

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА
BUILDING AND ARCHITECTURE

УДК 691.53

DOI: 10.21822/2073-6185-2025-52-1-210-218



Оригинальная статья /Original article

**Анализ критериев стойкости модифицированных строительных растворов
при различных воздействиях**

Г.В. Несветаев¹, Г.Н. Хаджишалапов², И.А. Животкова²

¹Донской государственный технический университет,

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

²Дагестанский государственный технический университет,

²367015, г. Махачкала, пр. Имама Шамиля, 70, Россия

Резюме. Цель. Целью исследования является анализ стойкости полученных из сухих строительных смесей строительных растворов по различным критериям после 100 циклов циклического замораживания, оттаивания и выдерживания в течение 120 сут по ГОСТ 24544-2020. **Метод.** Измерения по стандартным методикам параметров поровой структуры затвердевших растворов, пределов прочности при изгибе и сжатии, морозостойкости, скорости ультразвука, динамического модуля упругости, прочности сцепления со стандартным бетонным основанием и морозостойкости контактной зоны, деформаций усадки. **Результат.** Установлены закономерности изменения рассматриваемых показателей качества растворов при указанных воздействиях в зависимости от дозировки диспергируемых полимерных порошков и вида минеральной добавки в составе комплексного модификатора. Показано, что длительное выдерживание в воздушно-сухих условиях может оказать более негативное влияние на некоторые критерии стойкости в сравнении со 100 стандартными циклами замораживания и оттаивания. Выявлены зависимости и предложены уравнения, описывающие связь между критериями «изменение предела прочности при изгибе», «изменение прочности сцепления с основанием» и критерием «изменение предела прочности при сжатии» с учетом рецептурных факторов и вида минеральной добавки. Показана нецелесообразность использования таких критериев стойкости, как «изменение скорости ультразвука и динамического модуля упругости» при рассмотренных воздействиях. Предложен подход к количественному нормированию критерия «изменение предела прочности при изгибе». **Вывод.** При разработке составов некоторых сухих строительных смесей следует учитывать неоднозначное влияние рецептурных факторов на показатели, определяющие стойкость растворов при различных эксплуатационных воздействиях. Самым «жестким» критерием является изменение предела прочности при изгибе. Влияние комплексных модификаторов на критерии стойкости зависит от вида и дозировки добавок и может быть противоположным.

Ключевые слова: сухая строительная смесь, минеральные добавки, морозостойкость, диспергируемые полимерные порошки, строительный раствор, шлам химводочистки

Для цитирования: Г.В. Несветаев, Г.Н. Хаджишалапов, И.А. Животкова. Анализ критериев стойкости модифицированных строительных растворов при различных воздействиях. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2025;52(1):210-218. DOI:10.21822/2073-6185-2025-52-1-210-218

Analysis of resistance criteria of modified building mortars to various influences

G.V. Nesvetaev¹, G.N. Hadzhishalapov², I.A. Zhivotkova²

¹Don State Technical University,

¹1 Gagarin Square, Rostov-on-Don 344003, Russia,

²Daghestan State Technical University,

²70 I. Shamil Ave., Makhachkala 367015, Russia

Abstract. Objective. The article deals with the analysis of the resistibility of building mortars made of dry building mixtures according to various criteria after 100 cycles of freezing and thawing and aging for 120 days according to the Russian National Standard 24544-2020 **Method.** The investigation was based on standards to determine the parameters of the pore structure of hardened mortars, flexural and compressive strength, frost resistance, ultrasonic pulse velocity, dynamic modulus of elasticity, adhesion strength to a standard concrete base and frost resistance of the contact zone, and shrinkage deformations. **Result.** The relationships of changes in the investigated quality indicators of mortars under the specified impacts depending on the dosage of redispersible polymer powders and the type of mineral additive in the complex modifier are established. It is determined that long-term maturing to air-dry conditions can have more negative effect on some resistance criteria compared to 100 standard freeze-thaw cycles. The research reveals the relationships and offers the equations that describe the relationship between the criteria of "change in flexural strength", "change in adhesion strength to the concrete base" and the criterion of "change in compressive strength" taking into account the formulation factors and the type of mineral additive. The work points to inexpediency of usage such resistance criteria as "change in ultrasonic pulse velocity and dynamic modulus of elasticity" under the considered impacts. An approach to quantitative standardization of the criterion of "change in flexural strength" is proposed. **Conclusion.** When developing dry construction mixes, it is necessary to take into account the influence of recipe factors on the indicators that determine the resistance of solutions under various operational impacts. The most "rigid" criterion is the change in the bending strength limit. The influence of complex modifiers on the resistance criteria depends on the type and dosage of additives and can be opposite.

Keywords: dry building mixture, mineral additives, frost resistance, redispersible polymer powders, building mortars, chemical water treatment sludge

For citation: G.V. Nesvetaev, G.N. Hadzhishalapov, I.A. Zhivotkova. Effect of redispersible polymer powders on some properties of mortars with complex mineral additives. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2025;52(1):210-218. DOI:10.21822/2073-6185-2025-52-1-210-218

Введение. Строительные растворы различного назначения, в т.ч. из сухих строительных смесей (ССС) на портландцементном вяжущем, массово используются при производстве общестроительных, отделочных и специальных работ, поскольку обеспечивают высокую технологичность и меньшую зависимость от погодных условий и логистики в сравнении с традиционными строительными растворами [1,2]. Кроме того, в связи с использованием в составе СССР различных минеральных добавок и наполнителей [3,4], в т.ч. во все возрастающих объемах, техногенного происхождения [5-7] с учетом роста производства и потребления СССР обеспечивается решение важной экологической задачи по утилизации промышленных отходов. При эксплуатации в зависимости от назначения строительные растворы подвергаются различным воздействиям [8-10], в связи с чем для обеспечения стойкости к эксплуатационным воздействиям должны удовлетворять установленным нормативными документами показателям качества, при этом в процессе разработки рецептур специалисты особое внимание уделяют оценке эффективности добавок для обеспечения требуемого уровня показателей [11-12].

Постановка задачи. Долговечность строительных конструкций зависит от стойкости материалов к эксплуатационным воздействиям. Среди основных показателей качества для, например, штукатурных и ремонтных составов для наружных работ, нормируются морозостойкость и усадочные деформации. ГОСТ 31357-2007 устанавливает марки по морозостойкости по критерию прочности при сжатии от F15 до F400, а по морозостойкости контактной зоны для всех смесей, кроме клеевых, от F_{кз}25 до F_{кз}100. ГОСТ Р 58277-2018 регламентирует методы испытаний СССР. Важным вопросом является регулирование усадки штукатурных растворов [13-15], особенно при производстве реставрационных ра-

бот [16]. Разработка рецептур ремонтных составов различного назначения также требует регулирования усадочных деформаций [17, 18]. Подробный анализ нормативных документов, регламентирующих оценку усадочных деформаций для растворов различного назначения из ССС, представлен в [19].

В составе ССС различного назначения для повышения удобообрабатываемости смесей и обеспечения требуемых свойств затвердевших растворов как правило присутствуют, наряду с водоудерживающей добавкой (ВУД), редиспергируемые полимерные порошки (РПП) и активные минеральные добавки АМД и (или) наполнители (МД) [20, 21]. В [19] показано, что строительные растворы с комплексной минеральной добавкой (КМД = шлам химводоочистки + зола-уноса, либо опока, либо горелая порода) при соотношении ПЦ : КМД = 1 : 0,2 при средней влажности воздуха самого засушливого месяца в Ростове-на-Дону 47% не превысят 0,55 мм/м. В [22] представлены результаты исследований влияния указанных добавок на прочность сцепления со стандартным бетонным основанием полученных из ССС строительных растворов. В [23] представлены результаты исследований некоторых показателей, характеризующих полученных из ССС строительных растворов. Целью настоящего исследования является анализ стойкости полученных из ССС строительных растворов по различным критериям после 100 циклов циклического замораживания и оттаивания и выдерживания в течение 120 сут по ГОСТ 24544-2020.

Методы исследования. При реализации экспериментальных исследований применялись [9]:

- портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н по ГОСТ 31108-2016 активностью 51,9 МПа;
- песок для строительных работ с модулем крупности 1,23 по ГОСТ 8736-2014;
- комплексная минеральная добавка - шлам (Ш) химводоочистки в сочетании с золой-уноса (З) Новочеркасской ГРЭС либо опоки (О) при соотношении Ш:З (либо О) = 1:1, которая, поскольку методом РФА в составе новообразований выявлены, в т.ч., гидрокарбоалюминаты кальция, может рассматриваться как активная минеральная (АМД);
- добавка водоудерживающая «Mecellose 23701» в дозировке 0,3% от массы минеральной части смеси;
- редиспергируемый полимерный порошок РПП Vinavil E06РА от 1 до 3% от массы минеральной части смеси.

Состав смеси Ц : АМД : П : В = 1 : 0,2 (0,1+0,1) : 1,3 : 0,4. Параметры поровой структуры затвердевших растворов определены по ГОСТ 12730.0-4. Пределы прочности при изгибе и сжатии определены по ГОСТ 30744, п.8.2, образцы 40х40х160 мм. Морозостойкость определялась по ГОСТ 31356-2007. Морозостойкость определена в соответствии с ГОСТ Р 58277-2018, образцы призмы 40х40х160 мм. Измерение скорости ультразвука, динамического модуля упругости выполнено на образцах 40х40х160 мм с учетом положений ГОСТ 10060-2012.

Определение динамического модуля упругости произведено по данным о скорости ультразвука и средней плотности исследованных строительных растворов по методике [24]. Прочность сцепления со стандартным бетонным основанием и морозостойкость контактной зоны определены по ГОСТ 31356. Определение деформаций усадки произведено по ГОСТ 24544-2020 при относительной влажности воздуха 55-65%. В качестве критериев морозостойкости и стойкости после выдерживания в течение 120 сут по ГОСТ 24544-2020 рассматривались:

- изменение предела прочности при сжатии (ГОСТ Р 58277-2018);
- изменение динамического модуля упругости (ГОСТ 10060-2012, Приложение А);
- изменение скорости ультразвука (ГОСТ 10060-2012, Приложение А);
- изменение предела прочности при изгибе (стандартами не регламентируется);
- изменение прочности сцепления со стандартным бетонным основанием (ГОСТ 31356).

На рис. 1 представлена зависимость изменения предела прочности при сжатии (критерий стойкости «предел прочности при сжатии» по ГОСТ Р 58277-2018) от дозировки РПП после 100 циклов замораживания и оттаивания (1 вид воздействий) и после выдерживания 120 сут. по ГОСТ 24544-2020 (2 вид воздействий).

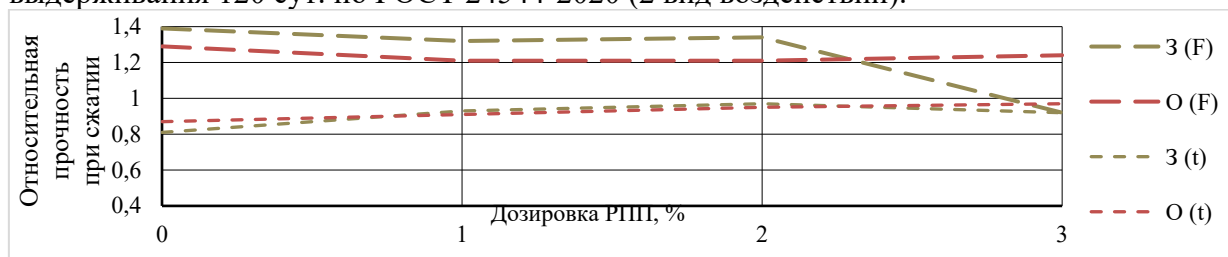


Рис. 1 - Изменение предела прочности при сжатии в различных условиях выдерживания в зависимости от дозировки РПП

Fig. 1 - Change in compressive strength under different conditions of aging depending on the dosage of RPP

Где, 3, О – соответственно в составе АМД зола-уноса, опока. (F) – после 100 циклов замораживания и оттаивания по ГОСТ Р 58277-2018. (t) – после 120 сут выдерживания по ГОСТ 24544-2020.

На рис. 2 представлена зависимость изменения предела прочности при изгибе (критерий стойкости «предел прочности при изгибе») от дозировки РПП после 100 циклов замораживания и оттаивания (1 вид воздействий) и после выдерживания 120 сут. по ГОСТ 24544-2020 (2 вид воздействий).

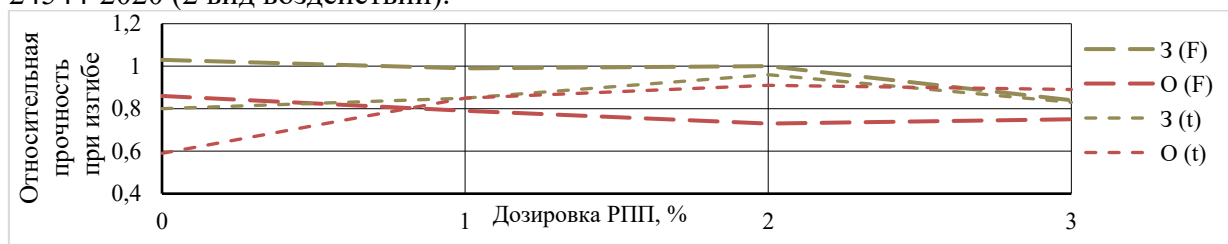


Рис. 2 - Изменение предела прочности при изгибе в различных условиях выдерживания в зависимости от дозировки РПП

Fig. 2 - Change in the flexural strength under different conditions of curing depending on the dosage of RPP

Где, 3, О – соответственно в составе АМД зола-уноса, опока. (F) – после 100 циклов замораживания и оттаивания по ГОСТ Р 58277-2018. (t) – после 120 сут выдерживания по ГОСТ 24544-2020.

На рис. 3 представлена зависимость изменения прочности сцепления со стандартным бетонным основанием (критерий стойкости «прочность сцепления») от дозировки РПП после 100 циклов замораживания и оттаивания (1 вид воздействий) и после выдерживания 120 сут. по ГОСТ 24544-2020 (2 вид воздействий).

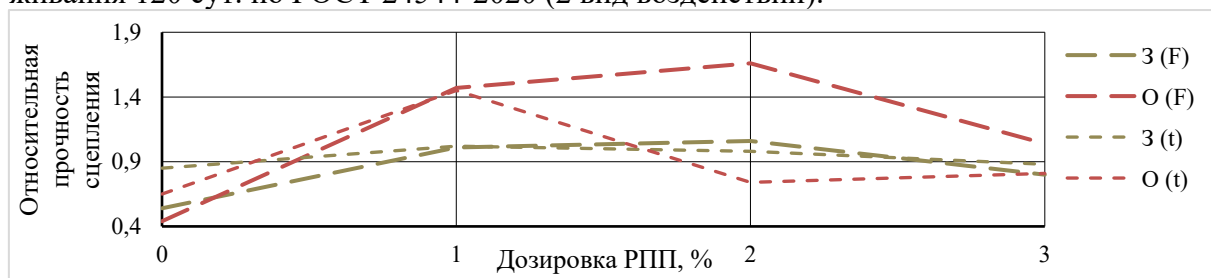


Рис. 3 - Изменение предела прочности сцепления со стандартным бетонным основанием в различных условиях выдерживания в зависимости от дозировки РПП

Fig. 3 - Change in the adhesion strength limit with a standard concrete base under various curing conditions depending on the dosage of RPP

Где, 3, О – соответственно в составе АМД зола-уноса, опока. (F) – после 100 циклов замораживания и оттаивания по ГОСТ Р 58277-2018. (t) – после 120 сут выдерживания по ГОСТ 24544-2020.

На рис. 4 представлена зависимость изменения модуля упругости (критерий стойкости «изменение модуля упругости») от дозировки РПП после 100 циклов замораживания

ния и оттаивания (1 вид воздействий) и после выдерживания 120 сут. по ГОСТ 24544-2020 (2 вид воздействий).

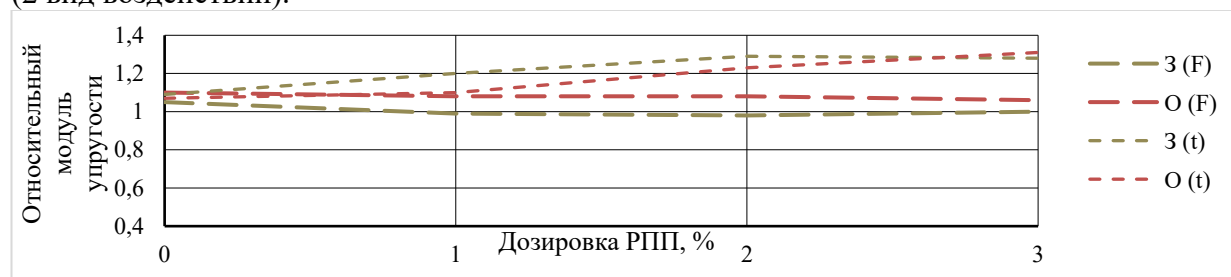


Рис. 4 - Изменение модуля упругости в различных условиях выдерживания в зависимости от дозировки РПП

Fig. 4 - Change in elastic modulus under different aging conditions depending on the dosage of RPP

Где, 3, О – соответственно в составе АМД зола-уноса, опока. (F) – после 100 циклов замораживания и оттаивания по ГОСТ Р 58277-2018. (t) – после 120 сут выдерживания по ГОСТ 24544-2020.

На рис. 5 представлена зависимость изменения скорости ультразвука (критерий стойкости «изменение скорости ультразвука») от дозировки РПП после 100 циклов замораживания и оттаивания (1 вид воздействий) и после выдерживания 120 сут. по ГОСТ 24544-2020 (2 вид воздействий).

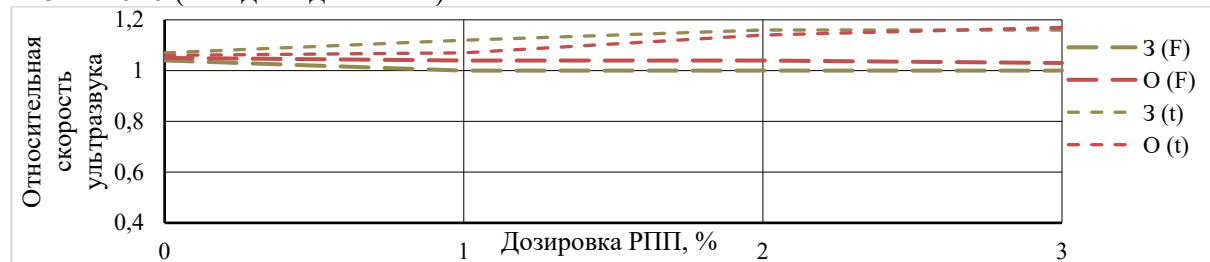


Рис. 5 - Изменение скорости ультразвука в различных условиях выдерживания в зависимости от дозировки РПП

Fig. 5 - Change in ultrasound speed under different conditions of exposure depending on the dosage of RPP

Где, 3, О – соответственно в составе АМД зола-уноса, опока. (F) – после 100 циклов замораживания и оттаивания по ГОСТ Р 58277-2018. (t) – после 120 сут выдерживания по ГОСТ 24544-2020

На рис. 6 представлена зависимость критерия «изменение предела прочности при изгибе» R_f от критерия «изменение предела прочности при сжатии» R для 1 и 2 вида воздействий.

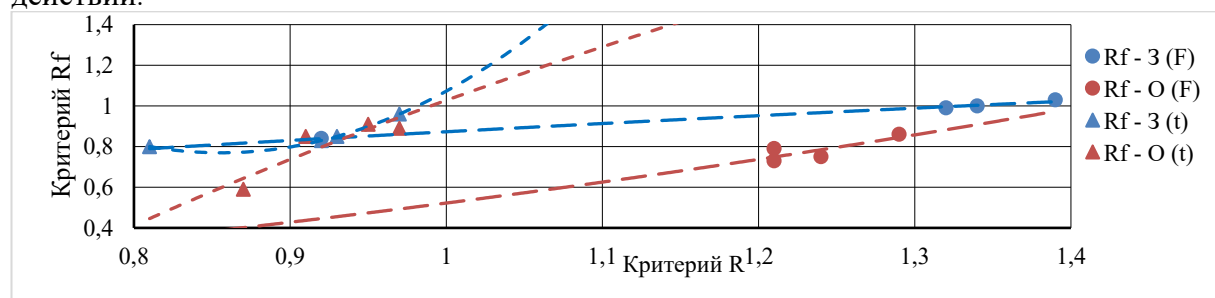


Рис. 6 - Зависимость критерия «предел прочности при изгибе» от критерия «предел прочности при сжатии» после 1 и 2 вида воздействий

Fig. 6 - Dependence of the criterion "ultimate bending strength" on the criterion "ultimate compressive strength" after 1 and 2 types of impacts

Где, 3, О – зола, опока; (F), (t) – 100 циклов замораживания и оттаивания, 120 сут по ГОСТ 24544-2020.

Зависимость критерия «предел прочности при изгибе» $k(R_f)$ от критерия «предел прочности при сжатии» $k(R)$ описывается представленными в табл. 1 уравнениями.

Таблица 1. Уравнения зависимости $k(R_F) = f k(R)$

Table 2. Dependency equations $k(R_F) = f k(R)$

Воздействие Impact	Уравнение Equation		R ^{2***}	
	Зола (З) Ash	Опока (О) Flask	З	О
1*	$k(R_F) = 0,87R^{0,48}$	$k(R_F) = 0,52R^{1,9}$	0,99	0,65
2**	$k(R_F) = 11,4 - 24,9R + 14,6R^2$	$k(R_F) = 2,76 \ln(R) + 1,03$	1,0	0,8

Примечания: * - 100 циклов замораживания и оттаивания; ** - 120 сут по ГОСТ 24544-2020; *** - показатель достоверности аппроксимации

На рис.7 представлена зависимость критерия «изменение прочности сцепления» $k(A)$ от критерия «изменение предела прочности при сжатии» $k(R)$ для 1 и 2 вида воздействий.

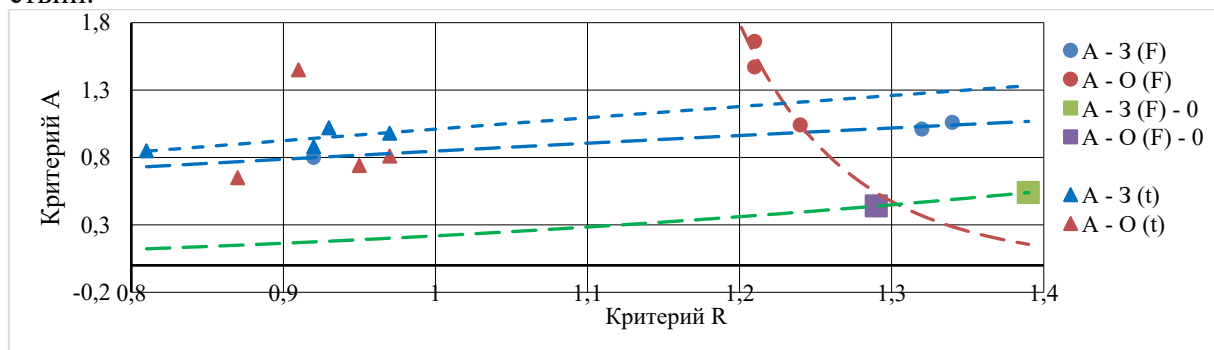


Рис. 7 - Зависимость критерия «изменение прочности сцепления» A от критерия «изменение предела прочности при сжатии» R для 1 и 2 вида воздействий

Fig. 7 - Dependence of the criterion "change in adhesion strength" A on the criterion "change in compressive strength" R for types 1 and 2 of impact

Где, З, О – зола, опока; (F), (t) – 100 циклов замораживания и оттаивания, 120 сут по ГОСТ 24544-2020.

Зависимость критерия «предел прочности сцепления» от критерия «предел прочности при сжатии» описывается представленными в табл. 2 уравнениями:

$$k(A) = a \cdot k(R)^b, (1)$$

параметры которых представлены в табл.2.

Таблица 2. Параметры уравнений ф. (1)

Table 2. Parameters of equations f. (1)

Воздействие Impact	Параметры уравнений ф. (1) Parameters of equations			R ^{2****}		
	Зола (З) Ash	Опока (О) Flask	Эталон*** Reference	З	О	Э
1*	0,85 (0,7)****	37,1 (-16,6)****	0,22 (2,74)****	0,98	0,91	1,0
2**	1,01 (0,84)****	-	-	0,55	-	-

Примечание: * - 100 циклов замораживания и оттаивания; ** - 120 сут по ГОСТ 24544-2020; *** - эталон без РПП; **** a (b); ***** - показатель достоверности аппроксимации

Обсуждение результатов. Изменение скорости ультразвука и динамического модуля упругости при рассмотренных воздействиях малоинформативно, в связи с чем целесообразность применения критериев стойкости, основанных на изменении указанных показателей, для оценки, например, морозостойкости модифицированных строительных растворов представляется весьма дискуссионной.

При выдерживании в течение 120 сут в условиях по ГОСТ 24544-2020 имело место снижение предела прочности при сжатии до 20 %, причем с ростом дозировки РПП снижение предела прочности ниже относительно бездобавочного эталона, т.е. наличие РПП в составе раствора положительно влияет на стойкость по критерию «прочность при сжатии» в рассматриваемых условиях. После 100 циклов замораживания и оттаивания имело место значительное повышение предела прочности при сжатии, причем при дозировке РПП до 2% эффект мало зависит от вида МД (зола или опока), при 3% РПП зафиксировано снижение прочности в растворах с золой. Поскольку по ГОСТ Р 58277-2018 допустимый уровень снижения прочности при сжатии составляет 20%, можно констатировать, что по кри-

терию прочности при сжатии исследованные растворы выдержали испытания на базе 100 циклов. Если применить этот же критерий для выдерживания в течение 120 сут по ГОСТ 24544-2020, то и в этом случае снижения прочности ниже уровня 0,8 не зафиксировано.

При выдерживании в течение 120 сут в условиях по ГОСТ 24544-2020 имело место снижение предела прочности при изгибе в растворах без РПП до 20 % в составах с золой и до 40% в составах с опокой. В составах с РПП 1% и более снижение предела прочности при изгибе составило менее 20%. После 100 циклов замораживания и оттаивания имело место снижение предела прочности при изгибе более 20% в составах с опокой. В составах с золой коэффициент стойкости $R_{f,F}/R_{f,0}$ при дозировке РПП до 2% включительно составил не менее 1, с повышением дозировки РПП зафиксировано снижение коэффициента стойкости до 0,85. Стандарты не регламентируют показатели по критерию «предел прочности при изгибе». Если принять по аналогии с прочностью при сжатии допустимый уровень снижения 20%, то можно констатировать, что при 2 виде воздействий составы с РПП соответствуют требованию, а при циклическом замораживании и оттаивании составы с опокой и РПП не прошли испытания. Если использовать зависимость:

$$R_f = k \cdot R^{0,74}, \quad (2)$$

то при допустимом снижении предела прочности при сжатии R до уровня 0,8 снижение предела прочности при изгибе R_f произойдет до уровня 0,85. Это не повлияет на сделанный ранее вывод о стойкости по критерию «изменение прочности при изгибе».

При выдерживании в течение 120 сут в условиях по ГОСТ 24544-2020 имело место снижение прочности сцепления со стандартным бетонным основанием в растворах без РПП до 15 % в составах с золой и до 35% в составах с опокой. В составах с золой и РПП до 2%, а в составах с опокой до 1,5% не зафиксировано снижение прочности сцепления. После 100 циклов замораживания и оттаивания в составах с золой и РПП до 2%, а в составах с опокой до 3% не зафиксировано снижение прочности сцепления. По ГОСТ Р 58277-2018 допустимое снижение прочности сцепления с основанием составляет 20%, а по ГОСТ Р 56387-2018 для смесей классов С1 и С2 снижение прочности сцепления после циклического замораживания и оттаивания не допускается.

Между критериями «снижение прочности при изгибе» и «снижение прочности при сжатии» для обоих видов воздействий для составов с золой имеет место тесная корреляция. Для составов с опокой корреляция невысокая, особенно при циклическом замораживании и оттаивании. После воздействия 1 вида между критериями «снижение прочности сцепления» и «снижение прочности при сжатии» для составов с золой, опокой и составов без РПП имеет место тесная корреляция, при этом если у составов с золой с ростом показателя стойкости по прочности при сжатии растет и показатель стойкости по прочности сцепления, то у составов с опокой имеет место обратная зависимость. Также имеет место невысокая корреляция для составов с золой после воздействия 2 вида, а для составов с опокой корреляция отсутствует.

Вывод. При разработке составов некоторых штукатурных, клеевых и «ремонтных» растворов следует учитывать влияние рецептурных факторов на показатели, определяющие их стойкость при эксплуатационных воздействиях, в частности, морозостойкость, усадочные деформации и морозостойкость контактной зоны.

Влияние комплексных модификаторов, содержащих различные полимерные и минеральные добавки, на указанные свойства зависит от вида и дозировки добавок и вида воздействий. Использование таких критериев стойкости, как «изменение скорости ультразвука и динамического модуля упругости», нецелесообразно. Связь между критериями стойкости, как «изменение пределов прочности при сжатии, изгибе и прочности сцепления со стандартным бетонным основанием» зависит как от вида воздействий, так и от особенностей рецептуры. Самым «жестким» среди названных критериев является «изменение предела прочности при изгибе». Исследования в области нормирования количественных значений критериев целесообразно продолжить.

Библиографический список:

1. Панченко А.И. Сухие смеси в России: особенности производства и применения // Строительные материалы. 2002. № 5. С. 19-22.
2. Загороднюк Л.Х., Гридчин А.М., Лесовик В.С. Тенденции развития производства сухих строительных смесей в России // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 12. С. 6-14. DOI: 10.12737/22638.
3. Кузьмина В.П. Защита и ремонт железобетонных сооружений // Сухие строительные смеси. 2017. №2. С.23-25.
4. Шляхова Е.А., Шляхов М.А. Влияние вида минеральной добавки микронаполнителя на свойства мелкозернистого бетона // Инженерный вестник Дона. 2015. № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3394.
5. Каклюгин А.В., Боброва В.В., Валов М.П., Щербакова В.С. Использование шлама химводоочистки теплоэлектростанций в производстве строительных материалов и изделий // Молодой исследователь Дона. 2020. № 4(25). С. 28-33.
6. Prokopski G., Huts A., Marchuk V. Granite dust as a mineral component of a dry cement mortar mixtures // Archives of Civil Engineering. 2020. Vol. 66. No 3. P. 81-96. DOI: 10.24425/ace.2020.134385.
7. Перцев В.Т., Халилбеков Я.З., Леденев А.А., Перова Н.С. Состав и технология комплексных добавок для бетона на основе промышленных отходов // Цемент и его применение. 2019. № 3. С. 98-101.
8. Оноприенко Н.Н., Сальникова О.Н. К вопросу разработки отечественных реставрационных материалов для памятников архитектуры // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2023. № 3. С. 19-33. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-8-3-19-33.
9. Манушина А.С., Урбанов А.В., Ахметжанов А.М. и др. Влияние минеральных и полимерных добавок на свойства плиточного клея // Сухие строительные смеси. 2016. № 2. С. 17-20.
10. Белья С.А., Кудяков А.И., Чикичев А.А. Сухая строительная смесь с повышенной адгезионной прочностью для отделки кирпичных поверхностей во влажных помещениях // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2017. № 1(60). С. 122-133.
11. URL: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n1y2012/737>. Налимова, А.В. Влияние комплексной полимерной добавки на прочность и усадочные деформации цементного камня // Инженерный вестник Дона. 2012. № 1(19).
12. Нарин С.Ю., Кронштатов А.П. Ремонтные составы CONCOLIT BARS для укрепления и восстановления бетонных конструкций и сооружений. Специальные цементы для бетонов // Сухие строительные смеси. 2011. № 6. С. 13-15.
13. Завадская, Л.В. Многокомпонентные цементы с максимальным содержанием минеральных добавок // Труды Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин). 2023. Т. 26, № 3(89). С. 100-107. DOI 10.32683/1815-5987-2023-26-89-3-100-107.
14. 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.
15. Шангина, Н.Н., Харитонов А.М. Особенности производства и применения сухих строительных смесей для реставрации памятников архитектуры // Сухие строительные смеси. 2011. № 4. С. 16-19.
16. Логанина В.И. Сухие строительные смеси для реставрации зданий исторической застройки // Региональная архитектура и строительство. 2015. № 3 (24). С. 34-42.
17. Кузьмина В.П. Защита и ремонт железобетонных сооружений // Сухие строительные смеси. 2017. №2. С.23-25.
18. Коровкин М.О., Короткова А.А., Ерошкина Н.А. Ремонтные сухие строительные смеси для восстановления геометрических характеристик железобетонных конструкций // Образование и наука в современном мире. Инновации. 2020. № 5 (30). С. 122-128.
19. <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2024/9366>. Несветаев, Г.В., Хаджишалапов Г.Н., Животкова И.А. Влияние некоторых минеральных добавок на деформации усадки строительных растворов // Инженерный вестник Дона. № 7(2024)
20. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Беликов Д.А. и др. Эффективные сухие смеси для ремонтных и восстановительных работ // Строительные материалы. 2014. № 7. С. 82-85.
21. ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2024/9200. Несветаев Г.В., Животкова И.А. Влияние некоторых минеральных добавок на свойства мелкозернистых бетонов и строительных растворов // Инженерный вестник Дона, № 5 (2024)
22. Г.В. Несветаев, Г.Н. Хаджишалапов, И.А. Животкова. Влияние редиспергируемых полимерных порошков на некоторые свойства строительных растворов с комплексными минеральными добавками. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2024;51(4):217-225. DOI:10.21822/20736185-2024-51-4-217-225.
23. <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2024/9569>. Несветаев, Г. В., Хаджишалапов Г. Н., Животкова И. А. Морозостойкость строительных растворов из сухих строительных смесей с модификаторами // Инженерный вестник Дона. № 10 (2024)
24. МИ 11-87. Методические указания. ГСИ. Прочностные и деформационные характеристики бетонов при одноосном кратковременном статическом сжатии и растяжении. Методика выполнения измерений. М.: Издательство стандартов, 1989. 89 с.

References:

1. Panchenko A.I. Dry mixes in Russia: features of production and application. *Construction materials*. 2002; 5:19-22. (In Russ)
2. Zagorodnyuk L.Kh., Gridchin A.M., Lesovik V.S. Trends in the development of dry construction mixes production in Russia. *Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov*. 2016;12:6-14. DOI: 10.12737/22638. (In Russ)

3. Kuzmina V.P. Protection and repair of reinforced concrete structures *Dry construction mixes*. 2017;2:23-25. (In Russ)
4. Shlyakhova E.A., Shlyakhov M.A. Influence of the type of mineral additive microfiller on the properties of fine-grained concrete. *Engineering Bulletin of the Don*. 2015;4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2015/3394. (In Russ)
5. Kaklyugin A.V., Bobrova V.V., Valov M.P., Shcherbakova V.S. Use of sludge from chemical water treatment of thermal power plants in the production of building materials and products. *Young researcher of the Don*. 2020;4 (25):28-33. (In Russ)
6. Prokopski G., Huts A., Marchuk V. Granite dust as a mineral component of a dry cement mortar mixtures. *Archives of Civil Engineering*. 2020; 66(3):81-96. DOI: 10.24425/ace.2020.134385.
7. Pertsev V.T., Khalilbekov Ya.Z., Ledenev A.A., Perova N.S. Composition and technology of complex additives for concrete based on industrial waste. *Cement and its application*. 2019;3:98-101. (In Russ)
8. Onoprienko N.N., Salnikova O.N. On the issue of developing domestic restoration materials for architectural monuments. *Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov*. 2023;3:19-33. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-8-3-19-33. (In Russ)
9. Manushina A.S., Urbanov A.V., Akhmetzhanov A.M., et al. Influence of mineral and polymer additives on the properties of tile adhesive. *Dry building mixtures*. 2016; 2:17-20. (In Russ)
10. Belykh S.A., Kudyakov A.I., Chikichev A.A. Dry building mixture with increased adhesive strength for finishing brick surfaces in wet rooms. *Bulletin of Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering*. 2017;1(60): 122-133. (In Russ)
11. URL: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/nly2012/737>. Nalimova, A.V. Influence of complex polymer additive on the strength and shrinkage deformations of cement stone. *Engineering Bulletin of the Don*. 2012;1(19). (In Russ)
12. Narin S.Yu., Kronshtatov A.P. CONCOLIT BARS repair mortars for strengthening and restoring concrete structures and buildings. Special cements for concrete. *Dry construction mixtures*. 2011; 6:13-15. (In Russ)
13. Zavadskaya, L.V. Multicomponent cements with maximum content of mineral additives. *Transactions of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin)*. 2023;26(3) (89):100-107. DOI 10.32683/1815-5987-2023-26-89-3-100-107. (In Russ)
14. Pukhareno Yu.V., Kharitonov A.M., Shangina N.N., Safonova T.Yu. Restoration of historical objects using modern dry building mixes. *Bulletin of civil engineers*. 2011;1 (26): 98-103. (In Russ)
15. Shangina, N.N., Kharitonov A.M. Features of production and application of dry building mixes for restoration of architectural monuments. *Dry building mixes*. 2011; 4:16-19. (In Russ)
16. Loganina V.I. Dry building mixes for restoration of historical buildings. *Regional architecture and construction*. 2015; 3 (24):34-42. (In Russ)
17. Kuzmina V.P. Protection and repair of reinforced concrete structures. *Dry building mixes*. 2017; 2: 23-25.
18. Korovkin M.O., Korotkova A.A., Eroshkina N.A. Repair dry building mixes for restoration of geometric characteristics of reinforced concrete structures. *Education and science in the modern world. Innovations*. 2020;5 (30)122-128. (In Russ)
19. <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n7y2024/9366>. Nesvetaev, G.V., Hadzhishalapov G.N., Zhivotkova I.A. Influence of some mineral additives on shrinkage deformations of building mortars. *Engineering Bulletin of the Don*. 2024;7 (In Russ)
20. Lesovik V. S., Zagorodnyuk L. Kh., Belikov D. A. et al. Effective dry mixes for repair and restoration work. *Construction materials*. 2014;7:82-85. (In Russ)
21. ivdon.ru/magazine/archive/n5y2024/9200. Nesvetaev G.V., Zhivotkova I.A. Influence of Some Mineral Additives on the Properties of Fine-Grained Concretes and Mortars. *Engineering Bulletin of the Don*, 2024;5 (In Russ)
22. G.V. Nesvetaev, G.N. Khadzhishalapov, I.A. Zhivotkova. Influence of Redispersible Polymer Powders on Some Properties of Mortars with Complex Mineral Additives. *Herald of the Daghestan State Technical University. Technical Sciences*. 2024;51(4):217-225. DOI:10.21822/20736185-2024-51-4-217-225. (In Russ)
23. Nesvetaev, G.V., Hadzhishalapov G.N., Zhivotkova I.A. Frost resistance of building mortars from dry building mixes with modifiers. *Engineering Bulletin of the Don*. 2024;10 <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n10y2024/9569> (In Russ)
24. MI 11-87. Methodical instructions. GSI. Strength and deformation characteristics of concrete under uniaxial short-term static compression and tension. Methodology for performing measurements. Moscow: Publishing House of Standards, 1989:89. (In Russ)

Сведения об авторах:

Несветаев Григорий Васильевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Технология строительного производства»; nesgrin@yandex.ru

Хаджишалапов Гаджимагомед Нурмагомедович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология и организация строительного производства»; yarus-x@mail.ru

Животкова Ирина Александровна, аспирант кафедры «Технология и организация строительного производства»; ira_kosheleva@list.ru.

Information about the authors:

Grigory V. Nesvetaev, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Department of Construction Production Technology; nesgrin@yandex.ru
N. Kh. Gadzhimagomed, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Head of the Department of Technology and Organization of Construction Production; yarus-x@mail.ru

Irina A. Zhivotkova, Postgraduate Student, Department of Construction Production Technology and Organization; ira_kosheleva@list.ru.

Конфликт интересов/Conflict of interest.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов/The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию/Received 20.11.2024.

Одобрена после рецензирования/Revised 21.12.2024.

Принята в печать/Accepted for publication 15.01.2025.