

*Кожухова М. И., аспирант,
Строкова В. В., д-р техн. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Соболев К. Г., канд. техн. наук, доц.
Университет Висконсин-Милуоки, США*

ОСОБЕННОСТИ ГИДРОФОБИЗАЦИИ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ*

kozuhovamarina@yandex.ru

В работе изучены особенности влияния на степень гидрофобизации следующих характеристик: В/Ц отношение мелкозернистых бетонных композиций, количество гидрофобной эмульсии, применяемой для поверхностной гидрофобизации, а также вида применяемой эмульсии на основе полиметилгидроксисилоксана. Выявлена тенденция повышения гидрофобных характеристик на примере показателей контактного угла смачивания (КУ) при снижении водоцементного отношения и редуцировании количества гидрофобной эмульсии при обработке цементно-песчаных образцов-плиточек. При снижении В/Ц отношения цементно-песчаной композиции наблюдается снижение значений критического угла скатывания (КУС).

***Ключевые слова:** гидрофобизация, мелкозернистые бетонные композиции, контактный угол смачивания, критический угол скатывания, гидрофобная эмульсия*

Введение. Вопросы повышения долговечности строительных материалов волнует ученых и специалистов, пожалуй, с начального периода бурного развития строительной индустрии и является актуальным по настоящее время.

Бетонные материалы на цементной основе, ввиду широкого диапазона эксплуатационных характеристик имеют обширный спектр применения и потому являются наиболее популярными наряду с другими на рынке строительных материалов.

Увеличение сроков эксплуатации бетонных материалов, а также зданий и сооружений на их основе сводятся к методам, которые можно разделить на два метода. Первый представляет собой структурную (внутреннюю) модификацию, заключающуюся в повышении прочностных характеристик, снижению пористости и иных структурных дефектов, снижению величины внутренних усадочных напряжений, возникающих в процессе твердения бетонной массы, а также осуществлении внутренней гидрофобизации [1–3].

Ко второму относят метод поверхностной (внешней) модификации, который реализуется, в основном, за счет применения пропиточных составов. Чаще всего, это кремнийорганические композиции, которые способствуют гидрофобизации верхнего слоя бетонной поверхности [4, 5]. Также, метод поверхностной гидрофобизации может осуществляться за счет создания защитного водостойкого поверхностного слоя с образованием влагонепроницаемой защитной пленки. Формирование этого слоя осуществляется преимущественно с использованием органических составов на основе эпоксидных, поли-

эфирных, поливинилхлоридных, полиуретановых и других смол.

Экспериментальная часть. В рамках данной работы рассмотрен метод поверхностной гидрофобизации мелкозернистых бетонных образцов-плиточек с использованием эмульсий на основе гидрофобизирующей кремнийорганической жидкости полиметилгидроксисилоксана.

В качестве бетонных образцов выбраны цементно-песчаные композиции с различным содержанием водоцементного отношения, данные которых представлены в таблице 1.

Таблица 1
Составы цементно-песчаных бетонных композиций

Характеристики	Композиция А	Композиция Б
В/Ц	0,5	0,3
П/Ц	2,75	1,0

Для приготовления бетонных композиций использовался портландцемент типа класса ЦЕМ I 42,5 Н; фракционный кварцевый песок согласно ГОСТ 8736–93 «Песок для строительных работ. Технические условия» и ASTM C778 «Фракционированный кварцевый песок» со средним размером частиц 425 мкм, а также вода питьевая водопроводная.

Предметом исследования в рамках данного эксперимента было выявление особенностей гидрофобизации поверхности мелкозернистого бетона при варьировании Ц/П и В/Ц отношений бетонной смеси, объема наносимой гидрофобизирующей эмульсии, а также вида самой эмульсифицированной композиции.

Для обработки образцов были приготовлены три типа гидрофобных эмульсий: контрольная, «shell»-тип и «core»-тип, где два последних

содержали частицы микрокремнезема [5, 6].

Покрытие бетонных образцов было осуществлено тремя способами. Первый способ заключался в нанесении эмульсии в один слой, так, чтобы едва скрыть шероховатость поверхности. Второй способ представлял двухслойное покрытие образцов. Третий способ заключается в нанесении минимального количества эмуль-

сии, необходимого для полного смачивания песчаных и цементных частиц.

Для оценки гидрофобных характеристик обработанных поверхностей бетонных образцов были измерены такие показатели как контактный угол смачивания (КУ) и критический угол скатывания (КУС) (рис. 1, 2.).

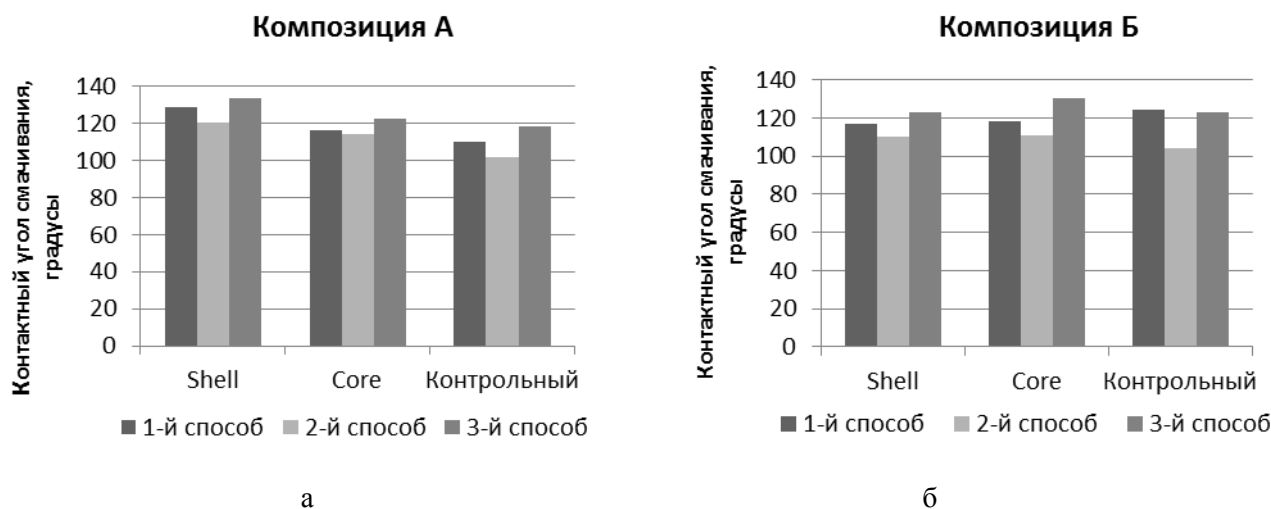


Рис. 1. Показатели контактного угла смачивания гидрофобизированных образцов

Результаты измерения КУ показали, что при В/Ц отношении равном 0,5 максимальные значения характерны для образцов, модифицированных эмульсией «shell»-типа и превышают значения 130° , в тоже время, минимальные показатели КУ характерны для экспериментальных образцов, покрытых контрольным составом эмульсии, обеспечивая при этом значения КУ, не превышающих 120° . В то же время полученные результаты для композиции Б с В/Ц = 0,3 с наилучшими значениями КУ характерны для цементно-песчаных образцов, покрытых гидрофобной эмульсией «core»-типа. На основании представленных графиков следует также отметить разницу в значениях в зависимости от применяемого способа нанесения эмульсий.

При однослойном (способ 1) покрытии поверхности обоих композиций степень гидрофобности экспериментальных образцов мелкозернистого бетона выше в сравнении с показателями для образцов, обработанных способом 2 и ниже, в случае применения третьего способа гидрофобной обработки. Для этих композиций и различных применяемых эмульсий результаты применения третьего способа демонстрируют лучшие показатели с максимальным значением КУ= 133° для композиции А при использовании эмульсии «shell»-типа и КУ= 130° для композиции Б при использовании эмульсии «core»-типа. В тоже время, наименьшие значения, при тех же условиях относятся к образцам-плиточкам, об-

работанным двухслойным покрытием гидрофобных эмульсий с минимальными значениями КУ – 101° и 103° для композиций А и Б соответственно с использованием гидрофобной эмульсии контрольного состава.

Критический угол скатывания (КУС) был определен в рамках эксперимента для характеристики гидрофобных характеристик обработанных цементно-песчаных бетонных поверхностей плиточек.

Результаты измерений показали существенную разницу в значениях, где лучшие показатели были получены для образцов с В/Ц = 0,3, с использованием третьего метода поверхностной обработки и контрольной эмульсии со значением КУС = $16,9^\circ$. Вторыми по эффективности оказались образцы с тем же В/Ц= 0,3, но с использованием 1-го и второго методов гидрофобизации, обеспечивая значения КУС $32,1^\circ$ и $35,7^\circ$ соответственно. В данном случае была использована эмульсия «core»-типа.

Нужно также отметить максимальные значения (критический угол скатывания >90), характеризующие полное отсутствие КУС, которые были получены для образцов на основе композиции А, с применением третьего метода нанесения эмульсии контрольного состава. Для всех образцов на основе композиции Б показатели КУС имеют более низкие значения, по сравнению с образцами-представителями композиции А.

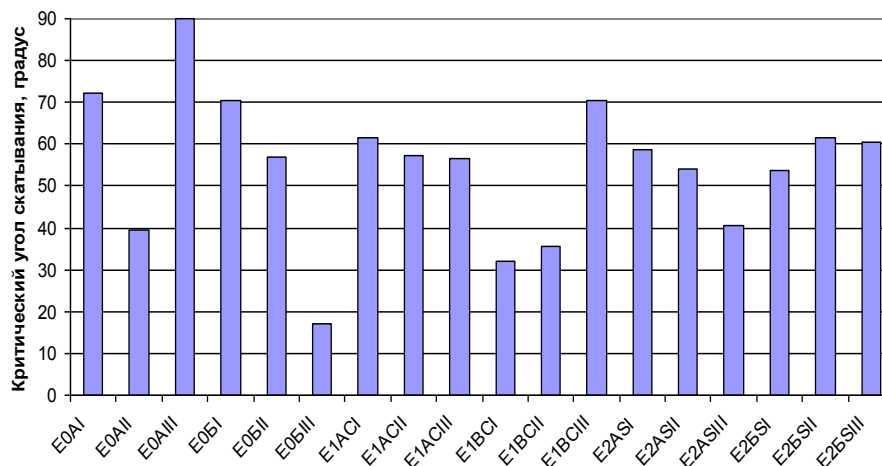


Рис. 2. Показатели критического угла скатывания гидрофобизированных образцов

Выводы. В рамках проведенных исследований было изучено влияние особенностей гидрофобизации цементно-песчаных бетонных поверхностей с учетом варьирования Ц/П и В/Ц отношений бетонной смеси, объема наносимой гидрофобизирующей эмульсии, а также вида самой эмульсифицированной мелкозернистой бетонной композиции. Выявлено, что снижение В/Ц и использованием минимального объема гидрофобной эмульсии приводит к повышению показателей КУ. Применение эмульсий с содержанием микрочастиц, также способствуют повышению значения контактного угла смачивания, в сравнении с контрольным составом эмульсии. Относительно показателей критического угла скатывания, прямой их зависимости от рассмотренных исходных параметром не было выявлено, но замечено, что все образцы с меньшим В/Ц имеют тенденцию минимальных значений КУС.

**Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках реализации Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. 2-е изд., перераб. и доп.

М., 1998. 768 с.

2. Sobolev K., Batrakov V. Effect of a Polyethylhydrosiloxane Admixture on the Durability of Concrete with Supplementary Cementitious Materials/ Journal of Materials in Civil Engineering. 2007. №. 19, С. 809–819.

3. Ищенко К.М., Сулейманова Л.А., Жерновский И.В. О возможности и способах применения анионоактивных кремнийорганических гидрофобизаторов для обработки материалов на основе вспученного перлитового песка и отходов его производства // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 3.С. 60–63.

4. CFIRE, Konstantin Sobolev, Michael Nosonovsky, Ismael Flores-Vivian, Sunil Rao, Marina Kozhukhova, Vahid Hejazi, Scott Muzenski, Brandon Bosch, Rossana Rivero, Tom Krupenkin, Konstantin Sobolev, 2013/9.

5. I. Flores-Vivian, V. Hejazi, M.I. Kozhukhova, M. Nosonovsky, K. Sobolev / Self-assembling particle-siloxane coatings for superhydrophobic concrete ACS applied materials & interfaces. Т. 5. №24. 2013. С.13284–13294.

6. Кожухова М.И., Флорес-Вивиан И., Рао С., Строкова В.В., Соболев К.Г. Комплексное силоксановое покрытие для супергидрофобизации бетонных поверхностей // Строительные материалы. 2014. № 3. С. 26–30.