

## Исследование конденсации влаги на наружной поверхности ограждающей конструкции в зимний период в условиях резкого потепления

*А.И. Василенко, И.Н. Фурсова*

*Южный федеральный университет*

**Аннотация:** В холодный период года при резком потеплении могут возникнуть условия, при которых возможна конденсация водяных паров, содержащихся в наружном воздухе, на более холодной наружной поверхности стены. В статье рассматриваются тепловлажностные условия, определяющие возможность протекания данного процесса конденсации для ряда базовых конструкций наружных стен. С помощью метода конечных разностей проведено численное моделирование теплового режима наружных поверхностей базовых конструкций наружных стен и рассчитана продолжительность периода выпадения конденсата из наружного воздуха на их наружных поверхностях.

**Ключевые слова:** Наружные стены, нестационарные условия, конденсация влаги, зимний период, расчет температурного поля.

Для строительных материалов наружных ограждающих конструкций увлажнение всегда является нежелательным, тем более оно оказывает отрицательное влияние в зимний период эксплуатации, ухудшая теплофизические характеристики ограждения [1-3]. В научной литературе большое внимание уделено рассмотрению вопроса конденсации внутри ограждающей конструкции водяных паров, диффундирующих из внутреннего воздуха помещений [4-7]. Данный процесс оказывает существенное влияние на тепловлажностный режим ограждающей конструкции и ее теплозащитные свойства [8-10], однако, по нашему мнению, конденсация влаги в ограждающей конструкции может происходить не только в результате описанного выше механизма, но и вследствие протекания других теплофизических процессов.

Для климата ряда регионов России характерны зимние скачкообразные изменения температуры наружного воздуха. В период резкого потепления могут возникнуть условия, при которых температура наружной поверхности ограждающей конструкции некоторое время будет ниже температуры наружного воздуха. Это может, при определенных

---

условиях, привести к конденсации водяных паров, содержащихся в наружном воздухе на наружной поверхности ограждающей конструкции. Негативный эффект этого явления на теплозащитные свойства конструкции и ее долговечность очевиден. Необходимость прогнозирования и оценки описанного явления является важным условием при выборе материалов стен на этапе проектирования ограждающих конструкций.

Для оценки возможности конденсации водяных паров на наружной поверхности стены необходимо знать ход изменения температуры наружной поверхности стены в период резкого потепления. Для выполнения данных исследований целесообразно использовать результаты расчетов температурного поля наружной стены с учетом нестационарных условий [11].

Возможность конденсации водяных паров на наружной поверхности стены из наружного воздуха и продолжительность протекания данного процесса рассмотрим на примере трех базовых конструкций наружных стен – из глиняного обыкновенного кирпича на цементно-песчаной кладке, керамзитобетона и газобетона. Расчеты были выполнены для двух типичных случаев изменения наружной температуры: от  $-5^{\circ}\text{C}$  до  $+2^{\circ}\text{C}$  и от  $-5^{\circ}\text{C}$  до  $0^{\circ}\text{C}$ .

*Расчет 1.* Начальное состояние температурного поля стены соответствует стационарному распределению температуре внутреннего воздуха  $t_e = 21^{\circ}\text{C}$  и температуре наружного воздуха  $t_n = -5^{\circ}\text{C}$ . Параметры наружного воздуха после потепления примем равными:  $t_n = +2^{\circ}\text{C}$ , относительная влажность воздуха  $\varphi_n = 90\%$ , парциальное давление насыщенного водяного пара  $E_n = 705\text{Па}$  и парциальное давление водяного пара  $e_n = 634\text{Па}$ , тогда температура точки росы  $t_p = +0.5^{\circ}\text{C}$ .

---

*Расчет 2.* Начальное состояние температурного поля стены соответствует стационарному распределению температуре внутреннего воздуха  $t_e = 21^\circ C$  и температуре наружного воздуха  $t_n = -5^\circ C$ . Параметры наружного воздуха после потепления примем равными  $t_n = 0^\circ C$  и  $\varphi_n = 100\%$ . При таких параметрах  $t_p = 0^\circ C$ .

Результаты расчетов в графической форме представлены на рис. 1-3.

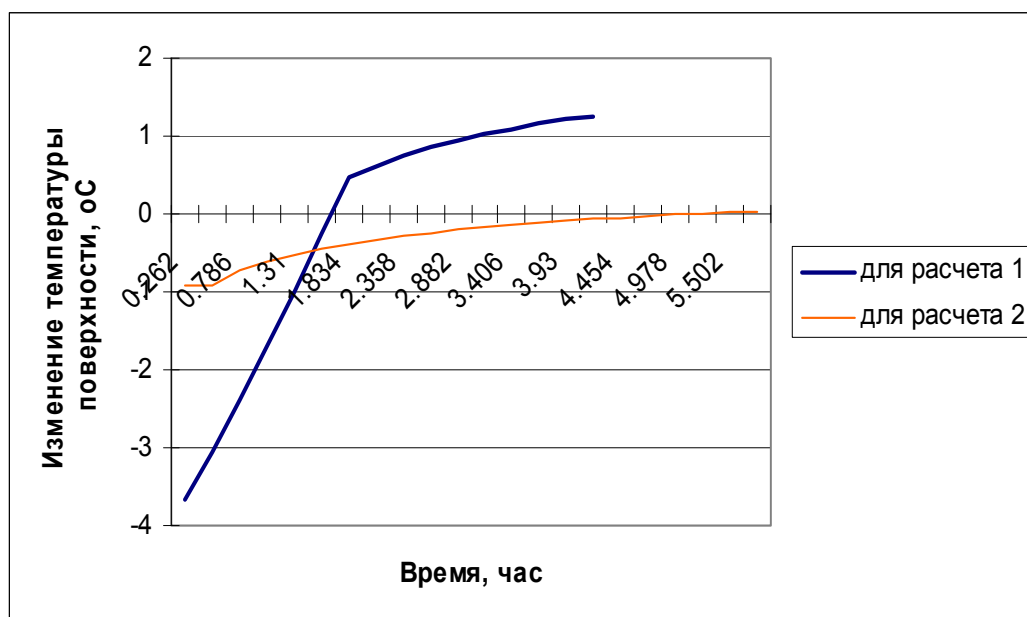


Рис. 1. Графики изменения температуры  $\tau_n$  стены из кирпича.

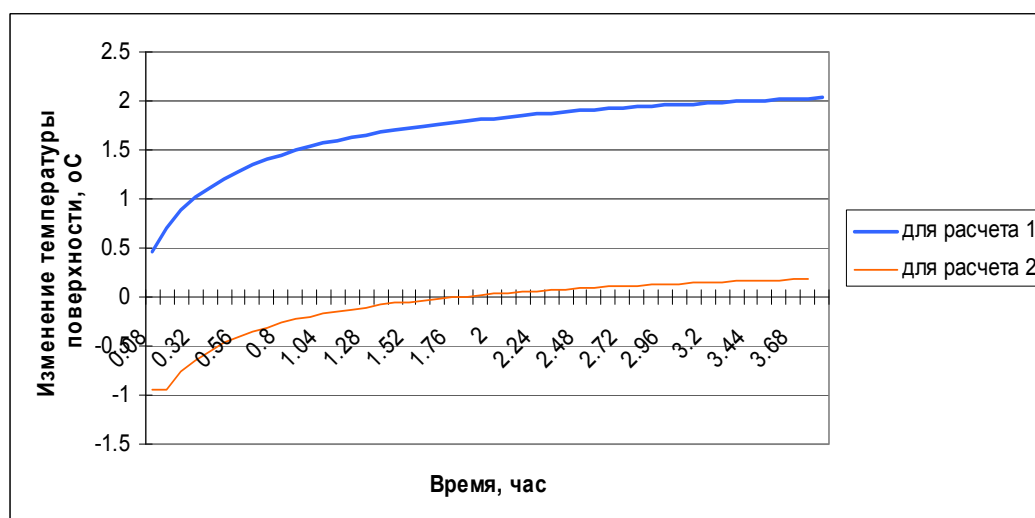


Рис. 2. Графики изменения температуры  $\tau_n$  стены из керамзитобетона.

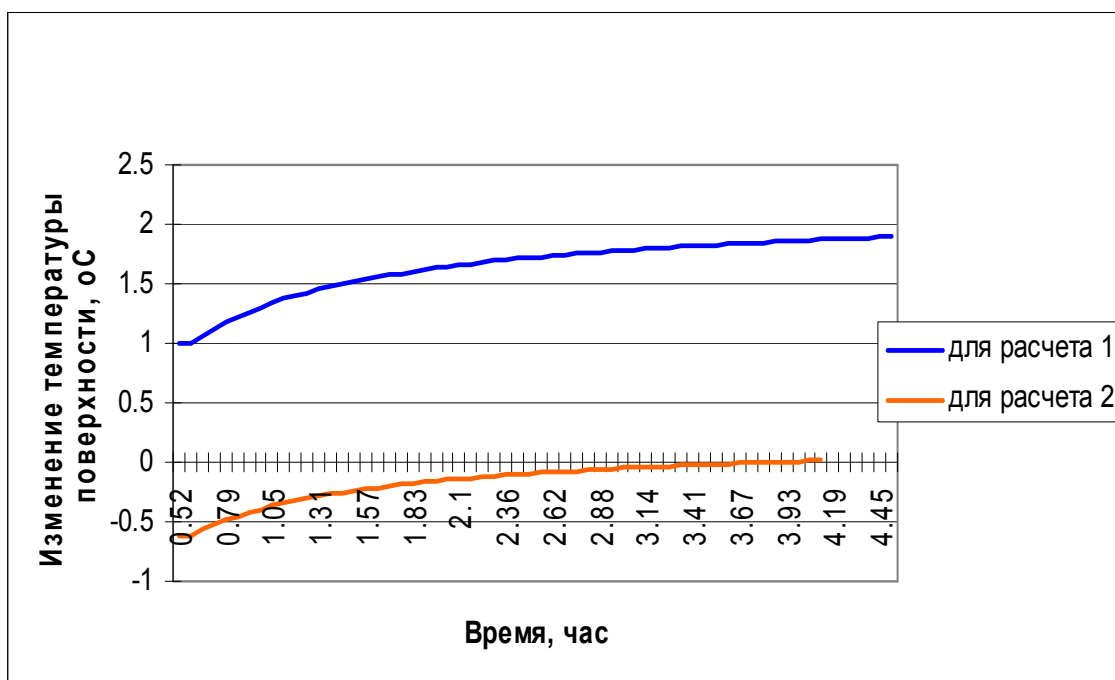


Рис. 3. Графики изменения температуры  $\tau_n$  стены из газобетона.

Таблица.

Продолжительность периода изменения температуры наружной поверхности стены  $\tau_n$  до температуры точки росы  $t_p$ .

Номер	Материал конструкции	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Сопротивление теплопередаче, м <sup>2</sup> оС/Вт	Время нагрева наружной поверхности до $t_p$ , час	
				Расчет 1	Расчет 2
1	Кирпич	1800	1,6	1,1	7,6
2	Керамзитобетон	800	1,8	0,2	1,7
3	Газобетон	400	3	0,1	4

В таблице представлены данные по времени прогрева наружной поверхности до температуры точки росы для стен, выполненных из

различных материалов, при изменении параметров наружного воздуха, соответствующих расчету 1 и расчету 2.

### **Выводы**

Из анализа данных, представленных в таблице, следует, что явление конденсации влаги из наружного воздуха на наружной поверхности конструкции будет во многих случаях значительным.

Продолжительность процесса конденсации и количество конденсируемой влаги на наружной поверхности стены зависят от теплофизических характеристик материалов наружных стен и от хода температуры и относительной влажности наружного воздуха в период потепления.

### **Литература**

1. Богословский В.Н. Строительная теплофизика. М: «Высшая школа», 1970. 348 с.
2. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей здания. 4-е перераб. и доп изд. М: Стройиздат, 1973. 289 с.
3. Ананьев В.А., Балужева Л.Н., Гальперин А.Д. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика. Учебное пособие. М: «Евроклимат», издательство «Арина», 2000. 416 с.
4. Влажный воздух. АВОК справочное пособие. №1. 2004. 72 с.
5. Табунщиков Ю.А., Бродач М.М. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий. М.: АВОК-ПРЕСС, 2002. 194 с.
6. Иванчук Е.В. К вопросу повышения энергетической эффективности жилых домов // Инженерный вестник Дона, 2013, №4 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2151](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2151)

7. Фурсова И.Н., Капралов А.А. Алгоритм исследования плотности теплового потока через ограждение при нестационарных тепловых условиях // Материалы Международной научно-практической конференции «Строительство-2013». - Ростов н/Д: РГСУ, 2013. С.87-88.
8. Дьяченко А.С., Руденко Н.Н Исследование и моделирование динамики потерь тепла // Инженерный вестник Дона, 2017, №2  
URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4105/](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4105/).
9. Ulgen K. Experimental and theoretical investigation of effects of wall's thermophysical properties on time lag and decrement factor // Energy and Buildings. 2002. №34. pp. 273-278.
10. Asan H. Numerical computation of time lags and decrement factors for different building materials // Building and Environment. 2006 №41. pp. 615-620.
11. Фурсова И.Н. Исследование изменения теплового режима наружных ограждений в зимний период в условиях резкого потепления // Инженерный вестник Дона, 2017, №4  
URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4469](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4469)

### References

1. Bogoslovskiy V.N. Stroitel'naya teplofizika [Building Thermophysics]. М.: «Vysshaya shkola», 1970. 348 p.
  2. Fokin K.F. Stroitel'naya teplotekhnika ograzhdayushchikh chastey zdaniya. [Building heat engineering enclosing parts of the building] Izd. 4-e pererab. i dop. М.: Stroyizdat, 1973. 289 p.
  3. Anan'ev V.A., Balueva L.N., Gal'perin A.D. i dr. Sistemy ventilyatsii i konditsionirovaniya. Teoriya i praktika. [Ventilation and air-conditioning. Theory and practice] Uchebnoe posobie. М.: «Evroklimat», izdatel'stvo «Arina», 2000. 416 p.
-



4. Vlazhnyy vozdukh. AVOK spravochnoe posobie. №1, 2004. 72 p.
5. Tabunshchikov Yu.A., Brodach M.M. Matematicheskoe modelirovanie i optimizatsiya teplovoy effektivnosti zdaniy. [Mathematical modeling and optimization of the thermal performance of buildings] M.: AVOK-PRESS, 2002. 194 p.: il.
6. Ivanchuk E.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2151](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2151)
7. I.N. Fursova, A.A. Kapralov Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Stroitel'stvo-2013». Rostov n/D. RGSU, 2013. 88 p.
8. A.S. Djachenko, A.C, N.N. Rudenko Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4105](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4105)
9. Ulgen K. Energy and Buildings. 2002. №34. pp. 273-278.
10. Asan H. Building and Environment. 2006 №41. pp. 615-620.
11. I. N. Fursova Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4469](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4469)