

Приложение Ж
(справочное)
**ОЦЕНКА ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА УЗЛОВ ПРИМЫКАНИЙ ОКОННЫХ БЛОКОВ
К НАРУЖНЫМ СТЕНАМ**

Ж.1 Основные положения методики расчета

В общем случае оценку влажностного режима узлов примыканий оконных блоков к наружным стенам следует проводить на основании расчета двумерных полей по специальным программам.

Допускается проводить оценку влажностного режима по результатам расчета условных одномерных сечений (при необходимости – развернутых), включающих все материалы монтажного шва. Возможные варианты одномерных сечений приведены на рисунке Ж.1.

В соответствии с СП 50.13330.2012 сопротивление паропрооницанию ограждающей конструкции R_n (в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации) должно быть не менее нормируемого сопротивления паропрооницанию из условия недопустимости накопления влаги в толще ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации - R_{n1}^{TP} и нормируемого сопротивления паропрооницанию из условия ограничения накопления влаги в ограждающей конструкции за период года с отрицательными средними месячными температурами - R_{n2}^{TP} :

$$R_{n1}^{TP} = \frac{(e_b - E) \cdot R_{n,n}}{E - e_n}, \quad (Ж.1)$$

где e_b – парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха, Па; E – парциальное давление водяного пара в плоскости возможной конденсации за годовой период эксплуатации, Па; e_n – среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха за годовой период, Па;

$R_{n,n}$ – сопротивление паропрооницанию части ограждающей конструкции, расположенной между наружной поверхностью конструкции и плоскостью возможной конденсации, $m^2 \cdot ч \cdot Па / мг$.

Соответственно

$$R_{n2}^{TP} = \frac{0,0024 \cdot z_o \cdot (e_b - E_o)}{\rho_w \cdot \delta_w \cdot \Delta \omega_{av} + \eta}, \quad (Ж.2)$$

где z_o – продолжительность периода влагонакопления, сут.; E_o – парциальное давление водяного пара в плоскости возможной конденсации при средней температуре наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами, Па; ρ_w – плотность материала увлажняемого слоя, $кг/м^3$; δ_w – толщина увлажняемого слоя ограждающей конструкции, м; $\Delta \omega_{av}$ – предельно допустимое приращение расчетного массового отношения влаги в материале увлажняемого слоя за период влагонакопления, %; η – коэффициент, определяемый по формуле

$$\eta = \frac{0,0024 \cdot z_o \cdot (E_o - e_{n,отр})}{R_{n,n}}, \quad (Ж.3)$$

где $e_{n,отр}$ – среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами, Па.

В многослойных ограждающих конструкциях с эффективным утеплителем плоскость возможной конденсации совпадает с наружной поверхностью утеплителя, то есть в данном случае с наружной поверхностью монтажной пены.



Рисунок Ж.1 – Схема определения расчетного сечения монтажного шва

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

Ж.2 Пример расчета узла примыкания оконного блока к наружной стене с применением водоизоляционных саморасширяющихся и пароизоляционных лент

Исходные данные:

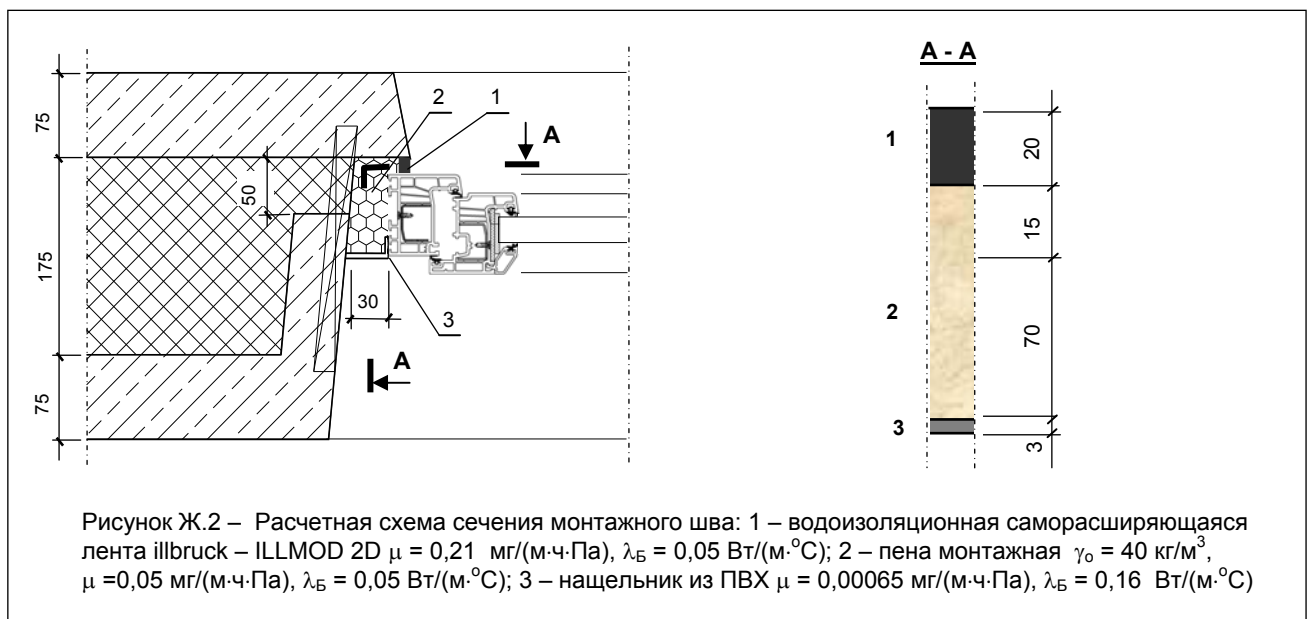
- район строительства – г. Москва;
- назначение здания – жилое;
- конструктивное решение монтажного шва – в соответствии с рисунком Е.2, сечение А-А (рисунок Ж.2);
- расчетная температура $t_b = +20\text{ }^\circ\text{C}$;
- расчетная относительная влажность $\varphi_b = 55\%$;
- расчетная температура наружного воздуха $t_n = -28\text{ }^\circ\text{C}$;
- влажностный режим помещений – нормальный;
- зона влажности – нормальная;
- условия эксплуатации «Б».
- коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности $\alpha_{в} = 8,7\text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;
- коэффициент теплоотдачи наружной поверхности $\alpha_{н} = 23\text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

Расчет влажностного режима монтажного шва

При расчетной температуре внутреннего воздуха $t_b = 20\text{ }^\circ\text{C}$ и относительной влажности внутреннего воздуха $\varphi_b = 55\%$ величина максимальной упругости водяного пара внутреннего воздуха составит $E_b = 2338\text{ Па}$, величина расчетной упругости водяного пара внутреннего воздуха $e_b = 0,55 \cdot 2338 = 1286\text{ Па}$.

Общее сопротивление теплопередаче монтажного шва

$$R_o = \frac{1}{8,7} + \frac{0,003}{0,16} + \frac{0,085}{0,05} + \frac{0,02}{0,05} + \frac{1}{23} = 2,28\text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$



Продолжительность сезонов (зима, весна-осень, лето) и среднесезонные температуры для г.Москвы:

- зимний: $t_n = -6,8\text{ }^\circ\text{C}$ (январь $t_n = -7,8\text{ }^\circ\text{C}$; февраль $t_n = -7,1\text{ }^\circ\text{C}$; декабрь $t_n = -5,6\text{ }^\circ\text{C}$);
- весенне-осенний: $t_n = -1,2\text{ }^\circ\text{C}$ (март $t_n = -1,3\text{ }^\circ\text{C}$; ноябрь $t_n = -1,1\text{ }^\circ\text{C}$);
- летний: $t_n = +12,6\text{ }^\circ\text{C}$ (апрель $t_n = +6,4\text{ }^\circ\text{C}$; май $t_n = +13,0\text{ }^\circ\text{C}$; июнь $t_n = +16,9\text{ }^\circ\text{C}$; июль $t_n = +18,7\text{ }^\circ\text{C}$; август $t_n = +16,8\text{ }^\circ\text{C}$; сентябрь $t_n = +11,1\text{ }^\circ\text{C}$; октябрь $t_n = +5,2\text{ }^\circ\text{C}$).

Значения температур в плоскости возможной конденсации (на наружной поверхности монтажной пены) для каждого периода:

$$\tau_1 = 20 - \frac{(20 + 6,8)}{2,28} \cdot (1,83) = -1,5\text{ }^\circ\text{C};$$

$$\tau_2 = 20 - \frac{(20 + 1,2)}{2,28} \cdot (1,83) = +3,0\text{ }^\circ\text{C};$$

$$\tau_3 = 20 - \frac{(20 - 12,6)}{2,28} \cdot (1,83) = +14,0\text{ }^\circ\text{C}.$$

Соответственно упругость водяного пара в этой плоскости составит: $E_1 = 540\text{ Па}$; $E_2 = 759\text{ Па}$; $E_3 = 1599\text{ Па}$.

Упругость водяного пара в плоскости возможной конденсации за годовой период:

$$E = \frac{1}{12} (540 \cdot 3 + 759 \cdot 2 + 1599 \cdot 7) = 1194\text{ Па}.$$

Величина средней упругости водяного пара наружного воздуха за годовой период (по данным СП 131.13330.2012):

$$e_n = \frac{1}{12} (280+290+390+620+910+1240+1470+1400+1040+700+500+360) = 767 \text{ Па.}$$

Сопротивление части шва, расположенной за плоскостью возможной конденсации

$$R_{n,н} = \frac{0,02}{0,211} = 0,095 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг.}$$

Соответственно требуемое сопротивление паропрооницанию R_{n1}^{TP}

$$R_{n1}^{TP} = \frac{(1286 - 1194) \cdot 0,095}{1194 - 767} = 0,02 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг.}$$

Сопротивление паропрооницанию части шва, расположенной между внутренней поверхностью и плоскостью возможной конденсации R_n

$$R_n = \frac{0,003}{0,00065} + \frac{0,085}{0,05} = 6,32 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг.}$$

$R_n = 6,32 > R_{n1}^{TP} = 0,02 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг.}$, следовательно, требования СП 50.13330.2012 по условиям недопустимости накопления влаги в толще ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации выполняются.

Продолжительность периода влагонакопления принимается равной периоду с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха. Для г. Москвы $z_o = 151$ сут. При этом средняя температура наружного воздуха месяцев с отрицательными температурами составляет $t_{o,н} = -4,6$ °С, температура в плоскости возможной конденсации $t_o = +0,3$ °С. Соответственно $E_o = 624$ Па.

Средняя упругость водяного пара наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами по СП 131.13330.2012 составит

$$e_{н,отр} = \frac{1}{5} (280 + 290 + 390 + 500 + 360) = 364 \text{ Па.}$$

Соответственно величина η

$$\eta = \frac{0,0024 \cdot 151 \cdot (624 - 364)}{0,095} = 992.$$

Для монтажной пены (пенополиуретан) $\Delta\omega_{cp} = 25\%$.

Величина R_{n2}^{TP} с учетом $\gamma_w = 40 \text{ кг} / \text{м}^3$, $\delta_w = 0,085 \text{ м}$ составит

$$R_{n2}^{TP} = \frac{0,0024 \cdot 151 \cdot (1286 - 624)}{40 \cdot 0,085 \cdot 25 + 992} = 0,22 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг.}$$

Так как $R_n = 6,323 > R_{n2}^{TP} = 0,22$ можно считать, что требования СП 50.13330.2012 по условиям ограничения накопления влаги в ограждающей конструкции за период года с отрицательными среднемесячными температурами выполняются с запасом.

Анализ результатов расчета

Конструктивное решение рассчитанного узла примыкания обеспечивает выполнение требований СП 50.13330.2012 как по условиям недопустимости накопления влаги в толще монтажного шва, так и по условиям ограничения накопления влаги в шве за период года с отрицательными среднемесячными температурами.

3.3 Пример расчета влажностного режима узла примыкания оконного блока к наружной стене при использовании угловых профилей из ПВХ

Исходные данные:

- район строительства – г. Новосибирск;
- назначение здания – административное;
- конструктивное решение монтажного шва – в соответствии с рисунком Ж.1, сечение Б-Б (рисунки Ж.3);
- расчетная температура $t_b = +20$ °С;
- расчетная относительная влажность $\varphi_b = 50\%$;
- расчетная температура наружного воздуха $t_n = -37$ °С;
- влажностный режим помещений – нормальный;
- зона влажности – сухая;
- условия эксплуатации «А».

Расчет влажностного режима монтажного шва

Величина максимальной упругости водяного пара внутреннего воздуха $E_b = 2338 \text{ Па}$, величина расчетной упругости водяного пара внутреннего воздуха $e_b = 0,50 \cdot 2338 = 1169 \text{ Па}$.

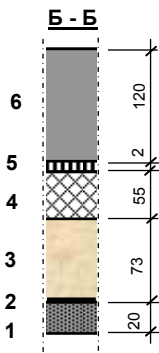
Общее сопротивление теплопередаче монтажного шва

$$R_o = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{0,073}{0,04} + \frac{0,055}{0,041} + \frac{0,002}{0,19} + \frac{0,12}{0,70} + \frac{1}{23} = 3,53 \text{ м}^2 \cdot \text{°С} / \text{Вт.}$$

Продолжительность сезонов (зима, весна-осень, лето) и среднесезонные температуры для г. Новосибирска:

- зимний: $t_n = -12,66$ °С (январь $t_n = -17,3$ °С, февраль $t_n = -15,7$ °С; март $t_n = -8,4$ °С; ноябрь $t_n = -7,4$ °С; декабрь $t_n = -14,5$ °С);
- весенне-осенний: $t_n = +2,35$ °С (апрель $t_n = +2,2$ °С, октябрь $t_n = +2,5$ °С);
- летний: $t_n = +14,78$ °С (май $t_n = +11,1$ °С, июнь $t_n = +17,0$ °С; июль $t_n = +19,4$ °С; август $t_n = +16,2$ °С; сентябрь $t_n = +10,2$ °С).

							Лист
							14
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	ООО «ЭксПроф»	



- 1 – цементно-песчаный раствор, $\rho_o = 1800 \text{ кг/м}^3$, $\mu = 0,09 \text{ мг/(м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па)}$, $\lambda_A = 0,76 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$;
- 2 – пароизоляционная лента «illtape Vlies Duo»; $R_n = 2,19 \text{ м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па/ мг}$; $\lambda = 0,34 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$;
- 3 – монтажная пена $\rho_o = 40 \text{ кг/м}^3$, $\mu = 0,05 \text{ мг/(м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па)}$, $\lambda_A = 0,04 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$;
- 4 – пенополистирол, $\rho_o = 40 \text{ кг/м}^3$, $\mu = 0,05 \text{ мг/(м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па)}$, $\lambda_A = 0,041 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$;
- 5 – влагостойкая клеящая мастика, $\rho_o = 800 \text{ кг/м}^3$, $\mu = 0,075 \text{ мг/(м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па)}$, $\lambda = 0,19 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$;
- 6 – кирпичная кладка из обыкновенного кирпича на цементно-песчаном растворе, $\rho_o = 1800 \text{ кг/м}^3$, $\mu = 0,11 \text{ мг/(м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па)}$, $\lambda_A = 0,7 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$.

Рисунок Ж.3 - Расчетная схема сечения монтажного шва к примеру Ж.3 (см. рисунок Ж.1, сечение Б-Б)

Значения температур в плоскости возможной конденсации (на наружной поверхности пенополистирола) для каждого периода:

$$\tau_1 = 20 - \frac{(20 + 12,66)}{3,53} \cdot (3,30) = -10,5 \text{ °C};$$

$$\tau_2 = 20 - \frac{(20 - 2,35)}{3,53} \cdot (3,30) = +3,5 \text{ °C};$$

$$\tau_3 = 20 - \frac{(20 - 14,78)}{3,53} \cdot (3,30) = +15,1 \text{ °C}.$$

Соответственно упругость водяного пара в этой плоскости составит: $E_1 = 249 \text{ Па}$, $E_2 = 785 \text{ Па}$, $E_3 = 1716 \text{ Па}$.

Упругость водяного пара в плоскости возможной конденсации за годовой период:

$$E = \frac{1}{12} (249 \cdot 5 + 785 \cdot 2 + 1716 \cdot 5) = 950 \text{ Па}.$$

Величина средней упругости водяного пара наружного воздуха за годовой период (по данным СП 131.13330.2012 с учетом примечания к табл.7.1)

$$e_n = \frac{1}{12} (134 + 150 + 260 + 500 + 730 + 1230 + 1560 + 1340 + 920 + 550 + 300 + 173) = 654 \text{ Па}$$

Сопротивление части шва, расположенной за плоскостью возможной конденсации

$$R_{n,n} = \frac{0,12}{0,11} + \frac{0,002}{0,075} = 1,12 \text{ м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{Па/мг}.$$

Соответственно требуемое сопротивление паропроницанию R_{n1}^{TP}

$$R_{n1}^{TP} = \frac{(1169 - 950) \cdot 1,12}{950 - 654} = 0,83 \text{ м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{Па/мг}.$$

Сопротивление паропроницанию части шва, расположенной между внутренней поверхностью и плоскостью возможной конденсации R_n

$$R_n = \frac{0,02}{0,09} + 2,19 + \frac{0,073}{0,05} + \frac{0,055}{0,05} = 4,97 \text{ м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{Па/мг}.$$

$R_n = 4,97 > R_{n1}^{TP} = 0,83 \text{ м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{Па/мг}$, следовательно, требования СП 50.13330.2012 по условиям недопустимости накопления влаги в толще монтажного шва за годовой период эксплуатации выполняются.

Продолжительность периода влагонакопления $z_o = 151 \text{ сут}$. При этом средняя температура наружного воздуха месяцев с отрицательными температурами составляет $t_o = -12,66 \text{ °C}$, температура в плоскости возможной конденсации $\tau_o = -10,5 \text{ °C}$. Соответственно $E_o = 249 \text{ Па}$.

Средняя упругость водяного пара наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами

$$e_{n,отр} = \frac{1}{5} (134 + 150 + 260 + 300 + 173) = 203 \text{ Па}.$$

Соответственно величина η

$$\eta = \frac{0,0024 \cdot 151 \cdot (249 - 203)}{1,12} = 14,9.$$

Для монтажной пены (пенополиуретан) и пенополистирола $\Delta\omega_{op} = 25\%$.

Величина R_{vp2}^{reg} с учетом $\gamma_w = 40 \text{ кг/м}^3$, $\delta_w = 0,128 \text{ м}$ составит

$$R_{n2}^{TP} = \frac{0,0024 \cdot 151 \cdot (1169 - 249)}{40 \cdot 0,128 \cdot 25 + 14,9} = 2,33 \text{ м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{Па/мг}.$$

Так как $R_n = 4,97 > R_{n2}^{TP} = 2,33$, можно считать, что требования СП 50.13330.2012 по условиям ограничения накопления влаги в ограждающей конструкции за период года с отрицательными среднемесячными температурами выполняются с запасом.

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	ООО «ЭксПроф»	Лист
							15