

## ГИГРОМЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНЫХ РАСТВОРОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ СОВРЕМЕННЫМИ ГИДРОФОБИЗАТОРАМИ

Калашников В.И., Махамбетова К.Н., Шитова И.Ю., Самошина Е.Н., Петухов А.В.

*ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства» 440028, г. Пенза, улица Германа Титова, 28, e-mail: knmakhambetova@gmail.com*

Рассмотрено исследование влияния различных видов гидрофобизирующих добавок на водопоглощение цементно-песчаных растворов при капиллярном подсосе воды и предел прочности на растяжение при раскалывании образцов, так как эти свойства во многом определяют их долговечность. Результаты исследований показали, что наиболее эффективной добавкой с точки зрения гидрофобизирующего эффекта по определению капиллярного водопоглощения и набора прочности на растяжение при раскалывании раствора является стеарат цинка. Для окончательных выводов в статье приведены результаты проведенных исследований по сохранению длительного гидрофобного эффекта стеарата цинка в жестких условиях циклического «насыщения—высушивания». Общая продолжительность всех циклов испытания составила 250 суток. Установлено, что водопоглощение по массе гидрофобизированных стеаратом цинка составов через 250 суток в 1,3 раза ниже контрольного состава и составило 7,9 %. Гидрофобный эффект стеарата цинка в таких жестких условиях циклического «насыщения—высушивания» остался достаточно высоким. Это свидетельствует о высокой трещиностойкости гидрофобизированных составов и подтверждает целесообразность использования стеарата цинка для песчаных бетонов, подвергаемых пропариванию, без опасения наступления молекулярной деструкции стеаратов и потери композициями основных гидрофобных свойств.

Ключевые слова: цементно-песчаные растворы, капиллярное водопоглощение, прочность на растяжение при раскалывании, долговечность, гидрофобные порошкообразные водонерастворимые металлоорганические соединения, коэффициент капиллярного водопоглощения, циклическое насыщение—высушивание, гидрофобный эффект

## HYGROMETRIC PROPERTIES OF CEMENT - SAND MORTAR, MODIFIED BY MODERN WATER REPELLENT

Kalashnikov V. I., Mahambetova K.N., Shitova I.Y., Samoshina E.N., Petuchov A. V.

*Penza State University of the Architecture and Construction  
440028, Penza, German Titov street, 28, e-mail: knmakhambetova@gmail.com*

Study examined the effect of different types of hydrophobic additives to the water absorption of cement-sand mortar with capillary leak water and tensile strength when splitting of the samples, as these properties are largely determines their durability. The results showed that the most effective additive in terms of water-repellent effect, by definition, capillary water absorption and strength to the tensile splitting solution is zinc stearate. For final conclusions the article shows the results of researches on the long-term conservation of the hydrophobic effect of zinc stearate in the harsh conditions of cyclic «saturation-drying». The total length of all test cycles was 250 days. Found that the water absorption by weight of hydrophobized zinc stearate formulations after 250 days in 1,3 times lower than the reference composition and was 7,9%. Hydrophobic effect of zinc stearate in such harsh conditions of cyclic «saturation-drying» has remained high. This indicates a high fracture toughness Hydrophobized compounds and confirms the usefulness of zinc stearate for sand concrete subjected to steaming, without fear of the onset of molecular degradation and loss stearate composition of the base hydrophobic properties.

Keywords: cement-sand mortar, capillary water absorption, tensile strength when splitting, durability, hydrophobic powder insoluble organometallic compounds, capillary water absorption coefficient, cyclic saturation-drying, the hydrophobic effect.

В процессе эксплуатации зданий и сооружений происходит разрушение наружных слоев материала под действием различных внешних факторов. Этот процесс является результатом воздействия сложного комплекса негативных атмосферных явлений. Наиболее разрушительным является действие влаги, замерзающей в порах бетона. При этом наряду с

замерзанием материала, с одной стороны, происходит периодическое поступление влаги при знакопеременном замораживании—оттаивании. Многократные увлажнения и высушивания негативно воздействуют на все строительные материалы, вызывая в них как конструктивные процессы твердения, так и деструктивные процессы, причем последние в большинстве случаев со временем получают преимущественное развитие, что создает предпосылки к разрушению поверхностного слоя. В успешном решении комплекса вопросов, связанных с созданием сооружений и конструкций высокой долговечности, существенную роль играет гидрофобизация как поверхности материалов, так и внутренней поверхности пор и капилляров в тонком поверхностном слое. Особо важную роль играет гидрофобизация для повышения стойкости бетона в условиях капиллярного подсоса и испарения растворов и солей, а также периодического увлажнения и высушивания, замораживания и оттаивания [1].

Гидрофобизация как метод повышения долговечности бетона и других строительных материалов имеет особое значение для долговечности отделочных материалов, возводимых скульптур и мемориалов, подвергающихся действию атмосферных осадков и загрязнений выбросами газов и пыли воздушной среды. Затвердевшие материалы гидрофильны и имеют капиллярно-пористую структуру, в результате чего при контакте с водой или влажным воздухом происходит впитывание воды сначала в поверхностный слой материала, а затем и в его толщу. На долговечности бетона это отражается следующим образом: в результате увлажнения материала (процесса, характерного, например, для гидротехнических сооружений, находящихся в переменном уровне воды), влага проникает сквозь бетоны, ухудшаются прочностные характеристики материала, развиваются коррозионные процессы за счет химических реакций компонентов материала с водой и еще в большей степени — с ионами растворенных в ней солей, кислот и щелочей [4, 5].

Специфические условия эксплуатации ограждающих конструкций существуют при значительном перепаде температур между внутренней частью сооружения и окружающей средой. С повышением температуры давление паров быстро растет, поэтому пар проникает из теплых внутренних помещений наружу, а в охлажденных внешних слоях влага конденсируется. В результате материал насыщается водой не только изнутри, но и снаружи. В связи с этим увеличение срока эксплуатации строительных материалов следует рассматривать как одно из наиболее перспективных направлений ресурсосбережения в строительстве, а также как фактор снижения затрат на ремонтные работы в процессе эксплуатации зданий и сооружений. Важнейшими показателями технических свойств строительных растворов, эксплуатируемых в условиях увлажнения и высушивания, замораживания—оттаивания и в условиях агрессивных сред являются их гигрометрические характеристики и изменение их во времени.

Важной характеристикой материала, определяющей в значительной степени его долговечность, является капиллярный подсос влаги.

С целью повышения долговечности строительных материалов и изделий в последнее время используются различные виды химических модификаторов, предлагаемых различными фирмами-производителями.

Гидрофобные порошкообразные водонерастворимые металлоорганические соединения предельных жирных кислот с катионами металлов цинка, кальция, магния, марганца вследствие их малого содержания с естественной дисперсностью при смешивании распределяются между цементными частицами дискретно. Можно полагать, что эффективность их гидрофобного действия может быть пропорциональна дозировке вводимого гидрофобизатора, дисперсности и равномерности распределения его частиц в смеси. В связи с этим они диспергировались в цементе путем кратковременного домола.

Известно, что органические добавки, в том числе и гидрофобные, обладая водоотталкивающим действием, могут значительно понижать прочность композиции. Поэтому важно, чтобы цементные композиции с ними имели достаточную механическую прочность как в начальные, так и в более поздние сроки нормального твердения.

В качестве гидрофобных добавок использовались стеараты цинка и кальция, а также водорастворимая натриевая соль олеиновой кислоты. В штукатурные растворы для увеличения адгезии к различным основаниям вводятся редиспергируемые латексные порошки, которые представляют научный интерес по оценке их гидрофобного действия. В качестве редиспергируемого латексного порошка вводили Mowilith Pulver LDM 2080P в таких же количествах, что и гидрофобизирующие добавки, т.е. 0,5%; 1%; 2% от массы цемента.

Кроме изучения влияния различных видов гидрофобизаторов на водопоглощение образцов при капиллярном подсосе воды, определялось влияние этих добавок и на предел прочности на растяжение при раскалывании ( $R_p$ ) цементно-песчаных растворов. Исследование предела прочности на растяжение при раскалывании проводилось не по действующему ГОСТу на образцах 100 x 100 x 100 мм, а на образцах-балочках размерами 40 x 40 x 160 мм, изготовленных из цементно-песчаного раствора состава Ц:П=1:3 при В/Ц равном 0,55 и твердевших в нормально-влажностных условиях в течение 28 суток.

Прочность на растяжение при раскалывании (МПа) рассчитывалась по формуле [2]:

$$R_p = \frac{2F}{\pi A}$$

где  $F$  – разрушающая нагрузка, Н (кгс);

$A$  – площадь рабочего сечения образца, мм<sup>2</sup> (см<sup>2</sup>).

После испытаний на прочность на растяжение при раскалывании половинки образцов-балочек использовались для определения водопоглощения при капиллярном подсосе воды [3]. При изучении капиллярного водонасыщения время его ограничивалось одними сутками в связи с редким односторонним проливным косым дождем в течение одних суток. Результаты определения прочности на растяжение при раскалывании и капиллярного водопоглощения гидрофобизированных составов приводятся в таблице.

Капиллярное водонасыщение и прочность на растяжение при раскалывании цементных составов, модифицированных различными гидрофобизаторами в зависимости от их дозировки

№ п/п	Наименование гидрофо-бизатора	Дозировка добавки	$R_{\text{ракс}}$ , МПа	Кинетика капиллярного водонасыщения, %, через:		
				10 минут	90 минут	1 сутки
1	Контрольный	–	1,07	1,17	3,17	8,47
2	Стеарат кальция	0,5	1,09	0,42	0,88	2,60
		1,0	1,00	0,24	0,50	1,57
		2,0	1,02	0,13	0,28	0,97
3	Стеарат цинка	0,5	1,52	0,36	0,78	1,68
		1,0	1,27	0,31	0,61	1,14
		2,0	1,06	0,15	0,21	0,70
4	Олеат натрия	0,5	0,97	0,32	0,79	2,89
		1,0	1,17	0,28	0,71	2,66
		2,0	1,25	0,21	0,47	1,75
5	Mowilith Pulver LDM 2080 P	0,5	1,22	0,74	1,88	5,95
		1,0	1,20	0,53	1,41	4,19
		2,0	1,53	0,46	1,14	3,64

Характер воздействия исследованных добавок на прочность при раскалывании различный. Как следует из таблицы, стеарат кальция практически не оказывает влияния на прочность на растяжение при раскалывании. Стеарат цинка при малой дозировке 0,5 % увеличивает прочность на растяжение при раскалывании на 42 %. С повышением дозировки его до 2 % прочность практически равна прочности контрольного состава. Влияние олеата натрия диаметрально противоположное. С увеличением его дозировки прочность на растяжение при раскалывании возрастает, вероятно, из-за связывания катиона кальция с остатком олеиновой кислоты в олеат кальция, что несколько стимулирует гидратацию портландцемента. Редиспергируемый латексный порошок, являющийся хорошим клеящим веществом, с увеличением дозировки до 2 % повышает прочность на растяжение при раскалывании на 43 %.

Как видно из таблицы, контрольный состав имеет самое высокое капиллярное водонасыщение, которое через 1 сутки составляет 8,47% от массы образца. С увеличением

дозировки порошковых гидрофобизаторов с 0,5 до 2% капиллярное водонасыщение гидрофобизированных составов существенно уменьшается. Так, водопоглощение образцов со стеаратом цинка и кальция при дозировке 2 % составляет 0,7 и 0,97% соответственно, что в 12,1 и 8,7 раза ниже, чем у контрольного состава. Редиспергируемый порошок Mowilith Pulver LDM 2080P с гидрофобным эффектом при всех его дозировках показывает наименьший гидрофобный эффект из всех гидрофобизаторов, и при дозировке его 2 % капиллярное водопоглощение после первых суток уменьшилось в 2,33 раза по сравнению с контрольным составом. В процессе испытания гидрофобизированных составов на капиллярное водонасыщение отмечено полное отсутствие высолообразования на поверхности гидрофобизированного образцов-балочек (рис. 1), в то время как негидрофобизированные образцы в значительной степени покрылись высолами на поверхности образцов из цементно-песчаного раствора.



*Рис. 1. Высолообразование на контрольном (1) и гидрофобизированного (2) образцов-балочек при капиллярном водонасыщении*

Результаты исследований гидрофобных добавок показывают, что они положительно влияют на свойства растворов, определяющие долговечность штукатурок. Проведенные исследования показали, что наиболее эффективной добавкой с точки зрения гидрофобизирующего эффекта, по определению капиллярного водопоглощения и набора прочности на растяжение при раскалывании раствора является стеарат цинка.

Для окончательных выводов необходимо также проведение исследования влияния гидрофобных добавок при циклическом насыщении водой и высушивании. В связи с этим на следующем этапе исследований были проведены эксперименты по сохранению длительного гидрофобного эффекта – стеарата цинка в теле цементного раствора в жестких условиях циклического насыщения и высушивания при температуре 105–110°C, которых не может

быть в природных условиях (рис. 2). Образцы контрольного состава и гидрофобизированного стеаратом цинка после 28 суток твердения в воздушно-влажностных условиях высушивались до постоянной массы при температуре  $105\pm 5^\circ\text{C}$  и насыщались водой в течение 17 суток. После этого образцы высушивались на воздухе с относительной влажностью 70–80% в течение 15 суток и далее в эксикаторе над  $\text{CaCl}_2$  в течение 13 суток при относительной влажности 5–10%, а затем высушивались в сушильном шкафу до постоянной массы. Затем произвели еще три цикла насыщения водой с последующей сушкой при температуре  $105\pm 5^\circ\text{C}$ . Общая продолжительность всех циклов испытания составила 250 суток. При этом водопоглощение по массе гидрофобизированных составов через 250 суток оказалось в 1,3 раза ниже контрольного состава и составило 7,9 % (рис. 2).

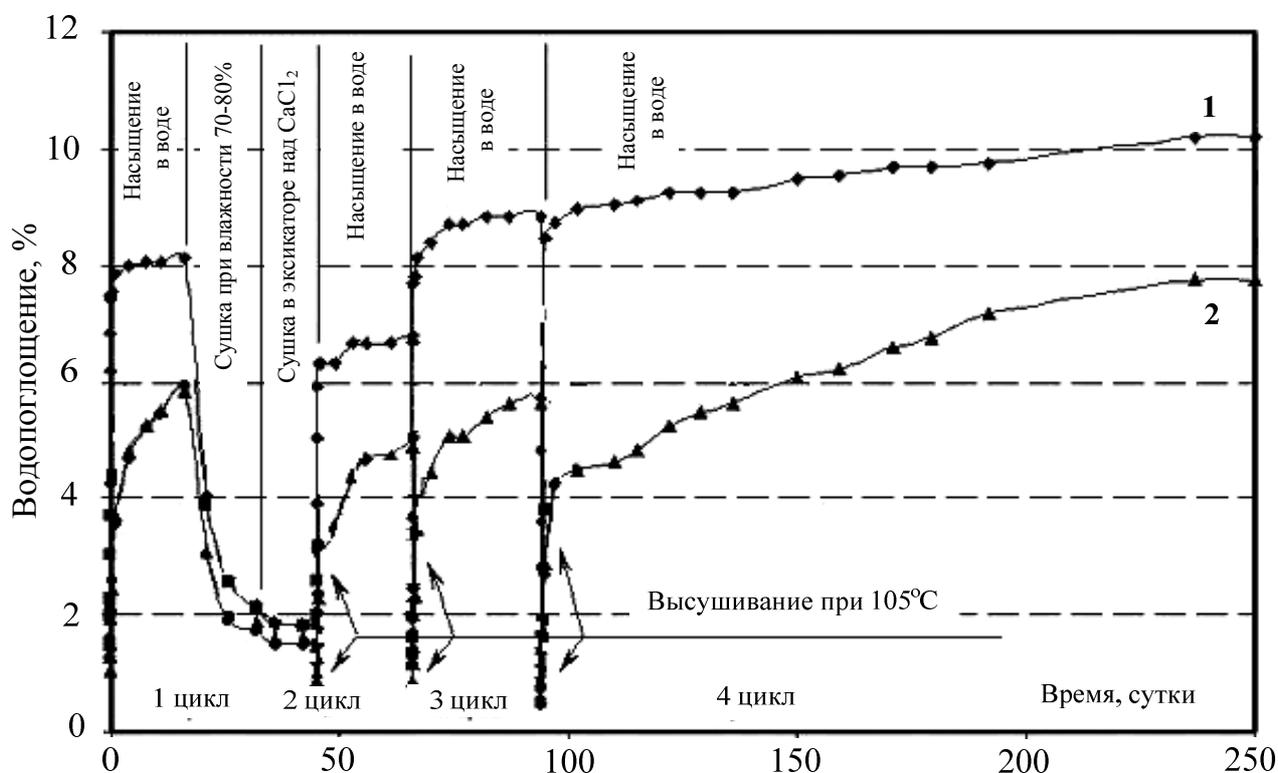


Рис. 2. Влияние циклического насыщения—высушивания на водопоглощение гидрофобизированного цементно-песчаного раствора: 1 – контрольный состав; 2 – гидрофобизированный стеаратом цинка

Исследования показали, что гидрофобный эффект стеарата цинка в таких жестких условиях циклического насыщения—высушивания практически не снижается. После такого жесткого длительного цикла насыщения—высушивания через 250 суток гидрофобный эффект стеарата цинка остался достаточно высоким. Микроскопическая оценка с помощью отсчетного микроскопа МПБ-2 с ценой деления 50 мкм не позволила обнаружить наличие волосяных трещин в гидрофобизированных образцах после всех циклов «насыщение—

высушивание», в то время как в контрольном составе после высыхания появились микротрещины. Это является убедительным свидетельством высокой трещиностойкости гидрофобизированных составов и подтверждает целесообразность использования стеарата цинка для песчаных бетонов, подвергаемых пропариванию, без опасения наступления молекулярной деструкции стеаратов и потери композициями их основных гидрофобных свойств.

Исходя из анализа результатов исследований по кинетике длительного водопоглощения сделан вывод о том, что стеараты металлов товарных поставок, несмотря на повышенную гидрофобность, не могут обеспечить ее при пониженных дозировках. Это связано с их достаточно грубой дисперсностью (8–20 мкм) и дискретным распределением частиц в структуре материала. Требуется наноразмерный уровень дисперсности частиц стеарата для перекрытия нанощероховатой поверхности микрометрических частиц цемента с размерами более 2–3 мкм. В связи с этим в дальнейшем наши исследования были посвящены сравнительной оценке кинетики впитывания капель воды в поверхность сравниваемых гидрофобизированных минеральных порошков, полученных по нанотехнологии, т. е. путем совместного измельчения портландцемента с порошком стеарата цинка.

### Список литературы

1. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. [Текст] / В.Г. Батраков. – М.: Технопроект, 1998. – 768 с.
2. ГОСТ 10180-2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.
3. ГОСТ 5802-86. Растворы строительные. Методы испытаний.
4. Мороз М.Н. Высокогидрофобные минеральношлаковые композиционные материалы: диссертация кандидата технических наук: 05.23.05. – Пенза: 2007. – 210 с.
5. Мороз М.Н. Предполагаемый механизм поверхностной гидрофобизации строительных материалов [Текст]: / М.Н. Мороз, О.В. Суздальцев, В.И. Калашников // Молодой ученый. – 2014. – № 11(70). Ч. 1. – С. 80–83.

### Рецензенты:

Ерофеев В.Т., д.т.н., профессор, декан архитектурно-строительного факультета, заведующий кафедрой «Строительные материалы и технологии» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», г. Саранск;  
Макридин Н.И., д.т.н., профессор кафедры технологии строительных материалов и деревообработки федерального государственного бюджетного образовательного учреждения

высшего профессионального образования «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», заслуженный работник высшей школы РФ, г. Пенза.