

Изменение свойств строительных растворов с ретиспергируемыми полимерными порошками после выдерживания при высоких температурах

Г.В. Несветаев, В.В. Осипов

Донской государственной технической университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: Исследовано влияние ретиспергируемых полимерных порошков на изменение свойств строительных растворов после выдерживания при высокой температуре, в соответствии с ГОСТ Р 56387-2018. Выявлено повышение предела прочности на сжатие на 10 – 15% при дозировке РПП 2 – 3%. Установлено, что введение в состав воздухововлекающей добавки оказывает незначительное, до 5%, негативное влияние на повышение предела прочности. Повышение предела прочности на растяжение при изгибе после выдерживания при высокой температуре составило 1,5 – 1,8 раза. Снижение начального модуля упругости практически не зависит от дозировки РПП. После выдерживания при высокой температуре значения модуля упругости составили 0,8 – 0,84 относительно нормальных условий твердения. Выявлено снижение прочности сцепления с бетонным основанием до значений 0,39 – 0,71 относительно нормальных условий твердения. Отмечено, что снижение прочности сцепления существенно зависит от рецептурных факторов, за исключением составов, содержащих воздухововлекающую добавку, в которых снижение прочности сцепления после выдерживания при высокой температуре практически отсутствует.

Ключевые слова: ретиспергируемые полимерные порошки, прочность сцепления, модуль упругости, предел прочности при сжатии и изгибе, высокая температура.

Обогреваемые («теплые») полы в жилых зданиях приобретают все большую популярность. Независимо от вида теплоносителя и финишного покрытия, при устройстве обогреваемых полов широко применяются стяжки из сухих строительных смесей (ССС), в т.ч. быстротвердеющие [1], а также клеевые смеси для финишного покрытия из керамической плитки либо керамогранита [2]. Согласно СП 29.13330.2011, монолитные стяжки под полы, в т.ч. в обогреваемых полах, могут изготавливаться из цементно-песчаных растворов «на основе смесей сухих строительных напольных на цементном вяжущем с прочностью на сжатие не менее 15 МПа». Согласно ГОСТ 31357-2007, к основным показателям качества затвердевшего строительного раствора из СССР, в зависимости от назначения, относятся

прочность на сжатие (кроме клеевых), прочность сцепления с основанием (адгезия) и другие. Для конкретных ССС могут устанавливаться дополнительные показатели, в частности, прочность на растяжение при изгибе, модуль упругости. Согласно ГОСТ 31358-2019, для напольных ССС основными показателями качества являются предел прочности на растяжение при изгибе, нормируется от 2,5 МПа до не менее 7 МПа, предел прочности при сжатии нормируется от 15 МПа до не менее 30 МПа, прочность сцепления (адгезия) с основанием нормируется от 0,6 МПа до не менее 0,75 МПа. Согласно ГОСТ Р 56387-2018, основными показателями качества для клеевых ССС в зависимости от класса являются прочность клеевого соединения (адгезия), в т.ч. после выдерживания при высоких температурах, при этом снижение показателя прочности сцепления с бетонным основанием после выдерживания при высокой температуре не допускается.

Как известно, при производстве ССС применяются химические добавки, в основном полимерные [3,4], придающие растворным смесям и затвердевшим растворам требуемые свойства [5-7], в частности, релаксационные полимерные порошки (РПП), регулирующие модуль упругости и прочность сцепления с основанием. Исследованию влияния РПП на указанные и другие свойства посвящено достаточно много работ [8-10 и др.], в т.ч. применительно к вопросам повышения эффективности в зависимости от вида ССС [11,12], и оценке экономической эффективности [13]. В выполненных исследованиях в основном рассматривались вопросы влияния рецептурных факторов на свойства растворных смесей и растворов из ССС в условиях, не относящихся к воздействию высоких температур, характерных для обогреваемых полов. В связи с этим, выявление общих закономерностей между нормируемыми показателями качества затвердевших растворов для обогреваемых полов, в т.ч. после выдерживания при высоких температурах, от рецептурных факторов представляет актуальную задачу. В

настоящей работе рассмотрены результаты исследований влияния вида и дозировки некоторых РПП на прочность при сжатии и растяжении при изгибе, модуль упругости и прочность сцепления с бетонным основанием строительных растворов после выдерживания при высоких температурах, согласно ГОСТ Р 56387-2018.

Исследования выполнены с использованием состава строительного раствора П:Ц (песок/цемент) = 1,5:1 при соотношении В(вода)/ССС = 0,18. В качестве водоудерживающей добавки (ВУД) использована «Mecellose 23701» в дозировке 0,3% от массы ССС. Некоторые составы содержали воздухововлекающую добавку (ВВД) Esaron 1850 в количестве 0,015% от массы ССС. В составах использованы портландцементы:

- ЦЕМ I 42,5 Н по ГОСТ 31108-2016 с активностью 51,3 МПа, НС/КС 145/215 мин, НГ 28,5% производства «Новоросцемент», завод «Первомайский»;
- ПЦ 500 Д0 по ГОСТ 10178-85 с активностью 52,6 МПа, НС/КС 165/220 мин, НГ 24,5% производства «Новоросцемент», завод «Пролетарий»;
- ЦЕМ I 42,5 Н по ГОСТ 31108-2016 с активностью 48,4 МПа, НС/КС 155/230 мин, НГ 26,5% производства «Осколцемент»;

Информация об использованных РПП представлена в табл. 1.

Таблица №1

Информация о РПП в исследованных ССС

| ПЦ | РПП ¹ | Примечания |
|-------------------|-------------------|--------------|
| «Первомайский» | Полипласт РП 2030 | - |
| | Полипласт РП 3001 | - |
| | Полипласт РП 3011 | - |
| | Vinnapas 4042Н | В т.ч. с ВВД |
| «Старооскольский» | Vinavil E06РА | |
| «Пролетарий» | Vinavil 5603 | |

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

Предел прочности при сжатии, на растяжение при изгибе и прочность сцепления с бетонным основанием определялись по ГОСТ Р 58277-2018.

Начальный модуль упругости E определялся исследовательским методом по ф. (1) через динамический модуль упругости (Методика выполнения измерений МИ 11-87):

$$E = k \cdot \rho \cdot V^2 \quad (1)$$

ρ – средняя плотность раствора (мелкозернистого бетона); V – скорость ультразвука при сквозном прозвучивании.

На рис. 1 представлено сравнение предела прочности на сжатие образцов после выдерживания при высоких температурах, в соответствии с ГОСТ Р 56387-2018 со значениями предела прочности на сжатие образцов после выдерживания 28 сут в НУ.

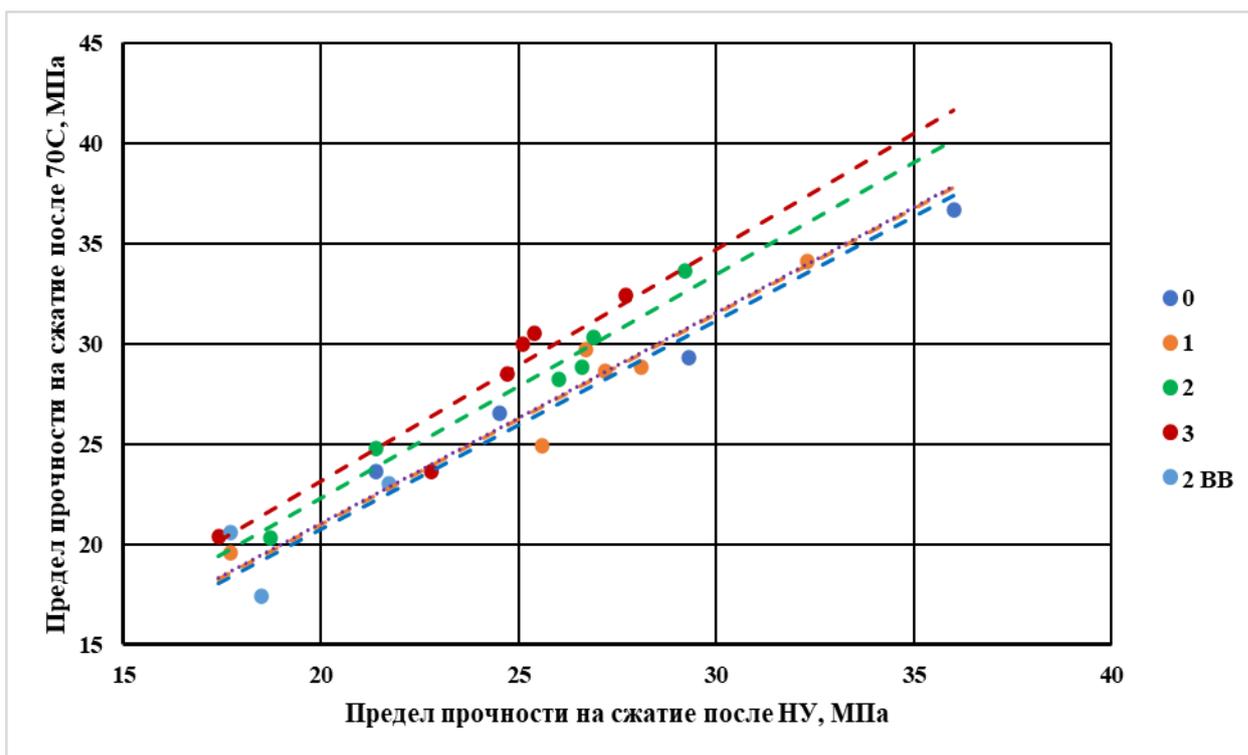


Рис. 1. – Соотношение пределов прочности на сжатие после выдерживания при 70°C и при НУ

0-3 – соответственно содержание РПП, %;

ВВ – составы, содержащие ВВ и РПП 2%;

В табл. 2 представлены уравнения регрессии, описывающие связь между пределами прочности на сжатие, образцов, выдержанных при высоких температурах, в соответствии с ГОСТ Р 56387-2018 и образцов после выдерживания 28 сут в НУ.

Таблица №2

Уравнения регрессии, описывающие изменение предела прочности на сжатие образцов, выдержанных при высоких температурах, в соответствии с ГОСТ Р 56387-2018

| № | Содержание РПП, % | ВВД | Уравнение | R ² |
|---|-------------------|------|-------------------------------|----------------|
| 1 | 0 | - | $R_{70} = 1,038 \cdot R_{НУ}$ | 0,998 |
| 2 | 1 | - | $R_{70} = 1,05 \cdot R_{НУ}$ | 0,998 |
| 3 | 2 | - | $R_{70} = 1,116 \cdot R_{НУ}$ | 0,999 |
| 4 | 3 | - | $R_{70} = 1,157 \cdot R_{НУ}$ | 0,998 |
| 5 | 2 | есть | $R_{70} = 1,053 \cdot R_{НУ}$ | 0,994 |
| 6 | От 0 до 3 | | $R_{70} = 1,087 \cdot R_{НУ}$ | 0,996 |

Из представленных на рис. 1 и в табл. 2 данных, очевидно, что выдерживание при высоких температурах, в соответствии с ГОСТ Р 56387-2018 приводит к некоторому повышению предела прочности на сжатие, особенно, с повышением дозировки РПП до 3%, при этом следует отметить, что введение в состав ВВД оказывает незначительное, примерно 5% (см. 1,053 и 1,116 в табл.2) негативное влияние на повышение предела прочности. Таким образом, выдерживание при 70°С в течение 14 сут. не оказывает негативного влияния на предел прочности на сжатие строительных растворов, полученных из ССС, содержащих РПП в дозировке до 3% от массы ССС. Отметим, что согласно табл. 5.2 СП 27.13330.2017, при температуре 70°С при кратковременном и длительном нагреве для расчетных

сопротивлений портландцементного бетона на сжатие принимается коэффициент 0,85.

На рис. 2 представлено сравнение предела прочности на растяжение при изгибе образцов, выдержанных при высоких температурах, в соответствии с ГОСТ Р 56387-2018, со значениями предела прочности на растяжение при изгибе образцов после выдерживания 28 сут. в НУ.

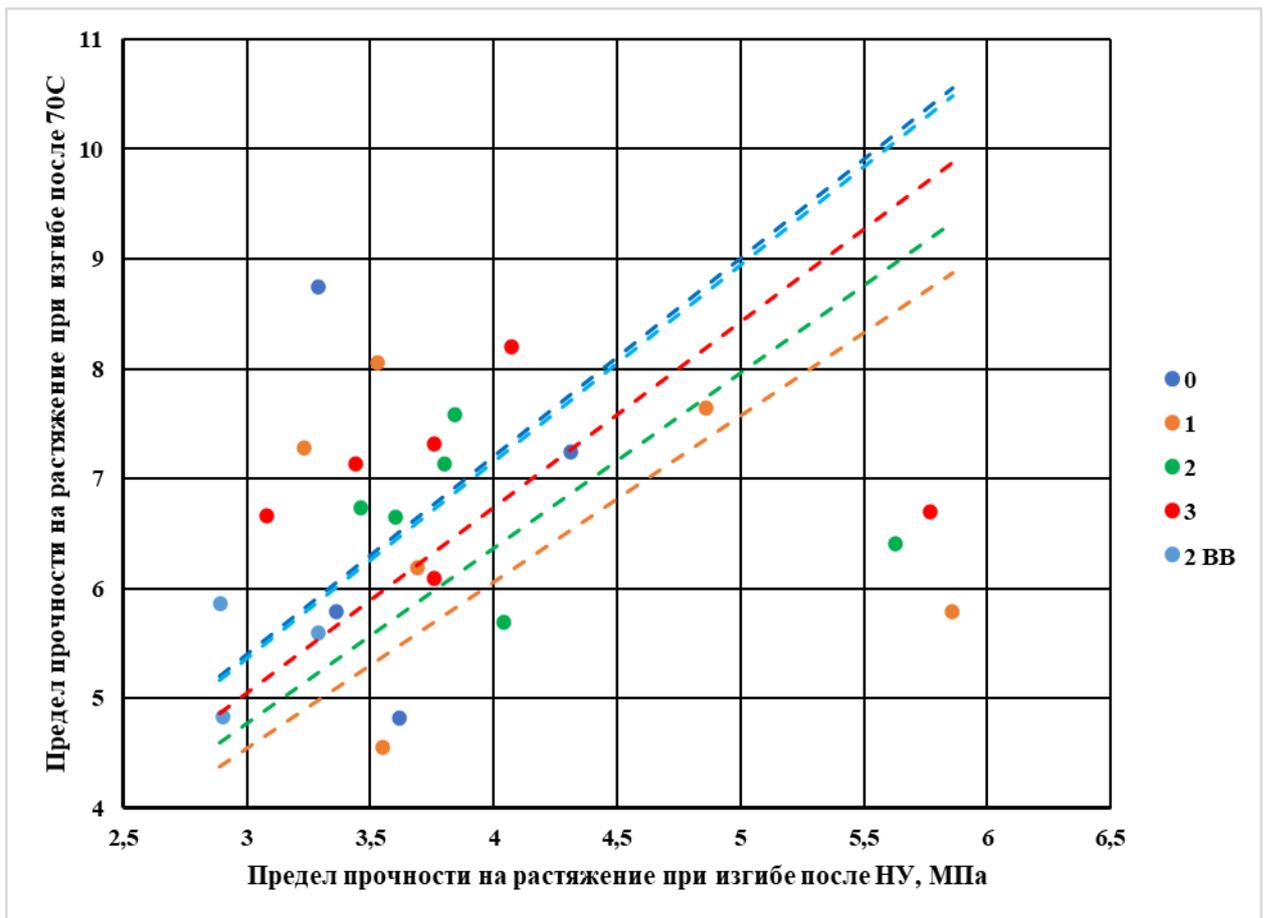


Рис. 2. – Соотношение пределов прочности на растяжение при изгибе после выдерживания при 70°С и при НУ
0-3 – соответственно, содержание РПП, %;
ВВ – составы, содержащие ВВ и РПП 2%;

В табл. 3 представлены уравнения регрессии, описывающие связь между пределами прочности на растяжение при изгибе, образцов, выдержанных при

высоких температурах, в соответствии с ГОСТ Р 56387-2018 и образцов после выдерживания 28 сут в НУ.

Таблица №3

Уравнения регрессии, описывающие изменение предела прочности на растяжение при изгибе после выдерживания 14 сут. при температуре 70°C

| № | Содержание РПП, % | ВВ | Уравнение | R ² |
|---|-------------------|------|---------------------------------|----------------|
| 1 | 0 | - | $R_{f70} = 1,802 \cdot R_{fНУ}$ | 0,94 |
| 2 | 1 | - | $R_{f70} = 1,514 \cdot R_{fНУ}$ | 0,912 |
| 3 | 2 | - | $R_{f70} = 1,592 \cdot R_{fНУ}$ | 0,953 |
| 4 | 3 | - | $R_{f70} = 1,685 \cdot R_{fНУ}$ | 0,947 |
| 5 | 2 | есть | $R_{f70} = 1,79 \cdot R_{fНУ}$ | 0,992 |
| 6 | От 0 до 3 | | $R_{f70} = 1,637 \cdot R_{fНУ}$ | 0,939 |

Из представленных на рис. 2 и в табл. 3 данных, очевидно, что выдерживание при высоких температурах, в соответствии с ГОСТ Р 56387-2018 привело к повышению предела прочности на растяжение при изгибе во всех исследованных составах, при этом составы с РПП, а также с ВВД показали несколько меньший прирост прочности на растяжение при изгибе в сравнении с бездобавочными составами. Таким образом, в настоящем исследовании не выявлено негативного влияния на предел прочности на растяжение при изгибе строительных растворов, полученных из ССС, содержащих РПП в дозировке до 3% от массы ССС, после выдерживания при 70°C в течение 14 сут. Отметим, что, согласно табл. 5.2 СП 27.13330.2017, при температуре 70°C при кратковременном и длительном нагреве для расчетных сопротивлений портландцементного бетона на растяжение, принимается коэффициент 0,7.

На рис. 3 представлено сравнение модулей упругости образцов, выдержанных при высоких температурах, в соответствии с ГОСТ Р 56387-2018, со значениями модуля упругости образцов после выдерживания 28 сут в НУ.

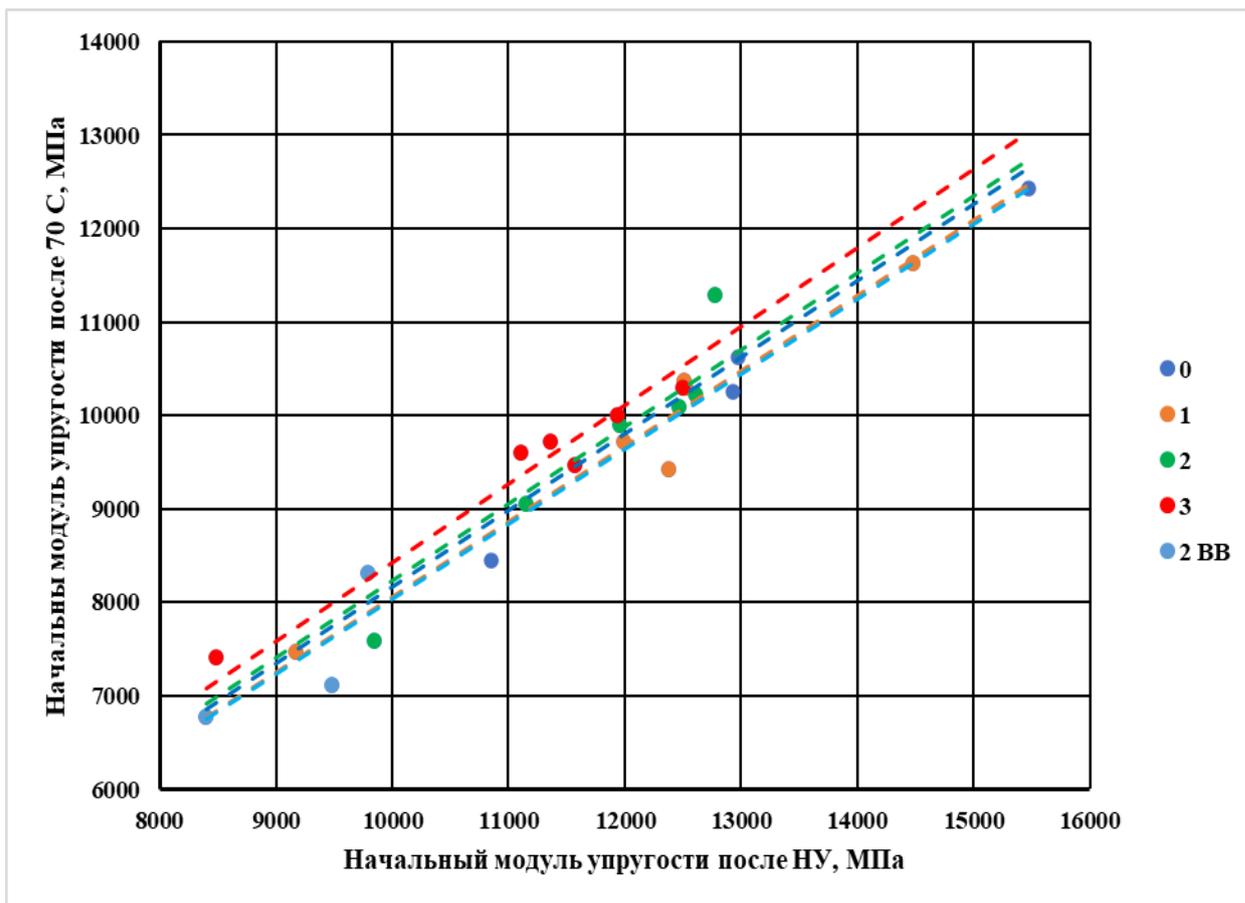


Рис. 3. – Соотношение модулей упругости после выдерживания при 70°С и при НУ

0-3 – соответственно содержание РПП, %;

ВВ – составы, содержащие ВВ и РПП 2%;

В табл. 4 представлены уравнения регрессии, описывающие связь между начальным модулем упругости образцов, выдержанных при высоких

температурах, в соответствии с ГОСТ Р 56387-2018 и образцов после выдерживания 28 сут в НУ.

Таблица №4

Уравнения регрессии, описывающие изменение модулей упругости после выдерживания 14 сут. при температуре 70°C

| № | Содержание РПП, % | ВВ | Уравнение | R ² |
|---|-------------------|----|-----------------------------------|----------------|
| 1 | 0 | - | $E_{0,70} = 0,817 \cdot E_{0,НУ}$ | 0,998 |
| 2 | 1 | - | $E_{0,70} = 0,806 \cdot E_{0,НУ}$ | 0,999 |
| 3 | 2 | - | $E_{0,70} = 0,823 \cdot E_{0,НУ}$ | 0,998 |
| 4 | 3 | - | $E_{0,70} = 0,842 \cdot E_{0,НУ}$ | 0,999 |
| 5 | 2 | * | $E_{0,70} = 0,803 \cdot E_{0,НУ}$ | 0,993 |
| 6 | От 0 до 3 | | $E_{0,70} = 0,817 \cdot E_{0,НУ}$ | 0,998 |

Из представленных на рис. 3 и в табл. 4 данных, очевидно, что выдерживание при 70°C в течение 14 сут. привело к снижению начального модуля упругости примерно на 20%, практически независимо от дозировки РПП. Отметим, что, согласно табл. 5.2 СП 27.13330.2017, при температуре 70°C при кратковременном и длительном нагреве для начального модуля упругости принимается коэффициент 0,9.

На рис. 4 представлено сравнение пределов прочности сцепления с бетонным основанием исследованных составов, выдержанных при высоких температурах, в соответствии с ГОСТ Р 56387-2018 со значением прочности сцепления с бетонным основанием образцов после выдерживания 28 сут в НУ. В табл. 5 представлены уравнения регрессии, описывающие связь между пределами прочности сцепления с бетонным основанием исследованных

составов, выдержанных при высоких температурах, в соответствии с ГОСТ Р 56387-2018 и образцов после выдерживания 28 сут в НУ.

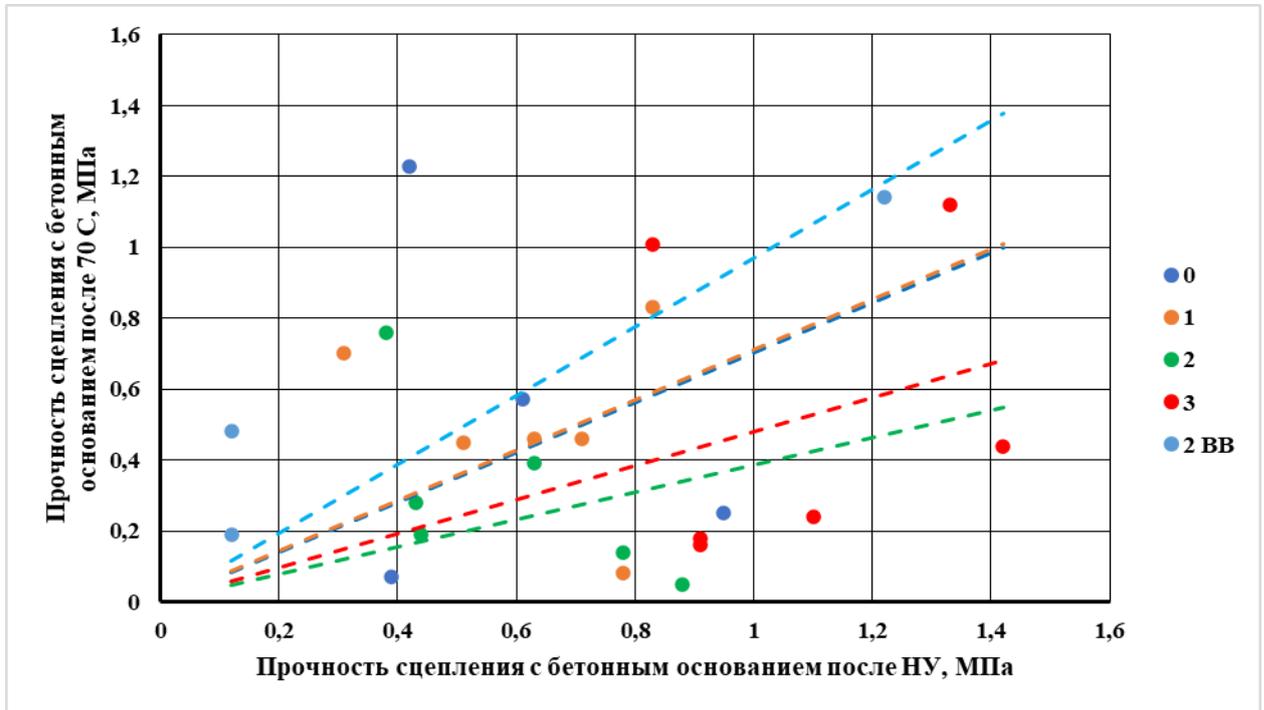


Рис. 4. – Соотношение прочности сцепления с бетонным основанием после выдерживания при 70°C и при НУ

0-3 – соответственно содержание РПП, %;

ВВ – составы, содержащие ВВ и РПП 2%;

Таблица №5

Уравнения регрессии, описывающие изменение прочности сцепления с бетонным основанием после выдерживания 14 сут. при температуре 70°C

| № | Содержание РПП, % | ВВ | Уравнение | R ² |
|---|-------------------|----|--------------------------------------|----------------|
| 1 | 0 | - | $A_{сц,70С} = 0,704 \cdot A_{сц,НУ}$ | 0,417 |
| 2 | 1 | - | $A_{сц,70С} = 0,71 \cdot A_{сц,НУ}$ | 0,712 |
| 3 | 2 | - | $A_{сц,70С} = 0,387 \cdot A_{сц,НУ}$ | 0,399 |
| 4 | 3 | - | $A_{сц,70С} = 0,48 \cdot A_{сц,НУ}$ | 0,656 |

| | | | | |
|---|---|---|-------------------------------------|-------|
| 5 | 2 | * | $A_{сц,70C} = 0,97 \cdot A_{сц,НУ}$ | 0,911 |
|---|---|---|-------------------------------------|-------|

Из представленных на рис. 4 и в табл. 5 данных очевидно, что:

- выдерживание при 70°C в течение 14 сут. привело к значительному снижению прочности сцепления с бетонным основанием, за исключением составов, содержащих ВВ;
- значения величины R^2 от 0,399 до 0,712 (менее 0,82) свидетельствуют о том, что на изменение прочности сцепления с бетонным основанием после выдерживания при температуре 70°C оказывает существенное влияние ряд других факторов, среди которых, в первую очередь, можно выделить особенности химико-минералогического состава цемента и химической основы РПП, т.е., в отличие от начального модуля упругости и прочности на сжатие и растяжение при изгибе, изменение прочности сцепления с бетонным основанием после выдерживания при высоких температурах по ГОСТ Р 56387-2018 существенно зависит от рецептурных факторов, что предопределяет необходимость обязательной проверки производственных составов по этому показателю при применении новой партии цемента либо РПП.

Следует отметить, что положительное влияние вовлеченного воздуха как низко модульного включения при введении ВВД на свойства раствора при изменяющейся температуре среды (замораживание-оттаивание) отмечено в [14].

Заключение

Выдерживание строительных растворов при высоких температурах, в соответствии с ГОСТ Р 56387-2018, приводит:

- к повышению предела прочности на сжатие на 10 – 15% при дозировке РПП 2 – 3%, при этом введение в состав ВВД оказывает незначительное негативное влияние на повышение предела прочности;

- к повышению предела прочности на растяжение при изгибе в 1,5 – 1,8 раза;
- к снижению начального модуля упругости практически независимо от дозировки РПП до значений 0,8 – 0,84 относительно НУ твердения;
- к снижению прочности сцепления с бетонным основанием до значений 0,39 – 0,71 относительно НУ твердения, при этом степень снижения существенно зависит от рецептурных факторов, за исключением составов, содержащих ВВД.

Литература

1. 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.
2. Бычкова О.А. Клей быстрой фиксации на основе гипсоглиноземистого расширяющегося цемента и портландцемента // Инженерный вестник Дона. 2018. № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5102.
3. Ohama, Y. Handbook of polymer-modified concrete and mortars. Noyes Publications, Japan, 1995. 227 p.
4. Rajgelj, S. Cohesion aspects in rheological behavior of fresh cement mortars // Mater. et constr. 1985. №104. P. 109-114.
5. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Беликов Д.А. К проблеме проектирования сухих ремонтных смесей с учетом сродства структур // Вестник РААСН. 2014. № 18. С.112-119.
6. Удодов С.А., Бычкова О.А. К вопросу о долговечности сцепления цементных растворов с легкобетонным основанием // International Innovation Research: сборник статей VIII Международной научно-практической конференции. 2017. С. 42-45.
7. Манушина А.С., Урбанов А.В., Ахметжанов А.М., Зырянов М.С., Потапова Е.Н., Захаров С.А., Влияние минеральных и полимерных

- добавок на свойства плиточного клея // Сухие строительные смеси. 2016. №2. С. 17-20.
8. Пичугин, А.П., Хританков В.Ф., Белан И.В. и др. Разработка составов сухих строительных смесей с повышенными эксплуатационными характеристиками // Вестник ВолгГАСУ. 2014. №36 (55). С.68-77.
9. Цюрбригер Р., Дильгер П. Дисперсионные полимерные порошки – особенности поведения в сухих строительных смесях // Строительные материалы. 1999. №3. С. 10-13.
10. Баталин, Б. С. Исследования эффективности добавок, применяемых для производства сухих строительных смесей // Успехи современного естествознания. 2007. № 7. С. 60-62.
11. Шаменская Е.А., Орлова Т.Н. Плиточные сухие клеи и системы // Строительные материалы. 1999. №7-8. С. 14-16.
12. Муртазаев С-А.Ю, Успанова А.С., Хаджиев М.Р., Хадисов В.Х. Повышение прочности сцепления штукатурного покрытия с основанием // Строительные материалы и изделия. 2020. Т. 3. № 6. С. 17-26.
13. Несветаев Г.В., Козлов А.В., Филонов И.А., Осипов В.В. Оценка эффективности добавок для сухих строительных смесей с нормируемыми показателями прочности сцепления с основанием // Инженерный вестник Дона. 2022. № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2022/7406.
14. Несветаев Г. В., Долгова А.В. Влияние редиспергируемых порошков и низко модульных включений на свойства мелкозернистого бетона после многократного замораживания-оттаивания // Инженерный вестник Дона. 2019. № 6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2019/6029.
-

References

1. By`chkova O.A. Inzhenerny`j vestnik Dona. 2018. № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5103.
2. By`chkova O.A. Inzhenerny`j vestnik Dona. 2018. № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5102.
3. Ohama, Y. Handbook of polymer-modified concrete and mortars. Noyes Publications, Japan, 1995. 227 p.
4. Rajgelj, S. Cohesion aspects in rheological behavior of fresh cement mortars. Mater. et constr. 1985. №104. pp. 109-114.
5. Lesovik V.S., Zagorodnyuk L.X., Belikov D.A. Vestnik RAASN. 2014. № 18. pp.112-119.
6. Udodov S.A., By`chkova O.A. K voprosu o dolgovechnosti scepheniya cementny`x rastvorov s legkobetonny`m osnovaniem [On the question of the durability of the adhesion of cement mortar with a light concrete base]. International Innovation Research: sbornik statej VIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. 2017. pp. 42-45.
7. Manushina A.S., Urbanov A.V., Axmetzhanov A.M., Zy`ryanov M.S., Potapova E.N., Zaxarov S.A. Suxie stroitel`ny`e smesi. 2016. №2. pp. 17-20.
8. Pichugin A.P., Xritankov V.F., Belan I.V. i dr. Vestnik VolgGASU. 2014. №36 (55). pp.68-77.
9. Czyurbrigen R., Dil`ger P. Stroitel`ny`e materialy`. 1999. №3. pp. 10-13.
10. Batalin B.S. Uspexi sovremennogo estestvoznaniya. 2007. №7. pp. 71-73.
11. Shamenskaya E.A., Orlova T.N. Stroitel`ny`e materialy`. 1999. №7-8. pp. 14- 16.
12. Murtazaev S-A.Yu, Uspanova A.S., Xadzhiev M.R., Xadisov V.X. Stroitel`ny`e materialy` i izdeliya. 2020. T. 3. № 6. pp. 17-26.



13. Nesvetaev G.V., A. V. Kozlov, I. A. Filonov, V. V. Osipov. Inzhenernyj vestnik Dona. 2022. № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2022/7406.
14. Nesvetaev G.V., Dolgova A.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2019. № 6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2019/6029.