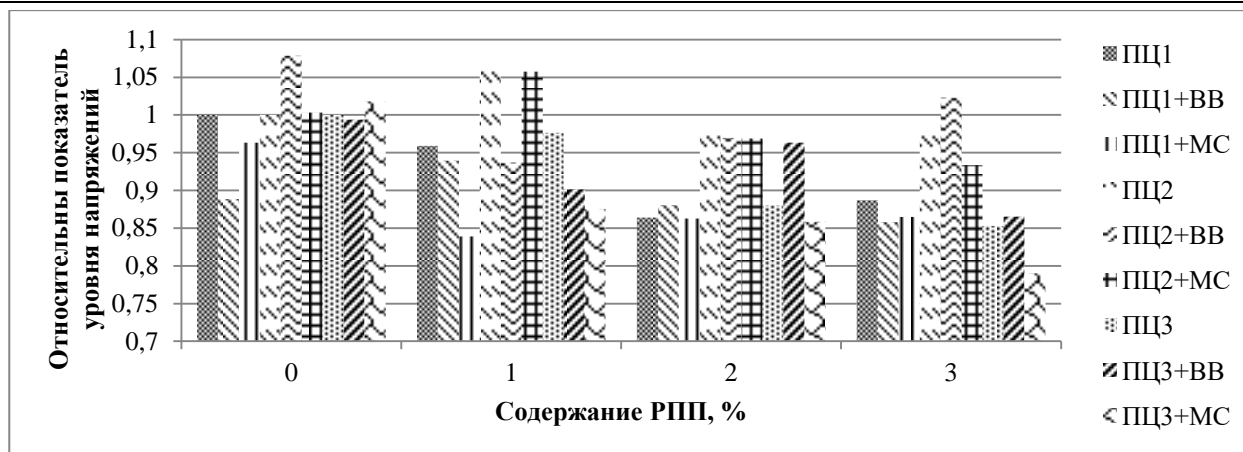
$\Delta\varepsilon$  – разность деформаций МЗБ и основания вследствие температурного градиента и различия величин коэффициентов линейного температурного расширения;

$E_0$  – начальный модуль упругости МЗБ;

$R_t$  – предел прочности МЗБ на растяжение;

$\varphi$  – коэффициент ползучести.

На рис. 6 представлена зависимость указанного показателя от дозировки РПП и вида НМВ при  $\varphi = 0$ .



**Рис.6. Зависимость относительного показателя уровня напряжений при изменении температуры от дозировки РПП и вида НМВ: ПЦ1, ПЦ2, ПЦ3 – различные цементы; BB, MC – различные НМВ**  
**Fig. 6. Dependence of the relative indicator of the level of stresses when the temperature changes on the dosage of RPP and the type of NMW: PTs1, PTs2, PTs3 - various cements; VV, MS - various NMW**

Из представленных на рис. 6 данных следует:

- отмечается тенденция к снижению величины  $u(\sigma)$  при увеличении дозировки РПП, в т.ч. в сочетании с НМВ, но возможно и повышение величины  $u(\sigma)$  в зависимости от особенностей цемента;
- снижение величины  $u(\sigma)$  может составлять от 5 до 21%.

Можно предположить, что составы с минимальным значением величины  $u(\sigma)$  будут обеспечивать лучшие показатели морозостойкости контактной зоны.

#### Вывод.

1. При одновременном введении в состав МЗБ комплексной добавки РПП + НМВ (в виде BB или MC):

- соотношение между пределом прочности на растяжение при изгибе  $R_f$  и на сжатие  $R$  в основном определяется величиной прочности МЗБ на сжатие  $R_f = 1,24 \cdot R^{0,47}$ , некоторое влияние оказывает вид цемента, содержание РПП и вид НМВ.
- соотношение между начальным модулем упругости  $E_0$  МЗБ и пределом прочности на сжатие  $R$  в основном определяется величиной прочности МЗБ на сжатие  $R_f = 6358 \cdot \ln R - 5820$ .

2. Снижение прочности МЗБ в зависимости от вида ПЦ в составах с РПП без НМВ может составлять от 4% до 25% при изгибе, а при сжатии от 18% до 37%, что свидетельствует о большем влиянии РПП на прочность на сжатие. Введение НМВ совместно с РПП может приводить к дополнительному снижению прочности, в итоге общее максимальное снижение прочности на изгиб может составлять до 25%, на сжатие – до 50%.

4. Зависимость величины сцепления МЗБ с бетонным основанием от дозировки РПП носит сложный характер. В зависимости от вида цемента возможно как снижение сцепления, так и повышение до 33%. При совместном введении РПП и НМВ возможно максимальное повышение сцепления до 49%, при этом рациональная дозировка РПП для обеспечения максимального сцепления зависит от вида цемента.

#### Библиографический список:

1. Сухие смеси в современном строительстве / В.А. Безбородов [и др.] Новосибирск, 1998. 94 с.
2. Корнеев В.И., Зозуля П.В. Сухие строительные смеси (состав, свойства): учеб. пособие – М.: РИФ «Стройматериалы», 2010. 320 с.
3. Шаменская Е.А., Орлова Т.Н. Плиточные сухие клеи и системы // Строительные материалы. 1999. №7-8. С. 14-16.
4. Пухаренко Ю.В., Харитонов А.М., Шангина Н.Н., Сафонова Т.Ю. Реставрация исторических объектов с применением современных сухих строительных смесей // Вестник гражданских инженеров. 2011. №1(26), С. 98-103.

5. Несветаев Г.В., Ужахов М.А. Некоторые вопросы оценки качества клеев для плитки // ALITinform: Цемент. Бетон. Сухие смеси. 2007. №1. С. 64-66.
6. Цюрбригген Р., Дильгер П. Дисперсионные полимерные порошки – особенности поведения в сухих строительных смесях // Строительные материалы. 1999. №3. С. 10-13.
7. Захезин А.Е., Черных Т.Н., Трофимов Б.Я., Крамра Л.Я. Влияние редиспергируемых порошков на свойства цементных строительных растворов // Строительные материалы. 2004. №10. С. 6-8.
8. Голунов С.А. Модификация плиточных клеев редисперсионными полимерными порошками VINNAPAS // Строительные материалы. 2004. №3. С. 47-50.
9. Бабков В.В., Мохов В.Н., Капитонов С.М., Комохов П.Г. Структурообразование и разрушение цементных бетонов. Уфа, ГУП «Уфимский полиграфкомбинат», 2002. 376 с.
10. Зимакова Г.А. Зольные механоактивированные микросферы – компонент высокоэффективных бетонов // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. №12(54). С. 90-94.
11. Баталин Б.С. Исследование эффективности добавок, применяемых для производства сухих строительных смесей // Успехи современного естествознания: Материалы конференции. 2007. №7. С. 71-73.
12. Несветаев Г.В. Бетоны: учебно-справочное пособие. 2-е изд., перераб и доп. Ростов-на-Дону: Феникс, 2013. 381 с.
13. Несветаев Г.В., Базоев О.К. Новая серия добавок в бетон производства НПП «Ирстройпрогресс» // Бетон и железобетон в третьем тысячелетии: Материалы 4-й межд. конф. Ростов-на-Дону: РГСУ, 2006. С. 319-326.
14. Несветаев Г.В. Применение модификаторов с целью управления модулем упругости бетона / Новые научные направления строительного материаловедения: Академические чтения РААСН. – Белгород, 2005. Ч.2. С. 51-57.
15. Бычкова О.А. Клей быстрой фиксации на основе гипсоглиноземистого расширяющегося цемента и портландцемента // «Инженерный вестник Дона» (электронный научный журнал), 2018, № 3. [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5102](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5102)
16. Бычкова О.А. Быстротвердеющие стяжки на основе гипсоглиноземистого расширяющегося цемента и портландцемента // «Инженерный вестник Дона» (электронный научный журнал), 2018, № 3. [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5103](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5103)
17. Ohama Y. Handbook of polymer-modified concrete and mortars. Noyes Publications, Japan, 1995. 227 p.
18. Rajgelj S. Cohesion aspects in rheological behavior of fresh cement mortars // Mater. et constr. 1985. №104. P. 109-114.

#### References:

1. Sukhiye smesi v sovremennom stroitel'stve / V.A. Bezborodov [i dr.] Novosibirsk, 1998. 94 s. [Dry mixes in modern construction / V.A. Bezborodov [et al.] - Novosibirsk, 1998. 94 p. (In Russ)]
2. Korneyev V.I., Zozulya P.V. Sukhiye stroitel'nyye smesi (sostav, svoystva): ucheb. posobiye – M.: RIF «Stroymaterialy», 2010. 320 s. [Korneev V.I., Zozulya P.V. Dry building mixtures (composition, properties): proc. allowance - M.: RIF "Building Materials", 2010. 320 p. (In Russ)]
3. Shamenskaya Ye.A., Orlova T.N. Plitochnyye sukhiye klei i sistemy // Stroitel'nyye materialy. 1999. №7-8. S. 14-16. [Shamenskaya E.A., Orlova T.N. Tiled dry adhesives and systems // Construction materials. 1999. № 7-8. pp. 14-16. (In Russ)]
4. Pukharenskiy YU.V., Kharitonov A.M., Shangina N.N., Safonova T.YU. Restavratsiya istoricheskikh ob"yektov s primeneniym sovremennykh sukhikh stroitel'nykh smesey // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2011. №1(26), S. 98-103 [Puharenko Yu.V., Kharitonov, AM, Shangina, N.N., Safonova, T.Yu. Restoration of historical objects using modern dry building mixtures // Bulletin of civil engineers. 2011. №1 (26), pp. 98-103. (In Russ)]
5. Nesvetayev G.V., Uzhakhov M.A. Nekotoryye voprosy otsenki kachestva kleyev dlya plitki // ALITinform: Tsement. Beton. Sukhiye smesi. 2007. №1. S. 64-66. [Nesvetayev G.V., Uzhakhov M.A. Some issues of quality assessment of tile adhesives // ALITinform: Cement. Concrete. Dry Mixes. №1. pp. 64-66. (In Russ)]
6. Tsyurbrigen R., Dil'ger P. Dispersionnyye polimernyye poroshki – osobennosti povedeniya v sukhikh stroitel'nykh smesyakh // Stroitel'nyye materialy. 1999. №3. S. 10-13. [Zyurbrigen R., Dilger P. Dispersion polymer powders - behavioral peculiarities in dry building mixtures. Stroitel'nye materialy, 2013, no. 1999. №3. Pp. 10-13. (In Russ)]
7. Zakhezin A.Ye., Chernykh T.N., Trofimov B.YA., Kramra L.YA. Vliyaniye redispersiruyemykh poroshkov na svoystva tsementnykh stroitel'nykh rastvorov // Stroitel'nyye materialy. 2004. №10. S. 6-8. [Zakhezin, A.E., Chernykh, TN, Trofimov, B.Ya., Kramra, L.Ya. The influence of redispersible powders on the properties of cement mortars // Construction materials. 2004. №10. pp. 6-8. (In Russ)]
8. Golunov S.A. Modifikatsiya plitochnykh kleyev redispersionnymi polimernymi poroshkami VIN-NAPAS // Stroitel'nyye materialy. 2004. №3. S. 47-50. [Golunov S.A. Modification of tile adhesives with redispersible polymeric powders VINNAPAS // Construction materials. 2004. No. 3. pp. 47-50. (In Russ)]
9. Babkov V.V., Mokhov V.N., Kapitonov S.M., Komokhov P.G. Strukturnoobrazovaniye i razrusheniye tsementnykh betonov. Ufa, GUP «Ufimskiy poligrafkombinat», 2002. 376 s. [Babkov VV, Mokhov V.N.,



- Kapitonov S.M., Komokhov P.G. Structure formation and destruction of cement concretes. Ufa, GUP Ufa Printing House, 2002. 376 p. (In Russ)]
10. Zimakova G.A. Zol'nyye mekhanoaktivirovannyye mikrosfery – komponent vysokoeffektivnykh be-tonov // Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal. 2016. №12(54). S. 90-94. [Zimakova G.A. Ash mechanically activated microspheres - a component of high-performance concrete // International Scientific Research Journal. 2016. №12 (54). pp. 90-94. (In Russ)]
  11. Batalin B.S. Issledovaniye effektivnosti dobavok, primenyayemykh dlya proizvodstva sukhikh stroi-tel'nykh smesey // Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya: Materialy konferentsii. 2007. №7. S. 71-73. [Batalin B.S. Study of the effectiveness of additives used for the production of dry building mixtures // Successes of modern natural science: Conference materials. 2007. №7. pp. 71-73. (In Russ)]
  12. Nesvetayev G.V. Betony: uchebno-spravochnoye posobiye. 2-ye izd., pererab i dop. Rostov-na-Donu: Feniks, 2013. 381 s. [Nesvetayev G.V. Concretes: a reference manual. 2nd ed., Pererab and add. Rostov-on-Don: Phoenix, 2013. 381 p. (In Russ)]
  13. Nesvetayev G.V., Bazoyev O.K. Novaya seriya dobavok v beton proizvodstva NPP «Istroyprogress» // Beton i zhelezobeton v tret'yem tysyacheletii: Materialy 4-y mezhd. konf. Rostov-na-Donu: RGSU, 2006. S. 319-326. [Nesvetayev G.V., Bazoyev O.K. New series of concrete additives produced by NPP Istroyprogress // Concrete and reinforced concrete in the third millennium: Proceedings of the 4th int. conf. Rostov-on-Don: RSSU, 2006. pp. 319-326. (In Russ)]
  14. Nesvetayev G.V. Primeneniye modifikatorov s tsel'yu upravleniya modulem uprugosti betona / Novyye nauchnyye napravleniya stroitel'nogo materialovedeniya: Akademicheskiye chteniya RAASN. – Belgo-rod, 2005. CH.2. S. 51-57. [Nesvetayev G.V. The use of modifiers to control the modulus of elasticity of concrete / New scientific directions of building materials science: Academic readings of the RAACS. - Belgorod, 2005. Part 2. pp. 51-57. (In Russ)]
  15. Bychkova O.A. Kley bystroy fiksatsii na osnove gipsoglinozemistogo rasshiryayushchegosya tsementa i portlandtsementa // «Inzhenernyy vestnik Dona» (elektronnyy nauchnyy zhurnal), 2018, № 3. ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5102 Bychkova O.A. Glue of fast fixing on the basis of gypsum-aluminous expanding cement and portland cement // Don Engineering Newsletter (electronic scientific journal), 2018, No. 3. ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5102 (In Russ)]  
. Bychkova O.A. Bystrotverdeyushchiye styazhki na osnove gipsoglinozemistogo rasshiryayushchegosya tsementa i portlandtsementa // «Inzhenernyy vestnik Dona» (elektronnyy nauchnyy zhurnal), 2018, № 3. ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5103
  16. [ Bychkova O.A. Quick-hardening screeds based on gypsum-alumina expanding cement and portland cement // Don Engineering Newsletter (electronic scientific journal), 2018, No. 3. ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5103(In Russ)]
  17. Ohama Y. Handbook of polymer-modified concrete and mortars. Noyes Publications, Japan, 1995. 227 p.
  18. Rajgelj S. Cohesion aspects in rheological behavior of fresh cement mortars // Mater. et constr. 1985. №104. pp 109-114.

**Сведения об авторах:**

**Несветаев Григорий Васильевич** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология строительного производства».

**Долгова Анна Владимировна** – старший преподаватель, кафедра «Изыскание, проектирование и строительство железных дорог».

**Information about the authors:**

**Grigory V. Nesvetayev** – Dr. Sci. (Technical), Prof., Head of Department «Technology of construction production»

**Dolgoва Anna V.** – Senior Lecturer, of the Department «Surveys, design and construction of railways»

**Конфликт интересов.**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Поступила в редакцию** 28.04.2019.

**Принята в печать** 03.06.2019.

**Conflict of interest.**

The authors declare no conflict of interest.

**Received** 28.04.2019.

**Accepted for publication** 03.06.2019.