



Расчёт паропроницаемости

Выполнил:

0

2021 г.

Вводные данные:

Местоположение объекта: г.Комсомольск-на-Амуре

Температура внутреннего воздуха $t_{в}=18\text{ }^{\circ}\text{C}$ Влажность внутреннего воздуха $\varphi_{в}=55\%$

Зона влажности: 2

Условие эксплуатации ограждающей конструкции: Б

Параметры конструкции:

Номер слоя	Наименование материала (от внутреннего слоя к наружному)	Толщина, м	$\lambda(\text{Б}),$ Вт/(м $^{\circ}\text{C}$)	$R_0,$ м $^2\cdot\text{C}/\text{Вт}$	$\mu,$ мг/ (м $\cdot\text{ч}\cdot\text{Па}$)	$R_n,$ м $^2\cdot\text{ч}\cdot\text{Па}/\text{мг}$
1	Сталь-жесть ЛТ	0,001	58	0	0,001	1
2	Паробарьер СА500	0,003	0,22	0,014	0,0000055	545,45
3	ТЕХНОРУФ Н ПРОФ	0,2	0,041	4,878	0,3	0,67
4	Цем.стружечные плиты	0,02	0,35	0,057	0,03	0,67
5	УНИФЛЕКС	0,0038	0,22	0,017	0,000078	48,72
6	ТЕХНОЭЛАСТ	0,004	0,22	0,018	0,000078	51,28

Для определения плоскости максимального увлажнения определим для каждого слоя значение комплекса $f_i(t_{м.у.})$ согласно СП 50.13330.2012 по формуле (8.7):

$$f_i(t_{м.у.})=5330\cdot R_{о.п.}\cdot(t_{в}-t_{н.отр})\cdot\mu_i/R_0^{усл}/(e_{в}-e_{н.отр})/\lambda_i;$$

где $R_{о.п.}$ -общее сопротивление паропроницаемости ограждающей конструкции м $^2\cdot\text{ч}\cdot\text{Па}/\text{мг}$, определяемое согласно 8.7 СП 50.13330.2012;

$$R_{о.п.}= 1+545,45+0,67+0,67+48,72+51,28 = 647,79 \text{ м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{Па}/\text{мг};$$

$R_0^{усл}$ -условное сопротивление теплопередаче однородной многослойной ограждающей конструкции, м $^2\cdot\text{C}/\text{Вт}$;

$$R_{0усл}= 0,115+0+0,014+4,878+0,057+0,017+0,018 + 0,043 = 5,14 \text{ м}^2\cdot\text{C}/\text{Вт};$$

$t_{н.отр}$ -средняя температура наружного воздуха для периода с отрицательными среднемесячными температурами, $^{\circ}\text{C}$:

$t_{н.отр.} = -17,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, согласно таблицы 1 СП 131.13330.2012;

$t_{в}$ -расчетная температура внутреннего воздуха здания, $^{\circ}\text{C}$:

$t_{в} = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$;

$e_{в}$ -парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха, Па:

$$e_{в}=(\varphi_{в}/100) E;$$

E - парциальное давление насыщенного водяного пара, Па, при температуре t_b принимается по формуле (8.8) СП 50.13330.2012:

при $t_b = 18^\circ\text{C}$: $E = 1,84 \cdot 10^{11} \exp(-5330/(273 + 18)) = 2043 \text{ Па}$;

$e_v = (55/100) \cdot 2043 = 1124 \text{ Па}$;

$e_{н.отр}$ - среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами, Па, определяется по таблице 7.1 СП 131.13330.2012:

$e_{н.отр} = 144 \text{ Па}$;

Для каждого значения $f_i(t_{м.у.})$ определим по таблице 11 СП 50.13330.2012 значение $t_{м.у.}$ и температуру на границе слоев t_n и t_k определенную по формуле (8.10) СП 50.13330.2012:

Номер слоя	Наименование материала (от внутреннего слоя к наружному)	$f_i(t_{м.у.})$	$t_{м.у.}, ^\circ\text{C}$	$t_n, ^\circ\text{C}$	$t_k, ^\circ\text{C}$
1	Сталь-жесть ЛТ	0,42	18	17,20	17,20
2	Паробарьер СА500	0,61	18	17,10	17,20
3	ТЕХНОРУФ Н ПРОФ	179 252,08	-25	-16,81	17,10
4	Цем.стружечные плиты	2 099,81	-25	-17,21	-16,81
5	УНИФЛЕКС	8,69	18	-17,33	-17,21
6	ТЕХНОЭЛАСТ	8,69	18	-17,45	-17,33

Согласно п.8.5.5 СП 50.13330.2012 плоскость максимального увлажнения находится между слоями №4 и №5.

Определим паропроницаемость R_n , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$, ограждающей конструкции (в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации):

$R_n = 1 + 545,45 + 0,67 + 0,67 = 547,79 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$;

Сопротивление паропроницанию R_{n1} , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$, должно быть не ниже требуемых сопротивлений паропроницанию, определяемых по формулам 8.1 и 8.2 СП 50.13330.2012:

$R_{n1}^{TP} = (e_b - E)R_{н.н} / (E - e_n)$ - требуемое сопротивления паропроницанию из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации;

$R_{n2}^{TP} = 0,0024z_0(e_b - E_0) / (\rho_w \delta_w \Delta w_{ав} + \eta)$ - требуемое сопротивление паропроницанию из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха;

$\rho_w \delta_w \Delta w$ - в случае, когда плоскость максимального увлажнения приходится на стык между двумя слоями, $\rho_w \delta_w \Delta w$ в формуле (8.2) принимается равной сумме $\rho w_1 \delta w_1 \Delta w_1 + \rho w_2 \delta w_2 \Delta w_2$, где δw_1 и δw_2 соответствуют половинам толщин стыкующихся слоев.

E - парциальное давление водяного пара, Па, в плоскости возможной конденсации за годовой период эксплуатации, определяемое по формуле $E = (E_1z_1 + E_2z_2 + E_3z_3)/12$;

где E_1, E_2, E_3 - парциальные давления водяного пара, Па, принимаемые по температуре t_i , в плоскости возможной конденсации, определяемой при средней температуре наружного воздуха соответственно зимнего, весенне-осеннего и летнего периодов; z_1, z_2, z_3 , - продолжительность, мес, соответственно зимнего, весенне-осеннего и летнего периодов, определяемая с учетом следующих условий:

- а) к зимнему периоду относятся месяцы со средними температурами наружного воздуха ниже минус 5 °С;
- б) к весенне-осеннему периоду относятся месяцы со средними температурами наружного воздуха от минус 5 до плюс 5 °С;
- в) к летнему периоду относятся месяцы со средними температурами наружного воздуха выше плюс 5 °С.

Для определения t_i определим $\sum R$ -термическое сопротивление слоя ограждения в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации:

$$R_x = 0,115 + 0 + 0,014 + 4,878 + 0,057 = 5,06 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт};$$

Установим для периодов их продолжительность z_i , сут, среднюю температуру $t_{cp. i}$, °С, согласно СП 131.133330.2012 и рассчитаем соответствующую температуру t_i , °С (по формуле 8.10 СП 50.13330.2012) и парциальное давление насыщенного пара (согласно формуле 8.8 СП 50.13330.2012) в плоскости возможной конденсации:

а) зимний период:

$$z_1 = 5 \text{ мес};$$

$$t_{cp.1} = -17,7 \text{ °C};$$

$$t_1 = 18 - (18 - (-17,7)) \cdot 5,06 / 5,14 = -17,2 \text{ °C};$$

$$E_1 = 164 \text{ Па};$$

б) весенне-осенний период:

$$z_2 = 2 \text{ мес};$$

$$t_{cp.2} = 2,2 \text{ °C};$$

$$t_2 = 18 - (18 - (2,2)) \cdot 5,06 / 5,14 = 2,4 \text{ °C};$$

$$E_2 = 724 \text{ Па};$$

в) летний период:

$$z_3 = 5 \text{ мес};$$

$$t_{cp.3} = 15,1 \text{ °C};$$

$$t_3 = 18 - (18 - (15,1)) \cdot 5,06 / 5,14 = 15,1 \text{ °C};$$

$$E_3 = 1699 \text{ Па}.$$

Определим парциальное давление водяного пара E , Па, в плоскости возможной конденсации за годовой период эксплуатации ограждающей конструкции для соответствующих продолжительностей периодов z_1, z_2, z_3

$$E = (E_1 z_1 + E_2 z_2 + E_3 z_3)/12 = 897 \text{ Па};$$

Парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха ниже среднего парциального давления водяного пара наружного воздуха в летний период, в связи с этим принимаем e_v по примечанию п.8.1 СП 50.13330.2012, как среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха за летний период, $e_v=1360$ Па.

Сопротивление паропрооницанию $R_{п.н}$, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$, части ограждающей конструкции, расположенной между наружной поверхностью и плоскостью возможной конденсации, определяется по формуле 8.9 СП 50.13330.2012:

$$R_{п.н} = 100 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг};$$

Среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха e_n , Па, за годовой период определяется по СП 50.13330.2012 (таблица 7.1):

$$e_n = (70+100+220+460+770+1330+1820+1730+1150+570+230+100)/12=713 \text{ Па};$$

По формуле (8.1) СП 50.13330.2012 определим нормируемое сопротивление паропрооницанию из условия недопустимости накопления влаги за годовой период эксплуатации:

$$R_{п1тр} = (1360-897)100/(897-713)=251,63 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг};$$

$R_{пв} = 547,79 \geq R_{п1} = 251,63$ - условие выполняется.

Для расчета нормируемого сопротивления паропрооницанию $R_{п2}^{TP}$ из условия ограничения влаги за период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха берем определенную по таблице 5.1 СП 50.13330.2012 продолжительность этого периода z_0 , сут, среднюю температуру этого периода t_0 , °C:

$$z_0 = 151 \text{ сут};$$

$$t_{ср.0} = -17,7 \text{ °C};$$

Температура t_0 , °C в плоскости возможной конденсации для этого периода определяют по формуле (8.10) СП 50.13330.2012:

$$t_0 = 18 - (18 - (-17,7))5,06/5,14 = -17,33 \text{ °C};$$

Парциальное давление водяного пара E_0 , Па, в плоскости возможной конденсации определяют по формуле (8.8) СП 50.13330.2012:

$$E_0 = 1,84 \cdot 10^{11} \exp(-5330/(273 + (-17,33))) = 163 \text{ Па};$$

Предельно допустимое приращение расчетного массового отношения влаги в материалах Цем.стружечные плиты и УНИФЛЕКС согласно таблице 10 СП 50.13330.2012 $\Delta w_1=2\%$ и $\Delta w_2=0\%$ соответственно.

Коэффициент η определяется по формуле (8.5) СП 50.13330.2012:

$$\eta = 0,0024(E_0 - e_n \cdot \text{отр})z_0/R_{п.н.} = 0,07 ;$$

Определим $R_{п2}^{TP}$ по формуле (8.2) СП 50.13330.2012:

$$R_{п2тр} = 0,0024 \cdot 151 \cdot (1360 - 163) / (2 \cdot 0,02 / 2 \cdot 1800 + 0 \cdot 0,0038 / 2 \cdot 1200 + 0,07) = 12,03 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг};$$

$R_{пв} = 547,79 \geq R_{п2} = 12,03$ - условие выполняется.

Вывод: условие паропрооницаемости конструкции выполняется. Конструкция соответствует требованиям раздела 8 СП 50.13330.2012