

## Влияние вида и дозировки суперпластификатора на свойства цементных напольных смесей

*М.О. Коровкин, Н.А. Ерошкина*

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза*

**Аннотация:** Приводятся результаты сравнительных исследований эффективности суперпластификаторов (СП) различной химической природы в напольных смесях, приготовленных с применением смешанного вяжущего на основе портландцемента, глиноземистого цемента и гипсового камня. В работе было изучено влияние вида СП и его дозировки на растекаемость смеси, прочность и усадку напольного строительного раствора в различные сроки. Установлено, что все исследованные добавки, за исключением СП Sika Viscocrete 105P, характеризуются быстрой потерей текучести смеси. Прочность строительного раствора в поздние сроки не зависит от вида и дозировки добавки, а в начальные сроки - снижение прочностных показателей отмечается для добавки на полиэтиленгликолевой основе - Melflux PP 100 F. Выявлено влияние вида и дозировки СП на усадку напольной смеси, приготовленной с применением смешанного вяжущего. Установленная зависимость объясняется связью между степенью диспергирования цементной суспензии с различными видами СП и усадкой вяжущего камня, полученного на их основе.

**Ключевые слова:** суперпластификатор, смешанный цемент, глиноземистый цемент, цементная напольная смесь, растекаемость смеси, прочность, усадка.

### Введение

Получение напольных самонивелирующихся смесей на цементной основе стало возможно после создания современных суперпластификаторов (СП), обеспечивающих низкое, почти нулевое предельное напряжение сдвига смеси [1, 2]. Одним из основных компонентов цементных напольных смесей являются сульфатно-алюминатные расширяющиеся добавки для компенсации усадочных деформаций портландцемента [1, 3, 4]. В качестве таких добавок возможно совместное применение глиноземистого цемента и гипса [3, 5]. Однако при использовании алюминатных цементов смеси с добавками СП быстро теряют подвижность [6-8].

На современном российском рынке представлена широкая номенклатура глиноземистых цементов и СП различных видов. В настоящее время у исследователей и технологов отсутствует единое мнение о факторах, влияющих на совместимость СП с цементами, в том числе глиноземистыми

---

[8-10], что значительно затрудняет выбор и определение расходов компонентов для сухих строительных смесей.

Были проведены исследования эффективности различных СП в составах напольных сухих строительных смесей, приготовленных с применением двух глиноземистых цементов.

### Методы и материалы для исследования

Исследования проводились на составе дисперсной сухой строительной смеси для получения напольного выравнивающего покрытия. В ходе эксперимента варьировались вид СП и глиноземистого цемента, а также дозировка СП. Расход компонентов для приготовления 1 кг сухой смеси составлял: портландцемент – 295 г, глиноземистый цемент – 60 г, гипсовый камень – 34 г, известняковая мука – 208 г, песок – 600 г, СП – 3 г или 4,8 г (соответственно 0,5 или 0,8 % от массы дисперсных компонентов). Расход воды во всех составах составлял 270 мл.

Для приготовления смесей использовался портландцемент ПЦ 500 ДО ОАО «Жигулевские стройматериалы»; гипсовый камень Пешеланского месторождения, измельченный до прохода через сито № 008; известняковая мука, полученная из отсева дробления известняка Ивантеевского месторождения, с удельной поверхностью 320 м<sup>2</sup>/кг; песок Сурского месторождения с  $M_k=1,52$ , просеянный через сито 0,63 мм. В качестве глиноземистых цементов были исследованы цементы ISTRА 40 производства «HeidelbergCement» и Secar 51 производства «Lafarge Aluminates».

Цемент Secar 51 характеризуется следующим химическим составом, %:  $Al_2O_3$  – 50,8...54,2; CaO – 35,9...38,9;  $SiO_2$  – 4,0...5,5;  $Fe_2O_3$  – 1,0... 2,2; MgO – менее 1,0;  $TiO_2$  – менее 4,0;  $K_2O+Na_2O$  – менее 0,5. У цемента ISTRА 40 следующий состав, %:  $SiO_2$  – 2...5;  $Al_2O_3$  – 39...42;  $Fe_2O_3$  – 14...17; CaO – 37...40; MgO – менее 1,2;  $SO_3$  – менее 0,4.

В ходе эксперимента было исследовано 6 видов СП на различной химической основе:

- С-3 на основе нафталинсульфокислоты;
- Peramin SMF 20 и Melment F10 – полимерные сульфомеламины;
- Sika Viscocrete 105P и Melflux 1641 F – поликарбоксилаты;
- Melflux PP 100 F – модифицированный полиэтиленгликоль.

Влияние параметров состава смеси на ее подвижность определялось по расплыву кольца по ГОСТ 31356-2007 через 5 и 15 мин, а если смесь сохраняла подвижность, то расплывы продолжали определять в течение 1,5 ч через каждые 15 мин. Из смесей изготавливались образцы размером 40×40×160 мм, которые использовались для определения прочности при изгибе и сжатии через 1, 3 и 28 суток твердения при температуре 20...22°С и относительной влажности воздуха 65...75 %. В процессе твердения образцов определялись их усадочные деформации.

### **Результаты и их обсуждение**

На рис. 1 представлены графики зависимости расплыва кольца от времени его определения для смесей, приготовленных с применением глиноземистых цементов Secar 51 и ISTRА 40 с различными СП при двух дозировках добавки. Пунктирной линией на рисунке показаны границы растекаемости смеси для различных марок дисперсных самоуплотняющихся напольных покрытий в соответствии с ГОСТ 31358-2007.

Как видно из графиков на рис.1, при расходе СП 0,5% от массы дисперсных компонентов смеси подвижность в составах с добавками на поликарбоксилатной и полиэтиленгликолевой основе значительно выше, чем в составах с добавками на нафталин - и меламинформальдегидной основе. Кроме того, СП на поликарбоксилатной основе позволяют в течение 15 минут сохранять начальную подвижность смеси в отличие от остальных добавок, которые за это время быстро теряют пластифицирующий эффект.

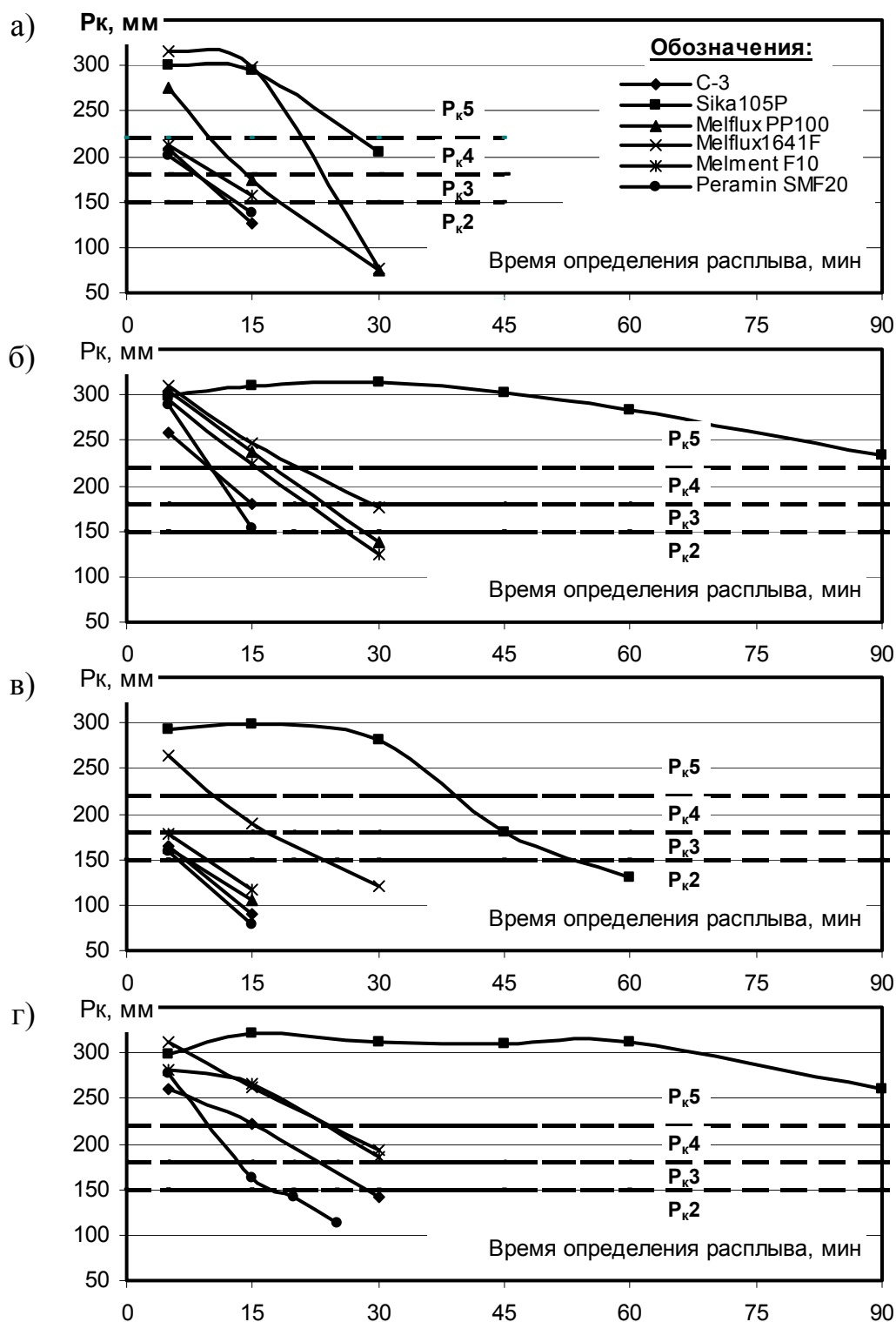


Рис. 1. – Зависимость расплыва кольца от времени его определения для смесей, приготовленных с применением глиноземистых цементов Secar 51 (а, б) ISTRA 40 (в, г) при дозировке СП 0,5 % (а, в) и 0,8% (б, г) (Пунктиром показаны границы растекаемости смесей различных марок по ГОСТ 31358-2007.)

Увеличение дозировки СП до 0,8 % значительно повышает пластифицирующий эффект добавок на нафталин- и меламинформальдегидной основе, однако и при повышенной дозировке в смесях с этими добавками происходит быстрая потеря подвижности. Наибольшей сохраняемостью подвижности смеси (до 90 мин) характеризуется СП Sika Viscocrete 105P.

Анализ прочностных характеристик смесей по данным, приведенным в табл. 1 и 2, показывает, что СП Melflux PP100 вызывает замедление твердения через 1 сутки, но через 3 суток прочности составов приблизительно равны. Наибольшей прочностью характеризуются составы с добавкой Sika Viscocrete 105P.

Таблица 1

Влияние вида и дозировки СП на прочность и усадку смесей, приготовленных с применением глиноземистого цемента Secar 51

| Наименование СП | Дозировка СП, % | 1 сут           |                 | 3 сут           |                 | 28 сут          |                 | Усадка, мм/м, через |        |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------|--------|
|                 |                 | R <sub>из</sub> | R <sub>сж</sub> | R <sub>из</sub> | R <sub>сж</sub> | R <sub>из</sub> | R <sub>сж</sub> | 7 сут               | 28 сут |
|                 |                 | C-3             | 2,6             | 6,1             | 3,3             | 10,2            | 6,3             | 25,8                | -0,05  |
| Sika105P        | 2,9             | 7,8             | 4,0             | 10,2            | 8,5             | 28,8            | 0,28            | 1,3                 |        |
| Melflux PP100   | 2,0             | 4,3             | 3,1             | 8,5             | 5,7             | 22,6            | 0,05            | 0,78                |        |
| Melflux1641F    | 2,5             | 5,6             | 3,5             | 9,9             | 7,4             | 28,0            | 0,32            | 1,23                |        |
| Melment F10     | 2,3             | 5,4             | 4,2             | 10,0            | 6,6             | 28,4            | 0,03            | 0,88                |        |
| Peramin SMF20   | 2,3             | 5,6             | 3,0             | 10,0            | 6,4             | 26,2            | 0,12            | 1,01                |        |
| C-3             | 2,3             | 5,8             | 3,0             | 10,7            | 7,8             | 30,4            | 0,08            | 1,09                |        |
| Sika105P        | 2,9             | 6,1             | 4,2             | 8,6             | 9,1             | 27,4            | 0,39            | 1,57                |        |
| Melflux PP100   | 1,8             | 4,2             | 3,1             | 8,2             | 5,7             | 27,2            | 0,19            | 0,97                |        |
| Melflux1641F    | 2,3             | 5,7             | 3,1             | 7,4             | 8,8             | 28,4            | 0,28            | 1,235               |        |
| Melment F10     | 1,9             | 5,0             | 3,8             | 10,3            | 5,9             | 29,4            | 0,01            | 0,87                |        |
| Peramin SMF20   | 1,9             | 4,8             | 3,5             | 9,4             | 8,6             | 29,4            | 0,05            | 0,95                |        |

Таблица 2

Влияние вида и дозировки СП на прочность и усадку смесей,  
приготовленных с применением глиноземистого цемента ISTRA 40

| Наименование СП | Дозировка СП, % | 1 сут           |                 | 3 сут           |                 | 28 сут          |                 | Усадка, мм/м, через |        |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------|--------|
|                 |                 | R <sub>из</sub> | R <sub>сж</sub> | R <sub>из</sub> | R <sub>сж</sub> | R <sub>из</sub> | R <sub>сж</sub> | 7 сут               | 28 сут |
|                 |                 | С-3             | 1,0             | 2,4             | 2,0             | 6,0             | 3,7             | 20,5                | -0,51  |
| Sika105P        | 0,5             | 1,8             | 3,6             | 4,2             | 10,3            | 6,7             | 27,2            | 0,29                | 0,49   |
| Melflux PP100   |                 | 1,0             | 1,7             | 2,1             | 6,0             | 4,7             | 19,2            | -0,45               | -0,03  |
| Melflux1641F    |                 | 1,4             | 2,5             | 3,4             | 9,1             | 5,3             | 26,6            | 0,065               | 0,46   |
| Melment F10     |                 | 1,3             | 2,7             | 2,3             | 7,2             | 5,1             | 25,7            | -0,21               | 0,27   |
| Peramin SMF20   |                 | 1,3             | 2,4             | 2,8             | 7,3             | 4,9             | 24,8            | -0,22               | 0,06   |
| С-3             |                 | 0,8             | 1,4             | 2,9             | 2,5             | 10,4            | 5,0             | 23,2                | -0,02  |
| Sika105P        | 2,8             |                 | 4,6             | 4,7             | 11,9            | 7,8             | 29,0            | 0,375               | 0,95   |
| Melflux PP100   | 1,3             |                 | 2,1             | 2,8             | 8,8             | 5,1             | 18,4            | -0,07               | 0,19   |
| Melflux1641F    | 1,0             |                 | 1,5             | 3,8             | 9,8             | 6,2             | 27,6            | 0,15                | 0,71   |
| Melment F10     | 1,4             |                 | 2,7             | 3,7             | 11,4            | 6,2             | 31,6            | -0,05               | 0,61   |
| Peramin SMF20   | 1,4             |                 | 2,9             | 3,8             | 10,9            | 5,7             | 27,7            | -0,02               | 0,65   |

Данные по усадке (см. табл. 1 и 2) позволяют сделать вывод о том, что вид и дозировка СП оказывают значительное влияние на эту характеристику исследованных составов. Зависимость величины усадки от СП можно объяснить влиянием степени диспергирования цементной суспензии на усадочные деформации. Эта гипотеза косвенно подтверждается корреляционной зависимостью между усадкой и распылом смеси, которая также определяется влиянием степени диспергирования на текучесть смеси.

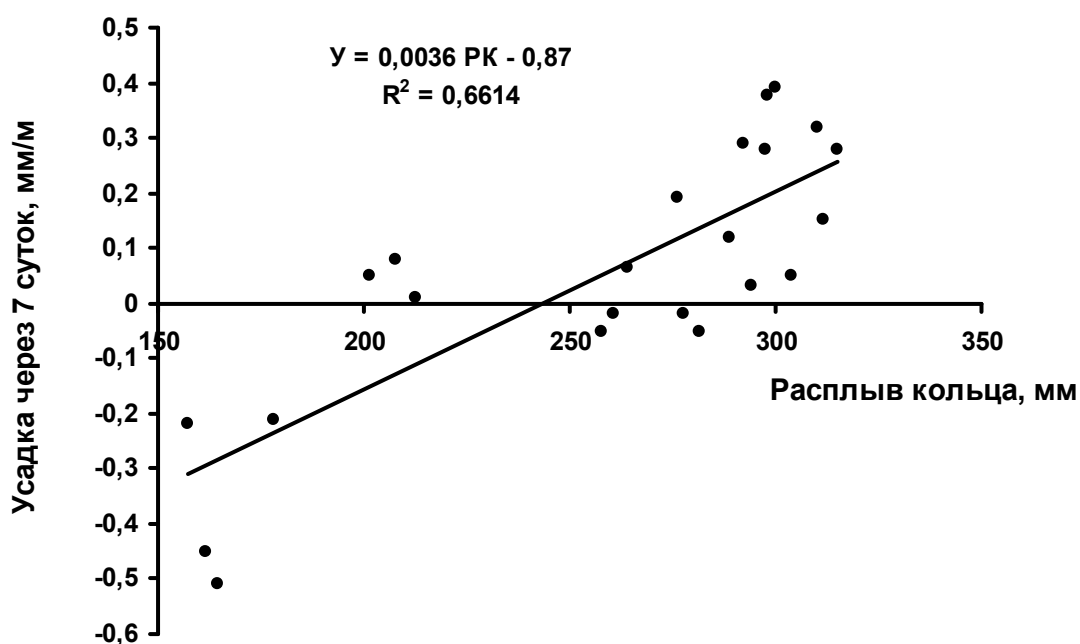


Рис. 2. – Корреляционная зависимость между усадкой исследованных составов и расплывом смесей через 5 мин после начала приготовления смеси

### Выводы

Экспериментально установлено, что при использовании всех исследованных суперпластификаторов, за исключением добавки Sika Viscocrete 105P, через 15 минут после приготовления смесей с добавками глиноземистых цементов и гипсового камня происходит потеря их подвижности. Применение суперпластификатора Sika Viscocrete 105P позволяет получать напольные смеси, сохраняющие подвижность от 30 до 60 минут и более, в зависимости от дозировки добавки. Более высокое содержание алюминатных фаз в цементе Secar 51 практически не влияет на сохраняемость подвижности смеси.

### Благодарности

Работа выполнена в рамках государственной работы «Обеспечение проведения научных исследований».



## Литература

1. Taylor H.F.W. Cement Chemistry, 2<sup>nd</sup> Edition. Thomas Telford Services Ltd., London, 1997. 480 p.
2. Adjoudj M., Ezziane K., Kadri El H. et al. Evaluation of rheological parameters of mortar containing various amounts of mineral addition with polycarboxylate superplasticizer // Construction and Building Materials. 2014. Vol. 70. pp. 549-559.
3. Резван И.В., Резван А.В. От гипсоглиноземистого расширяющегося цемента к напрягающему цементу. Изменение кинетики расширения // Инженерный вестник Дона, 2013, № 4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2191.
4. Резван И.В., Резван А.В. О возможности физико-химического регулирования кинетики самоупрочения НЦ // Инженерный вестник Дона, 2012, №4 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1128.
5. Коровкин М.О., Ерошкина Н.А. Оптимизация состава вяжущего для сухих строительных напольных смесей // Инженерный вестник Дона, 2015, №1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015/2833.
6. Рамачандран В., Фельдман Р., Бодуэн Дж. Наука о бетоне. М.: Стройиздат, 1986. 278 с.
7. Коровкин М.О., Ерошкина Н.А. Исследование водоредуцирующего эффекта суперпластификаторов в глиноземистых цементах // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2011. № 22. С. 79-82.
8. Ma B., Ma M., Shen X. et al. Compatibility between a polycarboxylate superplasticizer and the belite-rich sulfoaluminate cement: Setting time and the hydration properties // Construction and Building Materials. 2014. Vol. 51, No.1. pp. 47-54.
9. Prince W., Espagne M., Aitcin P.-C. Ettringite formation: A crucial step in cement superplasticizer compatibility // Cement and Concrete Research. 2003. Vol. 33, Issue 5. pp. 635-641.





10. Burgos-Montes O., Palacios M., Rivilla P. et al. Compatibility between superplasticizer admixtures and cements with mineral additions // Construction and Building Materials. 2012. Vol. 31. pp. 300-309.

### References

1. Taylor H.F.W. Cement Chemistry, 2<sup>nd</sup> Edition. Thomas Telford Services Ltd., London, 1997. 480 p.

2. Adjoudj M., Ezziane K., Kadri El H. et al. Construction and Building Materials. 2014. Vol. 70. pp. 549-559.

3. Rezvan I.V., Rezvan A.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, № 4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2191.

4. Rezvan I.V., Rezvan A.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №4 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1128.

5. Korovkin M.O., Eroshkina N.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2015, №1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015/2833.

6. Ramachandran V., Fel'dman R., Boduen Dzh. Nauka o betone [Concrete science]. M.: Stroyizdat, 1986. 278 p.

7. Korovkin M.O., Eroshkina N.A. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura. 2011. № 22. pp. 79-82.

8. Ma B., Ma M., Shen X. et al. Construction and Building Materials. 2014. Vol. 51, No.1. pp. 47-54.

9. Prince W., Espagne M., Aïtcin P.-C. Cement and Concrete Research. 2003. Vol. 33, Issue 5. pp. 635-641.

10. Burgos-Montes O., Palacios M., Rivilla P. et al. Construction and Building Materials. 2012. Vol. 31. pp. 300-309.