

Влияние некоторых минеральных добавок на деформации усадки строительных растворов

Г.В. Несветаев¹, Г.Н. Хаджишалапов², И.А. Животкова¹

¹Донской государственной технической университет, Ростов-на-Дону

²Дагестанский государственный технический университет, Махачкала

Аннотация: Представлены результаты исследований влияния дозировки и состава комплексной минеральной добавки, содержащей шлам химводоочистки в сочетании с опокой либо горелой породой или золой уноса. Получено уравнение изменения деформаций усадки во времени для содержащих комплексную минеральную добавку строительных растворов в сравнении с бездобавочным эталоном. Произведена оценка влияния изменения влажности строительного раствора на величину деформаций усадки. Установлены зависимости деформаций усадки от влажности строительного раствора в зависимости от состава и дозировки комплексной минеральной добавки. Выявлено влияние комплексной минеральной добавки на усадочные деформации. Получено уравнение, описывающее изменение деформаций усадки от относительной влажности воздуха, и показано, что исследованные строительные растворы с рациональным составом и дозировкой комплексной минеральной добавки при средней влажности воздуха самого засушливого в Ростове-на-Дону месяца 47% не превысят 0,55 мм/м. Деформации усадки при дозировке комплексной добавки с золой уноса или горелой породой 20-30% составляют 0,42-0,79 относительно бездобавочного эталона.

Ключевые слова: сухая строительная смесь, усадка, минеральная добавка, строительный раствор, шлам химводоочистки, горелая порода, зола уноса

Строительные растворы различного назначения применяются при возведении различных зданий и сооружений, при этом все шире используются строительные растворы, полученные из сухих строительных смесей (ССС) [1], поскольку это позволяет сократить трудозатраты и повысить качество работ [2]. Для многих видов строительных растворов при разработке рецептур регулирование усадки является важным фактором [3-5], особенно для штукатурных растворов при производстве реставрационных работ [6], и ремонтных составов [7, 8], но количественное нормирование численных значений усадочных деформаций строительных растворов отражено в немногих документах (табл.1). ГОСТ Р 58766-2019 в числе основных показателей качества строительных растворов не представлены усадочные деформации. ГОСТ 31357-2007 для некоторых ССС в качестве дополнительных показателей

качества допускает нормирование деформаций усадки. ГОСТ Р 56378-2015 для так называемых «ремонтных» ССС устанавливается процедура испытаний на усадку, но нормирование количественных значений отсутствует. Некоторые производители таких ССС ограничивают значение усадочных деформаций не более 0,5 мм/м.

Таблица № 1

Нормирование усадочных деформаций строительных растворов

№	Нормативный документ	Нормирование
1	ГОСТ Р 58766-2019 [4]	Нормирование усадки отсутствует
2	ГОСТ 31358-2019 [5]	Значение усадки, мм/м, не более 1,5
3	ГОСТ 33083-2014 [6]	Значение усадки, мм/м, не более 1,0
4	ГОСТ 30459-2008 [7]	Метод испытания расширяющих добавок
5	ГОСТ Р 56178-2014 [8]	Состав раствора ¹ Ц: МБ: П = 0, 87:0, 13:1
6	ГОСТ Р 56378-2015 [9]	Процедура испытаний на усадку

Примечание: 1 - для определения расширения

В состав многих ССС вводятся различные полимерные и минеральные добавки (МД) с целью повышения технологичности растворных смесей и регулирования свойств строительных растворов [9], в т.ч. МД вводятся в качестве наполнителей [10], что обеспечивает получение высокотехнологичных смесей и положительно влияет на свойства строительных растворов [11]. Как известно, и полимерные добавки, и МД могут влиять на деформации усадки [12,13], в связи с чем цель исследования – выявить влияния комплексной МД (КМД), содержащей шлам химводоочистки (Ш) в сочетании с золой уноса (З), горелой породой (ГП) либо опокой (О) [14] на усадочные деформации строительных растворов. Описание использованных материалов и составов строительных растворов представлено в [14]. Водосодержание смесей принято постоянным – 18% от ССС по массе. Реализовано 2 серии экспериментов – в первой КМД вводилась в состав ССС взамен части цемента, т.е. величина В/Ц

смесей изменялась, во второй серии КМД вводилась в состав ССС взамен части песка, т.е. при неизменном значении В/Ц. Измерение усадочных деформаций выполнялось на образцах 40x40x160 мм по методике ГОСТ Р 56378-2015 в течение 120 сут.

На рис.1 представлены конечные значения в возрасте 120 сут деформаций усадки в зависимости от дозы и состава КМД. Конечная усадка эталонного строительного раствора, не содержащего КМД, составила 1,15 мм/м.

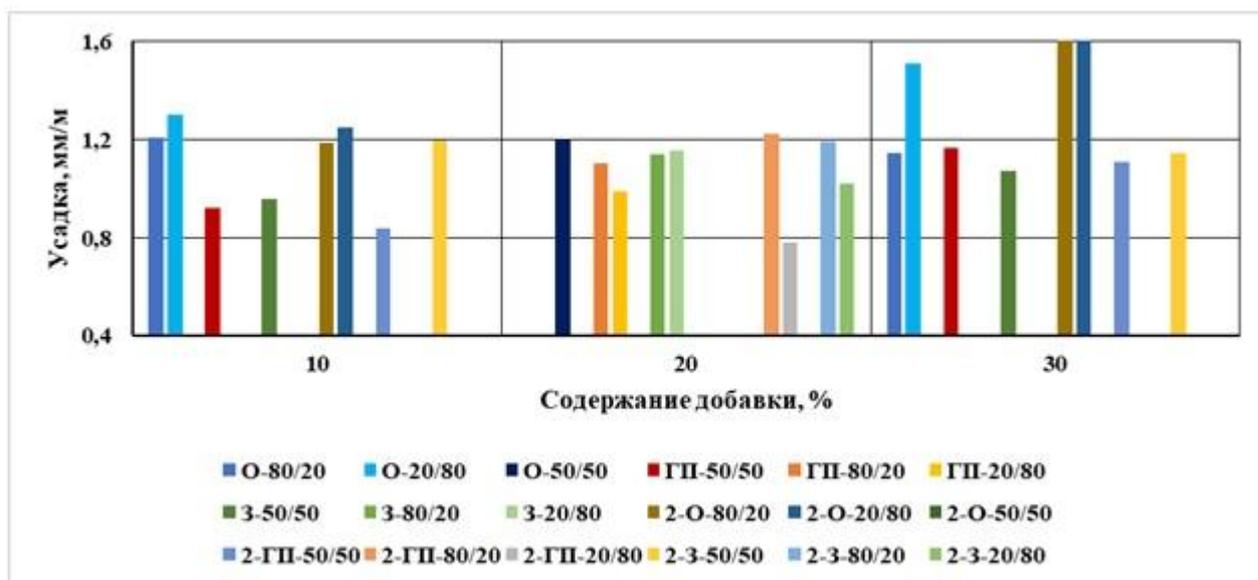


Рис. 1. – Зависимость деформаций усадки от дозы и состава КМД
 О, ГП, З – соответственно опока, горелая порода, зола в КМД;
 2 – серия 2; 80/20...20/80 – соотношение Ш/З (ГП) (О)

На рис.2 представлена зависимость изменения усадочных деформаций от времени выдерживания, дозы и состава КМД для первой серии экспериментальных исследований. Среднестатистическая зависимость деформаций усадки для содержащих КМД строительных растворов описывается зависимостью:

$$\frac{\epsilon_{sh,\tau}}{\epsilon_{sh,120}} = 0,276 \ln(\tau) - 0,288 \quad (1)$$

с показателем достоверности аппроксимации $R^2 = 0,998$.

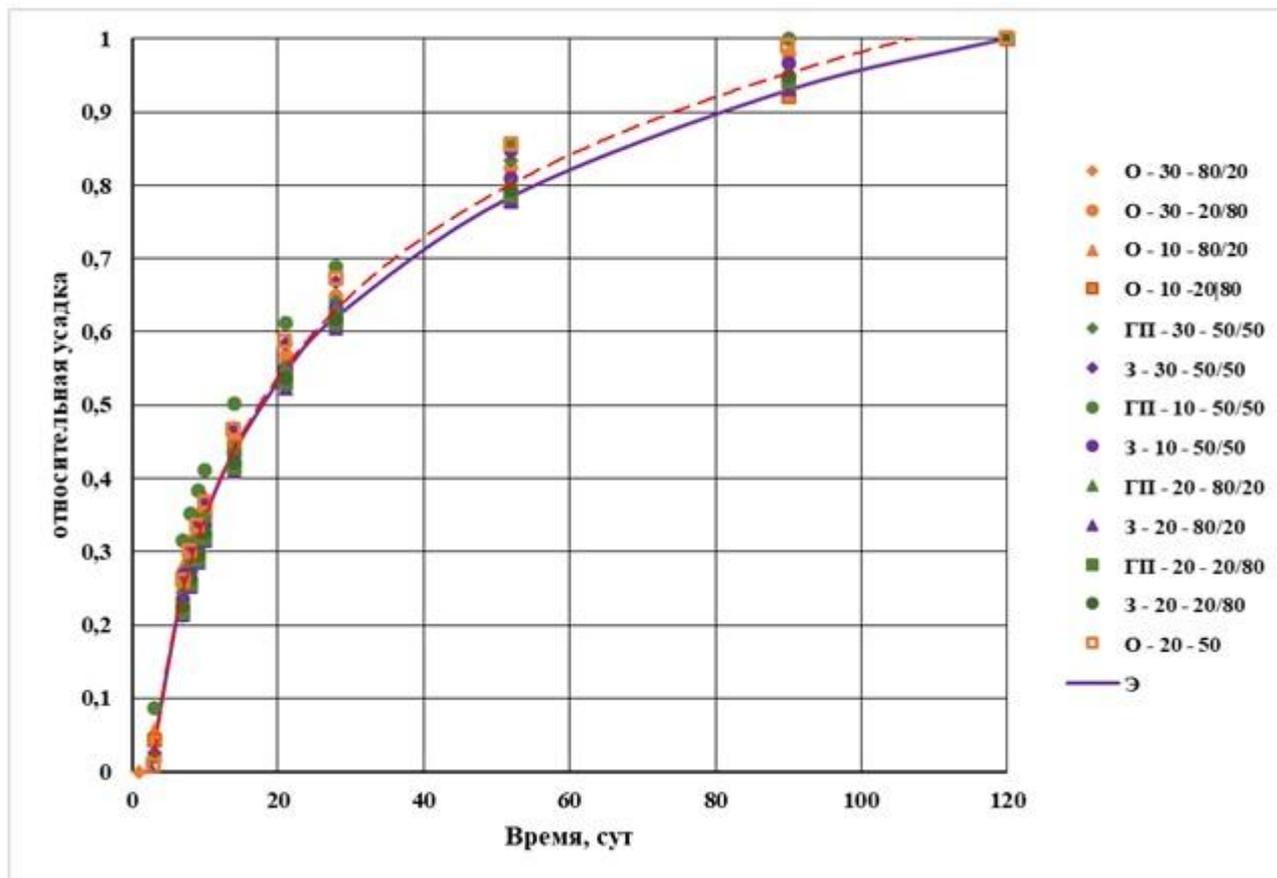


Рис. 2. – Зависимость изменения деформаций усадки от времени выдерживания, дозы и состава КМД
Э – бездобавочный эталон

Поскольку среднестатистически изменение усадочных деформаций во времени исследованных строительных растворов с КМД незначительно отличается от бездобавочного эталона, целесообразно оценить влияние изменения влажности строительного раствора на величину усадочных деформаций.

На рис.3 представлена зависимость деформаций усадки от изменения влажности строительных растворов, содержащих в качестве компонента КМД опоку, известная как «диаграмма Цилосани» [15], для первой серии экспериментов.

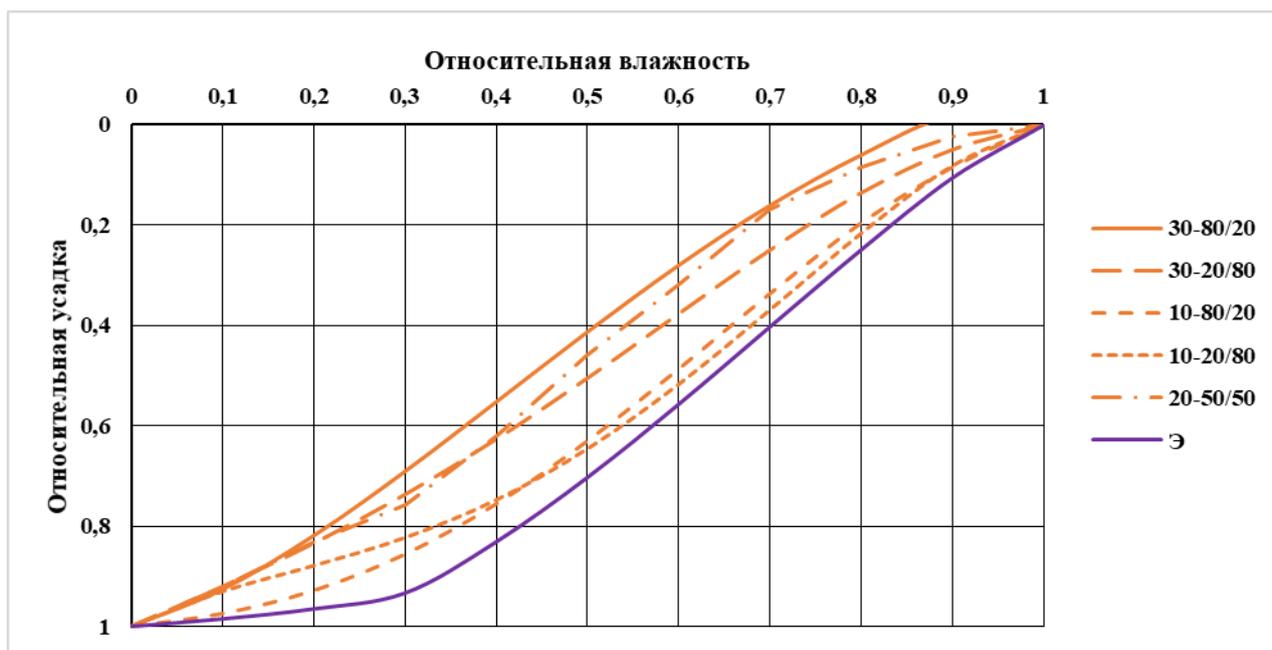


Рис. 3. – Зависимость деформаций усадки от изменения влажности строительных растворов с опоккой 10,20,30 – содержание КМД; 80/20...20/80 – соотношение Ш/О

При относительной влажности строительного раствора 0,4 относительная усадка составляет 0,83 для бездобавочного эталона и изменяется от 0,55 до 0,76 для составов с КМД. По данным [16] относительная усадка цементного камня при аналогичной относительной влажности составила 0,6...0,77.

На рис.4 представлена зависимость деформаций усадки от изменения влажности строительных растворов, содержащих в качестве компонента КМД горелую породу для первой серии экспериментов. При относительной влажности строительного раствора 0,4 относительная усадка составляет 0,83 для бездобавочного эталона и от 0,36 до 0,85 для составов с КМД.

На рис.5 представлена зависимость усадочных деформаций от изменения влажности строительных растворов, содержащих в качестве компонента КМД золу уноса для первой серии экспериментов. При относительной влажности строительного раствора 0,4 относительная усадка составляет 0,83 для бездобавочного эталона и от 0,37 до 0,77 для составов с КМД.

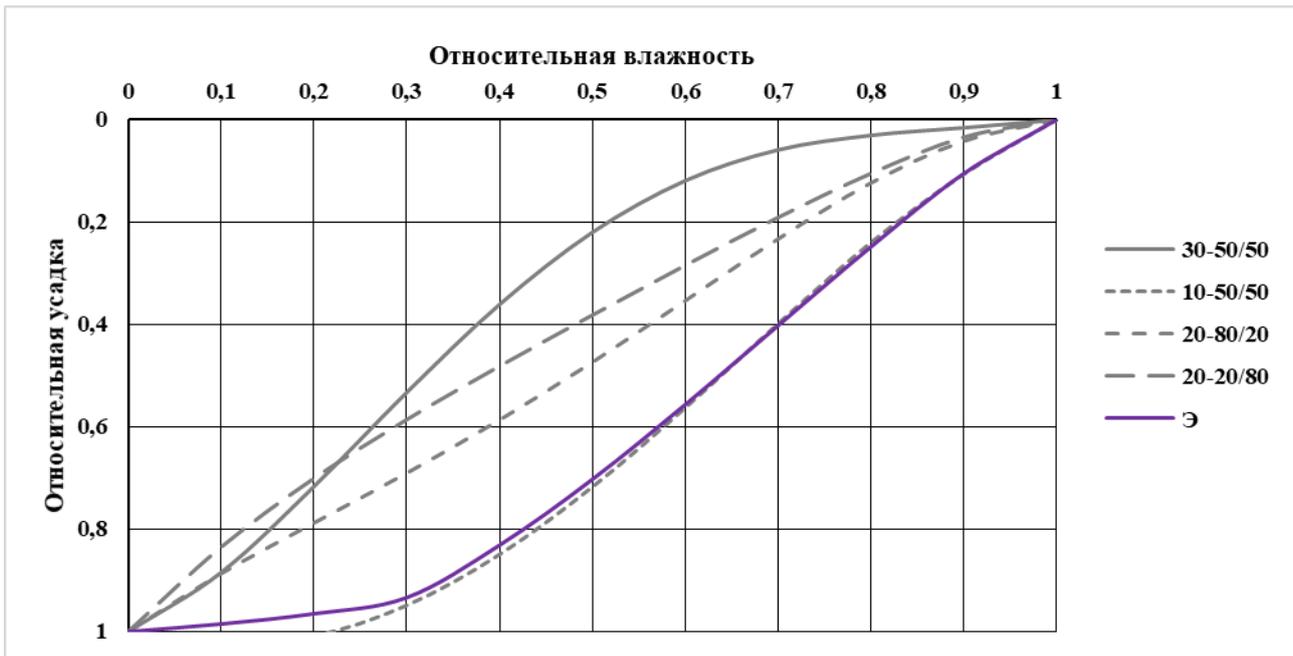


Рис. 4. – Зависимость деформаций усадки от изменения влажности строительных растворов с горелой породой 10,20,30 – содержание КМД; 80/20...20/80 – соотношение Ш/О

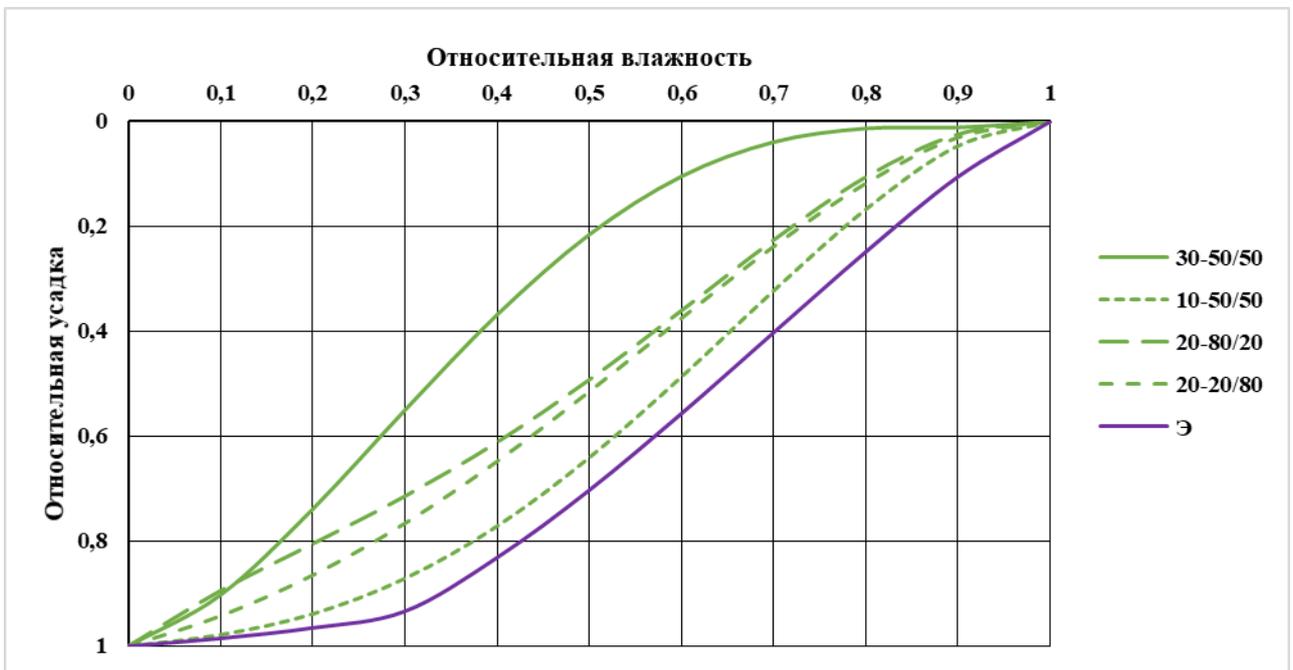


Рис. 5. – Зависимость деформаций усадки от изменения влажности строительных растворов с золой уноса 10,20,30 – содержание КМД; 80/20...20/80 – соотношение Ш/О

В табл.2 представлены значения деформаций усадки исследованных строительных растворов при их влажности 40 % относительно влажности при полном водонасыщении в зависимости от дозы и состава КМД.

Таблица № 2

Усадочные деформации при относительной влажности бетона 40%

Доза КМД, %	Усадочные деформации, мм/м		
	О+Ш	ГП+Ш	З+Ш
0	0,95 (1,0)**		
10	0,91-0,97* (0,96-1,02)**	0,78 (0,82)**	0,74 (0,78)**
20	0,74 (0,78)**	0,48-0,65* (0,5-0,69)**	0,7-0,75* (0,73-0,79)**
30	0,63-0,94* (0,67-1,0)**	0,42 (0,44)**	0,4 (0,42)**

Примечание: * - в зависимости от соотношения МД/Ш; ** - относительные значения

С использованием зависимости [16] относительной влажности цементного камня от относительной влажности воздуха получены значения усадочных деформаций исследованных строительных растворов от относительной влажности воздуха при рациональном содержании КМД 20% и соотношении Ш/МД в составе КМД 50/50%.

Представленная на рис.6 зависимость усадочных деформаций ε_{sh} от относительной влажности воздуха φ описывается уравнением:

$$\varepsilon_{sh} = a\varphi^b, \quad (2)$$

значения коэффициентов a, b которого представлены в табл. 3.

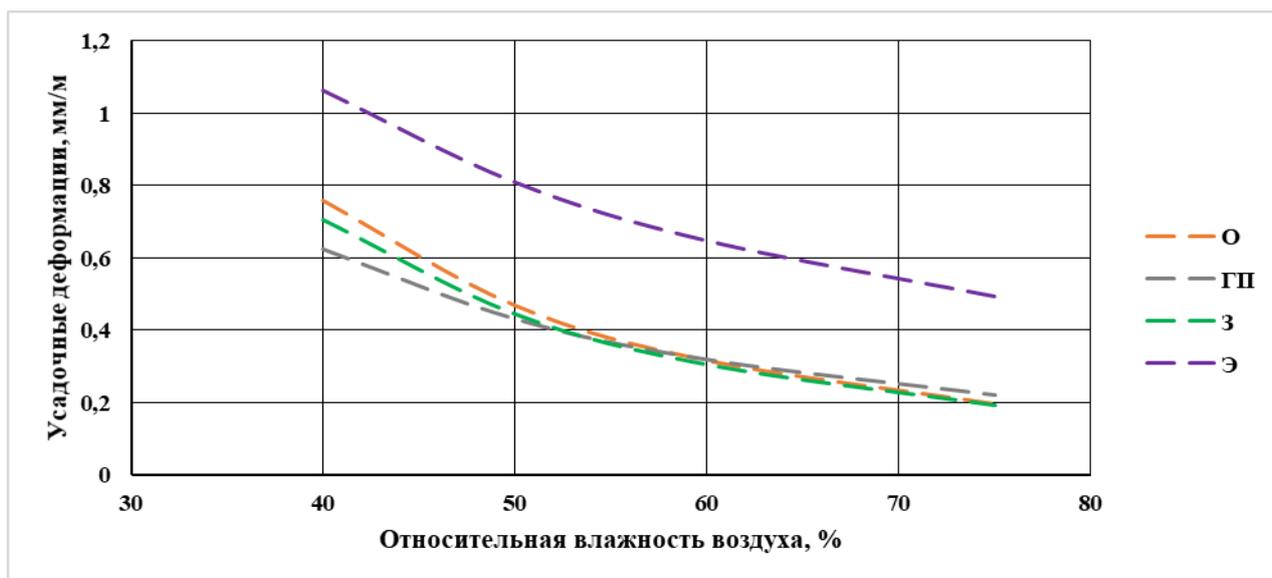


Рис. 6 – Зависимость деформаций усадки
от относительной влажности воздуха

О, ГП, З, Э – соответственно опока, горелая порода, зола,
бездобавочный эталон

Таблица № 3

Коэффициенты уравнения ф.(1)

МД	Коэффициенты уравнения ф.(1)	
	<i>a</i>	<i>b</i>
Опока	2249	-2,167
Горелая порода	286	-1,661
Зола	1441	-2,066
Эталон	98	-1,227

В табл.4 представлены расчетные значения усадочных деформаций исследованных строительных растворов с рациональным составом и содержанием КМД в зависимости от относительной влажности воздуха среды эксплуатации и требования норм по усадочным деформациям для напольных и штукатурных ССС.

Таблица № 4

Зависимость усадочных деформаций от относительной влажности воздуха

Относительная влажность воздуха	Усадочные деформации, мм/м при МД в составе КМД				Нормирование
	О	ГП	З	нет (эталон)	
40	0,76	0,62	0,71	1,05	ГОСТ 31358
50	0,47	0,43	0,45	0,81	не более 1,5
60	0,32	0,32	0,31	0,65	ГОСТ 33083
75	0,19	0,22	0,19	0,49	не более 1,0

По данным [17] средняя относительная влажность воздуха в Ростове-на-Дону в период с апреля по октябрь составляет от 47 до 66% при минимальном значении в августе. При относительной влажности 47% усадочные деформации исследованных строительных растворов с рациональным составом и дозировкой КМД не превысят 0,55 мм/м.

Заключение

Установлена зависимость деформаций усадки от времени для содержащих комплексную минеральную добавку строительных растворов в сравнении с бездобавочным эталоном. Произведена оценка влияния изменения влажности строительного раствора на величину деформаций усадки и установлены закономерности изменения деформаций усадки от влажности строительного раствора в зависимости от состава и дозировки комплексной минеральной добавки. Получено уравнение, описывающее изменение деформаций усадки строительных растворов от относительной влажности воздуха среды эксплуатации. Исследованные строительные растворы с рациональным составом 50/50% (Ш/МД) и дозировкой комплексной

минеральной добавки 20% при средней влажности воздуха самого засушливого месяца в Ростове-на-Дону 47% не превысят 0,55 мм/м.

Литература

1. 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.

2. Панченко А.И. Сухие смеси в России: особенности производства и применения // Строительные материалы. 2002. №5. С. 19-22.

3. 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.

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. 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.

6. Логанина В.И. Сухие строительные смеси для реставрации зданий исторической застройки // Региональная архитектура и строительство. 2015. № 3 (24). С. 34-42.

7. Кузьмина В.П. Защита и ремонт железобетонных сооружений // Сухие строительные смеси. 2017. №2. С.23-25.

8. 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.

9. 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.

10. Кузьмина В.П. Наполнители для сухих строительных смесей // Сухие строительные смеси. 2017. № 3. С. 8-15.

11. Саламанова М.Ш., Исмаилова З. Х., Окуева П. Х., Эскиев М. С. Анализ методов составления рецептур модифицированных сухих строительных смесей // Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2017. № 4(8). С. 67-72.

12. Макушина Ю.В., Шмитько Е.И., Белькова Н.А. Пути оптимизации качества цементных бетонов по показателю влажностной усадки // Химия, физика и механика материалов. 2020. № 4(27). С. 50-65.

13. Налимова А.В. Влияние комплексной полимерной добавки на прочность и усадочные деформации цементного камня // Инженерный вестник Дона. 2012. № 1. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2012/737

14. Несветаев Г.В., Животкова И.А. Влияние некоторых минеральных добавок на свойства мелкозернистых бетонов и строительных растворов // Инженерный вестник Дона, 2024, №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2024/9200.

15. Айрапетов Г.А., Безродный О. К., Жолобов А. Л. Строительные материалы: Учебно-справочное пособие. - 3-е издание, переработанное и дополненное. Ростов/Д: Феникс, 2007. 620 с.

16. Несветаев Г.В., Щербинина Т.А. К вопросу нормирования усадки цементных бетонов // Интернет-журнал Науковедение. 2015. Т.7, № 5(30). С. 145. DOI: 10.15862/07TVN515.

17. Интернет-ресурс: Климат: Ростов-на-Дону. Климатический график, график температуры, климатическая таблица. URL: climate-data.org.

References

1. Zagorodnjuk L.H., Gridchin A.M., Lesovik V.S. Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova. 2016. № 12. pp. 6-14. DOI: 10.12737/22638.
 2. Panchenko A.I. Stroitel'nye materialy. 2002. № 5. pp. 19-22.
 3. Zavadskaja, L.V. Trudy Novosibirskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta (Sibstrin). 2023. T. 26, № 3(89). pp. 100-107. DOI: 10.32683/1815-5987-2023-26-89-3-100-107.
 4. Puharenko Ju.V., Haritonov A.M., Shangina N.N., Safonova T.Ju. Vestnik grazhdanskih inzhenerov. 2011. № 1(26). pp. 98-103.
 5. Shangina, N.N., Haritonov A.M. Suhie stroitel'nye smesi. 2011. № 4. pp. 16-19.
 6. Loganina V.I. Regional'naja arhitektura i stroitel'stvo. 2015. № 3 (24). pp. 34-42.
 7. Kuz'mina V.P. Suhie stroitel'nye smesi. 2017. №2. pp.23-25.
 8. Korovkin M.O., Korotkova A.A., Eroshkina N.A. Obrazovanie i nauka v sovremennom mire. Innovacii. 2020. № 5 (30). pp. 122-128.
 9. Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H., Belikov D.A. Stroitel'nye materialy. 2014. № 7. pp. 82-85.
 10. Kuz'mina V. P. Suhie stroitel'nye smesi. 2017. № 3. pp. 8-15.
 11. Salamanova M.Sh., Ismailova Z. H., Okueva P. H., Jeskiev M. S. Groznenskij estestvennonauchnyj bjulleten'. 2017. № 4(8). pp. 67-72.
 12. Makushina Ju.V., Shmit'ko E.I., Bel'kova N.A. Himija, fizika i mehanika materialov. 2020. № 4(27). pp. 50-65.
 13. Nalimova, A.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2012. № 1. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2012/737
 14. Nesvetaev G.V., Zhivotkova I.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2024. №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2024/9200.
-



15. Ajrapetov G.A., Bezrodnyj O. K., Zholobov A. L. Building materials: учебно-справочное пособие [Building Materials: Training and Reference Manual]. 3-е издание, переработанное и дополненное. Ростов/D: Feniks, 2007. P. 620.

16. Nesvetaev G.V., Shherbinina T.A. Internet-zhurnal Naukovedenie. 2015. T.7, № 5(30). P. 145. DOI: 10.15862/07TVN515.

17. Internet-resurs: Klimat: Rostov-na-Donu. Klimaticheskij grafik, Grafik temperatury, Klimaticheskaja tablica. [Internet resource: Climate: Rostov-on-Don. Climate graph, temperature graph, climate table]. URL: climate-data.org.

Дата поступления: 24.05.2024

Дата публикации: 28.06.2024