

УДК 69.022.321

*Холдаева М.И., кандидат технических наук, доцент,  
Щербина О.С., магистр, Копылова А.С, студ.,  
Одесская государственная академия строительства и  
архитектуры, г. Одесса*

## ВЛИЯНИЕ ОБЪЕМНОЙ ПРОПИТКИ СТЕН НА ИНТЕНСИВНОСТЬ КАПИЛЛЯРНОГО ВСАСЫВАНИЯ ВЛАГИ

Одной из основных проблем, возникающих при технической эксплуатации зданий старой постройки, является периодическое увлажнение их стен грунтовыми водами вследствие нарушения горизонтальной гидроизоляции или при подсыпке грунта вокруг здания выше ее уровня. Повышение влажности вызывает увеличение теплопроводности, приводит к снижению прочностных характеристик и долговечности ограждающих конструкций зданий. Кроме того, повышенная влажность стен значительно ухудшает микроклимат помещений [1, 3].

Вода по капиллярам поднимается тем выше, чем они тоньше. Поскольку стены каменных зданий сложены в основном из мелкопористых материалов (керамический и силикатный кирпич, известняк-ракушечник, ячеистые бетоны), высота поднятия воды в них под влиянием капиллярных процессов находится в пределах 0,5–1 м. На практике же зачастую наблюдается увлажнение целых этажей, т. е. высота подъема влаги достигает отметки 5–6 м, что обусловлено действием электроосмотических сил; при этом чем больше разность потенциалов на участках стены, тем активнее подсасывается влага [1, 4].

Одним из путей решения данной проблемы является восстановление горизонтальной гидроизоляции стен зданий путем их пропитки гидрофобными составами.

Использование современных гидрофобных материалов дает возможность обеспечить надёжную защиту конструкций от воздействия агрессивных компонентов окружающей среды, снизить водопоглощение пористыми материалами, улучшить внешний вид строительных конструкций. Кроме того, современные гидрофобные составы способствуют предотвращению проникновения плесени, защищают транспортные сооружения от воздействия антигололёдных солей и продлевают срок службы зданий и сооружений [1, 5].

Исследование влияния параметров гидрофобизации на гидроизоляционные свойства материала проводилось на образцах размером 390×180×60 мм. Способ пропитки образцов аналогичен тем, которые применяются при инъектировании стен в реальных условиях.

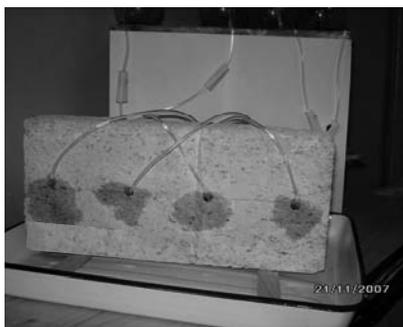


Рисунок 1 - Инъектирование образцов

Исследования проводились следующим образом. На уровне середины воздушно-сухого образца под углом  $30^\circ$  к горизонту на расстоянии 10 см друг от друга просверливались отверстия диаметром 10 мм. Глубина отверстий на 10% меньше ширины образца. Для удаления остатков известняковой пыли из отверстий последние продувались сжатым воздухом. Затем в отверстия вставлялись трубки, через которые постепенно подавалась гидрофобная жидкость (рис.1). Скорость подачи жидкости регулировалась при помощи специальных устройств так, чтобы она не переливалась через края отверстий.

После пропитки образцы в течении 7 суток сохли в естественных условиях до приобретения исходной равновесной влажности, после чего подвергались увлажнению для определения интенсивности капиллярного подсоса. Однако, поскольку увлажнение материала, пропитанного гидрофобизатором происходит сравнительно медленно и может компенсироваться испарением влаги с его поверхности, то вся поверхность образца, за исключением 3 см, погруженных в воду, перед испытаниями изолировалась от окружающего воздуха при помощи полиэтиленовой пленки.

Эксперимент проводился по стандартному двухфакторному плану, содержащему 9 экспериментальных точек [2]. В качестве варьируемых факторов использовались количество и концентрация гидрофобной жидкости.

Границы факторного пространства выбирались на этапе предварительных исследований. Поскольку фирма-изготовитель рекомендует применять гидрофобные составы *Batisil* разведенными до концентрации 5%, то в данном эксперименте концентрация последних варьировалась в пределах  $X_1=5\pm 3\%$ .

Минимальное количество инъекционного состава принималось из условия создания сплошного пропитанного пояса между соседними отверстиями, а максимальное – до полного насыщения нижней части образцов (рис.2.).

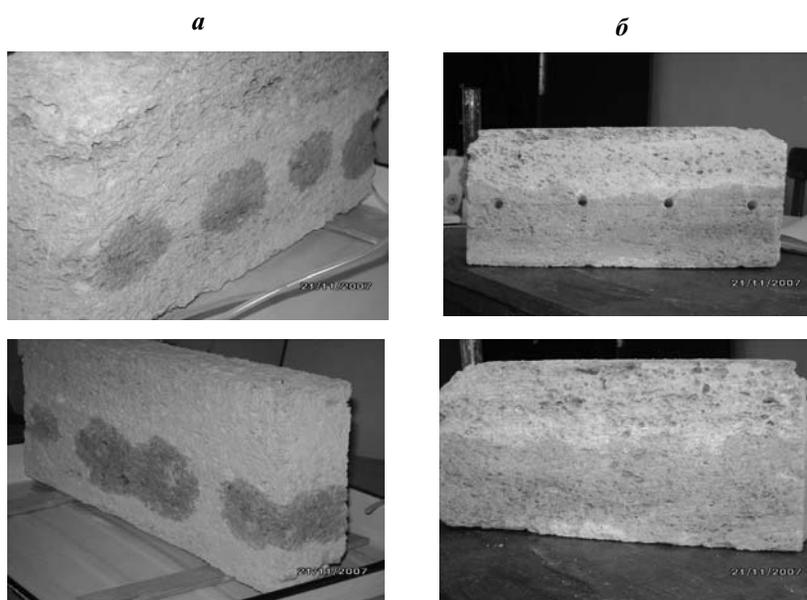


Рисунок 2 - Определение минимального (а) и максимального (б) количества гидрофобного состава для пропитки образцов

Исследованиями установлено, что  $1 \text{ см}^3$  раствора гидрофобизатора достаточно для пропитки  $11,8 \text{ см}^3$  известняка-ракушечника. Но минимальный расход жидкости на инъектирование 1 м.п. длины стены зависит от расстояния между отверстиями, поскольку при увеличении последних, увеличивается диаметр, а следовательно и объем зоны, которую необходимо пропитать.

Так, если при расстоянии между отверстиями 5 см в одно отверстие необходимо ввести 0,1 л инъекционной жидкости (рис.3), то есть 2 л на 1 м длины стены толщиной 60 см (20 отверстий), то при увеличении шага до 20 см количество гидрофобизатора на одно отверстие увеличивается в 16 раз (1,6 л) и в 4 раза (до 8 л) на пропитку 1 м.п. длины стены (5 отверстий).



**Рисунок 3 - Зависимость расхода гидрофобной жидкости от расстояний между отверстиями**

■ - на инъектирование 1 м.п. стены;  
 □ - на инъектирование одного отверстия

Таким образом увеличение расстояния между отверстиями приводит к повышению расходов гидрофобной жидкости на пропитку единицы длины стены. С другой стороны уменьшение шага между отверстиями, приводит к увеличению количества последних, что в свою очередь вызывает повышение трудозатрат на их устройство.

В данных исследованиях расстояние между отверстиями принято равным 10 см. То есть минимальный расход гидрофобизатора составляет 0,4 л для введения в одно отверстие стены толщиной 60 см, или 40 см<sup>3</sup> для инъектирования лабораторного образца толщиной 6 см. Таким образом, количество гидрофобной жидкости, вводимой в одно отверстие, изменялось в пределах:  $X_2=100\pm 60$  мл, что в пересчёте на инъектирование 1 м. п. стены толщиной 60 см составляет 4...16 л.

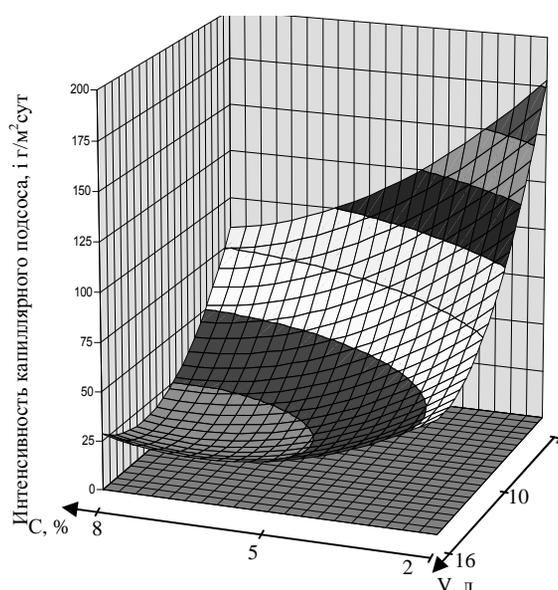
В качестве откликов эксперимента определялись интенсивность капиллярного подсоса, количество концентрата гидрофобизатора, а также стоимость инъекционного состава.

В результате реализации эксперимента получен ряд экспериментально-статистических моделей, характеризующих эффективность применения гидрофобных составов *Batisil* для восстановления горизонтальной гидроизоляции стен зданий.

Графическая интерпретация модели, описывающей влияние расхода гидрофобного состава и его концентрации на интенсивность капиллярного подсоса показана на рис.4.

Анализ представленной диаграммы показывает, что снизить интенсивность капиллярного подсоса до отметки 50-100 г/м<sup>2</sup>сут можно даже при помощи пропитки материала гидрофобным составом 3%-й концентрации. А при концентрации инъекционного состава в пределах 5-8 % интенсивность капиллярного подсоса можно свести практически к нулю.

Учитывая, что известняк-ракушечник, не пропитанный гидрофобизатором, может увлажняться со скоростью до 1100 г/м<sup>2</sup>мин, то пропитка стен инъекционным составом *Batisil* снижает интенсивность капиллярного подсоса в зависимости от параметров обработки до 25-180 г/м<sup>2</sup>сут (в 9000...60000 раз).



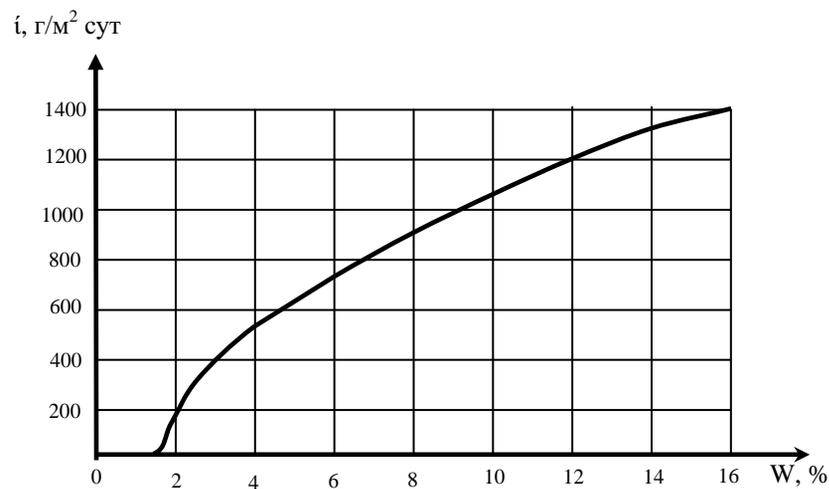
**Рисунок 4 - Влияние расхода гидрофобного состава и его концентрации на интенсивность капиллярного подсоса**

Известно, что при увлажнении материала стен параллельно начинается процесс испарения влаги с их поверхности. Скорость испарения зависит от многих факторов. В настоящих исследованиях была поставлена задача установить зависимость скорости испарения воды с поверхности стены, сложенной из известняка-ракушечника, от её влажности. Критерием оценки данного показателя была принята интенсивность испарения  $i'$  (г/м<sup>2</sup>·сут), которая показывает количество испарившейся влаги (г) с поверхности камня площадью 1 м<sup>2</sup> в течении 1 суток.

Испытания проводились в следующем порядке. Образец камня размером 390×180×60 мм увлажнялся при помощи капиллярного всасывания до максимально возможной влажности, которая для данного вида известняка составила 16% по массе. Затем верхняя, нижняя и торцевые поверхности изолировались при помощи полиэтиленовой плёнки так, чтобы влага могла испаряться только с двух боковых поверхностей сечением 390×180 мм. Через определённые промежутки времени определялось количество испарившейся влаги и влажность материала на данный промежуток времени. На протяжении всего периода испытаний температура в помещении поддерживалась в пределах 18-20°C, относительная влажность воздуха 65-70%. В результате проведенных исследований получена зависимость количества влаги, испаряющейся с 1 м<sup>2</sup> поверхности стены в сутки от влажности материала (рис 5).

Анализ зависимости показывает, что скорость испарения с 1 м<sup>2</sup> поверхности для данного вида известняка-ракушечника может изменяться в широких пределах: от 1400 г/м<sup>2</sup>·сут при влажности материала 16 % до 100...200 г/м<sup>2</sup>·сут при влажности приближающейся к равновесной. Поскольку, при увеличении влажности стены всего на 0,5-1% выше от равновесной с 1 м<sup>2</sup> в сутки может испариться до 200 г воды, то всасывание материалом влаги в пределах до 50-100 г/м<sup>2</sup>·сут будет легко компенсироваться ее естественным испарением.

В тоже время известно [1, 3], что помещения, имеющие влажность ограждающих конструкций 6 % и более по санитарно-гигиеническим нормам становятся непригодными для длительного пребывания в них людей. Поэтому, для поддержания влажности стен на уровне, близком к равновесной (не более 2%), необходимо снизить интенсивность капиллярного всасывания влаги до показателя 0,1-0,2 л/м<sup>2</sup>·сут.



**Рисунок 5 - Влияние влажности материала стен на скорость испарения воды при температуре окружающего воздуха 18-20 °С и относительной влажности 65-70%**

### Выводы

1. Скорость испарения из 1 м<sup>2</sup> поверхности стены из данного вида известняка-ракушечника может изменяться в широких пределах: от 1400 г/м<sup>2</sup>·сут при влажности материала 16 % до 100...200 г/м<sup>2</sup>·сут при влажности, приближающейся к равновесной.
2. Пропитка материала гидрофобной жидкостью Batisil даже 3 %-й концентрации позволяет снизить интенсивность капиллярного подсоса из 1100 г/м<sup>2</sup>·мин до 50-100 г/м<sup>2</sup>·сут. А при концентрации инъекционного состава в пределах 5-8% интенсивность капиллярного всасывания практически сводится к нулю.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Бойко М.Д. Техническое обслуживание, ремонт зданий и сооружений: Учебн. пособие для вузов. – М.: Стройиздат, 1986. – 256 с.
2. Вознесенский В.А. Численные методы решения строительно-технологических задач на ЭВМ / В.А. Вознесенский, Т.В. Ляшенко, Б.Л. Огарков / - К.: Вища школа, 1989. – 328 с.
3. Задерман А.А. Борьба с сыростью в каменном жилом доме / А.А. Задерман, А.С. Глитнина, Л.З. Гольдина/ Л.: Стройиздат, 1971. – 57 с.
4. Фридман О.М. Электроосмотический метод ликвидации сырости стен зданий. Л.: Стройиздат, 1971. – 96 с.
5. Химерник Ю.А. Защита зданий и сооружений от грунтовых вод. К.: Будивельник, 1976. – 139 с.