

УДК 691.328.5

**Мухаметрахимов Р.Х.** – аспирант, ассистент

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

**Изотов В.С.** – доктор технических наук, профессор

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

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

### **Исследование влияния кремнийорганических соединений на свойства фиброцементных плит**

#### **Аннотация**

В статье изложены результаты экспериментальных исследований влияния кремнийорганических соединений на показатели поровой структуры, водопоглощения и краевого угла смачивания фиброцементных плит на основе целлюлозных волокон при поверхностном и объемном способах гидрофобизации.

**Ключевые слова:** фиброцементные плиты, гидрофобизация, кремнийорганические соединения, пористость.

В связи с тем, что асбестовые волокна относятся к канцерогенным материалам, во многих странах мира, особенно в тех, в которых отсутствуют природные запасы асбеста, ведутся исследования, направленные на частичную или полную замену асбеста в строительных материалах другими видами волокон органического или неорганического происхождения.

В последнее время широкое распространение в отделке фасадов получили фиброцементные плиты (ФЦП), в качестве волокон в которых используется целлюлоза. Они обладают рядом преимуществ: не воспламеняются и не распространяют огня, ударопрочные, экологически безопасные, устойчивые к агрессивным средам. По массе они значительно легче керамогранита и асбестоцемента, поэтому могут успешно использоваться для облицовки и реконструкции зданий с ограниченной нагрузкой на фундамент. Ранее нами выполнены исследования по оптимизации состава ФЦП [1, 2], в результате которых получены ФЦП со следующими основными характеристиками: средняя плотность 1,6 г/см<sup>3</sup>, прочность на изгиб до 25 МПа, ударная вязкость 2 кДж/м<sup>2</sup>, водопоглощение 16 %.

Недостатком ФЦП на основе целлюлозных волокон является высокое значение водопоглощения, а, следовательно, низкое сопротивление атмосферным воздействиям. Поэтому исследование путей повышения водостойкости ФЦП, применяемых для отделки фасадов зданий, является весьма актуальным направлением.

В настоящее время для повышения водостойкости строительных материалов используют методы и приемы, направленные на повышение плотности, применение лакокрасочных водоотталкивающих композиций, парафиновых и парафиново-канифольных эмульсий [3].

Следует отметить, что недостатком лакокрасочных покрытий является их недостаточная долговечность, связанная с воздействием ультрафиолетового излучения. Выполненные нами экспериментальные исследования позволили установить, что парафиновые и парафиново-канифольные эмульсии снижают водопоглощение всего лишь на 2-3 %, что недостаточно для ФЦП, применяемых для наружной облицовки. Более эффективные результаты были получены при применении кремнийорганических соединений, которые и были приняты для дальнейших исследований по повышению водостойкости ФЦП.

В строительной практике кремнийорганические соединения широко используются для снижения водопоглощения и цементного бетона и являются весьма эффективными гидрофобизирующими добавками [4].

Согласно классификации ГОСТ 24211-2008 «Добавки для бетонов и строительных растворов», гидрофобизирующие добавки, в том числе на основе кремнийорганических соединений, относят к классу добавок, придающих бетонам и растворам специальные свойства. Основным эффектом действия кремнийорганических соединений является придание водоотталкивающих свойств, в результате снижается водопоглощение и повышается морозостойкость строительных материалов.

Результаты исследования свойств, области применения кремнийорганических продуктов и их влияния на свойства строительных материалов рассмотрены в работах [3-5].

Гидрофобизаторы, применяемые для защиты строительных материалов, должны глубоко проникать в поры, при высыхании не образовывать поверхностной корки, не препятствовать испарению влаги из материала, сохранять цвет и фактуру поверхности, а также обладать высокой химической стойкостью, термостойкостью и стойкостью к атмосферным воздействиям, быть безвредными и экономичными [3]. Этим требованиям в полной мере удовлетворяют многие кремнийорганические соединения, в том числе метилсиликонат калия (ГКЖ-11К) и полифенилэтоксисилоксан (ФЭС-50), которые были приняты для модификации ФЦП.

Известны два принципиальных способа повышения водостойкости строительных материалов – объемная и поверхностная гидрофобизация, которые отличаются технологией, расходом гидрофобизирующего материала и эффективностью. Поэтому в данной статье исследованы варианты объемной и поверхностной гидрофобизации ФЦП.

Для объемной гидрофобизации в состав фиброцементной смеси вводили добавки метилсиликоната калия (ГКЖ-11К) и полифенилэтоксисилоксана (ФЭС-50) производства ОАО «Химпром» (г. Новочебоксарск), в количестве 0,1-0,2 % от массы цемента.

Поверхностную гидрофобизацию фиброцементных плит производили пропиткой водным раствором метилсиликоната калия (3-50 %) и керосиновым раствором полифенилэтоксисилоксана (3-50 %).

Оценку водостойкости проводили по величине водопоглощения и краевого угла смачивания. Водопоглощение ФЦП определяли по методике, описанной в ГОСТ 8747-88, сущность которой заключается в определении масс образца изделия в высушенном и водонасыщенном состояниях с последующим их сравнением.

Определение краевого угла смачивания поверхности фиброцементных плит выполняли методом растекающейся капли. Равновесный краевой угол  $\theta_0$  находили из условия механического равновесия на линии трехфазного контакта по основным размерам капель жидкости, наносимых на образцы фиброцементной плиты: высоте  $h$  и диаметру основания капли  $d$ . Значения  $\cos \theta$  рассчитывали по формуле  $\theta_0$  [6]:

$$\cos q = \frac{(d/2)^2 - h^2}{(d/2)^2 + h^2}.$$

Одновременно вычисление краевого угла смачивания  $\theta_0$  выполняли в ПК «AutoCad». Фотоснимки образцов до и после гидрофобизации представлены на рисунке.

Результаты влияния гидрофобизирующих добавок на кинетику водопоглощения фиброцементных плит и показатели краевого угла смачивания при объемном и поверхностном способе гидрофобизации представлены в табл. 1, 2.

Таблица 1

**Кинетика водопоглощения образцов ФЦП при объемной гидрофобизации**

Вид модификатора	Содержание модификатора, % от массы ПЦ	Водопоглощение, %			Краевой угол смачивания $\theta$ , град.
		6 час.	12 час.	24 час.	
-	-	10,4	13,3	16	34
ГКЖ-11К	0,1	8,5	12,5	14,6	40
	0,15	8,1	11,9	14,3	41
	0,20	8	11,8	14,2	41
ФЭС-50	0,1	2,9	3,6	4,3	95
	0,15	2	2,6	3	103
	0,20	2	2,5	2,9	103

Как видно из данных, приведенных в табл. 1, исследуемые кремнийорганические соединения снижают водопоглощение во все сроки испытания. Однако наиболее существенное снижение водопоглощения наблюдается в присутствии модификатора ФЭС-50 в количестве 0,15-0,2 % от массы цемента.

Таблица 2

**Кинетика водопоглощения образцов ФЦП при поверхностной гидрофобизации**

Вид модификатора	Концентрация модификатора в растворе, %	Водопоглощение, %			Краевой угол смачивания $\theta$ , град.
		6 час.	12 час.	24 час.	
-	-	10,4	13,3	16	34
ГКЖ-11К	50	3,19	4	5,65	90
	25	1,89	2,61	3,08	102
	12	2,39	3,12	3,17	102
	6	1,95	2,68	3,83	98
	3	3,72	5,46	7,3	81
ФЭС-50	50	1,15	1,38	1,83	110
	25	1,4	1,64	2,1	107
	12	1,66	2,14	2,61	105
	6	2,16	2,43	2,97	103
	3	2,29	2,7	3,32	101

Из табл. 2 видно, что растворы кремнийорганических соединений значительно снижают водопоглощение образцов ФЦП. При этом пропитка образцов плит керосиновым раствором ФЭС-50 наиболее оптимальной концентрацией 50 % позволяет снизить водопоглощение в 8,7 раза, в то время как пропитка водным раствором ГКЖ-11К снижает водопоглощение только в 5,2 раза.

Влияние вида и содержания кремнийорганических модификаторов в составе композиции на показатели поровой структуры представлено в табл. 3, при поверхностной гидрофобизации – в табл. 4.

Сравнивая поверхностный и объемный способ гидрофобизации, следует отметить их примерно одинаковую эффективность.

Применение кремнийорганического соединения позволяет придать стенкам капилляров и пор водоотталкивающую способность. Применение керосина в качестве растворителя, обладающего высокой проникающей способностью, способствует более глубокому проникновению кремнийорганического соединения ФЭС-50 в глубь материала.

Как известно, между водопоглощением и пористостью материала имеется определенная взаимосвязь. Как правило, более высокое водопоглощение характерно для материалов с высокими показателями пористости, в первую очередь капиллярной. Пористость фиброцементных плит определяли по ГОСТ 12730.4-78.

Экспериментальные исследования влияния изучаемых кремнийорганических соединений на показатели поровой структуры ФЦП приведены в табл. 3, из которой видно, что кремнийорганические соединения оказывают существенное влияние на характер изменения поровой структуры материала. Из табл. 3 следует, что максимально высокая пористость характерна для образца без добавок. В образцах с добавками полный объем пор снижается на 0,2-3,2 %, открытых капиллярных пор снижается на 1,4-13,1 %, открытых некапиллярных пор снижается на 0,3-1,9 %, объем условно-закрытых пор увеличивается на 1,5-11,9 %, показатель микропористости увеличивается на 0,06-1,51 %.

Таблица 3

**Показатели пористости образцов ФЦП при объемной гидрофобизации**

Вид добавки	Содержание добавки, %	Показатели поровой структуры				
		Полный объем пор, (П <sub>п</sub> )	Объем открытых капиллярных пор, (П <sub>о</sub> )	Объем открытых некапиллярных пор, (П <sub>мз</sub> )	Объем условно-закрытых пор, (П <sub>з</sub> )	Показатель микропористости, (П <sub>мк</sub> )
-	-	19,2	16	2,1	1,1	0,64
ГКЖ-11К	0,1	19	14,6	1,8	2,6	0,7
	0,15	18,9	14,3	1,7	2,9	0,72
	0,2	18,8	14,2	1,7	2,9	0,73
ФЭС-50	0,1	16,6	4,3	0,25	12,05	1,32
	0,15	16,2	3	0,2	13	2,13
	0,2	16	2,9	0,2	12,9	2,15

В табл. 4 показано влияние ГКЖ-11К и ФЭС-50 на изменение показателей пористости образцов при поверхностной гидрофобизации. Поверхностная гидрофобизация осуществлялась полным погружением образцов ФЦП в заранее приготовленные растворы на 7 часов.

Таблица 4

**Показатели пористости образцов ФЦП при поверхностной гидрофобизации**

Вид добавки	Концентрация модификатора в растворе, %	Показатели поровой структуры		
		Объем открытых капиллярных пор, (П <sub>о</sub> )	Объем открытых некапиллярных пор, (П <sub>мз</sub> )	Объем условно-закрытых пор, (П <sub>з</sub> )
-	-	16	2,1	1,1
ГКЖ-11К	50	5,65	0,19	9,66
	25	3,83	0,20	13,07
	12	3,08	1,45	13,07
	6	3,17	1,60	14,03
	3	7,69	1,65	9,76
ФЭС-50	50	1,83	0,29	12,88
	25	2,1	0,19	14,21
	12	2,61	0,58	13,99
	6	2,97	0,60	14,63
	3	3,31	0,98	14,61

Как видно из данных табл. 4, поверхностная гидрофобизация оказывает влияние не только на общую пористость, но и на характер распределения пор. Объем открытых капиллярных пор снижается с 16 до 1,83 %, что, по нашему мнению, обусловлено образованием кальциевых солей кремнийорганических соединений, коагулирующих поры. При одновременном снижении общей пористости происходит существенное перераспределение объема открытых некапиллярных и условно-закрытых пор. Так, объем открытых некапиллярных пор снижается с 2,1 до 0,19 %, а объем условно-закрытых пор увеличивается с 1,1 до 14,63 %.

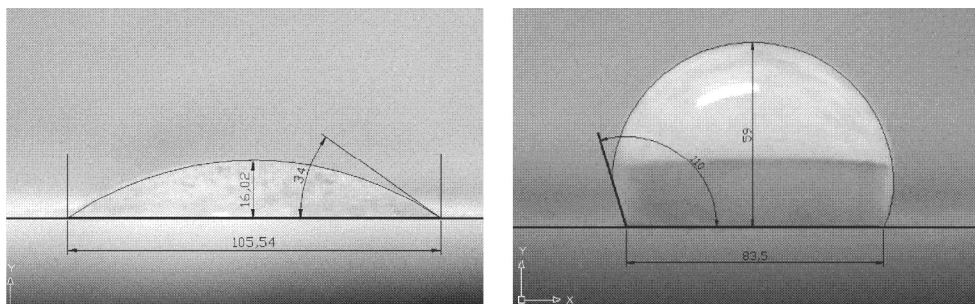


Рис. Фотоснимки образцов до и после гидрофобизации

**Выводы.** Из приведенных данных следует, что исследуемые кремнийорганические соединения являются эффективными гидрофобизирующими материалами, позволяющими существенно повысить водостойкость ФЦП. Данные кремнийорганические соединения, как при объемной, так и при поверхностной гидрофобизации ФЦП, снижают общую пористость и существенно изменяют структуру пор. Наиболее эффективным кремнийорганическим соединением для поверхностной и объемной гидрофобизации ФЦП является полифенилэтоксисилоксан ФЭС-50. Наибольшее снижение водопоглощения достигается при поверхностной гидрофобизации образцов 50 % керосиновым раствором ФЭС-50, при этом оптимальная поровая структура наблюдается в образцах, в состав которых вводили ФЭС-50 в количестве 0,15-0,2 % от массы цемента.

### Список литературы

1. Изотов В.С., Мухаметрахимов Р.Х., Сабитов Л.С. Цементно-волоконный композиционный материал для фиброцементных плит // Строительные материалы, 2011, № 5 (677). – С. 20-21.
2. Мухаметрахимов Р.Х. Изотов В.С. Влияние активных минеральных добавок на гидратацию вяжущего и физико-механические свойства фиброцементных плит // Известия КГАСУ, 2011, № 2 (16). – С. 213-217.
3. Пащенко А.А., Воронков М.Г., Михайленко Л.А., Круглицкая В.Я, Ласская Е.А. Гидрофобизация. – Киев: Наукова Думка, 1973. – 240 с.
4. Соболевский М.В., Музовская О.А., Попелева Г.С. Свойства и области применения кремнийорганических продуктов. – М., 1975. – 296 с.
5. Батраков В.Г. Повышение долговечности бетона добавками кремнийорганических полимеров. – М., 1968. – 135 с.
6. Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии. / Под ред. Ю.Г. Фролова и А.С. Гродского. – М.: Химия, 1986. – 216 с.

**Mukhametrakhimov R.Kh.** – post-graduate student, assistant

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

**Izotov V.S.** – doctor of technical sciences, professor

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

### Scientific investigation of organosilicones compounds influence on fibrocement slabs characteristics

#### Resume

In this article you can see results of experimental investigations of organosilicones compounds influence on the pore structure absorption of water and limiting wetting angle indexes of fibrocement slabs based on cellulose fibre.

We put 0,1-0,2 percent of the mass of cement methyl siliconates potassium and polyphenyl ethoxy silicones admixtures which made in «Himprom» (Novochebocksarsk) for volume hydrofobisation.

Uppebound hydrofobisation was made by impregnation of methylsiliconates potassium's aqua solution (3-50 %) and polyphenyl ethoxy silicones kerosene solution (3-50 %).

It has been established that quintessential degradation of absorption of water was observed if we add modifier-polyphenyl ethoxy silicone in quantity 0,15-0,2 percent of the mass of cement.

In assays with admixtures we can see that indexes of gross capillary space, opened out capillary pores, opened out noncapillary pores appreciably are going down, but conditionally closed pores and index of microporosity are running up.

Contemporaneous degradations of total porosity give rise to redistribution of opened out noncapillary and conditionally closed pores volume.

Thus, investigational organosilicone compound is one of the most effective hydrofobisation waterproofing material for fibrocement slabs.

**Keywords:** fiber cement board, hydrophobization, silicones, and porosity.

### References

1. Izotov V.S., Muhametrahimov R.Kh., Sabitov L.S. The cement-fiber composite material for fiber-cement boards // *Stroitelniye materialy*, 2011, № 5 (677). – P. 20-21.
2. Muhametrahimov R.Kh., Izotov V.S. Effect of active mineral additives on the hydration of binders and physico-mechanical properties of fiber-cement boards // *Izvestija KGASU*, 2011, № 2 (16). – P. 213-217.
3. Pashchenko A.A., Voronkov M.G., Mikhailenko A.A. *Hydrophobization*. – Kiev, 1973. – 237 p.
4. Sobolewski M.V., Muzovskaya O.A., Popeleva G.S. *Properties and Applications of organosilicon products*. – M. 1975. – 296 p.
5. Batrakov V.G. *Increased durability of concrete with silicone polymer additives*. – M., 1968. – 135 p.
6. *Laboratory work and tasks of colloid chemistry*. / Ed. J.G. Frolov and A.S. Grodsky. – M., Khimiya, 1986. – 216 p.