

УДК [72+69] : 620.91 - 049.35

**ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТНОГО СОСТОЯНИЯ НАРУЖНЫХ  
ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ НА ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ  
СВОЙСТВА**

*Береговой Александр Маркович,*

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,  
г. Пенза,*

*доктор технических наук, профессор кафедры "Городское строительство и  
архитектура".*

**Аннотация**

Рассмотрены результаты натурных обследований влажностного состояния наружных ограждений жилых зданий. Дается анализ влияния влагосодержания материала ограждений на их эксплуатационные свойства. С помощью расчетной модели тепломассопереноса определена величина тепловых потерь через увлажненную наружную стену, которая имеет промерзший слой материала со стороны наружной поверхности.

**Ключевые слова:** натурные обследования зданий, влажностное состояние наружного ограждения, воздухообмен помещений, относительная влажность воздуха, тепловые потери.

**INFLUENCE OF THE WETTING CONDITION OF EXTERNAL  
ENCLOSURE STRUCTURES ON THEIR OPERATIONAL PROPERTIES**

*Beregovoy Alexander Markovich,*

*Penza State University of Architecture and Construction, Penza,*

*Doctor of Sciences, Professor of the Department "Urban Construction and  
Architecture".*

## **Abstract**

The results of field surveys of the moisture state of the outer enclosures of residential buildings are considered. There was given the analysis of the effect of moisture content of enclosure structures material on their operational properties.

Using the calculated model of heat and mass transfer, the amount of heat loss was determined through a moistened external wall, which has a frozen layer of material from the outer surface.

**Keywords:** field surveys of the buildings, moisture condition of enclosure structures, indoor air exchange, relative air humidity, heat loss

Результаты многочисленных исследований и опыт эксплуатации зданий различного назначения указывают на тесную взаимосвязь влажностного состояния материалов наружного ограждения с их физико-механическими и теплотехническими характеристиками. При долговременной эксплуатации здания в зависимости от влажностного режима помещений, сезона года и особенностей проектного решения конструкции в ее толщине и на поверхностных слоях происходят непрерывные процессы увлажнения-сушки, которые могут сочетаться с фазовыми переходами влаги в капиллярно-пористой структуре материала. В случае не рационального расположения конструктивных слоев по плотности материала и влажных условий эксплуатации в наружном ограждении происходит прогрессирующее влагонакопление.

Физические процессы увлажнения наружных ограждений и накопления в них кристаллогидратов солей, приводящие к разрушению конструктивных слоев, рассмотрены в [1]. Кроме потери механических свойств такие конструкции испытывают повышенные тепловые потери, величина которых зависит не только от вида и плотности материала, степени увлажнения, но и кинетики его промерзания.

В г. Пензе более 160 многоквартирных домов за период с 2013 по 2018 гг. признаны аварийными. Разрушение структуры материала наружных стен

некоторых из этих зданий произошло по причине сверхсорбционного влагонакопления в массиве этих конструкций и перехода жидко-капельной влаги в твердую фазу с наступлением периода резкого похолодания.

Для оценки влажностного состояния наружных ограждающих конструкций в г. Пензе были проведены натурные обследования тепловой защиты трех многоэтажных жилых зданий по сериям 90 и 101.

Наружные стены этих зданий запроектированы из однослойных керамзитобетонных панелей толщиной 400 мм, имеющих в зависимости от серии дома среднюю плотность 900 и 1050 кг/м<sup>3</sup>. Отбор проб материала стен производился из наиболее увлажненных и отсыревших участков ограждений в зимнее время эксплуатации. Образцы материала диаметром 100 и 60 мм высверливались со стороны помещений при помощи специальных коронок на глубину 65-70 мм от поверхности конструкции.

Результаты лабораторных испытаний проб показали, что в домах серии 90 плотность материала превосходила проектное значение в 50% случаев, а в домах серии 101 фактическая плотность превышала проектное значение во всех взятых пробах (таблица 1).

Таблица 1. Плотность керамзитобетона в наружных стенах

Обследованные дома	Серия домов	Плотность материала стен, кг/м <sup>3</sup>	
		по проекту	средняя фактическая
10-этажный дом	101	900	1367
10-этажный дом	90	до 1050	1131
5-этажный дом	101	900	1402

Как известно, повышение плотности материала ограждающей конструкции снижает ее сопротивление теплопередаче и увеличивает вероятность выпадения конденсационной влаги на внутренней поверхности или в толщине ограждения.

Средняя величина влажности материала в отобранных образцах составила 6,1% (вес.), что на 20% превышает для керамзитобетона предельно допустимое приращение влаги.

Результаты натурных обследований показали, что с наступлением холодного периода на внутренней поверхности наружных стенах целого ряда квартир появляются пятна сырости, плесень, расслоение штукатурного покрытия и вздутие обоев (рисунок 1). При этом в наибольшей степени поверхностному увлажнению подвержены торцевые стены.



Рисунок 1 – Увлажненные участки наружных стен, отслоение отделочного покрытия и плесень на оконных откосах

На влажностное состояние стен большое влияние оказывает работа системы естественной вентиляции обследованных зданий, что подтверждается инструментальными замерами скорости движения воздуха. Слабый воздухообмен в помещениях, подогреваемых отопительной системой, приводит к росту относительной влажности внутреннего воздуха и ухудшению влажностного состояния наружных ограждений.

Основными причинами неэффективной аэрации помещений являются дефекты вытяжных каналов во внутренних стенах и вентиляционных блоков, строительные недоделки в конструкциях чердаков, отсутствие автоматизированной системы регулирования приточного воздуха.

В отдельных поэтажных вентиляционных блоках некачественно выполнена герметизация стыковых соединений, а в каналах неровная поверхность стенок и шероховатость их поверхности затрудняет вытяжку отработанного воздуха.

Массовая замена относительно воздухопроницаемых деревянных конструкций окон на герметичные стеклопакеты и отсутствие в наружных стенах устройств по автоматическому регулированию притока воздуха являются причиной недостаточного воздухообмена помещений и повышения влагосодержания внутреннего воздуха.

Визуальный осмотр выявил слабую вентиляцию холодным воздухом чердаков «холодного» типа, негерметичность ограждений «теплых» чердаков. В последних обнаружен ряд дефектов: отсутствуют разделительные стены между жилыми секциями дома, светопроемы из стеклоблоков чердака имеют многочисленные щели, входные люки в чердак и из чердака на крышу не имеют плотного притвора и уплотнительных прокладок.

Влияние влажностного состояния материала наружных ограждений на проходящий через них тепловой поток было рассмотрено с помощью расчетной модели тепломассопереноса в период резкого похолодания [1].

Промерзание и последующее разрушение материала увлажненного ограждения может наблюдаться с наружной поверхности и до границы слоя, температура которого на 2-3<sup>0</sup>С ниже нулевой изотермы, так как в порах и капиллярах материала наблюдается более низкая температура замерзания влаги. Данный процесс тепломассопереноса сопровождается ростом тепловых потерь, связанных с увеличением теплопроводности материала во влажной и промерзшей зонах конструкции.

Тепломассоперенос в однослойном наружном ограждении при отрицательной температуре и отсутствии фильтрационного движения описывается по Лыкову А.В. дифференциальным уравнением

$$c \cdot \gamma_0 \cdot \frac{\partial t}{\partial z} = \operatorname{div}(\lambda \cdot \nabla t) + \frac{\xi_{\text{п}}}{1 - \xi_{\text{п}}} \cdot r \cdot \gamma_0 \cdot \frac{\partial u_{\text{ж}}}{\partial z} \quad (1)$$

По Богословскому В.Н. уравнение теплового баланса на границе промерзания конструкции, характеризующее процесс выделения тепла льдообразования в капиллярах и порах материала, имеет вид:

$$r \cdot i \cdot u_{\text{ж}} \cdot \gamma_0 \cdot \frac{d\delta_3}{dz} = \lambda_3 \cdot \frac{\partial t_3}{\partial x} - \lambda_{\text{в}} \cdot \frac{\partial t_{\text{в}}}{\partial x} \quad (2)$$

В составленной расчетной модели для условий стационарной теплопередачи уравнение теплового баланса на границе мерзлой и влажной зон было использовано для определения коэффициента теплопроводности промерзшего материала [2]

$$\lambda_3 \cdot \frac{t_3 - t_{\text{н}}}{\delta_3} - \lambda_{\text{в}} \cdot \frac{t_{\text{в}} - t_3}{\delta - \delta_3} = 0, \quad (3)$$

где  $t_3$  – температура начала замерзания влаги,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $\delta_3$  – глубина промерзшей зоны ограждения, м.

$$\lambda_3 = \frac{\lambda_{\text{в}} (t_{\text{в}} - t_3) \cdot \delta_3}{(t_3 - t_{\text{н}}) \cdot (\delta - \delta_3)}. \quad (4)$$

Результаты расчета показали, что через стену из кирпичной кладки толщиной 64 см при максимальной глубине промерзания материала тепловые потери по сравнению с нормативной методикой расчета [3] могут увеличиться на 11%.

Таким образом, дефекты наружных ограждений этажей, «холодных» и «теплых» чердаков, допускаемые на стадиях строительства и эксплуатации зданий, могут значительно повысить влагосодержание материала этих конструкций во влажных условиях окружающей среды. Фазовый переход влаги в твердое состояние в наружном поверхностном слое конструкции при наступлении низких температур приводит к росту теплопроводности ограждения и повышению тепловых потерь.

### **Библиографический список**

1. Береговой А.М. Архитектурно-строительные мероприятия по повышению долговечности конструктивных слоев наружных ограждений

[Электронный ресурс] // Моделирование и механика конструкций. 2016. №4.  
Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL:  
[http://mechanicspguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no4/stroitelnye-konstrukcii-zdaniya-i-sooruzheniya/4.12/at\\_download/file](http://mechanicspguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no4/stroitelnye-konstrukcii-zdaniya-i-sooruzheniya/4.12/at_download/file)

2. Береговой А.М., Береговой В.А. Температурно-влажностное состояние наружных ограждений в условиях фазовых переходов влаги и агрессивных воздействий среды // Региональная архитектура и строительство. 2017. №3(32). С. 99-104.

3. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. М.: НИИСФ РААСН, 2012. 95 с.