

О МЕТОДАХ РАСЧЕТА ВЛАЖНОСТНОГО СОСТОЯНИЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

В. А. Личман, канд. физ.-мат. наук, начальник отдела энергосбережения и энергоэффективности ГБУ « Мосстройразвитие»

Ключевые слова: термины и определения, парциальное давление насыщенного водяного пара, эффект «переутепления», методики расчета

Вопросы повышения энергоэффективности зданий тесно связаны с влажностным и температурным состоянием наружных ограждающих конструкций. Перенос влаги – сложный процесс, механизмы изучения которого не теряют актуальности. На сегодняшний день разработаны десятки гидротермальных моделей (в английском варианте известных как HAM (heat, air and moisture) models), основанных на совместном решении нестационарных уравнений потока, баланса массы и энергии и описывающих потребление зданием энергетических ресурсов. Однако в нормативных документах принято использовать упрощенные методы расчета, основанные на общепризнанных знаниях. Сформулируем некоторые замечания о методе расчета влажностного состояния наружных ограждающих конструкций зданий, принятом в СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» (далее – СП 50.13330).

При использовании метода расчета влажностного состояния ограждающих конструкций зданий, предлагаемого в СП 50.13330, могут возникнуть некоторые сложности. Проанализируем некоторые положения данного документа.

■ Начнем с названия раздела 8 «Защита от переувлажнения ограждающей конструкции». Это название

никак не согласуется с определением, данным в пункте Б.29 раздела «Термины и определения» (Приложение Б): «Защита от переувлажнения ограждающей конструкции – мероприятия, обеспечивающие влажностное состояние ограждающей конструкции, при котором влажность материалов ее составляющих не превышает нормируемых значений». Однако в разделе 8 можно найти методы, но нет перечня мероприятий.

■ В СП 50.13330 вместо принятого в классической литературе термина «плоскость возможной конденсации» [1, 2] введен новый термин – «плоскость максимального увлажнения». Однако определения нового термина в разделе «Термины и определения» (Приложение Б) почему-то нет. Нет и обоснования замены принятой терминологии.

■ В п. 8.5 СП 50.13330 указано, что «плоскость максимального увлажнения определяется для периода с отрицательными среднемесячными температурами», однако формула (8.8): $P_{расч} = 1,84 \times 10^{11} \times \exp(-5330/(273 + \tau))$, рекомендуемая для вычисления парциального давления насыщенного водяного пара, дает большую погрешность в диапазоне отрицательных температур. Так, погрешность рекомендуемой формулы (8.8) относительно экспериментальных значений парциального давления насыщенного водяного пара $err = (P_{эксп} - P_{расч})/P_{эксп} \times 100\%$ в области отрицательных температур монотонно возрастает с понижением температуры, достигая 80% при -40°C (рис. 1), что, конечно, недопустимо для ее применения.

Для сравнения: на рис. 1 приведены результаты расчетов относительной погрешности формулы $P_{расч} = 610,5 \times \exp(-(21,875 \times \tau)/(265 + \tau))$, рекомендованной для расчетов в [3]. Относительная погрешность этой формулы не превышает 2%.

■ Рекомендуемая формула (8.8) лежит в основе вычисления комплекса $f_i(t_{м,у})$ – формула (8.7) и, соответственно, метода определения координаты плоскости максимального увлажнения.

Нужно отметить, что в отличие от классического стационарного метода К. Ф. Фокина [2] предлагаемый метод физически не нагляден, поэтому, очевидно, позволил авторам открыть новый «эффект» [4].

В работе [4] при рассмотрении многослойной конструкции (см. табл.) отмечается, что «при достижении толщины утеплителя 37 см плоскость максимального

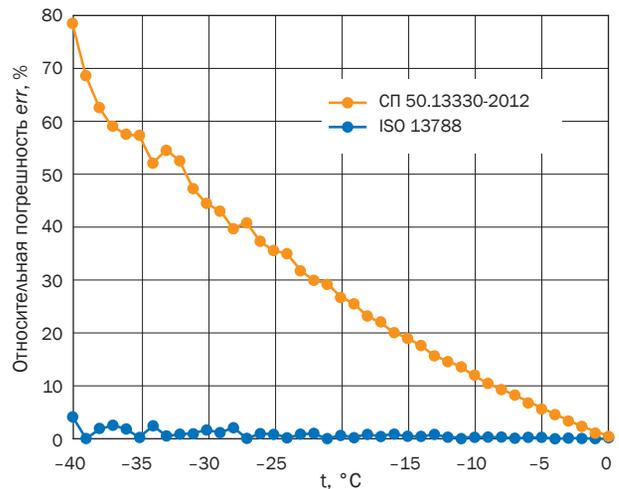


Рис. 1. Относительная погрешность $err = (P_{эксп} - P_{расч})/P_{эксп} \times 100\%$ вычисления парциального давления насыщенного водяного пара по формулам, рекомендуемым в СП 50.13330 [3] и ISO 13788 [4]

го увлажнения смещается в основание конструкции и остается там при дальнейшем увеличении толщины, таким образом, проявляется эффект "переутепления" конструкции». Далее следует текст: «В Европе активно ведется строительство домов типа "passive house", имеющих толщину утеплителя из минераловатных плит 40–50 см. Естественно, такого рода технологии необходимо адаптировать под суровые климатические условия России. Поэтому при проектировании обязательны грамотные и обоснованные расчеты защиты от переувлажнения ограждающих конструкций».

Однако остановимся подробнее на открытии данного эффекта «переутепления» и выполним тестовые расчеты многослойной конструкции, рассматриваемой авторами: штукатурка, газобетон D400, минеральная вата (см. табл.).

Расчетные температуры: внутреннего воздуха $t_{в} = 20^\circ\text{C}$; наружного воздуха для Москвы $t_{н,отр} = -4,6^\circ\text{C}$; на внутренней поверхности конструкции $\tau_0 = 19,2^\circ\text{C}$.

Таблица Исходные данные и результаты расчетов

Наименование слоя	$d, \text{ м}$	$\lambda, \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$	$\mu, \text{ мг/м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па}$	$\tau_i, ^\circ\text{C}$	$t_{м,у}, ^\circ\text{C}$	f_i
Штукатурка	0,02	0,930	0,09	19,70	41,8	4,7
Газобетон	0,30	0,150	0,13	15,30	17,6	42,4
Минвата	0,40	0,045	0,32	-4,46	-15,3	347,7
Штукатурка	0,01	0,930	0,09	-4,48	41,8	4,7

Парциальные давления: внутреннего воздуха $e_v = 1\,286$ Па, наружного воздуха $e_{0,n} = 345$ Па.

Условное сопротивление теплопередаче $R_{0,усл} = 11,1$ м²•К/Вт, общее сопротивление паропрооницанию $R_{0,n} = 3,9$ м²•ч•Па/мг.

Значения температуры на границах слоев τ_i , °С, значения комплекса f_i и значения температуры $t_{m,y}$, °С, в плоскости максимального увлажнения приведены в таблице.

Действительно, как следует из таблицы, для второго слоя $t_{m,y} = 17,6$ °С, что указывает на наличие в газобетоне плоскости максимального увлажнения. Однако расчеты, выполненные в рамках стационарной модели К. Ф. Фокина [2], опровергают наличие плоскости максимального увлажнения и выявленного авторами эффекта «переустройства» конструкции (рис. 2).

Открытие ложного эффекта обусловлено некорректностью используемого метода? Но в п. 8.5 СП 50.13330 указано: «Если при расчете обнаружилось две плоскости с $t_{m,y}$ в конструкции, то за плоскость максимального увлажнения принимается плоскость, расположенная в слое утеплителя». Все это вызывает только вопросы. В отличие от классического стационарного метода К. Ф. Фокина, предлагаемый авторами метод физически не нагляден, неудобен и нуждается в корректировке.

■ Заметим, что в СП 50.13330 расчетная температура для определения влажностного режима конструкции принята равной температуре периода с отрицательными среднемесячными температурами, для Москвы это $t_{н,отр} = -4,6$ °С. К примеру, расчетная температура для определения влажностного режима в Германии принята равной -10 °С, а для расчетов используется стационарный метод, аналогичный методу К. Ф. Фокина [2].

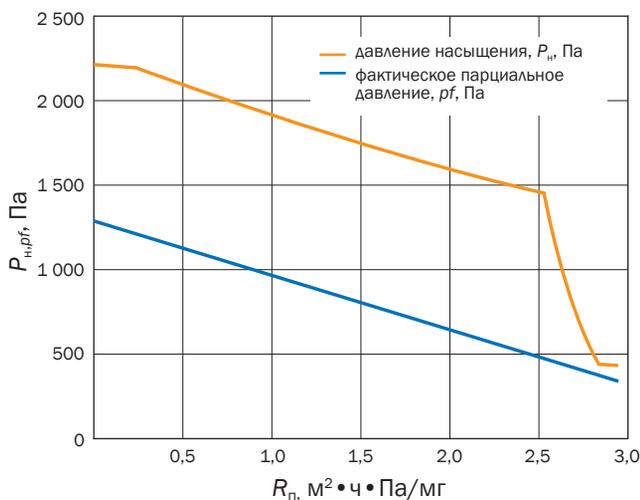


Рис. 2. Результаты расчетов парциального давления насыщения

■ Предлагаемые в разделе 8 методы не могут быть полноценно использованы, поскольку в таблице 10 «Значения предельно допустимого приращения влажности в материале Δw » отсутствуют данные о современных теплоизоляционных материалах типа экструдированного пенополистирола, пенополиуретана, пеностекла и др. То же самое можно отметить и для расчетных теплотехнических показателей, приведенных в Приложении Т. Эти таблицы нуждаются в корректировке и дополнении новыми экспериментальными данными.

■ В п. 8.4 СП 50.13330 указывается, что «для защиты от переувлажнения навесных фасадных систем с вентилируемой воздушной прослойкой необходимо дополнительно выполнить проверку на "невыпадение конденсата" в вентилируемой воздушной прослойке в соответствии с расчетом, представленным в Приложении Л». Однако нужно отметить, что Приложение Л составлено крайне небрежно. Ко многим обозначениям, приведенным в Приложении Л, не указаны размерности (к примеру, в формуле Л.14). Но главное, расчет влажностного режима наружных стен с НФС с вентилируемой воздушной прослойкой по методике, изложенной в Приложении Л, требует применения программы нестационарного влажностного режима для определения величины потока водяного пара из конструкции в воздушную прослойку $q_{пв}$, мг/(ч•м²) в наиболее холодный месяц.

Если обобщить сказанное, напрашивается вывод, что изложенная в СП 50.13330 методика сводится к тому, что если специалисту нужно по ней выполнить расчет, то самостоятельно сделать это не получится – необходимо будет обратиться к разработчику данного СП.

Литература

- СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий».
- Фокин К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей здания. М: АВОК-ПРЕСС, 2006.
- EN ISO 13788:2007. Hygrothermal performance of building components and building elements – Internal surface temperature to avoid critical surface humidity and interstitial condensation – Calculation methods.
- Гагарин В. Г., Зубарев К. П., Козлов В. В. Определение зоны наибольшего увлажнения в стенах с фасадными теплоизоляционными композиционными системами с наружными штукатурными слоями // Вестник ТГАСУ. 2016. № 1. ■



ВЕБИНАРЫ АВОК

Мощный инструмент для развития бизнеса, позволяющий буквально одним нажатием кнопки расширить список контактов и клиентов, донести информацию о продукте до самых отдаленных регионов

Современный инструмент профессионального обучения



Реклама

Вебинар АВОК – это:

- рассылка приглашений на 50 000 адресов целевой аудитории электронного банка НП «АВОК»;
- 1,5-часовая интерактивная лекция, актуальность тем, комфорт участников и оперативность;
- обсуждение на профессиональном форуме АВОК (более 12 000 специалистов ежедневно);
- готовый учебный продукт, который является неотъемлемой частью профессиональной жизни современного специалиста.



Вебинары АВОК это онлайн мастер-классы (курсы повышения квалификации) для специалистов в области отопления, вентиляции, кондиционирования, энергосбережения

Будущие вебинары

Прошедшие вебинары

География участников

С мая 2010 года проведено
241 вебинаров с участием
76 100 специалистов из
310 городов России и
135 городов 31 зарубежной страны

WEBINAR.AVOK.RU