

Влияние ретиспергируемых полимерных порошков и условий выдерживания на усадку строительных растворов

Г.В. Несветаев, В.В. Осипов

Донской государственнй технический университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: Исследовано влияния вида и дозировки некоторых ретиспергируемых полимерных порошков на деформации усадки строительных растворов, полученных из сухих строительных смесей, в т.ч. для теплых полов, после выдерживания при температуре 70°C в соответствии с ГОСТ Р 56387-2018. Введение в состав смесей добавок 4042Н, Е06РА, 5603 не привело к повышению деформаций усадки при выдерживании по ГОСТ Р 56387-2018 относительно бездобавочного эталона независимо от вида и дозировки добавки, при этом с указанными добавками независимо от их дозировки в пределах 1-3% значения усадочных деформаций составили менее 1,5 мм/м. Наибольшее влияние вида и дозировки ретиспергируемых полимерных порошков на изменение усадки проявляется на стадии нагрева, что связано с их влиянием на кинетику обезвоживания и величину модуля упругости. В зависимости от типа цемента, вида и дозировки добавки значения влагопотерь к моменту окончания нагрева до 70°C составили от 0,114 до 0,629 относительно полных влагопотерь к моменту окончания выдерживания. Закономерно отмечено изменение усадки к моменту окончания нагрева от 0,027 до 0,595 относительно полной усадки к моменту окончания выдерживания, при этом выявлена пропорциональная зависимость между влагопотерями и усадкой. В некоторых составах к моменту окончания нагрева зафиксировано расширение до 0,469 мм/м. Для комплексной оценки степени влияния добавок на изменение деформационных и прочностных свойства строительного раствора при температуре выдерживания 70°C по ГОСТ Р 56387-2018 предложен показатель условного уровня напряжений, изменяющийся в зависимости от стадии выдерживания, типа цемента, вида и дозировки добавки в диапазоне от 0,489 до 3,05.

Ключевые слова: усадка, строительные растворы, сухие строительные смеси, ретиспергируемые полимерные порошки, теплые полы.

Трещиностойкость при эксплуатации строительных растворов зависит, в т.ч., от их усадки. Как известно, усадка при твердении и эксплуатации строительных растворов обусловлена в основном процессами контракции (аутогенная усадка), карбонизации (карбонизационная усадка) и обезвоживания (влажностная усадка). Последствием развития усадочных деформаций является трещинообразование, во многих случаях недопустимое [1,2], следствием которого может быть, в т.ч., нарушение сцепления, например, штукатурного покрытия с основанием [3,4]. Регулирование усадки возможно применением

расширяющих добавок или расширяющихся цементов [5,6], либо многокомпонентных вяжущих, особенно при разработке составов для реставрации объектов архитектурного наследия [7,8], использованием, например, глиноземистого цемента [9,10], либо шлакощелочного вяжущего [11], введением модифицирующих добавок минеральных или на основе оксидов металлов [12,13], либо пластифицирующих, которые могут вызывать как снижение, так и повышение усадки [14], применением модификаторов на основе техногенного сырья [15,16]. Для некоторых видов строительных растворов при разработке рецептур регулирование усадки является важным фактором.

ГОСТ Р 58766-2019 не указывает усадку среди основных показателей качества строительных растворов. Сухие строительные смеси (ССС) широко применяются для производства строительных растворов различного назначения. Согласно п.4.2.4 ГОСТ 31357-2007 «для смесей конкретного вида устанавливают... дополнительные показатели качества в соответствии с областью их применения», в частности, - деформации усадки. Согласно п.4.2.3 ГОСТ 31358-2019, для напольных смесей одним из основных показателей качества строительных растворов является усадка, значение которой нормируется не более 1,5 мм/м. В п.4.2.3 ГОСТ 33083-2014 среди основных показателей качества штукатурных смесей указывается усадка, ограничение которой устанавливается в диапазоне 0,5-1,0 мм/м. ГОСТ Р 56378-2015 для так называемых «ремонтных» ССС устанавливает процедуру испытаний на усадку с ограничением и без ограничения деформаций, при этом нормирование количественных значений в стандарте не оговаривается. Некоторые производители декларируют значение усадки «ремонтных» ССС не более 0,5 мм/м. По результатам наших испытаний 6 марок «ремонтных» ССС трех брендовых производителей значение усадки без ограничения деформаций составило 0,37-0,97 мм/м. Поскольку в состав ССС, как правило, входят

редиспергируемые полимерные порошки (РПП), применяемые, в т.ч., для повышения прочности сцепления цементных материалов с основанием, повышения соотношения прочности на изгиб и сжатие, что благоприятно влияет на рост трещиностойкости [17,18], а напольные и клеевые ССС для теплых полов при эксплуатации подвергаются воздействию повышенных температур, исследование влияния вида и дозировки РПП на усадочные деформации полученных из ССС строительных растворов, в т.ч. для теплых полов, представляет актуальную задачу.

В настоящей работе представлены результаты исследований влияния вида и дозировки некоторых РПП на деформации усадки после выдерживания при температуре 70°C в соответствии с ГОСТ Р 56387-2018. В исследованиях в качестве базового принят состав П:Ц = 1,5:1 при соотношении В/ССС = 0,18. В качестве водоудерживающей добавки в дозировке 0,3% от массы ССС использована «Mecellose 23701». Некоторые составы содержали воздухововлекающую добавку Esapon 1850 в количестве 0,015% от массы ССС.

Информация о применяемых цементах и РПП представлена в табл. 1 [19].

Таблица №1

Информация о цементах и РПП в исследованных ССС

ПЦ	РПП ¹	Примечания
«Первомайский»	Полипласт РП 2030	-
	Полипласт РП 3001	-
	Полипласт РП 3011	-
	Vinnapas 4042H	В т.ч. с Esapon 1850
«Осколцемент»	Vinavil E06PA	
«Пролетарий»	Vinavil 5603	

Примечание: 1 – дозировка РПП составляла 0,1,2,3 % от массы ССС.

На рис. 1,2 представлены результаты оценки измеренной по ГОСТ 24544-2020 усадки образцов, содержащих РПП в дозировке 1-3%, относительно бездобавочного эталона после выдерживания при 70°C по ГОСТ Р 56387-2018.

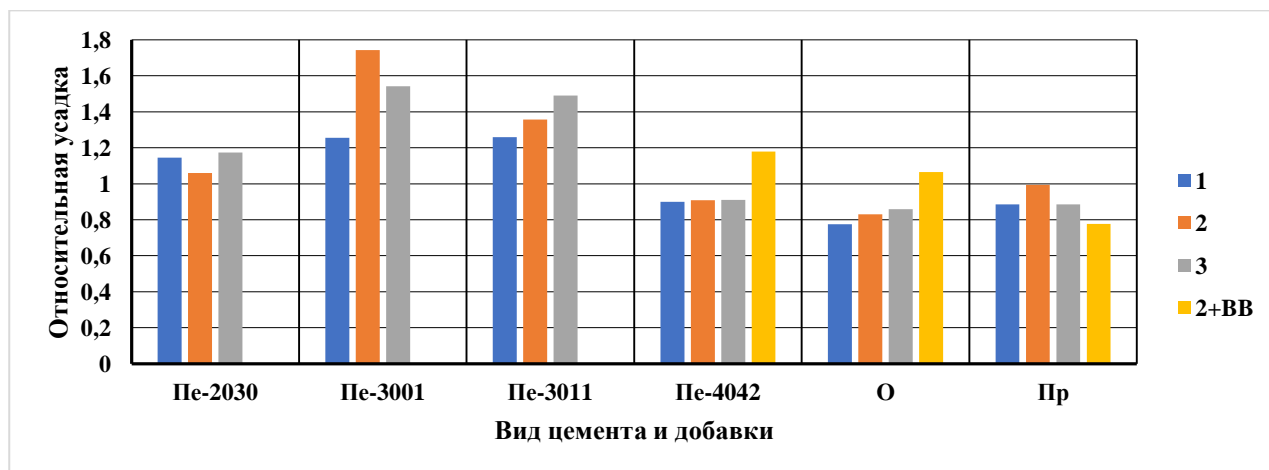


Рис. 1. – Зависимость относительной усадки строительного раствора от вида цемента, вида и дозировки РПП

Пе (2030), О, Пр – соответственно цементы и добавки по табл. 1;

1 – 3 – дозировка РПП, %; +BB – с Esapon 1850

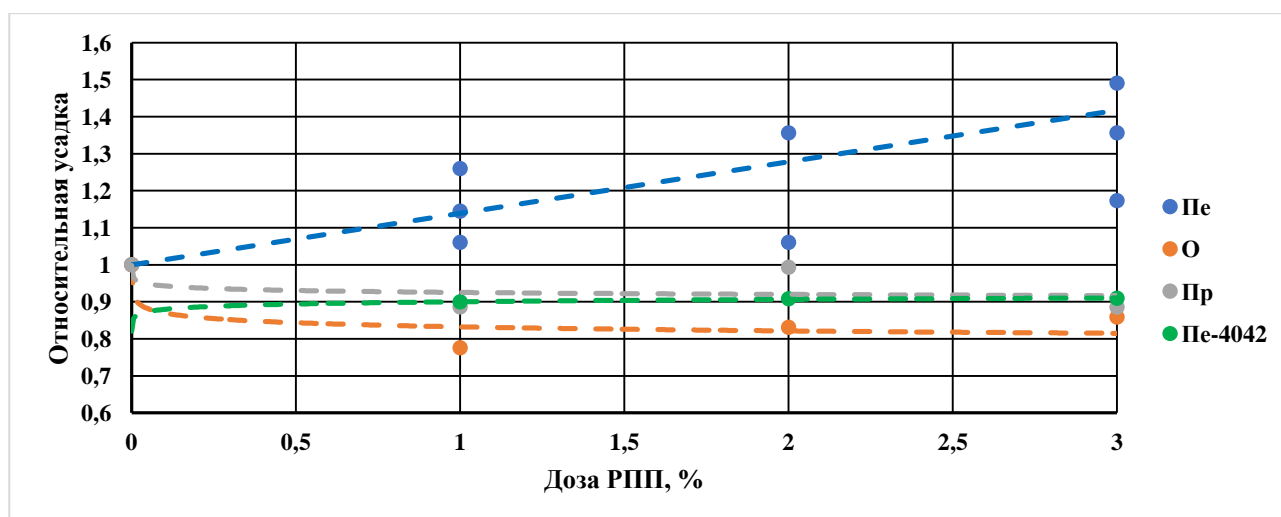


Рис. 2. – Зависимость относительной усадки строительного раствора от дозировки РПП

Пе (2030), О, Пр – соответственно цементы и добавки по табл. 1

Зависимость относительной усадки строительного раствора от дозировки РПП описывается уравнением:

$$\frac{\varepsilon_{sh,РПП}}{\varepsilon_{sh,э}} \varepsilon_{sh} = a + b \cdot D^x, \quad (1)$$

где: D – доза РПП, %;

a, b, x – коэффициенты, значения которых представлены в табл.2.

Таблица № 2

Значения коэффициентов в ф.(1)

Цемент	Добавка	Коэффициенты в ф.(1)			R^2 *
		a	b	x	
«Первомайский»	РП	1	0,139	1	0,259
	4042Н	0	0,824	-0,019	0,938
«Осколцемент»	Е06РА	0	0,834	0,01	0,809
«Пролетарий»	5603	0	0,925	-0,008	0,36

Примечание: * - величина достоверности аппроксимации

Из представленных на рис. 1,2 и в табл. 2 результатов очевидно:

- введение в состав ССС добавок 4042Н, Е06РА, 5603 по табл. 1 не приводит к повышению деформаций усадки при выдерживании по ГОСТ Р 56387-2018 относительно бездобавочного эталона независимо от вида и дозировки добавки, при этом введение в состав воздухововлекающей добавки не влияет положительно на снижение деформаций усадки;
- введение в состав ССС добавок РП по табл. 1 приводит к повышению деформаций усадки при выдерживании по ГОСТ Р 56387-2018 относительно бездобавочного эталона, при этом степень повышения в значительной степени зависит от дозировки и, особенно, вида добавки.

Отметим, что применение цементов по табл. 1 в сочетании с указанными в табл. 1 добавками 4042Н, Е06РА, 5603 обеспечило значение измеренных по

24544-2020 усадочных деформаций менее 1,5 мм/м, что соответствует требованиям п.4.2.3 ГОСТ 31358-2019.

На рис. 3 представлено изменение относительных деформаций образцов на стадиях нагрева, выдерживания при температуре 70°C по ГОСТ Р 56387-2018 и остывания.

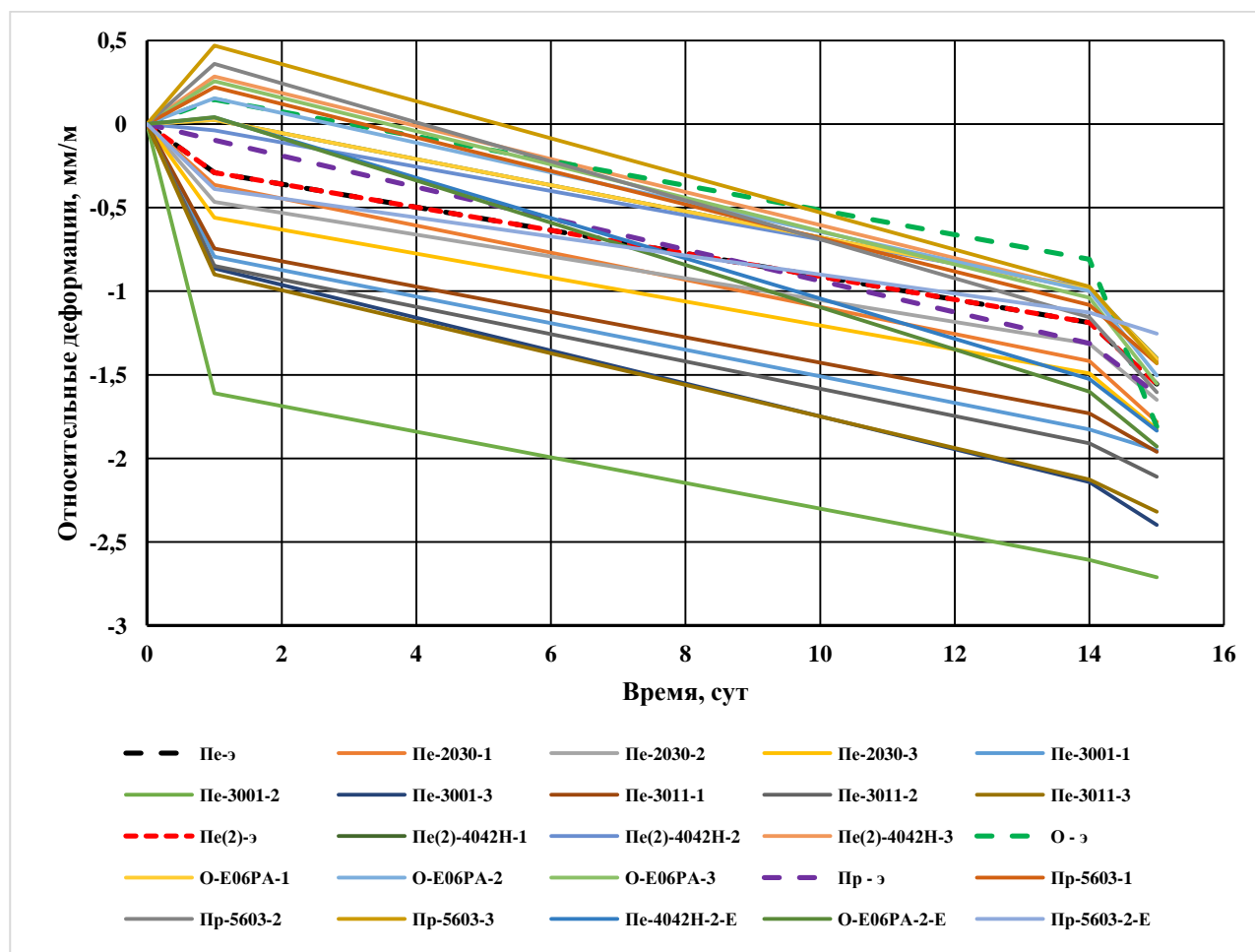


Рис. 3. – Изменение относительных деформаций образцов в зависимости от типа цемента, вида и дозировки добавки РПП Пе (2030), О, Пр – соответственно цементы и добавки по табл. 1; 1 – 3 – дозировка РПП, %; 2-Е – с Esaron 1850

На рис. 4 представлены результаты оценки влияния типа цемента, вида и дозировки добавки РПП на усадку исследованных составов строительного

раствора относительно бездобавочного эталона (относительная усадка) при выдерживании по ГОСТ Р 56387-2018.

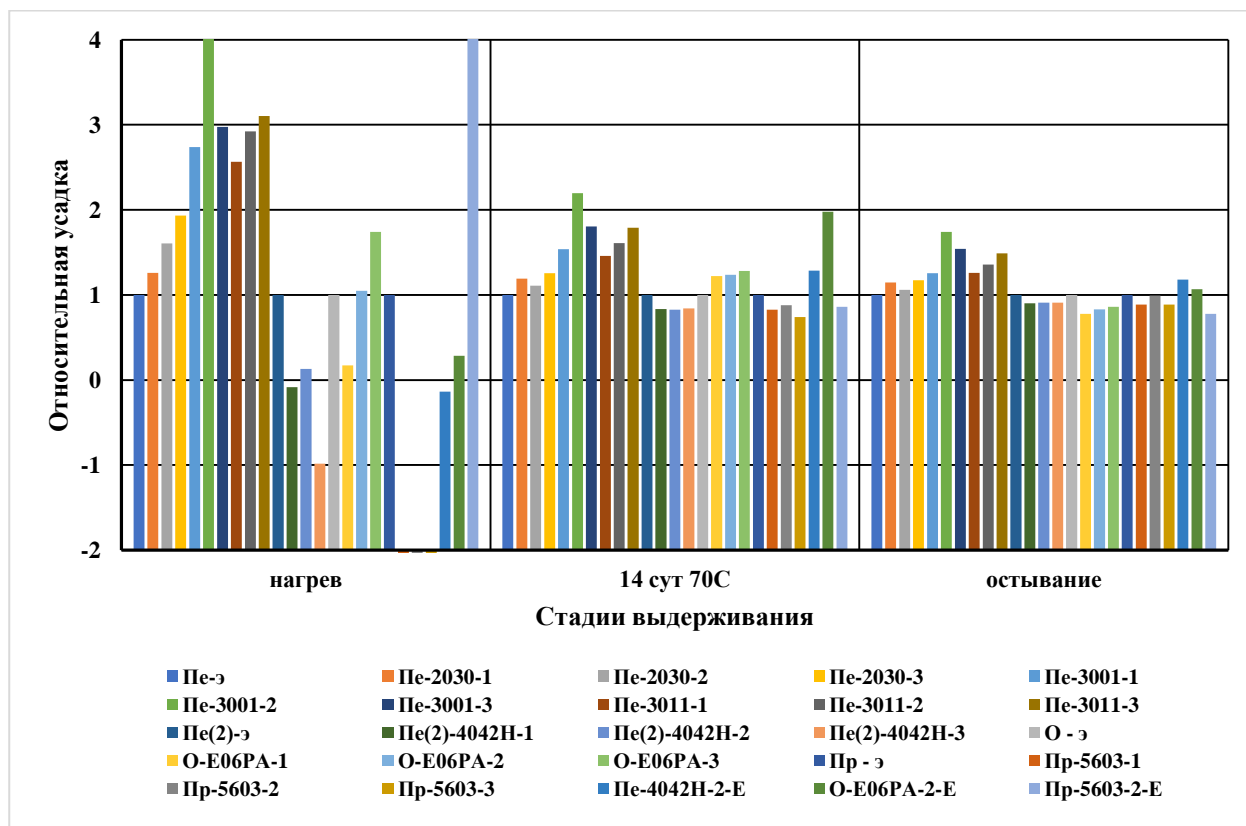


Рис. 4. – Относительная усадка исследованных составов после выдерживания по ГОСТ Р 56387-2018

Пе (2030), О, Пр – соответственно цементы и добавки по табл. 1;
 1 – 3 – дозировка РПП, %; 2-Е – с Esapon 1850

Из представленных на рис. 4 результатов следует:

- наибольшее влияние РПП на изменение усадки проявляется на стадии нагрева, что связано с влиянием РПП на кинетику обезвоживания (рис. 5, 6) и величину модуля упругости [19], при этом для отдельных составов на стадии нагрева наблюдается расширение (Пр с 1-3% РПП, Пе с 2% 4042Н + Esapon 1850, «Осколцемент» во всех случаях);
- на стадии изотермического выдерживания при 70°С в течение 14 сут. и на стадии остывания введение в состав ССС добавок 4042Н, Е06РА, 5603 по табл.

1 практически не приводит к повышению деформации усадки относительно бездобавочного эталона независимо от вида и дозировки добавки, при этом введение в состав воздухововлекающей добавки не оказывает положительного влияния на снижение усадки.

На рис. 5 представлены данные о величине относительных W_{24}/W_{70} влагопотерь в стадии окончания нагрева (W_{24}) к полным влагопотерям (W_{70}) за все время выдерживания при 70°C .

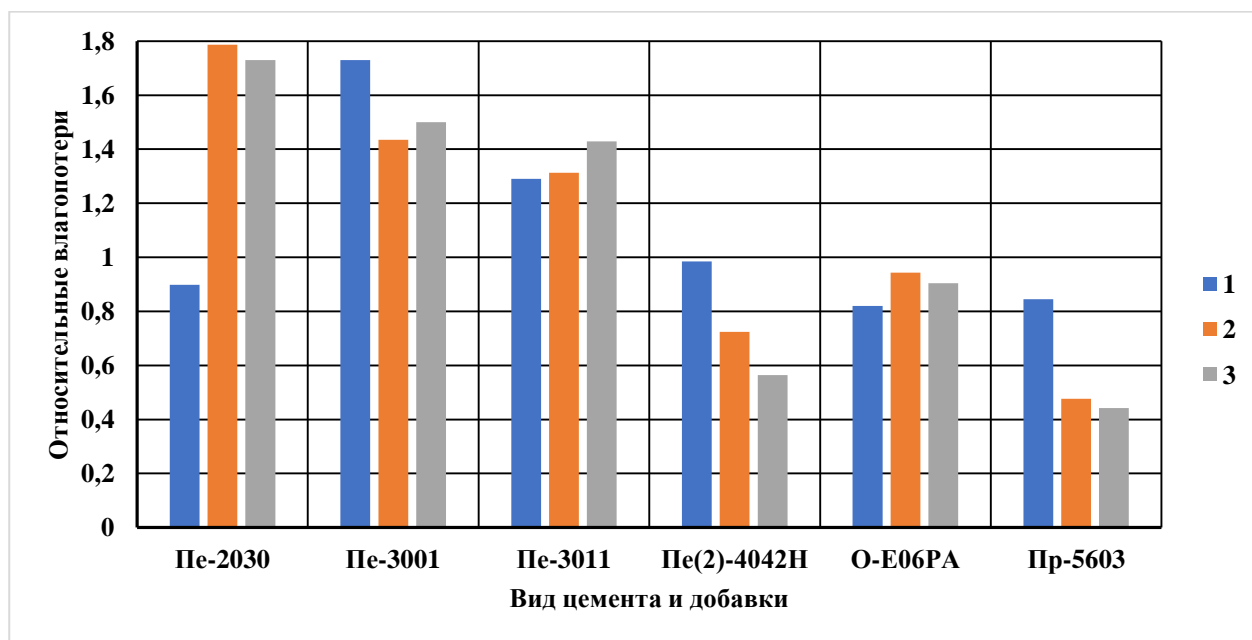


Рис. 5. – Изменение относительных влагопотерь на стадии окончания нагрева к полным влагопотерям за все время выдерживания при 70°C

Пе (2030), О, Пр – соответственно цементы и добавки по табл. 1;

1 – 3 – дозировка РПП, %

В зависимости от типа цемента, вида и дозировки добавки значения влагопотерь к моменту окончания нагрева до 70°C составили от 0,114 до 0,629 относительно полных влагопотерь к моменту окончания выдерживания.

На рис. 6 представлена зависимость величины усадки в момент окончания нагрева относительно полной усадки после выдерживания при 70°C от относительных влагопотерь (рис. 5).

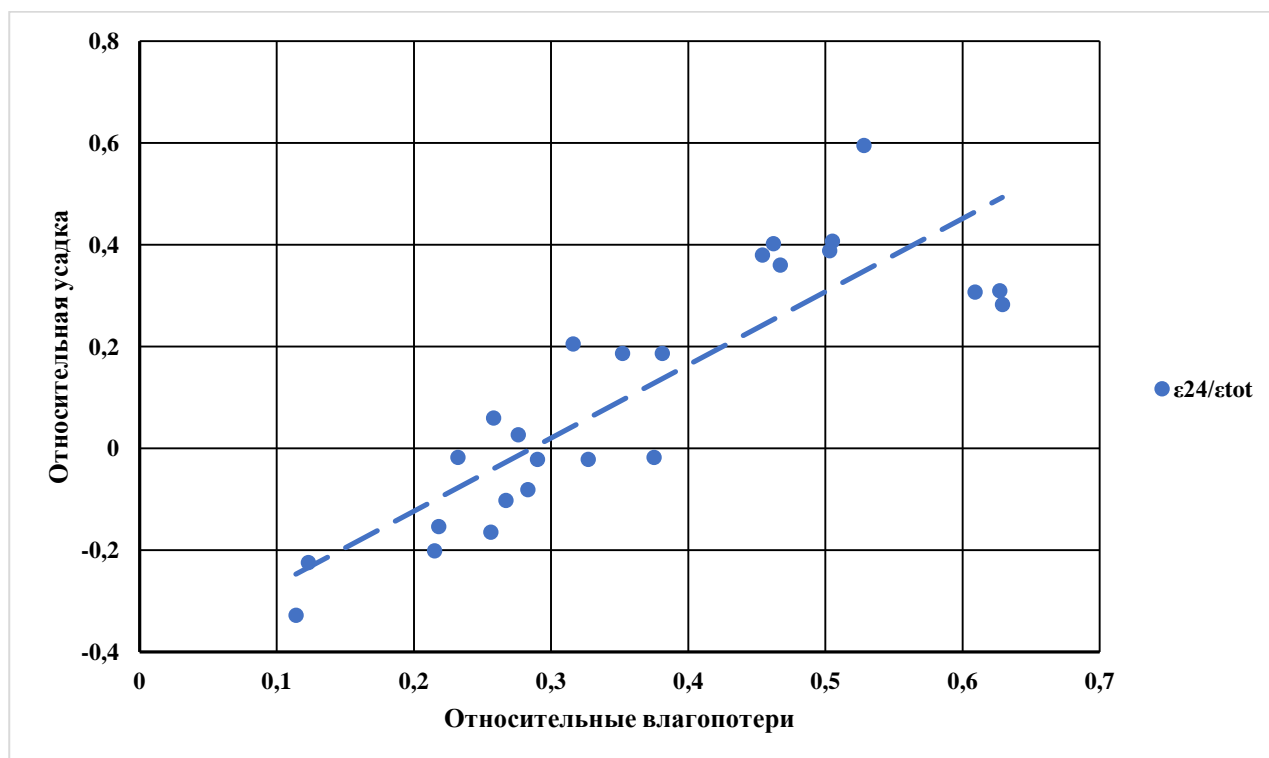


Рис. 6. – Зависимость относительной усадки от относительных влагопотерь в момент окончания нагрева
Пе (2030), О, Пр – соответственно цементы и добавки по табл. 1;
1 – 3 – дозировка РПП, %

Зависимость на рис. 6 описывается уравнением с показателем достоверности аппроксимации $R^2 = 0,756$:

$$\frac{\varepsilon_{24}}{\varepsilon_{tot}} = a \cdot \frac{W_{24}}{W_{tot}} + b, \quad (2)$$

где: ε_{24} , ε_{tot} – соответственно значение усадки к моменту окончания нагрева и полной к моменту окончания выдерживания, мм/м (со знаком «минус» - расширение);

W_{24} , W_{tot} – влагопотери к моменту окончания нагрева и полной к моменту окончания выдерживания, % от воды затворения;

$a = 1,438$; $b = - 0,411$.

Для комплексной оценки степени влияния РПП на изменение деформационных и прочностных свойства строительного раствора при

температуре выдерживания 70°C по ГОСТ Р 56387-2018 целесообразно использовать показатель условного уровня напряжений, рассчитываемый по формуле:

$$U(\sigma) = \frac{(\varepsilon_K - \varepsilon_H - \Delta\varepsilon_0) \cdot 0,5 \cdot (E_{0,H} + E_{0,K})}{(1 + \varphi) \cdot 0,5 \cdot (R_{t,H} + R_{t,K})}, \quad (3)$$

где: ε_K , ε_H – соответственно, относительная деформация строительного раствора из ССС, в конце и в начале каждой стадии выдерживания;

$\Delta\varepsilon_0$ – разность деформаций строительного раствора из ССС и стандартного бетонного основания, определялась из расчета перепада температуры на 50°C при коэффициенте линейного температурного расширения бетона основания $8 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$.

$E_{0,H}$, $E_{0,K}$ – соответственно значения модуля упругости строительного раствора, МПа, в начале и в конце каждой стадии выдерживания;

$R_{t,H}$, $R_{t,K}$ – соответственно значения предела прочности строительного раствора на осевое растяжение, МПа, в начале и в конце каждой стадии выдерживания;

φ – коэффициент ползучести строительного раствора, принят на стадии нагрева 2,5, на стадии выдерживания при 70°C 2,8, на стадии остывания 1,3.

На рис. 7 представлена зависимость показателя условного уровня напряжений по ф.(3) от типа цемента, вида и дозировки добавки РПП. Из представленных на рис. 7 результатов очевидно:

- для цемента «Первомайский» с добавками РП по табл. 1 максимальные значения показателя условного уровня напряжений приходятся на стадию нагрева, для остальных случаев – на стадию выдерживания в течение 14 сут при 70°C;
- значения показателя условного уровня напряжений на стадии остывания существенно ниже в сравнении с нагревом и выдерживанием при 70°C.

По нашему мнению, разработку составов ССС для эксплуатации в условиях повышенных температур (например, стяжки и клеевые смеси для теплых полов) целесообразно проводить с учетом приведенных в табл. 3 данных.

Заключение

В зависимости от вида и дозировки, РПП могут изменять значение усадки строительных растворов после выдерживания при 70°C по ГОСТ Р 56387-2018 в диапазоне от 0,78 до 1,74 относительно бездобавочного эталона. Добавки 4042Н, Е06РА, 5603 не вызывают повышение усадки при выдерживании по ГОСТ Р 56387-2018, усадка не превысила значение 1,5 мм/м, а введение воздухововлекающей добавки не оказывает положительного влияния на снижение деформаций усадки.

Наибольшее влияние РПП на характер изменения усадки проявляется на стадии нагрева до 70°C, что связано с влиянием РПП на кинетику обезвоживания и величину модуля упругости. В зависимости от типа цемента, вида и дозировки добавки значения влагопотерь к моменту окончания нагрева до 70°C составили от 0,114 до 0,629 относительно полных влагопотерь к моменту окончания выдерживания. Закономерно отмечено изменение усадки к моменту окончания нагрева от 0,027 до 0,595 относительно полной усадки к моменту окончания выдерживания, выявлена пропорциональная зависимость величины усадки от влагопотерь. В некоторых составах к моменту окончания нагрева зафиксировано расширение до 0,469 мм/м. По предложенному показателю условного уровня растягивающих напряжений, изменяющемуся в зависимости от стадии выдерживания, типа цемента, вида и дозировки добавки в диапазоне от 0,489 до 3,05 можно предварительно выбрать рациональные сочетания «цемент + РПП» для разработки рецептур ССС стяжек и клеевых смесей для теплых полов.

Литература

1. Толстой А. Д., Лесовик В.С., Ковалева И.А. Композиционные вяжущие для порошковых бетонов с промышленными отходами // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 1. С. 6-9.
2. 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.
3. Пименов А. Т., Игнатова О.А., Чикмарев П.А. Зависимость адгезии защитного (отделочного) покрытия от свойств материалов слоя и основания // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2016. № 4(688). С. 53-57.
4. Парута В. А., Брынзин Е.В., Гринфельд Г.И. Физико-механические основы проектирования штукатурных растворов для газобетонной кладки // Строительные материалы. 2015. № 8. С. 30-34.
5. Несветаев Г. В., Потапова Ю.И. Управление собственными деформациями цементного камня изменением состава и количества расширяющей добавки // Научное обозрение. 2013. № 11. С. 46-49.
6. Бейсембаева С. А., Рахтаев А.С., Сыздыкова С.К. Теоретические основы использования безусадочных золо-цементно-песчаных растворов // Эпоха науки. 2019. № 20. С. 136-142. DOI: 10.24411/2409-3203-2019-12023.
7. Батаев Д.К.-С., Шеина С.Г., Муртазаев С.-А.Ю., Батаева П.Д. Органо-неорганические вяжущие для ремонта и реставрации памятников истории и культуры башенного типа // Мат-лы конф.: «Актуальные вопросы современной науки: теория, технология, методология и практика». Грозный: АЛЕФ, 2021. С. 129-135.

8. Батаева П.Д. Обзор составов и технологий для ремонта и реставрации объектов культурного наследия // Вестник Комплексного научно-исследовательского института им. Х.И. Ибрагимова Российской академии наук. 2021. №5. С. 49-53.
 9. Несветаев Г. В., Удодов С.А., Бычкова О.А. О влиянии состава модифицированного гипсоглиноземистого расширяющегося цемента на прочность и темп твердения // Интернет-журнал Науковедение. 2015. Т. 7, № 6(31). С. 122. DOI: 10.15862/01TVN615. URL: naukovedenie.ru/PDF/01TVN615.pdf.
 10. Бычкова О. А. Быстротвердеющие стяжки на основе гипсоглиноземистого расширяющегося цемента и портландцемента // Инженерный вестник Дона. 2018. № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5103.
 11. Муртазаев С.-А. Ю., Саламанова М.Ш. Исследование деформативных свойств бетонов на щелочных вяжущих // Инновации в строительстве - 2023: Мат-лы межд. науч.-практ. конф. Брянск: [б.и.], 2023. С. 61-65.
 12. Шангина Н. Н., Сафонова Т.Ю. Влияние минеральных добавок на усадочные деформации камня из известкового раствора // Вестник гражданских инженеров. 2021. № 2(85). С. 142-149. DOI: 10.23968/1999-5571-2021-18-2-142-149.
 13. Шангин В. Ю. Повышение трещиностойкости тонкослойных цементных покрытий // Строительные материалы. 2006. № 2. С. 58-59.
 14. Макушина Ю. В., Шмицько 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.
 15. Mobarak Mashrafi Bin, Md. Hossain Sahadat, Mahmud Monika, Ahmed Samina. Redispersible polymer powder modified cementitious tile adhesive as an alternative to ordinary cement-sand grout. // Heliyon 7 (2021). P. 1-9. DOI: 10.1016/j.helion.2021.e08411. URL: researchgate.net/publication/356340785.
-

16. Wang R., Wang P.-M. Action of redispersible vinyl acetate and versatate copolymer powder in cement mortar. *Construct. Build. Mater.* 25 (11). (2011). 4210-421.
17. Кашибадзе Н. В., Загороднюк Л.Х., Стрекозова М.А. Разработка и оптимизация свойств сухих строительных смесей для наливных полов с использованием шлаков // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 3. С. 89-94.
18. Файзрахманов И.И., Халиуллин М.И., Леклу А.Н., Амири О. Влияние тонкодисперсных отсеков бетонного лома на деформации и трещиностойкость строительных растворов // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2017. № 2(40). С. 241-248.
19. Несветаев Г. В., Осипов В.В. Изменение свойств строительных растворов с редиспергируемыми полимерными порошками после выдерживания при высоких температурах // Инженерный вестник Дона. 2022. № 10.
URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2022/7945.

References

1. Tolstoj A. D., Lesovik V.S., Kovaleva I.A. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo texnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuxova.* 2016. № 1. pp. 6-9.
 2. Lesovik V.S., Zagorodnyuk L.X., Belikov D.A. i dr. *Stroitel`ny`e materialy`.* 2014. № 7. pp. 82-85.
 3. Pimenov A. T., Ignatova O.A., Chikmarev P.A. *Izvestiya vy`sshix uchebny`x zavedenij. Stroitel`stvo.* 2016. № 4(688). pp. 53-57.
 4. Paruta V. A., Bry`nzin E.V., Grinfel`d G.I. *Stroitel`ny`e materialy`.* 2015. № 8. pp. 30-34.
 5. Nesvetaev G. V., Potapova Yu.I. *Nauchnoe obozrenie.* 2013. № 11. pp. 46-49.
-



6. Bejsembaeva S. A., Raxtaev A.S., Sy`zdy`kova S.K. E`poxa nauki. 2019. № 20. pp. 136-142. DOI: 10.24411/2409-3203-2019-12023.
 7. Bataev D.K.-S., Sheina S.G., Murtazaev S.-A.Yu., Bataeva P.D. Organo-neorganicheskie vyazhushhie dlya remonta i restavracii pamyatnikov istorii i kul`tury` bashennogo tipa. Mat-ly` konf.: «Aktual`ny`e voprosy` sovremennoj nauki: teoriya, texnologiya, metodologiya i praktika». Grozny`j: ALEF, 2021. pp. 129-135.
 8. Bataeva P.D. Vestnik Kompleksnogo nauchno-issledovatel`skogo instituta im. X.I. Ibragimova Rossijskoj akademii nauk. 2021. №5. pp. 49-53.
 9. Nesvetaev G. V., Udodov S.A., By`chkova O.A. Internet-zhurnal Naukovedenie. 2015. T. 7, № 6(31). P. 122. DOI: 10.15862/01TVN615. URL: naukovedenie.ru/PDF/01TVN615.pdf.
 10. By`chkova, Inzhenerny`j vestnik Dona. 2018. № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5103.
 11. Murtazaev S.-A. Yu., Salamanova M.Sh. Issledovanie deformativny`x svojstv betonov na shhelochny`x vyazhushhix. Innovacii v stroitel`stve - 2023: Mat-ly` mezhd. nauch.-prakt. konf. Bryansk: [b.i.], 2023. pp. 61-65.
 12. Shangina N. N., Safonova T.Yu. Vestnik grazhdanskix inzhenerov. 2021. № 2(85). pp. 142-149. DOI: 10.23968/1999-5571-2021-18-2-142-149.
 13. Shangin V. Yu. Stroitel`ny`e materialy`. 2006. № 2. pp. 58-59.
 14. Makushina Yu. V., Shmit`ko E.I., Bel`kova N.A. Ximiya, fizika i mexanika materialov. 2020. № 4(27). pp. 50-65.
 15. Mobarak Mashrafi Bin, Md. Hossain Sahadat, Mahmud Monika, Ahmed Samina. Heliyon 7 (2021). pp. 1-9. DOI: 10.1016/j.helion.2021.e08411. URL: researchgate.net/publication/356340785.
 16. Wang R., Wang P.-M. Construct. Build. Mater. 25 (11). (2011). 4210-421.
 17. Kashibadze N. V., Zagorodnyuk L.X., Strekozova M.A. Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo texnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuxova. 2009. № 3. pp. 89-94.
-



18. Fajzraxmanov I.I., Xaliullin M.I., Leklu A.N., Amiri O. Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arxitekturno-stroitel'nogo universiteta. 2017. № 2(40). pp. 241-248.
19. Nesvetaev G. V., Osipov V.V. Inzhenerny`j vestnik Dona. 2022. № 10. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2022/7945.