КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ. ДИСКУССИИ И РЕЦЕНЗИИ

УДК 692:628.8

С.В. Корниенко

ВолгГАСУ

УТОЧНЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА ПОМЕЩЕНИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ ВЛАГОЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Аннотация. Усовершенствована методика расчета влагозащитных параметров ограждающих конструкций по предельно допустимому состоянию увлажнения за годовой период и период влагонакопления. На примере эффективной ограждающей конструкции с фасадной теплоизоляционной композиционной системой показано, что учет изменения температуры и относительной влажности внутреннего воздуха позволяет уточнить расчетные параметры микроклимата в жилых и офисных помещениях при оценке влагозащитных свойств ограждающих конструкций. Координата плоскости максимального увлажнения в конструкции зависит от расчетных параметров микроклимата в помещениях. Сделан вывод, что повышение требований по влагозащите ограждающих конструкций при использовании расчетных значений температуры и относительной влажности внутреннего воздуха, согласно российской норме СП 50.13330.2012, не всегда целесообразно. Учет изменения параметров микроклимата в помещениях позволяет более точно оценить влагозащитные свойства ограждающих конструкций в процессе их проектирования.

Ключевые слова: микроклимат помещения, ограждающая конструкция, диффузия водяного пара, конденсация влаги, влагоперенос, влагозащита, влагонакопление

DOI: 10.22227/1997-0935.2016.11.132-145

В связи с широким внедрением в практику современного строительства ограждающих конструкций с повышенными теплозащитными свойствами возросла необходимость оценки их влажностного режима [1–20]. Современные требования по защите ограждающих конструкций от переувлажнения отражены в актуализированной редакции СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». Оценка влагозащитных свойств ограждающих конструкций производится по предельно допустимому состоянию увлажнения на основе определения плоскости максимального увлажнения, относительно которой, используя уравнения баланса влаги, выполняется проверка необходимости устройства дополнительной пароизоляции в конструкции. Однако в уравнениях баланса влаги, определяемых для различных периодов года (годовой период и период влагонакопления), не учитывается изменение параметров микроклимата помещений. Расчетные параметры микроклимата в помещениях (температура и относительная влажность внутреннего воздуха) одни и те же как для годового периода, так и для периода влагонакопления. Вместе с тем, как показано во многих работах [5–7, 11–16, 20], микроклимат помещений оказывает существенное влияние на влажностный режим ограждающих конструкций, и неучет изменения параметров микроклимата может привести к снижению точности оценки влагозащитных свойств ограждений.

Цель данной работы — совершенствование методики оценки защиты ограждающих конструкций от переувлажнения на основе уточнения параметров микроклимата помещений.

Согласно п. 8.1 СП 50.13330.2012, защита от переувлажнения ограждающих конструкций должна обеспечиваться путем проектирования конструкций с сопротивлением паропрооницанию внутренних слоев не менее требуемого значения, определяемого расчетом одномерного стационарного влагопереноса по механизму диффузии водяного пара в ограждении.

Сопротивление паропрооницанию $R_{п}$, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг}$, по толщине ограждающей конструкции от внутренней поверхности до плоскости максимального увлажнения должно быть не менее наибольшего из следующих требуемых сопротивлений паропрооницанию (в обозначениях СП 50.13330.2012):

- требуемого сопротивления паропрооницанию $R_{п1}^{\text{тр}}$ из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации, определяемого по формуле:

$$R_{п1}^{\text{тр}} = \frac{(e_{\text{в}} - E) R_{пн}}{E - e_{\text{н}}}; \quad (1)$$

- требуемого сопротивления паропрооницанию $R_{п2}^{\text{тр}}$ из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха (период влагонакопления), определяемого по формуле:

$$R_{п2} = \frac{0,0024 z_0 (e - E_0)}{w_w \Delta w +}; \quad (2)$$

Плоскость максимального увлажнения определяется в соответствии с п. 8.5 СП 50.13330.2012 для периода влагонакопления.

Сопротивление паропрооницанию ограждающей конструкции (расчетное значение) определяется путем суммирования сопротивлений паропрооницанию отдельных слоев начиная со слоя, примыкающего к внутренней поверхности конструкции, до плоскости максимального увлажнения:

$$R_{п} = \sum_i \left(\frac{\delta_i}{\mu_i} \right), \quad (3)$$

где δ_i , μ_i — толщина, м, и паропрооницаемость, $\text{мг}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па})$, i -го слоя конструкции соответственно.

При определении требуемых сопротивлений паропрооницанию $R_{п1}^{\text{тр}}$ и $R_{п2}^{\text{тр}}$ параметры наружного климата (температура $t_{\text{н}}$ и относительная влажность $\varphi_{\text{н}}$ наружного воздуха) определяются дифференцированно в зависимости от периода года. Параметры микроклимата помещений различного назначения (температура $t_{\text{в}}$ и относительная влажность $\varphi_{\text{в}}$ внутреннего воздуха) одни и те же для годового периода и периода влагонакопления. Например, для жилых помещений, согласно СП 50.13330.2012, расчетные параметры $t_{\text{в}} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\varphi_{\text{в}} = 55 \text{ \%}$. Заметим, что указанное значение $\varphi_{\text{в}}$ не соответствует п. 9.3 СП 54.13330.2011 «Здания жилые многоквартирные», согласно которому относительную влажность внутреннего воздуха при теплотехническом расчете ограждающих конструкций следует принимать равной 50 %.

Анализ данных табл. 1 ГОСТ 30494–2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» показывает, что оптимальные и допустимые нормы температуры и относительной влажности воздуха различны для холодного и теплого периодов года. Например, для жилой комнаты минимальное значение оптимальной температуры внутреннего воздуха в холодный период года составляет 20 °С, максимальное значение температуры в теплый период года — 25 °С. Минимальное значение оптимальной относительной влажности внутреннего воздуха в холодный период года составляет 30 %, максимальное значение относительной влажности внутреннего воздуха в теплый период года — 60 %.

Методика определения параметров микроклимата помещений для оценки влажностного режима ограждающих конструкций в годовом цикле содержится в Международном стандарте ISO 13788 «Hygrothermal performance of building components and building elements — Internal surface temperature to avoid critical surface humidity and interstitial condensation — Calculation methods». Согласно этой методике, среднемесячные значения температуры и относительной влажности внутреннего воздуха в жилых и офисных помещениях определяются на основе температуры наружного воздуха в соответствии с графиками (рис. 1, 2).

Рис. 1. График для определения среднемесячной температуры внутреннего воздуха t_b в зависимости от температуры наружного воздуха t_n

Рис. 2. График для определения среднемесячной относительной влажности внутреннего воздуха φ_b в зависимости от температуры наружного воздуха t_n

На основании данных ISO 13788, как показано в стандартах организаций СТО 73090654.001–2015 и СТО 03984362.574100.056–2015 «Оценка влажностного режима ограждающих конструкций в годовом цикле», разработанных автором данной статьи, среднемесячные значения температуры t_b и относительной влажности φ_b внутреннего воздуха для указанных помещений более точно могут быть вычислены в зависимости от температуры наружного воздуха t_n по формулам:

$$t_b = \begin{cases} 20, & -20 \leq t_n \leq 10; \\ 15 + 0,5t_n, & 10 < t_n \leq 20; \\ 25, & 20 < t_n \leq 30. \end{cases} \quad (4)$$

$$\varphi_{\text{в}} = \begin{cases} 0,30, & -20 \leq t_{\text{н}} \leq -10; \\ 0,4 + 0,01t_{\text{н}}, & -10 < t_{\text{н}} \leq 20; \\ 0,6, & 20 < t_{\text{н}} \leq 30. \end{cases} \quad (5)$$

Анализ данных показывает, что граничные значения, полученные расчетом по формулам (4) и (5), совпадают с данными ГОСТ 30494–2011. Указанная методика позволяет определить параметры микроклимата в помещениях для годового периода и периода влагонакопления путем усреднения среднемесячных данных соответствующего периода года.

Объект исследования. Объектом исследования являются ограждающие конструкции, утепленные с использованием систем фасадных теплоизоляционных композиционных (СФТК), согласно ГОСТ Р 53785–2010 «Системы фасадные теплоизоляционные композиционные с наружными штукатурными слоями. Классификация». СФТК имеют штукатурные слои, наносимые поверх слоя эффективной теплоизоляции (рис. 3), и предназначены для применения при утеплении зданий и сооружений в процессе их строительства, ремонта и реконструкции.

В качестве примера рассмотрена стеновая ограждающая конструкция с основанием из кладки газобетонных блоков на клеевом составе толщиной 300 мм, утепленная плитами из экструдированного пенополистирола (ЭППС) толщиной 100 мм (см. рис. 3). Крепление теплоизоляционного слоя СФТК к основанию стены осуществляется комбинированным способом. Для базового штукатурного слоя используется штукатурно-клеевая смесь с армированием сеткой. С внутренней стороны ограждающая конструкция оштукатурена гипсовым раствором. Повышенный уровень теплозащиты наружных стен с СФТК обеспечивается применением эффективного утеплителя из ЭППС.

Рис. 3. Расчетная схема стены: 1 — гипсовая штукатурка; 2 — кладка газобетонных блоков на клеевом составе; 3 — клеевой слой; 4 — утеплитель; 5 — базовый штукатурный слой

Расчет влажностного режима выполнен для ограждающих конструкций жилых помещений, пункт строительства — Москва.

С целью сравнительной оценки результатов расчет влагозащитных свойств рассматриваемой стеновой ограждающей конструкции выполнен на основе обязательных требований п. 8.1 СП 50.13330.2012 двумя способами задания параметров микроклимата в помещении:

- *способ 1* — с использованием расчетных значений температуры и относительной влажности внутреннего воздуха, согласно СП 50.13330.2012;

• способ 2 — на основе усреднения среднемесячных значений температуры и относительной влажности внутреннего воздуха за годовой период и период влагонакопления, согласно ISO 13788.

Исходные данные для определения влагозащитных свойств ограждающей конструкции. Параметры наружного климата для различных периодов года определены, согласно СП 131.13330.2012 «Строительная климатология», и приведены в табл. 1.

Табл. 1. Параметры наружного климата для различных периодов года (Москва)

Параметр	Обозначение, ед. изм.	Значение параметра
Средняя температура наружного воздуха за период влагонакопления	$t_{н,отр}$, °C	–4,58
Среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха за период влагонакопления	$e_{н,отр}$, Па	364
Продолжительность периода влагонакопления	z_0 , сут	151
Средняя температура наружного воздуха для периода:		
зимнего	$t_{н1}$, °C	–6,83
осенне-весеннего	$t_{н2}$, °C	–1,2
летнего	$t_{н3}$, °C	12,6
Продолжительность периода:		
зимнего	z_1 , мес	3
осенне-весеннего	z_2 , мес	2
летнего	z_3 , мес	7
Среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха за годовой период	e_n , Па	767

Согласно прил. В СП 50.13330.2012, зона влажности района строительства — нормальная.

Параметры микроклимата в помещении, определенные различными способами, приведены в табл. 2, 3.

Табл. 2. Параметры микроклимата жилого помещения, рассчитанные способом 1

Параметр	Обозначение, ед. изм.	Значение параметра
Температура внутреннего воздуха	t_v , °C	20
Относительная влажность внутреннего воздуха	ϕ_v , %	55
Парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха	e_v , Па	1273

В соответствии с табл. 1 СП 50.13330.2012 влажностный режим помещений — нормальный.

Табл. 3. Параметры микроклимата жилого помещения, рассчитанные способом 2

Параметр	Обозначение, ед. изм.	Значение параметра
Средняя температура внутреннего воздуха за годовой период	$t_{в, год}, ^\circ\text{C}$	21
Средняя относительная влажность внутреннего воздуха за годовой период	$\phi_{в, год}, \%$	45
Среднее парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха за годовой период	$e_{в, год}, \text{Па}$	1108
Средняя температура внутреннего воздуха за период влагонакопления	$t_{в, отр}, ^\circ\text{C}$	20
Средняя относительная влажность внутреннего воздуха за период влагонакопления	$\phi_{в, отр}, \%$	35
Среднее парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха за период влагонакопления	$e_{в, отр}, \text{Па}$	810

Согласно табл. 2 СП 50.13330.2012, условия эксплуатации ограждающей конструкции относятся к категории Б.

Расчетные теплотехнические характеристики материалов рассматриваемой конструкции (см. рис. 3) определены согласно прил. Т СП 50.13330.2012, а также по данным производителя материалов СФТК, и приведены в табл. 4.

Табл. 4. Расчетные теплотехнические характеристики материалов и изделий ограждающей конструкции

Номер слоя	Материал, изделие	Плотность материала в сухом состо- янии $\rho_0, \text{кг/м}^3$	Тепло- проводность $\lambda_b, \text{Вт/(м} \cdot \text{К)}$	Паропроницаемость $\mu, \text{мг/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}$
1	Гипсовая штукатурка	1100	0,41	0,11
2	Кладка газобетонных блоков на клеевом составе	500	0,21	0,2
3	Клеевой слой	—	0,41	0,067
4	Утеплитель	26...32	0,032	0,011
5	Базовый штукатурный слой	—	0,41	0,04

Граничные условия теплообмена поверхностей ограждающей конструкции с окружающей средой приведены в табл. 5.

Табл. 5. Граничные условия теплообмена (СП 50.13330.2012)

Параметр	Обозначение, ед. изм.	Значение параметра
Коэффициент теплообмена:		
у внутренней поверхности конструкции	$\alpha_{в}, \text{Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$	8,7
у наружной поверхности конструкции	$\alpha_{н}, \text{Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$	23

Согласно СП 50.13330.2012, при задании граничных условий влагообмена сопротивление влагообмену у внутренней и наружной поверхностей ограждения не учитывается.

Оценка определения плоскости максимального увлажнения. Результаты определения плоскости максимального увлажнения в период влагонакопления для рассматриваемой ограждающей конструкции при различных способах задания параметров микроклимата помещения приведены на рис. 4.

Рис. 4. Профили парциального давления водяного пара p и насыщенного водяного пара p_{sat} в период влагонакопления, определенные с использованием способа 1 (а) и способа 2 (б)

Рис. 5. Графики функции $\Phi(x)$ в границах утеплителя в период влагонакопления, определенные с использованием: 1 — способа 1; 2 — способа 2

Результаты расчета получены с использованием исходных данных, приведенных в табл. 2 и 3. Нумерация слоев конструкции соответствует расчетной схеме (см. рис. 3). Плоскость максимального увлажнения показана штрих-пунктирной линией и обозначена сверху треугольным элементом. Координата плоскости максимального увлажнения $x_{м.у}$ определена табулированием функции $\Phi(x) = p(x) - p_{sat}(x)$ в границах теплоизоляционного слоя (см. рис. 5). Плоскость максимального увлажнения соответствует сечению слоя, в котором функция $\Phi(x)$ принимает максимальное значение. Отсчет координаты $x_{м.у}$ производится от внутренней поверхности конструкции.

Результаты расчета показывают, что в данной ограждающей конструкции имеется одна плоскость максимального увлажнения. Однако расположение этой плоскости различно в зависимости от способа задания параметров микроклимата помещений. При задании расчетных параметров микроклимата в помещении по способу 1 плоскость максимального увлажнения расположена в утеплителе (см. рис. 4, а). Координата этой плоскости $x_{м.у} = 0,387$ м. В этом случае увлажняемым слоем является утеплитель. При задании параметров микроклимата в помещении по способу 2 плоскость максимального увлажнения расположена на стыке утеплителя с базовым штукатурным слоем (см. рис. 4, б), координата этой плоскости $x_{м.у} = 0,42$ м. В этом случае предполагается, что на половину толщины увлажняются стыкующиеся слои.

Расчет на основе профилей p и p_{sat} показывает (см. рис. 4), что в плоскости максимального увлажнения, определенной указанными способами, выпадения конденсата не происходит, так как $p < p_{sat}$ в этой плоскости. Однако расположение плоскости максимального увлажнения дальше от наружной поверхности стены ухудшает влажностный режим конструкции.

Определение плоскости максимального увлажнения позволяет выполнить оценку влагозащитных свойств ограждающих конструкций по предельно допустимому состоянию увлажнения.

Расчетные параметры материалов увлажняемых слоев ограждающих конструкций приведены в табл. 6.

Табл. 6. Расчетные параметры материалов увлажняемых слоев конструкции

Параметр	Обозначение, ед. изм.	Значение параметра	
		утеплитель	базовый штукатурный слой
Плотность материала увлажняемого слоя	ρ_w , кг/м ³	30	—
Толщина увлажняемого слоя конструкции: по способу 1 по способу 2	δ_w , м	0,1 0,05	— 0,003
Предельно допустимое приращение влажности в материале увлажняемого слоя за период влагонакопления	Δw , %	25	2

Оценка влагозащитных свойств ограждающей конструкции. Результаты расчета влагозащитных характеристик рассматриваемой стеновой ограждающей конструкции при различных способах задания параметров микроклимата помещения приведены в табл. 7.

Табл. 7. Результаты расчета влагозащитных характеристик ограждающей конструкции

Параметр	Обозначение, ед. изм.	Значение показателя при задании параметров микроклимата помещения	
		по способу 1	по способу 2
Требуемое сопротивление паропроонианию: из условия недопустимости накопления влаги за годовой период эксплуатации	R_{n1}^{tp} , м ² · ч · Па/мг	0,433	0,039
из условия ограничения влаги за период влагонакопления	R_{n2}^{tp} , м ² · ч · Па/мг	2,08	0,55
Расчетное сопротивление паропроонианию	R_n , м ² · ч · Па/мг	7,92	10,8

На основании полученных результатов выполнена оценка влагозащитных свойств ограждающей конструкции указанными способами (рис. 6). За нормируемое сопротивление паропроонианию принято наибольшее из двух сопротивлений R_{n1}^{tp} и R_{n2}^{tp} .

Рис. 6. Сравнение нормируемого (A) и расчетного (B) сопротивлений паропроницанию ограждающей конструкции: 1 — по способу 1; 2 — по способу 2

Анализ результатов расчета показывает, что систематического накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации не происходит при определении этих параметров с использованием как способа 1, так и способа 2. Переувлажнение теплоизоляционного слоя за период влагонакопления отсутствует.

По результатам выполненной оценки сделан вывод о соответствии расчетных влагозащитных характеристик рассматриваемой ограждающей конструкции приведенным в п. 8.1 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». Устройство дополнительного пароизоляционного слоя в конструкции не требуется. Сравнение результатов расчета вышеуказанными способами показывает, что в расчете по способу 1 к ограждающим конструкциям предъявляются более высокие требования по влагозащите. Повышение влагозащитных требований к ограждающим конструкциям не всегда целесообразно. Учет изменения параметров микроклимата помещений позволяет более точно оценить влагозащитные свойства ограждающих конструкций в процессе проектирования.

Выводы. По результатам проведенных исследований установлено следующее:

- уточнены расчетные параметры микроклимата в жилых и офисных помещениях, необходимые для оценки влагозащитных свойств ограждающих конструкций, на основе усреднения за годовой период и период влагонакопления среднемесячных значений температуры и относительной влажности внутреннего воздуха;
- расположение плоскости максимального увлажнения в ограждающей конструкции различно в зависимости от способа задания параметров микроклимата помещений. На примере эффективной ограждающей конструкции

с СФТК показано, что при задании расчетных значений температуры и относительной влажности внутреннего воздуха, согласно СП 50.13330.2012, плоскость максимального увлажнения расположена в утеплителе. При усреднении среднемесячных значений температуры и относительной влажности внутреннего воздуха в годовой период и период влагонакопления плоскость максимального увлажнения сдвигается ближе к наружной поверхности конструкции и расположена на стыке утеплителя с базовым штукатурным слоем;

- анализ результатов расчета показывает, что систематического накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации не происходит, переувлажнение теплоизоляционного слоя за период влагонакопления отсутствует. Устройство дополнительного пароизоляционного слоя в конструкции не требуется. Повышение влагозащитных требований к ограждающим конструкциям, обусловленное использованием расчетных значений температуры и относительной влажности внутреннего воздуха, согласно СП 50.13330.2012, не всегда целесообразно. Учет изменения параметров микроклимата помещений позволяет более точно оценить влагозащитные свойства ограждающих конструкций.

Библиографический список

1. *Petrichenko M., Nemova D., Reich E., Subbotina S., Khayrutdinova F.* Heat and mass transfer in a vertical channel under heat-gravitational convection conditions // EPJ Web of Conferences. 2016. Vol. 114. Pp. 1–5.
2. *Olshevskiy V., Statsenko E., Musorina T., Nemova D., Ostrovaia A.* Moisture transfer in ventilated facade structures // MATEC Web of Conferences. 2016. Vol. 53. Pp. 1–5.
3. *D'Agostino D.* Moisture dynamics in an historical masonry structure: The Cathedral of Lecce (South Italy) // Building and Environment. 2013. Vol. 63. Pp. 122–133.
4. *Pasztory Z., Peralta P.N., Peszlen I.* Multi-layer heat insulation system for frame construction buildings // Energy and Buildings. 2011. Vol. 43. Issues 2–3. Pp. 713–717.
5. *Vasilyev G.P., Lichman V.A., Peskov N.V., Brodach M.M., Tabunshchikov Y.A., Kolesova M.V.* Simulation of heat and moisture transfer in a multiplex structure // Energy and Buildings. 2015. Vol. 86. Pp. 803–807.
6. *Ватин Н.И., Горшков А.С., Корниенко С.В., Пестряков И.И.* Потребительские свойства стеновых изделий из автоклавного газобетона // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 1 (40). С. 78–101.
7. *Korniyenko S.* Thermal comfort and energy performance assessment for residential building in temperate continental climate // Applied Mechanics and Materials. 2015. Vols. 725–726. Pp. 1375–1380.
8. *Ватин Н.И., Величкин В.З., Горшков А.С., Пестряков И.И., Пешков А.А., Немова Д.В., Киски С.С.* Альбом технических решений по применению теплоизоляционных изделий из пенополиуретана торговой марки «SPU-INSULATION» в строительстве жилых, общественных и промышленных зданий // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. № 3 (8). С. 1–264.
9. *Корниенко С.В.* Предложения по корректировке СП 50.13330.2012 в части защиты от переувлажнения ограждающих конструкций // Жилищное строительство. 2015. № 7. С. 31–34.
10. *Корниенко С.В.* Оценка влагонакопления в ограждающих конструкциях зданий в годовом цикле // Энергобезопасность и энергосбережение. 2015. № 4. С. 12–17.

11. Kunzel H.M., Kiessl K. Calculation of heat and moisture transfer in exposed building components // International Journal of Heat and Mass Transfer. 1996. Vol. 40. Issue 1. Pp. 159–167.
12. Haupl P., Grunewald J., Fechner H., Stopp H. Coupled heat air and moisture transfer in building structures // International Journal of Heat and Mass Transfer. 1997. Vol. 40. Issue 7. Pp. 1633–1642.
13. Wijesundera N.E., Zheng B.F., Iqbal M., Hauptmann E.G. Numerical simulation of the transient moisture transfer through porous insulation // International Journal of Heat and Mass Transfer. 1996. Vol. 39. Issue 5. Pp. 995–1004.
14. Корниенко С.В. Метод решения трехмерной задачи совместного нестационарного тепло- и влагопереноса для ограждающих конструкций зданий // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2006. № 2. С. 108–110.
15. Younsi R., Kocaefe D., Kocaefe Y. Three-dimensional simulation of heat and moisture transfer in wood // Applied Thermal Engineering. 2006. Vol. 26. Issues 11–12. Pp. 1274–1285.
16. Fan J., Luo Z., Li Y. Heat and moisture transfer with sorption and condensation in porous clothing assemblies and numerical simulation // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2000. Vol. 44. Issue 5. Pp. 2989–3000.
17. Chang W.J., Weng C.I. An analytical solution to coupled heat and moisture diffusion transfer in porous materials // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2000. Vol. 43. Issue 19. Pp. 3621–3632.
18. Корниенко С.В. Инженерный метод определения плоскости наибольшего увлажнения для ограждающих конструкций // Строительные материалы. 2007. № 6. С. 50–51.
19. Sadiq H., Wong M.B., Zhao X.L., Al-Mahaidi R. Heat transfer model for a cementitious-based insulation with moisture // Fire and Materials. 2014. Vol. 38. Issue 5. Pp. 550–558.
20. Woroniak G., Piotrowska-Woroniak J. Effects of pollution reduction and energy consumption reduction in small churches in Drohiczyn community // Energy and Buildings. 2014. Vol. 72. Pp. 51–61.

Поступила в редакцию в июне 2016 г.

Об авторе: **Корниенко Сергей Валерьевич** — кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры архитектуры зданий и сооружений, **Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (ВолГАСУ)**, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, д. 1, 8 (8442) 96-98-16, skorn73@mail.ru.

Для цитирования: *Корниенко С.В.* Уточнение расчетных параметров микроклимата помещений при оценке влагозащитных свойств ограждающих конструкций // Вестник МГСУ. 2016. № 11. С. 132–145. DOI: 10.22227/1997-0935.2016.11.132-145

S.V. Kornienko

SPECIFICATION OF INDOOR CLIMATE DESIGN PARAMETERS AT THE ASSESSMENT OF MOISTURE PROTECTIVE PROPERTIES OF ENCLOSING STRUCTURES

Abstract. Due to wide implementation of enveloping structures with increased heat-insulation properties in modern construction here appeared a necessity to assess their moisture conditions. Assessment of moisture conditions of enveloping structures is carried out according to maximum allowable moisture state basing on determining the surface of maximum damping. In relation to it the necessity of additional vapour barrier

is checked using moisture balance equation. Though the change of indoor climate parameters in premises is not taken into account in moisture balance equations defined for different seasons.

The author improves the method of calculating moisture protective parameters of enclosing structures according to the maximum allowable damping state for a year and a period of moisture accumulation. It is shown in this article that accounting of temperature and relative humidity change of inside air allows specifying calculated parameters of indoor climate in residential and office rooms in assessment of moisture protective properties of enclosing structures for the case of an effective enclosing structure with a façade heat-insulation composite system. Coordinates of the maximum moistened surface of the envelope depends on indoor climate design parameters. It is concluded that the increase of requirements for moisture protection of enclosing structures when using design values of temperature and relative humidity of internal air according to the Russian regulation (SP 50.13330.2012) is not always reasonable. Accounting of changes of indoor climate parameters allows more precise assessment of moisture protective properties of enclosing structures during their design.

Key words: indoor climate, enclosing structures, water-vapor diffusion, moisture condensation, moisture transfer, moisture protection, moisture accumulation

References

1. Petrichenko M., Nemova D., Reich E., Subbotina S., Khayrutdinova F. Heat and Mass Transfer in a Vertical Channel under Heat-Gravitational Convection Conditions. EPJ Web of Conferences. 2016, vol. 114, pp. 1–5. DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/epjconf/201611402092>.
2. Olshevskiy V., Statsenko E., Musorina T., Nemova D., Ostrovaia A. Moisture Transfer in Ventilated Facade Structures. MATEC Web of Conferences. 2016, vol. 53, pp. 1–5. DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/mateconf/20165301010>.
3. D'Agostino D. Moisture Dynamics in an Historical Masonry Structure: The Cathedral of Lecce (South Italy). Building and Environment. 2013, vol. 63, pp. 122–133. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.02.008>.
4. Pasztory Z., Peralta P.N., Peszlen I. Multi-Layer Heat Insulation System for Frame Construction Buildings. Energy and Buildings. 2011, vol. 43, issues 2–3, pp. 713–717. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.11.016>.
5. Vasilyev G.P., Lichman V.A., Peskov N.V., Brodach M.M., Tabunshchikov Y.A., Kolesova M.V. Simulation of Heat and Moisture Transfer in a Multiplex Structure. Energy and Buildings. 2015, vol. 86, pp. 803–807. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.10.077>.
6. Vatin N.I., Gorshkov A.S., Kornienko S.V., Pestryakov I.I. Potrebitel'skie svoystva stenovykh izdeliy iz avtoklavnogo gazobetona [The Consumer Properties of Wall Products from AAC]. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy* [Construction of Unique Buildings and Structures]. 2016, no. 1 (40), pp. 78–101. (In Russian)
7. Korniyenko S. Thermal Comfort and Energy Performance Assessment for Residential Building in Temperate Continental Climate. Applied Mechanics and Materials. 2015, vols. 725–726, pp. 1375–1380. DOI: <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.725-726.1375>.
8. Vatin N.I., Velichkin V.Z., Gorshkov A.S., Pestryakov I.I., Peshkov A.A., Nemova D.V., Kiski S.S. Al'bom tekhnicheskikh resheniy po primeneniyu teploizolyatsionnykh izdeliy iz penopoliuretana togovoy marki «SPU-INSULATION» v stroitel'stve zhilykh, obshchestvennykh i promyshlennykh zdaniy [Album of Technical Solutions on Application of Heat-Insulating Products Made from Polyurethane Foam of the SPU-INSULATION Trademark in Construction of Residential, Public and Industrial Buildings]. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy* [Construction of Unique Buildings and Structures]. 2013, no. 3 (8), pp. 1–264. (In Russian)
9. Kornienko S.V. Predlozheniya po korrektyrovke SP 50.13330.2012 v chasti zashchity ot pereuvlazhneniya ograzhdayushchikh konstruktsiy [Suggestions on Updating the Requirements SP 50.13330.2012 Concerning Protection of Enclosing Structures against Overwetting]. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2015, no. 7, pp. 31–34. (In Russian)

10. Kornienko S.V. Otsenka vlagonakopleniya v ograzhdayushchikh konstruksiyakh zdaniy v godovom tsikle [Estimation of Humidity Accumulation in Enveloping Structures of Buildings in the Annual Cycle]. *Energobezopasnost' i energosberezhenie* [Energy Safety and Energy Economy]. 2015, no. 4, pp. 12–17.
11. Kunzel H.M., Kiessl K. Calculation of Heat and Moisture Transfer in Exposed Building Components. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 1996, vol. 40, issue 1, pp. 159–167. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0017-9310\(96\)00084-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0017-9310(96)00084-1).
12. Haupl P., Grunewald J., Fechner H., Stopp H. Coupled Heat Air and Moisture Transfer in Building Structures. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 1997, vol. 40, issue 7, pp. 1633–1642. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0017-9310\(96\)00245-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0017-9310(96)00245-1).
13. Wijesundera N.E., Zheng B.F., Iqbal M., Hauptmann E.G. Numerical Simulation of the Transient Moisture Transfer through Porous Insulation. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 1996, vol. 39, issue 5, pp. 995–1004. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0017-9310\(95\)00187-5](http://dx.doi.org/10.1016/0017-9310(95)00187-5).
14. Kornienko S.V. Metod resheniya trekhmernoy zadachi sovmestnogo nestatsionarnogo teplo- i vlagoperenosa dlya ograzhdayushchikh konstruksiy zdaniy [Method of Three-Dimensional Problem Solution of Simultaneous Unsteady Heat and Moisture Transfer for Enclosing Structures of Buildings]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitel'stvo* [News of higher educational institutions. Construction]. 2006, no. 2, pp. 108–110.
15. Younsi R., Kocaefe D., Kocaefe Y. Three-Dimensional Simulation of Heat and Moisture Transfer in Wood. *Applied Thermal Engineering*. 2006, vol. 26, issues 11–12, pp. 1274–1285. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2005.10.029>.
16. Fan J., Luo Z., Li Y. Heat and Moisture Transfer with Sorption and Condensation in Porous Clothing Assemblies and Numerical Simulation. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2000, vol. 44, issue 5, pp. 2989–3000. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0017-9310\(99\)00235-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0017-9310(99)00235-5).
17. Chang W.J., Weng C.I. An Analytical Solution to Coupled Heat and Moisture Diffusion Transfer in Porous Materials. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2000, vol. 43, issue 19, pp. 3621–3632. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0017-9310\(00\)00003-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0017-9310(00)00003-X).
18. Kornienko S.V. Inzhenernyy metod opredeleniya ploskosti naibol'shego uvlazhneniya dlya ograzhdayushchikh konstruksiy [Engineering Method for Determining the Maximum Moistening Surface in Building Envelope]. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2007, no. 6, pp. 50–51. (In Russian)
19. Sadiq H., Wong M.B., Zhao X.L., Al-Mahaidi R. Heat Transfer Model for a Cementitious-Based Insulation with Moisture. *Fire and Materials*. 2014, vol. 38, issue 5, pp. 550–558. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/fam.2196>.
20. Woroniak G., Piotrowska-Woroniak J. Effects of Pollution Reduction and Energy Consumption Reduction in Small Churches in Drohiczyn Community. *Energy and Buildings*. 2014, vol. 72, pp. 51–61. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.12.048>.

About the author: **Kornienko Sergey Valer'evich** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Architecture of Buildings and Structures, **Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE)**, 1 Akademicheskaya str., Volgograd, 400074, Russian Federation; +7 (8442) 96-98-16; skorn73@mail.ru.

For citation: Kornienko S.V. Utochnenie raschetnykh parametrov mikroklimata pomeshcheniy pri otsenke vlagozashchitnykh svoystv ograzhdayushchikh konstruksiy [Specification of Indoor Climate Design Parameters at the Assessment of Moisture Protective Properties of Enclosing Structures]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2016, no. 11, pp. 132–145. (In Russian) DOI: 10.22227/1997-0935.2016.11.132-145