

УДК 691.542

**Хохряков О.В.** – кандидат технических наук, доцент

E-mail: [olvik@list.ru](mailto:olvik@list.ru)

**Хозин В.Г.** – доктор технических наук, профессор

E-mail: [khozin@kgasu.ru](mailto:khozin@kgasu.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

**Валиева А.И.** – инженер

E-mail: [464413@mail.ru](mailto:464413@mail.ru)

**ООО «ИнТехРемонт»**

Адрес организации: 420075, Россия, г. Казань, ул. Дорожная, д. 3

### **Сухая органоминеральная добавка для устройства безусадочных промышленных полов**

#### **Аннотация**

*Постановка задачи.* В статье обосновывается эффективность применения безусадочных бетонов для устройства бесшовных промышленных полов и предлагается их использование взамен топпинговых, обладающих рядом эксплуатационных недостатков.

*Результаты.* Предложена органоминеральная добавка и изучены технологические особенности её применения для обеспечения эффекта расширения бетона. Разработан состав высокопрочного самоуплотняющегося тяжелого бетона, отличающегося повышенными эксплуатационными показателями и долговечностью.

*Выводы.* Значимость для строительной отрасли заключается в разработке для промышленных полов безусадочного бетона с добавкой, что может стать альтернативой современным бетонам, упрочненным топпингом.

**Ключевые слова:** линейное расширение, промышленные полы, самоуплотняющиеся и высокопрочные бетоны, топпинг.

Промышленные полы испытывают постоянное воздействие как механических, так и статических нагрузок, например, от движения автотранспорта, гидравлических складских тележек, штабелёров, веса различного технологического оборудования, а также вибраций, ударов, падений тяжёлых предметов и др. Наибольшее воздействие от указанных нагрузок испытывает верхний слой бетона. Он быстрее разрушается и теряет эстетический вид.

Это обстоятельство привело к тому, что в последние годы в строительной практике получили значительное распространение промышленные полы с верхним слоем, упрочненным топпингом – сухой цементной смесью, приготовленной на основе кварцевого или корундового заполнителя (реже металлического) [1-4]. Выбор топпинга зависит от проектной эксплуатационной нагрузки и назначения объекта. Традиционно нанесение топпинга осуществляется в два приема по правилу «сухой на мокрое». Топпинг равномерно рассыпают по поверхности бетонной смеси через несколько часов после её укладки и уплотняют в верхнем слое пола с помощью специальных затирочных машин.

Благодаря указанному способу нанесения топпинговые полы обладают увеличенным сроком службы, хорошей устойчивостью к механическим повреждениям, износу и истиранию, возможностью эксплуатации при низких температурах (до -30°C), полным отсутствием пыли, эстетической привлекательностью и др. Это позволяет устраивать топпинговые полы при строительстве новых промышленных и реконструкции существующих зданий, объектов с большим скоплением людей и др. Например, к ним относятся цеха заводов, гаражи, автозаправки, логистические центры, паркинги, складские помещения, торговые и развлекательные центры, административные здания, вокзалы.

Несмотря на указанные преимущества, топпинговые полы не лишены ряда недостатков, а именно:

- невозможность устройства бесшовного монолитного покрытия из-за высокой собственной усадки и низкой прочности на растяжение бетона на основе портландцемента;

- необходимостью выполнения трудоемкого и дорогостоящего процесса нарезки швов и укладки в них полиуретанного герметика;
- наличием температурно-усадочных швов, снижающих такие эксплуатационные свойства как ровность, водонепроницаемость и морозостойкость.
- растрескиванием верхнего высокопрочного слоя (60-80 МПа) из-за разности деформаций с бетонным основанием (30-40 МПа);
- протеканием негативного процесса, так называемой, деламинации, т.е. отслоение или отторжение верхнего слоя в виде тонких топпинговых пластин от бетонного основания (рис. 1).

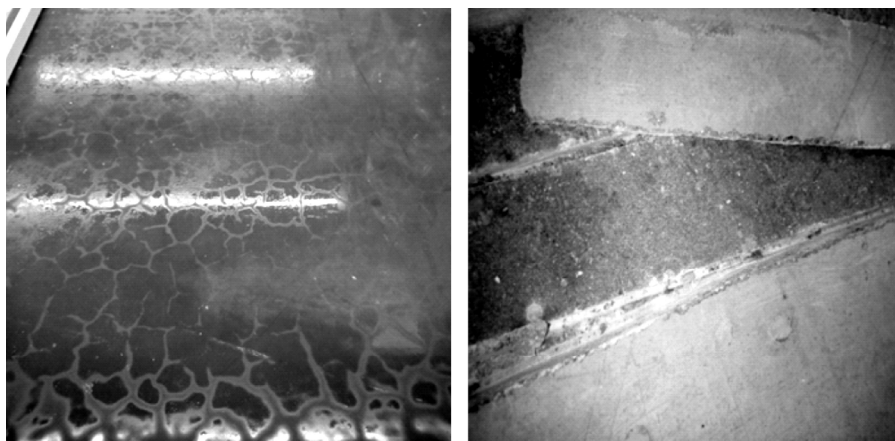


Рис. 1. Фотоснимки дефектов поверхности промышленного пола, возникших в процессе его эксплуатации (слева – поверхностная сетка трещин, справа – отслоение верхнего топпингового слоя от основного бетона)

Как ни странно, но серьезным препятствием для устройства бездефектных топпинговых полов является воздухововлечение бетонной смеси основного слоя. Оказывается, в процессе ударно-вибрационного втирания сухой топпинговой смеси пузырьки воздуха поднимаются и задерживаются в приповерхностной зоне «бетон-топпинг», ослабляя сцепление между ними и снижая эксплуатационную надежность полов.

Как правило, ремонт этих дефектов выполняется путем механической срезки верхнего топпингового слоя на глубину до 10 мм (рис. 2). После подготовки поверхности (обеспыливание, увлажнение и пр.) выполняют укладку ремонтных составов вровень с поверхностью пола. Для этого применяют ремонтные составы наливного или тиксотропного типа, которые подвергаются последующей затирке и шлифованию.



Рис. 2. Фотоснимки процесса ремонта поверхности промышленного пола с помощью тиксотропных и наливных составов

По мнению авторов, множество проблем, возникающих при устройстве топпинговых полов, может быть устранено путем устройства безусадочных промышленных полов, поскольку при их укладке отпадает необходимость использования топпингов. Полы устраиваются по традиционной технологии монолитного бетона с использованием неспециальных подручных инструментов. Устройство температурно-усадочных швов может выполняться через 60-70 м, что дает существенную экономию по трудозатратам и расходным материалам (диски для нарезки, герметик и др.).

Известны безусадочные промышленные полы, уложенные с использованием эпоксидных смол, магнезиальных вяжущих и др. [5-10], однако они не нашли широкого распространения. С технико-экономической точки зрения целесообразнее оказались безусадочные бетоны, приготовленные на основе цементных вяжущих сульфоалюминатного типа. Например, еще в 60-70-х гг. прошлого века отечественные ученые разработали составы безусадочных бетонов для устройства протяженных дорожных покрытий с нечастым количеством швов. В 1990-2000-е года под руководством НИИЖБ была выполнена укладка безусадочных промышленных полов на мясомолочных комбинатах. Для этого применялась среднеподвижная бетонная смесь с маркой по подвижности ПЗ и с маркой бетона по прочности в проектном возрасте В30 (Михайлов В.В., Литвер С.Л. Расширяющийся и напрягающий цементы и самоупрочненные железобетонные конструкции. М.: Стройиздат, 1974. 312 с.) [11].

Принципиально технология не нова. Кроме основных требований, предъявляемых к технологии устройства традиционных промышленных полов, добавляются следующие условия для обеспечения их безусадочности:

- устройство жесткого и ровного подстилающего слоя (асфальтобетонная стяжка, уплотненное песчано-щебеночное основание и пр.), не затрудняющего развитие деформаций расширения;

- укладка полиэтиленовой пленки между подстилающим слоем и основным бетоном, обеспечивающей его скольжение в процессе расширения;

- обильное увлажнение уложенного бетона для создания эффекта расширения.

Несмотря на указанный опыт устройства бесшовных полов, сегодня требования к технологии укладки и свойствам бетона ужесточаются. Например, ставится задача по упрощению монолитных работ путем применения самоуплотняющихся бетонных смесей, которые легко и нетрудоемко укладываются и разравниваются на больших площадях. С другой стороны, предъявляются повышенные требования к эксплуатационно-техническим показателям, таким как прочность бетона на сжатие, прочность бетона на растяжение при изгибе, ударная прочность, истираемость и др.

По нашему мнению, в условиях строительной площадки, особенно ее удаленности от поставщика бетона, соблюдение технологии и качества устройства безусадочных полов возможно лишь с использованием сухой органоминеральной добавки, которую мы разработали на кафедре технологии строительных материалов, изделий и конструкций КГАСУ. Для применения она засыпается в миксер со свежедоставленной на объект малоподвижной бетонной смесью (марка П1) в количестве от 10 до 15 % от массы цемента (или 2,5 % от массы бетона). Это исключает проблемы, которые могут возникнуть в процессе приготовления бетонной смеси и при её транспортировке. После перемешивания в течение не менее 10 минут модифицированная бетонная смесь подается тем или иным способом к месту укладки.

Важной технологической особенностью является определение момента обильного увлажнения уложенного бетона с добавкой, при котором обеспечивается наибольший эффект расширения. Дело в том, что этот эффект существенно зависит от прочности бетона, при которой его структура наиболее податлива к деформациям. Очевидно, что при значительном упрочнении бетона, он не сможет расширяться, а при низкой прочности, усилие расширения отрелаксирует в объеме бетонной смеси и эффект не проявится.

Эта особенность видна из рис. 3, на котором показана зависимость линейного расширения образцов бетона с добавкой от времени его погружения в воду.

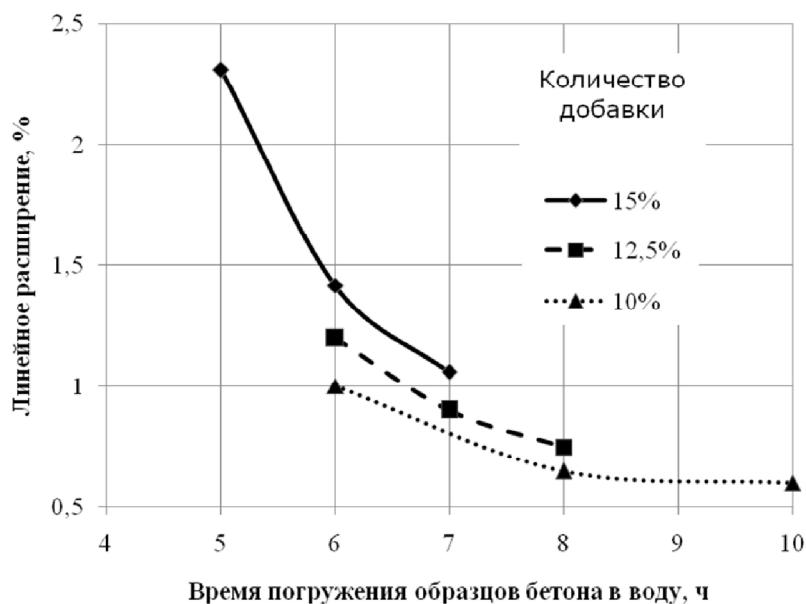


Рис. 3. Зависимость линейного расширения бетона с добавкой от времени его погружения в воду

Из рис. 3 видно, что чем позже были погружены образцы бетона в воду, тем ниже уровень линейного расширения. Например, при содержании добавки 10 % расширение образцов, погруженных, соответственно, через 6 и 10 часов после изготовления снижается в 1,7 раза. На основании этих результатов было установлено, что стабильное расширение бетона с добавкой без ухудшения его физико-механических свойств обеспечивается при погружении образцов в возрасте 6-8 часов. Это, кстати, соответствует моменту, когда, человек, встав на бетонное покрытие, оставляет на нем неглубокий след. Обычно этот момент является сигналом для начала работ по укладке и затирке топпинга при устройстве традиционных промышленных полов.

С помощью конического пластометра была определена прочность вяжущего с добавкой, которая необходима для равномерного протекания эффекта расширения бетона (рис. 4). Из рис. 4, с учетом данных рис. 3, видно, что её значение ориентировочно составляет 2-3 МПа. Прямые испытания тяжелого бетона с добавкой на сжатие в возрасте 6-8 часов показали, что его прочность варьирует в интервале 0,2-0,3 МПа.

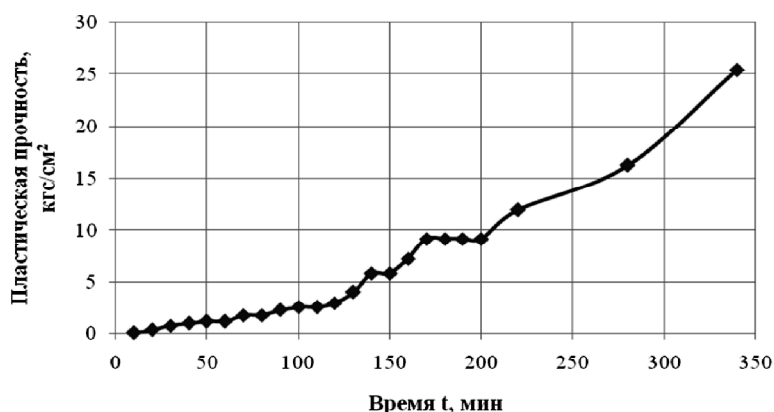


Рис. 4. Кинетика набора пластической прочности расширяющегося вяжущего с добавкой

В результате с учетом указанных технологических особенностей, оптимизации рецептуры и количества добавки (12,5 %) нами был получен состав тяжелого бетона с повышенными эксплуатационно-техническими характеристиками (табл.).

Разработанный тяжелый бетон относится к самоуплотняющимся (марка P5) и обладает высокой прочностью на сжатие (класс B55) и на растяжение при изгибе (класс B<sub>ф</sub>

4,8), что соответствует уровню прочности аэдромных покрытий. По показателям морозостойкости (F300) и водонепроницаемости (W12) он отвечает требованиям долговечности и несущей способности. Следует отметить, что этими показателями будет обладать бетон на всю толщину пола, а не только в верхнем слое, как у топпинговых полов. Тем не менее, несмотря на положительные результаты работы, остаются нерешенными вопросы проектирования промышленных полов на основе разработанного бетона и определения размера бесшовной карты с учетом величины линейного расширения.

Таблица

**Состав и свойства тяжелого бетона для безусадочных промышленных полов**

Состав тяжелого бетона на 1 м <sup>3</sup>		Свойства тяжелого бетона					
Наименование материала	Расход материалов, кг	Подвижность, см	Линейное расширение, %	Прочность, МПа, на		Марка по морозостойкости	Марка по водонепроницаемости
				сжатие	Растяжение при изгибе		
портландцемент ЦЕМ I 42,5Б	480	56-62 (марка P5)	0,5-0,7	72 (класс B55)	6,5 (класс B <sub>тв</sub> 4,8)	F <sub>2</sub> 300	W12
щебень (фр. 5-20 мм)	1000						
песок обогащенный (M <sub>к</sub> =2,5)	750						
добавка	60						
вода	185						

Итак, судя по полученным данным, полы из высокопрочного самоуплотняющегося бетона с эффектом расширения будут обладать повышенной эксплуатационной надежностью и долговечностью, что исключит проявление таких негативных дефектов как деламинация, растрескивание поверхностного слоя и пр. Эти показатели позволяют рекомендовать бетон с добавкой для широкого применения в качестве альтернативы топпинговым полам.

### Список библиографических ссылок

1. Захаров С. А. Бетонные полы для промышленного и коммерческого применения // Бетоны и сухие смеси. 2008. № 5/Б (71). С. 12–13.
2. Медведева И. Н., Богоявленская И. Н. Сухие строительные смеси для устройства полов: составы, свойства, сравнительные испытания // Бетоны и сухие смеси. 2008. № 5/Б (71). С. 43–45.
3. Гончарова М. А., Каширская О. А., Ивашкин А. Н., Комаричев А. В. Современные способы устройства высококачественных декоративных бетонных полов : сб. трудов конференции Научно-технологические Технологии и Инновации – Юбилейной Международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию БГТУ им. В. Г. Шухова / БГТУ им. В. Г. Шухова. Белгород, 2014. С. 117–121.
4. Капитанов А. А. Топпинг: рецепты качественного пола // Экспозиция. 2008. № 71. С. 49–50.
5. Литвинова Ю. А. Применимость наливных полимерных полов в помещениях промышленных предприятий : сб. трудов международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В. Г. Шухова / БГТУ им. В. Г. Шухова. Белгород, 2015. С. 1804–1806.

6. Гусев Н. И., Скачков Ю. П., Кочеткова М. В. Наливные полы в помещениях различного назначения // Сухие строительные смеси. 2015. № 2. С. 13–16.
7. Hofer, Roloff Primed and charged with bridging the cracks over industrial floors // Paint & Ink International. 1999. № 6. С. 8–10.
8. Головнев С. Г., Киянец А. В., Горбаненко В. М. Преимущества применения магниезальных стяжек // Жилищное строительство. 2004. № 7. С. 27–28.
9. Exproxy floor topping resists acid // Products Finishing. 1996. № 2. С. 109.
10. Морозов Н. М., Красникова Н. М., Боровских И. В. Факторы, влияющие на разрушение бетона дорожных плит // Инженерно-строительный журнал. 2015. № 7 (59). С. 30–38.
11. Звездов А. И., Титов М. Ю. Бетон с компенсированной усадкой для возведения трещиностойких конструкций большой протяженности // Бетон и железобетон. 2001. № 4. С. 17–20.

**Khokhryakov O.V.** – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: [olvik@list.ru](mailto:olvik@list.ru)

**Khozin V.G.** – doctor of technical sciences, professor

E-mail: [khozin@kgasu.ru](mailto:khozin@kgasu.ru)

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

**Valieva A.I.** – engineer

E-mail: [464413@mail.ru](mailto:464413@mail.ru)

**LTD «InTehRemont»**

The organization address: 420075, Russia, Kazan, Dorozhnaya st., 3

### **Dry organic mineral mix for the production of non-shrinking industrial floors**

#### **Abstract**

*Problem statement.* The article substantiates the effectiveness of the use of non-shrinkage concrete for the production of seamless industrial floors and suggests their use instead of topping which have operational disadvantages.

*Results.* We proposed an organic mineral additive that provides the effect of expanding concrete and we studied the technological features of the application of the additive. The composition of high-strength self-compacting heavy concrete is developed, characterized by increased performance and durability.

*Conclusions.* Significance for the construction industry is to develop non-shrinkage concrete with additives for industrial floors, which can become an alternative to modern concrete hardened by topping.

**Keywords:** linear expansion, industrial floors, self-sealing and high-strength concretes, topping.

#### **References**

1. Zakharov S. A. Concrete floors for industrial and commercial use // Betony i sukhiye smesi. 2008. № 5/B (71). P. 12–13.
2. Medvedeva I. N. Bogoyavlenskaya I. N. Dry construction mixtures for flooring: compositions, properties, comparative tests // Betony i sukhiye smesi. 2008. № 5/B (71). P. 43–45.
3. Goncharova M. A., Kashirskaya O. A., Ivashkin A. N., Komarichev A. V. Modern ways of the device of high-quality decorative concrete floors : dig. of art. of the conference High Tech and Innovation – Jubilee International scientific and practical conference,

- dedicated to the 60<sup>th</sup> anniversary of the BSTU V. G. Shukhova / BGTU im. V.G. Shukhova. Belgorod, 2014. P. 117–121.
4. Captain A. A. Topping: recipes of qualitative sex // *Ekspozitsiya*. 2008. № 71. P. 49–50.
  5. Litvinova Yu. A. Applicability of liquid polymer floors in the premises of industrial enterprises : dig. of art. of the international scientific and technical conference of young scientists BSTU V. G. Shukhova / BGTU im. V. G. Shukhova. Belgorod, 2015. P. 1804–1806.
  6. Gusev N. I., Skachkov Yu. P., Kochetkova M. V. Self-leveling floors in premises for various purposes // *Sukhiye stroitel'nyye smesi*. 2015. № 2. P. 13–16.
  7. Hofer, Roloff Primed and charged with bridging the cracks over industrial floors // *Paint & Ink International*, 1999. № 6. P. 8–10.
  8. Golovnev S. G., Kiyanets A. B., Gorbanenko V. M. Advantages of using magnesium screeds // *Zhilishchnoye stroitel'stvo*. 2004. № 7. P. 27–28.
  9. Epoxy floor topping resists acid // *Products Finishing*. 1996. № 2. С. 109.
  10. Morozov N. M., Krasnikova N. M., Borovskikh I. V. Factors affecting the destruction of concrete of road plates // *Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal*. 2015. № 7 (59). P. 30–38.
  11. Zvezdov A. I., Titov M. Yu. Concrete with compensated shrinkage for erecting crack-resistant structures of large extent // *Beton i zhelezobeton*. 2001. № 4. P. 17–20.