

УДК 69.022.321

### **ВЛИЯНИЕ КАПИЛЛЯРНОГО ВСАСЫВАНИЯ ВЛАГИ И ЕЁ ИСПАРЕНИЯ НА ВЛАГОСОДЕРЖАНИЕ СТЕН ЗДАНИЙ**

**Щербина С.Н., Бронник О.С., Стерник Т.Н., Данченко Г.А.,  
Иванова М.В.** (Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

**Проанализированы причины ускоренного физического износа стен зданий в процессе эксплуатации. Установлена зависимость скорости испарения влаги с поверхности стен от ее влажности. Определен граничный показатель интенсивности капиллярного всасывания влаги, который, с учетом ее естественного испарения, позволяет поддерживать влажность стен на уровне, близком к равновесному.**

Одной из основных причин ускоренного физического износа стен является их периодическое увлажнение в сочетании со знакопеременными температурными колебаниями. Повышение влажности вызывает увеличение теплопроводности, приводит к снижению прочностных характеристик и долговечности ограждающих конструкций зданий. Кроме того, повышенная влажность стен значительно ухудшает микроклимат помещений.

Наиболее устойчивым и трудно устранимым видом сырости является грунтовая влага, которая попадает в стену путем капиллярного всасывания из грунта в случае повреждения горизонтальной гидроизоляции или при подсыпке грунта вокруг здания выше ее уровня.

Высота капиллярного поднятия влаги в конструкции зависит от диаметра капилляров, по которым влага 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 [1]. На практике же зачастую наблюдается увлажнение целых этажей, т. е. высота подъема влаги достигает отметки 5-6 м, что обусловлено действием электроосмотических сил [4].

Проблемой капиллярного увлажнения материалов стен занимались многие исследователи [2,4,5], однако эксперименты зачастую ограничивались лабораторными образцами сравнительно небольшой высоты (15-20 см), что не дает возможность количественно оценить интенсив-

ность движения влаги в реальной стене на большем удалении от источника увлажнения.

Поэтому определение интенсивности увлажнения стен при капиллярном всасывании влаги проводилось как на лабораторных образцах размером 390×180×60 мм, изготовленных из камней известняка-ракушечника, отобранных при капитальном ремонте здания постройки конца XIX века в исторической в части г. Одесса, так и на специально устроенном фрагменте стены высотой в 1 м.

В результате проведенных исследований, получены зависимости скорости капиллярного всасывания влаги по увеличению массы образцов и высоте поднятия влаги во времени.

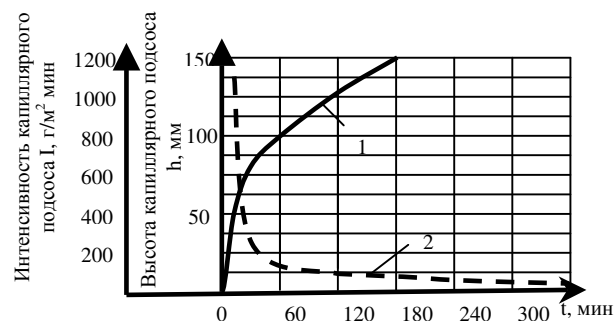
В качестве критерия, характеризующего скорость увлажнения образцов была принята величина интенсивности капиллярного подсоса, которая определяется количеством воды в граммах, всасываемой через 1 м<sup>2</sup> поперечного сечения камня за одну минуту.

Анализ полученных зависимостей (рис.1) показывает, что при соприкосновении материала с водой капиллярное всасывание влаги происходит с постепенно замедляющейся скоростью. Так, если первая треть высоты образца (5 см) увлажняется в течении всего 10 минут, то до уровня двух третей (10 см) влага поднимается только через 60 минут, а на преодоление последних 5 см высоты воде необходимо почти 120 минут.

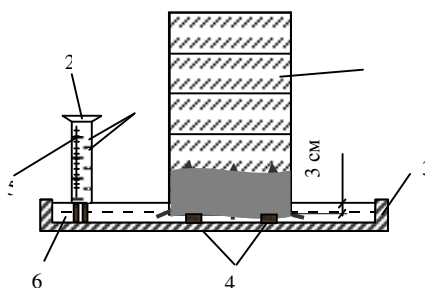
С течением времени снижается и интенсивность капиллярного всасывания с более чем 1100 г/м<sup>2</sup>·мин в первые 10 минут до 0,8...12,0 г/м<sup>2</sup>·мин через 2...3 часа (рис. 1).

Кроме того, сравнительный анализ зависимостей, представленных на рис.1 показывает, что капиллярное всасывание с небольшой интенсивностью продолжается даже после 180 минут, когда уровень увлажнения уже достиг верха образца (отметка 15 см). Это свидетельствует о том, что в это время в материале продолжают насыщаться водой более крупные поры, скорость движения влаги в которых ниже, чем в мелких капиллярах. И только через 6 часов после начала опыта увеличение массы образца прекращается.

Анализ исторической застройки г. Одессы показывает, что стены подавляющего большинства её зданий сложены из камней известняка-ракушечника на известково-песчаном растворе. Для определения интенсивности капиллярного подсоса в такой реальной стене была собрана экспериментальная установка, которая схематически показана на рис.2.



**Рис.1.** Изменение интенсивности (I) и высоты (h) капиллярного подсоса во времени на лабораторных образцах высотой 18 см  
1 – высота капиллярного подсоса  
2 – интенсивность капиллярного подсоса

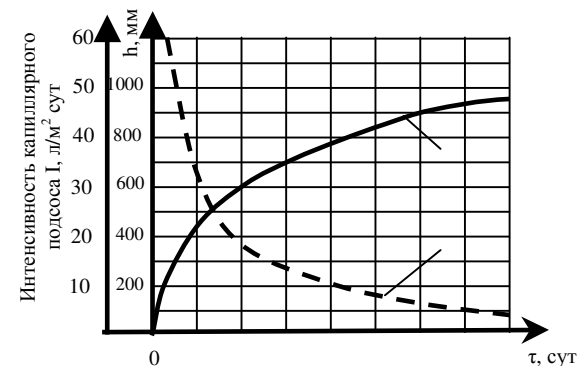


**Рис.2.** Схема установки для определения интенсивности капиллярного подсоса на участке стены  
1 – фрагмент стены; 2 – мерный цилиндр; 3 – поддон; 4 – металлические прокладки; 5 – вода в мерном цилиндре; 6 – вода в поддоне; 7 – вода в колбе

Установка состоит из поддона (3), в котором на металлических прокладках (4) возводится фрагмент стены высотой в пять рядов известняка-ракушечника (1) на известково-песчаном растворе. В поддон заливается вода (6) так, чтобы нижний камень кладки был погружен в неё на 3 см. Рядом с кладкой размещается заполненный водой и перевернутый вверх дном мерный цилиндр (2), нижний край которого нахо-

дится на уровне верхнего обреза воды в поддоне. При капиллярном всасывании влаги в стену её уровень в поддоне (5) понижается, опускаясь ниже края мерного цилиндра. При этом в мерный цилиндр попадает воздух, что приводит к вытеканию из него аналогичного количества воды. Таким образом, это позволяет не только поддерживать постоянный уровень воды в поддоне, но и вести непрерывный контроль за высотой и интенсивностью капиллярного подсоса в реальной кладке по изменению уровня воды в мерном цилиндре. Для предотвращения естественного испарения воды исследуемый фрагмент стены оборачивается полиэтиленовой плёнкой, а поддон прикрывается стальными листами.

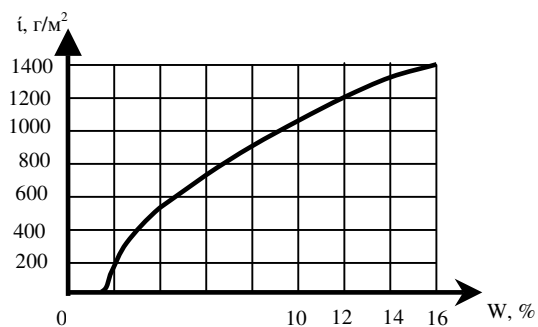
Полученные в результате проведенных исследований зависимости (рис.3) показывают значительное снижение скорости поднятия влаги под действием капиллярных сил и интенсивности подсоса увеличением высоты кладки. Так если за первые сутки высота поднятия влаги по капиллярам достигла отметки 45...48 см над уровнем воды, то на следующие 45...48 см высоты стенки (отметка 90...95 см) вода поднимается только через семь суток. Аналогично снижается и интенсивность капиллярного всасывания с  $60 \text{ л/м}^2 \cdot \text{сут}$  при высоте увлажнения 15...20 см до  $4...5 \text{ л/м}^2 \cdot \text{сут}$  при уровне капиллярного подсоса 80...90 см. В реальной стене эти показатели могут значительно увеличиваться за счет действия электроосмотических сил.



**Рис. 3.** Изменение интенсивности (I) и высоты (h) капиллярного подсоса во времени на участке стены высотой 95 см  
1 – интенсивность капиллярного подсоса;  
2 – высота 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°С, 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 4).



**Рис.4.** Влияние влажности материала стен на скорость испарения воды при температуре окружающего воздуха 18-20 °С и относительной влажности 65-70%.

Анализ зависимости показывает, что скорость испарения с 1 м<sup>2</sup> поверхности для данного вида известняка-ракушечника может изменять-

ся 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.

Таким образом, исследованиями установлено, что при интенсивности капиллярного всасывания всего 4-5 л/м<sup>2</sup>·сут скорость проникания влаги в стену значительно превышает скорость ее испарения. Как показано выше, с увеличением высоты увлажнения интенсивность капиллярного всасывания будет постепенно снижаться, а скорость испарения влаги с поверхности стены увеличиваться (за счет увеличения площади увлажненной конструкции и повышения ее влажности). А значит, влагосодержание стены будет повышаться до тех пор, пока скорость испарения влаги с поверхности стены не сравняется с показателем интенсивности капиллярного всасывания. В тоже время известно [1, 2], 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 0,2 л/м<sup>2</sup>·сут. В частности этого можно достичь путем пропитки стен на уровне гидроизоляционного пояса гидрофобными составами или установкой электроосмотической защиты [4].

### **Выводы**

1. Скорость поднятия влаги под действием капиллярных сил, а также интенсивность капиллярного подсоса значительно снижаются с увеличением высоты кладки. Так интенсивность капиллярного всасывания снижается с 60 л/м<sup>2</sup>·сут при высоте увлажнения 15...20 см до 4...5 л/м<sup>2</sup>·сут при уровне капиллярного подсоса 80...90 см.
2. 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. 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.

### *Литература*

1. Бойко М.Д. Техническое обслуживание, ремонт зданий и сооружений: Учебн. пособие для вузов. – М.: Стройиздат, 1986. – 256 с.
2. Задерман А.А., Глитнина А.С., Гольдина Л.З. Борьба с сыростью в каменном жилом доме. Л.: Стройиздат, 1971. – 57 с.
3. Петров В.П. Сложные загадки простого строительного камня. М.: Недра, 1984. – 150 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.: Будивэльник, 1976. – 139 с.