

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ СТЕН ЗДАНИЙ ПРИ НАРУШЕНИИ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ

Щербина С.Н., Гнып О.П., Бронник О.С., Лютова О.Г., Скулинец А. В., Янковой Т. В. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

Досліджені процеси капілярного зволоження стін будівель при порушенні горизонтальної гідроізоляції і випаровуванні вологи з їх поверхні. Визначен граничний показник інтенсивності капілярного всмоктування вологи, який, з врахуванням її природного випаровування, дозволяє підтримувати вологість стін на рівні, близькому до рівноважної.

Задачей технической эксплуатации стен зданий является сохранения их несущей способности и защитно-ограждающих свойств на протяжении всего срока службы. Наиболее распространённой причиной ускоренного физического износа стен является периодическое их увлажнения в сочетании с температурными знакопеременными колебаниями.

Избыточная влажность в материале стен помимо деформаций конструкций может способствовать ускоренной коррозии. Разрушение деталей значительно ускоряется, если в воздухе имеются примеси сернистого газа SO_2 и пыли. Так, содержания в воздухе 0,01 % SO_2 ускоряет процесс коррозии на 65 %. Ускоряют коррозию также хлористые и сернокислые соли, содержащиеся в частицах пыли [1].

Одним из путей решения данной проблемы является восстановление горизонтальной гидроизоляции стен зданий путем создания на уровне с подготовкой под пол первого этажа гидрофобного пояса, непроницаемого для капиллярного движения воды.

Определение интенсивности увлажнения стен при капиллярном всасывании влаги проводилось как на лабораторных образцах размером $390 \times 180 \times 60$ 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 лабораторных образцов была принята величина интенсивности капиллярного подсоса, которая определяется количеством воды в граммах, всасываемой через 1 м^2 поперечного сечения камня за одну минуту.

Анализ полученных зависимостей 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 $1100 \text{ г/м}^2 \cdot \text{мин}$ в первые 10 минут до $0,8 \dots 12,0 \text{ г/м}^2 \cdot \text{мин}$ через 2...3 часа.

Кроме того, сравнительный анализ зависимостей 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. Установка состоит из поддона, в котором на металлических прокладках возводится фрагмент стены высотой в пять рядов известняка-ракушечника на известково-песчаном растворе. В поддон заливается вода так, чтобы нижний камень кладки был погружен в неё на 3 см. Рядом с кладкой размещается заполненный водой и перевернутый вверх дном мерный цилиндр, нижний край которого находится на уровне верхнего обреза воды в поддоне. При капиллярном всасывании влаги в стену её уровень в поддоне 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 обворачивается полиэтиленовой плёнкой, а поддон прикрывается стальными листами.

Полученные в результате проведенных исследований зависимости показывают значительное снижение скорости поднятия влаги по капиллярам и интенсивности подсоса с 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 л/м²-сут при высоте увлажнения 5...20 см до 4...5 л/м²-сут при уровне капиллярного всасывания 80...90 см.

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/м²-сут), которая показывает количество испарившейся влаги (г) с поверхности камня площадью 1м² 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 1м² поверхности стены в сутки от влажности материала.

Анализ зависимости показывает, что скорость испарения с 1м² поверхности для данного вида известняка-ракушечника может изменяться в широких пределах: от 1400 г/м²-сут при влажности материала 16 % до 100...200 г/м²-сут при влажности приближающейся к равновесной.

Таким образом, исследованиями установлено, что при интенсивности капиллярного всасывания всего 1-2 л/м²-сут скорость проникания влаги в стену значительно превышает скорость ее испарения, а значит показатель влажности стены будет постоянно поддерживаться на уровне 10 % и более. 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/м²-сут. В частности этого можно достичь путем пропитки стен на уровне гидроизоляционного пояса гидрофобными составами.

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

Исследования проводились следующим образом. На уровне середины воздушно-сухого образца под углом 30° 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. 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 3см, погруженных в воду, перед испытаниями изолировалась от окружающего воздуха при помощи полиэтиленовой пленки.

Эксперимент проводился по стандартному двухфакторному плану, содержащему 9 экспериментальных точек. 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 разведенными до концентрации 5%, то в данном эксперименте концентрация последних варьировалась в пределах $X_1=5\pm3\%$.

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

Исследованиями установлено, что 1см³ раствора гидрофобизатора достаточно для пропитки 11,8 см³ известняка-ракушечника. Но минимальный расход жидкости на инъектирование 1м.п. длины стены зависит от расстояния между отверстиями, поскольку при его увеличении, увеличивается диаметр, а следовательно и объем зоны, которую необходимо пропитать. Так, если при расстоянии между отверстиями 5см в одно отверстие необходимо ввести 0,1 л инъекционной жидкости, то есть 2л на 1м длины стены толщиной 60см (20 отверстий), то при увеличении шага до 20 см количество гидрофобизатора на одно отверстие увеличивается в 16 раз (1,6л) и в 4 раза (до 8л) на пропитку 1м.п. длины стены (5 отверстий). Следовательно, 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 10см. То есть минимальный расход гидрофобизатора составляет 0,4л для введения в одно отверстие стены толщиной 60 см, или 40 см³

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.

Анализ полученных зависимостей показывает, что снизить интенсивность капиллярного подсоса с показателя 1100 г/м²мин до отметки 50-100 г/м²сут 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.

Выводы

1. При нарушении горизонтальной гидроизоляции стен зданий сложенных из извешняка-ракушечника интенсивность их капиллярного увлажнения может достигать 1100 г/м²мин, постепенно снижаясь по мере повышения уровня увлажнения.

2. Пропитка стен инъекционным составом 3%-й концентрации снижает интенсивность капиллярного подсоса в зависимости от параметров обработки до 50-100 г/м²сут, а при концентрации гидрофобизатора 5-8 % интенсивность капиллярного подсоса можно свести практически к нулю.

3. Поскольку, при увеличении влажности стены всего на 0,5-1% выше от равновесной с 1 м² в сутки может испариться до 200 г воды, то всасывание материалом влаги в пределах до 50-100 г/м²сут будет легко компенсироваться ее естественным испарением.

Summary

The processes of the capillary moistening of walls of buildings are investigational at violation of horizontal waterproofing and evaporation of moisture from their surface. The border index of intensity of capillary suction of moisture is certain, which, taking into account its natural evaporation, allows to support humidity of walls at level, near to balanced.

Литература

1. Бойко М.Д. Техническое обслуживание, ремонт зданий и сооружений: Учебн. пособие для вузов. – М.: Стройиздат, 1986. – 256 с.
2. Химерник Ю.А. Защита зданий и сооружений от грунтовых вод. К.: Будивэльныйк, 1976. – 139 с.
3. Шагин А.Л., Бондаренко Ю.В.. Реконструкция зданий и сооружений. М.: - Высш. шк. 1991-352 с.