

УДК 666.973.6

## Теоретические предпосылки защиты ячеистобетонных изделий гидрофобизирующими составами

Петроневиц Д.А.

Научный руководитель – Дзабиева Л.Б.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

Большая часть ячеистобетонных изделий предназначена для использования в ограждающих конструкциях зданий, для сооружения наружных стен и покрытий. [1, 2] Опыт их эксплуатации показывает, что проникающая во внутренние слои влага ускоряет процессы деструкции материала под влиянием атмосферных воздействий. Предотвратить влагонакопление или не допустить вообще проникание влаги в конструкцию можно путем придания ей свойств водонепроницаемости, водостойкости и гидрофобности.

Принципиальное различие этих понятий в следующем.

*Водонепроницаемость* – способность материала с развитой микро- и макропористостью препятствовать прониканию через него жидкой и парообразной влаги.

*Водостойкость* – способность материала сохранять свою прочность при увлажнении, характеризуется коэффициентом размягчения КР, который рассчитывается:

$$КР = R_{нас}/R_{сух} ,$$

где  $R_{нас}$  – прочность материала в насыщенном водой состоянии,  $R_{сух}$  – прочность материала в сухом состоянии.

Это и нерастворимость материала в воде, являющейся активным полярным растворителем, который может при длительном контакте растворять некоторые водонепроницаемые материалы.

*Гидрофобность (водоотталкивание)* – способность материала не смачиваться водой, проиллюстрированная на рис.1. Эксплуатационные качества ячеистобетонных панелей в значительной степени зависят от их влажностного состояния на сорбционной стадии. Поэтому задача совершенствования эксплуатационных качеств яче-

истого бетона сочетается с задачами улучшения его влажностных характеристик и влажностного режима ограждений в целом.

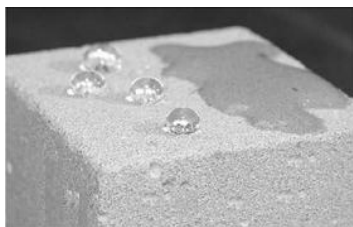


Рис. 1 Характер распределения воды при увлажнении ячеистого бетонного образца, левая часть которого обработана гидрофобизирующим составом

Повышение атмосферостойкости ячеистого бетона может осуществляться *конструктивными* и *технологическими* способами. Конструктивные способы призваны препятствовать увлажнению поверхности стен и внутренних слоев ограждения. Они состоят из мероприятий по водоотводу (защитные козырьки, отливы, обделки и др.), герметизации стыков элементов ограждения (стен, оконных заполнений) и влагозащитных покрытий (наружные защитно-декоративные и внутренние пароизоляционные).

По методам водоотвода накоплен большой опыт, однако применяемые в массовом строительстве решения не обладают требуемой надежностью. Неудовлетворительный водоотвод – одна из основных причин увлажнения панелей стен. Обеспечение надежности герметизации стыков – актуальная проблема современного панельного строительства, так как существующие решения не обеспечивают полную влагозащиту внутренних слоев панелей, поскольку стык образован их водонепроницаемыми торцовыми гранями.

Нанесение защитных покрытий изменяет механизм взаимодействия стеновых ограждений с жидкой влагой и влажной средой. В зависимости от условий эксплуатации влагозащитные покрытия выполняют с обеих или с одной стороны (наружной и внутренней). Для стен, работающих в агрессивных и влажных средах, эффективны трещиностойкие защитные покрытия на основе битумных материалов, латексов и искусственных каучуков, полимеризационных и поликонденсационных композиций, которые полностью влаго- и пароизолируют конструкцию. Паропроницаемые защитно-декоративные покрытия, в самой идее которых заложено требова-

ние обеспечения паропроницаемости и водонепроницаемости, широко применяют для отделки поверхностей стен зданий.

Исследования [3] показывают, что повышение паропроницаемости отделок может быть достигнуто за счет уменьшения коэффициента их заполнения до значений  $K = 1 - S_{\text{шв}} = 0,60 \dots 0,65$  ( $S_{\text{шв}}$  – доля поверхности, приходящаяся на площадь швов между плитами или дробленным материалом). В частности, для отделок из ковровой стекломозаики увеличение швов от 3 до 6 мм повышает паропроницаемость в 1,5 раза и обеспечивает требования [2], регламентирующие сопротивление слоя наружу от зоны конденсации не более чем на 30% этой величины для внутреннего слоя.

Однако с ростом ширины швов резко повышается водопроницаемость поверхности панели. Гидрофобные покрытия из кремнийорганических полимеров, рассмотренные ниже, разрешают противоречия требований к паропроницаемости и водонепроницаемости. Технологические методы улучшения влажностного режима ограждений оценивают по следующим признакам: снижение технологической и построечной влажности, совершенствование структурных характеристик материала.

Технология приготовления сырьевой смеси для изготовления стеновых панелей из ячеистого бетона требует введения в неё такого количества воды, которое в 3-5 раз превышает количество воды, необходимое для гидратации вяжущего. Частичное удаление этой влаги происходит в процессе тепловлажностной обработки панелей. Применение рациональных режимов автоклавирования (продувка сухим воздухом и вакуумирование автоклава) позволяет довести послеавтоклавную влажность ячеистого бетона до 10% против 20-22% при обычных режимах обработки [3]. Однако в процессе последующей заводской отделки панелей их влажность возрастает на 3-7% и дополнительно увеличивается на 5-15%. Построечную влажность можно уменьшить посредством монтажа «с колес», сокращения сроков монтажа здания и исключения мокрых процессов отделки.

Эффективный способ снижения построечной влажности – поверхностная гидрофобизация панелей, хранящихся на открытых заводских или приобъектных складах. В эксплуатационный период величина равновесной влажности их материала определяется его структурой и гидрофильностью стенок пор и капилляров. Улучше-

ние дифференцированной пористости ячеистого бетона исследовано в работе [3], где обоснована эффективность создания двухмодальной структуры пористости, т.е. состоящей из макропор ( $r > 10^{-5}$  м), микропор ( $r < 10^{-7}$  м) и не содержащей мезопор ( $r = 10^{-5} \div 10^{-7}$  м). Такая структура создается путем использования фракционированного порообразователя, а также виброотжимным вспучиванием ячеистобетонной массы и обеспечивает минимальную сорбционную влажность.

Термины гидрофильность и гидрофобность, распространенные в практической терминологии, недостаточно точно передают характер взаимодействия воды с твердыми телами по сравнению с терминами смачиваемость и несмачиваемость. Смачиваемость характеризует процесс, происходящий при контакте поверхности твердого тела с жидкостью – образование новой поверхности раздела фаз (твердое тело – жидкость). На молекулярном уровне процессы, протекающие при смачивании, аналогичны физико-химическим процессам адсорбции и вызываются теми же силами межмолекулярного взаимодействия. По времени адсорбция может предшествовать смачиванию (если твердое тело находилось в парах смачивающей жидкости) либо протекать одновременно с ним.

В процессе смачивания имеет место как физическая, так и химическая адсорбция. При смачивании за счет свободной поверхностной энергии твердого тела совершается работа адгезии  $W_a$  по преодолению сил межмолекулярного взаимодействия в жидкости, величина которых характеризуется работой когезии  $W_K$ . С энергетической точки зрения основные случаи взаимодействия жидкости с твердым телом характеризуются следующими соотношениями работ адгезии и когезии: несмачивание ( $W_a < 1/2 W_K$ ); ограниченное смачивание ( $W_a > 1/2 W_K$ ); полное смачивание ( $W_a < W_K$ ).

Для характеристики смачивания применяют также величину  $B = \cos\theta$  (функцию краевого угла  $\theta$ , образуемого поверхностью жидкости по периметру контакта с твердой поверхностью), связанную с адгезией-когезией уравнением  $B = \cos\theta = (2W_a/W_K) - 1$ . Используя меру смачивания  $B$ , качественная характеристика следующая:

$B = \cos\theta < 0$  ( $\theta > 90^\circ$ ) – плохое смачивание, несмачивание;

$B = \cos\theta > 0$  ( $0 > \theta > 90^\circ$ ) – ограниченное смачивание;

$B = \cos\theta = 1$  ( $\theta = 0$ ) – полное смачивание;

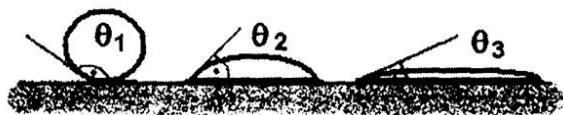


Рис.2 Краевой угол смачивания

Значение  $B = \cos\theta = 0$  ( $\theta = 90^\circ$ ) характеризует точку инверсии смачивания (точка, при которой гидрофильная поверхность, адсорбируя поверхностно-активное вещество, становится гидрофобной, т. е. отвечающей краевому углу в  $90^\circ$ ).

Идея гидрофобизации базируется на различной величине работы адгезии по отношению к воде, характерной для разных материалов. Нанесение на смачиваемую поверхность вещества, нейтрализующего ее активные центры и уменьшающего свободную поверхностную энергию, приводит к снижению работы адгезии и инверсии смачивания. Гидрофобизаторы – это вещества, которые, адсорбируясь в результате физической или химической адсорбции поверхностью твердого тела, уменьшают ее смачиваемость водой. Адсорбция молекул гидрофобизатора может изменять и другие эксплуатационные и физико-технические характеристики обрабатываемого материала: цвет и фактуру поверхности, способность к адсорбции ею частиц пыли, паро- и воздухопроницаемость материала, а также повышать его эксплуатационную прочность, морозостойкость и химическую стойкость. Органические гидрофобизаторы могут связываться с поверхностью обрабатываемого материала в результате физических процессов (парафин, петролатум, битум и др.) или химического (например, мылонафт, образующий при реакции с  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  нафтены кальция) взаимодействия. При перенасыщении пор материала плохо связываемым физически адсорбируемым гидрофобизатором последний с повышением температуры может вытекать из пор [3] и его нужно вводить в материал в количествах, исключающих перенасыщение им порового пространства.

Хемосорбируемые (хемосорбция – процесс адсорбции, при котором адсорбируемое вещество вступает в химическое взаимодействие с адсорбирующим веществом) покрытия, обладающие большей гидрофобностью ( $\theta=160^\circ$ ), чем покрытия физически адсорби-

руемых гидрофобизаторов (парафин  $\theta=105^\circ$ ), и поэтому более эффективны. Органические гидрофобизаторы имеют большие размеры макромолекул (расплавленные битум 1000-2000 А<sup>о</sup>, парафин 800-900 А<sup>о</sup>), которые кольматируют поры материала и уменьшают его водо-, паро- и воздухопроницаемость. Их применение целесообразно в случае необходимости устройства гидро- и пароизоляционного покрытия и для обработки внутренних поверхностей панелей стен зданий с влажным режимом помещений.

При нанесении органических гидрофобизаторов на поверхность материала (битумно-петролатумные, стирольные и др. составы) изменяются его декоративные качества, поэтому поверхность изделий необходимо покрывать декоративным слоем. Низкая паропроницаемость материалов, обработанных органическими гидрофобизаторами, ограничивает их использование для отделки наружных поверхностей панели, так как приводит к влагонакоплению под поверхностным слоем в результате затруднения воздухообмена с наружным воздухом.

В отличие от органических кремнийорганические гидрофобизаторы не кольматируют поры материала, а создают на их поверхности тонкий слой сорбированных молекул, что приводит к инверсии смачивания. При этом капиллярные силы изменяют свое направление и обеспечивают водонепроницаемость материала, а для диффузии водяного пара препятствия не создаются. Основное преимущество кремнийорганических гидрофобизаторов состоит в том, что в процессе хемосорбции происходит сшивание силоксановых цепей и образование сплошной высокомолекулярной пленки полимера на поверхности, прочно связанной с ней и имеющей гидрофобные углеродородные радикалы, расположенные снаружи. Кремнийорганические вещества образуют моно- и полимолекулярные пленки.

Важная особенность кремнийорганических гидрофобизаторов – способность полимолекулярных пленок к разворачиванию в мономолекулярные при образовании новых свободных поверхностей в материале вследствие трещинообразования в поверхностных слоях ограждающих конструкций. Поэтому гидрофобные кремнийорганические покрытия способны к «самозалечиванию» в процессе эксплуатации.

Исследование химической стойкости кремнийорганических полимерных пленок свидетельствует об их высокой сопротивляемости

действию химических реагентов. В условиях эксплуатации кремнийорганические гидрофобные покрытия подвергаются интенсивному влиянию атмосферных факторов, в результате чего происходит их термоокислительная и фотохимическая деструкция. Кроме того, на поверхности гидрофобной пленки адсорбируются посторонние гидрофильные частицы, наблюдается ветровая эрозия покрытия. Это приводит к гидрофилизации поверхности гидрофобных пленок в течение 5-6 лет эксплуатации [3]. Однако гидрофобные пленки, защищенные от непосредственного воздействия указанных факторов, не изменяют своих гидрофобных свойств, а в отдельных случаях даже увеличивают угол смачивания. Поэтому глубинная гидрофобизация внутренней поверхности пор и капилляров материала позволяет значительно повысить долговечность гидрофобных покрытий на основе кремнийорганических полимеров.

Гидрофобные пленки кремнийорганических полимеров бесцветны и при нанесении их на материалы последние не изменяют своих декоративных качеств, как это имеет место с органическими гидрофобизаторами, причем установлено увеличение цветостойкости материалов, покрытых кремнийорганическими пленками гидрофобизаторов.

Эффективность гидрофобизации кремнийорганическими полимерами возрастает при учете химического состава ячеистого бетона. Наиболее доступны органилсиликонаты натрия: этилсиликонат ГКЖ-10, метилсиликонат ГКЖ-11. [4] Однако они менее эффективны из-за своей сильной щелочности (рН до 13) для гидрофобизации материалов щелочного характера, к которым относится газосиликат.

Для газосиликата наиболее пригодны полиорганилгидросилоксаны и полиорганилсилоксанола. Они хорошо растворяются в органических растворителях (бензол, толуол) и не растворяются в воде и низших спиртах. При применении растворов полиорганилгидросилоксанов и полиорганилсилоксанов в органических растворителях для гидрофобизации крупноразмерных изделий необходимо сложное технологическое оборудование, чтобы удалять вредные испарения растворителя. Промышленность выпускает устойчивые (50%) эмульсии кремнийорганических гидрофобизаторов.

Из полиорганилгидросилоксанов широко распространена полиэтилгидросилоксановая жидкость  $(C_2H_5SiOH)_n$  ГКЖ-94 [4], которая является универсальным гидрофобизатором и пригодна для обработки большинства строительных материалов, наиболее атмосферостойка и химически стойка среди кремнийорганических гидрофобизаторов. Наличие в полиэтилгидросилоксановой жидкости ГКЖ-94 активного водорода (1,3-1,42%) определяет её способность реагировать с гидроксильными группами гидро- и алюмосиликатов кальция и эффективно гидрофобизировать газосиликат. [3]

Сейчас же все более широко используются в промышленности такие гидрофобизаторы как «Типром-М», «Интераквил», «Гидроизол», которые превосходят ГКЖ-10,11,94 по ряду показателей. [5]

Таким образом, гидрофобизация – сравнительно недорогой и быстрый способ придания водоотталкивающих свойств ячеистобетонной поверхности. Она может проводиться с помощью специальных распылителей, но может и выполняться вручную. Однако эффективность данного метода для ячеистых бетонов малой плотности ( $\rho_0 \leq 500 \text{ кг/м}^3$ ) требует еще дополнительного изучения. [5]

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Инструкция по изготовлению изделий из ячеистого бетона: СН 277-80. – М.: Стройиздат, 1981. – 41с.
2. Изделия из ячеистого бетона. Правила изготовления. ТКП 45-5.03-137-2009 (02250); МАиСРБ – Мн. 2010.-38с.
3. А.Ф. Гаевой, Б.А. Качура. Качество и долговечность ограждающих конструкций из ячеистого бетона. Харьков. 1978г. – 210с.
4. ГОСТ 24211. Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия. М. Стандартинформ, 2010г. – 17с.
5. Кузнецов Д.В. Методы защиты наружных стен зданий на основе автоклавных газобетонных блоков. Дис. канд. тех. наук. Уфа, 2006. – 153с.